



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการเทคโนโลยีอวกาศ

โดย

ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และคณะ

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

กรกฎาคม 2545

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการเทคโนโลยีอนาคต

1. ศาสตราจารย์ ดร.วิวัฒน์	คณิชาพานิชกุล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริกัญญา	กูวจิตตานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. รองศาสตราจารย์ ดร.ธวัชชัย	ศรีนพวงษ์กุล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วชิระนภ	คูวิธะบรรเลง ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. อาจารย์ ดร.เจดศักดิ์	ไชยคุณา ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
6. อาจารย์ ดร.เอ	นิตยศิริเวช ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
7. อาจารย์ ดร.สมปองวงศ์	ศรีชัย ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
8. อาจารย์ ดร.สราวุธ	วิมุตติส ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
9. อาจารย์ ดร.	โทณานนท์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

កិច្ចសន្យា RTA/08/2539

โครงการเทคโนโลยีอนุภาค (Particle Technology)

รายงานสรุปโครงการ

Keyword: Particle technology, research, TRF project, Thailand Research Fund.

บทเรียน

ภา. ได้การนำของหัวหน้าโครงการ ศ.ดร.วิวัฒน์ มีดตะพานิชกุล โครงการเทคโนโลยีอนุภาค (Particle Technology) ซึ่งเดิมโครงการ สกว. สัญญาเลขที่ RTA/08/2539 และมีระยะเวลาของการดำเนินโครงการรวม 5 ปี (ช่วงปกติ 3 ปีและช่วงขยายระยะเวลาอีก 2 ปี) มีกิจกรรมทางวิชาการที่ได้ดำเนินการลงนามกัน เช่น การจัดการประชุมวิชาการระดับลงไปจนถึงระดับประเทศ, การจัดสัมมนาทางวิชาการ, การประชุมโครงการเทคโนโลยีอนุภาค สกว. เพื่อติดตามความก้าวหน้า, การฝึกอบรมบุคลากรต่างๆ ฯลฯ ในส่วนของงานวิจัยของนักศึกษานักศึกษาที่อยู่ภายใต้โครงการเทคโนโลยีอนุภาค (Particle Technology) จำนวน 30 โครงการภายในระยะเวลาปกติ 3 ปี และอีก 33 โครงการในช่วงขยายระยะเวลา 2 ปี ได้ดำเนินการลงนามเป็นข้อดี นอกจากนั้น ทีมนักวิจัยในโครงการทั้ง 9 ท่านได้ติดตามความก้าวหน้าทางวิชาการทั้งในและต่างประเทศเป็นจำนวน 23 บทความ อีกทั้งยังมีความสามารถในการประชุมวิชาการทั้งในและต่างประเทศอีก 50 บทความ

โดยภาพรวม ผลจากทบทวนด้วยวิธีการใช้การประมาณแล้ว โครงการเทคโนโลยีอวกาศไม่มี
อุปสรรคมา นัก อย่างไรก็ตาม อุปสรรคที่สำคัญ 2 ประการ คือ (1) การแจ้งงบประมาณหมวดค่าจ้าง
นิสิตปริญญาโทผิดพลาด ซึ่งส่งผลให้วงเงินไม่เพียงพอ โดยขาดไปกว่า 350,000 บาทต่อปี และ (2)
อุปสรรคความก้าวหน้าอันเกิดจากระบบการนิเทศปริญญาโทที่จะศึกษาต่อในสาขาเทคโนโลยีอวกาศ (อัน
เนื่องมาจากเทคโนโลยีอวกาศไม่ค่อยเป็นที่รู้จักกันในหมู่นิสิตนักศึกษา)

อย่างไรก็ตาม โครงการเทคโนโลยีชีวภาพ (Particle Technology) ถือได้ว่าเป็นโครงการแรกทางด้านนี้ของประเทศไทยและมีส่วนสำคัญในการสนับสนุนให้เกิดความร่วมมือด้านนี้ในเชิงการพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ และยังส่งผลให้เกิดความร่วมมือของกลุ่มวิจัยที่มีคณะและนำหน้าด้านเทคโนโลยี โดยเฉพาะการวางพื้นฐานด้านนาโนเทคโนโลยี

Abstract

Under the leadership of Prof. Dr. Wiwut Tanthapanichakoon, the Particle Technology Project, a TRF project with the contract number of RTA/08/2539 and with a total period of 5 years (a normal phase of 3 years and an extended phase of 2 years), has accomplished many academic activities such as several conferences and conventions from the bottom level to the national level, symposia, TRF meetings for progress follow-up of the Particle Technology Project, workshops, etc. In terms of researches done by the student advisees under the Particle Technology Project, 30 researches during the normal phase of 3 years and additional 33 researches during the extended phase of 2 years were accomplished. During the 5 years, all 9 researchers in this project produced 23 international and national journal papers as well as 50 more proceedings articles in international and national conferences. On the overall, the Particle Technology Project had only a few obstacles but for the delay in the use of the budget. Two serious problems are (1) The incorrect estimation of the budget on the monthly remuneration for recruited Master's degree students, which amounts to a shortage of 350,000 baht / year and (2) The obstacles caused by the delayed recruitment of Master's degree students in the field of Particle Technology (this is because this field was not well-known among university students).

However, the Particle Technology Project could be hailed as the first project in this field in Thailand and is a significant component in facilitation of various achievements in terms of technology development and also in terms of building up a strong and progressive technology research group, especially the laying of foundation for nanotechnology.

accomplished. During the 5 years, all 9 researchers in this project produced 23 international and national journal papers as well as 50 more proceedings articles in international and national conferences. On the overall, the Particle Technology Project had only a few obstacles but for the delay in the use of the budget. Two serious problems are (1) The incorrect estimation of the budget on the monthly remuneration for recruited Master's degree students, which amounts to a shortage of 350,000 baht / year and (2) The obstacles caused by the delayed recruitment of Master's degree students in the field of Particle Technology (this is because this field was not well-known among university students).

However, the Particle Technology Project could be hailed as the first project in this field in Thailand and is a significant component in facilitation of various achievements in terms of technology development and also in terms of building up a strong and progressive technology research group, especially the laying of foundation for nanotechnology.

	หน้า
บทนำ	1
Abstract	2
Executive summary	3
สารบัญ	5
1) ความสำคัญของเทคโนโลยีอนุภาค	7
2) วัตถุประสงค์ของโครงการ	8
3) แผนงานของโครงการ	8
4) กิจกรรมที่ได้ดำเนินการในช่วง 5 ปี	9
5) ผลงาน	33
5.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ	33
5.2 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศไทย	35
5.3 การเสนอและตีพิมพ์ผลงานในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ	36
5.4 การเสนอและตีพิมพ์ผลงานในที่ประชุมวิชาการในประเทศไทย	40
5.5 ผลงานอื่นๆ	43
5.6 รายชื่อและหัวข้องานวิจัยของนิสิต/นักศึกษามาในโครงการฯ	43
6) ความเห็นผู้วิจัย	49
6.1 ความเห็นของผู้วิจัยโดยรวม	49

6.2	สิ่งที่ต้องการให้สกว.ช่วยสนับสนุน	50
6.3	การดึงดูดนักวิจัยทั่วไปให้มาสนใจสาขเทคโนโลยีชีวภาค	50
6.4	สถานที่ใช้ในการบริหารภาควิชาฯ	50
6.5	การลาออกจากตำแหน่งผู้บริหารภาควิชาฯ	51
6.6	การตัดทอนงบประมาณ โครงการวิจัยเมธีวิจัยอาวุโส สกว. 20%	51
6.7	การจัดประชุมเพื่อเผยแพร่ความคืบหน้าของงานวิจัยโครงการ สกว. ราย 6 เดือน	51
6.8	การขยายระยะเวลาของโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว.	51
6.9	การจัดสร้างและดำเนินระบบประชุมกลุ่มวิจัยย่อยรายปีกัน	52
7)	รายการเอกสารแนบ	53
7.1	หลักคํ่าของปริญญานิพนธ์ของนิสิตที่จบของห้องปฏิบัติการวิจัยฯ	53
7.2	หลักคํ่าของวิทยานิพนธ์ของนิสิตในโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว.	54
7.3	แบบบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ	58
7.4	รายชื่อผู้ทำงานในโครงการ	60

สัญญาเลขที่ RTA/08/2539
โครงการเทคโนโลยีอนุภาค (Particle Technology)
รายงานฉบับสมบูรณ์

ชื่อหัวหน้าโครงการ: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล
ภาควิชาวิศวกรรมเคมีและศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายชื่อผู้วิจัย:

- 1) ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล (หัวหน้าโครงการ)
- 2) รศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ (ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
- 3) รศ.ดร. ชวชัย ชรินพานิชกุล
- 4) อ.ดร. เจตศักดิ์ ไชยกุล
- 5) อ.ดร. เตชา จิตศิริเวช
- 6) อ.ดร. สมประสงค์ ศรีชัย
- 7) ผศ.ดร.ทัญญา อภิวิมลวรรณ
- 8) อ.ดร.ศรารุช ร่มสุจิต (ผู้ช่วยวิจัยหลังปริญญาเอก)
- 9) อ.ณัฐพร โทแทนนท์ (ผู้ร่วมวิจัยในช่วงขยายระยะเวลาของโครงการ)

รายชื่อที่ปรึกษาโครงการ:

- 1) Prof. Hajime Tamon (Kyoto University)
- 2) Prof. Morio Okazaki (Kyoto University)
- 3) Prof. Chikao Kanoka (Kanazawa University)

1) ความสำคัญของเทคโนโลยีอนุภาค

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอนุภาค มีบทบาทสำคัญมากต่อการพัฒนา และการแข่งขันทางเศรษฐกิจ และอุตสาหกรรมของประเทศต่างๆทั่วโลก กระทรวงพาณิชย์ของสหรัฐอเมริกาได้ประเมินว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอนุภาคมีผลต่อเศรษฐกิจของสหรัฐอเมริกาสูงถึงปีละ 1,000,000,000,000 ดอลลาร์ ดังนั้น จึงไม่น่าแปลกใจเลยที่สหรัฐอเมริกา เยอรมัน อังกฤษ ญี่ปุ่น เกาหลีใต้ จีน ไต้หวัน เป็นต้น ต่างให้ความสำคัญต่อการพัฒนา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอนุภาคของประเทศตน ผู้เสนอโครงการได้เขียนแนะนำสถานภาพโดยย่อของเทคโนโลยีอนุภาคในสหรัฐอเมริกาและประเทศเอเชียตะวันออก ซึ่งชี้ให้เห็นภาพรวมในประเทศคู่แรงสำคัญของประเทศไทย

โครงการที่เสนอนี้จะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการสร้างความแข็งแกร่งด้านเทคโนโลยีอนุภาคของไทยโดยการ ฝึกอบรมนักวิจัยใหม่ มีนักกำลังของนักวิจัยของประเทศ ส่งเสริมความร่วมมือด้านงานวิจัยกับต่างประเทศ

ประเทศ และส่งเสริมบทบาทของศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย ในวงการอุตสาหกรรมของประเทศให้กว้างขวางขึ้น

2) วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1 เพื่อสร้างนักวิจัยรุ่นใหม่ด้านเทคโนโลยีอนาคตขึ้นจากอาจารย์ นิสิตปริญญาเอก นิสิตปริญญาโทและนิสิตปริญญาตรี ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- 2 เพื่อผลิตองค์ความรู้ใหม่ด้านเทคโนโลยีอนาคต อันเป็นศาสตร์สหสาขาวิชาที่สำคัญ แต่ค่อนข้างใหม่สำหรับประเทศไทย
- 3 เพื่อยกระดับเทคโนโลยีอนาคตของประเทศไทยให้ทัดเทียมต่างประเทศ โดยขยายความร่วมมือวิจัยกับต่างประเทศและภายในประเทศ
- 4 เพื่อขยายความร่วมมือด้านเทคโนโลยีอนาคตระหว่างหน่วยงาน และระหว่างสาขาวิชาต่างๆในประเทศ และถ่ายทอดเทคโนโลยีดังกล่าวต่ออุตสาหกรรม

3) แผนงานของโครงการ

- 1 จัดการประชุมทุก 2 สัปดาห์ ระหว่างทุกคนที่เกี่ยวข้อง (เมธีวิจัยอาวุโส อาจารย์ นิสิตปริญญาตรี โท เอก) เพื่อผลิตเปลี่ยนแปลงกันเสนอความคืบหน้าของงานวิจัย ตลอดจนปัญหาอุปสรรคที่ประสบ และให้ที่ประชุมร่วมกัน วิเคราะห์และเสนอแนะแนวทางการปรับปรุง และแก้ไขปัญหา (ระบบเดียวกับที่นิยมทำกันในประเทศญี่ปุ่น)
- 2 เมธีวิจัยอาวุโสทำหน้าที่ปรึกษาทางวิชาการ ทั้งอย่างเป็นทางการและไม่เป็นทางการ ให้โครงการวิจัยต่างๆของนักวิจัยในโครงการนี้
- 3 จัดการบรรยายพิเศษ โดยผู้เชี่ยวชาญชาวต่างประเทศ รวมทั้งนักวิจัยชาวต่างประเทศที่มีความร่วมมือกันอยู่ (ประมาณปีละ 2-3 ครั้ง)
- 4 จัดการประชุมเสนอผลงานวิจัยที่ทำขึ้น โดยเชิญนักวิชาการที่เกี่ยวข้องมาร่วม หรือโดยการนำเสนอต่อที่ประชุมวิชาการ ที่จัดขึ้นภายในประเทศ
- 5 อำนวยความสะดวกต่อนักวิจัยในโครงการ โดยจัดจ้างเจ้าหน้าที่ประจำโครงการ เพื่อช่วยจัดทำเรื่องการจัดซื้อประสานงาน การทำบัญชีโครงการ การจัดทำเอกสาร เป็นต้น
- 6 จัดส่งนักวิชาการไปประชุมเสนอผลงาน และหรือ ดูงานวิจัยในต่างประเทศ (ปีละ 2-3 คน)
- 7 จัดสรรเงินสมนาคุณแก่นักวิจัยในโครงการ เพื่อจูงใจให้อาจารย์ทุ่มเททำการวิจัยทุ่มเททำการวิจัยได้มากขึ้น
- 8 จัดสรรเงินค่าจ้างนิสิตปริญญาเอกและโท เพื่อให้นิสิตสามารถทุ่มเททำการวิจัยได้เต็มที่
- 9 จัดสรรงบวัสดุเสริมให้โครงการวิจัยที่ขาดแคลน และยังหาแหล่งทุนสนับสนุนอื่นไม่ได้
- 10 ส่งเสริมให้เกิดความร่วมมือกับองค์กรสถาบันอื่น ทั้งในและต่างประเทศมากขึ้น

4) กิจกรรมหลักที่ได้ดำเนินการในช่วง 5 ปี

4.1 การประชุมของนักวิจัยในโครงการเทคโนโลยีอวกาศ สวท.

ได้จัดประชุมคณะนักวิจัยของกลุ่มวิจัยโครงการเทคโนโลยีอวกาศ จำนวน 20 ครั้ง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ช่วงเวลา	จำนวนครั้ง
20 ก.ย. 39 – 20 มี.ค. 40	5
21 มี.ค. 40 – 30 พ.ย. 40	6
1 ธ.ค. 40 – 31 พ.ค. 41	4
1 มิ.ย. 41 – 30 พ.ย. 41	2
1 ธ.ค. 41 – 31 พ.ค. 42	2
1 มิ.ย. 42 – 30 พ.ย. 42	1
รวม	20

เนื้อหาของการประชุมประกอบด้วย การแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นและกำหนดแผนงานเกี่ยวกับแนวทางการทำงานวิจัย การสร้างความร่วมมือของงานวิจัย แนวทางการบริหารเงินทุนส่งเสริมกลุ่มวิจัย สวท. การเชิญชวนผู้ที่จะมีมาศึกษาต่อระดับมหาบัณฑิตและดุษฎีบัณฑิตในโครงการ ตลอดจนแผนการจัดสัมมนาในกลุ่มโดยนำเสนอความคืบหน้าของงานวิจัยในโครงการ (เพื่อกระตุ้นความคืบหน้าของงานวิจัย)

4.2 การจัดสัมมนาในกลุ่มโครงการเมธีวิจัยอาวุโส

การจัดสัมมนาในกลุ่มโครงการเมธีวิจัยอาวุโส เป็นกิจกรรมที่ได้ดำเนินการอย่างต่อเนื่องเพื่อแลกเปลี่ยนประสบการณ์ในวงกว้าง รับ feedback และคำวิจารณ์และเป็นการสร้างบรรยากาศในการทำงานวิจัย ได้แบ่งการสัมมนาออกเป็นสองระดับ คือ ระดับ 1) การสัมมนารอบ 6 เดือน ซึ่งผลิตที่ร่วมโครงการเป็นผู้นำเสนอผลงาน และระดับ 2) การสัมมนาประจำปี ซึ่งอาจารย์นักวิจัยที่ร่วมโครงการเป็นผู้นำเสนอผลงาน โดยที่การสัมมนาเปิดให้คณาจารย์ นักวิชาการ นิสิต และบุคลากรภายนอกที่สนใจเข้าร่วมการฟังสัมมนา ในช่วงระยะเวลา 5 ปี ได้จัดการสัมมนาเป็นจำนวนทั้งสิ้น 5 ครั้ง ดังมีรายการต่อไปนี้

วันที่จัดสัมมนา	ลักษณะการสัมมนา	สถานที่	จำนวนผลงานที่นำเสนอ
2 ก.พ. 41	สัมมนารอบ 6 เดือน	ห้อง 209 ตึกวิศวะ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ	11
28 พ.ย. 40	สัมมนาประจำปี	ห้อง 305 อาคารปารุณกลา จุฬาฯ	7
25 พ.ค. 41	สัมมนารอบ 6 เดือน	ห้อง 209 ตึกวิศวะ 3 คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาฯ	11
พ.ย. 41	สัมมนาประจำปี	ห้อง 304 อาคารปารุณกลา จุฬาฯ	8
2 พ.ย. 41	สัมมนาประจำปี	ห้องประชุม C ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์	11*

* รวมบทความรับเชิญและบทความภายนอก 2 ชิ้น

4. การจัดประชุมของห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาค

ในระยะแรกห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาคฯ ได้จัดประชุมผลิตในที่ปรึกษา (ไม่รวมนิสิตปริญญาโท หลักสูตรนอกเวลาวิชาการ) ประมาณสัปดาห์ละครั้ง เพื่อขออาจารย์ได้แนะนำวิธีการในการทำวิจัย, แนะนำผลงานวิจัยใหม่ ๆ ที่ได้ไปเข้าร่วมประชุมดูงานและเปิดโอกาสให้นิสิตนำเสนอความก้าวหน้าของงานวิจัย (thesis, senior project) และเนื้อหาบทความในวารสารวิชาการที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย และรับฟังคำแนะนำที่ดีชมจากอาจารย์และเพื่อนนิสิตในโครงการ

นอกจากนี้ ตั้งแต่เดือนเมษายน 2541 เป็นต้นมา ศ.ดร. วิวัฒน์และ รศ.ดร. ธวัชชัย ได้จัดสร้างและดำเนินระบบการประชุมรายปีกับกลุ่มย่อยของนิสิตทุกระดับในทั้งปรีกษาเพื่อติดตามความก้าวหน้าของแต่ละกลุ่มงานวิจัยทุก 2 สัปดาห์ เพื่อแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็น กำหนดแผนงานเกี่ยวกับแนวทางการทำวิจัย และการนำเสนอความก้าวหน้าของโครงการ โดยมีกลุ่มงานวิจัยทั้งหมด 8 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม Multiphase Flows with Particles and Droplets Using DEM Approach; กลุ่ม Particulate System Simulation Using Monte-Carlo Approach; กลุ่ม Particulate System Simulation Using Deterministic Approach; กลุ่ม Characterization of Particle Systems Using Fractal Geometry; กลุ่ม Fluidization Technology; กลุ่ม Gas Cleaning/Gas Purification/Air Pollution Control; กลุ่ม Material Processing and Process Improvement; กลุ่ม Application of Ultrasound to Particle System; กลุ่ม Control Release of Effective Components; และกลุ่ม Supercritical Fluid Technology การประชุมแต่ละกลุ่มย่อยดังกล่าวจะใช้เวลาประมาณ 2-3 ชั่วโมง โดยมีนิสิตระดับตรี/โท/เอก ครั้งละประมาณ 3-5 คน

4.4 การจัดการของห้องปฏิบัติการวิจัย Separation Technology

ห้องปฏิบัติการ Separation Technology ภายใต้การนำของ อ.ดร. เดชา นิตะศิริเวช
จัดประชุมนิสิตในที่ปรึกษา (ไม่รวมนิสิตปริญญาโท หลักสูตรนอกเวลาราชการ) ประมาณสัปดาห์
ละ ครั้ง เพื่อให้ให้นิสิตนำเสนอความก้าวหน้าของงานวิจัย (thesis, senior project) และรับฟังคำแนะนำ
ชื่นชมจากอาจารย์และเพื่อนนิสิตด้วยกัน

45 Powder Science & Technology Directory 1996

ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาคฯ (Particle Technology Research Laboratory) ได้รับเชิญให้แนะนำเผยแพร่ห้องปฏิบัติการและศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทย ใน Powder Science & Technology Directory 1996 ซึ่งจัดพิมพ์จำหน่ายโดย The Association of Powder Process Industry and Engineering, Japan ใน เดือนพฤศจิกายน 2539 นอกจากรายชื่อห้องปฏิบัติการวิจัยและนักวิจัยในประเทศไทยแล้ว Directory นี้ยังแนะนำห้องปฏิบัติการวิจัยและนักวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอนุภาคของประเทศต่าง ๆ ทั่วโลกด้วย

43 International Forum : The Powder Industry in East Asia (1996)

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัญจะพานิชกุล เป็นผู้หนึ่งในจำนวนชาวต่างประเทศ 3 คนที่ได้รับเชิญไป
บรรยายที่ International Forum ช้างพันที่ Makuheri Prince Hotel ประเทศญี่ปุ่น เมื่อวันที่ 13
พฤษภาคม 2539 Forum นี้จัดขึ้นเพื่อฉลองวโรกาสครบ 25 ปีของ The Association of
Powder Process Industry and Engineering หัวข้อเรื่องที่ ศ.ดร. วิวัฒน์นำเสนอ คือ
"Business Trend of Powder Related Industries in Thailand"

4. การสัมมนาวิชาการเรื่อง "Particle Characterization"

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยซึ่ง ศ.ดร. วิวัฒน์ ชื่นพาทนิษฐกุล เป็นบุคคลหลักที่ร่วมดำเนินการ จัดตั้งศูนย์ฯ และเป็นรองผู้อำนวยการศูนย์ฯ ได้จัดการสัมมนาทางวิชาการในหัวข้อ "Particle Characterization" เพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีด้านนี้แก่ภาคอุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ในวันที่ 6-7 มกราคม 2540 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยากรรับเชิญที่บรรยาย คือ Prof. Kanji Matsumoto (Yokohama National University), Prof. M. Senna (Keio University) และ Dr. S. Endoh (AIST) จากประเทศญี่ปุ่น โดยมี ศ.ดร.วิวัฒน์ ชื่นพาทนิษฐกุล และศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพาทนิษฐกุล เป็นผู้แปลและสรุปคำบรรยาย มีผู้สนใจจากภาคเอกชนและสถาบันการศึกษาเข้าร่วมงานประมาณ 30 คน

4.3 การส่งนิสิตปริญญาโทไปทำวิจัยที่ประเทศ Kyoto University

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ได้ส่งนิสิตปริญญาโทในทีปรีक्षा (นายไพศาล คงประสานกุล นิสิตปริญญาโทปีที่ 1) ไปทำงานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการของ Prof. M. Okazaki, Dept. of Chemical Engineering, Kyoto University เป็นเวลา 1 ปี ตั้งแต่เดือนตุลาคม 2539 ถึงเดือนกุมภาพันธ์ 2540 โดยทุนแลกเปลี่ยนนักศึกษาจาก AIEJ (Association of International Education Japan) งานวิจัยดังกล่าวเป็นส่วนหนึ่งของโครงการร่วมมือวิจัยเรื่อง การพัฒนาวิจัยเพื่อองค์การอุตสาหกรรมเคมีคัลโดยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอน ซึ่งได้รับทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี 2539-2541 (2 ปี) ซึ่งมี ศ.ดร. วิวัฒน์เป็นหัวหน้าโครงการฝ่ายไทย และ Prof. M. Okazaki เป็นหัวหน้าโครงการฝ่ายญี่ปุ่น

4.3 อาจารย์ในฝึกอบรมครูงานวิจัยที่ Kyoto University

อ.ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช ได้เดินทางไปฝึกอบรมครูงาน เรื่อง "การเก็บโลหะกลับคืนจากน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยเยื่อแผ่นเหลว (Recovery of Metal Species from Waste Water by Liquid Membrane Technology)" ตามโครงการความร่วมมือทางวิชาการระหว่างไทย-ญี่ปุ่น (TRCT-JSPS) ณ ห้องวิจัย Materials Processing Engineering, ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกียวโต ภายใต้การดูแลของ Prof. Masataka Tanigaki ตั้งแต่วันที่ 16 กุมภาพันธ์ ถึง 22 มีนาคม 2540

4.0 การเสนอผลงานวิจัยในการประชุมครั้งที่ 5 ของมูลนิธิกระเจกอชาชาติ

4.10.1 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล เสนอผลงานวิจัยในหัวข้อเรื่อง "New Simplified Model to Predict Aerosol Collection Efficiency on a Dust-Loaded Filter" ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์สุภกุล นาย อติศร อารีพันธุ์ และ Prof. C. Kanaoka โดยได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิกระเจกอชาชาติ ประเทศไทย

4.10.2 อ.ดร. เจตศักดิ์ ไขยมุกา เสนอผลงานวิจัยในหัวข้อเรื่อง "Removal of Aromatic Compounds from Natural Gas Condensate by Adsorption" ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ นาย ณัฐวุฒิ นิภาพันธ์ ผศ.ดร. ศศิธร บุญทอง และ อ.ดร. เจตศักดิ์ ไขยมุกา โดยได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิกระเจกอชาชาติ

4.10.3 อ.ดร. เดชา ฉัตรศิริเวช เสนอผลงานวิจัยในหัวข้อเรื่อง "การแยกไอออนของโคบอลต์ด้วยเทคนิคเยื่อแผ่นเหลว (Cobalt Ion Separation by Liquid Membrane

Technique)" ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ นายเนกกร ชัมพพิช อ.ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช และ รศ. ร.อุรา ปานเจริญ โดยได้รับการสนับสนุนจากมูลนิธิกระจกเงา

4.1 การจัดสัมมนาวิชาการร่วมกับศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย ซึ่ง ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล เป็นบุคคลหลักที่ร่วมดำเนินการจัดตั้งศูนย์ฯ และเป็นรองผู้อำนวยการศูนย์ฯ ได้จัดการสัมมนาทางวิชาการเพื่อเผยแพร่เทคโนโลยีด้านนี้แก่ภาคอุตสาหกรรมและสถาบันการศึกษาที่เกี่ยวข้อง ใน 2 หัวข้อดังต่อไปนี้

4.11.1 เรื่อง "ปฏิบัติการส่งวัสดุด้วยลมและปฏิบัติการอบแห้ง" ในวันที่ 29-30 กันยายน 2541 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยากรที่บรรยายคือ ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล (รวม 6 ชั่วโมง), รศ.ดร.ทวีชัย ชรินพานิชกุล (รวม 4 ชั่วโมง) และอ.ดร.สุรินทร์ สิมะบุตร (จากภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์) (รวม 2 ชั่วโมง) มีผู้สนใจเข้าสัมมนา 21 คน

4.11.2 เรื่อง "การใช้ประโยชน์ข้อมูลสารสนเทศด้านเทคโนโลยีอนาคตจากอินเทอร์เน็ต" ในวันที่ 5 พฤศจิกายน ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย วิทยากรที่บรรยายคือ รศ.ดร.ทวีชัย ชรินพานิชกุล และอ.สุเทพ เขียวหอม มีผู้สนใจเข้าสัมมนา 8 คน

4.12 การเสนอผลงานในการประชุมใหญ่ของวิชาการและนิทรรศการทางวิศวกรรม ENTECH'97 ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ กรุงเทพฯ 20-23 พฤศจิกายน 2540

4.12.1 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล เสนอผลงานในหัวข้อวิจัยในหัวข้อเรื่อง "Experimental Investigation and Quantitative Analysis of Pigment Dispersibility" ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล, รศ.ดร. ทวีชัย ชรินพานิชกุล, อ.ดร. สิริจุฑารัตน์ ไคววิสารัช, นายพิเชฐ ยินทร์เอื้อ, น.ส. เนาวรัตน์ พึ่งชื่น และ นางสาวอรรพฎา ทองไชย

4.12.2 ผศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ เสนอผลงานในหัวข้อวิจัยในหัวข้อเรื่อง "การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงหมึกถ่ายเอกสาร" ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ ผศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, นายไพบูลย์ พิศลย์กุลพันธ์ และนายวรพล พลเศรษฐเลิศ

4.12.3 รศ.ดร. ทวีชัย ชรินพานิชกุล เสนอผลงานในหัวข้อวิจัยในหัวข้อเรื่อง "เทคนิคการวิเคราะห์รูปทรงอนุภาคสำหรับการศึกษาค่าคุณสมบัติการไหลตัวของอนุภาคที่ถูกบดขยี้" ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ รศ.ดร. ทวีชัย ชรินพานิชกุล, ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล, ผศ.ดร. นพทัยชนก ดุริยบรรเลง, อ. ณัฐพร ไทนานนท์ และนายศุภกิจ สมุทรพงศ์ธร

4.12.4 ผศ.ดร.หทัยชนก ดุริยบรรเลง เสนอผลงานในหัวข้อวิจัยเรื่อง “ประสิทธิภาพในการจับคู่ของระบบสเปร์ย์น้ำในโรงเลี้ยง: การพัฒนาโมเดลทำนายและการยืนยันโดยการทดลอง” ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมกันของ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดเพชรพานิชกุล, รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล, ร.วรงค์พันธ์ ลิ้มปเสนีย์, ผศ.ดร. วิญญู มีจันทร์, ผศ.ดร. หทัยชนก ดุริยบรรเลง และ อ. ณัฐพร โปษยานนท์ โดยได้รับการสนับสนุนจากกรมควบคุมมลพิษ กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม และกรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม

4.13 การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7 จ.เชียงใหม่ 23-25 ตุลาคม 2540

4.13.1 นายกิตติศักดิ์ ลากสุริยกุล เสนอผลงานในหัวข้อวิจัยเรื่อง “การกำจัดก๊าซไนโตรเจนที่ความเข้มข้นต่ำโดยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอนด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาที่มีโครงสร้างต่าง ๆ” ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมของ นายกิตติศักดิ์ ลากสุริยกุล, รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล, ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดเพชรพานิชกุล, ดร. โนริอากิ ซาโน, ศ.ดร. ฮาจิเมะ ทามอน และ ศ.ดร. ไมริโอะ โอชิมิ

4.13.2 อ.ดร. เตชา จัตุรศิริเวช เสนอผลงานในหัวข้อวิจัยเรื่อง “การกำหนดภาวะดำเนินการของการดูดซับแบบความดันสลับสำหรับการผลิตแก๊สบริสุทธิ์”

4.13.3 นางสาววรรณ นรสุชา เสนอผลงานในหัวข้อเรื่อง “การดูดซับไอโทลูอินด้วยดินเหนียวไฟรอนเพอร์ไลต์” ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมของนางสาววรรณ นรสุชา และ อ.ดร. เตชา จัตุรศิริเวช

4.13.4 นางสาวรัชฎา รัตนมู เสนอผลงานในหัวข้อเรื่อง “การดูดซับไอโทลูอินด้วยถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด” ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมของนางสาวรัชฎา รัตนมู, อุกาภ ไม้ไผ่ไทรทอง และ อ.ดร. เตชา จัตุรศิริเวช

4.13.5 นางสาวรุ่งระวี ยิ่งยวด เสนอผลงานในหัวข้อเรื่อง “ผลกระทบขององค์ประกอบของโมเลกุลสารฟีดต่อการดูดซับไอโทลูอินและไซลีน” ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมของนางสาวรุ่งระวี ยิ่งยวด และ อ.ดร. เตชา จัตุรศิริเวช

4.13.6 นายณภาพ ัมมพิพิธ เสนอผลงานในหัวข้อเรื่อง “การสกัดโคบอลต์โดยใช้หม้อดูดซับแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวง” ซึ่งเป็นผลงานวิจัยร่วมของนายณภาพ ัมมพิพิธ, รศ.ดร.สุวภา จรุงวิทย์ และ อ.ดร. เตชา จัตุรศิริเวช

- 4.14 การเสนอผลงานในงาน 14th Symposium on Aerosol Science and Technology
 ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพพานิชกุล ได้เดินทางไปเสนอผลงานเรื่อง "Dust Control via
 Water Spray at a Rock Crushing Plant" ซึ่งงานนี้จัดขึ้นที่เมือง Kitakyushu ประเทศญี่ปุ่น
 ระหว่างวันที่ 21-23 สิงหาคม 2540
- 4.15 การเสนอผลงานในการประชุมวิชาการ Regional Symposium on Chemical
 Engineering 1997
 4.15.1 อ.ดร. เตชะ ได้เดินทางไปเสนอผลงานเรื่อง "Toluene Adsorption on
 Various Molecular Sieves" ซึ่งจัดขึ้น ณ เมืองยะโฮร์บาห์รู ประเทศมาเลเซีย ระหว่างวันที่ 13-
 15 ตุลาคม 2540
 4.15.2 นายพิเชษฐ อินทร์เอื้อ นิสิตปริญญาโทในหลักสูตรของ ศ.ดร. วิวัฒน์ เดินทางไป
 เสนอผลงานเรื่อง "Adsorption of Single and Binary Organic Compounds in Aqueous
 Solution by Activated Carbon Fiber" ซึ่งเป็นผลงานร่วมของ นายพิเชษฐ, ศ.ดร. วิวัฒน์,
 Prof. M. Suzuki, Dr. A. Sakoda และ Dr. Y. Sudo (มหาวิทยาลัยโตเกียว)
- 4.16 การบรรยายพิเศษ
 4.16.1 ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพพานิชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายพิเศษเรื่อง "วิทยาศาสตร์
 เทคโนโลยีอนาคต" ที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
 เมื่อวันที่ 18 กรกฎาคม 2540 (1 ชั่วโมง)
 4.16.2 ผศ.ดร. ทักษิณา สุริยะบรรเลง ได้รับเชิญไปบรรยายพิเศษเรื่อง "ประสิทธิภาพ
 ในการเก็บฝุ่นของระบบสเปรย์น้ำในโรงโม่: การพัฒนาโมเดลทำนายและการยืนยันโดยการทดลอง" ที่
 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เมื่อวันที่ 26 พฤศจิกายน
 2540 (1 ชั่วโมง)
 4.16.3 ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพพานิชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายพิเศษเรื่อง "เหมือง
 แร่ใยหินใกล้สิ่งแวดล้อม" ในหัวข้อเรื่อง "การจัดการสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการทำเหมืองแร่และโรงโม่
 หิน ณ ห้องประชุมใหญ่ กรมทรัพยากรธรณี กระทรวงอุตสาหกรรม เมื่อวันที่ 20 พฤษภาคม
 2541 (มีผู้เข้าประชุมประมาณ 200 คน)
 4.16.4 ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพพานิชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายเรื่อง "เทคโนโลยีการจัด
 ฝุ่น ที่ การอบรมวิชาการของบริษัท ปูนซีเมนต์ไทย จำกัด เมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2541 (มีผู้เข้าอบรม
 ประมาณ 40 คน)

4.16.5 ผศ.ดร.หทัยชนก ตูริยะบรรล่ง ได้รับเชิญไปบรรยายเรื่อง "Size Reduction and Application" ที่การอบรมวิชาการของบริษัท ปูนซิเมนต์ไทย จำกัด เมื่อวันที่ 3 มีนาคม 2541 (มีผู้เข้าอบรมประมาณ 40 คน)

4.16.6 ผศ.ดร.หทัยชนก ตูริยะบรรล่ง ได้รับเชิญไปบรรยายพิเศษเรื่อง "Ultrasound of Ads" ที่ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เมื่อวันที่ 30 มิถุนายน 2541 (มีผู้เข้าฟังประมาณ 30 คน)

4.16.7 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายที่การสัมมนา เรื่อง "การแก้ปัญหาผลกระทบจากการทำเหมืองหินและโรงโม่หิน กรณี: โครงการแก้ปัญหาฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรมหินก่อสร้างในพื้นที่ทดลอง ต.หน้าพระลาน และบริเวณใกล้เคียง จ.สระบุรี " ในหัวข้อเรื่อง "เทคโนโลยีการแก้ปัญหาฝุ่นจากโรงโม่หิน" จัดโดย กรมทรัพยากรธรณี ร่วมกับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ณ โรงแรมสระบุรีโรบินด์ 30 กันยายน - 1 ตุลาคม 2541

4.16.8 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล ได้เป็นวิทยากรสรุปและแปลคำบรรยายของการสัมมนาวิชาการเรื่อง "Laboratory and Factory Automation in Particle Technology Industries" โดย Prof. Z. Tanaka (Okayama University) และคณะ จัดที่ สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) (สสท.) 29-30 เมษายน 2542 โดยความร่วมมือกับศูนย์เทคโนโลยีภูมิภาคไทย

4.16.9 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายที่การสัมมนาวิชาการเรื่อง "โครงการพัฒนาและสร้างระบบสาธิตการกำจัดฝุ่นละอองจากอุตสาหกรรม โม่ บด และย่อยหิน" ในหัวข้อเรื่อง "วิธีการคำนวณออกแบบระบบกึ่งกรองและดูด" จัดโดยกองควบคุมมลพิษ ร่วมกับคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น กรุงเทพฯ วันที่ 1 พฤษภาคม 2542

4.16.10 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล และ ผศ. ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล ได้เป็นวิทยากรสรุปและแปลคำบรรยายของการสัมมนาวิชาการเรื่อง "Automation in Powder Material Processes" โดย Prof. Z. Tanaka, Dr. J. Oshifani, Mr. T. Hayashi และ Mr. T. Mitsuhashi จากประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจัดโดย ศูนย์เทคโนโลยีภูมิภาคไทย, สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี, สมาคมเพื่อสถาบันภูมิภาคไทย และวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย โดยความสนับสนุนด้านวิทยากรจาก Association of Powder Process Industry and Engineering, Japan เมื่อวันที่ 29-30 เมษายน 2542 ที่สถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี ถ.พัฒนาการ กรุงเทพฯ

4.17 นักวิจัยที่เลี้ยงของโครงการวิจัยหลังปริญญาเอกของ สกว.

4.17.1 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ได้รับหน้าที่เป็นนักวิจัยที่เลี้ยงให้แก่ อ.ดร. สุนันท์ ลิ้ม ธรรมกุล ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ปี 2540-2542

4.17.2 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ได้รับหน้าที่เป็นนักวิจัยที่เลี้ยงให้แก่ อ.ดร. รุจิรา ตาชาภาพ ภาควิชาเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าลาดกระบัง ปี 2541-2543

4.18 โครงการทุนอุดหนุนนักศึกษาระดับปริญญาโท

ศ.ดร. วิวัฒน์ ได้รับอนุมัติทุนโครงการทุนอุดหนุนนักศึกษาระดับปริญญาโท สำหรับนักศึกษาปริญญาเอกรุ่นที่ 1 จำนวน 1 ทุนในปีการศึกษา 2541 เพื่อเสริมงบประมาณของโครงการเนติวิจัยอาวุโส สกว.นี้ แต่เนื่องจากนิสิตที่แสดงความจำนงค์ขอทุนได้ขอลาไปหาชนเป็นเวลา 2 เดือน แล้วเกิดเปลี่ยนใจไม่ยอมศึกษา จึงได้รับนายพิเชษฐ์ อริยเดชวานิช (เกียรตินิยม อันดับ 2 ภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย) เข้าโครงการฯ ตั้งแต่เดือนมิถุนายน 2542

4.19 นักวิจัยที่เลี้ยงของโครงการเงินกู้ยืมของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ได้รับหน้าที่เป็นนักวิจัยที่เลี้ยงให้แก่ ผศ.ดร.หทัยชนก ดุริยบรรณ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.20 การออกบู๊ตเผยแพร่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอนาคตแก่ภาคอุตสาหกรรม

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, รศ.ดร. ชวชัย ชรินพานิชกุล, ผศ.ดร. หทัยชนก ดุริยบรรณ, อ. ณัฐพร โทณานนท์ และศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย ได้รับความเชื่อถือจากผู้จัดงาน ENTECH'97 20-23 พฤศจิกายน 2540 ที่ศูนย์สิริกิติ์ ให้ออกบู๊ต (พื้นที่ 12 ตร.ม.) สำหรับดำเนินการต่อไปนี้

ก. ให้ความรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีอนาคต โดยจัดทำโปสเตอร์แนะนำและจัดจำหน่ายจุลสารวิชาการ 21 หัวข้อเรื่อง ให้แก่บุคคลที่สนใจ มีผู้สนใจรวมทั้งภิกษุสงฆ์มาซื้อจำนวนประมาณ 100 ชุด

ข. ให้คำปรึกษาทางวิชาการฟรีแก่บุคคลในวงการอุตสาหกรรม โดยคณะผู้เชี่ยวชาญชาวไทย (ศ.ดร. วิวัฒน์, คุณปริษา แสงธีระปิติกุล และ รศ.ดร. ชวชัย) และชาวญี่ปุ่น (Prof. Kanji Matsumoto, Mr. Fumio Sato, Mr. Fumio Kato, Mr. Hideyuki Tsutsui, Mr. Ken Hashino, Mr. Hiroshi Akimoto) จาก Association of Powder

Process Industry and Engineering, Japan มีผู้สนใจมารับการปรึกษาประมาณ 10 ราย

ก. ให้บริการทดสอบคุณสมบัติการระเบิดได้ของวัสดุฝุ่นผงและวัดดัชนีการไหลของตัวอย่างฝุ่นผงที่ผู้สนใจนำมาให้ โดยไม่คิดค่าบริการ

4.21 โครงการร่วมมือวิจัยกับ Prof. T. Hirano มหาวิทยาลัยโตเกียว

4.21.1 ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดตะพานิชกุล, รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์นิชกุล และ ผศ.ดร.หทัยชนก ดุริยบรรเลง ได้เจรจาขอความร่วมมือกับ Prof. Toshisuke Hirano, Dept. of Chemical System Engineering, University of Tokyo ในการวิจัยเกี่ยวกับ กลไกของการแพร่กระจายของเปลวไฟที่เกิดกับหมอกฝุ่น (dust cloud) ซึ่งยังมีผู้ศึกษาวิจัยขั้นพื้นฐานน้อยมาก ตามข้อตกลง ศ.ดร.หทัยชนก และรศ.ดร. ธวัชชัย จะเดินทางไปเยี่ยมชมโรงงานวิจัยที่ห้องปฏิบัติการของ Prof. Hirano ครั้งละ 3 เดือนในปี 2541 โดยใช้งบประมาณของโครงการ Thailand-Japan Technology Transfer Project ซึ่งอาศัยเงินกู้จาก OECF ประเทศญี่ปุ่น

4.21.2 รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์นิชกุล ได้เดินทางไปทำวิจัยร่วมเรื่อง Explosion of polymeric powder suspended in air ซึ่งเป็นงานวิจัยที่ร่วมศึกษากับคณะกรรมาธิการวิจัยในท้องถิ่น ปฏิบัติการวิจัยของ Prof. Toshisuke Hirano, University of Tokyo ซึ่งการเดินทางไปครั้งนี้ ได้ทำการทดลองเพื่อเก็บข้อมูลเกี่ยวกับกลไกการระเบิดของวัสดุอนุภาคที่เป็นสารพอลิเมอร์ที่ฟุ้งกระจายในอากาศที่ประเทศญี่ปุ่น โดยใช้งบประมาณของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยที่ได้รับจากโครงการเงินกู้ OECF และมี ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดตะพานิชกุล ให้คำปรึกษาและแนะนำในระหว่างการที่หมดเวลา 3 เดือน (31 มีนาคม - 1 กรกฎาคม 2541)

4.21.3 ในวันที่ 8 มิถุนายน 2541 ทางห้องปฏิบัติการได้เชิญ Prof. Hirano มาบรรยายที่ภาควิชาฯ ในหัวข้อ "Flame Propagation Mechanism in Dust Cloud Combustion" ระหว่างเวลา 13.00-15.00 น. โดยมีผู้สนใจเข้าฟังการบรรยายประมาณ 30 คน

4.2 การเสนอผลงานวิจัยที่ Chulalongkorn University 80th Anniversary Research Conference ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 15-17 ตุลาคม 2540

อ.ดร. สมประสงค์ ศรีชัยและนิสิตปริญญาโทในที่ปรึกษา นายนิธิ นิกรณโปกรณ์ ได้เสนอผลงานที่ Chulalongkorn University 80th Anniversary Research Conference เรื่อง Numerical Simulation of Gas-Solid Particle Flow in Vertical Pipe ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ ระหว่างวันที่ 15-17 ตุลาคม 2541

- 4.23 การเสนอผลงานวิจัยที่ International Drying Symposium'98 ที่เมือง Thessaloniki, Halkidiki ประเทศกรีซ วันที่ 19-22 สิงหาคม 2541

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ได้ส่งบทความวิจัย และจ่ายค่าลงทะเบียนล่วงหน้า (เป็นเงื่อนไขของการตีพิมพ์บทความใน Proceedings ของการประชุม IDS นี้) เพื่อไปเสนอผลงานวิจัยที่ IDS' 98 ประเทศกรีซ แต่เนื่องจากติดราชการสำคัญ จึงไม่สามารถเดินทางไปนำเสนอด้วยตนเอง อย่างไรก็ตามผลงานดังกล่าว ก็ได้รับการตีพิมพ์เผยแพร่อย่างกว้างขวางใน Proceedings ของ IDS'98 เนื่องจากได้จ่ายค่าลงทะเบียนล่วงหน้าแล้ว ผลงานนี้คือ W. Tanthapanichakoon, S. Tantirodchanamate and T. Charinpanitkul เรื่อง Flash Drying Model For Granular and Particulate Materials Exhibiting a Diffusion – Controlled Rate Period.

- 4.24 การสัมมนาทางวิชาการ เรื่อง "Simulation of Cyclone and Louvre-Type Separators and Automatic Measurement of Particle Distribution"

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล และ รศ.ดร.ธวัชชัย ชรินทร์พานิชกุล ได้เป็นวิทยากรร่วมสรุปและแปลคำบรรยายของ Prof. Hideto Yoshida (Hiroshima University) ซึ่งจัดโดยศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และสมาคมเพื่อสถาบันอนาคตไทย ร่วมกับ Association of Powder Process Industry and Engineering, Japan ในวันที่ 14 กันยายน 2541

- 4.25 International Advisory Committee, World Congress on Particle Technology 1998

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล และ Professor C. Tien, National University of Singapore เป็นเพียงผู้ทรงคุณวุฒิ 2 คน จากกลุ่มประเทศอาเซียนที่ได้รับเชิญให้เป็น International Advisory Committee, Third World Congress on Particle Technology 1998 ซึ่งจัดขึ้นที่ Brighton, U.K. ในช่วง 6-9 กรกฎาคม 2541

- 4.26 การเสนอผลงานวิจัยที่ Regional Symposium on Chemical Engineering ครั้งที่ 8 ที่กรุงมะนิลา ประเทศฟิลิปปินส์ ในช่วงวันที่ 14 - 16 ตุลาคม 2541

นายจิระศักดิ์ แสงพุ่ม นิสิตปริญญาเอกซึ่งได้รับทุนสนับสนุนจากโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกอ. และเป็นนิสิตในที่ปรึกษาของ อ.ดร.เดชา นัศรศิริเวช ได้เดินทางไปเสนอผลงานซึ่งเป็นผลงานส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์ระดับดุษฎีบัณฑิต คือ

Chirasak Sangpoum; Deacha Chatsiriwech; Vichitra Chongvisal, "Effects of Temperature and Period on Characteristics of Adsorbents from Water Hyacinth Activated with Zinc Chloride", Proceedings in 8th Regional Symposium on Chemical Engineering's supplementary, Manila, Philippines, 14-16 October 1998

4.27 การให้บริการฝึกอบรมเชิงทฤษฎีและปฏิบัติการ

ในปี 2541 รศ.ดร.ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้ให้บริการฝึกอบรมเชิงทฤษฎีและปฏิบัติการด้าน Particle Characterization แก่ 3 หน่วยงาน จำนวน 4 คน ดังนี้

1. คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จำนวน 2 คน
2. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ (คลองหลวง) จำนวน 1 คน
3. คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จำนวน 1 คน

4.28 ความร่วมมือในการทำวิจัยกับห้องวิจัยอื่นๆในต่างประเทศ

ในระหว่างวันที่ 8 - 23 พฤศจิกายน 2541 ผศ.ดร.ทัฬหยา ดุริยบรรณลง ได้เดินทางไปสหราชอาณาจักรโดยได้รับทุนสนับสนุนการเดินทางโดย British Council เพื่อเจรจาความร่วมมือในวิจัยระหว่างภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กับ Department of Chemical Engineering, Imperial College, London และได้เดินทางต่อไปยัง ประเทศฝรั่งเศส เพื่อเยี่ยมชมและเจรจาความร่วมมือในงานวิจัยกับ Dr.Gerard Grehan ที่ CNRS, Université & INSA de ROUEN, Mont-Saint-Aignan Cedex

4.29 การเสนอผลงานวิจัยที่การประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมี และเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 วันที่ 17-18 ธันวาคม 2541

1.29.1 W. Tanthapanichakoon, P. Khongprasamkain, T. Charinpanitkul, H. Tamon, N. Sano and M. Okazaki, " Removal of binary impurity gases using a single corona-discharge reactor and two reactors in series"

1.29.2 T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, H. Duriyabunleng, N. Tinanon and S. Samuthpongthorn, " Effects of grinding time and weight ratio of grinding media to feldspar on flow ability of ground feldspar using vibration ball mills"

4.0 การเสนอผลงานวิจัยที่การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37 สาขาวิศวกรรมศาสตร์ 3-5 กุมภาพันธ์ 2542

เนื่องจากต้องไปรับมอบรางวัลวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จากมูลนิธิโทร เพื่อการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ประเทศไทย ในวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2541 ศ.ดร.วิวัฒน์ จึงมอบหมายให้นายไพศาล ศ. ประธานภาส นำนเสนอผลงานวิจัย เรื่อง "Removal of Trimethylamine and Acetaldehyde Using Electron Attachment Reaction"

4.1 กรรมการจัดการประชุม Midterm Conference AEESEAP 1999

ศ.ดร.วิวัฒน์ ได้รับเชิญเป็นกรรมการของ Organizing Committee ซึ่ง จัดการประชุมวิชาการ Midterm Conference 1999 ของ AEESEAP (Association for Engineering Education in South East Asia and the Pacific) ในหัวข้อเรื่อง Engineering Education in the Information Technology Era ในวันที่ 12-14 พฤษภาคม 2542 ที่ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย จัดโดย วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์

4.2 กรรมการ International Advisory Panel ของ IDS' 2000

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญเป็นกรรมการของ International Advisory Panel ของ International Drying Symposium 2000 ซึ่งจัดขึ้นที่ Congress Centre "Louwenhorst", Noordwijkerhout, Netherlands 28-31 สิงหาคม 2000

4.3 กรรมการ Editorial Board ของ Science Asia

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญเป็นกรรมการ Editorial Board ของ Science Asia ซึ่งเป็นวารสารระดับสากลของสมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย ตั้งแต่ฉบับที่ 1 ปีที่ 1 เดือนมิถุนายน 2541 เป็นต้นมา

4.4 กรรมการ Editorial Advisors/ Reviewers ของ West Indian Journal of Engineering

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญเป็น Editorial Reviewer ของ The West Indian Journal of Engineering โดยได้รับแจ้งว่าจะมีชื่อปรากฏอยู่บนหน้าปกของวารสารดังกล่าว ของ The University of the West Indies, St. Augustine, The Republic of Trinidad & Tobago ตั้งแต่ 10 พฤษภาคม 2542

4.5 การเสนอผลงานที่ First Asian Aerosol Conference 1999

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ได้รับเชิญเป็น regional coordinator ของ First Asian Aerosol Conference และไปเสนอผลงานวิจัยเรื่อง Prediction of Inertia-Interceptional Collection Efficiency of Polydisperse Dust Particles Using Polydisperse Liquid Droplets ที่ First Asian Aerosol Conference เมือง Nagoya ประเทศญี่ปุ่น ในช่วงวันที่ 27-28 กรกฎาคม 2542

4.6 การเสนอผลงานที่การสัมมนาและนิทรรศการฯ ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิต (กฟผ.) ครั้งที่ 3

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ได้รับเชิญไปเสนอผลงานเรื่อง "โครงการวิจัยการศึกษาคุณสมบัติเหมาะสมของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านหินเล็กในเตาเพื่อใช้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อนร่วม" ในการสัมมนาและนิทรรศการผลงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ของ กฟผ. ครั้งที่ 3 วันที่ 9-10 กันยายน 2542 ณ หอประชุม กฟผ. อาคารประชาสัมพันธ์

4.7 การให้บริการตรวจวิเคราะห์

รศ.ดร.ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ ได้ทำการตรวจวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของอนุภาคผงแม่พิมพ์บนภาชนะของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 7 ตัวอย่าง ในปี 2542

4.8 กรรมการจัดการประชุมวิชาการ First Asia Particle Technology Symposium (APT 2000)

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ได้รับเชิญเป็น Co-chair ของ International Organizing Committee (IOC) ของ APT 2000 และ เป็น Chairman ของ Local Organizing Committee (LOC) ด้วย นอกจากนี้ รศ.ดร. ศิริกัลยา ได้รับเชิญเป็นกรรมการ LOC ส่วนรศ.ดร. ธวัชชัย และ ผศ.ดร.ทัญชนก ก็ได้รับเชิญเป็นกรรมการ LOC ด้วย

4.9 การเลื่อนตำแหน่งวิชาการของนักวิจัยในกลุ่ม

ผศ.ดร.ธวัชชัย ขวัญพานิชกุล ได้รับการเลื่อนตำแหน่งเป็นรองศาสตราจารย์ในปี 2542 ขณะที่ อ.ดร.ทัญชนก ดุริยบรรเลง ได้รับเลื่อนตำแหน่งเป็นผู้ช่วยศาสตราจารย์ในปี 2543

4.40 การแสดงนิทรรศการที่มหกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย และห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคต ได้รับเชิญจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ให้ร่วมแสดงนิทรรศการที่ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ในช่วงวันที่ 5-7 พฤศจิกายน 2542 เพื่อเผยแพร่งานวิจัยเรื่อง "การวิจัยพัฒนาเครื่องกำจัดก๊าซมลพิษด้วยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอน" และความรู้ทางวิชาการใหม่ๆเกี่ยวกับเทคโนโลยีอนาคตทั้งในและต่างประเทศ

งานมหกรรมส่งเสริมและสนับสนุนการวิจัยนี้ จัดขึ้นเพื่อฉลองครบรอบ 50 ปีของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ในพิธีเปิด รัฐมนตรีว่าการกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อม (ดร. อาทิตย์ อุไรรัตน์) และเลขาธิการสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติได้แนะนำเยี่ยมชมและซักถามที่บูธด้วย นอกจากนี้ ทางสถานีโทรทัศน์ ITV ยังได้ติดต่อขอสัมภาษณ์ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล เกี่ยวกับงานวิจัยข้างต้น เพื่อออกอากาศในวันอาทิตย์ที่ 5 ธันวาคม 2542 เวลาประมาณ 8.30 น. ที่ช่อง 11 ด้วย

4.41 กรรมการจัดการประชุม ENTECH'99

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญเป็นกรรมการจัดการประชุมวิชาการประจำปี ENTECH'99 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ ในวันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2542 ที่ศูนย์ประชุมแห่งชาติสิริกิติ์ และเป็นกรรมการสภานโยบายในการคัดเลือกบทความวิชาการทาง วิศวกรรมเคมีและเทคโนโลยีอนาคตด้วย

4.42 การเผยแพร่ผลงานวิจัยทางโทรทัศน์

สถานีโทรทัศน์ ITV ได้อัดเทปสัมภาษณ์ ศ.ดร. วิวัฒน์ เกี่ยวกับงานวิจัยเรื่องการทำจัดก๊าซมลพิษโดยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอน และออกรายการในเช้าวันอาทิตย์ที่ 5 ธันวาคม 2542 เวลาประมาณ 8:30 น. ซึ่งจัดโดยสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติเพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยของนักวิทยาศาสตร์ไทย (ความยาวสุทธิ 3 นาที)

4.43 ผู้แทนประเทศไทยของ Asian Aerosol Research Assembly (AARA)

ศ.ดร. วิวัฒน์ ได้รับเชิญ เป็น National representative ของ Asian Aerosol Research Conference ซึ่งประเทศไทยเป็นสมาชิกร่วมก่อตั้งขึ้นอย่างเป็นทางการในเดือนกรกฎาคม 2541 ที่เมือง Kita Kyushu ประเทศญี่ปุ่น กรรมการชุดนี้จะทำหน้าที่เป็น International Organizing Committee ของการจัด Asian Aerosol Conference (AAC) ซึ่งจะมีขึ้นทุก 2 ปี

โครงการผลิตเปลี่ยนหมุนเวียนในประเทศสมาชิก การจัดครั้งถัดมา คือ The 2nd AAC ซึ่งจัดขึ้นที่ เมือง Pusan ประเทศเกาหลีใต้ ในเดือนกรกฎาคม 2544

4.4.4 การจัด Second Asian Aerosol Conference 2001

ศ.ดร. วิวัฒน์ และ รศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ ได้รับเชิญเป็นกรรมการ International Program Committee ของการประชุม The 2nd AAC ในช่วงวันที่ 1-4 กรกฎาคม ค.ศ. 2001 (พ.ศ. 2544) ที่เมือง Pusan ประเทศเกาหลีใต้

4.4.5 การจัด The Sixth International Aerosol Conference

ศ.ดร. วิวัฒน์ได้รับเชิญเป็นกรรมการของ International Advisory Technical Committee ของ The Sixth International Aerosol Conference ซึ่งจะจัดขึ้นที่กรุงไทเป ในช่วงวันที่ 8-13 กันยายน ค.ศ. 2002 (พ.ศ. 2545)

4.4.6 โครงการริยญาเอกกณจนภิเษก รุ่นที่ 2

ศ.ดร. วิวัฒน์ได้รับอนุมัติทุนโครงการริยญาเอกกณจนภิเษกฯ สกว. สำหรับนักศึกษาปริญญาเอกรุ่นที่ 2 จำนวน 2 ทุนในปีการศึกษา 2543 แก่นายจรศักดิ์ เพ็ญนวกิจ และน.ส.วิวยา แซ่ม้า ทั้ง 2 คนสำเร็จการศึกษาปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเคมี จากมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

4.4.7 การประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะเบียนชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายพิเศษในหัวข้อเรื่อง "บริหารศน์ของเทคโนโลยีอนาคตและความรุคหน้าในระยะหลัง" ในการประชุมวิชาการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วทท.) ครั้งที่ 26 "วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสู่สหัสวรรษใหม่" ระหว่างวันที่ 18-20 ตุลาคม 2543 ณ ศูนย์สิริกิติ์

4.4.8 การประชุมวิชาการ The 6th International Heat Pipe Symposium – 2000 (6IHPS-2000)

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะเบียนชกุล ได้รับเกียรติให้ไปบรรยายพิเศษภาษาอังกฤษในหัวข้อเรื่อง "Past and Present Heat Pipe Research in Thailand" และเสนอผลงานวิจัยเรื่อง "Development of an Economical Efficient Bronze-Water Thermosiphon-Loop Heat Exchanger for Gas-to-Gas Low-Grade Heat Recovery" ในวันที่ 4-6 พฤศจิกายน

2543 ที่ The 6th International Heat Pipe Symposium จังหวัดเชียงใหม่ อนึ่ง ผลงานวิจัยดังกล่าวยังได้รับรางวัลประเภทบทความวิจัยยอดเยี่ยมในสาขา Terrestrial Applications อีกด้วย

4.9 งานนิทรรศการและงานประชุมใหญ่ทางวิศวกรรมวิทยาศาสตร์: ENTECH 2000

สมาคมวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (ว.ส.ท.) ได้จัดงานนิทรรศการและงานประชุมใหญ่ทางวิศวกรรม ประจำปี 2543 (ENTECH 2000) ขึ้นระหว่างวันที่ 16-17 พฤศจิกายน 2543 ในหัวข้อ เทคโนโลยีในศตวรรษหน้า ณ ศูนย์การประชุมไบเทค บางนา โดย ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเกียรติให้บรรยายพิเศษในหัวข้อ "อันตรายจากการระเบิดของฝุ่นผงและมาตรการป้องกัน"

4.5.1 การประชุมภาคพื้นเอเชียเรื่องฟลูอิดไดซ์และเครื่องปฏิกรณ์แบบสามวัฏภาค (ASCON2000)

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้เดินทางไปร่วมประชุมวิชาการภาคพื้นเอเชียเรื่อง Fluidized Bed and Three-Phase Reactors (ASCON2000) ณ เมืองยานามาโกะ จังหวัดชิซูโอกะ ประเทศญี่ปุ่น ซึ่งจัดขึ้นโดยการสนับสนุนจากสมาคมวิศวกรเคมี ประเทศญี่ปุ่น สถาบันวิศวกรจีนไทย และสถาบันวิศวกรเคมีเกาหลี ทั้งนี้ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้นำผลงานวิจัย เรื่อง "Development of a Small-Scaled Fluidized Bed Granulator" ซึ่งเป็นผลงานร่วม ระหว่าง ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ดร.ชัชชัย ขวัญพานิชกุล รศ.ดร. พจน์ กุลวานิช ภาควิชา แสงสีระยิตกุล และนายกิตติพงษ์ พัฒนทอง การเดินทางดังกล่าวได้รับเงินสนับสนุนจากโครงการวิจัยอาวุโสด้านเทคโนโลยีอนาคตในส่วนของการลงทะเบียน ค่าใช้จ่ายในช่วงประชุม และค่าเดินทางไปกลับระหว่างเมืองเกียวโตและเมืองยานามาโกะ

4.5.2 เทคโนโลยีอนุภาคฉบับต้อนรับสหัสวรรษใหม่

เนื่องในโอกาสที่ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยครบรอบสิบปี ทางศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยได้จัดทำหนังสือฉบับพิเศษชื่อ "เทคโนโลยีอนาคตฉบับต้อนรับสหัสวรรษใหม่" ความหนา 80 หน้า จำนวน 3,000 เล่ม เนื้อหาภายในเล่มได้รวบรวมประวัติความเป็นมาของศูนย์ฯ ตลอดจนข่าวเทคโนโลยีใหม่ๆ ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อเป็นของกำลัใจให้สมาชิกของศูนย์ฯ ผู้เข้าร่วม The 1st Asia Particle Technology (APT 2000) ที่กรุงเทพฯ บริษัทสมาชิกของสภาอุตสาหกรรมในประเทศไทย และบุคคลทั่วไปที่สนใจ

- 4.2 ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนุภาค
เมื่อเดือนตุลาคม 2543 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้อนุมัติการจัดตั้งศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะ
ทางด้านเทคโนโลยีอนุภาค (Center of Excellence in Particle Technology) โดยการรวมกิจ
กรมของศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์
- 4.3 นิทรรศการวิชาการของโครงการ OECF (JBIC) – TJTTP
โครงการ OECF (JBIC) – TJTTP จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้จัดงานนิทรรศการเพื่อ
เสริมสร้าง Industry-University Linkage ที่โรงแรมสะพานนาคราษ ในช่วงวันที่ 6-7 ธันวาคม
2543 ในงานนี้ทางศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยฯ ในนามของ Center of
Excellence in Particle Technology ได้ร่วมจัดแสดงโปสเตอร์เพื่อเผยแพร่กิจกรรมและผลงาน
วิจัยของศูนย์ฯ และ รศ.ดร. ชวรัสัย ชรินพาดิษฐกุล ได้นำเสนอผลงานวิจัยเรื่อง "การระเบิดของผง
โพแทสเซียมที่แขวนลอยในอากาศ" ซึ่งได้ดำเนินขึ้นในโครงการ TJTTP (Thailand – Japan
Technology Transfer Project) ด้วย
- 4.4 การพัฒนาเครือข่ายคอมพิวเตอร์ในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอนุภาค
ทางห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาคและกระบวนการวัสดุ (PTMP) ได้รับอนุมัติจาก
สภาให้จัดซื้อและติดตั้งคอมพิวเตอร์ ซึ่งใช้ในระบบปฏิบัติการเครือข่ายยูนิกซ์ ซึ่งประกอบด้วย
เครื่องซีิร์ฟเวอร์ (Sun Ultra 60) และเครื่องโหนดเน็ตเวิร์ก 2 เครื่อง เพื่อเพิ่มขีดความสามารถใน
การวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างและจำลองแบบคณิตศาสตร์แนวใหม่ของการกระบวนการเทคโนโลยี
อนุภาคภายใต้โครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว. ด้านเทคโนโลยีอนุภาค
- 4.5 ทุนวิจัยองค์ความรู้ใหม่ของ สกว.
ห้องปฏิบัติการวิจัยฯ ได้รับทุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อทำโครง
งานการกำจัดก๊าซมลพิษหลายองค์ประกอบที่อุณหภูมิสูง โดยปฏิกิริยาเติมออกซิเจน" ภายใต้
โครงการทุนวิจัยองค์ความรู้ใหม่ที่เป็นพื้นฐานต่อการพัฒนา โดยมีระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่เดือน
กุมภาพันธ์ 2544 วัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อหาประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซมลพิษที่อุณหภูมิสูง
โดยเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนา โดยมี ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล เป็นหัวหน้าโครงการ
วิจัย รศ.ดร. ชวรัสัย ชรินพาดิษฐกุล ผศ.ดร. หทัยชนก ดุริยบรรเลง อาจารย์ณัฐพร โทณ
นนท์ เป็นนักวิจัยร่วมและ น.ส. นันทมาศ หัตตะวร นายสหัส ไชโย นายจินตวัฒน์ ไชยชนะ
วงศ์ ละเนาอภิรักษ์ณ์ เขียดเอื้อ เป็นผู้ช่วยวิจัย

4.5.6 การประชุมวิชาการด้านเทคโนโลยีอนุภาคระดับภูมิภาคเอเชีย (APT2000)

ศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทย (สทอท.) ซึ่งมี ศ.ดร. ณรงค์ อยู่ถนอม เป็นผู้อำนวยการศูนย์ฯ และ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล เป็นรองผู้อำนวยการศูนย์ฯ และสมาคมเทคโนโลยีอนุภาคญี่ปุ่น (SPTJ) ซึ่งมี Prof. Y. Kawashima เป็นนายกสมาคม ได้ร่วมกันจัดการประชุมวิชาการด้านเทคโนโลยีอนุภาคระดับภูมิภาคเอเชีย (APT2000) ครั้งที่ 1 ที่โรงแรมแมนดาริน กรุงเทพฯ ในวันที่ 13-15 ธันวาคม 2543 มีผู้เข้าร่วมประชุม 297 คนจาก 18 ประเทศ ประกอบด้วย ออสเตรเลีย (9 คน) จีน (7 คน) ฝรั่งเศส (2 คน) อินโดนีเซีย (2 คน) อินเดีย (18 คน) ญี่ปุ่น (14 คน) เกาหลีใต้ (48 คน) มาเลเซีย (4 คน) มองโกเลีย (2 คน) เนเธอร์แลนด์ (1 คน) ฟิลิปปินส์ (2 คน) สิงคโปร์ (1 คน) สวีเดน (1 คน) ไต้หวัน (8 คน) สหรัฐา (2 คน) อังกฤษ (3 คน) เวียดนาม (7 คน) และไทย (46 คน) แบ่งเป็นภาคการศึกษาวิจัย 59.60% ภาคอุตสาหกรรม 24.24% และนิสิตนักศึกษา 16.16% จำนวนบทความวิจัยและการบรรยายทั้งหมดทั้งสิ้นประมาณ 200 เรื่อง ในการจัดงาน APT2000 นี้ Prof. M. Senna, ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ Prof. Y. Tsuji เป็นประธาน, ประธานร่วมและเลขาธิการของ Organizing Committee ตามลำดับ อนึ่ง Local Organizing Committee ของ APT2000 มี ศ.ดร. วิวัฒน์ เป็นประธานและคณะกรรมการในโครงการมีวิจัยอาวุโส สกว. หลายท่าน (รศ.ดร. ชวิชัย ชรินพานิชกุล, ผศ.ดร. พัทธนากร สุวิมลบรรณ, รศ.ดร. ศิริลักษณ์ สุวจิตตานนท์) เป็นกรรมการด้วย

4.5.7 การจัด Work Visit

ศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทยได้จัด Work Visit เพื่อเปิดโอกาสให้สมาชิกชาวญี่ปุ่นของ Thai Subcommittee, Association of Powder Process Industry and Engineering, Japan ได้เยี่ยมชมกิจกรรมและงานวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทย และห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาค ทดเชววิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในช่วงเช้า และชมโรงงานของ บริษัท อาอี นะโมะโตะ จำกัด ที่ อ.พระแสง จ.สมุทรปราการ ในช่วงบ่ายของวันที่ 15 ธ.ค. 2543 นอกจากนี้ ในวันและเวลาเดียวกันนี้ก็มีคณะผู้เข้าร่วมประชุม APT2000 ที่เป็นชาวต่างประเทศอีกกว่า 25 คนได้เข้าเยี่ยมชมศูนย์เทคโนโลยีอนุภาคไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนุภาคด้วย

4.8 The 1st Conference on Science & Technology: University-Industry Linkages under TJTP

รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์เรกุล ได้นำเสนอบทความวิจัยเรื่อง "การระเบิดของผงโพลีเมอร์ที่ ขวนลอยในอากาศ" ในการประชุม The 1st Conference on Science & Technology: University Linkages ซึ่งจัดโดยจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ภายใต้การสนับสนุนของ TJTP วันที่ 6-7 ธันวาคม 2543 โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อให้เกิดการเชื่อมโยงกันระหว่างภาคการศึกษาและภาคอุตสาหกรรม ในงานนี้มีผู้เข้าร่วมประชุมกว่า 120 คน และผลงานที่นำเสนอ 34 บทความ

4.9 การสัมมนาวิชาการโดย Visiting Professor จาก มหาวิทยาลัยโอซาก้าภายใต้โครงการ JBIC-TJTP

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทย (ศทอท.) และห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตและกระบวนการวัสดุภายใต้ชื่อ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนาคตได้จัดสัมมนา 2 ครั้ง ในหัวข้อเรื่อง "Discrete Particle Simulation and its Application to Dense Gas-Solid Flows" และ "Numerical Analysis of Particle Clustering in Moderately Dense Gas-Solid Flow" โดย Assoc.Prof. T. Tanaka มหาวิทยาลัยโอซาก้า ในฐานะ Visiting Scholar ในโครงการการถ่ายทอดเทคโนโลยีระหว่างไทย-ญี่ปุ่น (JBIC-TJTP) ในระหว่างวันที่ 11-20 ธันวาคม ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยมีคณาจารย์และนิสิตเข้าร่วมฟังการสัมมนา 30 คน

4.10 การอบรมวิทยากรด้านเทคโนโลยีโพลีเมอร์โดย Visiting Professor จากประเทศญี่ปุ่น

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ได้ร่วมจัดการอบรมวิทยากรเรื่อง "ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์พลาสติกและโพลีเมอร์สำหรับผู้ที่ไม่ใช่นักเคมีหรือวิศวกรเคมี" โดย ศ.ดร. โยอิชิ นากาเซะ Kurashiki University of Science and Technology ประเทศญี่ปุ่น ในระหว่างวันที่ 20-21 กุมภาพันธ์ 2544 ที่อาคารสถาบันส่งเสริมเทคโนโลยี ต.พัฒนาการ โดยมีผู้เข้าร่วมฟังการอบรมประมาณ 30 คน และมีการสาธิตตัวอย่างผลิตภัณฑ์โพลีเมอร์ชนิดต่างๆในอุตสาหกรรม เพื่อเสริมความเข้าใจด้วย

4.11 การจัดบรรยายพิเศษโดย Visiting Professor จากประเทศญี่ปุ่น

ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตและกระบวนการวัสดุ (PTMP) ได้จัดบรรยายพิเศษในหัวข้อเรื่อง "เครื่องมือการวิจัยแบบใหม่สำหรับระบบของแข็ง-ของเหลว" และเรื่อง "การแนะนำ

เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของของไหลและการซึมผ่าน" โดย ศ.ดร. โยอิชิ นากาฮะ จาก Kurashiki University of Science and Technology ในวันที่ 14 และ 22 กุมภาพันธ์ 2544 ที่คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดยคณาจารย์และนิสิตในห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอาหารและการบวนการวัสดุเข้าร่วมฟังประมาณ 20 คน

4.4.2 การสัมมนาวิชาการโดย Visiting Professor จากมหาวิทยาลัยโตเกียว ภายใต้โครงการ JBIC-TJTTP

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตและการบวนการวัสดุภาคใต้ชื่อ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนาคตได้จัดสัมมนาทั้งหมด 4 เรื่องได้แก่

- 4.62.1 การแพร่ของเปลวไฟผ่านหมอกอนุภาคที่ติดไฟได้
- 4.62.2 การกระจายของอนุภาคน้ำมันและการเผาไหม้ซึ่งแพร่ผ่านหมอกอนุภาคเล็ก
- 4.62.3 กลไกการเกิดความเป็นพิษของตัวกรองเปลวไฟระหว่างการระเบิดของก๊าซ
- 4.62.4 พฤติกรรมไฟโรไลซิสของวัสดุโพลีเมอร์น้ำหนักโมเลกุลสูงในเตาเผาตัวอย่าง

โดย ศ.ดร. วิชาญ โดบะชิ มหาวิทยาลัยโตเกียว ในฐานะ Visiting Scholar ในโครงการ TJTTP-JBIC ในช่วงวันที่ 13-15 กุมภาพันธ์ 2544 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.3 การสนับสนุนผู้ปฏิบัติการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม (IRAS) ของ สทว.

ศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตและการบวนการวัสดุ (PTTP) ได้รับการอนุมัติทุนสนับสนุนการวิจัยจากโปรแกรมการสนับสนุนผู้ปฏิบัติการวิจัยในภาคอุตสาหกรรม (IRAS) ของสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) เพื่อทำโครงการ "การศึกษาและพัฒนาระบบบำบัดเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์แช่แข็งสำหรับสุรา" ร่วมกับบริษัท เวลล์เพ็คอินเทลลิเจนซ์ จำกัด โดยมีระยะเวลา 1 ปี 6 เดือน วัตถุประสงค์หลัก คือ เพื่อศึกษาพัฒนาและสร้างอุปกรณ์ต้นแบบสำหรับฆ่าเชื้อแบคทีเรีย Salmonella และ Enterobacteria ที่อาจปนเปื้อนมาในผลิตภัณฑ์แช่แข็งในสุรา โดยมี ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดชะปะทังกุล เป็นหัวหน้าโครงการ และมี นาย อธิ ชลโมศรี เป็นผู้ช่วยวิจัย

4.6.4 การติดตามความคืบหน้าของโครงการวิจัยร่วม (JTTP-JBIC) และการบรรยายสัมมนาพิเศษ

ดร.โนริอากิ ซาโน สถาบันเทคโนโลยีอิเมจิ ประเทศญี่ปุ่น ได้เดินทางมาติดตามความคืบหน้าของโครงการวิจัยร่วม (JTTP-JBIC) และได้บรรยายสัมมนาเรื่อง "การเพิ่มประสิทธิภาพโดย

และอัลตราไวโอเลตในการทำก๊าซให้บริสุทธิ์ด้วยการปล่อยโคโรนา" ในระหว่างวันที่ 12-24 มีนาคม 2544 ที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 การบรรยายพิเศษในวาระสิ้นสุดโครงการ 7 ปี ระหว่าง JICA-TU

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล ได้รับเชิญไปบรรยายพิเศษภาษาอังกฤษในหัวข้อ "การปฏิบัติงานวิจัยจากประสบการณ์ของภาควิชาวิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย" ในการสัมมนาเรื่อง "การวิจัยและการศึกษาด้านวิศวกรรมเคมีเพื่อการพัฒนาภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ (TU)" ในวันที่ 16 มีนาคม 2544 ภายใต้การสนับสนุนของ JICA เนื่องในวาระสิ้นสุดโครงการ 7 ปีระหว่าง JICA-TU

4.6 การเยี่ยมชมศูนย์เทคโนโลยีเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนาคต

ศ.ดร. โอทานิ และ รศ.ดร. ชูรุจิ Kanazawa University ประเทศญี่ปุ่น ได้เดินทางมาเยี่ยมชมศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนาคต เพื่อติดตามความคืบหน้าของโครงการด้านมลพิษอากาศ ซึ่งภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมและศูนย์เชี่ยวชาญ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้ดำเนินโครงการวิจัยร่วมกับฝ่ายญี่ปุ่น ภายใต้โครงการ TJTTP-JBIC และยังได้เจรจาแนวทางในการพัฒนาโครงการความร่วมมือระหว่างประเทศภายใต้การสนับสนุนของสมาคม เพื่อการสนับสนุนด้วยวิทยาศาสตร์ญี่ปุ่น (JSPS) เมื่อวันที่ 21 มีนาคม 2544 อีกด้วย

4.6.1 การจัดนิทรรศการวิชาการเนื่องในวาระครบรอบ 84 ปี แห่งการสถาปนาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เมื่อวันที่ 23 มีนาคม 2544 พลเอก รวณ. ทบวงมหาวิทยาลัยได้เป็นประธานในพิธีเปิดงานนิทรรศการวิชาการเรื่อง "งานวิจัยเพื่ออนาคตของสังคมไทย" เนื่องในวาระครบรอบ 84 ปีแห่งการสถาปนาจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และในวันที่ 26 มีนาคม 2544 สมเด็จพระเทพรัตนราชสุดาฯ ได้เสด็จทอดพระเนตรนิทรรศการเป็นเวลา 1 ชั่วโมงครึ่ง โดยได้ทรงแวะซักถาม ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล และคณะเกี่ยวกับโครงการนิทรรศการด้านเทคโนโลยีอนาคต ซึ่งจัดแสดงโดยศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตและกระบวนการวิจัยด้วย

4.6.2 การเดินทางไปทำวิจัยระยะสั้นที่มหาวิทยาลัยเกียวโต ประเทศญี่ปุ่น

อาจารย์ณัฐพร โทณานนท์ สมาชิกของศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีอนาคต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เดินทางไปทำวิจัยระยะสั้นร่วมกับ ศ.ดร. ยาสึมะ ทามอน ที่มหาวิทยาลัยเกียวโต ในเดือนมีนาคม-สิงหาคม 2544 ภายใต้โครงการของ TJTTP-JBIC

4.66 นิสิตปริญญาเอกภายใต้โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษกไปทำวิจัยระยะสั้นที่มหาวิทยาลัยโตเกียว และมหาวิทยาลัยโอซาก้า ประเทศญี่ปุ่น

นายพิทักษ์ อริยเดชวณิช นิสิตปริญญาเอกในชั้นปีที่ 1 ของ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล ได้เดินทางไปทำการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการของ ศ.ดร. ฮาจิเมะ ทามอน ที่มหาวิทยาลัยเกียวโต ในเดือนตุลาคม 2543-กันยายน 2544 ภายใต้โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

นายณิศ สวัสดิ์เสวี นิสิตปริญญาเอกในชั้นปีที่ 1 ของ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล ได้เดินทางไปทำการศึกษาวิจัยในห้องปฏิบัติการของ ศ.ดร. Yutaka Tsuji ที่มหาวิทยาลัยโอซาก้าในเดือนธันวาคม 2544-มีนาคม 2545 ภายใต้โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

อนึ่ง ในช่วงปลายเดือนพฤศจิกายน 2543 ศ.ดร. วิวัฒน์ ได้เดินทางไปติดตามความคืบหน้าและกำหนดแผนทางการวิจัยของนายพิทักษ์ อริยเดชวณิช ที่มหาวิทยาลัยเกียวโตเป็นเวลา 10 วัน โดยใช้เงินกองทุนโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

4.70 บทความแนะนำ ศ. วิวัฒน์ ใน APPIE News

APPIE NEWS ฉบับเดือนพฤษภาคม ค.ศ. 2001 Association of Powder Process Industry and Engineering, Japan ได้ให้เกียรติลงบทความภาษาญี่ปุ่นในคอลัมน์ My Profile เพื่อแนะนำ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล ในฐานะผู้บุกเบิกด้านเทคโนโลยีอนุภาคของไทยและนักวิจัยชั้นนำคนหนึ่งด้านเทคโนโลยีอนุภาคของเอเชีย

4.71 บทความรายงานผลการจัด The 1st Asian Particle Technology 2000

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ได้รับเชิญให้เขียนบทความภาษาญี่ปุ่นจากรายงานผลการจัด The 1st Asian Particle Technology 2000 (APT 2000) ในวารสาร Aerosol Research (ภาษาญี่ปุ่น); Vol. 16, No. 1, pp. 68, 2001 ซึ่งตีพิมพ์โดย Japan Research Association of Aerosol Science and Technology

4.72 บทความเผยแพร่ประโยชน์ของการจัด APT2000

ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล ได้รับเชิญให้เขียนบทความเผยแพร่ประโยชน์ของการจัด The 1st Asian Particle Technology 2000 (APT2000) ชื่อ "How APT2000 Impact

Powder Technology in Thailand – Let me count the ways” เพื่อตีพิมพ์ในวารสาร
J. Soc. Powder Technol. Japan, vol. 38, pp. 265, 2001 และ Advanced Powder
Technology, vol. 12 (2), pp. 145-290, 2001 ข อ ง The Society of Powder
Technology, Japan.

4.3 เกรียมนชมนศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและห้องปฏิบัติการวิจัย

Prof. Y. Masuda, Prof. K. Higashitani และนิสิตปริญญาเอก 2 คนจาก Kyoto
University ได้เยี่ยมชมศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตและ
กระบวนการวัสดุในวันที่ 12 ธันวาคม 2543 เป็นเวลาประมาณ 3 ชั่วโมง เพื่อติดตามกิจกรรมการ
วิจัยด้านเทคโนโลยีอนาคตที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย และแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็นเกี่ยวกับแนวทาง
การพัฒนาสนับสนุนการวิจัยด้านนี้

4.4 การสอบโครงสร้างวิทยานิพนธ์ของบัณฑิตที่ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

ในวันที่ 11 ธันวาคม 2543 Prof. Yutaka Tsuji อาจารย์ที่ปรึกษาของนิสิตปริญญา
เอก ชื่อ นายชนิด สวัสดิ์เสวี ได้เดินทางมาเป็นกรรมการสอบโครงสร้างวิทยานิพนธ์ที่ภาควิชา
วิศวกรรมเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย โดย Prof. Tsuji ไม่ขอใช้ค่าเดินทางหรือค่าใช้จ่ายจากทุน
วิจัย โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คป.ก.) ของนายชนิด สวัสดิ์เสวี แต่ยินดีรับภาระค่าใช้จ่าย
ทั้งของตนเองและได้ตกลงที่จะรับ นายชนิด ไปศึกษาวิจัยที่ห้องปฏิบัติการของ Prof. Tsuji ที่
มหาวิทยาลัยโอซาก้า เป็นเวลา 1 ปีอีกด้วย

4.7 การจัด ASCON2002 ที่กรุงเทพฯ

ในการประชุมของคณะกรรมการ Asian Conference on Fluidized Bed and
Three-Phase Reactors (ASCON2002) ที่ประเทศญี่ปุ่น ในเดือนพฤศจิกายน ค.ศ. 2002 ที่
ผ่านไปแล้ว คณะกรรมการของ ASCON ได้คัดเลือกให้ประเทศไทยเป็นเจ้าภาพของการจัด
ASCON2002 ที่กรุงเทพฯ โดยมี ศ.ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ เมธีวิจัยอาวุโส สกว. ปี 2539 (ภาควิชา
เคมีเทคนิค คณะวิทยาศาสตร์) และ ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล (ศูนย์เทคโนโลยีอนาคต
ไทย) เป็นประธานร่วมของการจัดการประชุมดังกล่าวโดยการสนับสนุนจาก สกว.

4.6 International Advisory Panel ของ International Drying Symposium (IDS 2002)

ศ.ดร. วิวัฒน์ ได้รับเชิญ เป็น International Advisory Panel และ Scientific Committee ของ IDS 2000 ซึ่งจัดขึ้นในช่วงเดือนสิงหาคม ค.ศ. 2002 (พ.ศ. 2545) ที่กรุงปักกิ่ง ประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน

4.7 กรรมการชุดต่างๆของการประชุมนานาชาติ

ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพานิชกุล ได้รับเกียรติให้เป็นกรรมการชุดต่างๆ ดังนี้

4.7.7.1 Asian Aerosol Conference (AAC2001) ที่เมืองกุชาน ประเทศเกาหลีใต้:
ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพานิชกุล เป็นกรรมการชาวไทยของ Asian Aerosol Research Assembly ซึ่งเป็นองค์การที่รับผิดชอบการจัด Asian Aerosol Conferences ทุก 2 ปี เป็น International Program Committee และ เป็น Session Chairman ของ AAC2001 อีกด้วย

4.7.7.2 The Fourth World Congress of Particle Technology 2002 (WTCPT4) ที่เมืองซินนิม ประเทศออสเตรเลีย: ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพานิชกุล เป็นกรรมการ International Technical Committee ในกลุ่มย่อย Storage, Flow and Feeding ข อ ง Topic area: Powder Handling and Multiphase Flow ของ WTCPT4

4.7.7.3 International Drying Symposium (IDS2002) ที่กรุงปักกิ่ง ประเทศจีน:
ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพานิชกุล เป็นหนึ่งใน International Advisory Panel และกรรมการ Scientific Committee ของ IDS2002

4.7.7.4 International Aerosol Conference (IAC2002): ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพานิชกุล เป็น International Advisory Technical Committee ข อ ง IAC2002

5) ผลงาน

5.1 ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการนานาชาติ

5.1.1 W. Tanthapanichakoon, K. Larpsuriyakul, P. Khongprasamkal, T. Chaitanpanitkul, H. Tamon, M. Okazaki and N. Sano, "Basic Study on The Application of Electron Attachment Reaction to the Treatment of Crematory

Emission Gas", J. Natl. Res. Council Thailand, 28 (2), pp. 281-313, 1996. (ตีพิมพ์
จริง 1999)

5.1.2 W. Tanthapanichakoon, K. Larpsuriyakul, T. Charinpanitkul, N. Sano, H. Tamon, M. Okazaki, "Effect of Structure of Corona-Discharge Reactor on Removal of Dilute Gaseous Pollutants Using Selective Electron Attachment", J. Chem. Eng. Japan, vol. 31, no. 1, pp. 7-13, 1998

5.1.3 H. Tamon, H. Imanaka, N. Sano, M. Okazaki, W. Tanthapanichakoon, "Removal of Aromatic Compounds in Gas by Electron Attachment", Industrial & Engineering Chemistry Research, vol. 37, no. 7, pp. 2770-2774, 1998

5.1.4 W. Tanthapanichakoon, H. Tamon, P. Khongprasamkal, N. Sano, T. Charinpanitkul, and M. Okazaki, "Removal of Trimethylamine and Ammonia Using Electron Attachment Reaction" Science Asia, Journal of the Science Society of Thailand, vol. 25, no. 1, pp. 57-63, 1999.

5.1.5 W. Tanthapanichakoon, M. Suphawita, and T. Charinpanitkul, "Investigation of Suitable Quantitative Indices for Evaluation of Additive Dispersion in a Material Matrix", Advanced Powder Technology, vol. 11, no. 1, pp. 69-85, 2000.

5.1.6 C. Kanaoka, S. Hiragi, W. Tanthapanichakoon, "Stochastic Simulation of the Agglomerative Deposition Process of Aerosol Particles on an Electrostatic Fiber", Powder Technology, vol. 118, no. 1-2, pp. 97-106, 8 August 2001.

5.1.7 W. Tanthapanichakoon, et al. "Development of Odor Control Technology for Crematory Furnace Using Corona Discharge Reaction", Journal of Multidisciplinary Research, vol. 14, no. 1 (Serial no. 53), pp. 34-41, 2001.

5.1.8 N. Sano, S. Nishimura, T. Kanki, H. Tamon, W. Tanthapanichakoon and T. Charinpanitkul, "Influence of Temperature on SO₂ Removal Enhanced by Water Vapor Using a Corona-Discharge Reactor", Chemical Engineering and Technology, vol. 24, 1295-1299, 2001.

5.1.9 H. Tamon, Y. Sucoka, N. Sano, W. Tanthapanichakoon, "Removal of Triethylamine in Gas by Corona-Discharge Reactor", Journal Chem. Eng. JAPAN, vol. 34, no. 8, 1006-1011, 2001.

5.1.10 W. Tanthapanichakoon, "How Does APT2000 Impact Particle Technology in Thailand – Let Me Count the Ways", Jour. Soc. Powder Technol. Japan, vol. 38, pp. 265, 2001.

5.1.11 W. Tanthapanichakoon and T. Charinpanitkul, "The First Asian Particle Technology Symposium 2000 (APT2000)" (in Japanese), Aerosol Research, vol. 16, no. 1, pp. 68, 2001.

5.1.12 W. Tanthapanichakoon, "My Profile" (in Japanese), APPIE News, No. 146, pp. 3, 2001.

5.1.13 W. Tanthapanichakoon and A. Prawampit "New simple Mathematical Model of a Honeycomb Rotary Adsorption-Type Dehumidifier", Chemical Engineering Journal, vol. 86, no. 1-2, pp. 11-15, 28 February 2002.

5. ผลงานตีพิมพ์ในวารสารวิชาการในประเทศไทย

5.2.1 วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ชวีรัชย์ ชวินพานิชกุล, พัทธดนยา สุริยะบรรณ และณัฐพร ไชตเจนนท์: วิธีคำนวณออกแบบระบบบำบัดกลิ่นโดยการฉีดละอองน้ำ, วิศวกรรมสาร, หน้า 64-73 ปีที่ 50, เล่มที่ 2, 2540

5.2.2 ศิริวิทย์ยา สุวจิตตานนท์, ชุตินทพรณ์ ภิกมยภรณ์ และปิยวัฒน์ อัคระผดุง, "การศึกษาลักษณะสมบัติของอนุภาคผงปูนซีเมนต์", วารสารวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.3 ศิริวิทย์ยา สุวจิตตานนท์, ไพบูลย์ ศิษย์กุลพันธ์ และวราพล พลเศรษฐเลิศ, "การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงหมึกถ่ายเอกสาร", วารสารวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.4 Jirdsak Tscheikuna, Sasithorn Boon-Long, Sutida Chantalaka, "Effect of Nitrogen Compounds on Hydrodesulfurization of Thiophene", Journal of Engineering, Chulalongkorn University, vol.12, no.1, 1995: 65-72

5.2.5 Jirdsak Tscheikuna, Weeraphon Tunpichart, "Effect of Organometallic Compounds on Hydrotreating Catalyst", Journal of Engineering, Chulalongkorn University, vol.12, no.1, 1995: 73-79

5.2.6 ประภกร วามกุล, สุกสิริ ศรีเพ็ญ, รศ.ดร.ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, "การวิเคราะห์
เอกลักษณ์ทางกายภาพ และมิติเศษส่วนของผงหมึกเครื่องพิมพ์เลเซอร์", วารสารวิศวกรรม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.7 เสมชาย ขวัญดี, วีระ งามกิตติเดชกุล, รศ.ดร.ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, "โครงการ
การศึกษาลักษณะสมบัติของอนุภาคแป้งเด็ก", วารสารวิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.8 Tanthapanichakoon W., Okazaki M., Tamon H., Charinpanitkul T.,
"Research and Development of Gaseous Pollutant Remover Using Electron
Attachment Reaction", Final Research Report, Submitted to The National
Research Council of Thailand, December 1998, 108 pages.

5.2.9 กัทพร โล่ห์สุนทร, นพรัตน์ วังกังวาน และ รศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์
"การศึกษาคุณสมบัติของอนุภาคแป้งมันสำปะหลัง" วารสาร วิศวกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.2.10 พรชัย ครอบธรรมชาติ, ไพสิน หงสกุล และ รศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ "การ
ออกแบบเครื่องผสมสารชนิดตัววีและการทดสอบประสิทธิภาพการผสม" วารสาร วิศวกรรม คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

5.3 การเสนอและตีพิมพ์ผลงานในที่ประชุมวิชาการนานาชาติ

5.3.1 W. Tanthapanichakoon, K. Larpsuriyakul, N. Sano, H. Tamon and
M. Okazaki, "Effect of Reactor Structure on Removal of Methyl iodine and
Chlorofluorocarbon in Gas Using Selective Electron Attachment" Proceedings
Regional Symposium on Chemical Engineering 1996, pp.3-2-1 ~ 3-2-14,
Jakarta, Indonesia, October 7-9, 1996.

5.3.2 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, S. Covavisaruch and
M. Suphawita, "Quantitative Analyses of Idealized Dispersion States in Binary
Functional Materials", Proceedings Regional Symposium on Chemical
Engineering 1996, pp.1-10-1 ~ 1-10-12, Jakarta, Indonesia, October 7-9, 1996.

5.3.3 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, S. Covavisaruch, P. In-
Eung, N. Phingchin and A. Thongchiew, "Use of a normalized Fractal dimension
to quantify and compare experimentally the dispersion states of different

compounded resin-pigment systems", Proceedings World Congress on Particle Technology 3, Brighton, UK, July 7-9, 1998.

5.3.4 T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, T. Covarisaruch and A. Thongchiew, "Effects of degree of dispersion and type of pigment additives on the tensile properties of compounded polyethylene", Proceedings World Congress on Particle Technology 3, Brighton, UK, July 7-9, 1998.

5.3.5 P. In-eure, W. Tanthapanichakoon, M. Suzuki, A. Sakoda, Y. Sudo, "Adsorption of Single and Binary Organic Compounds in Aqueous Solutions by Activated Carbon Fiber", Proceedings Regional Symposium on Chemical Engineering, B2-11, Hyatt Regency, Johor, Malaysia, October 1997: 469-479

5.3.6 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, H. Duriyabunlong, V. Chongvisal, "Minimum Explosible Concentration of Thai Indigenous Powders" Proceedings Fourth Asian-Pacific International Symposium on Combustion and Energy Utilization, Vol. 1, pp. 355-360, Bangkok, December 8-11, 1997

5.3.7 W. Tanthapanichakoon, W. Limpaseni, P. Meechumna, T. Charinpanitkul, H. Duriyabunlong, N. Tonanon, "Dust Control via Water Spray at a Rock Crushing Plant", The 14th Symposium on Aerosol Science and Technology, JO2, Kitakyushu, August 21-23, 1997: 208-210

5.3.8 R. Yingyuad, D. Chalsiriwech, "Toluene Adsorption on Various Types of Molecular Sieves", Regional Symposium on Chemical Engineering, Hyatt Regency, Johor, Malaysia, October 1997

5.3.9 P. In-eure, W. Tanthapanichakoon, M. Suzuki, A. Sakoda, Y. Sudo, "Prediction of breakthrough curve in a packed column of activated carbon fibers for single- and multi-solute solutions", Proceedings of Asian Pacific Conference on Sustainable Energy and Environment, pp.251-259, June 15-18 1998, Gold Coast, Australia

5.3.10 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, A. Areephant, C. Kanaoka, "Simple Model to Predict the Collection Efficiency of Single Dust Loaded Fiber", Preprints of PARTEC 98, The 4th European Symposium

Separation of Particles from Gases", pp.276-285, 10-12 March 1998, Nurnberg, Germany

5.3.11 W. Tanthapanichakoon, S. Tantirodchanamate and T. Charinpanitkul, "Flash Drying Model for Granular and Particulate Materials Exhibiting a Diffusion-Controlled Rate Period," Proceedings of the 11th International Drying Symposium (IDS'98), Halkidiki, Greece, Vol. A., pp. 527-532, Aug. 19-22, 1998.

5.3.12 Chirasak Sangpoom; Deacha Chatsiriwech; Vichitra Chongvisal, "Effects of Temperature and Period on Characteristics of Adsorbents from Water Hyacinth Activated with Zinc Chloride", Proceedings in 8th Regional Symposium on Chemical Engineering's supplementary, Manila, Philippines, 14-16 October 1998.

5.3.13 W. Tanthapanichakoon, C. Yamkate, P. Kulvanij and T. Charinpanitkul, " Effect of Direct-Compression Excipients on the Powder Characteristics of Paracetamol Formulas", Proceedings of Regional Symposium on Chemical Engineering 1999, Songkhla, Thailand, pp. C-10-1~ 6.

5.3.14 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, S. Covarisaruch, A. Thongchiew and M. Suphawita, " Investigation of Optimal Compounding Conditions using Fractal Dimension as Quantitative Index", Proceedings of Innovation in Polymer Processing, The Polymer Processing Society Asia/Australia Regional Meeting, December 1-3, 1999, Bangkok, Thailand, p. 274-277.

5.3.15 W. Tanthapanichakoon, W. Limpasani, P. Muchumna, S. Namsakchai, T. Charinpanitkul, H. Duriyabunleng, N. Tonanon, "Prediction of Inertia-Interceptional Collection Efficiency of Polydisperse Dust Particle using Polydisperse Liquid Droplets", Proceeding First Asia Aerosol Conference, July 27-29, 1999, Nagoya, Japan, pp. 109~110.

5.3.16 W. Tanthapanichakoon and A. Prawampit, "New Simple Mathematical Model of a Honeycomb Rotary Absorption-type Dehumidifier", Proceedings of International Drying Symposium (IDS2000), 28-31 August 2000, Netherlands.

- 5.3.17 W. Tanthapanichakoon, P. Uthsipun, T. Charinpanitkul and H. Duriyabunleng, "Impact of Water Flow Rate on the Dust Collection Efficiency of a Wetted Wire Mesh", Proceedings of The First Asian Particle Technology Symposium (APT2000), 13-15 December 2000, Bangkok, Thailand.
- 5.3.18 T. Charinpanitkul, W. Tanthapanichakoon, P. Kulvanich, P. Singtherapitkul and K. Phattanathong, "Effect of fluidizing gas velocity and atomizing air pressure on the formation of granule in a fluidized bed granulator", Proceedings of the 7th Asian Conference on Fluidized-Bed and Three-Phase Reactors.
- 5.3.19 H. Duriyabunleng, J. Petmune, C. Muangnapoh, "Effects of the Ultrasonic Waves on Microfiltration in Plate and Frame Module", The 8th AICChE99, August 16-19, 1999, Seoul Korea, vol.2, 8-7E-01:1057-1060.
- 5.3.20 W. Tanthapanichakoon, P. Uthsipun, T. Charinpanitkul and H. Duriyabunleng, "Impact of Water Flow Rate on the Dust Collection Efficiency of a Wetted Wire Mesh", Proceedings of The First Asian Particle Technology Symposium (APT2000), 13-15 December 2000, Bangkok, THAILAND.
- 5.3.21 T. Charinpanitkul and W. Tanthapanichakoon, "Development of a Small-scaled Fluidized Bed Granulator", Proceedings of the 7th Asian Conference on Fluidized Bed and Three-Phase Reactors (ASCON200), pp. 239-244, 28-30 November 2000, Hamanako, Shizuoka, JAPAN.
- 5.3.22 W. Tanthapanichakoon and S. Rimdusit, "Past and Present Heat Pipe Research Activities in Thailand", Proceedings of the 6th International Heat Pipe Symposium, pp. 24-35, 5-9 November 2000, Chiangmai, THAILAND.
- 5.3.23 W. Tanthapanichakoon et al., "Development of an Economical Efficient Bronze-Water Thermosyphon-Loop Heat Exchanger for Gas-to-Gas Low-Grade Heat Recovery", Proceedings of the 6th International Heat Pipe Symposium, pp. 202-208, 5-9 November 2000, Chiangmai, THAILAND.
- 5.3.24 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, K. Maneeintr and C. Kanjoka, "Effect of Brownian Motion on the Agglomerative Deposition of Aerosol on an Electret Fiber", (Extended Abstract), The 2nd Asian Aerosol Conference, pp. 131-182, July 1-4, 2001, Pusan, KOREA.

5.4 ยารสหนอและจีเอ็มพีผลงานในที่ประชุมวิชาการในประเทศไทย

5.4.1 กิตติศักดิ์ สานสุริยกุล, ชวชัย ชรินทร์ชกุล, วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ไนริภาภิก ขัน, สายณะ ทะมอน และโมริโอะ โอคาซากิ, "การทำจัดก๊าซไนโตรเจนความเข้มข้นต่ำโดยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอนด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนามีโครงสร้างต่างๆ", การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, เอกสารประกอบการประชุม หมายเลข B-03 เชียงใหม่ 2540: 165-183

5.4.2 W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul, S. Covavisaruch, P. In-eure, N. Phingchin, A. Thongchiew, "Experimental Investigation and Quantitative Analysis of Pigment Dispersibility in Polymer Matrix", การประชุมใหญ่ทางวิชาการและนิทรรศการทางวิศวกรรม ENTECH'97 20-23 พฤศจิกายน 2540: 398-716 (เล่ม 2)

5.4.3 ผศ.ดร.ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์, นายไพบูลย์ พิเศษกุลพันธ์ และนายวรพล พลเกษตรเลิศ, "การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของผงหมึกถ่ายเอกสาร", การประชุมใหญ่ทางวิชาการและนิทรรศการทางวิศวกรรม ENTECH'97 20-23 พฤศจิกายน 2540: 731-745 (เล่ม 2)

5.4.4 รศ.ดร.ชวชัย ชรินทร์ชกุล, ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, ผศ.ดร.หทัยนภา ตูริยะบรรเลง, อ.ณัฐพร โทณานนท์ และนายศุภกิจ สมุทรพงศ์ธร, "เทคนิคการวิเคราะห์รูปทรงอนุภาคสำหรับการศึกษาคุณสมบัติการไหลตัวของอนุภาคที่อุณหภูมิต่ำ", การประชุมใหญ่ทางวิชาการและนิทรรศการทางวิศวกรรม ENTECH'97 20-23 พฤศจิกายน 2540: 717-730 (เล่ม 2)

5.4.5 ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, รศ.ดร.ชวชัย ชรินทร์ชกุล, รศ.วงศ์พันธ์ ลิ้มเสนีย์, ผศ.ดร.ปิฎกภูมิ มีจันทร์, ผศ.ดร.หทัยนภา ตูริยะบรรเลง และ อ.ณัฐพร โทณานนท์, "ว่าสิทธิภาพในการเก็บข้อมูลของระบบสเปกโตรสโกปีอินฟราเรด: การพัฒนาโมเดลทำนายและยืนยันโดยการทดลอง", การประชุมใหญ่ทางวิชาการและนิทรรศการทางวิศวกรรม ENTECH'97 20-23 พฤศจิกายน 2540: 746-761 (เล่ม 2)

5.4.6 เตชา ฉัตรศิริเวช, "การกำหนดภาวะดำเนินการของการดูดซับแบบความดันสลับสำหรับการผลิตแก๊สบริสุทธิ์", การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, เอกสารประกอบการประชุม หมายเลข A04 เชียงใหม่ 2540: 32-38

5.4.7 วรารณ นรสุธา, เตชา ฉัตรศิริเวช, "การดูดซับไอโทลูอินด้วยดินภูเขาไฟชนิดเพอร์ไลต์", การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, เอกสารประกอบการประชุม หมายเลข A05 เชียงใหม่ 2540: 39-43

5.4.8 รัชฎา รัตนมุง, สุภาภรณ์ มั่นไทรทอง, เตชา ฉัตรศิริเวช, "การดูดซับไอโทลูอินด้วยดินแกมมันต์จากกะลามะพร้าวและซังข้าวโพด", การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, เอกสารประกอบการประชุม หมายเลข A06 เชียงใหม่ 2540: 44-49

5.4.9 รุ่งระวี ยิ่งยวด, เตชา ฉัตรศิริเวช, "ผลกระทบขององค์ประกอบของโมเลกุลชาติต่อการดูดซับไอโทลูอินและไซลีน", การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, เอกสารประกอบการประชุม หมายเลข A07 เชียงใหม่ 2540: 50-55

5.4.10 นกักร ชัมพพิช, อรุณ ปานเจริญ, เตชา ฉัตรศิริเวช, "การสกัดโคมอลดีโดยการใช้ออลูมิเนียมแผ่นเหลวที่พองด้วยเส้นใยกลวง", การประชุมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 7, เอกสารประกอบการประชุม หมายเลข A12 เชียงใหม่ 2540: 79-87

5.4.11 N. Nigompakorn, S. Srichai, "Numerical Simulation of Gas-Solid Particle Flow in Vertical Pipe", Chulalongkorn University 80th Anniversary Research Conference, October 15-17 1997, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ

5.4.12 ธวัชชัย ชรินทร์ชกุล, วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล, ทักษณก ดุริยบรรณ, ณัฐพร ไชยธรรม และอุมาภิง สมุทรพงศ์ธร "อิทธิพลของเวลาในการบดย่อยและอัตราส่วนแก๊พฟลักซ์ของถูกดกับเฟลด์สแปร์ต่อความสามารถในการไหลของเฟลด์สแปร์ที่บดย่อยโดยใช้เครื่องบดย่อยแบบใช้คนดลั่นสะเทือน" เอกสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, หน้า 118-128, มหาวิทยาลัยมหิดล (ศาลายา), 17-18 ธันวาคม 2541

5.4.13 สุนันท์ ลิ้มตระกูล, อติวุฒิ เติมวัฒนาไตร, ไทศล อังการวิโรจน์, วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล, Y. Tsuji และ T. Kawaguchi, "การจำลอง การเคลื่อนที่ของอนุภาคในฟลูอิดไดซ์เบด", เอกสารการประชุมวิชาการ ทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, หน้า 109-117, มหาวิทยาลัยมหิดล(ศาลายา), 17-18 ธันวาคม 2541

5.4.14 วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล, ไทศล คงประสานภณ, ธวัชชัย ชรินทร์ชกุล, ธาจิ และ ทามอน, โนริอากิ ซาโน และ ไมริโอ โอคาซากิ "การกำจัดก๊าซไนโตรัสที่โดยเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยไโคโรนาตัวเดียวและแบบอนุกรมสองตัว", เอกสารการประชุมวิชาการทางวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8 หน้า 559-571, มหาวิทยาลัยมหิดล (ศาลายา), 17-18 ธันวาคม 2541

5.4.15 W. Tanthapanichakoon, P. Khongprasarnkal, T. Charinpanitkul, H. Tamon, N. Sano and M. Okazaki, "Removal of Trimethylamine and Acetaldehyde from N₂ Using Electron Attachment Reaction", เอกสารการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 37, 3-5 กุมภาพันธ์ 2542

5.4.16 วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล "แนวโน้มนักวไลยของเทคโนโลยีอนุภาค" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2542 หน้า 351-362

5.4.17 วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล, กุลธร ศิลปบรรเลง, วิโรจน์ บุญถ่านวยวิทยา, และ ธวัชชัย ชวรินทร์กุล "โครงการวิจัยการศึกษาความเหมาะสมของการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงจากถ่านลิกไนต์เพื่อใช้กับโรงไฟฟ้าพลังความร้อน" เอกสารการสัมมนาและนิทรรศการผลงานวิจัยและสิ่งประดิษฐ์ของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 3 วันที่ 9-10 กันยายน 2542 จำนวน 5 หน้า

5.4.18 ประภากร รามกุล, สุชาติ ศรีเพิ่ม และ ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์ "การวิเคราะห์คุณลักษณะทางกายภาพและมิติเศษส่วนของผงหมึกเครื่องพิมพ์เลเซอร์" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 362-371

5.4.19 กิตติพงษ์ พัฒนทอง, ธวัชชัย ชวรินทร์กุล, พงษ์ กุลวาณิช และ วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล "การพัฒนาเครื่องทำแกรนูลแบบฟลูอิดไดซ์เบดสำหรับงานอุตสาหกรรมเภสัช: ผลของความเร็วและอุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไดซ์ ต่อสมบัติของแกรนูลที่ผลิตได้" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 371-380

5.4.20 เดชา ฉัตรศิริเวช และจิระศักดิ์ แสงพุ่ม "สมมูลการดูดซับไฮโดรคาร์บอนจากน้ำมันดิบด้วยตัวดูดซับจากผักตบชวา" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 380-385

5.4.21 Jiradsak Tschelkuna and Pichan Tantichaiapakorn "Removal of mercury and arsenic compounds from liquid hydrocarbons by adsorption", การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 385-391

5.4.22 หทัยชนก ดุริยบรรเลง, จิตติวุฒิ เพชรมูลี และจิรภานต์ เมืองนาโพธิ์ "การใช้คลื่นเหนือเสียงสำหรับการกรองระดับอนุภาคในเครื่องกรองแบบแผ่น" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 391-397

5.4.23 Somprasong Srichai and Nithi Nikomprakorn "Simulation of Gas-Solid Particle Flow in Acceleration Zone of a Pneumatic Conveyor" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 397-404

5.4.24 W. Tanthapanichakoon, M. Suphawita and T. Chaninpanitkul "Monte-Carlo Simulation and Fractal Analysis of Binary-Additive Mixtures" หน้า 11

ประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 404-416

5.4.25 ธีรชัย ชรินทร์กุล และวิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล - "ความเร็วในการแพร่กระจายของเปลวไฟในหม้อต้ม" การประชุมใหญ่วิชาการทางวิศวกรรม ประจำปี 2542 โดยวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย 1-2 พฤศจิกายน 2543 หน้า 416-424

5.4.26 H. Duriyabuntang, B. Ngamsom, C. Muangnapoh, "Effects of Ultrasonic Wave Microfiltration in Tubular Module", Regional Symposium on Chemical Engineering 1999 and the Ninth National Chemical Engineering and Applied Chemistry Conference, 22-24 Nov. 1999, Songkhla, Thailand

5.4 ผลงานอื่นๆ

5.5.1 ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ได้รับรางวัลวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประจำปี 2541 จากมูลนิธิโทรเพื่อการพัฒนาประเทศไทย

5.5.2 ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล ได้รับการเสนอชื่อเป็นนักวิจัยดีเด่นแห่งชาติของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2541

5.6 รายละเอียดผลงานวิจัยวิจัยของมีติดโกสัมพีนครในโครงการ

งานวิจัยด้านเทคโนโลยี และผลงานวิจัยที่สำเร็จสู่ช่วงใน 5 ปีของโครงการทุนแม่ชิจังหวัดสุพรรณบุรีของ ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล มีสรุปได้ดังนี้

ชื่อ-นามสกุล	ต้นสังกัด	หัวข้องานวิจัย
1. นายจิระศักดิ์ แสงพุ่ม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	Adsorption of Benzene, Toluene, and O-Xylene Vapours on Activated Carbons Prepared from Water Hyacinth Activated by Zinc Chloride
2. นายกิตติศักดิ์ ลาภสุริยกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการทำกำจัดก๊าซมลพิษด้วยกลไกการเติมอิเล็กตรอน
3. นายเกรียงศักดิ์ รัตนโรจนเมธ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมระดับอุตสาหกรรมในช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่และต่ำลง
4. นายอุดมเดช อาสิงสมภักดิ์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	Rock Mill Dust Removal by Wetted Screen
5. นายจิตติวุฒิ เพชรภูมิ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคในโมดูลแบบแผ่น
6. นายจักรกฤษณ์ แยมภาตุ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของสารช่วยในการตกเม็ดยาโดยตรงต่อคุณสมบัติการไหลของผงและสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา
7. นายพิเชฐ อธิ์นทร์เอื้อ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	วิธีการเมินขนาดของหอยดัดขี้นโดยอาศัยเส้นโค้งแบรทท์ สำหรับน้ำเสียของหอยประเภทนี้ไม่ทราบชนิด
8. นายกิตติพงษ์ พัฒนทอง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาเครื่องทำแอมบุลแบบฟลูอิดไดซ์เบดระดับเล็ก
9. น.ส.อริญญา ทองเขียว	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของผงอินทรีย์ในโพธิ์เอทีเอ็น เมื่อใช้เครื่องหวดผสมชนิดเกลียวทวนคู่แบบต่อเนื่อง
10. นายณฐิ สุวิทา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาดัชนีเชิงปริมาณสำหรับประเมินระดับการกระจายของสารเติมแต่งในวัสดุผสมโดยการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์

ชื่อ-นามสกุล	ต้นสังกัด	หัวข้องานวิจัย
11. นายวุฒิชัย พงษ์จตุรวิทย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์แบบเพ็คเบคชนิดโคเคอเรนต์และชนิดเคาน์เตอร์เคอเรนต์รีเจนเนอเรชันในระดับโรงงานทั้งแบบ
12. นายวิฑูรย์ วรวิญญู	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจำลองกระบวนการป้อนเมือกยูเอ็นพีเค
13. นายอรรถ ประชาลภิชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองระบบเครื่องลดความชื้นแบบหมุนโดยการดูดซับ
14. นายประจักษ์ วงศ์ศรีไชย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การสร้างโมเดลสำหรับเครื่องระเหยหยดน้ำ เครื่องเพิ่ม/ลดความชื้น และเครื่องลดอุณหภูมิ น้ำแบบพ่นฝอยที่มีทิศทางกรไหลของอากาศ และหยดน้ำในทิศทางเดียวกัน
15. น.ส. สมณิ ทาญวนธิศักดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การออกแบบเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตไคตินและสารปรุงแต่งรสจากเศษกุ้ง
16. น.ส. วงลักษณ์ ชินชุมกร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ปัจจัยที่มีผลต่อความละเอียดของมิลเบสจากกระบวนการบดสี
17. น.ส. นิธิชิตา บุญกระพือ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลกระทบของลักษณะของหลอดดูดซับที่มีต่อลักษณะการผ่านทะลุของวาล์วอะเซติลีน-ซีเลียม
18. น.ส. รัชฎา รัตนมุง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การดูดซับโลหะของตัวทำละลายอินทรีย์บนถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆโดยเทคนิคโครมาโทกราฟี
19. น.ส. สุกุล อูเสณียร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาพฤติกรรมของลมร้อนในตู้อบที่มีโครงสร้างภายในต่างกัน
20. นายณัฏฐ์ นิกรณัฏฐ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองการไหลของระบบอากาศ-อนุภาคของแข็งในช่วงระยะเร่งของเครื่องขนถ่ายด้วยลม
21. นายสันติ วัฒนานุสรณ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองการไหลของอากาศผ่านเรียบที่เอียงขนานกันในท่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส
22. น.ส. ไพศาล คงประสานกาล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การกำจัดก๊าซไทรเมทิลอะมีนอะเซทัลดีไฮด์และแอมโมเนียโดยปฏิกิริยาการเติมออกซิเดชัน

ชื่อ-นามสกุล	ต้นสังกัด	หัวข้องานวิจัย
23. นายแพทย์ อนุจรีอานา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การคำนวณออกแบบเชิงวิศวกรรมและการประเมินต้นทุนของระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ
24. น.ส. สิริพร อชพันธุ์สุนทร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาแบบจำลองของเครื่องปฏิกรณ์ใช้เคมีแบบไร้อากาศสำหรับผลิตแก๊สชีวมวลจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ
25. นายอนุรัตน์ หวานเสนาะ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาแบบจำลองเชิงพลวัต เครื่องปฏิกรณ์แบบแพคเบด สำหรับเปลี่ยนซิลเฟอร์ ไดออกไซด์เป็นซิลเฟอร์ไดรอกไซด์
26. นายพิชา ดันติชัยปกรณ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การกำจัดสารประกอบของปรอทและอาร์เซนิกออกจากไฮโดรคาร์บอนเหลวโดยการดูดซับบนตัวดูดซับนาโนเกิดคอปเปอร์
27. นายกิตติศักดิ์ สุนทรารักษ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การกำจัดสารประกอบปรอทออกจากไฮโดรคาร์บอนเหลว
28. น.ส. วรวิทย์ อิศวรรตบุญ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาการกระจายความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอร์ ไดออกไซด์ในบริเวณภูมิประเทศแบบซับซ้อนโดยใช้เทคนิค CFD
29. น.ส. บงกช งามสง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคในไมโครแบบท่อ
30. น.ส. ทศนีย์ วัฒนเขาวนัทธิสุทธิ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาตัวควบคุมกระบวนการฟิชชันแบบฐานแบบจำลอง สำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบดังกวนต่อเนื่อง
31. น.ส. นันทนา ทศตะว	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของอุณหภูมิต่อการกำจัดไอโทลูอินโดยใช้ปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอน
32. น.ส. พุทธิพร จงบุญรัตน์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับจุลภาคในเครื่องกรองแบบหมุน
33. น.ส. ศาณิ สีน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ปัจจัยที่มีผลต่อความนิ่งของอัตราการไหลของเครื่องบ่อนแบบสกรูและเครื่องบ่อนแบบตีระฆัง
34. น.ส. นริศรา สุขสมัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การแตกของเซลล์จุลินทรีย์โดยใช้ฟลูอิดไดซ์เมตสามเฟสแบบใช้ไมกวน

ชื่อ-นามสกุล	ต้นสังกัด	หัวข้องานวิจัย
35. นายเกษม สัตยภาณุพงศ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การประเมินขนาดและรูปร่างของวัสดุเม็ดที่ได้จากเครื่องบดย่อยแบบฟันชนโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์รูปภาพ
36. น.ส. สาวีร์ แสงแก้ว	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การออกแบบและศึกษาคุณลักษณะของหัวฉีดคลื่นเหนือเสียง
37. นายเกรียงไกร มณีเอินทร์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองเชิงสโตแคสติกของการเกาะแบบกลุ่มก้อนของแอโรซอลบนเส้นใยชนิดอิเล็กทเรต
38. น.ส. กนิษฐา ผงบุญวิทย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การทำนายความเข้มข้นของฝุ่นที่ระดับพื้นดินจากโรงโม่หินโดยใช้แบบจำลอง ISC3
39. น.ส. อรจิรา รุ่งอรุณแสงชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องดูดซับแบบวังผึ้งหมุน
40. น.ส. สมจิตร วงศ์กำชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ผลของการใช้คลื่นเหนือเสียงต่อการสกัดสารสำคัญจากบัวบก
41. นายพรเทพ สิทธิศักดิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การวัดสัดส่วนปริมาตรของวัฏภาคของแข็งและก๊าซภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบดสามวัฏภาคสองมิติโดยใช้คลื่นเหนือเสียง
42. นายธีรพงศ์ เกษฏ์ปิยะวงศ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	อิทธิพลของเครื่องบดย่อยและเครื่องคัดแยกอนุภาคต่อผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียว
43. นายปริญญา พนาพิศาล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องสำหรับผลิตภัณฑ์ธัญพืชของสุนัข
44. นายกิตติศักดิ์ ปิงสมบุรณ์อิง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาเครื่องเคลือบผิวอนุภาคแบบฟลูอิดไดซ์เบดสำหรับการใช้งานด้านเภสัชกรรม
45. น.ส. ไทรินทร์ วิจิตรเจริญเมือง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองการแพร่กระจายของมลสารอากาศเหนือบริเวณภูมิประเทศแบบที่ไม่ใช่ที่ราบโดยใช้ระบบแกน 3 มิติชนิดทั่วไป
46. นายเมธี ชลโมศรี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาอุปกรณ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียในผลิตภัณฑ์ขนมเคี้ยวสำหรับสุนัข
47. นายณัฐ งามเจตนามย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การพัฒนาปุ๋ยชีวชนิดปลดปล่อยช้าที่เคลือบด้วยโปรตีนจากกากถั่วเหลือง

รายนามสกุล	ต้นสังกัด	หัวข้องานวิจัย
48. นายสหัส ไชโย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การกำจัดองค์ประกอบก๊าซสไตรีนและแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่ำโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ปล่อยโคโรนาแบบอนุกรมสองเครื่องที่อุณหภูมิต่างๆ
49. น.ส. วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาผลของการกำจัดโอโทลูอินและสไตรีนของเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาตัวแปร
50. น.ส. ปภาวีย์ สุทธิประสิทธิ์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาด้านอิเล็กทรอนิกส์
51. น.ส. ศศิมา พงศ์แพรวพรรณ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาแบบจำลองลักษณะการเคลื่อนที่และการแยกกลุ่มของฐานอนุภาคที่มีความหนาแน่นต่างกันในระบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้หลักการ DEM (Distinct Element Method)
52. น.ส. บุรี เมืองเก่า	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาผลของตัวแปรสภาวะการทดลองต่อกลไกการเกิดและการบุลแบบ snowballing ในฟลูอิดไดซ์เบด
53. นายสุทัศน์ ไหลจันทน	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในเฟสฟลูอิดไดซ์เบดแบบมี draft tube
54. นายธีรศักดิ์ ศรีวัชร	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาความตึงเครียดในการขนส่งฝุ่นหินโดยใช้ระบบแรงด้วยลม
55. นายณินต์ ศิริภักการ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาแบบจำลองสโตแคสติกของการ
56. น.ส. ชัญญาส ภูริปัญญา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	สะสมของอนุภาคแอโรซอลบนเส้นใยอิเล็กทรอนิกส์
57. น.ส. เบ็ญจนา นพมงคล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การจำลองพฤติกรรมของเครื่องปฏิกรณ์แบบเคมีอิเล็กตรอน
58. นายณรินทร์ วงษ์ชนะ	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยละลายช้า
59. นายประวิทย์ สุรนาวรชัย	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
60. นายชันทวี นุตยกุล	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	
61. นายทศิ ศิริสุทธา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของค่า pH ที่มีต่อการผลิตฟิล์มจากโปรตีนเพื่อพัฒนาปุ๋ยชนิดละลายช้า
62. นายวิวิทย์ กลังบุญเสริม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	การศึกษาประสิทธิภาพของสวามิเยนในการ
63. นายธนโรจน์ ทิมอุทุม	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ดักฝุ่นจากโรงไม้หิน

6) ความเห็นผู้วิจัย

6.1 ความเห็นของผู้วิจัยโดยรวม

โดยทั่วไป นอกจากการใช้งบประมาณที่ต่ำกว่ากำหนดแล้ว ไม่มีอุปสรรคที่รุนแรงจนหาทางแก้ไขไม่ได้ในการดำเนินการโครงการสนับสนุนกลุ่มวิจัย สกว. แต่เนื่องจากได้เชิญนักวิจัยมาจากห้องปฏิบัติการวิจัยอื่นในภาควิชาและจากภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มาร่วมกลุ่มวิจัยเป็นครั้งแรก ดังนั้นจึงต้องใช้เวลาช่วงแรกในการชี้แจงโครงการ, แลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสาร และกำหนดแนวทาง (นโยบาย) ในการกระจายความช่วยเหลือด้านเงินทุน เป็นต้น ในขณะที่เดียวกันก็พยายามใช้จ่ายเงินสนับสนุนอย่างประหยัด เพราะได้พบว่ามีการตั้งงบประมาณหมวดค่าจ้างนิสิตปริญญาโทไว้ผิด โดยตามแผนที่เสนอไว้ จะรับนิสิตปริญญาโทในโครงการ 3 ปี จำนวน 7 คนต่อปี โดยให้ค่าจ้างเดือนละ 5,000 บาท ตลอดหลักสูตร 2 ปี ซึ่งคิดใหม่แล้วจะเป็นเงิน $3 \times 7 \times 5000 \times 2 \times 12 = 2,520,000$ บาท หรือ 840,000 บาทต่อปี แต่วงเงินที่ตั้งไว้จริงในแต่ละปี คือ 490,000 บาทเท่านั้น (ผลต่าง 350,000 บาทต่อปี)

แนวทางการแก้ไขปัญหาดังนี้

ก. ประหยัดค่าใช้จ่ายของหมวดอื่นๆในโครงการ (หมวดค่าวัสดุ, จิปาถะ เป็นต้น)

ข. สนับสนุนให้นักวิจัยในโครงการเสนอขอทุนวิจัยจากองค์กรอื่น (เช่น สวทช., สวทช.แห่งชาติ) โดยตั้งค่าจ้างผู้ช่วยวิจัยไว้ส่วนหนึ่ง

ค. สนับสนุนให้นิสิตในที่พักอาศัยของทุนค่าจ้าง (ทุนการศึกษา) จากองค์กรอื่น (เช่น สวทช.)

ง. สนับสนุนนิสิตปริญญาเอกที่จะรับให้ไปขอทุนโครงการกาญจนาภิเษก สกว.

เพื่อโอนเงินค่าจ้างนิสิตปริญญาเอกในโครงการนี้ไปเป็นค่าจ้างนิสิตปริญญาโท

จ. ลดเป้าหมายของจำนวนนิสิตปริญญาโทที่จะผลิตให้น้อยลง

ฉ. ลดระยะเวลาการให้ทุนผู้ช่วยวิจัยแก่นิสิตปริญญาโทจาก 2 ปีเหลือ 1 ปีหรือ

มากกว่าเล็กน้อย โดยกำหนดให้นิสิตต้องสอบโครงร่างวิทยานิพนธ์ผ่านก่อน

ปัญหาที่ก่อให้เกิดจากความล่าช้าในการดำเนินการ คือ การสรรหานิสิตปริญญาโทที่จะศึกษาต่อ เพราะเท่าที่ผ่านมา เทคโนโลยีอนาคตยังไม่เป็นที่รู้จักกันในหมู่นักศึกษา ต่างกับเทคโนโลยีปิโตรเคมีและพอลิเมอร์ ดังนั้น ทั้งจำนวนและผลการเรียนของนิสิตที่สนใจศึกษาคือทางด้านนี้จึงไม่สูงเหมือนกับนิสิตในสาขาปิโตรเคมี/พอลิเมอร์ ซึ่งต่างกับในประเทศสหรัฐอเมริกาและญี่ปุ่น ซึ่งอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และน้ำมัน เป็นอุตสาหกรรมที่เดิมโคเดิมที่ (ไม่ถึงกับเป็น sunset industry) และได้หันมาสนใจด้าน particle (powder) technology กันมาก เพราะเป็น ศาสตร์และวิทยาการหลากหลายสาขารวมกัน และมีการประยุกต์ใช้งานกว้างขวาง ทั้งในอุตสาหกรรมกระบวนการเคมีทั่วไป

(chemical process industry) และอุตสาหกรรมสมัยใหม่ (functional materials, microelectronics, nanotechnology เป็นต้น)

วิธีแก้ปัญหา คือ

ก. ประชาสัมพันธ์นโยบายแพร่เทคโนโลยีอนาคตให้เป็นที่ยอมรับและยอมรับกันมากขึ้น ทั้งในภาคอุตสาหกรรมและวงการการศึกษาโดยรวมมือกับศูนย์เทคโนโลยี อนาคตไทย

ข. จัดทำระบบการสรรหาผลิต/นักศึกษาที่เรียนดีจากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยและ สถาบันการศึกษาอื่นๆ เช่น จัดส่งเอกสารแนะนำโครงการทุนสนับสนุนกลุ่มวิจัย สกาว ให้แก่ภาควิชาที่เกี่ยวข้อง เพื่อชักชวนให้นิสิตปริญญาตรีที่มีผลการเรียน ดีมาเรียนต่อปริญญาโทและเอก

6.2 สิ่งที่ต้องการให้สภ.ช่วยสนับสนุน

6.2.1 แจ้งหัวหน้าโครงการทุนสนับสนุนกลุ่มวิจัยทราบเกี่ยวกับกฎระเบียบในการ ขอเปลี่ยนแปลงและขออนุมัติจัดซื้อครุภัณฑ์ที่ไม่ได้ตั้งไว้โดยแปรงบจากหมวดค่าวัสดุ อันใด ถ้ามีแบบฟอร์มให้อ้างอิงและระบุว่าจะติดต่อฝ่ายใดของสภ.จะสะดวกยิ่งขึ้น

6.2.2 ไม่จำกัดสิทธิ์ของนักวิจัยในโครงการในการเสนอขอทุนแม่วิจัย หรือเข้า ร่วมโครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก เป็นต้น

6.3 การดึงดูดนักวิจัยทั่วไปให้มาสนใจสหราชอาณาจักร

ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัดตะพานิชกุล ได้ให้คำแนะนำเกี่ยวกับการทำวิจัยในสาขานี้แก่ อาจารย์อรนพ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ซึ่งสนใจมาร่วมโครงการวิจัย แต่ยังคงงบประมาณและหัวข้อเรื่องที่เหมาะสม

ปัญหาหลัก คือ ห้องปฏิบัติการเทคโนโลยีอนาคต และศูนย์เทคโนโลยีอนาคตยังขาดครุภัณฑ์สำหรับการวัดความเข้มข้นของฝุ่นละอองในก๊าซแบบ on-line (เช่น ลักษณะ opacity meter) จึงยังไม่สามารถเริ่มโครงการวิจัยบางหัวข้อที่สนใจได้

6.4 เวลาที่ใช้ในย่นยวบยาราชการ

ในช่วงเวลา 1 เม.ย. 2539 - 1 มี.ค. 2541 ศ.ดร.วิวัฒน์ ตัดตะพานิชกุล ในฐานะหัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเคมี, อ.ดร.เจ็ดศักดิ์ ไชยคุนา ในฐานะรองหัวหน้าภาควิชาการ, วศ.ดร.ธวัชชัย ขวีนพานิชกุล ในฐานะเลขานุการภาควิชา และ ผศ.ดร.หทัยชนก สุริยธรรมรงค์ ในฐานะผู้ช่วยเลขานุการภาควิชา ต้องใช้เวลาส่วนหนึ่งในการบริหารจัดการ ทำให้ไม่สามารถทุ่มเทเวลาให้กับงานวิจัยได้มากพอตามที่ตั้งใจไว้

6.5 การลาออกจากตำแหน่งผู้บริหารภาควิชา

เพื่อให้มีเวลาทำงานวิจัยได้มากขึ้น ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล ได้ลาออกจากตำแหน่งหัวหน้าภาควิชาตั้งแต่วันที่ 1 มีนาคม 2541 และ รศ.ดร.ชัชชัย ชรินทร์พิบูลย์ ก็ได้สิ้นสุดวาระของเลขานุการภาควิชาพร้อมกันไปด้วย

6.6 การตัดทอนงบประมาณโครงการวิจัยเมธีวิจัยอาวุโสลง 20%

เพื่อช่วยบรรเทาปัญหาที่ทาง สกว. ได้ใช้งบประมาณแผ่นดินลดลง อย่างมากในปีงบประมาณ 2541 ทางโครงการจึงได้ปรับลดงบประมาณของโครงการใหม่โดยตัดทอนงบ 20% ออกจากหนึ่งปีครึ่งที่เหลือ (4.5 ล้านบาท) ให้เหลือ 3.6 ล้านบาท ซึ่งมีผลกระทบต่อการประสานความร่วมมือ นอกจากนี้การแบ่งงวดเงินให้ย้อยมากขึ้น ทำให้ขาดความคล่องตัวของการดำเนินการลงจากเดิมมาก (cashflow problem)

6.7 การจัดประชุมเพื่อเผยแพร่ความก้าวหน้าของงานวิจัยโครงการ สกว. ราย 6 เดือน

เพื่อประหยัดค่าใช้จ่ายในการจัดประชุมซึ่งได้ทำขึ้นทุก 6 เดือนในปีที่ 1 และ 2 (นอกเหนือจากการประชุมประจำปีที่กำหนดโดย สกว.) ศ.ดร.วิวัฒน์ และทีมงานได้ตัดสินใจที่จะลดการจัดเสนอผลงานราย 6 เดือน ในปีที่ 3 แต่จะจัดการประชุมเสนองานประจำปี ที่ 3 ให้เป็นกิจลักษณะยิ่งขึ้น โดยจัดในงานประชุมใหญ่ประจำปีทวิวิชาการ ENTECH'99 ของวิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทย ที่ศูนย์สิริกิติ์แห่งชาติ ในวันที่ 1-2 พฤศจิกายน 2542 โดยจัดร่วมกับสาขาวิศวกรรมเคมีในวันที่ 2 พฤศจิกายน 2542

6.8 การขยายระยะเวลาของโครงการเมธีวิจัยอาวุโส สกว.

เนื่องจากหัวหน้าโครงการและคณะผู้วิจัยได้พยายามใช้จ่ายงบประมาณของโครงการเมธีวิจัยอาวุโสได้อย่างประหยัดและพยายามดึงงบประมาณจากโครงการวิจัยอื่นมาเสริมการทำงานกิจกรรมวิชาการต่างๆ รวมทั้งงานวิจัยของศูนย์เทคโนโลยีอนาคตไทยและห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีอนาคตฯ ดังนั้น จึงได้ทำเรื่องขอและได้รับอนุมัติให้ขยายเวลาของโครงการเมธีวิจัยอาวุโส และขอใช้งบผูกพันที่เหลือในการติดตั้งระบบ Computer network สำหรับงานวิจัยในสาขาใหม่ด้าน Distinct Element Methods และด้าน Computer Simulation อื่นๆ และเป็นงบผู้ช่วยวิจัยของนิสิตปริญญาโทจำนวน 17 คนในปีที่ปรึกษาของ ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล, รศ.ดร.ชัชชัย ชรินทร์พิบูลย์,

ผศ.ดร. ท้ายชนก วานิชศรี และอาจารย์รัฐพร โทณานนท์ และเป็นงบประมาณผู้ช่วย
วิจัยหลังปริญญาเอก (post-doctoral researcher) ของ อาจารย์ศราวุธ ริมตุลิต

6.9 การจัดสร้างและดำเนินระบบประชุมกลุ่มวิจัยย่อยรายปี

ในอดีต ทางห้องปฏิบัติการฯ จะจัดการประชุมรายสัปดาห์ๆละประมาณ 2 ชั่วโมง
เศษ เพื่อให้บัณฑิตทุกระดับ (ประมาณ 30 คน) ได้นำเสนอความก้าวหน้าของงานวิจัยรับฟัง
ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากคณาจารย์และนิสิตท่านอื่น แต่เนื่องจากหัวข้อวิจัยที่ทำอยู่ได้
เพิ่มความหลากหลายค่อนข้างมาก (แบ่งเป็นกลุ่มย่อยได้ 8 กลุ่ม) ดังนั้น participation
ในการรับฟังและอภิปรายจึงมีไม่มากและเวลาในการซักถามก็ค่อนข้างจำกัด ทาง
ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล จึงได้ตัดสินใจที่จะ
เปลี่ยนการจัด Lab Meeting ทุกสัปดาห์เป็นการประชุมกลุ่มย่อยทุก 2 สัปดาห์ครั้งละ 2-
3 ชั่วโมง โดยแบ่งเป็น 8 กลุ่มย่อย และจัดประชุมสัปดาห์ละ 4 กลุ่มย่อย ผลก็คือ
สามารถติดตามความก้าวหน้าของนิสิตแต่ละคนได้ดีขึ้น และสามารถให้คำแนะนำและข้อคิด
เห็นตลอดจนทราบปัญหาต่างๆของนิสิตได้ทั่วถึงขึ้น อนึ่ง นอกจากนิสิตปริญญาโทและเอก
แล้ว นิสิตปริญญาตรีจำนวน 9 คนที่ทำ Senior Projects ในที่ปรึกษาของอาจารย์ทั้ง
สองในปี 2542 ก็เข้าร่วมประชุมกลุ่มย่อยข้างต้นด้วย ข้อดี คือ ทำให้เกิดความร่วมมือที่
ใกล้ชิดและมีประสิทธิภาพระหว่างนิสิตระดับต่างๆกันในห้องปฏิบัติการวิจัยฯ คุณภาพโดย
รวมของงานวิจัยของนิสิตแต่ละคนก็สูงขึ้น และความก้าวหน้าของงานวิจัยก็สม่ำเสมอขึ้น

7) รายการเอกสารแนบ

- 7.1 บทความของปริญญาพนธ์ของนิสิตที่จบของห้องปฏิบัติการวิทยา
- 7.1.1 นายธนโรจน์ หิมอุทม, นายวีรวิทย์ กลังบุญเสริม (ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การศึกษาประสิทธิภาพของตาข่ายเปียกในการดักฝุ่นจากโรงโม่หิน"
- 7.1.2 น.ส. ปภาวีย์ สุทธิประสิทธิ์, น.ส.วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรรค์ (ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การศึกษาผลการกำจัดไอโทลูอินและสไตรีนของเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาด้วยปฏิกิริยาการเติมอิเล็กตรอน"
- 7.1.3 น.ส.ศศิภา พงศ์แพรวพรรณ (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และ ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล) "การศึกษาแบบจำลองลักษณะการเคลื่อนที่และการแยกกลุ่มของชั้นอนุภาคที่มีความหนาแน่นต่างกันในระบบฟลูอิดไดซ์เบดโดยใช้หลักการ DEM (Distinct Element Method)"
- 7.1.4 น.ส.บุษรี เมืองถ้ำ (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และ ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล) "การศึกษามลของตัวแปรสภาวะการทดลองต่อกลไกการเกิดแกรนูลแบบ snowballing ในฟลูอิดไลซ์เบด"
- 7.1.5 นายสุทัศน์ ไหลอุทมสิน (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และ ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล) "การศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายในฟลูอิดไลซ์เบดแบบมี draft tube"
- 7.1.6 นายธีรศักดิ์ แกร์วิทย์ (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และ ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล) "การศึกษาค่าความต้านทานในการขนส่งฝุ่นดินโดยใช้ระบบขนส่งด้วยลม"
- 7.1.7 นายสกลิต ศิริภักการ, น.ส.ธิญญารส ภูริปรัชญา (ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การศึกษาแบบจำลองสโตแคสติกของการสะสมของอนุภาคแอโรซอลบนเส้นใยอิเล็กทเรต"
- 7.1.8 น.ส.เอื้อพร นพมงคล (ศ.ดร. วิวัฒน์ จันทะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การจำลองพฤติกรรมของเครื่องปฏิกรณ์แบบเติมอิเล็กตรอน"
- 7.1.9 นายชินนทร์ วงศ์คนตรี, นายธลันวุฒิ นุตยกุล, นายประวิทย์ สุรณภรณ์ชัย (อ.ณัฐพร โทนานนท์) "การศึกษาอัตราการผลิตปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยละลายช้า"

7.1.10 นายศศิ ศิริวิสุทธิ (อ.ณัฐพร โทนานนท์) "การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของค่า pH ที่มีต่อการผลิตฟิล์มจากโปรตีนเพื่อพัฒนาปุ๋ยชนิดละลายช้า"

7.2 บทคัดย่อของวิทยานิพนธ์ของนิสิตในโครงการเนริวิวิจัยอาวุโส สกว.

- 7.2.1 นายจิระศักดิ์ แสงทும் (อ.พร. เดชา นัตรศิริเวช) "Adsorption of Benzene, Toluene, and O-Xylene Vapours on Activated Carbons Prepared from Water Hyacinth Activated by Zinc Chloride"
- 7.2.2 นายภิตติศักดิ์ ลาภสุริยะกุล (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซมลพิษด้วยกลไกการเติมออกซิเจน"
- 7.2.3 นายเศรษฐา ตันติโรจนามส (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) การจำลองเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมระดับอุตสาหกรรมในช่วงที่อัตราการอบแห้งคงที่และช้าลง
- 7.2.4 นายอุดมเดช อาสิงสมานันท์ (รศ.ดร. ศิริกัลยา สุวจิตตานนท์) "Rock Mill Dust Removal by Wetted Screen"
- 7.2.5 นายจิตติวุฒิ เพชรมณี (อ.ดร. หทัยชนก ดุริยบรรเลง และ รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์) "ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคในไมโครแบบแผ่น"
- 7.2.6 นายจักรกฤษณ์ แยมเกตุ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ รศ.ดร. พจน์ กุลวานิช) "ผลของสารช่วยในการตกเม็ดยาโดยตรงต่อคุณสมบัติการไหลของผงและสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา"
- 7.2.7 นายพิเชฐ อินทร์เอื้อ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "วิธีการประเมินขนาดของหลอดจับโดยอาศัยเส้นโค้งแรงกดหัว สำหรับน้ำเสียของค้ประเภอบคิไม่ทราบชนิด"
- 7.2.8 นายภิตติพงษ์ พัฒนทอง (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และ รศ.ดร. พจน์ กุลวานิช) "การพัฒนาเครื่องหั่นแบบพลาสม่าแบบฟลูอิดไดรด์เบต ระดับเล็ก"
- 7.2.9 น.ส. อธิเบญญา ทองเขียว (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ ดร. ศิริจุฑาวัฒน์ โค้ววิลาวัณย์) "ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของผงสีอินทรีย์ในโพสิเอทีลินเมื่อใช้เครื่องพ่นผสมชนิดเกลียวพ่นอนุภาคต่อเนื่อง"
- 7.2.10 นายเมธี สุภาวิศา (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ ผศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การพัฒนาดัชนีเชิงปริมาณสำหรับประเมินระดับการกระจายของสารเติมแต่งในวัสดุผสมโดยการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์"

- 7.2.11 นายวุฒิพงศ์ พงศ์จตุรวิทย์ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล และ นายมงคล ศรีเรือง) "การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์แบบแพ็คเบดชนิดโคเคอเรนต์และชนิดเคาน์เตอร์เคอเรนส์รีเจนเนอเรชันในระดับโรงงานต้นแบบ"
- 7.2.12 นายวิสุทธิ วชิรวัชร (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล) "การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจำลองกระบวนการบำบัดปุ๋ยเอ็นพีเค"
- 7.2.13 นายอนวัช ประวาลพิทย์ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล และ นายโกฟาร ภูอุบล) "การจำลองระบบเครื่องลดความชื้นแบบหมุนโดยการดูดซับ"
- 7.2.14 นายประธาน วงศ์ศรีเวช (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล) "การสร้างโมเดลสำหรับเครื่องระเหยหยดน้ำ เครื่องเพิ่ม/ลดความชื้น และเครื่องลดอุณหภูมิไอน้ำแบบแผ่นแผ่ที่มีทิศทางการไหลของอากาศและหยดน้ำในทิศเดียวกัน"
- 7.2.15 น.ส. รัตมณี หาญวนิชศักดิ์ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล) "การออกแบบเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตไคตินและสารปรุงแต่งรสกุ้งจากเสกกุ้ง"
- 7.2.16 น.ส. นนธิภรณ์ ชินชุมกร (อ.ดร. เจ็ดศักดิ์ ชัยคุนา และ คุณเฉลิมศักดิ์ ช่อโพธิ์ทอง) "ปัจจัยที่มีผลต่อความละเอียดของมัลติเบสจากกระบวนการบดสี"
- 7.2.17 น.ส. ชนัญริดา บุญกระเพื่อ (ดร. เตชา ฉัตรศิริเวช) "ผลกระทบของลักษณะของหลอดดูดซับที่มีต่อลักษณะการผ่านทะลุของระบบอะเซทีลีน-อีเลียม"
- 7.2.18 น.ส. รัชฎา รัตนมุง (ดร. เตชา ฉัตรศิริเวช) "การดูดซับไอของตัวทำละลายอินทรีย์บนถ่านกัมมันต์ชนิดต่างๆโดยเทคนิคโครมาโทกราฟี"
- 7.2.19 น.ส. สุกุล สุรเสถียร (ดร. สมประสงค์ ศรีชัย และ นางอังคณา สุทธิกุล) "การศึกษาพฤติกรรมของลมร้อนในตู้เย็นที่มีโครงสร้างภายในต่างกัน"
- 7.2.20 นายณิธิ นิการปกครอง (ดร. สมประสงค์ ศรีชัย และ นายบุญ ยงยุทธสุทธิการ) "การจำลองการไหลของระบบอากาศ-อนุภาคของแข็งในช่วงระยะเร่งของเครื่องขนถ่ายด้วยลม"
- 7.2.21 นายสันติ วัฒนานุสรณ์ (ดร. สมประสงค์ ศรีชัย และ ดร. อติ บุญจิตราดุลย์) "การจำลองการไหลของอากาศแผ่นเรียบที่เอียงขนานกันในท่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส"
- 7.2.22 นายไพศาล คงประสานภาส (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล) "การกำจัดก๊าซไทรเบทิลอะมิโนอะซัลไดไฮด์และแอมโมเนียโดยปฏิกิริยาการเติมอิเล็กตรอน"
- 7.2.23 นายพศล อนุจวีรอาภา (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล และ คุณเพชรจันทร์ ภาษจุฬาศรีโรจน์) "การคำนวณออกแบบเชิงวิศวกรรมและการประเมินต้นทุนของระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ"

- 7.2.24 น.ส. สิริพร ศรพันธุ์สุนทร (ผศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และ ดร. สมภพ อิศโรจน์) "การพัฒนาแบบจำลองของเครื่องปฏิกรณ์ชีวเคมีแบบไร้อากาศสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ"
- 7.2.25 นายอนุรักษ์ หวานเสนาะ (ผศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การศึกษาแบบจำลองเชิงพลวัต เครื่องปฏิกรณ์แบบเพนเบต สำหรับเปลี่ยนซิลเฟอ์ ไดออกไซด์ เป็นซิลเฟอ์ไตรออกไซด์"
- 7.2.26 นายพิชญ์ ตันติชัยปกรณ (ดร. เจตศักดิ์ ไชยคุนา) "การทำจัดสารประกอบของปรอทและอาร์เซนิกออกจากไฮโดรคาร์บอนเหลวโดยการดูดซับบนตัวดูดซับนิเกิลคอปเปอร์"
- 7.2.27 นายกิตติศักดิ์ สุนทรานุรักษ์ (ดร. เจตศักดิ์ ไชยคุนา) "การทำจัดสารประกอบปรอทออกจากไฮโดรคาร์บอนเหลว"
- 7.2.28 น.ส. วรวิทย์ อิศวธรรมบุญ (ดร.สมประสงค์ ศรีชัย และ ผศ.ดร. วิจิตรา จงวิภาส) "การศึกษาการกระจายความเข้มข้นของก๊าซซิลเฟอ์ ไดออกไซด์ในบริเวณภูมิประเทศแบบซับซ้อนโดยใช้เทคนิค CFD"
- 7.2.29 น.ส. บงกช งามสม (อ.ดร. หทัยชนก ดุริยบรรเลง และ รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์) "ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคในไมโครแบบท่อ"
- 7.2.30 น.ส. ทศนีย์ วัฒนเขาวีพิสุทธิ์ (ดร. หทัยชนก ดุริยบรรเลง และ ผศ. ไพศาล กิตติอุการ) "การพัฒนาตัวควบคุมกระบวนการพาสซีวแบบฐานแบบจำลอง สำหรับเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถังกวนต่อเนื่อง"
- 7.2.31 น.ส.นันทมาศ ทัดชะวร (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "ผลของอุณหภูมิต่อการกำจัดไฮโดรเจนไดโบปฏิกิริยาเคมีอิเล็กตรอน"
- 7.2.32 น.ส.พชรพรรณ จรุงรัตน์ (ผ.ศ.ดร.หทัยชนก ดุริยบรรเลง และ รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์) "ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับจุลภาคในเครื่องกรองแบบหมุน"
- 7.2.33 น.ส.ดาวณี สีนา (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และ รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "ปัจจัยที่มีผลต่อความนิ่งของอัตราไหลของเครื่องป้อนแบบสกรู และเครื่องป้อนแบบไดอะพHRาม"
- 7.2.34 น.ส.นริศรา สุขสมัย (รศ.ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การแตกของเซลล์จุลินทรีย์โดยใช้ฟลูอิดไดซ์เบดสามเฟสแบบใช้ใบกวน"

- 7.2.35 นายเกษม สัตยารุณพิพงศ์ (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "การประเมินขนาดและรูปร่างของวัสดุเม็ดที่ได้จากเครื่องบดย่อยแบบฟันเขี้ยวโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์รูปภาพ"
- 7.2.36 น.ส. สาวิตรี แสงแก้ว (ผศ. ทักษิณา ตูริยะบรรเลง) "การออกแบบและศึกษาคุณลักษณะของหัวฉีดคลื่นเหนือเสียง"
- 7.2.37 นายเกรียงไกร มณีอินทร์ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และร.ศ.ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การจำลองเชิงสโตแคสติกของการเกาะแบบกลุ่มก้อนของเอโรซอสถลันในชนิดอิเล็กโทรด"
- 7.2.38 น.ส. กนิษฐา ผจญวิทย์ (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และร.ศ.ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล) "การทำนายความเข้มข้นของฝุ่นละอองที่ระดับพื้นดินจากโรงโม่หินโดยใช้แบบจำลอง ISC3"
- 7.2.39 น.ส. อรจิรา รุ่งอรุณแสงชัย (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "การจำลองการกักเก็บคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องดูดซับแบบวังมุ้งหนู"
- 7.2.40 น.ส. สมจิตรา วงศ์กำชัย (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "ผลของการใช้คลื่นเหนือเสียงต่อการสลายตัวของเม็ดจากน้ำมัน"
- 7.2.41 นายพรเทพ สิทธิศักดิ์ (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และผศ.ดร. ทักษิณา ตูริยะบรรเลง) "การวัดสัดส่วนปริมาตรของวัฏภาคของแข็งและก๊าซภายในเครื่องปฏิกรณ์แบบฟลูอิดไดซ์เบดของวัฏภาคของแข็งโดยใช้คลื่นเหนือเสียง"
- 7.2.42 นายธีรพงศ์ เจษฎาภิวัฒน์ (ร.ศ.ดร.ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และคุณสมชาติ จินธรรมมิตร) "อิทธิพลของเครื่องบดย่อยและเครื่องคัดแยกขนาดต่อผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียว"
- 7.2.43 นายปริญา พนาพิศาล (ศ.ดร. ตัณฑะพานิชกุล และผศ.ดร. ศิริพร คำรงค์ศักดิ์กุล) "การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องสำหรับผลิตภัณฑ์ขบเคี้ยวของสุนัข"
- 7.2.44 นายกิตติศักดิ์ ปิงสมบุญไธสง (รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล และผศ.ดร. ทักษิณา ตูริยะบรรเลง) "การพัฒนาเครื่องเคลือบผิวอนุภาคแบบฟลูอิดไดซ์เบดสำหรับการใช้งานด้านเภสัชกรรม"
- 7.2.45 น.ส. ไพวัน วิจิตรเจริญเมือง (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "การจำลองการแพร่กระจายของมลสารอากาศเหนือบริเวณภูมิประเทศแบบที่ไม่ใช่ที่ราบโดยใช้ระบบแทน 3 มิติชนิดทั่วไป"

- 7.2.46 นายเมธี ชลโมหรี (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล และผศ. ศิริพร ดำรงค์ศักดิ์กุล) "การพัฒนาอุปกรณ์ไฟฟ้าเชื่อมแบบกึ่งเวียโนผลิตภัณท์ขนาดเล็กสำหรับสุนัข"
- 7.2.47 นายณัฐ งามเจตธรรมย์ (อ. ณัฐพร โทณานนท์) "การพัฒนาปุ๋ยยูเรียชนิดปลดปล่อยช้าที่เคลือบด้วยโปรตีนจากกากถั่วเหลือง"
- 7.2.48 นายสหัส ไชโย (ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล) "การกำจัดองค์ประกอบก๊าซไฮโดรเจนและแอมโมเนียที่มีความเข้มข้นต่ำโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ปล่อยไอโรนแบบอนุกรมสองเครื่องที่อุณหภูมิต่างๆ"
- 7.3 **สำเนาบทความที่ตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ**
- 7.3.1 W. Tanthapanichakoon, K. Larpsuriyakul, P. Khongprasamkal, T. Charinpanitkul, H. Tamon, M. Okazaki and N. Sano, "Basic Study on the Application of Electron Attachment Reaction to the Treatment of Crematory Emission Gas", J. Natl. Res. Council Thailand., 28 (2), pp. 281-313, 1996. (ตีพิมพ์จริงปี 1998)
- 7.3.2 W. Tanthapanichakoon, K. Larpsuriyakul, T. Charinpanitkul, N. Sano, H. Tamon, M. Okazaki, "Effect of Structure of Corona-Discharge Reactor on Removal of Dilute Gaseous Pollutants Using Selective Electron Attachment", J.Chem.Eng.Japan, vol.31, no.1, pp.7-13, 1998
- 7.3.3 H. Tamon, H. Imanaka, N. Sano, M. Okazaki, W. Tanthapanichakoon, "Removal of Aromatic Compounds in Gas by Electron Attachment", Industrial & Engineering Chemistry Research, vol.37, no.7, pp.2770-2774, 1998
- 7.3.4 W. Tanthapanichakoon, H. Tamon, P. Khongprasamkal, N. Sano, T. Charinpanitkul, and M. Okazaki, "Removal of Trimethylamine and Ammonia Using Electron Attachment Reaction" Science Asia, Journal of the Science Society of Thailand, vol. 25, no. 1, pp. 57-63, 1999.
- 7.3.5 W. Tanthapanichakoon, M. Suphawita, and T. Charinpanitkul, "Investigation of Suitable Quantitative Indices for Evaluation of Additive Dispersion in a Material Matrix", Advanced Powder Technology, vol. 11, no. 1, pp. 69-85, 2000.

- 7.3.6 C. Kanaoka, S. Hiragi, W. Tanthapanichakoon, "Stochastic Simulation of the Agglomerative Deposition Process of Aerosol Particles on an Electret Fiber", Powder Technology, vol. 118, no. 1-2, pp. 97-106, 8 August 2001.
- 7.3.7 W. Tanthapanichakoon, et al. "Development of Odor Control Technology for Crematory Furnace Using Corona Discharge Reaction", Journal of Multidisciplinary Research, vol. 14, no. 1 (Serial no. 53), pp. 34-41, 2001.
- 7.3.8 N. Sano, S. Nishimura, T. Kanki, H. Tamon, W. Tanthapanichakoon and T. Charinpanitkul, "Influence of Temperature on SO₂ Removal Enhanced by Water Vapor Using a Corona-Discharge Reactor", Chemical Engineering and Technology, vol. 24, 1295-1299, 2001.
- 7.3.9 H. Tamon, Y. Sueoka, N. Sano, W. Tanthapanichakoon, "Removal of Triethylamine in Gas by Corona-Discharge Reactor", Journal Chem. Eng. JAPAN, vol. 34, no. 8, 1006-1011, 2001.
- 7.3.10 W. Tanthapanichakoon, "How Does APT2000 Impact Particle Technology in Thailand - Let Me Count the Ways", Jour. Soc. Powder Technol. Japan, vol. 38, pp. 265, 2001.
- 7.3.11 W. Tanthapanichakoon and T. Charinpanitkul, "The First Asian Particle Technology Symposium 2000 (APT2000)" (in Japanese), Aerosol Research, vol. 18, no. 1, pp. 68, 2001.
- 7.3.12 W. Tanthapanichakoon and A. Prawampit "New simple Mathematical Model of a Honeycomb Rotary Adsorption-Type Dehumidifier", Chemical Engineering Journal, vol. 86, no. 1-2, pp. 11-15, 28 February 2002.

เอกสารแนบ

ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษาประสิทธิภาพของค่าขยับเยือกในการดักฝุ่นจากโรงไหมหิน

ผู้วิจัย: นายธน วรรณ ทิมอุดม

นายวิรัชย์ กลังบุญเสริม

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ศันตหะพหิเชษฐ

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ขวัญพาณิชย์

บทคัดย่อ

โครงการทดลองนี้เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของค่าขยับเยือก ในการดักจับฝุ่นจากโรงไหมหิน โดยได้ทำการศึกษาในด้านปริมาณน้ำที่ใช้ และช่วงเวลาในการเปิดปิดน้ำ ซึ่งได้ใช้ตัวควบคุมป้อน โปรแกรมได้ (Programmable controller) ควบคุมโซลินอยด์วาล์ว และศึกษาถึงตัวแปรกระบวนการที่มีอิทธิพลต่อประสิทธิภาพการดักฝุ่นโดยค่าขยับเยือก อันได้แก่ ปริมาณอัตราการไหลของน้ำที่เคลือบผิวค่าขยับเยือก, ช่วงเวลาในการเปิดน้ำ, ช่วงเวลาในการปิดน้ำ และความเข้มข้นของฝุ่น

จากการศึกษาพบว่าในช่วงเวลาการเปิดน้ำ ความเข้มข้นของฝุ่นขาเข้าจะลดลง ส่วนความเข้มข้นของฝุ่นขาออกจะเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ในช่วงเวลาการเปิดน้ำ ความเข้มข้นของฝุ่นขาเข้าจะเพิ่มขึ้นและความเข้มข้นของฝุ่นขาออกจะลดลง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระยะเวลาที่เกิดจากอิทธิพลของฝุ่นที่เกาะที่ค่าขยับเยือก เมื่อศึกษาอิทธิพลของปริมาณน้ำ พบว่าถ้าหากปริมาณน้ำที่ใช้ต่ำกว่า $1.65 \text{ liter/m}^3 \text{ sec}$ จะต้องใช้ช่วงเปิดน้ำให้นานกว่า 15 วินาทีขึ้นไป และช่วงปิดน้ำต้องไม่มากกว่า 5 วินาที ส่วนถ้าใช้อัตราการไหลของน้ำมากขึ้นเป็น $1.87 \text{ liter/m}^3 \text{ sec}$ จะพบว่าไม่จำเป็นต้องเปิดน้ำให้นานก็จะได้ประสิทธิภาพสูงกว่า ใช้ปริมาณน้ำน้อย ๆ เสียอีก และเมื่อทำการวิเคราะห์ผล พบว่าประสิทธิภาพของการดักจับฝุ่นนั้น ขึ้นกับปัจจัย 2 ส่วนคือ ในช่วงการเปิดน้ำ ฝุ่นจะถูกดักจับโดยฟิล์มของน้ำที่ระเหยค่าขยับเยือก และในช่วงการเปิดน้ำฝุ่นจะถูกดักจับโดยชั้นของฝุ่นที่เปื้อนเกาะติดกับค่าขยับเยือกซึ่งถ้าหากเปิดน้ำมากไปก็จะทำให้ประสิทธิภาพของการดักจับฝุ่นโดยน้ำน้อยลงเช่นกัน เพราะว่าเมื่อเปิดน้ำนานไป ชั้นฝุ่นจะพอกหนาทำให้เมื่อน้ำไหลมาถูกฝุ่นที่เกาะอยู่ ก็เกิดทางเดินของน้ำในการที่จะไหลมาขลิบค่าขยับเยือกและน้ำก็ต้องวิ่งการะในการชะฝุ่นที่เกาะอยู่อีกทางหนึ่งด้วย ทำให้ประสิทธิภาพในการดักจับฝุ่นของน้ำลดลง ดังนั้นจุดที่ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นสูงสุด จึงเป็นจุดที่ไม่ใช่เป็นน้ำนานที่สุด ซึ่งจากการทดลองจุดที่ให้ประสิทธิภาพสูงสุดก็คือ อัตราการไหลของน้ำ $1.87 \text{ liter/m}^3 \text{ sec}$ และช่วงการเปิด-ปิดน้ำที่ 20-15 วินาที ที่ความเร็วลมหน้าค่าขยับเยือก 1.29 m/s ความเข้มข้นฝุ่น 8.67 g/m^3 ดังนั้นพบว่าประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นขาเข้ามีความเข้มข้นต่ำ ประสิทธิภาพการดักจับฝุ่นจะดีกว่าความเข้มข้นสูง

ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษาผลการกำจัดแบคทีเรียไทฟอยด์และไข้เลือดออกของเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาด้วย
ปฏิกิริยาการเติมอิเล็กตรอน

ผู้วิจัย: นางสาวปภาวathy สุทธิประสิทธิ์

นางสาววิไลลักษณ์ หิรัญศรีรุ่งเรือง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ คณานันทน์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ขันพานิชกุล

บทคัดย่อ

ในเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนา ซึ่งเจือปนที่อยู่ในรูปอนุภาคสารจะเปลี่ยนเป็นไอออนลบ กลุ่มของ
ไอออนลบและอนุภาคเล็ก ๆ ด้วยปฏิกิริยาวิธีการเติมอิเล็กตรอนกำจัดโดยการระดมไว้ที่ขั้วแอโนด เครื่องปฏิกรณ์
นี้จะทำหน้าที่กำจัดแบคทีเรียไทฟอยด์และไทฟอยด์ที่มีอยู่อย่างเจือจางออกจากสารที่มีแบคทีเรียในโคโรนา, แบคทีเรีย
ในโคโรนา-ออกซิเจน และแบคทีเรียในโคโรนา-ไอออน ดังนั้นที่จุดกำจัดเหล่านี้จะเปลี่ยนไปเป็นของแข็ง การ
ประยุกต์ใช้เครื่องปฏิกรณ์นี้มีแนวคิดมาจากค่าความต้านทานในการตั้งอิเล็กตรอนของสารที่แตกต่างกัน โดยประ
สิทธิภาพในการกำจัดจะตามการปรับปรุงขึ้นด้วยการผสมเติมแก๊สออกซิเจน ประสิทธิภาพการกำจัดที่เพิ่มขึ้นโดย
มากมาจากปฏิกิริยาไอออน และการก่อตัวของกลุ่มอนุภาคประจุลบ

ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษาแบบจำลองลักษณะการเคลื่อนที่และการแยกตัวของชั้นอนุภาคที่มีความหนาแน่น
ต่างกันในการไหลของของไหลโดยใช้หลักการ DEM (Distinct Element Method)

ผู้วิจัย: นางฉวี ติศา พงศ์แพรวพรรณ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. ธวัชชัย ขวัญพาณิชย์กุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.ดร. วิวัฒน์ ศัลยกำธร

บทคัดย่อ

เนื่องจากในงานอุตสาหกรรมมีการใช้ระบบในฟลูอิดไดซ์อย่างแพร่หลาย เช่น ใช้ในการขนส่งเครื่อง
ปฏิกรณ์หรือเครื่องกลั่นแยก ทั้งนี้เป็นที่ทราบกันว่า การจำลอง (Simulation) ของลักษณะการเคลื่อนที่ของอนุภาคมี
ความจำเป็นในการช่วยออกแบบ ลดค่าใช้จ่ายในการทดลองและลดความเสี่ยงในการสร้างอุปกรณ์จริง สำหรับ
โครงการนี้คือการศึกษาถึงผลกระทบของอนุภาคในระบบฟลูอิดไดซ์แบบ โดยอาศัยหลักการจำลองการเคลื่อนที่
ของอนุภาคแบบ DEM (Distinct Element Method) โดยมุ่งหมายที่จะทำการศึกษาและพัฒนาโปรแกรมโดยอาศัย
หลักการดังกล่าว เพื่อศึกษาการแยกตัวของชั้นอนุภาคที่มีคุณสมบัติแตกต่างกัน ในที่นี้จะใช้อนุภาค 2 ชนิดที่มี
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.6 มิลลิเมตร แต่มีความหนาแน่นต่างกันคือ 2500 กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตรและ 1500
กิโลกรัม/ลูกบาศก์เมตร นำมาผสมกันอย่างสม่ำเสมอ โดยเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลการศึกษาของ Tanaka
และคณะ (1996) ซึ่งแสดงสัดส่วนในช่วงของการแยกหาก ดังสมการ

$$0.5 < (D_s / D_b) (\rho_s / \rho_b)^2 < 2$$

สัดส่วนอนุภาคในช่วงนี้จะแยกจากกันได้ยาก ในขณะที่สัดส่วนอนุภาคที่ศึกษาจะอยู่ในช่วงที่แยกกันได้
จากการจำลองพบว่า มีปัจจัยมาจากความเร็วและตำแหน่งความสูงเฉลี่ยของอนุภาคทั้งสองชนิดมีแนวโน้มที่แยก
ออกจากกันได้เร็วหรือไม่เข้าสู่สภาวะคงที่ก็ตาม ดังนั้น เมื่อใช้เวลาในการฟลูอิดไดซ์นานพอและสภาวะความเร็ว
ลมที่เหมาะสมจะทำให้เกิดการแยกชั้นที่ถึ้นได้เป็นอย่างดี

ชื่อโครงการ : การศึกษาผลของตัวแปรสถานะการกลของคอกลไกการเกิดแกรนูลแบบ Snowballing ในฟลูอิดไลซ์เบด

ผู้วิจัย : นางสาวบุษรี เมืองอ้อ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ : รศ.ดร. ธวัชชัย ขวีนพณิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม : ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีต่อกลไกการเกิดแกรนูลโดยใช้ฟลูอิดไลซ์เบด ปัจจัยที่มีผลต่อกลไกดังกล่าวมีหลายประการด้วยกัน เช่น ความเร็วลมที่ใช้ในการฟลูอิดไลซ์เซชัน คุณสมบัติของลมที่ฟลูอิดไลซ์ ความดันที่หัวพ่นสารละลาย และลักษณะสมบัติของวัสดุคิบ อย่างไรก็ตามก็เป็นที่ได้ทำการเลือกการางตัวแปรมาศึกษา อันได้แก่ความเร็วลมที่ใช้ในการฟลูอิดไลซ์เซชัน และสัดส่วนผสมแข็งปริมาณของวัสดุคิบ

จากการศึกษาพบว่า แกรนูลที่เตรียมได้สามารถแบ่งออกเป็น 3 ลักษณะ คือแกรนูลที่เกิดจากอนุภาคทุติยภูมิรวมกับอนุภาคปฐมภูมิ, อนุภาคปฐมภูมิรวมกับอนุภาคปฐมภูมิ และอนุภาคทุติยภูมิรวมกับอนุภาคทุติยภูมิ ซึ่งการเกิดอนุภาคแต่ละลักษณะดังกล่าวให้ขนาดอนุภาคแกรนูลเฉลี่ยที่ไม่เท่ากัน เมื่อทำการเพิ่มความเร็วที่ใช้ในการฟลูอิดไลซ์เซชัน พบว่าขนาดอนุภาคเฉลี่ยจะมีค่าลดลง เนื่องจากความเร็วลมที่เพิ่มขึ้นทำให้อนุภาคปฐมภูมิเกิดการฟุ้งกระจายเกาะที่ผนังของไม่เกิดการเกาะตัวเป็นแกรนูล และภายใต้เงื่อนไขสัดส่วนอนุภาคปฐมภูมิมากขึ้นพบว่าแกรนูลที่เตรียมได้จะมีขนาดเฉลี่ยลดลง เนื่องจากอนุภาคปฐมภูมิเกิดการเกาะตัวกันเองมากขึ้นทำให้การเติบโตของอนุภาคค่อนข้างช้า ภายในเวลาจำกัดจึงได้อนุภาคขนาดเล็ก ขนาดอนุภาคเฉลี่ยจึงลดลง ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของอนุภาคดังกล่าวยังทำให้เกิดการสูญเสียอนุภาคเนื่องจากการเกาะติดที่ผนังของมากขึ้นอีกด้วย และเมื่อทำการศึกษาผลของตัวแปรทั้งสองต่ออัตราการเติบโตของแกรนูล พบว่าอัตราการเติบโตของแกรนูลจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาที่ทำการกลั่นสารละลายมากขึ้น ในกรณีที่มีอนุภาคปฐมภูมิเพียงพอ แต่อัตราการเติบโตดังกล่าวจะมีค่าลดลงหากปริมาณอนุภาคปฐมภูมิน้อยเกินไป

ชื่อโครงการวิจัย: การจำลองการเคลื่อนที่ภายใน Fluidized bed แบบมี Draft tube

ผู้วิจัย: นฤพัทธ์ ห่ออุบลสิน

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. ธวัชชัย ชวรินทร์ชุกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพาณิชกุล

บทคัดย่อ

โครงการนี้เป็นการจำลองการเคลื่อนที่ของอนุภาคภายใน Fluidized bed แบบมี Draft tube เพื่อประโยชน์ในการศึกษาปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในเบดนั้นทั้งในระดับแต่ละอนุภาคและในระดับภาพรวมของทั้งเบด โดยไม่ต้องทำการสร้างเครื่องจริง ซึ่งจะเป็นการประหยัดเวลาและงบประมาณ ซึ่งในการจำลองการเคลื่อนที่นี้แบ่งการคำนวณออกเป็นสองส่วนคือ ส่วนของของไหล และส่วนของอนุภาค ซึ่งในส่วนส่วนของของไหลใช้วิธีการของ SIMPLE Method ในการคำนวณ และในส่วนของอนุภาคใช้วิธี DEM ซึ่งเป็นแบบจำลองของ Cundell and Strack ในการคำนวณ ซึ่งหลังจากการคำนวณจะออกมาเป็นตำแหน่งของอนุภาคในแกน X Y Z และความเร็วจะแสดงผลเป็นเวกเตอร์ ในแนวแกนเดียวกัน จากนั้นจึงนำผลที่ได้ไปแสดงผลในโปรแกรมแสดงภาพแล้วจึงนำผลที่ได้มาวิเคราะห์ ซึ่งในการทดลองนี้เป็นการจำลองการเคลื่อนที่ในช่วงเวลา 1.5 วินาทีเท่านั้นโดยในช่วงเวลานี้เบดยังไม่เข้าสู่สภาวะนิ่งแล้วจึงเป็นการศึกษาในส่วนที่ไม่สามารถทำนายปรากฏการณ์ที่จะเกิดขึ้นได้โดยง่ายและจากผลที่ได้ อนุภาคมีการเคลื่อนที่ที่เราไม่สามารถทำนายได้โดยแบบจำลองของ Fluidized Bed โดยทั่วไปได้

ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษาความดันตกในการขนถ่ายฝุ่นหินโดยใช้ระบบขนส่งด้วยลม

ผู้วิจัย: นายสิริศักดิ์ เจริญรักษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. ธวัชชัย ขวีนพาคิชฌกูล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการขนถ่ายวัสดุในระบบการขนส่งวัสดุด้วยลม (Pneumatic conveyor) โดยวัสดุที่ทำการศึกษาในที่นี้คือฝุ่นหินที่ได้มาจากการคัดฝุ่นหินที่ทิ้งกระจายออกมาจากกระบวนการการบดหิน ในการศึกษาที่มุ่งเน้นในการขนถ่ายฝุ่นหินที่มีลักษณะการไหลแบบความหนาแน่นเฟสต่ำ (dilute phase) โดยเครื่องขนถ่ายฝุ่นหินนี้ใช้ท่อขนส่งที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 3.5 cm และมีความยาวท่อเท่ากับ 20 m ประกอบไปด้วย 3 วาล์วหมุน (rotary valve) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการปรับอัตราการป้อนของฝุ่นหิน และมีตัวโรตารี่พร้อมทั้งวาล์วสำหรับปรับความเร็วของอากาศที่ใช้ในการขนถ่ายฝุ่นหิน

ในการทดลองจะทำการนำฝุ่นหินที่ได้มาแยกขนาดด้วยตะแกรง 4 (sieve) เป็น 4 ขนาดคือ ใหญ่กว่า 149 ไมครอน, 111-149 ไมครอน, 74-111 ไมครอน และ เล็กกว่า 74 ไมครอน จากนั้นจึงทำการวัดสมบัติการไหลของฝุ่นหินที่ศึกษาด้วยเครื่อง powder tester หลังจากนั้นจึงนำฝุ่นหินไปทดลองในเครื่องขนส่งวัสดุด้วยลม โดยจะทำการปรับอัตราการป้อนของฝุ่นหิน 4 ค่า คือ 0.0593 kg/s, 0.1115 kg/s, 0.169 kg/s และ 0.246 kg/s และปรับความเร็วของอากาศ 5 ค่า คือ 27.42, 25.97, 23.09, 20.2 และ 17.32 m/s โดยในระหว่างที่เดินเครื่องจะทำการวัดความดันสถิตที่จุดที่เพิ่มขึ้นที่อัตราการป้อนของฝุ่นหินและความเร็วของอากาศต่าง ๆ กัน

จากผลการทดลองนำค่าความดันสถิตที่ได้มาสร้างกราฟความสัมพันธ์กับอัตราการป้อนของฝุ่นหินภายใต้เงื่อนไขความเร็วของอากาศคงที่ จากนั้นจึงนำมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความดันสถิตกับความเร็วของอากาศเมื่ออัตราการป้อนของฝุ่นหินคงที่และสร้างกราฟความสัมพันธ์ของความดันสถิตที่ทำการ normalize (Normalized pressure drop) กับค่าความหนาแน่นเฟส (mixing ratio) จากกราฟความสัมพันธ์จะสามารถทำนายค่าทางที่ขึ้นกับสมบัติของวัสดุ (β) ซึ่งในที่นี้ก็คือฝุ่นหินได้อยู่ในช่วงระหว่าง 1.15-1.24

ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษานกบจำลองของสโคกสถิตของการสะสมของอนุภาคเซโรซอบาบนีอิเล็กเทรค

ผู้วิจัย: นายชาติ ศิริธองการ

นางสาว อัญญพร ภูวิรัชญา

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัดทะพานิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์พงษ์กุล

บทคัดย่อ

To design a high-performance air filter with longer service life, it is important to predict how the morphology of particle accumulates on a constituent fiber changes and affects the collection efficiency of the filter dust-loaded condition. In this study, a three dimensional stochastic model is utilized to simulate collection and agglomeration process of particles on a cylindrical electret-fiber. The morphology of the particle agglomerates from the simulated results is shown to agree quite well with the experimental observations for both charged and uncharged particles. By obtaining the distribution of captured particles on an electret fiber and the evolution of the collection efficiency of a dust-loaded fiber through the simulation, the effect of convective diffusion, degree of interception, twist angle of fiber and the accumulated mass of particles on them were investigated. Further, the collection efficiency of a dust-loaded fiber was corrected by using linear functions of the accumulated mass of particles in a unit filter volume.

ชื่อโครงการวิจัย: การจำลองพฤติกรรมของเครื่องปฏิกรณ์แบบเติมอิเล็กตรอน

ผู้วิจัย: น.ส.ยี่หวะ นพมงคล

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ คณิตะพานิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล

บทคัดย่อ

One objective of this senior project is the simulation of a gaseous pollutant removal using electron attachment reaction. In order to study the removal mechanism, a simulation model was proposed and corrected with the removal results of the sulfur compounds and acetaldehyde from N_2 by the deposition-type reactor. The simulation model was based on dissociative electron attachment and some approximations of gas flow pattern and mobility of ions and electrons. By using an optimization program based on the Simplex method, some parameters on the removal mechanism were determined. The results by the proposed model agreed well with the experimental data.

Furthermore, this model was applied to a reactor design of CH_3SH to find the lowest total cost for operating gas purification with an acceptable removal efficiency.

ชื่อโครงการวิจัย การศึกษาอัตราการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยละลายช้า

ผู้วิจัย: นพพรินทร์ วงษ์คนตรี, นายชัชวาล นุชยกุล, นายประวิทย์ สุรณภรณ์ชัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: อ.ฉัตรพร โทณนันท

ชนินทร์ วงษ์คนตรีและคณะได้ (2543) ได้ศึกษาถึงการปลดปล่อยธาตุอาหารของปุ๋ยละลายช้าชนิดออกซิโพลิม 14-14-14 โดยได้ทำการทดลองเปรียบเทียบการปลดปล่อยธาตุอาหารเมื่อแช่ปุ๋ยในตัวอย่างที่เป็นน้ำและดินตามลำดับ อีกทั้งยังได้ศึกษาถึงการปลดปล่อยธาตุอาหารเมื่อแช่ปุ๋ยในตัวอย่างที่มี pH และอุณหภูมิต่างกัน จากการศึกษาพบว่า การปลดปล่อยธาตุอาหาร N, P และ K เมื่อแช่ปุ๋ยในตัวอย่างที่เป็นดินจะมีแนวโน้มของการปลดปล่อยธาตุอาหาร เป็นไปในแนวทแยงเดียวกัน คือ ธาตุอาหาร N จะปลดปล่อยธาตุอาหารเร็วกว่าธาตุอาหาร K และเร็วกว่าธาตุอาหาร P ตามลำดับ และการปลดปล่อยธาตุอาหารในตัวอย่างที่เป็นดินจะปลดปล่อยช้ากว่าในตัวอย่างที่เป็นน้ำ ส่วนการปลดปล่อยธาตุอาหารในตัวอย่างที่เป็นกรดหรือเบสจะมีแนวโน้มการปลดปล่อยที่เร็วกว่าในตัวอย่างที่มีสภาพเป็นกลาง และเมื่ออุณหภูมิของตัวอย่างสูงขึ้น แนวโน้มของการปลดปล่อยธาตุอาหารจะเร็วขึ้นตามลำดับ

ชื่อโครงการวิจัย: การศึกษาเกี่ยวกับอิทธิพลของค่า pH ที่มีต่อการผลิตฟอมีกโปรตีนเพื่อพัฒนาปุ๋ยชนิดละลายน้ำ
ผู้วิจัย: นายศุภ คว้าสุทธา

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: อ.ณัฐพร โทนานนท์

โครงการนี้เป็นการหาผลกระทบของความเป็นกรดเบสต่อการขึ้นฟิล์มด้วย Isolated Protein โดยเราจะใช้สารละลาย Isolated Protein ที่ความเข้มข้น 12% โดยน้ำหนัก โดยการนำฟิล์มที่ขึ้นได้ไปทดสอบการแพร่ซึ่งใช้สารละลายของโปรตีนที่มีความเข้มข้น 1.2 /litre โดยทำการบันทึกค่าการแพร่ด้วยเครื่อง UV Spectrometer ซึ่งบันทึกจนกระทั่งฟิล์มขาด โดยผลสรุปที่ได้มีดังนี้

1. เมื่อความเป็นเบสเพิ่มขึ้น ฟิล์มที่ได้จะสามารถทนต่อการละลายน้ำได้มากขึ้น
2. เมื่อความเป็นเบสเพิ่มขึ้น ฟิล์มที่ได้จะมีอัตราการแพร่ช้าลง
3. จากการละลายโปรตีนที่ได้ ถ้าความเป็นเบสเพิ่มสูงขึ้นจนกระทั่งมีค่า pH ประมาณ 11.3 สารละลายโปรตีนจะเริ่มเสื่อมสภาพ
4. เมื่อความเป็นกรดเพิ่มขึ้นจนกระทั่งมีค่า pH ประมาณ 5 สารละลายโปรตีนจะเริ่มเกิดการตกตะกอน

ชื่อโครงการวิจัย: Adsorption of benzene, toluene, and o-xylene vapours on activated carbons prepared from water hyacinth activated by zinc chloride

ผู้วิจัย: นายวิระศักดิ์ เกษมคุ้ม (1999)

อาจารย์ประจำภาควิชาเคมี: อ.ดร. เดชา จักรพิริยวรา

วัตถุดิบที่นำมาเตรียมตัวดูดซับชนิดถ่าน ได้แก่ ผักตบชวา แกลบ และขี้เถ้าขี้เถ้า รวบรวมวัตถุดิบดังกล่าวจะถูกทำให้เป็นถ่านและถูกกระตุ้นไปด้วยความร้อน ด้วยการใช้สารละลายของโซลที่มีปริมาณเข้มข้น 600 กรัม/ลิตร กระบวนการเตรียมตัวดูดซับชนิดถ่านถูกทดสอบที่อุณหภูมิ 400, 500 และ 600 องศาเซลเซียส และที่เวลา 1, 2 และ 3 ชั่วโมง ปริมาณผลผลิตของตัวดูดซับชนิดถ่านที่ได้ลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่พื้นที่ผิว การดูดซับไอโอดีน และค่าคงที่ของแรงดึงดูดของตัวดูดซับชนิดถ่านในการกระตุ้นมีลักษณะน้อยมากต่อลักษณะที่มีของตัวดูดซับชนิดถ่าน เมื่อเปรียบเทียบกับวัตถุดิบที่ถูกทำให้เป็นถ่านพบว่า ปริมาณผลผลิตของตัวดูดซับชนิดถ่าน 25 เปอร์เซ็นต์ สำหรับตัวดูดซับชนิดถ่านที่เตรียมจากผักตบชวา มีพื้นที่ผิวและค่าไอโอดีนที่มากขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการอย่างน้อย 200 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมงเท่ากับ โดยเปรียบเทียบกันถ่านผักตบชวา สมดุลการดูดซับของตัวดูดซับชนิดถ่านจากผักตบชวา สำหรับไอโอดีน จากของเบนซีน โทลูอีน และไอโซลีน ถูกวัดโดยวิธีโครมาโทกราฟีที่อุณหภูมิ 180-270 องศาเซลเซียส สำหรับตัวดูดซับชนิดถ่านถ่าน เมื่อดูดซับตัวดูดซับ 3 ชนิดพบว่า ค่าคงที่สมดุลการดูดซับของจากน้อยไปหามาก คือ เบนซีน โทลูอีน และไอโซลีน ค่าความถ่วงของการดูดซับไอโอดีน โทลูอีน และไอโซลีนสำหรับตัวดูดซับชนิดถ่านทั้งหมดมีค่าประมาณ 72, 81 และ 100 กิโลจูลต่อโมล ตามลำดับ นอกจากนี้ ยังพบว่าการถ่ายโอนมวลสารรวมของไอโอดีนเป็นไปตามกฎของอาร์เรเนียส

Water hyacinth, rice husk, and sugarcane bagasses were used as raw materials for the preparation of carbon adsorbent. They were carbonized and activated simultaneously with 600 gram/liter zinc chloride solution. The preparation process was carried out at the temperatures of 400, 500, and 600°C for 1, 2 and 3 hours. The yield of carbon adsorbents decreased with an increase in temperature. While the specific surface area, as well as iodine adsorption and the average pore size varied directly with temperature. The activation period hardly affected the adsorbent characteristics. In comparison with carbonized materials, the yield was reduced by about 25%. For the water hyacinth, both the specific surface area and the iodine adsorption were improved by at least two-hundred fold and three-fold, respectively. Adsorption equilibria on carbon adsorbents from water hyacinth for dilute vapours of benzene, toluene, or o-xylene were measured by chromatographic method at the temperature of 180-270°C. The increasing sequence of the equilibrium constants for those vapours on a given carbon adsorbent was benzene, toluene, and o-xylene. Heats of adsorption of BTX on all carbon adsorbents were about 72, 81 and 100 kJ/mol, respectively. In addition, the overall mass-transfer coefficients of all vapours obeyed Arrhenius' Law

พิมพ์คำฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ณิธิศักดิ์ ถาดสุริยกุล - ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซมลพิษด้วยกลไกการเติมอิเล็กตรอน (EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY OF GASEOUS POLLUTANTS USING ELECTRON ATTACHMENT MECHANISM) ด. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. วิวัฒน์ ทัศนะพานิชกุล 154 หน้า ISBN 974-637-085-5

งานวิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์หนึ่งเพื่อออกแบบและสร้างเครื่องกำจัดก๊าซมลพิษด้วยปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอนที่มีอิเล็กตรอนพลังงานต่ำที่เกิดขึ้นในควีน ปฏิกิริยาแบบปล่อยโคโรนาถูกจับไว้โดยโมเลกุลของก๊าซชนิดอิเล็กโตรเนกาทีฟจะส่งผลให้เกิดไอออนลบขึ้น ไอออนลบที่ถูกผลิตขึ้นจะเคลื่อนที่ไปตามไฟฟ้าไปยังจิวาไลต์ (ผนังของเครื่องปฏิกรณ์) และถูกกำจัดออกที่ผนังนั้น เครื่องกำจัดก๊าซมลพิษซึ่งประกอบด้วยเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาและเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสตรงแรงดันสูงเป็นหลัก ได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นใช้ในการศึกษาทดลองนี้ จากผลการทดลองพบว่า เครื่องกำจัดก๊าซมลพิษนี้ให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูง เช่น เมื่อความเข้มข้นของก๊าซมลพิษลดลง

นอกจากนี้ ผลของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของคาโอด รูปร่างของคาโอด (เครื่องปฏิกรณ์) และจำนวนของคาโอดที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซความเข้มข้นต่ำ 3 ชนิดคือ เมทิลไฮโดรไดด์, คลอโรฟลูออโรคาร์บอนและอะเซทิลไฮโดรไดด์ ได้ถูกทดสอบศึกษาในงานวิจัยนี้เพื่อจะเป็นประโยชน์ต่อการขยายขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ต่อไปในอนาคต ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของคาโอดยิ่งโตขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น ตรงกันข้าม เมื่อมีระยะห่างระหว่างเครื่องปฏิกรณ์ 3 เครื่องที่มีปริมาตรเท่ากันหมด พบว่าเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องปฏิกรณ์ยิ่งกว้างขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับผลของจำนวนของคาโอดในเครื่องปฏิกรณ์เครื่องเดียวกัน พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มีคาโอดเดี่ยวให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มี 5 คาโอด

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C71699 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: GASEOUS POLLUTANT / GAS PURIFICATION / ELECTRON ATTACHMENT / CORONA DISCHARGE / REACTOR STRUCTURE

KITTISAK LARPSURIVAKUL : EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY OF GASEOUS POLLUTANTS USING ELECTRON ATTACHMENT MECHANISM. THESIS ADVISOR PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 154 pp. ISBN 978-637-085-5.

One objective of the present thesis is the design and construction of a gaseous pollutant remover using electron attachment reaction. Low-energy electrons generated in the corona-discharge reactor are captured by electronegative gas molecules, producing negative ions. The ions migrate in the electric field to the anode (reactor wall) and are removed at the wall. A gaseous pollutant remover which mainly consists of the corona-discharge reactor and a high-voltage DC generator was successfully designed and constructed to carry out laboratory experiments. From the experimental results, it has been found that a higher removal efficiency was obtained as the inlet concentration decreased.

Furthermore, the effects of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode (reactor) shape and the number of cathodes on the resulting removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants, methyl iodide, chlorofluorocarbon and acetaldehyde, were investigated experimentally in order to obtain useful guideline for scaling up the device in the future. The results reveal that the thicker the cathode diameter, the higher the removal efficiency. In contrast, the smaller the reactor diameter among three reactor volume factors, the higher the removal efficiency. As for the number of cathodes in a single reactor vessel, a single-cathode reactor exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

มหาวิทยาลัย วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม



พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

นายเศรษฐา คันทิโรจนเมธ : การจำลองเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมระดับอุตสาหกรรมในช่วงที่อัตราอบแห้งคงที่และลดลง (SIMULATION OF INDUSTRIAL PNEUMATIC CONVEYING DRYER WITH CONSTANT AND FALLING RATES OF DRYING) อ. ที่ปรึกษา : ศ.ดร. วิวัฒน์ คันทะพานิชกุล, 120 หน้า, ISBN 974-639-382-3

ในวิทยานิพนธ์นี้ ผู้วิจัยได้พัฒนารูปแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม โดยประยุกต์สมการแบบจำลอง 2 ประเภทที่เสนอโดย Shigeru Matsumoto และ David Pei เข้าด้วยกัน แบบจำลองที่พัฒนาและเขียนโปรแกรมขึ้นสามารถอธิบายพฤติกรรมการทำงานของแบบพาหะลมซึ่งประกอบด้วยช่วงความยาว 2 ช่วง คือช่วงการระเหยน้ำจากผิวของวัสดุและช่วงที่อัตราการอบแห้งถูกควบคุม โดยการแพร่ของความชื้นภายในวัสดุ หรืออาจมีเพียงช่วงใดช่วงเดียว

การทดสอบแบบจำลองเพื่อพิสูจน์ความเหมาะสมในการใช้งานเพื่อรอบกลุ่มได้อย่างกว้างขวาง ได้ทำโดยอาศัยข้อมูลการทดลองกับแป้งมันสำปะหลังในระดับอุตสาหกรรม และข้อมูลการทดลองในระดับอุตสาหกรรมที่ได้พิมพ์เผยแพร่ของ Gibson, Glauber's salt, เมล็ดเจียมคาร์บอนเตค, แอมโมเนียมซัลเฟต และทิวซี ผลการทดสอบแสดงให้เห็นแบบจำลองสามารถทำนายความชื้นขาออกของวัสดุและอากาศได้อย่างแม่นยำ ส่วนคุณสมบัติของวัสดุและเงื่อนไขการมีค่าความแตกต่างจากผลการทดลองเล็กน้อย เนื่องจากในแบบจำลองไม่ได้คำนึงถึงการสูญเสียของความชื้นบางส่วนออกจากร่องอบแห้งในอุตสาหกรรม ดังนั้นเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทำนายของแบบจำลองเดิมที่เสนอโดย วิวัฒน์ คันทะพานิชกุล และจิรศักดิ์ ศรีโรตพานิช โดยถือว่าอัตราการอบแห้งในช่วงที่อัตราการอบแห้งที่ถูกควบคุมโดยการแพร่ของความชื้นภายในวัสดุจะลดลงเป็นเส้นตรงกับความชื้นอิสระที่เหลือในวัสดุ ปรากฏว่าผลการทำนายของแบบจำลองใหม่มีความแม่นยำกว่าและไม่จำเป็นต้องใช้ข้อมูลการทดลองเพื่อหาความชื้นวิกฤตของวัสดุไว้ล่วงหน้า

นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้ประยุกต์ใช้แบบจำลองเพื่อปรับปรุงเงื่อนไขการปฏิบัติงาน ณ อัตราการผลิตปัจจุบัน รวมถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต 20 % ผลการปรับปรุงเงื่อนไขสามารถลดค่าใช้จ่ายในการปฏิบัติงานได้สูงถึง 35 % เมื่อเทียบกับอัตราการผลิตในปัจจุบัน

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....
ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต.....เศรษฐา คันทิโรจนเมธ.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....วิวัฒน์ คันทะพานิชกุล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ค้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C718990 MAJOR: CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORDS: GASEOUS POLLUTANT / GAS PURIFICATION / ELECTRON ATTACHMENT / CORONA DISCHARGE / REACTOR STRUCTURE

KITTISAK LARPSURIYAKUL - EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY OF GASEOUS POLLUTANTS USING ELECTRON ATTACHMENT MECHANISM. THESIS ADVISOR: PROF. WITWUT TANTHAPANICHAKOON. Ph.D. 154 pp. ISBN 974-637-085-5.

One objective of the present thesis is the design and construction of a gaseous pollutant remover using electron attachment reaction. Low-energy electrons generated in the corona-discharge reactor are captured by electronegative gas molecules, producing negative ions. The ions migrate in the electric field to the anode (reactor wall) and are removed at the wall. A gaseous pollutant remover which mainly consists of the corona-discharge reactor and a high-voltage DC generator was successfully designed and constructed to carry out lab-scale experiments. From the experimental results, it has been found that a higher removal efficiency was obtained as the inlet concentration decreased.

Furthermore, the effects of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode (reactor) shape and the number of cathodes on the resulting removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants, methyl iodide, chlorofluorocarbon and acetaldehyde, were investigated experimentally in order to obtain useful guideline for scaling up the device in the future. The results reveal that the thicker the cathode diameter, the higher the removal efficiency. In contrast, the smaller the reactor diameter among three equivalent reactors, the higher the removal efficiency. As for the number of cathodes in a single reactor vessel, the single-cathode reactor exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา..... 2540

ลายมือชื่อผู้พิมพ์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

* # C817223 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: PNEUMATIC CONVEYING DRYING / CONSTANT DRYING RATE / SURFACE EVAPORATION / FALLING DRYING RATE / DIFFUSION CONTROLLED / MODELING

SEETHA TANTIRODCHANAMATE : SIMULATION OF INDUSTRIAL PNEUMATIC CONVEYING DRYER WITH CONSTANT AND FALLING RATES OF DRYING. THESIS ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 120 pp. ISBN 974-639-582-3

In the present thesis, a comprehensive mathematical model of the pneumatic conveying dryer, which is derived by combining two separate models proposed by Shigeru Matsumoto and David Pei, has successfully been developed. The model is able to describe the entire range of drying behavior which consists of two main periods, namely, surface water evaporation and internal moisture diffusion controlled periods.

Testing of the model to validate its general applicability is done by comparison of the simulation results with the full-scaled industrial pneumatic conveying drying of cassava flour and the published industrial drying results of timentite, Glauber's salt, calcium carbonate, ammonium sulfate, and PVC resin. The comparison shows that the outlet solid moisture content and air humidity is accurately predicted by the model. However, the predicted solid and air temperatures show some discrepancies from the reported values due to the assumption of negligible heat loss from the dryer in the model. The simulation results are also compared to the predictions of the previous model proposed by W. Tanthapanichakoon and C. Srivatanai which assumes that, below the critical moisture content, the falling drying rate is proportional to the remaining free moisture content. The comparison shows that the present model gives better prediction and does not require an advanced knowledge of the value of the critical moisture content.

Furthermore, the model is applied to improve the operating condition of the same flour dryer at the existing drying capacity and to search for a most suitable operating condition for increasing the drying capacity by 20 %. The improved operating condition can reduce the operating cost by 35 % when compared with the original operating condition.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา.....2551.....

ลายมือชื่อนิสิต.....ศรัณพร.....คนโตไชนานนท์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ดร. วิวัฒน์.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

ชื่อโครงการวิจัย: Rock Mill Dust Removal by Wetted Screen

ผู้วิจัย: Udomdet Arsingsamanunt

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: Sirikulaya Suvachittanont

The air pollution created by dust particle from rock mill dust plant can annoy the people who live nearby the plant. It causes lung disease or allergy. Wetted screen dust collector is the new method to reduce dust level from source of dust. It is the best method to solve environmental problem from original sources. This method can control and decrease the amount of the air pollution in the most suitable way. Wetted screen dust removal is designed and constructed to study the removal efficiency by using various types of screens. The apparatus consists of dust fluidized bed, duct system, dust feeder, effective wetted screen area, cyclone, absolute filter and opacity meter. Removal efficiency of single layer is about 19% with no water film cover on the mesh. For irrigated screen, removal efficiency is about 55-74% for which according to mesh type, wind velocity, dust feed rate, and water flow rate. For double layer, removal efficiency is about 28% with no water film which is higher than single layer and about 70-89% with water film, due to the double layer can remove dust from air stream twice before releasing to atmosphere.

จิตต์วุฒิ เพชรภูมิ : ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อภาพกรองระดับอนุภาคในโมดูลแบบแผ่น (Effects of the Ultrasonic Wave on Microfiltration in a Plate and Frame Module)

อ.ที่ปรึกษา อ.ดร. นพียชนก สุริยชนะบรรณ,

อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร. จิรภานต์ เอื้องนาโพธิ์, 233 หน้า ISBN 974-332-558-1

กระบวนการกรองที่มีการใช้คลื่นเหนือเสียงถูกนำมาใช้เพื่อกำจัดอนุภาคที่สะสมอยู่บนเยื่อแผ่น โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเพิ่มสมรรถนะการกรอง คำทမ်းงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาภาพกรองระดับอนุภาคแบบโมดูลแผ่นในโมดูลแบบแผ่น เยื่อแผ่นที่ใช้คือ ในลอน 66 (Nylon 66) มีช่องว่างระหว่างตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียงกับเยื่อแผ่นที่ติดตั้งอยู่ภายนอกเครื่องกรองสามารถปรับค่าได้ระหว่าง 1.5 - 4.7 เซนติเมตร ความเร็วในสายป้อน 0.1 - 0.53 เมตรต่อวินาที และความดันคร่อมเยื่อแผ่น 1.7 - 53.9 กิโลปาสคาล มีการติดตั้งตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียงความเข้มสูงจำนวน 2 ตัวบนผนังภายนอกของเครื่องกรอง เพื่อส่งผ่านคลื่นเหนือเสียงไปในระบบได้ทั้งในทิศทางเดียวกันและทิศทางตรงข้ามกับการกรอง ระบบที่ใช้กรองคือ สารละลายยีสต์ ซึ่งปรับเปลี่ยนค่าความเข้มข้นในการศึกษาระหว่าง 5 - 20 กรัมต่อลิตร อัตราคงที่ของการกรองได้ถูกวัดในการทดลองเพื่อเปรียบเทียบค่าระหว่างเมื่อมีการใช้และไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง ตัวแปรที่มีผลต่อการเพิ่มของอัตราการกรองที่มีการใช้คลื่นเหนือเสียง คือ ความดันคร่อมเยื่อแผ่น, ความเข้มของคลื่นเหนือเสียง, ความเร็วของสายป้อน, ความเข้มข้นของสายป้อน, เวลาในการปล่อยคลื่นเหนือเสียง และระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียงกับเยื่อแผ่น ซึ่งได้ทดลองและศึกษาในงานวิจัยนี้

จากการทดลองพบว่าในช่วงแรกของการเพิ่มความดันคร่อมเยื่อแผ่น อัตราการกรองที่เพิ่มขึ้นเนื่องจากการใช้คลื่นเหนือเสียงจะมีมากขึ้น จนกระทั่งเมื่อเพิ่มไปถึงค่าหนึ่ง ผลของการจัดแนของอนุภาคที่สะสมบนผิวเยื่อแผ่นเริ่มมีมากขึ้น รวมทั้งยังเกิดคาวิเทชันจะมากขึ้น อัตราการกรองที่เพิ่มขึ้นเริ่มมีค่าน้อยลง ส่วนการเพิ่มกำลังของคลื่นเหนือเสียงนั้น พบว่า ถ้ากำลังของคลื่นเหนือเสียงมีค่ามากเกินไป จะส่งผลให้ความรุนแรงของการยุบตัวของคาวิเทชันมีค่าลดลง อัตราการกรองจึงมีค่าลดลงด้วย ส่วนความเร็วของสายป้อนและความเข้มข้นของสารละลายยีสต์ พบว่า การใช้คลื่นเหนือเสียงจะได้ผลดีที่ความเร็วของสายป้อนและความเข้มข้นของสารละลายยีสต์มีค่าต่ำ สำหรับระยะห่างระหว่างตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียงกับเยื่อแผ่นที่เหมาะสม คือ ระยะที่ทำให้มีพื้นที่ที่คลื่นเหนือเสียงตกกระทบกว้างและมีความเข้มของคลื่นเหนือเสียงสูงเพียงพอที่จะทำให้งอกเกิดคาวิเทชันที่สามารถกำจัดอนุภาคที่สะสมได้ ในเครื่องกรองที่ใช้นี้ พบว่า ระยะห่างที่เหมาะสมคือ 3.7 เซนติเมตร และเมื่อมีการใช้คลื่นเหนือเสียงในสภาวะของการปฏิบัติการที่เหมาะสม อัตราการกรองสามารถเพิ่มขึ้นได้ 3.0 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับกรองที่ไม่มีการใช้คลื่นเหนือเสียง และพบว่าความเข้มของคลื่นเหนือเสียงและทิศทางของการปล่อยคลื่นเหนือเสียง มีผลต่อความสามารถในการกักตัวของเยื่อแผ่น สำหรับความเข้มของคลื่นเหนือเสียงสูงสุดที่ใช้ในการทดลอง คือ 0.6 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร และมีการควบคุมอุณหภูมิของสารละลายยีสต์ที่ 30 องศาเซลเซียส พบว่า คลื่นเหนือเสียงจะไม่ส่งผลต่อขนาดและการเจริญเติบโตของอนุภาคยีสต์ สุดท้าย ในงานวิจัยนี้ได้สรุปข้อคิดเห็นทางเศรษฐศาสตร์ของการนำคลื่นเหนือเสียงไปใช้ร่วมกับภาพกรองระดับอนุภาค

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....254.....

ลายมือชื่อนิสิต.....จิตต์วุฒิ เพชรภูมิ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....อ.ดร. นพียชนก

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....อ.ดร. จิรภานต์

38/0275471 MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: ULTRASONIC / MICROFILTRATION / PLATE AND FRAME MODULE

JITTIWUT PETMUNEE : EFFECTS OF THE ULTRASONIC WAVE ON MICROFILTRATION IN A
PLATE AND FRAME MODULE

THESIS ADVISOR : HATHAICHANOK DURIYABUNLENG, PH.D.

THESIS CO-ADVISOR : ASSOC. PROF. CHIRAKARN MUANGNAPOH, Dr. Ing.

213 pp. ISBN 974-332-558-1

Ultrasonically induced cavitation has been found to be effective for loosening and detaching the cake deposited on the surface of the membrane during microfiltration, thus remarkably increasing the filtration flux. In the present research, cross-flow microfiltration in a plate and frame module with Nylon66 membrane is investigated. The gap between the ultrasonic source and the membrane can be varied from 1.5 to 4.7 cm, the feed velocity from 0.1 to 0.53 m/s and the transmembrane pressure difference from 14.7 to 53.9 kPa. Two identical ultrasonic sources are attached on the outside wall of the module to transmit high energy ultrasonic wave through the feed channel toward the membrane. In the experiments, baker's yeast solution (5 to 20 g/l) is filtered and the steady-state flux is measured. The factors affecting the filtration efficiency, i.e., the transmembrane pressure, the ultrasonic intensity, the feed velocity, the feed concentration, the sonication time and the distance between the membrane and each ultrasonic source, have been studied.

Experimentally, it is found under constant ultrasonic irradiation that an increase in the transmembrane pressure results in a remarkable increase in the steady-state flux. When the transmembrane pressure is further increased, the beneficial effect on the flux gradually disappears because of the more compaction of the cake at the higher pressure which raises the cavitation threshold. Similarly, if the ultrasonic power is too high, the intensity of the cavitation collapse becomes lessened and the removal of the cake by ultrasonic effect is reduced. In addition, it is shown that the ultrasonic effect is more pronounced at a lower feed velocity and a lower feed concentration. The appropriate distance between each ultrasonic source and the membrane may be defined as the distance which provides the maximum effective area exerted upon by cavitation. Finally, the experimental results have obviously shown that the suitable application of ultrasonic wave can enhance the flux upto 3 times that without ultrasonic wave. The side effects of ultrasonic on the membrane and yeast have also been investigated. It is found that under the maximum intensity of 3.6 W/cm^2 at the constant temperature of 30°C , there is no change on the size and the growth capability of the yeast. In addition, a preliminary analysis of the ultrasonic application on the microfiltration system has been presented.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อผู้จัดทำ.....จITTIWUT PETMUNEE.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....H. Durigabunlung.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

จักรกฤษณ์ แยมเกตุ : ผลของสารช่วยในการตอกเม็ดยาโดยตรงต่อคุณสมบัติการไหลของผง และลักษณะสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา (EFFECT OF DIRECT-COMPRESSION EXCIPIENTS ON THE POWDER FLOWABILITY AND PHYSICAL PROPERTIES OF TABLETS) อ.ที่ปรึกษา : ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ. ดร. พจน์ กุลวานิช ; 188 หน้า. ISBN 974-331-867-4.

งานวิจัยนี้เป็นงานทดลองเพื่อศึกษาถึงผลของประเภทและของอัตราส่วนผสมของสารช่วยในการตอกเม็ดยาโดยตรง ที่มีต่อสมบัติการไหลของผงผสม โดยใช้เครื่องทดสอบลักษณะสมบัติของวัสดุผง (Powder Characteristic Tester) ในการประเมินค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลของผงขององค์ประกอบเดี่ยวและของผสม 2, 3 และ 4 องค์ประกอบ ตามหลักการของคาร์รี้ วัดคุณสมบัติในการประกอบตัวของผงยาพาราเซตามอลและสารช่วยในการตอกเม็ดยาโดยตรงประเภทต่างๆ ได้แก่ Starch-1500, Tabletose, Avicel PH-101, Ceolus KG-801 และทัลคัม ซึ่งถูกนำมาผสมกันที่อัตราส่วนผสมต่างๆ โดยใช้เครื่องผสมรูปตัววี จากนั้นได้ทำการคัดเลือกส่วนผสม 4 องค์ประกอบในสูตรที่สนใจ 3 สูตร จากจำนวนทั้งหมด 28 สูตร นำมาทำการทดลองตอกเม็ดยา โดยผสม 0.5% แมกนีเซียมสเตียเรต ลงไปเพื่อให้เป็นสารหล่อลื่น และศึกษาถึงความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติการไหลของผงผสมที่มีต่อสมบัติทางกายภาพของเม็ดยาที่ตอกได้

จากการศึกษาดังกล่าวพบว่า ปัจจัยหลักที่มีผลต่อสมบัติการไหลของผงผสมคืออัตราส่วนผสม โดยผงผสมส่วนใหญ่จะมีค่าดัชนีการไหลและดัชนีการไหลที่ต่ำกว่าค่าเดิมของสารเดี่ยวที่นำมาผสม และพบว่าพาราเซตามอลซึ่งมีความหนืดสูงจะมีอิทธิพลต่อสมบัติการไหลของผงผสมมากกว่าองค์ประกอบชนิดอื่น นอกจากนี้ยังพบว่า การเติมทัลคัมลงไปปริมาณต่ำๆ (3-20%) จะช่วยทำให้ผงผสมมีสมบัติการไหลดีขึ้นเนื่องจากอนุภาคของทัลคัมจะเข้าไปเกาะที่ผิวของอนุภาคชนิดอื่น ทำให้ผงผสมมีค่าความเกาะกันต่ำลงและมีรูปร่างเป็นทรงกลมมากขึ้น รูปร่างของอนุภาคจะมีผลโดยตรงต่อค่าดัชนีการไหลของผงผสม โดยอนุภาคผสมที่มีรูปร่างต่างกันมากจะเกิดการเกาะตัวกันดีขึ้น ทำให้มีดัชนีการไหลที่ต่ำกว่า ในการศึกษาด้านสมบัติทางกายภาพของเม็ดยาพบว่า สมบัติทางกายภาพของเม็ดยาที่ได้รับอิทธิพลจากสมบัติการไหลของผงผสมโดยตรงคือ น้ำหนักและความหนาของเม็ดยา โดยพบว่าผงผสมที่มีค่าดัชนีการไหลสูงจะมีค่าเนื้อแบบมาตรฐานสัมพัทธ์ของน้ำหนักเม็ดยาและความหนาของเม็ดยาค่า ส่วนสมบัติทางกายภาพอื่นๆของเม็ดยาพบว่าจะขึ้นกับประเภทของสารช่วยในการตอกเม็ดยาโดยตรง โดยที่สูตรที่มี Starch-1500 จะให้เม็ดยาที่มีความแข็งแรงมากกว่า ความกรอบน้อยกว่า และมีเวลาในการแตกตัวเร็วกว่าสูตรที่มี Tabletose ในขณะที่สูตรที่มี Ceolus KG-801 จะให้เม็ดยาที่มีความแข็งแรงมากกว่า ความกรอบน้อยกว่า และมีเวลาในการแตกตัวช้ากว่าสูตรที่มี Avicel PH-101 นอกจากนี้ยังพบว่า สูตรที่เหมาะสมที่สุดในการนำไปผลิตเม็ดยาจริงคือ สูตร Paracetamol : Starch-1500 : Avicel PH-101 : talc ที่อัตราส่วนผสม 3 : 1 : 1 : 3%

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อผู้สมัคร
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ค้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

C816991 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: FLOWABILITY INDEX / FLOODABILITY INDEX / POWDER BLEND / DIRECT-COMPRESSION EXCIPIENTS / TABLET PROPERTIES

C-HAKKRIT YAMKATE : EFFECT OF DIRECT-COMPRESSION EXCIPIENTS ON THE POWDER FLOWABILITY AND PHYSICAL PROPERTIES OF TABLETS. THESIS ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D.,

THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. POJ KULVANICH, Ph.D. 188 pp. ISBN 974-331-867-4

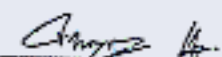
The present work investigated experimentally the effects of types and composition of direct-compression excipients on the flow characteristics of individual components and the resulting 2, 3 and 4-component powder mixtures, by using a powder characteristic tester in assessing the flowability index and floodability index according to Carr's method. Raw materials tested in this work were paracetamol powder, as active ingredient, and several types of direct-compression excipients, namely, Starch-1500, Tablettose, Avicel PH-101, Ceolus KG-801 and talc, mixed together by using a v-blender at various mixing ratios. Next, 6 formulas of 4 component powder mixtures were selected out of the 28 formulas, blended with 0.5% magnesium stearate, as lubricant, and tableted with a single-stroke tableting machine to study relations between flow characteristics of powder mixture and the physical properties of resulting tablets.

From the experimental results, it was found that the mixing ratio (mixture composition) was the main factor affecting the flow characteristics of a powder mixture, and that the flowability and floodability indexes of most powder mixtures generally lay between the corresponding values of each individual component. Furthermore, paracetamol, the most cohesive component, had more influence on the flow characteristics of the powder mixture than the other components. Nevertheless, it was found that a small amount of talc (3-20%) could effectively improve the flow properties of the powder mixture by the coating (adhesion) of talc particles on the surface of other types of particles, thus reducing the cohesiveness of the mixture and making the particles more nearly round. Particle shape was found to have direct effect on the floodability index of the powder mixture because the more different the particle shapes, the denser the packed powder structure and thus the lower the floodability index. Investigation of physical properties of the resulting tablets revealed that the average weight and diameter of tablets were directly affected by the flow properties of the powder mixture the higher the flowability index of the powder mixture, the lower the values of relative standard deviation (RSD) of the weight and diameter of the tablets. In addition, the other physical properties of the tablets depended on the types of direct-compression excipients. It was found that a formula that contains Starch-1500 yielded tablets that possessed more hardness, lower friability but shorter disintegration time than one that contains Tablettose, whereas a formula that contains Ceolus KG-801 produced tablets that possessed more hardness, lower friability and longer disintegration time than one with Avicel PH-101. In addition, the most suitable formula for tableting was found to be Paracetamol : Starch-1500 : Avicel PH-101 : talc at mixing ratio 3 : 1 : 1 : 3%.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม 

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

๙๕๗๗๗ : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: MULTI-COMPONENT / CHARACTERISTIC DISTRIBUTION CURVE /
BREAKTHROUGH CURVE / INTEGRAL ADSORPTION EQUILIBRIUM CURVE
PICHATE IN-EURE : METHOD TO ESTIMATE THE SIZE OF AN ADSORBER USING THE
BREAKTHROUGH CURVE FOR UNKNOWN MULTI-COMPONENT WASTEWATER. THESIS
ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. 96 pp. ISBN 974-638-926-2

A simple practical method first proposed by Okazaki et.al. (1989) to predict the breakthrough curve of unknown multi-component wastewater in a fixed bed adsorption column is adopted in the present work. Using only the information from simple jar tests, Okazaki et. al. assumed instantaneous adsorption equilibrium between the unknown solutes and the activated carbon adsorbent. In this work, activated carbon filters (ACFs) are used as adsorbent. The total concentration of pollutants in the wastewater is given in terms of a comprehensive concentration index, namely, Total Organic Carbon (TOC) concentration index. Synthetic wastewater systems (1-, 2- and 3- component), tapwater, natural humic substance and domestic factory wastewater are investigated.

Based on experimental column test results, the suitability of the present method is examined by comparison between the predicted and observed breakthrough curves as well as the breakthrough times. It is found that the agreement is quite good for the single-solute systems and not so bad for the binary and tertiary systems. In the case of unknown natural humic substance and industrial wastewater, however, the agreement is not good because the assumption of instantaneous adsorption is not valid when the solute molecules are too bulky to enter quickly the micropores of ACF. Nevertheless, the method is still a handy tool to predict the breakthrough time and to size a packed adsorber.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2541

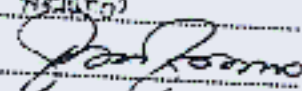
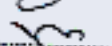
ลายมือชื่อผู้พิมพ์ นิชิต. ชื่นทวี
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

อภิตพงษ์ พัฒนทอง : การพัฒนาเครื่องทำแกรนูลแบบฟลูอิดไดซ์เบด ระดับเล็ก (DEVELOPMENT OF A SMALL-SCALE FLUIDIZED BED GRANULATOR) อ.ที่ปรึกษา : รศ.ดร.อวิชัย ศรีบัณฑิตกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม : รศ.ดร.พจน์ กุลวานิช : 267 หน้า. ISBN 974-334-130-7

งานวิจัยนี้เป็นการออกแบบ และจัดสร้างเครื่องทำแกรนูลแบบฟลูอิดไดซ์เบดระดับเล็ก เพื่อใช้ในทางเภสัชอุตสาหกรรม รวมไปถึงศึกษาตัวแปรกระบวนการ (ความเร็วอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไดซ์, อุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไดซ์และความดันอากาศที่ใช้ในการฟั่นละอองสารยึดเกาะ) และชนิดของวัตถุดิบ (ผงแล็กโทส และผงผสมระหว่างแล็กโทส-แป้งข้าวโพด อัตราส่วน 70 ต่อ 30) ที่มีผลต่อคุณสมบัติของแกรนูลที่ผลิต อันได้แก่ การกระจายขนาด, ขนาดเฉลี่ยและลักษณะรูปร่างของแกรนูลซึ่งวิเคราะห์โดยใช้ตะแกรงร่อน และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM), สมบัติทางกายภาพของแกรนูลจากเครื่องทดสอบสมบัติวัสดุผง (Powder Characteristic tester) จากนั้นจึงนำแกรนูลที่ผลิตได้ไปทำการตอกเป็นเม็ด (tablet) แล้วทำการทดสอบสมบัติของเม็ดที่ผลิต ได้แก่ ความแข็ง, ความแปรปรวนของน้ำหนัก, ความหนา, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ, ค่าความกร่อนและค่าเวลาที่ใช้ในการแตกตัว และท้ายสุดจึงนำสมบัติของเม็ดที่เตรียมจากแกรนูลที่ผลิตได้ เปรียบเทียบกับเม็ดที่เตรียมจากสารช่วยตอกเม็ดยาประเภทสเปรย์ ทราย แล็กโทส (spray dry lactose, Tablettose[®]) ที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

จากการศึกษาพบว่า เมื่อความเร็วอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไดซ์เพิ่มขึ้น ทำให้ขนาดเฉลี่ยของแกรนูลที่ผลิตเล็กลง ค่าดัชนีการไหลมีค่าลดลง ในขณะที่ค่าดัชนีการไหลทะลักมีค่าสูงขึ้น ส่วนอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไดซ์พบว่า มีผลเพียงเล็กน้อยต่อขนาดเฉลี่ยและคุณสมบัติทางกายภาพของแกรนูล ตัวแปรที่มีผลต่อขนาดเฉลี่ยและสมบัติทางกายภาพของแกรนูลอย่างเห็นได้ชัด คือ ความดันที่ใช้ในการฟั่นละออง เมื่อทำการฟั่นละอองสารยึดเกาะที่ความดันสูงขึ้น ทำให้ภายในเครื่องทำแกรนูลเกิดความปั่นป่วนอย่างรุนแรง ส่งผลให้หยดละอองสารยึดเกาะมีขนาดเล็กลง ทำให้ยึดจับอนุภาคได้น้อยลง แกรนูลที่ผลิตได้จึงมีขนาดเฉลี่ย และดัชนีการไหลของแกรนูลลดลง แต่ในทางกลับกันดัชนีการไหลทะลักของแกรนูลมีค่าสูงขึ้น เมื่อพิจารณา ลักษณะรูปร่างของแกรนูล พบว่าแกรนูลที่ผลิตได้ เกิดจากการเกาะตัวของอนุภาคนขนาดเล็ก โดยมีสารยึดเกาะทำหน้าที่ยึดอนุภาคนขนาดเล็กเข้าด้วยกัน ซึ่งกลไกการเกิดแกรนูลลักษณะนี้เรียกว่า snowballing agglomeration การรวมตัวกันดังกล่าวนั้นพบทั้งในกรณีวัตถุดิบเป็นผงแล็กโทส และผงผสมของแล็กโทสกับแป้งข้าวโพด เมื่อนำแกรนูลที่ผลิตได้ไปตอกเป็นเม็ดพบว่า การกระจายขนาดและขนาดเฉลี่ยของแกรนูลมีผลต่อสมบัติของเม็ดที่ผลิตได้ แกรนูลที่มีปริมาตรอนุภาคนขนาดใหญ่จำนวนมากทำให้เม็ดที่ผลิตมีความแปรปรวนของน้ำหนักเม็ดต่ำ และมีความกร่อนต่ำ เม็ดที่เตรียมจากแกรนูลของผงผสมระหว่างแล็กโทสกับแป้งข้าวโพด มีค่าเวลาที่ใช้ในการแตกตัวสั้นกว่าเม็ดที่เตรียมจากแกรนูลแล็กโทส เนื่องจากแป้งข้าวโพดเป็นสารช่วยในการแตกตัว นอกจากนี้พบว่า เม็ดที่เตรียมจากแกรนูลแล็กโทสที่ความเร็วอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไดซ์ต่ำ มีสมบัติได้ตามมาตรฐานทางเภสัชกรรม เมื่อเปรียบเทียบกับเม็ดที่เตรียมจากสเปรย์ ทราย แล็กโทส เม็ดยาที่เตรียมจากแกรนูลที่ผลิตมีสมบัติดีกว่าเล็กน้อย

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา.....2542

ลายมือชื่อนิสิต.....อภิตพงษ์ พัฒนทอง
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

3970105-21 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: FLUIDIZATION / GRANULATION / FLUIDIZED BED GRANULATOR

MITTIPONG PHATTANATHONG : DEVELOPMENT OF A SMALL-SCALE
FLUIDIZED BED GRANULATOR.

THESIS ADVISOR : ASSO. PROF. TAWATCHAI CHARINPANITKUL, Ph.D.,

THESIS COADVISOR : ASSO. PROF. POJ KULVANICH, Ph.D.

237 pp. ISBN 974-334-130-7

Objective of this research is to design and test a small-scale fluidized bed granulator employed for pharmaceutical propose. Investigation on influence of operating variables (fluidizing air velocity, fluidizing air temperature and atomizing air pressure) and type of raw materials (lactose powder and lactose and corn starch powder blended by a mixing ratio 70 to 30 w/w) to size distribution, average particle size, shape and physical properties have been carried out. The granules produced are taken to produce tablets by using single punch tableter machine. Physical properties of tablets (such as weight variation, hardness, thickness, diameter, friability and disintegration time) have been also investigated. Comparison of the properties of the tablets with those of spray dry lactose (Tabletose®) tablets are then conducted.

From experimental results, granules produced at low fluidizing air velocity (0.8 m/s) have larger mean particle size than those obtained when air-velocity is higher. Meanwhile fluidizing air temperature has little effect on the mean particle size of the granules. However, atomizing air pressure applied to the spraying nozzle has a significant effect on the mean particle size and the size distribution of the granules. An increase in the atomizing air pressure gives rise to an increase in amount of fine particles then results in the smaller mean particle size. An increase in mean particle size of the granules produced yields increasing aerated bulk density but decreases its angles of repose, compressibility and packed bulk density. From these results, it is found that the flowability index of the granules becomes increased while the floodability index decreases. From Scanning Electron Microscope photograph, it is clear by seen that inside the granules formed, a particle wetted by binder has several contact with other particles. Considered from the granule morphology, it can be implied that the granule is formed by the so-called snow-balling mechanism, so that spherical granules are obtained.

In tableting process, the granules with higher mean particle size results in the less weight variation and friability of tablets produced. Moreover, the tablets produced from lactose and corn starch mixture have shorter disintegration time than those of lactose granules. In conclusion, the tablets produced from the granules, which are obtained from the developed granulator have an acceptable qualities compared with those Tabletose® using the USP standard.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา.....2542.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วิทยานิพนธ์ : ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการกระจายตัวของผงสีอินทรีย์ในโพลีเอทิลีน เมื่อใช้
เครื่องนวดผสมชนิดเกลียวทวนคู่แบบต่อเนื่อง (FACTORS INFLUENCING THE DISPERSION
OF ORGANIC PIGMENTS IN POLYETHYLENE UPON USING A CONTINUOUS TWIN-
SCREW KNEADER)

อ. ที่ปรึกษา: ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล อ. ที่ปรึกษาร่วม: ดร. สิริจุฑารัตน์ ไคววิสารวัธ
298 หน้า. ISBN 974-634-915-5

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกระจายตัวของผงสีในโพลีเอทิลีนในเครื่องนวดเกลียวทวนคู่แบบ
ต่อเนื่อง อันได้แก่ อุณหภูมิที่ใช้ในการนวดผสม อัตราการป้อน ความเร็วในการหมุนของเกลียวทวนคู่
(Twin-screw) และเวลาที่ใช้ในการผสมขั้นต้น (premix time) รวมถึงการหาภาวะที่เหมาะสมในการนวดผสม
โดยการประยุกต์แนวความคิดของแฟร็กทัลในการวิเคราะห์ค่าการกระจายตัว วัดดูดิบที่ใช้ในการศึกษาเป็น
ผงอินทรีย์ 2 ชนิดคือ ผงคาร์บอนดำ (Carbon black) และผงควินาคริโดนสีม่วง (Quinacridone violet
pigment) กับโพลีเอทิลีนความหนาแน่นสูง (HDPE) นอกจากการศึกษาดังกล่าวข้างต้น ได้ศึกษาถึงผลของ
ภาวะในการนวดผสมต่อสมบัติทางกลของโพลีเอทิลีนเมื่อมีการเติมสีอินทรีย์แต่ละสี

จากการศึกษาดังกล่าวพบว่าผงสีกระจายตัวได้ดีขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการนวดผสมและความเร็วรอบใน
การหมุนของเกลียวทวนคู่สูงขึ้น แต่เมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจะทำให้การกระจายตัวของสีลดลงเล็กน้อย
และเวลา 10 นาทีขึ้นไปที่ใช้ในการผสมขั้นต้นมีอิทธิพลค่อนข้างน้อยต่อผลของการนวดผสม ส่วนผลของ
อุณหภูมิในการนวดผสมต่อสมบัติทางเทนไซล์ (Tensile properties) ของโพลีเอทิลีนในภาวะที่มีผงสี พบว่า
เมื่ออุณหภูมิในการนวดผสมและความเร็วรอบในการหมุนของเกลียวทวนคู่เพิ่มขึ้น โพลีเอทิลีนที่ถูกนวดผสม
จะแสดงสมบัติความแข็ง (Hardness) เพิ่มขึ้น แต่ขณะเดียวกันจะมีความเปราะ (Brittleness) มากขึ้นด้วย
โดยเฉพาะที่อุณหภูมิ 220 °C ขึ้นไป อนึ่งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างผงคาร์บอนดำ และผงควินาคริโดนสีม่วง
พบว่าผงคาร์บอนดำซึ่งมีขนาดเล็กกว่า (ประมาณ 1 ใน 6) และมีโพลาริตี (Polarity) น้อยกว่าจะให้โพลิเมอร์
ผสมที่มีการกระจายตัวของผงสีและคุณสมบัติทางกลดีกว่า

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อผู้สมัคร ธีรณัฐ ทองเชื้อ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

* = C616731 MAJOR: CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: DISPERSION/TWIN-SCREW KNEADER/ORGANIC PIGMENTS/ POLYETHYLENE
ARUNYA THONGCHIEW: FACTORS INFLUENCING THE DISPERSION OF
ORGANIC PIGMENTS IN POLYETHYLENE UPON USING A CONTINUOUS TWIN-
SCREW KNEADER.
THESIS ADVISOR: PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D.,
THESIS CO-ADVISOR: SIRIJUTARATANA COVAVISARUCH, Ph.D.
228 pp. ISBN 974-634-915-5

The present work studied the factors influencing the dispersion of organic pigments in polyethylene upon using a continuous twin-screw kneader, namely, the kneading temperature, the rotational speed of twin-screw, the feed rate and the premix time, including determination of suitable kneading condition, by applying the fractal concept to evaluation of the dispersion state. The raw materials used in the study were two organic pigments, carbon black and quinacridone violet pigment, and high density polyethylene resin (HDPE). In addition, effects of the kneading conditions on the tensile properties of HDPE kneaded with either pigment were also investigated.

It was found that the dispersibility of either pigment increased as the kneading temperature and the rotational speed increased, and that the higher the feed rate was, the lower the dispersion state of the pigment became. The premix time, upwards of 10 minutes of primary mixing, had insignificant influence on the kneading result. As for the effect of the kneading temperature on the tensile properties of polyethylene with pigment, it was found that as the kneading temperature and the rotational speed of screw increased, the kneaded HDPE turned harder and more brittle, especially at kneading temperatures above 220 °C. Incidentally, comparison between the carbon black and quinacridone violet pigments revealed that the carbon black pigment, which had a smaller size (approximately one-sixth of that of quinacridone violet) and less polarity, provided more uniform dispersion state and better properties of the polymer blend.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....

ลายมือชื่อผู้พิมพ์..... อรุณญา ทองเชื้อ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... *Wiwut Tanthapanichakoon*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ณิ สุภาวิทา: การพัฒนาระดับดัชนีเชิงปริมาณสำหรับประเมินระดับการกระจายของสารเติมแต่งในวัสดุผสม
โดยการทดลองด้วยคอมพิวเตอร์ (DEVELOPMENT OF QUANTITATIVE INDICES FOR
EVALUATING THE DEGREE OF DISPERSION OF ADDITIVES IN COMPOUNDED MATERIALS
USING COMPUTER EXPERIMENTS) อ. ที่ปรึกษา: ศ. ดร. วิวัฒน์ ศัลยกำธร, อ. ที่ปรึกษาร่วม:
ศ. ดร. ชวัญชัย ชวินทวนิชกุล, 221 หน้า, ISBN 974-637-197-5

จุดประสงค์ของงานวิทยานิพนธ์นี้ คือการศึกษาและเสนอดัชนีเชิงปริมาณที่เหมาะสมสำหรับประเมินระดับ
การกระจายตัวของสารเติมแต่งองค์ประกอบเดียว และสององค์ประกอบ ในสารประกอบและของผสมอย่างมีระเบียบ
(Ordered mixture) ดัชนีที่น่าสนใจคือ ระดับของการผสม (Degree of mixedness), มิติแฟร็กทัลแบบพื้นที่ และแบบนับ
(Area-based and count-based fractal dimension) และเลขโคออร์ดิเนชัน การจำลองด้วยคอมพิวเตอร์นำมาใช้เพื่อจำลอง
กรณีต่างๆของการกระจายตัวแบบสุ่มชนิดต่างๆ และแบบผสมของมัน ในระบบสารเติมแต่งองค์ประกอบเดียว ใน
กรณีของระบบที่มีสององค์ประกอบ ยังมีการแปรเปลี่ยนอัตราส่วนของความเข้มข้น อัตราส่วนของขนาดอนุภาค และ
ความน่าจะเป็นในการเกาะของอนุภาค B บนผิวของอนุภาค A ด้วย

จากการศึกษาพบว่า แฟร็กทัลแบบพื้นที่ (Area-based fractal dimension) และ แบบนับ (Count-based
fractal dimension) ไม่เปลี่ยนแปลงเมื่ออัตราส่วนของขนาดอนุภาคเพิ่มขึ้น ดังนั้นดัชนีเชิงปริมาณทั้งสอง จึงเป็นดัชนีที่
เหมาะสมที่ใช้ประเมินระดับการกระจายตัวของสารเติมแต่งทั้งในระบบองค์ประกอบเดียว และสององค์ประกอบ การ
ศึกษานี้ยังแสดงให้เห็นว่าดัชนีทั้งสองสามารถใช้หาชนิดของการกระจายตัว และความน่าจะเป็นในการเกาะได้อย่างไร
ด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อผู้สมัคร ณิ สุภาวิทา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ศ. ดร. วิวัฒน์ ศัลยกำธร

C717004 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: QUANTITATIVE INDICES / DEGREE OF DISPERSION/ADDITIVES

MATHEE SUPHAWITA: DEVELOPMENT OF QUANTITATIVE INDICES FOR EVALUATING THE DEGREE OF DISPERSION OF ADDITIVES IN COMPOUNDED MATERIALS USING COMPUTER EXPERIMENTS. THESIS ADVISOR: PROF. WIWAT JANTHAPANICHAKOON, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR: ASSIT. PROF. TAWATCHAI CHARINPANTKUL, Dr. Eng. 221 pp. ISBN 974-637-197-5

The objective of the present thesis is to study and propose some suitable quantitative indices for evaluating the degree of dispersion of single and binary additives in compounded materials and ordered mixtures. The indexes of interest are the degree of mixedness, the area-based and count-based fractal dimensions and the coordination number. Computer simulations are used to simulate various ideal cases of dispersion and their combination in the single additive systems. For the binary systems, the concentration ratio, the particle size ratio and the adhesion probability of B onto A are also varied.

It is found that both the area-based and count-based fractal dimensions do not change when the particle size ratio increases, so they are suitable quantitative indexes for evaluating the degree of dispersion of both single and binary additives systems. The investigation also shows how these indices can be used to characterize the type of dispersion and estimate the adhesion probability.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ลายมือชื่อผู้ผลิต..... M. Suphawita.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... ผศ. ทวีศักดิ์.....

วุฒิพงศ์ พงศ์จตุรวิทย์ : การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์แบบแพ็กเบตชนิดโคเคอร์เรนต์และชนิดเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชันในระดับโรงงานต้นแบบ (PERFORMANCE COMPARISON OF PACKED-BED CO-CURRENT AND COUNTER-CURRENT REGENERATION DEMINERALIZATION SYSTEMS ON THE PROTOTYPE LEVEL) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร.วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล , อ.ที่ปรึกษาร่วม : นายมงคล ศรีเรือง, 258 หน้า ISBN 974-635-438-8

การเปรียบเทียบสมรรถนะของระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์แบบแพ็กเบตชนิดโคเคอร์เรนต์และชนิดเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชัน เป็นการศึกษานี้เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพและความสามารถในการผลิตน้ำบริสุทธิ์ของทั้งสองชนิดในเงื่อนไขที่เหมือนกัน ระบบที่ใช้ทดลองประกอบด้วยหอเรซินประจุบวกและหอเรซินประจุลบต่อกันในลักษณะอนุกรมเหมือนกันทั้งสองระบบ

การทดลองกระทำที่อัตราการจ่ายน้ำ 100 ถึง 300 ลิตรต่อชั่วโมง ซึ่งในกรณีเรซินประจุบวกเทียบเท่ากับความเร็วเชิงเส้น 13.67 ถึง 41.02 เมตรต่อชั่วโมง และในกรณีเรซินประจุลบเทียบเท่ากับความเร็วเชิงเส้น 6.45 ถึง 19.35 เมตรต่อชั่วโมง

ผลการวิจัยทดลอง พบว่า ระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ชนิดเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชัน มีสมรรถนะบางอย่างที่เหนือกว่าชนิดโคเคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชัน แต่มีบางอย่างไม่เห็นความแตกต่างชัดเจน

ในแง่ความสามารถผลิตน้ำต่อรอบการทำงาน ในกรณีเรซินประจุบวก พบว่า ระบบเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชันดีกว่า 5.77 - 7.69 % แต่ในกรณีเรซินประจุลบไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ในทำนองเดียวกันในแง่ประสิทธิภาพการล้างสารแลกเปลี่ยนและความสิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้ล้างสารแลกเปลี่ยน ในกรณีเรซินประจุบวก พบว่า ระบบเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชันก็ดีกว่า ส่วนในกรณีเรซินประจุลบก็ไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ในแง่ของคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบ พบว่า ระบบเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชันดีกว่าเช่นกัน ในแง่ของการรั่วไหลออกของไอออน ในกรณีของเรซินประจุบวก พบว่า ระบบเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชันมีการรั่วไหลออกของไอออนน้อยกว่า ส่วนในกรณีของเรซินประจุลบไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจน ในแง่ของปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการล้างสารแลกเปลี่ยน ที่ระดับรีเจนเนอเรชันเท่ากัน ไม่พบความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างระบบทั้งสองชนิด แต่หากเปรียบเทียบที่ปริมาณการผลิตน้ำที่เท่ากันแล้ว ระบบเคาน์เตอร์เคอร์เรนต์รีเจนเนอเรชันจะมีปริมาณน้ำเสียน้อยกว่า อนึ่งในแง่ความคืบคลานนั้นไม่เห็นความแตกต่างที่ชัดเจนระหว่างระบบทั้งสอง

นอกจากนั้นได้พิจารณาความเหมาะสมของสมการคำนวณออกแบบที่เสนอไว้ใน Engineering Bulletin และ Data Sheet ของบริษัทผู้ผลิตเรซินปรากฏว่า มีความเหมาะสมในการใช้ออกแบบระบบผลิตน้ำบริสุทธิ์ โดยที่ผลการทดลองให้ค่าสอดคล้องกับการคำนวณ

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2535

ลายมือชื่อผู้ผลิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์

ศาสตราจารย์ ดร. วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล

ศาสตราจารย์ ดร. มงคล ศรีเรือง

*** C617355 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORDS:

ION EXCHANGE / COUNTER-CURRENT REGENERATION / CO-CURRENT REGENERATION / DEMINERALIZATION

WUTHIPONG PONGJATURAVIT : PERFORMANCE COMPARISON OF PACKED-BED CO-CURRENT AND COUNTER-CURRENT REGENERATION

DEMINERALIZATION SYSTEMS ON THE PROTOTYPE LEVEL. THESIS

ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph. D. ; THESIS CO-

ADVISOR : MR. MONGKONE SRIRUENG, 258 pp. ISBN 974-635-438-8

Performance comparison between packed-bed co-current and counter-current regeneration demineralization systems is a study to compare the efficiency and capacity of the two demineralization systems under the same operating conditions. Each experimental unit consists of a cation and an anion resin column connected in series.

Experiments were conducted with water flow rate from 100 to 300 litres per hour, which is equivalent to 13.67 to 41.02 m/hr and 6.45 to 19.35 m/hr linear velocity in the case of cation and anion resin, respectively.

The experimented results obtained with the counter-current regeneration demineralization system showed superior performance in some aspects to the co-current regeneration system but no clear differences in other aspects.

With respect to the cycle capacity, the results show that the counter-current regeneration system achieved 5.77-7.69 % higher capacity than the other system in the case of cation resin. However, for anion resin there is no explicit difference in capacity. Similarly, in terms of regeneration efficiency and regenerant dosage the counter-current regeneration system was superior in the case of cation resin but no clear difference in the case of anion resin. With respect to product water quality, the counter-current regeneration system was again superior. As regards ionic leakage, the counter-current regeneration system allowed less sodium leakage in the case of cation resin but there was no clear difference in the case of anion resin. Regarding the amount of regenerant waste, there was no clear difference between the two systems when the same regeneration level was used. Conversely, if comparison is made on the basis of equal cycle capacity, the counter-current regeneration system would generate less regenerant waste. By the way, no clear difference in the measured pressure drop was found between the two systems.

In addition, the applicability of the design equations presented in the Engineering Bulletin and Data Sheets provided by the resin manufacturer was considered. Since the calculations agree with the experimented results, the appropriateness of the equations were confirmed.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา..... 2539

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

วิรุทธิ์ วชิรบุญธร : การสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ และการจำลองกระบวนการปั่นเม็ดปุ๋ยเอ็นพีเค (MATHEMATICAL MODELING AND SIMULATION OF NPK GRANULATION PROCESS) ข. ที่ปรึกษา ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, 127 หน้า, ISBN 974-637-668-3

Adetayo (1993) ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์สำหรับกระบวนการปั่นเม็ด โดยการดัดแปลงแบบจำลองประเภทดุลประชากร (discretized population balance) ของ Hounslow (Hounslow et al., 1988) ผลการทำนายที่ได้จากสมมติฐานของกลไกการปั่นเม็ด โดยอาศัยแก่นสองลำดับขั้น (sequential two-stage kernel) สามารถทำนายลักษณะการกระจายตัวของเม็ดได้เป็นอย่างดีที่ทุกผลการทดลอง แก่นที่ไม่ขึ้นกับขนาดเป็นกลไกสำหรับการปั่นเม็ดในขั้นที่ 1 ส่วนแก่นที่ขึ้นกับขนาดเป็นกลไกสำหรับการปั่นเม็ดในขั้นที่ 2 ระดับของการปั่นเม็ดในขั้นที่ 1 ซึ่งแสดงด้วย $k_1 t_1$ จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับปริมาณของเหลวในเม็ด S_{eq} ในที่นี้ k_1 คือค่าคงที่ของอัตราการปั่นเม็ดสำหรับขั้นที่ 1 และ t_1 เป็นเวลาที่ทำให้การกระจายขนาดของเม็ดเข้าสู่จุดสมดุล (equilibrium) ค่าวิกฤตของสัดส่วนความชื้นอิ่มตัว (S_{crit}) จำเป็นสำหรับการเกิดกระบวนการปั่นเม็ดในขั้นที่สอง ในกรณีนี้ $S_{eq} < S_{crit}$ จะไม่เกิดการปั่นเม็ดในขั้นที่สอง ($k_2 \approx 0$) และการกระจายขนาดของเม็ดจะเข้าสู่จุดสมดุล (equilibrium) ที่เวลา t_1

งานวิจัยนี้ได้ประยุกต์แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของ Adetayo โดยเขียน โปรแกรมขึ้นด้วยภาษาฟอร์แทรน 77 นื่องทำการทดสอบและแก้ที่ผิด จากนั้นได้ตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองแต่ละหน่วยที่เป็นส่วนประกอบของกระบวนการอันได้แก่ เครื่องปั่นเม็ดแบบตรัม เครื่องคัดขนาดและเครื่องบด แล้วทำการศึกษาความไว (sensitivity) ของแบบจำลองแต่ละหน่วยข้างต้นโดยอาศัยข้อมูลจริงของปฏิสูตร 16-16-8 จากโรงงาน ได้ประเมินค่าพารามิเตอร์ของเครื่องปั่นเม็ดแบบตรัม สุดท้ายได้อธิบายแนวทางสำหรับการประเมินค่าพารามิเตอร์ของแบบจำลองระดับอุตสาหกรรม จากคำที่ได้จากแบบจำลองระดับเล็ก และได้ทำการจำลองกระบวนการปั่นเม็ดระดับอุตสาหกรรม เพื่อการศึกษาผลปริมาณของวิฤภาคของเหลวมีต่อสมรรถนะของกระบวนการ ผลการจำลองพบว่า อัตราส่วนของสายเวียนกลับจะลดลงผ่านจุดต่ำสุดในขณะที่ความชื้นเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....2540

ลายมือชื่อผู้สมัคร.....วิรุทธิ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ค้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงผ่านเดียว

71-02 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: GRANULATION

WISUT WACHIRABANCHORN : MATHEMATICAL MODELING AND SIMULATION OF NPK GRANULATION PROCESS
 THESIS ADVISOR : PROF. WIWUT TANTAPANICHAKOON, Ph.D. - 127 pp. ISBN 974-637-668-3

The discretized population balance model of Hounslow (Hounslow et al., 1988) is modified by Adelazo (1993) to obtain a mathematical model of the granulation process. The resulting sequential two-stage kernel follows the observed granulation mechanism adequately and is able to predict the shape of the granule size distribution for the full range of experimental data. A size-independent kernel is used for the first stage of growth while a size-dependent kernel models the second stage. The extent of granulation within the first stage, given by $k_1 t_1$, is found to be proportional to the fractional liquid saturation of the granules. Here, k_1 represents the rate constant for the first stage of growth and t_1 represents the time required to reach the final equilibrium size distribution for the first stage. A critical fractional water saturation S_{crit} is necessary for the second stage of granulation to occur leading to further growth. For $S_{sat} < S_{crit}$, the second stage does not exist ($k_2 \approx 0$) an equilibrium size distribution is reached at time t_1 .

The present research adopts Adelazo's model, which is written in FORTRAN 77 tested and debugged. Validation of the component models (drum granulator, screen and crusher) is next carried out along with the corresponding sensitivity study of each constituent component model. Based on the actual plant data, the granulator model parameters are estimated for the fertilizer grade 16-16-18. Finally, a guideline on how to estimate the parameters of a industrial-scale model from those obtained with a small-scale granulator from those of a lab-scale one is explained and simulation of a industrial-scale granulation process is carried out to see the effect of the liquid phase content on the process performance. Simulation results show that the recycle ratio goes through a minimum as the liquid content increases.

ภาควิชา _____
 สาขาวิชา _____
 ปีการศึกษา _____

วิศวกรรมเคมี

วิศวกรรมเคมี

2540

ลายมือชื่อผู้สมัคร

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

วิรัช นันท์

ศาสตราจารย์ ดร. วิรัช นันท์

อ. วิช ประवालพิท : การจำลองระบบเครื่องลดความชื้นแบบหมุนโดยการดูดซับ
(SIMULATION OF ROTARY ADSORPTION DEHUMIDIFIER SYSTEM)

อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. วิวัฒน์ คั่นทะพานิชกุล, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นายโอฬาร ภู่อุปบล,
34 หน้า. ISBN 974 - 637 - 524 - 5

งานวิจัยวิทยานิพนธ์นี้ ได้พัฒนาแบบจำลองคณิตศาสตร์ของระบบเครื่องลดความชื้นแบบหมุน โดยการดูดซับ ซึ่งปฏิบัติงานอย่างต่อเนื่อง (continuous) ในขณะที่อากาศชื้นภายในห้องไหลผ่านซีกคู่ลดความชื้นของโรเตอร์ ลิเทียมคลอไรด์ที่เคลือบอยู่บนผิวของโรเตอร์รูปร่างสี่เหลี่ยมจะดูดซับความชื้นออกจากอากาศ และอากาศที่แห้งจะไหลกลับไปในห้อง เนื่องจากโรเตอร์หมุนอย่างช้าๆ ตลอดเวลา รังผึ้งส่วนที่ดูดความชื้นไว้จะค่อยๆ หนุมนมาซีกคายความชื้น ลมร้อนที่ได้จากการเพิ่มอุณหภูมิของอากาศภายนอกห้อง จะไหลผ่านซีกคายความชื้นเพื่อระบายไล่ความชื้นออกจากลิเทียมคลอไรด์ จากนั้นส่วนของรังผึ้งที่แห้งจะหมุนกลับไปยังซีกดูดความชื้นต่อไป แบบจำลองนี้ทำการจำลองพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงเชิงจลน์ของความชื้นและอุณหภูมิของตัวดูดซับและของลมร้อนภายในโรเตอร์ ตลอดจนปริมาณน้ำบนพื้นผิวห้อง, อุณหภูมิของน้ำบนพื้นผิวห้อง, ความชื้นและอุณหภูมิของอากาศภายในห้อง ตลอดจนพลังงานที่ใช้ในการอุ่นอากาศทางอ้อมคายความชื้น

จากการเปรียบเทียบผลการจำลองกับผลการทดลอง 3 ครั้ง พบว่าแบบจำลองนี้สามารถทำนายพฤติกรรมเชิงจลน์ของระบบได้ดี ตัวอย่างเช่น ตลอดช่วงเวลาที่ทำการทดลองสามารถทำนายค่าร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในห้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 2.0 และค่าปริมาณน้ำบนพื้นผิวห้องคลาดเคลื่อนไม่เกิน ± 0.02 กิโลกรัม น้ำต่อตารางเมตรพื้นห้อง

จากที่ได้นำแบบจำลองนี้มาศึกษาอิทธิพลของตัวแปรหลักของระบบ 7 ตัวแปร คือ ปริมาณน้ำเริ่มต้นบนพื้นผิวภายในห้อง, ความเร็วลมภายในห้อง, อุณหภูมิลมร้อนที่ทางเข้าโรเตอร์ด้านคายความชื้น, ความเร็วลมภายในโรเตอร์ด้านคายความชื้น, ความเร็วลมภายในโรเตอร์ทั้ง 2 ด้านของโรเตอร์, ความเร็วรอบหมุน และสถานะของอากาศภายนอก

จากการศึกษาพบว่า เงื่อนไขที่เหมาะสมในการลดความชื้นภายในห้องของระบบนี้ คือ ที่ความเร็วลมภายในห้องไม่น้อยกว่า 0.06 เมตร/วินาที, อุณหภูมิลมร้อนที่ทางเข้าโรเตอร์ด้านคายความชื้น 70°C , ความเร็วลมภายในโรเตอร์ด้านคายความชื้น 0.50 เมตร/วินาที, ความเร็วลมภายในโรเตอร์ด้านดูดซับความชื้น 0.03 เมตร/วินาที และความเร็วรอบหมุน 10 รอบ/ชั่วโมง โดยจะสามารถทำให้ความชื้นสัมพัทธ์ภายในห้องต่ำกว่าร้อยละ 50 และน้ำบนพื้นห้องแห้งภายในเวลา 12 ชั่วโมง ในทุกกรณีที่ได้จำลองพฤติกรรม

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิตร *อ. วิช ประवालพิท*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *อ. วิวัฒน์ คั่นทะพานิชกุล*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *นายโอฬาร ภู่อุปบล*

C717.17 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORDS : ROTARY DEHUMIDIFIER / DYNAMIC SIMULATION / SORPTION TYPE AIR-
CONDITIONER

ANAWAT PRAWARNPIT : SIMULATION OF ROTARY ADSORPTION DEHUMIDIFIER
SYSTEM. THIS IS ADVISOR : PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D. THIS IS
CO-ADVISOR : MR. OLARN POOUBOL, 342 pp. ISBN 974-637-524-5.

In this thesis a mathematical model for the rotary adsorption dehumidifier system has been developed. As humid room air passes through the adsorption section of the rotor, lithium chloride coating on the honey-comb rotor will adsorb the humidity from the air before the dried air flows back to the room. Since the rotor rotates slowly, the moisture-laden honey-comb section will gradually come to the desorption section. Preheated ambient air that flows through the desorption section will evaporate out the moisture from the lithium chloride. Then the dried honey-comb section will go back to the adsorption section. The model will predict the dynamic behavior of the moisture content and temperature in both the adsorbent and hot air, quantity and temperature of water on the room floor, humidity and temperature of the room air as well as the energy consumption of the desorption heater.

Comparison between 3 sets of simulation and experimental results reveals that the model can predict the dynamic behavior well. For instance it can predict relative humidity of the room air within a maximum error of $\pm 2.0\%$ and the remaining of water on the floor within a maximum error of ± 0.02 kg water / m^2 floor area throughout the experimental periods.

Next the model is used to investigate the effects of the 7 major system variables : quantity of water remaining on the floor, velocity of room air, inlet temperature of desorption hot air, velocity of desorption hot air in the rotor, air velocity in adsorption and desorption sections of the rotor, rotation speed, and condition of ambient air.

It is concluded that the suitable dehumidification conditions for this system are: velocity of room air 0.06 m/s, inlet temperature of desorption hot air 70 °C, velocity of desorption hot air 0.50 m/s, air velocity in adsorption section 0.68 m/s and rotation speed 10 rpm. In all the cases simulated, it is possible to reduce the room relative humidity below 50 % and dry out the water on the floor within 12 hours of dehumidification.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....254.....

ลายมือชื่อนักศึกษา

Awit. P.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

Wiwut Tanthapanichakoon

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

Olarn poo-u-bol

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยในกรอบสี่เหลี่ยมเพียงแผ่นเดียว

ปริญญาน วรศักดิ์วิเศษ : การสร้างโมเดลสำหรับเครื่องระเหยหยดน้ำ เครื่องเพิ่ม/ลดความชื้น และเครื่องลดอุณหภูมิในแบบที่มีทิศทางการไหลของอากาศและหยดน้ำในทิศเดียวกัน (MODELING OF SPRAY EVAPORATOR, HUMIDIFIER / DEHUMIDIFIER AND COOLING TOWER WITH CO-CURRENT FLOW OF AIR AND WATER DROPLETS) อ. ที่ปรึกษา : ศ. ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล, 190 หน้า, ISBN 974-637-525-3.

แบบจำลองคณิตศาสตร์ของเครื่องระเหยหยดน้ำและความร้อนแบบที่มีทิศทางการไหลของอากาศและหยดน้ำในทิศเดียวกันที่สร้างขึ้น สามารถใช้ทำนายลักษณะสมบัติของอากาศและหยดน้ำ เช่น ขนาด อุณหภูมิ และความเร็วของหยดน้ำ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ ณ ตำแหน่งก รณยาวต่างๆของเครื่องระเหยหยดน้ำ เครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิ น้ำ ทั้งกรณีที่หยดน้ำมีขนาดเดียวและกรณีที่หยดน้ำมีหลายขนาด และ/หรือทั้งกรณีที่มีการพ่นฝอยเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอและไม่สม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่อง

จากผลการจำลองพฤติกรรมของเครื่องระเหยหยดน้ำในกรณีต่างๆ พบว่าขนาดเฉลี่ยและลักษณะการกระจายขนาดของหยดน้ำ ตลอดจนลักษณะการกระจายปริมาณน้ำตามแนวรัศมีของเครื่อง มีอิทธิพลต่อการเปลี่ยนแปลงลักษณะสมบัติของอากาศและหยดน้ำ กล่าวคือ กรณีที่หยดน้ำมีขนาดเดียวทั้งที่การพ่นฝอยเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่อง หยดน้ำที่มีขนาดเล็กกว่าจะมีการลดลงของขนาด อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำเร็วกว่า อีกทั้งส่งผลให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงพร้อมกับความชื้นที่เพิ่มขึ้นเร็วกว่าหยดน้ำที่มีขนาดใหญ่กว่า กรณีที่หยดน้ำมีหลายขนาดผสมกันทั้งที่การพ่นฝอยเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอหรือไม่สม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่อง หยดน้ำที่มีการกระจายขนาดแตกต่างกันจะมีการลดลงของขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเร็วกว่า อีกทั้งส่งผลให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงพร้อมกับความชื้นที่เพิ่มขึ้นเร็วกว่าหยดน้ำที่มีการกระจายขนาดกว้างกว่า กรณีที่พ่นฝอยหยดน้ำอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่อง หยดน้ำจะมีการลดลงของขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเร็วกว่า อีกทั้งส่งผลให้อากาศมีอุณหภูมิลดลงพร้อมกับความชื้นที่เพิ่มขึ้นเร็วกว่ากรณีที่พ่นฝอยหยดน้ำอย่างไม่สม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่อง นอกจากนี้งานวิจัยนี้ยังได้จำลองการทำงานของเครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิ ในกรณีที่หยดน้ำมีขนาดเดียวและการพ่นฝอยเกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอตลอดแนวรัศมีของเครื่องอีกด้วย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C717500

MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: DROPLET / EVAPORATOR / HUMIDIFIER / DEHUMIDIFIER / COOLING TOWER

PRATARN WONGSARIVEJ : MODELING OF SPRAY EVAPORATOR, HUMIDIFIER/DEHUMIDIFIER AND COOLING TOWER WITH CO-CURRENT FLOW OF AIR AND WATER DROPLETS. THESIS ADVISOR : PROF. WTWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D.
190 pp ISBN 974-637-525-3.

A mathematical model of the water spray mass and heat transfer equipment with co-current flow of air and water droplets have been developed to predict the properties of air and water droplets, such as drop size, temperature and velocity and air temperature and humidity at any position along the length of the evaporator, humidifier, dehumidifier and cooling tower. The model can handle the cases of monodisperse and polydisperse droplets as well as uniform and non-uniform sprays along the radius of the equipment.

Numerous simulation cases of the evaporator show that the average drop diameter, drop size distribution and the radial distribution of water spray affect the changes in properties of the air and water droplets. For monodisperse droplets with either uniform or non-uniform spray, the case of smaller drops shows a more rapid decrease in the diameter, temperature and velocity of the drops, thus causing a more rapid temperature decrease and humidity increase of the air than the case of larger drops. For polydisperse droplets with either uniform or non-uniform spray, the case of a narrower drop size distribution shows a more rapid decrease in the diameter and temperature of the drops, thus causing a more rapid temperature decrease and humidity increase of the air than the case of a broader drop size distribution. The case of uniform spray shows a more rapid decrease in the diameter and temperature of the drops, thus causing a more rapid air temperature decrease and humidity increase than the case of non-uniform spray. In addition, the present work has simulated the operation of the humidifier/dehumidifier and cooling tower for the cases of monodisperse droplets and uniform spray.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อผู้สมัคร

ประจำตัว

๒๖/๗/๖๖

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ศาสตราจารย์ ดร. วทว. ตันธะพานิชคุณ

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบที่เขียนนี้เพียงแผ่นเดียว

ตามนี้ วิทยานิพนธ์คัดย่อ : การออกแบบเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตไคตินและสารปรุงแต่งกลิ่นรส
กลิ่นรสกุ้งจากเศษกุ้ง (PRELIMINARY DESIGN OF CHITIN AND SHRIMP FLAVOR
PRODUCTION PROCESS FROM SHRIMP WASTE) อ.กัปรีกษา ศ.ดร.วิวัฒน์ คั่นทะพานิชกุล,
111 หน้า. ISBN 970-637-999-2.

งานวิจัยนี้ได้ทำการออกแบบเบื้องต้นสำหรับกระบวนการผลิตไคตินและสารปรุงแต่งกลิ่นรส
โดยได้แบ่งงานวิจัยเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นตอนแรกเป็นการศึกษาหาภาวะที่เหมาะสมของการใช้เอนไซม์นิวเทรส
โดยแปรอุณหภูมิในการย่อยสลายโปรตีนเป็น 4 ระดับ คือ ที่ 45, 50, 55 และ 60 องศาเซลเซียส
พบว่า ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส มีการย่อยมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับที่อุณหภูมิอื่น ๆ
และจากการแปรปริมาณเอนไซม์ที่ใช้เป็น 5 ระดับ คือ 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 และ 0.12 %
โดยน้ำหนัก และเวลาในการย่อย 4 ระดับ คือ 30, 60, 90 และ 120 นาที พบว่า ปริมาณ
เอนไซม์และเวลาที่ใช้ในการย่อยมีผลต่อปริมาณไคโตรีบที่ได้ กล่าวคือ เมื่อใช้เอนไซม์และเวลาในการย่อย
มากขึ้น จะมีไคโตรีบได้มากขึ้น ภาวะที่เหมาะสมที่เลือกได้ คือ การใช้ปริมาณเอนไซม์
0.08 % โดยน้ำหนัก ใช้เวลาการย่อย 60 นาที ขั้นตอนที่สอง เป็นการศึกษาสำรวจและคัดเลือก
กระบวนการผลิตไคติน โดยในงานวิจัยนี้ได้เลือกเอาภาวะที่เหมาะสมจากงานวิจัยที่มีผู้ศึกษามาก่อน มา
ประยุกต์กับการผลิตในอุตสาหกรรม โดยใช้สารละลายกรดและด่างซ้ำ ภาวะที่เหมาะสมในการกำจัด
แร่ธาตุ คือ การใช้สารละลายกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 M อัตราส่วนปริมาณเปลือกกุ้งต่อ
ปริมาณกรด เท่ากับ 1:10 ใช้เวลา 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง ภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดโปรตีน
คือ การใช้สารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 M อัตราส่วนปริมาณเปลือกกุ้งต่อปริมาณ
ด่าง เท่ากับ 1:10 ใช้เวลา 2 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส และในขั้นตอนสุดท้าย เป็น
การคำนวณเบื้องต้นและประเมินค่าใช้จ่ายของกระบวนการในระดับอุตสาหกรรม จากวัตถุดิบกุ้งวันละ
20,000 กิโลกรัม จะได้เปลือกกุ้งบด 2,600 กิโลกรัม เมื่อนำมาผลิตจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สุดท้าย จะได้
ไคติน 468 กิโลกรัม และโปรตีนไฮโดรเลสเสด 2,028 กิโลกรัม โครงการนี้มีค่าลงทุนสำหรับโครงการ
ทั้งหมด (total investment project) ที่ 37.477 ล้านบาท มีจุดคุ้มทุนที่ยอดขาย 172,800
กิโลกรัมต่อปี และใช้เกณฑ์การตัดสินใจว่าควรยอมรับโครงการลงทุนหรือไม่ โดยใช้วิธีระยะเวลากลับทุน
มูลค่าปัจจุบันสุทธิ อัตราผลตอบแทนของโครงการ และดัชนีกำไร ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่า เท่ากับ
4 ปี, 100.148 ล้านบาท, 52.1 % และ 3.04 บาท ตามลำดับ

ดังนั้น สรุปได้ว่าเป็นโครงการที่น่าสนใจที่จะลงทุนและทำการออกแบบโดยละเอียดต่อไป

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อผู้ผลิต วิวัฒน์ คั่นทะพานิชกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา วิวัฒน์ คั่นทะพานิชกุล
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

** C717525 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: PRELIMINARY DESIGN / CHITIN / SHRIMP FLAVOR / SHRIMP WASTE

RATIANEE HARNWANICHSAK : PRELIMINARY DESIGN OF CHITIN AND SHRIMP FLAVOR PRODUCTION PROCESS FROM SHRIMP WASTE. THESIS ADVISOR PROF.

WIRAT TANTHAPANICHAKOOL, Ph.D. 131 pp. ISBN 970-637-999-2.

This research makes a preliminary design of chitin and shrimp flavor production process by dividing the research into 3 stages. Firstly, the optimum protein hydrolysis condition using enzyme neutrase was found by testing at 4 temperature levels that is, 45, 50, 55 and 60 degree celsius. It was found that the temperature at 55 degree celsius yielded the maximum hydrolysis when compared to the other temperatures. Testing at 5 enzyme dosing levels, that is, 0.04, 0.06, 0.08, 0.10 and 0.12 % w/w and at 4 time periods, that is, 30, 60, 90 and 120 minutes, revealed that the enzyme dosing and time had significant effect on the tyrosine concentrate. When they increase, the tyrosine also increases. The chosen optimum conditions are enzyme dosing 0.08 % w/w, time 60 minutes. Secondly, various chitin production processes were reviewed. This research then selected the optimum condition for industrial production using acid and caustic solutions. The optimum demineralization condition is a ratio of shrimp waste : 1-M HCl equaling 1:10, time 1 hr at ambient temperature. The optimum deproteination condition is a ratio of shrimp waste : 2-M NaOH equaling 1:10, time 2 hrs at 55 degree celsius. Finally, preliminary industrial process design and investment cost estimation were carried out. Raw shrimp 20,000 kgs/day yields shrimp waste 2,600 kgs/day. When processed to the finished product, there will be chitin 468 kgs and hydrolysate 2,032 kgs. The project requires a total investment of 37.477 MB. Economic analysis reveals that this project had a breakeven point equal to sales of 172,000 kgs/year. Next the following criteria for economic feasibility are used, that is, payback period, net present value, internal rate of return and profitability index. It was found that these criteria equaled 4 years, 100.148 MB, 52.1 % and 3.04 baht respectively.

Therefore it is concluded that this project should be interesting to invest in and to proceed with detailed design.

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

การศึกษา 2540

ลายมือชื่อผู้คิด

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

วิวัฒน์ ทานตะวันนิชกุล

วิวัฒน์ ทานตะวันนิชกุล

พิมพ์ครั้งที่ ๑ ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อแจกจ่ายในสถาบันการศึกษา
พิมพ์ที่สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพมหานคร

ผู้ประพันธ์ : ชื่นชมกร : ปัจจัยที่มีผลต่อความละเอียดของมิลเบสจากกระบวนการบดสี (FACTORS AFFECTING FINENESS OF MILL BASE FROM GRINDING PROCESS) อ.ที่ปรึกษา : อ.ดร.เจตศักดิ์
โดยคุณา. อ.ที่ปรึกษาร่วม : คุณเจตศักดิ์ ช่อโพธิ์ทอง 72 หน้า, ISBN 974-638-574-7

งานวิจัยนี้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความละเอียดของมิลเบสจากกระบวนการบดสี โดยทำการหาความละเอียดของมิลเบสด้วยเครื่องไกรนด์เกจมิเตอร์ ส่วนผสมของสีที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วยผงสีไทเทเนียมไดออกไซด์ สารยึดเกาะประเภทอะคริลิกเรซินและ ตัวทำละลายที่ใช้คือ บิวทิล โกลคอลล อีเทอร์, เอ็น-บิวทานอล, เอทิล โกลคอลล อะซิเตต และ โซลเวนท์ 150 ใช้ถึงผสมที่ทำด้วยเหล็กและเครื่องบดประเภทแซนด์มิลโดยมีการเปิดเป็นตัวกลางบด ตัวแปรสำคัญที่ใช้ศึกษา คือ เวลาในการผสมอยู่ในช่วง 60 ถึง 120 นาที ความหนืดของสีก่อนบดอยู่ในช่วง 70 ถึง 85 เเคย์ อัตราการไหลของสีในเครื่องบดอยู่ในช่วง 16 ถึง 20 กิโลกรัมต่อนาที และเวลาที่ใช้ในการบดอยู่ในช่วง 3 ถึง 8 ชั่วโมง

ผลการศึกษาพบว่า เวลาในการผสมและความหนืดของสีก่อนทำการบดมีส่วนทำให้สามารถบดสีได้ดีและเร็วขึ้น ส่วนอัตราการไหลของสีในเครื่องบดในช่วงที่ศึกษานี้มีผลต่อความละเอียดของสีน้อยมาก และเวลาในการบดแปรผกผันกับความละเอียดของมิลเบส

นอกจากนี้จากผลการศึกษาในการบดสีปริมาณ 2500 กิโลกรัม สามารถแสดงได้ว่า ที่เวลาในการผสม 120 นาที ค่าความหนืด 70 เเคย์ อัตราการไหลของสีในเครื่องบด 20 กิโลกรัมต่อนาที เวลาในการบด 7 ชั่วโมง 5 นาที เป็นสภาวะในการบดที่เหมาะสมที่สุด สามารถประหยัดเวลาที่ใช้ในการผสมและการบด

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนักศึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

0717389

MAJOR: CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: MILL BASE / GRINDING / PAINT

NOGLUK CHINCHUMAKORN : FACTORS AFFECTING FINENESS OF MILL BASE FROM GRINDING PROCESS.

THESIS ADVISOR : MR. JIROSAK TSCHAIKUNA, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : MR. CHALOEMSUK

CHOPHOTHONG, B. Ind Tech. 72 pp. ISBN 974-638-574-7

This work is conducted to study the factors affecting fineness of mill base from grinding process. Grinding gauge meter is an important equipment used to measure fineness. Raw materials in the experiment consist of Titanium dioxide as pigment, acrylic resin as binder and Butyl Glycol Ether, N-Butanol, Ethyl Glycol Acetate, Solvesso 150 as solvents. The mixing tank is made of steel and the grinding machine is sand mill with glass bead as grinding media. Variation factors are as follows: mixing time varied from 60 to 120 minutes, viscosity of mill base before grinding varied from 70 to 85 KU, flow rate of mill base varied from 16 to 20 kg./min., and grinding time varied from 3 to 8 hours.

The results have shown that both mixing time and viscosity are seemed to positively grinding efficiency and grinding time. However, from the study, effect from flow rate conditions is insignificant. Also, grinding time is inverse proportional to fineness of mill base.

One major finding from processing 2500 kilograms of mill base is that the most suitable grinding conditions are 120 minutes mixing time, 70 KU viscosity, 20 kg./min. flow rate, and 7 hours, 5 minutes grinding time. The condition mentioned has provided the benefit, in term of time saving, in mixing and grinding process.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อผู้พิมพ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่อคณะกรรมการที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ชัญญชิตา บุญกระพือ : ผลกระทบของลักษณะของหลอดดูดซับที่มีต่อลักษณะการผ่าน
ทะลุของระบบอะเซทีลีน-ฮีเลียม (EFFECTS OF ADSORBER CONFIGURA-
TION ON BREAKTHROUGH CHARACTERISTIC OF THE ACETYLENE-
HELIUM SYSTEM) อ.ที่ปรึกษา : ดร.เดชา ฉัตรศิริเวช, 130 หน้า. ISBN
974-638-384-1.

สมมูลการดูดซับของแก๊สอะเซทีลีนบนถ่านกัมมันต์ YAO ที่อุณหภูมิ 323 องศาเซลเซียส
สามารถวัดได้จากลักษณะการผ่านทะลุของแก๊สอะเซทีลีน จากหลอดดูดซับที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง
0.46 เซนติเมตร ความยาว 8 เซนติเมตร พบว่าสมมูลการดูดซับที่วัดได้สอดคล้องกับสมมูลการดูด
ซับของแลมเบิร์ต และสมมูลการดูดซับของฟรอยดลิช

สำหรับระบบการดูดซับที่มีความเร็วของแก๊ส 15 เซนติเมตรต่อวินาที ลักษณะการ
กระจายความเข้มข้นตามแนวแกนภายในหลอดดูดซับ จะเปลี่ยนแปลงไปตามความยาวของหลอดดูดซับ
ตั้งแต่ 2 ถึง 10 เซนติเมตร การเพิ่มความเข้มข้นสายป้อนของแก๊ส จะส่งผลกระทบต่อลักษณะการ
กระจายความเข้มข้นตามแนวแกนภายในหลอดดูดซับในลักษณะตรงกันข้ามกับความเร็วของแก๊ส เนื่อง
จากเกิดการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของแก๊สผสมระหว่างอะเซทีลีนและฮีเลียม และลักษณะ
ของสมมูลการดูดซับ ขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ใช้จะไม่ส่งผลกระทบต่อลักษณะการกระจายความเข้ม
เข้มข้นตามแนวแกนภายในหลอดดูดซับ สำหรับระบบที่มีความเร็วแก๊ส 5 เซนติเมตรต่อวินาที ลักษณะการ
กระจายความเข้มข้นตามแนวแกนภายในหลอดดูดซับ จะมีลักษณะคงเดิม ไม่เปลี่ยนแปลงตามความ
ยาวของหลอดดูดซับตั้งแต่ 4 เซนติเมตรขึ้นไป และการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสายป้อนของแก๊สจะ
ส่งผลกระทบต่อลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตามแนวแกนภายในหลอดดูดซับน้อยมาก

การเกิดการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นตามแนวแกนภายในหลอดดูดซับ ที่มีลักษณะคงเดิม
จะขึ้นอยู่กับเวลาเฉลี่ยที่แก๊สอะเซทีลีนอยู่ภายในหลอดดูดซับ

ห้องสมุดและหอสมุดศาสตร์
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต ชัญญชิตา บุญกระพือ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา ผอ. ชัยวัฒน์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

C81256 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORDS : ADSORPTION / BREAKTHROUGH CURVE / CONSTANT PATTERN /
ACETYLENE / ACTIVATED CARBON
CHANANCHIDA BUNKRAPUE : EFFECTS OF ADSORBER CONFIGURA-
TION ON BREAKTHROUGH CHARACTERISTIC OF THE ACETYLENE-
HELIUM SYSTEM. THESIS ADVISOR : DEACHA CHATSRIWECH, Ph.D.
130 pp. ISBN 974-638-384-1.

An adsorption isotherm of acetylene on a YAO activated carbon at 323 K has been determined from breakthrough curves of a packed column with 0.16 cm in diameter and 8.0 cm in length. The isotherm agrees with both Langmuir and Freundlich isotherms.

With the velocity of 15 cm/s, the shape of the concentration profile has altered as an increase in the bed length from 2 cm to 10 cm. An increase in the feed concentration cause inverse variation of the profile because of the change in properties of acetylene-helium mixture and the shape of isotherm. While the particle size does not alter the shape of the profile. With the velocity of 5 cm/s, the constant shape of the profile can be achieved within the bed length of 4 cm and the effect of the feed concentration on the alteration of the profile, however, becomes insignificant.

The achievement of a constant shape of the concentration profile depends upon the mean residence time of an adsorbate in the bed of adsorbents.



ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิสิต ชัยณัฐ ชิดา - นฤนทร หิรัญ

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Decha Chatsriwech

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาช่วย

พิมพ์ค้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

KEY WORD

MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
HOT AIR / TEMPERATURE DISTRIBUTION / OVEN / CFD / PHOENICS

SUKUN KURUSATHIAN : STUDY OF HOT AIR FLOW BEHAVIOR IN OVENS WITH
DIFFERENT INTERNAL GEOMETRIES. THESIS ADVISOR : SOMPRASONG SRICHAJ,
Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : ANGKANA SUTTHIKUL 79 pp. ISBN 974-637-991-7.

Hot air flow phenomena in an oven with different internal geometry, which was imitated from an industrial lens oven, was studied. Experiments were conducted by classifying into three groups. The first group had a major heat source inside the oven, while the source was removed to outside for the second group. Inside the oven was defined to have separate partition with/without boxes as obstacles. The third group was similar to the second except that minor heat sources were added into the oven for representing the exothermic reaction of polymerization. The experimental results showed that temperature distribution in the oven with external major heat source was more consistent, while partition and obstacle had low effect. In the oven with internal minor heat source, more minor heat source resulted in poor temperature distribution. Also found that higher flow rate of hot air into the oven helped in consistency temperature distribution.

Moreover, PHOENICS 2.1 was used to simulate the hot air flow phenomena in the case of the oven having internal minor heat sources. Temperature distribution obtained from the simulation qualitatively agreed with those of the experimental results. Besides, the simulation results showed that hot air flowed directly to the bottom of the oven and removed some heat with it causing the lower temperature at the bottom of the oven.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่อผู้สมัคร.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ปีการศึกษา.....2540.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงอย่างเดียว

นิพนธ์ นิกธปรกรณ์ : การจำลองไหลของระบบอากาศ-อนุภาคของแข็งในช่วงระยะเร่งของเครื่องขนถ่ายด้วยลม (SIMULATION OF GAS-SOLID PARTICLE FLOW IN ACCELERATION ZONE OF A PNEUMATIC CONVEYOR) อ. ที่ปรึกษา : ดร. สมประสงค์ ศรีชัย, อ. ที่ปรึกษาร่วม : นายบุญ ชง-พุทธสุทธจักร, 131 หน้า, ISBN 974-638-261-6

งานวิจัยนี้เสนอการจำลองเชิงตัวเลขของปรากฏการณ์การไหลสองเฟส ก๊าซ-อนุภาคของแข็ง ในระยะเร่งของเครื่องขนถ่ายด้วยลมในกระบวนการผลิตผงซักฟอก โดยใช้เทคนิค CFD (Computational Fluid Dynamic) ในที่นี้คือโปรแกรมของ 2 มิติ ด้วยซอฟต์แวร์คอมพิวเตอร์ PHOENICS V2.1 ซึ่งจะทำให้การคำนวณเชิงตัวเลขสอดคล้องแบบจำลองการไหล "ของไหลสองชนิด" ในย่านการไหลปั่นป่วน ส่วนแรกของงานวิจัยเป็นการประเมินความสามารถในการจำลองการไหลของแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยใช้แบบจำลองการไหลปั่นป่วน (Turbulence model) แบบต่างๆ ได้แก่ standard k-ε model (Hardow-Nakayama [1968]), Chen-Wood [1986] และ Mostafa-Mongia [1988] มาทำการจำลองตามสภาวะการไหลจากงานวิจัยของ Tsuji et al. [1984] ผลจากการจำลองอันได้แก่โปรไฟล์ความเร็วในแนวแกนท่อของก๊าซและอนุภาคของแข็ง และความเข้มของการไหลปั่นป่วน (turbulent intensity) ของก๊าซ ณ ที่ความยาวท่อเป็น 70 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ ซึ่งถือได้ว่าการไหลคงตัวนิ่งก่อนแล้ว จะนำไปเปรียบเทียบกับค่าวัดจากงานวิจัยของ Tsuji et al. [1984] แบบจำลองที่เหมาะสมจากการคำนวณได้แก่ Standard k-ε model (Hardow-Nakayama [1968]) ซึ่งให้ผลการคำนวณเหนือกว่าแบบจำลองของ Chen-Wood [1986] และ Mostafa-Mongia [1988] การปรับปรุงการคำนวณค่าโปรไฟล์ความเร็วของอนุภาคของแข็งทำได้โดยเพิ่มเทอมของค่าความเค้นเฉือนภายในเฟสอนุภาคของแข็งลงในสมการอนุกรมโมเมนตัมของเฟสอนุภาคของแข็งซึ่งให้ผลการคำนวณที่ใกล้เคียงค่าวัดจากการทดลองเหนือกว่าการคำนวณจากแบบจำลองที่ดัดแปลงของค่าความเค้นเฉือนภายในเฟสอนุภาคของแข็ง ส่วนที่สองของงานวิจัยเป็นการประยุกต์ใช้แบบจำลองที่ประเมินไว้แล้วในการจำลองการไหลในเครื่องขนถ่ายผงซักฟอกด้วยลมแนวตั้งในระยะเร่งอนุภาคที่มีรูปแบบของการป้อนและอนุภาคเข้าสู่ท่อแตกต่างกันได้แก่ รูปแบบการป้อนส่วนผสมอากาศ-อนุภาคเข้าสู่สมอทั่วทั้งพื้นที่ท่อ (Uniform inlet configuration) รูปแบบการป้อนส่วนผสมอากาศ-อนุภาคเข้าในพื้นที่ยังรอบนอกและป้อนอากาศเข้าในพื้นที่ยังแกนกลางท่อ (Mixture-annulus inlet configuration) และรูปแบบการป้อนส่วนผสมของอากาศ-อนุภาคเข้าในพื้นที่ยังรอบนอกของท่อ (Mixture-core inlet configuration) เพื่อศึกษาและประเมินผลความเข้มข้นและอัตราการชนผนังของอนุภาคผงบริเวณผนังท่อ ผลการจำลองปรากฏว่า รูปแบบการป้อนส่วนผสมของอากาศ-อนุภาคเข้าในพื้นที่ยังแกนกลางของท่อและป้อนอากาศเข้าในพื้นที่ยังรอบนอกของท่อ (Mixture-core inlet configuration) ให้ผลดีที่สุดในการลดความเข้มข้นและอัตราการชนผนังของอนุภาคผงบริเวณผนังท่อ จากนั้นจึงจำลองการไหลด้วยรูปแบบดังกล่าว โดยเปลี่ยนแปลงพื้นที่ที่ป้อนส่วนผสมแกนกลางท่อ ผลการจำลองปรากฏว่าความเข้มข้นและอัตราการชนผนังของอนุภาคผงบริเวณผนังท่อลดลงเมื่อพื้นที่ที่ป้อนส่วนผสมแกนกลางท่อลดลง

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

นายวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อนิพนธ์

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

** C71737 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: PNEUMATIC CONVEYING/ COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS
WITH NIKORNPRAKORN : SIMULATION OF GAS-SOLID PARTICLE
FLOW IN ACCELERATION ZONE OF A PNEUMATIC CONVEYOR
THESIS ADVISOR : SOMPRASONG SRICHAI, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR:
MR. BOON YONGYUTHSUTHIKARN, B.ENG. 131 pp. ISBN 974-638-261-6

A computational simulation study of gas-solid particle flow in acceleration region of a vertical pipe has been carried out to examine pipe wall deposition of powders in a vertical pneumatic conveyor being a part of detergent production process. CFD (Computational Fluid Dynamics) technique in 2-D cylindrical coordinate is employed to compute two phase turbulent "Two-fluid" (Eulerian) model by using the CFD software "PHOENICS V.2.1". In the first part of this study, the model validation is performed by simulating the flow conditions of Tsuji et al [1984] using various two phase turbulent models. Computed gas and particle axial velocity profiles together with gas phase turbulent intensity profiles at 70 * diameter of various turbulence models, namely, standard k-e model (Harlow-Nakayama [1968]), model of Chen-Wood [1986] and model of Mostafa-Mongia [1988] are compared with experimental data obtained by Tsuji et al. [1984]. Obviously, Standard k-e model (Harlow-Nakayama [1968]) is found to be better than Chen-Wood' model [1986] and Mostafa-Mongia' model [1988] in predicting experimental data of Tsuji et al. [1984]. The modification of particle velocity profile computation is treated by including particle shear stress term in particle momentum equation. Particle shear stress term inclusively incorporated with standard k-e turbulence model computations yield better numerical results over those computed by particle shear stress term exclusive model. In the second part of this study, the validated model is applied to simulate airlift conveyor flow in acceleration zone. Airlift conveyor flow in three different inlet configurations, namely, uniform inlet configuration which air-powder mixture uniformly enters in entire pipe inlet area, mixture annulus inlet configuration which air-powder mixture enters in annulus area of pipe and air only enters in core area of the pipe, mixture-core inlet configuration which air-powder mixture enters in core area of the pipe and air only enters in annulus area of the pipe are simulated in order to study and evaluate powder concentration in near-wall region and powder-wall collision rate. Simulation of the mixture-core inlet configuration case yields the most favorable results in view of reduction of powder concentration in near-wall region and powder-wall collision rate. This configuration is further studied by varying mixture-core inlet area. The simulation results show that powder concentration in near-wall region and powder-wall collision rate decrease as mixture-core inlet area decreases.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2540

ลายมือชื่อผู้สมัคร

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สันติ วัฒนานุสรณ์ : การจำลองการไหลของอากาศผ่านแผ่นแบนเรียบที่เอียงขนานกันในท่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส (SIMULATION OF AIR FLOW PAST THE PARALLEL INCLINED FLAT PLATES IN A SQUARE DUCT)

อ. ที่ปรึกษา : ดร. สมประสงค์ ศรีจ้อ

อ. ที่ปรึกษาร่วม : ดร. อธิ บุญจิตรกุลย์

206 หน้า ISBN 974-638-536-4

ปรากฏการณ์การไหลของอากาศผ่านแผ่นแบนเรียบที่เอียงขนานกันในท่อรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสถูกศึกษาผ่านวิธีแก้เชิงตัวเลขโดยใช้เทคนิคการคำนวณพลศาสตร์ของไหล (CFD) โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ชื่อ ฟีนิกซ์ (PHOENICS) ถูกนำมาใช้เพื่อหาคำตอบสำหรับการไหลแบบปั่นป่วนที่สถานะคงตัวในสามมิติ ภายใต้หลักการของไฟไนต์โวลุ่ม สมการควบคุมคือ สมการนาวิเยร์-สโตกส์ในรูปแบบค่าเฉลี่ยของอิทธิพลทั้งหมดที่ไม่สามารถอัดตัวได้ ความดันเรย์โนลด์ถูกกำหนดด้วยแบบจำลองความปั่นป่วนเค-อีพซิลอน โดยใช้สมมติฐานความหนืดที่หนวนวนของบูซินสกี

เมื่อตรวจสอบความถูกต้องเชิงตัวเลขและสภาพที่ใช้ได้ของแบบจำลองความปั่นป่วน ในขั้นแรก ผลของการคำนวณถูกนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของความเร็วจึงได้มาจากการทดลอง การเปรียบเทียบระหว่างผลที่ได้มาจากการวัดและผลที่ได้มาจากการคำนวณ โดยทั่วไปเป็นที่น่าพอใจถึงแม้จะพบความไม่ตรงกันบ้างในบางแห่ง ในคอนทักซ์ผลกระทบของจำนวนแผ่นแบนเรียบ ความเอียงของแผ่นแบนเรียบ และการไหลในท่อด้วยค่าตัวเลขเรย์โนลด์สูง ที่มีต่อระยะทางซึ่งใช้ในการปรับตัวเข้าสู่สภาวะการไหลคงรูป ตลอดจนการลดลงของความปั่นป่วน ถูกตรวจสอบ

การทํานายแสดงให้เห็นว่าระยะทางสำหรับการพัฒนาเข้าสู่สภาวะการไหลคงรูปจะยืดออกไป เมื่อลดจำนวนของแผ่นแบนเรียบลง อย่างไรก็ตามระยะทางนี้จะถูกทำให้สั้นลง เมื่อความเอียงของแผ่นแบนเรียบลดลง ในกรณีของตัวเลขเรย์โนลด์ที่อยู่ภายในช่วงของการศึกษานั้น ผลลัพธ์เชิงตัวเลขทํานายว่าการไหลของอากาศที่ตัวเลขเรย์โนลด์มีค่าสูงกว่า จะต้องการระยะทางสำหรับการพัฒนาเข้าสู่สภาวะการไหลคงรูปยาวกว่ากรณีของตัวเลขเรย์โนลด์ที่มีค่าต่ำกว่า นอกจากนี้ยังพบว่าแคมเปอร์ชนิดแผ่นเคียวจะทำให้เกิดการลดลงของความปั่นป่วนสูงกว่าแคมเปอร์ชนิดหลายแผ่นอย่างมีนัยสำคัญ

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....2546

ลายมือชื่อผู้สมัคร..... W. Santit

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... Sanprad Sirichai

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

* * C717574 MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: SIMULATION / COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS / AIR FLOW / FLAT PLATES
SANTI WATTANANUSORN : SIMULATION OF AIR FLOW PAST THE PARALLEL
INCLINED FLAT PLATES IN A SQUARE DUCT.

THESIS ADVISOR : SOMPRASONG SRICHAJ, Ph.D.

THESIS CO-ADVISOR : ASI BUNYAJITRADULYA, Ph.D.

200 pp. ISBN 974-638-536-4.

The phenomena of air flow past the parallel inclined flat plates in a square duct is studied through the numerical solution by using computational fluid dynamics (CFD) technique. A computer program called PHOENICS , is adopted to solve for three-dimensional steady turbulent flow under the finite volume method. The governing equations are incompressible ensemble-averaged Navier-Stokes equations. The Reynolds stresses are modeled by the $k - \epsilon$ turbulence model with Boussinesq's eddy viscosity assumption.

To verify the numerical accuracy and validity of the turbulence model , the results are first compared with experimental velocity data. Comparisons between measured and calculated results are in general satisfactory , although some discrepancies are found. Finally , the effects of the number of flat plates , the inclination of flat plates and high Reynolds number in the duct flow , to the distance for fully developed flow , as well as total pressure drop , are investigated.

The predictions show that the development length extends when the number of flat plates decreases , however , such length is shortened when the inclination of flat plates becomes smaller. In case of Reynolds number within the range of study , the numerical results predict that the air flow at higher Reynolds number requires the development length to be longer than the lower Reynolds number condition. Furthermore , it is found that the single blade damper causes total pressure drop to be significantly higher than the multi-blade damper.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....2540

ลายมือชื่อนิสิต.....*W. Santi*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*Somprasong Srichai*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....*Asi Bunyajitradulya*

พิมพ์ค้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

พหาลด คงประสาพหาลด : การกำจัดก๊าซไทรเมทิลอะมีนอะเซทัลดีไฮด์และแอมโมเนียโดยปฏิกิริยาการเติมอิเล็กตรอน (REMOVAL OF TRIMETHYLAMINE ACETALDEHYDE AND AMMONIA GASES USING ELECTRON ATTACHMENT REACTION) อ.ที่ปรึกษา : ศ.ดร. วิวัฒน์ ศัลยกำธรพณิชกุล : 150 หน้า, ISBN 974-639-484-3

วิทยานิพนธ์นี้มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพการกำจัดโดยใช้ปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอนเพื่อกำจัดก๊าซมลพิษที่มีความเข้มข้นต่ำระดับ พีพีเอ็ม โดยใช้เครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนา อิเล็กตรอนพลังงานต่ำที่ผลิตขึ้นถูกจับไว้โดยโมเลกุลของก๊าซไทรเมทิลอะมีนอะเซทัลดีไฮด์ ไทโรซีนเกิดไอออนประจุลบเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าไปยังขั้วแอโนด (ผนังของเครื่องปฏิกรณ์) และกำจัดออกที่ผนังนั้น ผู้เขียนได้ศึกษาถึงผลกระทบที่สำคัญหลายอย่าง ได้แก่ กระแสปล่อยออก ความเข้มข้นของก๊าซเข้า อัตราการไหลของก๊าซ ชนิดของก๊าซมลพิษ (ไทรเมทิลอะมีน อะเซทัลดีไฮด์ และแอมโมเนีย) และปริมาณออกซิเจนในน้ำ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า โดยทั่วไปแล้ว ถ้ากระแสปล่อยออกยิ่งสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการไหลของก๊าซและความเข้มข้นของก๊าซเข้ากลับให้ผลตรงกันข้าม อนึ่งการที่มีออกซิเจนผสมอยู่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซแต่ละชนิด เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนและก๊าซมลพิษดังกล่าว แต่โอโซนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไทรเมทิลอะมีน และอะเซทัลดีไฮด์เท่านั้น

นอกจากนี้ ยังได้ทำการทดลองเพื่อศึกษาผลของการมีส่วนร่วมของก๊าซมลพิษตัวอื่น ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดโดยศึกษาเป็นคู่ดังนี้ ไทรเมทิลอะมีน-อะเซทัลดีไฮด์ แอมโมเนีย-อะเซทัลดีไฮด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์-ไทรเมทิลอะมีน ซัลเฟอร์ไดออกไซด์-อะเซทัลดีไฮด์ ไนโตรเจนไดออกไซด์-อะเซทัลดีไฮด์ และคาร์บอนไดออกไซด์-อะเซทัลดีไฮด์ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่า โดยทั่วไป ถ้ากระแสปล่อยออกยิ่งสูงขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับผลการกำจัดก๊าซมลพิษตัวเดียวพบว่า อิทธิพลของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่ผสมอยู่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไทรเมทิลอะมีน แต่ลดประสิทธิภาพการกำจัดอะเซทัลดีไฮด์ ในขณะที่เดียวกันก็เกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการขึ้น ปัญหานี้สามารถหลีกเลี่ยงได้โดยการกำจัดก๊าซโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์สองตัวต่อเนื่องกัน ในกรณีที่มีก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ผสมอยู่พบว่า ยิ่งความเข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์และกระแสปล่อยออกยิ่งน้อย ผลการกำจัดยิ่งดีขึ้น แต่จะให้ผลตรงข้ามในการศึกษาผลของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีต่อการกำจัดก๊าซอะเซทัลดีไฮด์

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....
ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิติกร.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ฉบับบัณฑิตยสถานพิมพ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

= 38428202 . MAJOR : CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: GASEOUS POLLUTANT/GAS PURIFICATION/ ELECTRON ATTACHMENT/ CORONA DISCHARGE

PAISARN KHONGPHASARNKALN : REMOVAL OF TRIMETHYLAMINE ACETALDEHYDE AND

AMMONIA GASES USING ELECTRON ATTACHMENT REACTION. THESIS ADVISOR : PROF WIWUT

TANTHAPANICHAKOON. Ph.D. 150 pp. ISBN 974-639-484-3

Experimental investigation on the application of electron attachment to the removal of dilute gaseous pollutants has been carried out using a corona-discharge deposition-type reactor. The high selectivity of electron attachment to electronegative gas molecules is utilized to effectively remove the impurity gases at ppm and even ppb concentration levels. The effects of several factors, namely, discharge current, inlet gas concentration, space velocity and coexisting O_2 or H_2O vapor on the individual removal efficiency of three kinds of gaseous pollutants, namely, trimethylamine $((CH_3)_3N)$, acetaldehyde (CH_3CHO) and ammonia (NH_3) have been investigated. The experimental results reveal that generally the higher the discharge current, the higher the removal efficiency, whereas the space velocity and inlet gas concentration yield the opposite effects. It has been found that the presence of O_2 enhances the removal efficiency of each impurity gas. The enhancement is experimentally shown to be attributable to the ozone reaction in the removal of $(CH_3)_3N$ from O_2 - N_2 mixed gas. Water vapor also enhances the removal efficiency of $(CH_3)_3N$ and CH_3CHO .

Furthermore, the high selectivity of electron attachment to electronegative gas molecules is utilized to the simultaneous removal of dilute $(CH_3)_3N$ - CH_3CHO , NH_3 - CH_3CHO , SO_2 - $(CH_3)_3N$, SO_2 - CH_3CHO , NO_2 - CH_3CHO and CO_2 - CH_3CHO from air in the single reactor in order to find out the effect of discharge current on their removal efficiency. Since undesirable reaction by-products are produced on the removal of SO_2 - $(CH_3)_3N$ from air, a two-reactor system has been proposed and shown to remove the binary pair with negligible reaction by-product. The experimental results show that generally the higher the discharge current, the higher the removal efficiency. Compared to single impurity removal, it has been shown that the presence of SO_2 enhances the removal efficiency but retards that of CH_3CHO in a single reactor, but some reaction by-products are generated. The problem can be avoided by using two independently operated reactors in series. In the case of coexisting of NO_2 , it is noted that the lower the inlet NO_2 concentration, the lower the discharge current that still yields beneficial effect. At higher discharge currents, the retarding effect of CO_2 on CH_3CHO removal is obviously significant.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต.....*พาสาร์ ขงพาสาร์กุล*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....*ดร. อดิศักดิ์*.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

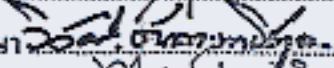
นพดล อนุจารย์อาภา : การคำนวณออกแบบเชิงวิศวกรรมและการประเมินต้นทุนของระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ (ENGINEERING DESIGN AND COST EVALUATION OF THE TREATMENT SYSTEM FOR GAS EMISSION FROM A CREMATORY) อ.ที่ปรึกษา: ศ.ดร. วิวัฒน์ ดัชนีพะพานิชกุล, อ.ที่ปรึกษาร่วม คุณพรจันทร์ เกษจุฬาศรีโรจน์ : 206 หน้า. ISBN 974-331-608-6.

การคำนวณออกแบบเชิงวิศวกรรมและการประเมินต้นทุนของระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ จะทำการคำนวณออกแบบเชิงวิศวกรรมข้างต้นและประเมินต้นทุนของระบบบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ ของระบบ 2 ระบบ คือ ระบบบำบัดก๊าซทิ้งแบบ Electron Attachment และระบบเตาเผาซ้ำ การประเมินเปรียบเทียบต้นทุนของระบบทั้งสองจะใช้ Net Present Value (NPV) เป็นเกณฑ์ตัดสินในการเลือกแบบที่จะลงทุน

ปริมาณความเข้มข้นของก๊าซกลิ่นเหม็นและก๊าซมลพิษในก๊าซทิ้งที่จะบำบัดนั้นอ้างอิงจากข้อมูลของการเผาของประเทศไทย ปริมาณก๊าซเฉลี่ยที่ต้องทำการบำบัดคำนวณได้จากปริมาณความต้องการอากาศจากการเผาไหม้สิ่งต่างๆ ภายในเตาเผา ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิและช่วงเวลา ความเข้มข้นของก๊าซกลิ่นเหม็นและก๊าซมลพิษที่บำบัดแล้วจะต้องไม่เกินมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงจากการออกแบบพบว่าระบบ Electron Attachment ประกอบด้วยหอทำความเย็นแบบสัมผัสตรง ระบบหมุนเวียนน้ำ ถึงปฏิกรณ์และพัฒลม ส่วนระบบเตาเผาซ้ำประกอบด้วย โซโคลน เตาเผาซ้ำชนิดใช้ก๊าซหุงต้มเป็นเชื้อเพลิงและพัฒลม

การประเมินต้นทุนของระบบบำบัดข้างต้น ที่สมมติฐานในการคำนวณคือ อายุของโครงการ 20 ปี อัตราดอกเบี้ยเงินฝากเฉลี่ยที่ 8% อัตราแลกเปลี่ยนค่าเงิน 40 บาท ดอลลาร์ และอัตราภาษีสาธารณูปโภค 10% พบว่า ระบบ Electron Attachment มี Capital Cost เท่ากับ 4,006,344 บาท และ Annual Cash Flow เท่ากับ 201,919 บาท NPV เท่ากับ -2,023,894 บาท และระบบเตาเผาซ้ำมี Capital Cost เท่ากับ 4,725,850 บาท และ Annual Cash Flow เท่ากับ 98,371 บาท NPV เท่ากับ -3,760,039 บาท พบว่าระบบแรกให้ค่า NPV ที่สูงกว่า และต้นทุนทั้งสองก็มีค่าต่ำกว่า ดังนั้นระบบบำบัดนี้จึงมีความเป็นไปได้ในการเลือกเป็นระบบที่ใช้บำบัดจริง และน่าจะทำการศึกษาวิจัยปรับปรุงประสิทธิภาพการกำจัด หรือศึกษารูปแบบโครงสร้างอื่นเพื่อเป็นการลดต้นทุนของระบบให้มีค่าเหมาะสมมากขึ้น

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิต 
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา 

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

* * C817 50 - MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORDS: ELECTRON ATTACHMENT / AFTER BURNER / TREATMENT SYSTEM / COST EVALUATION
NOPPADOL ANUJAREEARPA : ENGINEERING DESIGN AND COST
EVALUATION OF THE TREATMENT SYSTEM FOR GAS EMISSION FROM A
CREMATORY. THESIS ADVISOR: PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D.
THESIS CO-ADVISOR MISS PORNCCHAN KATECHULASRIROJ, 206 PP. ISBN
974-331-608-6

Engineering design and cost evaluation of treatment system for gas emission from a crematory is to be designed 2 kinds of different gas treatment system and evaluated total cost of each system and compared total cost between each other by using Net present value as the judgement of selection system as the criteria. The former treatment system is called Electron Attachment system and the latter system is called After Burning System.

The concentration of malodorous gasses and gas pollutants are based on Japanese observation data. The capacity of gas to be treated is calculated from the air consumption of all type of fuels inside a crematory furnace which relating to the variation of rate of combustion, temperature against the operating time. The configuration of the former system consists of Direct contact gas cooler, Water circulation system, Electron attachment reactor and Blower. The latter system consists of Cyclone, LPG fuel gas Thermal Oxidizer and Blower.

Basis of cost evaluation are 20 years project lifetime, 8% the average project opportunity cost of capital, 40 Baht/Dollar currency exchange rate and 10% facility tax rate. Capital cost, annual cash flow and NPV of the former system is 4,006,344 , 201,919 and - 2,023,894 Baht, respectively and 4,725,850 , 98,371 and -3,760,039 Baht for the other system. Because the former-system has higher NPV so it has the possibility to be selected as the applied gas treatment system. However this system should be studied in more detail i.e. Structure of system, improving destruction efficiency. So it will have cost reduction and become more realistic system to be applied.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 541

ลายมือชื่อนิพนธ์ *N. Anujareearpa*

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *Prof. Dr. W. Tanthapanichakoon*

ลายมือชื่อกรรมการ *Prof. Dr. P. Katchulakul*

ผู้ทรงคุณวุฒิ : การพัฒนาแบบจำลองของเครื่องปฏิกรณ์ชีวเคมีแบบไร้อากาศสำหรับผลิตแก๊สชีวภาพจากน้ำทิ้งโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มดิบ (DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL FOR THE ANAEROBIC BIOCHEMICAL-REACTOR FOR PRODUCING BIOGAS FROM WASTE WATER OF PALM OIL EXTRACTION PLANTS) อ.ที่ปรึกษา : ผศ. ดร. รัชชัย ชื่นพานิชกุล, อ.ที่ปรึกษา : ดร. สมมาตร อธิโรจน์, 120 หน้า ISBN 974-331-687-6

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องปฏิกรณ์ชีวเคมีแบบไร้อากาศสำหรับใช้ทำนายพฤติกรรมของเครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าว พฤติกรรมที่สนใจคือผลกระทบของการปรับอัตราไหลของน้ำเลี้ยงต่อความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระ ความเข้มข้นของสารอาหาร และปริมาณแก๊สชีวภาพของระบบโดยรวม

แบบจำลองทางคณิตศาสตร์พัฒนามาบนพื้นฐานของระบบเครื่องปฏิกรณ์ดังกล่าว ทำงานแบบต่อเนื่อง และมีการกวนที่ช่วยให้เกิดการผสมอย่างทั่วถึง การพัฒนาแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนตามการปฏิบัติงานจริง คือ ขั้นตอนการเริ่มต้นการเพาะเชื้อ และการเลี้ยงเชื้อ และ ขั้นตอนการดำเนินการปกติ โดยแต่ละขั้นตอนทำนายพฤติกรรมตามปฏิกิริยาชีวเคมีที่เกิดขึ้น คือ การผลิตกรดไขมันอิสระ และเปลี่ยนเป็นแก๊สมีเทน ตามลำดับ ในงานนี้อาศัยการแก้ปัญหาคณิตศาสตร์โดยใช้โปรแกรม ISIM Simulation จากนั้นนำผลที่ได้จากการทดสอบแบบจำลองมาปรับเทียบค่าเพื่อให้ได้ผลการแบบจำลองที่สามารถอธิบายผลการทดลองจริงได้

จากผลการทดสอบแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นพบว่า ถ้าเริ่มขั้นตอนการเริ่มต้นการเพาะเชื้อสามารถอธิบายผลการทดลองจริงได้ ในส่วนขั้นตอนการดำเนินการปกติปรากฏว่าแบบจำลองที่พัฒนาขึ้นนี้สามารถใช้อธิบายผลการทดลองจริงได้เป็นบางส่วน กล่าวคือเหมาะสมสำหรับการทำนายค่าความเข้มข้นของกรดไขมันอิสระและความเข้มข้นของสารอาหารเท่านั้น

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2561

ลายมือชื่อผู้จัดทำ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาท่าน
นาย รัชชัย ชื่นพานิชกุล

๙๙ C317651 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD : ANAEROBIC REACTOR / BIOGAS

SIREEDORN KHOTCHAPUNSOONTORN : DEVELOPMENT OF A SIMULATION MODEL FOR
THE ANAEROBIC BIOCHEMICAL-REACTOR FOR PRODUCING BIOGAS FROM WASTE WATER
OF PALM OIL EXTRACTION PLANTS. THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF. DR. THAWATCHAI
CHARU PANICHKUL, Ph.D. THESIS CO-ADVISOR : DR. SOMMAT ISROJ, Ph.D. 120 pp.
ISBN 974-331-697-6.

The mathematical model was developed for simulation of a single anaerobic biochemical reactor operated at steady state with agitation, which provided uniform mixing. The developed model was separated into two parts, namely, start-up and culturing step and steadily operated step. Production of Volatile fatty acid and methane in each step was taken into account for predicting the reactor behavior. ISIM Simulation program was employed as a tool to find out the solution of the mathematical model equations developed. Then the calculation results were compared with the actual data taken from the actually operating plant to find out the appropriate values of parameters of the model.

It was found that after adjusting value of necessary parameters, the model could provide the results, which agreed with actual measurement results, especially for the start-up step. However, for the steadily operation step, it was found that the model could predict only the concentration of Volatile Fatty acid and substrate which agree with actual measurement results.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา..... 25๖1

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่อคณาจารย์ที่ปรึกษาอื่น

สอ.ดร.ดลใจ

ดร.ดลใจ

ดร.ดลใจ

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

อนุรักษ์ หวานแสนะ : การศึกษาแบบจำลองเชิงพลวัต เครื่องปฏิกรณ์แบบแพคเกจ สำหรับเปลี่ยน
ซัลเฟอร์ ไดออกไซด์เป็นซัลเฟอร์ไตรออกไซด์ (STUDY ON DYNAMIC MODEL OF A PACKED-
BED REACTOR FOR CONVERTING SULFUR DIOXIDE TO SULFUR TRIOXIDE) อ.ที่ปรึกษา
ผศ.ดร.ธวัชชัย จวินพานิชกุล , 61 หน้า, ISBN 974-332-055-5

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาและทดสอบแบบจำลองของการเกิดปฏิกิริยาเปลี่ยนซัลเฟอร์ไดออกไซด์เป็นซัลเฟอร์
ไตรออกไซด์บนเครื่องปฏิกรณ์แบบแพคเกจในกระบวนการผลิตกรดกำมะถัน โดยใช้แบบจำลองมิติเดียวของสมการดุล
มวลวิวิธพันธ์และสมการสมดุลความร้อนเอกพันธ์เชิงเส้น ร่วมกับสมการอัตราเร็วปฏิกิริยาของ Kadlec(1972) และค่าคงที่
สมดุลปฏิกิริยาของ Fogler(1986) โดยใช้วิธีการแก้สมการด้วยวิธี Finite Difference ร่วมกับวิธี Tridiagonal แล้วพัฒนา
โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อจำลองแบบผลการทำงานของเครื่องปฏิกรณ์

แบบจำลองสามารถจำลองแบบช่วงภาวะพลวัต สำหรับเครื่องปฏิกรณ์แบบแพคเกจ ชั้นที่ 1 โดยสามารถ
ทำนาย จุดที่เครื่องปฏิกรณ์เข้าสู่ภาวะคงตัว ได้อุณหภูมิขาออกมีแนวโน้มต่ำกว่า 4°C และความเข้มข้นซัลเฟอร์
ไดออกไซด์มีแนวโน้มสูงกว่า $0.22\% \text{SO}_2$ และสามารถทำนายอัตราการเพิ่มอุณหภูมิขาออกเฉลี่ย มีแนวโน้มต่ำกว่า
 4°C/hr

และได้นำแบบจำลองนี้ คำนวณทดสอบหาเงื่อนไขที่เหมาะสมของเครื่องปฏิกรณ์ 3 ปัจจัย คือ เมื่อ
ทดสอบเปลี่ยนอุณหภูมิจาก 400°C ถึง 450°C จะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุดที่ 450°C เมื่อทดสอบเปลี่ยนความ
เข้มข้นซัลเฟอร์ไดออกไซด์จาก $9.5\% \text{SO}_2$ ถึง $11.5\% \text{SO}_2$ จะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุดที่ $11.5\% \text{SO}_2$ และเมื่อทดสอบ
เปลี่ยนอัตราการป้อนจาก $4500 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ ถึง $6500 \text{ Nm}^3/\text{hr}$ จะให้อัตราการเกิดปฏิกิริยาสูงสุดที่ $4500 \text{ Nm}^3/\text{hr}$

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิสิตร อนุรักษ์ หวานแสนะ
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาพร้อม

พิมพ์ค้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

#C81742
KEY WORD:

: MAJOR CHEMICALS ENGINEER

PACKED BED REACTOR/DYNAMIC MODEL/ SULFUR DIOXIDE
ANURAK WANSANAO : STUDY ON DYNAMIC MODEL OF A
PACKED-BED REACTOR FOR CONVERTING SULFUR DIOXIDE TO
SULFUR TRIOXIDE THESIS ADVISOR : ASSIST. PROF.
THAWATCHAI CHARINPANICHKUL, Ph.D. 61pp.
ISBN 974-332-055-5

In this work, development of a model of a reaction for converting sulfur dioxide to sulfur trioxide in a packed bed reactor was carried out and the model was verified using actual data taken from a sulfuric acid producing plant. One-dimension heterogeneous mass balance and pseudo-homogenous heat balance with kinetic rate of reaction proposed by Kadlec(1972) as well as equilibrium constant presented by Fogler(1986) was taken into consideration and was solved using finite difference technique. The computer software based on the model studied then was developed and verified its performance before taken to simulate the actual process.

Based on simulation results, it was found that the bed temperature predicted by the model was 4°C lower than those of actual measuring results, meanwhile the predicted concentration of SO_2 was 0.22 % higher than measurement.

Simulation was carried out in the three difference conditions, namely varying feed temperature, feed concentration and feed flow rate. It was found that in the range of feed temperature between 400°C and 450°C , the rate of reaction became maximum at the feed rate of 450°C , in the range of feed concentration between 9.5% SO_2 and 11.5% SO_2 , the rate of reaction became maximum at the feed rate of 11.5% SO_2 , and in the range of feed flow rate between 4500 Nm^3/hr and 6500 Nm^3/hr , the rate of reaction became maximum at the feed flow rate was 4500 Nm^3/hr .

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 254

ลายมือชื่อนิสิต อ.วัจจ์ แสง/สง.

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา Prof. Dr. Thawatchai Charinpanichkul

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

พินิจ ดันติชัยปกรณ : การกำจัดสารประกอบของปรอทและอาร์เซนิกออกจากไฮโดรคาร์บอนเหลว
โดยการดูดซับบนตัวดูดซับนิกเกิลคอปเปอร์ (REMOVAL OF MERCURY AND ARSENIC
COMPOUNDS FROM LIQUID HYDROCARBON BY ADSORPTION ON Ni-Cu
ADSORBANTS) อ.ที่ปรึกษา : ดร.เจตศักดิ์ ไร่ยุภา , 113 หน้า. ISBN 974-639-760-5

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการศึกษาการกำจัดสารประกอบของอาร์เซนิกและปรอทจากไฮโดรคาร์บอนเหลวบน
ตัวดูดซับ ทำการทดลองที่ความดันบรรยากาศ และ อุณหภูมิ 30 50 และ 70 องศาเซลเซียส ใช้เมอคิวริกคลอไรด์และ
อาร์เซนิกออกไซด์เป็นตัวแทนสารประกอบปรอทและอาร์เซนิกในรูปของโลหะอินทรีย์และไฮโดรฟิโนลเมอคิวริคและ
ฟิโนลอาร์เซนิกออกไซด์เป็นตัวแทนสารประกอบปรอทและอาร์เซนิกในรูปของโลหะอินทรีย์ สารประกอบของปรอททั้งสอง
ชนิดถูกละลายในโทลูอีนซึ่งเป็นสารตั้งต้นเป็นตัวแทนของไฮโดรคาร์บอนเหลว โดยความเข้มข้นเริ่มต้นของปรอทคือ
1 ส่วนในล้านส่วนและความเข้มข้นเริ่มต้นของอาร์เซนิกเท่ากับ 10 ส่วนในล้านส่วน ตัวดูดซับที่ใช้คือใช้ อะลูมินา นิกเกิล
ออกไซด์บนอะลูมินา คอปเปอร์ออกไซด์บนอะลูมินา และ นิกเกิลคอปเปอร์บนอะลูมินา
ผลที่ได้แสดงว่าประสิทธิภาพการดูดซับของสารประกอบของปรอทและอาร์เซนิกขึ้นกับอุณหภูมิ
ประสิทธิภาพในการดูดซับสารประกอบของปรอทและอาร์เซนิกเพิ่มขึ้นตามลำดับดังนี้ ตัวดูดซับคอปเปอร์ > ตัวดูดซับ
นิกเกิล > ตัวดูดซับอะลูมินา โดยตัวดูดซับสามารถดูดซับเมอคิวริกคลอไรด์ได้ดีกว่าไฮโดรฟิโนลเมอคิวริค โดยพบว่า
ฟิโนลอาร์เซนิกออกไซด์จะดูดซับบนตัวดูดซับคอปเปอร์ก่อดัวเป็นคอปเปอร์อาร์เซนิก

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

9712086 1. MAJOR CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT

KEY WORD: ARSENIC COMPOUNDS/ MERCURY COMPOUNDS/ ADSORPTION

PI HAN TANTICHAIPAKORN: REMOVAL OF MERCURY AND ARSENIC COMPOUNDS
FROM LIQUID HYDROCARBON BY ADSORPTION ON Ni-Cu ADSORBENTS.

THESIS ADVISOR: IRDSAK TSCHIKUNA, Ph.D. 113 pp. ISBN 974-639-760-5.

Removal of arsenic and mercury compounds from liquid hydrocarbon was investigated. The experiments were conducted at atmospheric pressure and at temperatures of 30°C, 50°C and 70°C. Mercuric chloride, diphenylmercury, arsenic oxide and phenylarsine oxide are used to represent ionic mercury, organic mercury, ionic arsenic and organic arsenic. Arsenic and mercury compounds were dissolved in toluene to obtain solutions containing 10 ppm of arsenic and 1 ppm of mercury. The adsorbents were alumina, NiO/Al₂O₃, CuO/Al₂O₃ and Ni-Cu/Al₂O₃ prepared dry impregnation techniques.

The results showed that removal of arsenic and mercury compounds depended on temperature. Adsorption efficiency of adsorbents for removal of both mercury and arsenic compounds increases in the following order: copper > nickel > alumina. Mercuric chloride can be removed more efficiently than diphenylmercury. Phenylarsine oxide is adsorbed on copper and formed copper arsenide (Cu₃As).

เคมีวิทยา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อผู้สมัคร

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

พิมพ์ที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี กรุงเทพมหานคร

ดัดดัด สุนทรานุรักษ์ : การกำจัดสารประกอบปรอทออกจากไฮโดรคาร์บอนเหลว
โดยวิธีไฮโดรดีเมทัลเลชัน (REMOVAL OF MERCURY COMPOUNDS FROM LIQUID
HYDROCARBON BY HYDRODEMETALLATION) อ. ที่ปรึกษา : ดร. เจดศักดิ์ ไชยคุณา,
11 หน้า. ISBN 974-639-721-4.

วิทยานิพนธ์นี้ เป็นการศึกษาการกำจัดสารประกอบปรอทจากไฮโดรคาร์บอนเหลว โดยวิธีไฮโดรดีเมทัลเลชัน โดยใช้โพลีเอทิลีนดีบุกบนตัวรองรับอะลูมินา และนิกเกิลโมลิบดีนัมบนตัวรองรับอะลูมินา เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ทำการทดลองใน เครื่องปฏิกรณ์แบบเบดนิ่งที่มีการไหลอย่างต่อเนื่อง ความดันของไฮโดรเจน 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว อุณหภูมิอยู่ในช่วง 150-250 องศาเซลเซียส ไฮโดรฟิสิกส์ของตัวเร่งปฏิกิริยาเป็นตัวแทนสารประกอบโลหะอินทรีย์ และ เมอร์คิวรีคลอไรด์ เป็นตัวแทนสารประกอบโลหะอนินทรีย์ของปรอท สารประกอบของปรอททั้งสองชนิดถูกละลายในโทลูอีน ซึ่งเป็นสารตั้งต้น เป็นตัวแทนของไฮโดรคาร์บอนเหลว อัตราการไหลโดยมวลของไฮโดรเจนเทียบกับไฮโดรคาร์บอนเหลวเป็น 1 ต่อ 187.2 และอัตราการไหลเชิงสเปซต่อชั่วโมงของของเหลว เป็น 5 ต่อ ชั่วโมง

จากผลของการทดลองพบว่าสารประกอบปรอททั้งสองชนิดสามารถที่จะเกาะบนผนังของเครื่องปฏิกรณ์ และส่วนต่างๆ ของระบบซึ่งทำจาก เหล็กกล้าไร้สนิม การเกาะของสารประกอบปรอทนี้จะขึ้นอยู่กับชนิดของสารประกอบปรอทและอุณหภูมิ นอกจากนี้ยังพบว่าการเกาะของเมอร์คิวรีคลอไรด์จะเกิดขึ้นได้ดีมากแม้ที่อุณหภูมิห้อง (ประมาณ 35 องศาเซลเซียส) ปฏิกิริยาไฮโดรดีเมทัลเลชันมีประสิทธิภาพในการกำจัดสารประกอบปรอททั้งสองชนิดจากสารป้อนไฮโดรคาร์บอนเหลว ความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพในการกำจัด และชนิดของตัวเร่งปฏิกิริยาหรืออุณหภูมิไม่สามารถที่จะสรุปได้อย่างชัดเจน เพราะว่าสารประกอบปรอทในสายป้อนมีการสลายในระบบของเครื่องปฏิกรณ์

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงผ่านเดียว

39701128
KEY WORD:

MAJOR CHEMICAL ENGINEERING DEPARTMENT

HYDRODEMETALLATION/ REMOVAL OF MERCURY COMPOUNDS

KITTISAK SOONTARANURAK: REMOVAL OF MERCURY COMPOUNDS FROM LIQUID HYDROCARBON BY HYDRODEMETALLATION.

THESIS ADVISOR: JIRDSAK TSCHAIKUNA, Ph.D. 91 pp. ISBN 974-639-721-4.

Removal of mercury compounds from liquid hydrocarbon by hydrodemetallation was investigated in this study. $\text{CoMo/Al}_2\text{O}_3$ and $\text{NiMo/Al}_2\text{O}_3$ were used as hydrodemetallation catalysts. The experiments were conducted in a fixed bed continuous-flow reactor. The pressure was maintained at 400 psig and the temperatures were varied at 150, 200 and 250°C. Mercuric chloride and diphenylmercury were used as model compounds to represent inorganic and organic mercury compounds in petroleum, respectively. Each mercury compound was added in toluene which was used as a liquid carrier. The mass flow rate of hydrogen per liquid hydrocarbon was 1:187.2 and LHSV was 5 h^{-1} .

The results showed that mercury compounds could deposit on the reactor wall and other parts of reactor system which were made of stainless steel. The deposition depended on types of mercury compound and operating temperature. It was also found that mercuric chloride deposition was high even at room temperature (approximately 35 °C). Hydrodemetallation reaction could be efficiently used to remove both mercury compounds from liquid hydrocarbon feed. The relation ship between removal efficiency and types of catalysts or operating temperatures could not be clearly concluded because of the loss of mercury compounds to the reactor system.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี

ปีการศึกษา.....2541.....

ลายมือชื่อนิสิต

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

วชิรัตน์ อัสระธรรมบุญ : การศึกษาการกระจายความเข้มข้นของก๊าซ ซัลเฟอร์ ไดออกไซด์
 ในบริเวณภูมิประเทศแบบซับซ้อนโดยใช้เทคนิค CFD (STUDY OF SULFUR DIOXIDE
 CONCENTRATION DISTRIBUTION IN COMPLEX TERRAIN USING CFD TECHNIQUE)
 อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร.สมประสงค์ ศรีชัย
 อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผศ.ดร.วิจิตรา จงวิศาล
 199 หน้า. ISBN 974-332-152-7

ในงานวิจัยนี้ ได้นำแบบจำลองทางคณิตศาสตร์มาจำลองการกระจายความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณ
 ภูมิประเทศแบบซับซ้อน ได้แก่วิธีการ CFD (Computational Fluid Dynamics) และแบบจำลอง VALLEY โดยใช้หลักการ
 พื้นฐานของกลศาสตร์ของไหล (Fundamental Fluid Dynamics) ซึ่งใช้ชุดสมการอนุพันธ์เบื้องต้น 3 สมการ ได้แก่ สมการความต่อเนื่อง
 (Continuity equation) สมการอนุรักษ์โมเมนตัม (Momentum equation) สมการอนุรักษ์พลังงาน (Equation of energy conservation) และ
 สมการการไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent flow model; k-ε) ใช้ในกรณีที่เป็นกรณีไหลแบบปั่นป่วน เทคนิค CFD นี้ต้อง
 กำหนดค่าเงื่อนไขเริ่มต้น (Initial condition) และค่าเงื่อนไขขอบเขต (Boundary condition) ให้เหมาะสม นอกจากนี้งานวิจัยนี้ได้
 นำแบบจำลอง VALLEY มาประเมินความเข้มข้นของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ด้วย ซึ่งแบบจำลองนี้ใช้หลักการการแพร่กระจายของแก๊ส
 เชื้อเพลิง (Gaussian dispersion) โดยมีการปรับปรุงให้สามารถใช้ได้กับภูมิประเทศแบบซับซ้อน ข้อมูลที่สำคัญของแบบจำลอง VALLEY มี
 ทั้งข้อมูลทางด้านอุตุนิยมวิทยา และข้อมูลทางภูมิประเทศ

การประเมินความเข้มข้นสูงสุดภายใน 24 ชั่วโมงของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในบริเวณอำเภอแม่เมาะ เนื่องจากการระบายก๊าซซัล
 เฟอร์ไดออกไซด์จากปล่องโรงไฟฟ้า โดยใช้เทคนิค CFD และ VALLEY Model มาเปรียบเทียบกัน ในช่วงเวลาช่วงเย็น 2 ชม. ได้แก่ว
 ามาร ช่วงวันที่ 1-14 พฤศจิกายน 2540 และฤดูร้อน ช่วงวันที่ 1-14 มีนาคม 2541 ที่ตำแหน่งปริมาตรเทียบ 5 ตำแหน่งที่แสดงด้านล่าง ผลการ
 เปรียบเทียบพบ ในฤดูหนาว จุดปริมาตรเทียบที่ 1 ถึง 4 ความเข้มข้นสูงสุดในแต่ละวันของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ที่คำนวณจากแบบ
 จำลอง VALLEY มีค่าในช่วง 1.14×10^{-3} ถึง 3.50×10^{-3} ส่วนในลักษณะ ส่วนมากว่าความเข้มข้นที่คำนวณจากเทคนิค CFD ซึ่งมีค่าในช่วง
 1.2×10^{-3} ถึง 3.04×10^{-3} ส่วนในลักษณะ ในฤดูร้อน จุดปริมาตรเทียบที่ 1 ถึง 4 ความเข้มข้นสูงสุดภายใน 24 ชั่วโมงที่คำนวณจาก VALLEY มีค่าใน
 ช่วง 2.51×10^{-3} ถึง 1.82×10^{-3} ส่วนในลักษณะ ส่วนมากว่าความเข้มข้นสูงสุดภายใน 24 ชั่วโมงที่ได้จาก CFD ซึ่งมีค่าในช่วง 1×10^{-3} ถึง 7.65×10^{-3}
 ส่วนในลักษณะ และในจุดปริมาตรเทียบที่ 5 ซึ่งอยู่ในแนวปล่อง ในฤดูหนาว ความเข้มข้นสูงสุดภายใน 24 ชั่วโมงที่ได้จาก CFD มีค่าในช่วง
 1.76×10^{-3} ถึง 2.1×10^{-3} ส่วนในลักษณะ ส่วนมากที่ได้จาก VALLEY ซึ่งมีค่า 6.33×10^{-3} ส่วนในลักษณะ และในฤดูร้อนความเข้มข้นสูงสุดภายใน
 24 ชั่วโมงที่คำนวณจาก VALLEY มีค่า 8.27×10^{-3} PPM น้อยกว่าความเข้มข้นสูงสุดภายใน 24 ชั่วโมง ที่คำนวณจาก CFD ซึ่งมีค่าในช่วง
 1.1×10^{-3} ถึง 2.3×10^{-3} ส่วนในลักษณะ

เนื่องจากการจำกัดด้านข้อจำกัดในการศึกษา ได้แก่วิธีการการแพร่กระจายของมลพิษที่ได้จากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ ซึ่งเป็นการศึกษา
 แบบจำลอง 3 ชั่วโมง และค่าที่เกินขีดส่วนใหญ่เป็นค่าในช่วงความเร็วลม ดังนั้นความเข้มข้นที่คำนวณออกจะมีลักษณะคล้ายคลึงกับความเป็น
 จริง นอกจากนี้ยังจะมีข้อมูลความเข้มข้นสูงสุดที่ได้จากการตรวจวัดจริง เพื่อยืนยันผลการคำนวณและสรุปได้ว่าวิธีการใดที่จะให้ผลการ
 คำนวณที่ใกล้เคียงกับผลการตรวจวัดมากกว่ากัน

หอสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว

นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว
 นาย/นาง/นางสาว

3971415123 MAR 98 CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD:

SIMULATION / COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS

RAWEEA T ISSARATHUMNOON : STUDY OF SULFUR DIOXIDE CONCENTRATION
DISTRIBUTION IN COMPLEX TERRAIN USING CFD TECHNIQUE

THESIS ADVISOR : SOMPRASONG SRICHAI, PH.D

THESIS CO-ADVISOR : VICHITRA CHONGVISAL, PH.D

119 PP ISBN 974-332-152-7

In this study, CFD (Computational Fluid Dynamics) technique and VALLEY Model were used for determining the sulfur dioxide concentration distribution in complex terrain. CFD is based on Fundamental of Fluid Dynamics, consisting of 3 basic equations, namely, continuity equation, momentum equation and equation of energy conservation. Moreover, turbulent flow model is used in the case of turbulent flow. On the other hands, VALLEY Model is a screening model used by US-EPA for estimating the sulfur dioxide concentration in complex terrain. This model is derived from Gaussian dispersion equation and algorithm of the geometry of domain. The most important input data are the topographical data and the meteorological data.

The estimated sulfur dioxide ground-level concentration resulting from gaseous emission from the stack of Mae Moh Power Plant were estimated by the two methods in 2 seasons, i.e., in winter (1-14 November, 1997) and in summer (1-14 March, 1998) at various 5 stations. In winter, at stations 1 to 4, the maximum 24-hr concentration calculated by VALLEY were in the range of 1.14×10^{-3} to 3.50×10^{-3} PPM, higher than those calculated by CFD which were 1×10^{-3} to 3.04×10^{-3} PPM. In summer, at the station 1 to 4, the maximum 24-hr concentration calculated by VALLEY were about 2.61×10^{-3} to 1.83×10^{-3} PPM, higher than those calculated by CFD which were 1×10^{-3} to 7.63×10^{-3} PPM. At station 5 which were located downwind from the stack in both seasons, in winter, the concentration calculated by VALLEY was 6.33×10^{-3} PPM, lower than those calculated by CFD which was 1.26×10^{-3} to 2.71 PPM. On the other hands, in summer, the concentration estimated by VALLEY was about 3.7×10^{-3} PPM, lower than those estimated by CFD, which were 1.18×10^{-3} to 2.82×10^{-3} PPM.

The estimated values by VALLEY seemed to be always higher than those predicted by CFD technique because of the different basic equations and the methods of calculation. Unfortunately, the measured concentration of sulfur dioxide in the study area is not available for comparing with the predicted values to determine the accuracy of the calculating results from the two approaches.



วิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่อนิสิต 3616

วิชา วิศวกรรมเคมี

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

เรียน 25-11

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

พิมพ์ต้นฉบับบทความวิจัยวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

บทกวี งานสม: ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคใน โมดูลแบบท่อ (EFFECTS OF THE ULTRASONIC WAVE ON MICROFILTRATION IN TUBULAR MODULE).

อาจารย์ที่ปรึกษา: อ.ดร. ทวีชนก คุริยะบรรเลง, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: รศ.ดร. จิรกานต์ เมืองนาโพธิ์, 162 หน้า. ISBN 974-332-395-3

การศึกษาผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการกรองระดับอนุภาคใน โมดูลแบบท่อที่ใช้เยื่อแผ่นเซรามิกในการกรองที่ภาวะการกรองต่างๆ คือ ที่ความดันคร่อมเยื่อแผ่นระหว่าง 11.27-46.06 กิโลปาสกาล ความเร็วสายป้อนระหว่าง 0.02 ถึง 0.48 เมตรต่อวินาที ความเข้มข้นของสาหร่าย 5, 10 และ 20 กรัมต่อลิตร ผลของคลื่นเหนือเสียงถูกปล่อยเข้าสู่ระบบที่ความเข้มข้นของสาหร่ายระหว่าง 0.91-3.53 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ที่ความถี่คลื่น 23.8 กิโลเฮิร์ตซ์ อัตราการกรองต่อหน่วยพื้นที่ในระบบการกรองร่วมกับคลื่นเหนือเสียง ขึ้นกับความดันคร่อมเยื่อแผ่น ความเร็วและความเข้มข้นของสาหร่าย การกำจัดหลักเนื่องจากคลื่นเหนือเสียงเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มค่าความดันคร่อมเยื่อแผ่น ในช่วงแรก แต่ต่อมาจะลดลงเมื่อความดันคร่อมเยื่อแผ่นมีค่าสูงขึ้นเนื่องจากการอุดตันของชั้นเยื่อที่เยื่อแผ่นมีค่ามากขึ้น และพบว่าผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการเพิ่มของอัตราการกรองต่อหน่วยพื้นที่มีค่าสูงเมื่อความเร็วสายป้อนต่ำ ๆ การเพิ่มความเข้มข้นและความถี่ของคลื่นเหนือเสียงสามารถเพิ่มสมรรถนะของคลื่นเหนือเสียงในการกำจัดอนุภาคได้ระดับหนึ่ง นอกจากนั้นการใช้คลื่นเหนือเสียงความเข้มข้นสูงติดต่อกันเป็นเวลานานจะส่งผลกระทบต่อสมบัติการเก็บกักของเยื่อแผ่น ส่วนถ้าสำหรับระดับกำลังเสียงสูงสุด 40 วัตต์ที่ใช้ในการทดลองและมีการควบคุมอุณหภูมิไม่ให้สูงเกินไป (ในการทดลองเท่ากับ 30 องศาเซลเซียส) จะไม่พบการเปลี่ยนแปลงถึงฐาน การกระจายขนาดของอนุภาคและการลดในการเจริญเติบโตของยีสต์ที่ผ่านการกรองร่วมกับคลื่นเหนือเสียง นอกจากนี้ยังได้ทำการวิเคราะห์ในเชิงเศรษฐศาสตร์ของการใช้คลื่นเหนือเสียงร่วมกับการกรองระดับอนุภาค หากมีการเลือกภาวะการปฏิบัติการที่เหมาะสม พบว่าเมื่อมีการใช้คลื่นเหนือเสียง การสะสมของอนุภาคบนผิวเยื่อแผ่นลดลงและอัตราการกรองต่อหน่วยพื้นที่เพิ่มขึ้น 1.5 - 2.9 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับอัตราการกรองต่อหน่วยพื้นที่เมื่อ ไม่ใช้คลื่นเหนือเสียง

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา.....2541

ลายมือชื่อผู้สมัคร.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

97086572
KEY WORD

: MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

ULTRASOUND / MICROFILTRATION / TUBULAR MODULE

BOONKOT NGAMSOM: EFFECTS OF THE ULTRASONIC WAVE ON MICROFILTRATION

IN TUBULAR MODULE. THESIS ADVISOR: HATHAICHANOK DURIYABUNLENG, Ph.D.

THESIS CO-ADVISOR: ASSOC. PROF. CHIRAKARN MUANGNAPOH, Dr. Ing. 162 pp.

ISBN 974-332-395-3.

Effects of the ultrasonic wave on microfiltration of yeast suspension was examined using a tubular ceramic module operated in cross-flow mode. Applied pressures (transmembrane pressure) were varied between 11.27-46.06 kPa. Feed flow velocities were studied in the range between 0.02-0.48 m/s. Feed concentrations were varied as 0.005, 0.010 and 0.020 g/cm³. Acoustic intensities were studied between 0.91-3.53 W/cm² at the frequency of 23.8 kHz. From the experiments it is found that permeate flux of microfiltration coupling with ultrasonic irradiation was dependent with the feed flow velocity, the transmembrane pressure and the feed concentration. Cake removal induced by ultrasonic cleaning increased with increasing transmembrane pressure in the prior stage, and then decreased with the increase in applied pressure in the later stage due to the strong compaction of cake layer. Besides, it is shown that ultrasound has affected the increase of permeate flux at the lower feed flow velocity. Increase in sound intensity and sound frequency gave rise to the increase in ultrasonic cleaning performance. However, for a long period of sonication with high intensity, effect on the characteristics of the membrane was demonstrated. Observation of yeast cells after being irradiated at the highest acoustic power (40 W) at the controlled temperature of 30 °C found no change in morphology, particle size distribution and cultivation capability. The economic analysis of the application of ultrasound into the conventional cross-flow microfiltration was also discussed. In the case that ultrasonic wave was introduced to microfiltration, the decrease in cake buildup over the membrane and the increase in permeate flux in the ratio of 1.5 to 3.0 were expressed compared to those obtained from microfiltration without ultrasound.

ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา.....541.....

ลายมือชื่อนักศึกษา.....Boonkot Ngamsom.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....Hathaichanok Duriyabunleng.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....Chirakarn Muangnapoh.....

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

ทัศนีย์ วัฒนเขาวาน์พิสุทธิ์: การพัฒนาตัวควบคุมกระบวนการฟิชซีแบบฐานแบบจำลอง สำหรับ
เครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถังกวนต่อเนื่อง (DEVELOPMENT OF MODEL-BASED FUZZY
CONTROLLER FOR A CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR) อาจารย์ที่ปรึกษา:
ดร.หทัยชนก ศรียะบรรเลง, อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม: ผศ. ดร.ไพศาล กิตติศุภกร; 151 หน้า.
ISBN 974-331-832-1.

การควบคุมกระบวนการทางเคมีในปัจจุบันมีแนวโน้มที่จะใช้เป็นลักษณะของการควบคุมแบบฐานแบบ
จำลอง แต่ในหลายครั้งการสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของกระบวนการทางเคมีมักเป็นกระบวนการที่ไม่เป็นเชิง
เส้น มีการทางคณิตศาสตร์ที่ยุ่ยากซับซ้อนไม่สามารถทำได้ และบางครั้งการตั้งสมมติฐานที่มากเกินไปทำให้ได้
แบบจำลองที่ขาดความแม่นยำและใช้เวลานาน แบบจำลองความสัมพันธ์ฟิชซีเป็นทางเลือกหนึ่งที่ใช้ในการสร้างแบบ
จำลอง แบบจำลองความสัมพันธ์ฟิชซีนี้นั้นสร้างโดยใช้ข้อมูลอินพุต-เอาต์พุตของกระบวนการ และเลือกโครงสร้างของ
แบบจำลองฟิชซีที่เหมาะสม

กระบวนการของเครื่องปฏิกรณ์เคมีแบบถังกวนต่อเนื่องเป็นกระบวนการหนึ่งในอุตสาหกรรมเคมีที่มี
ลักษณะไม่เป็นเชิงเส้นที่ต้องการพัฒนาการควบคุมให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น งานวิจัยนี้เป็นสร้างแบบจำลองความ
สัมพันธ์ฟิชซีเพื่อใช้เป็นแบบจำลองภายในสำหรับการควบคุมแบบใช้แบบจำลองภายใน (IMC) โดยการเขียน
โปรแกรมจำลองกระบวนการและการควบคุมเพื่อทดสอบตัวควบคุมที่ได้ใน 2 กรณีคือ กรณีที่ค่าเป้าหมายมีการเปลี่ยน
แปลงเป็นแบบสแต็ป และกรณีที่มิด้รบกวนแบบสแต็ป เปรียบเทียบการควบคุมในลักษณะนี้กับตัวควบคุมแบบดั้งเดิม
และการควบคุมแบบใช้แบบจำลองภายในที่เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์โดยสมมติว่าสามารถวัดค่าตัวแปรทุกตัวได้
อย่างต่อเนื่อง ผลการวิจัยพบว่า การควบคุมในลักษณะนี้สามารถควบคุมกระบวนการได้ดีกว่าการควบคุมแบบดั้งเดิม
และสามารถใช้แทนการควบคุมแบบฐานแบบจำลองที่เป็นแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ ทั้งในการควบคุมระดับของ
ของเหลวของกระบวนการของถังที่มีการไหลแบบไม่เป็นเชิงเส้นและการควบคุมอุณหภูมิของกระบวนการของเครื่อง
ปฏิกรณ์ถังกวนแบบต่อเนื่อง

การควบคุมโดยใช้แบบจำลองฟิชซีนี้นี้มีประโยชน์ในการควบคุมกระบวนการที่ไม่เป็นเชิงเส้น ในกรณีที่ไม
สามารถหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ได้ หรือมีความยุ่งยากซับซ้อนในการระบุหาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อผู้สมัคร *ทัศนีย์ วัฒนเขาวาน์พิสุทธิ์*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา *หทัยชนก ศรียะบรรเลง*
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม *ไพศาล กิตติศุภกร*

MAJOR : CHEMICAL ENGINEERING
 CONTROLLER / FUZZY RELATIONAL MODEL

TASANEE WATANACHAOPISUT: DEVELOPMENT OF MODEL-BASED
 FUZZY CONTROLLER FOR A CONTINUOUS STIRRED TANK REACTOR.
 THESIS ADVISOR: HATAICHANOK DURIYABUNLANG, Ph.D. THESIS
 CO-ADVISOR: ASSIST. PROF. PAISAN KITTISUPAKORN, Ph.D. 151 pp.
 ISBN 974-331-832-1

Presently, the controlling chemical process has a trend to use "Model-based control" approach. However, mostly mathematics models of the chemical process are non-linear which consist of the complicated mathematics equations and sometimes unable to be written. Setting up many hypothesis may result in the impreciseness of model and even time-consuming. Fuzzy relational model is an alternative that is used in building up the model. Fuzzy relational models are identified by the use of an input output process data and the selection of an appropriate fuzzy model structure.

The process of a continuous stirred tank reactors (CSTR) is one of the process in a chemical industry whose characteristic is usually non-linear so that the more effective development control is necessary. In the research, the fuzzy relational model is selected as the internal model for an internal model controller (IMC). MATLAB program is used to simulate the process and the controller in order to investigate the control performance. The controller tests are performed in 2 categories i.e. step change in setpoint and step change in disturbance. The simulation results are clearly shown that the fuzzy controller can be used to control the process with a higher performance than the conventional control. In addition, the model-based controller can be used without using mathematics model both in the level control of non-linear flow tank and the temperature control of CSTR which is the more difficult process.

To be concluded, the application of the fuzzy model in the control is found profoundly impressive to use in the non-linear process particularly whose mathematics model is unable to be defined.

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี
 สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี
 ปีการศึกษา 2541

ลายมือชื่อนิพนธ์ ทศนีย์ วตานาชาอุปสุต
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา หัตถิชา นฤยง
 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ไพศาล กิตติสุพากรณ์

ชื่อโครงการวิจัย ผลของอุณหภูมิต่อการกำจัดไอโทลูอินโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีเนกตรอน

ผู้วิจัย: นางสาว ภัทราพร ทัดตะวร

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ คัมพะพานิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์พานิชกุล

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดโทลูอินโดยใช้ปฏิกิริยาเคมีเนกตรอนเนี่ย จากก๊าซที่ปล่อยออกจากโรงงานอุตสาหกรรมจะมีอุณหภูมิสูง ดังนั้น จึงต้องมีความเข้าใจในเรื่องของผลของอุณหภูมิที่มีต่อประสิทธิภาพของเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยไอโรนาได้ต่อไป สำหรับตัวแปรอื่น ๆ ที่ทำการศึกษาคือ ขนาดของคาโทด กระแสปล่อยออก ความเข้มข้นขาเข้า เปอร์เซนต์ของออกซิเจนและปริมาณของไอน้ำในกระแสก๊าซ

จากผลการทดลองพบว่า ประสิทธิภาพการกำจัดค่อนข้างต่ำเวลาจะเพิ่มอุณหภูมิ และพบว่าคาโทดขนาดใหญ่ กระแสปล่อยออกสูง หรือ เปอร์เซนต์ของออกซิเจนมาก จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัด ในทางตรงกันข้าม เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของโทลูอินหรือไอน้ำ ประสิทธิภาพการกำจัดจะลดลง และแม้ว่าการวิเคราะห์เชิงทฤษฎีจะคำนวณของเครื่องปฏิกรณ์ไอโซไครมิกเกิดโรมาโทกราฟ แมสสเปกโตรมิเตอร์จะไม่สามารถพิสูจน์ได้แน่ชัดว่าปฏิกิริยาการประกอบใด อย่างไรก็ตาม ผลการวิเคราะห์นี้ก็ได้ช่วยชี้แนะได้อย่างดีว่า อาจเกิดโฟลัมเมอเรชันของโทลูอินขึ้น นอกจากนี้ ในกรณีของออกซิเจน 30 เปอร์เซนต์ จะพบไฮโดรเจนเกิดขึ้นและลดลงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในขณะที่ไนโตรเจนออกไซด์จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ

ชื่อโครงการวิจัย: ผลของคลื่นเหนือเสียงต่อการทรงระดับอุณหภูมิในเครื่องกรองแบบหมุน
 ผู้วิจัย: นางสาว พรพรรณ อรุณรัตน์
 อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: พท.คร. หทัยชนก สุริยะบรรณ
 อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์ร่วม: รท.ดร. อัครกานต์ เมืองนาโพธิ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้คลื่นเหนือเสียงในการกรองระดับอุณหภูมิสำหรับเครื่องกรองแบบหมุนที่มีการหมุนของเยื่อแผ่น มีวัตถุประสงค์เพื่อลดอัตรา การสะสมของอนุภาคบนผิวเยื่อแผ่นตลอดทั้งเยื่อแผ่นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการกรองให้มากขึ้นโดยไม่จำเป็นต้องเพิ่มจำนวนตัวกักกั้นคลื่นเหนือเสียง คลื่นเหนือเสียงสามารถลดค่าความต้านทานการกรองของเยื่อแผ่นได้โดยปรากฏการณ์คาวิเทชันและการปั่นป่วนภายในของเหลว ซึ่งสามารถกำจัดอนุภาคที่สะสมบนผิวเยื่อแผ่นได้ในบริเวณพื้นที่ของเยื่อแผ่นที่สัมผัสกับคลื่นเหนือเสียง เพื่อให้คลื่นเหนือเสียงสามารถสัมผัสพื้นที่ทั้งหมดของการกรองโดยใช้จำนวนตัวกักกั้นคลื่นเหนือเสียงน้อยที่สุดเพื่อลดการใช้พลังงาน งานวิจัยนี้จึงทำการทดลองหมุนเยื่อแผ่นเซวามิคและติดตั้งตัวกำหนดคลื่นเหนือเสียง 1 ตัวบนผนังท่อทรงกระบอกด้านนอกเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อ ประสิทธิภาพการกรองของเครื่องกรองแบบหมุนร่วมกับการใช้คลื่นเหนือเสียง ประสิทธิภาพของการทดลอง คือ ใช้สารละลายยีสต์ในการกรองที่ความเร็วสาขป้อน 0.06 เมตรต่อวินาที ความเข้มข้นของสารละลายยีสต์ 5, 10 และ 20 กรัมต่อลิตร ความดันคร่อมเยื่อแผ่น 0.22, 0.35 และ 0.46 บาร์ ความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียง 0.44, 1.76, 3.09 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ความเร็วรอบในการหมุนของเยื่อแผ่น 0-100 รอบต่อนาที

ถ้าพิจารณาและสถานะที่ใช้ในการทดลองนี้ไม่มีการเกิดการหมุนวนของสารละลายของยีสต์โดยอัตโนมัติเป็นสาเหตุให้แรงเฉือนกระทำต่อชั้นเคลือบเป็นผลให้ประสิทธิภาพการกรองเพิ่มขึ้น ผลการวิจัยในการใช้คลื่นเหนือเสียงร่วมกับการกรองแบบหมุนพบว่าความเร็วรอบการหมุนไม่มีผลต่อค่าประสิทธิภาพการกรองที่มากนัก โดยจะมีค่าที่เพิ่มขึ้นประมาณ 2 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการหมุนของเยื่อแผ่น ที่ความเข้มข้นของสาขป้อนน้อยคลื่นเหนือเสียงจะช่วยให้ประสิทธิภาพการกรองเพิ่มขึ้นมากกว่าที่ความเข้มข้นของสาขป้อนมาก ความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียงเพิ่มขึ้นมีผลในการเพิ่มความรุนแรงของคาวิเทชันในการกำจัดอนุภาคบนผิวเยื่อแผ่นซึ่งผลให้ประสิทธิภาพการกรองเพิ่มขึ้น การเพิ่มความดันคร่อมเยื่อแผ่นมีผลให้ค่าประสิทธิภาพการกรองร่วมกับการใช้คลื่นเหนือเสียงเพิ่มขึ้น จากการทดลองพบว่าสถานะที่เหมาะสมของการกรองที่มีการใช้คลื่นเหนือเสียงและมีการหมุนของเยื่อแผ่น คือ ที่ความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียง 3.09 วัตต์ต่อตารางเซนติเมตร ความเข้มข้นของสาขป้อน 10 กรัมต่อลิตร ความดันคร่อมเยื่อแผ่น 0.46 บาร์ ความเร็วรอบในการหมุน 0-100 รอบต่อนาที ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพการกรองเพิ่มขึ้น 3-5 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่มีการใช้คลื่นเหนือเสียงและไม่มีการหมุนของเยื่อแผ่น สำหรับความเข้มข้นของคลื่นเหนือเสียงในช่วงที่ทำการทดลองไม่ต่างผลต่อค่าการเก็บกักของเยื่อแผ่นและคุณลักษณะของยีสต์

ชื่อโครงการวิจัย: ปัจจัยที่มีผลต่อความนิ่งของอัตราการไหลของเครื่องป้อนแบบสกรูและเครื่องป้อนแบบโรตารีหมุน

ผู้วิจัย: นางสาว รณิ ชินา

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา: วิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์พานิชกุล

บทคัดย่อ

เครื่องป้อนแบบสกรูและเครื่องป้อนแบบโรตารีหมุน นิยมใช้กันอย่างกว้างขวางในงานจัดการวัสดุป้อนในภาคกระบวนการอุตสาหกรรม โดยเฉพาะการอัดรีดพลาสติก โดยทั่วไปแล้วอัตราการไหลที่แต่ละเวลาจากเครื่องป้อนแบบสกรูและเครื่องป้อนแบบโรตารีจะเกิดการแกว่งอย่างรวดเร็วจนในระดับหนึ่ง งานวิจัยนี้ทำขึ้นเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการไหลของสารจากเครื่องป้อนแบบสกรูและเครื่องป้อนแบบโรตารีหมุน ปัจจัยที่ศึกษาสำหรับเครื่องป้อนแบบสกรู ได้แก่ ชนิดของสาร 2 ประเภท, รูปร่างของปากทางออก 4 แบบ, ความดันย้อนกลับ และความเร็รรอบของสกรู ในกรณีของเครื่องป้อนแบบโรตารีหมุน ได้แก่ ชนิดของสารเหมือนข้างต้น, ช่องว่างในแนวสัมผัสกับจานหมุน, ระยะสอดคล้องใบกวาดละเอียดจากขอบจานหมุน และความเร็รรอบของจานหมุน ผลการวิจัยยังศึกษาถึงอิทธิพลของกรรตติยวงรีที่มีต่อการไหลออกของสารจากเครื่องป้อนทั้งสองชนิดด้วย

จากการศึกษาพบว่าพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่มีโครงสร้างเชิงเส้น (LLDPE) ชนิดผง เหมาะสมที่จะใช้กรณีของเครื่องป้อนแบบสกรู ความเร็รรอบ 50 รอบต่อนาที, ความดันย้อนกลับ 2 kg/cm^2 และรูปร่างปากทางออกโรตารีให้อัตราการไหลเป็น 7.16 กรัม/วินาที และค่าการแปรเปลี่ยนของอัตราการไหลเป็น 4.694×10^{-1} ส่วนพอลิเอทิลีนความหนาแน่นต่ำที่มีโครงสร้างเชิงเส้นชนิดเม็ดและผงอัดเม็ดเหมาะสมที่จะใช้กับความเร็รรอบ 38 รอบต่อนาที กรณีที่ไม่ใช้ความดัน และใช้ทางออกรูปร่างกลม โดยพบว่าอัตราการไหลเป็น 1.10 กรัม/วินาที และค่าการแปรเปลี่ยนของอัตราการไหลเป็น 1.143×10^{-1} หากเพิ่มความเร็รรอบเป็น 50 รอบต่อนาที โดยไม่ใช้ทางออกรูปร่างกลม พบว่าอัตราการไหลเป็น 17.5 กรัม/วินาที ค่าการแปรเปลี่ยนของอัตราการไหลเป็น 3.010×10^{-1} ตามลำดับ ในกรณีของเครื่องป้อนแบบโรตารีหมุน LLDPE ชนิดผงและผงอัดเม็ดเหมาะสมที่จะใช้กับช่องว่างของใบกวาดหยาบ 1.95 มิลลิเมตร โดยที่ใส่ระยะสอดคล้องใบกวาดละเอียด 12.0 มิลลิเมตร และความเร็รรอบของจานหมุน 3 รอบต่อนาที จะให้อัตราการไหลเป็น 1.8 กรัม/วินาที และค่าการแปรเปลี่ยนของอัตราการไหลเป็น 6.526×10^{-2} ขณะที่ใช้ความเร็รรอบ 9 รอบต่อนาที จะให้อัตราการไหลเป็น $3.444 \times 10^{-1} \text{ กรัม/วินาที}$ และค่าการแปรเปลี่ยนของอัตราการไหลเป็น 1.201×10^{-2} ตามลำดับ

การศึกษาดังกล่าวถึงอิทธิพลของกรรตติยวงรีที่มีต่อการไหลออกของสารพบว่า ในกรณีของเครื่องป้อนแบบสกรูเมื่อผสม LLDPE ชนิดเม็ดกับกรรตติยวงรี 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะช่วยให้ของผสมมีการไหลตัวดีขึ้น แต่จะไหลคงที่จนเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับกรณีที่ไม่ใช้ความดันและใช้กับผงอัดเม็ด ในกรณีของเครื่องป้อนแบบโรตารีหมุน เมื่อผสม LLDPE ชนิดผงหรือผงอัดเม็ด กับกรรตติยวงรี 0.5 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก จะกลับทำให้ของผสมมีการแกว่งเพิ่มขึ้น

ชื่อโครงการ : การแยกของเซลล์ยีสส์โดยใช้ฟลูอิดไลซ์เบดสามเฟสแบบใช้ไบนทอน
ผู้วิจัย : นวพร วัชรวิหระ ชูชลมัย
อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินพานิชกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้ฟลูอิดไลซ์เบดสามเฟสแบบใช้ไบนทอนร่วมในการทำให้เซลล์ยีสต์สายพันธุ์ *Saccharomyces cerevisiae* แตกแล้วปลดปล่อยโปรตีนภายในเซลล์ซึ่งมีประโยชน์ในเชิงอุตสาหกรรม ระบบฟลูอิดไลซ์เบดประกอบด้วยถังกลั่นอากาศ และชุดแก้วเป็นสถานะของเหลว, ก๊าซ และของแข็งในระบบ ความดันที่เราได้ทำการศึกษาปัจจัยในการดำเนินการที่มีผลต่อการแตกของเซลล์ซึ่งได้แก่ ความเร็วรอบไบนทอน, การใส่ฟลาว์ไวกายในคอลัมน์, ความเร็วของอากาศ, ความเร็วของของเหลวและขนาดของชุดแก้ว ประสิทธิภาพของระบบทำให้เซลล์แตกวัดจากการกระจายขนาดของเซลล์ยีสต์, โปรตีนที่ปลดปล่อยออกมา, และการศึกษาลักษณะของเซลล์โดยกล้องจุลทรรศน์

ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสำหรับระบบที่ไม่มีชุดแก้วนั้น การเพิ่มความเร็วรอบของไบนทอนในช่วง 500 ถึง 3000 รอบไม่มีผลต่อการแตกของเซลล์ทั้งระบบที่มีการให้อากาศและไม่มีการให้อากาศร่วมด้วย แต่สำหรับระบบที่มีชุดแก้วอัตราการแตกของเซลล์จะเพิ่มขึ้นตามการเพิ่มความเร็วรอบของไบนทอน สำหรับการใส่ฟลาว์ไวกายไม่มีผลต่อการแตกของเซลล์อย่างมีนัยสำคัญเปรียบเทียบกับการไม่ใส่ฟลาว์ไวกาย ในการให้อากาศเข้าไปในระบบนั้น ไม่มีผลต่อการแตกของเซลล์ทั้งที่มีและไม่มีการปั่นความเร็วรอบ แต่การเพิ่มความเร็วของอากาศระหว่าง 10 ถึง 40 เซนติเมตรต่อวินาทีจะลดอัตราการแตกของเซลล์แต่จะช่วยให้การถ่ายเทความร้อนได้ดี สำหรับการหมุนวนสารละลายยีสต์โดยไม่มีฟลาว์ไวกาย 10 ถึง 30 เซนติเมตรต่อวินาที ไม่มีผลทำให้เซลล์ยีสต์แตก แต่การเพิ่มความเร็วในการหมุนวนจะลดอัตราการแตกของเซลล์ลง สำหรับชุดแก้วที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 1000 ไมครอนจะให้ประสิทธิภาพในการทำให้เซลล์แตกได้ดีกว่าชุดแก้วขนาด 2000 ไมครอน และการทดลองทำให้เซลล์แตกภายในเวลาที่ความเร็วยังคงค่าพบว่าไม่สามารถทำให้เซลล์ยีสต์แตกได้แม้ว่าจะมีการสั่นคั่นกันระหว่างเซลล์กับชุดแก้ว

ชื่อโครงการวิจัย: การประเมินขนาดและรูปทรงของวัสดุเม็ดที่ได้จากเครื่องบดแบบฟันขบโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์รูปภาพ

ผู้วิจัย: นายพนม ฉัตตยาวิฑูรย์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. ธวัชชัย ชรินทร์ชาตกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: พ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

บทคัดย่อ

การวิเคราะห์รูปทรงของอนุภาคด้วยหลักการของเรขาคณิตแฟรคทัลเป็นวิธีที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถใช้ในการวิเคราะห์รูปทรงอนุภาคได้ แต่มีข้อจำกัดคือหากทำการวิเคราะห์ด้วยมือ จะทำให้สามารถวิเคราะห์ได้อย่างเที่ยงประมาณน้อย อีกทั้งยังอาจเกิดความแตกต่างระหว่างบุคคล ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงได้ทำการประดิษฐ์โปรแกรมที่ประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์ภาพในการวิเคราะห์รูปทรงของอนุภาคด้วยหลักการของเรขาคณิตแฟรคทัลซึ่งเป็นวิธีที่จะสามารถช่วยให้ทำการวิเคราะห์ได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น ทำให้ได้ผลการวิเคราะห์ที่เพิ่มขึ้น โดยผลการวิเคราะห์ที่ได้จะมีความน่าเชื่อถือมากขึ้น นอกจากนี้โปรแกรมที่ประดิษฐ์ขึ้นมาแล้วยังสามารถนำไปใช้วิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลางแบบต่อเนื่องอีกด้วย

จากการวัดค่าการกระจายของอนุภาคมาตรฐานด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพ ได้แก่ การใช้วิธีการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบต่อเนื่อง และเส้นผ่านศูนย์กลางแบบเทียบเท่าวงกลม เปรียบเทียบกับค่าที่ได้จากเอกสารอ้างอิงพบว่า ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบมีฐานที่ได้อาจวิธีการวิเคราะห์ภาพจะใหญ่กว่าค่าอ้างอิงตามมาตรฐานอุตสาหกรรม ประเทศญี่ปุ่น แต่มีลักษณะการกระจายตัวแบบเปอร์เซ็นต์โดยมวลที่ใกล้เคียงกันดังนั้นจึงได้ทดลองนำขนาดด้วยการใช้ค่าคงที่การปรับแก้พบว่าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางแบบมีฐานที่ได้มีความถูกต้องใกล้เคียงกับค่าอ้างอิงมาตรฐาน

งานวิจัยนี้ยังมีการศึกษาถึงปัจจัยต่าง ๆ ของกระบวนการบดในเครื่องบดแบบฟันขบ (Pin Mill) ที่มีผลต่อคุณสมบัติการไหลตัวของอนุภาค และการเปลี่ยนแปลงของรูปทรงภายหลังจากการบด ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ อัตราการป้อนอนุภาควัดดูดิบ และขนาดช่องเปิดของแรง อนุภาควัดดูดิบที่ใช้ในการศึกษาในที่นี้คือ อนุภาคแคลเซียมคาร์บอเนต จากการศึกษาพบว่า เมื่อใช้อัตราการป้อนวัดดูดิบสูงขึ้น ความสามารถในการไหลตัวของอนุภาคภายหลังการบดจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากอิทธิพลของขนาดของอนุภาคที่เพิ่มขึ้น แต่เมื่อใช้แรงที่มีขนาดช่องเปิดใหญ่ขึ้น ความสามารถในการไหลตัวของอนุภาคภายหลังการบดจะลดลง และเมื่อพิจารณารูปทรงของอนุภาคพบว่าค่ามิติแฟรคทัลหรือความขรุขระของอนุภาคเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดช่องเปิดเพิ่มขึ้นจึงส่งผลให้ความสามารถในการไหลตัวของอนุภาคลดลง

ชื่อโครงการวิจัย : การออกแบบและหีกลักษณะของหัวฉีดสลับเหนือเสียง

ผู้วิจัย : นางสาว อรุณรัตน์ แสงแก้ว

อาจารย์ที่ปรึกษา : วิทยานิพนธ์: ศศ.ดร. หทัยชนก ดุริยะบรรจง

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบและหีกลักษณะลักษณะของหัวฉีดที่ใช้เทคนิคของคลื่นเหนือเสียงในการผลิตละอองน้ำที่มีขนาดสม่ำเสมอ ซึ่งหัวฉีดคลื่นเหนือเสียงที่จะสร้างในงานวิจัยนี้มี 2 ชนิด คือ ชนิดที่ใช้เพียโซอิเล็กทริกเซรามิกเป็นตัวกำหนดคลื่นเหนือเสียง และชนิดที่ใช้เรโซเนเตอร์เป็นตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียง โดยศึกษาหัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณลักษณะของหัวฉีด อันได้แก่ ความถี่และความเข้มของคลื่นเหนือเสียง อัตราการไหลของของเหลว คุณสมบัติของของเหลว และความดันอากาศ รวมทั้งเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นกับหัวฉีดชนิดอื่น เพื่อประยุกต์ใช้ในการแก้ปัญหาการฟุ้งกระจายของฝุ่นอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตของโรงงาน

จากการศึกษาในส่วนที่หนึ่ง สำหรับหัวฉีดคลื่นเหนือเสียงชนิดที่ใช้เพียโซอิเล็กทริกเซรามิกเป็นตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียงที่มีความถี่ในช่วง 34-56 กิโลเฮิรซ์ พบว่า ขนาดของหยดละอองน้ำที่สามารถผลิตได้มีค่าในช่วง 42-59 ไมครอน โดยเมื่อหัวฉีดที่ใช้มีความถี่สูงขึ้นจะทำให้ขนาดของหยดละอองน้ำที่ได้ลดลง และสามารถเพิ่มขนาดของหยดละอองน้ำได้ด้วยการลดความเข้มของคลื่นเหนือเสียง ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของหยดละอองน้ำได้ในช่วง ± 15 ไมครอน เมื่อกำลังไฟฟ้าที่ให้กับหัวฉีดมีค่าอยู่ระหว่าง 2-8 วัตต์ หรือโดยการเพิ่มอัตราการไหลของของเหลว ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของหยดละอองน้ำได้ในช่วง ± 13 ไมครอน เมื่ออัตราการไหลของของเหลวที่ใช้มีค่าเท่ากับ 22-250 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อวินาที และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของของเหลวที่ใช้พบว่า คุณสมบัติของของเหลวที่ใช้มีผลต่อขนาดของหยดละอองน้ำ โดยของเหลวที่มีแรงตึงผิวต่ำจะมีผลทำให้หยดละอองน้ำมีขนาดเล็กลง และของเหลวที่มีความหนืดสูงจะไม่สามารถผลิตพ่นได้ รูปแบบของการสเปรย์ที่ได้จากหัวฉีดชนิดนี้เป็นแบบทรงกระบอกเต็ม โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของการสเปรย์เท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของหัวฉีด ทำให้เกิดละอองเพียงเท่ากับ 1 เซนติเมตร

จากการศึกษาในส่วนที่สอง สำหรับหัวฉีดคลื่นเหนือเสียงชนิดที่ใช้เรโซเนเตอร์เป็นตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียง พบว่า ขนาดของหยดละอองน้ำที่หัวฉีดสามารถผลิตได้มีค่าในช่วง 25-39 ไมครอน โดยสามารถเพิ่มขนาดของหยดละอองน้ำได้โดยการลดความดันอากาศ ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของหยดละอองน้ำได้ในช่วง ± 10 ไมครอน เมื่อความดันอากาศที่ให้กับหัวฉีดมีค่าอยู่ระหว่าง 2-3 กิโลกรัมต่อตารางเมตร หรือโดยทำการเพิ่มอัตราการไหลของของเหลว ซึ่งจะสามารถปรับเปลี่ยนขนาดของหยดละอองน้ำในช่วง ± 12 ไมครอน เมื่ออัตราการไหลของของเหลวมีค่าอยู่ระหว่าง 833-7600 ลูกบาศก์มิลลิเมตรต่อวินาที (50-456 มิลลิลิตรต่อนาที) และเมื่อพิจารณาอิทธิพลของคุณสมบัติของของเหลวที่ใช้พบว่า คุณสมบัติของของเหลวที่ใช้ไม่มีผลมากต่อขนาดของหยดละอองน้ำที่ได้ และหัวฉีดชนิดนี้สามารถฉีดพ่นของเหลวที่มีความหนืดสูงได้ รูปแบบของการสเปรย์ที่ได้จากหัวฉีดชนิดนี้เป็นแบบกระจายเต็ม มีองศาในการฉีดพ่นประมาณ 35 องศา และมีเส้นผ่านศูนย์กลางของการสเปรย์ประมาณ 20 เซนติเมตร

หัวฉีดกลืนเนื้อเยื่อทั้งถองชนิด สามารถผลิตหอยหะ องน้ำที่มีขนาดเล็ก และมีการกระจายขนาดของ
หยดละอองที่ เบนกว่าหัวฉีดอื่นที่ใช้กันทั่วไปมาก จากผลการทดลองวัดประสิทธิภาพในการกำจัดฝุ่นในระบบปิด
ด้วยการใช้หัว ฉีดกลืนเนื้อเยื่อชนิดที่ใช้เว โจนเตอร์เป็นตัวกำเนิดคลื่นเหนือเสียง พบว่า หัวฉีดกลืนเนื้อเยื่อมี
ประสิทธิภาพ ในการกำจัดฝุ่นสูงเกินกว่า 90% โดยอัตราการไหลของของเหลวที่ใช้มีค่าเพียง 510 มิลลิเมตรต่อ
นาที่ การใช้ หัวฉีดกลืนเนื้อเยื่อจะช่วยลดปัญหาเรื่องการอุดตันของหัวฉีด และมีปัญหาของทวนขึ้นของหินที่
ผ่านกระบวนการกำจัดฝุ่นด้วยการสเปรดน้ำ เมื่อเปรียบเทียบการประเมินราคาการลงทุนและค่าใช้จ่ายในการ
ดำเนินการกำจัด ฝุ่น 1 หัว พบว่า การใช้หัวฉีดกลืนเนื้อเยื่อมีค่าต้นทุนในการสร้างและติดตั้งคิดเป็น 1.4 เท่า
ของหัวฉีดที่ใช้ ในโรงโม่หิน และมีค่าใช้จ่ายต่อเดือนคิดเป็น 0.4 เท่าของหัวฉีดที่ใช้ในโรงโม่หิน

ชื่อโครงการวิจัย: การจำลองเชิงสโกลแลติกของการเกาะแบบกลุ่มก้อนของแอโรซอลบนเส้นใยชนิดอิเล็กเทรต

ผู้วิจัย: นายเกรียงกร วัฒนอินทร์

อาจารย์ที่ปรึกษา: อาจารย์พนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพาณิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา: นายพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ธวัชชัย ขวัญหาญกุล

บทคัดย่อ

การศึกษาถึงลักษณะการเกาะของอนุภาคบนเส้นใย และการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพของเครื่องกรองอากาศ เมื่ออนุภาคนั้นตัวเป็นกลุ่มก้อนบนเส้นใย เป็นสิ่งจำเป็นในการพัฒนาออกแบบและศึกษาวิธีการใช้งานของเครื่องกรองอากาศ ซึ่งรวมถึงเส้นใยกรองชนิดอิเล็กเทรต โดยเส้นใยชนิดนี้จะประกอบไปด้วยประจุบวกและลบกระจายอยู่บนผิวของเส้นใย ประจุดังกล่าวจะอยู่กันอย่างหนาแน่นและถาวร และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการเก็บอนุภาคนาโนเล็ก ในการศึกษานี้ได้พัฒนาคัดแบบจำลองเชิงสโกลแลติก เพื่อจำลองลักษณะการเกาะตัวแบบกลุ่มก้อนของแอโรซอลบนเส้นใยอิเล็กเทรต โดยพิจารณาแรงทางไฟฟ้า 2 ชนิด คือ แรงเหนี่ยวนำ (กรณีที่มีประจุบวกและลบอยู่ติดกัน) และแรงคูลอมบ์ (กรณีที่มีประจุไฟฟ้าชนิดเดียวกัน) โดยคำนึงถึงการเคลื่อนที่แบบการแพร่ของอนุภาคนาโนโมเลกุลในกระบวนการจำลองของรูปร่างการเกาะตัวของอนุภาคบนเส้นใยสอดคล้องอย่างดีกับผลการทดลองของคานาโอกะและคณะ ทั้งในกรณีอนุภาคที่ไม่มีและที่มีประจุ ลักษณะการกระจายตัวของกลุ่มก้อนอนุภาคที่ถูกจับบนเส้นใย และการเปลี่ยนแปลงประสิทธิภาพการจับอนุภาคบนเส้นใยซึ่งได้มาจากการจำลองนี้ สามารถนำมาทำนายผลของการแพร่ของอนุภาค (ตัวเลหะเพทเลตต์), ค่าพารามิเตอร์ของการสั่นคลอน, ค่าพารามิเตอร์ของแรงทางไฟฟ้า และคุณสมบัติของสารเคลือบเส้นใยอิเล็กเทรต มีต่อรูปร่างของกลุ่มก้อนอนุภาคที่เกาะบนเส้นใย, การกระจายตำแหน่งของอนุภาคบนเส้นใย, การเปลี่ยนแปลงของจำนวนเค้นโครงสร้างขนาดต่าง ๆ ตามเวลาการของ, อัตราพลัดของสารจับโคของเค้นโครงสร้างตามอายุ และค่าสัมประสิทธิ์การเพิ่มประสิทธิภาพในการจับอนุภาคบนเส้นใย

อนึ่ง ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนของการเพิ่มประสิทธิภาพการจับอนุภาคระหว่างเส้นใยที่ถ่วงใช้งาน และเส้นใยที่สะอาด จะสามารถหาได้จากสมการเชิงเส้นในกรณีที่พารามิเตอร์ทางไฟฟ้ามีค่าน้อย แต่ในกรณีที่ค่าพารามิเตอร์ทางไฟฟ้ามีค่าสูงขึ้น ความสัมพันธ์ดังกล่าวจะแบ่งได้เป็นสองช่วง คือ ช่วงที่เส้นใยยังมีค่าการสั่นคลอนต่ำ ๆ และช่วงที่การสั่นคลอนสูงขึ้น นอกจากนี้ แบบจำลองเชิงสโกลแลติกที่เสนอขึ้นนี้ ยังให้ผลการทำนายที่สอดคล้องกับผลการทดลองดีกว่าแบบจำลองที่คานาโอกะและคณะได้พัฒนาขึ้น

ชื่อโครงการวิจัย การทำความเข้าใจความเข้มข้นของฝุ่นที่ระดับพื้นดินจากโรงโม่หินโดยใช้แบบจำลอง ISC3

ผู้วิจัย: นางสาว วิชา ผดุงอุริรัมย์

อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ร่วม: รศ.ดร. ชวิรัชชัย ชรินทร์พานิชกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้นำเทคนิคมอนติ-คาร์โลมาใช้ร่วมกับแบบจำลอง ISC3 ซึ่งเป็นแบบจำลองการกระจายตัวมลพิษแบบเกาส์เซียน เพื่อคำนวณความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงของฝุ่น PM_{10} ในบรรยากาศที่เกิดจากโรงโม่หินจำนวน 48 โรง บริเวณตำบลน้ำพระลานและบริเวณใกล้เคียง ในจังหวัดสระบุรี โดยมีจุดรับมลสารที่สนใจจำนวน 5 จุดในพื้นที่ศึกษา การศึกษาครั้งนี้ได้เก็บข้อมูลรายปีของความเข้มข้นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงและค่าสถิติอื่น ๆ ทำขึ้นภายใต้สมมติฐานที่ว่าโรงโม่หินทุกโรงมีการจัดการระบบบำบัดฝุ่นที่มีประสิทธิภาพ 80% ตัวแปรนำเข้าที่มีความไม่แน่นอน (uncertainty) ที่สนใจ ได้แก่ ตัวแปรสุ่ม และอัตราการปล่อยฝุ่นเฉลี่ย ในกรณีที่ศึกษาจะมีความไม่แน่นอนของความเข้มข้นฝุ่นเฉลี่ยเนื่องจากตัวแปรสุ่มมีความไม่แน่นอน ข้อมูลสุ่มในข้อคิดจะถูกนำมาวิเคราะห์เชิงสถิติเพื่อกำหนดรูปแบบฟังก์ชันของการกระจายตัวของข้อมูลที่เหมาะสม รวมทั้งค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก (α) จากนั้นจึงทำการสร้างตัวแปรแทนของข้อมูลสุ่มเป็นตัวแทนข้อมูลสุ่มในอนาคตจากผลการวิเคราะห์เชิงสถิติของข้อมูลสุ่มในข้อคิดของความเร็วลม, ทิศทางลม, อุณหภูมิบรรยากาศ, ความสูงในการผสม และปริมาณฝน พบว่า ฟังก์ชันการกระจายของข้อมูลสุ่มในข้อคิดมีความสอดคล้องกับฟังก์ชันแบบแกมมา และมีค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก (α) ที่เหมาะสมเท่ากับ 0.5 ในกรณีที่ศึกษาจะมีความไม่แน่นอนของความเข้มข้นฝุ่นเฉลี่ยเนื่องจากอัตราการปล่อยฝุ่นที่มีความไม่แน่นอน ตัวแปรแทนที่มีการกระจายแบบปกติ (normal random variable) ของค่าของตัวคูณอัตราปล่อยฝุ่น (emission factor) จะถูกสร้างขึ้นโดยอ้างอิงตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่นที่จัดทำขึ้นโดย U.S. EPA สำหรับกระบวนการบดย่อยหิน ซึ่งมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.05275 กิโลกรัม/ตัน และสมมติให้มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.005275 กิโลกรัม/ตัน

ผลการจำลองแบบซ้ำกัน 50 ครั้ง หรือปี โดยใช้เทคนิคมอนติ-คาร์โล พบว่าลมที่พัดจากทิศตะวันออกเฉียงใต้เป็นลมที่มีอิทธิพลมากที่สุดต่อความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} เฉลี่ยในพื้นที่ศึกษา เนื่องจากความถี่ของจำนวนครั้งที่ลมพัดในทิศดังกล่าวสูงกว่าความถี่ของจำนวนครั้งที่ลมพัดมาจากทิศทางอื่น ๆ ผลก็คือความน่าจะเป็นที่ความเข้มข้นฝุ่นเฉลี่ย 24 ชั่วโมงมีค่าสูงเกินค่ามาตรฐานในบรรยากาศ (120 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร) จะมีค่าสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งบริเวณจุดรับมลสารที่อยู่ในพื้นที่ท้ายลมนั้นคือบริเวณทิศตะวันตกเฉียงเหนือของพื้นที่ศึกษา นอกจากนี้ยังพบว่าระดับของความไม่แน่นอนของความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} เฉลี่ย 24 ชั่วโมง ในกรณีที่ใช้ตัวแปรสุ่มที่มีความไม่แน่นอนมีค่าสูงกว่าระดับของความไม่แน่นอนของความเข้มข้นฝุ่นดังกล่าวเมื่อใช้ตัวแปรอัตราการปล่อยฝุ่นที่มีความไม่แน่นอน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวแปรสุ่มเป็นปัจจัยสำคัญต่อระดับความไม่แน่นอนของความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} มากกว่าตัวแปรอัตราการปล่อยฝุ่น

อนึ่ง ผลการทดสอบผลของอัตราสัมพันธ์ (autocorrelation) ของข้อมูลความเร็วลม และทิศทางลมที่มีต่อพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปตามเวลาของความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} โดยการแปรเปลี่ยนค่าคงที่ถ่วงน้ำหนัก พบว่าระดับของอัตราสัมพันธ์ของตัวแปรทิศทางลมมีผลต่อพฤติกรรมที่เปลี่ยนไปตามเวลาของความเข้มข้นฝุ่น PM_{10} มากกว่าของตัวแปรความเร็วลม ทั้งนี้เนื่องจากความเร็วลมในพื้นที่ที่ศึกษาส่วนใหญ่เป็นลมสงบ (ความเร็วลมต่ำกว่า 2 เมตร/วินาที)

ชื่อโครงการวิจัย: การจำลองการกำจัดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์และความชื้นอย่างต่อเนื่องด้วยเครื่องดูดซับแบบวัง
ผึ้งหมุน

ผู้วิจัย: นางสาวอรจิรา รุ่งอรุณแสงชัย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: พ.ดร. วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ แบบจำลองคณิตศาสตร์ที่พัฒนาขึ้นสำหรับเครื่องลดความชื้นของอากาศด้วยการดูดกลืนแบบวังผึ้งหมุนที่เคลือบด้วยลิเทียมคลอไรด์ ซึ่งประกอบด้วยกลุ่มสมการอนุพันธ์ธรรมดาได้ถูกคิดแปลงและขยายให้ครอบคลุมกรณีเครื่องลดความชื้นอากาศด้วยการดูดซับบนซิลิกาเจลและซีโอไลต์-13X สมการของ Dubinin-Astakhov ถูกใช้ในการสร้างเส้นกราฟที่อุณหภูมิคงที่ของการดูดซับไอน้ำบนทั้งซิลิกาเจลและซีโอไลต์-13X ที่เคลือบบนแผ่นเซรามิก ความน่าเชื่อถือของแบบจำลองได้รับการพิสูจน์โดยการเปรียบเทียบกับข้อมูลการทดลองอย่างละเอียดของ A. Kodama และคณะ (1993, 1994) แบบจำลองนี้ได้รับการแสดงให้เห็นว่า สามารถทำนายได้อย่างถูกต้องต่อเนื่องสำหรับกระบวนการลดความชื้นและปรากฏการณ์ระดับท้องถิ่นของการถ่ายเทความร้อนและมวลพร้อมกันในวังผึ้งเครื่องลดความชื้น จากการเปรียบเทียบการกระจายของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศในเครื่องลดความชื้นแบบหมุน พบว่าให้ผลสอดคล้องอย่างกับผลการทดลองข้างต้น

จากนั้น ได้มีการศึกษาถึงตัวแปรที่อาจมีผลกระทบ 5 ตัว คือ ความเร็วรอบหมุน, อุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ฟื้นฟูสภาพสารดูดซับ ความเร็วเชิงมุมของอากาศขึ้นภายในห้อง, ความเร็วเชิงมุมของลมร้อนที่ใช้ฟื้นฟูสภาพสารดูดซับ และความยาวของโรเตอร์ ผลที่ได้แสดงว่าอุณหภูมิของลมร้อนที่ใช้ฟื้นฟูสภาพสารดูดซับที่ดีที่สุดสำหรับเครื่องดูดซับแบบหมุนที่เคลือบด้วยซิลิกาเจลและซีโอไลต์-13X คือ 393 และ 453 เคลวิน ตามลำดับ อนึ่ง ความเร็วรอบหมุนที่ดีที่สุดมีค่าประมาณ 14 รอบต่อชั่วโมง ซึ่งจะขึ้นอยู่กับความยาวของโรเตอร์และความเร็วเชิงมุมของอากาศขึ้นลง เส้นกราฟที่ดีที่สุด การเพิ่มขึ้นของความเร็วเชิงมุมของอากาศขึ้นจาก 4.05×10^{-3} เป็น 1.62×10^{-2} กิโลกรัม/วินาที (ตารางเมตร-วินาที) จะทำให้ประสิทธิภาพการลดความชื้นมีค่าลดลงจาก 95% เหลือเพียง 70% และจากเกือบ 100% เหลือเพียง 95% สำหรับกรณีของซิลิกาเจลและซีโอไลต์-13X ตามลำดับ

นอกจากนี้ ได้ทำการจำลองเครื่องลดความชื้นแบบหมุนทั้งที่เคลือบด้วยซิลิกาเจลและซีโอไลต์ร่วมกับห้องกระบวนการปิ้งที่มีที่เปียกในโรงงานเครื่องลั้มน้ำมันแห่งหนึ่งในประเทศไทยเพื่อที่จะทำการศึกษาและทำนายสมรรถนะการลดความชื้นของกระบวนการเชิงพาณิชย์ที่สภาวะต่าง ๆ พร้อมทั้งนำไปเปรียบเทียบกับกรณีของลิเทียมคลอไรด์ด้วย (Prawattana et al., 1997) ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าสารดูดความชื้นแบบลิเทียมคลอไรด์ ซิลิกาเจล และซีโอไลต์สามารถทำให้พื้นที่ห้องแห้งภายใน 10 ชั่วโมง 6 ชั่วโมง และ 3 ชั่วโมง ตามลำดับ

41705563 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEY WORD: EXTRACTION / ASIATICOSIDE / ULTRASOUND

SOMCHIT WONGGUMCHAI : EFFECTS OF ULTRASOUND ON THE EXTRACTION OF PRINCIPAL SUBSTANCES FROM *Centella asiatica* (Linn.) Urban. THE IS ADVISOR: ASSIST.PROF. HATHAICHANOK VANISRI, PhD. THESIS CO. ADVISOR: ASSOC.PROF. CHAIYO CHAICHANTIPYUTH, 180 pp. ISBN 974-03-265-9.

The extraction of asiaticoside of which shows many healing effects from *Centella asiatica* (Linn.) Urban by the conventional method was found the low efficiency in terms of the amount of asiaticoside and the extraction time; and the hazardous solvent used. Thus, the use of ultrasound to enhance the extraction process, series of experiments were carried out at various conditions, i.e. the irradiation time between 0.5-90 minutes, the three different kinds and concentration of solvent (ethanol. Methanol and acetone with the concentration between 20-100%), the particle size between 0.15-0.85 mm, the ratio of solid to solvent between 1-15 g/100ml and the intensity of ultrasound between 9-100 W/cm². Two types of the ultrasonic sources have been used, i.e. an ultrasonic probe (20 kHz) and an ultrasonic bath (47 kHz). The amounts of asiaticoside obtained from the cases with ultrasound have been compared to the cases without ultrasound to investigate the most suitable operating conditions.

From the experimental results, it is shown that in case of the ultrasonic probe, within the same extraction time (i.e. 1 minute) the use of ultrasound can enhance the yield of the extraction up to 3 times compared with the case without ultrasound. When the same amount of asiaticoside extracted is compared (i.e. 1.2 g asiaticoside/ 100 g dried particle solids) the extraction time used is only one minute in the case with ultrasound compared to 90 minutes used in the case without ultrasound. Similarly, for the case of the ultrasonic bath it is found that the amount of asiaticoside extracted be increased by 1.5 times in the case of ultrasonic radiation compared to the case without radiation under the same extraction time (i.e. 10 minutes). When the same amount of asiaticoside extracted is compared (i.e. 1 g asiaticoside/ 100 g dried particle solids), the extraction time is reduced to 1/4 of the time used in the case without an ultrasonic radiation.

The results concerning with the factors affecting the extraction process obtained from the use of the ultrasonic probe have the similar trends. The suitable operating conditions are found as the following: the 40% ethanol solvent (V/V), a particle size of 0.25-0.425 mm, a ratio of solid to solvent of 1 g/100 ml, an ultrasonic intensity of 35 W/cm² within 1 min of the extraction time. The effect of ultrasonic on the chemical composition of asiaticoside is unfound under the experiment conditions. Under an appropriated operating condition, the use of ultrasound in the extraction is found economically attractive.

ชื่อโครงการวิจัย: HYDRODYNAMIC CHARACTERISTICS OF BUBBLES IN GAS-LIQUID FLUIDIZED BEDS

ผู้วิจัย: Pornthep

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: Assoc. Prof. Tawatchai Charinpanitkul

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: Prof. Dr. Wiwut Tanthapanichakoon and Assist. Prof. Dr. Hathnichenok Vanisri

บทคัดย่อ

Three-phase Fluidized Bed has been widely used in many chemical process industries, such as petrochemical, oil distillation and biochemical industries. So far, there have been many investigators trying to unveil the phenomena which take place inside such equipment by using various techniques of measurement. One of the most popular technique is visualization. However, visualization technique could not be employed in opaque system or non-transparent column; therefore, it needs to compensate this problem with the use of other methods such as dual electroconductivity, dual electroresistivity and optical probe. Nevertheless, these methods are destructive approach which gives rise to obstruction to the fluid flow in the system. To avoid the above mentioned problem, we make use of ultrasonic technique which could transmit signal through the column and provide the information of solid suspension inside.

A two-dimensional column with width of 30 cm, thickness of 1.5 cm, and height of 113 cm has been employed to investigate the hydrodynamics of Three-Phase Fluidized Bed (TPFB). Macroscopic flow structures are studied through the flow visualization using Digital Video Camera under various operating conditions. Bubble size distributions are measured using image processing program with assistance of Microsoft Excel. With the information of the bubble population balance, solid holdup and gas holdup could be calculated from experimental images.

From the experiments, it is found that both superficial liquid and gas velocities affect the motion behavior of gas bubbles and solid particles in the system. The effect of liquid flow rate is more significant than that of gas flow rate. From the image processing analysis, the bubble size becomes smaller when the superficial velocity of either liquid or gas phase is increased. Within yeast suspension system, an increase in yeast concentration gives rise to the smaller average bubble size. When supplying ultrasonic measurement technique, the relationship between the solid holdup and the ultrasonic amplitude ratio is found to be exponential function. An increase in superficial gas velocity results in a decrease in the amplitude ratio which represents the higher solid holdup.

ชื่อโครงการวิจัย: อิทธิพลของเครื่องมือบดย่อยและเครื่องคัดแยกขนาดต่อผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียว

ผู้วิจัย: นายธีรพงศ์ เกตุปัญญะวงศ์

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. ธวัชชัย ขวีนพาศิขกุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: คุณ สมชาติ จินธรรมมิตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาเพื่อปรับปรุงกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียวที่ผลิตในภาคอุตสาหกรรม ปัจจุบันมาทำการศึกษา โดยได้ทำการศึกษาอิทธิพลของเครื่องมือบดย่อยและเครื่องคัดแยกขนาดที่มีต่อผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ วัดดูประสิทธิภาพของงานวิจัยก็ทำการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้มีสัดส่วนของปริมาณแป้งหยานในแป้งผลิตภัณฑ์ลดลง เครื่องมือบดย่อยที่ได้ทำการศึกษาคือเครื่อง Hammer mill และเครื่อง Disintegrater (cage mill) โดยศึกษาถึงอิทธิพลของมิติและอนุภาคซึ่งได้แก่ เครื่องไซโคลน เพื่อพิจารณาอิทธิพลของมิติของเครื่องไซโคลนที่มีต่อผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียว

ผลจากการศึกษาพบว่าเครื่อง Disintegrater จะมีอิทธิพลต่อสัดส่วนแป้งหยานและแป้งละเอียดของผลิตภัณฑ์แป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียวมากที่สุด รองลงมาคือเครื่อง Hammer mill และเครื่องไซโคลน ตามลำดับ จากการปรับปรุงกระบวนการผลิตแป้งข้าวเจ้าข้าวเหนียว พบว่าการออกแบบเครื่อง Disintegrater แบบใหม่เพื่อเพิ่มโอกาสในการตีแตกสัดส่วนปริมาณของแป้งหยานในแป้งผลิตภัณฑ์ถึงเหลือ 6.86% สำหรับแป้งข้าวเจ้า และ 4.71% สำหรับแป้งข้าวเหนียว นอกจากนี้พบว่าสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตขึ้น 2.40% สำหรับแป้งข้าวเจ้า และ 4.77% สำหรับแป้งข้าวเหนียว

ชื่อโครงการวิจัย: การพัฒนาและออกแบบเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยวของสุนัข

ผู้วิจัย: นายปริญญา นานาคาล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ คัมพะพานิชกุล

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการอบแห้งผลิตภัณฑ์ของขบเคี้ยวสำหรับสุนัขเพื่อใช้ในการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่อง โดยได้ทำการศึกษาการอบแห้งในตู้อบแห้งแบบวงรีที่ใช้อยู่ในโรงงานปัจจุบัน ออกแบบและสร้างเครื่องอบแห้งแบบวงรีขึ้นมาเพื่อศึกษาถึงลักษณะเฉพาะของการอบแห้งชิ้นขบเคี้ยว และศึกษาถึงตัวแปรในการอบแห้งที่มีผลต่ออัตราการอบแห้ง ได้แก่ ชนิดของผลิตภัณฑ์ อุณหภูมิของลมร้อน และความเร็วลมที่ใช้ในการอบแห้ง พร้อมทั้งนำข้อมูลของอัตราการอบแห้งที่ได้ไปใช้คำนวณหาขนาดของเครื่องอบแห้งที่เหมาะสม โดยได้พัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องขึ้นมา 3 ชนิด คือ แบบสายพานถ้ำลึก, แบบอุโมงค์ที่ลมไหลตัดขวาง และแบบอุโมงค์ที่ลม

จากการศึกษาเครื่องอบแห้งแบบวงรีที่ใช้อยู่ได้พบว่ามีช่วงการกระจายตัวของความชื้นในวัสดุบนแต่ละถาดค่อนข้างกว้าง และเมื่อทำการทดลองทดสอบระยะเวลาไอน้ำเข้าในเครื่องอบแห้ง พบว่ากลับทำให้ประสิทธิภาพเชิงพลังงานของเครื่องลดต่ำลง โดยประสิทธิภาพของเครื่องก่อนการทดสอบระยะเวลาไอน้ำมีค่าอยู่ระหว่างร้อยละ 43.38-54.08 และประสิทธิภาพของเครื่องหลังการทดสอบระยะเวลาไอน้ำมีค่าร้อยละ 40.46-46.10

ผลจากการศึกษาตัวแปรต่างๆ โดยการทดลองพบว่า ชิ้นขบเคี้ยวสำหรับสุนัขชนิดกระดูกอัดขนาด 12 นิ้ว ใช้ระยะเวลาในการอบแห้งนานที่สุด ถ้าอุณหภูมิของลมร้อนเพิ่มขึ้นจะมีผลให้อัตราการอบแห้งเพิ่มสูงขึ้นแต่อุณหภูมิจะถูกจำกัดโดยคุณภาพของวัสดุซึ่งคงไม่มีการเปลี่ยนแปลงไป สำหรับความเร็วของลมพบว่าอัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นจนถึงค่าความเร็วลมที่ค่าๆ หนึ่ง จากนั้นถ้าเพิ่มความเร็วลมขึ้นอีก จะมีผลให้อัตราการอบแห้งกลับช้าลง ในการทดลองพบว่าความเร็วลมที่ให้ค่าอัตราการอบแห้งสูงสุด คือ ความเร็วลม 1.0 เมตรต่อวินาที สำหรับกระดูกอัดขนาด 12 นิ้ว และ 4 นิ้ว

จากผลของการจำลองการอบแห้งพบว่าเครื่องอบแห้งแบบต่อเนื่องที่มีความเหมาะสมที่สุดสำหรับ การอบแห้งชิ้นขบเคี้ยวสำหรับสุนัขจะเป็นเครื่องอบแห้งแบบอุโมงค์ที่ลมไหลตัดขวาง โดยมีสภาวะที่เหมาะสม คือ ช่วงของอุณหภูมิของลมร้อนแบ่งออกเป็น 2 ช่วง โดยทั้งสองช่วงตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 60 องศาเซลเซียส ความเร็วลม 1.0 เมตรต่อวินาที และ 0.9 ในแต่ละช่วงตามลำดับ

ชื่อโครงการวิจัย: การพัฒนาเครื่องเคลือบผิวอนุภาคแบบฟลูอิดไลซ์เบดสำหรับการใช้งานด้านเภสัชกรรม

ผู้วิจัย: นายกิตติศักดิ์ งามสมบูรณ์กิจ

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: รศ.ดร. ธวัชชัย ขวัญพาณิชย์กุล

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ.ดร. หทัยชนก สุริยะบรรณ

บทคัดย่อ

งานนี้เป็นการพัฒนาเครื่องเคลือบผิวอนุภาคเพื่อใช้ในงานทางด้านเภสัชกรรม รวมไปถึงศึกษาตัวแปรกระบวนการ (ความเร็วอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไลซ์, อุณหภูมิของอากาศที่ใช้ในการฟลูอิดไลซ์) และชนิดของหัวฉีด (แบบใบนาวิและแบบกลิ้งเหนือเสียง) ที่มีต่อคุณสมบัติของฟิล์มเคลือบที่ได้ ได้แก่ ความหนาของฟิล์มเคลือบ, สัดส่วนน้ำหนักรวมที่เพิ่มขึ้น, ร้อยละผลิตภัณฑ์, ร้อยละการจับตัวกันของอนุภาค, ลักษณะรูปร่างของอนุภาคฟิล์มเคลือบ ที่วิเคราะห์โดยใช้ตะกั่วผงร้อนและกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด สมบัติทางกายภาพของอนุภาคฟิล์มเคลือบ ได้แก่ ความหนาแน่นปรากฏขณะอัด, มุมกองขณะสาง ที่วิเคราะห์โดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติตัวตลุม และระยะเวลาในการละลายของอนุภาคฟิล์มเคลือบ

จากการศึกษาพบว่า เมื่อความเร็วอากาศและอุณหภูมิที่ใช้ในการฟลูอิดไลซ์เพิ่มขึ้น ทำให้สัดส่วนน้ำหนักรวมที่เพิ่มขึ้น, เปอร์เซ็นต์ผลิตภัณฑ์, มุมกองขณะสาง, ความหนาของฟิล์มเคลือบ และความขรุขระของอนุภาคฟิล์มเคลือบมากขึ้น เนื่องจากความเร็วอากาศที่เพิ่มขึ้นทำให้อนุภาคในคอลัมน์เกิดการหมุนเวียนได้ดีขึ้น ในขณะที่อุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ความชื้นภายในคอลัมน์ลดลง แต่ในทางกลับกันความหนาแน่นปรากฏขณะอัดและเปอร์เซ็นต์การจับตัวกันของอนุภาคลดลง อันเป็นผลมาจากความชื้นที่ลดลงและปริมาณฟิล์มเคลือบที่มาเกาะอนุภาคแกนกลางมากขึ้น เมื่อพิจารณาระยะเวลาในการละลายของอนุภาคฟิล์มเคลือบ พบว่าอุณหภูมิของอากาศที่ใช้มีผลเพียงเล็กน้อย ปรากฏการณ์ดังกล่าวข้างต้นพบในกรณีที่ใช้หัวฉีดแบบใบนาวิและหัวฉีดแบบกลิ้งเหนือเสียง เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพของอนุภาคฟิล์มเคลือบที่ได้จากหัวฉีดทั้งสองพบว่าผลแตกต่างไม่มากนัก แต่การกระจายตัวของขนาดอนุภาคที่ได้จากหัวฉีดแบบกลิ้งเหนือเสียงจะมีขนาดเล็กกว่าจากหัวฉีดใบนาวิ

ชื่อโครงการวิจัย: การจำลองการแพร่กระจายของมลสารอากาศเหนือบริเวณภูมิประเทศแบบไม่ใช้ที่ราบโดยใช้ระบบแกน 3 มิติทั่วไป

ผู้วิจัย: นางสาวไพโรจน์ จิตร์เจริญเมือง

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ตันตะพานิชกุล

บทคัดย่อ

ในวิทยานิพนธ์นี้ แบบจำลองการแพร่กระจายของมลสารอากาศซึ่งใช้ระบบแกน 3 มิติชนิดทั่วไปร่วมกับเทคนิค CFD ถูกใช้เพื่อทำนายการแพร่กระจายของมลสารอากาศเหนือบริเวณภูมิประเทศที่ไม่ใช่ที่ราบ ความเหมาะสมของแบบจำลองได้รับรองพิสูจน์โดยการเปรียบเทียบกับคำตอบเชิงวิเคราะห์ของแบบจำลองปรากฏการณ์การขนส่งสำหรับการที่ราบ และข้อมูลการทดลองในอุโมงค์ลมเหนือบริเวณที่ไม่ใช่ที่ราบของ R. Ohba และคณะ สำหรับกรณีแรกแบบจำลองนี้แสดงให้เห็นว่า เหมาะกับการทำนายการแพร่กระจายของมลสารที่บริเวณห่างจากแหล่งกำเนิดมากกว่าในบริเวณใกล้เคียง ส่วนผลการเปรียบเทียบกับผลการทดลองในอุโมงค์ลมพบว่า แบบจำลองนี้เหมาะกับการทำนายความเข้มข้นในระยะทางใต้ลมที่บริเวณหน้าเขาได้มากกว่าบริเวณหลังเขาและมีความเที่ยงตรงมากกว่าในบริเวณที่มีความแตกต่างของความชันของพื้นที่ไม่มากนัก

จากนั้น ได้ทำการทดลองบนคอมพิวเตอร์เพื่อศึกษาอิทธิพลตัวแปร 5 ตัวคือ ทิศทางลม ความเร็วลม ทิศประสิทธิการแพร่กระจายในแนวระดับและแนวตั้ง และ เลขยกกำลังของกฎยกกำลังที่มีต่อความเข้มข้นเฉลี่ย $4S_F$ ซึ่งแพร่กระจายเหนือบริเวณภูเขาโคเคเคียวโดยจำลองแบบจากเขา Stepioc Buice ในรัฐวอชิงตัน ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ทิศทางลม ความเร็วลม และสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายในแนวระดับและแนวตั้งมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญต่อความเข้มข้นเฉลี่ยที่สถานีตรวจวัดส่วนใหญ่ ที่เลือก อนึ่งเลขยกกำลังของกฎยกกำลัง มีอิทธิพลอย่างมีนัยสำคัญที่บางสถานีตรวจวัดเท่านั้น

สุดท้ายแบบจำลองนี้ถูกใช้เพื่อทำนายความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} เฉลี่ยภายใต้เงื่อนไขของ ทิศทางลม ความเร็วลม และ สัมประสิทธิ์การแพร่กระจายแนวตั้งต่างๆ ที่สถานีตรวจวัดต่างๆ ในบริเวณโรงไม่หินในจังหวัดสระบุรี ผลการทำนายแสดงให้เห็นว่าเมื่อความเสถียรของบรรยากาศเพิ่มขึ้นซึ่งสะท้อนให้เห็นจากค่าสัมประสิทธิ์การแพร่กระจายแนวตั้งที่ลดลง จะทำให้ความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} ที่ทำนายได้มีค่าสูงขึ้นที่ทุกสถานีตรวจวัด การเปลี่ยนแปลงของทิศทางลมนี้ ทำให้ค่าความเข้มข้นของฝุ่นที่ทำนายได้เปลี่ยนอย่างมีนัยสำคัญ ณ สถานีตรวจวัดส่วนใหญ่ เนื่องจากความเร็วลมในพื้นที่ที่ศึกษาเป็นพื้นที่ลมสงบ(ความเร็วลมไม่เกิน 2 เมตรต่อวินาที) นอกจากนี้ในการศึกษาผลกระทบของตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่น พบว่าความเข้มข้นของฝุ่น PM_{10} เฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้นเป็นสัดส่วนกับการเพิ่มค่าตัวคูณอัตราการปล่อยฝุ่น

ISBN 974-1-2409-8

ด้วยเหตุนี้ ผลสำรวจข้างต้น การออกแบบเครื่องกำเนิดไฟฟ้าในระดับอุตสาหกรรมโดยมีอัตราการผลิตประมาณ 150 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จึงได้เลือกใช้วิธีการให้ความร้อนโดยตรงโดยใช้ไอน้ำ ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วนหลักคือ ส่วนควบคุมการป้อนไอน้ำ, ส่วนตัวเครื่องกำเนิด และส่วนการดึงตัวอากาศ รายละเอียดของผลการออกแบบในเชิงวิศวกรรมมีอยู่ใน บทที่ 8 ของวิทยานิพนธ์

427031 221 MAJOR CHEMICAL ENGINEERING

KEYWORD: SLOW RELEASE FERTILIZER / SOY PROTEIN ISOLATE / FORMALDEHYDE

NAME: NGAMCHET TANAROM: DEVELOPMENT OF SLOW RELEASE PROTEIN-COATED
CHEMICAL FERTILIZER USING SOYBEAN-RESIDUE. THESIS ADVISOR: MISS NATTAPORN
TORNANON, THESIS CO-ADVISOR: PROF. WIWUT TANTHAPANICHAKOON, Ph.D., 128 pp.
ISBN 974-17-1840-3

The present work is aimed to study the feasibility to obtain slow release 8-24-24 chemical fertilizer coating with soy protein isolate as an essential raw material. The coating material is mainly composed of Soy Protein Isolate (SPI), distilled water, plasticizer, formaldehyde as cross-linking agent and color with an optimum composition of 7%, 82.5%, 7%, 3% and 0.5% by weight, respectively. It is found that the characteristic of coating film such as thickness of film and structure of the coating film are important factors affecting the release ability. The increase in thickness of film and the denseness of structure with small pores, resulting in extended period of releasing time. The main factor to increase a thickness of film is by coating fertilizer for several times. The factors to more dense the structure of coating film with small pores are using high concentration of soy protein isolate, using the mineral oil, a non-soluble material, as plasticizer and increasing cross-linking of protein bonds by activated coating film with formaldehyde solution that can change the structure of coating film from amorphous to crystal.

From this work can conclude that the activated coated fertilizer have a long period of time for releasing Nitrogen (N) compared with the non-activated coated fertilizer and uncoated fertilizer. The period of releasing time of these fertilizer are 9 days, 6 days and 3 days, respectively.

Department Chemical Engineering

Field of study Chemical Engineering

Academic year 2002

Student's signature.....

Advisor's signature.....

Co-advisor's signature.....

ชื่อโครงการวิจัย: การกำจัดองค์ประกอบก๊าซไนโตรเจนและแอมโมเนียที่ความเข้มข้นต่ำโดยใช้เครื่องปฏิกรณ์ปล่อย
โครมาแบบอนุกรมสองเครื่องที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ผู้วิจัย: นายศุภชัย ไชยโย

อาจารย์ที่ปรึกษา: ภาณุพันธ์: ศ.ดร. วิวัฒน์ ศัลยกำธร

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของงานวิจัยนี้คือ ศึกษาผลของอุณหภูมิที่มีต่อการกำจัดไนโตรเจนและ/หรือแอมโมเนียโดย
อาศัยปฏิกิริยาการปล่อยเล็กทรอนิกส์ เนื่องจากก๊าซเป้าหมายเหล่านี้เป็นก๊าซของค์ประกอบ 2 ชนิดของก๊าซที่ปล่อยจากเตา
เผาที่อุณหภูมิสูง ในเบื้องต้นได้ทำการศึกษาลักษณะสมบัติการปล่อยโครมาที่เงื่อนไขอุณหภูมิสูง แล้วทำการ
ประยุกต์เครื่องปฏิกรณ์แบบดับอิเล็กทรอนิกส์ในการกำจัดก๊าซไนโตรเจน (C_xH_x) และ/หรือ แอมโมเนีย (NH_3) ออกจากก๊าซ
ไนโตรเจนที่อุณหภูมิห้องถึงอุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ปัจจัยที่ทำการศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นขาเข้าของไนโตรเจน
ร้อยละของออกซิเจนและความเข้มข้นของไอน้ำในกระแสก๊าซ จากผลการทดลองในอดีตและปัจจุบันพบว่า ถ้าความ
เข้มข้นของก๊าซไนโตรเจนยิ่งต่ำ ประสิทธิภาพการกำจัดจะยิ่งดีขึ้นโดยไม่ขึ้นกับอุณหภูมิการทดลอง อนึ่ง การมีออกซิเจน
ผสมอยู่ในก๊าซไนโตรเจนจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซให้สูงขึ้นทั้งก๊าซไนโตรเจน และ/หรือแอมโมเนีย ส่วน
การมีไอน้ำจะช่วยให้ประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไนโตรเจนจากก๊าซไนโตรเจน แต่กรณีที่มีไอน้ำในก๊าซไนโตรเจน-
ออกซิเจนจะทำให้ประสิทธิภาพการกำจัดต่ำกว่ากรณีที่ไม่มีไอน้ำ

นอกจากนี้ ยังได้ทำการศึกษากำจัดก๊าซผสมไนโตรเจน และแอมโมเนียแบบพร้อมกัน พบว่าอิทธิพลของก๊าซ
ไนโตรเจนที่ผสมอยู่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซแอมโมเนีย ในขณะที่อิทธิพลของก๊าซแอมโมเนียที่ผสมอยู่ทำให้
ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไนโตรเจนลดลงเล็กน้อย ดังที่คาดไว้ การมีออกซิเจนผสมอยู่ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการ
กำจัดแบบพร้อมกัน เนื่องจากมักเกิดปัญหาการเกิดผลิตภัณฑ์ที่ไม่ต้องการ ปัญหาสามารถบรรเทาได้อย่างน่าพอใจ
โดยการใช้เครื่องปฏิกรณ์สองเครื่องที่ออกแบบอนุกรม

BASIC STUDY ON THE APPLICATION OF
ELECTRON ATTACHMENT REACTION TO THE
TREATMENT OF CREMATORY EMISSION GAS*
การศึกษาพื้นฐานเกี่ยวกับการประยุกต์ปฏิกิริยาเติมอิเล็กตรอน
กับการบำบัดก๊าซทิ้งจากเมรุเผาศพ

Wiwut Tanthapanichakoon
วิวัฒน์ ตันทะพานิชกุล

Kittisak Larpsuriyakul
กิตติศักดิ์ ลารสุริยกุล

Paisarn Khongprasarnkal
ไพศาล คงประสานกาล

Tawatchai Charinpanitkul
ธวัชชัย ชรินพานิชกุล

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

Hajime Tamon
ฮาจิเมะ ทะมอน

Morio Okazaki
โมริโอะ โอคาซากิ

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kyoto University
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกียวโต

Noriaki Sano
โนริอากิ ซาโน

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering
Himeji Institute of Technology
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีฮิเมจิ

(ได้รับเมื่อ พฤศจิกายน 2540)

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2540

J. Natl. Res. Council Thailand, 1996, 28 (2)

ABSTRACT

Electron attachment reaction occurs when low-energy electrons generated in a corona-discharge reactor are captured by electronegative impurities, producing negative ions. The ions migrate in the electric field to the anode (reactor wall) and are removed at the wall. Basic study on the application of electron attachment to the treatment of gaseous pollutants including those present in crematory emission gases were carried out experimentally. Several important effects, namely, discharge current, inlet gas concentration, space velocity and coexisting O_2 or H_2O vapor on the removal efficiency have been investigated. The experimental results reveal that generally the higher the discharge current, the higher the removal efficiency, whereas the space velocity and inlet gas concentration yield the opposite results. It is found that the presence of O_2 or H_2O vapor may either enhance or retard the removal efficiency.

In addition, as a guideline for scaling up, the effects of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode (reactor) shape and the number of cathodes on the removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants, methyl iodide, chlorofluorocarbon and acetaldehyde, were investigated experimentally. The results reveal that the thicker the cathode diameter tested, the higher the removal efficiency. In contrast, the smaller the reactor diameter among three equivolume reactors, the higher the removal efficiency. As for the number of cathodes in a single reactor vessel, the single-cathode reactor exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

บทคัดย่อ

ปฏิกิริยาเคมีอิเล็กตรอนเกิดขึ้นเมื่ออิเล็กตรอนพลังงานต่ำที่ผลิตในเครื่องปฏิกรณ์แบบปล่อยโคโรนาถูกผลกุดของก๊าซไม่บริสุทธิ์ชนิดอิเล็กโตรเนกาตีฟจับไว้ เป็นผลให้เกิดไอออนประจุลบขึ้น ไอออนประจุลบที่คั่งขึ้นนี้จะเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้าไปยังขั้วอะโนด (ผนังของเครื่องปฏิกรณ์) และถูกกำจัดออกที่ผนังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการประยุกต์ใช้การเคมีอิเล็กตรอนกับการบำบัดก๊าซมลพิษรวมทั้งองค์ประกอบของก๊าซที่เกิดจากการเผาปนพิษโดยการทดลอง ซึ่งการวิจัยนี้ครอบคลุมถึงผลกระทบที่สำคัญหลายอย่าง ได้แก่ กระแสปล่อยออก ความเข้มข้นของก๊าซเข้า อัตราการไหลของก๊าซ และปริมาณของน้ำหรือไอน้ำ ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า โดยทั่วไปแล้ว หากกระแสปล่อยออกยิ่งสูง ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น ในขณะที่อัตราการไหลของก๊าซและความ

เข้มข้นของก๊าซฯเข้ากลับให้สมดุลกันข้าม อนึ่ง ปริมาณออกซิเจนหรือไอน้ำอาจช่วยเพิ่มหรือลดประสิทธิภาพการกำจัดได้

นอกจากนี้ ยังได้ทำการทดลองเพื่อกำหนดแนวทางในการขยายขนาดของเครื่องปฏิกรณ์ ผลกระทบของโครงสร้างของเครื่องปฏิกรณ์ ได้แก่ เส้นผ่านศูนย์กลางของกะโหลก รูปทรงกะโหลก (เครื่องปฏิกรณ์) และจำนวนของกะโหลก ที่มีต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซมลพิษความเข้มข้นต่ำ 3 ชนิดคือ อะเซทดีไฮด์ (CH_3CHO), เมทิลไอโอไดด์ (CH_3I) และคลอโรฟลูออโรคาร์บอน ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$) ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกะโหลกที่ใช้ทดสอบยิ่งโตขึ้น ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น ตรงกันข้าม เมื่อเปรียบเทียบระหว่างเครื่องปฏิกรณ์ 3 เครื่องที่มีปริมาตรเท่ากัน พบว่าถ้าขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเครื่องปฏิกรณ์ยิ่งเล็กลง ประสิทธิภาพการกำจัดก็จะยิ่งสูงขึ้น อนึ่ง เมื่อเปรียบเทียบผลของจำนวนกะโหลกในเครื่องปฏิกรณ์เครื่องเดียวกัน พบว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มีกะโหลกเดียวให้ประสิทธิภาพการกำจัดสูงกว่าเครื่องปฏิกรณ์ที่มี 5 กะโหลก

INTRODUCTION

Crematory emission gas

Like most countries Thailand has been facing various environmental problems due to the growth of human activities. For example, a sizable number of city vehicles and industrial plants releasing an unacceptable level of various gaseous pollutants as well as particulate matter significantly contribute to global impacts such as the greenhouse effect, acid rain, urban smog, and depletion of ozone layer in the stratosphere. It has been found that although the concentration levels of the gaseous pollutants are very low in the ppm or ppb orders, they not only lead to environmental deterioration but also cause public nuisances and, in many cases, may be detrimental to public health.

Recently, a latent source of public nuisance has become prominent. It is the crematoria of nearly 20,000 temples in Thailand, particularly the approximately 300 temples in the Bangkok Metropolitan Area. Besides particulates, malodorous gaseous components are emitted during cremation, causing frequent complaints from local communities. This is because emission from the furnace of the crematorium is directly released from the stack to the atmosphere without any treatment. It is reported that nearly all of the approximately 20,000 temples in Thailand lack appropriate emission control systems, including most of the nearly 300 temples in Bangkok having frequent crematory activities. A few rich temples have installed cremating furnaces with the

after-burning systems, which cost around 3-5 million baht per system. However, shortage of funds has impeded even the upgrading of the existing furnaces. Most temples nationwide and even some well-known ones in Bangkok still use firewood as the main fuel. Thus the chances of them installing the imported after-burning systems are slim, if not nil, unless some novel and economical control system can be developed to remove the dilute obnoxious gaseous components in crematory emission with high efficiency. The removal of particulates is easier but should also be achieved by the same system.

Though the problem is much less severe, similar complaints about crematory emission are heard in several countries, including Japan, the United Kingdom and Germany. In order to meet the emission control standards, a typical modern Japanese crematorium generally installs an after-burner furnace to decompose the malodorous organic gaseous components at high temperature. Next fresh air is drawn to cool down and further dilute the residual gaseous components by one or two orders of magnitude before sending the cooled-down gas through a dust collector^{2,8,9}

Nishida^{8,9} reports that exhaust gas from one gas-fired crematory in Japan consists of the following average gaseous composition after 100-fold dilution with fresh air.

High-concentration components:

N ₂	78%
O ₂	20-21%

Low-concentration components:

CO ₂	0.01-0.02%
H ₂ O	0.22%
NO _x	80 ppm (max)
SO _x	5.8 ppm (max)
Acetic acid (CH ₃ COOH)	24 ppm
Hydrocarbons	230 ppm (as propane)

Very low-concentration malodorous components:

Acetaldehyde (CH_3CHO)	0.04 ppm
Styrene ($\text{C}_6\text{H}_5\text{CH}=\text{CH}_2$)	0.01 ppm
Hydrogen sulfide (H_2S)	0.01 ppm
Methyl mercaptan (CH_3SH)	0.001 ppm
Dimethyl sulfide [$(\text{CH}_3)_2\text{S}$]	0.0005 ppm
Ammonia (NH_3)	0.37 ppm (max)
Trimethyl amine [$(\text{CH}_3)_3\text{N}$]	0.023 ppm (max)

It can be seen that, besides NO_x and SO_x , various kinds of dilute gas components are present as malodorous gases. It should be noted that the above concentrations of such malodorous gases have been diluted 100 times with ambient air. Hence, the concentrations are nearly 100 times higher before dilution.

Because of greater public awareness of nuisances and health risks associated with crematory emission, the Parliamentary Committee on Science and Technology, House of National Representatives, is much interested in some appropriate technology to solve the problem of the malodorous gases. This has motivated the authors to jointly carry out a basic study on the application of electron attachment reaction to the treatment of crematory emission gas.

Electron attachment reaction

The novel concept of gas purification by low-energy electron attachment was first proposed by Tamon et al.¹⁵ When low-energy electrons collide with gas molecules, some of them are captured by the molecules and negative ions are formed. This phenomenon is called "electron attachment"¹⁵ and it depends on the electron energy, the structure of the gas molecule, and its electron affinity. There is a huge difference in the attachment probability among different types of gas molecules, and this leads to high selectivity in the production of negative ions^{15,16}. Hence electronegative impurities of extremely low concentration can selectively become negative ions by electron attachment and they can effectively be separated from the neutral gas in an electric field.

Tamon et al.¹⁶ constructed two kinds of separation devices using either photocathode or glow discharge as electron source. They reported high efficiency for the removal from nitrogen of SF_6 of very low concentrations. Recently Tamon et al.¹⁷ used two types of corona-discharge reactors to remove sulfur compounds, iodine and oxygen from nitrogen. They also discussed the purification mechanism and presented simulation models for predicting the removal efficiency. Subsequently, Tamon et al.¹⁸ investigated the influence of coexisting oxygen and/or water vapor on the removal of several sulfur compounds. As a continuation, Sano et al.¹² used a new type of corona-discharge reactor, the wetted-wall reactor, and the conventional deposition-type reactor to remove iodine and methyl iodide from nitrogen.

Sano¹³ and Sano et al.^{14,15} have reported the production of various chemical species of negative ions during the removal of either CH_3I , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ or CH_3CHO from air or N_2 . For example, dissociative electron attachment of CH_3CHO may produce O^- , C_2O^- , HC_2O^- , CH_3CO^- , or CH_3^- . Similarly, I^- may be produced from CH_3I ; whereas Cl^- and F^- from $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$. In the removal of CH_3I from air and $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from N_2 , dark brown particles are formed on the reactor anode. On the other hand, in the removal of CH_3CHO from air, a brown coating is formed.

Gas purification via electron attachment mechanism relies on an entirely different working principle from those of the conventional gas separation methods, such as 1) gas absorption, 2) adsorption, 3) membrane separation, 4) distillation, 5) cryogenic separation. The new method possesses the distinction that it is capable of removing a variety of gaseous pollutants, including toxic gases, particularly at extremely low concentration levels (ppm or ppb orders). Whereas the conventional methods either have relatively low efficiency or are energy intensive at such low levels.

Since most malodorous components in the crematory emission are highly electronegative gaseous components, electron attachment seems to be one most effective way to remove them in an electric field. The present work aims at a basic study on the application of electron attachment reaction to the treatment of crematory emission. The first part of what follows is the various effects on the individual removal efficiency of the key components found in crematory emission by Nishida. The second part aims to obtain a guideline on how to scale up the electron attachment reactor. As a first step, the effect of the reactor structure on removal efficiency must be

understood. Any structural change is expected to affect simultaneously several important factors such as the discharge current, electron energy, electric field strength, migratory distance, and residence time in the reactor. The second part investigates the effects of the reactor structure, namely the cathode diameter, the anode (reactor) dimension and the number of cathodes on the resulting removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants.

With further advancement of the technology and the use of multi-stage reactor, it is reasonable to aim at the simultaneous removal of both gaseous pollutants and fine particles since the basic principle of corona discharge and subsequent deposition on the anode is similar to that of an Electrostatic Precipitator (ESP)^{6,10,11,21}. This is however beyond the scope of this work.

Principle of gas purification

Figure 1 illustrates the principle of gas purification by removing an impurity, AB, from an inert gas in a cylindrical corona-discharge reactor¹⁷. The corona discharge method employed here is an efficient method to supply a sufficient number of low-energy electrons to the gas stream. A wire stretched along the axis of the reactor acts as cathode and the outer cylinder acts as grounded anode. High DC voltage applied to the cathode induces corona discharge in the reactor. Electrons generated at the cathode drift to the anode along the electric field. During their drift, a portion of them collides with gas molecules. Negative ions, A^- , are thus selectively produced by electron attachment and they likewise drift to the anode as the electrons do. If the number of electrons generated in the reactor is sufficient to collide successfully with all gaseous impurities and if all negative ions A^- produced completely deposit at the anode surface, complete removal is achieved.

Besides the above-mentioned removal mechanism associated with electron attachment reaction in the corona-discharge reactor, it is believed that other removal mechanisms may simultaneously affect the removal efficiency. When negative ions are produced in the reactor, they may possibly interact with other gas molecules via their electrostatic forces and negative-ion clusters may be formed. Each cluster then contains more than one of the gas molecules targeted for removal. When such clusters drift to the anode and deposit there, the removal efficiency is enhanced by the formation of negative-ion clusters.

Another possible mechanism contributing to the removal efficiency is the so-called radical reaction. When dissociative electron attachment also takes place in the reactor, not only negative ions but also reactive radicals are produced. In particular, radicals may readily be produced in the immediate vicinity of the cathode surface since high electric field strength exists there. It is logical to assume that removal efficiency would be affected by radical reaction.

The reaction of gas molecules with O_3 is frequently mentioned. Ozone reaction can take place when oxygen coexists in the gas stream. High energy electrons close to the cathode collide with O_2 molecules to dissociatively produce O radicals. O radicals can next react with O_2 molecules to produce O_3 , which is reactive with various kinds of gases. Hence, ozone reaction is expected to contribute to the destruction of a number of gaseous impurities in the gas stream, thus improving the removal efficiency.

PART I. INVESTIGATION ON INDIVIDUAL REMOVAL EFFICIENCY

What follows is a summary of the experimental results of individual removal for a variety of gases, including several components found in crematory emission. More specifically, the influences of several important factors, namely, discharge current, applied voltage, gas flow rate, inlet gas concentration, and some coexisting gases (e.g., oxygen and water vapor) on the removal efficiency of the individual targeted gases are examined experimentally. Note that some of the removal data have already been published elsewhere.^{2,3,12,14,15,16,17,18,19,20}

MATERIALS AND METHODS

Figure 2 shows a schematic diagram of the gaseous pollutant remover. A gas sample was mixed with N_2 , N_2-O_2 or N_2-H_2O in a gas mixing device and was then fed to the corona-discharge reactor. The coexisting oxygen or water vapor was introduced in order to examine its influence on the removal efficiency of each gas sample. Sulfur hexafluoride (SF_6), dimethyl sulfide $[(CH_3)_2S]$, carbonyl sulfide (COS), hydrogen sulfide (H_2S), methyl mercaptan (CH_3SH), carbon disulfide (CS_2), sulfur dioxide (SO_2), methyl iodide (CH_3I), acetaldehyde (CH_3CHO), chlorofluorocarbon (C_2Cl_3F), and trimethyl amine ($(CH_3)_3N$) were investigated. The reactor consists of a 38-

mm-ID, 280-mm-long cylindrical anode (brass pipe) and a 0.3-mm-diameter wire cathode. A gas absorber was used to trap the residual impurities and possible by-products at the outlet of the reactor. The flow rate of the gas mixture was measured by a soap film flow meter.

The inlet concentrations of the gas samples were adjusted by mixing lab-grade gases with N_2 . The concentrations of individual sulfur or organic compounds (gas samples) at both the inlet and outlet of the reactor were determined by a gas chromatograph with a flame photometric detector (FPD) or with a flame ionization detector (FID), respectively. The inlet concentration of water vapor was controlled by bubbling the inert gas (N_2) in distilled water in a temperature-controlled bath. The concentration of water vapor was analyzed by a dew point hygrometer. The inlet concentrations of the gas samples, oxygen and water vapor ranged between 0.176–400 ppm, 1–49%, 300–13,000 ppm, respectively.

The removal efficiency, ψ , is defined by the following equation,

$$\psi = (C_{in} - C_{out}) / C_{in} \quad (1)$$

where C_{in} and C_{out} are the inlet and outlet concentrations of the pollutant in the gas sample.

In some cases, Eq. (1) may not be suitable if not only the gaseous pollutant but also reaction by-products are to be considered, for example, removal of sulfur compounds. In such cases, removal efficiency is defined as follows.

$$\psi^s = 1 - (C_{out} + kC_{sub}) / C_{in} \quad (2)$$

where C_{sub} is the total concentration of reaction by-products in the outlet gas. k is a stoichiometric number for sulfur. For example, when the by-products appear, k is $1/2$ for CS_2 removal, or 1 for other removals if, from the stoichiometric relation, one molecule of the reaction by-products contains one sulfur atom.

RESULTS AND DISCUSSION

The reactor pressure is atmospheric throughout all the experiments referred to in this paper. Figures 3 and 4, respectively, show the measured (experimental) and

the correlated (calculated) removal efficiency of SF_6 from N_2 as a function of the discharge current I and gas space velocity SV , corresponding to the specified inlet concentrations of SF_6 . In Figure 3, SV (the ratio of the gas flow rate to the reactor volume) is fixed at 18.9 h^{-1} . Obviously, the higher the discharge current I , the higher the removal efficiency ψ . This is because the probability of electron attachment increases with the increased number of free electrons available for collision with SF_6 molecules.

The correlated values of ψ in Figures 3 and 4 were obtained by Tamon et al.¹⁷ using the relevant kinetics and transport phenomena model. Though the measured and correlated values agree reasonably well, their model is applicable to the simple case (like SF_6) in which no clusters of negative ions are formed by electron attachment.

Tables 1-4 show, respectively, the effects of inlet gas concentration (C_{in}), space velocity (SV), coexisting oxygen (C_{O_2}), and coexisting water vapor ($C_{\text{H}_2\text{O}}$) on the experimental removal efficiency (ψ) and the type of reaction by-products detected. Table 5 shows the simultaneous effects of $C_{\text{H}_2\text{O}}$ and C_{O_2} on ψ and by-product type. In each table the ranges of I , SV , C_{in} , C_{O_2} , $C_{\text{H}_2\text{O}}$ indicate the ranges of the values used in the experiments. In the column on "removal efficiency", the "incr." or "decr." under the "change of ψ " with respect to " I ", " C_{in} " or " SV " means ψ was found to increase or decrease as the mentioned variable (I , C_{in} , or SV) increased. For example, the first row of Table 1 indicates that in the case of SF_6 , experiments were carried out at several SF_6 inlet concentrations (C_{in}), that at each C_{in} , ψ increased as I increased, and that at the same I , ψ decreased as C_{in} increased. ψ_{max} is the maximum value observed among all of these experiments. In fact, Tables 1-5 are unanimous that ψ increases as I increases.

Furthermore, Figure 3 shows that ψ increases as the inlet concentration, C_{in} , decreases. For example, when C_{in} is either 1 ppm or 176 ppb, about 99% of SF_6 is removed in the reactor. In short, if sufficient electrons compared with the electronegative gas molecules are supplied to the reactor, the removal efficiency improves. Table 1 shows the effect of the inlet gas concentration (C_{in}) on the removal efficiency. Results similar to SF_6 removal for several other gas pollutants are summarized in this table.

The effect of space velocity, SV , on the removal efficiency of SF_6 in N_2 is given in Figure 4. The inlet concentration, C_{in} , are 300 and 1.05 ppm at $I = 1.2 \text{ mA}$.

It is found that ψ decreases as SV increases. This is because, as SV increases, the mean residence time of the gas in the reactor decreases, thus lowering the chances of successful collisions between the electrons and gas molecules. Table 2 summarizes the effect of space velocity on the removal efficiency of several types of gases. The trend is the same as that of SF_6 . As can be seen in both Figures 3 and 4, the ψ measured from the experiments shows good agreement with the correlated ones, which are calculated using the model proposed by Tamon et al.¹⁷

Figure 5 shows CS_2 removal from N_2 with O_2 concentration ranging between 0–49.3%. In this figure, ψ^s defined by Eq. (2) is applied. It is obvious that ψ^s is greatly improved by the presence of oxygen. Also there exists an optimum O_2 concentration for maximum ψ^s . The effect of coexisting oxygen on the removal efficiency of certain gas samples is shown in Table 3. As seen in the table, most gaseous components show higher ψ^s as the percentage of O_2 becomes higher, except for the case of $C_2Cl_3F_3$ removal. In the case of $C_2Cl_3F_3$, it is surmised that electrons are consumed by reacting with the coexisting O_2 , so $C_2Cl_3F_3$ has less chances to react with electrons in N_2 - O_2 mixture than in N_2 . Another possible explanation for the decrease of ψ^s in the presence of O_2 is that radical reactions or the formation of the organic particles could be inhibited by the coexisting O_2 .

The removal results for COS in the presence of water vapor are shown in Figure 6. Evidently, the removal efficiency, ψ^s , is enhanced by the presence of H_2O . The formation of negative-ion clusters in the presence of H_2O could contribute to the higher removal efficiency. The experimental results for other gases are summarized in Table 4. Generally ψ^s increases with H_2O concentration.

The simultaneous effect of O_2 and H_2O on the removal efficiency is shown in Figure 7 and Table 5. Figure 7 shows the removal efficiency of SO_2 with 5.1% O_2 and 600–5,300 ppm H_2O . Also shown for comparison is the removal efficiency without O_2 but with 400 ppm H_2O . This result shows very high ψ^s in the high I range in the presence of O_2 . In the low I range, sufficient presence of H_2O raises ψ^s . However, the effect of H_2O on ψ^s is negligible in the high I range. On the contrary, the removal of CS_2 shows an opposite tendency, though the effect of H_2O is negligible in the high I range. This may be because of the formation of the by-product, COS.

SUMMARY OF PART I

Electron attachment reaction has been shown to be a promising treatment method for hazardous and malodorous gases such as SO_2 , H_2S , CH_3CHO , CH_3SH and $(\text{CH}_3)_2\text{S}$. Although most of the data in Tables 1-5 indicate imperfect removal efficiency, it can be expected that their removal efficiencies would be enhanced either by increasing the discharge current above that investigated in the present work or by adding another reactor in series. Another way to enhance the removal efficiency is to decrease the space velocity by reducing the gas flow rate or increasing the reactor length. It is also found that the lower the inlet gas concentration, the higher the removal efficiency becomes.

Furthermore, the experimental results reveal that the presence of some common coexisting gaseous components such as O_2 and H_2O in a gas mixture may positively or negatively affect the removal efficiency of the targeted gaseous pollutant.

PART II. EFFECT OF REACTOR STRUCTURE ON REMOVAL EFFICIENCY

As previously described in **Part I**, the electron attachment method has shown great promise for treatment of crematory emission and several gas pollutants. So far all experimental studies have been carried out using small electron attachment reactors. For on-site application, however the device needs to be scaled up 100 to 1000 times. To obtain a scale-up guideline, the effect of reactor structure on the removal efficiency must be understood. This is because any structural change is expected to affect simultaneously several important factors such as the discharge current, electron energy, electric field strength, migratory distance, and residence time in the reactor.

MATERIALS AND METHODS

The experimental apparatus used in this part is schematically identical to that shown in Figure 2, except for the structure of the reactor. Three effects of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode shape, and the number of cathodes in the reactor on the removal efficiency with respect to CH_3I , CH_3CHO and $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ have been investigated experimentally. In this part, the removal efficiency, ψ , defined by Eq. (1) is used in all experiments.

1. Influence of the cathode diameter

The experiments can be categorized into two parts: 1) removal from dry air (20% O_2), and 2) removal from dry N_2 . A variety of cathode diameters, 0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.26, and 1.6 mm, was tested. The diameter and length of the anode were 38 mm and 280 mm, respectively.

2. Influence of the anode shape

Three different shapes for the equivolume cylindrical reactor vessel, whose diameter (mm) and length (mm) are 76 x 70, (largest diameter), 38 x 280 (intermediate diameter), and 19 x 1,120 mm (smallest diameter), were tested. The cathode diameters used for the individual removal of CH_3I , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$, and CH_3CHO were 0.3, 0.3, and 0.2 mm, respectively.

3. Influence of the number of cathodes

The cross section of the two reactor types are illustrated in Figure 8. Both have the same design features except for the number of cathode wires, one vs. five.

The diameter and length of the anode were 38 mm and 280 mm, respectively. The cathode diameter used for each gas was 0.3 mm.

RESULTS AND DISCUSSION

1. Influence of the cathode diameter

As mentioned earlier, the probability of electron attachment depends on electron energy and gas component. Electron energy in the reactor depends on the ratio of the electric field strength, E , to the total gas pressure, p , i.e. E/p . Electrons are accelerated in E , and collisions between electrons and gas molecules cause deceleration in p . Thus, if E/p is high, electron energy is also high. The electric field strength E is a function of r , as follows.

$$E = V/[r \ln (R/R_0)] \quad (3)$$

As seen in Eq. (3), electron energy increases when the corona voltage increases. Figure 9 shows the relation between the discharge current, I , and voltage, V , for CH_3I removal from air. Obviously, a thicker cathode diameter requires a significantly higher V to yield the same current. Similar tendency to the case of CH_3I removal from air also happens to CH_3I removal from N_2 as well as $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ and CH_3CHO removal. According to Eq. (3), an increase in the cathode diameter, R_0 , contributes to an increase in E under a constant V . It can be said that the thicker the cathode diameter, the higher the electric field strength, E .

The average electric field strength per total pressure is given as follows.

$$\langle E/p \rangle = \frac{\int_{R_0}^R (2\pi r)(E/p) dr}{\pi (R^2/R_0^2)} = \frac{2V}{p(R+R_0) \ln (R/R_0)} \quad (4)$$

Figure 10 shows the observed $\langle E/p \rangle$ for CH_3I removal from air as a function of I . At the same discharge current I , the average value of $\langle E/p \rangle$ increases as the cathode diameter increases because a higher voltage V is required (see Figure 9). Thus the electron energy in Figure 10 increases with increasing cathode diameter.

Figure 11 shows the observed removal efficiency, η , for CH_3I removal from air corresponding to the different sizes of the cathode. It is found that a thicker

cathode provides a higher ψ . From Figures 10 and 11, it may be concluded that a high removal efficiency is attributable to a higher electron energy.

Although a thicker cathode wire provides a higher ψ , the required voltage, V , becomes higher as well, resulting in a higher power consumption. Figure 12 depicts ψ for CH_3I removal from air as a function of electric power, P . It conclusively shows that a thicker cathode provides a higher ψ when comparison is made at the same P . Figure 13 shows the effect of the cathode diameter on the removal of CH_3I from N_2 . The same conclusion on the cathode diameter is reached, as in the case of CH_3I removal from air (Figure 12). As another example, Figure 14 compares the removal efficiency of CH_3CHO from air vs. N_2 . Comparison of Figures 12 and 13, as well as Figure 14, reveals that a higher ψ is achieved for CH_3I and CH_3CHO in the presence of O_2 . Since O_3 can be generated from O_2 in the corona-discharge reactor, the significant enhancement in ψ may be ascribed to ozone oxidation.

2. Influence of the anode shape

Figure 15 compares the removal efficiency of $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from air among three anode (reactor) shapes. The order of efficiency is: smallest reactor diameter > intermediate diameter > largest diameter. Figure 16 shows the relations between ψ and P . It conclusively shows that the smaller the anode diameter, the higher the removal efficiency. Similar tendency was observed for the other cases.

The applied voltage and average E/p for $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ removal from air are shown, respectively, in Figures 17 and 18. As seen in Figure 17, the larger the reactor diameter, the higher the required V . However, Figure 18 shows a different order of V vs. I from that of E/p vs. I in Figure 17. According to the typical electric field profile, this comparison suggests that the average electron energy in the smallest reactor diameter is largest, while the other two shapes have approximately the same electron energy.

From the previous discussion, it is found that ψ is enhanced as electron energy becomes higher. Since the orders of ψ vs. I and $\langle E/P \rangle$ vs. I differ as the anode shape changes, the difference in removal efficiency can not be attributed solely to the electron energy. The fact is that gas flow pattern inside the reactor is very complex. In a corona discharge, the ionized gas induces a gas convection, the so-called

"ion wind" or "corona wind". Since the wind velocity has been reported to be 1.5–2.0 m/s²², it can considerably flatten the overall gas velocity profile in the reactor, even if the superficial Reynolds number apparently indicates a conventional laminar flow regime. In other words, the reactor may be regarded as the plug-flow reactor (PFR).

In the case of a relatively short reactor, the reactor is closer to the completely stirred tank reactor (CSTR) more than PFR. Since the reaction rate here decreases as conversion increases, the PFR gives a higher conversion than CSTR. This explains why the 76 mm-diameter reactor has a significantly lower η than the 38 mm-diameter reactor even though their average $\langle E/p \rangle$ values are more or less equal.

One important conclusion is that to enhance the removal efficiency, the reactor should be as long and slender as technically feasible, provided the resulting higher velocity does not cause excessive pressure drop and turbulence. Efficiency enhancement could be obtained even when P , i.e. power consumption, is lowered significantly to achieve comparable average electron energy.

3. Influence of the number of cathodes

Figures 19 and 20 compare the effect of the cathode number on η for removal of CH_3CHO from air with respect to I and P , respectively. Using either criterion, the single-cathode reactor clearly exhibits higher efficiency than the 5-cathode one.

It was visually confirmed that, when high voltage was applied to the 5-cathode reactor, the corona of the central cathode failed to appear. This means that some "dead space" (corona-free space) existed around the central cathode wire. If there exists an electron-free space in the reactor, a part of the gas that passes through that electron-free space has no chance to collide with any electrons. In addition, the spatial distribution of electrons is not uniform in the 5-cathode reactor because the current is mainly generated in the region where each cathode is closest to the anode surface. In short, not only an electron-free space is found in the central region along the reactor axis but the electron-rich space occupies only some restricted space between the four cathodes and the outer anode. Therefore, the effective space inside the 5-cathode reactor is very small, thus leading to the low removal efficiency.

SUMMARY OF PART II

The structural effects of the corona-discharge reactor on gaseous removal of CH_3 , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ and CH_3CHO have been investigated. The experimental results reveal that the thicker the cathode, the higher the removal efficiency, provided the discharge voltage remains stable. Regarding the anode shape of equivolume reactors, it has been found that the smaller the reactor diameter, the higher the removal efficiency despite a lower energy consumption. As for the number of cathodes, the single-cathode reactor definitely exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Basic investigations on the important effects, namely, discharge current, inlet gas concentration, space velocity, and coexisting oxygen and water vapor on the individual removal efficiency of various kinds of gaseous pollutants have been carried out experimentally. It can be said that the electron attachment method shows good promise for treating several of the gaseous pollutants found in crematory emission.

According to the experimental results, a higher space velocity or inlet gas concentration causes a lower removal efficiency. On the other hand, a higher discharge current leads to a higher removal efficiency. The presence of either O_2 or H_2O in a gas mixture also plays an important role in the enhancement or, conversely, retardation of removal efficiency.

In addition, the effect of structural changes of the corona-discharge reactor on the gaseous removal efficiency has been investigated experimentally. The experimental data of this study would be very useful as guideline for scaling up the device. In conclusion, the most suitable structure of the corona-discharge reactor is the structure where reactor diameter is the smallest and its single cathode wire is sufficiently thick. It is, however, necessary to carry out further study on the simultaneous removal of several coexisting gaseous components which are found in crematory emission.

ACKNOWLEDGEMENT

The present work is a part of a bilateral Research Collaboration Project where Thai side is supported by a two-year grant from the National Research Council of Thailand. Mr. Kittisak Larpsuriyakul spent one year (1995-1996) in Prof. Okazaki's Lab under an Exchange Program sponsored by the Association of International Education Japan. Dr. Wiwut Tanthapanichakoon receives financial support from Thailand Research Fund (1996-1999) and he also made a short-term visit in 1994 under JSPS Exchange Scheme. The support rendered by NRCT, TRF, AIEJ and JSPS are gratefully acknowledge. On the Japanese side financial support was supplied by the Ministry of Education, Science, Sports and Culture of Japan through a Grant-in-Aid on Development of Scientific Research No. 0555211 (1994).

NO MEMCLATURE

C	=	concentration [ppm]
E	=	electric field [Vm^{-1}]
I	=	discharge current [mA]
P	=	power consumption [W]
P	=	pressure [Pa]
R	=	radius of the reactor anode [m]
R_c	=	radius of the reactor cathode [m]
r	=	coordinate along the radius [m]
SV	=	space velocity [h^{-1}]
V	=	discharge voltage [V]

<Subscript>

in	=	inlet of reactor
out	=	outlet of reactor

REFERENCES

1. Calhoun, G.E. A Survey of the Gas-Phase Negative Ion Kinetics of Inorganic Molecules. Electron Attachment Reactions. *Chem. Rev.*, 1975, 75, 333-351.
2. Larpvijaykul, K., Sano, N., Tamon, H., Tanthapanichakoon, W. and Okazaki, M. Influence of Structure of Corona-Discharge Reactor on Removal of Dilute Gases Using Electron Attachment. *Proc. Himeji Conf. Soc. Chem. Eng. Japan*, 1996, 270-271.
3. Larpvijaykul, K., Choringpmitkul, T., Tanthapanichakoon, W., Sano, N., Tamon, H. and Okazaki, M. Removal of Dilute Gaseous Impurities by Electron Attachment Reaction Using Corona-Discharge Reactors of Different Structures. 7th National Conf. Chem. Eng. and Appl. Chemistry, Chiang Mai, 24-25 October 1997.
4. Löfner, F. Staubabscheiden. Thieme Verlag, Stuttgart, 1988.
5. Massey, S.H. Negative Ions. Cambridge University Press, Cambridge, 1976.
6. Massey, S.H. Atomic and Molecular Collisions. Taylor & Francis, London, 1979.
7. Nishida, K. and Matsuda, Y. Malodor of Exhaust Gas from Crematory. *J. Odor Control*, 1981, 10, 1-11. (in Japanese)
8. Nishida, K. Malodor at Cremation Facility (Part I). *PPM*, 1988, 3, 49-58. (in Japanese)
9. Nishida, K. Malodor at Cremation Facility (Part II). *PPM*, 1988, 4, 51-59. (in Japanese)
10. Ogata, A. Separation of Particles from Air and Gases, Vol. II. CRC Press, Florida, 1984.
11. Ogleby, S. and Nichols, G.B. Electrostatic Precipitation. Marcel Dekker, New York, 1978.
12. Sano, N., Nagamoto, T., Tamon, H. and Okazaki, M. Removal of Iodine and Methyl Iodide in Gas by Wended-Wall Reactor Based on Selective Electron Attachment. *J. Chem. Eng. Japan*, 1996, 29, 59-64.
13. Sano, N. Development of Gas Purification Technology by Selective Electron Attachment. Doctor Thesis, Kyoto University, Kyoto, 1997.
14. Sano, N., Nagamoto, T., Tamon, H., Suzuki, T. and Okazaki, M. Removal of Methyl Iodide in Gas by Corona-Discharge Reactor. *J. Chem. Eng. Japan*, 1997a. (in press)
15. Sano, N., Nagamoto, T., Tamon, H., Suzuki, T. and Okazaki, M. Removal of Acetaldehyde and Skatole in Gas by Corona-Discharge. *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1997b, 36, 3783-3791.
16. Tamon, H., Yano, H. and Okazaki, M. A New Method of Gas Mixture Separation Based on Selective Electron Attachment. *Kagaku Kagaku Ronbunshu*, 1989, 15, 663-668.
17. Tamon, H., Mizota, H., Sano, N., Schulze, S. and Okazaki, M. New Concept of Gas Purification by Electron Attachment. *AIChE J.*, 1995, 41, 1701-1711.
18. Tamon, H., Sano, N. and Okazaki, M. Influence of Oxygen and Water Vapor on Removal of Sulfur Compounds by Electron Attachment. *AIChE J.*, 1996, 42, 1481-1486.

19. Tanthapichakoon, W., Larpsuriyakul, K., Sano, N., Tamen, H. and Okazaki, M. Effect of Reactor Structure on Removal of Methyl Iodide and Chlorofluorocarbon in Gas Using Selective Electron Attachment. *Proc. Regional Symp. Chem. Eng., Jakarta, October 1996*, 3.2.1-3.2.14.
20. Tanthapichakoon, W., Larpsuriyakul, K., Charinganikul, T., Sano, N., Tamen, H. and Okazaki, M. Effect of Structure of Corona-Discharge Reactor on Removal of Dilute Gaseous Pollutants Using Selective Electron Attachment. *J. Chem. Eng. Japan*, 1998, 31, (in press)
21. White, L. L. *Industrial Electrostatic Precipitation*. Addison-Wesley, London, 1963.
22. Yabe, T., Mori, Y. and Hijikata, K. EHD Study of the Corona Wind between Wire and Plate Electrode. *AIAA J.*, 1978, 16, 340.

Table 1. Effect of inlet gas concentration on removal efficiency

Sample gas	Experimental conditions					Removal efficiency		
	I [mA]	SV [h ⁻¹]	C_{in} [ppm]	C_{O_2} [%]	C_{H_2O} [ppm]	Change of ψ		ψ^*_{max} [-]
						I	C_{in}	
SO ₂	0.25~1.6	18.9	0.176~298	0	0	incr.	decr.	1.0
SO ₂	0.25~1.6	18.9	32.7~304	0	0	incr.	decr.	0.44
(CH ₃) ₂ S	0.25~1.5	18.9	3.88~89	0	0	incr.	decr.	0.90
CH ₃ I	0.1~2.0	47.3	27.6~144.3	0	0	incr.	decr.	0.65
C ₂ H ₅ F ₃	0.1~3.0	18.9	50~400	0	0	incr.	decr.	1.0
CH ₃ CHO	0.1~1.0	21.8	9.9~35.6	0	0	incr.	decr.	0.88
(CH ₃) ₃ N	0.5~1.0	58.6	43	0	0	incr.	-	0.40

Maximum ψ observed among all experiments

Table 2. Effect of space velocity on removal efficiency

Sample gas	Experimental conditions					Removal efficiency		
	I [mA]	SV [h ⁻¹]	C_{in} [ppm]	C_{O_2} [%]	C_{H_2O} [ppm]	Change of ψ		ψ^*_{max} [-]
						I	C_{in}	
SO ₂	1.2	4.7~163	1.05	0	0	-	decr.	1.0
CH ₃ I	0.1~2.0	24.6~76.1	81.5	0	0	incr.	decr.	0.80
CH ₃ CHO	0.25~1.5	21.8~66.2	35.6	0	0	incr.	decr.	0.70

Maximum ψ observed among all experiments

Table 3. Effect of coexisting oxygen on reaction by-products and removal efficiency

Sample gas	Experimental conditions					Reaction by-product	Removal efficiency		
	I	SV	C_{in}	C_{O_2}	C_{H_2O}		Change of ψ^*		ψ^*_{max}
	[mA]	[h ⁻¹]	[ppm]	[%]	[ppm]		I	C_{in}	
SO ₂	0.25-1.5 (10.1-4.5)	18.9	101	0-18	0	none	incr.*	incr.*	0.95
CS ₂	0.18-1.5 (9.3-14.8)	18.9	30	0-49	0	SO ₂ COS	incr.	max. at 2%*	0.98
COS	0.2-1.5 (9.5-14.8)	18.9	29	0-50	0	SO ₂	incr.	max. at 2%	0.92
CH ₃ SH	0.05-1.0 (6.3-14.9)	18.9	69	0-20	0	SO ₂ H ₂ S or COS	incr.	incr.	1.0
(CH ₃) ₂ S	0.25-1.0 (6.0-10)	18.9	70	0-22	0	none	incr.	incr.	1.0
C ₂ Cl ₃ P ₃	0.1-1.5 (9.2-15.2)	18.9	400	0-20	0	HCl or HF [†]	incr.	decr.	0.88**
(CH ₃) ₃ N	0.05-0.15 (8.3-14.0)	69.4	25	0-20	0	CH ₃ CHO, C ₂ H ₅ OH, (CH ₃) ₂ CO or CH ₃ NO ₂	incr.	incr.	1.0**

* ψ^* for SO₂ increases with discharge current; ψ^* of SO₂ increases with the concentration of O₂; ψ^* of CS₂ becomes maximum at 2% of O₂ concentration.

** Maximum ψ is calculated by Eq. (1).

Table 4. Effect of coexisting water vapor on reaction by-products and removal efficiency

Sample gas	Experimental conditions					Reaction by-product	Removal efficiency		
	<i>I</i>	<i>SV</i>	<i>C_{in}</i>	<i>C_{O2}</i>	<i>C_{H2O}</i>		Change of ψ^e		ψ^e_{max}
	[mA]	[h ⁻¹]	[ppm]	[%]	[ppm]		<i>I</i>	<i>C_{H2O}</i>	[-]
H ₂ S	0.2~1.45 (3.5~8.7)	37.8	60	0	400~11,000	none	incr.	incr.	1.0
SO ₂	0.25~1.5 (4.5~5.7)	37.8	122	0	400~13,000	none	incr.	incr.	0.39
CS ₂	0.25~1.4 (4.9~7.5)	37.8	48	0	300~11,000	SO ₂ COS	incr.	incr.	0.66
COS	0.25~1.5 (4.5~5.7)	37.8	53	0	650~10,000	SO ₂	incr.	incr.	0.64
CH ₃ SH	0.1~1.5 (4.8~6.5)	37.8	40	0	1,000~10,000	SO ₂	max. at 0.25~0.5 mA	incr.	0.65
(CH ₃) ₂ S	0.25~1.5 (4.5~5.6)	52.9	38	0	1,100~9,100	SO ₂	max. at 0.5 mA	incr.	0.27

Table 5. Effect of coexisting water vapor on reaction by-products and removal efficiency in presence of oxygen

Sample gas	Experimental conditions					Reaction by-product	Removal efficiency		
	<i>I</i>	<i>SV</i>	<i>C_{in}</i>	<i>C_{O2}</i>	<i>C_{H2O}</i>		Change of ψ^e		ψ^e_{max}
	[mA]	[h ⁻¹]	[ppm]	[%]	[ppm]		<i>I</i>	<i>C_{H2O}</i>	[-]
SO ₂	0.25~1.5 (9.0~14.5)	37.8	120	5.0	600~6,300	none	incr.	incr.*	0.89
CS ₂	0.25~1.5 (8.5~14.0)	37.8	65	14.5	600~9,500	SO ₂ COS	incr.	decr.	0.93
(CH ₃) ₂ S	0.1~1.5 (8.0~14.0)	52.9	39	7.9	600~5,600	SO ₂	incr.	incr.	0.98

* Negligible in high discharge current

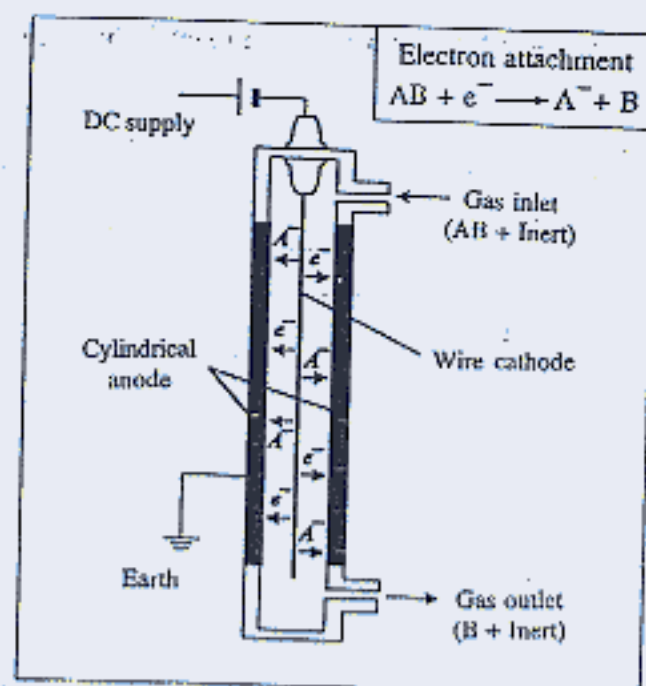


Fig 1. Principle of gas purification

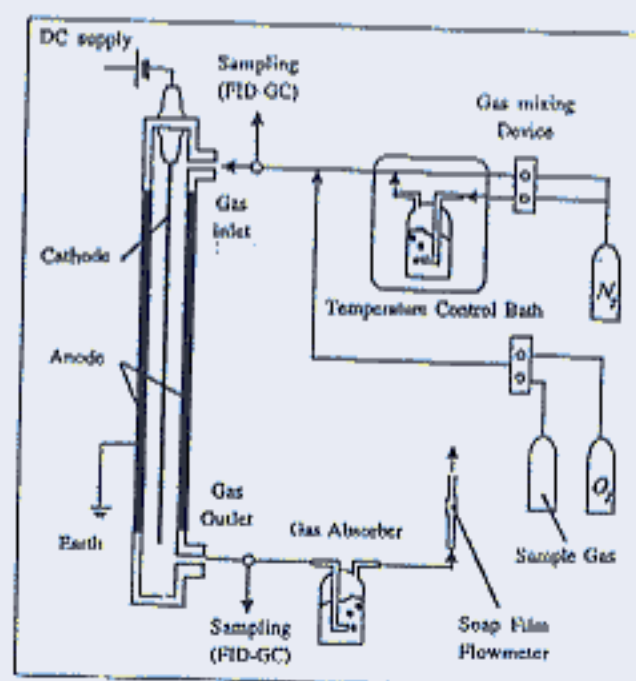


Fig 2. Schematic diagram of experimental apparatus

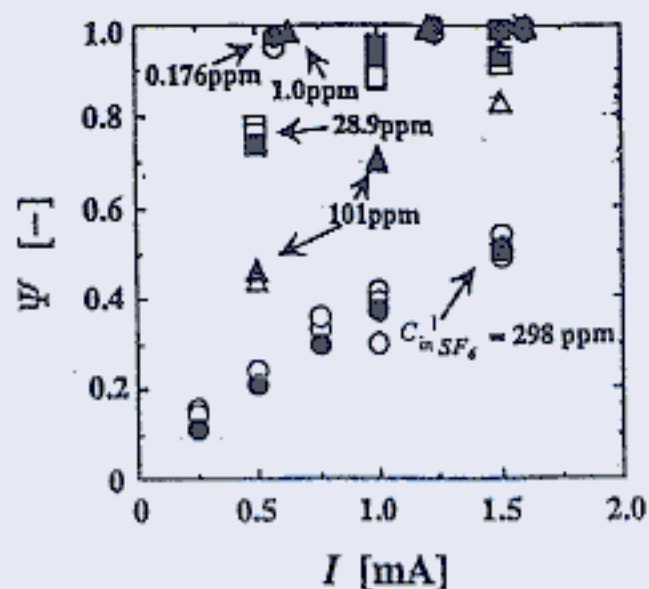


Fig 3. Removal efficiency of SF_6 from N_2 : $\text{SV} = 18.9 \text{ h}^{-1}$:
(open symbol, measured; filled symbol, correlated)

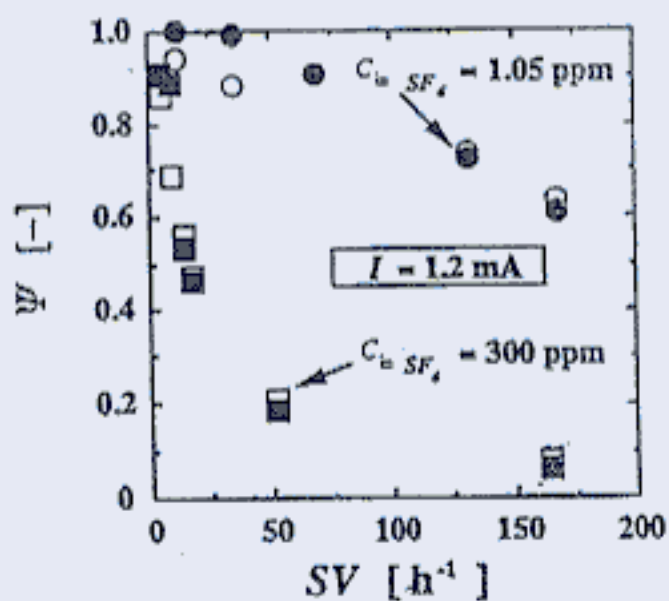


Fig 4. Influence of gas flow rate on removal efficiency of SF_6 :
(open symbol, measured; filled symbol, correlated)

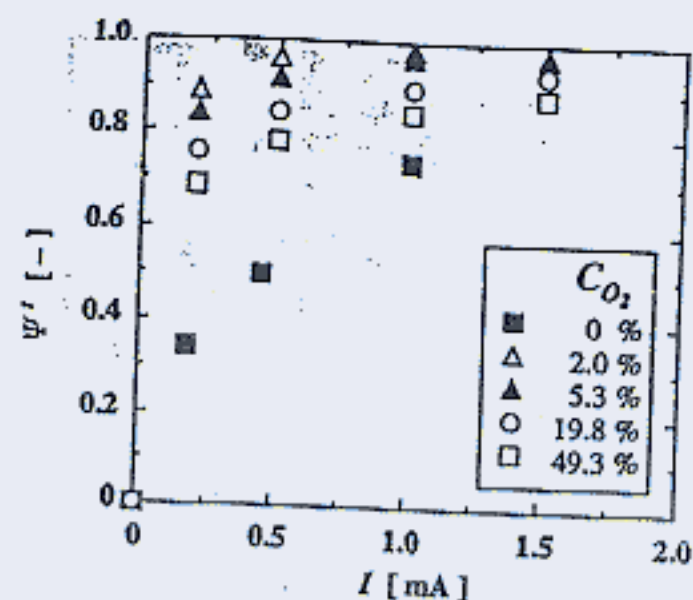


Fig 5. Removal efficiency of CS_2 in presence of O_2 :
 $C_{in} = 29.8$ ppm, $SV = 18.9$ h⁻¹

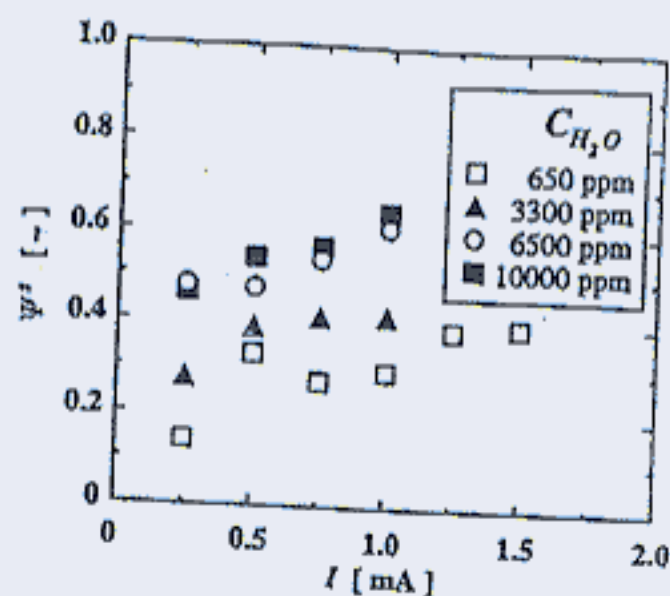


Fig 6. Removal efficiency of COS in presence of H_2O :
 $C_{in} = 52.8$ ppm, $SV = 37.8$ h⁻¹

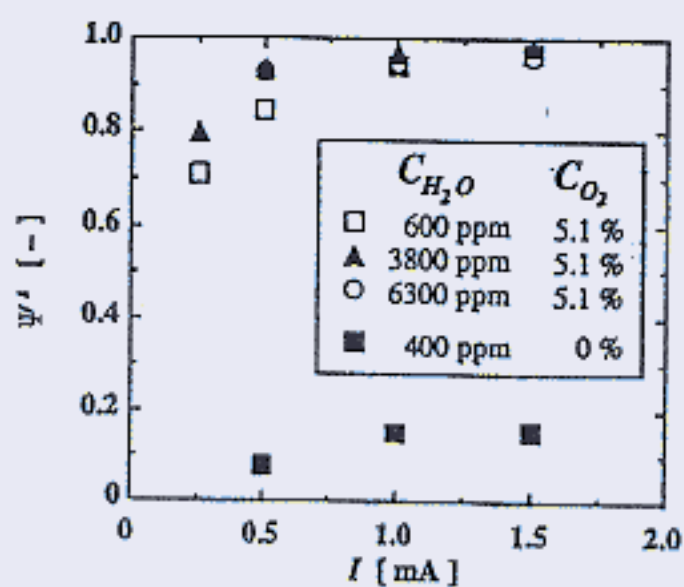


Fig 7. Removal efficiency of SO_2 in presence of O_2 and H_2O :
 $C_{in} = 120.0$ ppm, $SV = 37.8$ h^{-1}

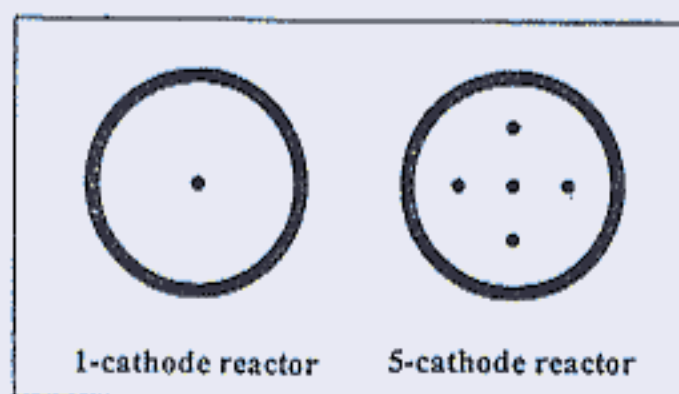


Fig 8. Cross sections of two types of reactor

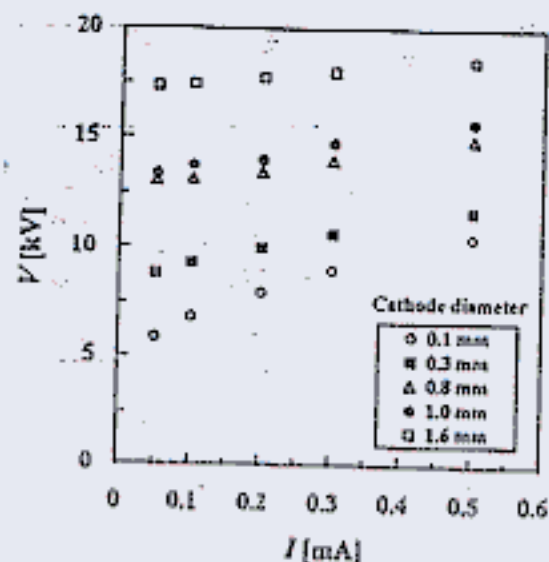


Fig 9. Discharge current-voltage relationship for CH_3I removal from air (20% O_2); (anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, $C_{\text{in}} = 80$ ppm, $SV = 46.3 \text{ h}^{-1}$)

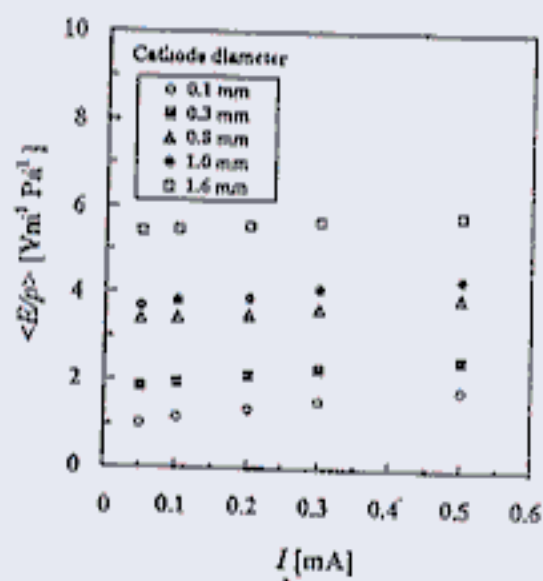


Fig 10. Average electric field strength/pressure as a function of discharge current for CH_3I removal from air (20% O_2); (anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, $C_{\text{in}} = 80$ ppm, $SV = 46.3 \text{ h}^{-1}$)

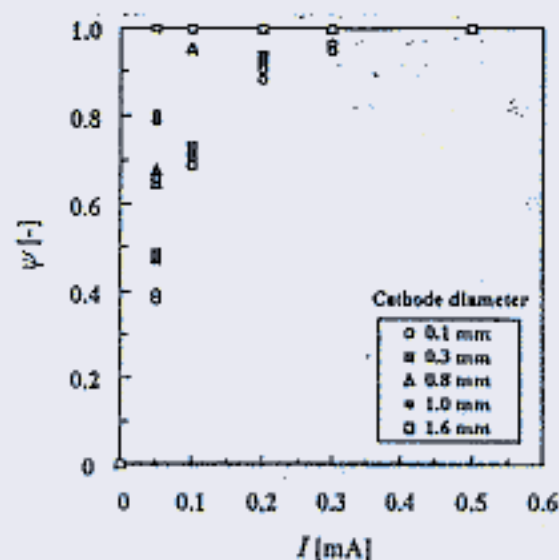


Fig 11. Removal efficiency of CH_3I from air (20% O_2) as a function of discharge current; (anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, C_{in} = 80 ppm, SV = 46.3 h^{-1})

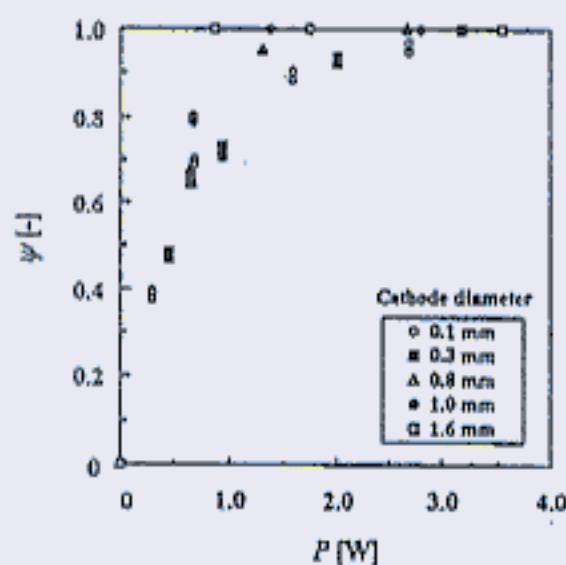


Fig 12. Removal efficiency of CH_3I from air (20% O_2) as a function of electric power; (anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, C_{in} = 80 ppm, SV = 46.3 h^{-1})

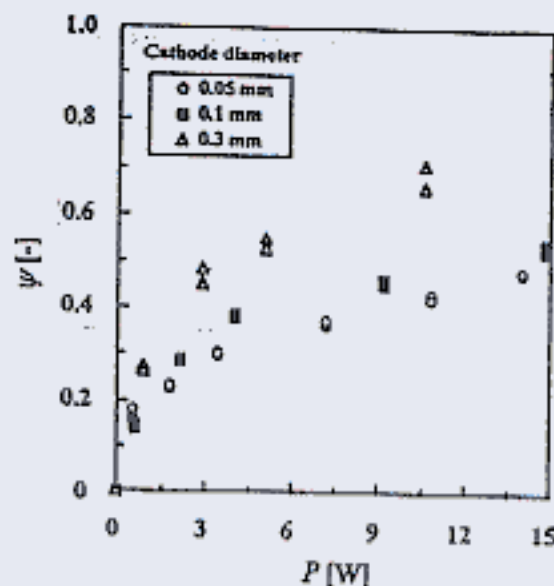


Fig 13. Removal efficiency of CH₃I from N₂ as a function of electric power; (anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 100 ppm, SV = 56.7 h⁻¹)

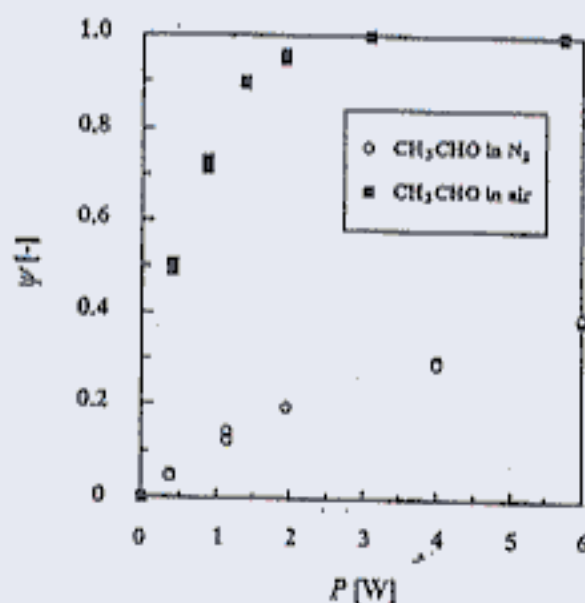


Fig 14. Comparison of removal efficiencies of CH₃CHO removal from air vs. N₂; (anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, C_{in} = 100 ppm, SV = 56.7 h⁻¹)

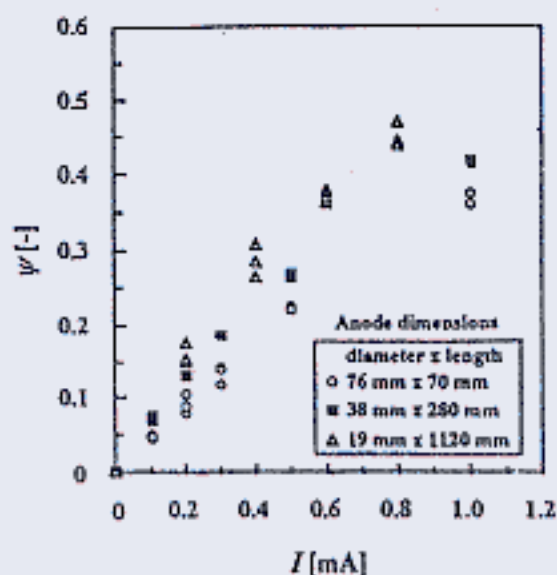


Fig 15. Removal efficiency of $C_2Cl_3F_3$ from air (20% O_2) as a function of discharge current; (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

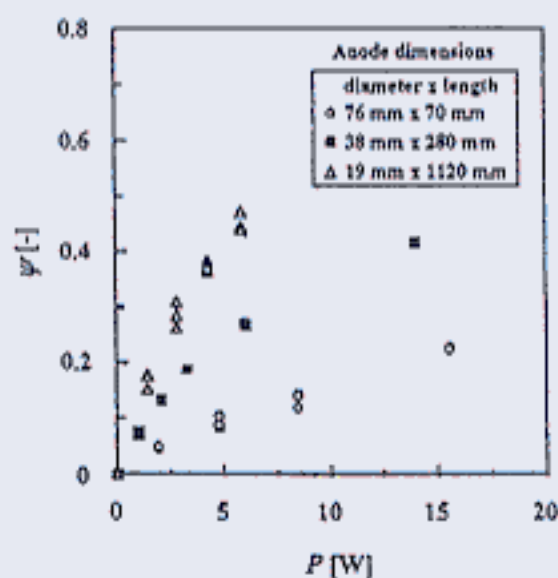


Fig 16. Removal efficiency of $C_2Cl_3F_3$ from air (20% O_2) as a function of electric power; (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

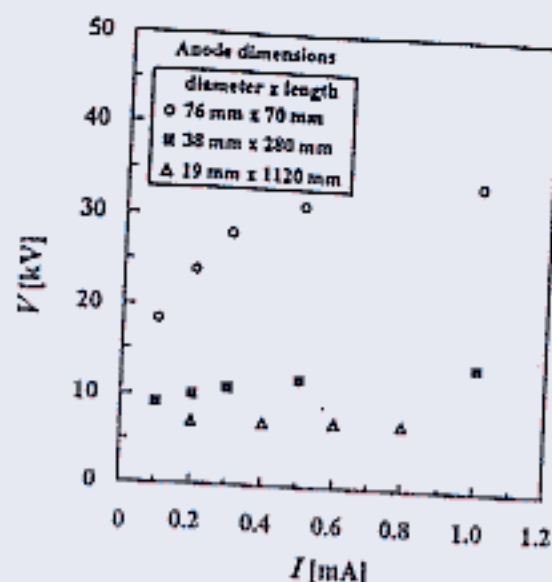


Fig 17. Discharge current-voltage relationship for $C_2Cl_3F_5$ removal from air (20% O_2): (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

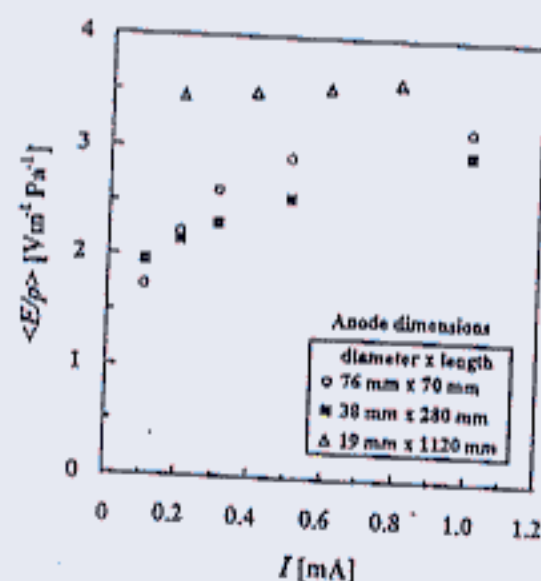


Fig 18. Average electric field strength/pressure as a function of discharge current for $C_2Cl_3F_5$ removal from air (20% O_2): (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

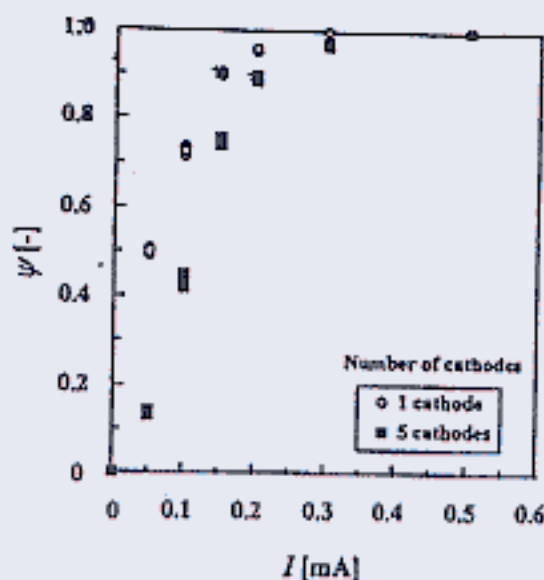


Fig 19. Removal efficiency of CH_3CHO from air (20% O_2) as a function of discharge current; (cathode diameter = 0.3 mm, anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, C_{in} = 100 ppm, SV = 56.7 h^{-1})

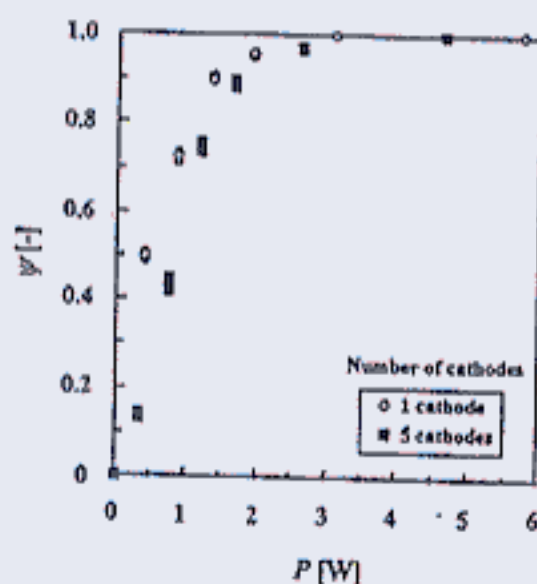


Fig 20. Removal efficiency of CH_3CHO from air (20% O_2) as a function of electric power; (cathode diameter = 0.3 mm, anode diameter x length = 38 mm x 280 mm, C_{in} = 100 ppm, SV = 56.7 h^{-1})

Effect of Structure of Corona-Discharge Reactor on Removal of Dilute Gaseous Pollutants Using Selective Electron Attachment

WIWUT TANTHAPANICHAKOON¹,
KITTISAK LARPSURIYAKUL¹,
TAWATCHAI CHARINPANITKUL¹, NORIAKI SANO²,
HAJIME TAMON² AND MORIO OKAZAKI²

¹Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University,
Patumwan, Bangkok 10330 Thailand

²Department of Chemical Engineering, Kyoto University,
Kyoto 606-01, Japan

Keywords: Gaseous Pollutants, Gas Purification, Electron Attachment, Corona-Discharge, Reactor Structure

Low-energy electrons generated in a corona-discharge reactor are captured by electronegative impurities, producing negative ions. The ions migrate in the electric field to the anode (reactor wall) and are removed at the wall. The effects of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode (reactor) shape and the number of cathodes on the removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants, methyl iodide, chlorofluorocarbon and acetaldehyde, are investigated experimentally. The results reveal that the thicker the cathode diameter, the higher the removal efficiency. In contrast, the smaller the reactor diameter among three equivalent volume reactors, the higher the removal efficiency. As for the number of cathodes in a single reactor vessel, the single-cathode reactor exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

Introduction

The removal of vapor-phase impurities (gaseous pollutants) from a gas stream is called "gas purification". Many methods for gas purification are in use, but their principal mechanisms fall into one, or a combination, of the following three categories: (1) gas absorption into a liquid; (2) adsorption onto a solid; (3) chemical conversion to another compound (Kohl and Riesenfeld, 1979).

Recently the following types of gas purification are of significance to the industry as well as the public at large: (1) removal of indoor gaseous pollutants; (2) complete removal of dioxin from incinerator emission; (3) complete removal of radioactive iodine compounds; (4) simultaneous removal of NO_x and SO_x from power plant emission; (5) ultrahigh purification of gases used in semiconductor industries. One important common feature is that these gases contain electronegative impurities such as sulfur compounds and halogen compounds.

Gas-discharge technology is one promising method of achieving ultrahigh purification. The method has been applied to an ozonized (Devins, 1956) and electrostatic precipitators (White, 1963). It is also well known that

high-energy electrons generated by gas discharge ionize the gas and induce a plasma. Masuda (1987) and Masuda *et al.* (1987) have developed an air purifier using either a pulse-corona-induced plasma or a surface-corona-induced plasma. Compared to the direct-current system, their techniques can yield significantly higher-energy electrons. In the plasma region, oxidizing radicals (O, O*, OH, O₂*) and reducing radicals (NH, NH₂, N₂*, H₂*, H*) are generated from humid or ammonia-containing air. Gaseous pollutants react with the radicals, and gas purification is accomplished by converting the reaction products either to a solid particulate (e.g. Hg-vapor to HgO), to a liquid (e.g. SO₂ to SO₃ or H₂SO₄), or to a gas (NO to NO₂). In fact such conversions can also be accomplished with an electron beam (Kawamura, 1989). Interestingly an economic assessment comparing the investment and operation costs of the conventional chemical processes (ammonia catalytic DeNO_x process and calcium-gypsum scrubber for DeSO₂) to the electron-beam process and the pulse-corona-induced plasma chemical process (PPCP) showed that PPCP is the most cost-effective of the three (Japan Association, 1991).

The new concept of gas purification by low-energy electron attachment was first proposed by Tamon *et al.* (1989). When low-energy electrons collide with gas molecules, some of them are captured by the molecules and negative ions are formed. This phenomenon is called "electron attachment" (Massay, 1976) and it depends on electron energy, the structure of the gas molecule, and its

Received on April 28, 1997. Correspondence concerning this article should be addressed to W. Tanthapanichakoon.
Presented at Regional Symposium on Chemical Engineering, 1996, Jakarta, Indonesia, October 7-9, 1996.

Table 1 Experimental conditions of inlet gas

Sample gas	Concentration (ppm)	Total gas flow rate (m^3s^{-1})	Space velocity (h^{-1})
CH_3I	80	4.08×10^{-6}	46.3
$\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$	400	1.67×10^{-6}	18.9
CH_3CHO	100	5.00×10^{-6}	56.7

electron affinity. There is a great difference in the attachment probability among different types of gas molecules, and this leads to high selectivity in the production of negative ions (Caledonia, 1975; Massay, 1976, 1979). Hence electronegative impurities of extremely low concentration can selectively become negative ions by electron attachment and they can effectively be separated from the neutral gas in an electric field.

Tamon *et al.* (1989) constructed two kinds of separation device using either photocathode or glow discharge as the electron source. They reported high efficiency for the removal from nitrogen of SF_6 of very low concentration. Recently Tamon *et al.* (1995) used two types of corona-discharge reactors to remove sulfur compounds, iodine and oxygen from nitrogen. They also discussed the purification mechanism and presented simulation models for predicting the removal efficiency. Subsequently, Tamon *et al.* (1996) investigated the influence of coexisting oxygen and water vapor on removal of several sulfur compounds. As a continuation, Sano *et al.* (1996) used a new type of corona-discharge reactor, the wetted-wall reactor, and the conventional deposition-type reactor to remove iodine and methyl iodide from nitrogen.

Sano (1997) and Sano *et al.* (1997a, 1997b) have reported the production of various chemical species of negative ions during the removal of either CH_3I , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ or CH_3CHO from air and N_2 . For example, dissociative electron attachment of CH_3CHO may produce O^- , C_2O^- , HC_2O^- , CH_3CO^- , or CH_3^- . Similarly, I^- may be produced from CH_3I ; whereas Cl^- and F^- are generated from $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$. In the removal of CH_3I from air and $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from N_2 , dark brown particles are formed on the reactor anode. On the other hand, in the removal of CH_3CHO from air, a brown coating is formed.

Evidently, the electron attachment method has already shown great potential for commercial application in gas purification. The next logical question is how to scale up the device. As a first step the effect of the reactor structure on the removal efficiency must be understood. A structural change is expected to simultaneously affect several important factors such as discharge current, electron energy, electric field strength, and gas flow pattern in the reactor. The present paper describes the effects of the reactor structure (the cathode diameter, the anode (reactor) shape, and the number of cathodes) on the resulting removal efficiency with respect to three dilute gaseous pollutants: methyl iodide (CH_3I), chlorofluorocarbon ($\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$) and acetaldehyde (CH_3CHO).

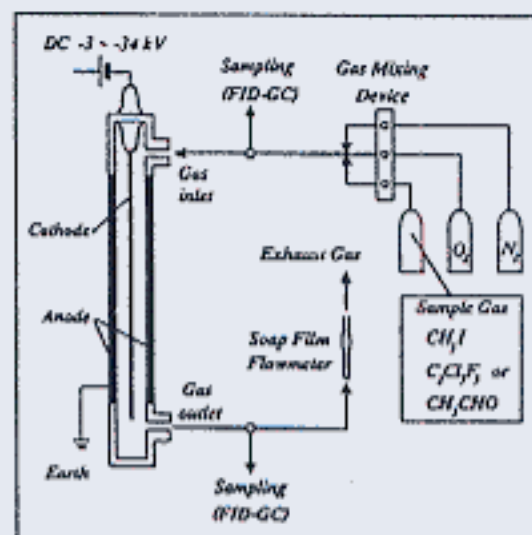


Fig. 1 Schematic diagram of experimental apparatus

1. Experimental

Figure 1 shows a schematic diagram of the experimental apparatus. The reactor consists of a stainless-wire cathode and brass-tube anode. A high-voltage DC generator was used to produce a discharge current of 0.05–2.0 mA and voltage of –3.0–34.0 kV. Three kinds of sample gas, CH_3I , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$, and CH_3CHO , were examined. An FID gas chromatograph was used to analyze their concentrations at the reactor inlet and outlet. Table 1 lists the experimental conditions of each inlet gas.

The inlet gas concentrations are deliberately chosen to be significantly higher than the usual low concentrations of the pollutants because it has been found that a lower inlet concentration results in a higher removal efficiency that approach as 100% as the concentration becomes lower (Tamon *et al.*, 1995; Sano *et al.*, 1997b). Therefore, the selection of a very low inlet concentration will obscure the effect of the reactor structure on the removal efficiency.

The reason for using the different inlet concentrations in Table 1 lies in the utilization of a FID Gas Chromatograph to measure the concentrations of the individual pollutants and the reaction by-products. The chosen concentrations make it convenient for accurate measurement.

The definition of removal efficiency, ψ , in this work is as follows.

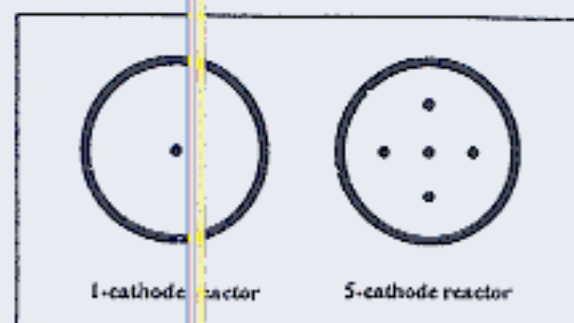


Fig. 2 Cross sections of two types of reactor

$$\psi = (C_{in} - C_{out}) / C_{in} \quad (1)$$

where C_{in} and C_{out} are the inlet and outlet concentrations of each gas.

In the present work, the effect of the reactor structure, namely, the cathode diameter, the anode shape, and the number of cathodes, on the removal of the above gases was investigated.

1.1 Influence of cathode diameter

The experiments can be categorized into two parts: 1) removal from dry air (20% O_2), and 2) removal from dry N_2 . A variety of cathode diameters (0.05, 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.8, 1.0, 1.26, and 1.6 mm) were tested. The diameter and length of the anode were 38 mm and 280 mm, respectively.

1.2 Influence of anode shape

Three different shapes for the equivolume cylindrical reactor vessel, whose diameter (mm) and length (mm) are 76×70 (largest diameter), 38×280 (intermediate diameter), and 19×120 mm (smallest diameter), were tested. The cathode diameters used for the individual removal of CH_3I , $C_2Cl_3F_3$, and CH_3CHO were 0.3, 0.3, and 0.2 mm, respectively.

1.3 Influence of number of cathodes

Cross sections of the two reactor types are illustrated in Fig. 2. Both have the same design features except for the number of cathode wires (one vs. five). The diameter and length of the anode were 38 mm and 280 mm, respectively. The cathode diameter used for each gas was 0.3 mm.

2. Results and Discussion

2.1 Influence of the cathode diameter

As mentioned earlier, the probability of the electron attachment depends on the electron energy and gas component. Electron energy in the reactor depends on the ratio of the electric field strength, E , to total gas pressure, p , i.e. E/p . Electrons are accelerated in E , and collisions between electrons and gas molecules cause deceleration in p . Thus, if E/p is high, electron energy is also high. The electric field strength E is as follows,

$$E = V / \{ r \ln(R/R_0) \} \quad (2)$$

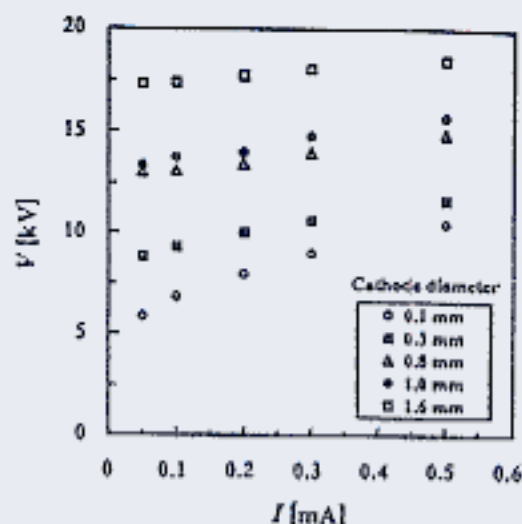


Fig. 3 Discharge current-voltage relationship for CH_3I removal from air (20% O_2): (anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, C_{in} = 80 ppm, SV = 46.3 h^{-1})

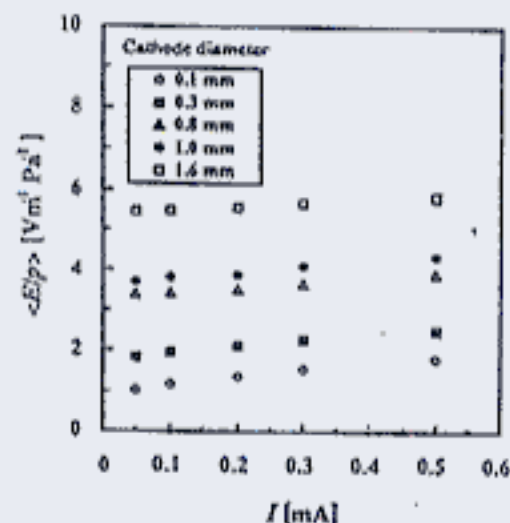


Fig. 4 Average electric field strength/pressure as a function of discharge current for CH_3I removal from air (20% O_2): (anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, C_{in} = 80 ppm, SV = 46.3 h^{-1})

As seen in Eq. (2), electron energy increases when the corona voltage increases. Figure 3 shows the relation between discharge current, I , and voltage, V , for CH_3I removal from air. Obviously, a thicker cathode diameter requires a significantly higher V to yield the same current. If operated at the same applied voltage V , the electric field strength E around the cathode ($r = R_0$) becomes weaker when the cathode diameter is thicker as shown by Eq. (2). Therefore, the same voltage V results in a small discharge current I for a thicker cathode. Therefore, to generate the same discharge current, a higher V has to be applied when the cathode diameter increases. A similar tendency to the case of CH_3I removal from air also occurs in CH_3I removal from N_2 as well as $C_2Cl_3F_3$ and CH_3CHO removal.

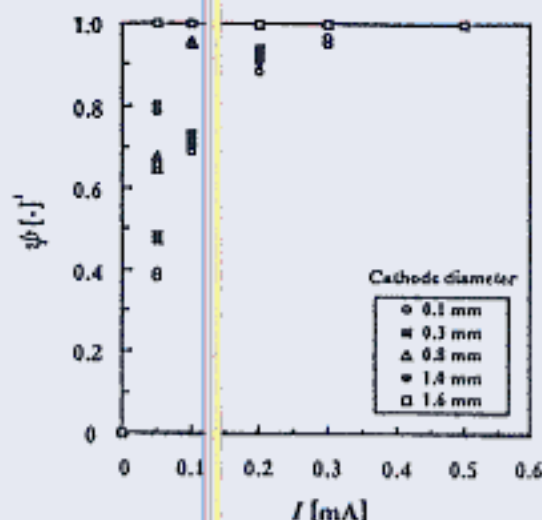


Fig. 5 Removal efficiency of CH_3I from air (20% O_2) as a function of discharge current; (anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, $C_{\text{in}} = 80$ ppm, $SV = 46.3 \text{ h}^{-1}$)

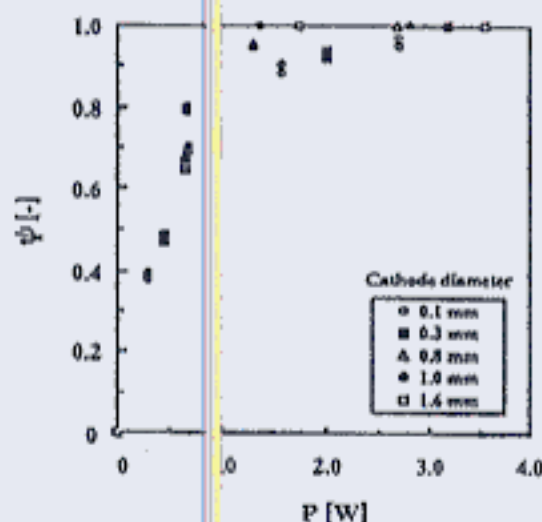


Fig. 6 Removal efficiency of CH_3I from air (20% O_2) as a function of electric power; (anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, $C_{\text{in}} = 80$ ppm, $SV = 46.3 \text{ h}^{-1}$)

The average electric field strength per unit pressure is given as follows.

$$\langle E/p \rangle = \frac{\int_{R_0}^R (2\pi r) (E/p) dr}{\pi(R^2 - R_0^2)} \\ = \frac{V}{p(R + R_0) \ln(R/R_0)} \quad (3)$$

Figure 4 shows the observed $\langle E/p \rangle$ for CH_3I removal from air as a function of I . At the same discharge current I , the average value of $\langle E/p \rangle$ increases as the cathode diameter increases because a higher voltage V is

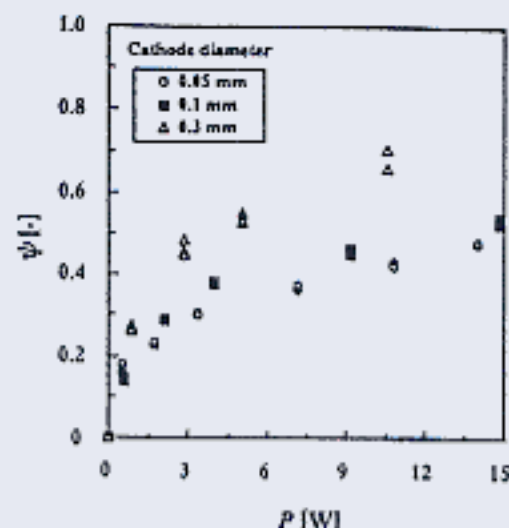


Fig. 7 Removal efficiency of CH_3I from N_2 as a function of electric power; (anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, $C_{\text{in}} = 80$ ppm, $SV = 46.3 \text{ h}^{-1}$)

required (see Fig. 3). Thus the electron energy in Fig. 4 increases with increasing cathode diameter.

Figure 5 shows the observed removal efficiency, ψ , for CH_3I removal from air corresponding to the different sizes of the cathode. It is found that a thicker cathode provides a higher ψ . From Figs. 4 and 5, it may be concluded that a high removal efficiency is attributable to a large electron energy.

Although a thicker cathode wire provides a higher ψ , the required voltage, V , becomes higher as well, resulting in a higher power consumption. Figure 6 depicts ψ for CH_3I removal from air as a function of electric power, P . It conclusively shows that a thicker cathode provides a higher ψ when comparison is made at the same P . Figure 7 shows the effect of the cathode diameter on the removal of CH_3I from N_2 . The same conclusion regarding the cathode diameter is reached as in the case of CH_3I removal from air (Fig. 6). As another example, Fig. 8 compares the removal efficiency of CH_3CHO from air vs. N_2 . Comparison of Figs. 6 and 7, as well as Fig. 8, reveals that a higher ψ is achieved for CH_3I and CH_3CHO in the presence of O_2 . Since O_3 can be generated from O_2 in the corona-discharge reactor, the significant enhancement in ψ may be ascribed to ozone oxidation.

2.2 Influence of the anode shape

Figure 9 compares the removal efficiency of $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from air among three anode (reactor) shapes. The order of efficiency is: smallest reactor diameter > intermediate diameter > largest diameter. Figure 10 shows the relations between ψ and P . It conclusively shows that the smaller the anode diameter, the higher the removal efficiency. A similar tendency was observed for the other cases.

The applied voltage and average E/p for $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ removal from air are shown, respectively, in Figs. 11 and 12. As seen in Fig. 11, the larger the reactor diameter, the

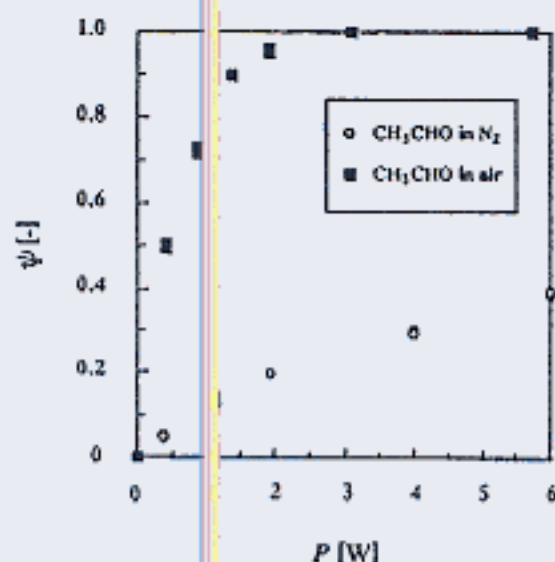


Fig. 8 Comparison of removal efficiencies of CH_3CHO removal from air vs. N_2 ; (anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 100 ppm, SV = 56 h^{-1})

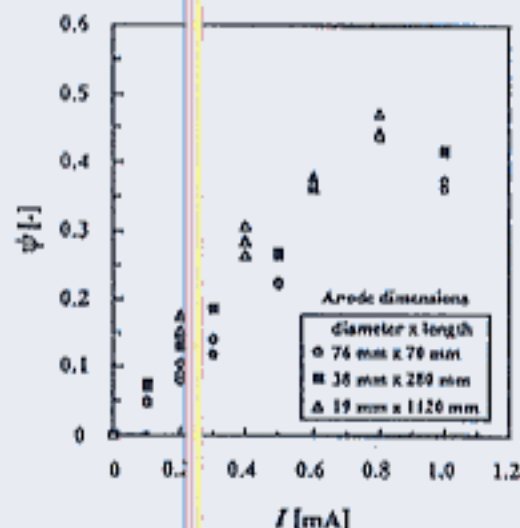


Fig. 9 Removal efficiency of $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from air (20% O_2) as a function of discharge current; (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

higher the required V . However, Fig. 12 shows a different order of V vs. I from that of E/p vs. I in Fig. 11. According to the typical electric field profile, this comparison suggests that the average electron energy in the smallest reactor diameter is largest, while the other two shapes have approximately the same electron energy.

From the previous discussion in Subsection 2.1, it is found that ψ is enhanced as electron energy becomes higher. Since the orders of ψ vs. I and $\langle E/p \rangle$ vs. I differ as the anode shape changes, the difference in removal efficiency can not be attributed solely to the electron energy. The fact is that the gas flow pattern inside the reactor is very complex. In a corona-discharge, the ionized gas

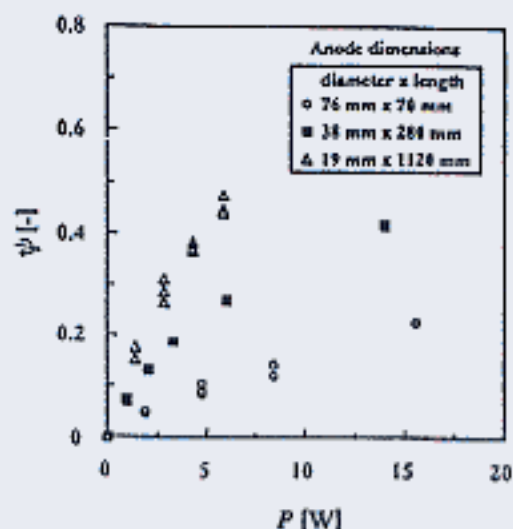


Fig. 10 Removal efficiency of $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ from air (20% O_2) as a function of electric power; (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

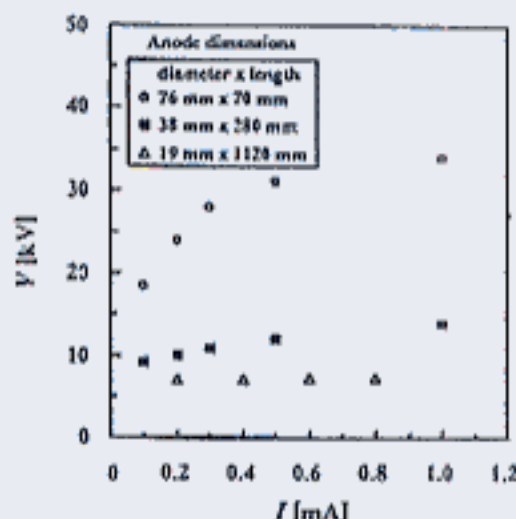


Fig. 11 Discharge current-voltage relationship for $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ removal from air (20% O_2); (cathode diameter = 0.3 mm, C_{in} = 400 ppm, SV = 18.9 h^{-1})

induces a gas convection, the so-called "ion wind" or "corona wind". Since the wind velocity has been reported to be 1.5–2.0 m/s (Yabe *et al.*, 1978), it can considerably flatten the overall gas velocity profile in the reactor, even if the superficial Reynolds number apparently indicates a conventional laminar flow regime. In other words, the reactor may be regarded as PFR (plug-flow reactor).

In the case of a relatively short reactor, the reactor is closer to CSTR more than PFR. Since the reaction rate here decreases as conversion increases, the PFR gives a higher conversion than CSTR. This explains why the 76 mm-diameter reactor has a significantly lower ψ than the 38 mm-diameter reactor even though their average $\langle E/p \rangle$ values are more or less equal.

One important conclusion is that to enhance the

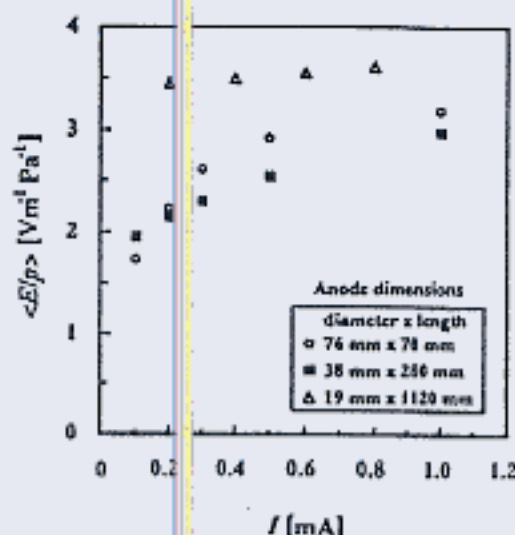


Fig. 12 Average electric field strength/pressure as a function of discharge current for $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ removal from air (20% O_2); (cathode diameter = 0.3 mm, $C_{\text{in}} = 400$ ppm, $SV = 18.9 \text{ h}^{-1}$)

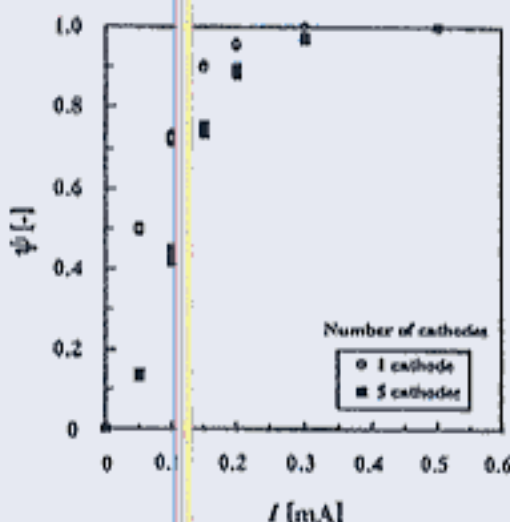


Fig. 13 Removal efficiency of CH_3CHO from air (20% O_2) as a function of discharge current; (cathode diameter = 0.3 mm, anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, $C_{\text{in}} = 100$ ppm, $SV = 56.7 \text{ h}^{-1}$)

removal efficiency, the reactor should be as long and slender as technically feasible, provided the resulting higher velocity does not cause excessive pressure drop and turbulence. Efficiency enhancement can be obtained even when P , i.e. power consumption, is lowered significantly to achieve comparable average electron energy.

2.3 Influence of the number of cathodes

Figures 13 and 14 compare the effect of the cathode number on ψ for removal of CH_3CHO from air with respect to I and P , respectively. Using either criterion, the single-cathode reactor clearly exhibits higher efficiency than the 5-cathode one.

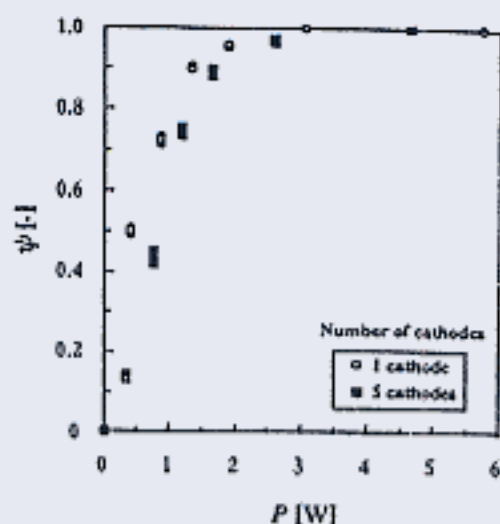


Fig. 14 Removal efficiency of CH_3CHO from air (20% O_2) as a function of electric power; (cathode diameter = 0.3 mm, anode diameter $\times$ length = 38 mm $\times$ 280 mm, $C_{\text{in}} = 100$ ppm, $SV = 56.7 \text{ h}^{-1}$)

It is visually confirmed that, when high voltage is applied to the 5-cathode reactor, the corona of the central cathode fails to appear. This means that some "dead space" (corona-free space) exists around the central cathode wire. If there is an electron-free space in the reactor, part of the gas that passes through the electron-free space has no chance to collide with any electrons. In addition, the spatial distribution of electrons is not uniform in the 5-cathode reactor because the current is mainly generated in the region where each cathode is closest to the anode surface. In short, not only is an electron-free space found in the central region along the reactor axis but the electron-rich space occupies only some restricted space between the four cathodes and the outer anode. Therefore, the effective space inside the 5-cathode reactor is very small, thus leading to the low removal efficiency.

Conclusion

The structural effects of the corona-discharge reactor on gaseous removal of CH_3I , $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$ and CH_3CHO have been investigated. The experimental results reveal that the thicker the cathode, the higher the removal efficiency, provided the discharge voltage remains stable. Regarding the anode shape of equivolume reactors, it has been found that the smaller the reactor diameter, the higher the removal efficiency despite lower energy consumption. As for the number of cathodes, the single-cathode reactor definitely exhibits higher removal efficiency than the 5-cathode one.

Acknowledgment

The present work is a part of a Research Collaboration Project between Thailand and Japan. The Thai side is supported by a two-year grant from the National Research Council of Thailand. Mr. K. Larpsoiriyakul spent one year (1995-1996) in Prof. Okazaki's Lab

under an Exchange Program sponsored by The Association of International Education Japan. Dr. W. Tanthapanichakoon also made a short-term visit in 1994 under JSPS Exchange Scheme. The support rendered by NRCT, AIF and JSPS is gratefully acknowledged. On the Japanese side financial support was supplied by the Ministry of Education, Science, Sports and Culture of Japan through a Grant-in-Aid on Development of Scientific Research No. 0555211 (1994).

Nomenclature

C	= concentration	[ppm]
E	= electric field	[V m ⁻¹]
I	= discharge current	[mA]
P	= power consumption	[W]
p	= pressure	[Pa]
R	= radius of the reactor anode	[m]
R_0	= radius of the reactor cathode	[m]
r	= coordinate along the radius	[m]
SV	= space velocity	[h ⁻¹]
V	= discharge voltage	[V]

Subscripts

in	= inlet of reactor
out	= outlet of reactor

Literature Cited

- Caledonia, G. E.: "A Study of the Gas-Phase Negative Ion Kinetics of Inorganic Molecules, Electron Attachment Reactions," *Chem. Rev.*, **75**, 333-351 (1975)
- Devins, J. C.: "Mechanism of Ozone Formation in the Silent Electric Discharge," *J. Electrochem. Soc.*, **103**, 460-466 (1956)
- Japan Association for Mechanical Industry and Research Institute of Energy Technology: Study Report on Novel Dry DeSO₂/DeNO_x Technology for Cleaning Combustion Gases from Boilers Using Pulse Corona Induced Plasma Chemical Process-PPCP," Committee Report, No. 2, p. 18 (1991)
- Kawamura, K.: "Simultaneous Removal of NO_x and SO₂ by Electron Beam," *Kagaku Kagaku*, **53**, 820-821 (1989)
- Kohl, A. L. and F. C. Rice: *Gas Purification*, 3rd ed., Gulf Pub.,

- Houston (1979)
- Massay, S. H.: *Negative Ions*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, England (1976)
- Massay, S. H.: *Atomic and Molecular Collisions*, Taylor & Francis, London (1979)
- Masuda, S.: "Pulse Corona Induced Plasma Chemical Process—A Horizon of New Plasma Chemical Technologies," *Proc. 8th Int. Symp. on Plasma Chemistry*, p. 2187-2192, Tokyo, Japan (1987)
- Masuda, S., Y. Wu, T. Urabe and Y. Ono: "Pulse Corona Induced Plasma Chemical Process for DeNO_x, DeSO₂, and Mercury Vapour Control of Combustion Gas," *Proc. Int. Conf. on Electrostatic Precipitation*, p. 667-676, Padova, Italy (1987)
- Sano, N.: "Development of Gas Purification Technology by Selective Electron Attachment," Doctor Thesis, Kyoto Univ., Kyoto, Japan (1997)
- Sano, N., T. Nagamoto, H. Tamon and M. Okazaki: "Removal of Iodine and Methyl Iodide in Gas by Wetted-Wall Reactor Based on Selective Electron Attachment," *J. Chem. Eng. Japan*, **29**, 59-64 (1996)
- Sano, N., T. Nagamoto, H. Tamon, T. Suzuki and M. Okazaki: "Removal of Methyl Iodide in Gas by Corona-Discharge Reactor," *J. Chem. Eng. Japan*, **30**, 902-909 (1997a)
- Sano, N., T. Nagamoto, H. Tamon, T. Suzuki and M. Okazaki: "Removal of Acetaldehyde and Skatole in Gas by Corona-Discharge," *Ind. Eng. Chem. Res.*, **36**, 3783-3791 (1997b)
- Tamon, H., H. Yano and M. Okazaki: "A New Method of Gas Mixture Separation Based on Selective Electron Attachment," *Kagaku Kagaku Ronbunshu*, **15**, 663-668 (1989)
- Tamon, H., H. Mizota, N. Sano, S. Schulze and M. Okazaki: "New Concept of Gas Purification by Electron Attachment," *AIChE J.*, **41**, 1701-1711 (1995)
- Tamon, H., N. Sano and M. Okazaki: "Influence of Oxygen and Water Vapor on Removal of Sulfur Compounds by Electron Attachment," *AIChE J.*, **42**, 1481-1486 (1996)
- White, H. L.: *Industrial Electrostatic Precipitation*, Addison-Wesley, London (1963)
- Yabe, A., Y. Mori and K. Hijikata: "EHD Study of the Corona Wind between Wire and Plate Electrode," *AIAA J.*, **16**, 340 (1978)

Removal of Aromatic Compounds in Gas by Electron Attachment

Hajime Tamon, Hiroyuki Imanaka, Noriaki Sano, and
Morio Okazaki

Department of Chemical Engineering, Kyoto University,
Kyoto 606-8501, Japan

Wiwut Tanthapanichakoon

Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University,
Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

**INDUSTRIAL &
ENGINEERING
CHEMISTRY
RESEARCH®**

Reprinted from
Volume 37, Number 7, Pages 2770-2774

SEPARATIONS

Removal of Aromatic Compounds in Gas by Electron Attachment

Hajime Iwamoto,* Hiroyuki Imanaka, Noriaki Sano,[†] and Morio Okazaki

Department of Chemical Engineering, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan

Wiwut Tanthapanichakoon

Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

A corona-discharge reactor was applied to remove benzene and *p*-dichlorobenzene from nitrogen and a nitrogen-oxygen mixture. Although benzene was not effectively removed from nitrogen by electron attachment, the removal efficiency was improved greatly by mixing oxygen. On the other hand, the high removal efficiencies of *p*-dichlorobenzene were obtained in nitrogen or a nitrogen-oxygen mixture. The removal mechanism was studied based on the contribution of the ozone reaction and the analysis of the deposit on the anode of the reactor. As a result, the ozone reaction does not contribute to the removals. An FT-IR measurement and thermogravimetry suggest that benzene or *p*-dichlorobenzene is decomposed by dissociative electron attachment and deposits as polycyclic aromatic compounds of a high boiling point on the anode surface.

Introduction

Ultrahigh gas purification has been of interest in various fields: (1) removal of indoor air pollutants, (2) complete removal of dioxins from incineration plants, (3) complete removal of radioactive iodine compounds, (4) simultaneous removal of NO_x and SO_x in exhaust gases from cogeneration plants, (5) removal and decomposition of chlorofluorocarbons (CFCs) and volatile organic compounds (VOCs), (6) ultrahigh purification of gas used for semiconductor industries, etc. As for VOCs, it has recently become a social problem that organic compounds incorporated as solvents or adhesives in building materials impair occupants' health in newly built apartment houses. The authors are interested in applying a corona-discharge reactor to the removal of the organic compounds.

Gas discharge technology is one of the promising methods to achieve the above removal. It is well-known that high-energy electrons generated by gas discharge ionize the gas and induce a plasma. There are several works on air purifiers using a plasma induced by a pulsed corona or a surface corona.¹⁻⁴ In the plasma, oxidizing radicals and reducing radicals are generated from the humid air or air containing ammonia. Air pollutants react with the active radicals, and the gas is purified by converting them to solid particles (e.g., Hg vapor to HgO), to liquids (e.g., SO₂ to SO₃ or H₂SO₄), or gases (e.g., NO to NO₂ or HNO₃). These conversions are also achieved by an electron beam.⁵ On the other hand, low-energy electrons can also be used for gas purification.

When low-energy electrons collide with gas molecules, a number of them are captured by the gas molecules, and negative ions are produced. This phenomenon is called "electron attachment".⁶ Electron attachment depends on electron energy, the structure of the gas molecule, and its electron affinity. There is much difference in the attachment probability of different types of gas molecules, and a high selectivity is observed in the production of negative ions.^{6,7} Therefore, electronegative impurities of very low concentration become negative ions by electron attachment, and they can be separated from the neutral gas in an electric field.

The authors constructed removal equipment using a photocathode and a glow discharge as electron sources and reported the possibility of this separation method by measuring the separation efficiency of sulfur hexafluoride (SF₆) from nitrogen (N₂).⁸ Then the authors proposed a corona-discharge reactor to remove sulfur compounds, iodine compounds, VOCs, and CFCs.⁹⁻¹⁵ In the corona-discharge reactor, the electronegative impurities are converted to negative ions, negative-ion clusters, or fine particles and removed by depositing at the anode. The deposition mechanism, however, is not fully understood. The analysis of the deposit on the anode surface is indispensable to elucidate the mechanism.

The organic compounds that impair occupants' health in newly built apartment houses are considered to be organic solvents and aldehydes (formaldehyde and acetaldehyde). In a previous paper, the authors reported on the removal of acetaldehyde.¹⁴ Hence, the corona-discharge reactor is applied to the removal of benzene and *p*-dichlorobenzene in this paper. The authors also discuss the removal mechanism by analyzing the deposit on the anode of the reactor.

* To whom correspondence should be addressed. Telephone: +81-75-753-5584. Fax: +81-75-753-3346. E-mail: iwamoto@chem.kyoto-u.ac.jp.

[†] Present address: Department of Chemical Engineering, Meiji Institute of Technology, Himeji 671-22, Japan.

Experimental Section

1. Removal Experiment. The experimental setup is reported in the previous papers.⁹⁻¹¹ A brass pipe is used as the anode whose inner diameter and length are respectively 38 and 30 mm. The cathode was a stainless steel (SUS) wire whose diameter was 0.3 mm. The vessel of the reactor was acrylic resin except the electrodes, and the cathode was sustained by a ceramic insulator on the top and by Teflon threads on the bottom. A dc voltage of -5 to -15 kV was applied to the cathode to generate a corona discharge.

The concentration of benzene (C_6H_6) was adjusted by mixing a commercial standard gas with a balance gas, p -Dichlorobenzene (p - $C_6H_4Cl_2$) vapor was supplied to the reactor by sublimation of solid p - $C_6H_4Cl_2$ in a temperature-controlled bath, and the concentration was adjusted by diluting the vapor with N_2 .

To study the influence of oxygen (O_2) and water vapor (H_2O) on the removal efficiency, the concentration of O_2 was adjusted by mixing a standard O_2 gas with the inlet gas of the reactor. The concentration of H_2O is controlled by bubbling N_2 through distilled water in a temperature-controlled bath.

The concentrations of C_6H_6 and p - $C_6H_4Cl_2$ at the inlet and outlet of the reactor were measured by a gas chromatograph (Shimadzu Corp. GC-14B) with a flame ionization detector (FID). The concentration of H_2O was measured by a dew-point hygrometer (Yokogawa Electric Corp. model 2586). To measure chlorine ion (Cl^-) produced by dissociative electron attachment to p - $C_6H_4Cl_2$, the outlet gas was introduced to an absorber that contained an aqueous solution of 0.1 N NaOH and 1 M O_2 . Cl^- in the solution was measured by an ion meter (Orbica Ltd. N-8F).

2. Observation of the Ozone Effect. Since ozone produced by corona discharge in air is reactive with organic gases, this reaction is used in some commercial processes for deodorization and sterilization. To estimate the effect of the O_3 reaction on the removal of C_6H_6 or p - $C_6H_4Cl_2$, two reactors connected serially were used. The detail of the experimental setup is reported in the previous paper.¹⁴ High voltage was applied to the first reactor, which was supplied with an N_2 - O_2 mixture to produce O_3 by corona discharge. C_6H_6 or p - $C_6H_4Cl_2$ was mixed with the outlet gas from the first reactor, and the mixed gas was introduced to the second reactor. If no voltage was applied to the second reactor, the reactor gave a space for the reaction of O_3 with the organic compounds. The authors estimated the O_3 effect by comparing the outlet concentration of the second reactor with that of the corona-discharge reactor.

3. Analysis of the Anode Surface. In the present corona-discharge reactor, a deposit is formed on the anode surface during a removal experiment. An analysis of the deposit should be useful to understand the removal mechanism. To analyze the deposit on the anode, the authors constructed a reactor that had two detachable plate anodes.¹⁵ The reactor had two 50 × 50 mm plate anodes parallel with a 50-mm gap, and a wire cathode of 0.3-mm diameter was stretched in the center of these anodes. The deposit was analyzed by a thermogravimetric (TG) analyzer (Rigaku Co. Ltd. TG-20) and an FT-IR spectrometer (Perkin-Elmer Corp. FTS 1000).

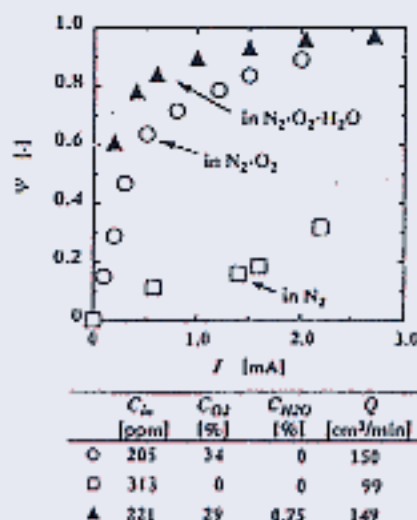


Figure 1. Removal of C_6H_6 by a corona-discharge reactor.

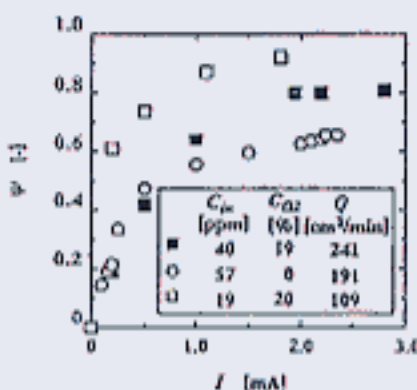


Figure 2. Removal of p - $C_6H_4Cl_2$ by a corona-discharge reactor.

Results and Discussion

1. Removal of C_6H_6 . Figure 1 shows the removal efficiency of C_6H_6 in N_2 , N_2 - O_2 , or N_2 - O_2 - H_2O . The removal efficiency, Ψ , defined by eq 1,

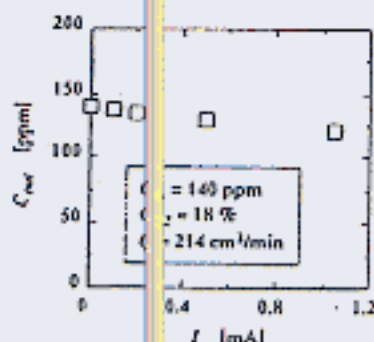
$$\Psi = 1 - C_{out}/C_{in} \quad (1)$$

is plotted against the discharge current, I .

It is obvious that Ψ increases as I increases. This is because the concentration of electrons drifting in the reactor increases with increasing I . This figure shows that Ψ of C_6H_6 in N_2 is low. Although the discharge current is not stable in N_2 and the data contain large fluctuations, they are shown as the reference in this figure to compare with the removal in N_2 - O_2 . It is found that the mixing of O_2 greatly increases Ψ . One can see that H_2O also enhances the removal efficiency. Organic reaction byproducts were measured by the FID gas chromatograph, and the results reveal that the products are negligibly small.

2. Removal of p - $C_6H_4Cl_2$. Figure 2 shows the removal efficiency of p - $C_6H_4Cl_2$, Ψ , against the discharge current, I . As expected, Ψ increases with increasing I . As for the influence of coexisting O_2 , although Ψ is improved by mixing O_2 , the increase in Ψ is less than that of C_6H_6 shown in Figure 1. The reason will be discussed later.

It is found that the amount of organic reaction byproducts is negligible in the removal of p - $C_6H_4Cl_2$. On the other hand, Cl^- is produced by dissociative electron attachment to p - $C_6H_4Cl_2$. For example, the mole ratio of Cl^- produced to p - $C_6H_4Cl_2$ removed is 0.4 in the

Figure 3. Removal of C_6H_6 by an O_3 reaction.

removal from N_2 . This result suggests that dissociative electron attachment to $p-C_6H_4Cl_2$ occurs and that the partially dechlorinated compounds polymerize and deposit at the anode. In the removal in N_2-O_2 , however, Cl^- produced as a reaction byproduct is observed but cannot be quantitatively measured by the ion meter because some products hinder the measurement of Cl^- . Anyway, in actual application, chlorine produced by dissociative electron attachment can easily be removed using conventional methods such as absorption and desorption.

3. Removal Mechanism. The authors consider the following three mechanisms in the removal of C_6H_6 or $p-C_6H_4Cl_2$: (1) O_3 reaction, (2) cluster formation induced by negative ions, (3) polycondensation induced by dissociative electron attachment.

When O_2 coexists in a gas, O_2 reacts with an electron to produce O_3 .^{12,14} It has been observed that O_3 is reduced up to 792 ppm from an N_2-O_2 (33%) mixture at 1.0 mA and 119 cm³/min by the analysis method reported in the previous paper.¹⁴ Here the authors have experimentally studied the reaction of O_3 with C_6H_6 using two reactors connected in series. C_{out} of C_6H_6 from the second reactor is shown in Figure 3. In Figure 3, the abscissa is the discharge current in the first reactor,

This figure suggests that C_{out} does not change significantly by O_3 reaction. Hence, it can be concluded that O_3 reaction does not contribute to the removal of C_6H_6 .

The authors have studied the formation of negative-ion clusters by ab initio molecular orbital calculations and reported that the clusters, $O^-(CH_3)_m$ and $O^-(CH_3CHO)_m$ ($m = 1, 2, 3, 4$), are produced by strong electrostatic interaction.^{12,14} Since the interaction is weak between O^- and π -electrons of the aromatic compounds, it is reasonable to assume that the clusters do not contribute to the removal of the compounds by the corona discharge. Thus, the removal is caused by dissociative electron attachment as discussed later.

To evaluate the removal efficiency, the ratio of the amount of C_6H_6 or $p-C_6H_4Cl_2$ removed to the amount of electron produced by the corona discharge is a useful criterion. This ratio represents the electron efficiency, n_e , obtained by eq 2

$$n_e = N_r / N_{e0} \quad (2)$$

where N_r is the number of gas molecules removed per unit time and N_{e0} is the number of electrons produced by the corona discharge per unit time. In the removal of C_6H_6 , n_e is 3.1 at the discharge current of 0.3 mA in the presence of 34% O_2 . This estimation suggests that one electron contributes to the removal of about three

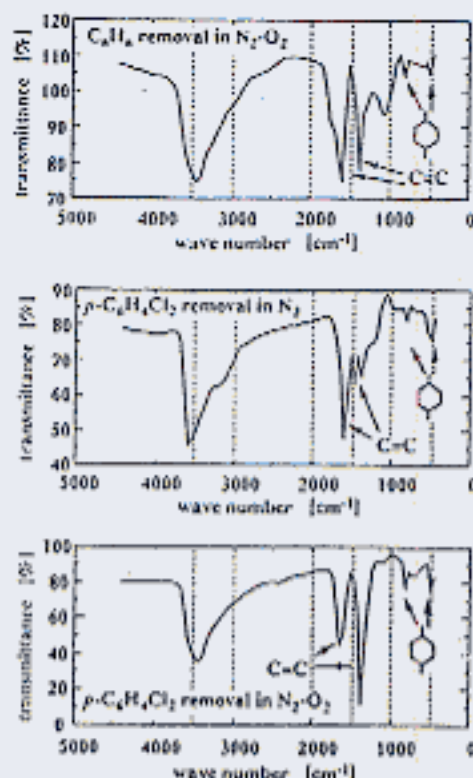
Figure 4. FT-IR spectra of the deposit formed in removals of C_6H_6 or $p-C_6H_4Cl_2$.

Table 1. Experimental Conditions for Analysis of the Deposit on an Anode

gas	C_0 [ppm]	Q [cm ³ /min]	C_0 [%]
$C_6H_6-N_2-O_2$	222	100	29
$p-C_6H_4Cl_2-N_2$	49	196	0
$p-C_6H_4Cl_2-N_2-O_2$	40	196	19

molecules of C_6H_6 . On the other hand, in the removal of $p-C_6H_4Cl_2$, n_e is 0.6 at the discharge current of 0.3 mA in the presence of 19% O_2 .

This different tendency of electron efficiency is caused by the difference of electronegativity between C_6H_6 and $p-C_6H_4Cl_2$. In the removal of C_6H_6 , electrons are attached to O_2 , and O^- is produced. O^- dissociates C_6H_6 and touches off a chain polycondensation reaction. In the removal of $p-C_6H_4Cl_2$, Cl^- is generated independent of O_2 because of the extremely high electronegativity of $p-C_6H_4Cl_2$. Hence, the influence of O_2 is not dominant as shown in Figure 2.

4. Analysis of the Deposit. The authors have conducted individual removal experiments of C_6H_6 and $p-C_6H_4Cl_2$ for 3 days using the corona-discharge reactor with parallel plates as described above. The experimental conditions are shown in Table 1. Then the deposit on the anode surface was analyzed using the FT-IR measurement and thermogravimetry.

Figure 4 shows FT-IR spectra of the deposit formed in the removals of C_6H_6 from N_2-O_2 , $p-C_6H_4Cl_2$ from N_2 , and $p-C_6H_4Cl_2$ from N_2-O_2 . In each figure, the ordinate is transmittance and the abscissa is wavenumber. From Figure 4, one can see that the bands for the C-H stretching vibration (around 3000 and 1660–2000 cm⁻¹) are barely detectable and that the bands for the phenyl C=C stretching vibration are observed at around 1400 and 1600 cm⁻¹. Two more bands are detected at 500 and 800 cm⁻¹ and are assigned to be 1,4-substituted benzene. This result suggests that the deposit formed in the removal of C_6H_6 or $p-C_6H_4Cl_2$ consists of poly-

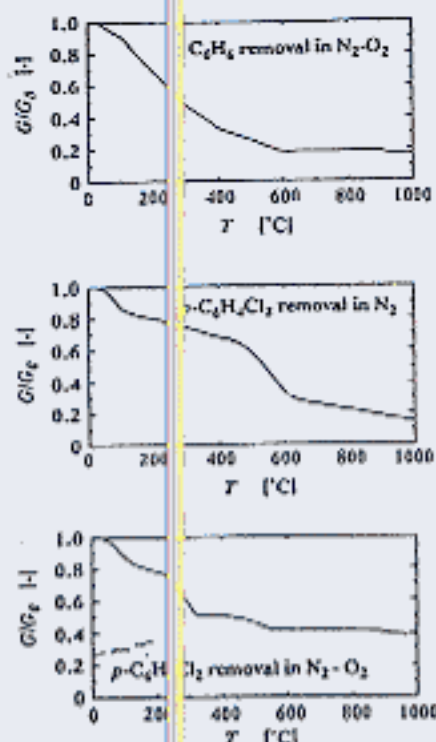


Figure 5. TG curves of the deposit formed in removals of C_6H_6 , $p-C_6H_4Cl_2$.

aromatic compounds of 1,4-substituted benzene. The three spectra shown in Figure 4, however, are not identical. Hence, it may be concluded that different compounds deposit on the anode surface in these removals.

Figure 5 shows the TG curves of the deposit formed in the removals of C_6H_6 from N_2-O_2 , $p-C_6H_4Cl_2$ from N_2 , and $p-C_6H_4Cl_2$ from N_2-O_2 . The ordinate is the weight ratio to the initial weight, G/G_0 , and the abscissa is temperature, T . TG curves are measured at 20 °C/min from 20 to 1000 °C. The TG curves obtained are clearly different from each other, and the results substantiate the conclusion from FT-IR measurements. Vaporization of organic compounds and water is observed below 100 °C, and the large weight loss of the deposit mainly occurs up to 600 °C. One can see that some deposit remains even after pyrolysis at 1000 °C. Hence, it can be concluded that the deposit consists of polycyclic aromatic compounds of high boiling points and that a part of the deposit is carbonized by pyrolysis.

Conclusions

The authors removed benzene and p -dichlorobenzene using the corona-discharge reactor and discussed the removal mechanism based on the contribution of the ozone reaction and the analysis of the deposit on the anode of the reactor. The following conclusions have been obtained.

- (1) Although the removal efficiency of benzene is low in nitrogen, the efficiency is improved greatly in the presence of oxygen.
- (2) p -Dichlorobenzene can be removed from nitrogen as well as a nitrogen-oxygen mixture.
- (3) The ozone reaction does not contribute significantly to the removal of benzene or p -dichlorobenzene in a nitrogen-oxygen mixture.
- (4) As for the removal mechanism, benzene or p -dichlorobenzene is decomposed by dissociative electron

attachment and deposits as polycyclic aromatic compounds of high boiling point on the anode surface of the reactor.

Acknowledgment

This research was partially supported by the Secom Science and Technology Foundation (1995) and the Japan Securities Scholarship Foundation (1996). N.S. is grateful to the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) for the financial support of the JSPS Research Fellowships for Young Scientists (1996). Further W.T. acknowledges the financial support of Thailand Research Fund (1996–1999) and has visited Kyoto University with JSPS support (1997).

Nomenclature

C = concentration, ppm

G = weight, kg

I = discharge current, mA

N_{e0} = number of discharge electrons per unit time, s^{-1}

N_r = number of removed molecules per unit time, s^{-1}

n_e = electron efficiency defined by eq 2

Q = gas flow rate, cm^3/min

T = temperature, °C

ψ = removal efficiency

Subscripts

H_2O = water vapor

in = gas inlet

O_2 = oxygen

out = gas outlet

0 = initial

Literature Cited

- (1) Masuda, S. Pulse Corona Induced Plasma Chemical Process—A Horizon of New Plasma Chemical Technologies. *Proceedings of the 8th International Symposium on Plasma Chemistry*; International Union of Pure & Applied Chemistry: Tokyo, 1987; p 2187.
- (2) Masuda, S. Control of Air Toxic Material by Nobel Plasma Chemical Process—PPCP and SPCP. In *Proceedings of the 1st International Conference on Managing Hazardous Air Pollutants: State of the Art*; Chew, W., Lonnner, K. K., Eds.; Electron Power Research Institute: Washington, DC, 1991; p 380.
- (3) Clements, J. S.; Mizuno, A.; Finney, W. C.; Davis, R. H. Combined Removal of SO_2 , NO_2 , and Fly Ash from Simulated Flue Gas Using Pulsed Streamer Corona. *IEEE Trans. Ind. Appl.* 1989, 25, 62.
- (4) Kato, K.; Kasuga, Y.; Fujiwara, M.; Onda, K. Characterization Change of Desulfurization and Denitrification by Combustion Flue Gas Composition and Electrode Configuration under Pulsed Corona Discharge. *Trans. IEE Jpn.* 1995, 115-D, 1046.
- (5) Kawamura, K. Simultaneous Removal of NO_2 and SO_2 by Electron Beam. *Kagaku Kagaku Ronbunshu* 1989, 53, 820.
- (6) Massey, S. H. *Negative Ions*; Cambridge University Press: London, 1976.
- (7) Caledonia, G. E. A Survey of the Gas-Phase Negative Ion Kinetics of Inorganic Molecules. *Electron Attachment Reactions*. *Chem. Rev.* 1975, 75, 333.
- (8) Tamon, H.; Yano, H.; Okazaki, M. A New Method of Gas Mixture Separation Based on Selective Electron Attachment. *Kagaku Kagaku Ronbunshu* 1989, 15, 663.
- (9) Tamon, H.; Mizota, H.; Sano, N.; Schulze, S.; Okazaki, M. New Concept of Gas Purification by Electron Attachment. *AIChE J.* 1995, 41, 1701.
- (10) Tamon, H.; Sano, N.; Okazaki, M. Influence of Oxygen and Water Vapor on Removal of Sulfur Compounds by Electron Attachment. *AIChE J.* 1996, 42, 1481.

- (11) Sano, N.; Nagamoto, T.; Tamon, H.; Okazaki, M. Removal of Iodine and Methyl Iodide in Gas by Wetted-Wall Reactor Based on Selective Electron Attachment. *J. Chem. Eng. Jpn.* 1996, 29, 9.
- (12) Sano, N.; Nagamoto, T.; Tamon, H.; Suzuki, T.; Okazaki, M. Removal of Methyl Iodide in Gas by Corona-Discharge Reactor. *J. Chem. Eng. Jpn.* 1997, 30, 902.
- (13) Sano, N.; Tamon, H.; Okazaki, M. Removal of Iodine in Gas by Corona-Discharge Reactor. *J. Chem. Eng. Jpn.* 1997, 30, 44.
- (14) Sano, N.; Nagamoto, T.; Tamon, H.; Suzuki, T.; Okazaki, M. Removal of Acetaldehyde and Skatole in Gas by a Corona-Discharge Reactor. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1997, 36, 3783.

- (15) Sano, N.; Tamon, H.; Okazaki, M. Removal of the Chlorofluorocarbon 1,1,2-Trichloro-1,2,2-trifluoroethane in Gas by a Corona-Discharge Reactor. *Ind. Eng. Chem. Res.* 1998, 37, 1428.

Received for review February 5, 1998

Revised manuscript received April 27, 1998

Accepted April 27, 1998

IE980071V

REMOVAL OF TRIMETHYLAMINE AND AMMONIA USING ELECTRON ATTACHMENT REACTION

Wiwat Tanthapanichakoon¹, Hajime Tamon², Paisarn Khongprasarnka¹,
Noriaki Sano³, Tawatchai Charinpanitkul¹ and Morio Okazaki⁴

- 1) Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University,
Patunwan, Bangkok 10330, Thailand
- 2) Department of Chemical Engineering, Kyoto University, Sakyo-ku,
Kyoto 606-01, Japan
- 3) Department of Chemical Engineering, Himeji Institute of Technology,
Himeji 671-22, Japan
- 4) Kyoto Polytechnic College, Maizuru, Kyoto 624, Japan

ABSTRACT

An experimental investigation on the application of electron attachment reactions to the removal of dilute gaseous pollutants has been carried out using a corona-discharge reactor. The effects of several factors, namely, discharge current and coexisting O_2 or H_2O vapor on individual removal efficiency of two kinds of gaseous pollutants, namely, trimethylamine $((CH_3)_3N)$ and ammonia (NH_3) have been investigated. The role of ozonation reaction is next investigated using two reactors in series. In addition, a two-reactor system is proposed and shown to remove both $(CH_3)_3N$ and SO_2 with less by-product formation. The experimental results reveal that generally the higher the discharge current, the higher the removal efficiency. It is found that the presence of O_2 enhances the removal efficiency of both impurity gases. On the other hand, the presence of water vapor enhances the removal efficiency of $(CH_3)_3N$ but retards that of NH_3 .

KEY WORDS

Gas purification, Electron attachment, Corona-discharge reactor,
Trimethylamine, Ammonia

1. INTRODUCTION

Removal of dilute malodorous gases has both environmental and industrial significance. Like most countries, Thailand is facing many environmental problems associated with the unceasing growth of human activities. For instance, the heavy concentration of vehicles in Bangkok leads to serious deterioration in air quality because of heavy automobile emissions. Recently, a latent source of public nuisance emitted from the crematory furnace of a temple has become prominent. Besides particulates, malodorous gaseous components are emitted during cremation causing frequent complaints from surrounding communities. This is because the exhaust gases are directly released to the atmosphere from the stack without any treatment. Malodorous and even noxious gases, such as trimethylamine, ammonia, acetaldehyde and styrene, are produced during cremation. Often their concentrations are diluted with fresh air down to several tens or hundreds of ppm before leaving the stack. Out of the more than 30,000 temples all over Thailand, only a few big ones in Bangkok employ any sort of emission control devices, mainly, the conventional after-burning chamber. A good crematory furnace system is usually imported and costs 6-7 million baht nowadays. From our on-site surveys at a number of temples, the locally made after-burning systems are too small, resulting in inadequate residence time, and their operating temperatures are too low at 550-650 °C. Because of greater public awareness and concern on air quality, the removal of malodorous gases from crematory emission has become a national issue.

The new concept of gas purification by low-energy electron attachment was first proposed by Tamon et al.² When low-energy electrons collide with gas

molecules, some of them are captured by the molecules and negative ions are formed. This phenomenon is called "electron attachment"³ and it depends on the electron energy, the structure of the gas molecule, and its electron affinity. There is a huge difference in the attachment probability among different types of gas molecules, and this leads to high selectivity in the production of negative ions^{3,4}. Hence electronegative impurities of extremely low concentration can selectively become negative ions by electron attachment and they can effectively be separated from the neutral gas in an electric field.

Tamon et al.² constructed two kinds of separation devices using either a photocathode or a glow discharge as the electron source. They reported high efficiency for the removal from nitrogen of SF_6 of very low concentration. Recently Tamon et al.⁵ used two types of corona-discharge reactors to remove sulfur compounds, iodine and oxygen from nitrogen. They also discussed the purification mechanism and presented simulation models for predicting the removal efficiency. Subsequently, Tamon et al.⁶ investigated the influence of coexisting oxygen and/or water vapor on the removal of several sulfur compounds. As a continuation, Sano et al.⁷ used a new type of corona-discharge reactor, the wetted-wall reactor, and the conventional deposition-type reactor to remove iodine and methyl iodide from nitrogen.

Since most malodorous components in crematory emission are highly electronegative, electron attachment should be a promising method to remove them in an electric field. The present work aims at a basic study on the application of electron attachment reaction to the treatment of crematory emissions. What follows is an experimental study on the individual removal efficiency of two common components (trimethylamine and ammonia) found in crematory emissions.

More specifically, the influences of several important factors, namely, discharge current, gas flow rate, inlet gas concentration and major coexisting components in the combustion gas (i.e., oxygen, water vapor and sulfur dioxide) on the removal efficiency were examined experimentally. During the removal of trimethylamine from oxygen and nitrogen mixed gas, we also confirmed the role of ozone in its removal. An analysis of the reaction by-products was also carried out. In addition, a two-reactor system was proposed and shown to concurrently remove both $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and SO_2 well with less by-product formation.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 Removal experiments

Figure 1 shows a schematic diagram of the experimental apparatus. A brass tube with 38 mm inner diameter and 280 mm length was used as the anode. The cathode was a stainless steel wire of 0.5 mm diameter. Except for the electrodes, the vessel of the reactor was made of acrylic resin and the cathode was sustained by a ceramic insulator at the top and by Teflon threads at the bottom. A dc voltage of -3 kV ~ -34 kV was applied to generate a discharge current of 0.01 mA ~ 2 mA in the corona discharge reactor. Pressure inside the reactor was atmospheric.

To study the influence of oxygen (O_2) and water vapor (H_2O) on the removal efficiency, the concentration of O_2 was adjusted by mixing a standard O_2 gas with the inlet gas of the reactor. The concentration of H_2O was controlled by bubbling N_2 through distilled water in a temperature-controlled bath.

The concentration of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ was analyzed using gas chromatography (Shimadzu Corp., GC 14B) with a flame ionization detector (FID). The concentration of H_2O was measured by a dew point hygrometer (Yokogawa

Electric Corporation, MODEL 2586). When unknown reaction by-products were detected on a gas chromatogram, a gas chromatography mass spectrometer (GCMS) (Shimadzu Corporation, MS-QP1000S) was used to identify the reaction by-products. A derivative spectrophotometer (Yanaco New Science Inc., UO-1) was used to detect the concentration of SO_2 and NH_3 .

2.2 Confirmation of ozone effect

Ozone (O_3) can be produced by corona discharge in air. Since O_3 is reactive, the ozonation reaction can be used to eliminate malodorous gases. To confirm the role and estimate the effect of ozone, two reactors connected serially were used, as shown in Figure 2. $\text{N}_2\text{-O}_2$ mixture was supplied to the first reactor to produce O_3 by corona discharge. $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ was next mixed with the outlet gas from the first reactor, and the mixed gas was introduced to the second reactor. No voltage was applied on the second reactor, so no corona discharge occurred, and the second reactor simply provided space for the reaction of ozone with $(\text{CH}_3)_3\text{N}$. Then the concentration of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ at its outlet was measured. The decrease in the outlet concentration of the second reactor gives the O_3 effect.

2.3 Two-reactor system to prevent reaction by-products

The system shown in Figure 3 was proposed because the reaction by-products on the concurrent removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and SO_2 from $\text{N}_2\text{-O}_2$ in a single reactor were comparatively high. To remove $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ with little by-products, reactor no. 1 employed a low discharge current while reactor no. 2 employed a high current to remove the remaining SO_2 . In this experiment the concentrations of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$, SO_2 and O_2 were 45 ppm, 81 ppm and 20% respectively. Total flow rate was 432 cc/min.

3. RESULTS AND DISCUSSION

3.1 Removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$

To evaluate the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ by the deposition-type reactor, the definition of removal efficiency, Ψ , used in this work is as follows.

$$\Psi = (C_{\text{in}} - C_{\text{out}}) / C_{\text{in}} \quad (1)$$

where C_{in} and C_{out} are, respectively, inlet and outlet concentrations of the pollutant in the gas sample.

3.1.1 Removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from N_2

Figure 4 shows the removal efficiency of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from N_2 against the discharge current, I . Obviously, though Ψ increased as the discharge current increased, it was difficult to achieve a complete removal. Identified by GCMS, at 1.5 mA discharge current the methane reaction by-product constituted about 7% of the inlet concentration of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ in terms of FID area.

3.1.2 Removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from $\text{N}_2\text{-O}_2$ mixed gas and confirmation of ozone effect

Since the gaseous emission from a crematory furnace contains O_2 and H_2O , it is imperative to investigate the influence of O_2 and H_2O on the removal of gas impurities. Figure 5 shows the experimental results on the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from $\text{N}_2\text{-O}_2$. When the discharge current was as little as 0.15 mA, $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ disappeared in the FID detection. Thus the presence of O_2 greatly enhanced Ψ .

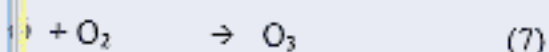
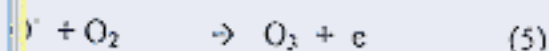
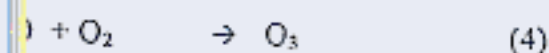
To evaluate the effectiveness of electron attachment reaction, we calculated the average number of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ molecules removed per discharged electron. Called the electron efficiency, n_e , the ratio is given by Equation 2

$$n_e = N_r / N_{\text{ev}} \quad (2)$$

Here N_r is the number of gas molecules removed per unit time, and N_{eo} is the number of electrons produced by the discharge current per unit time. On the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$, n_e was found to be 11.34 at the discharge current of 0.05 mA in the presence of 20% O_2 . In other words, one electron contributed to the removal of about 11 molecules of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

To explain such high removal efficiency, we should consider the role of O_3 . As shown in Figure 2, N_2 - O_2 mixture was supplied to the first reactor to produce O_3 by corona discharge. Then $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ was mixed with the outlet gas from the first reactor. No voltage was applied to the second reactor, which only provided space for the ozonation reaction. It was also confirmed that, when O_2 was not present, no O_3 was detected at the outlet of the first reactor. Figure 6 shows the removal efficiency of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ due to the ozonation reaction. This independent experiment proves that the enhanced removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ can be attributed to the ozonation reaction, which generated reaction by-products. The by-products were identified by GC/MS and listed in Table 1. As expected, the reaction by-products increased with the discharge current.

The generation of ozone by corona discharge takes place as a chain reaction system^{8,9}.



As an example, at the discharge current of 0.05 mA, the generated concentration of ozone is approximately 60 ppm, which is considerably higher than the inlet value of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ (28 ppm).

3.1.3 Removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ mixed gas

Figure 7 shows the influence of H_2O on the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from N_2 . A sufficiently high concentration of H_2O , $C_{\text{H}_2\text{O}}$, raised the removal efficiency, ψ . Formation of reaction by-product was negligible.

3.2 Removal of NH_3

3.2.1 Removal of NH_3 from inert gas

Figure 8 shows the removal efficiency of NH_3 from inert gas (N_2 and He gas). The concentration of NH_3 was measured by the spectrophotometer. Obviously, it was difficult to achieve complete removal. Since NH_3 is weakly electronegative, only a small portion of electrons manage to attach to NH_3 molecules, thus resulting in a low removal efficiency. At 1.0 mA discharge current, some of the previously deposited NH_3 may have detached from the anode surface.

3.2.2 Removal of NH_3 from $\text{N}_2\text{-O}_2$ mixed gas

Figure 9 shows the removal efficiency of NH_3 from $\text{N}_2\text{-O}_2$ (20% O_2) against the discharge current. When the discharge current was increased to 0.4 mA, NH_3 was no longer detected with the spectrophotometer. This experiment exhibited high removal efficiency, as on the average 6.3 NH_3 molecules were removed by one electron.

Similar to the case of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$, two reaction by-products with mass number of 44 and 59 were detected with GCMS but they have not been identified yet. Anyway it may be concluded that ozone must also have played a major role.

3.2.3 Influence of H_2O on removal of NH_3 from N_2 - O_2 mixture (20 % O_2)

Figure 10 shows the removal efficiency, Ψ_{NH_3} , against the discharge current, I , at three different concentrations of H_2O , C_{H_2O} . At discharge currents above 0.2 mA, the retardation effect of H_2O on Ψ_{NH_3} was quite clear. At very low discharge current (0.05 mA), H_2O appeared to have some slight beneficial effect on Ψ_{NH_3} .

Since NH_3 is less electronegative than H_2O while O_2 is most electronegative, at low discharge currents the small number of electrons were mostly available for O_2 to produce O_3 and NH_3 was removed via ozonation reaction. At high discharge currents, there was an excess of electrons that can attach to H_2O . It is postulated that they then interfered with the formation of ozone and/or its reaction with NH_3 . As a result, the NH_3 removal efficiency was slightly impeded at discharge currents above 0.2 mA.

3.3 Influence of SO_2 on removal of $(CH_3)_3N$

Firewood, oil and LP gas are all used to fire crematory furnaces in Thailand. When a low-grade oil is used, the exhaust gas will contain sulfur dioxide (SO_2). Therefore, it is important to investigate its effect on the removal of malodorous gases. Figure 11 shows the removal of $(CH_3)_3N$ from N_2 - O_2 with co-existing SO_2 . As seen from the figure, when the discharge current became as little as 0.01 mA, the outlet concentration of $(CH_3)_3N$ disappeared at all three concentrations of SO_2 . In fact, even without any discharge current the outlet concentration of $(CH_3)_3N$ became significantly lower than its inlet value because of a spontaneous reaction between $(CH_3)_3N$ and SO_2 . Simply increasing the concentration of SO_2 led to a further decrease in the concentration of $(CH_3)_3N$ at zero discharge current. Also observed were white particles attaching on the inner

surface of the reactor, the product of reaction between $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and SO_2 . Nevertheless, it is interesting to investigate the concurrent removal of SO_2 .

Figure 12 shows the change of SO_2 concentration with discharge current during the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from $\text{N}_2\text{-O}_2$ mixed gas. Obviously, the outlet concentration of SO_2 also decreased but it was difficult to remove SO_2 at low discharge currents.

3.4 Technique to reduce reaction by-products and improve concurrent removal efficiency of SO_2

In the previous experiment, electron attachment reaction was found to show good promise for removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ as well as SO_2 . However, it was difficult to effectively remove SO_2 at a low discharge current while undesirable reaction by-products tended to increase with the discharge current. The two-reactor system shown in Figure 3 was used to enhance the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and SO_2 from $\text{N}_2\text{-O}_2$ mixture.

The idea was to remove mainly $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ at relatively low discharge currents in the first reactor in order to minimize reaction by-products and then remove the remaining SO_2 at higher discharge currents in the second reactor. The experimental results are shown in Figures 13. The generation of reaction by-products was negligible. By adopting the two-reactor system, essentially all $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ can be removed in the first reactor and about 95% of the entire SO_2 can be removed with negligible generation of by-products.

4. CONCLUSION

A basic investigation into the individual removal of trimethylamine and ammonia from N_2 and air ($\text{N}_2\text{-O}_2$) has been carried out experimentally. In addition

to the effect of water vapor, the influence and concurrent removal of SO_2 during the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ have been elucidated. It may be said that the electron attachment reaction is effective for the individual removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and NH_3 from air. More experimental work is underway on the removal of styrene and other malodorous gases in the crematory emission, particularly, the simultaneous removal of these gases. According to the present experimental results, a higher discharge current generally leads to a higher removal efficiency. The presence of O_2 in the gas mixture enhances the removal efficiency of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and NH_3 via ozonation reaction. On the other hand, the presence of water vapor enhances the removal efficiency of trimethylamine but retards that of ammonia.

Since reaction by-products are produced on the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from air in the presence of SO_2 , a two-reactor system has been shown to remove both gases with negligible reaction by-products by independently adjusting the discharge current in each reactor. In short, the electron attachment reactor shows good promise for treating crematory and similar industrial emissions.

ACKNOWLEDGEMENT

The present work is part of a collaborative research project headed on the Thai side by W.T. with research grant from NRCT and headed on the Japanese side by M. O. and later H.T. Financial support from TRF (1996-1999) for W.T. and T.C. and a 2-year scholarship from the National Science and Technology Development Agency for P.K. are acknowledged. In addition, P.K. spent one year doing experiments in Kyoto University, under an Exchange Program sponsored by The Association of International Education Japan and W.T. visited Kyoto University with JSPS support in 1997.

NOMENCLATURE

- C = concentration [ppm]
 ψ = removal efficiency [-]
 I = discharge current [mA]
 SV = space velocity [hr^{-1}]
 V = discharge voltage [V]
 GC = FID area of gas chromatograph [-]

LITERATURE CITED

1. Nishida K. and Matsuda Y. (1981) Malodor of exhaust gas from a crematory. *J. Odor Control*, 10, 1-11 (in Japanese).
2. Tamon H., Yano H., and Okazaki M. (1989) A new method of gas mixture separation based on selective electron attachment. *Kagaku Kogaku Ronbunshu* 15, 663-668.
3. Massay, S. H. (1976) *Negative Ions*. 3rd, pp 156-241. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England.
4. Caledonia, G. E. (1975) A survey of the gas-phase negative ion kinetics of inorganic molecules - electron attachment reactions. *Chem. Rev.* 75, 333-351.
5. Tamon H., et al. (1995) New concept of gas purification by electron attachment. *AIChE J.* 41, 1701-1711.
6. Tamon H., Sano N., and Okazaki M. (1996) Influence of oxygen and water vapor on removal of sulfur compounds by electron attachment. *AIChE J.* 42, 1481-1488.

7. Sano N., Nagamoto T., Tamon H., and Okazaki M. (1996) Removal of iodine and methyl iodide in gas by wetted-wall reactor based on selective electron attachment. *J. Chem. Eng. Japan* 29, 59-64.

8. Loiseau J. F., Lacassie F., Monge C., Peyrous R., Held B. and Coste C., (*J. Phys. D : Appl. Phys.*) 29(1994), 63.

9. Hadj-Ziane S., Held B., Pignolet P., Peyrous R. and Coste C., (*J. Phys. D : Appl. Phys.*) 25(1992), 677.

↑ 05/10/16

05/10/16

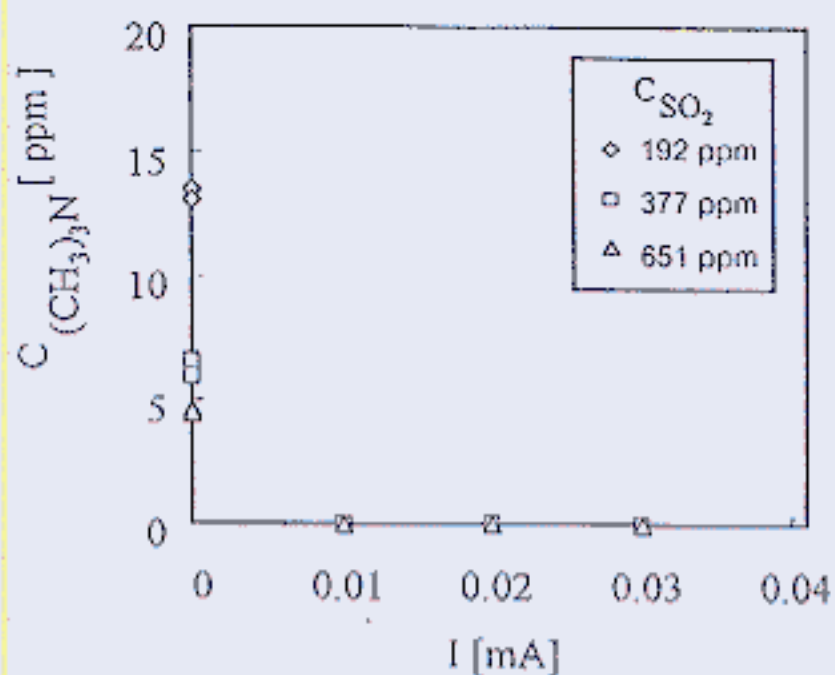


Figure 11 Decrement of $(CH_3)_3N$ on removal of SO_2 and $(CH_3)_3N$ from N_2 - O_2 ; $C_{(CH_3)_3N} = 34$ ppm, $C_{O_2} = 17\%$ and $SV = 80.9$ hr⁻¹

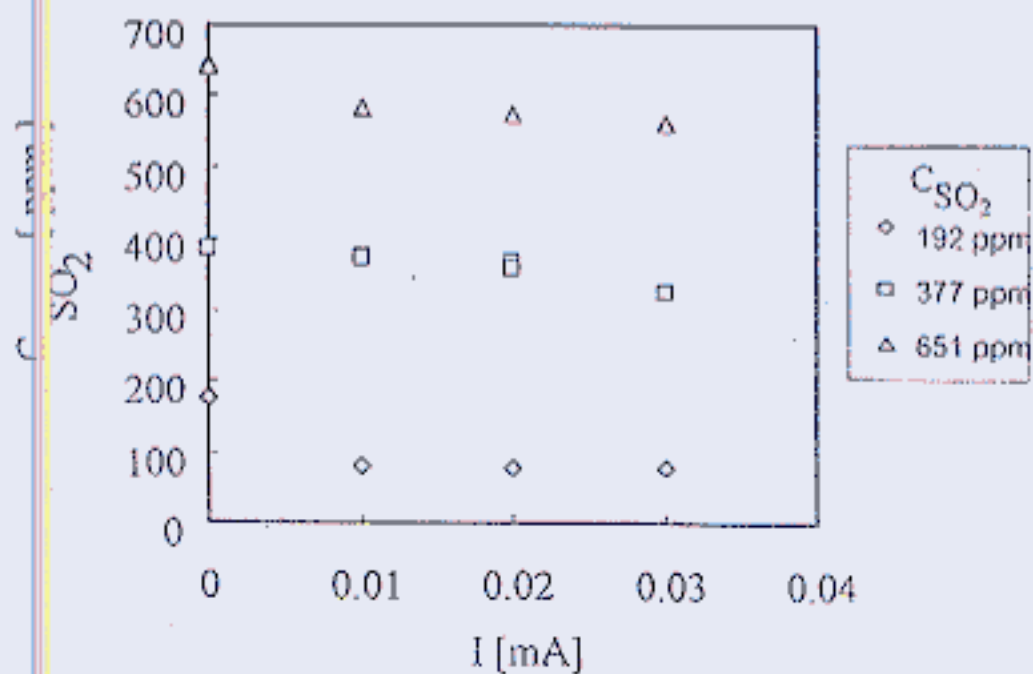


Figure 12 Concentration of SO_2 on removal of $(CH_3)_3N$ from N_2 - O_2 ;

$C_{(CH_3)_3N} = 34$ ppm, $C_{O_2} = 17\%$ and $SV = 80.9$ hr⁻¹

Original paper

Investigation of suitable quantitative indices for the evaluation of additive dispersion in a material matrix using Monte-Carlo simulation

WIRUVT TANTHAPANICHAKOON, MATHEE SUPHAWITA
and TAWATCHAI CHARINPANITKUL

Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan,
Bangkok 10330, Thailand

Received 4 August 1998; accepted 6 September 1999

Abstract—Three kinds of quantitative indices, i.e. the degree of mixedness, an area-based criterion and the box-counting fractal dimension, have been investigated to find out their suitability for evaluating the degree of dispersion of single additives in compounded material. The Monte-Carlo technique is used to simulate various ideal and non-ideal cases of dispersion in single-additive systems. It has been found that the value of both the area-based criterion and box-counting fractal dimension are essentially independent of the particle size of the additive, so they are suitable quantitative indices for evaluating the degree of dispersion of single-additive systems. The investigation also shows how the fractal dimension can be used to characterize and interpret the degree of dispersion of a pigment in a polymer matrix obtained experimentally.

Keywords: Fractal dimension; Monte-Carlo simulation; additive dispersion; material matrix; quantitative mixing index; random variables.

NOMENCLATURE

A	total area of the subdivision of interest (L^2)
$A_i(n)$	area occupied by additive particles in the i th subsection (L^2)
C	concentration of additive particle (particles/area)
ϕ	dimensionless particle size (—)
$C_s(n)$	coefficient of variation (—)
D	observed experimental fractal dimension (by means of box-counting) (—)
σ_A	area-based fractal criterion (—)
F_C	box-counting fractal dimension (—)

F_{uniform}	fractal dimension for uniform dispersion at the same additive concentration (—)
M	degree of mixedness
m	size of spot sample (number of particles in it) (—)
n^{-1}	similarity ratio (—)
n	number of times of sample division (—)
N	number of spot samples (—)
$N(n)$	the counted number of subsections that contain some additive particles (—)
$\bar{S}(n)$	mean area ratio of $S_i(n)$ (—)
$S_i(n)$	area ratio of additive particles (—)
X, Y	position of an additive particle in the matrix (—, —)
$XUNI$	uniform random number between zero and unity (—)
$XNRM$	normal random number (zero mean, unit variance) (—)
X_i	composition of additive in the i th spot sample (—)
$\bar{X}_c$	charged composition of additive (—)
$\bar{X}_s$	sample mean of X_i (—)
$YUNI$	uniform random number between zero and unity (—)
$YNRM$	normal random number (zero mean, unit variance) (—)
<i>Greek</i>	
σ_s	standard deviation of $S_i(n)$ (—)
σ_0^2	variance of the additive composition in a completely segregated system (—)
σ_s^2	sample variance of the additive composition

1. INTRODUCTION

Compounding is an important operation in many fields, such as plastics, fine ceramics and foods (called kneading). All plastic processors use compounding as one of the preferred methods for upgrading the properties of existing products. Typically, various additives are compounded into the polymer matrix to improve the mechanical, thermal, electrical, optical and chemical properties. Since generally a tiny amount of each additive is used, its uniform distribution in the matrix is crucial.

Traditionally the dispersion state of one or more additives is often evaluated qualitatively or semi-quantitatively by experience or by visual and/or microscopic inspection. For example, Lacey [1] and Iinoya [2] applied statistical quantities indicative of the degree of mixing (degree of mixedness) to evaluate the homogeneity of additive distribution in a material. For the quantitative evaluation of the dispersed

state, more powerful methods are indispensable. The fractal analysis method uses the concept of fractal geometry to quantitatively characterize a mixture or system of complex morphology using the so-called fractal dimension (e.g. Kaye [3]). Graf [4] applied the fractal dimension to characterize the ruggedness of particles. Yabe *et al.* [5], Mizuno *et al.* [6–8] and Terashita *et al.* [9, 10] carried out experiments and used the fractal dimension to evaluate the dispersion state of a filler (carbon black particles, glass fibers) in a matrix (polymer). However, when the size range of primary particles is of submicron order (0.1–0.2 μm), the particles can hardly be detected optically at the low magnification level (around 200–300 times) used by Mizuno *et al.*

To simplify the fractal evaluation procedure and to avoid the complex task of linking a scanning electron microscope (SEM) with an image analyzer, another fractal evaluation method, which involves counting the number of boxes that contain at least one additive particle, was applied by Tanthapanichakoon *et al.* [11, 12], In-tare [13], Phingchin [14] and Thongchiew [15] to experimentally evaluate the influence of compounding conditions on the dispersion state of a colorant in plastic. Experiments on the dispersion of three individual pigments were carried out and evaluated with the box-counting fractal dimension. They and Suphawita [16] also used the Monte-Carlo technique to simulate ideal dispersion patterns of single and binary additives. For simplicity, the simulation was two-dimensional, with each additive particle being represented as a disc.

This work aims to identify the strengths and weaknesses of three quantitative indices for use in the evaluation of dispersed states, and to demonstrate how the experimental fractal dimension is used to interpret the dispersion states which often fall between uniform dispersion and normal dispersion.

2. GENERATION OF RANDOM MIXTURES

In this work, we use the Monte-Carlo technique to create random patterns of dispersions. We employ mathematical functions to generate pseudo-uniform and pseudo-normal random numbers [17]. The former is used to generate the uniform dispersion in which additive particles are uniformly dispersed in a matrix material. The position (X , Y) of a particle in the matrix material (a square area) is determined as follows:

$$X = XUNF(X_{\max} - X_{\min}). \quad (1)$$

$$Y = YUNF(Y_{\max} - Y_{\min}). \quad (2)$$

X and Y will assume a real number between ($X_{\min}$, $X_{\max}$) and ($Y_{\min}$, $Y_{\max}$), respectively, with a probability of unity. Since uniform dispersion (homogeneous mixture) is generally the most desirable state of dispersion, this represents the best case of dispersion (an ideal case).

Using the latter, a Gaussian or normal distribution is generated. The additive particles are dispersed around the center of the material matrix. The mathematical

formulas used to simulate the position (X, Y) of an additive particle are as follows:

$$X = (0.5 + XNRM/6.0) * (X_{\max} - X_{\min}), \quad (3)$$

$$Y = (0.5 + YNRM/6.0) * (Y_{\max} - Y_{\min}). \quad (4)$$

Since $XNRM$ and $YNRM$ will each fall within the range $(-3, 3)$ with a probability of 0.9973, X and Y are normally distributed numbers that fall, respectively, within the range $(X_{\min}, X_{\max})$ and $(Y_{\min}, Y_{\max})$ with the same probability. In other words, the probability of a generated particle being located outside the rectangular area, $(X_{\max} - X_{\min}) \times (Y_{\max} - Y_{\min})$, is quite small.

The purpose of compounding is to disperse additive particles uniformly within the matrix material. Therefore, in reality a compound should, and is expected to, have a low degree of local aggregation of the additive particles at the microscopic level. The normal distribution (dispersion) of additive particles represents another extreme case, that of poor dispersion in practice.

Figures 1 and 2 show two typical examples of the simulated dispersion of single-additive system. In general, any non-ideal single-additive dispersion may be treated as a special of binary mixtures, which consists of identical monodisperse particles A (uniformly dispersed) and particles B (normally dispersed) with the same or different concentrations.

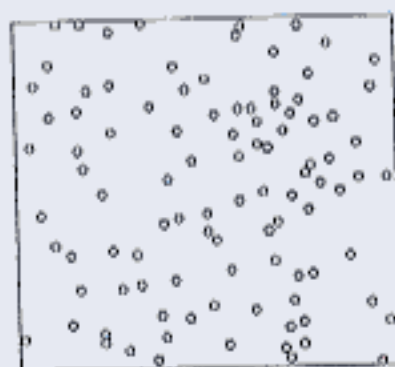


Figure 1. Example of uniform dispersion (100 additive particles).



Figure 2. Example of normal dispersion (100 additive particles).

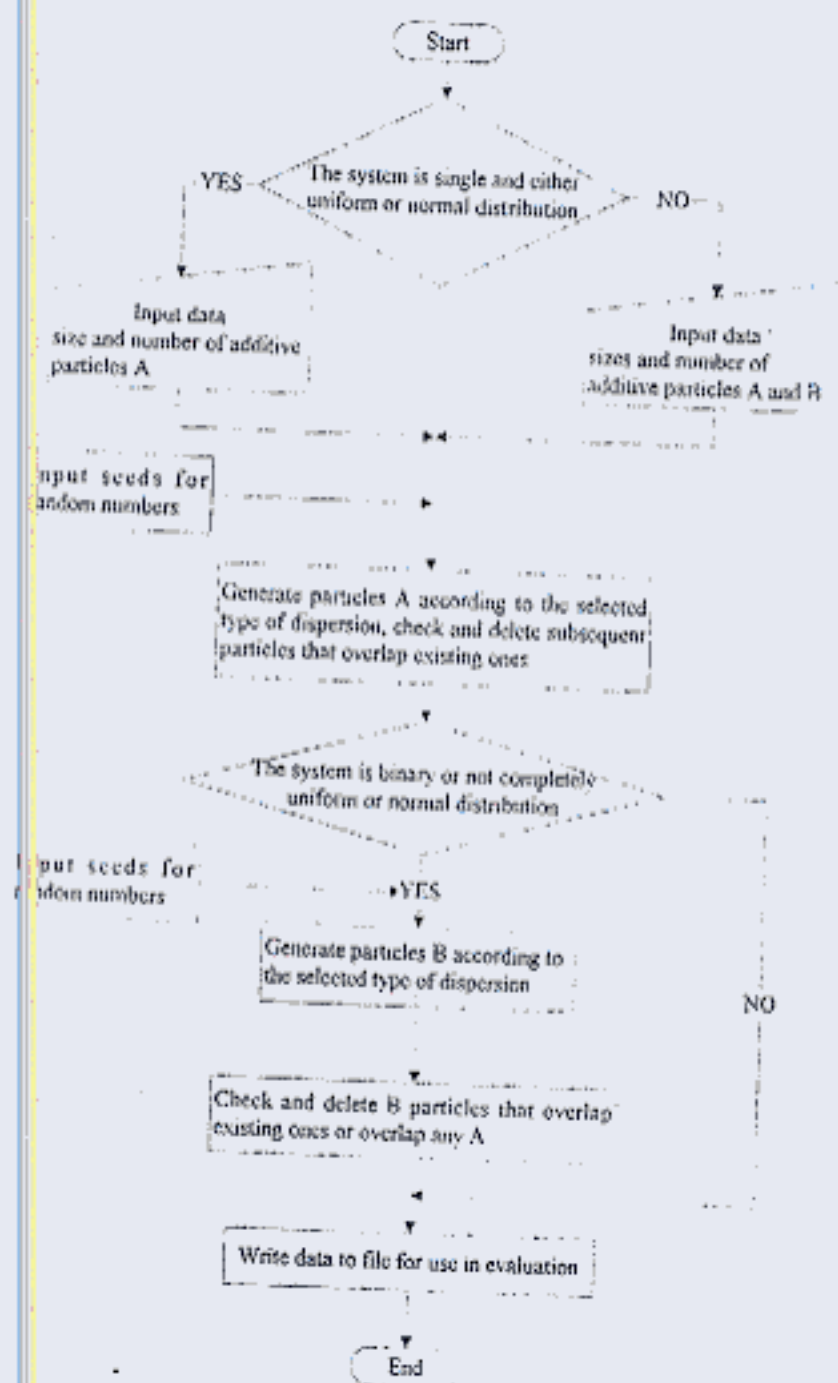


Figure 3. Algorithm for the simulation of dispersion states.

An algorithm of the simulation is shown in Fig. 3. Simulation starts with the selection of the type of system (ideal single-additive system versus binary or non-ideal single-additive system). The input data include the concentrations of additive particles and particle sizes. In the case of non-ideal dispersion, particles A are first generated and dispersed in the matrix. The coordinates of each A are governed by (1) and (2). Any subsequent particle A that overlaps those before it is eliminated. Then only the desired number of particles A are kept. The next procedure is the generation and dispersion of particles B of exactly the same characteristics as A. The coordinates of each B are governed by (3) and (4). Again only the desired number of non-overlapping B are kept.

3. QUANTITATIVE INDICES INVESTIGATED

Several types of indices are often used to characterize the dispersion (mixing) state of additives in compounded resins. For example, statistical quantities (the degree of mixedness) and, recently, fractal dimensions may be applied to the (key) component (additive) of interest. Since the values of these indices are more or less influenced by the charged concentration and/or the average size of the dispersed particles, it is important to identify their strengths and weaknesses in order to make a reliable quantitative comparison among various dispersion states obtained under different operating conditions, using different additives or the same additives but with different physical characteristics (e.g. particle size), or among different resin-additive systems. In order to examine these aspects, the following types of indices are investigated.

3.1. Degree of mixedness

In compounding operations, a homogeneous mixture is defined as one in which the additive component (under investigation) is uniformly dispersed in the compound. Such a mixture is sometimes called a random mixture. Several definitions for the degree of mixedness (degree of homogeneity) are available to evaluate the state of dispersion of the compound. In this work, we choose the following definition:

$$M = 1 - \frac{\sigma_8}{\sigma_0} \quad (5)$$

$M = 0$ means 'completely segregated', whereas $M = 1$ means 'perfectly mixed'.

Let X_i ($i = 1, 2, \dots, N$) be the composition of the additive in the i th sample of N spot samples taken randomly from a compounded material. The sample mean, $\bar{X}_s$, is given by:

$$\bar{X}_s = \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (6)$$

If the charged composition, $\bar{X}_C$, is known, the sampling procedure may be examined by comparing $\bar{X}_S$ to $\bar{X}_C$. The sample variance, σ_S^2 , is defined by:

$$\sigma_S^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_S)^2}{(N - 1)} \quad (7)$$

Intuitively, the smaller the value of σ_S^2 , the closer to homogeneity the mixture is. Therefore, the degree of homogeneity (state of dispersion) can be evaluated using the sample variance σ_S^2 . At the beginning of the compounding operation, when the additive and the matrix material are completely segregated, the value of σ_S^2 is given by [18]:

$$\sigma_0^2 = \bar{X}_C(1 - \bar{X}_C) \quad (8)$$

For a random mixture, the value of σ_S^2 is a minimum given by $\sigma_r^2 = \sigma_0^2/m$, where m is the size of a spot sample (the number of additive particles contained in it).

3.2. The fractal analysis method

Mathematically a fractal is defined as a geometric shape that is made of parts similar to the whole in the same fashion, no matter how small or how many times it has been subdivided. This means that the shape of a fractal has self-similarity and a characteristic fractal dimension. The fractal dimension is not necessarily an integer number. With a geometry of self-similarity, the determination of the fractal dimension is straight-forward. A D -dimensional self-similar object can always be divided into N smaller similar copies of itself, each of which is scaled down by a factor r , where $r = 1/N^{(1/D)}$. The fractal dimension is given by:

$$D = \frac{d \log(N)}{d \log(1/r)} = -\frac{d \log(N)}{d \log(r)} \quad (9)$$

As in the case of a coastal line in Norway, the fractal may often be found as an extremely irregular line (or surface) consisting of an infinite number of similarly irregular sections (or parts). The fractal dimension then has a fractional value between 1 and 2 (or between 2 and 3 for a surface) [3].

3.2.1. Area-based fractal criterion. Mizuno *et al.* [6–8] and Terashita *et al.* [9, 10] were the first to use the term 'fractal' for the evaluation of the dispersion state of compound. Their detailed observations of a large number of samples were greatly aided with the use of a sophisticated image analyzer system. They used an area-based criterion to evaluate the dispersion state of a filler (carbon black particles, glass fibers) in a polymer matrix. Since the sizes of their filler particles are of micron order, they magnified them via a optical microscope and used the image analyzer system to evaluate the state of dispersion placing an emphasis on the self-similarity of dispersion.

First, the dispersion pattern is divided into $n \times n$ equal square segments ($4 \leq n \leq 50$). Next, for segment i , the area ratio $S_i(n)$ of additive particles and their sample mean and standard deviation are calculated as follows:

$$S_i(n) = \frac{A_i(n)}{A(n)}, \quad (10)$$

$$\bar{S}(n) = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N S_i(n), \quad (11)$$

$$\sigma_S^2(n) = \sum_{i=1}^N \frac{(S_i(n) - \bar{S}(n))^2}{N}. \quad (12)$$

Here $A_i(n)$ is the area occupied by the particles in segment i and $A(n)$ is the total area of the same segment. N is the total number of sampled segments. Next a coefficient of variation $D_S(n)$ is calculated:

$$D_S(n) = \frac{\sigma_S(n)}{\bar{S}(n)}. \quad (13)$$

This coefficient represents the state of dispersion. A log-log plot of D_S versus $1/n$ was found to be approximately linear. This line can be used as a useful index of dispersion. Since $1/n$ represents the length scale, a more gradual change of $D_S(n)$ versus $1/n$ means the dispersion is closer to having a characteristic of scale invariance. Mizuno *et al.* used the absolute value of this plot (F_A) as an index of uniformity. That is, the smaller the value, the larger the tendency of scale invariance.

3.2.2. Fractal dimension by means of box counting. In our related experimental work, the primary sizes of additive particles are of submicron order, e.g. $0.02 \mu\text{m}$ for carbon black, so they are hard to detect at the magnification level ($\times 200$ – 300) used by Mizuno *et al.* [6–8]. To simplify the fractal dimension evaluation based on SEM micrographs and to dispense with an expensive image analyzer system, the fractal method applied by Tsuchinari *et al.* [19] to evaluate the pore characteristics of porous refractory is adopted.

Thus we divide the SEM micrograph of a small square or rectangular cross-section of the compounded material into $n \times n$ boxes (n is a positive integer). The number of boxes containing at least one particle of the additive of interest, $N(n)$, is counted as a function of n . Here n^{-1} is the similarity ratio. If the system is a fractal, the following equation holds:

$$N(n) = (\text{Similarity ratio})^{-F_C} = (1/n)^{-F_C}. \quad (14)$$

Thus the fractal dimension by means of box counting, F_C , is defined by:

$$F_C = \frac{d \log N(n)}{d \log(n)} = -\frac{d \log N(n)}{d \log(1/n)}. \quad (15)$$

Figure [13] found that in both ideal cases of uniform and normal dispersions, the above area-based index F_A and box-counting fractal dimension F_C were significantly influenced by the additive concentration. The exception was F_A , which remained essentially constant at unity only for uniform dispersion. At sufficiently high concentrations, the box-counting fractal dimension monotonously approached 2 for uniform dispersion. If the additive concentrations in two samples are significantly different, a direct comparison of the fractal dimensions between the two dispersion states can be misleading. To eliminate this problem, the experimental fractal dimension should be normalized with the corresponding value of the uniform dispersion before making a comparison:

$$F^* = \frac{F}{F_{\text{uniform}}} \quad (16)$$

4. SIMULATION CONDITIONS INVESTIGATED

Conditions of simulation for the ideal dispersions of single-additive systems are summarized in Table 1.

The simulation was also carried out for the non-ideal single-additive dispersion which is equivalent to a mixture consisting of two ideal dispersions (uniform and normal). In the non-ideal dispersion, a portion of the population (the A particles) follows the uniform dispersion (U) and the rest (called B particles) follows the normal dispersion (N). In reality all A and B particles are identical and the system is actually single component. The number ratio of normally dispersed particles (B) to uniformly dispersed particles (A) is called the N-U ratio here. The conditions for simulation for the non-ideal dispersion are also summarized in Table 1.

Table 1.
Conditions of simulation for the state of dispersion

	Single additive (A)	Binary additives (A and B)
Type of dispersion	uniform, normal	uniform (additive A), normal (B)
Particle size (d_p)	0.1, 0.2, 0.5	0.5 (both A and B)
Sample area	100 × 100 (square area)	
Total concentration C (particle/sample area)	50, 100, 200, 500, 1000, 1500, 2000, 2500, 3000, 5000, 10000	
N-U ratio (% of B in the binary system)	0, 25, 50, 75, 100	

RESULTS AND DISCUSSION

1. Ideal dispersion

Figure 4 shows the effect of particle size on the observed relationship between the degree of mixedness M and additive concentration C . Obviously at the same particle size the value of M for both the uniform and normal dispersions tend to decrease as C increases. Interestingly, as C increases, the value of M for the normal dispersion decrease remarkably faster than that for the uniform dispersion. On the other hand, at the same concentration the values of M for both types of the dispersions decrease as the particle size increases. In the case of normal dispersion, M drops significantly when the particle size is greater than 0.2 units. Since a robust index of the state of dispersion should not be influenced strongly by the size of particle, M is not a suitable index in this respect. In any case the higher the concentration, the easier it is to distinguish between uniform dispersion and normal dispersion. On the other hand, the sensitivity of this index decreases remarkably as the particle size decreases from 0.5 to 0.1.

As seen from Fig. 5, the area-based criterion F_A for the ideal uniform dispersion remains essentially constant at unity, while F_A for the normal dispersion decreases rapidly as the concentration increases. Clearly, when too small a number of particles are present in the sample, it is hard to distinguish between good and bad dispersions. The result also reveals that at the same concentration the values of F_A for both types of ideal dispersions are hardly affected by the particle size. One important feature is that F_A is highly sensitive to the difference between uniform and normal dispersions. The higher the concentration, the more sensitive F_A becomes.

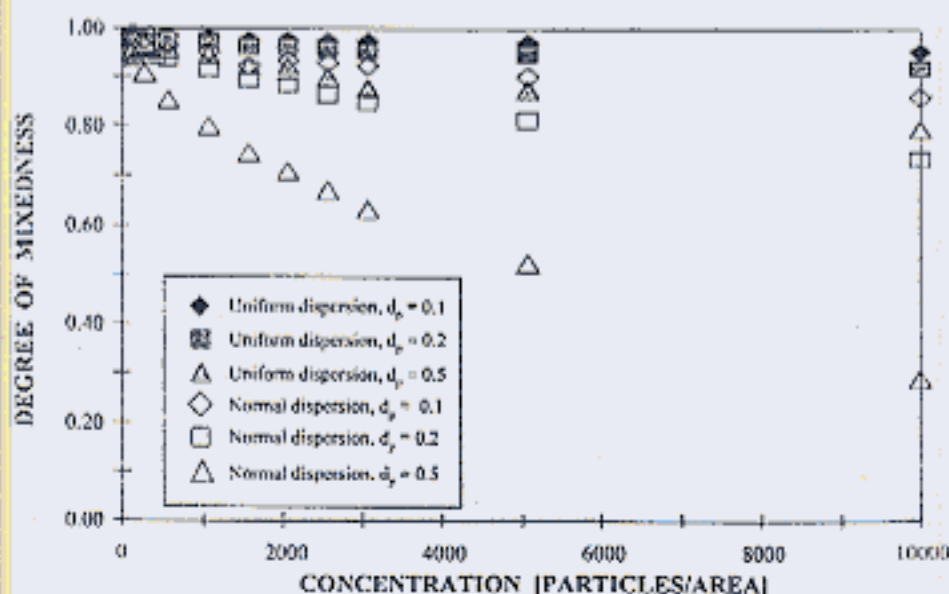


Figure 4. Effect of particle size on the relationship between the concentration and degree of mixedness.

In Fig. 6, the results on the effect of particle size on the box-counting fractal dimension, F_C , were demonstrated. From Fig. 6, it can be seen that the observed fractal dimension F_C at the same concentration for either type of ideal dispersions is only slightly affected by the particle size. F_C for both dispersion patterns increases

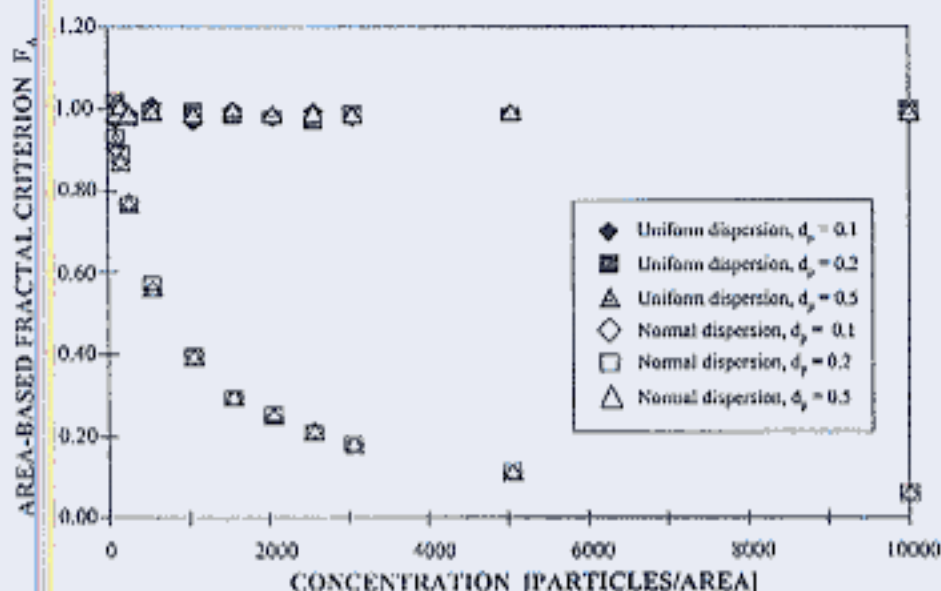


Figure 5. Effect of particle size on the relationship between the concentration and area-based fractal criterion.

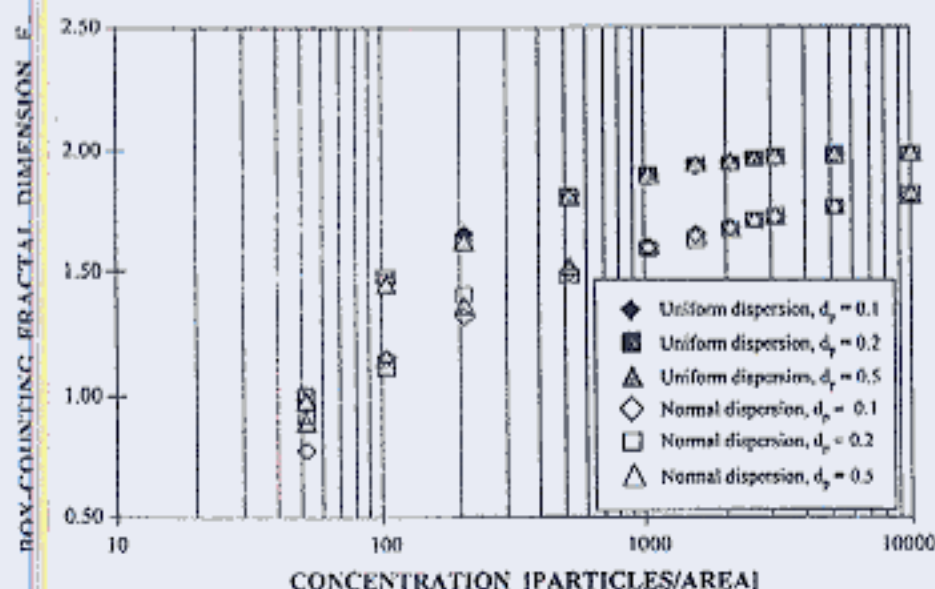


Figure 6. Effect of particle size on the relationship between the concentration and box-counting fractal dimension.

rapidly when the concentration first increases. Again F_C for the uniform dispersion is always greater than F_C for the normal dispersion. At very high concentrations (more than 5000 particles/area), the F_C values for the ideal uniform and normal dispersions remain essentially constant around 2.0 and 1.83, respectively, regardless of the particle size.

From these results it can be concluded that F_C is fairly sensitive to the difference between the two ideal dispersions. To reduce the influence of sample concentration, F_C for the normal dispersion is normalized according to (16) and plotted against the concentration in Fig. 7. It can be seen that resulting F_C^* increases only slightly as C increases.

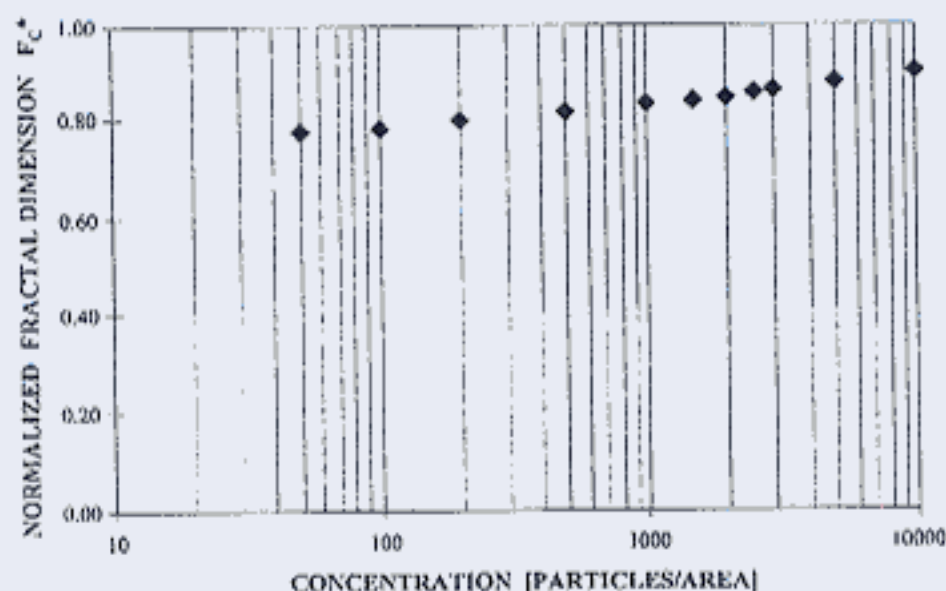


Figure 7. Relationship between the concentration and normalized fractal dimension F_C^* for normal dispersion.

Table 2.

The effect of concentration and particle size on the quantitative indices

	Concentration		Particle size	
	Uniform	Normal	Uniform	Normal
M	++	**	-	-
F_C	+	+	0	0
F_A	0	-	0	0

The symbols have the following meanings: (++) the distinction between the two ideal cases is difficult when the particle is small; (+) the value tends to increase as the specified factor increases; (-) the value tends to decrease as the specified factor increases; 0, the value is essentially constant as the specified factor changes.

The trends of the relationships between the concentration (or particle size) and the three quantitative indices are summarized in Table 2. In conclusion, the area-based criterion F_A is a more sensitive and robust measure of dispersibility than the box-counting fractal dimension F_C , whereas the degree of mixedness M is unsatisfactory. In addition, M is not suitable at all when the particle size is tiny compared to the sample area.

5.2. Non-ideal dispersion

The purpose here is to find out what happens to the values of F_A and F_C when the number ratio of B to A particles is varied to yield a non-ideal dispersion, a hybrid mixture of two different ideal dispersions. The N-U or B-A ratios investigated are summarized in Table 1. An N-U ratio of 25 means that, of the total number, 25% of the particles (B) is normally dispersed (N) and the rest (A) is uniformly dispersed (U). For simplicity, only the percentage of B particles will be specified henceforth. Since it has been ascertained above that the particle size does not affect the values of F_A and F_C , the size is fixed at 0.5 units. The relationships between the total concentration C and the observed F_A and F_C are depicted in Figs 8 and 9, respectively.

From Fig. 8, it can be seen that except at $B = 0\%$ (completely uniform), for every fixed N-U ratio, F_A decreases steeply as the total concentration increases. This is because F_A is dominated by the normally dispersed B particles whose absolute number increases. Thus it may be concluded that F_A is a sensitive index of the

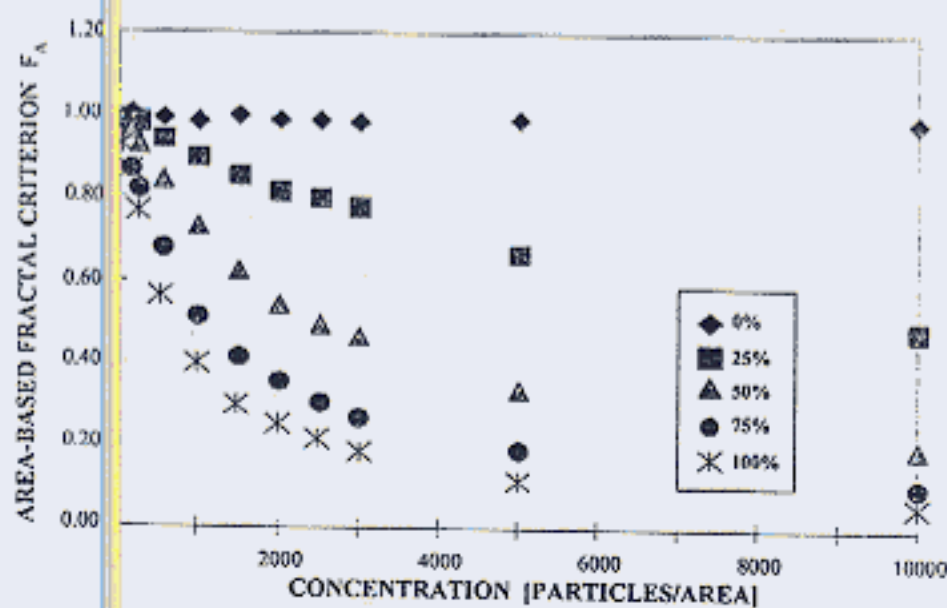


Figure 8. Total concentration versus area-based fractal criterion at each N-U ratio.

non-ideality of a dispersion. The higher the total concentration, the more sensitive the area-based fractal criterion. Figure 9 reveals that, for every fixed N-U ratio, F_C increases, as the total concentration increases, especially at low concentrations. This is because F_C is dominated by the uniformly dispersed A particles. On the

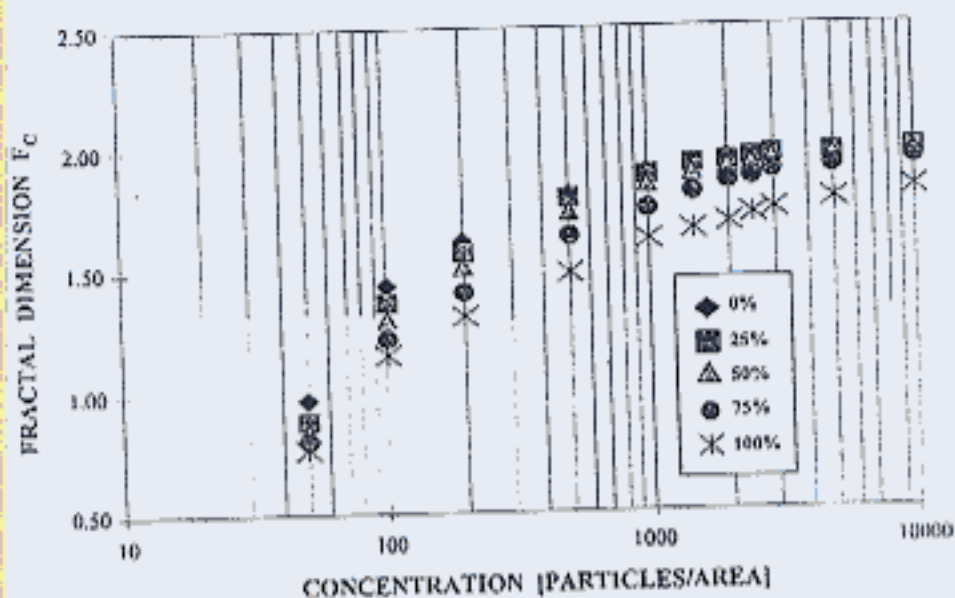


Figure 9. Total concentration versus fractal dimension F_C at each N-U ratio.

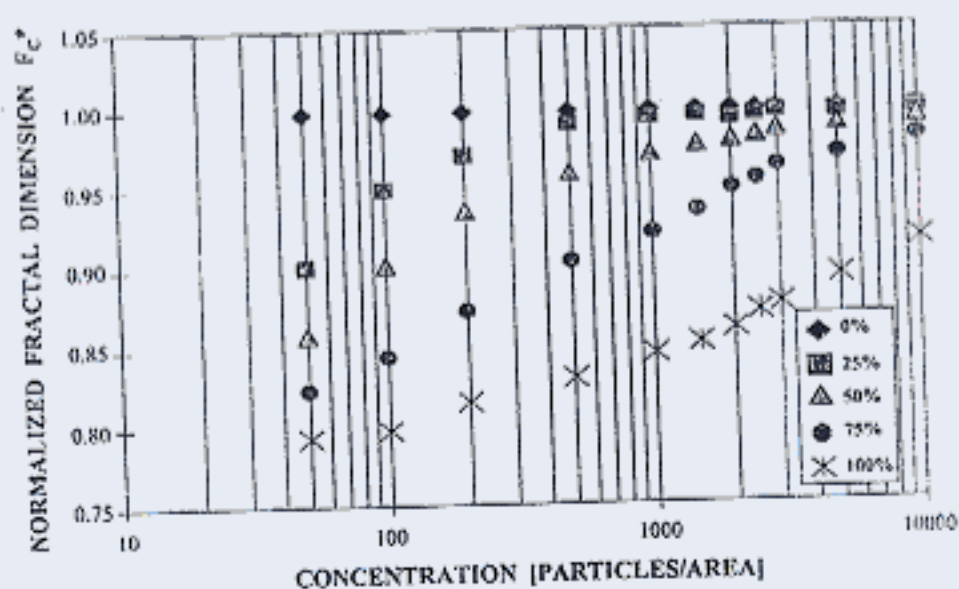


Figure 10. Relationship between the total concentration and normalized fractal dimension at each N-U ratio.

other hand, at a fixed concentration, differences in F_C values among different N-U ratios are less distinct at 0% up to 50%.

Figure 10 shows the relationships between the total concentration versus F_C^* at each N-U ratio. The figure is handy when one wants to interpret an experimentally obtained dispersion pattern in terms of its observed fractal dimension.

6. APPLICATION TO THE INTERPRETATION OF EXPERIMENTAL RESULTS

Phingchin has found experimentally that the kneading temperature is one important factor that affects the dispersion state of pigments in a polymer, i.e. a higher temperature (from 170 to 210°C) leads to improved dispersibility. Table 3 lists the experimental values of F_C^* reported by Phingchin [14].

When the experimental F_C^* at different temperatures are compared, one sees that carbon black kneaded at 210°C was more nearly uniformly dispersed in polystyrene than at 170°C. So was iron oxide. This is because the viscosity of the polymer melt became lower at a higher temperature. When carbon black and iron oxide are compared at the same kneading temperature, one realizes that the former is more uniformly dispersed than the latter because carbon black is organic, non-polar and more compatible with polystyrene. In fact, uniform dispersion is achieved if the normalized fractal dimension is essentially 1. At 170°C kneading temperature, the experimental F_C^* is 0.964. From Fig. 10, at the same 160 total particle concentration, it is found by interpolation that a mixture of identical A and B particles consisting of 28% B (N-type dispersion) and 72% A (U-type dispersion) would have the same fractal dimension of 0.964. In other words, the achieved dispersion is equivalent to one in which 28% of the particles are normally dispersed with the remaining 72% being uniformly dispersed. The equivalent N-U ratios for the other cases are also listed in Table 3.

Similarly, Fig. 8 is a handy tool to interpret the experimental dispersion state from the observed F_A value.

Table 3.
Reported experimental values of the normalized box-counting fractal dimension

Pigment	Kneading temperature (°C)	Speed of screw (r.p.m.)	Feed rate (g/min)	Number of particles counted	Normalized fractal dimension	N-U ratio (normal: uniform) % N
Carbon black	170	81	4.5	160	0.964	28
	210	81	4.5	193	0.996	2
Iron oxide	170	81	4.5	88	0.914	40
	210	81	4.5	113	0.935	35

7. CONCLUSIONS

The following conclusions can be drawn:

- (1) The degree of mixedness for both the uniform and normal dispersions tends to decrease as the additive concentration or particle size increases.
- (2) The area-based fractal criterion and box-counting fractal dimension are more suitable indices than the degree of mixedness because they are not affected by the particle size. The former appears to be a more sensitive index for measuring dispersibility than the latter.
- (3) Figures 8 and 10 are handy for evaluating experimentally obtained dispersion pattern. Using the observed value of F_A or F_C^* , they tell us how close the observed dispersion is to the normal dispersion (or to the uniform dispersion) by giving an equivalent percentage of normally dispersed B particles (or uniformly dispersed A particles) in the material matrix.

Acknowledgements

Financial support from National Metal and Materials Technology Center for the research project, financial support from Thailand Research Fund for W. T. and T. C., and academic scholarship from National Science and Technology Development Agency for M. S. are acknowledged.

REFERENCES

1. P. M. C. Lacey, Developments in the theory of particle mixing, *J. Appl. Chem.*, **4**, 257–268 (1954).
2. K. Miyamoto, in: *Powder Technology Handbook*, K. Inouya, K. Gotoh and K. Higashitani (Eds.), pp. 595–613, Marcel Dekker, New York (1990).
3. B. H. Kay, Specification of ruggedness and/or texture of a line profile by its fractal dimension, *Powder Technol.*, **21**, 1–16 (1978).
4. J. C. Graf, The importance of resolution limits to the interpretation of fractal descriptions of fine particles, *Powder Technol.*, **67**, 83–85 (1991).
5. N. Yabe, K. Terashita, K. Izumida and K. Miyamoto, Dispersion of carbon black in resin by a continuous kneader and its assessment, *J. Soc. Mater. Sci., Japan* **37**, 1344–1348 (1988).
6. Y. Mizuno, K. Terashita and K. Miyamoto, Application of fractal dimension for evaluation of dispersion of filler in composite material, *J. Soc. Mater. Sci., Japan* **42**, 836–842 (1993).
7. Y. Mizuno, K. Terashita and K. Miyamoto, Evaluation of dispersion state of electrically conductive resin with fractal dimension, *Kagaku Kogaku Ronbunshu* **19**, 21–29 (1993).
8. Y. Mizuno, K. Terashita and K. Miyamoto, Operating plan for continuous kneading of electrically conductive resin with analysis of time series, *Kagaku Kogaku Ronbunshu* **19**, 13–20 (1993).
9. K. Terashita, T. Tanaka and K. Miyamoto, Continuous kneading for electrically conductive composite material and evaluation of filler dispersion state, *Bull. Univ. Osaka Pref.* **42**, 1–17 (1993).
10. K. Terashita, T. Teshima, N. Yabe and K. Miyamoto, The mixing of toner composition and its evaluation, *J. Soc. Powder Technol., Japan* **30**, 556–562 (1993).

11. W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul and P. In-cure, Application of novel concept of fractal to study dispersion of additive in plastic, in: *Proc. Ann. Meeting of The Engineering Institute of Thailand*, Bangkok, Thailand (1995).
12. W. Tanthapanichakoon, T. Charinpanitkul and P. In-cure, Experiment on compounding polyethylene resin with iron oxide pigment using twin-screw kneaders, in: *Proc. 1995 Regional Symp. on Chemical Engineering*, Bangkok, Thailand (1995).
13. P. In-cure, Effect of kneading conditions on the dispersion of pigments in polyethylene using a continuous kneader, Master's thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (1994).
14. N. Phingchit, Factors influencing the dispersion of pigments in polystyrene upon using a continuous twin-screw kneader, Master's thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (1996).
15. A. Thongchiew, Factors influencing the dispersion of organic pigments in polyethylene upon using a continuous twin-screw kneader, Master's thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (1997).
16. M. Suphawita, Development of quantitative indices for evaluating the degree of dispersion of additives in compounded material using computer experiments, Master's thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (1997).
17. W. Tanthapanichakoon, Stochastic analysis of a high-rate activated sludge wastewater treatment plant with random diurnal plant inputs and random process parameters, via Monte-Carlo simulation, Doctoral dissertation, University of Texas at Austin (1978).
18. T. Yano and Y. Sano, *J. Soc. Chem. Eng., Japan* 29, 214 (1965).
19. A. Tsuchinari, Y. Hokii, S. Osamu and C. Kanaoka, Effects of Al_2O_3 - TiO_2 contents on structure and permeability of porous magnesia ceramic — fractal of pore characteristics, *J. Ceramic Technol., Japan* 99, 561-566 (1991).

Stochastic simulation of the agglomerative deposition process of aerosol particles on an electret fiber

C. Kanaoka^{a,*}, S. Hiragi^a, W. Tanthapanichakoon^b

^a Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, Kanazawa University, 2-40-20 Kodatsuno, Kanazawa 920-8667, Japan

^b Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

Abstract

To design a high-performance air filter with a longer service life, we need to predict how the morphology of particle accumulates on a constituent fiber changes and affects the collection efficiency and pressure drop of the filter under dust-loaded condition. This paper describes a practical three-dimensional simulation method for predicting the agglomerative deposition process of fine aerosol particles on an electret fiber. The simulated results are shown to agree quite well with the experimental observations for both uncharged and charged particles. For the former, only the gradient force, and for the latter, the coulombic force needs to be considered as long as an oncoming particle has not come in close proximity to any previously deposited particles. In contrast, once the oncoming particle enters a region of close proximity to a deposited particle at the tip of a dendrite or chain-like agglomerate, it suffices to consider only the high-gradient force in the present stochastic model. © 2001 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Electret filtration; Dendrites; Agglomerates; Electrostatic effect; Dust load

1. Introduction

An electret fiber is made of permanently polarized dielectric material. Compared to a similar nonpolarized fiber, the aerosol collection efficiency of the electret fiber can be significantly higher, even if the aerosol particles are uncharged. Thus, electret fibers have been used to enhance the collection efficiency of HEPA and ULPA filters. In some instances, the collection efficiency of an electret fiber may drop substantially as deposition of the particles progresses. Typically, air filters are not equipped with any dust-cleaning systems and is discarded when captured particles clog the air passage. Kanaoka [1] showed how to double the service life by designing a filter with larger dust-holding capacity at the same final pressure drop for the filter composing of uncharged fibers (uncharged filter). This is achievable because filter performance depends not only on filtration conditions and particle properties but also on filter properties, such as fiber diameter, packing density, and packing structure.

As more and more particles deposit on a fiber inside a filter and/or on previously captured particles, they form complicated accumulates. For uncharged filter, collection efficiency increases as particles deposit. However, for the case of electret filter, it is experimentally known to decrease with particle collection in the initial stage of the collection. The accumulation process of this has not been simulated previously and if it is needed to design a filter with improved service life, we need to predict filter performance under dust load, which requires good understanding of how the morphology of particle accumulates on a fiber affects the collection efficiency and pressure drop of a dust-loaded filter [1].

1.1. Experimental observation of deposition pattern on a single fiber

Figs. 1 and 2 show how the agglomerates of uncharged and charged particles, respectively, change with filtration time and location on an electret fiber. When uncharged particles are collected, they attach all around the fiber and form chain-like agglomerates, which subsequently become irregular and complicated as the electrostatic effect gradually weakens. In the case of charged particles, the shape is

* Corresponding author. Tel.: +81-76-234-4645.

E-mail address: kanaoka@kt.kanazawa-u.ac.jp (C. Kanaoka).

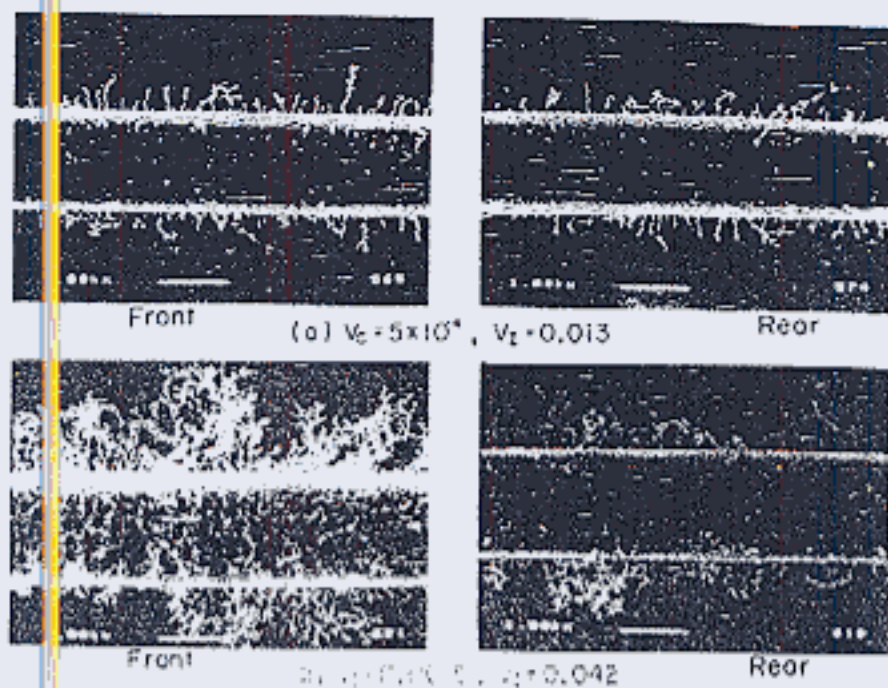


Fig. 1. Experimental deposition of noncharged particles on an electret fiber ($d_f = 30 \mu\text{m}$, $d_g = 0.39 \mu\text{m}$, $u = 15 \text{ cm/s}$, $\rho_p = 2330 \text{ kg/m}^3$, $K_{30} = 0.004$, $S_k = 0.015$, $Pe = 5 \times 10^4$, $R = 0.013$).

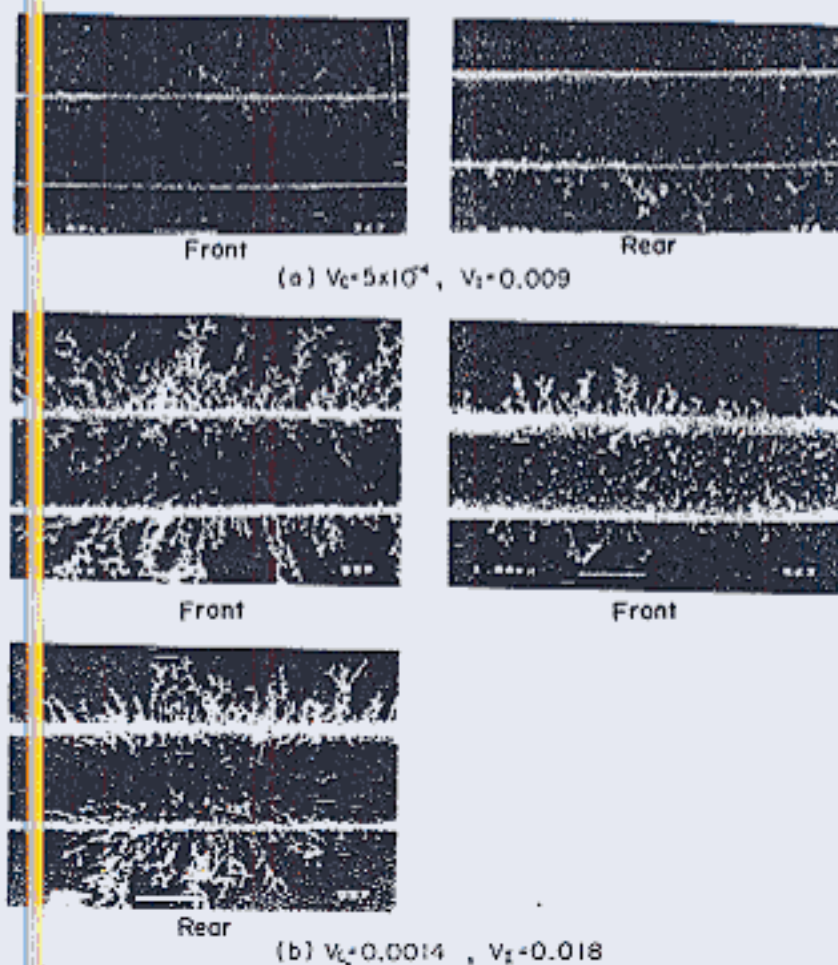


Fig. 2. Experimental deposition of charged particles on an electret fiber ($d_f = 30 \mu\text{m}$, $d_g = 0.39 \mu\text{m}$, $u = 15 \text{ cm/s}$, $\rho_p = 2330 \text{ kg/m}^3$, $K_{30} = 0.004$, $S_k = 0.015$, $Pe = 5 \times 10^4$, $R = 0.013$).

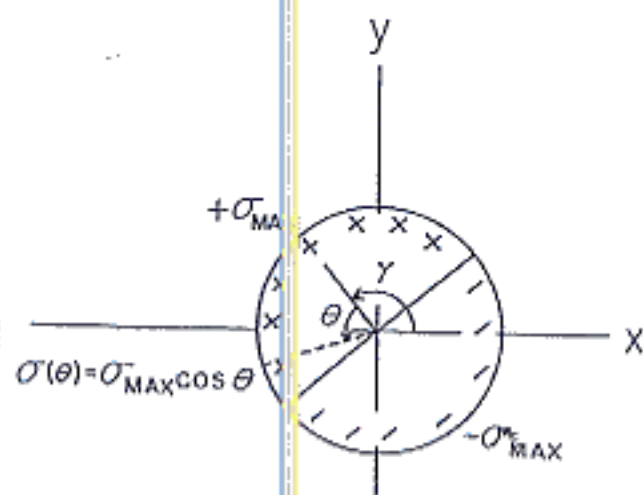


Fig. 3. Charged distribution on the surface of an ideal electret fiber.

similar to the former but agglomerates concentrate in a limited area of opposite polarity to the particles and grows along the electric force line.

1.2. Simulation of deposition process on a fiber

To rigorously simulate the deposition process, we need to calculate the flow field around a dust-loaded fiber that theoretically changes with every deposition of a new particle. Since the process is random, the repetitive recalculation of flow field around such an evolving irregular fiber is prohibitively time-consuming. There are two main approaches to simulate the particle agglomerates on a fiber, namely, the deterministic model [2–4] and the stochastic model [5–17]. The former is capable of describing the average growth of dendrites but does not express the random nature. In contrast, the latter can handle any random process but may take a long time to get meaningful results. Most previous simulations focus on the early stage of collection when the dust load is light and the so-called dendrites are relatively small agglomerates.

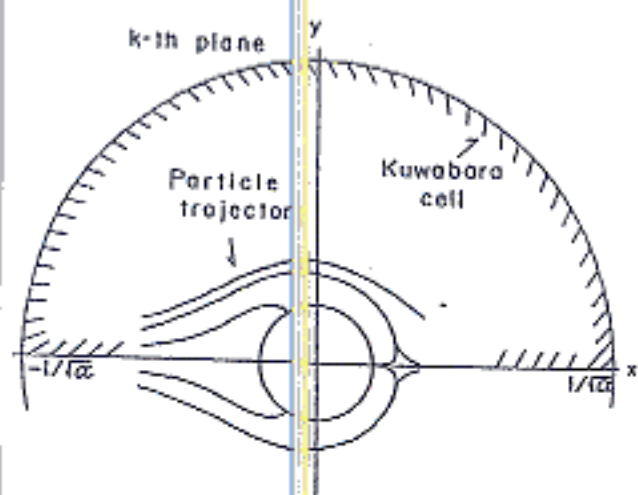


Fig. 4. Schematic of the simulation region ($\beta = 0^\circ$).

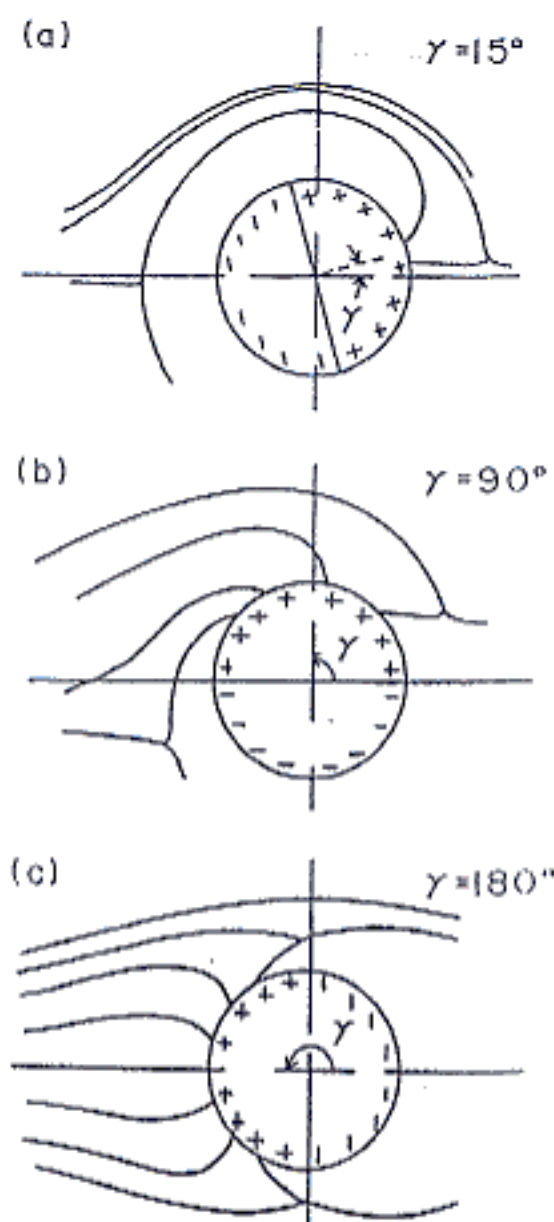


Fig. 5. Variation in the particle trajectories with γ .

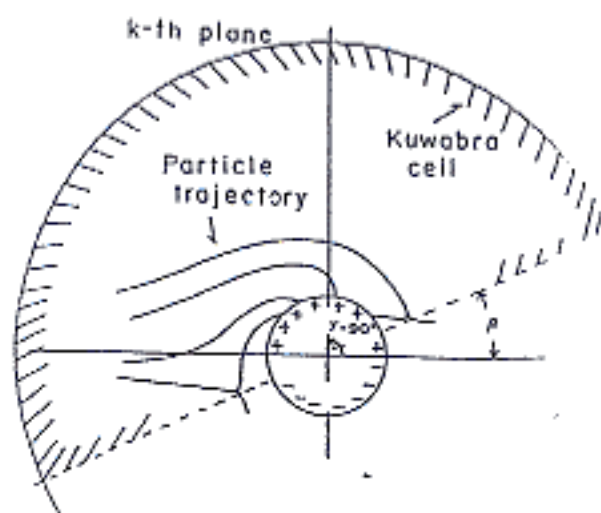


Fig. 6. Schematic of the simulation region ($\beta > 0^\circ$).

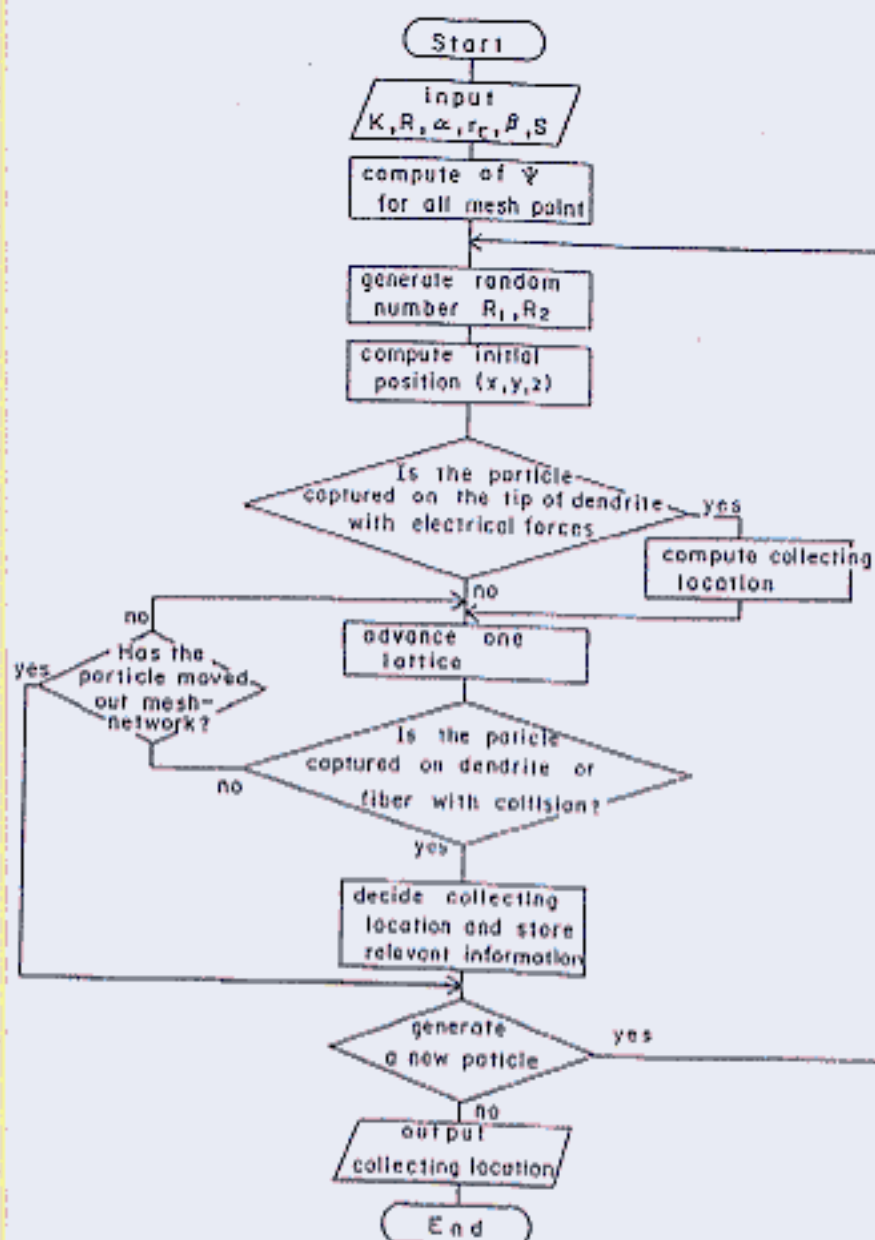


Fig. 7. Simplified flowchart of the simulation.

The present paper extends our stochastic model to cover the intermediate stage of collection on an electret fiber. What follows is a description of the agglomerative deposition model, presentation and discussion of the simulation results, and conclusion.

2. Stochastic model of deposition process on an electret fiber

Referring to an earlier stochastic mechanical collection model of Kanaoka et al. [7], Baumgartner and Loeffler [18] carried out two-dimensional simulation of particle deposition on an electret fiber. Since a three-dimensional model more closely represents the actual process and reveals additional morphological details, it is adopted in the present work.

2.1. Electrostatic forces acting on a particle near an electret fiber

Coulombic forces, F_C (between the particle and fiber) and F_{CP} (between the particle and another nearby particle), and image force, F_I , come into play only when a particle

Table 1
Simulation conditions

Electrical parameters	K_C, K_{CP} [-]	0.1, 1.0
Interception parameter	R [-]	0.05
Fiber packing density	α [-]	0.06
Fiber diameter	d_f [-]	2.0
Height of generation in y-direction	H [-]	3.0
Mesh number in z-direction	S [-]	50

has electric charge. For both charged and uncharged dielectric particles, the long-range nonuniform electric field around the electret fiber and the agglomerates lead, respectively, to the long-range gradient force, F_G , and particle string formative or high-gradient force, F_R . Under typical filtration conditions Hiragi [19] has calculated that F_R

becomes dominant when an oncoming particle comes in close proximity to a deposited particle and that, until this proximity region is reached, only either F_C , in the case of charged particles, or F_G , in the case of uncharged particles, need to be considered. His conclusions agree with Zebel [20] and are adopted here.

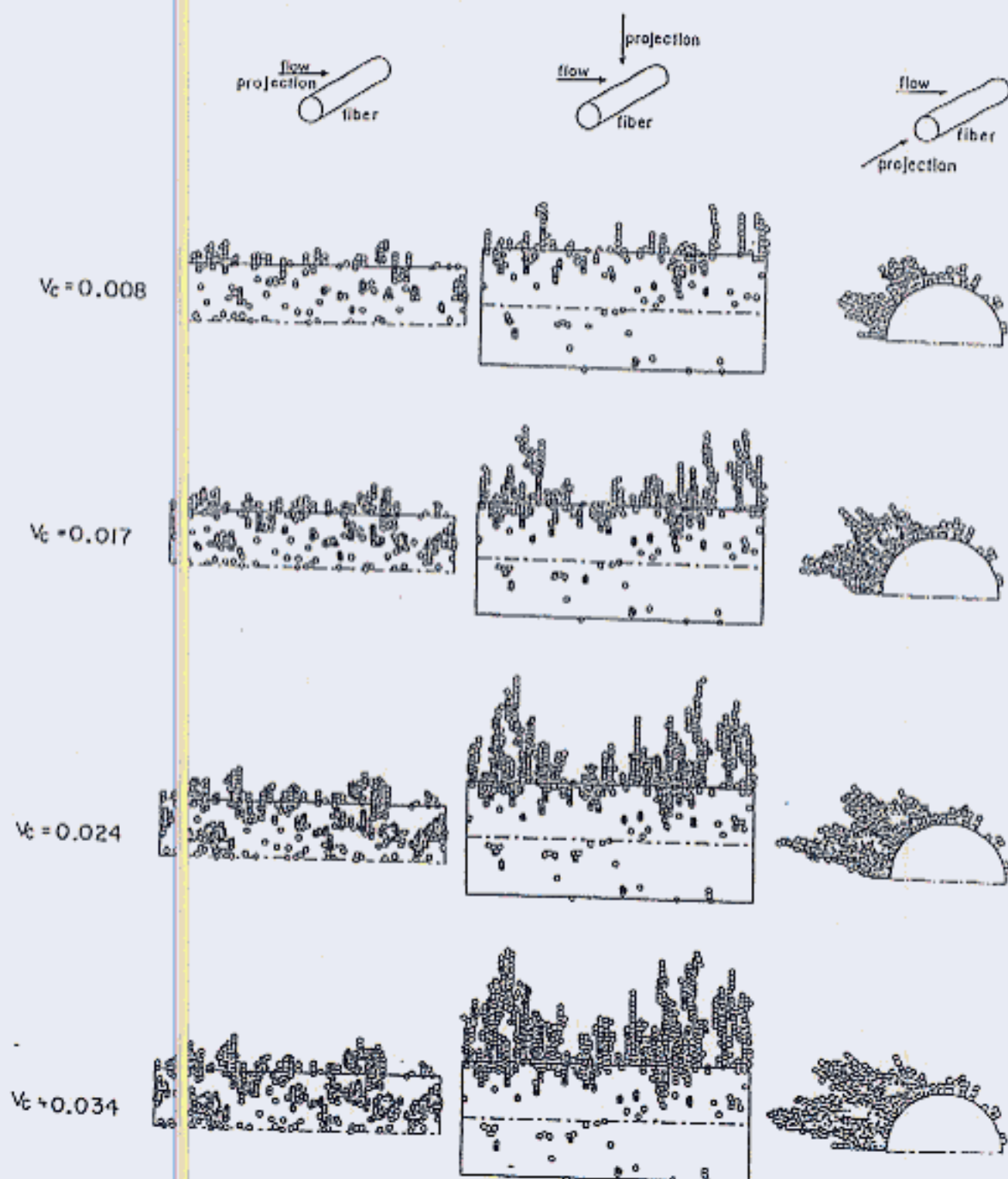


Fig. 8. Simulated agglomerates of noncharged particles on an electret fiber ($K_n = 0.1$, $R = 0.05$, $\alpha = 0.06$, $r_f = 2d_p$).

2.2. Region of simulation

Fig. 3 shows the ideal distribution of charges on the electret fiber surface. It is assumed that the surface charges will not decay as particles deposit on the fiber. The flow of fluid around the fiber is Kuwabara flow [21].

2.2.1. Uncharged particles

As explained before, the trajectory of an oncoming uncharged particle is essentially determined by the gradi-

ent force, F_G , except in a region of close proximity to a deposited particle. Since F_G depends only on the radial coordinate r and not on the polarization direction γ , the simulation region shown in Fig. 4 is general and convenient to use.

2.2.2. Charged particles

For charged particles, the coulombic force, F_C , essentially determines the trajectory, except in the region of

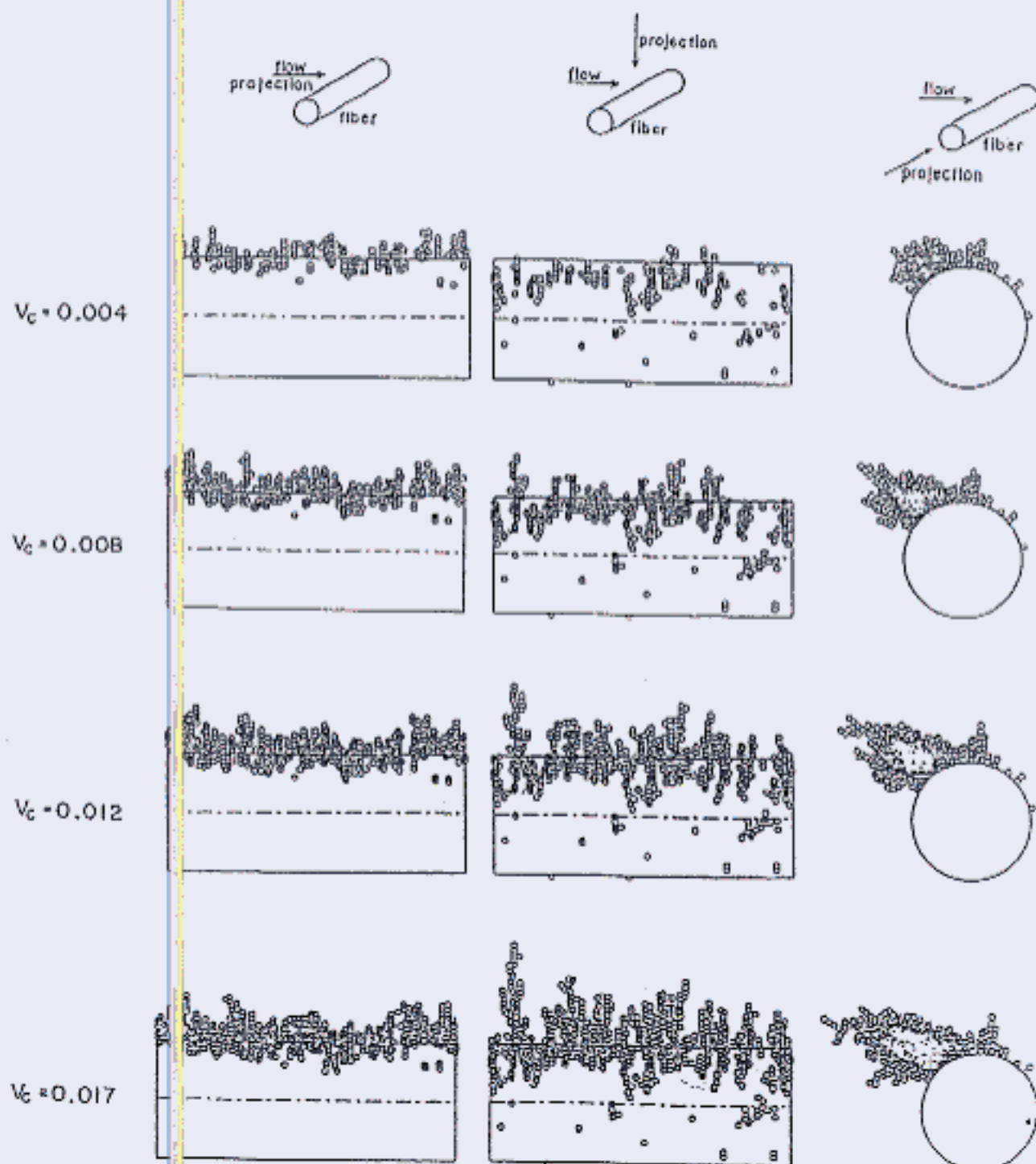


Fig. 9. Simulated agglomerates of charged particles on an electret fiber ($K_c = 0.1$, $R = 0.05$, $\alpha = 0.06$, $\gamma = 0^\circ$, $r_c = 2d_p$).

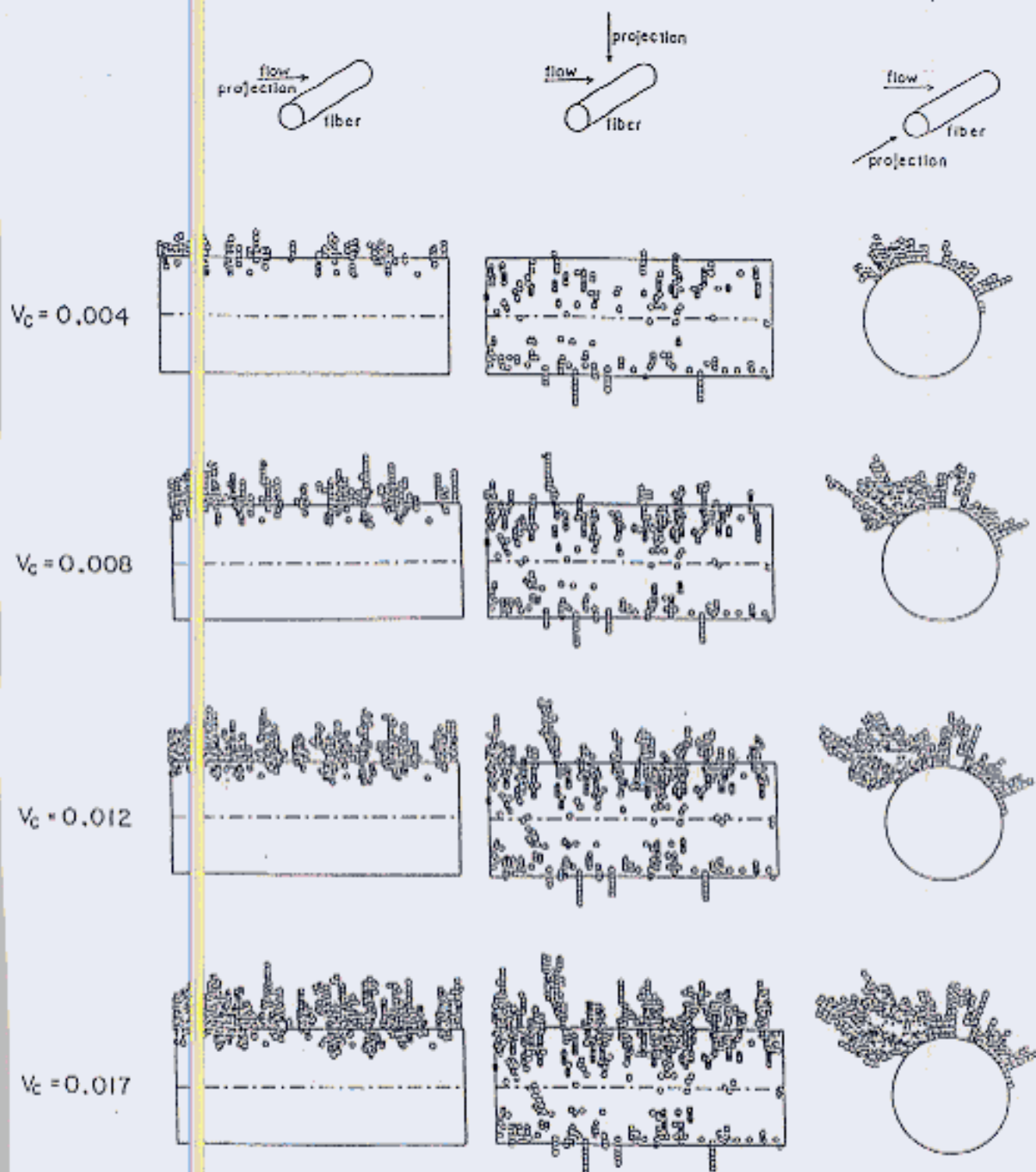


Fig. 10. Simulated agglomerates of charged particles on an electret fiber ($K_C = 1.0$, $R = 0.05$, $\alpha = 0.06$, $\gamma = 0^\circ$, $r_c = 2d_p$).

lose proximity to some deposited particle. Since F_C depends on the polarization direction γ as well as the coordinates r and θ , the resulting trajectory changes drastically with γ . Fig. 9 illustrates the effect of γ on the trajectories. In this case, the simulation region is as depicted in Fig. 6, namely, the hatched half of an imaginary cylindrical cell obtained by a plane passing through the two critical points on the limiting trajectories.

2.3. Calculation of trajectories and Monte-Carlo simulation of deposition process

The trajectory of an oncoming particle around an electret fiber outside the region of proximity to deposited particles may be expressed by either Eq. (1) or (2).

$$\text{Uncharged particle: } V - U = K_m F_G \quad (1)$$

$$\text{Charged particles: } V - U = K_C F_C \quad (2)$$

To reduce the simulation time, an imaginary mesh network is constructed around the fiber and the corre-

sponding heights on the particle generation plane for the trajectories passing through all the lattice points are deter-

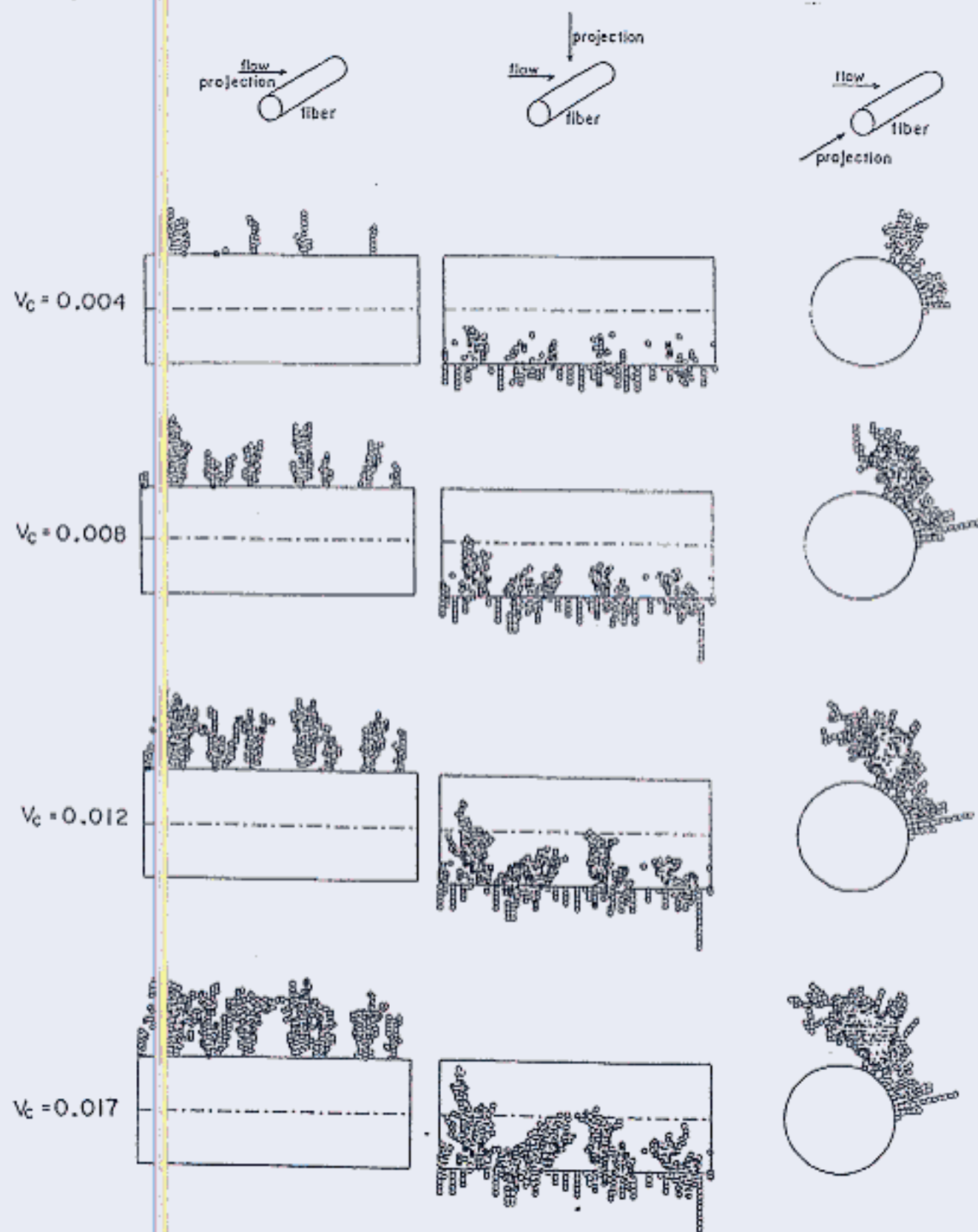


Fig. 11. Simulated agglomerates of charged particles on an electric fiber ($K_c = 1.0$, $R = 0.05$, $\alpha = 0.06$, $\gamma = -45^\circ$, $r_c = 2d_p$).

mined at the start of each simulation. These values are handy for subsequent step-by-step determination of the trajectory of an oncoming particle [7].

As an oncoming particle comes in close proximity to a deposited particle, its movement is controlled by the high-gradient force, F_R . According to the calculation result of Zebel [20], the high-gradient electrostatic field is prominent only at the tip of the particle string (dendrite). Thus, only the electrostatic field around the dendrite tip needs to be considered. Once an oncoming particle enters this projected hemisphere of influence of the high-gradient field at the dendrite tip, it is assumed to deposit at the center of the hemisphere [19].

2.4. Flowchart and condition of simulation

Fig. 7 presents a simplified flowchart of the simulation algorithm. To account for the effect of the high-gradient force, F_R , at the tip of a candidate dendrite, a newly generated particle is first checked to see whether its trajectory passes inside the hemisphere of influence described in Section 2.3. If it does, then the location of capture is calculated and kept as a candidate. Next, the same particle is allowed to move incrementally while checking is carried out at each step to see whether it collides with the fiber surface or one of the deposited particles. If it does, then the location of collision is compared with the first candidate and the one further from the fiber surface is selected. If no collision occurs, then the first candidate is selected. If there is no candidate, then the particle is not captured. Table 1 lists the various simulation conditions investigated.

3. Simulation results and discussion

Figs. 8 and 9 show the time dependence of particle agglomerates simulated for the case of uncharged particles ($K_C = 0.1$) and charged particles ($K_C = 0.1$), respectively. Evidently, the chain-like structures of particle agglomerates are similar to the experimental observation shown in Figs. 1 and 2. In all simulations, the radius r_E of the hemisphere of influence is taken to be $2d_p$ because this heuristic value has been found in a preliminary study to give results most resembling the experimental observations in Figs. 8 and 9 at the same dust load V_c reveals that charged particles tend to form taller dendrites that concentrate on a more limited area on the fiber surface than the case of uncharged particles. This tendency is also observed experimentally. Because of space limitation, only two more simulation results are shown in Fig. 10 ($K_C = 1$; $\gamma = 0^\circ$) and Fig. 11 ($K_C = 1$; $\gamma = -45^\circ$). Comparison between Figs. 9 and 10 reveals that, at the same dust load, more particles deposit on the rear surface as the coulombic force F_R is much stronger than the gradient force, F_G . Of course, the collection efficiency also increases appreciably. Comparison between Figs. 10 and

11 clearly confirms the strong effect of the polarization direction γ on the spatial distribution of particles on the fiber surface. The effect of γ on the average shape of dendrites is hard to elucidate because it is necessary to fully understand how the electrical charges on the deposited particles are transferred among themselves and between them and the electret fiber. In addition, the simulation assumes monodisperse particles and identical charges on all particles. Nevertheless, the present three-dimensional simulation method gives more realistic representation of the particle string structures than Baumgartner and Loeffler [18].

4. Conclusion

The present paper describes a practical method to carry out three-dimensional simulation of the agglomerative deposition process on an electret fiber. The method yields results that agree quite well with the experimental observations. The next study will determine the value of the efficiency-raising factor for the electret fiber under various operating conditions, which would be handy for the prediction of filter performance under dust loads.

Nomenclature

C_m	Cunningham's correction factor
D_{BM}	Brownian diffusion constant
d	fiber or particle diameter
F_C	dimensionless coulombic force
F_G	dimensionless gradient force
F_R	dimensionless high-gradient force
K_C	dimensionless electrical parameter ($= C_m n_p e \bar{\sigma} / 6 \epsilon_0 (1 + \epsilon_t) \mu d_p u$)
K_m	dimensionless electrical parameter ($= C_m \pi^2 (\epsilon_p - 1) \bar{\sigma}^2 d_p^2 / 6 \epsilon_0 (\epsilon_p + 2)(\epsilon_t + 1) \mu d_f u$)
m	mass of particles accumulated on a fiber
Pe	Peclet number ($= d_f u_0 / D_{BM}$)
r_E	radius of hemisphere of influence of the high-gradient field
R	interception parameter ($= d_p / d_f$)
S	Mesh number in z -direction
s	time
Stk	Stokes number ($= C_m \rho_p d_p^2 u_0 / 9 \mu d_f$)
U	dimensionless gas velocity ($= u / u_0$)
u	gas velocity
V	dimensionless particle velocity ($= v / u_0$)
v	particle velocity
V_c	dimensionless volume of accumulated particles on a fiber ($= m \rho_p \alpha$)
α	packing density of fiber
β	direction of simulation region
γ	direction of polarization on an electret fiber
μ	gas viscosity
ρ	air or particle density
ψ	stream function

Subscript

- f fluid or fiber
p particle
0 initial

Acknowledgements

W.T. receives financial support from Thailand Research Fund.

References

- [1] C. Kanaoka, Performance of an air filter at dust-loaded condition, in: K.R. Spurny (Ed.), *Advances in Aerosol Filtration*, Lewis Publishers, Boca Raton, 1998, pp. 323–334.
- [2] A.C. Payatakes, *Filtr.* 13 (1976) 602.
- [3] A.C. Payatakes, *AIChE J.* 23 (1977) 192.
- [4] A.C. Payatakes, *Grad.*, *AIChE J.* 26 (1980) 443.
- [5] D.T. Bahrot, C. Tien, S. Wang, *AIChE J.* 26 (1980) 289.
- [6] C. Kanaoka, H. Emi, T. Myojo, *Kagaku Kogaku Ronbunshu* 5 (1978) 535.
- [7] C. Kanaoka, H. Emi, T. Myojo, *J. Aerosol Sci.* 11 (1980) 377.
- [8] C. Kanaoka, H. Emi, W. Tanthapanichakoon, *AIChE J.* 29 (1983) 865.
- [9] C. Kanaoka, H. Emi, S. Hiragi, *Proc. 2nd Int. Aerosol Conf., Berlin* 1 (1986) 674.
- [10] C. Kanaoka, H. Emi, S. Hiragi, T. Myojo, *Soc. Powder Technol. Jpn.* 24 (1987) 74.
- [11] C. Kanaoka, S. Hiragi, K. Yamada, *Kagaku Kogaku Ronbunshu* 16 (1990) 252.
- [12] C. Kanaoka, S. Hiragi, *J. Aerosol Sci.* 21 (1990) 127.
- [13] C. Kanaoka, S. Hiragi, *Proc. 12th Int. Symp. Contam. Control* 1 (1994) 59.
- [14] T. Myojo, C. Kanaoka, H. Emi, *J. Aerosol Sci.* 15 (1984) 483.
- [15] W. Tanthapanichakoon, C. Kanaoka, *Proc. 6th World Filtr. Cong.* 1 (1993) 514.
- [16] S. Wang, M. Brizaie, C. Tien, *AIChE J.* 23 (1977) 879.
- [17] M. Wongsa, W. Tanthapanichakoon, C. Kanaoka, *Adv. Powder Technol.* 2 (1991) 11.
- [18] H. Baumgartner, F. Loeffler, *J. Aerosol Sci.* 17 (1986) 438.
- [19] S. Hiragi, *Doctoral dissertation*, Kanazawa University, 1995.
- [20] G. Zebel, *Staub* 23 (5) (1963) 263.
- [21] S. Kuwahara, *J. Phys. Soc. Jpn.* 14 (4) (1959) 527.

学際研究

日本学際会議学会誌

巻頭言

生涯学習の重要性

ショートレポート

学際化の理論研究の一般システム・アプローチ

特集 (継続)

地球環境問題

Science Message from Japan

An Effective Method of Mathematics as a Life Long Study
Proficiency Test in Practical Mathematics...Suken

国際報文

Development of Odor Control Technology for
Crematory Furnace Using Corona Discharge Reaction

通巻 NO.

53

日本学際会議

MULTIDISCIPLINARY RESEARCH COUNCIL OF JAPAN

学 際 研 究

Journal of Multidisciplinary Research

Vol.14 No.1 (通巻53号)

目 次

巻頭言

生涯学習の重要性	一松 信	3
----------------	------	---

ショートノート

学際化の理論研究の一般システム・アプローチ	三重野博司	4
-----------------------------	-------	---

21世紀へ迷走する『宇宙船地球号』(その7)

—原子力に未来を託せるのか?—	戎野 棟一	9
-----------------------	-------	---

Science Message from Japan

An Effective Method of Mathematics as a Life Long Study Proficiency Test in Practical Mathematics...Suken	T. Takada, S. Hitotumatu	25
--	--------------------------	----

国際論文

Development of Odor Control Technology for Crematory Furnace Using Corona Discharge Reaction	W. Tantapanichakoon, H. Tamon, et al.	34
---	---------------------------------------	----

日本学際会誌 学術活動報告		42
---------------------	--	----

資料：科学技術振興調整費の活用に関する基本方針		45
-------------------------------	--	----

投稿規定		48
------------	--	----

Development of Odor Control Technology for Crematory Furnace Using Corona Discharge Reaction

Wiwut Tanthapanichakoon^{*1}, Nantamas Dhattavorn^{*2}, Sahat Chaiyo^{*3}

Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Thailand

Hajime Tamon^{*4}

Department of Chemical Engineering, Kyoto University, Japan

Noriaki Sano^{*5}

Department of Chemical Engineering, Himeji Institute of Technology, Japan

This article investigates the feasibility of purifying the exhaust gas from cremation using corona discharge reactor with electron attachment effect. Firstly, in a survey of the common gas species emitted from the cremation, it was found that extremely low concentrations of some organic compounds can still cause malodorous smell. Next, the article summarizes the experimental results on removal of sulfur compounds, nitrogen compounds, and organic compounds, including NO_x, SO_x, and some other malodorous gases from nitrogen or air using corona discharge reactors. In this summary, the influence of coexisting oxygen and water vapor in the treated gas is discussed, indicating that the presence of oxygen and water vapor in the gas contributes to the increase of the removal efficiency in many cases. As for the influence of temperature on treating exhaust gas from incineration such as cremation, temperature elevation negatively affects the removal of SO_x. Furthermore, the reactor structure in terms of the shapes of cathode and anode are discussed.

Introduction

One of the national air pollution problems in Thailand is emission gas from the crematoria during cremation rites. There are nearly 23,000 temples nationwide, including approximately 300 temples with crematory furnaces in Bangkok Metropolitan Area. Various malodorous gases and particulate are emitted during cremation, causing frequent complaints from vicinal communities. Table 1 lists the commonly reported components in crematory

emission. Typically crematory gases are emitted from a stack to the atmosphere without adequate treatment. A few rich temples have installed furnaces with after-burning systems but an overwhelming majority of Bangkok temples have inadequate systems, not to mention those in the country side.

Table 2 compares the generic technologies with corona discharge technology for odor control. Under suitable conditions, corona discharge is a novel efficient method that can simultaneously remove several gases. As an important character of the corona discharge, a sufficient number of low energy electrons are produced in gas stream easily. When discharged electrons collide with malodorous gas molecules, some electrons are captured by the gas molecules to form negative ions, which can be separated from the main gas stream in an electric field as solid deposit on the anode surface. First proposed for gas purification by Tamon et al.⁴, this phenomenon of "electron attachment" depends on the electron energy, the

*1. Dr. Wiwut Tanthapanichakoon (born in 1949)
Professor, Department of Chemical Engineering and Thai Powder Technology Center, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Thailand. Ph. D. in University of Texas at Austin.

*2. Nantamas Dhattavorn (born in 1975)
Master Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

*3. Sahat Chaiyo (born in 1978)
Master Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University.

*4. Dr. Hajime Tamon (born in 1952)
Professor, Department of Chemical Engineering, Kyoto University, Japan. Ph. D. in Kyoto University.

*5. Dr. Noriaki Sano (born in 1967)
Research Associate, Department of Chemical Engineering, Himeji Institute of Technology, Japan. Ph. D. in Kyoto University.

Table 1 Types and concentrations of gaseous emission from a crematorium after 100-fold dilution^(14,15,16)

	Air	Components	Concentration	
		N ₂	78	%
Low Concentration		O ₂	20~21	%
		CO ₂	0.01-0.02	%
		H ₂ O	0.22	%
		NO _x	80	ppm (max)
		SO _x	5-8	ppm (max)
		Acetic acid (CH ₃ COOH)	24	ppm
		Hydrocarbons	230	ppm (as propane)
Very low concentration (malodorous)		Acetaldehyde	0.04	ppm
		Styrene	0.01	ppm
		Hydrogen sulfide	0.01	ppm
		Methyl mercaptan	0.01	ppm
		Dimethyl sulfide	0.001	ppm
		Ammonia	0.0005	ppm
		Trimethyl amine	0.023	ppm

structure of the gas molecules and its electron affinity^(14,15,16). It can lead to very high selectivity in the formation of negative ions from electronegative impurities even at low concentrations. Under suitable conditions clusters of ions with gas molecules are formed, which greatly enhance the removal efficiency. In the presence of O₂, oxygen radicals and ozone are formed and contribute to decomposition and oxidation of the malodorous gas molecules.

Principle of gas purification

Figure 1 illustrates the principle of gas purification. An impurity AB is to be removed from an inert gas in a cylindrical corona discharge reactor. Its cathode is a wire tightened at the center of the reactor and the stainless steel cylinder is the anode. High DC voltage (-5~15 kV) is applied to the cathode to induce corona discharge in the reactor. During their drift to the anode, electrons emitted

by the discharge collide with some of the gas molecules and the resulting negative ions drift to and deposit on the anode. The present paper describes the joint development of the corona discharge reactor by Tamon et al., Sano et al. and Tanthapanichakoon et al. to control malodorous crematory emission.

Experimental Setup

As illustrated in Figure 2, the experimental set-up and experimental procedure have been reported elsewhere^(14,15) and are omitted here. Infrared lamps are used to raise and control the reactor temperature up to 400°C. Since most emission gases are exhausted at relatively high temperatures, it is indispensable to investigate the effect of temperature on the removal efficiency.

Result and Discussion

In addition to the malodorous gas found in crematory

Table 2 Odor control methods

Method	Suitable condition	Advantage	Disadvantage
After-burning (thermal combustion)	- Uniform furnace temperature (800-900 °C) - Residence time about 0.5-2 sec - Steady state operation	- Simple and widely available	- Unsuitable for unsteady state operation - Require sizable furnace
Catalytic reaction (catalytic combustion)	- Known fixed gas species - Steady state operation	- Can be operated at relatively low temperature - High selectivity	- One catalyst can not simultaneously be effective for many species - Combustion is not good when the gas species change
Absorption	- Relatively low temperature and space velocity - Steady and unsteady operation	- No problem with unsteady operation	- Regeneration is necessary - Relatively high pressure drop - Batch operation with multiple units
Gas absorption	- Low to very high temperature - Steady and unsteady operation	- Can simultaneously remove particulate and odor	- Difficult to find the appropriate liquid absorbent - Complicated operation
Corona discharge, including electron attachment	- Low space velocity - Steady and unsteady operation	- Rapidly reach the steady state - Multiple removal mechanisms	- Relatively big reactor - High voltage

emission, the authors have investigated a wide variety of gas species. Table 3 summarized the types of gas species and the effect of various factors on their observed removal efficiencies. As an example, Table 3 reveals that the inlet concentration of $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ to the reactor was investigated in

the range 4-89 ppm; the concentration of coexisting O_2 from 0(nil) to 22 vol% and H_2O vapor from 600- 9,100 ppm. The identified reaction byproducts were SO_2 in the cases of coexisting O_2 alone and O_2 plus H_2O vapor. The removal efficiency of $(\text{CH}_3)_2\text{S}$ decreased as its inlet

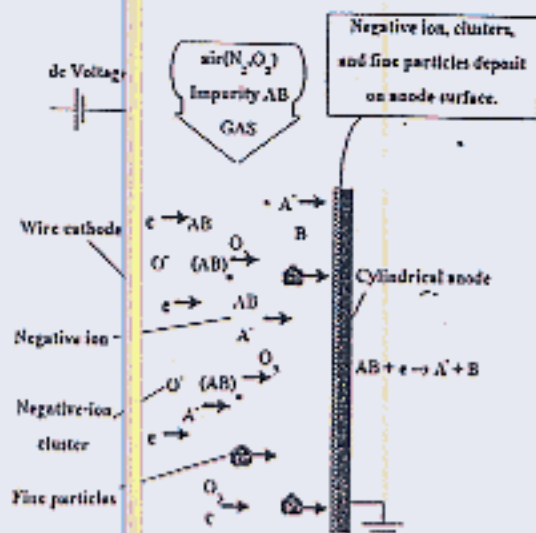


Figure 1 Principle of gas purification

concentration increased. In contrast, when the concentration of coexisting O_2 , H_2O vapor or both increased, the removal efficiency of $(CH_3)_2S$ tended to rise. Moreover, the observed maximum removal efficiency of $(CH_3)_2S$ was higher than 80% at 4 ppm (symbol A) in the case of pure N_2 , coexisting O_2 or O_2 plus H_2O vapor. One can notice that the removals of most gases investigated here also show very high removal efficiency in the presence of oxygen. Obviously, the corona discharge reactor is applicable to such malodorous crematory gas species as $(CH_3)_2S$, H_2S , CH_3CHO , CH_3SH , $(CH_3)_2S$, SO_2 , and so on.

Table 4 summarizes the role of coexisting O_2 . A wide range of removal mechanisms can take place in the corona discharge reactor and in several of them O_2 often enhances the removal efficiency. To obtain good results the deposition on the anode surface should be stable. Table 5 lists the main characteristics of the solid deposits. These tables contribute to a better understanding of the dominant removal mechanism for each species.

Figure 3 shows an example of the effect of temperature on the removal of SO_2 at dry and humidified conditions. This figure shows that the removal efficiency of SO_2

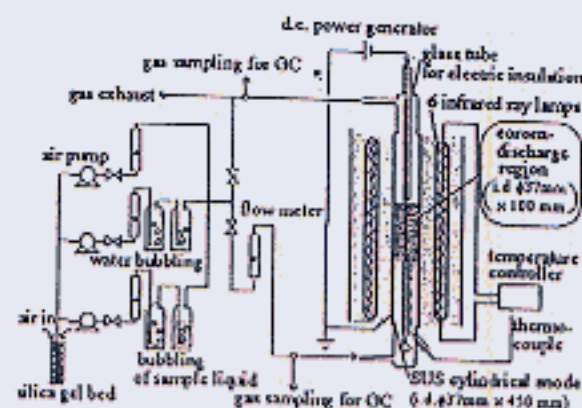


Figure 2. Experimental set-up for gas purification at high temperature

decreases as the temperature increases and that H_2O vapor enhances the removal efficiency especially at low temperature condition.

Tanthapanichakoon et al.^{10,20} have investigated the effect of reactor structure and come up with the following design guideline:

- Whenever applicable, a thicker cathode wire should be used because it generally leads to higher removal efficiency.
- For the same space velocity and reactor volume, a slender reactor has a higher removal efficiency than a stocky reactor.
- Only a single cathode wire should be used in the reactor. The use of multiple cathodes has been shown to lead to a deterioration in the removal efficiency.

The authors have also investigated the simultaneous removal of a few pairs of gas species. However, they are omitted because of space limitation.

Conclusion

The corona discharge reactor has shown a good promise for the treatment of crematory emission. More development work, however, is necessary before its actual

Table 3. Effect of coexisting oxygen and water vapor in nitrogen on the reaction byproducts and removal efficiency

Sample Gas	Experimental conditions ¹⁾				Reaction Byproduct	Removal efficiency								Ref. No.
	C _{in} (Sample) (ppm)	C _{o₂} (%)	C _{H₂O} (ppm)	SV (hr ⁻¹)		Change of removal efficiency when the gas below increases				Maximum efficiency (%)				
						C _{in} (in N ₂ Only)	O ₂	H ₂ O	O ₂ + H ₂ O	C _{in} (in N ₂ Only)	O ₂	H ₂ O	O ₂ + H ₂ O	
SF ₆	0.17-29	NI	NI	18.9	NI	↓	NI	NI	NI	A	NI	NI	NI	2,6
H ₂ S	60	NI	400-1,100	37.8	None	↓	NI	↑	NI	A	NI	A (80ppm)	NI	1,2,6
SO ₂	32.7-30	0-18	400-13,000	18.9-37.8	None	↓	↑	↑	↑	C (33ppm)	A	D (122ppm)	A	1,2,6, 12
CS ₂	30-65	0-40	300-11,000	18.9-37.8	SO ₂ , COS	↓	↑ ^H	↑	↓	A (30ppm)	A	B (48ppm)	A	1,2,6
COS	20-53	0-50	650-10,000	18.9-37.8	SO ₂	↓	↑ ^H	↑	NI	B	A	D (53ppm)	NI	1,2,6
CH ₃ SH	40-85	0-20	1,000-10,000	18.9-37.8	SO ₂ , H ₂ S or COS	↓	↑	↑	NI	B	A	B (40ppm)	NI	1,2,6
(CH ₃) ₂ S	3.88-85	0-22	600-9,100	18.9-52.9	SO ₂ ⁺ , SO ₃ ⁺	↓	↑	↑	↑	A (40ppm)	A	D (30ppm)	A	1,2,6
CH ₄	75-87	5.6-8.0	5,600-17,000	47.3-50.0	I ₂ (in N ₂)	↓	↑	↑	↑	C	A	A	A	2,3,4
I ₂	40.4-62	0-7	0,500	44-77.9	NI	NI	↑	↓	NI	B ^H	A	A (at 1-0)	NI	4,5
C ₂ Cl ₂ F ₂	50-40	0-20	NI	18.9	HCl or HF	↓	↓	NI	NI	A	A	NI	NI	2,10, 11
CH ₃ CHO	9.9-35	0-20	0-103	80.9	NI	↓	↑	↑	NI	B	A	A	NI	2,7,9, 10
C ₆ H ₅ N (skatole)	2.4	0-20	10,000	43.5-189	NI	NI	↑	NI	↑	A	A	NI	A	7
C ₆ H ₆ (benzene)	205-31	20-34	7,500	18.7-20.4	NI	NI	↑	NI	↑	D	A	NI	A	8
p-C ₆ H ₄ Cl ₂ (p-dichloro benzene)	19-57	10-20	NI	20.6-45.6	NI	↓	↑	NI	NI	B	A	NI	NI	8
NH ₃	49-14	0-20	3,288-6,418	75.6-189	NI	NI	↑	NI	↑	D	A	NI	A	9,12
(CH ₃) ₃ N	58.6-69	0-20	NI	58.6-69.4	CH ₃ CHO, C ₂ H ₅ OH, (CH ₃) ₂ CO or CH ₃ NO ₂	NI	↑	NI	NI	D	A	NI	NI	2,9, 12
NO ₂	674-74	0-20	NI	75.6	NI	NI	NI	NI	NI	C	NI	NI	NI	9
O ₃ ³⁾	1.1-8.1	NI	NI	315-848.3	NI	NI	NI	NI	NI	D ⁴⁾	NI	NI	NI	6

.. byproduct observed with coexisting oxygen

.. byproduct observed with coexisting water vapor

.. byproduct observed with both coexisting oxygen and water vapor

Unless stated otherwise, the same byproducts are observed for the same sample gas.

1) Current, I = 0.05 - 2.0 mA ; Voltage, V = 6.0 - 20.0 kV

4) Removed by sweep-out-type reactor

2) Removal efficiency; A > 80% ; B 60-80% ; C 40-80% ; D < 40%

5) Complete removal at O₂ > 2%

3) Removed by wetted-wall reactor.

NI not investigated

Table 4. Dominant removal mechanism in the presence of O_2

Removal mechanism	Influence of O_2 on removal efficiency	Deposition at anode	Example	Removal efficiency
Reaction with O_2	Increase	Stable	$I_2, CH_3I, C_6H_5N, CH_3CHO, (CH_3)_3N$	High
Formation of ion clusters induced by O^-	Increase	Stable	$SO_2, CS_2, COS, CH_3SH, (CH_3)_2S, CH_3CHO, CH_3I$	High
Polycondensation by reaction with O^-	Increase	Stable	C_6H_6	High
Polycondensation by dissociative electron attachment	None	Stable	$p-C_6H_4Cl_2$	High
Dissociative electron attachment	Decrease	Stable	$C_7F_5Cl_3$	Low
Dissociative electron attachment	None	Unstable	F_2, Cl_2	Low

*Electrons are attached to coexisting oxygen

Table 5. Deposit on anode surface in the presence of O_2

Sample gas	Feature of deposit
Sulfur compounds	Solid containing S compound
I_2	Yellow powder (I_2O_5)
CH_3I	Black particles (not identified)
$C_7F_5Cl_3$	Black particles containing F, Cl
$C_6H_6, p-C_6H_4Cl_2$	Polycyclic aromatic compounds of high boiling point
CH_3CHO	Hard brown coating containing CH_3CHO
$(CH_3)_3N$	Carbon compounds of high boiling point

application. Since most of the previous studies were carried out at room temperature, the effect of high temperature on the removal efficiency should be investigated further. So should the simultaneous removal of several malodorous gas species commonly found in crematory emission.

Acknowledgement

W. T., N. D. and S. C. receive partial financial support from Thailand Research Fund. H. T. and N. S. visited with them under the OECF-TJTTP scheme.

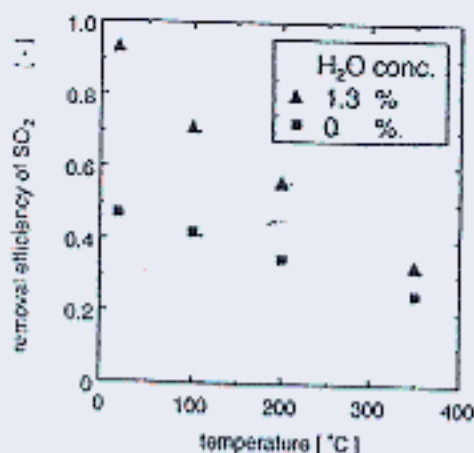


Figure 3. Removal efficiency of SO₂ from N₂-O₂ (-H₂O) mixture at various temperatures; [SO₂]_{in} = 4,000 ppm, [O₂] = 20%

Reference

1. Tamon, H., Sano, N. and Okazaki, M. "Influence of Oxygen and Water Vapor on Removal of Sulfur Compound by Electron Attachment," *AIChE J.*, 1996, 42, pp. 1481-1486.
2. Tanthapanichakoon, W., Larpsuriyakul, K., Khongprasitkul, P., Charinpanitkul, T., Tamon, H., and Okazaki, M. "Basic Study on the Application of Electron Attachment Reaction to the Treatment of Crematory Emission Gas," *J. National Res. Council of Thailand*, 1996, vol 28, pp.282-313.
3. Sano, N., Nagamoto, T., Tamon, H., Suzuki, T. and Okazaki, M. "Removal of Methyl Iodide in Gas by Corona-Discharge Reactor," *J. Chem. Eng. Japan*, 1997, vol 30, pp.944-946.
4. Sano, N., Nagamoto, T., Tamon, H. and Okazaki, M. "Removal of Iodine and Methyl Iodide in Gas by Wetted-Wall Reactor Based on Selective Electron Attachment," *J. Chem. Eng. Japan*, 1996, 29, pp.59-64.
5. Sano, N., Tamon, H. and Okazaki, M. "Removal of Iodine in Gas by Corona-Discharge Reactor," *J. Chem. Eng. Japan*, 1996, 29, pp.59-64.
6. Tamon, H., Mizota, H., Sano, N., Schulze, S. and Okazaki, M. "New Concept of Gas Purification by Electron Attachment," *AIChE J.*, 1995, 41, pp.1701-1711.
7. Sano, N., Nagamoto, T., Tamon, H., Suzuki, T. and Okazaki, M. "Removal of Acetaldehyde and Skatole in Gas by Corona-Discharge," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1997b, 36, pp.3783-3791.
8. Tamon, H., Imanaka, H., Sano, N., Okazaki, M. and Tanthapanichakoon, W. "Removal of Aromatic Compounds in Gas by Electron Attachment," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1998, 37, pp.2770-2774.
9. P. Khongphasamkam, "Removal of Trimethylamine Acetaldehyde and Ammonia Gases using Electron Attachment Reaction," Master's thesis, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand (1998), ISBN 974-639-484-3.
10. Tanthapanichakoon, W., Larpsuriyakul, K., Charinpanitkul, T., Sano, N., Tamon, H. and Okazaki, M. "Effect of structure of corona-discharge reactor on removal of dilute gaseous pollutants using selective electron attachment," *J. Chem. Eng. Japan*, 1998, vol 31

- pp.7-13
11. Sano, N., Tamon, H. and Okazaki, M. "Removal of Chlorofluorocarbon, 1,1,2-Trichloro-1,2,2-Trifluoroethane, in Gas by a Corona-Discharge Reactor," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 1998, 37, pp. 1428-1431.
 12. Tanthapichakoon, W., Tamon, H., Khongphasankul, P., Sano, N., Charinpanitkul, T., and Okazaki, M. "Removal of Trimethylamine and Ammonia Using Electron Attachment Reaction," *Journal of the Science Society of Thailand (Science Asia)*, 1999, 1, pp. 57-63.
 13. Calodon, G. E. A Survey of the Gas-Phase Negative Ion Kinetics of Inorganic Molecules. Electron Attachment Reactions. *Chem. Rev.*, 1975, 75, 333-351.
 14. Massey, J. H. Negative Ions. Cambridge Univ. Press, Cambridge, England, 1976.
 15. Massey, J. H. Atomic and Molecular Collisions. Taylor & Francis, London, 1979.
 16. Nishida, C. and Matsuda Y. Malodor of exhaust gas from crematory. *J. Odor Control*, 1981, 1-11 (in Japanese).
 17. Nishida, C. Malodor at Cremation Facility (Part I). *PPM*, 1983, 3, 49-58 (in Japanese).
 18. Nishida, C. Malodor at Cremation Facility (Part II). *PPM*, 1983, 4, 51-59 (in Japanese).
 19. Tamon, H., Yano, H. and Okazaki, M. A New Method of Gas Mixture Separation Based on Selective Electron Attachment. *Kagaku Kagaku Ronboshu*, 1989, 15, 663-668.
 20. Tanthapichakoon, W., Lapsuriyakul, K., Sano, N., Tamon, H. and Okazaki, M. Effect of reactor structure on removal of methyl iodide and chlorofluorocarbon in gas using selective electron attachment. *Proc. Regional Sym. Chem. Eng.* 1996, Jakarta, Indonesia, October 1996, 3.2.1-3.2.14.
 21. Sano, N., Fukuoka, M., Kanki, T., Tamon, H., Tanthapichakoon, W. and Charinpanitkul, T. Influence of Temperature on Removal of Sulfur Dioxide and Benzene from Air by Corona Discharge Reactor. *Proc. of Asia Pacific Conference on Sustainable Energy and Environmental Technologies*, Hong Kong, Dec. 2000, 99-103.
[2000.5.19 受稿, 2000.9.18 採録]

Journal of Multidisciplinary Research

Vol.14, No.1 (Serial No.53) Spring 2001

CONTENTS

Introductory Remarks	
Importance of Life-Long Learning	Hitotumatu Sin 3
Note	
A General Systematic Approach to Inter-disciplinary Research	Hiroshi Mieno 4
Wandering "Spaceship Earth" toward the 21st Century (7)	
Will it be Possible to Entrust Our Future to the Nuclear Energy ?	Teichi Ebisuno 9
Science Message from Japan	
An Effective Method of Mathematics as a Life Long Study Efficiency Test in Practical Mathematics...Sukun	T. Takada, S. Hitotumatu 25
International Report	
Development of Odor Control Technology for Crematory Furnace Using Corona Discharge Reaction	W. Tanthapanichakoon, et al. 34
A Report on Activities of the Multidisciplinary Research Council of Japan	42
Date	45
Format of the contributed article	48

Published by : Multidisciplinary Research Council of Japan
2-14-3, Iwamoto-cho, Chiyoda-ku, Tokyo 101-0032, Japan

Influence of Temperature on SO₂ Removal Enhanced by Water Vapor Using a Corona-Discharge Reactor

By Noriaki Sano*, Seito Vishimura, Tatsuo Kanki, Hajime Tamon, Wiwut Tanthapanichakoon, and Tawatchai Charinpanitkul

A reactor using d.c. corona discharge of negative polarity was applied to remove sulfur dioxide from an oxygen-nitrogen mixture in the presence or absence of water vapor for temperatures ranging from room temperature to 350 °C. It was observed that increasing the reactor temperature caused a decrease in the removal efficiency. Mixing water vapor with the process gas resulted in an increase of the removal efficiency. The effect of the presence of water vapor on improving the removal efficiency was significant under low temperature conditions, while it was relatively moderate under high temperature conditions. In addition, the solid deposit formed inside the reactor at two temperatures, room temperature and 200 °C, was analyzed with both a gravimeter and an X-ray diffractometer. The analysis indicated that SO₂ was ultimately converted to solid sulfur in both the presence and absence of water vapor in the gas flow.

1 Introduction

Recently, a variety of gas purification technologies using electric discharge have been widely researched, for example methods utilizing pulsed electric discharge [1–3], a ferro-electric packed bed reactor [4], the electron beam process [5], and so forth. Some of these have been successfully developed up to an industrial or commercial scale. One common feature in the above methods is the utilization of high-energy plasma to produce reactive radicals for nonselective decomposition of gaseous impurities. Hence, a variety of reaction byproducts are formed in such a gas purification processes, especially when organic compounds are present in the treated gases. In contrast to these high-energy discharge processes, a low-energy discharge is often effective for gas purification [6]. The selective electron attachment reaction and ion cluster formation have been shown to be important in the gas purification mechanism using low-energy d.c. discharge. One important benefit of high selectivity is the smaller amount of reaction byproducts that are formed by the low-energy discharge processes compared to the high-energy ones.

Concerning the low-energy discharge process for gas purification, several types of d.c. corona-discharge reactors have been researched to remove sulfur compounds, organic compounds and iodide compounds from air at room temperature [6–15]. In these previous articles, it has been found that admixing of water vapor was effective in enhancing the removal efficiency of some gaseous species from the air. It was postulated that the ion-induced formation of clusters in the discharge region would play an important role in the enhancement of the removal efficiency with the admixed oxygen and water vapor. In spite of the accumulated reports concerning the gas purification by corona discharge,

however, the information on the influence of temperature on this enhancement effect has not been made available.

In this study, the d.c. corona-discharge was used to remove one of the common elements contained in the incineration exhaust gases, sulfur dioxide (SO₂), from a N₂-O₂ mixture in the presence or absence of water vapor at room temperature up to 350 °C. Additionally, the deposit formed inside the reactor was characterized to allow discussion of the removal mechanism.

2 Experimental

2.1 Temperature Effect on Removal of SO₂ from N₂-O₂ (-H₂O) Mixture

Fig. 1 shows the experimental set up employed to observe the temperature effect on the removal of SO₂ from a N₂-O₂-H₂O mixture.

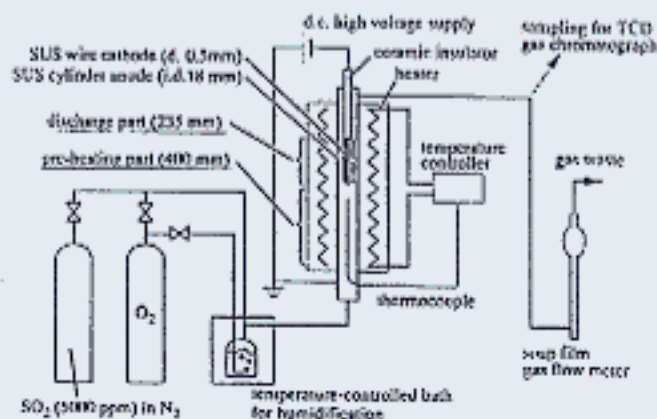


Figure 1. Apparatus to investigate the temperature effect on the removal of SO₂ from a N₂-O₂ mixture.

Standard gas containing 5000 ppm of SO₂ balanced with N₂ was used to supply SO₂. O₂ was mixed with the standard gas flow at 20 % to make a synthetic gas for the removal of SO₂, whose concentration at the inlet of the reactor was 4000 ppm. The O₂

[*] Dr. N. Sano (corresponding author, e-mail: sano@mech.eng.himeji-tech.ac.jp), Dept. S. Nishio Engineering, Himeji Institute of Technology, 2167 Shosha, Himeji 671-2201, Japan; Prof. H. Tamon, Department of Chemical Engineering, Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan; Prof. W. Tanthapanichakoon, Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand.

significantly decreased with increasing the reactor temperature in both the N_2 - O_2 and N_2 - O_2 - H_2O mixtures.

One can see in Fig. 2 that the removal efficiency shows significant enhancement in the presence of water vapor. This result is consistent with the previous article [7]. It is interesting that the enhancement effect by water vapor on SO_2 removal decreased as the reactor temperature rose.

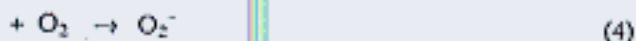
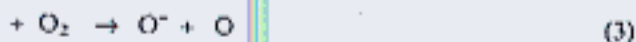
The electron efficiency η , the mean number of removed SO_2 molecules per one electron, is defined in Eq. (2) as the ratio of removed SO_2 molecules to the number of the electron charge emitted in the discharge.

$$\eta = (QC_m \Psi) / (IF) \quad (2)$$

where Q , C_m , Ψ , F , and I are respectively gas flow rate [mol/s], SO_2 [mol fraction, -], the removal efficiency [-], Faraday constant [coulomb/mol], and discharge current [A]. When SO_2 was removed at room temperature, η was estimated as 30 and 58 at 0 % and 1.3 % of the H_2O concentration respectively. When the temperature was raised to 350 °C, η was estimated as 16 and 21 respectively at 0 % and 1.3 % of the H_2O concentration. These results suggest that the enhancement effect of the presence of H_2O on the removal efficiency decreases from a factor of 1.9 at room temperature to 1.3 at 350 °C.

3.2 Influence of the Reactor Temperature on the Removal Mechanism

Under the conditions of the corona discharge inside the reactor, the dissociative electron attachment shown in Eq. (3) appeared dominant among the several types of electron attachment reactions, with the estimated magnitude of the electron energy (>0.3 eV) was considered. In addition, the estimated rate of the dissociative electron attachment of SO_2 is negligible compared with that of O_2 because the concentration of O_2 is much higher than that of SO_2 [6]. The electron attachment to produce O_2^- as shown in Eq. (4) may be insignificant because the electron energy level may be excessive for this reaction [16,17]. Hence, the electron attachment to O_2 for producing O^- can be considered as an important scheme for the removal mechanism here.



Following the production of O^- and O , the reactions of SO_2 with O^- and O would be considered to contribute to the removal of SO_2 . Concerning the influence of temperature on the dissociative electron attachment to O_2 , it was reported that the dissociative electron attachment rate increased when the temperature was increased [17]. However, the result in this study showed that the removal efficiency of SO_2 decreased

despite the increased production rates of O^- and O at the elevated temperature. In order to understand why the removal of SO_2 decreases with the temperature elevation, the temperature dependency of the reaction rates of SO_2 with O^- and O requires further investigation.

When negative ions are produced in the O_2 - SO_2 mixture, the coulomb force between the ions and other susceptible molecules may induce ion-nucleated clusters. Moruzzi *et al.*, detected the negative ion O^- and its clustering of SO_2 , $O^-[SO_2]_n$ ($n = 1$ to 3), when they measured the electron attachment reaction rate of an O_2 - SO_2 mixture by the drift tube method [18]. Tamon *et al.* reasoned that these ion clusters played an important role in the high removal efficiency of SO_2 from the air, in which single-charged ion clusters containing multiple SO_2 molecules would react with the anode surface to form a solid deposit, thus resulting in the simultaneous removal of several SO_2 molecules by one electron [7]. We consider that this positive effect of the cluster formation is retarded by temperature elevation because these ion clusters are expected to be less stable, since individual molecules become more energetic at high temperature.

Concerning the effect of coexisting water vapor, Moruzzi *et al.* reported their experimental observation that the negative ion O^- and its clustering with H_2O , $O^-[H_2O]_n$ ($n = 1$ to 5), were produced when electrons were introduced to H_2O - O_2 mixture [16]. Therefore it is logical to postulate the formation of O^- -nucleated ion clusters with both H_2O and SO_2 molecules, $O^-[H_2O]_n[SO_2]_m$, in the discharge region during the removal of SO_2 from a gas containing H_2O and O_2 . Tamon *et al.* reported that when these clusters drifted to the anode surface, they were converted to solid deposit there. In conclusion, the mechanism of cluster formation can be deduced to be one of the reasons for the enhancement effect on the removal of SO_2 by admixing H_2O [7]. Furthermore, the negative ion clusters would probably grow to become aerosol particles with additional absorption of SO_2 , thus resulting in the enhanced transfer of SO_2 to the anode surface.

On the other hand, Moruzzi *et al.* also mentioned that the concentration of the clusters produced in their experiments decreased when the temperature increased [16]. This indicates that the instability of the ion cluster at high temperature is one of the reasons for the reduced enhancement of SO_2 removal by water vapor. The enhancement of the removal by the aerosol particles should also decrease with the temperature elevation.

3.3 Analysis of the Deposit on the Anode Surface

An SO_2 - O_2 - H_2O mixture ($[SO_2] = 2500$ ppm, $[O_2] = 50$ %, $[H_2O] = 0.3$ %) was introduced to the plate-anode reactor described in Fig. 2 with a discharge current 1.0 mA (1.5 kV) at room temperature, and a deposit was formed on the anode surface. The deposit was initially a wet film, and it turned into yellow powder upon drying. The spectrum of the dried powder obtained with the X-ray diffractometer is shown in Fig. 4.

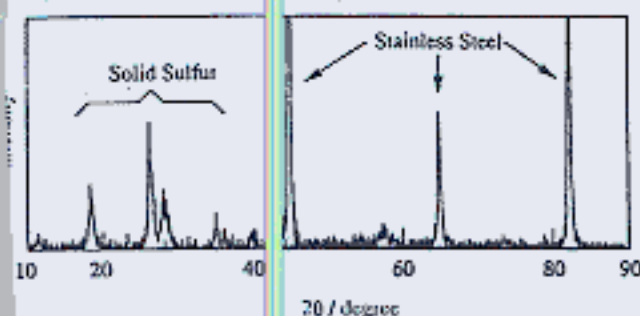


Figure 4. X-ray diffraction pattern of the deposit formed on the anode surface; $[SO_2]_{inlet} = 2500$ ppm, $[O_2] = 50$ %, $[H_2O] = 0.3$ %, room temperature for the deposit formation condition.

This spectrum pattern indicates that the powder contains sulfur solid. Interestingly when the d.c. discharge was generated in the reactor at the elevated temperature of 200°C , the deposit would not accumulate on the heated part of the reactor. Instead the yellow powder was formed on the walls outside the heated part. Nevertheless the same X-ray diffraction spectrum was also obtained from this powder.

When this powder was analyzed with a differential scanning calorimeter (DSC), two endothermic peaks at 103°C and 120°C and an exothermic peak at 320°C were detected as shown in Fig. 5.

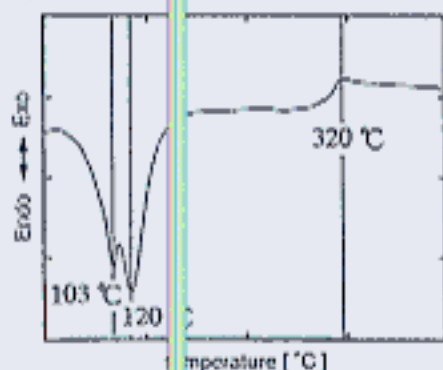


Figure 5. DSC spectrum of deposit formed on the anode surface; $[SO_2]_{inlet} = 2500$ ppm, $[O_2] = 50$ %, $[H_2O] = 0.3$ %, room temperature for the deposit formation condition.

The endothermic peak at 103°C is thought to come from the vaporization of residual water contained in the sample. The endothermic peak at 120°C should be the melting point of monoclinic (β -) sulfur solid. The phenomenon related to the endothermic peak at 320°C has not been identified yet. From these results, one can confirm that SO_2 is ultimately decomposed to sulfur solid in the discharge region.

The reason why the sulfur particles were formed on the cold body inside the reactor could be explained as follows. Initially the elemental sulfur should have been produced on the hot anode at 200°C as in the case of room temperature. The maximum possible partial pressure of sulfur gas assuming complete conversion from SO_2 in the discharge region would, be less than 253 Pa because

was 2500 ppm at room temperature, which is equivalent to 253 Pa of SO_2 . However, the vapor pressure of the liquid sulfur at 200°C is 280 Pa. In this condition, any sulfur deposit formed on the heated anode cannot remain condensed. When the sulfur vapor diffuses to the cold region along with the convection of the gas flow, the sulfur can readily condense on the walls because the vapor pressure of the solid sulfur at 50°C is 0.027 Pa.

4 Conclusion

A d.c. corona-discharge reactor was applied to remove SO_2 from O_2-N_2 and $O_2-N_2-H_2O$ mixtures. In order to investigate the temperature effect on the removal efficiency of SO_2 , the temperature of the reactor was controlled to various constant temperatures, from room temperature to 350°C . We have confirmed that the elevation of the reactor temperature caused a decrease of the removal efficiency in both the removal of SO_2 from O_2-N_2 and $O_2-N_2-H_2O$ mixtures, and the removal efficiency was improved by admixing water vapor. The results revealed that this enhancement of SO_2 removal by water vapor significantly decreased when the temperature was increased.

Additionally, the deposit which formed inside the reactor during the removal of SO_2 at room temperature and 200°C , was characterized using an X ray diffractometer and a differential scanning calorimeter. It is found that the deposit contained solid sulfur. When the removal of SO_2 was carried out at room temperature, the deposit of sulfur was formed on the anode surface. In contrast, when the reactor temperature was 200°C , the sulfur deposit would not remain on the heated anode but it vaporized and condensed on the low-temperature section.

Acknowledgement

Financial supports by the grants from the Himeji Kogyo Daigaku Koen Zaidan foundation (1998–1999) to N. S., from Thailand Research Fund to W. T. and T. C. and from OECF Thailand-Japan Technology Transfer Project (JTTP-OECF) at Chulalongkorn University (1999–2000) are greatly acknowledged.

Received: February 12, 2001 [CET 1269]

Symbols used

C_{in}	[–]	inlet concentration of SO_2
C_{out}	[–]	outlet concentration of SO_2
F	[coulomb/mol]	Faraday constant
I	[A]	discharge current
Q	[mol/s]	gas flow rate
ψ	[–]	removal efficiency defined by Eq. (1)

References

- [1] Masuda, S.; Nakano, H., *Control of NO_x by Positive and Negative Pulsed Corona Discharges*, *IEEE-IAS Annual Meeting*, Denver 1986, pp. 1173–1182.
- [2] Mizuno, A.; Shimizu, K., *IEEE-IAS Transactions* 31 (1995) No 6, pp. 1463–1467.
- [3] Yang, C. L., *Env. Prog.* (1999) No 2, pp. 80–86.
- [4] Yamamoto, T.; Chang, S.; Berezin, A. A.; Kohno, H.; Honda, S.; Shibuya, A., *J. Adv. Oxid. Technol. 1* (1996) No 1, pp. 67–78.
- [5] Kawamura, K., *Kagaku* 33 (1987) p. 820.
- [6] Tamon, H.; Mizota, H.; Sano, N.; Schulze, S.; Okazaki, M., *AIChE J.* 41 (1995) No 7, pp. 1701–1711.
- [7] Tamon, H.; Sano, N.; Okazaki, M., *AIChE J.* 42 (1996) No 5, pp. 1481–1486.
- [8] Sano, N.; Nagamoto, T.; Tamon, H.; Okazaki, M., *J. Chem. Eng. Japan* 29 (1996) No 1, pp. 59–66.
- [9] Sano, N.; Nagamoto, T.; Tamon, H.; Suzuki, T.; Okazaki, M., *J. Chem. Eng. Japan* 30 (1997) No 5, pp. 944–946.
- [10] Sano, N.; Tamon, H.; Okazaki, M., *J. Chem. Eng. Japan* 30 (1997) No 5, pp. 944–946.
- [11] Sano, N.; Nagamoto, T.; Tamon, H.; Suzuki, T.; Okazaki, M., *Ind. Eng. Chem. Res.* 36 (1997) No 9, pp. 3783–3791.
- [12] Tantiapanichakoon, W.; Laupurizakul, K.; Charinpanitkul, T.; Sano, N.; Tamon, H.; Okazaki, M., *J. Chem. Eng. Japan* 31 (1998) No 1, pp. 7–13.
- [13] Sano, N.; Tamon, H.; Okazaki, M., *Ind. Eng. Chem. Res.* 37 (1998) No 4, pp. 1428–1434.
- [14] Tamon, H.; Imanaka, H.; Sano, N.; Okazaki, M.; Tantiapanichakoon, W., *Ind. Eng. Chem. Res.* 37 (1998) No 7, pp. 2770–2774.
- [15] Tantiapanichakoon, W.; Khongprasamkarn, P.; Charinpanitkul, T.; Tamon, H.; Sano, N.; Okazaki, M., *Science Asia* 25 (1999) No 1, pp. 57–63.
- [16] Moruzzi, J. L.; Phelps, A. V., *J. Chem. Phys.* 45 (1966) 4617–4627.
- [17] Massey, S. H., *Negative Ions*, Cambridge Univ. Press, Cambridge, U.K., 1976.
- [18] Lakdawala, V. K.; Moruzzi, J. L., *J. Phys. D: Appl. Phys.* 14 (1981) pp. 2015–2026.

Removal of Trimethylamine in Gas by Corona-Discharge Reactor

HAJIME TAMON¹, YOSHIHITO SUEOKA¹,
NORIAKI SANO², WIWUT TANTHAPANICHAKOON³,
PAISARN KHONGPRASARNKALN³
AND TAWATCHAI CHARINPANITKUL³

¹*Department of Chemical Engineering, Kyoto University,
Kyoto 606-8501, Japan*

²*Department of Chemical Engineering,
Himeji Institute of Technology, Himeji 671-2201, Japan*

³*Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University,
Patunwan, Bangkok 10330, Thailand*

Reprinted from
JOURNAL OF
CHEMICAL ENGINEERING
OF
JAPAN

Vol. 34, No. 8 (2001)

Pages 1006-1011

Literature Cited

- Hanai, T., A. Kakami, T. Kobayashi; "Modeling of Total Evaluation Process of Ginjo Sake Using a Fuzzy Neural Network," *Trans. SICE*, 32, 1113-1120 (1996)
- Hanai, T., S. Hibino, T. Shirataki, H. Honda and T. Kobayashi; "Assessment of Senile Dementia of Alzheimer Type Using Artificial Neural Networks," *Japan. J. Medical Electron. Biol. Eng.*, 37, 178-183 (1999)
- Honda, H. and T. Kobayashi; "Fuzzy Control of Bioprocess," *J. Biosci. Bioeng.*, 39, 401-408 (2000)
- Honda, H., T. Hanai, T. Kobayashi, H. Tohyama and T. Kobayashi; "Temperature Control of Ginjo Sake Mashing Process by Modeling Using Fuzzy Neural Networks," *J. Ferment. Bioeng.*, 85, 107-112 (1998)
- Horikawa, S., T. Furukawa and Y. Uchikawa; "A Study on Fuzzy Neural Networks," *Proc. of IFES'91*, pp. 562-573, Yokohama, Japan (1991)
- Matsuyama, Y.; "Harmful Effect of Dinoflagellate *Heterocapsa circularisquama* on Shellfish Aquaculture in Japan," *JARQ—Japan Agricultural Research Quarterly*, 33, 283-293 (1999)
- Nakanishi, K., T. Maeda, N. Hata, T. Morita, K. Takayanagi, K. Abo and T. Uchida; Akashio Taisaku Gijyutsu Kaihatsu Shiken Houkoku, p. 1, Mie-ken Suisan Gijyutsu Center, Mie, Japan (1998) (in Japanese)
- Noguchi, H., T. Hanai, W. Takahashi, T. Ichii, T. Tanikawa, M. Masuoka, H. Honda and T. Kobayashi; "Model Construction for Quality of Beer and Brewing Process Using FNN," *Kagaku Kagaku Ronbunshu*, 25, 695-701 (1999) (in Japanese)
- Okaichi, T., ed.; Akashio no Kagaku, 2nd ed., Kouseisha Kouseikaku, Tokyo, Japan (1997) (in Japanese)
- Ouchi, A.; "Simulation of Red Tide by Means of Multiple Regression and Fourier Analysis," *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 52, 203-207 (1985)
- Rumelhart, D. E., G. E. Hinton and R. J. Williams; "Learning Representations by Back-Propagating Errors," *Nature*, 323, 533-536 (1986)
- Shioya, S., K. Shimizu and T. Yoshida; "Knowledge-Based Design and Operation of Bioprocess Systems," *J. Biosci. Bioeng.*, 87, 251-266 (1999)
- Suga, T.; Tahenryou Kaisaki no Jissen, Gendai-Sugakusha, Kyoto, Japan (1993) (in Japanese)
- Tomida, S., T. Hanai, N. Ueda, H. Honda and T. Kobayashi; "Construction of COD Simulation Model for Activated Sludge Process by Fuzzy Neural Network," *J. Biosci. Bioeng.*, 88, 215-220 (1999)

Removal of Trimethylamine in Gas by Corona-Discharge Reactor

HAJIME TAMON¹, YOSHIHITO SUEOKA¹,
NORIAKI SANO², WIWUT TANTHAPANICHAKOON³,
PAISARN KHONGPRASARNKALN³
AND TAWATCHAI CHARINPANITKUL³

¹Department of Chemical Engineering, Kyoto University,
Kyoto 606-8501, Japan

²Department of Chemical Engineering,
Himeji Institute of Technology, Himeji 671-2201, Japan

³Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University,
Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

Keywords: Gas Purification, Corona-Discharge Reactor, Electron Attachment, Removal of Trimethylamine, Deposition

Trimethylamine, one component of malodorous gases from crematory emission, was removed by a corona-discharge reactor to apply the reactor to purification of crematory emission gas. The effects of discharge current and coexisting oxygen or water vapor on the removal efficiency of trimethylamine were investigated. Although trimethylamine was not effectively removed from nitrogen by corona discharge, the removal efficiency was improved greatly by mixing oxygen or water vapor. The amounts of reaction by-product generated were extremely large at high discharge current in the removal from a nitrogen-oxygen mixture. On the other hand, the by-products were greatly suppressed by mixing water vapor. The deposit on the anode of the reactor was analyzed by a thermogravimetry. As a result, trimethylamine was found on the anode surface as the deposit of carbon compounds which have high boiling point.

Introduction

Removal of malodorous gases has environmental and industrial significance. Most countries have been facing many environmental problems associated with the unceasing growth of human activities. For instance, a latent source of public nuisance emitted from the crematory furnace of a temple has become prominent in Thailand (Tanthapanichakoon *et al.*, 1999). Besides particulate, malodorous gaseous components are emitted during cremation, causing frequent complaints from surrounding communities. This is because the exhaust gas is directly released to the atmosphere from the stack without any treatment. Out of more than 30,000 temples all over Thailand, only a few big ones in Bangkok employ some sort of emission control devices, mainly, an after-burning chamber. A good crematory furnace system is usually imported and costs ca. 150,000 dollars nowadays. From on-site surveys at a number of temples in Bangkok, the locally made after-burning systems are too small, resulting in inadequate residence time, and their operating temperature is too low at 550–650°C (Tanthapanichakoon *et al.*, 1999).

Although the problem is much less severe, similar complaints about crematory emission are heard in Japan. To meet the emission control standards, a typical modern Japanese crematorium generally installs an after-burner furnace to decompose the malodorous organic gaseous components at high temperature. Next fresh air is drawn to cool down and further dilute the residual gaseous components by one or two orders of magnitude before sending the cooled-down gas through a dust collector (Nishida and Matsuda, 1981; Nishida, 1988a, 1988b).

It has been reported that malodorous and even noxious gases, such as trimethylamine ((CH₃)₃N), ammonia (NH₃), acetaldehyde (CH₃CHO) and styrene (C₆H₅CH=CH₂), etc., are produced during cremation (Nishida, 1988a, 1988b). Often their concentrations are diluted with fresh air down to several tens or hundreds of ppm before leaving the stack. Because of greater public awareness and concern on air quality, the removal of malodorous gases from crematory emission has become a national issue. This has motivated the authors to jointly carry out a basic study on the application of a corona-discharge reactor to the treatment of crematory emission gas.

The authors have used two types of corona-discharge reactors to remove sulfur compounds, iodine and oxygen from nitrogen (Tamon *et al.*, 1995). They also discussed the removal mechanism and presented

Received on November 29, 2000. Correspondence concerning this article should be addressed to H. Tamon (E-mail address, tamon@cheme.kyoto-u.ac.jp).

simulation models for predicting the removal efficiency. Subsequently, the authors investigated the influence of coexisting oxygen and/or water vapor on the removal of several sulfur compounds (Tamon *et al.*, 1996). Then the authors applied a corona-discharge reactor to removal of iodine compounds, chlorofluorocarbon (CFC), volatile organic compounds (VOCs), aromatic compounds, etc. (Sano *et al.*, 1996, 1997a, 1997b, 1997c; Tamon *et al.*, 1998; Tanthapanichakoon *et al.*, 1999).

Figure 1 illustrates the principle of gas purification. High dc voltage is applied to a cylindrical reactor. The cathode is a stainless steel (SUS) wire stretched at the center of the reactor and the anode is the outer cylinder. Electrons are produced by corona discharge and drift to the anode in the electric field. During their drift, a part of them collides with electronegative impurities and negative ions are produced. This phenomenon is called electron attachment (Massey, 1976). The impurities are converted to negative ions, negative-ion clusters, or fine particles by electron attachment and removed by depositing at the anode.

Some impurities are, however, decomposed by corona discharge and reaction by-products are generated. The by-products seriously influence the applicability of corona-discharge reactor to gas purification. The deposition mechanism is also not fully understood. The analysis of the deposit on the anode surface is indispensable to elucidate the mechanism. Since the removal mechanism by corona-discharge depends on the properties of the impurities, it is necessary to obtain fundamental data such as the removal efficiency, the formation of reaction by-product, the deposition mechanism, etc. to successfully apply the reactor to the removal of malodorous gases from crematory emission. Hence, the purpose of this work is to elucidate the formation of reaction by-products and suppress the formation in the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$.

In this article, a corona-discharge reactor is applied to the removal of dilute $(\text{CH}_3)_3\text{N}$. The formation of reaction by-products in the reactor is discussed for the removal from N_2 , $\text{N}_2\text{-O}_2$, $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$, and $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-H}_2\text{O}$. Then the deposit at the anode of the reactor is analyzed.

1. Experimental

1.1 Removal experiment

The experimental set-up was reported in the previous articles (Tamon *et al.*, 1995; Sano *et al.*, 1996). A brass pipe was used as the anode whose inner diameter and length were respectively 38 mm and 280 mm. The cathode was SUS wire whose diameter was 0.3 mm. Except the electrodes the vessel of the reactor was acrylic resin and the cathode was sustained by a ceramic insulator on the top and by Teflon threads on the bottom. A dc voltage of -3 to -25 kV was applied to the cathode to generate corona discharge.

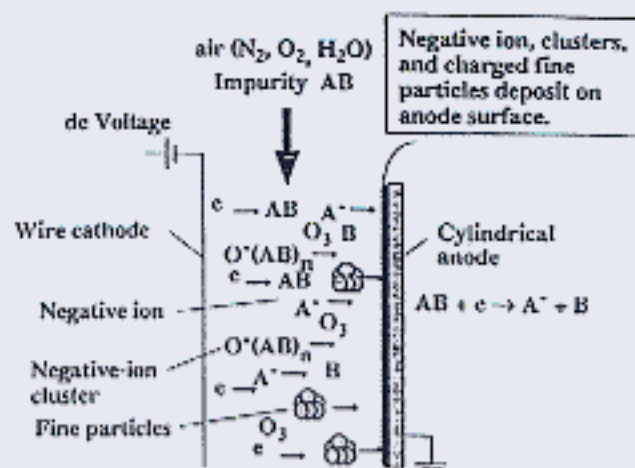


Fig. 1 Gas purification principle

The concentration of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ was adjusted by mixing a commercial standard gas with a balance gas, N_2 . The concentration of H_2O was controlled by bubbling N_2 through distilled water in a temperature-controlled bath.

The concentrations of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ at the inlet and the outlet of the reactor were measured by a gas chromatograph (GC-14B, Shimadzu Corporation) with a flame ionization detector (FID). When unknown reaction by-products were detected on a gas chromatogram, a gas chromatograph mass spectrometer (GCMS) (MS-QP1000S, Shimadzu Corporation) was used to identify the reaction by-products. The peak areas of reaction by-products generated in the reactor were measured by FID. Although the calibration of peak areas was needed to determine the concentrations of by-products strictly, the concentrations were approximately calculated by comparing those peak areas with that of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ based on the assumption that the peak sensitivity for all compounds is the same. The concentration of H_2O was measured by a dew point hygrometer (MODEL 2586, Yokogawa Electric Corporation).

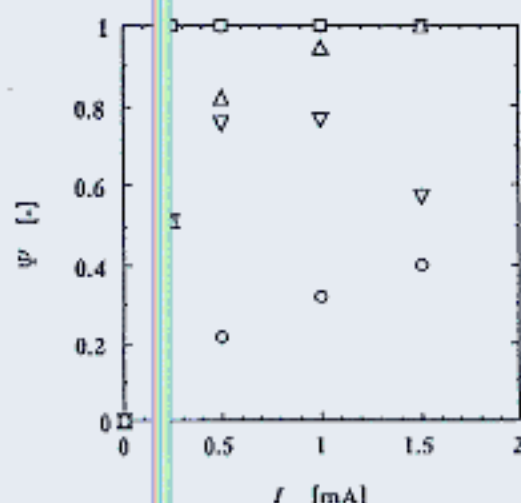
1.2 TG analysis of anode surface

In the present corona-discharge reactor, a deposit is formed on the anode surface during a removal experiment. An analysis of the deposit should be useful to understand the removal mechanism. To analyze the deposit at the anode, the authors constructed a reactor that had two detachable plate anodes (Sano *et al.*, 1997c). The reactor had two 50 x 200 mm plate anodes paralleled with 50 mm gap and a wire cathode of 0.3 mm diameter was stretched in the center of those anodes. The deposit was analyzed by a thermogravimetric (TG) analyzer (TG-8120, Rigaku Co. Ltd.).

2. Results and Discussion

2.1 Removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from N_2

To evaluate the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ by the corona-discharge reactor, the definition of removal efficiency,



	C_{in} [ppm]	C_{O_2} [%]	C_{H_2O} [ppm]	Q [cm ³ /min]
○	26	0	0	335
△	28	0	4950	360
▽	25	0	10000	443
□	29	19	0	419

Fig. 2 Removal efficiency of $(CH_3)_3N$

Ψ , used in this work is as follows.

$$\Psi = 1 - C_{out}/C_{in} \quad (1)$$

Figure 2 shows the removal efficiency of $(CH_3)_3N$ from N_2 (circles). Ψ obviously increases as the discharge current I increases. This is because the concentration of electrons drifting in the reactor increases with increasing I . In the removal, however, Ψ is quite low. Methane (CH_4) generated in the reactor was identified as a reaction by-product by GCMS. CH_4 constituted about 7% of the inlet concentration of $(CH_3)_3N$ at 1.5 mA discharge current. Hence, the authors consider that $(CH_3)_3N$ is decomposed by corona discharge and a polycondensation reaction occurs. However, the authors cannot explain the reaction mechanism in the present stage of investigation.

2.2 Removal of $(CH_3)_3N$ from N_2 - O_2

Since the actual removal process often contains O_3 and H_2O , it is imperative to investigate the influence of O_2 and H_2O on the removal of gas impurities. Figure 2 also shows the experimental results on the removal of $(CH_3)_3N$ with 19% O_2 (square dots). When the discharge current was as little as 0.25 mA, $(CH_3)_3N$ disappeared in the FID detection. Thus the presence of O_2 greatly enhanced Ψ . To explain such high removal efficiency, the authors have studied the role of ozone (O_3) (Tanthapanchakoon *et al.*, 1999). This research proves conclusively that the enhanced removal of $(CH_3)_3N$ can be attributed to the O_3 reaction.

Table 1 List of reaction by-products generated in removal of $(CH_3)_3N$ from N_2 - O_2 mixture

Retention time [min]	M/Z	M/Z of fragment	By-product
1.7	44	43, 42, 29, 28, 27	CH_3CHO
3.3	46	45, 44, 30, 31, 29	C_2H_5OH
4.9	58	57, 42, 29, 28, 27	$(CH_3)_2CO$
6.9	61	60, 46, 45, 30, 29	CH_3NO_2

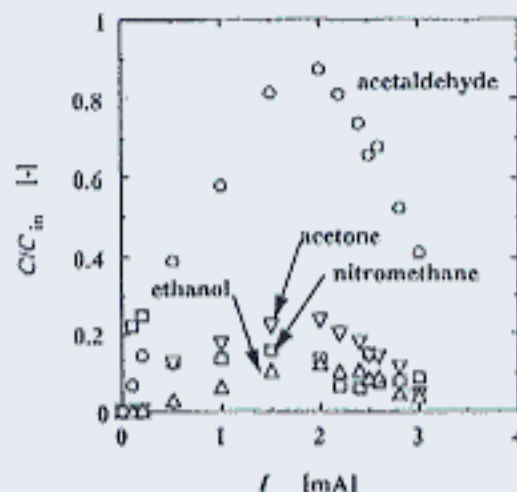


Fig. 3 Reaction by-product in removal of $(CH_3)_3N$ from N_2 - O_2 ($C_{in} = 29$ ppm, $C_{O_2} = 19\%$, $Q = 419$ cm³/min)

Reaction by-products were identified by GCMS as listed in Table 1. Acetaldehyde (CH_3CHO), ethanol (C_2H_5OH), acetone ($(CH_3)_2CO$), and nitromethane (CH_3NO_2) were observed as the by-products. Although it seems that organic acids are generated during an oxidation process of $(CH_3)_3N$, the acids have not been detected by GCMS. Since the removal efficiency of $(CH_3)_3N$ is greatly improved by the O_3 reaction, the by-products are considered to be generated by the O_3 reaction with $(CH_3)_3N$. Figure 3 shows the amounts of the by-products generated in the corona-discharge reactor. The ordinate indicates the mole ratio of the by-products generated in the reactor to the inlet concentration of $(CH_3)_3N$, C/C_{in} , and the abscissa the discharge current, I . C/C_{in} for CH_3CHO is ca. 0.9 at 2.0 mA discharge current. In this case $(CH_3)_3N$ changes to CH_3CHO by corona discharge and the reactor cannot be applied to the removal of $(CH_3)_3N$. Since $(CH_3)_3N$ is decomposed by reaction with O_3 , the total molar concentration of reaction by-products is sometimes more than the inlet concentration of $(CH_3)_3N$, C_{in} . The amount of the by-products increases with the discharge current, but the by-products can also be removed at the large discharge current. Hence, C/C_{in} has a maximum value at ca. 2 mA discharge current as shown in

Table 2 Material balance in removal of $(CH_3)_3N$ from $N_2-O_2-H_2O$

<i>I</i>	Inlet				Outlet		Removal*
	$(CH_3)_3N$	$(CH_3)_3N$	CH_3CHO	C_2H_5OH	$(CH_3)_2CO$	CH_3NO_2	
0.1 mA	0 ppm	ND	0.8 ppm	ND	ND	ND	
(carbon balance)	basis: 1 m ³ of inlet gas)						
2.54	10^{-3} mol-C	ND	0.07×10^{-3} mol-C	ND	ND	ND	2.47×10^{-3} mol-C
(nitrogen balance)	basis: 1 m ³ of inlet gas)						
0.85	10^{-3} mol-N	ND	0	0	0	ND	0.85×10^{-3} mol-N
0.15 mA	0 ppm	ND	4.1 ppm	1.3 ppm	0.9 ppm	ND	
(carbon balance)	basis: 1 m ³ of inlet gas)						
2.54	10^{-3} mol-C	ND	0.36×10^{-3} mol-C	0.11×10^{-3} mol-C	0.11×10^{-3} mol-C	ND	1.96×10^{-3} mol-C
(nitrogen balance)	basis: 1 m ³ of inlet gas)						
0.85	10^{-3} mol-N	ND	0	0	0	ND	0.85×10^{-3} mol-N
0.2 mA	0 ppm	ND	2.4 ppm	0.6 ppm	ND	ND	
(carbon balance)	basis: 1 m ³ of inlet gas)						
2.54	10^{-3} mol-C	ND	0.22×10^{-3} mol-C	0.06×10^{-3} mol-C	ND	ND	2.26×10^{-3} mol-C
(nitrogen balance)	basis: 1 m ³ of inlet gas)						
0.85	10^{-3} mol-N	ND	0	0	0	ND	0.85×10^{-3} mol-N

*amount removed by deposition or particle formation
ND: not detected

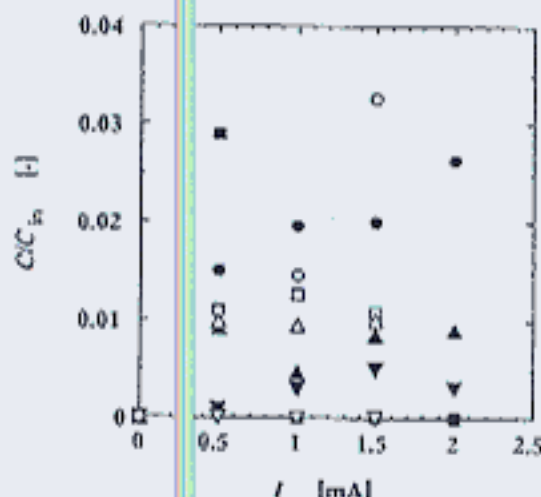


Fig. 4 Reaction by-product in removal of $(CH_3)_3N$ from N_2-H_2O

Fig. 3. One can see that the by-products can be suppressed at lower discharge current than 0.2 mA discharge current.

2.3 Removal of $(CH_3)_3N$ from N_2-H_2O

Figure 2 shows the influence of H_2O on the removal of $(CH_3)_3N$. One can see that 4950 ppm H_2O

contributes to raising the removal efficiency of $(CH_3)_3N$. The removal efficiency of $(CH_3)_3N$ with 10,000 ppm H_2O is smaller than that with 4950 ppm H_2O because more by-products are generated as described below.

The same reaction by-products are generated in the removal of $(CH_3)_3N$ from N_2-H_2O as from N_2-O_2 . Figure 4 shows the by-products with 4,950 ppm and 10,000 ppm H_2O . Compared with Fig. 3, the by-products in the removal from N_2-H_2O are much less than from N_2-O_2 . This figure suggests that 10000 ppm H_2O generates more by-products than 4,950 ppm H_2O in the range of $I \geq 1$ mA and that Ψ of $(CH_3)_3N$ with 10000 ppm H_2O is smaller than that with 4,950 ppm H_2O for $I \geq 1$ mA as shown in Fig. 2.

2.4 Removal of $(CH_3)_3N$ from $N_2-O_2-H_2O$

Furthermore, the influence of O_2 and H_2O on the removal efficiency of $(CH_3)_3N$ has been examined. The results are shown in Fig. 5. This figure shows the removal efficiency of $(CH_3)_3N$ with 16% O_2 and 17,600 ppm H_2O . This result shows very high removal efficiency even in the low discharge current range in the presence of O_2 and H_2O .

Reaction by-products, CH_3CHO , C_2H_5OH , and $(CH_3)_2CO$, were observed. CH_3NO_2 , however, was not detected. The material balance in the removal is important. Table 2 shows the carbon or nitrogen balance per 1 m³ of inlet gas of the reactor in the removal of $(CH_3)_3N$ from $N_2-O_2-H_2O$. It can be seen that N atom of $(CH_3)_3N$ is completely removed by deposition at the anode or particle formation. On the other hand, a part of C atom of $(CH_3)_3N$ comes out from the reactor as reaction by-products. The amount of CH_3CHO generated is larger than other compounds in the corona-discharge reactor. Since CH_3CHO is also a component of malodorous gases from crematory emission, it is im-

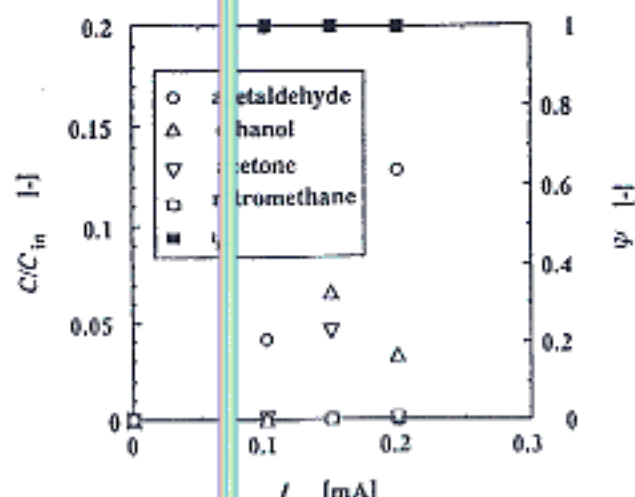


Fig. 5 Reaction by-product in removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from $\text{N}_2\text{-O}_2\text{-H}_2\text{O}$ ($C_a = 19$ ppm, $C_{\text{O}_2} = 16\%$, $C_{\text{H}_2\text{O}} = 17,600$ ppm, $Q = 410$ cm³/min)

important to decrease the amount generated. Compared with Figs. 3 and 4, one can see that the by-products can be suppressed by mixing H_2O even in the presence of O_2 . Hence, when the discharge current is kept low in the presence of H_2O , it is interesting that the production of CH_3CHO can be decreased.

Conclusively, under the present experimental conditions, O_2 or H_2O enhances the removal efficiency of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$. These results suggest that the corona-discharge reactor is applicable for the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from air.

2.5 TG analysis of deposit

The authors conducted removal experiments of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ for 5 days using the corona-discharge reactor with parallel plates as described above. The experimental conditions are shown in Table 3. Then the deposit on the anode surface was analyzed using the thermogravimetric (TG) curves were measured at 20°C/min from 20 to 1000°C.

Figure 6 shows the TG curves of the deposit formed in the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ from N_2 , $\text{N}_2\text{-O}_2$, and $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$. The ordinate is the decrease of weight and the abscissa is temperature. From the TG curve of the deposit formed in the removal from N_2 , the weight gradually decreases till 550°C and then a large weight loss suddenly occurs at ca. 550°C. The TG curves obtained for the removal from $\text{N}_2\text{-O}_2$ and $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ suggest that the large weight loss is observed at ca. 200 or 250°C. One can see that some deposit remains even after pyrolysis at 1000°C. Hence, it can be concluded that the deposit consists of carbon compounds of high boiling point and that a part of the deposit is carbonized by pyrolysis.

The TG curve in the removal from $\text{N}_2\text{-O}_2$ is different from that of the deposit formed in the removal from N_2 . Hence, the O_2 reaction with $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ induces

Table 3 Experimental conditions for analysis of deposit on anode

Gas	C_a [ppm]	Q [cm ³ /min]	C_{O_2} [%]	$C_{\text{H}_2\text{O}}$ [ppm]	I [mA]
$(\text{CH}_3)_3\text{N-N}_2$	102	251	0	0	1.0
$(\text{CH}_3)_3\text{N-N}_2\text{-O}_2$	18	411	19	0	0.1
$(\text{CH}_3)_3\text{N-N}_2\text{-H}_2\text{O}$	19	385	0	17000	0.1

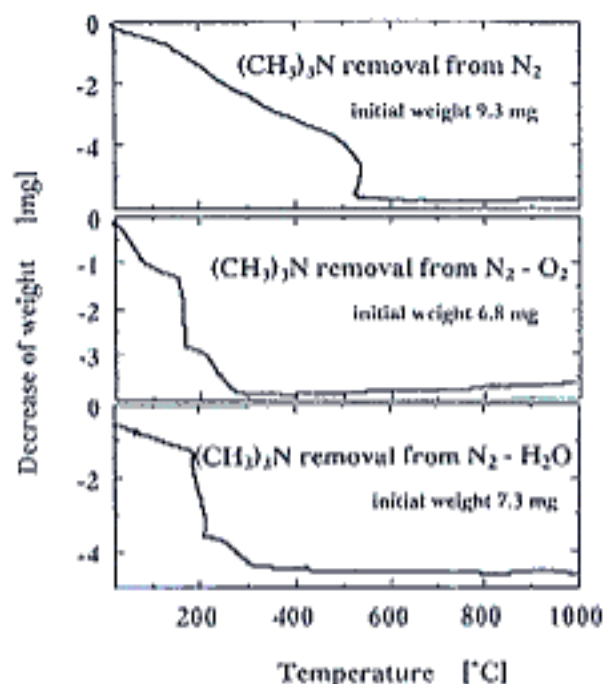


Fig. 6 TG curves of deposit formed in removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$

a cyclic polycondensation producing a carbon compound. The TG analysis of the deposit formed during the removal of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ in $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ suggests that the deposit is a carbon compound similar to that formed in the removal from $\text{N}_2\text{-O}_2$. The authors have measured O_3 concentration produced by corona discharge in $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$ mixture under the conditions of $Q = 389$ cm³/min, $C_{\text{H}_2\text{O}} = 5600$ ppm, and $I = 0.1$ mA. As a result, O_3 has not been generated at all. It is well known that electrons produced by corona discharge attach to H_2O , and that H^+ , OH^- , O^- are produced (Massey, 1976). Hence, these ions seem to decompose $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ and touch off a chain polycondensation reaction. Although the reaction mechanism in $\text{N}_2\text{-O}_2$ is different from that in $\text{N}_2\text{-H}_2\text{O}$, both deposits on the anode surface are similar.

The authors have found several interesting results on the formation of reaction by-products and the TG curves. The removal mechanism of $(\text{CH}_3)_3\text{N}$ cannot be explained in the present stage of investigation. Further studies should be done to elucidate the removal mechanism.

Conclusion

Trimethylamine was removed using the corona-discharge reactor. The formation of reaction by-products in the removal was discussed and the deposit at the anode of the reactor was analyzed. The following conclusions have been obtained.

- (1) Although the removal efficiency of trimethylamine is low in a nitrogen, the efficiency is improved greatly in the presence of oxygen or water vapor.
- (2) The large amounts of reaction by-products are generated in the removal of trimethylamine from a nitrogen-oxygen mixture.
- (3) Water vapor plays a role for decreasing reaction by-products formed by corona-discharge in the presence of oxygen.
- (4) Trimethylamine deposits as carbon compounds of high boiling point on the anode surface by corona discharge.

Acknowledgment

This research was partially supported by Thailand Research Fund (1996-1999). Further, W. T. is grateful to the Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) for the financial support for the visit to Kyoto University (1999).

Nomenclature

C	= concentration	[ppm]
I	= discharge current	[mA]
Q	= gas flow rate	[cm ³ /min]
ψ	= removal efficiency	[-]
<Subscripts>		
H_2O	= water vapor	
in	= gas inlet	

O_2	= oxygen
out	= gas outlet

Literature Cited

- Massey, S. H.; *Negative Ions*, Cambridge Univ. Press, London, UK (1976)
- Nishida, K.; "Malodor at Cremation Facility (Part I)," *PPM*, 3, 49-58 (1988a)
- Nishida, K.; "Malodor at Cremation Facility (Part II)," *PPM*, 4, 51-59 (1988b)
- Nishida, K. and Y. Matsuda; "Malodor of Exhaust Gas from a Crematory," *J. Odor Control*, 10, 1-11 (1981)
- Sano, N., T. Nagamoto, H. Tamon and M. Okazaki; "Removal of Iodine and Methyl Iodide in Gas by Wetted-Wall Reactor Based on Selective Electron Attachment," *J. Chem. Eng. Japan*, 29, 59-64 (1996)
- Sano, N., T. Nagamoto, H. Tamon, T. Suzuki and M. Okazaki; "Removal of Methyl Iodide in Gas by Corona-Discharge Reactor," *J. Chem. Eng. Japan*, 30, 902-909 (1997a)
- Sano, N., H. Tamon and M. Okazaki; "Removal of Iodine in Gas by Corona-Discharge Reactor," *J. Chem. Eng. Japan*, 30, 944-946 (1997b)
- Sano, N., T. Nagamoto, H. Tamon, T. Suzuki and M. Okazaki; "Removal of Acetaldehyde and Skatole in Gas by Corona-Discharge," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 36, 3783-3791 (1997c)
- Tamon, H., H. Mizota, N. Sano, S. Schulze and M. Okazaki; "New Concept of Gas Purification by Electron Attachment," *AIChE J.*, 41, 1701-1711 (1995)
- Tamon, H., N. Sano and M. Okazaki; "Influence of Oxygen and Water Vapor on Removal of Sulfur Compounds by Selective Electron Attachment," *AIChE J.*, 42, 1481-1486 (1996)
- Tamon, H., H. Imanaka, N. Sano, M. Okazaki and W. Tanchapanichakoon; "Removal of Aromatic Compounds in Gas by Electron Attachment," *Ind. Eng. Chem. Res.*, 37, 2770-2774 (1998)
- Tanchapanichakoon, W., P. Khongprasarakul, T. Charinpanitkul, H. Tamon, N. Sano and M. Okazaki; "Removal of Trimethylamine and Ammonia Using Electron Attachment Reaction," *Science Asia*, 25, 57-63 (1999)

Reduction of NO by CO in a Pulsed Corona Reactor Incorporated with CuO Catalyst

LIWEI HUANG, TAKAAKI HARI,
KATSUHIKO NAKAJYO, SHOH OZAWA
AND HITOKI MATSUDA

Research Center for Advanced Waste and Emission Management,
Nagoya University, Nagoya 464-8603, Japan

Keywords: NO Reduction, CO, Nonthermal Plasma, Catalyst, CuO

Reduction of NO by CO in N_2 was experimentally investigated in a wire-in-tube pulsed corona reactor combined with CuO catalyst. The pulsed corona was produced by applying a positive pulsed high voltage (peak voltage 16–22 kV, pulse frequency 50 pps) to the wire electrode and the catalyst was coated on the surface of the aluminum film, the grounding electrode attached to the inner surface of the tube. It was demonstrated that NO could be effectively reduced to N_2 under nonthermal plasma produced by pulsed corona discharge, and the NO₂ yield was significantly suppressed with the existence of CO in the gas stream. For the pulsed corona reactor combined with CuO catalyst, the reduction of NO was 10–20% higher and NO₂ production was 50% lower than that of without catalyst in the reactor at room temperature, showing that CuO catalyst works effectively for the reduction of NO under pulsed corona discharge. A complete reduction of 500 ppm NO in a gas stream containing 1% CO was achieved at about 473 K with a pulse voltage of 18 kV in the reactor combined with CuO catalyst.

Introduction

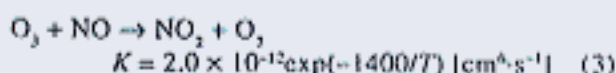
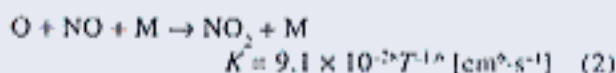
The control of NO_x emitted from fuel combustion processes of such as diesel-fueled vehicles has become an important issue because of stringent regulations imposed on the allowable levels of NO_x emissions especially in cities. However, traditional technologies may have some problems to meet these stringent requirements. For example, the three-way catalyst for gasoline engine are unsuitable for diesel engine, because the exhaust gas from diesel engine contains high concentrations of O₂, much particulate matter and SO₂ (Farrauto and Heck, 1999). Therefore, new techniques based on nonthermal plasma for the abatement of NO_x emissions from fuel combustion processes have been received much attention in recent years, because of nonthermal plasma has unique characteristics in molecule dissociation and chemical reaction-promoting (Penetrante *et al.*, 1995; Urashima *et al.*, 1998; Yamamoto, 2000).

Generally, nitrogen oxide accounts for most of NO_x discharged from combustion processes. The mechanism for NO removal under nonthermal plasma is regarded to proceed both reduction and oxidation processes (Gentile and Kushner, 1995; Sathiamoorthy

et al., 1999). It has been ascertained that NO reduction proceeds mainly via a fast reaction (1) (Behbahani *et al.*, 1982; Harano *et al.*, 1998).



The N atom in this reaction is produced mainly from dissociation of N_2 molecule by energetic electron impact. The oxidation of NO to NO₂ is attributed to the reactions (2) and (3).



It is thought that the reduction of NO to N_2 is more difficult than the oxidation of NO to NO₂, because much higher electron energy is required to promote the reduction reaction efficiently. Therefore, the oxidative removal of NO by means of nonthermal plasmas attracted most previous researches. However, in such a practical application as automobile exhaust gas treatment, reducing NO to N_2 is more attracting than oxidizing NO to NO₂, because no additional processes like scrubbing systems are needed for further NO₂ treatment.

In this study, the reduction of NO to N_2 by CO which is also a pollutant gas contained in exhaust gases

Received on December 21, 2000. Correspondence concerning this article should be addressed to L. Huang (E-mail address: hlw@resew.nagoya-u.ac.jp).

Partly presented at The 33rd Autumn Meeting of The Society of Chemical Engineers, Japan.

News bulletin

How does APT2000 impact particle technology in Thailand — let me count the ways

WIRUT TANTHAPANICHAKOON

*The Powder Technology Center, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University,
Bangkok 10330, Thailand*

Received 15 January 2001; accepted 31 January 2001

Before starting to count the ways, I wish to give a brief introduction to the roles of the lesser-known players and some historical background.

1. WHAT IS APT2000?

It is the First Asian Particle Technology Symposium co-organized during 13–15 December 2000 in Bangkok by the Thai Powder Technology Center (TPTC) of Chulalongkorn University (CU) and The Society of Powder Technology, Japan (SPTJ) with strong support from the Association of Powder Process Industry and Engineering (APPIE), Japan, and cooperation from numerous societies and associations in Asia and Oceania. Please refer to the web site (<http://www.appt2000.org>) for more details.

2. WHY BANGKOK? WHY NOT TOKYO OR ELSEWHERE?

Located near the geographical center of Asia, Bangkok is conveniently and economically accessible by air. The 'City of Angels' or 'Krungthep' — the official Thai name of Bangkok — offers diverse cultural settings, renowned Thai-style hospitality, niche and popular restaurants offering Thai and cosmopolitan cuisines, vast shopping malls and complexes, as well as numerous tourist landmarks, such as magnificent temples, majestic palaces — all at very reasonable prices in comparison with Japan. If these reasons are not good enough, how about adding fascinating entertainment venues and night life for the more venturesome souls? To TPTC and SPTJ, however, one of the important reasons is that the year 2000 coincides not only with

the dawn of a new millennium — an auspicious moment to start a new venture — but also the 10th anniversary of TPTC.

Compared to SPTJ and APPIE, TPTC is like a primary school graduate, although it is more firmly established than similar organizations in other Asian countries with the exception of China, South Korea, Russia and Taiwan. As described in the *Millennial Edition on Particle Technology*, published by TPTC in December 2000, TPTC owes its inception and subsequent success to the strong support rendered by APPIE, SPTJ, CU as well as numerous individuals in both countries.

3. WHAT HAS TPTC CONTRIBUTED TO PARTICLE TECHNOLOGY (PT) IN THAILAND DURING ITS FIRST DECADE?

Definitely a lot. If interested, please contact the author for a copy of TPTC *Millennial Issue*, which is bilingual in Thai and English.

4. BACKGROUND OF APT2000

First conceived in 1997 — a year before the World Congress on Particle Technology in Brighton in 1998 — the formal kick-off for APT2000 was symbolized by the establishment of its International Organizing Committee (IOC) during 13–15 December 1998 at the Mandarin Hotel, Bangkok — exactly the same month, days and venue as the real APT2000.

5. HOW DOES APT2000 IMPACT PT IN THAILAND?

Now let me count the ways APT2000 has impacted on particle technology in Thailand (and more or less in the whole of Asia).

- First-ever APT, the birth of a regular series of symposia to be held biannually in Asia.
- First exhibition (panels/catalogs) aimed solely at PT in Thailand.
- The largest gathering (297 persons) of particle technologists and scientists (PTS) at any symposium/conference in Thailand.
- The largest number (251 persons) of non-resident PTS's at a single gathering in Thailand.
- The largest number of participating countries (20 countries) in a PT event in Thailand: 14 from Asia–Oceania (Australia, China, Indonesia, India, Japan, Malaysia, Mongolia, Philippines, Russia, Singapore, South Korea, Taiwan, Thailand, Vietnam) as well as France, Mexico, Netherlands, Sweden, UK and USA.
- The highest number of PT research papers submitted (231) and presented any symposium/conference in Thailand.

- The highest number of plenary, invited lectures and technical seminars on PT in any symposium/conference in Thailand.
- A special Asian Complex event designed to provide the latest live information on powder-related business and technology presented by the Chairman of Thai Federation of Industries (Mr Tawee Butsumton) and the representatives of IOC countries.
- The highest print run on PT published by TPTC (3,000 copies of TPTC Millennial edition).
- The largest number of foreign visitors to the TPTC Lab in CU in a single day (about 70 persons).
- Numerous contacts with TPTC from industrial companies after the conclusion of APT 2000 (for technical consultation and testing services).
- Numerous inquiries from industrial companies and manufacturers about similar future events in Thailand.
- The founding Director of TPTC becoming the current President of CU, who presided over the Opening Ceremony of APT2000.
- The culmination of APPIE's and SPTJ's decade-long support to TPTC which has become a key player in the promotion and development of PT in Thailand.

It has been decided that the Second APT will be held in Malaysia in 2003 instead of 2002 in order to avoid unfavorable impact on the World Congress on Particle Technology 2002 in Sydney. In addition, as an important by-product of TPTC's remarkable success, APPIE has decided to assist the establishment of a second Powder Technology Center in a suitable Asian country in the near future. Undoubtedly there are several more ways, both direct and indirect, that APT2000 has impacted, and will continue to impact, on the development of PT and related industries in Thailand, but I am too tired now to continue counting.

6. MY PERSONAL INVOLVEMENT WITH PT

It goes without saying that particle science and technology has long had, and will continue to have, a significant impact on the development of Thai industries and society, as well as my own academic and research career. Though I am said to be the first Thai Chemical Engineering graduate who received his BEng in Japan (Kyoto University), I did not do any research in PT while in Kyoto as a Monbusho Scholarship student nor during my graduate study in the University of Texas at Austin. In fact, I studied in Dr Ryozi Toei's Lab and my senior thesis advisor was Dr Morio Okazaki, though I did study *Process Control* with Dr Koichi Iinoya. So I knew only a little about PT when I met Dr Kanji Matsumoto at the First Thailand-Japan Joint Seminar on Powder Technology in Bangkok more than 10 years ago. I suppose the reason Professor Iinoya has given me strong support

in the establishment and running of TPTC and the Thai Association for Particle Institute is that he believed I could do it and not for personal gains. Thanks in part to my Japanese language fluency and educational background, I am 'fortunate' to have received many helping hands from a huge number of individuals, including Mr Osamu Doi, Mr Tsunemi Hayashi, Dr K. Matsumoto and Dr Chikao Kanaoka, just to mention a very few, as well as the member companies of APPIE's TPTC Cooperation Committee (TPTCCC) and subsequently Thai Subcommittee. On the Thai side, many PT colleagues and TPTC members, including Dr Sirikalaya Surachittanon, Dr Tawatchai Charinpanitkul, Dr Hathaichanok, Duriyabunleng, Mr Nattaporn Tonanon and Mr Preecha Sangtherapitikul, have contributed to the success of TPTC and APT2000.

7. CONCLUSION

According to the feedback and comments I have received from many participants, APT2000 was well organized and had more impact than originally expected. Thus I wish to take this opportunity to sincerely thank all persons and organizations mentioned above, as well as the IOC (headed by Dr M. Senna), the International Advisory Board, the Scientific and Technical Committee (headed by Dr Y. Fukumori), the Local Organizing Committee, and the numerous individuals, staff and students who worked behind the scene for the great success of APT2000. Last, but not least, I want to thank all the participants, especially non-residents, who really made APT2000 a fruitful and rewarding event. I am convinced that the true impact of APT2000 on Thailand and other Asian countries will have long-lasting effects and not only short-term ones.

Let us meet at the next APT2003 in Malaysia.

The First Asian Particle Technology Symposium 2000 (APT2000)

Wiwut TANTHAPANICHAKOON*
and Tawatchai CHARINPANITKUL*

2000年12月13～15日まで、タイ・バンコクの Mandarin Hotel で The First Asian Particle Technology Symposium, APT2000 が開催されました。このシンポジウムは、20世紀に別れを告げ新しい21世紀の到来を祝うと同時に、アジア諸国、そしてヨーロッパ、アメリカ、オーストラリアの粉体工学研究者を一堂に集める場として企画されました。このようにたいへん意義のあるシンポジウムの第1回を主催できたことは、われわれ Thai Powder Technology Center (TPTC) にとって、大きな光栄でした。

APT2000の参加人数は合計297名で、その内249名(約84%)がタイ以外の国からの参加者でした。大学からの参加者は211名、企業からの参加者は79名で、大学からの参加者の内46名は学生でした。国別で参加者をみると、オーストラリア(9)、中国(7)、フランス(2)、インド(1)、インドネシア(2)、日本(132)、マレーシア(4)、モンゴル(2)、オランダ(1)、フィリピン(2)、シンガポール(1)、韓国(48)、スウェーデン(1)、台湾(8)、英国(3)、アメリカ合衆国(2)、ベトナム(7)でした。32のセッションで発表された論文は156件あり、全体講演者は13件ありました。シンポジウムの会場はやや小さかったかもしれませんが、各セッションで活発な議論が行われました。

発表された研究内容は、基礎(たとえば粒子のキャラクターゼーション、粒子生成など)から応用(薬剤、環境、生体影響など)まで非常に広い分野を網羅していました。発表された研究成果は、タイ国だけでなくアジア諸国また世界にとって役に立つと信じております。とにかく、大きな可能性を持つ粉体工学・エアロゾル工学の今後の発展は、タイの研究者や学生などに大きな影響を与えるのは間違いありません。

今回のAPT2000は研究発表のセッションだけでなく、さまざまな参加者の要求に応えるために、セミナーと展示会、見学会等の催しを加えられました。その中の一つにアジア特別複合プログラム(Asian



オープニング・セレモニー(神戸学院大学・福森先生御提供)



タイダンサーとの記念撮影(懇親会)(神戸学院大学・福森先生御提供)

Special Complex) がありました。このプログラムでは、各国の粉体工学研究の現状、学会と産業界との協力体制等について報告がありました。

多くの方々のご支援によりAPT2000は成功裏に閉会し、その成果は思った以上のものがありました。次のシンポジウムAPT2003はMalaysiaで開催ことが、本シンポジウムの期間中に決定されました。第2回APTにおいても、粉体工学、エアロゾル工学に関わっているの方々により、新しい研究成果の発表や活発な議論が積極的に行われ、すばらしいシンポジウムができるよう期待したいと思います。

* Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,
Chulalongkorn University
Phyathai Rd., Patompon, Bangkok 10330, Thailand

New simple mathematical model of a honeycomb rotary absorption-type dehumidifier

Wiwut Tanthapanichakoon*, Anawut Prawarnpit

Faculty of Engineering, Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Patumwan, Bangkok 10330, Thailand

Abstract

A simplified mathematical model consisting of ordinary differential equations has been proposed and found to accurately predict the dynamic performance of a honeycomb rotary absorption-type dehumidifier in a beverage factory. The model was validated experimentally using the transient measured data on the air properties at the outlets of both the dehumidification and regeneration sections. Good agreement between the predicted and recorded data at each time has been observed. The model is numerically stable and easy to simulate. © 2002 Elsevier Science B.V. All rights reserved.

Keywords: Rotary dehumidifier; Honeycomb; Lithium chloride salt; Solid absorbent; Dynamic model

1. Introduction

For hygienic reasons the space in the concentrate preparation room of a modern beverage factory are daily cleaned, scrubbed, mopped and left to dry-out overnight. To dehumidify the circulating humid air and ensure the dry-out of the wet floor in the closed room, the present factory employs two identical continuous rotary desorption-type dehumidifiers that use silica gel, molecular sieve, etc. as adsorbent, the tested dehumidifier uses a lithium chloride-coated honeycomb. As the rotor slowly turns, humid room air is circulated through and dehumidified in the absorption section of the honeycomb. Inlet air is heated to about 350 K and simultaneously sent counter-current through the regeneration section to dry the moist solid sorbent.

In the past all investigations have focussed on the desorption-type rotary dehumidifier and there are no publications on the rotary absorption type. Kodama et al. [1–3] experimentally investigated the temperature effect and optimal operation of a thermal-swing honeycomb rotor adsorber. To predict simultaneous heat and mass performance of the regenerator of a rotary dehumidifier, Maclaine-cross and Banks [4] and Banks [5] utilized linear and nonlinear analogy method, whereas Mathiprakasam and Lavan [6] predicted the performance of adiabatic desiccant dehumidifiers using linear solutions.

but not so rigorous and did not provide detailed or transient information.

To numerically solve the governing partial differential equations of a rotary adsorption-type dehumidifier, Holmberg [8], Jurinak and Mitchell [9] and Schultz and Mitchell [10] developed and applied an explicit-finite difference technique. To ensure unconditional numerical stability and reduce computational time, Zhang and Worek [11] proposed and applied an implicit-finite difference technique for the numerical simulation.

In contrast the authors have developed a new, simple dynamic model for the honeycomb rotary dehumidifier consisting of a set of nonlinear ordinary differential equations. The validity of the present model was substantiated by comparing the simulated results with the transient experimental values. The model accuracy with respect to the key variables (outlet and inlet air temperatures and humidities) is better than $\pm 2\%$.

2. Mathematical model of rotary dehumidifier

A typical honeycomb rotor consists of thousands of almost identical narrow straight slots uniformly distributed over its rotor cross-section as shown in Fig. 1. Because of geometric similarity, the multiple annular layers of straight slots in the dehumidification and the regeneration sections can be represented by a "representative annulus" of thickness Δr equaling one slot height. In this way, the three cylindrical coordinates (r, θ, z), say radial, angular and axial directions,

* Corresponding author. Fax: +66 2 218-6894.
E-mail address: twiwut@chula.ac.th (W. Tanthapanichakoon).

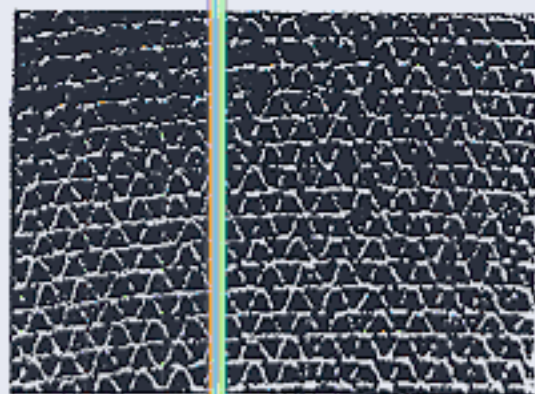


Fig. 1. Honeycomb structure.

spectively, in the model can rationally be reduced to the two coordinates (θ , z). By taking into account each constituent slot within the total M identical slots in the θ -direction spanning the entire cross-section of the representative annulus, the remaining space variable is z . For example, $M = 400$ with the first 100 slots being the regeneration section. Of course, a second independent variable in the model is the time t . In other words, the dynamic behavior of the honeycomb rotor can be simulated by following the transient changes occurring in the z -direction within each of the M slots as the rotor slowly turns.

The following simplifying assumptions are made:

1. Air flow is uniformly distributed across the dehumidification and the regeneration cross-sections.
2. The air stream flowing through each slot is assumed to be plug or piston flow. In the plug flow model, variation does not exist in the radial direction but exists only in the axial or z -direction. Theoretically and conceptually, the plug flow model has been shown to be equivalent to the model of a series of equal-volume CSTRs in which an infinitely large number of completely mixed cells, each of infinitely small thickness, are connected in series. For practical reasons, the plug flow model of each slot will be approximated by an equivalent CSTR model consisting of N cells in series as shown in Fig. 2, N being 10, 20 or more [12].

3. Gas-phase heat conduction and mass diffusion in the axial direction are negligibly small compared to the convective effects in the same slot.
4. Each slot is adiabatic and heat conduction along the slot wall may be neglected.
5. Interphase moisture transfer between the gas and solid absorbent phases in the slot is controlled by gas-phase film resistance since the absorbent layer is essentially non-porous.
6. Heat of absorption of the moisture can be approximated by the latent heat of vaporization of water.

For slot no. j of the regeneration section ($j = 1, 2, \dots, M_r$), the unsteady mass and energy balances for cell no. i ($i = 1, 2, \dots, N$) are as follows:

Gas-phase moisture balance:

$$\frac{d(H_i)}{dt} = \frac{NG_{Fa}V_{Hi}}{L}(H_{i-1} - H_i) - \frac{kA_hNV_{Hi}}{\varepsilon LA_c}(H_i - H_{Si}) + \left(\frac{H_i}{V_{Hi}}\right) \frac{d(V_{Hi})}{dt} \quad (1)$$

where H_i and H_{Si} are the humidity and saturated humidity of hot air in cell no. i , respectively ($\text{kg}_{\text{water vapor}}/\text{kg}_{\text{dry air}}^{-1}$), V_{Hi} the specific volume of humid air ($\text{m}^3/\text{kg}_{\text{dry air}}^{-1}$), G_{Fa} the mass flow rate of humid air ($\text{kg}_{\text{dry air}}/\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$), t the time (s), L the length of each rotor slot, N represents the number of cells in each slot, k the mass transfer coefficient between moist material and hot air ($\text{kg m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), ε the honeycomb porosity (-), A_h the internal surface area of each cell (m^2), A_c the total cross-sectional area of each cell (m^2). The Ranz–Marshall correlation is used to estimate the value of k [13].

Solid-phase moisture balance:

$$\frac{d(W_i)}{dt} = k(H_i - H_{Si}) \frac{NA_h}{LA_c \rho_{SB}} \quad (2)$$

where W_i is the moisture in the absorbent material in cell i ($\text{kg}_{\text{water}}/\text{kg}_{\text{dry material}}^{-1}$), ρ_{SB} the apparent density of dry absorbent material in the rotor (kg m^{-3}).

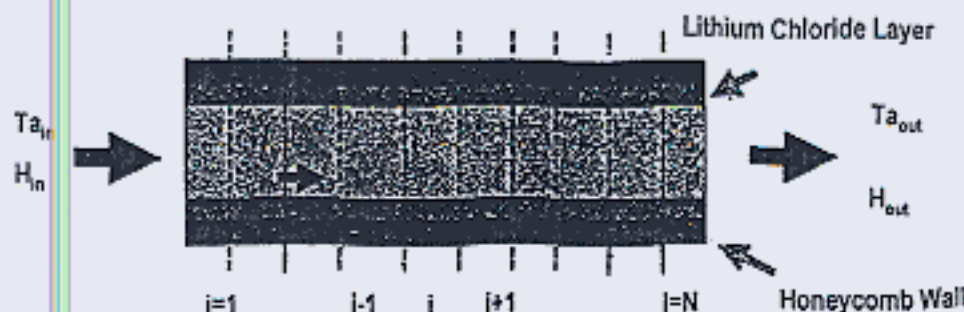


Fig. 2. Representation of a typical honeycomb slot as a series of completely mixed cells.

Gas-phase energy balance:

$$\begin{aligned} & \left(\frac{C_{pA} + C_{pv}H_i}{V_{Hi}} \right) \frac{d(T_{Ai})}{dt} \\ &= \frac{NG_{Fa}}{L} (C_{pA} + C_{pv}H_{i-1})(T_{A(i-1)} - T_{Ai}) \\ & - \frac{h_c N A_h}{\varepsilon A_c L} (T_{Ai} - T_{Si}) + \left(\frac{k A_h N}{\varepsilon L A_c} \right) (H_i - H_{Si}) \\ & \times (C_{pw} T_{Si} + C_{pv} T_{Ai} - T_{Si}) + \left(\frac{C_{pA} T_{Ai}}{V_{Hi}^2} \right) \frac{d(V_{Hi})}{dt} \end{aligned} \quad (3)$$

where C_{pA} , C_{pv} , C_{pw} are the specific heat of dry air, water vapor and liquid water, respectively ($\text{kJ kg}^{-1} \text{K}^{-1}$), T_{Ai} and T_{Si} are the temperature of humid air and solid absorbent in cell no. i , respectively (K), h_c the heat transfer coefficient between the gas- and solid-phase ($\text{kJ m}^{-2} \text{s}^{-1}$).

Solid-phase energy balance:

$$\begin{aligned} & (\rho_{FB} C_{pFB} + \rho_{SB} C_{pSB} + \rho_{SB} C_{pw} W_i) \frac{d(T_{Si})}{dt} \\ &= \left(\frac{k A_h N}{L A_c} \right) (H_i - H_{Si}) (\lambda_{Si} - C_{pw} T_{Si}) \\ & + \frac{h_c A_h N}{L A_c} (T_{Ai} - T_{Si}) \end{aligned} \quad (4)$$

where λ_{Si} is the latent heat of vaporization at temperature T_{Si} in cell no. i (kJ kg^{-1}), ρ_{FB} the apparent density of honeycomb wall (kg m^{-3}).

It should be noted that a similar set of equations is applicable to the slots in the dehumidification section ($j = 101, 102, \dots, 400$), except that the air flow direction is reversed.

Air circulation during the night inside the closed room can be approximated as a series of R imaginary completely mixed compartments ($R = 2-4$). Here R is the number of compartments in the room. As dehumidified air circulates through the room, it picks up moisture from the wet concrete floor thus gradually drying out the floor. Because of space limitation the model equations for the room are omitted here. The fourth order Runge-Kutta method is used to integrate the set of four ($MN + R$) ordinary differential equations simultaneously. By choosing the time step of integration appropriately, at the end of each time step, slot no. j will rotate to replace the next slot $j + 1$ successively in circle. Similarly, slot no. M will replace slot no. 1 after each time step.

3. Experimental

The tested honeycomb rotor [14] has a 52.5 cm diameter and 10 cm width. Fig. 3 shows a schematic diagram of the honeycomb rotor dehumidifier. The area ratio of the dehumidification to the regeneration section is 3:1. The

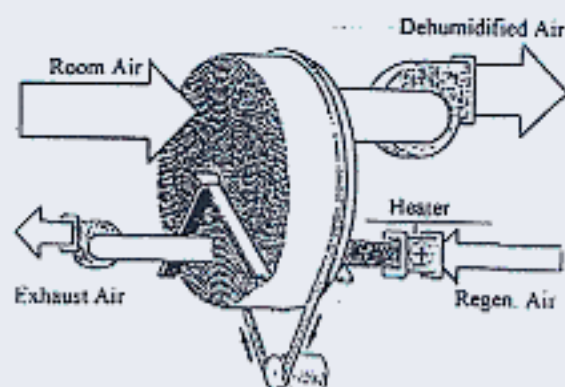


Fig. 3. Schematic diagram of honeycomb rotor dehumidifier.

rotary dehumidifier is operated overnight in a closed room with 45 m^2 floor area. Temperature of the heat ambient air entering the regeneration section is set constant at 350 K . Wet- and dry-bulb temperatures of the ambient air (before the air heater) of room and dehumidified air at the outlet of the absorption section were recorded continuously. The air

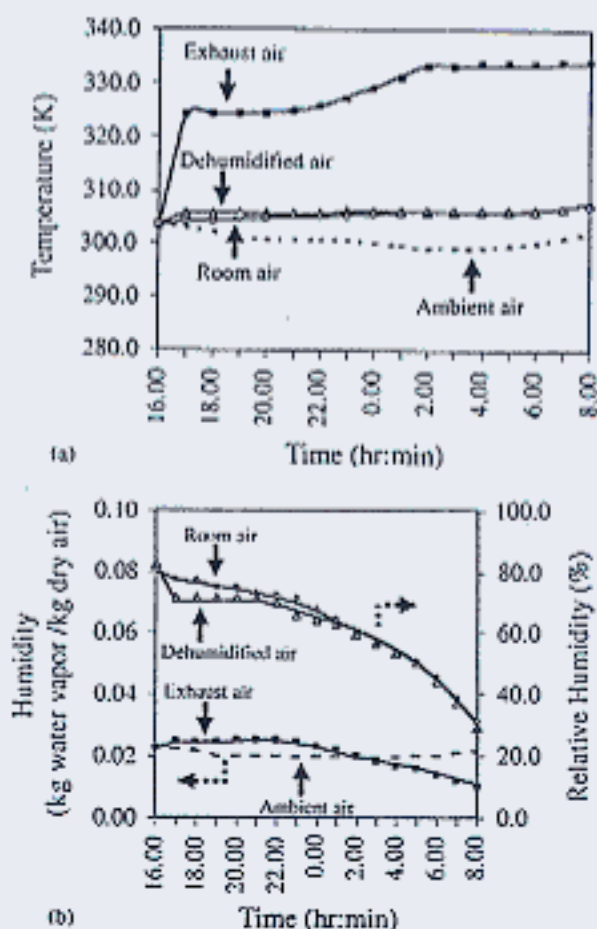


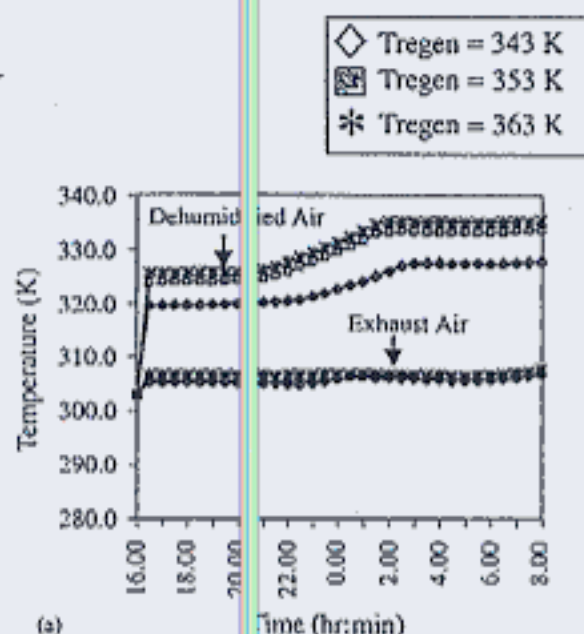
Fig. 4. (a) Comparison of the predicted air temperatures with the experimental results ($T_{\text{regen}} = 353 \text{ K}$, $v_{\text{abs.in}} = 1.37 \text{ m/s}$, $v_{\text{regen.in}} = 1.01 \text{ m/s}$, rotational speed = 10 rpm); (b) comparison of the predicted air and relative humidities with the experimental results ($T_{\text{regen}} = 353 \text{ K}$, $v_{\text{abs.in}} = 1.37 \text{ m/s}$, $v_{\text{regen.in}} = 1.01 \text{ m/s}$, rotational speed = 10 rpm).

flow rates across the absorption and regeneration sections are 22 and 5.4 m³/s, respectively.

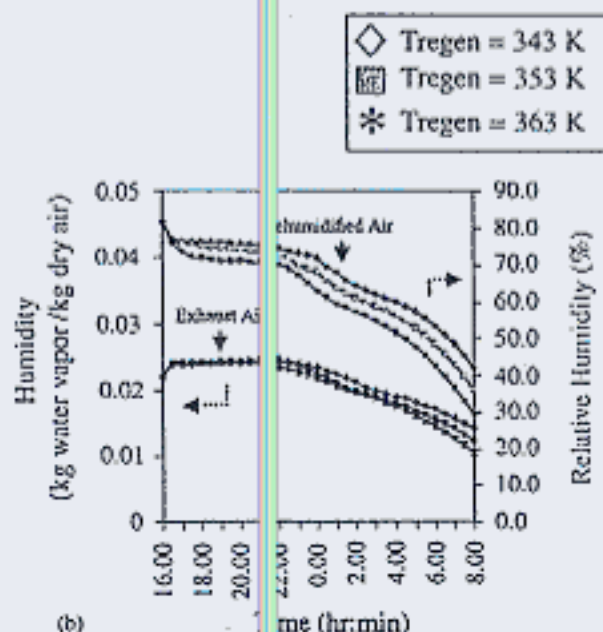
4. Results and discussion

The observed ambient air conditions are used as time-dependent inputs to the heater of the regeneration section. Since the room is completely closed off at night, only the initial conditions in the room at the start of operation of the

rotary dehumidifier are needed to run the simulation. Fig. 4 shows a typical example of the ambient air (broken line) and the simulated (solid line) vs. experimental values (dots) of the various air temperatures and humidities. Evidently the predicted and observed values of the dehumidified (absorption outlet), room and exhaust air (regeneration outlet) are in very good agreement. Though not shown here, additional tests carried out on several other days

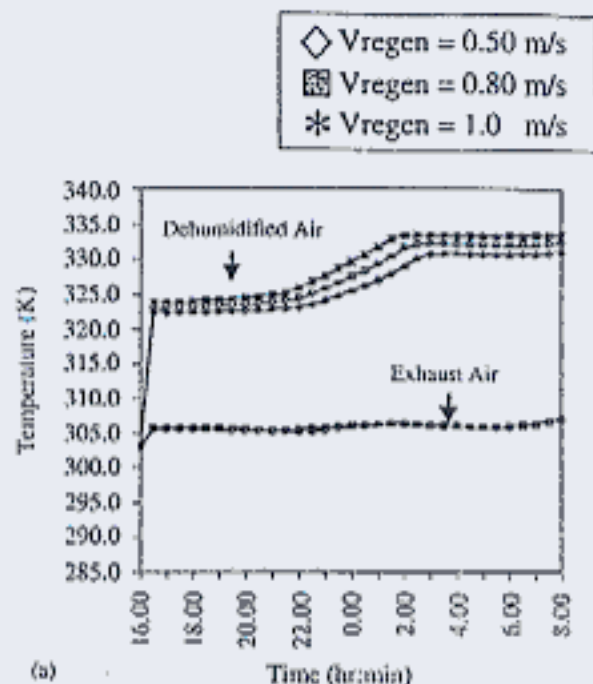


(a)

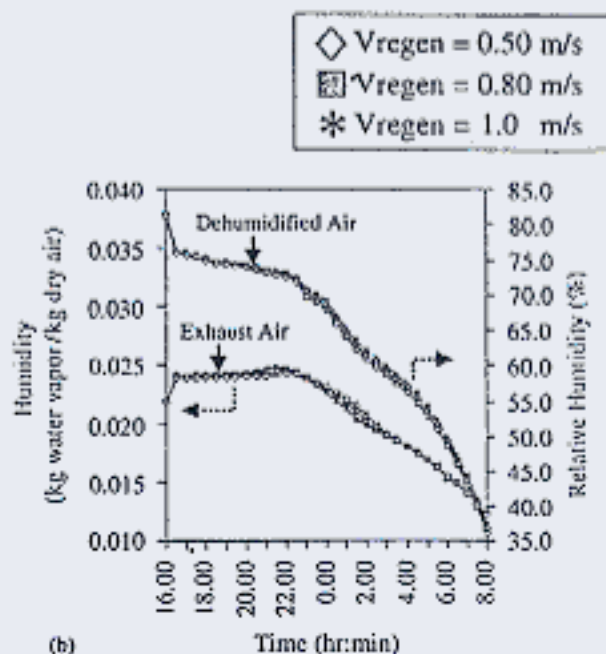


(b)

Fig. 5. (a) Comparison of the predicted air temperatures at various regenerated temperatures ($v_{\text{abs},\text{in}} = 1.37$ m/s, $v_{\text{regen},\text{in}} = 1.01$ m/s, rotational speed = 10 rpm); (b) comparison of the predicted air and relative humidities at various regenerated temperatures ($v_{\text{abs},\text{in}} = 1.37$ m/s, $v_{\text{regen},\text{in}} = 1.01$ m/s, rotational speed = 10 rpm).



(a)



(b)

Fig. 6. (a) Comparison of the predicted air temperatures at various regenerated velocities ($T_{\text{regen}} = 353$ K, $v_{\text{abs},\text{in}} = 1.37$ m/s, rotational speed = 10 rpm); (b) comparison of the predicted air and relative humidities at various regenerated velocities ($T_{\text{regen}} = 353$ K, $v_{\text{abs},\text{in}} = 1.37$ m/s, rotational speed = 10 rpm).

also gave the same good agreement. Thus it may be concluded that a simple dynamic model for the honeycomb rotary dehumidifier has successfully been developed and validated.

Next the effects of the regenerator's inlet air temperature and velocity on the efficiency of dehumidification are investigated. As shown in Fig. 5, the temperature and humidity of both the dehumidified and exhaust air depend significantly on the regenerator's inlet air temperature. Obviously, the humidity of room air can be reduced faster at a higher regenerator's temperature. The effect of the regenerator's air velocity is shown in Fig. 6. It can be seen that the air velocity has insignificant influence on the dehumidification efficiency.

5. Conclusion

The new simple dynamic model has been shown to simulate the dynamic performance of a honeycomb rotary dehumidifier that agrees well with experimental results. Though the model was developed and validated for an absorption-type dehumidifier, the approach should also be applicable to the adsorption-type dehumidifier. Coupled with a simple model for the humid air in a closed room with wet floor, the present model has also proved successful in predicting the property change in the room air and the decreasing amount of water remaining on the wet concrete floor. In the next investigation the coupled models will be used to obtain an optimal set of operating conditions that minimizes the energy and/or time required to dry-out the wet floor overnight.

Acknowledgements

Financial support from Thailand Research Fund (Senior Research Scholar Program) for WT is gratefully acknowledged. Preparation of the manuscript is aided by Ornjira Rungarunsangchai who also received partial financial support from the same TRF Program.

References

- [1] A. Kodama, M. Goto, T. Hirose, T. Kuma, *J. Chem. Eng. Jpn.* 26 (1993) 530–535.
- [2] A. Kodama, M. Goto, T. Hirose, T. Kuma, *J. Chem. Eng. Jpn.* 27 (1994) 644–649.
- [3] A. Kodama, M. Goto, T. Hirose, T. Kuma, *J. Chem. Eng. Jpn.* 28 (1995) 19–24.
- [4] I.L. Maclaine-cross, P.J. Banks, *Int. J. Heat Mass Transfer* 15 (6) (1972) 1225–1242.
- [5] P.J. Banks, *ASME J. Heat Transfer* 107 (1985) 222–229.
- [6] P.J. Banks, *ASME J. Heat Transfer* 107 (1985) 230–238.
- [7] B. Mathiprakasham, Z. Lavan, *ASME J. Solar Energy Eng.* 102 (1980) 73–79.
- [8] R.B. Holmberg, *ASME J. Heat Transfer* 101 (1979) 205–210.
- [9] J.J. Jurinak, J.W. Mitchell, *J. Heat Transfer Trans. ASME* 106 (1984) 638–645.
- [10] K.J. Schultz, J.W. Mitchell, *ASME J. Solar Energy Eng.* 111 (1989) 286–291.
- [11] W. Zheng, W.M. Worek, *Numer. Heat Transfer A* 23 (1993) 211–232.
- [12] D.M. Himmelblau, K.B. Bischoff, *Process Analysis and Simulation*, Wiley, New York, 1970.
- [13] J.H. Perry, *Chemical Engineers' Handbook*, 3rd Edition, McGraw-Hill, New York, 1958.
- [14] A. Prawampit, *Simulation of rotary adsorption dehumidifier system*, M.S. Thesis, Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand, 1999.

รายชื่อผู้ทำงานในโครงการ

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่งวิชาการ		ต้นสังกัด	ตำแหน่งในโครงการ	สถานภาพปัจจุบัน
	เมื่อเข้าร่วมโครงการ	ปัจจุบัน			
1) พ.ท.ว. วรพัฒน์ คณะวิทยาศาสตร์	รองศาสตราจารย์	รองศาสตราจารย์	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	นักวิจัย	รองศาสตราจารย์
2) รศ.ดร. ศิริกัญญา สุจิตตานนท์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	รองศาสตราจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	รองศาสตราจารย์
3) รศ.ดร. รัชชัย ขรินพาณิชย์กุล	อาจารย์	อาจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	อาจารย์
4) อ.ดร. เจตศักดิ์ ไชยสุภา	อาจารย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	ผู้ช่วยศาสตราจารย์
5) อ.ดร. เศรษฐา วัชรศิริเวช	อาจารย์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	ทำงานเอกชน
6) อ.ดร. สมประสงค์ ศรีชัย	อาจารย์	รองศาสตราจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	รองศาสตราจารย์
7) ผศ.ดร. หทัยชนก ฤริยะบรรเลง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์	อาจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	อาจารย์
8) อ.ดร.ศราวุธ ริมอุทิศ	อาจารย์	อาจารย์	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักวิจัย	อาจารย์
9) อ.ณัฐพร ไทยานนท์	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาเอก	จบการศึกษา
10) นายจิระศักดิ์ แสงพุ่ม	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
11) นายกิตติศักดิ์ ลาภสุริยกุล	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
12). นายสรวิชฐา คณิตโรจนามร	นักศึกษา	นักศึกษา	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
13). นายอุดมเดช อาตังสมานันท์	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
14) นายจิตติวุฒิ เพชรหมื่น	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
15) นายจักรกฤษณ์ แยมเกตุ	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
16) นายพิเชษฐ อินทร์เอื้อ	นักศึกษา	นักศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่งวิชาการ		ต้นสังกัด	ตำแหน่งในโครงการ	สถานภาพปัจจุบัน
	เมื่อเข้าร่วมโครงการ	ปัจจุบัน			
17) นายกิตติพงษ์ พัฒนทอง	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
18) น.ส.อริญา ทองเชื้อว	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
19) นายพงษ์ สอวิเศษ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
20) นายวุฒิพงษ์ พงษ์เจริญวิทย์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
21) นายวิสิทธิ์ วัชรบุษกร	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
22) นายอนันต์ ประชาลาพิทย์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
23) นายประธาน วงศ์ศรีเวช	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
24) น.ส.รัตณี หาญนิยัคคี	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
25) น.ส.นงลักษณ์ ชินอุมากร	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
26) น.ส.ชัญฉิลา บุญกระเพื่อ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
27) น.ส.รัชฎา รัตนมุง	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
28) น.ส.สุกฤต คุนเสถียร	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
29) นายนิธินิกร ปรกรณ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
30) นายสันติ วัฒนานุสรณ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
31) นายไพศาล คงประสานภท	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
32) นายเนพล อนุจริธากา	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
33) น.ส.สิริพร คพพันธุ์สุนทร	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา
34) นายอนุรักษ์ หวานเสนาะ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาโท	จบการศึกษา

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่งวิชาการ		ต้นสังกัด	ตำแหน่งในโครงการ	สถานภาพปัจจุบัน
	เมื่อเข้าร่วมโครงการ	ปัจจุบัน			
35) นายพิชาญ ดันติชัยปกรณ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
36) นายทิตติศักดิ์ สาธุธรรมรัตน์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
37) น.ส. วีรรัตน์ อิศระธรรมบุญ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
38) น.ส. บงกช งานสม	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
39) น.ส. ทศนีย์ วัฒนพานิชพิสุทธิ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
40) น.ส. นันทนา ศักดิ์สระ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
41) น.ส. พุทธพรณ จรุงรัตน์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
42) น.ส. ดารณี ตีนา	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
43) น.ส.นริศรา สุขสมัย	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
44) นายเกษม สัตยาสุพิงศ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
45) น.ส. ศาวิตรี แสงแก้ว	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
46) นายเกรียงไกร มณีจันทร์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
47) น.ส. กนิษฐา ผอญอริพัช	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
48) น.ส. อรจิรา ใจอรุณแสงชัย	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
49) น.ส. สมจิตร วงศ์คำชัย	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
50) นายพรเทพ ทิทธิศักดิ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
51) นายธีรพงศ์ เกษมัญญะวงศ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
52) นายปริญญา พนาพิศาล	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่งวิชาการ		ต้นสังกัด	ตำแหน่งในโครงการ	สถานภาพปัจจุบัน
	เมื่อเข้าร่วมโครงการ	ปัจจุบัน			
53) นายกิตติศักดิ์ ปิงสมบูรณ์ยัง	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา จบการศึกษา
54) น.ส. ไพริน วิจิตรเจริญเมือง	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
55) นายเมธี ขตโมศรี	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
56) นายณัฐ งามเจตธรรมย์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาโท	จบการศึกษา
57) นายสหัส ไชโย	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
58) น.ส. วิไลลักษณ์ ศิริวงศ์รังสรรค์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
59) น.ส. ปภาวลัย อุตธิประสิทธิ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
60) น.ส. ศิลา พงษ์เพรียวพรรณ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
61) น.ส. บุณรี เมืองถ้ำ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
62) นายสุทัศน์ ไททอุดมสิน	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
63) นายธีรศักดิ์ เสรีรักษ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
64) นายसानิต ศิริกลการ	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
65) น.ส. ธัญพรธ ภูริปรัชญา	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
66) น.ส. เอื้อพร นพมงคล	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
67) นายชวินทร์ วงษ์ดนตรี	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
68) นายประวิทย์ สุรณารณชัย	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา
69) นายชณนุณี นุศยกุล	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาระดับปริญญาตรี	จบการศึกษา

ชื่อ - นามสกุล	ตำแหน่งวิชาการ		ตำแหน่งในโครงการ	ตำแหน่งในโครงการ	สถานภาพปัจจุบัน
	เมื่อเข้าร่วมโครงการ	ปัจจุบัน			
70) นายทศ ศรีสวัสดิ์	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาตรี	จบการศึกษา
71) นายวีรวิทย์ คลังบุญเสริม	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาตรี	จบการศึกษา
72) นายธนโรจน์ ทิมอุดม	นักศึกษา	จบการศึกษา	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	นักศึกษาปริญญาตรี	จบการศึกษา

