

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษา

5.1.1 การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบต้นแบบ

เครื่องเคลือบในสุญญากาศที่สร้างขึ้นเป็นเครื่องเคลือบในสุญญากาศแบบระเหยสาร มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนคือ (1) ภาชนะสุญญากาศ ประกอบด้วย ภาชนะสุญญากาศ ฝาปิดบนแผ่นฐาน ช่องเปิดและหน้าต่างต่างๆ (2) ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ประกอบด้วย เครื่องสูบลโรตารี เครื่องสูบบแบบแฟรไอ มาตรวัดความดัน วาล์วและข้อต่อ (3) ส่วนการเคลือบ ประกอบด้วย ชุดระเหยสาร ชุดจ่ายไฟฟ้า ชุดวางชิ้นงาน และ (4) ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบ แต่ละส่วนสรุปได้ดังนี้

1. ภาชนะสุญญากาศ ทำจากสเตนเลสเป็นทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 310 mm. ความสูงประมาณ 370 mm. มีหน้าต่างสำหรับติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ 5 ช่อง พร้อม ช่องหน้าต่างขนาด 91.3 mm จำนวน 1 ช่องและมีหน้าต่างขนาด 42.8 mm จำนวน 6 ช่อง มีการระบายความร้อนด้วยน้ำรอบภาชนะสุญญากาศ สำหรับแผ่นฐาน (base plate) ของภาชนะสุญญากาศมีขนาด 390 mm มีช่องเปิดสำหรับต่อเครื่องสูบบแบบแฟรไอ พร้อมหน้าต่างสำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 6 ช่อง แผ่นปิดบน (top plate) ของภาชนะสุญญากาศมีขนาด 390 mm มีหน้าต่างสำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 5 ช่อง

2. ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ เพื่อสร้างสภาวะสุญญากาศภายในภาชนะสุญญากาศที่ออกแบบไว้ให้อยู่ในระดับที่ต้องการ (ประมาณ 10^{-6} mbar) ประกอบด้วยเครื่องสูบลสุญญากาศ 2 แบบคือ เครื่องสูบลแบบโรตารีของ Edwards รุ่น E2M8 (2 state) อัตราการสูบประมาณ $8 \text{ m}^3/\text{hr}$ และเครื่องสูบบแบบแฟรไอ อัตราสูบ (N_2) ประมาณ 200 l/s พิสัยทำงาน 10^{-2} - 10^{-6} mbar ชุดวัดความดันเป็นของ Balzers TPG300 ใช้มาตรแบบเพนนิ่งคือรุ่น IKR050 และมาตรแบบพิรานีคือรุ่น TPR010 สำหรับวาล์วและข้อต่อทั้งหมดทำจากสเตนเลส โดยระบบเครื่องสูบลสุญญากาศที่ออกแบบสามารถทำความดันในภาชนะสุญญากาศลดลงต่ำสุดถึง 9.0×10^{-6} mbar

3. ส่วนการเคลือบ ประกอบด้วย ลวดต้านทานสำหรับให้ความร้อนสารเคลือบ ขั้วไฟฟ้า ชุดวางสารเคลือบ ที่วางชิ้นงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้า ระบบจ่ายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเคลือบเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบบความต่างศักย์ต่ำ กระแสสูง โดย จะมีช่วงทำงานให้เลือกได้ 2 ช่วงคือ 10 V 60A และ 20 V 30 A โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะปรับความต่างศักย์ได้ในช่วง 0-20 V

4. ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบ เป็นชุดสำหรับควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบแบ่งเป็น ส่วนควบคุมระบบสุญญากาศ ส่วนควบคุมการเคลือบ และส่วนควบคุมหลัก

5.1.2 ผลการทดสอบเครื่องเคลือบต้นแบบ

1. ผลการทดสอบด้านสุญญากาศ

1.1 เมื่อใช้เครื่องสูบลูกโรตารี พบว่าสร้างขึ้นสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศจาก 1.2×10^{-3} mbar เป็น 1.0×10^{-4} mbar ในเวลาประมาณ 1 นาที และสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ประมาณ 5.7×10^{-2} mbar ในเวลาประมาณ 3 นาที

1.2. เมื่อใช้เครื่องสูบบแบบแพร่ไอพบที่สามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศจาก 4.7×10^{-2} mbar เป็น 1.5×10^{-5} mbar ในเวลาประมาณ 13 นาที (ตั้งแต่เปิดเพดวาล์ว) และสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ถึง 9.0×10^{-6} mbar ในเวลาประมาณ 48 นาที และถ้าสูบบอากาศต่อไปจะสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศลงไปได้ถึง 6.0×10^{-6} mbar ในเวลา 3 ชั่วโมง (180 นาที) เมื่อใช้น้ำมัน Silicone DC704EU

2. ผลการทดสอบการเคลือบฟิล์มบาง พบว่าเครื่องเคลือบต้นแบบที่สร้างขึ้นในโครงการนี้เป็นระบบเคลือบแบบระเหยสาร ทั้งนี้ขณะเคลือบเมื่อจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดด้านทานจนร้อนเป็นสีแดง อะลูมิเนียมจะค่อยๆ หลอมมารวมกัน แล้วจึงระเหยไปจับบนกระจกแผ่นเรียบเกิดเป็นฟิล์ม ผลการเคลือบเป็นที่น่าพอใจ เมื่อสังเกตด้วยสายตาพบว่าฟิล์มบางที่ได้มีสีที่แวววาวของสารเคลือบไม่ปรากฏสภาพหมองคล้ำของฟิล์มบาง และเมื่อทดสอบการยึดติดของฟิล์มโดยการเช็ดถูด้วยนิ้วมือและชุบด้วยเล็บ พบว่าทั้งการเช็ดถูและชุบด้วยเล็บไม่สามารถทำให้ฟิล์มที่ได้หลุดออก และเมื่อปล่อยให้ทิ้งไว้ในอากาศพบว่าฟิล์มที่ได้จะยังคงสภาพเหมือนเดิม จากผลการทดลองสรุปได้ว่า เครื่องเคลือบที่ออกแบบสร้างขึ้นในโครงการนี้สามารถเคลือบฟิล์มบางได้

5.1.3 เอกสารประกอบเครื่องเคลือบในสุญญากาศ

เอกสารประกอบการใช้เครื่องเคลือบที่จัดทำมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นรูปเล่มเอกสาร และส่วนที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยผลงานทั้งสองส่วนนี้จะจัดทำแยกออกจากเล่มรายงานนี้ โดยแต่ละส่วนสรุปได้ดังนี้

1. ส่วนที่เป็นรูปเล่มเอกสาร จะแบ่งเป็นภาคทฤษฎีเกี่ยวกับสุญญากาศและการเคลือบในสุญญากาศ และ ภาคปฏิบัติเป็นขั้นตอนการทดลองด้านสุญญากาศและการเคลือบในสุญญากาศ นอกจากนี้ยังรวมถึงรายละเอียดและคู่มือการใช้เครื่องเคลือบ

2. ส่วนที่เป็นโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะเป็นบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรปรับปรุงในส่วนของที่จับชิ้นงานให้มีหลายแบบ เช่น สำหรับกระจกแผ่นเล็ก หรือ มีลักษณะโค้งเพื่อให้การวัดสุรองรับทุกชิ้นมีความหนาเท่ากัน
2. ควรพัฒนาส่วนตรวจวัดความหนา (thickness monitor) เพื่อช่วยให้สามารถควบคุมความหนาของฟิล์มได้ดีขึ้น
3. ควรเพิ่มและปรับปรุงวิธีให้ความร้อนกับวัสดุรองรับที่สามารถทำให้อุณหภูมิวัสดุรองรับมีค่าสูงมากกว่านี้ (ทั้งนี้อุณหภูมิของวัสดุรองรับยิ่งสูงจะทำให้ฟิล์มยึดติดกับวัสดุรองรับได้ดีขึ้น)
4. ควรพัฒนาส่วนประกอบอื่นๆ ของเครื่องเคลือบเพิ่มเติม เช่น ระบบ load lock
5. ควรพัฒนาบทเรียน โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในส่วนของการจำลองสถานการณ์ กับเนื้อหาส่วนอื่นๆ ของเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง

บรรณานุกรม

- Berry, R.W., Hall, P.M. and Harris, M.T., 1968, Thin Film Technology, New Jersey, D.Van Nostrand, pp.164-187.
- Bunshah, R.F., 1994, Handbook of Deposition Technologies for Films and Coatings, 2nd ed., New Jersey, Noyes Publications, 861 p.
- Burakowski, T. and Tadeusz, W., 1999, Surface engineering of Metals : Principles, Equipment, Technologies, New York, CRC Press, 592 p.
- Chapman, B., 1980, Glow Discharge Processes, New York, John Wiley & Sons, 406 p.
- Dennis, N.T.M. and T.A. Heppell, 1968, Vacuum System Design, London, Chapman and Hall, 223 p.
- Elashabini, A.R. and Fred D.B., 1997, Thin Film Technology Handbook, New York, McGraw-Hill.
- Guthrie, A., 1963, Vacuum Technology, New York, John Wiley. 532 p.
- Harris, N.S., 1989, Modern Vacuum Practice, New York, McGraw-Hill, 315 p.
- Hoffman, D.M., Bawa S. and John H.T., 1998, Handbook of Vacuum Science and Technology, Toronto, Academic Press, 835 p.
- Maissel, L.I. and Gland, R., 1970, Handbook of Thin Film Technology, New York, McGraw-Hill.
- Mattox, D.M., 1998, Handbook of Physical Vapor Deposition (PVD) Processing, New Jersey, Noyes Publications, 917 p.
- Smith, D.L., 1995, Thin-film deposition : principle and practice, New York, McGraw-Hill, 616 p.
- Vossen, J.L. and Kerns, W., 1978, Thin Film Processes, New York, Academic Press, 552 p.
- Wasa, K. and Hayakawa, S., 1992, Handbook of sputter deposition technology : principles, technology and applications, New Jersey, Noyes Publications, 304 p.
- โช สาลีฉน์, ณสรณ์ ผลโชค, บัญชา ศิลป์สกุลสุข และ สวัสดิ์ ปานเนา, 2536, การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสารระบบสุญญากาศ. รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. 119 หน้า.
- ชัยวิทย์ ศิวาวัชฌาไณย, 2528, ฟิสิกส์ของรังสีเอกซ์, สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์, 119 หน้า.
- บัญญัติ ศิลป์สกุลสุข, 2539, ฟิสิกส์และเทคโนโลยีสุญญากาศ, สำนักพิมพ์ SCIENCE CENTER, 188 หน้า.
- สุพัฒน์พงษ์ ดำรงรัตน์, พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ และพิษณุ เจริญสมศักดิ์, 2529, การวิจัยและพัฒนาการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีสปัตเตอร์, รายงานการวิจัยประจำปี 2529 ของสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 115 หน้า.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดของเครื่องเคลือบ

ภาคผนวก ก
รายละเอียดของเครื่องเคลือบ

ลักษณะทั่วไป

เครื่องเคลือบในสุญญากาศ นี้เป็นระบบเคลือบแบบระเหยสาร ซึ่งออกแบบสำหรับใช้ในการศึกษาและฝึกอบรม รวมถึงการวิจัยพื้นฐาน ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม เครื่องเคลือบนี้ถูกออกแบบให้สามารถติดตั้งอุปกรณ์เพิ่มเติมได้บางส่วน

ข้อมูลด้านเทคนิค

1. ภาชนะสุญญากาศ ทำจากสแตนเลส 304 มีช่องหน้าต่าง 1 ช่อง
2. ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ
 - 2.1 เครื่องสูบลโรตารี
 - อัตราการสูบเท่ากับ $8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ ที่ 50 Hz.
 - ความดันต่ำสุดเมื่อไม่มีแก๊สบาลาส์เท่ากับ $2 \times 10^{-3} \text{ mbar}$
 - อัตราการสูบน้ำสูงสุดที่ 0.22 kg h^{-1}
 - 2.2 เครื่องสูบบแบบเพอร์ไลโอ
 - อัตราการสูบ (N_2) เท่ากับ 280 l s^{-1}
 - อัตราการสูบของเครื่องสูบน้ำน้อยที่สุดเท่ากับ $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
 - กำลังไฟฟ้าของหลอดความร้อนเท่ากับ 0.65 kW
 - ระบบระบายน้ำต้องการอัตราไหลเท่ากับ 60 l h^{-1} ที่ 20°C
 - ความดันต่ำสุดเมื่อใช้น้ำมัน Silicone DC704EU เท่ากับ $7 \times 10^{-8} \text{ mbar}$
3. ระบบมาตรวัดความดัน
 - 3.1 ชุดควบคุมและแสดงผล
 - ความแม่นยำของค่าที่อ่านได้เท่ากับ 0.15%
 - แสดงผลชุดเดียว ด้วยตัวเลขแสดงผล 4 หลัก
 - 3.2 มาตรวัดแบบพิรานี
 - สามารถวัดความดันในช่วง 10^3 ถึง 10^{-4} mbar
 - 3.3 มาตรวัดแบบแมกนีตรอน
 - สามารถวัดความดันในช่วง 10^{-2} ถึง 10^{-9} mbar
4. ระบบเคลือบ : หลอดความร้อน (10 volts 30 A / 30 volts 10 A)
5. ภาคจ่ายไฟ : 220 Volts 1 Ph. 50 Hz.

Specification

General Description

Vacuum deposition is designed for education, training and basic research for science and industry. The system has a modular design for easy upgrading.

Technical Data

1. Chamber : Deposition chamber made from stainless steel 304
2. Vacuum pump
 - 2.1 Mechanical pump
 - pumping speed $8 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ at 50 Hz.
 - ultimate vacuum without gas ballast $2 \times 10^{-3} \text{ mbar}$
 - maximum water vapor pumping rate 0.22 kg h^{-1}
 - 2.2 Diffusion pump
 - pumping speed (N_2) 280 l s^{-1}
 - minimum backing pump displacement $5 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$
 - heater power 0.65 kW
 - cooling-water required flow 60 l h^{-1} at 20°C
 - ultimate pressure (Silicone DC704EU) $7 \times 10^{-8} \text{ mbar}$
3. Vacuum gauge system
 - 3.1 display and controller
 - accuracy 0.15% of reading
 - wide range, 4 decade range with single display
 - 3.2 pirani gauge
 - pressure range 10^3 to 10^{-4} mbar
 - 3.3 magnetron gauge
 - pressure range 10^{-2} to 10^{-9} mbar
4. Type of deposition : resistance heating (10 volts 30 A / 30 volts 10 A)
5. Power supply : 220 Volts 1 Ph. 50 Hz.

ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้เครื่องเคลือบในสุญญากาศ

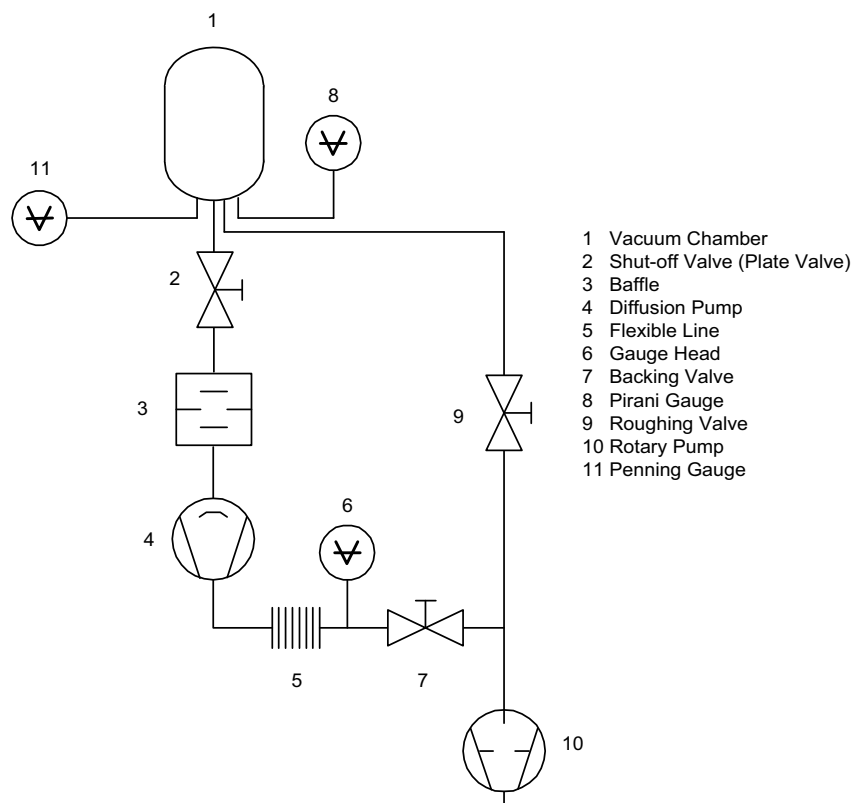
ภาคผนวก ข

คู่มือการใช้เครื่องเคลือบในสุญญากาศ

การสร้างภาวะสุญญากาศในภาชนะสุญญากาศ

ระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบฟิล์มบางที่ออกแบบและสร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้ จะสามารถสร้างภาวะสุญญากาศได้ในระดับ 10^{-6} mbar โดยในส่วนของระบบสุญญากาศจะ ประกอบด้วย เครื่องสูบลสุญญากาศ 2 ชนิด คือ เครื่องสูบกลแบบโรตารี และ เครื่องสูบแบบแฟรไอ โดยต่อเข้ากับ ภาชนะสุญญากาศตามแผนภาพระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบ

เครื่องสูบกลโรตารีที่ใช้จะสามารถทำให้ความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดจากความดันปกติ (10^3 mbar) เป็นความดันต่ำถึง 10^{-3} mbar ซึ่งสามารถอ่านค่าความดันได้จากหัววัดแบบพิรานี ส่วน เครื่องสูบแบบแฟรไอมีความสามารถลดความดันจาก 10^{-3} - 10^{-6} mbar และสามารถอ่านค่าความดันได้จาก หัววัดแบบเพนนิ่ง



แผนภาพของระบบสุญญากาศของเครื่องเคลือบ

ขั้นตอนการใช้งานระบบสุญญากาศ

1. นำวัสดุรองรับที่เตรียมไว้วางบนแท่นวางในตำแหน่งที่ต้องการ จากนั้นปิดภาชนะสุญญากาศให้สนิท ตรวจสอบสภาพทั่วไปของเครื่อง
2. เปิดระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ (เพื่อทำความดันต่ำสุดตามที่ต้องการ)
3. ทำการเคลื่อนด้วยเงื่อนไขตามที่ต้องการ
4. ปิดระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ
5. นำวัสดุรองรับออกจากภาชนะสุญญากาศ
6. เปิดระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ เพื่อลดความดันภายในภาชนะให้ได้ในระดับ 10^{-2} mbar

การเปิดระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ

1. เปิดเครื่องสูบลโรตารีให้ทำงาน
2. ตั้มน้ำมันของเครื่องสูบลแบบแพร่ไอ (การตั้มน้ำมันของเครื่องสูบลแบบแพร่ไอจะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที เครื่องสูบลแบบแพร่ไอจึงพร้อมทำงาน)
3. ช่วงแรกเป็นการสร้างภาวะสุญญากาศขั้นต้น ในภาชนะสุญญากาศโดยใช้เครื่องสูบลโรตารีซึ่งจะสูบลอากาศภายในภาชนะสุญญากาศออกสู่บรรยากาศ มีขั้นตอนดังนี้คือ
 - 3.1 เปิดวาล์วหยาบ (roughing valve)
 - 3.2 ปิดวาล์วท้าย (backing valve) เพื่อให้เครื่องสูบลโรตารีสูบลอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศ จนความดันภายในภาชนะสุญญากาศลดต่ำถึงประมาณ 10^{-2} mbar จึง ปิดวาล์วหยาบ
4. ขั้นตอนมาเป็นการลดความดันในภาชนะสุญญากาศให้มีค่าต่ำกว่า 10^{-2} mbar โดยใช้เครื่องสูบลแบบแพร่ไอ มีขั้นตอนดังนี้คือ
 - 4.1 ตอนนี้จะเปิดวาล์วท้าย
 - 4.2 ปิดวาล์วหยาบ เพื่อให้เครื่องสูบลแบบแพร่ไอทำงานต่อเนื่องกับเครื่องสูบลโรตารี
 - 4.3 จากนั้นจึงเปิดวาล์วสุญญากาศสูง (high vacuum valve) เพื่อลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศ โดยเครื่องสูบลแบบแพร่ไอจะสูบลอากาศออกจากภาชนะสุญญากาศผ่านเครื่องสูบลโรตารีออกสู่บรรยากาศภายนอก
5. ความดันภายในภาชนะสุญญากาศจะต่ำลงไปเรื่อยๆ จนได้ความดันที่ต้องการ เรียกความดันที่อ่านได้ขณะนี้ว่า ความดันต่ำสุด (base pressure) สำหรับความดันต่ำสุดในการศึกษาครั้งนี้อยู่ในระดับ 10^{-5} mbar

การปิดระบบเครื่องสูบลูญากาศ

1. ตรวจสอบการปิด-เปิดวาล์วต่างๆ ดังนี้
 - 1.1 ปิดวาล์วลูญากาศสูง (high vacuum valve)
 - 1.2 ปิดวาล์วหยาบ (roughing valve)
 - 1.3 เปิดวาล์วท้าย (backing valve)
2. หยุดการทำงานของเครื่องสูบบแบบเพร็โ โดยการหยุดคัมน้ำมันของเครื่องสูบบแบบเพร็โ เพื่อลดความร้อนของน้ำมัน (จะใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที)
3. ขณะที่รอเครื่องสูบบแบบเพร็โหยุดทำงาน เครื่องสูบลโรตารียังต้องทำงาน ห้ามปิด
4. รอจนเครื่องสูบบแบบเพร็โหยุดทำงาน (ใช้เวลาประมาณ 15-20 นาที) จากนั้นจึงปิดเครื่องสูบลโรตารี
5. ปิดวาล์วท้าย (backing valve)
6. เปิดวาล์วปล่อย (vent valve) ของเครื่องสูบลโรตารี เพื่อเพิ่มความดันใน backing line

ภาคผนวก ค

ขั้นตอนการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีระเหยสาร

ภาคผนวก ก

ขั้นตอนการเคลือบฟิล์มบางด้วยวิธีระเหยสาร

การเคลือบฟิล์มบางโลหะของสารชนิดเดียวด้วยวิธีระเหยสารมีขั้นตอนดังนี้

1. การเตรียมและติดตั้งชิ้นงานที่ต้องการเคลือบในที่วางชิ้นงาน ติดตั้งสารที่ต้องการเคลือบที่หลอดด้านทาน ตรวจสอบความเรียบร้อย ภายในภาชนะสุญญากาศ จากนั้นปิดภาชนะสุญญากาศ
2. การสร้างสภาวะสุญญากาศภายในภาชนะสุญญากาศให้ได้ความดันต่ำสุดตามที่ต้องการ ปกติอยู่ในระดับประมาณ 10^{-5} mbar
3. เปิดน้ำหล่อเย็นให้ไหลเวียนเพื่อระบายความร้อนแก่ส่วนต่างๆ ของเครื่องเคลือบ ได้แก่ เครื่องสุบสุญญากาศ และ เฟลตวาล์ว
4. การเคลือบ เมื่อความดันภาชนะสุญญากาศได้ค่าตามที่ต้องการแล้ว ให้เริ่มจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดด้านทาน โดยการจ่ายไฟฟ้านี้จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง ดังนี้
 - 4.1 ช่วงเริ่มต้น เป็นการเริ่มจากจ่ายไฟฟ้าให้หลอดด้านทาน ด้วยความต่างศักย์น้อยๆ โดยค่อยๆ เพิ่มความต่างศักย์ทีละน้อยจนหลอดด้านทานเริ่มร้อน (สังเกตหลอดด้านทานจะมีแสงสว่างเกิดขึ้น)
 - 4.2 ช่วงที่สอง เป็นช่วงหลอมละลายสารเคลือบ ช่วงนี้จำเป็นต้องเพิ่มความต่างศักย์ที่จ่ายให้หลอดด้านทานเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพื่อหลอมละลายสารเคลือบ ในขั้นนี้จะสังเกตเห็นสารเคลือบหลอมตัวมารวมกันเป็นจุด หรือ เป็นกลุ่ม
 - 4.3 ช่วงที่สาม เป็นช่วงที่จะทำให้สารเคลือบระเหยขึ้นไปจับชิ้นงาน ช่วงนี้ต้องเพิ่มความต่างศักย์ที่จ่ายให้หลอดด้านทานอีกเล็กน้อย ซึ่งจะทำให้สารเคลือบที่หลอมระเหยกลายเป็นไอ ลอยขึ้นไปจับและควบแน่นเป็นชั้นของฟิล์มบนชิ้นงาน
5. ระหว่างทำการเคลือบในจับเวลาด้วยเพื่อควบคุมความหนาของฟิล์มบาง
6. เมื่อได้ความหนาฟิล์มตามที่ต้องการแล้ว (ดูจากเวลาเคลือบ) ให้หยุดการจ่ายไฟฟ้าให้กับหลอดด้านทาน โดยค่อยๆ ลดความต่างศักย์ลง สังเกตแสงที่หลอดด้านทานจะค่อยๆ มีลดลง
7. รอจนชิ้นงาน หลอดด้านทาน เย็นตัวลงก่อน จึงปิดระบบสุญญากาศชั่วคราว แล้วนำชิ้นงานออกจากภาชนะสุญญากาศ (หากเปิดภาชนะสุญญากาศทันที อาจทำให้หลอดด้านทานขาดได้)

ภาคผนวก ง

บทความสำหรับการเผยแพร่

เรื่อง

“เครื่องเคลื่อนในสุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม”

ภาคผนวก
บทความสำหรับการเผยแพร่
เรื่อง
“เครื่องเคลือบในสุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม”

การปรับปรุงผิววัสดุอาจทำได้หลายวิธี ในประเทศไทยวิธีที่ได้รับความนิยมและใช้กันมาอย่างต่อเนื่องตั้งแต่สมัยหลังสงครามโลกครั้งที่สอง คือ การชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า (electroplating) ปัจจุบันโรงงานชุบเคลือบในประเทศไทยส่วนใหญ่มักยังคงใช้วิธีนี้อยู่ แต่การเคลือบวิธีนี้มีข้อเสียสำคัญ 2 ประการ คือ (1) ชั้นเคลือบที่ได้มีการยึดติดไม่ดีทำให้หลุดลอกง่าย (ปัญหาด้านคุณภาพการชุบเคลือบชิ้นงาน ทั้งด้านความทนทานและความสวยงาม) และ (2) การเคลือบด้วยไฟฟ้านี้จำเป็นต้องใช้สารละลายเคมีในกระบวนการเคลือบ ซึ่งมักมีสารละลายเคมีเหลือใช้จำนวนมากที่ยากต่อการกำจัด (ปัญหาด้านสิ่งแวดล้อม เนื่องจากกระบวนการชุบเคลือบด้วยไฟฟ้า) ทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมด้วย

ทำให้มีการวิจัยและพัฒนาการเคลือบใหม่ขึ้นมาทดแทนนั้นคือ “การเคลือบในสุญญากาศ” เทคนิควิธีการเคลือบนี้จะให้ชั้นเคลือบที่มีคุณภาพดีกว่า นอกจากนี้กระบวนการเคลือบยังไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อมเนื่องจากการเคลือบด้วยเทคนิคนี้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเฉพาะในสุญญากาศและไม่ต้องใช้สารเคมีที่จะทำให้เกิดปัญหามลพิษต่อสิ่งแวดล้อมในกระบวนการ ในต่างประเทศมีการวิจัยและพัฒนา “การเคลือบในสุญญากาศ” อย่างต่อเนื่องจนสามารถใช้งานได้จริงในทางอุตสาหกรรมมากกว่า 30 ปี

“การเคลือบในสุญญากาศ” นี้สามารถทำได้หลายวิธีด้วยกัน เช่น การเคลือบด้วยวิธีระเหยสาร การเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอริง ฯลฯ ซึ่งแต่ละวิธีก็จะมีข้อดี-ข้อเสียแตกต่างกันไป จากเหตุผลดังกล่าวทำให้ “การเคลือบในสุญญากาศ” นั้นเป็นทางเลือกที่ดีทางเลือกหนึ่งสำหรับอุตสาหกรรมต่างๆ ที่ต้องใช้กระบวนการเคลือบเป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการผลิตซึ่งจะสามารถแก้ปัญหาต่างๆ ข้างต้นได้เป็นอย่างดี ทั้งในเรื่องของคุณภาพของชั้นเคลือบที่ได้และประเด็นปัญหาเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อม

การเคลือบด้วยวิธีระเหยสาร เป็นวิธีการเคลือบในสุญญากาศวิธีหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากเป็นกระบวนการที่ไม่ยุ่งยากซับซ้อน มีค่าใช้จ่ายไม่มากนัก แต่ให้ชั้นเคลือบหรือฟิล์มที่ดี แนวคิดของการเคลือบด้วยวิธีระเหยสาร อธิบายได้ดังนี้คือให้สารชนิดหนึ่ง (สารเคลือบ) บรรจุในภาชนะปิด ซึ่งสุญญากาศออกจนมีความดันต่ำมาก ถ้าเริ่มต้นทำให้สารมีอุณหภูมิระดับหนึ่งซึ่งความดันไอหรือความดันแก๊สต่ำกว่าที่มาตรวัดความดันจะวัดได้ ต่อมาถ้าเราเพิ่มอุณหภูมิของภาชนะบรรจุสารให้สูงขึ้นและคงไว้ที่ระดับหนึ่งอะตอมของสารดังกล่าวจะเริ่มระเหิดหรือระเหย จาก ผิวของสาร ความดันในภาชนะจะเพิ่มขึ้นและสมดุลอยู่ที่ความดันหนึ่งซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของสารที่อยู่ในภาชนะบรรจุที่อุณหภูมินั้น ที่ความดันนี้ อะตอมของแก๊สที่ชนผิวของสารแล้วเกิดการกลั่นตัวบนผิวของสารจะเท่ากับอะตอมที่ระเหยออกจากผิวของสาร ทำให้ความดันไม่เปลี่ยนแปลง ซึ่งความดันสมดุลของแก๊ส (equilibrium gas pressure) ที่อุณหภูมิที่กำหนดนี้ ก็คือความดันไอของสาร (vapor pressure) ที่อุณหภูมินั้น

ในการทำให้อาหาร (สารเคลือบ) เกิดการระเหยในสุญญากาศ จะมีภาชนะที่ใช้บรรจุสารซึ่งภาชนะนี้จะสามารถให้ความร้อนกับสารจนถึงอุณหภูมิที่สารมีความดันไอเท่ากับความดันในสุญญากาศที่สารนั้นอยู่ เพื่อไม่ให้เกิดการปนเปื้อนในสารที่ใช้สำหรับการเคลือบ ภาชนะที่รองรับจะต้องสะอาดและไม่เกิดการระเหยที่อุณหภูมิใช้งาน ชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นภาชนะรองรับจะต้องไม่ทำปฏิกิริยากับสารที่จะทำการระเหย นอกจากนี้รูปทรงของภาชนะที่ใช้บรรจุสารจะมีลักษณะขึ้นกับสารที่ใช้

การเคลือบด้วยวิธีระเหยสารเป็นเทคนิคการเคลือบในสภาวะสุญญากาศเทคนิคหนึ่งที่นิยมใช้งานเนื่องจากทำได้ค่อนข้างง่ายไม่ยุ่งยาก แนวคิดการเคลือบด้วยวิธีระเหยสารทำได้โดยการให้พลังงานความร้อนแก่สารเคลือบระเหยกลายเป็นไอ หลุดขึ้นไปเกาะตัวกันเป็นฟิล์มบางบนผิวชิ้นงานที่ต้องการเคลือบ (วัสดุรองรับ ที่เรียกว่า substrate) อย่างไรก็ตามการเคลือบด้วยวิธีนี้ไม่สามารถใช้กับสารที่มีจุดหลอมเหลวสูงมากๆ เช่น ทังสเตน เป็นต้น

สำหรับวิธีการเคลือบในสุญญากาศโดยการระเหยสารนี้สามารถแบ่งได้ตามชนิดของแหล่งให้พลังงานความร้อนที่เป็นตัวทำให้อาหารเคลือบเปลี่ยนสภาวะจากของแข็งเป็นไอ ได้แก่

1. การระเหยสารด้วยแหล่งกำเนิดความร้อนชนิดตัวต้านทาน (resistance heated sources) ใช้วิธีการจ่ายไฟฟ้ากำลังสูงเข้าไปยังขดลวดหรือแผ่นโลหะที่ใช้เป็นตัวกำเนิดความร้อน ซึ่ง ความร้อนที่เกิดขึ้นนี้จะถ่ายเทไปยังสารเคลือบแล้วทำให้อาหารเคลือบระเหยกลายเป็นไอ

2. การระเหยสารด้วยแหล่งกำเนิดความร้อนชนิดขดลวดเหนี่ยวนำ (induction heated sources) เป็นการนำขดลวดมาพันรอบด้วยใส่สาร (crucible) แล้วจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับเข้าไป ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าขึ้นภายในเนื้อสารเคลือบ จนสารเคลือบเปลี่ยนสภาวะกลายเป็นไอ

3. การระเหยสารด้วยลำอิเล็กตรอน (electron beam heated sources) เป็นการรวมพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอนจำนวนมากเป็นจุดเล็กๆ ลงไปยังเนื้อสารเคลือบ เพื่อทำให้อาหารเคลือบเกิดความร้อนและระเหย กลายเป็นไอ สารเคลือบที่ต้องการเคลือบด้วยวิธีนี้จะถูกบรรจุอยู่ในถ้วยใส่สารซึ่งมักทำจากอลูมินา (alumina) หรือ ทองแดง โดยถ้วยใส่สารดังกล่าวนี้จะต้องมีการหล่อเย็นอยู่ตลอดเวลาที่ยิงลำอิเล็กตรอน เพื่อป้องกันไม่ให้ถ้วยถูกหลอมไปด้วย

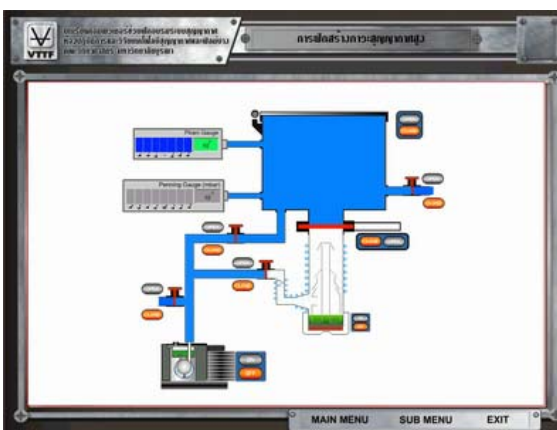
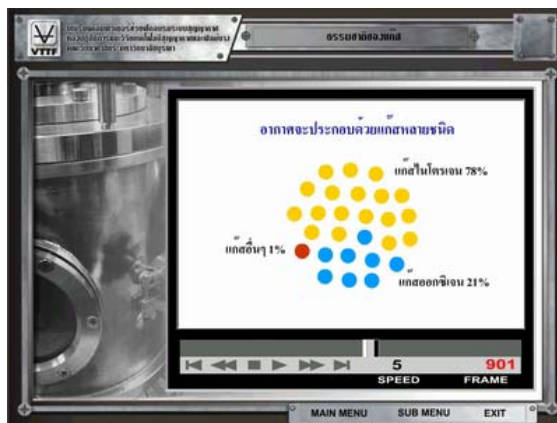
ปัจจุบันพบว่าโรงงานอุตสาหกรรมในประเทศไทยมีการนำเทคโนโลยีการเคลือบในสุญญากาศเข้ามาใช้เป็นจำนวนมาก แต่ส่วนใหญ่เป็นการจัดซื้ออุปกรณ์และเครื่องมือสำเร็จรูปซึ่งมีราคาสูงมากเข้ามาทั้งหมดเพื่อเร่งการผลิตเป็นสำคัญ อย่างไรก็ตามหากพิจารณาความพร้อมของประเทศไทยเกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้นักกลับพบว่ายังอยู่ในเกณฑ์ต่ำ เนื่องจากการศึกษาวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีนี้ในประเทศไทยยังมีน้อยมาก ดังนั้นเพื่อรองรับเทคโนโลยีนี้ในอนาคตจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ประเทศไทยต้องเร่งพัฒนาและเตรียมความพร้อมในทุกด้าน

ทั้งนี้คณะผู้วิจัยจากห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีด้านนี้ที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาประเทศ จึงเริ่มศึกษาวิจัยและเตรียมความพร้อมทั้งด้านเทคโนโลยีสุญญากาศและฟิล์มบาง ตั้งแต่ปี พ.ศ.2536 และในปี พ.ศ.2545 คณะผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนทุนการวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย โดยมี บริษัท เอสซอม จำกัด เป็นผู้ร่วมสนับสนุนทุนวิจัย ในการทำการวิจัยและพัฒนา ในหัวข้อเรื่อง "การวิจัยและพัฒนาต้นแบบเครื่องเคลือบในสุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม" โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างต้นแบบเครื่องเคลือบในสุญญากาศ สำหรับใช้ในการศึกษาและฝึกอบรมโดยเน้นที่การใช้วัสดุในประเทศเป็นหลัก ซึ่งจะช่วยลดต้นทุนการนำเข้าอุปกรณ์และเครื่องมือเหล่านี้จากต่างประเทศ ตลอดจนการเป็นเจ้าของเทคโนโลยีเพื่อพึ่งพาตนเองในอนาคต ทั้งนี้โครงการวิจัยดังกล่าวได้ดำเนินการจนสำเร็จเรียบร้อยในปี พ.ศ.2546

สำหรับผลการศึกษาที่มีดังนี้ ต้นแบบเครื่องเคลือบในสุญญากาศที่สร้างในโครงการนี้ใช้เทคนิคการเคลือบด้วยวิธีระเหยสาร มีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วน คือ (1) ภาชนะสุญญากาศ (2) ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ (3) ส่วนการเคลือบ และ (4) ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบ โดยภาชนะสุญญากาศ ทำจากสเตนเลสเป็นทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 310 mm. ความสูงประมาณ 370 mm. มีหน้าแปลนขนาดต่างๆ สำหรับติดตั้งอุปกรณ์เพิ่ม มีการระบายความร้อนด้วยน้ำรอบภาชนะสุญญากาศ สำหรับแผ่นฐาน (base plate) ของภาชนะสุญญากาศมีขนาด 390 mm มีช่องเปิดสำหรับต่อไปยังเครื่องสูบลแบบแฟรื่อ พร้อมหน้าแปลนสำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 6 ช่อง แผ่นปิดบน (top plate) ของภาชนะสุญญากาศมีขนาด 390 mm มีหน้าแปลนสำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 5 ช่อง ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ประกอบด้วยเครื่องสูบลแบบโรตารี และเครื่องสูบลแบบแฟรื่อ ส่วนการเคลือบประกอบด้วย ลวดต้านทานสำหรับให้ความร้อนสารเคลือบ ขั้วไฟฟ้า ชุดวางสารเคลือบ ที่วางชิ้นงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้า และชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบ เป็นชุดสำหรับควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบแบ่งเป็น ส่วนควบคุมระบบสุญญากาศ ส่วนควบคุมการเคลือบ และส่วนควบคุมหลัก เครื่องเคลือบต้นแบบ ที่สร้างขึ้นสามารถลดความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ต่ำสุด 9.0×10^{-6} mbar ในเวลา 60 นาที และสามารถเคลือบฟิล์มบางโลหะได้ตามวัตถุประสงค์ ในโครงการนี้ยังได้จัดทำเอกสารที่เกี่ยวข้องได้แก่ (1) เอกสารเรื่อง “การเคลือบในสุญญากาศ” (2) คู่มือการทดลองการเคลือบในสุญญากาศ (3) รายละเอียดและคู่มือการใช้เครื่องเคลือบ และ (4) บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ฝึกอบรมระบบสุญญากาศ



เครื่องเคลือบทั้งระบบที่ออกแบบและสร้างขึ้นในโครงการนี้



ตัวอย่างบางหน้าจอของบทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

ภาคผนวก จ

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

ภาคผนวก จ

กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการนำผลจากโครงการไปใช้ประโยชน์

กิจกรรมที่คณะผู้วิจัยได้นำผลงานบางส่วน of โครงการวิจัยนี้ไปใช้ประโยชน์ได้แก่

1. เผยแพร่ในรูปแบบบทความวิชาการ จำนวน 3 บทความ ดังนี้

- 1.1 อุทสัน พิทักษ์สายชล, ฉลอง ทับศรี, นิรันดร์ วิทอนันต์, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ
สำเภา จงจิตต์. 2546. การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ.
ใน การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 29.
- 1.2 นิรันดร์ วิทอนันต์, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ สำเภา จงจิตต์. 2547. การออกแบบและ
สร้างเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม. ใน การประชุมวิชาการ
ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42.
- 1.3 อุทสัน พิทักษ์สายชล, นิรันดร์ วิทอนันต์, ฉลอง ทับศรี, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ สำเภา
จงจิตต์. 2547. บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ ใน
การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42.

3. เผยแพร่โดยการนำเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศไปร่วมจัดแสดงนิทรรศการใน
“งานมหกรรมเพิ่มผลผลิต” จัดโดยสถาบันเพิ่มผลผลิตแห่งชาติ ระหว่างวันที่ 14–16 พฤศจิกายน 2546 ณ ศูนย์การประชุมแห่งชาติสิริกิติ์

4. เผยแพร่โดยการจัดอบรมเชิงปฏิบัติการ เรื่อง “การเคลื่อนในสุญญากาศกับการประยุกต์ทาง
อุตสาหกรรม” ระหว่างวันที่ 22-23 มกราคม พ.ศ. 2547 ณ ห้องปฏิบัติการวิจัยเทคโนโลยีสุญญากาศและ
ฟิล์มบาง ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

การเผยแพร่ในรูปแบบบทความวิชาการ

บทความที่ 1

อุทัยพันธ์ พัทธสหายชล, ฉลอง ทับศรี, นรินทร์ วิทิตอนันต์, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ สำเภา จงจิตต์. 2546.

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรบระบบสุญญากาศ. ใน การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 29.



บทคัดย่อ ABSTRACTS

การประชุมวิชาการ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 29
20-22 ตุลาคม 2546
ณ ศูนย์ประชุมอเนกประสงค์กาญจนาภิเษก มหาวิทยาลัยขอนแก่น

29th Congress on Science and Technology of Thailand
20-22 October 2003
Golden Jubilee Convention Hall, Khon Kaen University



สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์
THE SCIENCE SOCIETY OF THAILAND UNDER THE PATRONAGE
OF HIS MAJESTY THE KING



คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
FACULTY OF SCIENCE
KHON KAEN UNIVERSITY

SJ-10: Internet Addiction and Communication Competency: A Case Study of Chulalongkorn University Undergraduates
Chatpong Tangmanee and Arunee Kumlung

Faculty Commerce and Accountancy, Chulalongkorn University, Bangkok 10330; chatpong@acc.chula.ac.th,
arunee@acc.chula.ac.th

Abstract: The study's main purpose is to empirically investigate if there is a connection between Chulalongkorn undergraduates' Internet addiction and their communication competency. Based on a comparison between Internet addicts and non-addicts, there exists a statistical difference of communication competency scores across these two groups. It would therefore confirm the connection under this study's investigation. There findings have extended our understanding of negative consequence of Internet use in the context of Thailand's higher education. Furthermore, college administrators may adjust their campus network policy -- based on the findings -- so as to prevent Internet addiction yet to promote students' communication competency.

SJ-20: A Development of Internet-Based Instruction on Computer Network for Business Computing Program Diploma in Vocational Education

Vatinee Nuipian, Charun Sanrach, and Wittawat Tipsuwan

Computer Technology, King Mongkut's Institute of Technology North Bangkok, Bangsue, Bangkok 10800; Tel.: 02-913 2500 Ext. 2207, Fax.: 02-585 9745, e-mail address: vtn@kmitnb.ac.th

Abstract: This research was an experimental research which aimed to develop a Internet-Based Instruction on "Computer Network" (IBICN) for Business Computing Program, Higher Vocational Certificate Level, Department of Vocational Education. This study also compared the effectiveness of students before and after using the developed IBICN. The samples of this research were the first year studying higher vocational certificate level in Computer Business, 1st semester of academic year 2003 at Pongsawadi Commercial thirty students were randomly selected from overall 60 population. Research tools was pretest (reliability 85) and exercise of each module, overall posttest, and questionnaires for both learners and experts in content and technique. The results of this research revealed that firstly the efficiency of the IBICN was 93.2/85.98 which was higher than the hypothesis (85/85). Secondly students effectiveness, analyzed by using Match-paired t-test, showed that overall posttest score was higher than pretest score at the degree of freedom 0.01. Finally, it was found that learners opinion after using this IBICN was at good level ($\bar{X} = 4.442$, $SD = 0.2667$). In conclusion, the IBICN developed in this study has efficiency at good level and can be successfully applied to the target group.

SJ-30: CAI-Prelab: Crystallization

Kwanjai Kanokmedhakul¹, Arayan Chansri, Kitisak Poopasit, and Kilen Tinnoraset

Department of Chemistry, Faculty of Science, Khon Kaen University, Khon Kaen 40002, Thailand; e-mail address: kwajai@kku.ac.th

Abstract: CAI-Prelab : Crystallization Teaching Program was developed from Authorware 5.2 for Basic Organic Chemistry Laboratory class. The software was then introduced to students for their self study substituted the lecture prior to enter the Laboratory class. Students could explore and practice the experiment as require until they learn and understand how to handle the laboratory operation. The contents included the theory part and 3 experiment parts which were Determination of Crystallization Solvents, Crystallization and Determination of melting point. Each experiment contained 4 submenus: theory, VDO, simulation and test. The program was also designed to have a pre-test and post-test for students to evaluate themselves. Students evaluation by questionnaire showed that they were very satisfied the program as well as this learning type.

SJ-40: THE DEVELOPMENT OF COMPUTER BASED TRAINING PROGRAM ON VACUUM SYSTEM

Utud Pitaksaychon¹, Chalong Tubsree¹, Nirun Witit-anun², Surasing Chaiyakun² and Samphao Jongjitta²

¹Department of Educational Technology, Faculty of Education, Burapha University, Chon Buri 20131, Thailand; ²Vacuum Technology and Thin Films Research Laboratory (VTTF), Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri 20131, Thailand; e-mail address: Utud@buu.ac.th

Abstract: The purpose of this research is to develop the lesson on the Computer Based Training Program on Vacuum System. The researcher has laid down the direction and step of the study through problem, student and contents analyses; followed with fixing the purpose, designing the learning and teaching activities, designing the test for assessing the quality of the study. Eventually, the drawing of charts and story boards, recording sound and building lessons through using Macromedia Flash MX program were undertaken. The program which was developed consisted of 3 units, i.e. basic knowledge regarding vacuum system, composition of vacuum system and self-building vacuum system. The whole lessons were computer-based training lessons which were assumed events in their simulation and interactive simulation aspects. When the developed program was used by 2 groups of student. The results showed that the achievement of test group is higher than control group.

SJ-50: STUDY OF STUDENTS' MISCONCEPTIONS IN FORCE AND MOTION BY USING CONCEPTUAL STANDARDIZED TEST

Choksin Tanahoung¹, Pattawan Narjaikaew¹, Chernchok Soankwan² and Narumon Emarat²

J

การพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ

THE DEVELOPMENT OF COMPUTER BASED TRAINING PROGRAM ON VACUUM SYSTEM

อุทสัน พัทธสยชล^{1*}, ฉลอง ทับศรี¹, นิรันดร์ วิทิตอนันต์², สุรสิงห์ ไชยคุณ² และ สำเภา จงจิตต์²
Utud Pitaksaychon^{1*}, Chalong Tubsree¹, Nirun Witit-anun², Surasing Chaiyakun² and
Samphao Jongjitta²

¹Department of Educational Technology, Faculty of Education, Burapha University, Chon Buri 20131, Thailand.

²Vacuum Technology and Thin Films Research Laboratory (VTTF), Department of Physics, Faculty of Science, Burapha University, Chon Buri 20131, Thailand;
e-mail address: Utud@buu.ac.th

บทคัดย่อ : การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ การศึกษานี้ผู้วิจัยได้ศึกษาแนวทาง และพัฒนาบทเรียนตามขั้นตอน โดยเริ่มจากการวิเคราะห์ปัญหา วิเคราะห์ผู้เรียน วิเคราะห์เนื้อหาเพื่อให้ได้มาหัวข้อที่สำคัญต่อการอบรมระบบสุญญากาศ จากนั้นจึง กำหนดจุดมุ่งหมาย ออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน ออกแบบทดสอบเพื่อประเมินคุณภาพบทเรียน แล้วจึงเขียนผังงานและสตอรี่บอร์ด ทำการบันทึกเสียง และสร้างบทเรียนด้วยโปรแกรม Macromedia Flash MX โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาประกอบด้วยเนื้อหา 3 หน่วย คือ ความรู้เบื้องต้นเบื้องต้น เกี่ยวกับระบบสุญญากาศ ส่วนประกอบของระบบสุญญากาศ การสร้างภาวะสุญญากาศ และแบบฝึกการสร้างภาวะสุญญากาศด้วยตนเอง บทเรียนทั้งหมดเป็นบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมประเภทการจำลองสถานการณ์ ในรูปแบบของการจำลองแบบ และจำลองสถานการณ์แบบมีปฏิสัมพันธ์ จากการทดลองใช้ พบว่า คะแนนสอบเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าคะแนนสอบเฉลี่ยก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ 0.05

Abstract: The purpose of this research is to develop the lesson on the Computer Based Training Program on Vacuum System. The researcher has laid down the direction and step of the study through problem, student and contents analyses; followed with fixing the purpose, designing the learning and teaching activities, designing the test for assessing the quality of the study. Eventually, the drawing of charts and story boards, recording sound and building lessons through using Macromedia Flash MX program were undertaken. The program which was developed consisted of 3 units, i.e. basic knowledge regarding vacuum system, composition of vacuum system and self-building vacuum system. The whole lessons were computer-based training lessons which were assumed events in their simulation and interactive simulation aspects. When the developed program was used by 2 groups of student. The results showed that the achievement of test group is higher than control group.

หมายเหตุ : เผยแพร่ใน การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 29.

Methodology: The steps of the Development of Computer Based Training Program on Vacuum System are as follows:

1. The aspects of the computer lessons, which would be developed into the assumed computer-based training program, would be set and disseminated in the form of simulation relating to theoretical contents, main point and the way the system worked in self-building vacuum. The researcher had used the interactive simulation in such building and compelled the students to solve the problems by themselves.

2. Student analysis - The sample group contained of 30 students in the Science Faculty of the Eastern University who possessed the basic science and the ability to use Microsoft Windows to learn this developed program.

3. Content analysis – The contents of the lesson which were used in developing Computer Based Training Program on Vacuum System must derive from the basic knowledge of vacuum, composition and function of vacuum system, way of building vacuum, putting on and off the vacuum system and finally using all the knowledges to build the training activity of vacuum.

4. Design and development computer lessons through starting from drawing charts, story boards and development lessons in Macromedia Flash MX which would be able to accommodate demonstrating pictures, sound and assumed moving pictures and interactive simulation would be offered by the researcher.

5. Testing the program – All students have to sit for the pre-studied test prior to studying the developed program. Upon completion of the study, the students were again asked to sit for the post-studied test. The marks derived from the latter test would be taken for t-test.

Result, Discussion and Conclusion: Computer Based Training Program on Vacuum System was the lesson which provides theoretic texts, mode of building vacuum in simulation by means of demonstrating pictures with characters, descriptive sound with graphic. The lesson was divided into chapters to facilitate study and attract the interest of the students. It was orderly arranged according to the event and its importance that the students would be able to control their study in accordance with their abilities and review the previous text or the testing activities in building the vacuum status. The outstanding point of this program is to train in building vacuum status through following the steps from the real vacuum system. When taking this computer program to test 30 students of 2nd to 4th years in the Science Faculty, it was found that the post-studied average mark was higher than that of the pre-studied average mark by the statistical value of 0.05.

Acknowledgement: This work was parts of the research, which fund by Thailand Research Fund (TRF), contract No. RDG4550046

References :(1) Alessi, Stephen M. and Stanley R. Trollip. 1985. Computer-Based Instruction. Prentice Hall Inc., New Jersey.

(2) Bitter, Gary G. 1984. Using A Microcomputer in The Classroom. Prentice Hall Inc., Virginia.

Keywords : computer based training, CBT, vacuum system, vacuum technology

หมายเหตุ : เผยแพร่ใน การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 29.

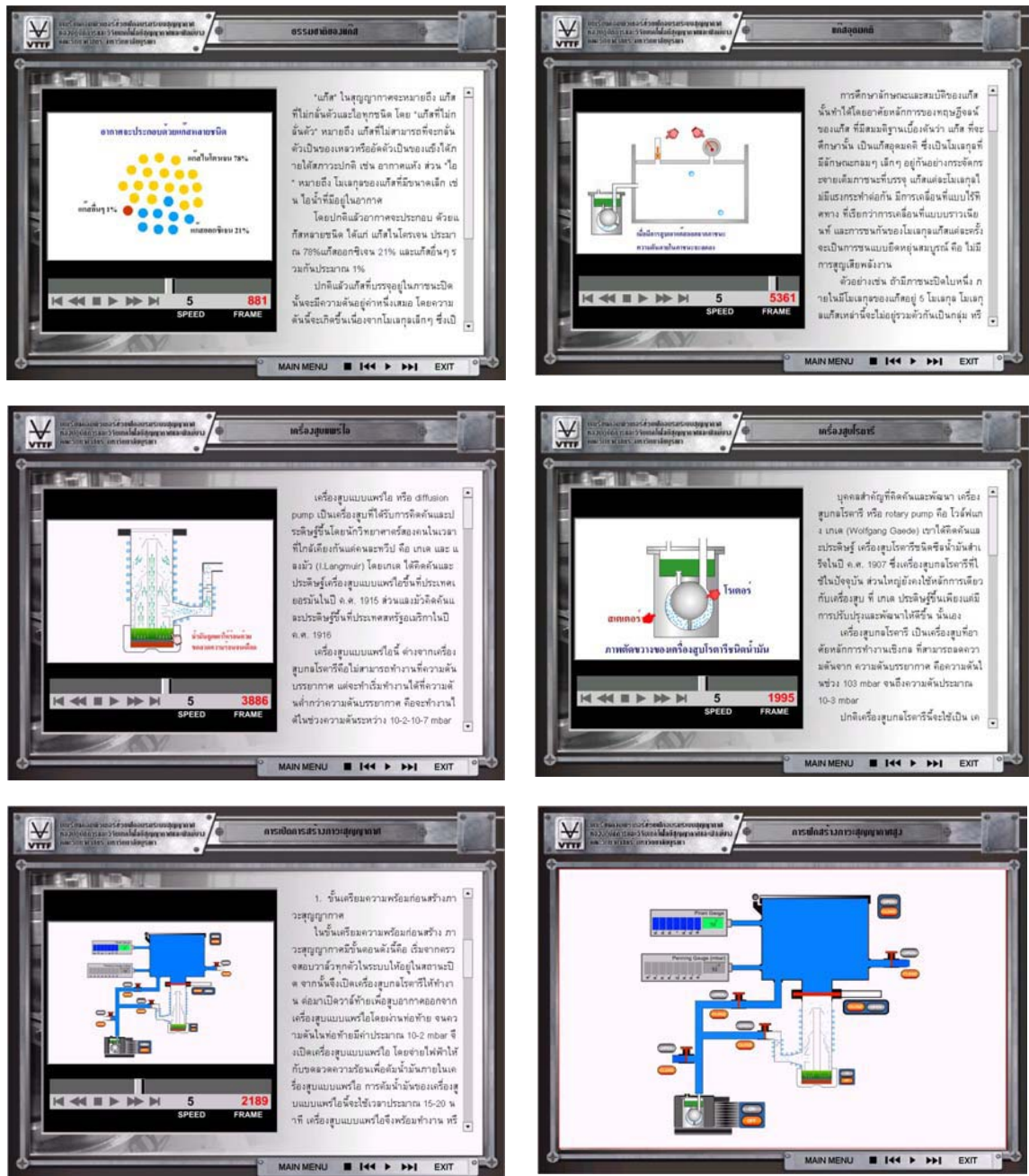


Figure 1 some screen from computer based training program on vacuum system

หมายเหตุ : เผยแพร่ใน การประชุมวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทยครั้งที่ 29.

การเผยแพร่ในรูปแบบบทความวิชาการ

บทความที่ 2

นิรันดร์ วิทิตอนันต์, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ สำเภา จงจิตต์. 2547. การออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนใน
สุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42.



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๔๒ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of 42nd Kasetsart University Annual Conference

สาขาวิทยาศาสตร์ (Subject : Science)
สาขาการจัดการทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม
(Subject : Natural Resources and Environmental Economics)

๓-๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๕๗
ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน



“ เกษตรศาสตร์
เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ”

“ Agricultural Science for Life Quality Development ”





ขอรับรองว่าผลงานวิจัย

เรื่อง

การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบในสุญญากาศเพื่อการศึกษา
และฝึกอบรม

โดย

นิรันดร์ วิทอนันต์ สุรสิงห์ ไชยคุณ และสำเภา จงจิตต์

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สาขาวิทยาศาสตร์
และได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42
ระหว่างวันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547

(ศาสตราจารย์ ดร.สุกมาส พนิชศักดิ์พัฒนา)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ประธานคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 42

16. วท.34/O168 การพัฒนาต้นแบบระบบมัลติมีเดียบนคอมพิวเตอร์พกพาเพื่อการปศุสัตว์
กรณีศึกษา : ฟาร์มเลี้ยงไก่.....132
The multimedia system development for cattle by using pocket PC case
study : chicken farm
โดย ไพบุลย์ เกียรติโกมล สุริยงค์ เลิศกุลวานิชย์ เสาวนีย์ อินทรภักดี
อัมพิกา ละหุ่งเพชร และพรพรรณรัตน์ หยิบเจริญพร
17. วท.35/O170 การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบในสุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม.....137
Design and construction of vacuum coating system for education and
training
โดย นิรันดร์ วิทิตอนันต์ สุรสิงห์ ไชยคุณ และสำเภา จงจิตต์
18. วท.36/O181 การใช้รีคอมบิแนนท์เอนไซม์แลคโตเนสจาก *Agrobacterium tumefaciens* สำหรับ
ศึกษาการเจริญเติบโตและการส่งสัญญาณเอซิลโฮโมเซอรินแลคโตนใน
แบคทีเรียแกรมลบ.....143
Use of the expression recombinant enzyme lactonase from *Agrobacterium
tumefaciens* for the study of growth and signaling in gram-negative bacteria
โดย สรัญญา พันธุ์พฤษ์ วิชาวี แบบประเสริฐ เขมฐ รัตนจารย์
และชมาภรณ์ ธงเพ็ง
19. วท.39/O196 สถิติวิเคราะห์ทัศนคติและพฤติกรรมด้านสุขภาพของนักศึกษากลุ่มวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยีมหาวิทยาลัยเชียงใหม่.....152
Statistical analysis of attitude and health behavior of Science and Technology
Student Chiang Mai University
โดย วิยะดา ต้นวัฒนากุล สุกัญญา เกษศิลา และวิชัย ต้นวัฒนากุล
20. วท.42/O83 ความสามารถในการใช้แป้งดิบเพื่อการผลิตไฮโดรเจนโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสง.....
.....160
Capability in utilization of raw starch for hydrogen production by
photosynthetic bacteria
โดย มงคล งามเจริญวงศ์ จินตนา ขอบวิจักขณ์ Naoki Abe,
ปทุมพร นิมนต์ สโรจน์ ศิริคั่นสนียกุล และเลอลักษณ์ จิตรดอน

การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบในสุญญากาศเพื่อการศึกษาและฝึกอบรม
Design and Construction of Vacuum Coating System for Education and Training.

นิรันดร์ วิฑิตอนันต์, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ สำเนา จงจิตต์
Nirun Wittit-anun, Surasing Chaiyakun and Samphao Jongjitta

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์หลักของโครงการวิจัย คือ เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบในสุญญากาศ สำหรับใช้ในการศึกษาและฝึกอบรม โดยเน้นการใช้วัสดุส่วนใหญ่ที่มีในประเทศ เครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนดังนี้คือ ภาชนะสุญญากาศ ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ส่วนการเคลือบ และ ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง จากการทดสอบเครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นมีผลดังนี้ ด้านสุญญากาศ พบว่าเครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นสามารถทำความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ต่ำสุดถึง 9.0×10^{-6} mbar และ ด้านการเคลือบพบว่า เมื่อทดลองเคลือบฟิล์มบางอะลูมิเนียมด้วยเครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นนั้นฟิล์มที่ได้มีสีแวววาวของสารเคลือบและไม่ปรากฏสภาพหมองคล้ำของฟิล์มบางนี้ เมื่อทดลองการยึดติดของฟิล์มบางโดยการเช็ดถูด้วยนิ้วมือและขีดด้วยเล็บพบว่าไม่ทำให้ฟิล์มบางที่ได้นหลุดลอก

ABSTRACT

The objective of this research is to design and construction of vacuum coating. The vacuum coating consists of 4 main parts; namely, a stainless steel vacuum chamber, vacuum pump system, coating part and control system parts. The results of vacuum coating system are; vacuum coating can be reduced pressure in chamber to 9.0×10^{-6} mbar, the aluminium films from the coating system coated on glass give very bright color of those metals and good films adhesion.

Keywords: Vacuum System, Vacuum Coating, Thin Film

E-mail: nirun@buu.ac.th

คำนำ

การปรับปรุงวัสดุสามารถทำได้หลายวิธี ทั้งนี้การเคลือบสารที่มีลักษณะเป็นฟิล์มบางก็เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่สามารถเปลี่ยนแปลงสมบัติทางกายภาพของวัสดุรองรับให้มีความทนทาน ถาวร หรือสวยงามขึ้น รวมถึงเพื่อการใช้ประโยชน์ด้านอื่นๆ ปัจจุบันการเคลือบฟิล์มบางในสุญญากาศมีความสำคัญทั้งด้านอุตสาหกรรม การแพทย์และการวิจัย การเคลือบในสุญญากาศนั้นมีพัฒนามาเป็นเวลานาน โดยในช่วงแรกเป็นมีใช้เฉพาะในงานวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ แต่ต่อมาสังคมโลกเริ่มให้ความสนใจกับปัญหาสิ่งแวดล้อมทำให้อุตสาหกรรมเคลือบมีปัญหา เนื่องจากส่วนใหญ่เป็นการเคลือบด้วยวิธีอิเล็กโตรเพลตติงที่ใช้สารเคมีซึ่งสุดท้ายมักก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสีย จึงมีการพัฒนาเทคนิคการเคลือบใหม่ คือ การเคลือบในสุญญากาศ โดยนักวิจัยในต่างประเทศซึ่งมีพื้นฐานอยู่แล้วเร่งศึกษาอย่างต่อเนื่องจนสามารถนำการเคลือบในสุญญากาศมาใช้งานจริงเชิงอุตสาหกรรม ทั้งนี้ข้อดีอย่างหนึ่งของการเคลือบในสุญญากาศคือจะทำภายในภาชนะสุญญากาศเท่านั้นจึงไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม

การเคลือบในสุญญากาศแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กระบวนการทางเคมี (chemical vapor deposition : CVD) หรือ กระบวนการทางฟิสิกส์ (physical vapor deposition : PVD) อย่างไรก็ตามการเคลือบในสุญญากาศที่น่าสนใจคือ กลุ่มการเคลือบด้วยกระบวนการทางฟิสิกส์ เนื่องจากเป็นการเคลือบที่ให้นผลการเคลือบที่ดกกว่าคือ มีอัตราเคลือบสูงและมีความสม่ำเสมอของฟิล์มที่ได้ดีมาก การเคลือบกลุ่มนี้อาจแบ่งเป็น 2 วิธี คือ วิธีระเหยสารทำได้โดยการให้ความร้อนกับสารที่ต้องการเคลือบจนกลายเป็นไอวิ่งเข้าจับชิ้นงานที่ต้องการเคลือบในลักษณะของฟิล์มบาง และ วิธีสปัตเตอร์ริง ทำได้โดยการใช้อุปกรณ์พลังงานสูงวิ่งชนสารที่ต้องการเคลือบให้หลุดออกมาในรูปของไอวิ่งเข้าจับชิ้นงานจนเป็นชั้นของฟิล์มบาง อย่างไรก็ตามการเคลือบด้วยวิธีสปัตเตอร์ริงจะให้ผลการเคลือบที่ดกกว่าวิธีระเหยสาร แต่วิธีสปัตเตอร์ริงจะมีค่าใช้จ่ายในการลงทุนสูงกว่ามาก ถึงแม้ว่าการเคลือบในสุญญากาศสามารถทำได้หลายวิธีแต่ปกติแล้วต้องมีระบบสุญญากาศเป็นอุปกรณ์พื้นฐานเหมือนกัน จะต่างกันก็เพียงอุปกรณ์ประกอบเพิ่มเติมที่ใช้สำหรับการเคลือบแต่ละวิธี ซึ่งจะมีรายละเอียดปลีกย่อยแตกต่างกันมากมาย ซึ่งเป็นสิ่งที่จะต้องทำการศึกษาวิจัยเท่านั้นจึงจะมีโอกาสได้รับทราบข้อมูลเหล่านี้ และผลการวิจัยส่วนใหญ่จะเป็น know how ของกลุ่มวิจัยที่ได้ทำการศึกษาเท่านั้น

ปัจจุบันมีโรงงานอุตสาหกรรมหลายแห่งในประเทศไทยที่นำเข้าเทคโนโลยีด้านการเคลือบในสุญญากาศจากต่างประเทศ ทั้งแบบระเหยสารและแบบสปัตเตอร์ริง ส่วนใหญ่เป็นการจัดซื้อเครื่องมือสำเร็จรูปเข้ามาเพื่อเร่งการผลิต ทั้งนี้จากการสำรวจของคณะผู้วิจัยพบว่า การศึกษาวิจัยด้านนี้ในประเทศไทยมีน้อยมาก กล่าวคือไม่พบว่ามีหน่วยงานใดที่ศึกษาเกี่ยวกับการเคลือบในสุญญากาศอย่างต่อเนื่อง ส่วนใหญ่จะทำในลักษณะของการศึกษาขั้นต้น โดยการสั่งซื้อเครื่องมือจากต่างประเทศทั้งหมด กลุ่มวิจัยที่ให้ความสนใจเทคโนโลยีการเคลือบในสุญญากาศ เช่น กลุ่มวิจัยของ รศ.ดร.พิเชษฐ ลิ้มสุวรรณ แห่งภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี นอกจากนี้ยังมีกลุ่มวิจัยของภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ และกลุ่มวิจัยของสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยด้านการเคลือบ จะมีเพียงกลุ่มวิจัยของ ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ซึ่งได้ทำการวิจัยและพัฒนาเกี่ยวกับการสร้างเครื่องมืออย่างต่อเนื่องจนสามารถออกแบบสร้างอุปกรณ์และเครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับการเคลือบในสุญญากาศหลายอย่าง

แม้ว่าจะมีการนำเข้าเทคโนโลยีการเคลื่อนนี้เข้ามาในประเทศจนเพียงพอต่อการผลิตชิ้นงานที่ต้องการ แต่การขาดแคลนองค์ความรู้ด้านนี้ก็ทำให้เกิดปัญหาต่างๆ หลายประการ อาทิเช่น **ปัญหาด้านราคา** เนื่องจากค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้มีราคาสูงมาก เช่น ค่าเครื่องมือ วัดสุอุปกรณ์ ค่าจ้างผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศ ค่าประกอบและติดตั้ง ฯลฯ **ปัญหาด้านการซ่อมบำรุง** เนื่องจากเป็นสินค้านำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นถ้าอุปกรณ์และเครื่องมือเสียหายหรือชำรุดต้องเสียเวลารอชิ้นส่วนหรือผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศเพื่อแก้ปัญหา และปัญหาด้านการถ่ายทอดเทคโนโลยี ผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมักจะถ่ายทอดเทคโนโลยีในระดับหนึ่งเท่านั้น ทำให้ต้องพึ่งพาต่างประเทศตลอดเวลา

จากเหตุผลและรายละเอียดข้างต้นคณะผู้วิจัยได้ตระหนักถึงความสำคัญของเทคโนโลยีด้านนี้ที่มีต่อการพัฒนาประเทศจึงสนใจที่จะศึกษา วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีนี้ขึ้นใช้เองภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าจากต่างประเทศ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย แต่อุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับการเรียนการสอนและฝึกอบรมนั้นยังมีน้อยมาก เนื่องจากประเด็นปัญหาเกี่ยวกับราคาของเครื่องมือเหล่านี้ที่มีราคาสูงมากทำให้การเรียนการสอนด้านเทคโนโลยีการเคลื่อนในสุญญากาศเป็นไปได้ค่อนข้างช้า ดังนั้นเพื่อให้ประเทศไทยสามารถแข่งขันกับต่างประเทศได้จึงจำเป็นต้องเร่งพัฒนาและเตรียมความพร้อมเกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้ในทุกด้าน คณะผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศด้วยวิธีระเหยสารสำหรับการเรียนการสอนและฝึกอบรมซึ่งจะเน้นการออกแบบสร้างชิ้นส่วนและอุปกรณ์ของระบบสุญญากาศพื้นฐาน โดยใช้วัสดุหลักที่มีอยู่ในประเทศไทยให้มากที่สุด

อุปกรณ์และวิธีการ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศด้วยวิธีระเหยสาร ขั้นตอนการวิจัยแบ่งเป็น 2 ส่วนคือ ส่วนการออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศ และส่วนการทดสอบเครื่องเคลื่อนซึ่งจะทดสอบด้านสุญญากาศและการเคลื่อน

การออกแบบและสร้างเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศ

เครื่องเคลื่อนในสุญญากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้นในโครงการนี้มีส่วนประกอบหลักสำคัญ 4 ส่วน คือ ภาชนะสุญญากาศ ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ส่วนการเคลื่อน และชุดควบคุม สำหรับชิ้นส่วนและอุปกรณ์ที่นำมาสร้างในโครงการนี้จะเป็นชิ้นส่วนที่คณะผู้วิจัยออกแบบสร้างใหม่โดยใช้วัสดุภายในประเทศเป็นหลัก จะมีอุปกรณ์บางส่วนเท่านั้นที่ต้องซื้อเช่น เครื่องสูบลสุญญากาศ และ มาตรวัดความดัน

การทดสอบเครื่องเคลื่อนในสุญญากาศ

เพื่อทดสอบการทำงานของเครื่องเคลื่อนที่สร้างขึ้นการศึกษานี้จึงกำหนดให้มีการทดสอบ 2 ส่วนคือ การทดสอบด้านสุญญากาศจะเป็นการหาความดันต่ำสุดของระบบเนื่องจากคุณภาพของฟิล์มบางที่ได้จะขึ้นกับความสะอาดของระบบเคลื่อนโดยตรง และการทดสอบด้านการเคลื่อนฟิล์มของเครื่องเคลื่อนโดยการทดลองเคลื่อนด้วยอะลูมิเนียม

ผลการทดลองและวิจารณ์

ลักษณะของเครื่องเคลือบในสุญญากาศ

เครื่องเคลือบในสุญญากาศที่ออกแบบและสร้างขึ้นในโครงการวิจัยนี้เป็น แบบระเหยสาร ซึ่งมี ส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนคือ (1) ภาชนะสุญญากาศ ประกอบด้วย ภาชนะสุญญากาศ ฝาปิดบน แผ่นฐาน ช่อง เปิดและหน้าแปลนต่างๆ ที่จำเป็น (2) ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ประกอบด้วย เครื่องสูบลกลโรตารี เครื่องสูบล แบบแพร่ไอ น้ำมัน มาตรวัดความดัน วาล์วและข้อต่อ (3) ส่วนการเคลือบ ประกอบด้วย ชุดระเหยสาร ชุดจ่าย ไฟฟ้า ชุดวางวัสดุรองรับ และ (4) ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบ

1. **ภาชนะสุญญากาศ** ทำจากสแตนเลสเป็นทรงกระบอก มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 310 mm. ความสูงประมาณ 370 mm. แผ่นฐาน (base plate) ของภาชนะสุญญากาศมีขนาด 390 mm มีช่องเปิดสำหรับ ต่อไปยังเครื่องสูบลแบบแพร่ไอ พร้อมหน้าแปลนสำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 6 ช่อง แผ่นปิดบน (top plate) ของภาชนะสุญญากาศมีขนาด 390 mm มีหน้าแปลนสำหรับต่ออุปกรณ์ต่างๆ จำนวน 5 ช่อง

2. **ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ** เพื่อสร้างสภาวะสุญญากาศภายในภาชนะสุญญากาศที่ออกแบบไว้ ในข้อ 1 ให้อยู่ในระดับที่ทำงานได้ (ประมาณ 10^{-6} mbar) ประกอบด้วยเครื่องสูบล 2 แบบคือ เครื่องสูบลแบบโร ตารีของ Edwards รุ่น E2M8 (2 state) อัตราการสูบลประมาณ 8 m³/hr และเครื่องสูบลแบบแพร่ไอ อัตราสูบล (N2) ประมาณ 200 l/s พิสัยทำงาน 10^{-2} - 10^{-6} mbar ชุดวัดความดันเป็นของ Balzers TPG300 ใช้มาตรแบบเพนนิ่งคือ รุ่น IKR050 และมาตรแบบพิรานิคือรุ่น TPR010 สำหรับวาล์วและข้อต่อทั้งหมดทำจากสแตนเลส โดยระบบ เครื่องสูบลสุญญากาศที่ออกแบบสามารถทำความดันในภาชนะสุญญากาศลดลงต่ำสุดถึง 9.0×10^{-6} mbar

3. **ส่วนการเคลือบ** ประกอบด้วย ขั้วไฟฟ้า ชุดวางสารเคลือบ ที่วางชิ้นงาน แหล่งจ่ายไฟฟ้า ระบบ จ่ายไฟฟ้าที่ใช้สำหรับเคลือบเป็นระบบไฟฟ้ากระแสสลับแบบความต่างศักย์ต่ำ กระแสสูง โดย จะมีช่วงทำงานให้ เลือกได้ 2 ช่วงคือ 10 V 60A และ 20 V 30 A โดยแหล่งจ่ายไฟฟ้าจะปรับความต่างศักย์ได้ในช่วง 0-20 V

4. **ชุดควบคุมการทำงานของเครื่องเคลือบ** เป็นชุดสำหรับควบคุมการทำงานทั้งหมดของระบบ แบ่งเป็น ส่วนควบคุมระบบสุญญากาศ ส่วนควบคุมการเคลือบ และส่วนควบคุมหลัก

ผลการทดสอบเครื่องเคลือบในสุญญากาศ

ส่วนนี้เป็นการทดสอบว่าเครื่องเคลือบที่ออกแบบสร้างขึ้นสามารถทำงานได้ในระดับใด โดยทดสอบ ด้านสุญญากาศและด้านการเคลือบ ซึ่งมีผลการศึกษาดังนี้

1. **ผลการทดสอบด้านสุญญากาศ** เครื่องเคลือบที่ดีควรทำความดันได้ต่ำมากๆ เนื่องจากคุณภาพ ของฟิล์มบางที่ได้จะขึ้นกับความสะอาดของระบบ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องสูบลอากาศออกจากภาชนะ สุญญากาศให้มากที่สุด กล่าวคือความดันในภาชนะสุญญากาศควรต่ำกว่า 10^{-6} มิลลิบาร์ ทั้งนี้เครื่องเคลือบที่ สร้างขึ้นสามารถทำความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ต่ำสุดถึง 9.0×10^{-6} มิลลิบาร์ ภายในเวลา 60 นาที

2. **ผลการทดสอบด้านการเคลือบ** จากการทดลองเคลือบฟิล์มบางอะลูมิเนียมบนกระจกแผ่นเรียบ พบว่าเมื่อสังเกตด้วยสายตาพบว่าฟิล์มบางที่ได้มีสีแวววาวซึ่งเป็นสีของสารเคลือบไม่ปรากฏสภาพหมองคล้ำของ ฟิล์มบางจากโลหะเหล่านี้ และเมื่อทดลองการยึดติดของฟิล์มบางโดยการขีดถูด้วยนิ้วมือ ขูดด้วยเล็บพบว่าไม่ สามารถทำให้ฟิล์มบางที่หลุด

สรุป

การศึกษานี้ได้ออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบในสุญญากาศ สำหรับใช้ในการศึกษาและฝึกอบรม โดยเน้นการใช้วัสดุส่วนใหญ่ที่มีในประเทศ เครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นมีส่วนประกอบสำคัญ 4 ส่วนดังนี้คือ (1) ภาชนะสุญญากาศ ทำจากสเตนเลสทรงกระบอก (2) ระบบเครื่องสูบลสุญญากาศ ประกอบด้วย เครื่องสูบลโรตารี เครื่องสูบบแบบแพร่ไอน้ำมัน มาตรวัดความดัน วาล์วและข้อต่อ (3) ส่วนการเคลือบ ประกอบด้วย ชุดระเหยสารด้วยลวดต้านทาน ชุดจับวัสดุรองรับ และ (4) ชุดควบคุมการทำงานของเครื่อง เมื่อทดสอบการทำงานของเครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นพบว่า ด้านสุญญากาศ เครื่องเคลือบที่สร้างขึ้นสามารถทำความดันภายในภาชนะสุญญากาศได้ต่ำสุดถึง 9.0×10^{-6} mbar และ ด้านการเคลือบ พบว่าฟิล์มบางอะลูมิเนียมที่ได้มีสีแวววาวของสารเคลือบและไม่ปรากฏสภาพหมองคล้ำของฟิล์มบางนี้ เมื่อทดลองการยึดติดของฟิล์มบางโดยการขีดถูด้วยนิ้วมือและชุดด้วยเล็บพบว่าไม่ทำให้ฟิล์มบางที่ได้หลุดลอก

คำนิยม

โครงการวิจัยนี้ ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) และ บริษัท เอสซอม จำกัด ตามสัญญาเลขที่ RDG4550046

เอกสารอ้างอิง

- ไซ สาลิอัน ณสรณ์ ผลโคด บัญชา ศิลปสกุลสุข และ สวัสดิ์ ปานนาวี. 2536. การออกแบบและสร้างเครื่องเคลือบสารระบบสุญญากาศ (วิธีระเหยสาร). รายงานการวิจัย. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิเศษฐ ลิ้มสุวรรณและคณะ. 2534. งานวิจัยและพัฒนาการเคลือบฟิล์มบางที่ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. เอกสารวิชาการ ภาควิชาฟิสิกส์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ในงานนิทรรศการเทคโนโลยีครั้งที่ 6.
- สุรสิงห์ ไชยคุณ, นิรันดร์ วิทิตอนันต์, สกฤต ศรีญาณลักษณะ และ จักรพันธ์ ถาวรธิดา. 2545. การออกแบบและสร้างต้นแบบเครื่องเคลือบในสุญญากาศสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องประดับ. ใน การประชุมวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 40. 48-55.

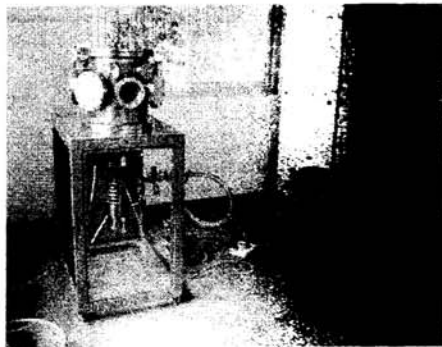


Figure 1 vacuum coating system

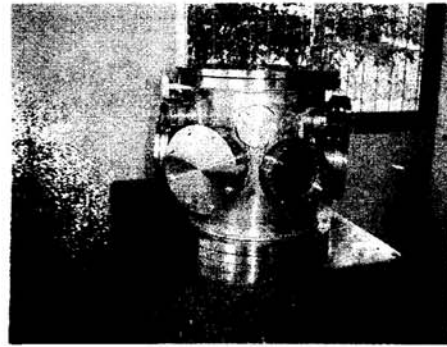


Figure 2 vacuum chamber

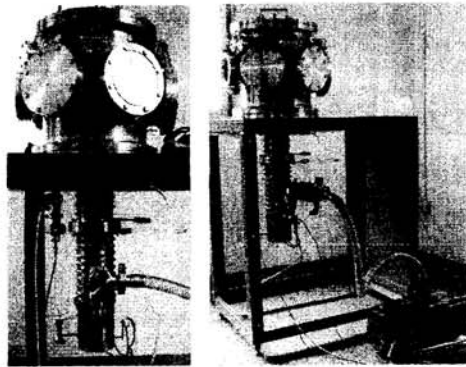


Figure 3 vacuum pump system

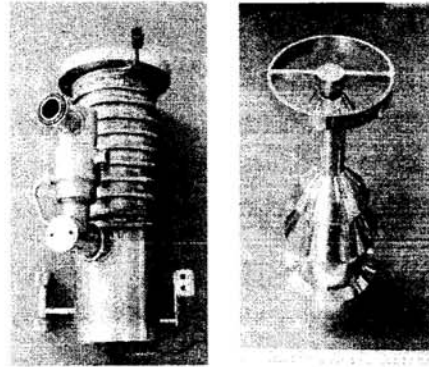


Figure 4 body and jet of diffusion pump

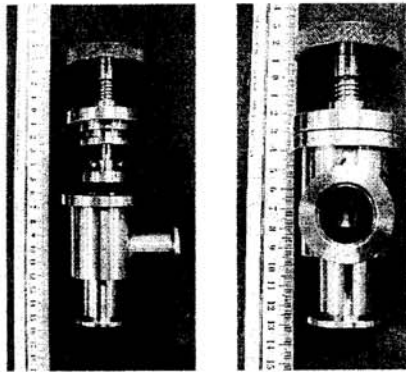


Figure 5 backing/roughing valves

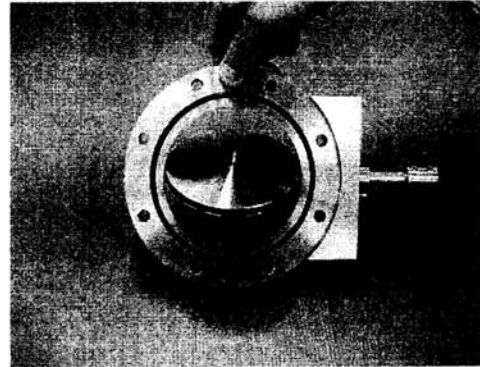


Figure 6 butterfly valve

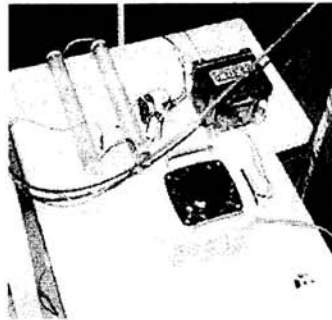


Figure 6 power supply of the system

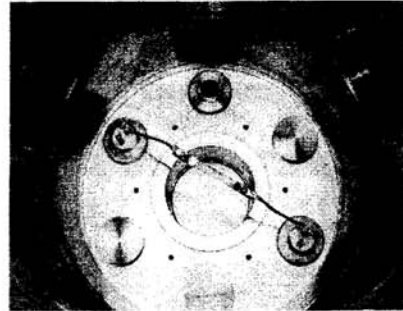


Figure 7 coating part

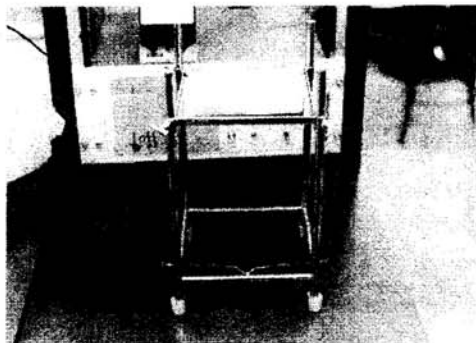


Figure 8 substrate holder

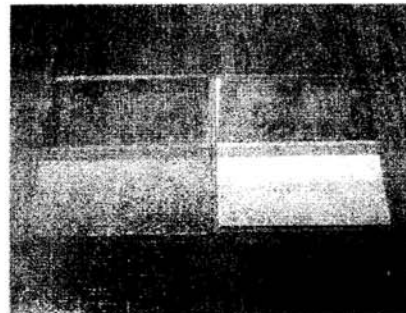


Figure 9 aluminium film on glass

การเผยแพร่ในรูปแบบบทความวิชาการ

บทความที่ 3

อุทัยศน์ พัทธภัยสายชล, นิรันดร์ วิทิตอนันต์, ฉลอง ทับศรี, สุรสิงห์ ไชยคุณ และ สำเภา จงจิตต์. 2547.
บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสัญญาณภาค ใน การประชุมวิชาการของ
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42.



เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ ๔๒ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

The Proceedings of 42nd Kasetsart University Annual Conference

เล่มที่ 6

สาขาศึกษาศาสตร์ (Subject : Education) สาขาสังคมศาสตร์ (Subject : Social Sciences)

สาขามนุษยศาสตร์ (Subject : Humanities) สาขาเศรษฐศาสตร์ (Subject : Economics)

สาขาบริหารธุรกิจ (Subject : Business Administration)

สาขาคหกรรมศาสตร์ (Subject : Home Economics)

๓-๖ กุมภาพันธ์ ๒๕๔๗

ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน



“ เกษตรศาสตร์
เพื่อการพัฒนาคุณภาพชีวิต ”

“ Agricultural Science for Life Quality Development ”





ขอรับรองว่าผลงานวิจัย

เรื่อง

บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรบระบบสุญญากาศ

โดย

อุทิศน์ พิทักษ์สายชล นรินทร์ วิทิตอนันต์ ฉลอง ทับศรี สุรสิงห์ ไชยคุณ
และสำเภา จงจิตต์

ได้ผ่านการพิจารณาจากคณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ สาขาศึกษาศาสตร์
และได้นำเสนอในการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 42
ระหว่างวันที่ 3-6 กุมภาพันธ์ 2547

(ศาสตราจารย์ ดร.สุกมาศ พนิชศักดิ์พัฒนา)

รองอธิการบดีฝ่ายวิชาการ

ประธานคณะกรรมการดำเนินการจัดการประชุมทางวิชาการ ครั้งที่ 42



6. ศษ.10/O97	การศึกษาตัวแปรการผลิตในกระบวนการผลิตของสิ่งพิมพ์ที่พิมพ์ด้วยระบบออฟเซต : กรณีศึกษา โรงพิมพ์ในเขตกรุงเทพมหานคร.....44 The study of variable of production of print which press by off-set print system : case study of publisher in Bangkok Province Area โดย วัยวัฒน์ สายท่ม อติศักดิ์ พงษ์พลผลศักดิ์ และณภาพ ผจญแก้ว
7. ศษ.11/O109	การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างภาวะผู้นำกับความฉลาดทางอารมณ์ของ นักศึกษาในสถาบันอุดมศึกษา เขตกรุงเทพมหานคร.....51 A study of relationship between leadership and emotional intelligence of students in higher education institutions in Bangkok โดย มนัสนันท์ หัตถศักดิ์
8. ศษ.12/O111	การสร้างชุดการสอนวิชาวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ.....59 Construction instructional package for alternative current circuit subject โดย อติเทพ ไช้เพชร รชนิกร พฤทธิธัญ ศิลาวลัย สันคัม แลพัชรินทร์ สมวงศ์
9. ศษ.13/O137	การศึกษาปัจจัยที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนสาขาวิชาคอมพิวเตอร์ ธุรกิจที่เรียนอยู่ในวิทยาลัยเทคนิค เขตการศึกษา 4 ภาคใต้.....67 A study of factors affecting student's achievement in Business Computer at Technical College, Southern Educational Region 4 โดย สรายุทธ มาลา อติศักดิ์ พงษ์พลผลศักดิ์ ไพโรจน์ ตีรณธนากุล ผ่องพรรณ เกิดพิทักษ์ และกิตติศักดิ์ เกิดประสพ
10. ศษ.18/O161	การศึกษาปัญหาและความต้องการในการเรียนการสอนในรูปแบบ e-learning ใน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาช่างอุตสาหกรรม ของ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.....75 A study of problem and requirement on learning and teaching by e-learning in Industrial Technical Curriculum of Diploma in Industrial Technical in Rajamongala Institute of Technology โดย สันติรัฐ นันสะอาจ และสุปรียา ศิริพัฒนกุลขจร
11. ศษ.19/O171	บทเรียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยฝึกอบรมระบบสุญญากาศ.....83 Computer based training program on vacuum system โดย อุทศน์ พิทักษ์สายชล นิรันดร์ วิจิตอนันต์ ฉลอง ทับศรี สุรสิงห์ ไชยคุณ และสำภา จงจิตต์