



ภาพที่ ก.3 การอบวัลคาไนซ่ายด้วยอินฟราเรด



ภาพที่ ก.4 การตรวจวัดอุณหภูมิในบริเวณที่ต้องการ



ภาพที่ ก.5 เครื่องอบแบบลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศของบริษัท เทคนิคคอลเทรด จำกัด
ความเร็วลม 1 เมตรต่อวินาที



ภาพที่ ก.6 การอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศ



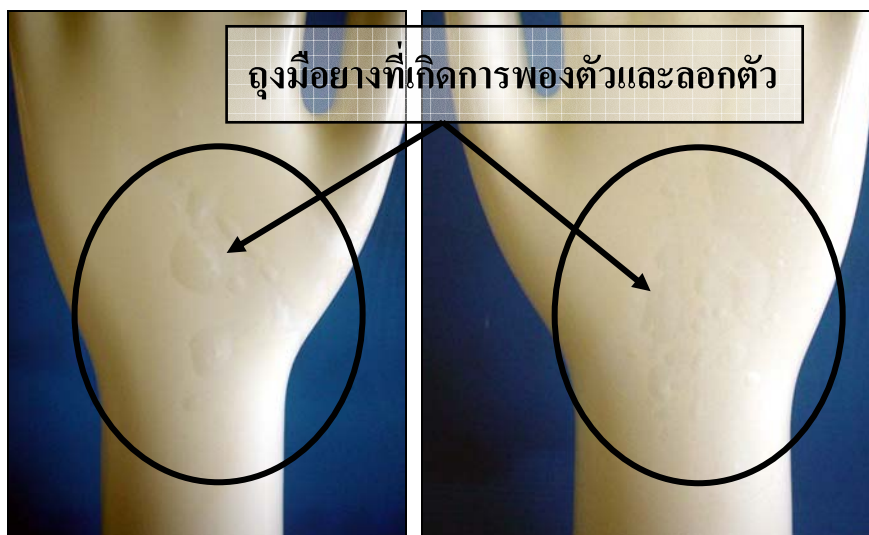
ภาพที่ ก.7 เครื่องอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนแบบอิสระ ยี่ห้อ Memmert



ภาพที่ ก.8 การอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนแบบอิสระ



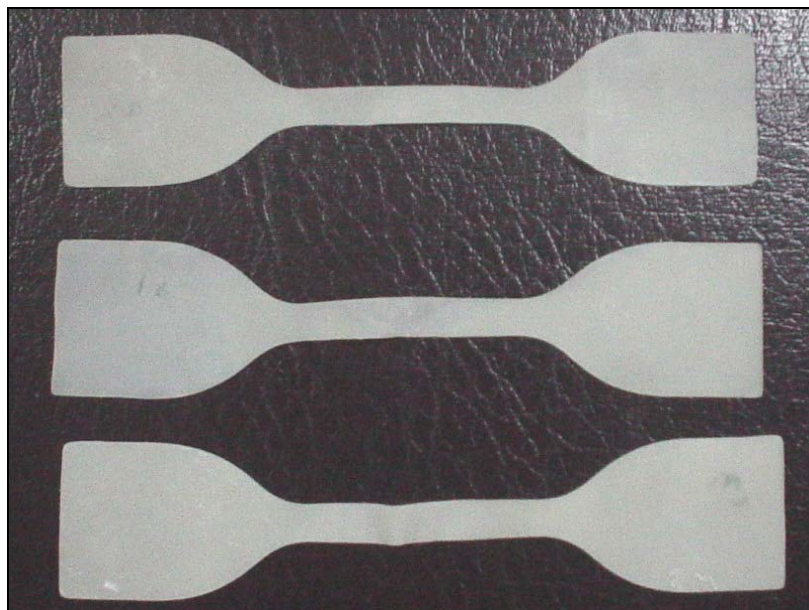
ภาพที่ ก.9 ถุงมือที่ยังไม่สุก



ภาพที่ ก.10 ตัวอย่างถุงมือ yang ที่เกิดการฟองตัวและลอกตัวออกจากแบบพิมพ์



ภาพที่ ก.11 ตัวอย่างการไหม้ของถุงมือยางภายหลังการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรด



ภาพที่ ก.12 ชิ้นทดสอบรูปดัมเบล



ภาพที่ ก.13 อุปกรณ์สำหรับทำเครื่องหมายบนชิ้นทดสอบ (Specimen marking device)
ยี่ห้อ Zwick รุ่น B066921



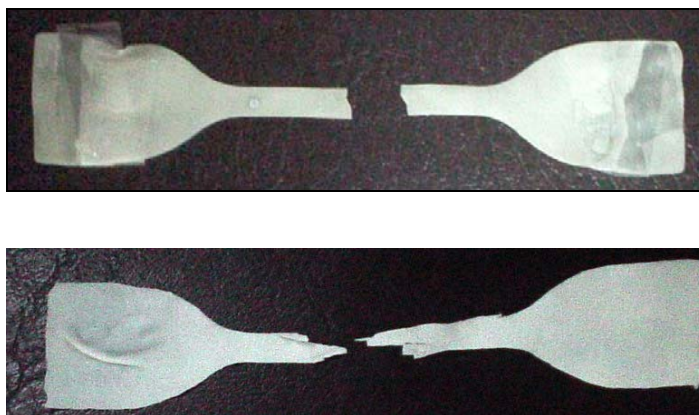
ภาพที่ ก.14 เครื่องมือวัดความแข็งแรง ยี่ห้อ Zwick รุ่น Z005



ภาพที่ ก.15 ที่จับยาง (Grips) แบบขันแน่นโดยอัตโนมัติ



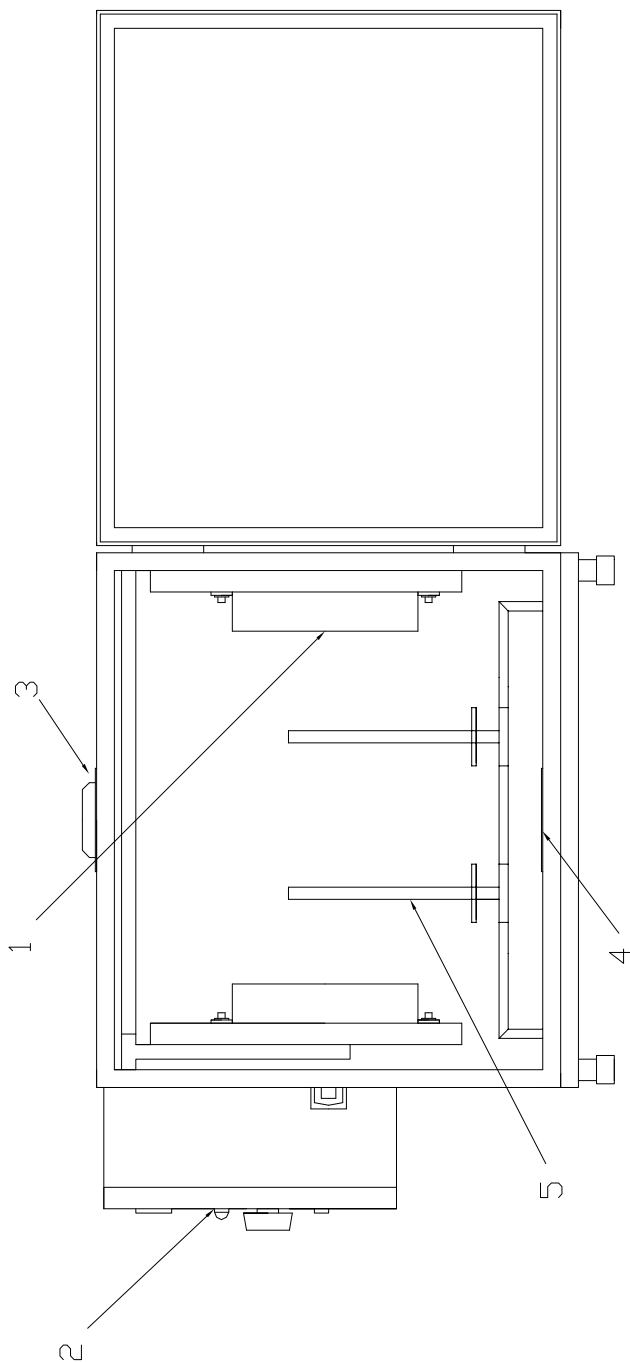
ภาพ ก.16 การทดสอบคุณสมบัติของถุงมือยางหลังการอบวัลคาไนซ์ยาง



ภาพ ก.17 ตัวอย่างการขาดของชิ้นทดสอบลักษณะต่าง ๆ

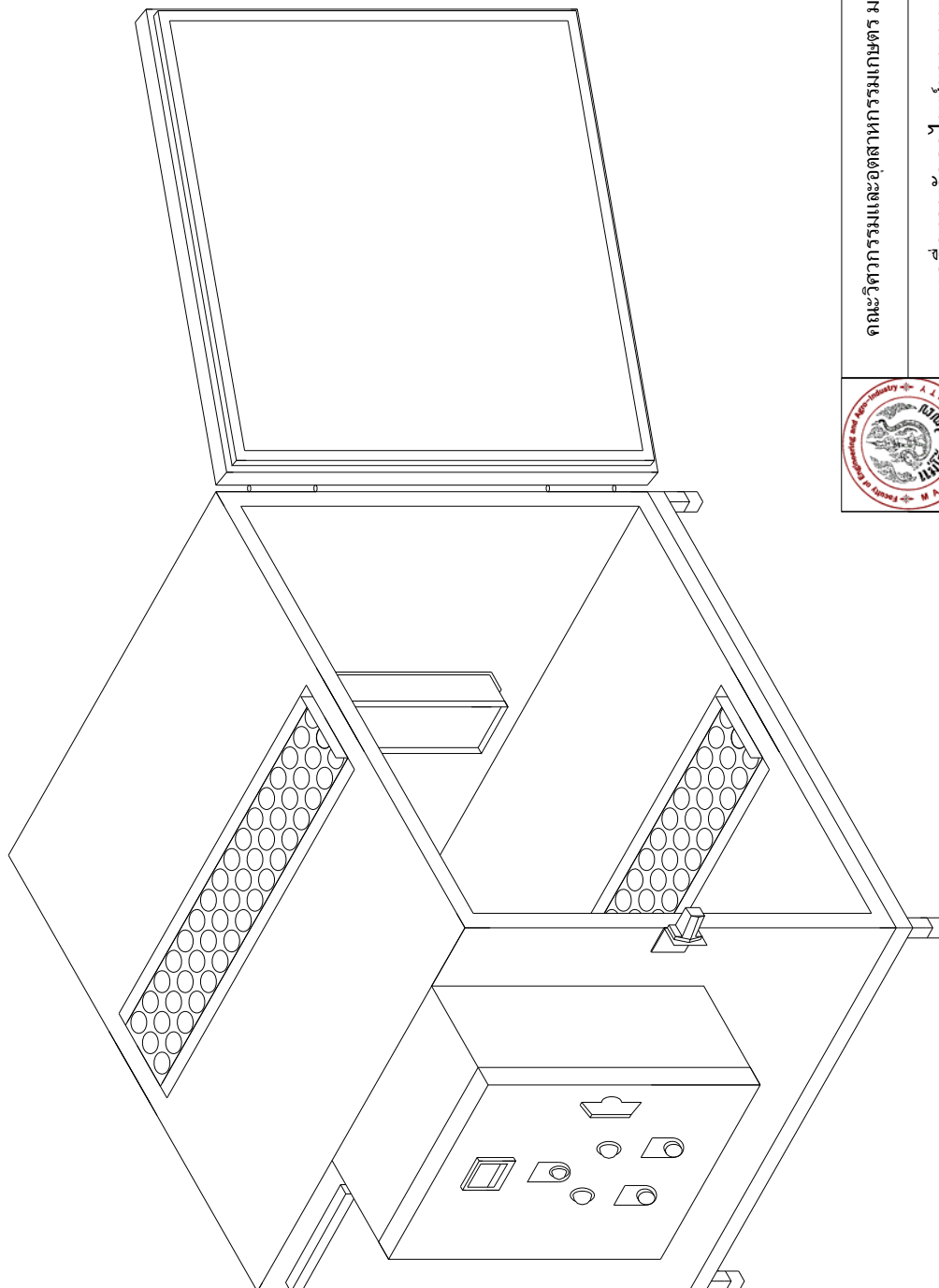


ภาพ ก.18 เครื่องวัดค่าความร้อน ยี่ห้อ Infrared Solutions รุ่น IR-FLEXCAM™-T



- 1 อีเตอร์อินฟราเรด
- 2 ชุดควบคุมการเปิด-ปิดการทำงานของเครื่อง
- 3 ช่องเปิด - ปิดสำหรับระบายอากาศ
- 4 ช่องเปิด - ปิดสำหรับอากาศเข้า
- 5 แท่นวางแม่พิมพ์ถ่วงมีอย่าง

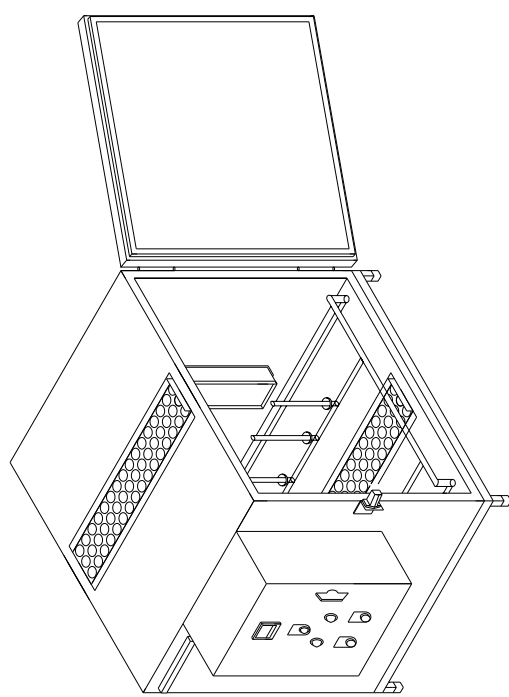
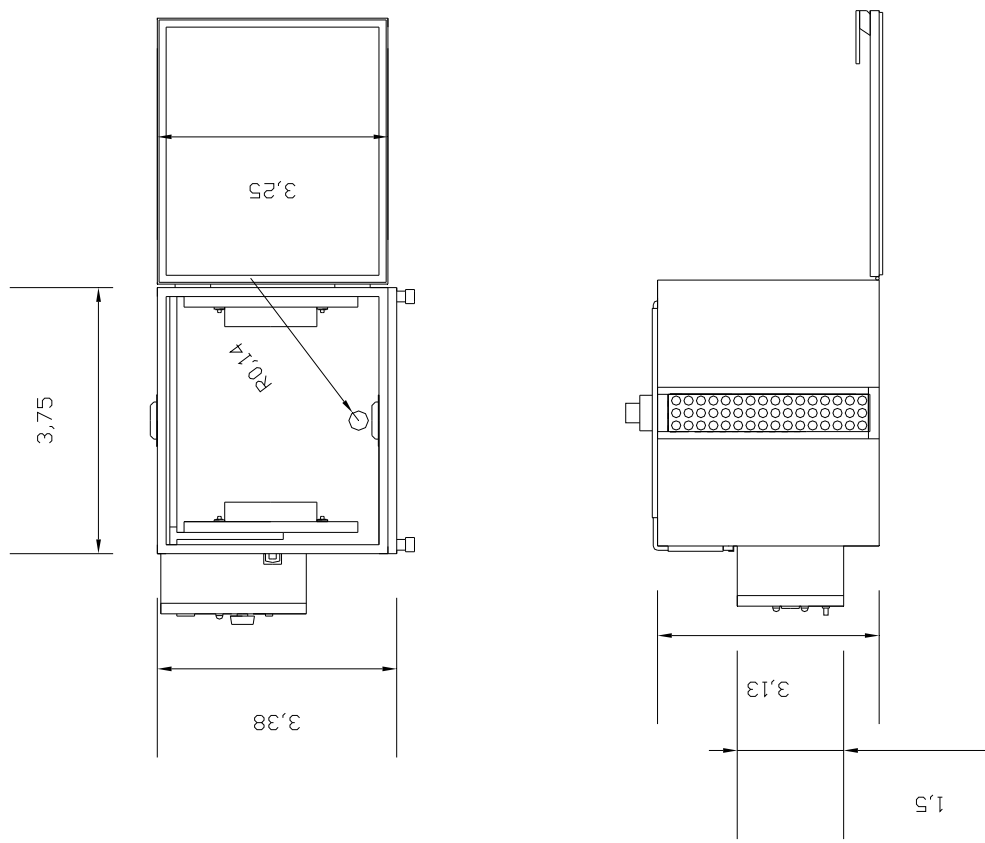
	คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยแม่โจ้		
	เครื่องวัดค่าในเชิงแม่เหล็กไฟฟ้า		
เขียนโดย	คัตกรและพิรดา	มาตราส่วน 1:20	หน่วย เซนติเมตร
ออกแบบโดย	คัตกรและพิรดา	วันที่ 1/3/49	



คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

เครื่องอบวัสดุในช่องแบบอินฟราเรด

เขียนโดย	คิดการและพิรดา	มาตราส่วน 1:10	หน่วย เซนติเมตร
		วันที่ 1/3/49	
ออกแบบโดย	คิดการและพิรดา		



	คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี		
	เครื่องวัดค่าในช่ียงแบบอินฟราเรด		
เขียนโดย	คิตกรและพริดา	มาตราส่วน 1:20	หน่วย
ออกแบบโดย	คิตกรและพริดา	วันที่ 1/3/49	เซ่นเติมเตอร

ภาคผนวก ข.
บทความทางวิชาการ

การออกแบบและสร้างเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

Design and Development of the Vulcanized Rubber Drier Using Infrared Radiation for Dipping Products

ธนศิษฐ์ วงศ์ศิริอำนวย

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

นายกิตกร กาญจนกิจตะ และนางสาวพิรดา เนตรงาม

หลักสูตรวิศวกรรมอาหาร ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ต.หนองหาร อ. สันทราย

จ.เชียงใหม่ ไปรษณีย์ 50290 โทร 053-878123

บทคัดย่อ

กระบวนการผลิตยางขึ้นตอนหนึ่งที่สำคัญคือ การวัลคาไนซ์ยางซึ่งเป็นกระบวนการทำให้ยางคงรูปมีหลายวิธีและถูกพัฒนาขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อการประหยัดพลังงานและการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบสร้างและทดสอบเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม และหาเงื่อนไขในการอบวัลคาไนซ์ยางโดยพิจารณาสมบัติด้านความแข็งแรงและลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ การทดสอบอบวัลคาไนซ์ยางมีอย่างขนาดกลางด้วยเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรด โดยใช้ฮีตเตอร์อินฟราเรดสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 1,000 วัตต์ จำนวน 2 ตัว อุณหภูมิของอากาศภายในเครื่องอบ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส ระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 10, 15 และ 20 เซนติเมตร และเวลาอบ 5, 10 และ 15 นาที พบว่าความต้านทานแรงดึงและความยืดเมื่อขาดอยู่ในช่วง 15-25 เมกะปาสกาล และ 700-850 เปอร์เซ็นต์ ส่วนการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศที่ความเร็ว 1 เมตรต่อวินาที และการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนแบบอิสระได้ค่าในช่วง 15-25 เมกะปาสกาล และ 650-800 เปอร์เซ็นต์ ส่วนลักษณะทางกายภาพชี้ให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 20 เซนติเมตร เมื่ออบวัลคาไนซ์ด้วยอุณหภูมิ 80 และ 100 องศาเซลเซียส ด้วยเวลา 15 และ 10 นาที ตามลำดับ ลูบมือจะตึงและถอดออกจากแบบพิมพ์ได้ง่ายเช่นเดียวกับการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศ โดยการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนแบบอิสระที่อุณหภูมิอากาศร้อน 120 องศาเซลเซียส ต้องใช้เวลามากกว่า 15 นาที และจากการใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนในห้องอบพบว่า ลูบมือยางขณะที่ยังวัลคาไนซ์ด้วยรังสีอินฟราเรดมีอุณหภูมิสูงกว่าและสม่ำเสมอกว่าแบบลมร้อนทั้งสองแบบที่ตัวแปรต่างเดียวกัน

Abstract

One of important processes in rubber production is rubber vulcanizing. There are several vulcanizing processes which are continuously developed for energy saving and a better quality of rubber products. The objective of this research is to design, develop and test the vulcanized rubber drier by using infrared radiation for dipping products. And also, searching for an appropriate drying condition based on strength and physical characteristic of the products. The experiment is conducted by vulcanizing disposable medical gloves medium size by using infrared vulcanizer. Two rectangular ceramic coated surface infrared heaters with 1,000 watt power each are used in this experiment. The performance test of natural rubber latex drying was based on 3 independent parameters and 3 different test conditions for each parameter; inside air temperature of 80, 100 and 120 °C, lateral distances between infrared emitters and the heated ceramic mold of 10, 15 and 20 cm and drying time of 5, 10 and 15 min. The test result showed that the tensile strength and elongation at breaking point were 15-25 MPa and 700-850 %, respectively. For drying by the hot air with controlled air velocity of 1 m/s and free convection hot air, the test result were more or less the same at 15-25 MPa and 650-800 %. The distance between emitters and surface of heated ceramic mold of 20 cm having air temperatures inside the chamber of 80 and 100 °C made the glove removal from heated ceramic mold much more easily when dried for 15 and 10 min, respectively. The easier glove removal was also affected by hot air drying with controlled air velocity at 1 m/s. On the contrary, free convection hot air lengthened the drying time more than 15 min; this happened even with very high air temperature inside the chamber (120 °C). Using the thermal image measured the temperature profile inside the driers with the same setting conditions, results showed that the vulcanized rubber drying by infrared had higher temperatures and more uniform than that of the two hot air driers.

Keywords

คำสำคัญ : เครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม, การอบวัลคาไนซ์ยาง, การแผ่รังสีอินฟราเรด

Keywords : Design and Development of the Vulcanized Rubber Drier Using Infrared Radiation for Dipping Products,

Vulcanized Rubber, Rubber Drying, Infrared Radiation

ความเป็นมา

ปัจจุบันประเทศไทยผลิตและส่งออกยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก มีสัดส่วนการผลิตเป็นร้อยละ 34 ของปริมาณการผลิตของโลก และส่งออกร้อยละ 47 ของปริมาณการส่งออกยางทั้งหมดของโลก รายได้จากการส่งออกยางในรูปวัตถุดิบของไทยในปี 2547 มีมูลค่าถึง 136,704 ล้านบาท (กรมวิชาการเกษตร, 2547) ความต้องการยางธรรมชาติเป็นความต้องการต่อเนื่อง จากความต้องการใช้ในการผลิตยางธรรมชาติ ผลิตภัณฑ์ยาง และผลิตภัณฑ์จากไม้ยางพาราส่งออก ซึ่งมีมูลค่ารวมกว่าแสนล้านบาท โดยผลิตภัณฑ์ส่วนใหญ่ส่งออกในรูปวัตถุดิบที่ประกอบด้วย น้ำยางข้น ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง และยางอบแห้ง ส่วนที่เหลือเป็นการใช้ยางธรรมชาติภายในประเทศเพื่อผลิตผลิตภัณฑ์ยางสำเร็จรูป เช่น ถุงมือยาง ยางยานพาหนะ ยางรัดของ ยางยืด ฯลฯ

ขั้นตอนที่สำคัญของกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากน้ำยางข้นขั้นตอนหนึ่งคือ การทำให้ยางคงรูปด้วยความร้อน ซึ่งการทำให้ยางคงรูปด้วยความร้อนโดยทั่ว ๆ ไปมักเป็นการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อน แต่การวิจัยครั้งนี้จะศึกษาการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด เพื่อเปรียบเทียบกับการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อน โดยการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรดเป็นการส่งผ่านความร้อนแบบแผ่รังสีเช่นเดียวกับการส่งความร้อนจากดวงอาทิตย์มาสู่โลก ให้รังสีในช่วง 3 ถึง 10 ไมครอน ซึ่งเป็นช่วงที่วัสดุเกือบทุกชนิดสามารถดูดซับรังสีได้ดี สามารถให้ความร้อนถึงเนื้อในวัตถุดิบจะทำให้น้ำซึ่งเป็นส่วนประกอบของน้ำยางร้อนขึ้นอย่างรวดเร็วด้วยการสั่นของโมเลกุลจึงให้ประสิทธิภาพการอบวัลคาไนซ์สูง การสูญเสียต่ำ ใช้เวลาน้อยกว่าความร้อนแบบทั่วไป 1 ถึง 10 เท่าและประหยัดไฟฟ้าได้ 30 ถึง 50 เปอร์เซ็นต์ และมีความปลอดภัยสูงเนื่องจากไม่มีเปลวไฟและไม่เกิดไฟรั่ว

ส่วนการให้ความร้อนโดยการอบวัลคาไนซ์ด้วยลมร้อนแบบปกตินั้น จะเกิดการพาความร้อนก่อน เมื่อผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ร้อนขึ้นจะเป็นการนำความร้อน โดยจะเป็นการส่งผ่านความร้อนไปสู่ภายในของผลิตภัณฑ์ซึ่งอาจทำให้ผิวหน้าของผลิตภัณฑ์เกิดการไหม้จากการได้รับความร้อนเป็นเวลานาน ถ้าเป็นการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรดนั้น รังสีอินฟราเรดจะทำให้เนื้อในของผลิตภัณฑ์ร้อนขึ้น โอกาสที่ผิวหน้าของวัสดุจะเกิดการไหม้จึงมีน้อยมาก เหมาะเป็นอย่างยิ่งกับผลิตภัณฑ์ที่มีความบางเช่น ผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม จึงน่าจะเป็นไปได้ในการนำรังสีอินฟราเรดมาใช้ในการอบวัลคาไนซ์ยาง

วัตถุประสงค์

1. เพื่อออกแบบสร้างเครื่องมือและทดลองหาสภาวะเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เหมาะสม
2. เพื่อการนำไปใช้งานเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม
3. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการอบวัลคาไนซ์แบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

อุปกรณ์สร้างเครื่อง

- ฮีตเตอร์อินฟราเรด ขนาด 1000 W 2 ตัว
- เครื่องเชื่อมโลหะ
- เครื่องตัด โลหะ
- แผ่นสแตนเลส
- สายไฟ
- แผ่นเหล็ก

อุปกรณ์ทดสอบ

- เครื่องชั่ง (Weigh Meter)
- บีกเกอร์
- เครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ
- กล้องถ่ายภาพความร้อน ยี่ห้อ Infrared Solutions รุ่น IR-FLEXCAM™-T
- เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouples) ชนิด K

สารเคมี

- น้ำยางชนิด PVAH
- Calcium chloride

2.วิธีการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ทดสอบการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรด, ด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศที่ความเร็วลมภายในเครื่องอบ 1 ม/นาที่ และด้วยลมร้อนแบบอิสระเพื่อศึกษาสภาวะและเงื่อนไขต่าง ๆ ของการอบวัลคาไนซ์ยางมีขั้นตอนการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์มีดังนี้

2.1 การเตรียมน้ำยาง สารช่วยให้น้ำยางจับตัวและ

แบบพิมพ์

ในการทดสอบนี้ใช้แบบพิมพ์ขนาดกลาง (เบอร์ M) ที่ทำจากเซรามิกจุ่มน้ำยาง โดยมีวิธีการโดยสังเขปดังนี้

2.1.1 เตรียมน้ำยางตามสูตรให้มีความเข้มข้น 45 %

แล้วนำไปกรองเพื่อป้องกันการจับตัวของน้ำยางและสิ่งเจือปนที่มองไม่เห็น หลังทำการผสมน้ำยางแล้วต้องวางทิ้งไว้ภายในห้องทดสอบเป็นเวลา 24 ชม. ก่อนทำการจุ่ม เพื่อให้ฟองอากาศ

ในน้ำยางลอยขึ้นมาบนผิวหน้าแล้วจึงตักออก เนื่องจาก
ฟองอากาศจะทำให้เกิดรูบนถุงมือยางได้

2.1.2 เตรียมสารช่วยให้ น้ำยางจับตัวที่ทำจาก
Calcium chloride ที่ความเข้มข้น 10 % เพื่อช่วยให้น้ำยางเกาะ
แบบพิมพ์อย่างสม่ำเสมอทั่วทั้งแบบพิมพ์ในตำแหน่งที่ต้องการ

2.1.3 นำแบบพิมพ์ที่สะอาดแล้วไปอุ่นให้แบบพิมพ์
แห้งหมดที่อุณหภูมิ 80 °C เป็นเวลา 2-3 นาที แล้วจุ่มลงในสาร
ช่วยให้น้ำยางจับตัวเป็นเวลา 5 วินาที แล้วทำให้แห้งหมดโดย
การหมุนจำนวน 10 รอบ แล้วอุ่น 2-3 นาที

2.1.4 นำแบบพิมพ์ที่แห้งหมดจากข้อ 2.1.3 จุ่มน้ำ
ยางเป็นเวลา 5 วินาที หมุนแบบพิมพ์อย่างช้า ๆ ในแนวนอน 5
รอบ และในแนวตั้ง 5 รอบ เพื่อให้น้ำยางมีความสม่ำเสมอทั่ว
ทั้งแบบพิมพ์และไม่ให้มีหยดน้ำยางติด แล้วจึงนำไปอบวัลคา
ไนซ์

2.2 การศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการ อบวัลคาไนซ์ถุงมือยาง

ศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ เพื่อนำข้อมูลไป
ออกแบบเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรดต้นแบบ ผล
การศึกษามีดังนี้

2.2.1 ชนิดของแหล่งกำเนิดความร้อน

การอบวัลคาไนซ์ถุงมือยางด้วยอินฟราเรด ได้ศึกษา
ฮีตเตอร์อินฟราเรด 2 แบบคือ แบบแผ่นเซรามิกสี่เหลี่ยมจัตุรัส
ขนาด 800 W และแบบหลอดเซรามิกขนาด 800 W โดยใช้
เครื่องอบแห้งด้วยรังสีอินฟราเรด (สุนทรและคณะ, 2548) ที่มี
อยู่ ได้ผลสรุปคือ ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิกสี่เหลี่ยม
จัตุรัสเหมาะกับการอบแบบลาดมากกว่า เนื่องจากมีการกระจาย
ความร้อนตามลักษณะของฮีตเตอร์อินฟราเรดคือกระจายความ
ร้อนเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส ส่วนแบบหลอดเซรามิกนั้นลักษณะฮี
ตเตอร์อินฟราเรดแบบหลอดเป็นทรงกลมทำให้เกิดการกระจาย
ความร้อนออกไปยังด้านหลังซึ่งรังสีอินฟราเรดที่แผ่ออกไปจะ
กระจายชนกับคอมสสะท้อนรังสีแล้วตกกระทบกับแบบพิมพ์ใน
ตำแหน่งที่ไม่ต้องการอบวัลคาไนซ์ จึงเลือกใช้ฮีตเตอร์
อินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิกสี่เหลี่ยมผืนผ้าที่สามารถส่งผ่าน
รังสีตกกระทบกับแบบพิมพ์ได้โดยตรงพอดี ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ฮีตเตอร์เซรามิกแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า ขนาด 1000 วัตต์
พร้อมคอมสสะท้อนแสง

2.2.2 อุณหภูมิอากาศร้อนภายในเครื่องอบ

ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิอากาศร้อนด้วยฮีตเตอร์
อินฟราเรดแบบแผ่นเซรามิกสี่เหลี่ยมจัตุรัสขนาด 800 วัตต์ และ
แบบหลอดเซรามิกขนาด 800 W ทำการทดสอบอบที่อุณหภูมิ
60, 80, 100 และ 120 °C ได้ผลว่าที่อุณหภูมิ 60 °C ระยะห่าง
ระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 30 ซม. ในเวลา 15
นาทีนี้ ไม่สามารถทำให้งูมมือยางสุกได้ทั้งหมด ดังนั้นจึงไม่
นำมาหาสภาวะของเครื่องอบ ส่วนที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120
°C นั้นสามารถทำให้งูมมือยางสุกเกือบทั้งหมด ซึ่งขึ้นกับตัว
แปรอื่น ๆ ด้วย จึงจะทำการศึกษาอุณหภูมิเหล่านี้

2.2.3 ระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบ พิมพ์

ระยะที่นำมาทดสอบ ได้แก่ 5, 10, 15, 20, 25 และ
30 ซม. เมื่ออบที่อุณหภูมิ 120 °C สามารถทำให้งูมสุกได้
ยกเว้นที่ระยะ 5 ซม. ที่งูมมือยางเกือบไหม้ ซึ่งในการเลือกใช้
งานจริงควรคำนึงถึงความคุ้มค่าในเชิงเศรษฐศาสตร์ด้วย ทั้งนี้
ปริมาณเครื่องอบขนาดเล็กจะเหมาะกับการใช้งานในระดับ
ชุมชนได้อีกด้วย จึงพิจารณาที่ระยะ 10, 15 และ 20 ซม.

2.2.4 เวลาในการอบวัลคาไนซ์ยาง

ได้เลือกศึกษาที่เวลา 5, 10 และ 15 นาที เนื่องจาก
รังสีอินฟราเรดสามารถให้รังสีได้โดยตรงซึ่งหากใช้ระยะเวลาที่
นานกว่าเมื่อใช้อุณหภูมิสูงอาจทำให้งูมเกิดการไหม้ได้

2.3 การออกแบบเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบ อินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

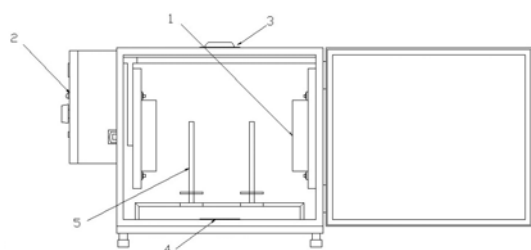
เครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับ
ผลิตภัณฑ์แบบจุ่มที่ออกแบบ ประกอบไปด้วยแหล่งกำเนิดรังสี
อินฟราเรด ระบบระบายอากาศ แท่นวางแบบพิมพ์ ระบบ
ควบคุม และโครงสร้างเครื่องอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.3.1 แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด

งานวิจัยนี้เลือกใช้เครื่องให้ความร้อนโดยใช้รังสี
อินฟราเรดแบบไฟฟ้าให้ความร้อนจากการไหลของ
กระแสไฟฟ้าผ่านแท่งความร้อนซึ่งมีความต้านทานสูง เคลือบ

ผิวหน้าด้วยเซรามิกดำ เพื่อให้การแผ่พลังงานความร้อนเป็นไปอย่างทั่วถึงและติดตั้งกับคอมสเกทอนรังสีเพื่อทำให้อุณหภูมิของวัตถุที่ต้องการได้ดียิ่งขึ้น ฮีตเตอร์อินฟราเรดและคอมสเกทอนรังสีถูกติดตั้งไว้ด้านข้างตู้ทั้งสองข้างในทิศทางตรงกันข้ามกัน โดยข้างหนึ่งจะกำหนดให้ติดตั้งไว้บนรางเลื่อนสแตนเลสที่ทำงานโดยเฉพาะ ที่สามารถเลื่อนเข้าออกได้ตามระยะทดสอบที่ต้องการ ส่วนฮีตเตอร์อินฟราเรดอีกข้างหนึ่งจะติดตั้งไว้ในลักษณะยึดอยู่กับที่

คอมสเกทอนรังสีอินฟราเรดเลือกที่ทำขึ้นจากอลูมิเนียม เพื่อให้รังสีอินฟราเรดสะท้อนไปยังแบบพิมพ์ได้มาก ตัวคอมสเกทอนรังสีประกอบไปด้วยเครื่องป้องกันและฝาครอบที่ทำด้วยเซรามิกจะช่วยป้องกันอันตรายจากกระแสไฟฟ้าขณะทำการอบวัลคาไนซ์ได้ ตำแหน่งการติดตั้งฮีตเตอร์แสดงในภาพที่ 2



- | | |
|----------------------|--------------------|
| 1. ฮีตเตอร์อินฟราเรด | 4. ระบบระบายอากาศ |
| 2. แผงควบคุมอุณหภูมิ | 5. แท่นวางแม่พิมพ์ |
| 3. ระบบระบายอากาศ | |

ภาพที่ 2 แสดงตำแหน่งที่ตั้งของอุปกรณ์อื่น ๆ

2.3.2 ระบบระบายอากาศ

ได้ออกแบบให้มีช่องระบายอากาศที่ด้านบนของเครื่องอบโดยปรับความกว้างของช่องระบายอากาศได้ด้วยแผ่นกั้น (Damper)

2.3.3 ระบบควบคุม

ประกอบไปด้วยเครื่องควบคุมอุณหภูมิ เซนเซอร์อุณหภูมิ และหลอดไฟแสดงสถานะการทำงาน ระบบจะแสดงค่าอุณหภูมิภายในเครื่องอบซึ่งถูกวัดด้วยตัวเซนเซอร์อุณหภูมิ

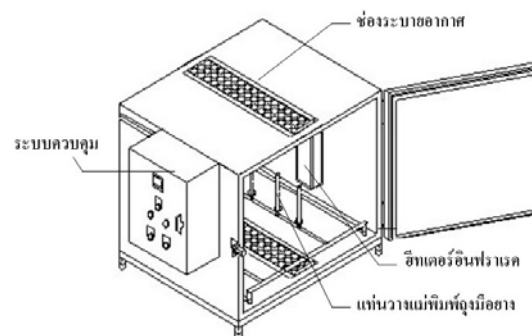
2.3.4 แท่นวางแบบพิมพ์

ทำขึ้นโดยเฉพาะจากท่อสแตนเลสเพื่อใช้เสียบแบบพิมพ์ ซึ่งแท่นนี้สามารถปรับระดับได้ทั้งในแนวนอนและแนวตั้ง ตามระยะห่างที่ต้องการศึกษาและต้องการอบวัลคาไนซ์

2.3.5 โครงสร้างของเครื่องอบวัลคาไนซ์แบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

โครงสร้างของเครื่องอบวัลคาไนซ์แบบนี้ประกอบขึ้นเป็นลักษณะตู้สี่เหลี่ยมด้วยการพับแผ่นเหล็ก โดยออกแบบ

ให้มีความกว้าง ความยาวและความสูงในระนาบที่เหมาะสมสำหรับการติดตั้งอุปกรณ์อื่นๆ ตัวเครื่องอบมีการป้องกันความร้อนกระจายออกสู่ภายนอกด้วยการใช้ฉนวนกันความร้อนจำนวน 2 ชั้นในช่องระหว่างแผ่นเหล็กภายนอกกับแผ่นสแตนเลสภายในเครื่องอบ (รวมส่วนของประตูเปิด-ปิด) นอกจากนี้ยังออกแบบให้มีความสูงจากพื้นอีกด้วยเพื่อไม่ให้เกิดปัจจัยที่เป็นผลต่อการอบวัลคาไนซ์ยาง รูปร่างภายนอกของโครงสร้างเครื่องอบแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เครื่องอบวัลคาไนซ์แบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

2.4 การทดสอบตัวแปรต่างๆ ในการอบวัลคาไนซ์

อุณหภูมิ

ในการทดสอบนี้ใช้แบบพิมพ์ขนาดกลางในการจุ่มน้ำยาง โดยมีตัวแปรต้นที่ศึกษาได้แก่รูปแบบการอบวัลคาไนซ์ 3 ระดับ คือ การอบวัลคาไนซ์ด้วยรังสีอินฟราเรด, ด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศ และด้วยลมร้อนแบบอิสระ มีตัวแปรที่จะศึกษาซึ่งได้เลือกจากการศึกษาอิทธิพลของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการอบวัลคาไนซ์แล้วดังนี้

2.4.1 การศึกษาอุณหภูมิอากาศร้อนภายในเครื่องอบ

3 ระดับ ได้แก่ 80, 100 และ 120 °C

2.4.2 การศึกษาเวลาในการอบวัลคาไนซ์ที่เวลา 5,

10 และ 15 นาที

2.4.3 การศึกษาระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแบบพิมพ์จากระยะ 10, 15 และ 20 ซม.

ส่วนการอบวัลคาไนซ์อุณหภูมิอย่างด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศและด้วยลมร้อนแบบอิสระ จะทำการอบที่ระยะกึ่งกลางเครื่องอบโดยมีระยะเป็น 25 และ 27 ซม. ตามลำดับ

2.4.4 การศึกษาการกระจายอุณหภูมิ เพื่อศึกษาค่า

ความร้อนในบริเวณต่าง ๆ ด้วยการบันทึกภาพจากกล้องถ่ายภาพความร้อน

2.4.5 การทดสอบสมบัติดึงมือน้อยที่ได้อัฒการ
อบวัลคาไนซียง

ดึงมือน้อยที่ได้อัฒเตรียมเป็นชั้นทดสอบรูปดัมเบล
แล้วทดสอบความแข็งแรงด้วยเครื่องวัดความแข็งแรงของวัสดุ
ยี่ห้อ Zwick รุ่น Z500 ด้วยที่จับยางแบบขันแน่นโดยอัตโนมัติ
(Self tightening) ขนาด 10 กิโลนิวตัน ความเร็วในการดึง 500
มม./นาที

ผลการทดสอบและวิเคราะห์ผลการทดสอบ

1. ผลการออกแบบเครื่องอบวัลคาไนซียงแบบ อินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

มีส่วนประกอบหลักและลักษณะของเครื่องอบวัลคา
ไนซียงแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่มดังนี้

1.1 แหล่งกำเนิดรังสีอินฟราเรด ทำด้วยหลอด
ความต้านทานสูงเคลือบผิวด้วยเซรามิกสีดำรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
แบบใช้ไฟฟ้าขนาด 6 x 24.5 ซม. (กว้าง x ยาว) กำลัง 1000 วัตต์
จำนวน 2 ตัว โคมสะท้อนรังสีสเตนเลสขนาด 7 x 26 x 3 ซม.
(กว้าง x ยาว x ลึก)

1.2 ระบบระบายอากาศ ทำจากแผ่นเหล็กขนาด 8 x
23 ซม. (กว้าง x ยาว) เส้นผ่านศูนย์กลางรูระบายอากาศ 2.8 ซม.

1.3 ระบบควบคุมอุณหภูมิ ใช้ตัวควบคุมอุณหภูมิ
ยี่ห้อ SHINKO รุ่น JCS

1.4 แท่นวางแบบพิมพ์และรางแขวนฮีตเตอร์
อินฟราเรดทำขึ้นจากท่อสเตนเลสขนาด 1.905 ซม.

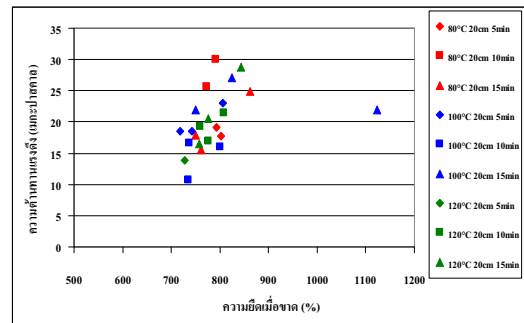
1.5 โครงสร้างเครื่องอบวัลคาไนซียงแบบ
อินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม (ภายนอก) ใช้แผ่นเหล็ก
ขนาด 75 x 68 x 62 ซม. (กว้าง x ยาว x ลึก) ประกอบเข้า
ด้วยกัน บุนนนวนหนา 5.08 ซม. ภายในเครื่องอบใช้แผ่นสแตน
เลส หนา 0.5 มม. และส่วนของขาตั้งสูง 5.08 ซม.

2 ผลการศึกษาอุณหภูมิอากาศร้อนและเวลาในการ อบวัลคาไนซียง

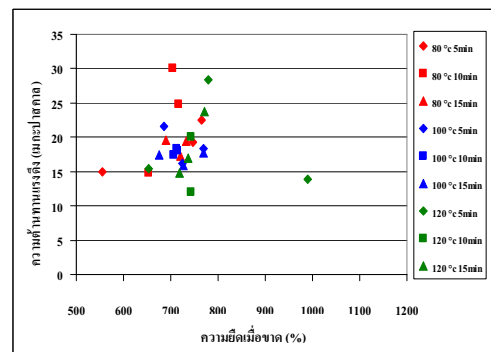
อุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้ในการอบวัลคาไนซียงมือน้อย
ยางถูกวัดจากเทอร์โมคัปเปิ้ลชนิด K โดยมีปลายสายเทอร์
โมคัปเปิ้ลติดบริเวณกลางแบบพิมพ์ มีผลการทดลองดังนี้

ภาพที่ 4 พบว่าความต้านทานแรงดึงและความยืด
เมื่อขาดของการอบวัลคาไนซียงด้วยอินฟราเรด ที่ระยะห่าง
ระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 20 ซม. และการอบวัล
คาไนซียงด้วยส้อมร้อนทั้งสองแบบ ในเวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ
ให้ผลอยู่ในช่วงที่ใกล้เคียงกันคือ ได้ความยืดเมื่อขาดอยู่ในช่วง

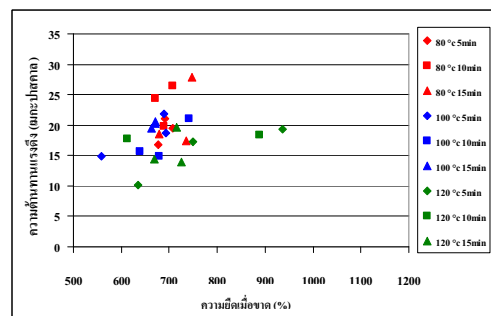
700 ถึง 800 % และค่าความต้านทานแรงดึงอยู่ในช่วง 15 ถึง 20
MPa



ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับความ
ยืดเมื่อขาดของการอบวัลคาไนซียงด้วยอินฟราเรด
ในเวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ระยะห่างระหว่างฮี
ตเตอร์ อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 20 ซม.



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับความ
ยืดเมื่อขาดของการอบวัลคาไนซียงด้วยส้อมร้อน
ร่วมกับการบังคับอากาศ ในเวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ
ที่ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแบบ
พิมพ์ 25 ซม.



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับ ความ
ยืดเมื่อขาดของการอบวัลคาไนซียงด้วยส้อมร้อนแบบ
อิสระในเวลาและอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ระยะห่างระหว่าง
แหล่งกำเนิดความร้อนกับแบบพิมพ์ 27 ซม.

ลักษณะทางกายภาพและสภาพความสุกที่เกิดขึ้นที่ผิวบนฝ่ามือของถุงมือยางพบว่าที่อุณหภูมิ 80 °C อบเป็นเวลา 5 นาที ถุงมือยางจะยังไม่สุก เมื่อสัมผัสจะรู้สึกว่ายังมีความชื้นเหลืออยู่และถุงมือยางมีสีขาวใกล้เคียงกับน้ำยาง ส่วนถุงมือยางที่เวลา 10 นาทีนั้นสุกมากกว่า สีของถุงมือยางมีสีเข้มในบางตำแหน่งมากกว่าและที่เวลา 15 นาทีสีของถุงมือยางมีสีเข้มเกือบเท่ากันทุกตำแหน่งและสุกมากกว่าเมื่อเทียบกับที่เวลา 5 และ 10 นาที ตามลำดับ

การอบวัลคาไนซ์ที่อุณหภูมิ 100 °C นาน 5 นาที เมื่อสัมผัสพบว่าถุงมือยางสุกกว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 °C นาน 15 นาทีแต่ยังไม่สุกทั้งหมด การถอดถุงมือยางสามารถถอดออกได้ง่ายกว่า ส่วนที่เวลา 10 และ 15 นาที บางตำแหน่งของถุงมือยางเกิดการพองตัวเล็กน้อย อีกทั้งถอดออกจากแบบพิมพ์ได้ยากยิ่งขึ้น สีของถุงมือยางมีความสม่ำเสมอทั้งมือ แต่ไม่สามารถแยกสีได้ชัดเจน เนื่องจากสังเกตสีของถุงมือยางได้เฉพาะตอนออกจากเครื่องอบเท่านั้น

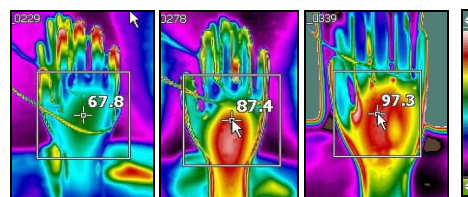
ส่วนการอบวัลคาไนซ์ถุงมือยางที่อุณหภูมิ 120 °C นาน 5 นาที ถุงมือยางเริ่มสุก และที่เวลาอบวัลคาไนซ์ 10 และ 15 นาที ถุงมือยางเริ่มเกิดการพองตัว

ในการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศ ถุงมือยางมีลักษณะการสุกที่เวลาและอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกับการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรด

ส่วนการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนแบบอิสระนั้น พบว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 และ 100 °C เป็นเวลา 15 นาที ถุงมือยางยังไม่สุกจากการวัลคาไนซ์ที่ไม่พอเพียง ส่วนที่ 120 °C อบนาน 15 นาที ถุงมือยางจึงเริ่มสุกแต่ยังคงมีความชื้นเหลืออยู่

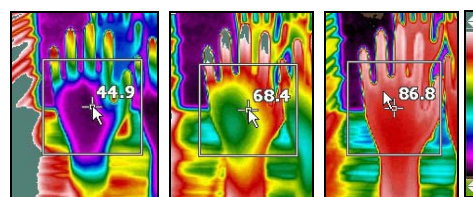
การศึกษาการกระจายอุณหภูมิของการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด ได้ทำการถ่ายภาพด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน ยี่ห้อ Infrared Solutions รุ่น IR-FLEXCAM™-T เมื่ออบด้วยอุณหภูมิอากาศ 80, 100 และ 120 °C ที่เวลาต่าง ๆ ได้แก่ 5, 10 และ 15 นาที ระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 20 ซม.

จากภาพที่ 7 ถึง 9 เป็นภาพตัวอย่างที่ได้จากการวัดอุณหภูมิถุงมือยางบนแบบพิมพ์ เมื่อนำอุณหภูมิที่ได้ไปพล็อตกราฟได้ดังภาพที่ 10 ซึ่งให้เห็นว่า เมื่อใช้อุณหภูมิสูงขึ้นและเวลาเพิ่มขึ้น อุณหภูมิของถุงมือยางบนแบบพิมพ์ก็มีค่าเพิ่มมากขึ้น โดยบริเวณที่รับความร้อนของถุงมือยางทั้งหมดจะอยู่ตั้งแต่ปลายนิ้วมือ (P0) จนถึงข้อมือ (P3)



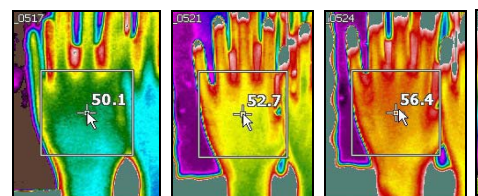
(ก) 5 นาที (ข) 10 นาที (ค) 15 นาที

ภาพที่ 7 ตัวอย่างการกระจายความร้อนของการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด ในเวลาอบต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 100°C ระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ 25 ซม.



(ก) 5 นาที (ข) 10 นาที (ค) 15 นาที

ภาพที่ 8 ตัวอย่างการกระจายความร้อนของการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศที่อุณหภูมิ 100 °C ในเวลาต่าง ๆ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแบบพิมพ์ 25 ซม.



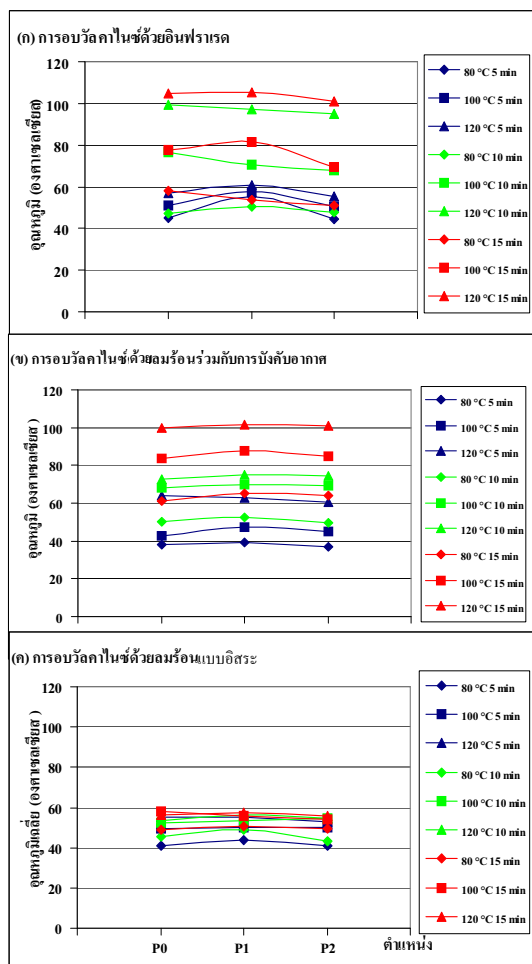
(ก) 5 นาที (ข) 10 นาที (ค) 15 นาที

ภาพที่ 9 ตัวอย่างการกระจายความร้อนของการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยลมร้อนแบบอิสระที่อุณหภูมิ 100 °C ในเวลาอบต่าง ๆ ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดความร้อนกับแบบพิมพ์ 27 ซม.

ในการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรดที่เวลา 5 นาที ของทุกอุณหภูมิที่ใช้ทดสอบ พบว่าตำแหน่งกลางฝ่ามือมีอุณหภูมิสูงที่สุด อาจเนื่องจากการได้รับรังสีโดยตรง เมื่อเวลาผ่านไป ที่ปลายนิ้วมือ (P0) จะมีอุณหภูมิสูงสุด เนื่องจากได้รับความร้อนเพิ่มมากขึ้นตามเวลา อีกทั้งมีพื้นที่รับความร้อนน้อย จึงเก็บความร้อนได้ดี

ส่วนการอบวัลคาไนซ์ด้วยลมร้อนแบบอิสระ ที่บริเวณปลายนิ้วมือ (P0) มีอุณหภูมิสูงที่สุด เนื่องจากอยู่ในตำแหน่งใกล้กับแหล่งกำเนิดความร้อนด้านเพดานตู้ ส่วนการ

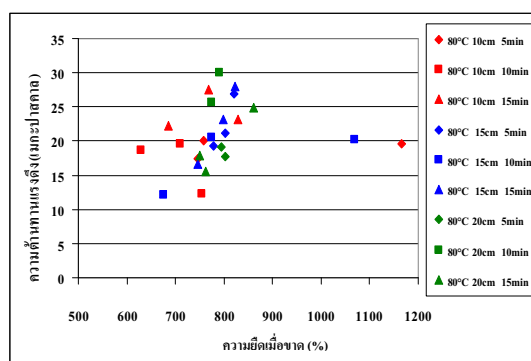
อบวัลคาไนซ์ด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศ เส้นกราฟที่ได้มีแนวโน้มเกือบคงที่ น่าจะมีสาเหตุจากการได้รับอากาศร้อนที่มีความเร็วลมที่สม่ำเสมอคือ 1 ม/วินาที



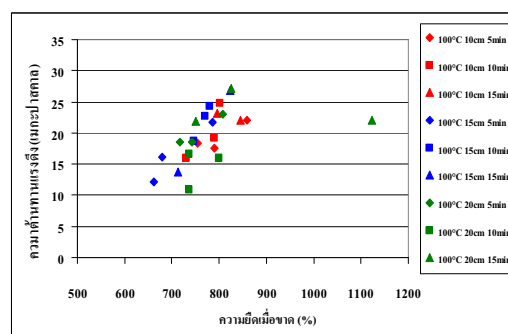
ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบการกระจายความร้อนของการอบวัลคาไนซ์แบบต่าง ๆ

2.3 ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์

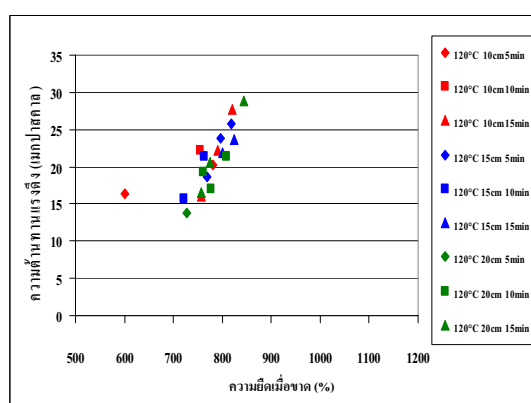
เมื่อพิจารณาการยืดตัวสูงสุดขณะขาดดังภาพที่ 4.11 ถึง 4.13 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับความยืดเมื่อขาดที่ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ที่ระยะ 10, 15 และ 20 ซม. อุณหภูมิอากาศร้อนที่ใช้ในการทดสอบที่ 80, 100 และ 120 °C ที่เวลาในการอบ 5 ถึง 15 นาที จากกราฟพบว่าค่าความต้านทานแรงดึงและความยืดเมื่อขาดอยู่ในช่วงค่าเดียวกันคือ ช่วง 15 ถึง 25 MPa และช่วง 700 ถึง 800 % ตามลำดับ



ภาพที่ 4.11 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับความยืดเมื่อขาดของการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 80 °C ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์และเวลาต่าง ๆ



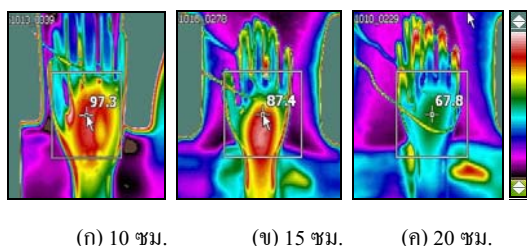
ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับความยืดเมื่อขาดของการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 100 °C ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์และเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างความต้านทานแรงดึงกับความยืดเมื่อขาดของการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 120 °C ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์และเวลาต่าง ๆ

โดยลักษณะทางกายภาพของถุงมือยาง เมื่ออบด้วย อุณหภูมิ 80 °C นาน 5 นาที พบว่าถุงมือยางยังไม่สุก ระยะห่าง 10 และ 15 ซม. พบว่าให้ผลที่ใกล้เคียงกันคือ สีของถุงมือยาง เริ่มมีสีเข้มขึ้นเล็กน้อยบางตำแหน่งจากการได้รับรังสีใน ระยะใกล้ ส่วนที่ระยะ 20 ซม. สีของถุงมือยางมีสีใกล้เคียงกับ น้ำยาง เมื่อพิจารณาที่เวลา 10 นาทีในทุกระยะการทดสอบคือ 10, 15 และ 20 ซม. ถุงมือยางมีความสุกมากกว่า และสีถุงมือ ยางเข้มมากขึ้นจากการอบที่ 5 นาทีเล็กน้อย ส่วนที่เวลา 15 นาที ของทุกระยะการทดสอบ ได้ผลคือ สีถุงมือยางเข้มขึ้นอีก เล็กน้อยจากเวลาในการอบ 10 นาที โดยที่ระยะ 20 ซม. สีของ ถุงมือยางมีสีเข้มเกือบเท่ากันทุกตำแหน่ง

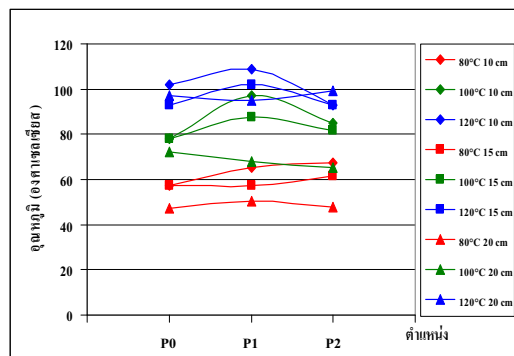
ที่อุณหภูมิ 100 °C อบวัลคาไนซ์ที่เวลา 5 นาทีของ ระยะการทดสอบคือ 10, 15 และ 20 ซม. ถุงมือยางมีความสุก มากกว่าการอบที่อุณหภูมิ 80 °C 15 นาที และสีไม่ต่างกัน ส่วน ที่เวลา 10 นาที พบว่าระยะที่ 10 และ 15 ซม. ถุงมือยางเริ่มเกิด การพองตัวในบางตำแหน่งเพียงเล็กน้อย แต่ผิวบางส่วนของถุง มือยางมีสีเข้มและเข้มในตำแหน่งที่ได้รับรังสีโดยตรง อาจเป็น เพราะระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ที่อยู่ใกล้ กันเกินไปจึงทำให้ถุงมือยางได้รับรังสีที่ไม่สม่ำเสมอแม้ ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ที่ใกล้กว่าจะ ให้รังสีมากกว่าก็ตาม ที่ระยะห่าง 20 ซม. พบว่าถุงมือยางที่ได้มี สีสม่ำเสมอเกือบทั้งถุงมือยาง อาจเนื่องมาจากการอบวัลคา ไนซ์ยางในระยะนี้ทำให้ยางดูดซับรังสีได้ดีกว่าจากการแผ่รังสี ที่สม่ำเสมอมากกว่า และที่เวลา 15 นาทีของทุกระยะทดสอบ ถุงมือยางให้สีไม่ต่างกับที่เวลาอบ 10 นาที และลักษณะของถุง มือยางที่ได้มีความพองตัวเล็กน้อย



ภาพที่ 4.14 ตำแหน่งที่วัดอุณหภูมิและการกระจายความร้อน ของการอบวัลคาไนซ์ยางที่อุณหภูมิ 100 °C 10 นาที ที่ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับ แบบพิมพ์ระยะต่าง ๆ

ในภาพที่ 4.14 แสดงการกระจายอุณหภูมิของถุงมือ ยางบนแบบพิมพ์ที่อุณหภูมิการอบวัลคาไนซ์ 100 °C นาน 10 นาที ที่ระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ระยะ ต่าง ๆ ซึ่งเห็นว่าที่ระยะ 10 ซม. บริเวณกลางฝ่ามือของถุงมือ

ยางจะมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศที่ใช้ในการอบวัล คาไนซ์ หากระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ เพิ่มขึ้นจะพบว่าที่ระยะ 20 ซม. จะมีอุณหภูมิบริเวณกลางฝ่ามือ น้อยกว่าที่ระยะอื่น ๆ ที่อุณหภูมิอบวัลคาไนซ์เดียวกัน



ภาพที่ 4.15 ตัวอย่างการกระจายความร้อนของการอบวัลคา ไนซ์ยางด้วยอินฟราเรดที่อุณหภูมิ 80, 100 และ 120 องศาเซลเซียส 10 นาที และระยะห่างระหว่าง ฮีเตอร์อินฟราเรดกับแบบพิมพ์ระยะต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาจากภาพที่ 4.15 ซึ่งเป็นกราฟการ กระจายอุณหภูมิภายในเครื่องอบที่ 80, 100 และ 120 °C อบวัล คาไนซ์นาน 10 นาทีของระยะห่างระหว่างฮีเตอร์อินฟราเรด กับแบบพิมพ์ระยะต่าง ๆ พบว่าที่ระยะ 10 ซม.ของอุณหภูมิทั้ง สาม ให้ค่าการกระจายความร้อน ณ บริเวณแบบพิมพ์ไม่ สม่ำเสมอ โดยบริเวณปลายนิ้วมือ (P1) ได้รับความร้อนน้อย ที่สุด ส่วนที่บริเวณฝ่ามือ (P1) ได้รับความร้อนมากที่สุด โดย ความร้อนกระจายอย่างสม่ำเสมอและมีค่าใกล้เคียงกันเกือบทั่ว ทั้งมือที่ระยะห่าง 20 ซม. ซึ่งสม่ำเสมอกว่าที่ระยะ 10 ซม.

สรุปผลการทดสอบ

การออกแบบและสร้างเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบ อินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม ได้ผลการทดสอบเพื่อหา ตัวแปรต่าง ๆ ที่มีผลต่อการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด สำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม โดยเน้นการศึกษาอุณหภูมิอากาศ ร้อน เวลาการอบแห้ง ระยะห่างระหว่างแหล่งกำเนิดพลังงาน กับวัสดุที่ดูดซับ การกระจายอุณหภูมิ และคุณสมบัติของ ผลิตภัณฑ์หลังการอบวัลคาไนซ์ ซึ่งสามารถสรุปผลทดสอบได้ ดังนี้

1. ได้เครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรด สำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่มต้นแบบ ประกอบขึ้นจากแผ่นเหล็กมี ขนาดภายนอกเป็น 75 x 68 x 62 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) ภายในประกอบขึ้นจากแผ่นสแตนเลสหนา 1.5 มม. มีขนาด เป็น 65 x 58 x 52 ซม. (กว้าง x ยาว x สูง) โดยขนาดความ

ร้อนระหว่างภายในและภายนอกเครื่องอบหนา 5.08 ซม. ส่วน
ขาเครื่องอบสูงจากพื้น 5.08 ซม. โดยแหล่งกำเนิดความร้อนที่
เหมาะสมคือ ฮีตเตอร์อินฟราเรดแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด
1000 วัตต์ ที่ทำขึ้นจากเซรามิก จำนวน 2 ตัว

2. ทราบระบบการทำงานของเครื่องอบวัลคาไนซ์
ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม

2.1 ในการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรดสำหรับ
ผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม งานวิจัยนี้ได้ทดสอบทำดูมืองที่ได้อายุ
และเงื่อนใยที่เหมาะสม โดยคุณภาพหลังการอบวัลคาไนซ์ดูม
มืองด้วยอินฟราเรดนี้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยใช้เวลาการ
อบวัลคาไนซ์ในระยะเวลาอันสั้นเพียง 10 นาที

2.2 อุณหภูมิอากาศร้อนในการอบวัลคาไนซ์ดูมมือง
ยางที่เหมาะสมเป็น 100 °C

2.3 ระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับผิวหน้า
แบบพิมพ์ควรมีระยะ 20 ซม. ซึ่งเป็นระยะที่ดูมมืองมีอุณหภูมิ
กระจายสม่ำเสมอเกือบทั่วทั้งแบบพิมพ์

2.4 เครื่องอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรดสามารถ
ให้ความร้อนภายในเครื่องอบได้รวดเร็วกว่าการใช้เครื่องอบวัล
คาไนซ์ด้วยลมร้อนร่วมกับการบังคับอากาศและเครื่องอบวัลคา
ไนซ์ด้วยลมร้อนแบบอิสระ เนื่องจากใช้เวลาให้การเพิ่มความ
ร้อนสั้นกว่า และอุณหภูมิภายในที่ได้ยังให้ค่าความร้อนที่
มากกว่า และสามารถกระจายรังสีได้ดีกว่าอีกด้วย

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานกองทุนสนับสนุน
งานวิจัยแห่งชาติ (Small Project on Rubber: SPR) ที่ให้การ
สนับสนุนในการทำโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพาราตลอด
โครงการ ขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านที่มีส่วนช่วยให้โครงการ
นี้สำเร็จขอขอบคุณภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร
ภาควิชาวัสดุศาสตร์ และภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร คณะ
วิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ ที่เอื้อเพื่อ
สถานที่และเครื่องมือสำหรับการทดสอบในโครงการนี้

เอกสารอ้างอิง

ณัฐฉา คุชฎี. 2546. การอบแห้งผลิตภัณฑ์เกษตรด้วยพลังงาน
เชิงใหม่: ภาควิชาพืชไร่ คณะผลิตกรรมการ
เกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
บุญธรรม นิธิอุทัย. 2534. คู่มือปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง 2.
สงขลา: ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะ
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญธรรม นิธิอุทัย พรพรรณ นิธิอุทัย อติชัย รุ่งวิชานันต์ อาชี
ขัน แกสมาน และวุฒิศักดิ์ ศิริทองถาวร. 2538. เทคโนโลยี
น้ำยาง : สมบัติและผลิตภัณฑ์. สงขลา: ภาควิชา
เทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และ
เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญธรรม นิธิอุทัย และอติชัย รุ่งวิชานันต์. 2539.

กระบวนการแปรรูปยาง. ปีที่ ๓: ภาควิชาเทคโนโลยียาง
และพอลิเมอร์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เพชรสุรางค์ เจริญศิลป์และศิริพร ปัญญาจักร. 2547. การ

ภาควิชาวิศวกรรมเกษตรและอาหาร คณะ
วิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

สมชาติ โสภณธรรมฤทธิ์. 2540. การอบแห้งเมล็ดพืชและอาหาร

กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

สุนทร โม่งปรางนิธ. 2547. พื้นฐานการอบแห้งด้วยอินฟราเรด.

ใน เอกสารประกอบการเสวนาวิชาการเรื่อง เทคโนโลยี
คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเพื่อการแปรรูปอาหารและวัสดุ
เชิงใหม่: คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร
มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

ภาคผนวก ค.

ตารางเทียบวัสดุประสงค์

ตารางสอบเทียบวัตถุประสงค์				
วัตถุประสงค์	กิจกรรมที่วางแผนไว้	กิจกรรมที่ดำเนินการ	ผลที่ได้รับตลอดโครงการ	
1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบการอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่มและทดสอบหาสถานะเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เหมาะสมที่สุด	1. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรด 2. ทดสอบเบื้องต้นเพื่อหาสถานะเงื่อนไขการอบวัลคาไนซ์ด้วยอินฟราเรด 3. สร้างเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรด	1. ศึกษาความรู้เรื่องยางพารา 2. ศึกษาเรื่องวัสดุอินฟราเรด 3. นำความรู้ที่ได้มาศึกษาปัจจัยต่างๆ เพื่อการสร้างเครื่องอบวัลคาไนซ์ยาง 4. ประเมินผลการทดสอบเบื้องต้น	1. ได้รับความรู้และความเข้าใจเกี่ยวกับการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด 2. ได้เครื่องอบวัลคาไนซ์วัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรด 3. ทราบสภาวะเงื่อนไขเบื้องต้นของการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด	
2. เพื่อการนำไปใช้งานเครื่องอบวัลคาไนซ์ยางแบบอินฟราเรดสำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม	1. ใช้เป็นเครื่องต้นแบบเพื่อการพัฒนาต่อไป 2. เป็นอุปกรณ์ในห้องทดลอง	1. ใช้ในการอบผลิตภัณฑ์อื่น ๆ เช่น ฟองน้ำ ลูกโป่ง ถูยางอนามัย	1. สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในการอบผลิตภัณฑ์อื่นๆ	
3. ศึกษาตัวแปรที่เกี่ยวข้องในการอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรด สำหรับผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม	1. ทดสอบอบวัลคาไนซ์ยางด้วยอินฟราเรดเพื่อหาตัวแปรต่างๆ	1. ศึกษาเวลา, อุณหภูมิ, ระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับวัตถุที่เหมาะสมกับการอบวัลคาไนซ์ยาง	1. ทราบอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบวัลคาไนซ์ยาง 2. ทราบเวลาที่เหมาะสมในการอบวัลคาไนซ์ยาง 3. ทราบระยะห่างระหว่างฮีตเตอร์อินฟราเรดกับวัตถุที่จะอบ	