



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว
Design and Fabrication of Semi-Automatic Rubber Glove Dipping Machine
Using Coagulant Coated

นำพร ปัญโญใหญ่และคณะ

ธันวาคม 2549

สัญญาเลขที่ RDG4850065

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

การออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว
Design and Fabrication of Semi-Automatic Rubber Glove Dipping Machine
Using Coagulant Coated

คณะผู้วิจัย

นำพร ปัญโญใหญ่

คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้

นักศึกษาช่วยทำวิจัย

นางสาววรารักษ์ เอกเผ่าพันธุ์

นายสมชาย พัดทาบ

กลุ่มโครงการวิจัยขนาดเล็กออกแบบและสร้างอุปกรณ์สำหรับงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์จุ่ม
น้ำยางระดับชุมชน - แม่โจ้ (2)

Design and Development of Latex Dipping Equipment for Community
Products –MJU Small Project Group (2)

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ การสร้างเครื่องต้นแบบและการทดสอบการทำงานของเครื่อง เครื่องต้นแบบประกอบด้วย ส่วนประกอบหลัก 4 ส่วน คือ โครงสร้างตัวเครื่องทำด้วยเหล็กฉากเพื่อความแข็งแรงในการรับน้ำหนัก ต้นกำลังใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรง 24 โวลต์ เพื่อถ่ายทอดกำลังงานส่งผ่านไปยังชุดเฟืองทด และชุดสกรูส่งกำลังเพื่อให้ได้รอบการหมุนของแบบพิมพ์ถุงมือยางที่เหมาะสม ชุดควบคุมการทำงานซึ่งประกอบด้วย ชุดลิมิตสวิตช์ ชุดควบคุมเวลา และชุดแปลงไฟฟ้า เพื่อให้การเคลื่อนที่และการหมุนของแบบพิมพ์ถุงมือยางมีความแม่นยำ และสุดท้ายถึงบรรจุน้ำยางและสารช่วยจับตัวซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อป้องกันการทำปฏิกิริยากับน้ำยาง

จากการทดสอบพบว่า ความหนาของถุงมือจะแปรผันตามระยะเวลาในการจุ่มพิมพ์มือ ส่วนจำนวนรอบในการหมุนไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนา ถุงมือยางที่ได้จากการจุ่มพิมพ์มือด้วยเครื่องต้นแบบ มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืด ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) ค่า Tensile strength ที่ได้เพิ่มขึ้นตามเวลาการจุ่มที่เพิ่มขึ้น ส่วนถุงมือยางที่ได้จากการจุ่มพิมพ์มือด้วยมือ พบว่าค่า Tensile strength ต่อเวลาในการจุ่มมีค่าไม่สม่ำเสมอ จากการสังเกตด้วยสายตาพบว่าถุงมือที่ได้จากการจุ่มด้วยเครื่องต้นแบบ มีความเรียบสม่ำเสมอดีกว่าถุงมือที่ได้จากการจุ่มด้วยมือ

Abstract

The design and fabrication of a semi-automatic rubber glove dipping machine using coagulant coated is divided into 2 parts: a design and development of the prototype and the performance test. The key features include 4 main parts; the frame structure, transmission systems, a control system and a rubber-filling tank. The frame structure is made from high strength angle steel. The transmission systems is driven by an electric motor transferring power through a sprocket set and a transmission screw set for an appropriate revolution of rubber glove mold. The control system consists of limit switches, times and adapters for operation accuracy. Finally, the rubber filling tank is made from stainless steel for protecting a chemical reaction with compound latex.

From experiment, it was found that a number of rubber glove mold rotation to assure even distribution had no effect on glove thickness. However, the dipping time was directly proportional to glove thickness. When the dipping time was increased the tensile strength was increased too. It was observed that a rubber glove made from the dipping machine was fairly smoother than that of glove made from manual dipping.

หน้าสรุปโครงการ

1. **ชื่อโครงการ** การออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว
คำสำคัญ เครื่องจุ่ม ถุงมือยางพารา กึ่งอัตโนมัติ สารช่วยน้ำยางจับตัวจับตัว

Keywords Dipping Machine Rubber Glove Semi-Automatic Coagulant

2. **ชื่อหัวหน้าโครงการ** อาจารย์นำพร ปัญโญใหญ่
หน่วยงาน คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ต. หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 053-875-544
โทรสาร 053-498-902
E-mail n_panyo@yahoo.com

3. **หน่วยงาน** ชื่อสถาบันที่ติดต่อของผู้บังคับบัญชาของหน่วยงานของหัวหน้าโครงการ
ชื่อ-สกุล อาจารย์รัชฎา เชื้อวิโรจน์
คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้
ต. หนองหาร อ.สันทราย จ.เชียงใหม่ 50290
โทรศัพท์ 053-875-544
โทรสาร 053-498-902
E-mail

5. **ระยะเวลา** การดำเนินงาน 1 สิงหาคม 2548 – 31 พฤษภาคม 2549

6. แผนการดำเนินงาน

รายการ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.
1.ศึกษาปัจจัยเกี่ยวกับการสร้างเครื่องจุ่มถุงมือแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว	←		→							
2. สร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว			←			→				
3. ทดสอบการทำงานของเครื่องจุ่มถุงมือยางพารา							←		→	
4. สรุปและเขียนรายงานเสนอ สกว.									←	→

7. ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย

ในปัจจุบันอุปกรณ์อำนวยความสะดวกต่าง ๆ จะมีส่วนประกอบที่เป็นพลาสติกหรือยางซึ่งส่วนใหญ่แล้วจะเป็นผลิตภัณฑ์จากยางพารา ซึ่งเป็นวัสดุที่ได้จากธรรมชาติ ลักษณะทางภูมิศาสตร์ของประเทศไทยเหมาะแก่การปลูกยางพาราที่ให้น้ำยางคุณภาพที่ดี กระบวนการจุ่มน้ำยางนั้นจะแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบการจุ่มน้ำยางโดยตรง (Straight dipping) แบบการจุ่มน้ำยางโดยใช้สารช่วยน้ำยางจับตัว (Coagulant dipping) และแบบการจุ่มน้ำยางโดยวิธีใช้ความร้อน (Heat sensitive dipping) ในกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากแบบพิมพ์ที่นำมาจุ่มน้ำยางพาราเข้มข้นทั้ง 3 แบบนั้น จะขึ้นอยู่กับ ลักษณะของผลิตภัณฑ์ ลักษณะของแบบพิมพ์ที่นำมาจุ่ม ความหนาของเนื้อผลิตภัณฑ์ และเวลาที่ใช้ในการอบ ในกระบวนการผลิตจำเป็นต้องเลือกให้เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์ที่จะทำการผลิต เพื่อให้ตรงกับความต้องการและเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย ประหยัดเวลา และพลังงานในการผลิต ดังนั้นถุงมือจึงเหมาะกับการจุ่มน้ำยางโดยใช้สารช่วยน้ำยางจับตัว (Coagulant dipping) เครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว ต้นแบบจึงมีความสำคัญกับการจุ่ม เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีความหนาสม่ำเสมอ และรองรับการพัฒนาสู่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อยต่อไป

8. วัตถุประสงค์

1. ออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติโดยการใช้สารช่วยน้ำยางจับตัว
2. เปรียบเทียบสมรรถนะการทำงานระหว่างการจุ่มน้ำยางด้วยมือกับการจุ่มด้วยเครื่องกึ่งอัตโนมัติ

9. ทางเลือกและแนวทางแก้ปัญหา

ในการทำถุงมือจากยางพาราโดยใช้แรงงานคนในการจุ่มนั้น ทำให้ได้ถุงมือที่มีความหนาและความเรียบของผิวไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการออกแบบสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติจะศึกษาถึง เวลาการจุ่มพิมพ์มือในถังสารช่วยน้ำยางจับตัว และถังน้ำยางพารา ความเร็วรอบในการหมุนพิมพ์มือ ซึ่งเป็นปัจจัยที่มีผลต่อความหนาและความเรียบของถุงมือยาง

10. ผลที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เครื่องจุ่มแบบพิมพ์น้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติ สำหรับทดสอบการจุ่มเบื้องต้นระดับห้องปฏิบัติการ และระดับการผลิตของกลุ่มเกษตรกร
2. ได้ผลิตภัณฑ์ยางจากการจุ่มที่มีความหนาตามความต้องการและสม่ำเสมอ โดยการจุ่มพิมพ์มือในน้ำยางพาราเข้มข้น

11. แนวทางการดำเนินงานวิจัย

1. ออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติโดยการใช้สารช่วยน้ำยางจับตัว
2. ศึกษาเวลาที่เหมาะสมในการจุ่มถุงมือในสารช่วยน้ำยางจับตัวและน้ำยางพารา
3. ศึกษาความเร็วรอบและจำนวนรอบที่เหมาะสมในการหมุนพิมพ์มือ
4. ศึกษาความแตกต่างระหว่างการจุ่มถุงมือจากยางพาราด้วยมือและเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยการใช้สารจับตัว
5. ประเมินผลที่ได้จากการทดสอบเพื่อหาประสิทธิภาพของเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยการใช้สารช่วยน้ำยางจับตัว

บทสรุปของผู้บริหาร

ในปัจจุบันมีการส่งเสริมการเพาะปลูกยางพาราขึ้นในหลายพื้นที่ของประเทศไทย ซึ่งทำให้ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก ในขณะที่ปัจจุบันมีการทำสวนยางพาราทั่วทุกภาคในประเทศ ผลิตภัณฑ์ยางพาราจึงเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ ผลิตภัณฑ์ยางพาราจะถูกแปรรูป โดยมี 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แผ่นยางอบแห้งและน้ำยางพาราเข้มข้น ในส่วนของน้ำยางพาราเข้มข้นนั้นสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ มากมาย ในทางอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปโดยการชุบมีปริมาณถึง 66.8 เปอร์เซ็นต์ โดยในการแปรรูปโดยการชุบนั่น ส่วนใหญ่จะเป็นการนำแบบพิมพ์ที่ต้องการมาชุบจุ่มลงในน้ำยางเข้มข้น แล้วนำไปผ่านกระบวนการอบ นอกจากนั้นแล้วยังมีกระบวนการแปรรูปโดยการจุ่มน้ำยางร่วมกับการใช้สารจับตัว ซึ่งเหมาะสำหรับการทำถุงมือยาง และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนา และความเรียบสม่ำเสมอ ซึ่งการจุ่มด้วยมือเปล่านั้นยังมีข้อจำกัดทางด้านนี้ ดังนั้นเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว ต้นแบบจึงมีความสำคัญกับการจุ่ม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาสม่ำเสมอและรองรับการพัฒนาสู่เกษตรกรหรือผู้ประกอบการรายย่อยต่อไป การจุ่มน้ำยางแบบจับแบบพิมพ์จุ่มนั้นมี 2 วิธีการ คือ การใช้มือ และ การใช้เครื่องจักร ในการจุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยางแบบใช้มือจับนั้น จะทำให้ความหนาและความเข้มข้นของยางไม่คงที่ ผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการทำงานต่ำ ดังนั้นการจุ่มด้วยเครื่องแบบกึ่งอัตโนมัติจะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

ดังนั้นผู้วิจัยจึงจะทำการศึกษาค้นคว้าออกแบบ และสร้าง เครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติ แล้วทำการทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง ขั้นตอนแรกจะทำการทดสอบประสิทธิภาพโดยทั่วไปของเครื่องต้นแบบ คือ ขนาดของเครื่อง ความเร็วรอบการหมุนพิมพ์มือ ความเร็วในการเคลื่อนที่ขึ้นลง ระบบควบคุมการหมุนและการเคลื่อนที่ขึ้นลง ระบบไฟฟ้า รวมทั้งอุปกรณ์ประกอบอื่นๆ หลังจากนั้นจะทำการทดสอบประสิทธิภาพในการจุ่มพิมพ์ในน้ำยางพารา และการทดสอบเกี่ยวกับถุงมือ โดยจะทดสอบถึงความหนา ความเรียบสม่ำเสมอ ค่าเปอร์เซ็นต์การยืด รวมทั้งการทดสอบถึงแรงดึงของถุงมือที่ได้จากการจุ่มด้วยเครื่องต้นแบบ และได้จากการจุ่มด้วยมือ

ผลการทดสอบเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว พบว่า ขนาดเครื่องมีความกว้างของฐาน 40 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร และความสูงของฐาน 19 เซนติเมตร สกรูส่งกำลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร ทำจากเหล็ก สูง 120 เซนติเมตร เพื่องตามที่ยึดติดกับสกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร เพื่องจับสำหรับขึ้นลงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร มอเตอร์ที่ใช้มีความเร็ว 180 รอบต่อนาที เพื่องจับสำหรับหมุนซ้ายขวามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มอเตอร์ที่ใช้มีความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที มอเตอร์หมุนแบบ

พิมพ์ 80 รอบต่อนาที ความจุของถังใส่น้ำยางพาราและถังใส่น้ำสารช่วยจับตัว 9,425 ลูกบาศก์ เซนติเมตร ผลการทดสอบประสิทธิภาพการจุ่ม ที่จำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือ ระหว่าง 5 ถึง 20 รอบ โดยมีระยะเวลาในการจุ่มแบบพิมพ์เท่ากันนั้น พบว่าจำนวนรอบการหมุนที่เพิ่มขึ้นไม่มีผล ต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาของถุงมือ แต่เมื่อระยะเวลาในการจุ่มพิมพ์มือเพิ่มขึ้น พบว่าความ หนาของถุงมือที่จุ่มโดยเครื่องต้นแบบนั้นจะเพิ่มขึ้นตาม สำหรับการจุ่มโดยใช้มือเมื่อระยะเวลาการ จุ่มเพิ่มขึ้นความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามด้วย ผิวของถุงมือที่ได้จากการจุ่มพิมพ์มือด้วย เครื่องต้นแบบ นั้น จะมีความเรียบและสม่ำเสมอของผิวถุงมือดีกว่าการจุ่มโดยใช้มือ เนื่องจาก เครื่องต้นแบบมีการหมุนพิมพ์มือ ที่มีความเร็วรอบสม่ำเสมอ ทำให้การกระจาย ตัวของน้ำยางที่ เกาะบนพิมพ์มือดีกว่า

ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดึง พบว่าถุงมืออย่างที่ได้จุ่มพิมพ์มือด้วยเครื่องต้นแบบ และ การจุ่มพิมพ์มือด้วยมือ มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืด (Elongation at break) ตามมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1056-2548 ISO 11193-1 : 2002 และถุงมืออย่างที่ได้จากการจุ่มพิมพ์ มือโดยเครื่องต้นแบบนั้น ค่าTensile Strength เพิ่มขึ้นตามเวลาการจุ่มที่เพิ่มขึ้น ส่วนถุงมืออย่างที่ได้ จากการจุ่มพิมพ์มือด้วยมือ พบว่าค่าTensile Strengthต่อเวลาในการจุ่มมีค่าไม่สม่ำเสมอ เนื่องจาก การจุ่มพิมพ์มือด้วยมือนั้นไม่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของผิวถุงมืออย่างได้

เนื้อหางานวิจัย

1. บทนำ

ยางพาราเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศ ปัจจุบันประเทศไทยผลิตยางพาราธรรมชาติได้มากที่สุดในโลก ในขณะที่ปัจจุบันมีการทำสวนยางพาราทั่วทุกภาคในประเทศ ผลิตภัณฑ์ยางพาราจึงเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญของประเทศ ผลิตภัณฑ์ยางพาราจะถูกแปรรูป โดยมี 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ แผ่นยางอบแห้งและน้ำยางพาราเข้มข้น ในส่วนของน้ำยางพาราเข้มข้นนั้นสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆได้ มากมาย ในทางอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์จากการแปรรูปโดยการชุบมีปริมาณถึง 66.8 เปอร์เซ็นต์ โดยในการแปรรูปโดยการชุบนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นการนำแบบพิมพ์ที่ต้องการมาชุบจุ่มลงในน้ำยางเข้มข้น แล้วนำไปผ่านกระบวนการอบ นอกจากนั้นแล้วยังมีกระบวนการแปรรูปโดยการจุ่มน้ำยางร่วมกับการใช้สารจับตัว (Coagulant dipping) ซึ่งเหมาะสำหรับการทำถุงมือยาง และผลิตภัณฑ์ที่ต้องการความหนา และความเรียบสม่ำเสมอ ซึ่งการจุ่มด้วยมือเปล่านั้นยังมีข้อจำกัดทางด้านนี้ ดังนั้นเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว ดันแบบจึงมีความสำคัญกับการจุ่ม เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาสม่ำเสมอและรองรับการพัฒนาสู่เกษตรกร หรือผู้ประกอบการรายย่อยต่อไป

การจุ่มน้ำยางแบบจับแบบพิมพ์จุ่มนั้นมี 2 วิธีการ คือ การใช้มือ และการใช้เครื่องจักร ในการจุ่มแบบพิมพ์ในน้ำยางแบบใช้มือจับนั้น จะทำให้ความหนาและความเข้มข้นของยางไม่คงที่ ผลที่ได้คือผลิตภัณฑ์มีความหนาไม่สม่ำเสมอ นอกจากนี้ยังมีความสามารถในการทำงานต่ำ ดังนั้นการจุ่มด้วยเครื่องแบบกึ่งอัตโนมัติจะสามารถช่วยลดปัญหาดังกล่าวได้

2. ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับการชุบน้ำยาง

แต่เดิม ผลิตภัณฑ์ยางที่บาง ๆ สามารถทำได้โดยการชุบแบบลงในสารละลายของยางแต่การใช้สารละลายยางนั้น อาจเกิดอันตรายเนื่องจากไฟลุกไหม้สารละลายได้ง่าย และตัวทำละลายมีราคาสูงทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่าย นอกจากนั้น สารละลายของยางมีเนื้อเยื่อเพียง 15 ถึง 20 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นถ้าหากความเข้มข้นของยางในสารละลายสูงมากเกินไป สารละลายจะมีความหนืดสูงเกินไปที่จะชุบแบบได้ และเมื่อต้องการความหนาของผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นสามารถทำได้โดยชุบสารละลายยางหลาย ๆ ครั้ง

ต่อมาในปี พ.ศ. 2470 ได้มีเทคนิคการเก็บรักษาน้ำยางให้คงสภาพอยู่ได้นาน ๆ ทำให้การทำผลิตภัณฑ์โดยการชุบได้หันมาใช้ยางมากขึ้น เพราะน้ำยางมีตัวกลางที่เป็นน้ำไม่ติดไฟ และน้ำเป็นสิ่งที่

สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายน้อย นอกจากนั้น น้ำยางมีความเข้มข้นสูงถึง 60 เปอร์เซนต์ ทำให้การชุบแต่ละครั้งได้ความหนาที่สูงกว่าการชุบที่ใช้กับสารละลายของยาง ทำให้กระบวนการทำผลิตภัณฑ์ยางโดยการชุบน้ำยางเพิ่มมากขึ้น ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากน้ำยางโดยวิธีการชุบ ได้แก่ ถุงยางอนามัย ลูกโป่ง บอลบุนตั่ว อากาศ ถุงมือในบ้าน ถุงมือการแพทย์ ยางในลูกฟุตบอล จุกหัวนม และ แคสเตอร์ (Catheters) ชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

หลักการโดยทั่วไปของกระบวนการชุบน้ำยาง ทำได้โดยการนำเอาแบบพิมพ์ ที่ต้องการจะให้ผลิตภัณฑ์มีรูปร่างตามที่ต้องการ มาจุ่มอย่างช้า ๆ ลงในน้ำยางที่ผสมสารเคมีแล้ว เพื่อให้ น้ำยางเคลือบผิวของแบบพิมพ์ แล้วจึงค่อย ๆ ดึงแบบพิมพ์ขึ้น การจุ่มอาจจะเป็นครั้งเดียวหรือหลายครั้งก็ได้ การจุ่มอาจจะใช้สารจับตัว (Coagulant) ช่วยให้มีความหนาของน้ำยางเพิ่มขึ้นในการชุบแต่ละครั้งก็ได้ หลังจากนั้นนำแบบพิมพ์ไปอบร้อนให้ยางแห้งและวัลคาไนซ์ แล้วจึงค่อยลอกยางออกจากแบบพิมพ์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการจุ่ม มักจะมีการม้วนขอบยางตอนล่างเพื่อเสริมความแข็งแรงของยาง ป้องกันไม่ให้ฉีกขาดได้ง่ายในขณะใช้งาน

วิธีการเตรียมน้ำยางนั้นมีขั้นตอนดังนี้ นำสารเคมีที่บดแล้ว (ขนาดต่ำกว่า 5 ไมครอน) ใส่ลงในน้ำยาง บ่มไว้ที่อุณหภูมิห้อง (อย่างน้อย 26 ชั่วโมง) กวนช้า ๆ ฟองอากาศในน้ำยางจะลอยขึ้นในขณะบ่ม หลังจากทำการบ่มเสร็จแล้ว ทำให้เย็นที่อุณหภูมิ 18 ถึง 20 องศาเซลเซียส (ถ้าจำเป็นต้องเก็บไว้) กรองน้ำยางที่บ่มแล้ว ผ่านตะแกรงไนลอน ขนาด 80 ถึง 100 เมช (mesh) แล้วค่อยนำไปใช้ และต้องระวังอย่าให้อากาศเข้าไปในน้ำยาง

2.2 วิธีการต่าง ๆ ในการทำถุงมือจากยางพารา

วิธีการต่าง ๆ ในการชุบ (Dipping) มีทั้งหมด 3 วิธี (บุญธรรม และคณะ, 2538) ดังนี้

1. การชุบน้ำยางโดยตรง (Straight dipping)
2. การชุบน้ำยางโดยวิธี Heat sensitive dipping
3. การชุบน้ำยางโดยใช้สารจับตัว (Coagulant dipping)

2.2.1 การชุบน้ำยางโดยตรง (Straight dipping)

กระบวนการนี้เป็นกระบวนการธรรมดาที่สุดและใช้กันดั้งเดิม ในกระบวนการชุบทั้งหลาย วิธีการประกอบด้วยการค่อย ๆ จุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยางคอมปาวด์ แล้วค่อย ๆ ดึงแบบพิมพ์ขึ้นและทำให้น้ำยางที่เกาะบนแบบพิมพ์นั้นแห้ง การกระทำเช่นนี้อาจทำซ้ำกันหลาย ๆ ครั้ง เพื่อให้มีความหนาของยางตามความต้องการ ความเร็วของการจุ่มแบบพิมพ์ลงในน้ำยางไม่ค่อยเป็นปัญหาสำคัญนัก แต่จะ

สำคัญในขณะที่ยกแบบพิมพ์สัมผัสกับผิวของน้ำยาง ต้องควบคุมให้ความเร็วในขณะนั้นไม่ให้สูงเกินไป เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศบนแบบพิมพ์

การชุบโดยตรงจะง่ายกว่า แต่กระบวนการที่จะควบคุมให้ความหนาของยางให้เท่ากันตลอดทุก ครั้งในการทำงานนั้นจะมีความยุ่งยากกว่า โดยเฉพาะกรณีที่แบบพิมพ์มีรูปร่างซับซ้อน เช่น ถังมือ โอภาสจะทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ความหนาเท่ากันตลอดนั้น ยากขึ้นตามไปด้วย ดังนั้น การใช้กระบวนการ จุ่มโดยตรงจึงมักจะใช้กับผลิตภัณฑ์ที่เป็นแบบง่าย ๆ เช่น ถังยางอนามัย เป็นต้น

2.2.2 การชุบน้ำยางโดยวิธี Heat sensitive dipping

ในกระบวนการทำผลิตภัณฑ์จากการชุบ วิธีการชุบน้ำยางแบบ Heat sensitive dipping เป็นวิธีที่ จะให้ความหนาของยางมากที่สุดในการชุบทั้งหมด ดังนั้น ผลิตภัณฑ์จากน้ำยางที่หนา ๆ เช่น หัวนม ถังมืองานไฟฟ้า และรองเท้า จะใช้วิธีการชุบแบบนี้

น้ำยางที่ “Heat sensitive” หมายถึง น้ำยางที่ใส่สารเคมีบางตัวลงไป แล้วจะทำให้ยางนั้นสูญเสีย ความเสถียรอย่างรวดเร็วและเกิดการจับตัวเมื่อได้รับความร้อน กระบวนการทำ Heat sensitive dipping ทำได้โดยการนำแบบพิมพ์มาทำให้ร้อนที่อุณหภูมิ 50 ถึง 80 องศาเซลเซียส แล้วจึงนำไปชุบในน้ำยางทิ้งไว้ระยะเวลาหนึ่งตามความหนาที่ต้องการ และยกแบบพิมพ์ขึ้นนำแบบพิมพ์ที่ชุบแล้วไปทำให้แห้งโดย วิธีวัลคาไนซ์

ความหนาของยางที่เกาะอยู่บนแบบพิมพ์ขึ้นอยู่กับส่วนผสมของยางคอมปาวด์ อุณหภูมิในการ ชุบ ความจุความร้อนของแบบพิมพ์ และระยะเวลาของการชุบ ความหนาของการชุบครั้งหนึ่งอาจจะทำ ให้หนาได้ถึง 4 มิลลิเมตร ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับทำผลิตภัณฑ์ที่มีความหนา มาก ๆ

2.2.3 การชุบน้ำยางโดยใช้สารจับตัว (Coagulant dipping)

การจุ่มน้ำยางโดยตรง (Straight dip) จะได้แผ่นยางหนาประมาณ 0.04 ถึง 0.05 มิลลิเมตรต่อการ จุ่มหนึ่งครั้ง ในมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ทั่วไป ได้กำหนดความหนาของผลิตภัณฑ์ยางดังเช่นตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างความหนาของผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ

ชื่อผลิตภัณฑ์	ความหนา (มม.)	หมายเลขมาตรฐาน
ถุงยางอนามัย	ไม่เกิน 0.03	B.S. 3704: 1979
ถุงมือตรวจโรค	ไม่น้อยกว่า 0.03	ASTM D 3578
ถุงมือผ่าตัด	ไม่น้อยกว่า 0.01	ASTM D 3577
ถุงมือผ่าตัด	ไม่น้อยกว่า 0.01	B.S. 4005: 1984
ถุงมือผ่าตัด	ไม่เกินกว่า 0.03	B.S. 4005: 1984
ถุงมือผ่าตัด	0.24 ± 0.06	IS 4148: 1967
ถุงมือการแพทย์	0.20 ± 0.03	มอก 538-2527

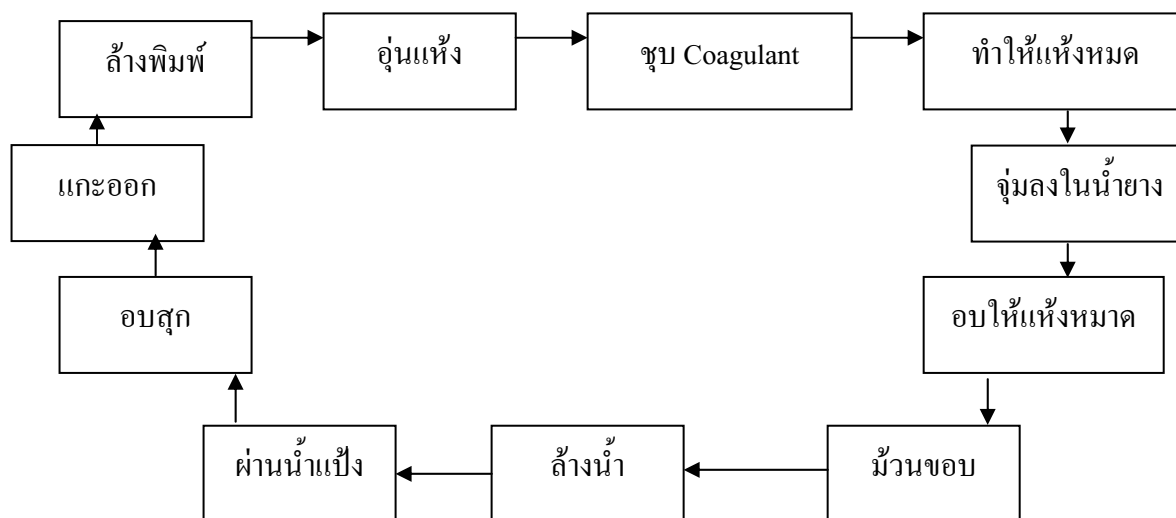
ที่มา : บุญธรรม. 2532.

หมายเหตุ มอก. คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ดังนั้นในการทำผลิตภัณฑ์จากน้ำยางต่าง ๆ ดังกล่าว ถ้าทำการจุ่มโดยตรงอย่างน้อยที่สุดก็ต้องจุ่มถึง 2 ครั้งซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นตอนในกระบวนการผลิต ทำให้ค่าใช้จ่ายในกระบวนการสูงขึ้นด้วย ยิ่งกรณีของการผลิตถุงมือบ้าน และถุงมือโรงงานอุตสาหกรรม ก็ต้องจุ่มเพิ่มมากขึ้นไปอีก

การลดขั้นตอนในการผลิตในขั้นตอนของการจุ่มให้น้อยครั้งลงไป ทำได้โดยการใช้สารช่วยน้ำยางจับตัว เข้าช่วยในกระบวนการจุ่มนี้ วิธีการคือ นำแบบพิมพ์ที่สะอาด มาจุ่มลงในสารช่วยน้ำยางจับตัวแล้วยกขึ้น หลังจากนั้นจึงนำไปจุ่มลงในน้ำยางตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ ยิ่งจุ่มนานน้ำยางก็จะจับตัวบนแบบพิมพ์หนาขึ้นตาม แล้วจึงยกแบบพิมพ์ออกไปจากน้ำยาง การจุ่มแบบพิมพ์ลงในสารช่วยน้ำยางจับตัวนั้น ต้องนำแบบพิมพ์ที่สะอาดอุ่นให้ได้อุณหภูมิประมาณ 70 องศาเซลเซียส จุ่มลงในสารช่วยน้ำยางจับตัวตามระดับที่ต้องการ แล้วค่อย ๆ ยกขึ้น ด้วยความเร็วประมาณ 60 ถึง 70 เซนติเมตรต่อนาที พอถึงบริเวณโคนนิ้ว (ประมาณปลายแบบพิมพ์) ให้ยกขึ้นด้วยความเร็วที่ช้ากว่าเดิม อัตราการยกให้พอดีกับการไหลของสารช่วยน้ำยางจับตัวออกจากแบบพิมพ์ อย่าให้เหลือเป็นหยด ๆ ติดอยู่

การยกแบบพิมพ์ขึ้นจากถังน้ำยาง จะต้องแช่แบบพิมพ์ในถังน้ำยางให้ได้ความหนาที่ต้องการก่อนยกขึ้น อัตราความเร็วในการยกออกให้ช้าประมาณ 30 เซนติเมตรต่อนาที เมื่อถึงบริเวณโคนนิ้ว ให้ลดความเร็วช้าลงไปอีก เช่น 20 เซนติเมตรต่อนาที ในการยกขึ้นให้ยกขึ้นช้า ๆ เพื่อให้ระยะที่น้ำยางไหลลงสู่ปลายนิ้วไม่เหลือเป็นหยด ๆ เมื่อยกขึ้นแล้วควรตั้งแบบพิมพ์ตรง หรือหมุนแบบพิมพ์ ให้น้ำยางหยดสุดท้ายกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ไม่เหลือเป็นตุ่ม ขั้นตอนทั้งหมดเป็นกระบวนการทำผลิตภัณฑ์แบบจุ่ม เช่นการทำงานของเครื่องทำถุงมือยางโดยใช้สารจับตัว แบบอัตโนมัติ แสดงได้ดังภาพที่ 2.1 เป็นต้น



ภาพที่ 2.1 ขั้นตอนการทำงานของเครื่องทำถุงมือยางโดยใช้สารช่วยน้ำยางจับตัวแบบอัตโนมัติ
ที่มา : บุญธรรม และคณะ. 2538.

เครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติ ที่ทำการออกแบบและสร้างจะมีลักษณะการทำงานคือ เริ่มต้นเมื่อติดตั้งแบบพิมพ์ที่ผ่านการอุ่นเข้ากับเครื่องจุ่ม แล้ว เครื่องจะเริ่มการทำงานโดยเลื่อนให้แบบพิมพ์เคลื่อนที่จุ่มลงในถังสารช่วยน้ำยางจับตัวก่อน เป็นระยะเวลาตามที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นแบบพิมพ์ก็จะถูกดึงขึ้นอย่างอัตโนมัติ และทำการหมุนแบบพิมพ์ให้เคลื่อนที่ไปยังถังน้ำยาง เข้มข้น หลังจากนั้นเครื่องจะเริ่มเลื่อนแบบพิมพ์จุ่มลงถึงน้ำยาง โดยใช้เวลารอบตามที่กำหนด แล้วเครื่องจะทำการยกแบบพิมพ์ขึ้นอย่างช้า ๆ เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาสม่ำเสมอ เมื่อยกแบบพิมพ์สูงขึ้นถึงตำแหน่งที่กำหนดแล้วเครื่องจะทำการหมุนแบบพิมพ์ ตามจำนวนรอบที่ต้องการ เพื่อช่วยในการปรับความหนาของผลิตภัณฑ์และป้องกันการเป็นหยด และหลังจากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ที่ได้ไปอบวัลคาไนซ์ต่อไป

2.3 การคำนวณหาปริมาณสารและสารจับตัว

การคำนวณหาสูตรน้ำยางพาราและสารจับตัว หาได้จากปริมาณสารสัมพันธ์ (Chemistry homepage, 2000) โดยหาจาก

1) การเตรียมสารละลายเจือจางโดยการเติมน้ำ

โมลของตัวถูกละลายก่อนเติมน้ำ = โมลของตัวถูกละลายหลังเติมน้ำ

หรือ

$$C_1 V_1 = C_2 V_2 \quad \dots(2.1)$$

โดยที่ C_1 = สารละลาย (กรัม)
 V_1 = จำนวน (กรัม)
 C_1 = เติมน้ำเป็นสารละลาย (กรัม)
 V_2 = จำนวน (กรัม)

2) การเตรียมสารละลายโดยการผสมสารละลายชนิดเดียวกันความเข้มข้นต่างกัน แต่ปริมาตรที่ใช้ต่างกัน

$$C_1V_1 + C_2V_2 + \dots = CV \quad \dots(2.2)$$

โดยที่ C_1V_1 และ C = ความเข้มข้นของสารละลาย (กรัม)
 C_2V_2 และ V = ปริมาตรของสารละลาย (กรัม)

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

วรารักษ์ และ วิภา (2537) ทดลองออกสูตรน้ำยางขึ้นธรรมชาติผสมกับน้ำยางสังเคราะห์และผสมสารเคมี โดยกำหนดสารเคมีจำเป็นอย่างอื่น ๆ แปรสัดส่วนผสมระหว่างน้ำยางธรรมชาติกับน้ำยางสังเคราะห์ ซึ่งเลือกใช้น้ำยางสังเคราะห์ชนิดที่ทนต่อการกัดและสารเคมีคือน้ำยางคลอโรพรีน ปรับปริมาณการใช้สารในระบบทำให้น้ำยางคงรูปให้เหมาะสมกับน้ำยางคลอโรพรีน ทดลองผสมน้ำยางกับสารเคมีและศึกษาอายุการเริ่มเกิดปฏิกิริยาของรูป (Prevulcanised) โดยวิธีทดสอบกับคลอโรฟอร์ม ทดลองขึ้นต้นโดยผสมน้ำยาง แล้วเทแผ่นเพลท (plate) ได้แผ่นยางคงรูปแล้วหนาประมาณ 2-3 มิลลิเมตร นำไปทดสอบการดึงยาง (Tensile properties) ทดสอบการทนต่อการกัด และตัวทำละลายต่าง ๆ ที่มักใช้ในงานทั่วไป โดยวิธีการแช่ในสารเคมีเหล่านี้จับเวลาความเปลี่ยนแปลงของยางสูตรต่าง ๆ เปรียบเทียบกับตัวอย่างที่ตัดจากถุงมือทนกรดซึ่งนำเข้าจากต่างประเทศ ขึ้นต่อมาทดลองผสมน้ำยางในปริมาณมากพอกับการจุ่มเป็นถุงมือโดยใช้พิมพ์ถุงมือแม่บ้าน ทดสอบสมบัติการดึงยาง และทดสอบความทนต่อการกัดและตัวทำละลาย ซึ่งได้พบว่า เมื่อผสมยางสังเคราะห์คลอโรพรีน สมบัติการดึงยาง ความทนต่อการกัดอะซิติก (CH_3COOH) และต่อตัวทำละลายอะซิโตนลดลง แต่ความทนต่อการกัดไนตริก (HNO_3) ดีขึ้น ส่วนความทนต่อการกัดและตัวทำละลายอื่น ๆ ที่ได้ทดลองไม่ต่างกับสูตรที่ใช้น้ำยางธรรมชาติอย่างเดียว

วรารักษ์ และคณะ (2539) ได้ศึกษาถุงมือยางเคลือบผ้าสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมทั่วไป โดยเฉพาะอย่างยิ่งงานอุตสาหกรรมประเภทอุตสาหกรรมหนักอุตสาหกรรมด้านเครื่องจักรกลและเครื่องยนต์ มักมีการใช้ถุงมือยางชนิดที่เคลือบผ้า (Fabric lined gloves) โดยเทคนิคการจุ่มถุงมือผ้า (Dipping the fabric gloves) ประเภทผ้าฝ้าย และอาศัยสารช่วยให้ให้น้ำยางจับตัว ถุงมือประเภทนี้โดยปกติจะใช้น้ำยางสังเคราะห์ประเภทที่เกาะติดเนื้อผ้าได้ดี และให้คุณภาพยางที่เคลือบถุงมือผ้าทนต่อการใช้

งาน เช่น ทนของมีคมพวกโลหะ แก้ว เป็นต้น จึงควรมีการศึกษาการผลิตถุงมือยางเคลือบผ้าโดยใช้น้ำยางธรรมชาติ เพื่อเพิ่มชนิดผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้น้ำยางธรรมชาติได้ โดยการทดลองจุ่มถุงมือผ้าลงในน้ำยางชั้นธรรมชาติที่ผสมสารเคมีด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ คือ 60, 55, 50, 45 และ 40 เปอร์เซ็นต์ กับทดลองจุ่มถุงมือผ้าลงในสารช่วยให้น้ำยางจับตัวที่ความเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ก่อน แล้วจึงจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมีที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ เช่นกัน พบว่าถุงมือผ้าที่จุ่มลงในสารช่วยน้ำยางจับตัวเข้มข้น 30 เปอร์เซ็นต์ ก่อน แล้วจึงจุ่มลงในน้ำยางผสมสารเคมีความเข้มข้น 50 เปอร์เซ็นต์ จะให้ถุงมือยางเคลือบผ้าที่มีความหนาพอเหมาะไม่หนาหรือบางเกินไป

สุภาพร และ คณะ (2545) ได้ศึกษาอุตสาหกรรมถุงมือยางมีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศทั้งรายได้จากการส่งออกและค่าจ้างงาน มูลค่าการส่งออกถุงมือยาง ในปี 2545 สูงถึง 16,925 ล้านบาท สูงเป็นอันดับที่ 2 รองจากมูลค่าการส่งออกยางยานพาหนะ อัตราการขยายตัวของมูลค่าการส่งออกถุงมือยางในช่วงระหว่างปี 2541 ถึง 2545 เฉลี่ย 8.4 เปอร์เซ็นต์ ตลาดส่งออกถุงมือยางที่สำคัญของไทยได้แก่สหรัฐอเมริกา เยอรมนี สหราชอาณาจักร ญี่ปุ่น อิตาลี เนเธอร์แลนด์ อุตสาหกรรมถุงมือยางเป็นอุตสาหกรรมที่ใช้แรงงานมาก (Labour intensive) มีการจ้างงานในอุตสาหกรรมนี้กว่า 16,000 คน โรงงานผลิตถุงมือยางในปัจจุบันมีจำนวน 23 โรง เป็นโรงงานขนาดใหญ่ที่ร่วมลงทุนกับต่างชาติ (Joint venture) อยู่ 4 โรง ที่เหลือเป็นโรงงานขนาดกลางและเล็ก ซึ่งเจ้าของกิจการเป็นคนไทยหรือร่วมลงทุนกับไต้หวัน มาเลเซีย ญี่ปุ่น และอินเดีย การผลิตถุงมือยางประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์ ส่งออกไปต่างประเทศ ต้นทุนการผลิตมีส่วนประกอบของต้นทุนเป็นรอกัลคอนเท้นท์ (Local Content) สูง 40 เปอร์เซ็นต์เป็นน้ำยางชั้น 10 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าแรงงาน และ 20 เปอร์เซ็นต์เป็นค่าเชื้อเพลิง ปัญหาของอุตสาหกรรมถุงมือยางในปัจจุบันคือ โรงงานขนาดกลางและเล็ก ซึ่งส่วนใหญ่เป็นกิจการของคนไทยเสียเปรียบโรงงานขนาดใหญ่ที่เป็นกิจการข้ามชาติ ในแง่ที่ผู้ผลิตขนาดใหญ่ได้รับสิทธิประโยชน์ด้านการลงทุน (BOI) ได้รับการยกเว้นภาษีเครื่องจักร สารเคมี ที่นำเข้า ยกเว้นภาษีรายได้ มีเทคนิคการผลิตที่ทันสมัย ทำให้สามารถผลิตในต้นทุนที่ต่ำกว่าและยังเป็นผู้ครองตลาดส่งออกด้วย ขณะที่การผลิตถุงมือยางในปัจจุบันตลาดเป็นของผู้ซื้อปริมาณการผลิตมีมากกว่าความต้องการใช้ ทำให้ราคาถุงมือยางปรับตัวลดลงโดยตลอด สวนทางกับราคาวัตถุดิบ น้ำยางชั้นที่ปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง ในช่วงตั้งแต่ปี 2545 เป็นต้นมาผู้ผลิตถุงมือยางขนาดกลางและเล็กได้ร่วมกันลดปริมาณการผลิต 30 เปอร์เซ็นต์ เป็นเวลา 6 เดือน และขอให้รัฐบาลทบทวนนโยบายการใช้สิทธิประโยชน์แก่ผู้ลงทุนรายใหม่ในอุตสาหกรรมนี้

ภัทธา และ วิภา (2546) ได้ศึกษาหาแนวทางและกรรมวิธีเพิ่มปริมาณการผลิตผลิตภัณฑ์ยางทางการแพทย์โดยใช้ยางธรรมชาติให้มากขึ้น โดยตั้งใจที่จะศึกษาความต้องการของผลิตภัณฑ์ยางทางการแพทย์ที่สั่งเข้า สมบัติที่ต้องการและมาตรฐานของผลิตภัณฑ์นั้น ๆ หาสาเหตุที่โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ยางทางการแพทย์ของไทยไม่ได้มาตรฐาน และศึกษาสูตรรวมทั้งเทคนิคการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง

การแพทย์ที่เหมาะสมแก่การใช้งานและมีมาตรฐานสากล แต่หัวหน้าโครงการวิจัยนี้ได้เสียชีวิตลง และไม่มีผู้ดำเนินงานวิจัยต่อโครงการวิจัยนี้จึงได้ผลเฉพาะในช่วงแรกที่ทำงานวิจัย คือการรวบรวมมาตรฐานผลิตภัณฑ์ทางการแพทย์ในประเทศไทยซึ่งรวบรวมได้ 5 ชนิด ได้แก่ ถุงมือยางปราศจากเชื้อสำหรับการศัลยกรรมชนิดใช้ครั้งเดียว ถุงมือยางสำหรับตรวจโรคชนิดใช้ครั้งเดียว ถุงยางอนามัย จุกหวนมยางสำหรับขูดนม และกระเป๋าน้ำร้อนยาง

วิภา และ กุลทิศา (2546) ได้ศึกษาและพบว่าถุงมือยางเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้ยางธรรมชาติมากกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ และมีปริมาณการใช้ยางธรรมชาติมากรองจากผลิตภัณฑ์ยางยานพาหนะ อุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ถุงมือยางของประเทศไทยมีการขยายตัวในการใช้ยางธรรมชาติสูงมาก และเป็นผู้ส่งออกอันดับสองของโลกรองจากประเทศมาเลเซีย ดังนั้น เพื่อให้การพัฒนามาตรฐานถุงมือยางทางการแพทย์ของไทยมีคุณภาพเป็นที่เชื่อถือของผู้บริโภค จึงควรที่จะมีการศึกษาในเรื่องการทดสอบและข้อกำหนดรายการทดสอบที่สำคัญและจำเป็น โดยเฉพาะสมบัติแรงดึงยางเมื่อขาด การรั่วซึมน้ำ และมีการพัฒนาห้องปฏิบัติการทดสอบถุงมือยางของส่วนอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง ให้ได้รับการรับรองคุณภาพห้องปฏิบัติการตาม มอก. 17025 หรือ ISO/IEC 17025 ซึ่งจะทำให้ผู้ผลิตมีความมั่นใจในการให้บริการทดสอบมากขึ้น เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคในด้านคุณภาพของถุงมือยางทางการแพทย์ในระดับสากลมากขึ้น ซึ่งจะเป็นการเพิ่มข้อได้เปรียบในการแข่งขันถุงมือยางในตลาดโลก

โครงการวิจัยนี้มี 2 กิจกรรม ดังนี้

กิจกรรมที่ 1 การพัฒนาข้อกำหนดมาตรฐานถุงมือยางทางการแพทย์ของไทย โดยศึกษาถึงวิธีการทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของถุงมือยางทางการแพทย์ ได้แก่ สมบัติแรงดึงยางเมื่อขาดและความยืดเมื่อขาด ทั้งก่อนบ่มและหลังบ่มแรง การรั่วซึมน้ำ และฝึกรอบรรมภาคปฏิบัติแก่พนักงานห้องปฏิบัติการเพื่อให้เข้าใจและทดสอบได้ถูกต้องตามวิธีการ ทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของถุงมือยางทางการแพทย์ 4 ชนิด ได้แก่ ถุงมือยางสำหรับการตรวจโรคแบบมีแปรง ถุงมือยางสำหรับการตรวจโรคแบบไม่มีแปรง (คลอรีน) ถุงมือยางสำหรับการตรวจโรคแบบไม่มีแปรง (เคลือบด้วยพอลิเมอร์) และถุงมือยางสำหรับการศัลยกรรม พบว่าสมบัติแรงดึงยางเมื่อขาดทั้งก่อนบ่มและหลังบ่มแรงของถุงมือยางทั้ง 4 ชนิด ผ่านเกณฑ์ข้อกำหนดของมาตรฐานระหว่างประเทศ (International Standard, ISO) และมีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของต่างประเทศ

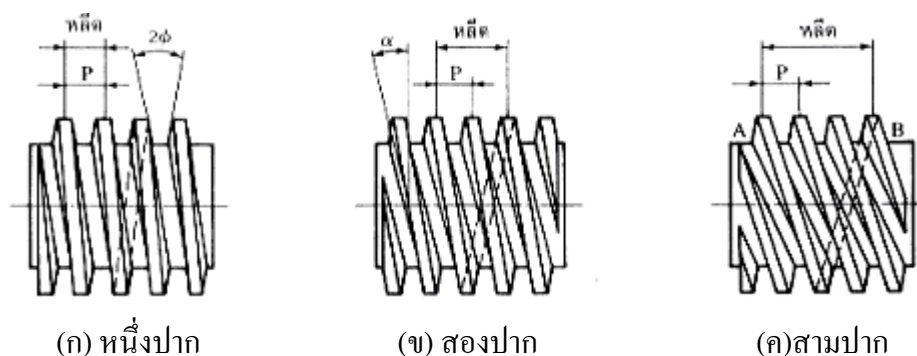
กิจกรรมที่ 2 การพัฒนาห้องปฏิบัติการทดสอบถุงมือยางของส่วนอุตสาหกรรมยาง จากการที่ห้องปฏิบัติการส่วนอุตสาหกรรมยาง สถาบันวิจัยยาง ได้รับการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการตาม ISO/IEC 17025 หรือ มอก. 17025 เมื่อวันที่ 2 กรกฎาคม 2545 ซึ่งเป็นการให้การรับรองระบบคุณภาพ

ห้องปฏิบัติการเฉพาะห้องปฏิบัติการยางแท่งเอสทีอาร์เท่านั้น จึงเป็นการขยายขอบเขตเพื่อขอการรับรองระบบคุณภาพห้องปฏิบัติการทดสอบยางมือต่อไป

2.5 ทฤษฎีเพื่อการออกแบบ

2.5.1 การออกแบบสกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลัง (Power screws) เป็นชิ้นส่วนที่ใช้ในเครื่องจักรกลเพื่อเปลี่ยนการหมุนเป็นการเลื่อน ดังนั้นจึงมีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า สกรูเลื่อน (Translation screws) นอกจากจะใช้เปลี่ยนการหมุนเป็นการเลื่อนแล้ว สกรูส่งกำลังยังใช้ในการยกน้ำหนักที่ตัวสกรูรับอยู่อีกด้วย สกรูเพรส (Screw press) สำหรับใช้กดชิ้นงานให้มีรูปร่างที่ต้องการ ก่อนที่จะกล่าวถึงชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง จำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจกับคำจำกัดความบางคำซึ่งจะต้องเข้าใจอยู่เสมอ โดยพิจารณาจากภาพที่ 2.2 และสมการที่ใช้ในการออกแบบอ้างอิงมาจากสมการของ ซาญ และ วริทธิ์ (2546)



ภาพที่ 2.2 เกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู
ที่มา : ซาญ และ วริทธิ์. 2546.

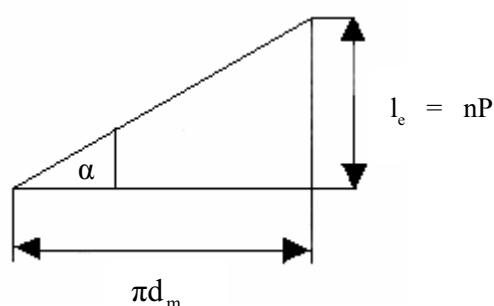
ระยะพิตช์; P หมายถึง ระยะทางที่วัดตามแนวแกนของสกรูจากจุดหนึ่งบนเกลียวหนึ่ง ไปยังจุดเดียวกันของเกลียวที่อยู่ถัดไป

ลีด (Lead); l_c คือระยะทางที่สกรูเคลื่อนที่ได้ตามแนวแกนของสกรู ในขณะที่สกรูหมุนไปหนึ่งรอบ ถ้าเป็นสกรูหนึ่งปาก (Single thread) ระยะลีดมีค่าเท่ากับระยะพิตช์ สำหรับสกรูสองปาก (double thread) เกลียวจะมีปากคาบระหว่างเกลียวสองเกลียว ดังภาพที่ 2.3 ดังนั้นเมื่อสกรูหมุนไปหนึ่งรอบ การเคลื่อนที่ในแนวแกนของสกรูจึงเป็นสองเท่าของระยะพิตช์ ในทำนองเดียวกันสำหรับสกรูสามปาก (Triple thread) ลีดจะมีค่าเป็นสามเท่าของระยะพิตช์ ถ้าสกรูเป็นแบบ n ปาก ระยะของลีดดังสมการที่ 2.3

$$l_c = nP \quad \dots (2.3)$$

มุมฮีลิกซ์หรือมุมหลิิด (Helix or lead angle); α หมายถึงมุมระหว่างระนาบที่สัมผัสกับความเอียงลาดของเกลียวและระนาบที่ตั้งฉากกับแกนของสกรู ถ้าให้ d_m เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยของสกรู ละนำส่วนที่สกรูเคลื่อนที่ไปในขณะที่หมุนหนึ่งรอบมาคลี่ออก ก็จะได้ลักษณะดังภาพที่ 2.3 และมุมหลิิดดังสมการที่ 2.4

$$\tan \alpha = \frac{l_c}{\pi d_m} \quad \dots (2.4)$$



ภาพที่ 2.3 มุมหลิิด

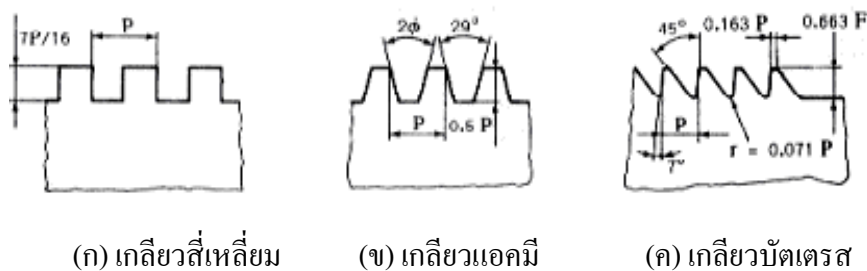
ที่มา : ชาญ และ วรวิทย์. 2546.

เส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของสกรู ซึ่งนับรวมถึงความสูงของเกลียวด้วย ขนาดระบุ (Nominal size) ของสกรูส่งกำลังจะบอกโดยใช้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่เสมอและเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางที่เล็กที่สุดของสกรู

2.5.2 ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง

สกรูส่งกำลังที่ใช้อยู่ในปัจจุบันนี้ส่วนมากจะมีขนาดตามหน่วยระบบอังกฤษ ส่วนเครื่องจักรที่จะผลิตออกมาในอนาคตจะค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงไปใช้ในระบบหน่วยเอสไอ ซึ่งสำหรับสกรูส่งกำลังแล้วรูปร่าง และขนาดของเกลียวจะเป็นไปตามมาตรฐานระหว่างประเทศ ในที่นี้จะกล่าวถึงที่มีใช้กันมากในระบบหน่วยอังกฤษและเกลียวที่มีอยู่ตามมาตรฐานระหว่างประเทศเท่านั้น

เกลียวสี่เหลี่ยม (Square thread) เป็นเกลียวชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงสุดในจำพวกเกลียวของสกรูส่งกำลัง ซึ่งเรียกกันอีกชื่อหนึ่งว่าเกลียวเซลเลอร์ (Sellers' thread) โดยมีลักษณะของเกลียวดังกล่าวในภาพที่ 2.4 (ก) แต่เนื่องจากการตัดเกลียวสี่เหลี่ยมนี้ทำได้ยากและเสียค่าใช้จ่ายสูงจึงมีการนำมาใช้งานน้อยลง ดังนั้นเกลียวชนิดนี้จึงมิได้มีการทำเป็นมาตรฐานทั่วไป



ภาพที่ 2.4 ชนิดของเกลียวสำหรับสกรูส่งกำลัง

ที่มา : ชาญ และ วรวิทย์. 2546.

เกลียวแอกมี (Acme thread) หรือเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมู เป็นเกลียวชนิดที่มีมุมของเกลียว (Thread angle) 2ϕ เท่ากับ 29° องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 2.4 (ข) เนื่องจากตัดเกลียวได้ง่ายจึงมีการนำมาใช้งานเรื่อยมาประสิทธิภาพของเกลียวชนิดนี้จะน้อยกว่าเกลียวสี่เหลี่ยม ถ้าเกิดความเสี่ยงหรือหลังจากใช้งานเป็นระยะเวลาหนึ่งก็สามารถที่จะปรับให้เกลียวของสกรูกับเกลียวสี่เหลี่ยม ถ้าเกิดความเสี่ยงหรือหลังจากการใช้งานมาเป็นระยะหนึ่งก็สามารถที่จะปรับให้เกลียวของสกรูกับเกลียวตัวเมียได้สนิทเหมือนเดิม โดยการขันเกลียวตัวเมียซึ่งเป็นแบบ Spilt nut เข้าไปให้กระชับกับเกลียวของสกรูได้

เกลียวบัตเตอร์ส (Buttress thread) เป็นเกลียวที่มีรูปร่างเป็นฟันเลื่อย ดังภาพที่ 2.4 (ค) จุดมุ่งหมายก็เพื่อที่จะใช้รับแรงในทิศทางเดียว เกลียวชนิดนี้มีความแข็งแรงมากกว่าเกลียวสองชนิดที่ได้กล่าวมาแล้วเนื่องจากชนิดนี้มีใช้ไม่มากนัก ดังนั้นจึงมิได้มีการกำหนดขนาดเป็นมาตรฐาน

การคำนวณหาความเค้นในส่วนต่าง ๆ ของสกรูส่งกำลัง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับลักษณะการขบกันระหว่างเกลียวของสกรูเป็นเกลียว ตลอดจนการกระจายของแรงบนเกลียวว่าจะเข้าใกล้กับสภาพที่ได้สมมติเอาไว้เพียงใด เกลียวที่อยู่ใกล้กับน้ำหนักรับแรงมากกว่าเกลียวที่อยู่ห่างออกไป ความหลวมระหว่างสกรูและแป้นเกลียวอาจทำให้แรงกระจายไม่สม่ำเสมอ หรือการโก่งของเกลียวอาจทำให้เกลียวบางเกลียวรับแรงมากเกินไป เป็นต้น ในการออกแบบควรจะต้องคิดถึงสิ่งต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.5.3 ความเค้นวิกฤต (Critical or bucking stress) ในการคำนวณหาขนาดของสกรูที่รับแรงกดแต่เพียงอย่างเดียว ถ้าเป็นสกรูสั้นก็สามารถที่จะใช้สมการของความเค้นกด

$$\sigma_c = \frac{W}{A_r} \quad \dots (2.5)$$

โดยที่ σ_c = ความเค้นวิกฤต (นิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสคาล)

W = น้ำหนักแรงกด (นิวตัน)

A_r = พื้นที่รับแรง (ตารางเมตร)

เนื่องจากฟืนเกลียวที่จะช่วยรับแรงนี้ด้วย ดังนั้นพื้นที่รับแรง ก็ควรจะมีขนาดใหญ่กว่าพื้นที่ซึ่งคิดที่เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย อาจจะประมาณได้ว่าควรจะเป็นเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยระหว่างเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยและเส้นผ่านศูนย์กลางพิช เพื่อความสะดวกในการคำนวณจึงขอแนะนำพื้นที่ของเส้นผ่านศูนย์กลางน้อย

2.5.4 ความเค้นผสม ถ้าสกรูยาวไม่มากนักก็จะไม่เกิดการ โกงงอขึ้นเมื่ออยู่ภายใต้แรงกดหรือในบางกรณีสกรูส่งกำลังอาจจะใช้รับแรงดึงก็ได้ นอกจากนี้แล้วก็ยังมีความเค้นเฉือนอันเนื่องมาจากการบิดของสกรูอีกด้วย การคำนวณในกรณีเช่นนี้ต้องใช้ความเค้นผสมซึ่งมีอยู่หลายทฤษฎีดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สำหรับทฤษฎีที่ปลอดภัยและใช้ง่ายก็คือ ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุด ดังสมการที่ 2.6 และสมการที่ 2.7

$$\tau_d = \left(\left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right)^{1/2} \quad \dots (2.6)$$

โดยที่ τ_d = ความเค้นเฉือนใช้งาน (นิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสคาล)

σ = ความเค้น (นิวตันต่อตารางเมตร หรือ ปาสคาล)

τ = ความเค้นเฉือน (นิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสคาล)

$$\text{และ} \quad \tau = \frac{Tr}{J} = \frac{16T}{\pi d_r^3} \quad \dots (2.7)$$

โดยที่ d_r = เส้นผ่านศูนย์กลางน้อย (เมตร)

T = โมเมนต์บิด (นิวตัน-เมตร)

r = รัศมี (เมตร)

J = โมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้ว (เมตร⁴)

2.5.5 ความเค้นอัด ความเค้นอัดในที่นี้ หมายถึง ความเค้นที่เกิดจากการที่ผิวหน้าของฟืนเกลียวของตัวสกรูอัดกับผิวหน้าของฟืนเกลียวของแป้นเกลียวหรือส่วนที่เป็นเกลียวตัวเมีย ในการคำนวณความเค้นอัดนี้ให้ใช้พื้นที่ภาพฉายของเกลียวส่วนที่อัดกันอยู่ ถ้าจำนวนเกลียวดังกล่าวนี้เท่ากับ n เกลียวพื้นที่นี้ ดังสมการที่ 2.8

$$A = \frac{\pi}{4} (d^2 - d_r^2) n \quad \dots (2.8)$$

โดยที่ A = พื้นที่ภาพฉายของเกลียวที่อัดกัน (ตารางเมตร)

d = เส้นผ่านศูนย์กลาง (เมตร)

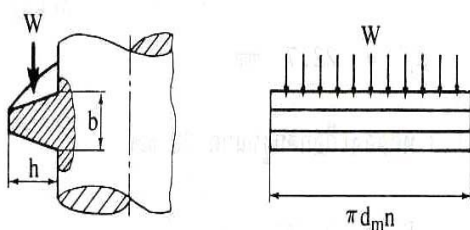
n = จำนวนเกลียว

$$\text{ดังนั้นความเค้นอัด} \quad \sigma_c = \frac{4W}{\pi(d^2 - d_r^2)n} \quad \dots (2.9)$$

โดยที่ σ_c = ความเค้นอัด (นิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสกาล)

2.5.6 ความเค้นเฉือนในฟันเกลียว นอกจากความเค้นต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วในฟันเกลียวยังเกิดความเค้นดัดและความเค้นเฉือนที่โคนฟันเกลียวอีกด้วย ดังภาพที่ 2.5 เนื่องจากความสูงของฟันเกลียวมีค่าน้อย ดังนั้นโมเมนต์ดัดที่โคนฟันเกลียวจึงมีค่าน้อยด้วย ฉะนั้นฟันเกลียวส่วนมากจึงทนต่อความเค้นดัดได้ ส่วนความเค้นเฉือนอาจจะมีค่ามาก จากทฤษฎีกลศาสตร์วัสดุ ความเค้นเฉือนสูงสุดสำหรับพื้นที่หน้าตัดที่รับแรงเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าเท่ากับ

$$\tau = \frac{3W}{2A} \quad \dots (2.10)$$



ภาพที่ 2.5 ฟันเกลียวรับแรงคล้ายกับคานยื่น

ที่มา : ชาญ และ วรวิทย์. 2546.

ให้ b เป็นความหนาของโคนฟันเกลียว ดังนั้นพื้นที่รับแรงเฉือน

$$A = \pi d_r b n \quad \dots (2.11)$$

โดยที่ A = พื้นที่รับแรงเฉือน (ตารางเมตร)

b = ความหนาของโคนฟันเกลียว (มิลลิเมตร)

เพราะฉะนั้น

$$\tau_d = \frac{3W}{2\pi d_r b n} \quad \dots (2.12)$$

โดยที่ τ = ความเค้นเฉือนในฟันเกลียว (นิวตันต่อตารางเมตรหรือปาสกาล)

ค่า d_r นี้ต้องเลือกใช้ที่โคนฟันเกลียวของสกรูหรือเป็นเกลียว แล้วแต่ละจะตรวจสอบที่ส่วนไหน

2.5.7 การคำนวณขนาดมอเตอร์

เนื่องจากลักษณะของเครื่องจักรแบบกึ่งอัตโนมัตินั้นจะมีการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะ คือการเคลื่อนที่ขึ้นลงและการเคลื่อนที่แบบหมุน จึงต้องใช้แหล่งพลังงานในการเคลื่อนที่ดังกล่าว ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย หาซื้อได้ทั่วไป และมีราคาที่เหมาะสมนั้นคือ มอเตอร์ โครงงานดังกล่าวนี้ออกแบบโดยใช้มอเตอร์ที่ไม่สามารถปรับความเร็วรอบได้ ซึ่งจะสามารถทำการกำหนดระยะเวลาในการจักรแบบพิมพ์ได้ตามต้องการ และในการออกแบบสามารถคำนวณหาขนาดมอเตอร์ได้จากสมการที่

2.13

$$p = \frac{2\pi N n_s T}{60} \quad \dots(2.13)$$

โดยที่ p = กำลังวัตต์ (วัตต์)

n_s = ค่าความปอดคัย

T = โมเมนต์บิด (นิวตัน-เมตร)

N = ความเร็วรอบ (รอบต่อนาที)

2.5.8 การหาขนาดและอัตราทดของชุดเฟือง

เนื่องจากความเร็วรอบในการหมุนค่อนข้างน้อย ดังนั้นจึงจำเป็นต้องใช้ขบวนเฟืองเพื่อลดความเร็วรอบของเพลตาม การหาอัตราทดเฟืองสามารถหาได้ดังสมการที่ 2.14

$$\frac{\omega_p}{\omega_g} = \frac{n_p}{n_g} = \frac{N_g}{N_p} \quad \dots (2.14)$$

โดยที่ ω_p = ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวขับ (เรเดียนต่อวินาที)

ω_g = ความเร็วเชิงมุมของเฟืองตัวตาม (เรเดียนต่อวินาที)

n_p = ความเร็วรอบของเฟืองตัวขับ (รอบต่อนาที)

n_g = ความเร็วรอบของเฟืองตัวตาม (รอบต่อนาที)

N_p = จำนวนฟันของเฟืองตัวขับ

N_g = จำนวนฟันของเฟืองตัวตาม

3. วิธีการ

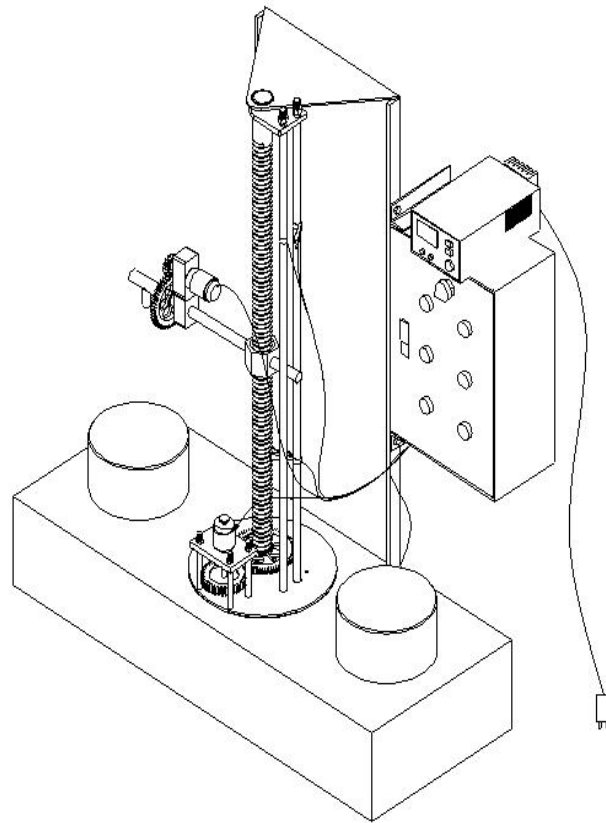
เพื่อให้การดำเนินงานบรรลุตามวัตถุประสงค์ จึงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจุ่มถุงมือยางพาราก่อน เช่น ส่วนผสมของสารจับตัว น้ำยาง การอบ รวมทั้งการตรวจสอบความหนาความเรียบ และคุณสมบัติเบื้องต้นอื่น ๆ ของถุงมือ ก่อนการออกแบบและสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว หลังจากนั้นจึงทำการทดสอบความสามารถประสิทธิภาพเบื้องต้น ประเมินผลและวิเคราะห์ผลการทดลองโดยแสดงรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 การศึกษาลักษณะการจุ่มถุงมือยางพารา

ในการศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาหาความหนา ความสม่ำเสมอ และความเรียบของถุงมือ เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับกรจุ่มด้วยมือ โดยจะเน้นถึงเวลาการจุ่มพิมพ์มือ ในถังสารจับตัว ถังน้ำยางพาราและจำนวนรอบของการหมุนพิมพ์มือ เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอและป้องกันการเป็นหยดของน้ำยางที่พิมพ์มือ โดยนำข้อมูลไปวางแผนการทดลองและออกแบบเครื่องจุ่มถุงมือให้เหมาะสม

3.2 การออกแบบเครื่อง

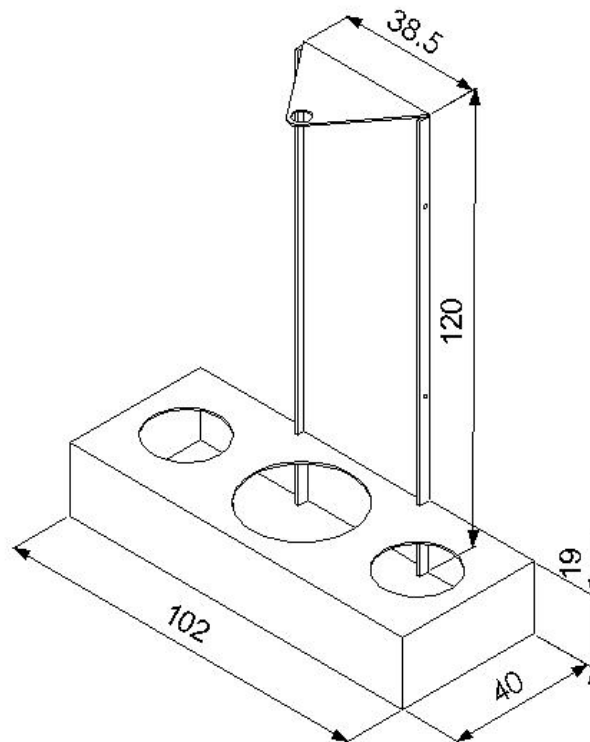
การออกแบบเครื่อง จะคำนึงถึงวัตถุประสงค์ของการทำงาน ซึ่งได้ทำการออกแบบให้สามารถ ซ่อมบำรุงได้ง่าย มีความแข็งแรง สามารถต้านทานแรงบิดที่เกิดขึ้นได้ และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยมีรายละเอียดในการออกแบบในแต่ละส่วนดังนี้



ภาพที่ 3.1 เครื่องจุ่มถ่วงมืออย่างพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว

3.2.1 การออกแบบโครงสร้างเครื่อง

ออกแบบให้ ขนาดของโครงเครื่อง มีขนาดที่เหมาะสม โดยคำนึงถึงขนาดของพิมพ์มือ วัสดุการหมุนและการเคลื่อนที่ขึ้นลง รวมทั้งสามารถรับน้ำหนักของสกรูส่งกำลังและชุดควบคุมได้ โดยมีระยะ ความกว้างของฐาน 40 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร และความสูงฐาน 19 เซนติเมตร ใช้เหล็กฉากขนาดหน้ากว้าง 3.81 เซนติเมตร หนา 0.64 เซนติเมตร มีความสูง 120 เซนติเมตร และมีระยะห่างระหว่างเสา 38.5 เซนติเมตร ดังภาพที่ 3.2

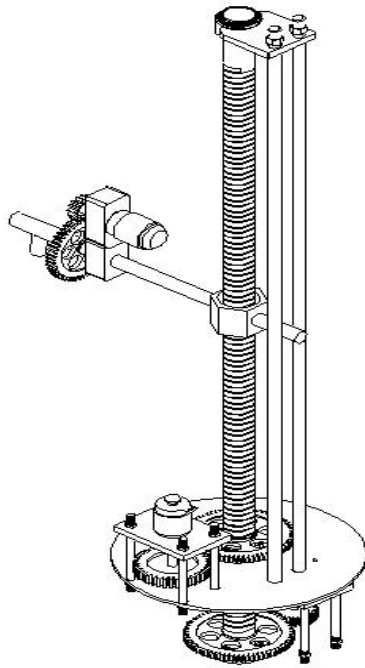


ภาพที่ 3.2 โครงสร้างของเครื่องจุ่มถุงมือจากยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว

3.2.2 การออกแบบระบบสกรูส่งกำลังและมอเตอร์

ออกแบบระบบสกรูส่งกำลัง เป็นส่วนสำคัญ เนื่องจากการเคลื่อนที่ขึ้นลงเพื่อจุ่มแบบพิมพ์ถุงมือ เป็นตัวแปรที่จะทดลอง ดังนั้นการออกแบบส่วนนี้จึงต้องใช้ความละเอียดมากขึ้น โดยได้ออกแบบสกรูส่งกำลังขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร สูง 120 เซนติเมตร เนื่องจากต้องคำนึงถึงความยาวของแบบพิมพ์ รัศมีที่ใช้หมุน รวมทั้งขนาดที่มีขายตามท้องตลาด ซึ่งสามารถหาซื้อได้โดยง่าย ลักษณะการติดตั้ง มีการติดตั้งเบร้งที่ปลายด้านบนและด้านล่าง ติดตั้งชุดเฟืองขับสำหรับขึ้นลงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร สำหรับหมุนแบบพิมพ์ไปด้านซ้ายและขวามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร และชุดแกนหมุนแบบพิมพ์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร เฟืองตามมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร 2 ชุด และ 10 เซนติเมตร ตามลำดับ เสาค้ำสกรูและล้อคแกนหมุนใช้ขนาด เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 เซนติเมตร และชุดแกนหมุนแบบพิมพ์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.5 เซนติเมตร ยาว 45 เซนติเมตร เพื่อให้สามารถรับน้ำหนักของแบบพิมพ์ได้

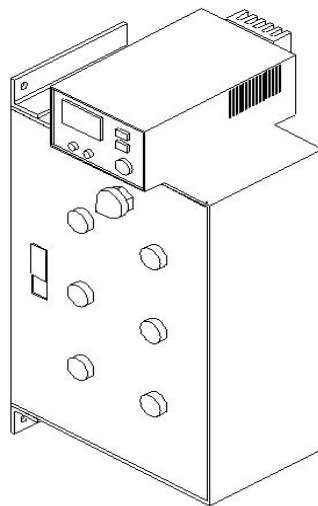
ชุดมอเตอร์ที่ใช้เป็นต้นกำลังในการขับเฟืองทั้งหมด 3 ตัว ใช้มอเตอร์ ไฟฟ้ากระแสตรง ขนาดแรงเคลื่อน 24 โวลต์ เนื่องจากมีแรงบิดที่เหมาะสม ขนาดกะทัดรัด และหาซื้อได้ง่าย



ภาพที่ 3.3 ระบบส่งกำลังและมอเตอร์

3.2.3 การออกแบบระบบควบคุมการทำงาน

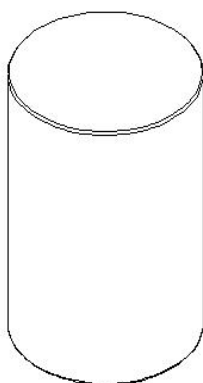
ออกแบบตัวควบคุมทำจากเหล็กหนา 0.5 มิลลิเมตร กว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร ชุดแปลงไฟ แบบ DC สามารถปรับกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้



ภาพที่ 3.4 ตัวควบคุมการทำงาน

3.2.4 การออกแบบถังใส่สารจับตัวและน้ำยางพารา

ถังใส่สารช่วยจับตัวและถังน้ำยาง ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม ความหนา 0.3 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร ขนาดความจุ 9,425 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 ใบ



ภาพที่ 3.5 ถังใส่สารจับตัวและน้ำยางพารา

3.3 การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้นของเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว

การทดสอบและเก็บข้อมูลพื้นฐานเชิงวิศวกรรม จะทำการทดสอบและบันทึกข้อมูลการทำงานของเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัวต้นแบบดังนี้

1. การทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนจำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือ
2. การทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนระยะเวลาในการจุ่มสารจับตัวและจุ่มน้ำยางพารา

3.4 วิธีทดสอบปัจจัยที่เกี่ยวข้อง

ก่อนทำการทดสอบจะต้องหาค่าความเข้มข้นของน้ำยางพารา ให้มีค่า 45 เปอร์เซ็นต์ ของแห้ง หาค่าความเข้มข้นของสารจับตัว โดยใช้แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) เป็นสารจับตัว การคำนวณหาค่าความเข้มข้นของน้ำยางพาราและสารจับตัวแสดงดังตารางที่ 3.1 และ 3.2 ในการทดสอบขั้นตอนนี้เพื่อให้ค่าความเข้มข้นของสารเป็นตัวแปรคงที่ และไม่มีผลต่อความหนาของถุงมือ ขั้นตอนต่อไปคือการหาระยะเวลาและจำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือให้เหมาะสมที่จะทำให้ถุงมือมีความหนาอย่างสม่ำเสมอ เมื่อทำการจุ่มด้วยเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัวแล้ว จึงนำไปอบ อุณหภูมิในการอบ 80 องศาเซลเซียส ใช้ระยะเวลา 20 นาที ทุก ๆ พิมพ์มือ เนื่องจากค่าอุณหภูมิกับระยะเวลาที่ใช้ในการอบเป็นตัวแปรคงที่

3.4.1 การเตรียมสารและโมลก่อนการทดสอบ

การทดสอบสำหรับโครงการเรื่องนี้จะทดสอบการจุ่มถุงมือยางพาราโดยใช้สารจับตัว โดยสารจับตัวที่ใช้คือ แคลเซียมคลอไรด์ (CaCl_2) จำนวน 900 กรัมต่อน้ำ 8,000 กรัม และน้ำสบู่ 100 กรัม ก่อนการทดสอบต้องอุ่นสารจับตัวก่อน และพื้มีมือต้องทำความสะอาด ก่อนเข้าอบที่ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ทุกครั้งก่อนการทดสอบ

3.4.2 การเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีและสารจับตัว

ก่อนการทดสอบต้องทำการเตรียมน้ำยางผสมสารเคมีที่มาจากการใช้น้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์ และสารจับตัว สำหรับในโครงการวิจัยนี้จะเป็นการเตรียมและใช้สารสูตรเดียวกันตลอดการทดสอบ

ตารางที่ 3.1 สูตรน้ำยางผสมสารเคมีที่มาจากการใช้น้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์

ส่วนประกอบ	น้ำหนักแห้ง (g)	น้ำหนักเปียก (g)	น้ำหนักเปียกจริง(g)
น้ำยางชั้น 60%	100	166.7	7668
กำมะถัน 50%	1.5	3	138
ZDC 50%	1	2	92
ZnO 50%	3	6	276
แม่สี 50%	1	2	92
K^+ oleate 10%	1	10	460
KOH 10%	0.2	2	92
CPL 50%	1	2	92
รวม	108.7	195.7	9000

ตารางที่ 3.2 สูตรสารจับตัว

ส่วนประกอบ	น้ำหนัก (g)
CaCl_2 50%	900
น้ำสบู่	100
น้ำ	8000



ภาพที่ 3.6 การเตรียมน้ำยา ก่อนการทดสอบ

3.4.3 วิธีการทดสอบ

สามารถแบ่งการทดสอบออกเป็น 3 หัวข้อหลักได้ดังนี้

การทดสอบที่ 1 การทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น โดยเก็บข้อมูลพื้นฐานเชิงวิศวกรรมและข้อมูลจำเพาะ ของเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัวต้นแบบ ทำการทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนจำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือ และเวลาในการจุ่ม เพื่อให้ได้คุณสมบัติพื้นฐานตามที่ออกแบบไว้

การทดสอบที่ 2 ทดสอบประสิทธิภาพความหนาของถุงมือ โดยกำหนดให้จำนวนรอบในการหมุน และระยะเวลาในการจุ่มพิมพ์มือ เป็นตัวแปรในการทดสอบ เพื่อเปรียบเทียบความหนาของถุงมือ ที่ได้จากเครื่องจุ่มกับการจุ่มด้วยมือ โดยใช้เครื่องวัดความหนา



ภาพที่ 3.7 เครื่องวัดความหนา

การทดสอบที่ 3 ทดสอบประสิทธิภาพแรงดึงจากเครื่อง Universal testing Machine เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพความต้านทานแรงดึง ของถุงมือที่ได้จาก เครื่องทดสอบ กับถุงมือที่ได้จากการจุ่มโดยใช้มือ



ภาพที่ 3.8 เครื่องทดสอบความแข็งแรงวัสดุ

4. ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

4.1 ผลการออกแบบ

ส่วนประกอบหลักและคุณลักษณะจำเพาะดังแสดงในตารางที่ 4.1 ดังนี้

ตารางที่ 4.1 ส่วนประกอบหลักของเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว

ส่วนประกอบ	คุณลักษณะ
1. โครงสร้างเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว	มีความกว้างของฐาน 40 เซนติเมตร ยาว 120 เซนติเมตร และสูง 19 เซนติเมตร ใช้เหล็กฉากขนาดกว้าง 3.81 เซนติเมตรหนา 0.64 เซนติเมตร มีความสูง 120 เซนติเมตร และมีระยะห่างระหว่างเสา 38.5 เซนติเมตร
2. สกรู	สกรูขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร (1 ½ นิ้ว) ทำจากเหล็ก สูง 120 เซนติเมตร
3. เฟือง	เฟืองตามที่ยึดติดกับสกรูมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร 2 จัน เฟืองขับสำหรับขึ้นลงมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร เฟืองขับสำหรับหมุนซ้ายขวามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ทำจากเหล็กหนา 10 มิลลิเมตร
4. แบร้ง	แบร้งทำจากเหล็กมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร หนา 1.5 เซนติเมตร
5. มอเตอร์	ชุดมอเตอร์ที่ใช้ในการขับเฟืองทั้งหมด 3 ตัว เป็นมอเตอร์ DC 24 โวลต์ ตัวมอเตอร์เป็นทรงกระบอก มีความยาว 9.5 เซนติเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 เซนติเมตร
6. ตัวควบคุม	ทำจากเหล็กหนา 0.5 มิลลิเมตร กว้าง 17 เซนติเมตร ยาว 30 เซนติเมตร สูง 45 เซนติเมตร
7. ลิมิตสวิตช์	ลิมิตสวิตช์ จำนวน 5 ตัว
8. ชุดแปลงไฟ	ชุดแปลงไฟขนาดกว้าง 14 เซนติเมตร ยาว 23 เซนติเมตร สูง 9 เซนติเมตร ใช้ไฟฟ้า 220 โวลต์ แบบ DC สามารถปรับกระแสไฟฟ้าและแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้
9. ถังใส่น้ำยางพาราและถังใส่สารจับตัว	ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม หนา 0.3 มิลลิเมตร มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 30 เซนติเมตร มีความจุ 9,425 ลูกบาศก์เซนติเมตร จำนวน 2 ใบ

4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น

จากการทดสอบเก็บข้อมูลพื้นฐานเชิงวิศวกรรมและการทดสอบการทำงานระบบต่าง ๆ ของเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัวต้นแบบ ทำการทดสอบโดยการปรับเปลี่ยนจำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือ และเวลาในการจุ่ม เพื่อให้ได้ความหนาตามที่ต้องการ ซึ่งคำนึงถึงเวลาที่เหมาะสม ได้ผลการทดสอบดังนี้

ผลการทดสอบเครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว พบว่า ขนาดเครื่องมีความกว้างของฐาน 40 เซนติเมตร ความยาว 120 เซนติเมตร และความสูงของฐาน 19 เซนติเมตร สกรูส่งกำลังมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3.81 เซนติเมตร ทำจากเหล็ก สูง 120 เซนติเมตร เพื่องตามที่ยึดติดกับสกรูมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 15 เซนติเมตร เพื่องจับสำหรับขึ้นลงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 เซนติเมตร มอเตอร์ที่ใช้มีความเร็ว 180 รอบต่อนาที เพื่องจับสำหรับหมุนซ้ายขวามีเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร มอเตอร์ที่ใช้มีความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที มอเตอร์หมุนแบบพิมพ์ 80 รอบต่อนาที ความจุของถังใส่น้ำยางพาราและถังใส่น้ำสารช่วยจับตัว 9,425 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ตารางที่ 4.2 ผลการทดสอบคุณสมบัติเบื้องต้น

รายการ	ข้อมูล
มอเตอร์ขับเคลื่อนสกรูส่งกำลังมีความเร็วรอบ	180 รอบต่อนาที
มอเตอร์หมุนเพื่องซ้ายขวามีความเร็วรอบ	180 รอบต่อนาที
มอเตอร์หมุนพิมพ์มือมีความเร็วรอบ	80 รอบต่อนาที
Timer	0-30 วินาที
ถังใส่น้ำยางพารา	9,425 ลูกบาศก์เซนติเมตร
ถังใส่น้ำสารช่วยจับตัว	9,425 ลูกบาศก์เซนติเมตร



ภาพที่ 4.1 เครื่องจุ่มถุงมือยางพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัว

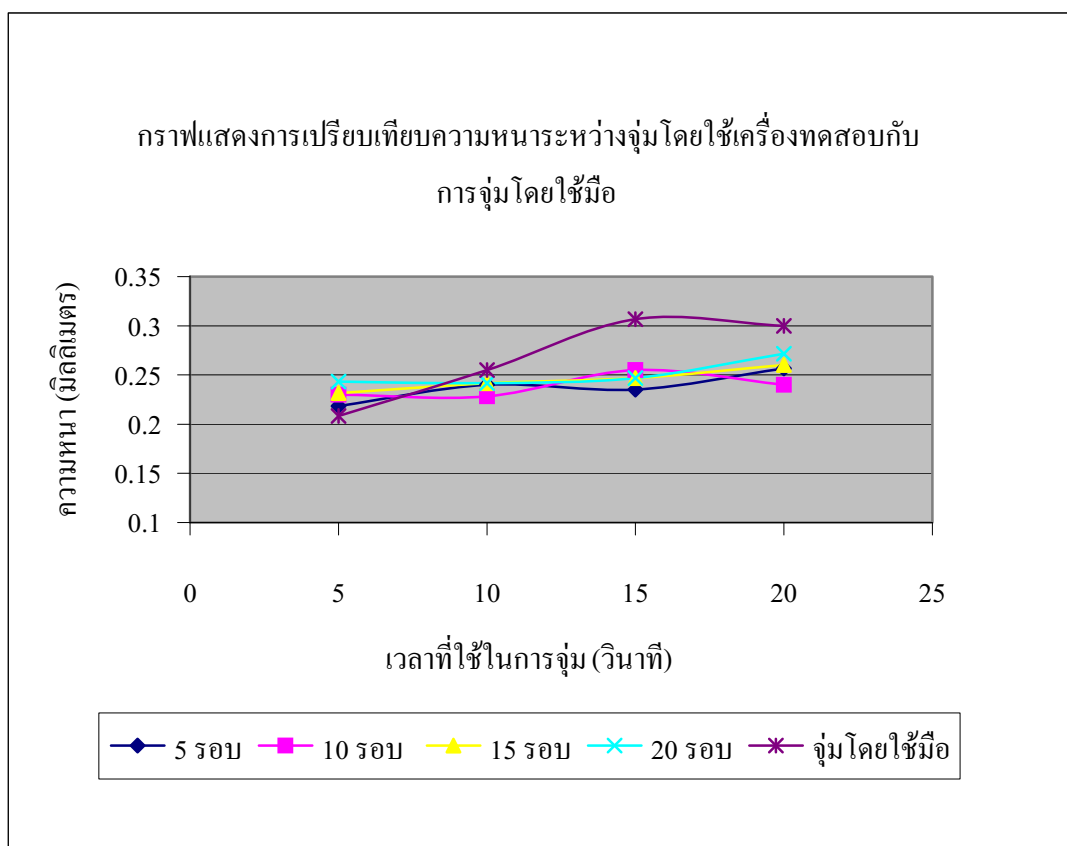


ภาพที่ 4.2 ชุดควบคุมการทำงาน

4.3 ผลการทดสอบประสิทธิภาพความหนาของถุงมือ

4.3.1 การทดสอบความหนาของถุงมือโดยใช้เครื่องมือวัดความหนา

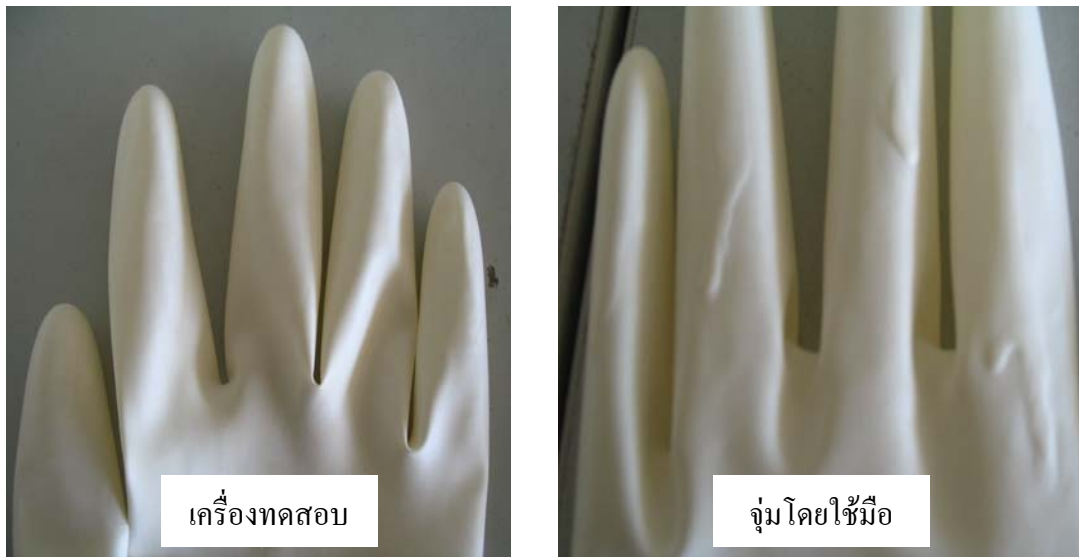
ในการทดสอบประสิทธิภาพความหนาของถุงมือ การทดสอบใช้น้ำยาพารา 45 เปอร์เซนต์ ใช้สารจับตัวเคลือบเคลือบคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 10 เปอร์เซนต์ ความเร็วการเคลื่อนที่ขึ้นลงของพิมพ์มือ 350 มิลลิเมตรต่อนาที ทำการทดสอบ 3 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างทำการวัดความหนาทั้งหมด 10 ตำแหน่ง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ระยะเวลาการจุ่มและจำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือต่าง ๆ ดังแสดงในภาพที่ 4.3



ภาพที่ 4.3 กราฟแสดงการเปรียบเทียบความหนากับเวลาในการจุ่มของเครื่องทดสอบกับการใช้มือ

ผลการทดสอบจากกราฟ ที่จำนวนรอบในการหมุนพิมพ์มือ ระหว่าง 5 ถึง 20 รอบ โดยมีระยะเวลาในการจุ่มพิมพ์มือ เท่ากันนั้น พบว่าจำนวนรอบการหมุนที่เพิ่มขึ้นไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาของถุงมือ แต่เมื่อระยะเวลาในการจุ่มพิมพ์มือเพิ่มขึ้น พบว่าความหนาของถุงมือที่จุ่มโดยเครื่องต้นแบบนั้นจะเพิ่มขึ้นตาม สำหรับการจุ่มโดยใช้มือเมื่อระยะเวลาการจุ่มเพิ่มขึ้นความหนาจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตาม

4.3.2 การทดสอบความเรียบสม่ำเสมอของผิวถุงมือโดยการสังเกต



ภาพที่ 4.4 แสดงการเปรียบเทียบความเรียบสม่ำเสมอของผิวถุงมือโดยการสังเกต

ผลการทดสอบ พบว่า ผิวของถุงมือที่ได้จากการจุ่มพิมพ์มือด้วยเครื่องดันแบบ นั้น มีความเรียบและสม่ำเสมอของผิวถุงมือดีกว่าการจุ่มโดยใช้มือ เนื่องจากเครื่องดันแบบมีการหมุนพิมพ์มือที่มีความเร็วรอบสม่ำเสมอ ทำให้การกระจายตัวของน้ำยางที่เกาะบนพิมพ์มือดีกว่า

4.4 ผลการทดสอบประสิทธิภาพแรงดึงจากเครื่อง Universal testing Machine

ในการทดสอบประสิทธิภาพแรงดึงจากเครื่องวัดความแข็งแรงวัสดุ ใช้สารจับตัวเคลือบเชื่อมคลอไรด์ที่มีความเข้มข้น ใช้น้ำยางผสมสารเคมีที่มาจากการใช้น้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์ ความเร็วการเคลื่อนที่ขึ้น ลง ของพิมพ์มือ 350 มิลลิเมตรต่อนาที ขึ้นทดสอบ ตัดเป็นรูปดัมเบล ทำการทดสอบ 3 ตัวอย่าง แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ยที่ระยะเวลาการจุ่มพิมพ์มือต่าง ๆ กัน และจากผลการทดสอบ พบว่าความหนาของถุงมือมีผลต่อค่าความเค้นเพราะค่าความเค้นคือแรงต่อพื้นที่ ถ้าขึ้นทดสอบมีความหนามาก แรงที่ใช้ในการดึงจะเพิ่มขึ้น ดังนั้นค่าความเค้นจะเพิ่มขึ้นตาม ผลการทดลองเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน แสดงตามตารางที่ 4.3 4.4 และ 4.5

ตารางที่ 4.3 คุณลักษณะเกี่ยวกับแรงดึง

คุณลักษณะ	หน่วย	เกณฑ์ที่กำหนด	
		ถุงมือประเภทที่ 1	ถุงมือประเภทที่ 2
แรงดึงเมื่อขาด ก่อนบ่มแรง ต่ำสุด	N	7.0	7.0
ความยืดเมื่อขาด ก่อนบ่มแรง ต่ำสุด	%	650	500
แรงดึงเมื่อขาด หลังบ่มแรง ต่ำสุด	N	6.0	7.0
ความยืดเมื่อขาด หลังบ่มแรง ต่ำสุด	%	500	400

ที่มา : มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1056-2548 ISO 11193-1 : 2002

ถุงมือประเภทที่ 1 ทำจากน้ำยางธรรมชาติ (Natural rubber latex)

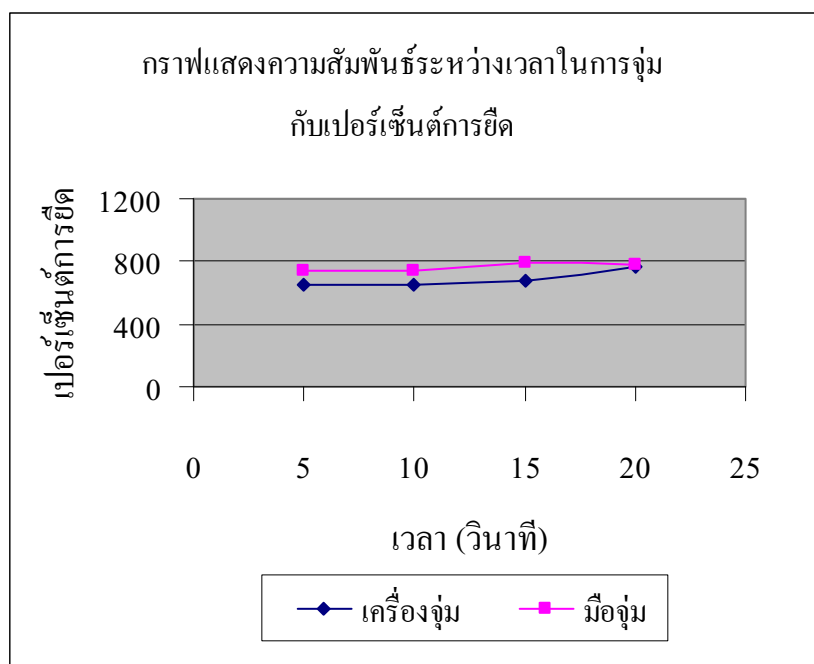
ถุงมือประเภทที่ 2 ทำจากน้ำยางไนไตรล์ (Nitrile rubber latex) น้ำยางพอลิคลอโรพรีน สารละลายยางสไตรีน-บิวทีไดอีน อิมัลชันขอลยางสไตรีนบิวทีไดอีน หรือสารละลายเทอร์โมพลาสติกอีลาสโตเมอร์

ตารางที่ 4.4 ผลการทดสอบการดึงที่เวลาต่าง ๆ ในการจุ่มโดยใช้เครื่องดันแบบ

เวลาในการจุ่ม (วินาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	Tensile Strength (เมกะปาสคาล)	โมดูลัส 300 % (เมกะปาสคาล)
5	650.4	15.6	1.4
10	651.5	19.9	1.9
15	681.5	21.67	1.9
20	769.7	21.78	1.5

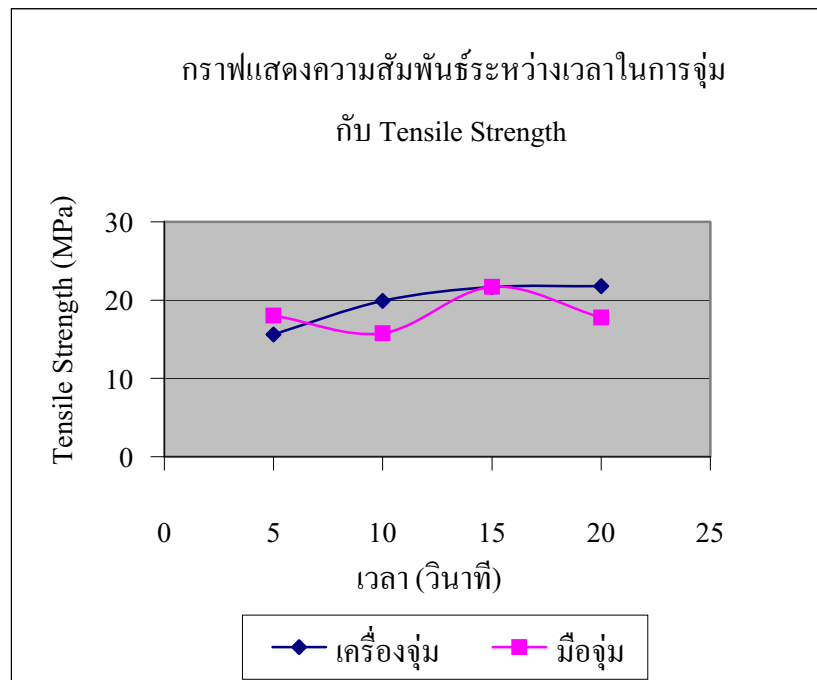
ตารางที่ 4.5 ผลการทดสอบการดึงที่เวลาต่าง ๆ ในการจุ่มโดยใช้มือจุ่ม

เวลาในการจุ่ม (วินาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	Tensile Strength (เมกะปาสคาล)	โมดูลัส 300 % (เมกะปาสคาล)
5	738.5	18.0	1.4
10	741.6	15.8	1.1
15	789.6	21.7	1.4
20	773.0	17.8	1.2



ภาพที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการจุ่มกับเปอร์เซ็นต์การยืด

จากการทดสอบ และจากกราฟ พบว่าถุงมือยางที่จุ่มพิมพ์มือด้วยเครื่องต้นแบบ และการจุ่มพิมพ์มือด้วยมือ มีค่าเปอร์เซ็นต์การยืด (Elongation at break) ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1056-2548 ISO 11193-1 : 2002



ภาพที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการจุ่มกับค่า Tensile Strength

จากการทดสอบ พบว่าถุงมือยางที่ได้จากการจุ่มพิมพ์มือโดยเครื่องดันแบบนั้น ค่า Tensile Strength เพิ่มขึ้นตามเวลาการจุ่มที่เพิ่มขึ้น ส่วนถุงมือยางที่ได้จากการจุ่มพิมพ์มือด้วยมือ พบว่าค่า Tensile Strength ต่อเวลาในการจุ่มมีค่าไม่สม่ำเสมอ เนื่องจากการจุ่มพิมพ์มือด้วยมือนั้นไม่สามารถควบคุมความสม่ำเสมอของผิวถุงมือยางได้

5. สรุปผลการทดสอบ

5.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพความหนาของถุงมือ

สรุปผลการทดสอบ ที่จำนวนรอบในการหมุนพัมพ์มือ ระหว่าง 5 ถึง 20 รอบ โดยมีระยะเวลาในการจุ่มพัมพ์มือเท่ากันนั้น พบว่า จำนวนรอบการหมุนที่เพิ่มขึ้น ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนาของถุงมือ แต่ระยะเวลาในการจุ่มพัมพ์มือที่เพิ่มขึ้น ทำให้ความหนาของถุงมือที่จุ่มโดยเครื่องดันแบบนั้นมีค่าเพิ่มขึ้นตาม สำหรับการจุ่มโดยใช้มือ เมื่อระยะเวลาการจุ่มเพิ่มขึ้น ความหนามีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามด้วย เนื่องจากโมเลกุลของน้ำยางมีระยะเวลาในการเกาะตัวกันเพิ่มขึ้นและจากการสังเกตผิว พบว่าถุงมือที่ได้จากการจุ่มพัมพ์มือด้วยเครื่องดันแบบ มีความเรียบสม่ำเสมอของผิวถุงมือนิดกว่า

5.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพการดึงจากเครื่อง Universal testing Machine

5.2.1 ผลการทดสอบประสิทธิภาพเปอร์เซ็นต์การยืดจากเครื่อง Universal testing Machine

สรุปผลการทดสอบ การจุ่มพัมพ์มือโดยเครื่องดันแบบ และการจุ่มพัมพ์มือด้วยมือ พบว่า ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดมีค่า ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 1056-2548 ISO 11193-1 : 2002

5.2.2 ผลการทดสอบประสิทธิภาพความเค้นจากเครื่อง Universal testing Machine

สรุปผลการทดสอบ การจุ่มพัมพ์มือโดยเครื่องดันแบบนั้น ค่าความเค้นแปรผันตามเวลาในการจุ่มพัมพ์มือ เมื่อเวลาในการจุ่มเพิ่มขึ้นค่า Tensile Strength ที่ได้จะเพิ่มขึ้น แต่การจุ่มพัมพ์มือด้วยมือนั้นค่า Tensile Strength ที่ได้ไม่แปรผันตามระยะเวลาในการจุ่มพัมพ์มือ เนื่องจากความหนาของผิวถุงมือไม่สม่ำเสมอ

6. OUTPUT ที่ได้จากโครงการวิจัย

6.1 การนำผลการวิจัยไปใช้

จากการทดสอบเครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบนั้น จะเห็นได้ว่า การทำงานของเครื่องมีความสามารถในการทำให้ถุงมือที่ได้มีความเรียบสม่ำเสมอมากกว่าการจุ่มด้วยมือ ซึ่งการจุ่มโดยใช้มือนั้นในแต่ละครั้งที่จุ่มจะให้ความสม่ำเสมอของการจุ่มที่ไม่เท่ากัน แต่เมื่อใช้เครื่องเราสามารถกำหนดค่าระยะเวลาในการจุ่มและความเร็วรอบของการหมุนพิมพ์มือให้เท่ากันได้ ซึ่งจะทำได้ความหนาตามต้องการ นอกจากนี้เครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ ได้ออกแบบให้สามารถเปลี่ยนพิมพ์มือที่นำมาจุ่มได้หลายแบบ โดยการถอดตัวพิมพ์มือที่แขนหมุนออกแล้วเปลี่ยนเป็น พิมพ์ชนิดอื่นๆ และนอกจากนั้นยังสามารถนำไปใช้ในการทดสอบส่วนผสมของน้ำยางพาราในแต่ละสูตรเพื่อที่จะหาคุณสมบัติของน้ำยางในการทำถุงมือจากยางพาราได้ โดยเปลี่ยนถึงน้ำยางพาราและ ถึงสารจับตัว

ในกรณีที่ผู้สนใจต้องการนำเครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบ ไปใช้ในระดับชุมชนนั้น ผู้สนใจควรหาข้อมูลเพิ่มเติมเพราะเครื่องจุ่มน้ำยางแบบกึ่งอัตโนมัติต้นแบบมีขนาดเล็ก ความสามารถในการจุ่มพิมพ์มือได้จำนวนน้อย และต้องคำนึงถึงต้นทุนในการนำเครื่องไปใช้งาน และก่อนที่จะมีการจุ่มพิมพ์ ทุกครั้งควรมีการตรวจสอบคุณภาพของน้ำยางพาราและสารจับตัวก่อนเสมอเพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการจุ่มมีคุณภาพที่ดี

6.2 ประเด็นการวิจัยใหม่

6.2.1 ควรศึกษาการออกแบบและสร้างเครื่องโดยใช้ระบบนิวแมติก เพื่อลดการสิ้นเปลืองของตัวเครื่อง และความสะอาดของระบบเครื่องมากกว่า

6.2.2 ควรศึกษาการจุ่มแบบพิมพ์ ที่มีปริมาณแบบพิมพ์ จำนวนมากขึ้น

6.2.3 ควรศึกษาระบบที่มีการจุ่มพิมพ์ แบบต่อเนื่องเพิ่มขึ้น

6.2.4 ควรศึกษาลักษณะการหมุนของพิมพ์ในแนวอื่นๆ ที่มีผลต่อความหนาและความสม่ำเสมอของผลิตภัณฑ์ยาง

6.2.5 ควรศึกษาผลของสารเคมีที่ผสมลงไปในน้ำยางพาราที่นำมาจุ่มแบบพิมพ์

เอกสารอ้างอิง

กรมวิชาการเกษตร. 2547. ยาง. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก :

<http://www.doa.go.th/data-agri/RUBBER/1STAT/st01.html>.

จำรูญ ตันติพิศาลกุล. 2542. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 2. บริษัท ว. เพ็ชรสกุล จำกัด กรุงเทพฯ.

ชาญ ถนัดงาน และ วรวิทย์ อึ้งภากรณ์. 2541. การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 2. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ชาญ ถนัดงาน และ วรวิทย์ อึ้งภากรณ์. 2546. การออกแบบเครื่องจักรกลเล่ม 1. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดดูเคชั่น.

บุญธรรม นิธิอุทัย พรพรรณ นิธิอุทัย และปรีชา ป้องภัย. 2530.

สารเคมีสำหรับยางและเทคนิคการออกสูตรยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

บุญธรรม นิธิอุทัย. 2532. ปฏิบัติการเทคโนโลยีน้ำยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

บุญธรรม นิธิอุทัย พรพรรณ นิธิอุทัย อติชัย รุ่งวิชา นิวัฒน์ อาชีขัน แกสมาน และ วุฒิสักดิ์ สิริทองถาวร. 2538. เทคโนโลยีน้ำยาง สมบัติ และผลิตภัณฑ์. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

พรพรรณ นิธิอุทัย. 2528. สารเคมีสำหรับยาง. คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

พรพรรณ นิธิอุทัย. 2540. ยาง เทคนิคการออกสูตร. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี

พิชิต สุขเจริญพงษ์. 2538. วิศวกรรมไฟฟ้าเบื้องต้น. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ซีเอ็ดดูเคชั่น.

ภัทรา กานตศิลป์ และ วิภา เสวตกนิษฐ์. 2546. การวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ยางใช้ทางการแพทย์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : <http://www.rubberthai.com/>

มานพ ตันตระกูล. 2545. การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1. กรุงเทพฯ. สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี(ไทย-ญี่ปุ่น).

วรารักษ์ ขจรไชยกุล และ วิภา เสวตกนิษฐ์. 2537. การผลิตถุงมือทนกรดและสารเคมี. (ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : <http://www.rubberthai.com/research/year/37/38.htm>

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

วรารักษ์ ขจรไชยกูล วิภา เสวตกนิษฐ์ และ อำพันทอง ทองคำ. 2539. การผลิตถุงมือยางเคลือบผ้า.

(ออนไลน์) เข้าถึงได้จาก : <http://www.rubberthai.com/research/year/39/22.htm>

วิภา เสวตกนิษฐ์ และ กุลทิพา รัตนเวสินธ์. 2546.

การทดสอบและมาตรฐานถุงมือยางทางการแพทย์. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก :

<http://www.rubberthai.com/>

ศิริชัย พงษ์วิชัย. 2547. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยคอมพิวเตอร์. กรุงเทพฯ.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุธีระ ประเสริฐสรรพ. 2547. แนวทางการพัฒนายางให้เป็นเครื่องจักรเศรษฐกิจของประเทศ.

(ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก : <http://www.muanglung.com/yangpara.html>.

สุภาพร บัวแก้ว อเนก ฤณาสะสิริ จันทวรรณ คงเจริญภูมิ สุขเกื้อ และ พชรินทร์ ศรีวารินทร์.

2545. การผลิตและการตลาดอุตสาหกรรมผลิตภัณฑ์ยางที่ใช้กันอย่างข้นเป็นวัตถุดิบ. (ออนไลน์).

เข้าถึงได้จาก : <http://www.rubberthai.com/>

อนันต์ วงศ์กระจ่าง. 2533. ออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล. ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

Chemistry homepage. 2000. สรุปสูตรคำนวณสารละลาย. (ออนไลน์). เข้าถึงได้จาก

http://web.ku.ac.th/schoolnet/snet5/topic7/for_solution.html

Flory, Paul J. 1983. **Principles of Polymer Chemistry**, Cornell

University Press, 12th printing, p. 432

Noble, R.J. 1953. **Latex in Industry**. Rubber Age, New York, 2nd edition.

Shigley, J.E, Mischke, C.R, Budynas, R.G. 2004. **Mechanical Engineering Design**. seventh Edition,

McGraw-Hill Book Company

ภาคผนวก ก.

การคำนวณเพื่อการออกแบบ

การคำนวณเพื่อการออกแบบ

1. การออกแบบสกรู

ให้ยกน้ำหนักสูงสุด	$5 \times 9.81 = 49.05$	กิโลนิวตัน
ระยะยกสูงสุด	1200	มิลลิเมตร
วัสดุสำหรับสกรูเกลียวแอมมี แบบ 2 ปาก วัสดุทำเกลียว AISI C 1020		
ความเค้นอัดในเกลียวไม่เกิน	20	นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร
ค่าสัมประสิทธิ์ความเสียหายความเครียดของเกลียว เท่ากับ	0.14	
ค่าความปลอดภัย เท่ากับ	4	

วิธีทำ

จากตารางที่ ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้ เลือกใช้เหล็ก AISI C 1020
นำค่าที่ได้จากตารางมาคูณกับ 6.895 แปลงหน่วยจาก กิบส์แควร์อิน (ksi) เป็น นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร

$$\begin{aligned}\sigma_y &= 48 \\ &= 48 \times 6.895 \\ \sigma_y &= 330.96 \text{ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\sigma_{cd} &= \frac{\sigma_y}{N} \\ &= \frac{330.96}{4}\end{aligned}$$

$$\sigma_{cd} = 82.74 \text{ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

สมมติให้ $40 < Le/k < 115$

$$W = \sigma_{cd} A_r$$

$$49.05 \times 10^3 = 82.94 \times \frac{\pi}{4} (d_r)^2$$

$$d_r^2 = \frac{49.05 \times 10^3 \times 4}{82.74 \times \pi}$$

$$d_r = 27.47 \text{ มิลลิเมตร}$$

จากตารางที่ ก.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2904 ถึง 1977 (E)
ทดลองเลือกสกรูขนาด 38 มิลลิเมตร

จะได้ $P = 7$ มิลลิเมตร, $d_3 = d_r = 30$ มิลลิเมตร

ให้การยึดเป็นลักษณะ CC (ปลายยึดแน่นทั้ง 2 ด้าน $Le = \frac{L}{2}$)

$$\text{อัตราส่วนความเพริชว} \quad Le = \frac{L}{2} = \frac{1200}{2} = 600 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\text{รัศมีใจเรซัน} \quad k = \frac{dr}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\frac{Le}{k} = \frac{600}{7.5} = 80 \quad \text{ซึ่ง} < 115$$

ดังนั้นเลือกสกรูขนาด Tr 38 x 7

$$\text{ความเค้นอัดใช้งานในเกลียว} \quad \sigma_c = \frac{4W}{\pi(d^2 - d_r^2)n}$$

$$20 = \frac{4 \times 49.05 \times 10^3}{\pi(38^2 - 30^2)n}$$

$$n = 5.74 \text{ เกลียว}$$

$$\text{ความสูงของแป้นเกลียว} \quad H = 5.74 \times 7$$

$$H = 40.18 \text{ มิลลิเมตร}$$

$$\text{ความเค้นวิกฤติ} \quad \sigma_c = \frac{W}{A_r}$$

$$= \frac{49.05 \times 10^3 \times 4}{\pi(30)^2}$$

$$\sigma_c = 69.39 \text{ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

$$\tan \alpha = \frac{Le}{\pi d_m}$$

$$= \frac{7}{\pi \times 34.5}$$

$$\tan \alpha = 0.06458$$

จากสมการ

$$T_R = \left[\frac{W \cdot d_m}{2} \right] \times \left[\frac{f_s + \cos \phi \tan \alpha}{\cos \phi - f \tan \alpha} \right]$$

$$T_R = \frac{49.05 \times 10^3 \times 34.5}{2 \times 1000} \left[\frac{0.14 + \cos 15^\circ \times 0.06458}{\cos 15^\circ - 0.14 \times 0.06458} \right]$$

$$T_R = 178.95 \text{ นิวตันเมตร}$$

$$\text{จากสมการ } \tau = \frac{16T}{\pi d^3} = \frac{16 \times 178.95}{\pi 30^3} \times 1000 = 33.75 \text{ นิวตันต่อตารางเมตร}$$

$$\text{ความเค้นผสม} \quad \tau = \left[\left(\frac{\sigma}{2} \right)^2 + \tau^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= \left[\left(\frac{69.39}{2} \right)^2 + 33.75^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$= 48.864 \text{ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

$$\text{แต่ } \tau_d = 0.6 \sigma_{cd} = 0.6 \times 82.74$$

$$\tau_d = 49.644 \text{ นิวตันต่อตารางมิลลิเมตร}$$

ดังนั้นสกรูที่ออกแบบสามารถใช้งานได้อย่างปลอดภัย เนื่องจากความเค้นที่ออกแบบมีค่าสูงกว่า

2. การคำนวณหาคำลึงของมอเตอร์

มอเตอร์ กระแสตรง 24 โวลต์ ความเร็วรอบ 180 รอบต่อนาที จำนวน 2 ตัว

$$\begin{aligned}\text{หาแรงบิดของมอเตอร์} \quad T &= F \times r \\ &= (5 \times 9.81) \times 0.3 \\ &= 14.715 \text{ นิวตันเมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หาคำลึงของมอเตอร์} \quad P &= T\omega \\ &= 14.715 \times (2\pi(180/60)) \\ &= 277.371 \text{ วัตต์}\end{aligned}$$

เนื่องจากมอเตอร์ 2 ตัว ดังนั้นมอเตอร์มีกำลัง = $277.371 \times 2 = 554.742$ วัตต์

มอเตอร์ กระแสตรง 24 โวลต์ ความเร็วรอบ 80 รอบต่อนาที จำนวน 1 ตัว

$$\begin{aligned}\text{หาแรงบิดของมอเตอร์} \quad T &= F \times r \\ &= (5 \times 9.81) \times 0.3 \\ &= 14.715 \text{ นิวตันเมตร}\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\text{หาคำลึงของมอเตอร์} \quad P &= T\omega \\ &= 14.715 \times (2\pi(80/60)) \\ &= 123.276 \text{ วัตต์}\end{aligned}$$

ดังนั้นมอเตอร์มีกำลัง = 123.276 วัตต์

ดังนั้นมอเตอร์มีกำลังรวมทั้งหมด $554.742 + 123.276 = 678.018$ วัตต์

3. การคำนวณหาน้ำหนักของน้ำยางพาราและสารจับตัว

3.1 การคำนวณหาน้ำหนักเปียกของส่วนประกอบทั้งหมดของน้ำยางพารา

ก. การหาน้ำหนักเปียกของน้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์

มีน้ำยางพารา 60 กรัม ในสารละลาย 100 กรัม

ถ้า น้ำยางพารา 100 กรัม ในสารละลาย $\frac{100 \times 100}{60} = 166.67$ กรัม

ดังนั้น น้ำหนักเปียกของน้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์มีค่า 166.67 กรัม

ข. การหาน้ำหนักเปียกของกำมะถัน 50 เปอร์เซนต์

มีกำมะถัน 50 กรัม ในสารละลาย 100 กรัม

ถ้ากำมะถัน 1.5 กรัม ในสารละลาย $\frac{100 \times 1.5}{50} = 3$ กรัม

ดังนั้น น้ำหนักเปียกของกำมะถัน 50 เปอร์เซนต์มีค่า 3 กรัม

ค. การหาน้ำหนักเปียกของ ZDC (Zinc salt of dithiocarbamic acid (ZDC)) 50 เปอร์เซนต์

มี ZDC 50 กรัม ในสารละลาย 100 กรัม

ถ้า ZDC 1 กรัม ในสารละลาย $\frac{100 \times 1}{50} = 2$ กรัม

ดังนั้น น้ำหนักเปียกของ ZDC 50 เปอร์เซนต์มีค่า 2 กรัม

การหาน้ำหนักเปียกของ ZnO K⁺ oleate KOH CPL และแมงกานีส สามารถหาได้เหมือนกับน้ำหนักเปียกของน้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์ดังแสดงไว้ และนำน้ำหนักเปียกของส่วนประกอบทั้งหมดมารวมกัน จะได้ น้ำหนักส่วนประกอบรวม 195.7 กรัม แล้วนำน้ำหนักส่วนประกอบรวมไปหาน้ำหนักเปียกจริง

3.2 การคำนวณหาน้ำหนักเปียกจริงของส่วนประกอบทั้งหมดของน้ำยางพารา

การหาน้ำหนักเปียกจริงหาได้จากการเตรียมสารละลายที่เจือจางน้ำเพื่อให้สารละลายหลังจากการเติมตามที่ต้องการ

ก. การหาน้ำหนักเปียกจริงของน้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์

มีน้ำยาง 195.7 กรัม มีน้ำยางชั้น 60 เปอร์เซนต์ อยู่ 166.67 กรัม

ถ้า น้ำยาง 9,000 กรัม มีน้ำยางข้น 60 เปอร์เซนต์อยู่ $\frac{9,000 \times 166.67}{195.7} = 7,668$ กรัม

ดังนั้น น้ำหนักเปียกจริงของน้ำยางข้น 60 เปอร์เซนต์มีค่า 7,668 กรัม

ข. การหาน้ำหนักเปียกจริงของกำมะถัน 50 เปอร์เซนต์

น้ำยาง 195.7 กรัม มีกำมะถัน 50 เปอร์เซนต์ อยู่ 3 กรัม

ถ้า น้ำยาง 9,000 กรัม มีกำมะถัน 50 เปอร์เซนต์ อยู่ $\frac{9,000 \times 3}{195.7} = 138$ กรัม

ดังนั้น น้ำหนักเปียกจริงของกำมะถัน 50 เปอร์เซนต์มีค่า 138 กรัม

ค. การหาน้ำหนักเปียกจริงของ ZDC (Zinc salt of dithiocarbamic acid (ZDC)) 50 เปอร์เซนต์

น้ำยาง 195.7 กรัม มี ZDC 50 เปอร์เซนต์ อยู่ 2 กรัม

ถ้า น้ำยาง 9,000 กรัม มี ZDC 50 เปอร์เซนต์ อยู่ $\frac{9,000 \times 2}{195.7} = 92$ กรัม

ดังนั้น น้ำหนักเปียกของจริง ZDC 50 เปอร์เซนต์มีค่า 92 กรัม

การหาน้ำหนักเปียกจริงของ ZnO K^+oleate KOH CPL และแม่สี สามารถหาได้เหมือนกับ น้ำหนักเปียกจริงของน้ำยางข้น 60 เปอร์เซนต์ ดังแสดงไว้ และถ้านำน้ำหนักเปียกจริงทั้งหมดมารวม เท่ากับ 9,000 กรัม

ตารางที่ ก.1 สัดส่วนต่าง ๆ ของเกลียวสำหรับกรูส่งกำลัง

ขนาด (นิ้ว)	เกลียวสี่เหลี่ยม		เกลียวแอกมี			เกลียวบัตรเรส (แนะนำให้ใช้)
	เกลียวต่อนิ้ว	Minor Dia.	เกลียว/นิ้ว	Reg. Minor Dia.	Stub Minor Dia.	เกลียวต่อนิ้ว
1/4	10	0.163	16	0.188	0.213	
5/16			14	0.241	0.270	
3/8			12	0.292	0.325	
7/16			12	0.354	0.388	
1/2	6 ½	0.366	10	0.400	0.440	20
5/8	5 ½	0.466	8	0.500	0.550	20
3/4	5	0.575	6	0.583	0.650	16
7/8	4 ½	0.681	6	0.708	0.755	16
1	4	0.781	5	0.800	0.880	12
1 ½			5	0.925	1.005	12
1 ¼			5	1.050	1.130	10
1 ⅜			4	1.125	1.225	10
1 ½	3	1.208	4	1.250	1.350	8
1 ¾	2 ½	1.400	4	1.500	1.600	7
2	2 ¼	1.612	4	1.750	1.850	6
2 ½	2 ¼	1.862	3	1.917	2.050	6
2 ½	2	2.063	3	2.167	2.300	5
2 ¾	2	2.313	3	2.417	2.550	5
3	1 ¾	2.500	2	2.500	2.700	5
3 ½	1 ⅝	2.962	2	3.000	3.200	5
4	1 ½	3.418	2	3.500	3.700	4
4 ½			2	4.000	4.200	4
5			2	4.500	4.700	4

ตารางที่ ก.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2904 – 1977 (E)

ขนาดระบุ			ระยะ พิตช์ p	$d_2=D_2$	D_4	d_3	D_1
ช่อง 1	ช่อง 2	ช่อง 3					
	34		3	32.500	34.500	30.500	31.000
			*6	31.000	35.000	27.000	28.000
			10	29.000	35.000	23.000	24.000
36			3	34.500	36.500	32.500	33.000
			*6	33.000	37.000	29.000	30.000
			10	31.000	37.000	25.000	26.000
	38		3	36.500	38.500	34.500	35.000
			*7	34.500	39.000	30.000	31.000
			10	33.000	39.00	27.000	28.000
40			3	38.500	40.500	36.500	37.000
			*7	36.500	41.000	32.000	33.000
			10	35.000	41.000	29.000	30.000
	42		3	40.500	42.500	38.500	39.000
			*7	38.500	43.000	34.000	35.000
			10	37.000	43.000	31.000	32.000
44			3	42.500	44.500	40.500	41.000
			*7	40.500	45.000	36.000	37.000
			12	38.000	45.000	31.000	32.000
	46		3	44.000	46.500	42.500	45.000
			*8	42.000	47.000	37.000	38.000
			12	40.000	47.000	33.000	34.000
48			3	46.500	48.500	44.500	45.000
			*8	44.000	49.000	39.000	40.000
			12	42.000	49.000	35.000	36.000
	50		3	48.500	50.500	46.500	47.000
			*8	46.000	51.000	41.000	42.000
			12	44.000	51.000	37.000	38.000

ตารางที่ ก.2 มิติมูลฐานของเกลียวสี่เหลี่ยมคางหมูตามมาตรฐาน ISO 2904-1977 (E) (ต่อ)

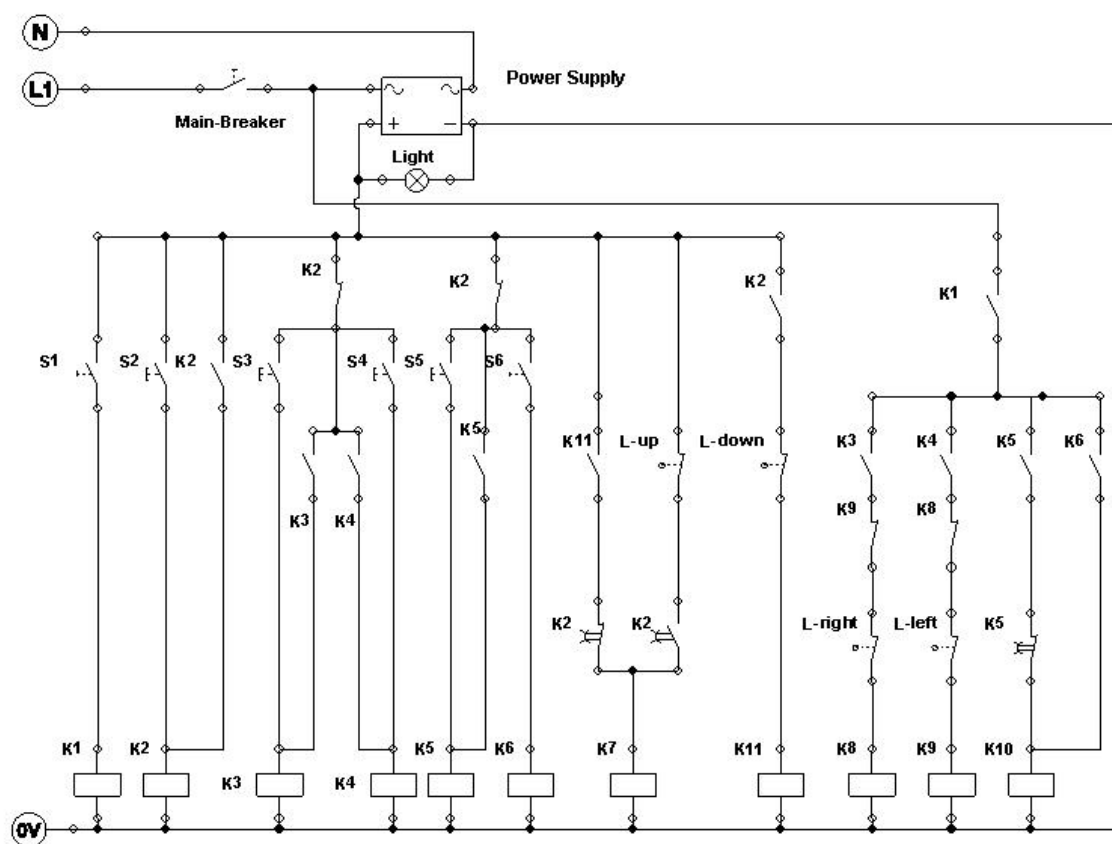
ขนาดระบุ			ระยะ พิตช์ p	$d_2=D_2$	D_4	d_3	D_1
ช่อง 1	ช่อง 2	ช่อง 3					
52			3	50.500	52.500	48.500	49.000
			*8	48.000	53.000	43.000	44.000
			12	46.000	53.000	39.000	40.000
	55		3	53.500	55.500	51.500	52.000
			*9	50.500	55.000	45.000	46.000
			14	48.000	57.000	39.000	41.000
60			3	58.500	60.500	56.500	57.000
			*9	55.500	61.000	50.000	51.000
			14	53.000	62.000	44.000	46.000

ขนาดเป็น มิลลิเมตร

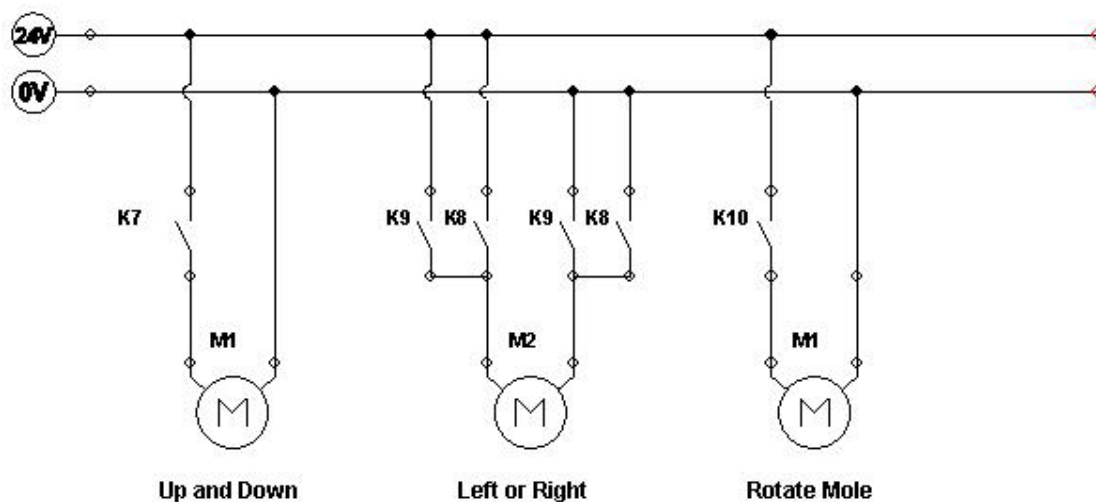
ตารางที่ ก.3 คุณสมบัติทางกลของเหล็กกล้าที่ชุบแข็งได้ (Mechanical properties of carbonizing and Hardening grade steels)

AISI Type	Tensile Strength , ksi	Yield Point , ksi	Elongation in 2 in. , %	Reduction of Area, %	Impact Strength (1 zod) , fi-lb	Hardness		Machining
						Case (Brinell)	Case (Rockwell)	
C1015 C1020 C1022 C1117 C1118	Plain Carbon, Carburized Steels							
	73	46	30	71	93	149	C62 (.048’')	ไม่พอใช้
	75	48	31	71	93	156	C62 (.046’')	ไม่พอใช้
	83	47	27	66	81	163	C62 (.046’')	ดี
	97	59	23	53	33	192	C65 (.045’')	ดีมากถึงดี
	113	77	17	45	16	229	C61 (.065’')	เลิศ ดีมากถึงดี เลิศ
	Plain Carbon, Hardened Steels							
	C1030	122-75	93-58	18-33	48-71	8-100	495-179	พอใช้ถึงดี
	C1040	113-89	89-62	19-33	48-68	36-72	262-183	พอใช้ถึงดี
	C1050	143-98	108-61	10-30	42-63	16-53	321-192	พอใช้ถึงดี
C1060	160-103	112-68	12-28	40-60	14-23	321-212	แอนนิล	
C1080	190-117	142-70	12-24	35-51	10-22	388-223	แอนนิล	
C1095	188-190	120-74	10-26	30-53	5-6	401-229	แอนนิล	
C1137	158-87	138-60	6-28	22-70	10-90	352-174	ดีถึงดีมาก	
C1141	237-94	188-68	7-28	58-63	9-81	461-192	ดีถึงดีมาก	
C1144	128-97	91-68	17-24	35-59	7-62	277-201	ดีถึงดีมาก	

วงจรรการทำงานของแผงควบคุม



ภาพที่ ก.1 วงจรการทำงานของแผงควบคุม



ภาพที่ ก.2 วงจรการทำงานของมอเตอร์

รายละเอียดอุปกรณ์ในวงจรจากภาพที่

ก.1

และ

ก.2

1. สวิตช์หลัก
2. หม้อแปลงไฟฟ้า จากกระแสไฟสลับ 220 โวลต์ เป็นกระแสไฟตรง 24 โวลต์
3. ชุดสวิตช์ควบคุมการทำงาน
4. ชุดสวิตช์หน่วงเวลา
5. ชุดควบคุมเวลา
6. ชุดลิมิตสวิตช์
7. ชุดมอเตอร์
8. ไฟแสดงสถานะ

ภาคผนวก ข

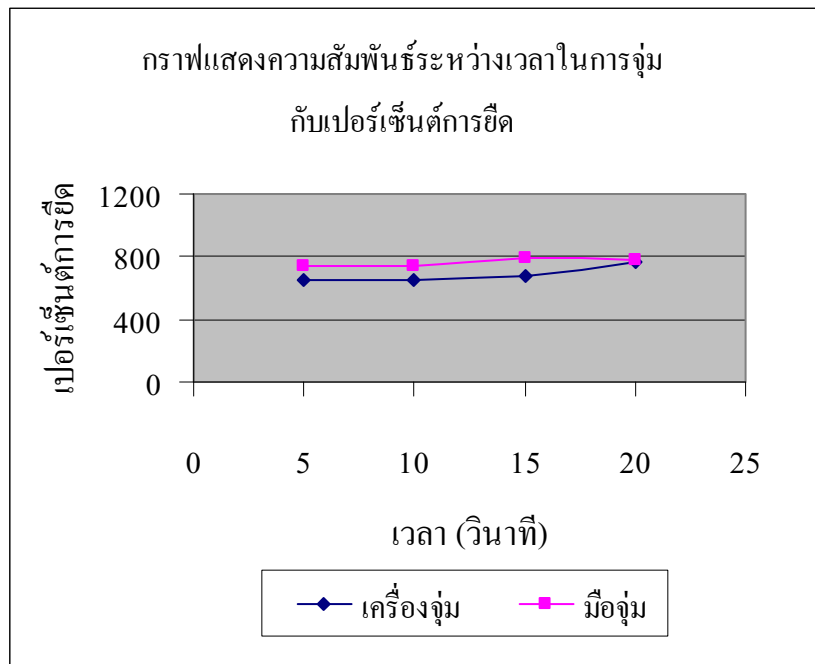
ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผลการทดลอง

ตารางที่ ข.1 ผลการทดสอบการดึงที่เวลาต่าง ๆ ในการจุ่มโดยใช้เครื่องดันแบบ

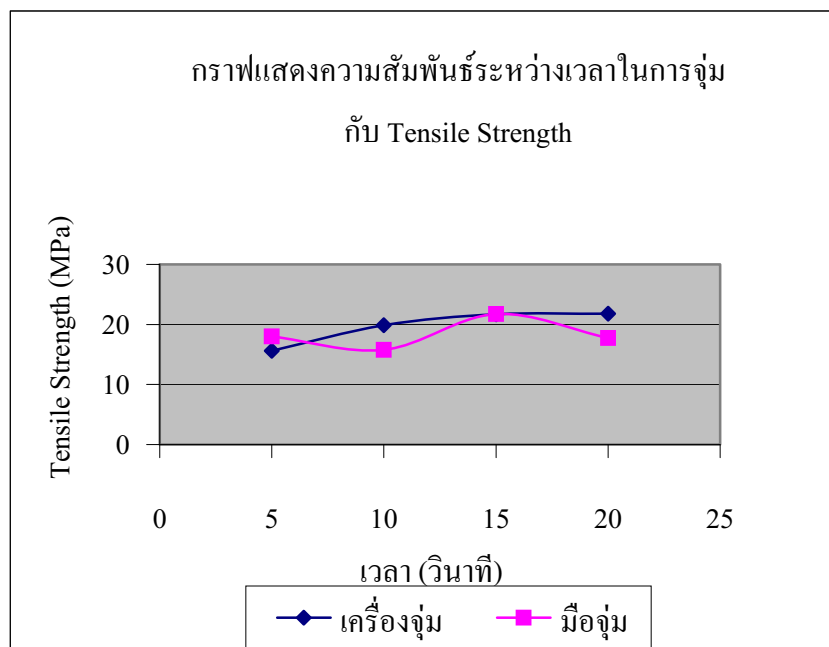
เวลาในการจุ่ม (วินาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	Tensile Strength (เมกะปาสคาล)	โมดูลัส 300 % (เมกะปาสคาล)
5	650.4	15.6	1.4
10	651.5	19.9	1.9
15	681.5	21.67	1.9
20	769.7	21.78	1.5

ตารางที่ ข.2 ผลการทดสอบการดึงที่เวลาต่าง ๆ ในการจุ่มโดยใช่มือจุ่ม

เวลาในการจุ่ม (วินาที)	ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว	Tensile Strength (เมกะปาสคาล)	โมดูลัส (เมกะปาสคาล)
5	738.5	18.0	1.4
10	741.6	15.8	1.1
15	789.6	21.7	1.4
20	773.0	17.8	1.2



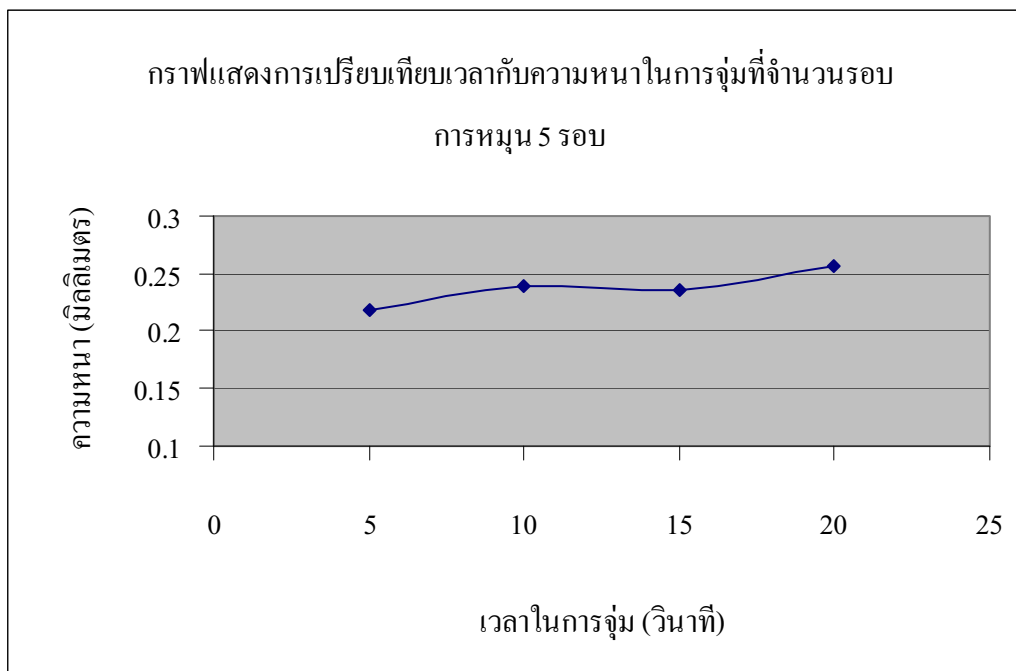
ภาพที่ ข.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการจุ่มกับเปอร์เซ็นต์การยึด



ภาพที่ ข.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างเวลาในการจุ่มกับ Tensile Strength

ตารางที่ ข.3 แสดงความหนาเฉลี่ยเวลาต่าง ๆ ในการจุ่มจำนวนการหมุน 5 รอบ

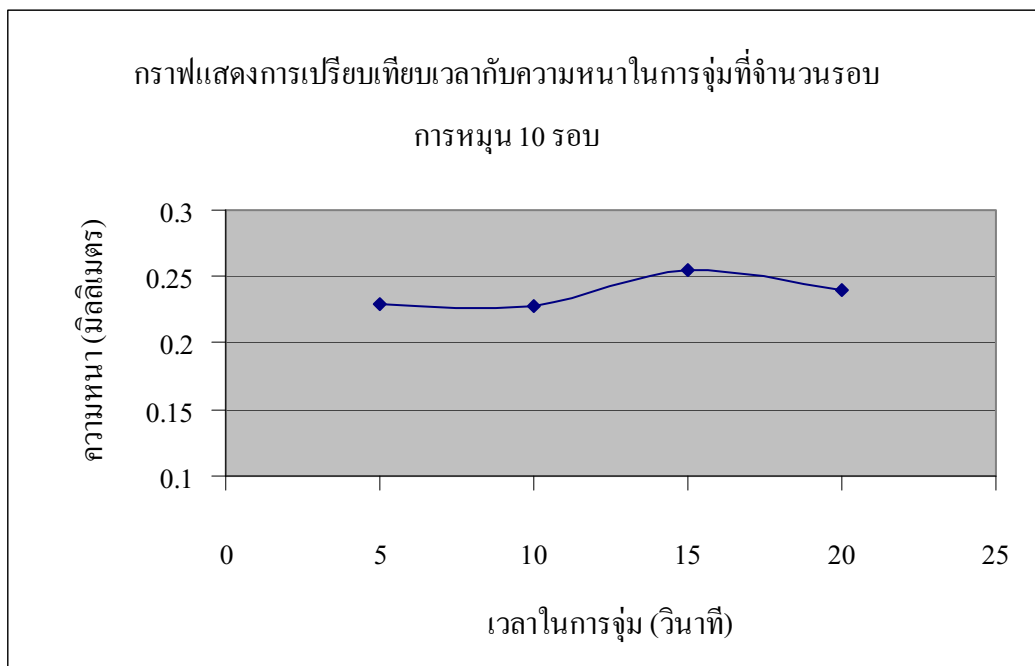
เวลาในการจุ่ม(s)	ค่าความหนาเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง
5	0.218
10	0.24
15	0.235
20	0.256



ภาพที่ ข.3 แสดงการเปรียบเทียบเวลากับความหนาในการจุ่มที่จำนวนรอบการหมุน 5 รอบ

ตารางที่ ข.4 แสดงความหนาเฉลี่ยเวลาต่าง ๆ ในการจุ่มจำนวนการหมุน 10 รอบ

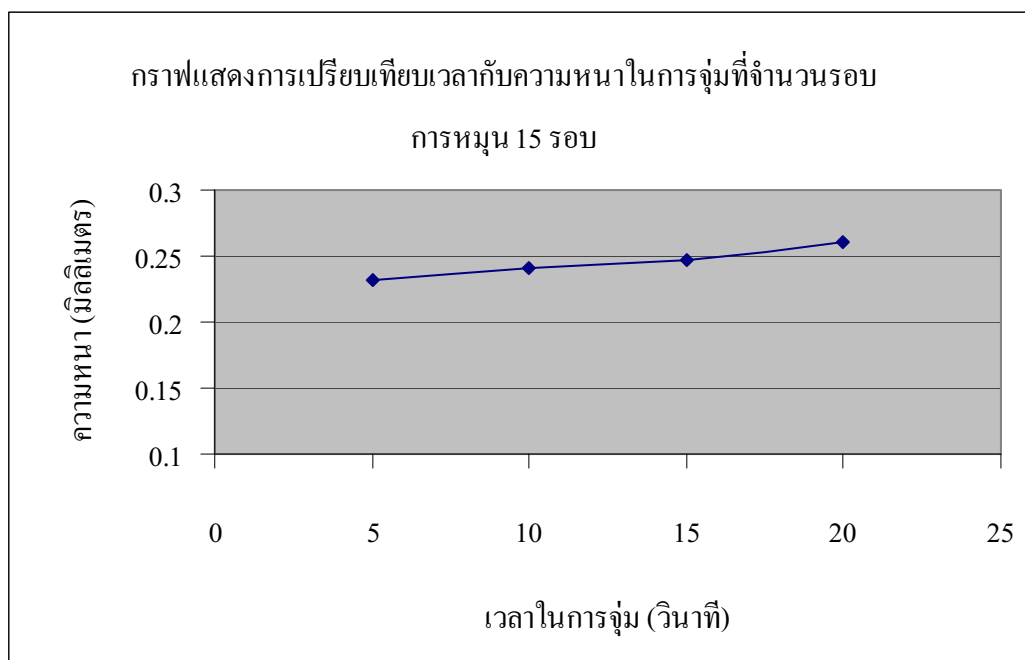
เวลาในการจุ่ม (s)	ค่าความหนาเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง
5	0.23
10	0.228
15	0.255
20	0.24



ภาพที่ ข.4 แสดงการเปรียบเทียบเวลากับความหนาในการจุ่มที่จำนวนรอบการหมุน 10 รอบ

ตารางที่ ข.5 แสดงความหนาเฉลี่ยเวลาต่าง ๆ ในการจุ่มจำนวนการหมุน 15 รอบ

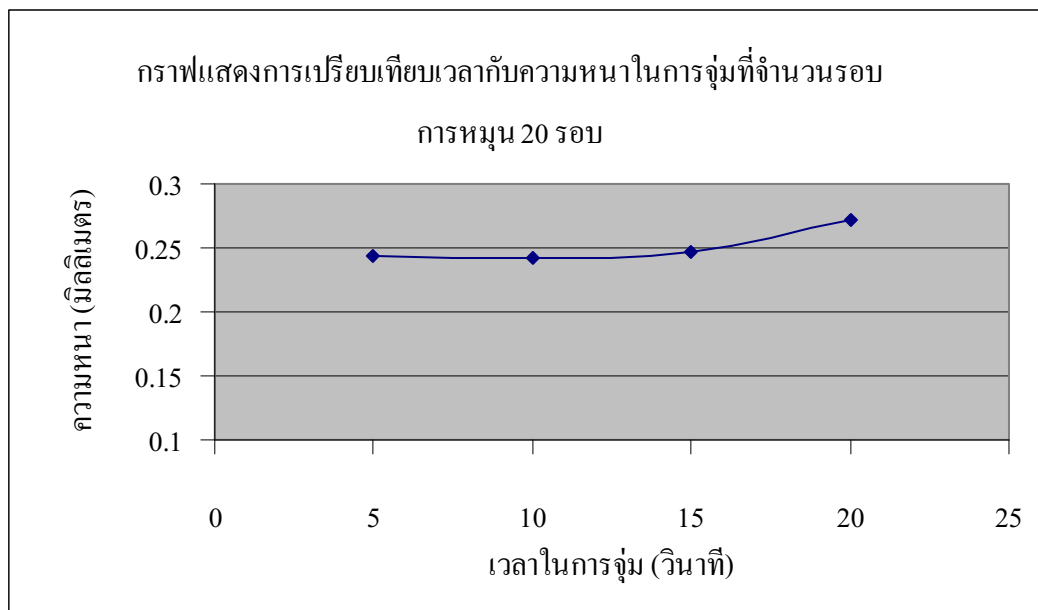
เวลาในการจุ่ม (s)	ค่าความหนาเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง
5	0.231
10	0.241
15	0.246
20	0.26



ภาพที่ ข.5 แสดงการเปรียบเทียบเวลากับความหนาในการจุ่มที่จำนวนรอบการหมุน 15 รอบ

ตารางที่ ข.6 แสดงความหนาเฉลี่ยเวลาต่าง ๆ ในการจุ่มจำนวนการหมุน 20 รอบ

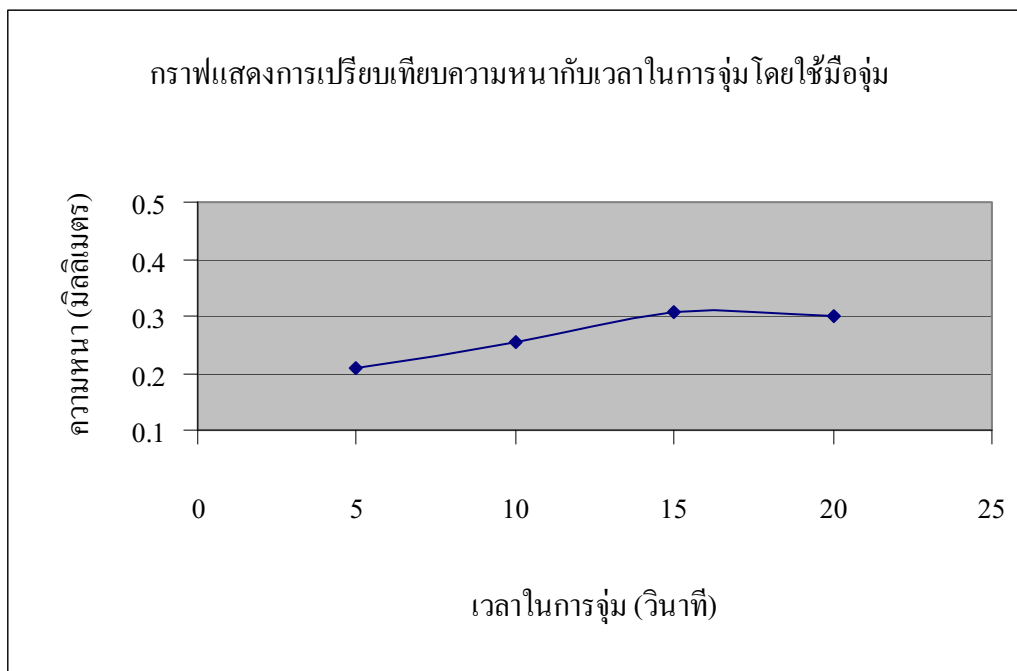
เวลาในการจุ่ม (s)	ค่าความหนาเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง
5	0.243
10	0.241
15	0.246
20	0.271



ภาพที่ ข.6 แสดงการเปรียบเทียบเวลากับความหนาในการจุ่มที่จำนวนรอบการหมุน 20 รอบ

ตารางที่ ข.7 แสดงความหนาเฉลี่ยเวลาต่าง ๆ โดยใช้มือจุ่ม

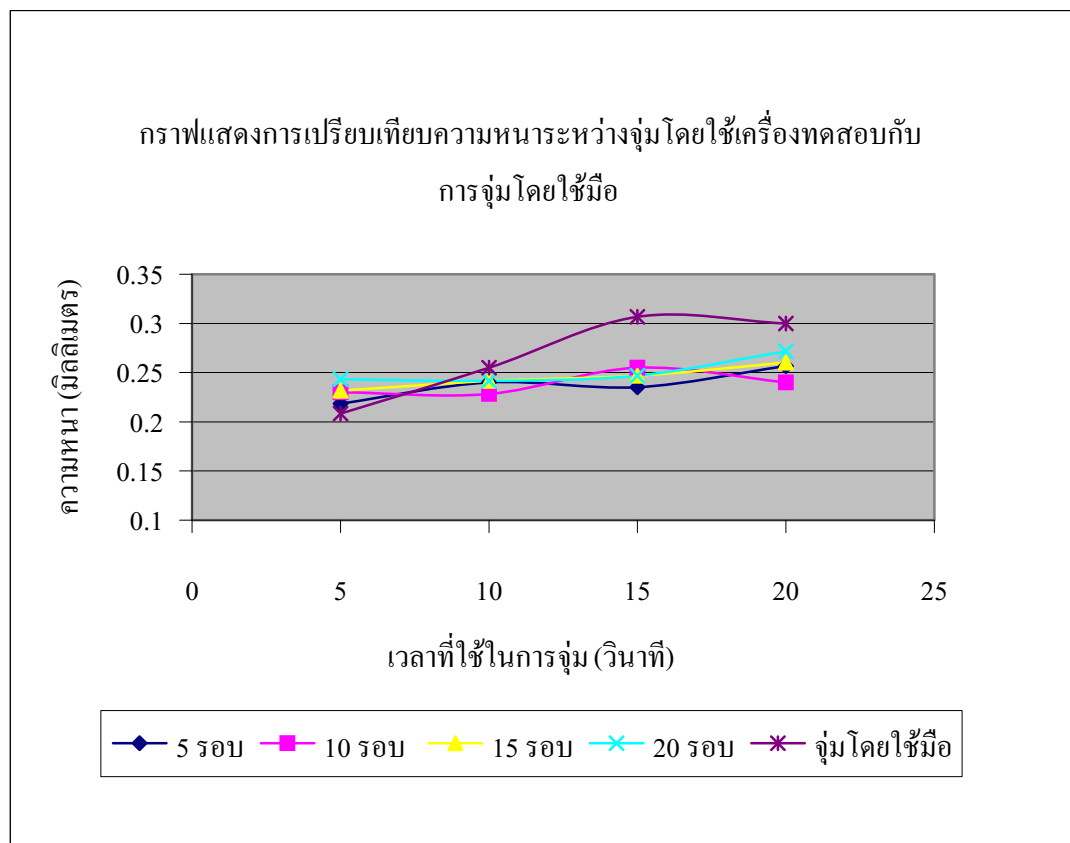
เวลาในการจุ่ม (วินาที)	ค่าความหนาเฉลี่ยทั้ง 3 ตัวอย่าง
5 วินาที	0.208
10 วินาที	0.255
15 วินาที	0.306
20 วินาที	0.300



ภาพที่ ข.7 แสดงการเปรียบเทียบเวลากับความหนาในการจุ่มโดยใช้มือจุ่ม

ตารางที่ ข.8 แสดงการเปรียบเทียบความหนาระหว่างจุ่มโดยใช้เครื่องที่จำนวนการหมุนรอบต่าง ๆ กับการจุ่มโดยใช้มือ

เวลาในการ จุ่ม(วินาที)	จำนวนรอบการหมุน				จุ่มโดยใช้ มือ
	5 รอบ	10 รอบ	15 รอบ	20 รอบ	
5	0.218	0.23	0.231	0.243	0.208
10	0.24	0.228	0.241	0.241	0.255
15	0.235	0.255	0.246	0.246	0.306
20	0.256	0.24	0.26	0.271	0.3



ภาพที่ ข.8 แสดงการเปรียบเทียบความหนาระหว่างจุ่มโดยใช้เครื่องที่จำนวนการหมุนรอบต่าง ๆ กับการจุ่มโดยใช้มือ

ตารางที่ ข.9 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 5 วินาที ชุดทดสอบที่ 1

เวลาในการจุ่ม 5 วินาที ชุดทดสอบที่ 1										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.17	0.25	0.26	0.26	0.27	0.28	0.27	0.27	0.23	0.20
10 รอบ	0.16	0.20	0.19	0.26	0.18	0.26	0.18	0.29	0.22	0.24
15 รอบ	0.17	0.19	0.19	0.28	0.22	0.26	0.24	0.28	0.22	0.20
20 รอบ	0.19	0.19	0.25	0.25	0.28	0.27	0.28	0.30	0.25	0.22

ตารางที่ ข.10 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 10 วินาที ชุดทดสอบที่ 1

เวลาในการจุ่ม 10 วินาที ชุดทดสอบที่ 1										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.18	0.21	0.24	0.25	0.23	0.25	0.27	0.27	0.22	0.19
10 รอบ	0.18	0.25	0.25	0.29	0.27	0.27	0.26	0.26	0.26	0.21
15 รอบ	0.19	0.25	0.22	0.29	0.25	0.25	0.24	0.25	0.29	0.23
20 รอบ	0.19	0.22	0.25	0.24	0.23	0.25	0.23	0.23	0.26	0.19

ตารางที่ ข.11 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 15 วินาที ชุดทดสอบที่ 1

เวลาในการจุ่ม 15 วินาที ชุดทดสอบที่ 1										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.21	0.28	0.26	0.27	0.27	0.27	0.25	0.28	0.27	0.21
10 รอบ	0.22	0.26	0.28	0.29	0.26	0.29	0.30	0.31	0.27	0.24
15 รอบ	0.21	0.23	0.25	0.27	0.25	0.27	0.30	0.31	0.28	0.22
20 รอบ	0.21	0.22	0.2	0.27	0.22	0.28	0.29	0.28	0.29	0.23

ตารางที่ ข.12 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 20 วินาที ชุดทดสอบที่ 1

เวลาในการจุ่ม 20 วินาที ชุดทดสอบที่ 1										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.22	0.24	0.24	0.29	0.28	0.31	0.28	0.31	0.32	0.31
10 รอบ	0.22	0.25	0.22	0.27	0.22	0.27	0.22	0.29	0.29	0.28
15 รอบ	0.21	0.25	0.29	0.30	0.30	0.30	0.30	0.26	0.27	0.28
20 รอบ	0.20	0.21	0.22	0.27	0.25	0.27	0.25	0.27	0.30	0.28

ตารางที่ ข.13 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 5 วินาที ชุดทดสอบที่ 2

เวลาในการจุ่ม 5 วินาที ชุดทดสอบที่ 2										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.16	0.22	0.22	0.22	0.22	0.24	0.24	0.24	0.23	0.19
10 รอบ	0.23	0.22	0.24	0.27	0.26	0.28	0.26	0.26	0.24	0.21
15 รอบ	0.19	0.18	0.24	0.22	0.26	0.28	0.27	0.28	0.23	0.24
20 รอบ	0.22	0.22	0.28	0.25	0.28	0.28	0.27	0.28	0.23	0.24

ตารางที่ ข.14. แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 10 วินาที ชุดทดสอบที่ 2

เวลาในการจุ่ม 10 วินาที ชุดทดสอบที่ 2										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.23	0.25	0.25	0.29	0.29	0.29	0.29	0.28	0.28	0.25
10 รอบ	0.18	0.21	0.21	0.22	0.23	0.26	0.26	0.24	0.22	0.19
15 รอบ	0.18	0.21	0.26	0.29	0.29	0.29	0.29	0.25	0.23	0.20
20 รอบ	0.18	0.22	0.23	0.26	0.22	0.29	0.26	0.26	0.21	0.18

ตารางที่ ข.15 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 15 วินาที ชุดทดสอบที่ 2

เวลาในการจุ่ม 15 วินาที ชุดทดสอบที่ 2										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.19	0.25	0.25	0.24	0.25	0.26	0.26	0.27	0.25	0.18
10 รอบ	0.18	0.21	0.23	0.25	0.21	0.22	0.26	0.2	0.25	0.18
15 รอบ	0.19	0.23	0.24	0.27	0.23	0.25	0.25	0.21	0.26	0.19
20 รอบ	0.21	0.20	0.24	0.25	0.25	0.27	0.25	0.27	0.24	0.19

ตารางที่ ข.16 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 20 วินาที ชุดทดสอบที่ 2

เวลาในการจุ่ม 20 วินาที ชุดทดสอบที่ 2										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.20	0.20	0.28	0.3	0.28	0.28	0.29	0.29	0.29	0.29
10 รอบ	0.23	0.25	0.23	0.28	0.24	0.28	0.28	0.29	0.29	0.27
15 รอบ	0.23	0.22	0.25	0.28	0.28	0.28	0.29	0.29	0.25	0.27
20 รอบ	0.23	0.22	0.28	0.28	0.25	0.21	0.21	0.21	0.28	0.26

ตารางที่ ข.17 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 5 วินาที ชุดทดสอบที่ 3

เวลาในการจุ่ม 5 วินาที ชุดทดสอบที่ 3										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.20	0.21	0.24	0.24	0.23	0.26	0.24	0.24	0.24	0.20
10 รอบ	0.19	0.20	0.23	0.24	0.24	0.24	0.24	0.25	0.24	0.19
15 รอบ	0.20	0.20	0.25	0.24	0.28	0.30	0.28	0.28	0.25	0.21
20 รอบ	0.21	0.21	0.25	0.25	0.25	0.26	0.26	0.26	0.26	0.22

ตารางที่ ข.18 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 10 วินาที ชุดทดสอบที่ 3

เวลาในการจุ่ม 10 วินาที ชุดทดสอบที่ 3										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.20	0.23	0.24	0.24	0.25	0.24	0.27	0.25	0.23	0.23
10 รอบ	0.21	0.22	0.22	0.25	0.25	0.24	0.25	0.26	0.24	0.2
15 รอบ	0.23	0.23	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.24	0.22
20 รอบ	0.24	0.24	0.27	0.27	0.27	0.27	0.27	0.28	0.29	0.25

ตารางที่ ข.19 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 15 วินาที ชุดทดสอบที่ 3

เวลาในการจุ่ม 15 วินาที ชุดทดสอบที่ 3										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.20	0.21	0.27	0.24	0.25	0.24	0.24	0.26	0.27	0.22
10 รอบ	0.21	0.22	0.27	0.25	0.29	0.30	0.28	0.29	0.27	0.22
15 รอบ	0.24	0.24	0.28	0.30	0.30	0.30	0.30	0.28	0.28	0.20
20 รอบ	0.23	0.27	0.30	0.30	0.32	0.3	0.32	0.30	0.30	0.26

ตารางที่ ข.20 แสดงความหนาของถุงมือในการจุ่มที่ 20 วินาที ชุดทดสอบที่ 3

เวลาในการจุ่ม 20วินาที ชุดทดสอบที่ 3										
จุดที่วัด	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
5 รอบ	0.25	0.27	0.28	0.25	0.25	0.25	0.27	0.28	0.24	0.24
10 รอบ	0.20	0.23	0.28	0.29	0.29	0.30	0.30	0.28	0.24	0.24
15 รอบ	0.21	0.24	0.28	0.28	0.30	0.33	0.30	0.30	0.24	0.24
20 รอบ	0.25	0.28	0.39	0.35	0.35	0.35	0.35	0.28	0.25	0.26

ภาพถ่ายถุงมือที่ได้จากการทดสอบ



ภาพที่ ข.9 การจุ่มโดยใช้เครื่องจุ่มถุงมืออย่างพาราแบบกึ่งอัตโนมัติโดยใช้สารจับตัวจุ่มที่เวลา 5 วินาที



ภาพที่ ข.10 การจุ่มโดยใช้มือจุ่มที่เวลา 5 วินาที