



รายงานการวิจัย

การศึกษาเชิงทดลอง หาผลกระทบการสึกหรอของแม่พิมพ์เหล็กกล้าคาร์บอน ในการขึ้นรูป
ผลิตภัณฑ์ยางคลอโรพรีน

Study of Experimental on Corrosion Wear effect of the Carbon Steel Mold for
Chloroprene rubber product

ธวัชชัย ขาดิตำนาญ

จักรวัฒน์ เรืองแรงสกุล

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินรายได้ ปี พ.ศ. 2560

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

โครงการวิจัย : การศึกษาเชิงทดลอง หาผลกระทบการสีกหรือของแม่พิมพ์เหล็กกล้าคาร์บอน ในการ
ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางคลอโรพรีน

ผู้วิจัย : นายรัชชัยชาติตำนาน
นายจักรวัฒน์ เรืองแรงสกุล

บทคัดย่อ

ในการสร้างแม่พิมพ์เพื่อมาผลิตผลิตภัณฑ์ยางคลอโรพรีน ด้วยวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน เมื่อเวลาผ่านไป ตัวแม่พิมพ์จะเกิดการสีกหรือ จากเดิมที่ได้สร้างไว้ ซึ่งในทางปฏิบัติ อุตสาหกรรมมักจะใช้การเคลือบผิว หรือ การเปลี่ยนวัสดุในการสร้างแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลกระทบของการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้น เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของขนาดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง โดยอ้างอิงจากค่าพิกัดความเผื่อตอนสร้างแม่พิมพ์ ที่ 0.1 มิลลิเมตร และหลังจากการขึ้นรูปในสภาวะงานจริงของการทำชิ้นงานตัวอย่าง 2-3 สัปดาห์ และทำการวัดขนาดแม่พิมพ์อีกครั้ง ที่ค่าพิกัดความเผื่อน้อยลงอีก 10 เท่าคือ 0.01 มิลลิเมตร

จากการทดลองพบว่า การสีกหรือของแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน ที่ขึ้นรูปด้วยยางคลอโรพรีน นั้นมีค่าที่น้อยมากเมื่ออ้างอิงจากค่าพิกัดความเผื่อโดยมีนัยยะที่ไม่ลดลง เมื่อ ขนาดชิ้นงานยางถูกกำกับด้วย ค่าพิกัดความเผื่อช่วง 10 ไมครอน ถึง 100 ไมครอน ดังนั้น การออกแบบชิ้นงานยางคลอโรพรีน เพื่อนำไปสร้างแม่พิมพ์ด้วยเหล็กกล้าคาร์บอน จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนวัสดุที่ทนการกัดกร่อน หรือ เพิ่มกระบวนการการเคลือบผิว ได้

คำสำคัญ : ยางคลอโรพรีน การกัดกร่อน อัตราการสีกหรือ เหล็กกล้าคาร์บอน

Topic : A Study of Experimental on Corrosion Wear effect of the Carbon steel Mold for Chloroprene rubber product

Researcher : Mr. Thawachchai Chattamnan
Mr. Jakrawat Ruengrangskul

Abstract

Molds manufacturing to produce chloroprene rubber product with carbon steel, over time the mold surface will wear. From the original. The practice in the industry often uses surface coatings (Hard chrome method) or change materials to create molds. Therefore, this research is to study the effect of corrosion or wear. To see the size of surface mold changed in the experiment. Based on a tolerance of 0.1 millimeters at the molding point and after molding in the actual work conditions of a 2-3 weeks sample and mold size measurement. At less than 10 times the permissible coordinate value is 0.01 millimeters.

The experiment found that. The wear of carbon steel molds was formed with chloroprene rubber. It has a very small value when referenced to the tolerance coordinates, which is not significantly reduced when the rubber specimen size is determined. The allowance range is 10 μm to 100 μm . Therefore, the design of chloroprene rubber to make molds with carbon steel. It can help reduce production costs. Without replacing with corrosion-resistant materials or adding coatings.

Keywords: Chloroprene rubber, corrosion, wear rate and carbon steel

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ อธิการบดีมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร และผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร รวมถึง ที่ให้การสนับสนุนอำนวยความสะดวกในการทำงานวิจัยครั้งนี้ รวมถึงนักวิจัยที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับงานทุกท่าน ทำนี้ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้ทุนสนับสนุน จนกระทั่งงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยดี

ผู้จัดทำ



สารบัญ

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญรูปภาพ (ต่อ)	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำ	1
1.2 ความสำคัญของงานวิจัย	1
1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.4 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 ขั้นตอนการดำเนินงาน	2
บทที่ 2 แนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญ	
2.1 ทฤษฎีที่สำคัญ	3
2.1.1 กระบวนการอัดขึ้นรูป	3
2.1.2 ทฤษฎียาง	4
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ	
3.1 บทนำ	6
3.2 แผนการดำเนินงาน	6
บทที่ 4 การวิเคราะห์ผลการดำเนินงาน	
4.1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทบทวนวรรณกรรม	7
4.2 กำหนดแนวทางของการวิจัยทดลอง	7
4.3 สร้างแม่พิมพ์ต้นแบบในการขึ้นรูปชิ้นงานทดลอง	7
4.4 เตรียมวัสดุยางคลอโรพรีนเพื่อทำการขึ้นรูปทดลอง	9
4.5 ทำการทดลอง เก็บผลทดสอบและวิเคราะห์ผล	11
4.6 สรุปผลการทดลอง	15
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงการ	16
5.2 ข้อเสนอแนะและแนวทางแก้ไข	16
บรรณานุกรม	17
ประวัตินักวิจัย	18

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1.1 แสดงแผนการดำเนินงาน	2
ตารางที่ 4.1 แสดงการวัดขนาดแม่พิมพ์	15
ตารางที่ 4.2 แสดงการวัดขนาดชิ้นงานยาง	15



สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ 1	สูตรโครงสร้างยางคลอโรพรีน	1
ภาพที่ 2	ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ยางแบบอัดขึ้นรูป	3
ภาพที่ 3	ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง	3
ภาพที่ 4	เครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง	4
ภาพที่ 5	สูตรโครงสร้างยางคลอโรพรีน	4
ภาพที่ 6	แสดงการออกแบบชิ้นงานทดลองและแบบแม่พิมพ์	7
ภาพที่ 7	แสดงวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนที่นำมาสร้างแม่พิมพ์	8
ภาพที่ 8	แสดงการเตรียมเครื่องจักรในการขึ้นรูปแม่พิมพ์	8
ภาพที่ 9	แสดงการเตรียมเครื่องจักรในการขึ้นรูปแม่พิมพ์(ต่อ)	9
ภาพที่ 10	แสดงการขึ้นรูปแม่พิมพ์ทดลอง	9
ภาพที่ 11	แสดงวัสดุยางที่นำมาขึ้นรูป	10
ภาพที่ 12	แสดงการเตรียมยางและผสมสูตรยาง	10
ภาพที่ 13	แสดงการตัดเตรียมยางเพื่อทำการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์	10
ภาพที่ 14	แสดงการชั่งน้ำหนักยางก่อนการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์	11
ภาพที่ 15	แสดงการเตรียมแม่พิมพ์แผ่นล่าง	11
ภาพที่ 16	แสดงการเตรียมแม่พิมพ์แผ่นบน	12
ภาพที่ 17	แสดงการวางยางเพื่อทำการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์	12
ภาพที่ 18	แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์ในการขึ้นรูป	12
ภาพที่ 19	แสดงการตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปยาง	13
ภาพที่ 20	แสดงชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ทดสอบ	13
ภาพที่ 21	แสดงการนำชิ้นงานสำเร็จออกจากแม่พิมพ์	13
ภาพที่ 22	แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน	14
ภาพที่ 23	แสดงผิวแม่พิมพ์หลังการขึ้นรูปชิ้นงาน 20 รอบ	14

สารบัญรูปร่างภาพ (ต่อ)

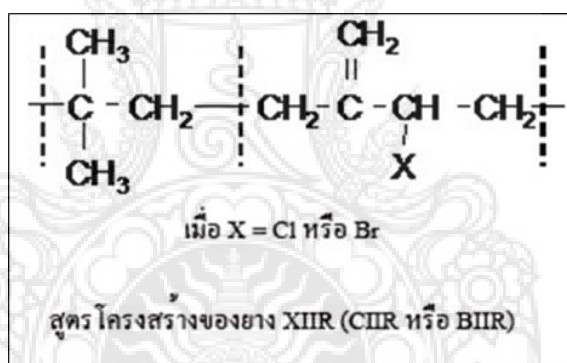
ภาพที่ 24 แสดงการตรวจสอบขนาดแม่พิมพ์หลังการขึ้นรูปชิ้นงาน 20 รอบ	14
ภาพที่ 25 แสดงการตรวจสอบความหนาชิ้นงาน	15



บทที่ 1

1.1 บทนำ

ยาง CR มีชื่อทางการค้าว่า นีโอพรีน เป็นยางที่สังเคราะห์จากมอนอเมอร์ของคลอโรพรีน มีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1 ยางชนิดนี้มีการตกผลึกได้ ทำให้มีความทนทานต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขีดถูสูง ยางชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือเกรดทั่วไป G, W และ T ยางเกรดพิเศษ คือ AC AD AG แลพ FB ใช้ทำกาวยาง ยางใช้เคลือบ และวัสดุอุดรอยรั่ว เป็นต้น ยาง CR มีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดดี มีการทนต่อแรงดึงและการฉีกขาดค่อนข้างสูง และเนื่องจากการมีคลอรีนอยู่ในโครงสร้างทำให้มีคุณสมบัติการดับไฟได้เอง (self-extinguish) การทนต่อสภาพอากาศ และความร้อน โอโซน และแสงแดดได้ดี ทนต่อการบวมพองในน้ำมันได้ปานกลางถึงดี ทนต่อกรดหรือด่างเจือจางได้ดีกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่จะไม่ทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิง ไฮโดรคาร์บอน ฟอสเฟตเอสเทอร์ คีโตน อัลดีไฮด์ และตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน ที่มีวงแหวนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ การซึมผ่านของก๊าซต่ำกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่สูงกว่ายาง NBR และ ยาง IIR อุณหภูมิการใช้งานอยู่ระหว่าง -40 ถึง 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 สูตรโครงสร้างยางคลอโรพรีน [1]

เนื่องจากสมบัติการทนต่อการติดไฟ ทนต่อน้ำมัน สภาพอากาศ และโอโซน บางชนิดนี้จึงถูกนำมาใช้ในการผลิต ยางซีล ท่อยางเสริมแรง ยางพันลูกกลิ้ง สายพานลำเลียงในเหมืองแร่ สายพานรูปตัววี ยางกันกระแทก ยางบุพื้นรองเท้า ยางขอบหน้าต่าง ขอบหลังคา ยางรองคอสะพาน และยางปลอกสายเคเบิล

1.2 ความสำคัญของงานวิจัย

จากข้อมูลข้างต้น พบว่า ในการสร้างแม่พิมพ์เพื่อมาผลิตผลิตภัณฑ์ยางคลอโรพรีน ด้วยวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน เมื่อเวลาผ่านไป ตัวแม่พิมพ์จะเกิดการสึกหรอ จากเดิมที่ได้สร้างไว้ ซึ่งในทางปฏิบัติ อุตสาหกรรมมักจะใช้การเคลือบผิว หรือ การเปลี่ยนวัสดุในการสร้างแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีต้นทุนที่เพิ่มขึ้น ดังนั้น การวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาผลกระทบของการกัดกร่อนที่จะเกิดขึ้น เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของขนาดแม่พิมพ์ที่ใช้ในการทดลอง

บทที่ 2

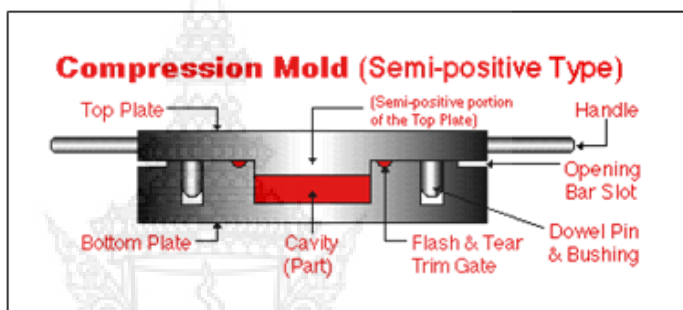
แนวคิดและทฤษฎีที่สำคัญ

2.1 ทฤษฎีที่สำคัญ

2.1.1 กระบวนการอัดขึ้นรูป (Compression Moulding)

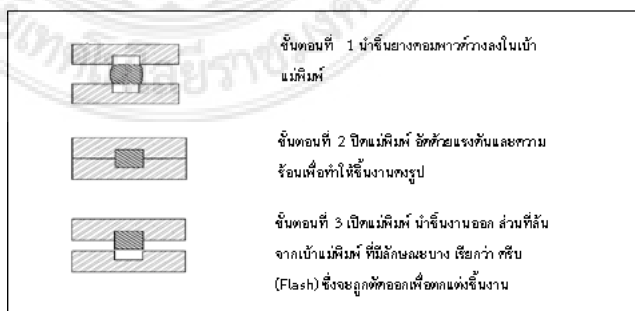
การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ด้วยวิธีการอัดขึ้นรูป เป็นกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อนมาก และแม่พิมพ์มีราคาไม่สูง โดยขนาดของแม่พิมพ์จะขึ้นกับชิ้นงานที่มีตั้งแต่ขนาดประมาณ 10 กรัม จนถึง 10 กิโลกรัม เครื่องจักรที่ใช้สำหรับอัดขึ้นรูปเป็นเครื่องอัดด้วยระบบไฮดรอลิก (Hydraulic) ซึ่งส่วนประกอบของแม่พิมพ์ แสดงดังภาพที่

2



ภาพที่ 2 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์แบบอัดขึ้นรูป [2]

กระบวนการอัดขึ้นรูปนั้นเริ่มจากนำชิ้นยางที่ยังไม่สุกหรือยางคอมพาวด์ใส่ลงในเบ้าของแม่พิมพ์ จากนั้นทำการปิดแม่พิมพ์ที่ใส่เข้าไปในเครื่องอัด เครื่องอัดจะใช้แรงดันกดปิดแม่พิมพ์จนสนิท โดยก่อนจะกดปิดแม่พิมพ์จะมีการกด-คลาย (Bumping) ก่อนเพื่อไล่อากาศออกให้เนื้อยางไหลได้เต็มเบ้า หลังจากได้รับความร้อนจากเครื่องอัดและใช้เวลาระยะหนึ่งจนยางสุกแล้ว แม่พิมพ์จะถูกเปิดออกและผู้ปฏิบัติงานสามารถหยิบชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ และทำความสะอาดแม่พิมพ์ จากนั้นแม่พิมพ์ก็จะพร้อมสำหรับการอัดขึ้นรูปในรอบต่อไป แสดงดังภาพที่ 3 ส่วนเครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางแสดงดังภาพที่ 4



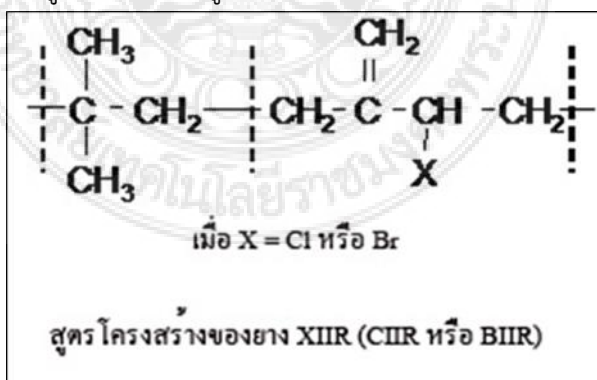
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง [3]



ภาพที่ 4 เครื่องอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง [4]

2.1.2 ทฤษฎี ยาง

ยาง CR มีชื่อทางการค้าว่า นีโอพรีน เป็นยางที่สังเคราะห์จากมอนอเมอร์ของคลอโรพรีน มีโครงสร้างดังแสดงในภาพที่ 1 ยางชนิดนี้มีการตกผลึกได้ ทำให้มีความทนทานต่อแรงดึง ความทนต่อการฉีกขาด และความต้านทานต่อการขีดถูสูง ยางชนิดนี้แบ่งออกเป็น 2 เกรด คือเกรดทั่วไป G, W และ T ยางเกรดพิเศษ คือ AC AD AG แลพ FB ใช้ทำกาวยาง ยางใช้เคลือบ และวัสดุอุดรอยรั่ว เป็นต้น ยาง CR มีคุณสมบัติด้านการเหนียวติดดี มีการทนต่อแรงดึงและการฉีกขาดค่อนข้างสูง และเนื่องจากการมีคลอรีนอยู่ในโครงสร้างทำให้มีคุณสมบัติการดับไฟได้เอง (self-extinguish) การทนต่อสภาพอากาศและความร้อน โอโซน และแสงแดดได้ดี ทนต่อการบวมพองในน้ำมันได้ปานกลางถึงดี ทนต่อกรดหรือด่างเจือจางได้ดีกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่จะไม่ทนต่อน้ำมันเชื้อเพลิงไฮโดรคาร์บอน ฟอสเฟตเอสเทอร์ คีโตน อัลดีไฮด์ และตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอน ที่มีวงแหวนที่มีคลอรีนเป็นองค์ประกอบ การซึมผ่านของก๊าซต่ำกว่ายางธรรมชาติและยาง SBR แต่สูงกว่ายาง NBR และ ยาง IIR อุณหภูมิการใช้งานอยู่ระหว่าง -40 ถึง 100 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 5 สูตรโครงสร้างยางคลอโรพรีน

เนื่องจากสมบัติการทนต่อการติดไฟ ทนต่อน้ำมัน สภาพอากาศ และโอโซน บางชนิดนี้จึงถูกนำมาใช้ในการผลิต ยางซีล ท่อยางเสริมแรง ยางพันลูกกลิ้ง สายพานลำเลียงในเหมืองแร่ สายพานรูป

ตัววี ยางกันกระแทก ยางบุพื้นรองเท้า ยางขอบหน้าต่าง ขอบหลังคา ยางรองคอสะพาน และยาง
ปลอกสายเคเบิล

งานวิจัย G.E. BADEA, P. CRET , M. LOLEA.SETEL [5] ได้พูดถึงการกัดกร่อนใน
บรรยากาศ ขึ้นอยู่กับ ความชื้นในอากาศ อุณหภูมิ สภาพแวดล้อมที่สัมผัสอยู่ สภาพความเป็นกรดต่าง
สภาพการนำไฟฟ้าเคมีมีผลต่อการกัดกร่อน

บทความวิจัยของ มหาวิทยาลัย ปรินซ์ตัน [6] นำเสนอการวัดการกัดกร่อนได้
โดยการคำนวณทางไฟฟ้าเคมี สามารถวัดได้ทั้งเหล็กกล้าคาร์บอนและสแตนเลส



บทที่ 3 วิธีการดำเนินการ

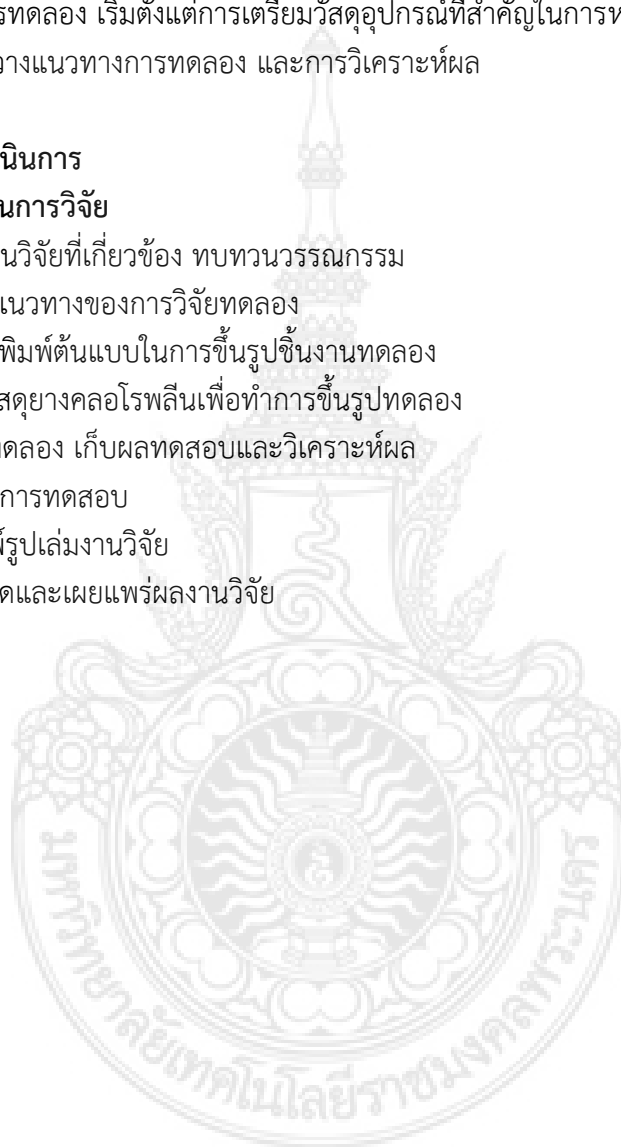
3.1 บทนำ

ในบทนี้เป็นการกล่าวถึงวิธีการดำเนินงานในการวิจัยในครั้งนี้ โดยนำทฤษฎีที่ได้ศึกษามาประยุกต์ใช้ในการทดลอง เริ่มตั้งแต่การเตรียมวัสดุอุปกรณ์ที่สำคัญในการหาข้อมูลปัญหาในการขึ้นรูปยางคลอโรพรีน วางแนวทางการทดลอง และการวิเคราะห์ผล

3.2 แผนการดำเนินการ

วิธีการดำเนินการวิจัย

- 1 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ทบทวนวรรณกรรม
- 2 กำหนดแนวทางของการวิจัยทดลอง
- 3 สร้างแม่พิมพ์ต้นแบบในการขึ้นรูปชิ้นงานทดลอง
- 4 เตรียมวัสดุยางคลอโรพรีนเพื่อทำการขึ้นรูปทดลอง
- 5 ทำการทดลอง เก็บผลทดสอบและวิเคราะห์ผล
- 6 สรุปผลการทดสอบ
- 7 จัดพิมพ์รูปเล่มงานวิจัย
- 8 ถ่ายทอดและเผยแพร่ผลงานวิจัย



บทที่ 4

ผลการดำเนินงาน

4.1 ศึกษางานปัญหาที่เกิดขึ้นในอุตสาหกรรม

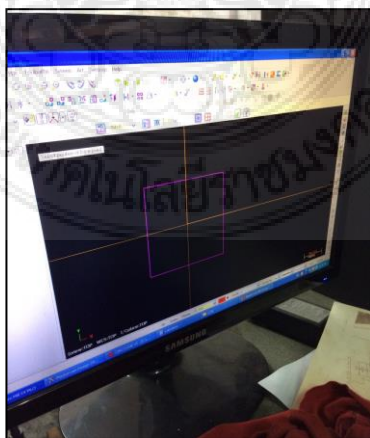
จากการที่นักวิจัยได้มีความร่วมมือกับสถานประกอบการ ที่เกี่ยวกับการขึ้นรูปยางโดยใช้แม่พิมพ์ ปัญหาที่พบของการขึ้นรูปขึ้นงานยาง ด้วยยาง คลอโรพรีน คือ ในช่วงเก็บแม่พิมพ์ หลังจาก ที่รอผลการตัดสีนใจ ความถูกต้องของตัวอย่างต้นแบบ ซึ่งมีระยะเวลาประมาณ 20-30 วัน และเมื่อมีการขึ้นรูปขึ้นงานซ้ำ พบว่าขนาดขึ้นงานยางที่ได้ จะมีขนาดที่มีค่า ใหญ่ขึ้น กว่าที่แบบกำหนด ซึ่งเกิด จาก ยางที่มีส่วนผสมของคลอริน ทำปฏิกิริยากับเหล็กกล้าคาร์บอน เกิดการกัดกร่อน เป็นขนาด ไม่ครอน

4.2 กำหนดแนวทางของการวิจัยทดลอง

หลังจากนั้น นักวิจัย จึงได้นำเสนอ แนวทางการทดลองหาอัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้น โดย จำลองกระบวนการผลิตต้นแบบ จริง เพื่อเก็บข้อมูล จากการทวนสอบขนาดของแม่พิมพ์ เหล็กกล้า คาร์บอนที่ผ่านการขึ้นรูป และมีสภาวะเช่นเดียวกับการผลิตช่วงผลิตต้นแบบจริง

4.3 สร้างแม่พิมพ์ต้นแบบในการขึ้นรูปขึ้นงานทดลอง

ทีมวิจัยได้ ออกแบบขึ้นงาน เป็นยางแผ่นขนาด 250x250x5 มิลลิเมตร เพื่อให้เหมาะสมกับ หน้าแปลนของเครื่องอัดขึ้นรูป และออกแบบแม่พิมพ์ ด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ และจากนั้น ได้ทำ การสั่งเหล็ก มาทำการขึ้นรูปแม่พิมพ์ด้วยเครื่องจักรกลอัตโนมัติ เพื่อที่ จะได้ไว้ใช้ขึ้นรูปยาง ใน กระบวนการถัดไป ดังแสดงในภาพที่ 6-10



ภาพที่ 6 แสดงการออกแบบขึ้นงานทดลองและแบบแม่พิมพ์



ภาพที่ 7 แสดงวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอนที่นำมาสร้างแม่พิมพ์



ภาพที่ 8 แสดงการเตรียมเครื่องจักรในการขึ้นรูปแม่พิมพ์



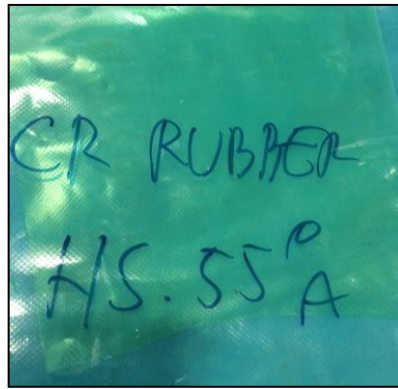
ภาพที่ 9 แสดงการเตรียมเครื่องจักรในการขึ้นรูปแม่พิมพ์(ต่อ)



ภาพที่ 10 แสดงการขึ้นรูปแม่พิมพ์ทดลอง

4.4 เตรียมวัสดุยางคลอโรพรีนเพื่อทำการขึ้นรูปทดลอง

หลังจากกระบวนการในการสร้างแม่พิมพ์ทดสอบเสร็จสิ้น กระบวนการต่อไปคือการเตรียมยางที่จะนำมาขึ้นรูป คือ ยางคลอโรพรีน ที่ความแข็ง 55 ชอร์เอ ร้อยละการหดตัวที่ 2 (2%) การคงตัวแบบใช้ซัลเฟอร์ (Sulfur cured) เนื่องจากเป็นยางที่มักนิยมใช้ในวงการอุตสาหกรรม แต่มักจะสร้างปัญหากับแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน ในเรื่องการกัดกร่อนที่ผิว ทำให้เกิดความเผื่อและขนาดของแม่พิมพ์เปลี่ยนไป ถ้าไม่มีการผ่านการเคลือบผิว(Coating) โดยการเตรียมยาง แสดงดังภาพที่ 11- 14



ภาพที่ 11 แสดงวัสดุยางที่นำมาขึ้นรูป



ภาพที่ 12 แสดงการเตรียมยางและผสมสูตรยาง



ภาพที่ 13 แสดงการตัดเตรียมยางเพื่อทำการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์



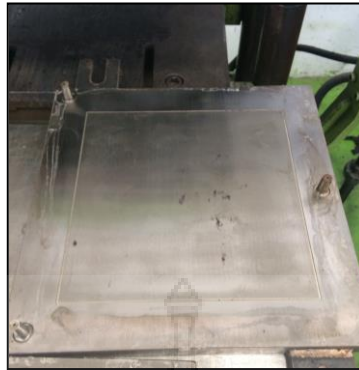
ภาพที่ 14 แสดงการชั่งน้ำหนักยางก่อนการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์

4.5 ทำการทดลอง เก็บผลทดสอบและวิเคราะห์ผล

จากนั้นกระบวนการถัดมาคือการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานยาง โดยทั่วไปการทดลองการขึ้นรูปในการทำชิ้นงานตัวอย่าง ให้กับลูกค้าในอุตสาหกรรม มักจะทำเป็นล็อตสั้นๆ ระหว่าง 10 ชิ้น ถึง 50 ชิ้น โดยในการทดลองนี้ จะทำการขึ้นรูปชิ้นงาน ต่อเนื่องด้วยยางคลอโรพรีน 20 ชิ้นต่อเนื่อง ภายใต้พารามิเตอร์ของการขึ้นรูปยาง ที่ อุณหภูมิ 155 องศาเซลเซียส และ เวลา 240 วินาที ดังแสดงในภาพที่ 15 - 25



ภาพที่ 15 แสดงการเตรียมแม่พิมพ์แผ่นล่าง



ภาพที่ 16 แสดงการเตรียมแม่พิมพ์แผ่นบน



ภาพที่ 17 แสดงการวางยางเพื่อทำการขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์



ภาพที่ 18 แสดงการปรับค่าพารามิเตอร์ในการขึ้นรูป



ภาพที่ 19 แสดงการตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องอัดขึ้นรูปยาง



ภาพที่ 20 แสดงชิ้นงานที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์ทดสอบ



ภาพที่ 21 แสดงการนำชิ้นงานสำเร็จออกจากแม่พิมพ์



ภาพที่ 22 แสดงการตรวจสอบขนาดชิ้นงาน



ภาพที่ 23 แสดงผิวแม่พิมพ์หลังการขึ้นรูปชิ้นงาน 20 รอบ



ภาพที่ 24 แสดงการตรวจสอบขนาดแม่พิมพ์หลังการขึ้นรูปชิ้นงาน 20 รอบ



ภาพที่ 25 แสดงการตรวจสอบความหนาชิ้นงาน

4.6 สรุปผลการทดสอบ

จากผลการดำเนินงานตามแผนงาน พบว่าการดำเนินงานเป็นไปตามแผนงาน และภายใต้สภาวะที่ปกติในการขึ้นรูปชิ้นงานยาง จากนั้น ได้ทำการวัดทวนสอบขนาดแม่พิมพ์ และชิ้นงานยางแผ่นทดสอบเพื่อดูความสัมพันธ์ระหว่างความสึกกร่อนที่เกิดขึ้นผ่านขนาดของแม่พิมพ์ และค่าพิคัดความเผื่อที่ระบุไว้ และ ค่าพิคัดความเผื่อที่ตั้งไว้ละเอียดอีก 10 เท่า ดังแสดงในตารางที่ 4.1 และ 4.2

ตารางที่ 4.1 แสดงการวัดขนาดแม่พิมพ์

การวัดขนาดแม่พิมพ์			
จุดตำแหน่งของขนาดที่วัดค่า			
สมมติฐานที่กำหนด	กว้าง(mm)	ยาว(mm)	หนา(mm)
ก่อนขึ้นรูป (± 0.1 mm)	255.1	255.1	5.0
หลังขึ้นรูป (± 0.1 mm)	255.1	255.1	5.0
หลังขึ้นรูป (± 0.01 mm)	255.08	255.08	5.01

ตารางที่ 4.2 แสดงการวัดขนาดชิ้นงานยาง

การวัดขนาดชิ้นงานยาง			
จุดตำแหน่งของขนาดที่วัดค่า			
สมมติฐานที่กำหนด	กว้าง(mm)	ยาว(mm)	หนา(mm)
หลังขึ้นรูป (± 0.01 mm)	250.08	250.08	4.98

บทที่ 5

สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลที่ได้จากโครงการ

จากการทดลองพบว่า การสีหรือของแม่พิมพ์ที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน ที่ขึ้นรูปด้วยยางคลอโรพรีน นั้นมีค่าที่น้อยมากเมื่ออ้างอิงจากค่าพิคัดความเผื่อโดยมีนัยยะที่ไม่ลดลง เมื่อ ขนาดชิ้นงานยางถูกกำกับด้วย ค่าพิคัดความเผื่อช่วง 10 ไมครอน ถึง 100 ไมครอน ดังนั้น การออกแบบชิ้นงานยางคลอโรพรีน เพื่อนำไปสร้างแม่พิมพ์ด้วยเหล็กกล้าคาร์บอน จะสามารถช่วยลดต้นทุนการผลิตได้ โดยไม่ต้องเปลี่ยนวัสดุที่ทนการกัดกร่อน หรือ เพิ่มกระบวนการการเคลือบผิว ได้

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการเปลี่ยนแปลงค่าความแข็งของยางที่ใช้ในการขึ้นรูป เป็น 50 ชอร์เอ และ 70 ชอร์เอ เนื่องจากเป็นความแข็งที่นิยมใช้และความแข็งมีผลกับการหดตัวของยาง

2. ควรเพิ่มรายละเอียด พฤติกรรม อัตราการกัดกร่อน ที่เกิดขึ้นอย่างเห็นผล ระหว่างยางคลอโรพรีน และ เหล็กกล้าคาร์บอน อย่างชัดเจน ต่อไป



บรรณานุกรม

- [1] Available Source: <http://www.rubbercenter.org>, August 29, 2013
- [2] Hawthorne Rubber Mfg. Corp. 2004. Information about Compression, Transfer, and Injection Moulding. Available Source: <http://www.hawthornerubber.com/index.html>, August 1, 2015.
- [3] Robinson Rubber Products Company, Inc. America, Inc. 2005. Designing with Rubber. Available Source: <http://www.robinsonrubber.com>, July 28, 2015.
- [4] Focus Technology Co., Ltd. Rubber Hydraulic press. Available Source: <http://nb-chap.en.made-in-china.com>, August 30, 2015.
- [5] G.E. BADEA, P. CRET, M. LOLEA, and A. SETEL, "STUDY OF CARBON STEEL CORROSION IN ATMOSPHERE CONDITIONS" ACTA TECHNICA CORVINIENSIS BULLETIN OF ENGINEERING Tome 4, ISSN 2067-3809, Year 2011
- [6] Available Source: <http://www.pricetonappliedresearch.com> "Basics of Corrosion Measurements" Application_Note_CORR-1, Jan 4, 2016



ประวัติผู้วิจัย (หัวหน้าโครงการ)

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายธวัชชัย ชาทิตำนาญ
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Thawachchai Chattamnan
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3129900051983
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์
4. หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมการผลิตเครื่องมือและแม่พิมพ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
โทรศัพท์ 02-836--3000 ต่อ 140 โทรสาร 02-913-2424 ต่อ 181
e-mail: thawachchai.ch@rmutp.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0865068224
5. ประวัติการศึกษา
ปริญญาโท วศ.ม.(วิศวกรรมการผลิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปริญญาตรี วศ.บ.(วิศวกรรมการผลิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
 - การจัดการอุตสาหกรรม โครงการ การวิเคราะห์โครงการเชิง เศรษฐศาสตร์
 - การใช้โปรแกรมช่วยออกแบบ และ โปรแกรมในเชิงวิศวกรรม(CAD/CAE)
 - การออกแบบการทดลองเชิงวิศวกรรม การใช้สถิติในงานวิจัย
 - การพัฒนาผลิตภัณฑ์ และการออกแบบการสร้างต้นแบบเครื่องมือ อุปกรณ์ และเครื่องจักร
 - การศึกษาและวิจัย อุตสาหกรรมการผลิตผลิตภัณฑ์ยาง การขึ้นรูปยาง
7. ประสบการณ์งานวิจัย
 - หัวหน้าโครงการ การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบประสิทธิภาพการใช้งานของผลิตภัณฑ์ยางถอนขนไก่ ภายใต้การสนับสนุนทุนของ วช. และ สกว. 2555
 - นักวิจัย โครงการพัฒนาการออกแบบและผลิตแม่พิมพ์ขึ้นรูปเท้าเทียมระดับข้อเท้าสำหรับคนพิการ ร่วมกับมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 2554
 - นักวิจัย โครงการศึกษาวิศวกรรมการย้อนรอย (Re-Engineering) สร้างชิ้นส่วนยางทดแทนให้กับกองทัพบกปีน ปกค.198 (M 198). 2553 เป็นผู้ร่วมโครงการได้รับทุนจากสถาบันไทย เยอรมัน กระทรวงอุตสาหกรรม
 - นักวิจัย การวิจัยและพัฒนาทำต้นแบบชิ้นส่วนยาง โดยใช้หลักการวิเคราะห์ทฤษฎีเชิงกลุ่ม (Grouping Analysis) และ วิเคราะห์คุณค่า และ วิเคราะห์เชิงวิศวกรรม (Value Analysis and Value engineering) ในอุตสาหกรรมการปรับอากาศ (Air Condition/Compressor)2552 เป็นผู้ร่วมโครงการ ได้รับทุนจากบริษัทเอส เค โพลีเมอร์ จำกัด

ประวัติผู้วิจัย (ผู้ร่วมวิจัย)

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นายจักรวัฒน์ เรืองแรงสกุล
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Mr.Jakrawat Ruengrangskul
2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 5102000035795
3. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ พิเศษ
4. หน่วยงาน สาขาวิชาวิศวกรรมการบำรุงรักษา คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381ถนนประชาราษฎร์ สาย 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800
โทรศัพท์ 02-836-3000 ต่อ 181
e-mail: jakrawat.r@mutp.ac.th เบอร์โทรศัพท์ 0814415244

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาโท	วศ.ม.(วิศวกรรมการจัดการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ อุตสาหกรรม)
ปริญญาตรี	วศ.บ.(วิศวกรรมอุตสาหกรรม) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปริญญาตรี	อส.บ.(เทคโนโลยีการผลิต) สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

- การอำนวยการก่อสร้างงานโยธา ระบบสุขาภิบาล การติดตั้งเครื่องจักรกล ระบบไฟฟ้าและควบคุมแรงต่ำ ระบบนิวแมติกและไฮดรอลิกส์
- การควบคุมงานเชื่อมโครงสร้างเหล็ก การติดตั้งระบบระบายอากาศและปรับอากาศ
- งานหล่อและฉีดอลูมิเนียมอัลลอย

7. ประสบการณ์งานวิจัย

1. การสร้างเครื่องสไลด์เฟือกแบบเส้นและแผ่น ปี 2552
2. การสร้างเครื่องสับใบผักตบชวาทำกระดาษสา ปี 2553
3. การผลิตไม้อัดจากขานอ้อยผสมต้นมันสำปะหลัง ปี 2556
4. การสร้างเครื่องกลั่นน้ำส้มสายชูจากต้นจาก ปี 2558