

รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียม
สำหรับการผลิตก้ามเบรกรถจักรยานยนต์

**The Spraying Lubricant Pattern of Die-Casting Aluminum Mold Release
Lubricant for Production of Motorcycle Brake Shoe**

พลศักดิ์ เลิศหิรัญปัญญา* สุธิธรินทร์ ศรีไทย นฤษดา โพษาสาลี และ ปรริฉัตร จิมสันเทียะ

ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพมหานคร 10140
E-mail: phonsak.ler@kmutt.ac.th*

Phonsak Lerthiranphanaya*, Sutthirath Srithai, Narisada Photosalee and Prarichat Ngimsanthire

Department of Production Technology Education, Faculty of Industrial Education and Technology,
King Mongkut's University of Technology Thonburi, Bang Mot, Thung Khru, Bangkok, 10140,
E-mail: phonsak.ler@kmutt.ac.th*

Received 29 May 2020; Revised 16 Jun 2020

Accepted 19 Jun 2020; Available online 27 Jun 2020

บทคัดย่อ

งานศึกษาวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียม สำหรับการผลิตก้ามเบรกรถจักรยานยนต์ จำนวน 6 cavity ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดอลูมิเนียมขนาด 125 ตัน ซึ่งได้ดำเนินการวิจัยในรูปแบบเชิงทดลอง โดยทำการทดลองพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ด้วยรูปแบบการพ่นซึ่งถูกกำหนดเป็นตัวแปรอิสระ 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบดั้งเดิม รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ และรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการพ่นในแต่ละรูปแบบ ผลการวิจัยพบว่ารูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่มีประสิทธิภาพที่สุดนั้นคือ รูปแบบการเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ ซึ่งส่งผลให้ไม่เกิดชิ้นงานที่มีลักษณะความไม่สมบูรณ์เกิดขึ้น และใช้ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์โดยเฉลี่ยเท่ากับ 84.66 มิลลิลิตรต่อหนึ่งรอบการผลิต ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำผลดังกล่าวไปปรับใช้หรือกำหนดเป็นรูปแบบมาตรฐานในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้นต่อไป

คำหลัก: การเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ น้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ รูปแบบการพ่น หล่อฉีดอลูมิเนียม

Abstract

The objective of this research is to compare the efficiency of the spraying lubricant patterns for the aluminum die-casting molds for motorcycle brakes shoes with a 125-ton injection machine. The research was the performed experiments. The spraying lubricant 3 patterns were independent variables consisting of primitive pattern, temperature position pattern, and continuous curved movement of the hand pattern. The results of research found that the highest efficiency of the spraying lubricant pattern was at continuous curved movement

of the hand, which results in the use of an average volume of lubricant of 84.66 ml per production cycle and does not cause the defects. The results can be applied or set as a standard for lubricant spraying mold coating to increase work efficiency.

Keywords: Continuous curved movement of the hand, Mold release lubricant, Spraying pattern, Aluminum die-casting

1. บทนำ

คุณสมบัติที่โดดเด่นของอะลูมิเนียม (Aluminum) ซึ่งมีน้ำหนักที่เบาว่าเหล็ก เมื่อเปรียบเทียบกับความแข็งแรงที่เท่ากัน และความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่ระดับสูงกว่า จึงทำให้ปัจจุบันผู้ประกอบการเกี่ยวกับการขึ้นรูปชิ้นส่วนด้วยโลหะนำวัสดุอะลูมิเนียมไปทำการผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ ที่หลากหลาย เช่น การผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ ชิ้นส่วนอุปกรณ์ไฟฟ้า ชิ้นส่วนเครื่องบิน เป็นต้น โดยอาศัยการขึ้นรูปด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปอะลูมิเนียมหรือที่เรียกว่า กระบวนการไดคาสต์ (Die casting) [1] แต่การที่จะทำให้กระบวนการไดคาสต์มีประสิทธิภาพสูงรวมถึงการทำให้ชิ้นงานที่ได้จากการผลิตนั้นมีคุณภาพ ต้องอาศัยปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิตหลายด้านไม่ว่าจะเป็น ลักษณะแม่พิมพ์ อุณหภูมิน้ำโลหะในการฉีดขึ้นรูป ระบบการหล่อเย็นของแม่พิมพ์ และการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ [2] เป็นต้น ซึ่งปัจจัยต่าง ๆ นั้นจะต้องถูกกำหนดให้มีความสัมพันธ์กับกระบวนการผลิตและระดับคุณภาพของชิ้นงานที่ต้องการ ซึ่งปัจจัยสำคัญที่จะส่งผลโดยตรงต่อคุณภาพผิวและความสมบูรณ์ของชิ้นงานที่ได้จากกระบวนการไดคาสต์ได้แก่ ความสามารถในการระบายอากาศออกจากโพรงในแม่พิมพ์ในระหว่างการฉีดโลหะเหลวและระดับอุณหภูมิหน้าแม่พิมพ์ [3] ดังนั้นผู้ผลิตต้องกำหนดค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของกระบวนการขึ้นรูปให้มีความเหมาะสมทุกครั้งเมื่อมีการเปลี่ยนรูปร่างชิ้นงาน และชนิดโลหะในการขึ้นรูป เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดข้อบกพร่องขึ้นในกระบวนการผลิต [4] รวมไปถึงปัจจัยลักษณะการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์เพื่อช่วยในการแพร่กระจายของน้ำยาเคลือบผิวในงานหล่อฉีดอะลูมิเนียม ซึ่งเป็นสารลดแรงตึงผิวและช่วยในการถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ [5] โดยหากเมื่อเกิดลักษณะของการพ่นและการแพร่กระจาย รวมถึงการก่อตัวของฟิล์มที่ไม่ดี ส่งผลให้ใช้ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ในปริมาณที่มาก

ขึ้นจึงเกิดการระบายความร้อนที่พื้นผิวมากเกินไปส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงาน ดังนั้นการทราบถึงสภาพและลักษณะการพ่นที่เหมาะสมจะสามารถช่วยให้กระบวนการไดคาสต์มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น [6]

จากข้อมูลเบื้องต้นของทางสถานประกอบการซึ่งทำการผลิตชิ้นส่วนก้ามเบรกรถจักรยานยนต์จากกระบวนการไดคาสต์ พบปัจจัยที่ส่งผลให้ชิ้นงานก้ามเบรคที่ขึ้นรูปด้วยแม่พิมพ์จำนวน 6 Cavity เกิดข้อบกพร่อง อันได้แก่ การบิดเบี้ยวของชิ้นงาน ชิ้นงานมีรอยขีดข่วนที่บริเวณผิวชิ้นงาน คือการใช้ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสม ทางสถานประกอบการจึงแก้ปัญหาโดยเพิ่มการใช้ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ให้มีปริมาณที่มากยิ่งขึ้น ผลพบว่าข้อบกพร่องของชิ้นงานลดลง ประกอบกับสถานประกอบการไม่มีรูปแบบในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่เป็นรูปแบบมาตรฐานที่ชัดเจนในการทำงาน จึงทำให้เกิดการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ในรูปแบบที่หลากหลายส่งผลให้เกิดความสูญเสียปริมาณน้ำยาเคลือบผิวเป็นจำนวนมากและกระทบกับต้นทุนในการใช้ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวที่สูงขึ้น

ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้วิจัยจึงได้ทำการศึกษาวิจัยโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอะลูมิเนียม สำหรับการผลิตก้ามเบรกรถจักรยานยนต์จำนวน 6 cavity ที่ขึ้นรูปด้วยเครื่องฉีดอะลูมิเนียมขนาด 125 ตัน เพื่อกำหนดเป็นรูปแบบมาตรฐานในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ และลดปริมาณการใช้ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ ซึ่งช่วยส่งผลให้กระบวนการผลิตมีรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่เป็นมาตรฐาน ช่วยลดปริมาณและต้นทุนของน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ รวมไปถึงช่วยในการลดของเสียที่เกิดจากกระบวนการผลิต เป็นผลให้กระบวนการไดคาสต์มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

2. อุปกรณ์และวิธีการ

การศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental research) ซึ่งมีรายละเอียดต่าง ๆ ดังนี้

2.1 ขอบเขตการทดลอง

2.1.1 ศึกษาการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียมสำหรับการผลิตชิ้นส่วนก้ามเบรกรถจักรยานยนต์ขนาดความยาว 10 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร และหนา 2.5 เซนติเมตร

2.1.2 ขนาดเครื่องฉีดอลูมิเนียมสำหรับการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานเพื่อใช้ในการศึกษาทดลองมีขนาด 125 ตัน

2.1.3 ขนาดแม่พิมพ์ฉีดอลูมิเนียมสำหรับการศึกษาทดลองมีขนาด 24 x 38 เซนติเมตร จำนวน 6 cavity

2.1.4 ปริมาณความเข้มข้นของน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์อยู่ที่ปริมาณหัวเชื้อ 6 ลิตร ต่อ น้ำ 100 ลิตร

2.1.5 พนักงานที่ทำการผลิตชิ้นส่วนในการทดลองมีประสบการณ์การทำงานไม่ต่ำกว่า 3 ปี

2.2 ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียม จำนวน 3 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบดั้งเดิม รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ และรูปแบบการเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียม และลักษณะจำนวนความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงาน

ตัวแปรควบคุม ได้แก่ ระยะเวลาในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ 10 วินาที [7] ซึ่งเป็นผลจากการศึกษาวิจัยและพบว่าเป็นระยะเวลาการพ่นที่มีประสิทธิภาพที่สุด

2.3 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

2.3.1 เครื่องฉีดอลูมิเนียมขนาด 125 ตัน ซึ่งใช้เป็นเครื่องจักรสำหรับใช้ในการทดลองฉีดขึ้นรูปชิ้นงานก้ามเบรกรถจักรยานยนต์

2.3.2 นาฬิกาจับเวลา สำหรับการจับเวลาการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์

2.3.3 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด ใช้ในการวัดอุณหภูมิบริเวณหน้าแม่พิมพ์หลังการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ เพื่อศึกษาช่วงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่ง

บริเวณหน้าแม่พิมพ์

2.3.4 อุปกรณ์ตรวจวัดปริมาณน้ำ ใช้ในการตรวจวัดปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่ใช้ในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

เพื่อควบคุมให้การทดลองเป็นไปอย่างสมบูรณ์และลดค่าความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการวิจัย จึงได้มีการออกแบบแผนการทดลอง และลำดับขั้นตอนของการดำเนินงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

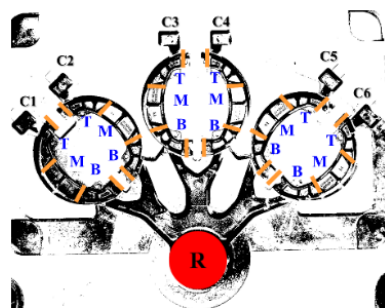
3.1 ช่วงก่อนการทดลอง

3.1.1 ศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อใช้ในการออกแบบแผนการทดลองและขั้นตอนการดำเนินการทดลอง ศึกษาสภาพการปฏิบัติงานจริงของพนักงานในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนก้ามเบรกรถจักรยานยนต์ที่กำหนดเป็นขอบเขตในการศึกษา

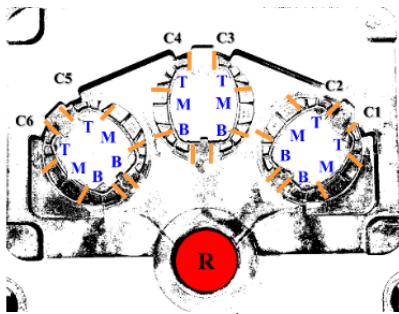
3.1.2 ศึกษาและดำเนินการทดลองเบื้องต้นเพื่อเก็บข้อมูล และศึกษาความเป็นไปได้ในการทดลองและรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์ผล ประกอบไปด้วยรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ และช่วงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งบริเวณหน้าแม่พิมพ์ โดยมีรายละเอียดการดำเนินการดังนี้

1) ศึกษารูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์จากสภาพการทำงานปัจจุบัน

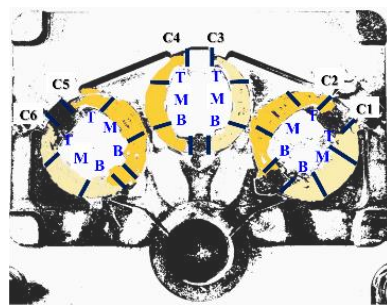
2) ศึกษาช่วงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่งบริเวณหน้าแม่พิมพ์ โดยการแบ่งตำแหน่งบริเวณหน้าแม่พิมพ์ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา ออกเป็น 18 ตำแหน่ง ดังรูปที่ 1 โดยหลังจากทำการเปิดแม่พิมพ์จะทำการวัดอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่ง ตำแหน่งละ 3 ครั้ง พร้อมบันทึกข้อมูลอุณหภูมิในตำแหน่งต่าง ๆ ตามที่กำหนดไว้



(ก) แม่พิมพ์ฝั่งซ้าย



(ข) แม่พิมพ์ฝั่งขวา



(ข) แม่พิมพ์ฝั่งขวา

รูปที่ 1 (ก-ข) ตำแหน่งบริเวณหน้าแม่พิมพ์สำหรับทดลอง
พ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ฝั่งซ้าย และฝั่งขวา

หมายเหตุ C1-6 = Cavity No.1-6, T = Top Position,
M = Middle Position, B = Bottom Position

รูปที่ 2 (ก-ข) ช่วงค่าอุณหภูมิในแต่ละตำแหน่ง
บริเวณหน้าแม่พิมพ์ฝั่งซ้าย และฝั่งขวา

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างระดับสีความร้อนและช่วง
อุณหภูมิแม่พิมพ์บริเวณหน้าแม่พิมพ์ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา

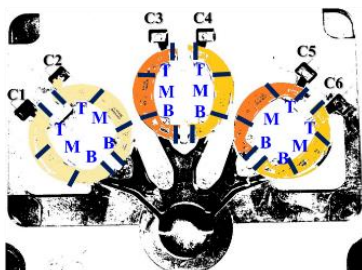
ระดับสี ความร้อน	ช่วงอุณหภูมิแม่พิมพ์ (องศาเซลเซียส)	
	แม่พิมพ์ฝั่งซ้าย	แม่พิมพ์ฝั่งขวา
	246.1 – 275	229.1 – 266
	217.1 – 246	193.1 – 229
	188 – 217	155 – 193

3.1.3 วิเคราะห์ข้อมูลจากผลการเก็บข้อมูล
เบื้องต้น เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการออกแบบรูปแบบ
การพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์และออกแบบแผนการ
ทดลอง โดยมีรายละเอียดผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1) วิเคราะห์รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิว
แม่พิมพ์จากสภาพการทำงานปัจจุบันของผู้ทำการ
ทดลอง

2) วิเคราะห์หาช่วงค่าอุณหภูมิในแต่ละ
ตำแหน่งบริเวณหน้าพิมพ์ฝั่งซ้ายและฝั่งขวา โดย
ออกแบบจากตำแหน่งช่วงอุณหภูมิสูงที่สุดไปอย่างน้อย
ที่สุดตามตำแหน่งต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ ดังรูปที่ 2 โดยม
ีความสัมพันธ์ระหว่างระดับสีความร้อนและช่วงอุณหภูมิ
ดังตารางที่ 1

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นสามารถออกแบบ
รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ได้ 3 รูปแบบ
ได้แก่ รูปแบบดั้งเดิม รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ และ
รูปแบบการเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ



(ก) แม่พิมพ์ฝั่งซ้าย

3.1.4 ออกแบบแผนการทดลองเป็นแผนการ
ทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely
Randomized Design : CRD) โดยมีตัวแปรอิสระ 1 ตัว
คือ รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีด
อลูมิเนียม 3 ระดับการทดลอง ได้แก่ รูปแบบดั้งเดิม
รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ และรูปแบบการ
เคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ โดยในแต่ละ
ระดับจะทำการทดลองระดับละ 15 ครั้ง รวมทั้งหมดเป็น
45 การทดลอง ตามแผนการทดลอง ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตารางแผนการทดลอง

รูปแบบการ พ่นน้ำยา เคลือบผิว แม่พิมพ์	รูปแบบ ดั้งเดิม		รูปแบบตาม ตำแหน่ง อุณหภูมิ		รูปแบบการ เคลื่อนไหว แบบวงโค้ง ต่อเนื่องของ มือ	
ลำดับการ ทดลอง	S-1	S-31	S-3	S-25	S-2	S-24
	S-6	S-33	S-4	S-27	S-5	S-26
	S-12	S-35	S-9	S-28	S-7	S-30
	S-17	S-37	S-11	S-34	S-8	S-32
	S-19	S-40	S-13	S-36	S-10	S-39
	S-21	S-42	S-15	S-38	S-14	S-41
	S-22	S-45	S-18	S-44	S-16	S-43
	S-29	-	S-23	-	S-20	-

หมายเหตุ S-1 ถึง S-45 หมายถึง ลำดับการทดลอง

3.2 ช่วงการทดลอง

3.2.1 ให้ข้อมูลพื้นฐานแก่ผู้ทำการทดลอง ประกอบไปด้วย ลักษณะการเคลื่อนไหวในแต่ละรูปแบบ การพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ ภายใต้ระยะเวลาการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่ 10 วินาที [7] โดยมีการให้ข้อมูลทั้งด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติ โดยรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ทั้ง 3 รูปแบบมีลักษณะตำแหน่งการเคลื่อนไหวอ้างอิงตำแหน่งดังรูปที่ 1 ดังนี้

1) รูปแบบดั้งเดิม มีลำดับขั้นตอนการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ โดยเริ่มต้นจากแม่พิมพ์ฝั่งขวา ดังนี้

START ➡ C3(TMB) ➡ Rx2 ➡ C2(BMT) ➡
C1(TMB) ➡ C4(BMT) ➡ C3(TMB) ➡ C6(BMT) ➡
C5(TMB)

จากนั้นย้ายไปที่แม่พิมพ์ฝั่งซ้าย

START ➡ Rx2 ➡ C1(BMT) ➡ C2(TMB) ➡
C3(BMT) ➡ C4(TMB) ➡ C5(BMT) ➡ C6(TMB)

2) รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ มีลำดับขั้นตอนการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ โดยเริ่มต้นจากแม่พิมพ์ฝั่งขวา ดังนี้

START ➡ Rx2 ➡ C6(BMT) ➡ C5(TMB) ➡
C4(BMT) ➡ C3(TMB) ➡ C2(BMT) ➡ C1(TMB)

จากนั้นย้ายไปที่แม่พิมพ์ฝั่งซ้าย

START ➡ C3(TMB) ➡ Rx2 ➡ C5(BMT) ➡
C6(TMB) ➡ C3(BMT) ➡ C4(TMB) ➡ C1(BMT) ➡
C2(TMB)

3) รูปแบบการเคลื่อนไหวแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ มีลำดับขั้นตอนการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ โดยเริ่มต้นจากแม่พิมพ์ฝั่งขวา ดังนี้

START ➡ Rx2 ➡ C6(BMT) ➡ C5(TMB) ➡
(C6,C5)x2 ➡ C4(BMT) ➡ C3(TMB) ➡ (C4,C3)x2 ➡
C2(BMT) ➡ C1(TMB) ➡ (C2,C1)x2

จากนั้นย้ายไปที่แม่พิมพ์ฝั่งซ้าย

START ➡ Rx2 ➡ C1(BMT) ➡ C2(TMB) ➡
(C1,C2)x2 ➡ C3(BMT) ➡ C4(TMB) ➡ (C3,C4)x2 ➡
C5(BMT) ➡ C6(TMB) ➡ (C5,C6)x2

หมายเหตุ

- C3(TMB) หมายถึง พ่นในตำแหน่ง Cavity No.3 เริ่มจากตำแหน่ง T, M, และ B ตามลำดับ รายละเอียดดังรูปที่ 1

- Rx2 หมายถึง พ่นในตำแหน่ง R เป็นวงกลมจำนวน 2 รอบ

- (C1,C2)x2 หมายถึง พ่นซ้ำที่ตำแหน่ง C1 และ C2 เป็นวงกลมจำนวน 2 รอบ ตามลำดับ

3.2.2 ผู้เข้าร่วมการทดลองทำการทดลองตามแผนการทดลอง ดังตารางที่ 2 และทำการบันทึกผล โดยเก็บรวบรวมข้อมูลจากการทดลองแต่ละครั้ง ประกอบด้วยปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ และจำนวนลักษณะความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงาน ตามลำดับจำนวนครั้งของการทดลองจนครบตามแผนการทดลองที่ออกแบบไว้

3.2.3 วิเคราะห์ผลการทดลองและสรุปผล การวิเคราะห์ผลเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพรูปแบบการ

พ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนทางเดียว (One-way ANOVA) และการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่เชิงพหุคูณ (Multiple Comparisons) ด้วยวิธี Least-Significant Different (LSD)

4. ผลการทดลอง

จากการเก็บข้อมูลและวิเคราะห์ผลปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ ได้ทำการวิเคราะห์ความปกติของข้อมูล (Normality Test) พบว่าข้อมูลมีการกระจายตัวปกติ ($P\text{-value} > 0.05$) ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจึงถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างต่อไป ซึ่งมีรายละเอียดของผลการวิเคราะห์ ดังนี้

4.1 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์

ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ของตัวแปรรูปแบบการพ่นทั้ง 3 รูปแบบ ที่ได้จากการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว มีผลดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ของตัวแปรรูปแบบการพ่นน้ำยาทั้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์	รูปแบบดั้งเดิม	รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ	รูปแบบการเคลื่อนไหวน้ำยาแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ
n	15	15	15
$\bar{x}$ (ml.)	81.33	87.33	84.66
S.D.	9.15	12.23	9.90
F-test	1.227		
P-value	0.000**		

** ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 3 พบว่าปริมาณการใช้ยาเคลือบผิวแม่พิมพ์โดยใช้รูปแบบการพ่นแบบ

ดั้งเดิม รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิและรูปแบบการเคลื่อนไหวน้ำยาแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ มีปริมาณเท่ากับ 81.33 มิลลิลิตร 87.33 มิลลิลิตร และ 84.66 มิลลิลิตร ตามลำดับ อีกทั้งยังพบว่ารูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 จากผลดังกล่าว จึงได้ทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่เชิงพหุคูณ ด้วยวิธี LSD ซึ่งแสดงผลการวิเคราะห์ดังตารางที่ 4

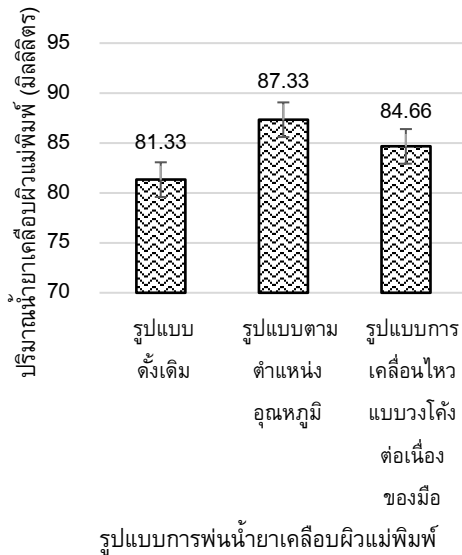
ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบความแตกต่างรายคู่เชิงพหุคูณของปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์

รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์	รูปแบบดั้งเดิม	รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ	รูปแบบการเคลื่อนไหวน้ำยาแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ
รูปแบบดั้งเดิม	-	- 6.00*	- 3.33*
รูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ	-	-	2.67*
รูปแบบการเคลื่อนไหวน้ำยาแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ	-	-	-

* ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ผลการวิเคราะห์จากตารางที่ 4 ซึ่งพบว่าปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์จากการพ่นทั้ง 3 รูปแบบ มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ระหว่างรูปแบบดั้งเดิม แตกต่างจากรูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ และรูปแบบการเคลื่อนไหวน้ำยาแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ เป็นปริมาณที่ 6.00 มิลลิลิตร และ 3.33 มิลลิลิตร ตามลำดับ รวมทั้งปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ระหว่างรูปแบบตามตำแหน่งอุณหภูมิ แตกต่างจากรูปแบบการเคลื่อนไหวน้ำยาแบบวงโค้งต่อเนื่องของมือ เป็นปริมาณที่ 2.67 มิลลิลิตร โดยในรูปที่ 3 แสดงแผนภูมิการ

เปรียบเทียบปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์จากการพ่นทั้ง 3 รูปแบบ



รูปที่ 3 แผนภูมิเปรียบเทียบปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์จากการพ่นทั้ง 3 รูปแบบ

4.2 ผลจำนวนชิ้นงานที่มีลักษณะความไม่สมบูรณ์

จากการตรวจสอบลักษณะความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงานที่ทดลองทั้งหมด 45 ชิ้นงาน เพื่อตรวจนับจำนวนชิ้นงานที่มีลักษณะความไม่สมบูรณ์ มีผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 จำนวนชิ้นงานที่มีลักษณะความไม่สมบูรณ์จากการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ทั้ง 3 รูปแบบ

รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์	จำนวนชิ้นงานที่เกิดลักษณะความไม่สมบูรณ์
รูปแบบดั้งเดิม	2
รูปแบบตามตำแหน่ง	1
รูปแบบการเคลือบผิวแบบพ่น	-

จากตารางที่ 5 พบว่ารูปแบบดั้งเดิมเกิดชิ้นงานที่มีลักษณะการเกิดรอยขีดข่วนขึ้นจำนวน 2 ชิ้น และรูปแบบตามตำแหน่งอุดหนุนเกิดชิ้นงานที่มีลักษณะการขีดไม่เต็มขึ้น จำนวน 1 ชิ้น

5. สรุป

จากศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียมประกอบไปด้วย รูปแบบดั้งเดิม รูปแบบตามตำแหน่งอุดหนุน และรูปแบบการเคลือบผิวแบบพ่นทั้ง 3 รูปแบบของมือ โดยวัดจากประสิทธิภาพการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียมในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พบว่า รูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณน้ำยาที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งรูปแบบการเคลือบผิวแบบพ่นทั้ง 3 รูปแบบของมือเป็นรูปแบบที่มีประสิทธิภาพที่สุด โดยมีปริมาณน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์สำหรับการพ่นอยู่ที่ปริมาณ 84.66 มิลลิลิตรต่อหนึ่งรอบการผลิต และไม่ส่งผลให้เกิดลักษณะความไม่สมบูรณ์ของชิ้นงาน ซึ่งผลจากการวิจัยได้ข้อค้นพบว่าในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียมควรมีลักษณะการเคลือบผิวที่ง่ายต่อการปฏิบัติงานเพื่อส่งผลให้การพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์มีการกระจายตัวของน้ำยาครอบคลุมสม่ำเสมอในปริมาณที่เหมาะสม ทำให้น้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์มีประสิทธิภาพอย่างสูงที่สุดในการลดแรงตึงผิวและการยึดเกาะของชิ้นงานกับแม่พิมพ์เป็นผลให้ไม่เกิดปัญหาเชิงคุณภาพต่อชิ้นงานซึ่งเป็นข้อพิจารณาที่สำคัญต่อการผลิต รวมไปถึงจากการสัมภาษณ์ความพึงพอใจของพนักงานต่อรูปแบบการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์ทั้งสามรูปแบบพบว่า พนักงานมีความพึงพอใจต่อรูปแบบการเคลือบผิวแบบพ่นทั้ง 3 รูปแบบของมือ เนื่องจากเป็นรูปแบบการเคลือบผิวที่ง่ายต่อการปฏิบัติงาน และการจดจำ ซึ่งรูปแบบการพ่นดังกล่าวเกิดจากการนำหลักการทางด้านการวิทยาศาสตร์การเคลือบผิวมาใช้ในการออกแบบการทำงาน ส่งผลให้เกิดการเคลือบผิวในการทำงานที่ต่อเนื่องและคล่องตัว ซึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายกว่าการเคลือบผิวแบบเป็นเส้นตรงกลับไปกลับมาหรือมีการหักเปลี่ยนทิศทางอย่างกะทันหัน และยังเป็นการจัดลักษณะของการทำงานให้อยู่ในลักษณะที่ทำงานได้ง่าย เกิดจังหวะตามธรรมชาติ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีของ จันทศิริ สิงห์เถื่อน [8] ที่กล่าวว่า การเคลือบผิวในการทำงานที่ทำซ้ำ ๆ กันอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอเป็นธรรมชาติ จะทำให้การทำงานเป็นไปโดยอัตโนมัติและรวดเร็วยิ่งขึ้น ซึ่ง

ส่งผลให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานที่ดียิ่งขึ้นอีกด้วย อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ สาวิตรี จุฑกระโทก และคณะ [9] ที่ได้ศึกษาการออกแบบสถานีงานของ พนักงานตรวจสอบสินค้าเคลียร์คีนโดยใช้หลักการยศาสตร์เพื่อออกแบบการเคลื่อนไหวร่างกายซึ่งพบว่า สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงาน และสามารถปรับปรุงระยะเวลาในการทำงานให้รวดเร็วและสะดวกมากขึ้น

ซึ่งผลจากการศึกษาวิจัยในครั้งนี้สามารถนำผลดังกล่าวไปปรับใช้หรือกำหนดเป็นรูปแบบมาตรฐานในการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้สูงขึ้น รวมถึงการนำแนวทางการวิจัยไปปรับใช้กับการศึกษารูปแบบการพ่นน้ำยาในการผลิตชิ้นส่วนอื่น ๆ ด้วยกระบวนการฉีดขึ้นรูปอลูมิเนียม ตลอดจนในส่วนของการศึกษาวิจัยในอนาคต จากผลการศึกษาดังกล่าวนี้ สามารถนำไปใช้เป็นเงื่อนไขสำหรับการเปรียบเทียบเทคนิคการเคลื่อนที่หัวฉีดเพื่อพ่นน้ำยาเคลือบผิวลงบนแม่พิมพ์ที่มีประสิทธิภาพในการทำงานต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท สืออินตัสเทรียล จำกัด ในการสนับสนุนสถานที่ในการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่สนับสนุนงบประมาณการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. การตรวจสอบสถานภาพอุตสาหกรรมโลหะนอกกลุ่มเหล็ก (Non-ferrous metals) อะลูมิเนียม. โครงการพัฒนาศูนย์วิเคราะห์ข้อมูลเชิงลึกอุตสาหกรรมเหล็กและโลหะการประจำปีงบประมาณ 2557; ตุลาคม 2557; สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย. กรุงเทพฯ; 2557. หน้า 17.
- [2] Doehler H. H. Die casting. New York: McGraw-Hill Book Company; 1951.
- [3] พงษ์ศักดิ์ ดุลยประพันธ์. ปัจจัยสำคัญที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพชิ้นงานในกระบวนการหล่อความดันสูง

(ตอนที่1). วารสารเทคโนโลยีวัสดุ. ปีที่ 2557; เล่มที่: 75. หน้า 57-64.

- [4] จิตรลดา พิศารสังฆคุณ สิริพร โรจนนันต์ และ สุรศิษฐ์ โรจนนันต์. อิทธิพลของอุณหภูมิแบบหล่อต่อข้อบกพร่องของโลหะผสมสีขาวในกระบวนการหล่อขึ้นฝ้าย. วารสารวิจัยและพัฒนา มจร. 2560; ปีที่ 40, ฉบับที่. 1 มกราคม - มีนาคม 2560.
- [5] Sabau A. S., and Dinwiddie R.B., Characterization of spray lubricants for the high pressure die casting processes. *Journal of Materials Processing Technology*. 2007; 1995 (1–3): 267-274.
- [6] Kumar, U. and A., Ohdar, M. and R. Hot Forging Lubricants. *International Journal of Mechanical Engineering and Robotics Research* 3(4): 155-163.
- [7] ประวิทย์ จิมสันเทียะ. พลศักดิ์ เลิศหิรัญปัญญา. นฤดา โพธิ์สา. สุทธิรัตน์ ศรีไทย. ระยะเวลาการพ่นน้ำยาเคลือบผิวแม่พิมพ์งานหล่อฉีดอลูมิเนียมสำหรับการผลิตก้ามเบรครถจักรยานยนต์. การประชุมวิชาการระดับชาติ เครือข่ายวิจัยสถาบันอุดมศึกษาทั่วประเทศ ครั้งที่ 13, 20-22 พฤศจิกายน พ.ศ. 2562; โรงแรมเชียงใหม่แกรนด์วิว. เชียงใหม่; 2562. หน้า 978-988.
- [8] จันทรศิริ สิงห์เถื่อน. บทที่ 12 หลักการยศาสตร์ของการเคลื่อนไหว[อินเทอร์เน็ต]. [เข้าถึงเมื่อ 02 เมษายน 2562]. เข้าถึงได้จาก : http://pirun.ku.ac.th/~fengcsr/courses/2008_01/206341/ch12.pdf.
- [9] สาวิตรี จุฑกระโทก. สุดาว เลิศวิสุทธิไพบูลย์. ศิริศักดิ์ สุนทรไชย. การออกแบบสถานีงานของพนักงานตรวจสอบสินค้าเคลียร์คีนโดยใช้หลักการยศาสตร์. การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษาแห่งชาติ ครั้งที่ 12; 12-13 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2552; มหาวิทยาลัยขอนแก่น. ขอนแก่น; 2552. หน้า 1122-1128.