

การแก้ไขปัญหาคัดไม่เต็มด้วยการออกแบบช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแก้วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ

Solving Short Shot Defect by Designing Air Vents in Plastic Injection Molds for Coffee Cups with Biodegradable Material

ธีรวัฒน์ แสงภาศ¹ อติเรก ชัยนวกุล¹ ศุภชัย อัครนรากุล¹ พิเชษฐ์ ไคว์ตระกูล¹ และศุภสิทธิ์ มะโนเครื่อง^{1*}
Teerawat Sangkas¹ Adirake Chainawakul¹ Supachai Aukaranarakul¹ Pitchet Kowtakul¹
and Supasit Manokruang^{1*}

Received: April 2, 2025; Revised: May 6, 2025; Accepted: May 8, 2025

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อแก้ไขปัญหาคัดพลาสติก โดยเฉพาะการเกิดข้อบกพร่องที่ชิ้นงานฉีดไม่เต็ม (Short Shot Defect) ซึ่งเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของชิ้นงานที่ผลิต ปัญหานี้เกิดจากหลายปัจจัยสำคัญ เช่น คุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในกระบวนการฉีด รูปแบบที่ซับซ้อนของชิ้นงาน และการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสม โดยงานวิจัยนี้ได้นำเสนอวิธีการแก้ไขปัญหาคัดพลาสติกด้วยการออกแบบระบบระบายอากาศ (Air Vent System Design) ในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ซึ่งใช้ในการผลิตแก้วกาแฟที่ทำจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ (Biodegradable Material) การออกแบบระบบระบายอากาศในครั้งนี้ได้ทำการติดตั้งช่องระบายอากาศจำนวน 2 ช่องในแม่พิมพ์ โดยช่องระบายอากาศหลักมีที่ 0.05 มม. ความกว้างที่ 2 มม. และช่องระบายอากาศรองความลึก 0.1 มม. ความกว้างที่ 10 มม. ซึ่งช่วยระบายอากาศบริเวณจุดที่น้ำพลาสติกไหลมาบรรจบกัน โดยกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการฉีด ดังนี้ ค่าความดันฉีด (Injection Pressure) ที่ 54 บาร์ อัตราความเร็วฉีด (Injection Speed Rate) ที่ 40 ซม.³/วินาที แรงกดแม่พิมพ์ (Clamping Force) ที่ 100 ตัน อุณหภูมิในการหลอมเหลว (Melt Temperature) ที่ 200 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mould Temperature) ที่ 90 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า การออกแบบระบบระบายอากาศในแม่พิมพ์ที่ถูกต้องและมีประสิทธิภาพนี้ สามารถลดการเกิดข้อบกพร่องในการฉีดไม่เต็มได้อย่างมีนัยสำคัญ ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงและลดความสูญเสียในกระบวนการผลิต งานวิจัยนี้จึงเป็นแนวทางสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในอนาคต โดยเน้นที่การระบายอากาศในแม่พิมพ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต

คำสำคัญ : ข้อบกพร่องฉีดไม่เต็ม; การออกแบบระบบช่องระบายอากาศ; แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

¹ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

¹ Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Lanna

* Corresponding Author, Tel. 08 6560 3553, E - mail: supasit.m@rmutl.ac.th

Abstract

This research addresses issues in plastic injection molding, particularly the occurrence of short shot defects, which significantly impact the quality of the produced parts. These defects arise from several critical factors, such as the material's properties used in the injection process, the complexity of the part design, and inadequate mold design. This study proposed a solution by designing an air vent system within the plastic injection mold, specifically for manufacturing coffee cups made from biodegradable materials. In this system design, two air vents were installed in the mold: the main air vent with a depth of 0.05 mm and a width of 2 mm, and the secondary air vent with a depth of 0.1 mm and a width of 10 mm, which help to vent the air generated at the final melt point of the plastic. The relevant parameters of the injection process were set as follows: injection pressure at 54 bar, injection speed rate at 40 cm³/s, clamping force at 100 Tons, melt temperature at 200 °C, and mold temperature at 90 °C. The experimental results showed that properly and efficiently designed air vent system design in the mold can significantly reduce the occurrence of incomplete injection defects, resulting in high-quality parts and reducing production losses. Therefore, this research is an important guideline for the development and improvement of future plastic injection mold designs, focusing on air vent system in the mold to increase production efficiency.

Keywords: Short Shot Defect; Air Vent System Design; Plastic Injection Mold

บทนำ

ปัจจุบันการผลิตด้วยกระบวนการฉีดพลาสติกเป็นหนึ่งในเทคโนโลยีการผลิตที่มีความสำคัญในอุตสาหกรรมหลากหลายประเภท อาทิเช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์ชิ้นส่วนอุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ และอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น อย่างไรก็ตาม ปัญหาที่หลักของกระบวนการฉีดพลาสติกคือ การเกิดข้อบกพร่องชิ้นงานฉีดไม่เต็ม (Short Shot Defect) ซึ่งเป็นปัญหาที่เกิดจากการที่พลาสติกไหลตัวเข้าสู่แม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์ (Moayyedian et al., 2017; Kanjanakarn et al., 2023) ส่งผลให้ชิ้นงานเกิดปัญหาดังกล่าว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของชิ้นงานที่มีรูปร่างที่ซับซ้อน หรือใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติพิเศษ เช่น พลาสติกชีวภาพ (Biodegradable) ที่ได้รับความนิยมเพิ่มมากขึ้นในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Terroba-Delicado et al., 2021; Phongphattarawut et al., 2024) ปัญหาการฉีดไม่เต็มมักเกิดจากการติดค้างของอากาศภายในแม่พิมพ์ ซึ่งอากาศที่ติดค้างจะเป็นอุปสรรคต่อการไหลของพลาสติก ส่งผลให้ชิ้นงานที่ไม่สมบูรณ์ ยังทำให้เกิดเวลาสูญเสียในกระบวนการผลิต การแก้ไขปัญหานี้จึงเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตและลดเวลาความสูญเสียที่เกิดขึ้น (Limboe and Kale, 2019)

การออกแบบระบบช่องระบายอากาศ (Air Vent System Design) ในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพในการลดปัญหาการฉีดไม่เต็ม โดยช่องระบายอากาศจะช่วยให้อากาศที่ติดค้างอยู่ในแม่พิมพ์สามารถถูกปล่อยออกมาได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ ทำให้พลาสติกหลอมเหลวสามารถไหลเข้าไปเติมเต็มแม่พิมพ์ได้อย่างสมบูรณ์ (Kimura et al., 2021) ลดโอกาสการเกิดข้อบกพร่องในชิ้นงาน นอกจากนี้การออกแบบช่องระบายอากาศที่เหมาะสมยังสามารถช่วยลดแรงดันที่จำเป็นในการฉีดพลาสติก ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานและเพิ่มประสิทธิภาพของกระบวนการผลิตได้อีกด้วย (Miranda and Nogueira, 2019) สำหรับการผลิตแก้วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ ปัญหาการฉีดไม่เต็มเป็นปัญหาหลัก เนื่องจากวัสดุพลาสติกชีวภาพมีคุณสมบัติที่แตกต่างจากพลาสติกทั่วไป วัสดุชนิดนี้มักจะมีการหดตัวมากขึ้นในกระบวนการฉีด ทำให้การไหลของพลาสติกหลอมเหลวในแม่พิมพ์ยากขึ้น การออกแบบ

ช่องระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการผลิตชิ้นงานที่มีคุณภาพสูงและลดการสูญเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต

งานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นไปที่การศึกษาและพัฒนาการออกแบบระบบช่องระบายอากาศ (Air Vent System Design) ในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับแก้วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ เริ่มจากการศึกษาทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การวางตำแหน่งชิ้นงาน การออกแบบระบบทางเข้า (Runner System) การออกแบบระบบระบายอากาศ (Air Vent System) การปรับฉีดชิ้นงาน เพื่อแก้ไขปัญหาของการฉีดไม่เต็มที่เกิดขึ้นได้

วัตถุประสงค์งานวิจัย

1. เพื่อออกแบบระบบระบายอากาศของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแก้วกาแฟ
2. เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องของการฉีดไม่เต็มของชิ้นงานแก้วกาแฟ

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

1. ข้อบกพร่องการฉีดไม่เต็ม (Short Shot Defect)

งานฉีดพลาสติกส่วนใหญ่หลังจากการฉีดขึ้นรูปชิ้นงานพบปัญหาที่หลากหลายหนึ่งในนั้นพบปัญหาการฉีดไม่เต็ม หรือการเกิดรอยแห้ว (Short Shot) (Zhou et al., 2023) เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นประจำ สาเหตุหลักของการเกิดมีหลายปัจจัย เช่น ชนิดวัสดุ คุณสมบัติการไหลตัวของวัสดุ การวางตำแหน่งชิ้นงาน รูปร่างชิ้นงาน และการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่มีช่องระบายอากาศ (Air Vent) การแก้ไขปัญหาดังกล่าวสามารถทำได้โดยการปรับพารามิเตอร์ของงานฉีด อาทิเช่น อุณหภูมิหลอมเหลวของวัสดุ (Melt Temperature) ความดันฉีด (Injection Pressure) เป็นต้น (Mawardi et al., 2019; Nithikarnjanatharn et al., 2018) และการแก้ไขการออกแบบแม่พิมพ์ โดยการออกแบบระบบช่องระบายอากาศ (Air Vent Design) (Zhang et al., 2018)

2. คุณสมบัติของวัสดุพลาสติกชีวภาพ (Biodegradable Material)

วัสดุในการทดลองนี้เป็นวัสดุที่สามารถย่อยสลายได้ มีส่วนประกอบของวัสดุพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid: PLA) เกรด 4043D ปริมาณ 70 % และวัสดุเหลือใช้จากกากกาแฟปริมาณ (30 %) โดยมีพารามิเตอร์ของการปรับฉีด ดังตารางที่ 1

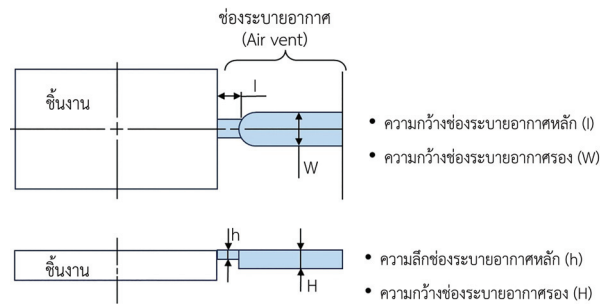
ตารางที่ 1 พารามิเตอร์ของวัสดุพอลิแลคติกแอซิด (Polylactic Acid: PLA) ผสมกากกาแฟ (Mawardi et al., 2019)

รายการ	ตัวย่อ	ค่า	หน่วย
1. ความหนาแน่น	ρ	1.25	กรัม/ซม. ³
2. อุณหภูมิหลอมเหลว	Tm	190 - 220	องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิแม่พิมพ์	Tw	90 - 100	องศาเซลเซียส
4. อัตราการหดตัว		0.3	%

3. การออกแบบช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (Air Vent Design)

ช่องระบายอากาศเป็นองค์ประกอบสำคัญที่ช่วยลดปัญหาความดันอากาศภายในแม่พิมพ์ในระหว่างกระบวนการฉีดพลาสติก โดยช่องระบายอากาศทำหน้าที่ปล่อยอากาศที่ถูกกักอยู่ในโพรงแม่พิมพ์เมื่อพลาสติกเหลวถูกฉีดเข้าไป (Totalenergies-corbion, 2019) การออกแบบที่ไม่เหมาะสมจะนำไปสู่ปัญหาต่าง ๆ เช่น การเกิดฟองอากาศ (Air Traps) รอยเชื่อมชน (Weld Line) หรือการฉีดไม่เต็ม (Short Shot) (Sorgato et al., 2017; Ganeshkar and Patil, 2014) ทำให้ชิ้นงานเสียหาย การออกแบบช่องระบายอากาศนั้นควรมีความสมดุลระหว่างการระบายอากาศที่มีประสิทธิภาพและการป้องกันไม่ให้พลาสติกเหลวไหลออกจากช่องระบายอากาศ ช่องระบายอากาศมักจะถูกออกแบบให้มีขนาดเล็กมากประมาณ 0.02 - 0.05 มม. เพื่อให้ระบายอากาศได้ดีแต่ไม่ให้พลาสติกผ่านเข้าไปได้ ช่องระบายอากาศมักถูกวางตำแหน่งในพื้นที่ที่มีการไหลของพลาสติกไหลจุดสุดท้าย เช่น บริเวณมุมและขอบของโพรงแม่พิมพ์ เพื่อให้การระบายอากาศสมบูรณ์ทั่วทุกส่วนของชิ้นงาน นอกจากนี้การระบายอากาศที่ดีช่วยลดแรงดัน

ภายในแม่พิมพ์ ลดการเสี่ยงที่จะเกิดข้อบกพร่องในชิ้นงาน เช่น รอยไหม้ (Burn Marks) (Wibowo et al., 2020) ซึ่งเกิดจากการสะสมของความร้อนและแรงดันที่สูงเกินไปในจุดที่อากาศไม่สามารถออกได้ อีกทั้งการใช้ช่องระบายอากาศก็เป็นสิ่งจำเป็น เพื่อให้ช่องระบายอากาศมีการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ก็เป็นสิ่งที่ไม่ควรมองข้าม เพราะสิ่งสกปรกที่สะสมอยู่ในช่องระบายอากาศอาจทำให้ระบบการระบายอากาศทำงานได้ไม่เต็มประสิทธิภาพ โดยรูปร่างของช่องระบายอากาศดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความกว้างและความลึกของช่องระบายอากาศ (Li et al., 2021)

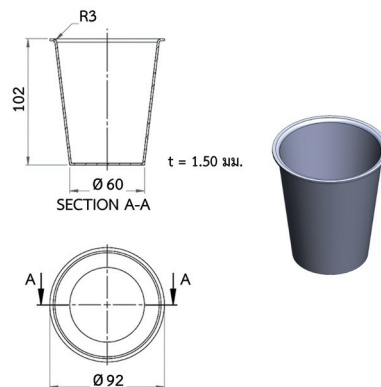
ความลึกของช่องระบายอากาศหลัก (h) ขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของวัสดุของการฉีดวัสดุ โดยความลึกสามารถแบ่งออกเป็น 3 ช่วงดังต่อไปนี้ (Misumi, 2024)

- วัสดุที่มีความหนืดต่ำ: 0.01 - 0.03 มม.
- วัสดุที่มีความหนืดปานกลาง: 0.03 - 0.05 มม.
- วัสดุที่มีความหนืดสูง: 0.05 - 0.08 มม.

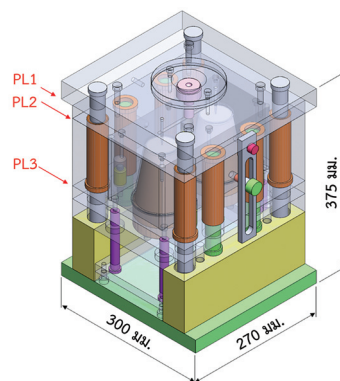
ความกว้างช่องระบายอากาศหลัก (L) คือ 2 - 5 มม. ความกว้างของช่องระบายอากาศรอง (W) คือ 2 - 10 มม. และความลึกของช่องระบายอากาศรอง (H) คือ 0.1 - 0.5 มม.

4. พารามิเตอร์ปรับฉีดพลาสติก (Plastic Injection Mould Parameters)

การกำหนดพารามิเตอร์ปรับฉีดของชิ้นงานขึ้นอยู่กับรูปแบบชิ้นงาน วัสดุที่เลือกใช้การออกแบบแม่พิมพ์ และความสามารถของเครื่องฉีดพลาสติก (Plastic Injection Machine) (Jackie, 2019) ดังรูปที่ 2 แสดงขนาดของแก้วกาแฟขนาด 16 ออนซ์ และรูปที่ 3 แสดงขนาดแบบแม่พิมพ์แบบ 3 แผ่นของแก้วกาแฟความกว้าง 270 มม. ความยาว 300 มม. และความสูง 375 มม. และรูปที่ 4 แสดงเครื่องฉีดพลาสติกรุ่น HYF-1000 ขนาดแรงปิดแม่พิมพ์สูงสุด (Clamping Force) ที่ 100 ตัน ตามลำดับ



รูปที่ 2 ขนาดแก้วกาแฟ 16 ออนซ์



รูปที่ 3 การออกแบบแม่พิมพ์แบบ 3 แผ่น ของแก้วกาแฟขนาด 16 ออนซ์



รูปที่ 4 เครื่องฉีดพลาสติก รุ่น HYF-1000

โดยคุณสมบัติของการปรับฉีดชิ้นงานแก้วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพที่สำคัญ ได้แก่ น้ำหนักชิ้นงาน อุณหภูมิหลอมเหลวของวัสดุ อุณหภูมิแม่พิมพ์ แรงปิดแม่พิมพ์ ความดันฉีด และอัตราความเร็วฉีด ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 คุณสมบัติการปรับฉีดของแก้วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ

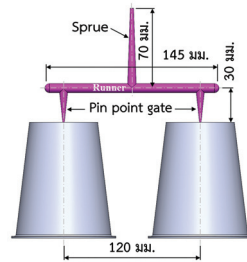
รายการ	ตัวย่อ	ค่า	หน่วย
1. น้ำหนัก	m	148.88	กรัม
2. อุณหภูมิหลอมเหลว	T_m	190	องศาเซลเซียส
3. อุณหภูมิแม่พิมพ์	T_w	90	องศาเซลเซียส
4. แรงปิดแม่พิมพ์	F	100	ตัน
5. ความดันฉีด	P	54	บาร์
6. อัตราความเร็วฉีด	I	40	ชม. ³ /วินาที

* น้ำหนักชิ้นงานได้มาจากการคำนวณในโปรแกรม CAD

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การวางตำแหน่งชิ้นงานแก้วขนาด 16 ออนซ์

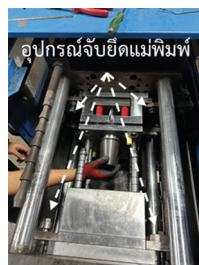
การออกแบบชิ้นงานแก้วกาแฟขนาด 16 ออนซ์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของปากแก้วกาแฟ 92 มม. เส้นผ่านศูนย์กลางก้นแก้ว 60 มม. สูง 102 มม. และความหนา 1.5 มม. และการฉีดชิ้นงานแก้วกาแฟสามารถฉีดได้ 2 ชิ้น/ครั้ง ความยาวของทางวิ่ง (Runner) 145 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางทางวิ่ง (Runner) หลัก 6 มม. และความสูงของแกนรูปฉีด (Sprue) 70 มม. ความสูงของทางเข้าแบบเข็ม (Pin Point Gate) 30 มม. ระยะห่างอยู่ที่ 120 มม. ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1.5 มม. และชนิดวัสดุอินเลิร์ต P20 ดังรูปที่ 5



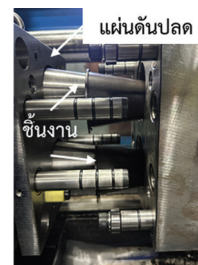
รูปที่ 5 การวางตำแหน่งแก้วกาแฟในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2. ปัญหาของการฉีดไม่เต็ม

การฉีดแก้วกาแฟแม่พิมพ์ติดตั้งกับเครื่องฉีดพลาสติกรุ่น HYF-1000 โดยใช้ตัวจับยึดแม่พิมพ์ (Clamping) และการปลดชิ้นงานด้วยระบบแผ่นดันปลดบริเวณขอบของชิ้นงาน ดังรูปที่ 6 ผลของการฉีดพบว่าชิ้นงานเกิดปัญหาแก้วกาแฟไม่เต็มหรือเกิดรอยแหวน (Short Shot) ที่แก้วกาแฟ ดังรูปที่ 7

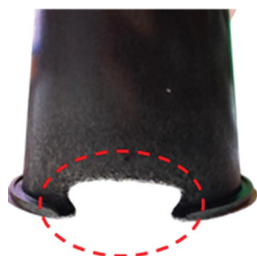


(ก) การติดตั้งแม่พิมพ์



(ข) การปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

รูปที่ 6 การติดตั้งแม่พิมพ์และระบบปลดชิ้นงาน



(ก) การฉีดครั้งที่ 1



(ข) การฉีดครั้งที่ 2



(ค) การฉีดครั้งที่ 3

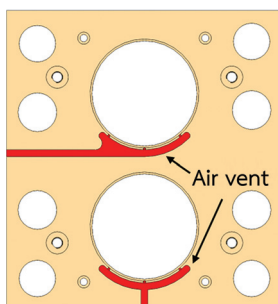
รูปที่ 7 แก้วกาแฟเกิดปัญหาการฉีดไม่เต็ม หรือ รอยแหวน (Short shot)

การทดลองฉีดครั้งที่ 1 ค่าพารามิเตอร์ปรับฉีดจากตารางที่ 2 พบว่าชิ้นงานแก้วกาแฟเกิดปัญหาการเกิดรอยแหวน (Short Shot) บริเวณขอบของแก้วกาแฟ จึงได้มีการปรับความดันฉีดจาก 54 บาร์ เป็น 60 บาร์ ของการทดลองฉีดครั้งที่ 2 การเกิดลดลงแต่ชิ้นงานแก้วกาแฟยังไม่เต็มสมบูรณ์ จึงได้มีการปรับค่าพารามิเตอร์ของการเพิ่มอุณหภูมิหลอมเหลวของวัสดุจาก 200 องศาเซลเซียส เป็น 220 องศาเซลเซียส เพื่อช่วยในการไหลตัวของน้ำพลาสติกของการทดลองฉีดครั้งที่ 3 พบว่าชิ้นงานแก้วกาแฟเกือบเต็มสมบูรณ์ โดยมีจุดสังเกตของการเกิดรอยแหวน (Short Shot) มีลักษณะอยู่เหนือแนวแยกของแม่พิมพ์ (Parting Line) (Sarac et al., 2021) ทำให้ชิ้นงานแก้วกาแฟยังคงเกิดปัญหาดังกล่าว

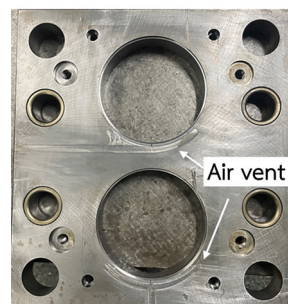
3. การปรับปรุงแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแก้วกาแฟด้วยช่องระบายอากาศ

การวิเคราะห์สาเหตุบริเวณที่เกิดอากาศสะสมทำให้น้ำพลาสติกไม่สามารถออกจากบริเวณที่เกิดปัญหาการเกิดรอยแหวน (Short Shot) นำไปสู่การปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยการเพิ่มการออกแบบ

ช่องระบายอากาศ (Air Vent) บริเวณที่น้ำพลาสติกไหลมาบรรจบกัน ซึ่งเป็นบริเวณที่เกิดปัญหาข้างต้น จึงทำการออกแบบระบบช่องระบายอากาศ (Air Vent) บริเวณของแผ่นดันปลด ดังรูปที่ 8



(ก) การออกแบบ Air Vent



(ข) Air Vent บนแผ่นดันปลด

รูปที่ 8 การออกแบบระบบช่องระบายอากาศ (Air Vent) บนแผ่นดันปลด

วัสดุพลาสติกชีวภาพที่มีส่วนผสมของวัสดุพอลิแล็กติกแอซิด (Polylactic Acid: PLA) และวัสดุเหลือใช้จากกากกาแฟ จัดอยู่ในกลุ่มของวัสดุที่มีความหนืดสูง ดังนั้นการออกแบบความลึกของช่องระบายอากาศหลัก (h) ที่ 0.05 มม. ความกว้างที่ 2 มม. และความลึกของช่องระบายอากาศรอง (H) ที่ 0.1 มม. ความกว้างที่ 10 มม.

ผลการทดลองและอภิปรายผล

ผลการออกแบบระบบช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแก้วกาแฟจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ ดังรูปที่ 9 โดยค่าพารามิเตอร์ของการปรับฉีดตามตารางที่ 2 และไม่มีการปรับตั้งค่าต่าง ๆ ขึ้นงานแก้วกาแฟฉีดเต็มสมบูรณ์ตามที่ออกแบบไว้ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสำคัญของการออกแบบช่องระบายอากาศในระบบของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ทำให้ส่งผลทางอ้อมกับการปรับฉีดแม่พิมพ์ โดยสามารถลดเวลาของการปรับฉีดพลังงานที่ใช้ต่าง ๆ ของเครื่องฉีดพลาสติกได้



รูปที่ 9 ผลการฉีดขึ้นงานแก้วกาแฟที่มีระบบช่องระบายอากาศ

การออกแบบระบบระบายอากาศในแม่พิมพ์พลาสติกมีส่วนสำคัญต่อคุณภาพชิ้นงาน เพราะช่วยลดการสะสมอากาศที่ขัดขวางการฉีดให้เต็มแม่พิมพ์ และแก๊สของการหลอมเหลวของวัสดุ (Raj et al., 2021) กล่าวถึงการลดปัญหาการฉีดขึ้นงานพลาสติกไม่เต็มหรือการเกิดรอยแห้ว ให้ความสำคัญของการเพิ่มแรงดันย่ำ (Holding Pressure) ที่ 20 30 และ 40 บาร์ แรงดันฉีด (Injection Pressure) 45 บาร์ ซึ่งได้ค่าของแรงดันย่ำ (Holding Pressure) ที่ 40 บาร์ อุณหภูมิในการหลอมเหลว (Melt Temperature) ที่ 200 องศาเซลเซียส สามารถช่วยให้ชิ้นงานไม่มีปัญหาการฉีดไม่เต็มหรือรอยแห้ว (Aribowo and Dani, 2023) และกล่าวถึงการออกแบบระบบช่องระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่แก้ไขปัญหการเกิดรอยแห้ว (Short Shot) และการเกิดรอยไหม้ (Burn Mark) งานวิจัยที่กล่าวมาได้แสดงถึงการแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพของชิ้นงานพลาสติก สามารถปรับปรุงด้วยวิธีการปรับค่าพารามิเตอร์ของการฉีด และการปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ สามารถนำไปสู่การแก้ไขปัญหาด้านคุณภาพต่าง ๆ ในงานฉีดขึ้นงานพลาสติก

สรุปผลการทดลอง

การแก้ไขปัญหานี้ได้ไม่เต็มด้วยการออกแบบช่องระบายอากาศของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแก้วจากวัสดุพลาสติกชีวภาพ ทำการออกแบบระบบระบายอากาศช่องทางหลัก มีความลึก (h) ที่ 0.05 มม. ความกว้างที่ 2 มม. และความลึกของช่องระบายอากาศรอง (H) ที่ 0.1 มม. ความกว้างที่ 10 มม. ส่วนของค่าพารามิเตอร์ของการปรับฉีด ค่าความดันฉีด (Injection Pressure) ที่ 54 บาร์ อัตราความเร็วฉีด (Injection Speed Rate) ที่ 40 ซม.³/วินาที แรงปิดแม่พิมพ์ (Clamping Force) ที่ 100 ตัน อุณหภูมิในการหลอมเหลว (Melt Temperature) ที่ 200 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mould Temperature) ที่ 90 องศาเซลเซียส แสดงให้เห็นว่าการออกแบบระบบช่องระบายอากาศช่วยแก้ไขปัญหานี้ได้ไม่เต็มหรือรอยแห้ว อีกทั้งเพื่อลดเวลาในการปรับตั้งค่าพารามิเตอร์ของการปรับฉีดได้อีกทางด้วยเช่นกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหลักสูตวิศวกรรมแม่พิมพ์และเครื่องมือ สาขาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ สำหรับการให้เครื่องมือ เครื่องจักร สำหรับการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในครั้งนี้

References

- Aribowo, M.S. and Dani, A. (2023). The Effect of Holding Pressure and Inject Pressure to Short Shot Defect in Injection Molding Cover Pot. *Journal of Engineering Design and Technology*, 23(2), 147-154. <https://doi.org/10.31940/logic.v23i2.147-154>
- Ganeshkar, J.D. and Patil, R.B. (2014). Design of Plastic Injection Mold for an Air Vent Bezel Through Flow Analysis (CAE) for Design Enhancement. *International Journal of Research in Engineering and Technology*, 3(12), 236-241. <https://ijret.org/volumes/2014v03/i12/IJRET20140312031.pdf>
- Jackie. (2019). *Mold Venting System & Design Principles - Ecomolding*. Injectionmould.com. <https://www.injectionmould.org/2019/03/13/mold-venting/>
- Kanjanakarn, P., Nithikarnjanatharn, J., Nutkhum, W. and Wasanbongngem, N. (2023). CAD/CAE Integration and Tagushi Method in Finding Parameters Injection Molding of Polypropylene Plastic in 2 Cavities Plastic Injection Moldsplastic Case Study Pencil Box. *Journal of Engineering and Innovation*, 17(3), 124-133. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/250617/171146 (in Thai)
- Kimura, F., Kadoya, S. and Kajihara, Y. (2021). Active Air Venting of Mold Cavity to Improve Performance of Injection Molded Direct Joining. *Nanomanufacturing and Metrology*, 4, 109-117. <https://doi.org/10.1007/s41871-021-00097-4>
- Li, J., Liu, W., Xia, X., Zhou, H., Jing, L., Peng, X. and Jiang, S. (2021). Reducing the Burn Marks on Injection-Molded Parts by External Gas-Assisted Injection Molding. *Polymers*, 13(23), 4087. <https://doi.org/10.3390/polym13234087>
- Limboore, S.S. and Kale, P.D. (2019). Design and Optimization of Plastic Injection Mould for Plastic Lid. *5th Mechanical Engineering Post Graduate Students' Conference MECHPGCON2019*, Board of Studies (Mechanical Engineering), Faculty of Science and Technology, Savitribai Phule Pune University, Pune, Maharashtra, India Department of Mechanical Engineering, Amrutvahini College of Engineering, Samgamner; 21-22 June 2019

- Mawardi, I., Jannifar, A. and Lubis, H. (2019). Effect of Injection Temperature on Defect Plastic Products. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 536, 012102. <https://doi.org/10.1088/1757-899x/536/1/012102>
- Miranda, D.A.D. and Nogueira, A.L. (2019). Simulation of an Injection Process Using a CAE Tool: Assessment of Operational Conditions and Mold Design on the Process Efficiency. *Materials Research*, 22, e20180564. <https://doi.org/10.1590/1980-5373-mr-2018-0564>
- Misumi. (2024). #064 Method of Providing Air Vents: Technical Tutorial. <https://www.misumi-techcentral.com/tt/en/mold/2010/12/062-method-of-providing-air-vents.html>
- Moayyedian, M., Abhary, K. and Marian, R. (2017). The Analysis of Short Shot Possibility in Injection Molding Process. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91, 3977-3889. <https://doi.org/10.1007/s00170-017-0055-1>
- Nithikarnjanatharn, J., Sukrueangkul, W. and Wasanbongngem, N. (2018). Analysis Shrinkage of Recycle Plastic Injection Molding by Using Taguchi Methodology. *UBU Engineering Journal*, 12(2), 123-134. https://ph02.tci-thaijo.org/index.php/eng_ubu/article/view/233062/163604
- Phongphattarawut, W., Muparang, S., Wasanbongngem, N., Nithikarnjanatharn, J. and Nutkhum W. (2024). Comparison of Polypropylene Flow Index to Increase Injection Efficiency in Plastic Injection Mold, 2 Cavities of Different Shapes Plastic (Case Study: Pencil Box). *Rajamangala University of Technology Lanna (RMUTL) Engineering Journal*, 9(2), 21-29. <https://ph01.tci-thaijo.org/index.php/RMUTLEngJ/article/view/256812/173735>
- Raj, M.P., Kumar, M. and Pramanick, A.K. (2021). Selection of Optimal Parting Line for Forging in Various Equipments Using Numerical Analysis. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 1091(1), 012033. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1091/1/012033>
- Sarac, T., Sipahioglu, A. and Ozer, E.A. (2021). A Two-Stage Solution Approach for Plastic Injection Machines Scheduling Problem. *Journal of Industrial and Management Optimization*, 17(3), 1289-1314. <https://doi.org/10.3934/jimo.2020022>
- Sorgato, M., Babenko, M., Lucchetta, G. and Whiteside, B. (2017). Investigation of the Influence of Vacuum Venting on Mould Surface Temperature in Micro Injection Moulding. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 88, 547-555. <https://doi.org/10.1007/s00170-016-8789-8>
- Terroba-Delicado, E., Fiori S., Torres-Giner, S., Gomez-Caturla J., Montanes, N. and Sanchez-Nacher, L. (2021). Improving the Mechanical Ductility and Toughness of Injection-Molded Polylactide Pieces by the Dual Incorporation of Liquor Waste Derived Spent Coffee Grounds and Oligomers of Lactic Acid. *Research Square (Research Square)*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1035447/v1>
- Totalenergies-corbion. (2019). *Processing-guide-injection-molding*. <https://www.totalenergiescorbion.com/media/ny1kwp02/processing-guide-injection-molding-of-standard-and-high-heat-pla-compounds-20220722.pdf>
- Wibowo, E.A., Syahriar, A. and Kaswadi, A. (2020). Analysis and Simulation of Short Shot Defects in Plastic Injection Molding at Multi Cavities. *Proceedings of the 2020 International Conference on Engineering and Information Technology for Sustainable Industry*. (pp. 1-6). <https://doi.org/10.1145/3429789.3429837>



- Zhang, Y., Hou, B., Wang, Q., Huang, Z. and Zhou, H. (2018). Automatic Generation of Venting System on Complex Surfaces of Injection Mold. *The International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 98, 1379-1389. <https://doi.org/10.1007/s00170-018-2327-9>
- Zhou, Z.W., Yang, H.Y., Xu, B.X., Ting, Y.H., Chen, S.C. and Jong, W.R. (2023). Prediction of Short-Shot Defects in Injection Molding by Transfer Learning. *Applied Sciences*, 13(23), 12868. <https://doi.org/10.3390/app132312868>