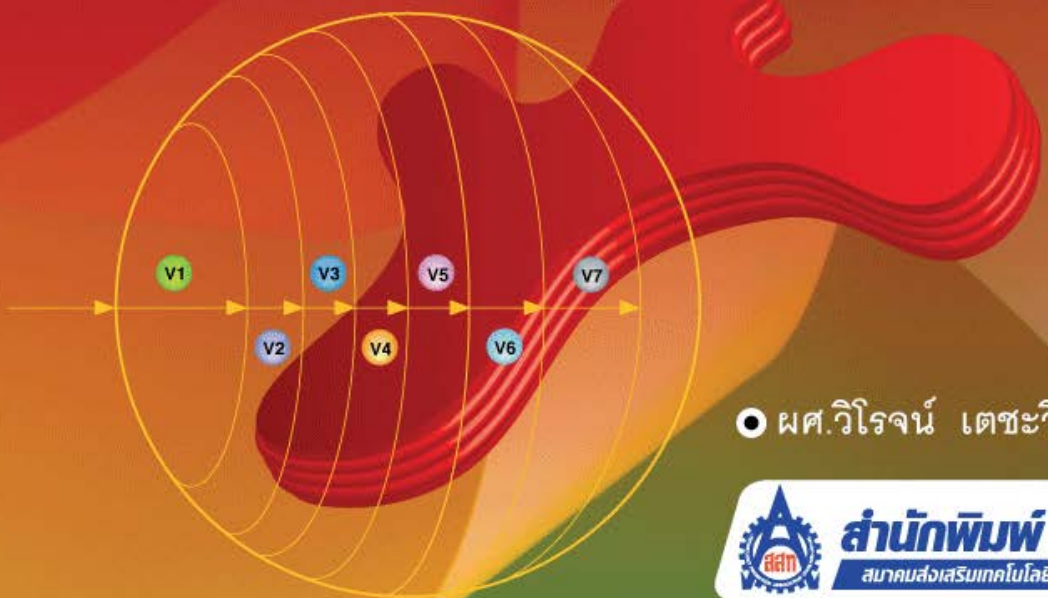
วิศวกรรม
การฉีด
พลาสติก

หลักการที่นำไปประยุกต์ใช้ได้จริง
กรณีศึกษาการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาจริงที่ได้ผล

เหมาะสำหรับ : ผู้ปฏิบัติงาน ช่างเทคนิค และวิศวกรในอุตสาหกรรมพลาสติก
รวมทั้งนักศึกษาในสาขาวิศวกรรมพลาสติก เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมการผลิต



ผศ.วิโรจน์ เตชะวิญญธรรม

สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

คำนำ

หนังสือวิศวกรรมการฉีดพลาสติกเล่มนี้ ผู้เขียนมีความตั้งใจที่จะถ่ายทอดความรู้ให้กับวิศวกรที่ทำงานในอุตสาหกรรมทางด้านงานฉีดพลาสติก นักศึกษา และผู้ที่ต้องการเรียนรู้เกี่ยวกับงานฉีดพลาสติกโดยตรงตลอดจนช่างฉีดทั่วไป โดยเนื้อหาส่วนใหญ่ได้มาจากประสบการณ์ของผู้เขียนเองจากการสอนวิชาทางด้านกระบวนการขึ้นรูปพลาสติกมาเป็นเวลานาน การเป็นวิทยากรบรรยายและเป็นที่ปรึกษาให้กับโรงงานฉีดพลาสติกต่าง ๆ ซึ่งได้นำมาเรียบเรียงให้เหมาะสมกับผู้อ่านทั่วไปที่เป็นช่างฉีดหรือผู้ที่อยู่ในวงการฉีดพลาสติก

ข้อมูลและเนื้อหาในหนังสือเล่มนี้ จะสอดแทรกแนวทางใหม่ ๆ ที่จะช่วยให้สามารถเพิ่มอัตราผลิตได้ มีวิธีการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในกระบวนการฉีด เพื่อให้ผู้อ่านสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ในงานจริง นอกจากนี้ยังมีตัวอย่างการคำนวณต่าง ๆ ตั้งแต่ระดับง่ายถึงระดับยากที่สามารถนำไปใช้ในการปรับตั้งพารามิเตอร์การฉีด การออกแบบระบบการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด การควบคุมการทำงานฉีด และการแก้ไขปัญหาจริง รวมทั้งมีแบบฝึกหัดพร้อมเฉลยให้ได้ฝึกฝนและประเมินความรู้ของตัวเอง

ท้ายที่สุดนี้ผู้เขียนขอขอบคุณ Mr. Wilhelm Schmidt ผู้เชี่ยวชาญชาวเยอรมันที่ได้นำความรู้มาถ่ายทอดให้กับอุตสาหกรรมงานฉีดพลาสติกในเมืองไทย และสมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น) ที่จัดพิมพ์หนังสือเล่มนี้ ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่าหนังสือเล่มนี้จะช่วยทำให้ผู้อ่านมีความเข้าใจอย่างถ่องแท้ เป็นบุคลากรงานฉีดที่สามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างมืออาชีพต่อไป ตลอดจนสามารถนำความรู้ที่ได้ไปเผยแพร่แก่บุคคลอื่นที่สนใจและพัฒนาอุตสาหกรรมด้านงานฉีดพลาสติกให้มีความเจริญก้าวหน้า คุณความดีที่ได้จากการเขียนหนังสือเล่มนี้ ขอให้ส่งผลให้ผู้ผลิตสามารถผลิตสินค้าที่ดีมีคุณภาพและราคาถูกให้แก่ผู้บริโภคตลอดไป

วิโรจน์ เตชะวิญญูธรรม

ตัวอย่าง

สารบัญ

บทที่ 1 พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติก....1

1.1 บทนำ....1
1.2 องค์ประกอบในการฉีดพลาสติก....1
1.3 ขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติก....3
1.4 การเรียกขนาดของเครื่องฉีดพลาสติกและการเลือกขนาดสกรูฉีด....5
1.5 การเลือกขนาดของเครื่องฉีดพลาสติก....5
1.6 การสับเปลี่ยนจากการฉีดเข้าสู่การย้ำ....6
1.7 ช่วงการฉีด (Injection Phase)....10
1.8 ช่วงการแพ็กกิง (Packing)....11
1.9 ช่วงการย้ำ (Holding Phase)....12

บทที่ 2 การทำงานของชิ้นส่วนเครื่องฉีดที่มีผลต่องานฉีด....13

2.1 บทนำ....13
2.2 การเลือกใช้หัวฉีดให้เหมาะสมกับงาน....13
2.2.1 หัวฉีดแบบเปิด....13
2.2.2 หัวฉีดแบบปิด....14
2.3 การเลือกใช้และตรวจสอบแหวนกันพลาสติกไหลย้อนกลับ....15
2.3.1 การเลือกใช้แหวนกันพลาสติกไหลย้อนกลับ....15
2.3.2 การตรวจสอบแหวนกันพลาสติกไหลย้อนกลับ....17
2.4 ปลายสกรูฉีด (Screw Tip)....18
2.5 การฉีดแบบแช่หัวฉีดและแบบถอยหัวฉีด....18
2.5.1 การฉีดแบบแช่หัวฉีด....19
2.5.2 การฉีดแบบถอยหัวฉีด....20
2.6 ความเร็วรอบของสกรูฉีด....21
2.7 ความเร็วในการเคลื่อนที่ตามแนวแกนของสกรูฉีด....22

บทที่ 3 การไหลของพลาสติกในงานฉีด....23

3.1 บทนำ....23
3.2 การไหลของพลาสติกเหลวขณะออกจากหัวฉีด....23
3.3 การไหลของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ฉีด....24
3.3.1 ลักษณะและรูปแบบการไหลของพลาสติกเหลวในแม่พิมพ์ฉีด....24

ตัวอย่าง

3.3.2 อัตราการไหลและความเร็วในการไหลของพลาสติก *27*
3.3.3 ตัวอย่างการคำนวณ *30*
3.3.4 ระยะทางการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ *33*
3.3.5 การเรียงตัวของโซ่โมเลกุล *33*
3.4 อุณหภูมิ ความเร็วการไหล และอัตราเฉือนของพลาสติกในแม่พิมพ์ฉีด 34
3.5 การหาแนวประสานในชิ้นงานฉีดพลาสติกแบบง่าย ๆ 36

บทที่ 4 เทคนิคบางประการในการปรับตั้งพารามิเตอร์ในการฉีด 45
4.1 บทนำ 45
4.2 การใช้ซักแบ็ก (Suck Back) 45
4.3 การหน่วงเวลา 46
4.4 การควบคุมน้ำหนักชิ้นงานพลาสติกที่ฉีดให้คงที่ 47
4.5 การลดเวลาและการสูญเสียวัตถุดิบในการปรับตั้งการฉีด (Setup) 50
4.5.1 การใช้อุณหภูมิแม่พิมพ์ที่เหมาะสม *50*
4.5.2 การตั้งระยะถอยสกรูที่ถูกต้อง *50*
4.6 การตั้งอุณหภูมิกระบอกฉีด 54
4.7 การปรับตั้งความดันต้านการถอยสกรู 54

บทที่ 5 ความดันในการฉีดและแรงปิดแม่พิมพ์ 57
5.1 บทนำ 57
5.2 แฟกเตอร์ที่มีผลต่อความดันฉีด 57
5.3 การหาความดันในการฉีด 58
5.3.1 ตัวอย่างการคำนวณหาความดันฉีด *59*
5.4 แรงในการปิดล็อกแม่พิมพ์ 60
5.4.1 วิธีการคำนวณหาแรงปิดล็อกแม่พิมพ์ *61*
5.4.2 ตัวอย่างการคำนวณหาแรงปิดล็อกแม่พิมพ์ *62*

บทที่ 6 การประยุกต์ใช้ความดันในแม่พิมพ์ 69
6.1 บทนำ 69
6.2 ผลกระทบของพารามิเตอร์ในการฉีดต่อความดันในแม่พิมพ์ 69
6.3 ลักษณะกราฟความดันในแม่พิมพ์ที่เหมาะสม 71

6.4 การนำกราฟความดันมาใช้วิเคราะห์งานฉีด....73
6.5 การทดสอบหาค่า PVT และ PVT ไดอะแกรม....75
6.6 การศึกษาความเป็นไปของพลาสติกในแม่พิมพ์โดยใช้ PVT ไดอะแกรม....76
6.7 การวิเคราะห์ลักษณะความดันพลาสติกในแม่พิมพ์และ PVT ไดอะแกรม....79
6.8 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานความดันพลาสติกในแม่พิมพ์และ PVT ไดอะแกรม....83
6.9 อุปกรณ์วัดความดันและอุณหภูมิพลาสติกและการติดตั้งในแม่พิมพ์....89

บทที่ 7 เวลาหล่อเย็นในกระบวนการฉีดพลาสติก....91

7.1 บทนำ....91
7.2 สูตรคำนวณหาเวลาในการหล่อเย็น....91
7.3 ตัวอย่างการคำนวณ....99
7.4 การคำนวณหาเวลาในการย้ำรักษาความดัน....101

บทที่ 8 รีโอโลยีในงานฉีดพลาสติก....103

8.1 บทนำ....103
8.2 รูปแบบและลักษณะการไหลเฉือน....103
8.2.1 การไหลเฉือนภายในแผ่นระนาบ....104
8.2.2 การไหลเฉือนเนื่องจากความดัน....105
8.3 การไหลแบบนอนนิวทอเนียน....107
8.4 การประยุกต์ใช้รีโอโลยีในงานฉีด....107
8.5 การทำสมดุลการไหล....126

บทที่ 9 การวิเคราะห์ปัญหาในงานฉีดพลาสติก....127

9.1 บทนำ....127
9.2 ชิ้นงานเกิดรอยไหม้....127
9.3 ชิ้นงานเกิดรอยฝ้าขาวโค้งบริเวณ Gate....129
9.4 ชิ้นงานเกิดรอยไหลบริเวณช่วงสุดท้ายของการไหลและรอยพ่นบริเวณ Gate....130
9.5 ชิ้นงานเกิดรอยไหลที่ตำแหน่งสุดท้ายของการไหล....132
9.6 ชิ้นงานเกิดการแตกร้าวเมื่อเปิดแม่พิมพ์....133
9.7 ชิ้นงานเกิดครีบหรือรอยแหว่งในบางครั้ง....134
9.8 ในเนื้อชิ้นงานเกิดฟองอากาศ....136

9.9 ชิ้นงานเกิดการแตกร้าวภายหลังการพ่นสีดำ....137
9.10 ชิ้นงานเกิดรอยยุบ....138
9.11 ชิ้นงานมีสีกระจายตัวไม่สม่ำเสมอ....139
9.12 ชิ้นงานเกิดรอยไหม้เหลือง....141
9.13 ชิ้นงานเกิดเป็นลายเส้นสั้น ๆ หรือฝ้าโค้งบริเวณ Gate และลายเส้นบาง ๆ บริเวณตำแหน่งสุดท้ายของการไหล....142
9.14 ชิ้นงานเกิดรอยยุบและอาจจะเกิดรอยแหว่งบริเวณตำแหน่งสุดท้ายการไหล....144
9.15 ชิ้นงานเกิดรอยแหว่งในการฉีดบางครั้ง....145
9.16 ผิวหน้าชิ้นงานเกิดเป็นรูพรุนขนาดเล็ก ๆ....147
9.17 ชิ้นงานเกิดเป็นเส้นรอยอั้นอากาศ....148
9.18 ชิ้นงานเกิดเป็นเส้นรอยประสาน....150
9.19 ชิ้นงานเกิดการแตกตรงมุมของชิ้นงาน....152
9.20 ขั้วน้ำ (Gate) ยึดเป็นเส้นยาว....153
9.21 ชิ้นงานเกิดเป็นเส้นรอยฝ้าตามแนวเส้นรอบวงหรือยุบในบางครั้ง....154
9.22 ชิ้นงานเกิดรอยพ่นบริเวณ Gate และรอยประสานบริเวณปลายชิ้นงาน....156
9.23 มีจุดดำอยู่ในเนื้อชิ้นงาน....158
9.24 ชิ้นงานเกิดรอยพ่น....159
9.25 ชิ้นงานแตกที่ตำแหน่งรอยประสาน....160
9.26 ชิ้นงานกระทุ้งไม่หล่น....161
9.27 ชิ้นงานเกิดการแตกร้าวเมื่อกระทุ้งออกจากแม่พิมพ์....162
9.28 เส้นความชื้นที่ผิวชิ้นงาน....163
9.29 ขั้วน้ำ (Pin Gate) ขาดติดแม่พิมพ์....165
9.30 ชิ้นงานเกิดเป็นเส้นรอยไหลสะดุด....166
9.31 พลาสติกเหลวไหลออกจากหัวฉีดทำให้เกิดการสูญเสียเนื้อพลาสติก....167

บทที่ 10 ตัวอย่างการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นในงานฉีด....169

แบบฝึกหัดทบทวน....180

เฉลยแบบฝึกหัดทบทวน....198

Chapter 1

พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติก

1.1 บทนำ

ผู้ที่จะเป็นช่างฉีดพลาสติกระดับอาชีพได้นั้นจะต้องหมั่นฝึกฝนอยู่ตลอดเวลาทั้งทางด้านการปฏิบัติ (การควบคุมและใช้เครื่องฉีด) และแนวคิด (ความรู้พื้นฐานต่าง ๆ และการสร้างสรรค์ทางความคิด) โดยเฉพาะแนวคิดหรือความคิดจะเป็นสิ่งที่บอกได้ว่าบุคคลนั้นจะก้าวไปสู่ช่างฉีดมืออาชีพได้หรือไม่ เนื่องจากช่างฉีดมืออาชีพไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องฉีดได้ดีหรือใช้ได้อย่างคล่องแคล่ว แต่ต้องรู้จักวิเคราะห์และแก้ปัญหาให้ได้อย่างยั่งยืน ตลอดจนสามารถอธิบายถึงสาเหตุของปัญหาได้เป็นอย่างดี ดังนั้นผู้เขียนจึงขอให้ช่างฉีดเข้าใจหลักการเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงต่าง ๆ ของพลาสติกในกระบวนการฉีดให้ได้เสียก่อน

1.2 องค์ประกอบในการฉีดพลาสติก

ผู้เขียนเคยกล่าวว่า "จงปรับตั้งพารามิเตอร์ในการฉีดให้เหมาะสมเหมือนกับการดำเนินชีวิตด้วยความพอดี" คำกล่าวนี้ผู้เขียนต้องการจะอธิบายถึงความเหมาะสมที่ควรเกิดกับพลาสติกในกระบวนการฉีด ซึ่งความเหมาะสมนั้นควรมีองค์ประกอบหรือส่วนประกอบที่สำคัญในกระบวนการฉีดพลาสติก เพื่อให้ได้คุณภาพของชิ้นงานฉีดที่ดี อัตราการผลิตที่สูง และมีจำนวนของเสียน้อย องค์ประกอบที่สำคัญควรมีอยู่ 6 ส่วน (6M) ด้วยกัน คือ 1. Material (วัตถุดิบพลาสติก) 2. Mold (แม่พิมพ์ฉีด) 3. Machine (เครื่องฉีด) 4. Method (วิธีการหรือพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งการฉีด) 5. Man (ช่างฉีดหรือบุคลากร) 6. Management (การจัดการในการฉีด) และรายละเอียดของแต่ละ M เป็นดังนี้

1. **วัตถุดิบพลาสติก (Material)** มีการเลือกชนิดและเกรดของพลาสติกได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับการใช้งานหรือไม่ มีการเตรียมวัตถุดิบพลาสติกได้เหมาะสมหรือไม่ เช่น ต้องทำการอบไล่ความชื้นออกจากเม็ดพลาสติกหรือไม่ ถ้ามี ต้องใช้เวลาและอุณหภูมิในการอบไล่ความชื้นอย่างไร สีที่ใช้ สารเติมแต่งต่าง ๆ จำเป็นต้องมีหรือไม่ การผสมเม็ดพลาสติกกับสีและสารเติมแต่งควรทำอย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด ไม่ควรมองที่ราคาของ

วัตถุดิบเป็นหลัก แต่ควรมองว่าจำเป็นต้องใช้วัตถุดิบที่ประกอบด้วยอะไรบ้าง จึงจะเหมาะสมกับคุณภาพชิ้นงานฉีดที่ต้องการ สามารถผลิตชิ้นงานได้ปริมาณมาก ๆ โดยมีผลกระทบต่อการเกิดของเสียน้อยที่สุด และใช้พลังงานในการผลิตขั้นตอนต่าง ๆ น้อยที่สุด

2. แม่พิมพ์ฉีด (Mold) มีการออกแบบอย่างเหมาะสมดีแล้วหรือยัง เช่น ลักษณะของแม่พิมพ์ต้องเป็นแบบ 2 แผ่น 3 แผ่น หรืออื่น ๆ จำนวนของคาวิตี้ (Cavity) ระบบการหล่อเย็นภายในแม่พิมพ์ ระบบคลายและปลดชิ้นงาน ตำแหน่งรอยประกบแม่พิมพ์ ขนาดของทางน้ำพลาสติกวิ่ง (Runner) และทางน้ำพลาสติกเข้า (Gate) ตำแหน่งของทางน้ำพลาสติกเข้า การระบายอากาศออกจากแม่พิมพ์ การเลือกใช้วัสดุโลหะที่ถูกต้องในการทำแม่พิมพ์ รวมถึงกระบวนการทางความร้อน (การชุบแข็ง) ที่ใช้ปรับปรุงคุณภาพของแม่พิมพ์ด้วย

3. เครื่องฉีด (Machine) มีการเลือกขนาดของเครื่องฉีดได้ถูกต้องหรือไม่ เช่น ขนาดของแรงปิดแม่พิมพ์เพียงพอหรือไม่ ปริมาณเนื้อพลาสติกและแรงดันฉีดของเครื่องฉีดต้องเพียงพอต่อขนาดของชิ้นงานที่จะทำการฉีด ความเร็วในการทำงานของเครื่องฉีดสามารถทำ Cycle Time ได้ตามที่ต้องการ ความดันฉีด ความเร็วฉีด และความดันย้ำซึ่งมีอยู่หลายจังหวะให้เลือกใช้ได้อย่างเหมาะสมกับลักษณะของชิ้นงานที่ทำการฉีด เครื่องฉีดมีประสิทธิภาพดีและมีความสม่ำเสมอในระหว่างการทำงาน อายุการใช้งานเหมาะสม ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและการซ่อมแซมไม่แพงและทำได้ง่าย มีบริการหลังการขายดี สุดท้ายคือราคาเครื่องฉีดต้องเหมาะสมกับมูลค่าการผลิตสินค้านั้น ๆ

4. วิธีการหรือพารามิเตอร์ที่ปรับตั้งการฉีด (Method) จะเป็นการรวม 3M คือ Material (วัตถุดิบพลาสติก), Mold (แม่พิมพ์ฉีด), Machine (เครื่องฉีด) มาใช้ประโยชน์ หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นการสั่งการและควบคุมเครื่องฉีดให้ทำหน้าที่ดูแลจัดการกับวัสดุพลาสติกอย่างถูกต้องและเหมาะสมในการหลอมเหลว การไหลเข้าแม่พิมพ์ และการเย็นตัวในแม่พิมพ์ ตลอดจนดูแลจัดการให้แม่พิมพ์พร้อมที่จะรับพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ ให้พักตัวอยู่ในแม่พิมพ์และปล่อยออกจากแม่พิมพ์เมื่อถึงเวลาที่เหมาะสม (เมื่อพลาสติกเซ็ตตัวและเย็นตัวลงแล้ว) ซึ่งการสั่งการ การควบคุม การดูแลจัดการต่าง ๆ นี้จะต้องมีความเหมาะสมกันมากที่สุด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพดีที่สุด

5. ช่างฉีดหรือบุคลากร (Man) ผู้ที่จะปรับตั้งพารามิเตอร์ต่าง ๆ ในการฉีดได้เป็นอย่างดีนั้นจะต้องมีความรอบรู้เกี่ยวกับวัสดุพลาสติก แม่พิมพ์ และเครื่องฉีดที่จะใช้ในการผลิตชิ้นงานพลาสติกเป็นอย่างดีเสียก่อน โดยเริ่มตั้งแต่ชนิดของพลาสติก อุณหภูมิพลาสติกเหลว ความหนาแน่น ความดันที่ต้องใช้ คุณสมบัติการไหลตัวของพลาสติกเหลว ลักษณะของทางน้ำพลาสติกวิ่ง (Runner) และทางน้ำพลาสติกเข้า (Gate) ระยะและขนาดของช่องทางการไหล ระบบการหล่อเย็น การปลดชิ้นงาน ฟังก์ชันและปุ่มควบคุมการทำงานของเครื่องฉีด ตลอดจนประสิทธิภาพของเครื่องฉีด เช่น ตั้งความดันของเครื่องเอาไว้ 120 บาร์ (ไฮดรอลิก) แต่เครื่องทำได้จริง 100 บาร์ เป็นต้น ดังนั้นจะต้องตรวจสอบการทำงานของเครื่องฉีดก่อนเสมอ อย่าเชื่อตัวเลขที่เราป้อนหรือตั้งที่ตัวเครื่องฉีด ต้องสังเกตดูสิ่งที่เกิดขึ้นจริงกับพลาสติกในระหว่างที่เครื่องฉีดทำงานอยู่ หรืออาจกล่าวได้ว่าผู้ปรับตั้งเครื่องฉีดต้องรู้จักพารามิเตอร์ 5 ตัวหลัก ๆ ที่ต้องสั่งผ่านตัวเครื่องฉีดเพื่อควบคุมพลาสติก คือ อุณหภูมิ ความดัน ความเร็ว ระยะทาง และเวลา นอกจากนี้ยังต้องรู้จักลักษณะของปัญหาแบบต่าง ๆ สามารถวิเคราะห์เพื่อหาต้นเหตุของปัญหาได้

มีแนวทางและเลือกแนวทางในการแก้ไขปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม มีความรอบคอบ และผู้ปรับตั้งพารามิเตอร์ให้กับเครื่องฉีดจะต้องมีความสามารถด้านการคำนวณอยู่บ้างด้วย

6. การจัดการในการฉีด (Management) หมายถึง การวางแผนการผลิตอย่างเหมาะสม เช่น การวางแผนในการฉีดตามลำดับของชนิดของพลาสติก ลักษณะและความเข้มของสี รูปร่างและขนาดของชิ้นงาน ลักษณะและขนาดของแม่พิมพ์ การสั่งซื้อ ความสำคัญของลูกค้า เป็นต้น เนื่องจากการวางแผนในการฉีดจะมีผลต่อการสูญเสียเป็นสำคัญ เพราะถ้าการวางแผนในการฉีดไม่เหมาะสม เช่น การฉีดชิ้นงานที่มีสีเข้มก่อนแล้วตามด้วยการฉีดชิ้นงานที่มีสีอ่อนหรือสีใส ย่อมเกิดการสูญเสียทั้งเวลาและวัสดุพลาสติกเป็นจำนวนมาก ตลอดจนอาจจะก่อให้เกิดปัญหาสีของชิ้นงานผิดเพี้ยนไม่ตรงกับความต้องการ โดยจะมีสีเดิมซึ่งเข้มกว่าและล้างทำความสะอาดออกได้ยากติดออกมาอยู่เรื่อย ๆ

1.3 ขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติก

การทำงานของเครื่องฉีดพลาสติกจะมีการทำงานอยู่ด้วยกันทั้งหมด 3 รูปแบบ คือ แบบไม่เป็นอัตโนมัติ (Manual) ซึ่งจะสั่งให้เครื่องทำงานในขั้นตอนใดก่อนหลังก็ได้ตามที่ต้องการ แบบกึ่งอัตโนมัติ (Semi-Automatic) ซึ่งการทำงานจะเป็นไปตามขั้นตอนของเครื่องฉีดเพียงวงรอบการทำงานเดียวเท่านั้นแล้วหยุด และแบบอัตโนมัติทั้งหมด (Fully-Automatic) จะมีการทำงานเป็นไปตามขั้นตอนของเครื่องฉีด โดยเมื่อครบวงรอบการทำงานของเครื่องฉีดแล้ว ก็จะเริ่มวงรอบการทำงานใหม่ทันที และทำต่อไปเรื่อย ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยการทำงานแบบกึ่งอัตโนมัติและแบบอัตโนมัติทั้งหมดจะมีขั้นตอนพื้นฐานในการฉีดพลาสติกประกอบไปด้วย 9 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นตอนแม่พิมพ์เคลื่อนที่เข้าปิด โดยจะมีพารามิเตอร์คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว และระยะทางในการเคลื่อนที่ปิดเข้าหากันของแม่พิมพ์ ซึ่งส่วนมากจะแบ่งออกได้เป็น 5 ช่วงด้วยกัน คือ ช่วงแรกเป็นช่วงที่แม่พิมพ์ด้านเคลื่อนที่เริ่มเคลื่อนที่เข้าไปหาแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่ โดยใช้ความเร็วที่ช้าเป็นระยะทางสั้น ๆ ช่วงที่สองเป็นช่วงแม่พิมพ์เคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่สูงขึ้นเป็นระยะทางยาว ๆ ช่วงที่สามเป็นช่วงที่แม่พิมพ์กำลังลดความเร็วลงในระยะทางที่เหลือไม่มากนัก ช่วงที่สี่เป็นช่วงป้องกันแม่พิมพ์เกิดความเสียหายก่อนที่แม่พิมพ์จะปิดสนิท และช่วงที่ห้าเป็นช่วงที่แม่พิมพ์ปิดสนิทหรือเรียกว่า ช่วงปิดล็อกแม่พิมพ์ ด้วยความดันหรือแรงที่สูงมาก

2. ขั้นตอนชุดฉีดหรือหัวฉีดเคลื่อนที่เข้าชนและแนบกับแม่พิมพ์ โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน (แรง) และความเร็ว

3. ขั้นตอนสกรูเคลื่อนที่ตามแนวแกนโดยไม่มีการหมุน เพื่อขับดันพลาสติกเหลวที่อยู่ในกระบอกฉีดให้ไหลออกจากหัวฉีดเข้าไปให้เต็มแม่พิมพ์ซึ่งเรียกว่า จังหวะฉีด (Injection Phase) โดยจะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์หลัก ๆ คือ ความเร็วฉีด ความดันฉีด ระยะทางการฉีด เวลาในการฉีด แต่ผู้ผลิตเครื่องฉีดพลาสติกบางบริษัทได้ออกแบบให้สกรูสามารถเคลื่อนที่ตามแนวแกนพร้อมกับหมุนไปได้ด้วย เพื่อป้อนพลาสติกไปพร้อมกับการฉีด ทำให้สามารถฉีดชิ้นงานที่มีปริมาตรและน้ำหนักมากกว่าปกติได้

4. ขั้นตอนสกรูเคลื่อนที่ตามแนวแกนโดยไม่มีการหมุน เพื่อขับดันพลาสติกเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์เพิ่มเติมหลังจากที่พลาสติกเหลวเต็มในแม่พิมพ์แล้ว ทั้งนี้เพื่อย้ำรักษาความดันให้พลาสติกในแม่พิมพ์มีความหนาแน่นตามที่ต้องการที่เรียกว่า ช่วงการย้ำ (Holding Phase) ชิ้นงานจะได้มีขนาดที่เที่ยงตรง มีความแข็งแรง โดยจะประกอบไปด้วยพารามิเตอร์หลัก ๆ คือ ความดัน เวลา และความเร็ว (สำหรับเครื่องฉีดพลาสติกบางรุ่นหรือบางยี่ห้อ)

5. ขั้นตอนที่สกรูเริ่มหมุนเพื่อดึงเม็ดพลาสติกในกรวยเติมเม็ดพลาสติก พร้อมทั้งป้อนไปข้างหน้าของสกรูเพื่อทำการหลอมผสมและป้อนพลาสติกเหลวไปอยู่หน้าปลายสกรูฉีด ซึ่งเรียกว่า จังหวะ Plasticizing โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว ระยะทาง โดยจังหวะการทำงานนี้จะเป็นตัวกำหนดปริมาณเนื้อพลาสติกเหลวหรือระยะถอยสกรู (ระยะตั้งเนื้อพลาสติก) ตามที่ต้องการ เนื่องจากเวลาที่สั่งให้สกรูหมุนนั้น พลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายสกรูจะเกิดแรงดันจนทำให้สกรูถอยหลังกลับไปยังทิศทางของกรวยเติมเม็ดพลาสติกได้ และในขั้นตอนนี้จะมีการใช้แรงดันในการต้านการถอยหลังกลับของสกรูเพื่อควบคุมความหนาแน่นของพลาสติกเหลวที่อยู่หน้าปลายสกรูฉีดให้มีค่าคงที่ที่เรียกว่า Back Pressure ตลอดจนมีการกระตุกสกรูให้เคลื่อนที่ตามแนวแกนเท่านั้นในช่วงก่อนเริ่มต้นหมุนสกรูและ/หรือเมื่อสกรูหยุดหมุนแล้วที่เรียกว่า Suck Back หรือ Pull Back หรือ Decompression

6. ขั้นตอนการหล่อเย็นพลาสติกที่อยู่ในแม่พิมพ์ให้เปลี่ยนจากพลาสติกเหลวเป็นของแข็ง โดยจะทำงานพร้อมกับการเริ่มหมุนสกรูเพื่อหลอมและป้อนพลาสติกเหลวไปหน้าปลายสกรูฉีดในขั้นตอนที่ 5 โดยขั้นตอนที่ 5 และ 6 นี้ จะเริ่มทำงานพร้อมกันเมื่อสิ้นสุดเวลาในการย้ำรักษาความดันแล้ว

7. ขั้นตอนชุดฉีดหรือหัวฉีดเคลื่อนที่ถอยออกจากแม่พิมพ์ จะทำงานเมื่อสกรูหยุดการเคลื่อนที่แล้ว กล่าวคือหยุดหมุนและหยุดถอยแล้ว โดยจะมีพารามิเตอร์ คือ ความดัน (แรง) และความเร็ว

8. ขั้นตอนแม่พิมพ์เคลื่อนที่เปิดเมื่อเวลาในการหล่อเย็นจากขั้นตอนที่ 6 นั้นหมดลงแล้ว โดยจะมีพารามิเตอร์คือ ความดัน (แรง) ความเร็ว และระยะทาง ความเร็วและระยะทางในการเปิดแม่พิมพ์ส่วนมากจะมีอยู่ 3 ความเร็วและ 3 ระยะทางด้วยกัน โดยความเร็วแรกเป็นช่วงที่แม่พิมพ์เริ่มเคลื่อนที่แยกออกจากกัน ควรใช้ความเร็วที่ช้า ๆ และเป็นระยะทางสั้น ๆ ให้ชิ้นงานฉีดสามารถขยับตัวเคลื่อนที่ออกจากแม่พิมพ์ด้านอยู่กับที่และติดออกมากับแม่พิมพ์ด้านเคลื่อนที่ได้ หลังจากนั้นจึงใช้ความเร็วจังหวะที่สองให้เร็วขึ้นและเป็นระยะทางที่ยาวขึ้นด้วย ความเร็วในช่วงที่สามซึ่งเป็นช่วงสุดท้ายก่อนจะถึงตำแหน่งที่แม่พิมพ์เปิดมากที่สุด ควรใช้ความเร็วที่ช้าลงและระยะทางสั้น ๆ เพื่อให้แม่พิมพ์สามารถหยุดได้ตรงตามตำแหน่งโดยไม่เกิดการสั่นสะเทือน ส่วนระยะในการเปิดแม่พิมพ์ก็ไม่ควรตั้งกว้างมากเกินไป แค่พอให้ชิ้นงานไม่ติดค้างอยู่ที่หน้าแม่พิมพ์หลังจากทำการกระทุ้งแล้ว หรือสามารถใช้มือหรือแขนกลจับออกมาได้ก็เพียงพอแล้ว

9. ขั้นตอนการกระทุ้งชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์ โดยจะมีพารามิเตอร์ของความเร็ว ความดัน ระยะทาง และจำนวนครั้งในการกระทุ้ง

หมายเหตุ *ขั้นตอนที่ 2 และ 7 ซึ่งเป็นขั้นตอนในการเคลื่อนที่ของชุดฉีดเข้าหาและเคลื่อนที่ออกจากแม่พิมพ์นั้น อาจจะไม่ต้องใช้ในการทำงานจริง เพื่อเป็นการลดขั้นตอนและเวลาในการผลิต แต่จะมีทั้งข้อดีและข้อเสียอยู่บ้าง โดยจะขอกล่าวถึงในบทต่อไป*

เนื้อหาครอบคลุมหลักการพื้นฐานในการฉีดพลาสติกและการควบคุมการฉีด
การทำงานของชิ้นส่วนเครื่องฉีดที่สำคัญที่เกิดปัญหาได้บ่อยในอุตสาหกรรม
การเปลี่ยนแปลงของพลาสติกในแม่พิมพ์และการประยุกต์ใช้ในงานระดับสูง
วิธีการวิเคราะห์และแก้ไขปัญหาในงานฉีด พร้อมทั้งกรณีศึกษาจริง

เนื้อหาประกอบด้วย

- พื้นฐานเกี่ยวกับกระบวนการฉีดพลาสติก
- การทำงานของชิ้นส่วนเครื่องฉีดที่มีผลต่องานฉีด
- การไหลของพลาสติกในงานฉีด
- เทคนิคในการปรับตั้งพารามิเตอร์ในการฉีด
- ความดันในการฉีดและแรงปิดแม่พิมพ์
- การประยุกต์ใช้ความดันในแม่พิมพ์
- เวลาหล่อเย็นในกระบวนการฉีดพลาสติก
- รีโอโลยีในงานฉีดพลาสติก
- การวิเคราะห์ปัญหาในงานฉีดพลาสติก
- ตัวอย่างการคำนวณต่าง ๆ ที่จำเป็นในงานฉีด

เหมาะสำหรับ

ผู้ปฏิบัติงาน ช่างเทคนิค และวิศวกรในอุตสาหกรรมพลาสติก
รวมทั้งนักศึกษาในสาขาวิศวกรรมพลาสติก เทคโนโลยีอุตสาหกรรม วิศวกรรมการผลิต

ตัวอย่าง

พบหนังสือออกใหม่ • เสนอผลงานเขียน/แปล ได้ที่
www.tpa.or.th/publisher/new
ร่วมสังคมออนไลน์กับเรา www.facebook.com/technologybook

ISBN 978-974-443-421-0
ราคา 250 บาท
หมวดเทคนิคอุตสาหกรรม