

การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ปริญญานิพนธ์
ของ
เรวัตร มีสถิตย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2549

การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

บทคัดย่อ
ของ
เรวัตร มีสฤติย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
พฤษภาคม 2549

เรวัตร มีสถิตย์. (2549) การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก. ปริญญาโท กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.อุวิทย์ สุคันทรกุล, อาจารย์สุดใจ เห่งสัไพร.

ความมุ่งหมายของการวิจัยครั้งนี้ เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ผู้วิจัยได้พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้ วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ และคุณสมบัติของบุคลากรด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม กำหนดรูปแบบการฝึกอบรม ออกแบบการฝึกอบรมการออกแบบ ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรม ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ดำเนินการฝึกอบรมโดยในเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนที่ 1 พลาสติกและเครื่องฉีด ส่วนที่ 2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และการตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ผู้วิจัยได้สร้างแบบทดสอบความรู้ความเข้าใจเพื่อทดสอบในระหว่างการฝึกอบรม รวมแบบทดสอบทั้งหมด 2 ส่วน มีจำนวนข้อ 26 ข้อ โดยแต่ละข้อมี 4 ตัวเลือก และสร้างแบบทดสอบความรู้ทดสอบภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมโดยแบบทดสอบที่สร้างเป็นชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 26 ข้อ ครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 2 ส่วน ผู้วิจัยได้นำหลักสูตรฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นไปทดลองฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 24 คน

ผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในด้านความรู้ความเข้าใจมีประสิทธิภาพ 82.37/85.79 สูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพ โดยในด้านความรู้ความเข้าใจในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนได้ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 พลาสติกและเครื่องฉีด ได้ค่าประสิทธิภาพเท่ากับ 82.37 ในส่วนที่ 2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และการตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 85.79

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมให้ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ความเข้าใจได้มากขึ้นในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

THE CURRICULUM DEVELOPMENT AND TRAINING ON
PLASTIC INJECTION MOLDING DESIGN

AN ABSTRACT
BY
REWAT MEESATIT

Presented in partial fulfillment of the requirements for the
Master of Education degree in Industrial Educational
at Srinakharinwirot University
May 2006

Rewat Meesatit. (2006). *The Curriculum Development and Training on Plastic Injection Molding Design*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education) Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr. Upawit Suwakantagul, Mr. Soodchai Ngaosiprai.

The purposes of this research were to develop the curriculum on design and construction of plastic injection mold.

The researcher developed a curriculum on design and construction of plastic injection mold. The seven developing steps were: to analyze task knowledge skill and qualification of personnel who took responsibilities in molding, to set up the objectives of the training curriculum, to design training curriculum of mold designing, to set up the curriculum forms, to design the training curriculum of designing, to check the training curriculum on design and construction of plastic injection mold, to carry on this training. The content of the training curriculum on design and construction of plastic injection mold consisted of 2 parts were: part one is plastic and injection and part two is the designing of plastic injection mold and checking of this instrument. The researcher constructed the test for during training in order to evaluate the achievement of knowledge and operating skill. There were 26 of 4 choices objective test to evaluate the achievement of training. This test was carried out with 24 trainees.

The results of the research show that the efficiency of training curriculum on design and construction of plastic injection mold in terms of comprehension and operating skill was 82.37/85.79, higher than the criteria that were set up. This indicated that the training curriculum of designing and constructing plastic injection molding was high efficiency as follows: part one the efficiency value of plastic and injection was 82.37 and in part two, the efficiency of the design of plastic injection mold and checking was 85.79.

The developing efficiency of both part two from the transitional behavior activities test and post test of training curriculum on design and construction of plastic injection mold can be used to train the trainees so that they can improve their ability in design and construction plastic injection mold.

การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ปริญญานิพนธ์

ของ

เรวัตร มีสถิตย์

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

พฤษภาคม 2549

ลิขสิทธิ์เป็นของ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ของ
เรวัตร มีสถิตย์

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เพ็ญสิริ จีระเดชากุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ.2549

.....ประธานควบคุมปริญญานิพนธ์
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล)

.....กรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์
(อาจารย์สุดใจ เหง้าสีไพร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(อาจารย์โสภาส สุขหวาน)

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงลงได้ด้วยความกรุณาจากท่านผู้ทรงคุณวุฒิหลายท่าน อาจารย์ดร.อุปวิทย์ สุวคันทรกุล ประธานกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ อาจารย์สุดใจ เห่งสีไพร กรรมการ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาและแนวทางในการค้นคว้าแหล่งข้อมูลตลอดจนการปรับปรุงแก้ไข รูปแบบของปริญญานิพนธ์ให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร อาจารย์โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการ สอนปริญญานิพนธ์ ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ให้สมบูรณ์

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง อาจารย์ประทีป ฟองเพชร อาจารย์ วิเชียร ดีนาย ที่อนุญาตให้ใช้สถานที่ในการเก็บข้อมูล

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ ดร.ชนะ รัชศิริ อาจารย์สมปอง อินทอง อาจารย์อนุศักดิ์ กาญจน์ อาจารย์ประทีป ฟองเพชร อาจารย์วิเชียร ดีนาย ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบ ประเมินหลักสูตรและแบบทดสอบวัดประสิทธิภาพหลักสูตรฝึกอบรม ที่ช่วยแก้ไขและแนะนำเนื้อหา หลักสูตรให้มีความสมบูรณ์ส่งผลให้การวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดามารดา ที่เป็นผู้กระตุ้นและให้กำลังใจ และเพื่อนๆ ทุกคนที่ให้ กำลังใจและคอยสนับสนุนให้การวิจัยครั้งนี้ประสบผลสำเร็จ

เรวัตร์ มีสภิตย์

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ.....	1
ภูมิหลัง.....	1
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	3
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	3
หลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	3
ตัวแปรที่ศึกษา.....	4
นิยามศัพท์เฉพาะ.....	4
กรอบแนวคิดในการค้นคว้า.....	5
สมมติฐานของการศึกษาค้นคว้า.....	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
การพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	6
การพัฒนาหลักสูตร.....	6
หลักสูตรการฝึกอบรม.....	12
ความหมายของการฝึกอบรม.....	12
วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม.....	13
ความสำคัญและประโยชน์ของการฝึกอบรม.....	15
ประเภทของการฝึกอบรม.....	17
เทคนิคการฝึกอบรม.....	19
การศึกษาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม.....	24
กระบวนการในการฝึกอบรม.....	25
การดำเนินการฝึกอบรม.....	26
การประเมินและติดตามผลการฝึกอบรม.....	28
พลาสติก.....	31
ความรู้เบื้องต้นงานฉีดพลาสติก.....	31
ประวัติความเป็นมาของพลาสติก.....	32
กระบวนการฉีดพลาสติก (The injection Molding Process).....	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่

หน้า

2 (ต่อ)

การฉีดพลาสติก.....	35
เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Moulding Machine).....	38
รูปแบบการไหลในขณะฉีด.....	45
ความเค้นเฉือนจากการไหล (Flow Shear Stress).....	46
ช่วงเพิ่มแรงดัน (The pressurization Phase).....	48
ช่วงฉีดชดเชย (The Compensating Phase).....	48
ผลของสภาพการฉีดพลาสติก (Effect of Molding Condition).....	48
อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature).....	48
เวลาที่ใช้ในการฉีด (Fill Time).....	50
แปรเปลี่ยนความเค้น (Stress Varies).....	51
การรักษาแรงดันตามและช่วงเวลาที่ให้แรงดัน.....	51
การไหลกลับ (Back Flow).....	52
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	53
แม่พิมพ์ชนิดต่างๆ (Type of Moulds).....	53
แม่พิมพ์สองแผ่น (Two Plate Mould).....	53
แม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould).....	53
แม่พิมพ์แบบแยก (Split Mould).....	55
การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	55
หัวข้อวิเคราะห์ที่สำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์.....	55
ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	72
การตรวจสอบแม่พิมพ์.....	89
ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	94
การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้าง	
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	94
การวัดผล.....	96
การประเมินผล.....	97
พฤติกรรมทางการศึกษา.....	98
แบบทดสอบ.....	99

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
2 (ต่อ)	
การวิเคราะห์ข้อสอบ.....	102
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	103
งานวิจัยภายในประเทศ.....	103
งานวิจัยต่างประเทศ.....	105
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	107
การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	107
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	111
ประชากร.....	111
กลุ่มตัวอย่าง.....	111
เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล.....	111
การดำเนินการฝึกอบรม.....	113
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	114
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	124
การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	124
การศึกษาประสิทธิภาพของพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้าง แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	125
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ.....	132
ความมุ่งหมายของการวิจัย.....	132
สมมติฐานของการวิจัย.....	132
วิธีดำเนินการวิจัย.....	132
สรุปผลการวิจัย.....	133
การอภิปรายผล.....	134
ข้อเสนอแนะ.....	135
ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป.....	136

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม.....	137
ภาคผนวก.....	140
ภาคผนวก ก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	140
ภาคผนวก ข แบบประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาของเครื่องมือวิจัย.....	279
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย.....	290
ภาคผนวก ง ข้อมูลการวิจัย.....	312
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ.....	316
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	317

บัญชีตาราง

ตาราง

หน้า

1	แนะนำขนาดของ Sprue gate ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับขนาดชิ้นงาน.....	81
2	แนะนำการใช้ขนาดรันเนอร์และขนาดของเกจ.....	81
3	แนะนำการใช้ขนาดรันเนอร์กับพลาสติกชนิดต่าง ๆ.....	84
4	การออกแบบระบบหล่อเย็นในแม่พิมพ์.....	86
5	การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ที่เที่ยงตรงสูง.....	93
6	แผนการสอนหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	110
7	ผลวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบในด้านพลาสติกและการออกแบบ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกระหว่างฝึกอบรมและหลังฝึกอบรมในขั้นตอนการ Try out.....	117
8	แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบระหว่าง ฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่องพื้นฐานด้านพลาสติกที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน.....	119
9	แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบระหว่าง ฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน.....	120
10	แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบหลัง ฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่องพื้นฐานด้านพลาสติกที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน.....	121
11	แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบหลัง ฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน.....	122
12	ผลการประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบ และสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	123
13	คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับ ความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ระหว่างฝึกอบรม เรื่อง พื้นฐานพลาสติก.....	129
14	คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับ ความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 ระหว่างฝึกอบรม เรื่อง การออกแบบแม่พิมพ์.....	129

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

15	คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรม เรื่อง พื้นฐานพลาสติก.....	129
16	คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 หลังฝึกอบรม เรื่อง การออกแบบแม่พิมพ์.....	130
17	คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความรู้ การฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ค่าประสิทธิภาพในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2).....	130

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการสอนแบบบันไดเวียน (The curriculum development spiral in system model).....	7
2 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนแบบระบบ.....	8
3 ขั้นตอนการฉีดพลาสติก ด้วยเครื่องฉีดพลาสติกแบบเกลียวอัด.....	33
4 ส่วนประกอบของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.....	35
5 การทำงานของ Injection pressing.....	36
6 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกโฟม ปริมาตรช่วงชัก 19,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร.....	37
7 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดลูกสูบ.....	39
8 บริเวณกระบอกหลอมพลาสติกที่เป็นซี่หรือหลายครีบริบพร้อมด้วยตัวโรบีโด.....	40
9 โครงสร้างและการทำงานของเครื่องฉีดแบบเกลียวอัด.....	41
10 วาล์วป้องกันการไหลกลับในเครื่องฉีดแบบเกลียว.....	42
11 เครื่องฉีดพลาสติกในยุคปัจจุบัน.....	42
12 การไหลของพลาสติก.....	45
13 สภาพการไหลของพลาสติก.....	46
14 อัตราเฉือนของน้ำพลาสติก (Shear Rate).....	47
15 ความเค้นเฉือน.....	47
16 การขัดเซยการหดตัว (ภาพตัดขวาง).....	48
17 การขัดเซยการหดตัว.....	49
18 อุณหภูมิในระบบหล่อเย็น.....	50
19 ความเค้นในระบบหล่อเย็น.....	50
20 การรักษาแรงดัน.....	51
21 สภาพความเค้นชิ้นงานพลาสติก.....	52
22 สภาพการไหลกลับ.....	52
23 การปลดชิ้นงานแม่พิมพ์สามแผ่น.....	54
24 เกิด Short shot บนชิ้นงาน.....	57
25 ครีบริบ.....	58
26 Weld line.....	60
27 Shrink mark.....	61

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ

หน้า

28 Flow mark.....	63
29 Jetting.....	64
30 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์.....	71
31 แบบชิ้นงานที่จะผลิต.....	74
32 การแบ่งส่วนเพื่อหาปริมาตร.....	75
33 ตำแหน่งของควาวิตี้ ในแม่พิมพ์มาตรฐานขนาด 546 x 546 มม.....	77
34 ความหนาส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์.....	78
35 แสดงขนาดรันเนอร์.....	83
36 ระบบหล่อเย็นรูปวงกลมร่องวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน.....	88
37 ระบบหล่อเย็นรูปวงกลมร่องขดเป็นวง.....	88
38 ระบบหล่อเย็นเป็นรูปขดสำหรับชิ้นงานเหลี่ยม.....	88
39 ระบบหล่อเย็นสำหรับชิ้นงานรูปเหลี่ยมที่เกทเข้าสู่ศูนย์กลาง.....	88

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

การพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของประเทศให้เจริญก้าวหน้าได้นั้นจำเป็นต้องมีการพัฒนา มนุษย์ควบคู่กับการเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีที่นำมาใช้ในการผลิต เพื่อก่อให้เกิดผลผลิตสูงสุด การ พัฒนาทรัพยากรมนุษย์นับเป็นปัจจัยสำคัญประการหนึ่งในการพัฒนาประเทศจากแนวคิดและทิศ ทางการพัฒนาประเทศในช่วงแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ได้มุ่งเน้นการพัฒนาคนเป็น จุดมุ่งหมายหลักของการพัฒนาประเทศ (สำนักคณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. 2538 : 15) เพราะสังคมปัจจุบันเข้าสู่ยุคของภาคอุตสาหกรรม ขบวนการในการผลิตใน ภาคอุตสาหกรรมเข้ามามีบทบาทในการพัฒนาประเทศ ในสภาพปัจจุบันการแข่งขันกันระหว่างใน ประเทศเองและภายนอกประเทศเทคโนโลยีที่มีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา การพัฒนาคนให้ทันกับ ความเปลี่ยนแปลงจึงจัดว่ามีความสำคัญ การพัฒนาคุณภาพคนไทยให้มีความรู้ ความสามารถ มี ความคิดริเริ่มเพื่อเพิ่มความสามารถในการผลิตแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ ให้ทัดเทียมกับประเทศที่ประสบ ผลสำเร็จ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี มาเลเซีย ดังนั้นการพัฒนาหลักสูตร ผูกอบรมการผลิตแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก เพื่อให้บุคลากรด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมีความรู้ ความเข้าใจให้สามารถนำไปประกอบ อาชีพได้เป็นการเพิ่มศักยภาพของผู้ที่ผ่านการฝึกอบรม ในภาคอุตสาหกรรมธุรกิจด้านพลาสติกได้ เข้ามามีบทบาทโดยเฉพาะธุรกิจยานยนต์ซึ่งสถาบันยานยนต์ได้เสนอข้อมูลการขยายตัวของธุรกิจ ยานยนต์จากปีพ.ศ.2539 ที่มีการผลิตรถยนต์ลดลงเหลือเพียง 160,000 คันต่อปีในปี พ.ศ. 2545 ได้ มีการขยายตัวจนมาถึงปัจจุบันการผลิตรถยนต์เพิ่มขึ้น 600,000 คันต่อปี ซึ่งชิ้นส่วนหลักทำมาจาก พลาสติก และธุรกิจด้านการสื่อสารก็เช่นกันพลาสติกเข้าไปมีบทบาทในธุรกิจการพัฒนาของธุรกิจ พลาสติกได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้รองรับกับการขยายตัวอย่างต่อเนื่อง การขยายตัวของ ธุรกิจด้านพลาสติกเป็นการขยายตัวและควบคู่กับการพัฒนาชนิดเม็ดพลาสติก เพื่อให้มีความ สอดคล้องกับความต้องการในภาคอุตสาหกรรมอย่างแท้จริง

จากการขยายตัวของธุรกิจด้านพลาสติก ทำให้ธุรกิจการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมีการ ขยายตัวอย่างต่อเนื่องจากการขยายตัวของธุรกิจการทำแม่พิมพ์ฉีด ทำให้เกิดความต้องการที่จะ พัฒนาระบบในการผลิตที่ดีกว่า มีความผิดพลาดน้อยลงเพราะปัจจุบันการผลิตแม่พิมพ์ไม่ได้เจาะจง ทำในธุรกิจใดธุรกิจหนึ่งเพียงอย่างเดียวในระบบการผลิตแม่พิมพ์สามารถเข้าไปรองรับกับผลิตภัณฑ์ แต่ละผลิตภัณฑ์ได้ ธุรกิจการผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเป็นธุรกิจที่ต้องควบคู่ไปกับธุรกิจอื่น การ ขยายตัวของธุรกิจนี้จึงมีการเปลี่ยนแปลงดังนั้นผู้ประกอบการที่มีความพร้อมจึงสามารถได้เปรียบ การผลิตแม่พิมพ์ฉีด

การพัฒนาคนโดยการฝึกอบรม เป็นวิธีการหนึ่งที่จะช่วยป้องกันการดำเนินงานผิดพลาดทำให้ บุคลากรมีความมั่นใจในการทำงาน ได้ถูกวิธีช่วยให้คุณภาพของงานออกมามีคุณภาพ และตรงกับ

ความต้องการของลูกค้า ดังนั้นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ ช่างทำแม่พิมพ์และช่างฉีดพลาสติกจึงมีความสำคัญต่องานที่ตนรับผิดชอบการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ดียังช่วยในการลดต้นทุนการผลิตด้วยการออกแบบแม่พิมพ์จึงต้องมีความสอดคล้องกับกรรมวิธีการผลิตแม่พิมพ์ด้วยเพราะการออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีสามารถทำให้ได้ชิ้นงานที่ดีแล้วยังช่วยให้ช่างฉีดพลาสติกสามารถทำการปรับค่าได้ง่ายขึ้นลดเวลาในการปรับแต่งค่าได้รวดเร็วหากการออกแบบแม่พิมพ์เกิดข้อบกพร่องจากการออกแบบจะทำให้สูญเสียทั้งเวลาและวัตถุดิบ ดังนั้นเมื่อผู้ออกแบบออกแบบได้แม่พิมพ์ที่มีคุณภาพงานที่ผลิตออกมาได้งานที่ดียอมทำให้พนักงานมีทัศนคติที่ดีต่อองค์กร การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำเป็นต้องมีสอดคล้องกับการเจริญเติบโตของธุรกิจด้านพลาสติก เพื่อให้หลักสูตรที่พัฒนาขึ้นใหม่ เมื่อผู้เข้ารับการฝึกอบรม ได้ผ่านการอบรมแล้วสามารถที่จะนำไปใช้ในการปฏิบัติงาน

หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เนื้อหาด้านทฤษฎีเพื่อให้ผู้ออกแบบได้เข้าใจหลักการออกแบบที่ถูกต้องและข้อผิดพลาดที่อาจจะเกิดจากการออกแบบ การพัฒนาหลักสูตรการออกแบบและการออกแบบการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเพื่อเข้ามารองรับกับการขยายตัวที่เพิ่มขึ้น เพื่อให้หลักสูตรที่ได้พัฒนาขึ้นรองรับกับความต้องการของโรงงานผลิตแม่พิมพ์ขนาดเล็กและขนาดกลางเพื่อช่วยสร้างช่างทำแม่พิมพ์ที่มีความรู้ที่ถูกต้องการผลิตแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ สามารถแข่งขันในการผลิต จากการพัฒนาหลักสูตรดังกล่าวจะช่วยลดการขาดแคลนช่างทำแม่พิมพ์จะทำให้ธุรกิจแม่พิมพ์สามารถเจริญก้าวหน้าและธุรกิจขนาดเล็กและขนาดกลางสามารถดำเนินธุรกิจต่อไป ควบคู่กับการเจริญเติบโตในธุรกิจแม่พิมพ์หลักสูตรฝึกอบรมที่พัฒนาขึ้นมาเป็นหลักสูตรที่เน้นทางด้านทฤษฎี โดยเนื้อหาหลักสูตรได้เน้นให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมได้เรียนรู้หลักการออกแบบแม่พิมพ์ที่ถูกต้องแยกระยะเวลาทำการฝึกอบรมเป็นช่วงระยะเวลาทำการฝึกอบรมระยะ 2 วัน โดยหลักสูตรนี้ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมก่อนจบหลักสูตรจะต้องสามารถเข้าใจการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและผ่านการทดสอบด้านทฤษฎี

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกขึ้นเพื่อให้สอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันสถานศึกษาหลายแห่งได้เปิดสอนในสาขาแม่พิมพ์เนื่องจากความต้องการบุคลากรด้านแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นจากหลักสูตรที่เรียนจึงได้พัฒนาเพื่อให้ทันกับการพัฒนาวิธีการออกแบบ เทคโนโลยีและการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ นักศึกษาสาขาแม่พิมพ์ได้รับการฝึกอบรมในหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นซึ่งเป็นหลักสูตรเร่งรัด การดำเนินการฝึกอบรมระยะสั้น ให้ผู้เข้าฝึกอบรมได้รับความรู้ใหม่กับการพัฒนาทางด้านอุตสาหกรรมแม่พิมพ์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สำหรับนักศึกษาสาขาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ความรู้ในทฤษฎีการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ของผู้ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาค้นคว้าในครั้งนี้ เพื่อเป็นการแก้ไขปัญหาการขาดแคลนช่างทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มีความชำนาญและทำงานในพื้นฐานของความถูกต้อง ทันกับเทคนิควิธีการใหม่ๆ หลักสูตร การฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สามารถนำไปใช้กับการฝึกอบรมขององค์กรต่อไป การสร้างหลักสูตรการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จากการศึกษาครั้งนี้ ยังสามารถหาข้อบกพร่องของหลักสูตร เพื่อทำการปรับปรุงแก้ไขต่อไปเพื่อให้หลักสูตรมีความสมบูรณ์

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย ประชากรเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 1 (ระดับ ปว.ส.1) กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 สาขาแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง จำนวน 24 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เป็นบุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกการเลือกกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน ที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำนวน 24 คน

2. หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เป็นหลักสูตรที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้ผู้ผ่านการฝึกอบรม สามารถนำความรู้ไปประกอบการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้อย่างถูกต้องรู้จักการแก้ปัญหา เพื่อให้แม่พิมพ์ที่ผลิตเสร็จแล้วสามารถใช้งานได้มีประสิทธิภาพ มีเนื้อหา ดังนี้

- 2.1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก
- 2.2 ความรู้พื้นฐานเครื่องฉีดพลาสติก
- 2.3 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
- 2.4 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
- 2.5 การตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
- 2.6 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรที่ศึกษา คือประสิทธิผลของหลักสูตรการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในด้านความรู้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

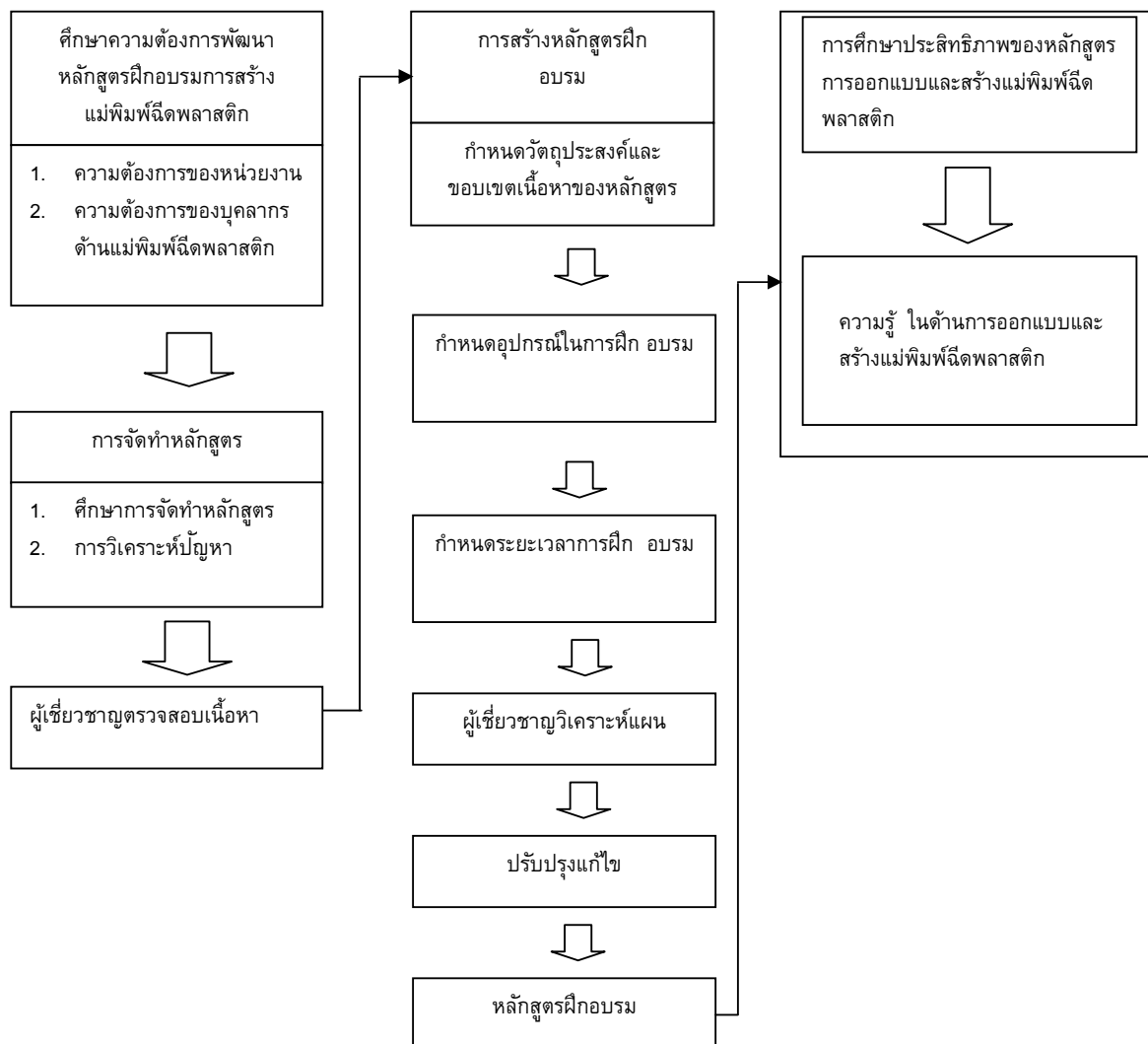
นิยามศัพท์เฉพาะ

1. หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หมายถึง กระบวนการสร้างหลักสูตรประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ขอบเขตเนื้อหา แผนการสอนและการประเมินผลของหลักสูตร
 2. ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก หมายถึง ความรู้ด้านชนิดพลาสติก การเลือกใช้พลาสติก และค่าการหดตัวตามหลักวิศวกรรม
 3. ความรู้เรื่องเครื่องฉีดพลาสติก หมายถึง ความรู้ด้านหลักการ การใช้ ข้อจำกัดของเครื่องฉีดแต่ละประเภท และข้อดี ข้อเสียของเครื่องฉีดแต่ละชนิด
 4. ความรู้เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หมายถึง ความรู้ด้านการเลือกประเภทแม่พิมพ์ ระบบของแม่พิมพ์แต่ละประเภทให้เหมาะสมตามลักษณะของประเภทชิ้นงาน
 5. ความรู้เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หมายถึง ความรู้ในด้านต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบ หลักการออกแบบการวิเคราะห์โครงสร้างแม่พิมพ์ การเลือกวัสดุการวางระบบแม่พิมพ์ ให้ถูกต้องตามหลักการออกแบบที่ดี
 6. ความรู้เรื่องการตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หมายถึง ความรู้ด้านการอ่านแบบ สามารถบ่งบอกถึง ความเสียหายหรือข้อผิดพลาดต่างที่อาจทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นส่วนแม่พิมพ์ได้อย่างถูกต้อง
 7. ความรู้เรื่องการตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว หมายถึง การตรวจสอบขนาดชิ้นงาน เมื่อทำการผลิตชิ้นงานออกมา แล้วทำการตรวจสอบขนาดตามที่แบบชิ้นงานกำหนดขนาดได้ตามที่กำหนดหรือไม่ นำชิ้นงานมาประกอบตรวจสอบความถูกต้องตามแบบชิ้นงาน
 8. ความรู้เรื่องการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หมายถึง กระบวนการการบำรุงรักษาเป็นไปตามระยะเวลาที่กำหนด หรือความถี่ของการใช้แม่พิมพ์ เพื่อให้อายุการใช้งานของแม่พิมพ์สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามจำนวนที่ต้องการผลิต
 9. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หมายถึง ความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในการที่จะถ่ายทอดเนื้อหาความรู้ในด้านการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
- โดยที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ ได้อย่างสมบูรณ์ และตามเกณฑ์ 80/80 โดยมีรายละเอียดดังนี้

80 แรก หมายถึง คะแนนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถตอบคำถามในแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมวัดความรู้ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80

80 หลัง หมายถึง คะแนนของผู้เข้ารับการฝึกอบรมสามารถตอบคำถามในแบบทดสอบ
หลังการฝึกอบรมวัดความรู้ได้ถูกต้องเฉลี่ยร้อยละ 80

กรอบแนวคิดในการวิจัย



สมมติฐานในการวิจัย

หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า
เกณฑ์ 80/80

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยศึกษาจากเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและสอบถามความต้องการของหน่วยงานที่จะพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของบุคลากรด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในบทนี้ได้นำเสนอเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. พลาสติก
3. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
4. การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
5. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนั้นจะต้องมีความสัมพันธ์ในด้านของหลักการฝึกอบรม โดยได้มีการรวบรวมและสรุปความรู้ที่มีความสัมพันธ์กันในด้านของหลักการฝึกอบรม โดยได้จากผู้รู้ และนักวิชาการโดยมีหัวข้อที่เป็นรายละเอียดในหลักการฝึกอบรม คือ การพัฒนาหลักสูตร หลักสูตร ความหมาย วัตถุประสงค์ ประโยชน์ ประเภท เทคนิคการฝึกอบรม กระบวนการในการจัดการ ความจำเป็น การดำเนินการ การประเมินและติดตามผลของการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

1.1 การพัฒนาหลักสูตร

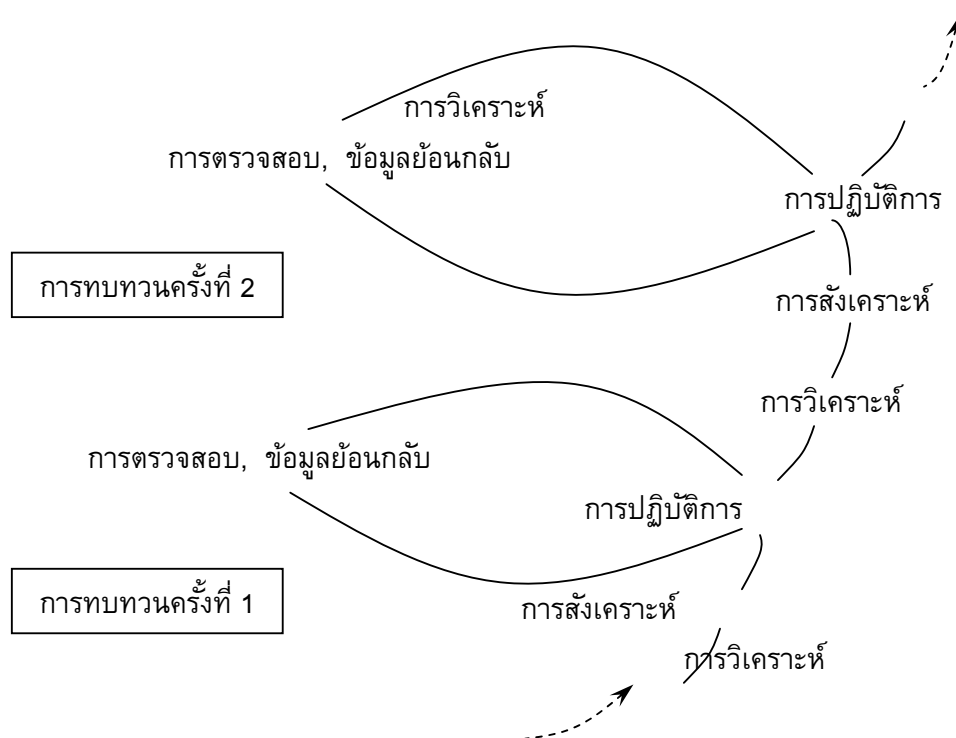
1.1.1 วิชัย วงษ์ใหญ่ (2537:5) ได้ให้ความหมายของการพัฒนาหลักสูตรและการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงหลักสูตรไว้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงและการปรับปรุงหลักสูตรมีความแตกต่างกับการพัฒนาหลักสูตรในด้านขอบเขตเท่านั้นแต่วิธีการกระทำเป็นประเภทเดียวกัน

1.1.1.1 การเปลี่ยนแปลงหลักสูตร หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทั้งระบบของหลักสูตรหรือการเปลี่ยนเฉพาะรายวิชาซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มจากองค์ประกอบหลักสูตรดังนี้

- 1.1.1.1.1 วัตถุประสงค์
- 1.1.1.1.2 เนื้อหาวิชาองค์ประกอบของหลักสูตร
- 1.1.1.1.3 วิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน
- 1.1.1.1.4 วิธีการประเมินผล

วิชัย วงษ์ใหญ่ (2537: 19-21) ได้ให้รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการสอนแบบบันไดเวียน ซึ่งเป็นการพัฒนาเป็นรูปแบบที่มีความต่อเนื่องดังภาพประกอบ 1

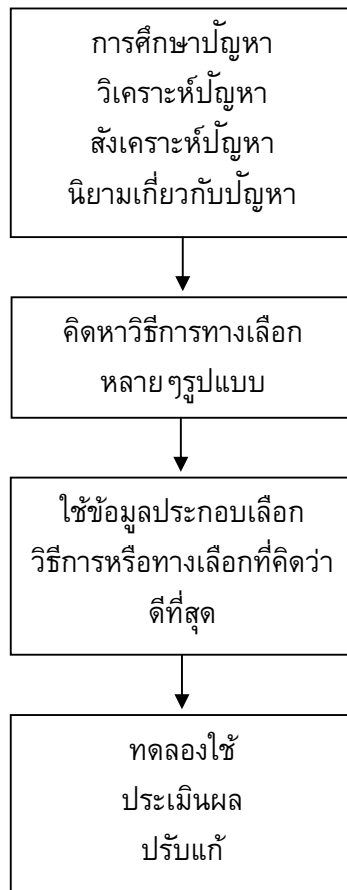


ภาพประกอบ 1 รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรและการสอนแบบบันไดเวียน (The curriculum development spiral in system model)

ที่มา : วิชัย วงษ์ใหญ่. (2537). หน้า 21.

การพัฒนาหลักสูตรแบบบันไดเวียน ได้รับการนำมาคิดต่อเป็นวิธีการพัฒนาหลักสูตรแบบพินิจระบบ (Systems approach) ซึ่งเป็นที่นิยมใช้กันอยู่ในปัจจุบัน

1.1.1.2 การพัฒนาหลักสูตรด้วยวิธีการระบบ จะอธิบายถึงกระบวนการโดยละเอียด (ภาพประกอบที่ 2) ดังนี้



ภาพประกอบ 2 แผนภูมิแสดงลำดับขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตรและการสอนแบบระบบ
ที่มา : วิชัย วงษ์ใหญ่. (2537). หน้า 44.

1.1.1.2.1 ศึกษาสภาพปัญหา ความต้องการของสังคม โดยทำการศึกษาอย่างกว้างและลึกเพื่อที่จะได้ภาพรวมเกี่ยวกับความคาดหวังของสังคมที่จะบ่งชี้การกำหนดจุดประสงค์

1.1.1.2.2 ศึกษากลุ่มเป้าหมายของผู้เรียนว่าจะพัฒนาไปในรูปแบบใด ที่จะไปปรับตัวหรือมีความสามารถด้านใดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงสังคม

1.1.1.2.3 ใช้วิธีการทางปรัชญา เพื่อตรวจสอบเกี่ยวกับการกำหนดทิศทางของหลักสูตรและจุดประสงค์ร่วมกับนักจิตวิทยา นักการศึกษา รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาหลักสูตร

1.1.1.2.4 เพื่อความชัดเจนของหลักการ จุดประสงค์ โครงสร้างและเนื้อหาสาระของหลักสูตรนั้นควรมีคณะกรรมการพัฒนาหลักสูตรดำเนินการกลั่นกรองให้รอบคอบ

1.1.1.2.5 ศึกษาวิเคราะห์ถึงความสามารถและลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อความสอดคล้องกับจุดประสงค์และเนื้อหาสาระของหลักสูตร

1.1.1.2.6 ตรวจสอบเนื้อหาสาระให้มีความสัมพันธ์กันกับผู้เขียน โดยคณะบุคคลต่างๆ เช่นนักวิชาการ นักจิตวิทยา นักการศึกษา เพื่อปรับปรุงแก้ไข

1.1.1.2.7 วิเคราะห์เนื้อหาสาระเพื่อความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โครงสร้างและหลักการของ หลักสูตร รวมทั้งการจัดลำดับขั้นตอนการเรียนรู้ กิจกรรมและ ประสพการณ์

1.1.1.2.8 อภิปรายกับนักวิชาการสาขาต่างๆ เพื่อเป็นการตรวจสอบอีกครั้งในเรื่องความถูกต้องของ เนื้อหาสาระ ลำดับขั้นตอน การเรียนรู้และประสพการณ์การเรียนรู้

1.1.1.2.9 แบ่งเนื้อหาสาระออกเป็นหน่วยการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับระยะเวลา เพื่อความสะดวกในการพัฒนาสื่อการเรียนการสอนของแต่ละหน่วยได้ชัดเจนและสะดวกในการนำไปปฏิบัติจริง

1.1.1.2.10 อภิปรายกับนักวิชาการ ในสาขาต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง เพื่อปรับปรุงวัสดุประกอบหลักสูตร ของหน่วยการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นก่อนที่จะนำไปใช้

1.1.1.2.11 กำหนดจุดประสงค์ของการเรียนการสอนให้ชัดเจน และสามารถบ่งชี้ถึงการจัดกิจกรรม และประสพการณ์เรียนรู้และการประเมินผล

1.1.1.2.12 พิจารณาทางเลือกหลายๆทางเกี่ยวกับการจัดกิจกรรม และประสพการณ์เพื่อตอบสนองความต้องการ ความสนใจของผู้เรียนที่มีโอกาสจะได้เลือกทำกิจกรรมในหลายรูปแบบ โดยคำนึงถึงหลักความแตกต่างระหว่างของผู้เรียนเป็นพื้นฐานในการพัฒนาสื่อการเรียนและวัสดุหลักสูตรอื่นๆ

1.1.1.2.13 ทดลองใช้สื่อการเรียนที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อตรวจสอบดู ว่ามีสิ่งใดที่ต้องปรับแก้ และเพื่อความเหมาะสมรวมทั้งคุณภาพของสื่อการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมามีความสอดคล้องกับหลักสูตรมากน้อยเพียงใด

1.1.1.2.14 ใช้ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ทำการปรับแก้สื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสม เป็นปัจจุบันอยู่เสมอ

1.1.1.2.15 ประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพของระบบหลักสูตร ซึ่งสามารถทำได้ทั้งระบบตั้งแต่ระยะแรกถึงระยะสุดท้าย หรือจะทำการตรวจสอบในแต่ละระยะๆ ของการพัฒนาก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความต้องการและความจำเป็นว่าจะนำสิ่งที่ประเมินนั้นมาใช้ทำอะไร แต่อย่างไรก็ตามแนวคิดเกี่ยวกับการตรวจสอบหรือการประเมินผลนั้นการพัฒนาหลักสูตรของการสอนจะละเอียดไม่ได้เลย เพราะสิ่งนี้ถือว่าเป็นส่วนสำคัญประการหนึ่งของการพัฒนาหลักสูตรและการสอนที่นักพัฒนาหลักสูตรจะต้องคำนึงถึงและต้องปฏิบัติตามระบบการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรและการสอน

แนวคิดวิธีการพิจารณาแบบนี้ให้มีการปรับขยายเพื่อความสมบูรณ์ในรูปแบบต่าง ๆ ดังที่ได้กล่าวมาแล้วหลักสูตรและการสอนที่นิยมใช้อยู่ในโรงเรียนในปัจจุบัน

1.1.2 วิชัย ดิสสระ (2532:35) อ้างอิงจากเซย์เลอร์ และอเล็กซานเดอร์ (Saylor and Alexander. (1966). p. 7)ให้ข้อคิดว่า กระบวนการวางแผนพัฒนาหลักสูตรนั้น ต้องประกอบด้วย สิ่งต่างๆเหล่านี้

1.1.2.1 หลักสูตรต้องคำนึงถึงสิ่งต่างๆเหล่านี้

1.1.2.1.1 ตัวผู้เรียนเองซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของสังคมและสังคมมองเห็นว่านักเรียนคืออะไร มีส่วนเกี่ยวข้องกับสังคมอย่างไรบ้าง สังคมต้องการอะไรจากนักเรียนและนักเรียนมีความต้องการอะไรในแง่ของส่วนบุคคล และสังคม

1.1.2.1.2 หน้าที่และจุดมุ่งหมายของโรงเรียนคืออะไร โรงเรียนมีแนวคิดและยึดปรัชญาทางการศึกษาในสาขาใด และมีแนวปฏิบัติให้บรรลุเป้าหมายนั้นอย่างไร

1.1.2.1.3 ธรรมชาติของความรู้นั้นเป็นอย่างไร ขอบข่ายของความรู้ที่จำเป็นจะต้องศึกษานั้นมีมากน้อยแค่ไหนอย่างไร อะไรเป็นสิ่งที่จำเป็นก่อนและหลังหรือลำดับของความรู้เป็นอย่างไร

1.1.2.1.4 กระบวนการเรียนรู้เป็นอย่างไร ลำดับหรือขั้นตอนของการเรียนรู้เป็นอย่างไรโดยสรุปสำหรับสิ่งที่นักพัฒนาหลักสูตรต้องคำนึงถึงในการพัฒนาหลักสูตรในตอนแรกนั้นก็ คือ เรื่องที่เกี่ยวกับสังคม ปรัชญาผู้เรียนและขบวนการเรียนรู้ซึ่งตรงกับแนวคิดของ ไทเลอร์ กูเลอร์ และฟอกซ์

1.1.3 บุคคลที่ทำหน้าที่วางแผนพัฒนาหลักสูตรประกอบด้วย

1.1.3.1 นักการศึกษาในทุกระดับตั้งแต่ระดับอนุบาล ประถม มัธยม อุดมศึกษา นักวิชาการ นักวิจัย เป็นต้น

1.1.3.2 ผู้ทรงคุณวุฒิและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษา เช่น นักเรียน ผู้ปกครอง สมาชิกในชุมชนและสมาคมต่างๆ เป็นต้น

1.1.4 ใครเป็นผู้ตัดสินใจเลือกใช้หลักสูตรผู้ที่ทำหน้าที่ตัดสินใจเลือกใช้หลักสูตรก็คือ นักพัฒนาหลักสูตรซึ่งอาจประกอบด้วยครู นักการศึกษา ผู้บริหารการศึกษา ผู้ปกครอง ผู้เชี่ยวชาญสาขาต่างๆประกอบขึ้นเป็นกรรมการดำเนินการพัฒนาหลักสูตร โดยทำในสิ่งต่อไปนี้

1.1.4.1 คัดเลือกและจัดระบบเนื้อหาสาระตลอดทั้งแบบเรียน

1.1.4.2 กำหนดระบบการเรียนการสอน

1.1.4.3 การตัดสินใจเลือกนั้น กระทำตามระดับและขั้นตอนที่เกี่ยวข้องเป็นช่วงๆ ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงอิทธิพลของเทคโนโลยีด้วย

1.1.5 การวางแผนจัดทำหลักสูตร บุคคลที่มีหน้าที่วางแผนหลักสูตรต้องร่วมกันจัดทำแผนจัดทำหลักสูตรตามขั้นตอนอย่างละเอียด และสามารถตรวจสอบแต่ละขั้นตอนว่าเป็นไปตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่อย่างไร หากมีปัญหาก็สามารถปรับปรุงเปลี่ยนแปลงได้ กำหนดแผนการเรียนการสอนในหลักสูตรจะช่วยให้ทราบว่า จะต้องจัดกิจกรรมการเรียนรู้มากน้อยเพียงไร

และอย่างไร ทั้งยังสามารถกำหนดสื่อการเรียนการสอน การประเมินผล เพื่อให้เหมาะสมกับ กระบวนการเรียนรู้ทั้งรายกลุ่มและรายบุคคล หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า คู่มือครู

1.1.6 วิสัย วังษ์ใหญ่ (2537:5-8) ได้ให้ความหมายของการพัฒนาหลักสูตรและการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงหลักสูตรไว้ดังนี้

การเปลี่ยนแปลงและการปรับปรุงหลักสูตรมีความแตกต่างกับการพัฒนาหลักสูตร ในด้านขอบเขตเท่านั้นแต่วิธีการกระทำเป็นประเภทเดียวกัน

การเปลี่ยนแปลงหลักสูตร หมายถึงการเปลี่ยนแปลงทั้งระบบของหลักสูตรหรือ การเปลี่ยนเฉพาะรายวิชาซึ่งกระบวนการเปลี่ยนแปลงจะเริ่มจากองค์ประกอบหลักสูตรดังนี้

1.1.6.1 วัตถุประสงค์

1.1.6.2 เนื้อหาวิชาองค์ประกอบของหลักสูตร

1.1.6.3 วิธีการสอนและการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

1.1.6.4 วิธีการประเมินผล

วิชัย วังษ์ใหญ่ (2537:7-8) ได้กล่าวว่า องค์ประกอบของหลักสูตรนี้จะนำมาใช้เป็น แกนในการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงหลักสูตรว่าจะ ปรับปรุงในองค์ประกอบใดหรือทั้งหมดย่อมขึ้น อยู่กับการที่ได้ทำการศึกษาข้อมูลด้านต่างๆ ที่สังเคราะห์และหลอมรวมมาเป็นปัจจัยหรือตัวกำหนด ที่สนับสนุนการเปลี่ยนแปลงหลักสูตรคือ

1.1.7 ความหมายของหลักสูตรที่จะเปลี่ยนแปลงในครั้งนี้มี ความหมายที่แคบ หรือใน ความหมายกว้างและลึกซึ่งมากน้อยเพียงใด

1.1.8 สภาพปัจจุบันของการจัดการศึกษาที่ต้องการพัฒนาในระดับใดที่จะส่งถึงอนาคต

1.1.9 สภาพปัญหาและความต้องการของสังคมไทยได้บ่งชี้ในเรื่องใดที่ชัดเจน เช่น ต้องการให้ ผู้เรียนได้ทราบถึงวิธีการของกระบวนการการเรียนรู้ เพื่อที่จะนำมาใช้ในการสืบเสาะหา ความรู้การปรับตัวให้เข้ากับสภาพของการเปลี่ยนแปลงของสังคมหรือต้องการให้ผู้เรียนไปเป็นผู้ นำในการเปลี่ยนแปลงและทำประโยชน์ต่อสังคม

1.1.10 ความคาดหวังต่อการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับด้านใดมากน้อยกว่ากันหรือมุ่งเน้น ด้านใดเช่น เปลี่ยนความรู้ เปลี่ยนเจตคติ และเปลี่ยนแนวการปฏิบัติเป็นต้น

การกำหนดระดับความหมายของหลักสูตรที่จะเปลี่ยนแปลงนั้นเป็นสิ่งที่สำคัญ เพราะ จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงการเปลี่ยนแปลงว่าจะกระทำในรูปแบบใด เช่นกำหนดความหมายของหลักสูตรใน แนวกว้างว่า “หลักสูตรคือมวลประสบการณ์ทั้งหลายที่ทางโรงเรียนจัดให้นักเรียน เพื่อให้ นักเรียนได้ เรียนรู้และพัฒนาตนเองไปในทิศทางที่พึงปรารถนา” จากการนิยามความหมายของหลักสูตรนี้ การ เปลี่ยนแปลงหลักสูตรจะแตกต่างกันกับนิยามหลักสูตรในแนวแคบคือ “หลักสูตรคือข้อกำหนดการ เรียน”

กระบวนการพัฒนาหลักสูตรทุกขั้นตอน จะดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิด ประสิทธิภาพ จะต้องอาศัยความร่วมมือ ร่วมใจจากบุคคลหลายฝ่ายร่วมรับผิดชอบทั้งทางตรงและ

ทางอ้อมด้วยความเข้าใจอย่างลึกซึ้งและมีศรัทธาอย่างจริงใจในการปรับปรุงหลักสูตร แต่ข้อเท็จจริงในปัจจุบันปรากฏว่าทุกขั้นตอนของการเปลี่ยนแปลงก็ยังคงมีปัญหา และอุปสรรคเป็นปกติวิสัย โดยเฉพาะในขั้นตอนของการเริ่มที่จะเปลี่ยนแปลงและเริ่มดำเนินการพัฒนาหลักสูตร

1.2 หลักสูตรการฝึกอบรม

หลักสูตรการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนที่ได้จากการวิเคราะห์ในสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นแล้ว นำมาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อที่จะปรับเปลี่ยนทำให้ปัญหานั้น ๆ ลดน้อยลงโดยมีนักวิชาการ และนักการศึกษาได้ให้หลักเกณฑ์ทรงตะไต้ดังนี้

1.2.1 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:35) ได้กล่าวว่า หลักสูตรการฝึกอบรม หมายถึง ความรู้และประสบการณ์การเรียนรู้ที่จัดให้แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ ตามที่ต้องการของโครงการ ส่วนที่สำคัญของหลักสูตรที่จะต้องพิจารณาได้แก่วัตถุประสงค์ของการ ฝึกอบรม เนื้อหาสาระที่จัดและควรระบุเป็นรายหัวข้อวิชาและระบุกิจกรรมการเรียนการสอน ซึ่ง รวมถึงการใช้สื่อในการเรียนการสอนและการประเมินผล

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:36) ได้ให้ทรงตะไต้ของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมว่า การ จัดหลักสูตรนั้นจะต้องให้เหมาะสมและตรงกับความต้องการในการฝึกอบรม ซึ่งควรจะได้พิจารณา ดังนี้คือ

1.2.1.1 เป็นวิชาที่ตอบสนองหรือแก้ปัญหามาตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม หรือแก้ของหน่วยงาน

1.2.1.2 วิชาที่ระบุในหลักสูตร ควรกำหนดวัตถุประสงค์เป็นลายลักษณ์อักษร มี รายละเอียดหรือสาระสำคัญของวิชา เพื่อให้การดำเนินงานหรือการสอนของวิทยากร ตรงตาม วัตถุประสงค์และความต้องการของผู้จัดการฝึกอบรม

1.2.1.3 พิจารณาระยะเวลาที่เหมาะสมแก่ความจำเป็นเวลาที่จะอำนวยความสะดวก ของผู้เข้าอบรม หรือช่วงที่หน่วยงานมีงานเข้ามาน้อย

1.2.1.4 คำนึงถึงการระดมทรัพยากรต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอกหน่วยงาน หลักสูตรฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้ให้ความหมายไว้ที่นั้นสามารถ สรุปได้ว่า หลักสูตรฝึกอบรมหมายถึง กระบวนการที่ถูกจัดทำขึ้นโดยมีเนื้อหาของโครงการที่จะ ฝึกอบรม และมีขั้นตอนในการจัดฝึกอบรมเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรมที่ จัดทำขึ้น

1.3 ความหมายของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่ทำการพัฒนาให้บุคคลมีความสามารถเพิ่มขึ้นโดยทุก สาขาวิชา ได้มีการนำกระบวนการฝึกอบรมไปปฏิบัติโดยมีนักวิชาการสาขา ได้ให้ความหมายของ การฝึกอบรมไว้ตามทัศนะของแต่ละท่านดังนี้

1.3.1 สมเกียรติ พ่วงรอด (2544:132) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่จัดขึ้นเพิ่มพูนความรู้ ความชำนาญ และเปลี่ยนแปลงทัศนคติในการปฏิบัติงานได้ดีขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไปทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

1.3.2 สมชาติ กิจยรรยง (2545:15) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้ (Knowledge) เกิดความเข้าใจ (Understanding) เกิดความชำนาญ (Skill) และเกิดเจตคติ (Attitude) ที่ดีเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง จนกระทั่งให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดการเรียนรู้ หรือเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมไปตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมอย่างมีประสิทธิภาพ และประสิทธิผล

1.3.3 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:4) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการสำคัญที่จะช่วยพัฒนาหรือฝึกฝนเจ้าหน้าที่หรือบุคลากรใหม่ที่จะเข้าทำงานหรือที่ปฏิบัติงานประจำอยู่แล้วในหน่วยงาน ให้มีความรู้ความสามารถ ทักษะหรือความชำนาญ ตลอดจนประสบการณ์ให้เหมาะสมกับการทำงาน รวมถึงก่อให้เกิดความรู้สึก เช่น ทัศนคติที่ดีต่อการปฏิบัติงาน อันจะส่งผลให้บุคลากรแต่ละคนในหน่วยงานหรือองค์กรมีความสามารถเฉพาะตัวสูงขึ้น มีประสิทธิภาพในการทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ดี ทำให้หน่วยงานหรือองค์กรมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่ดีขึ้น

1.3.4 สมคิด บางโม (2540:4) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรม (training) หมายถึง กระบวนการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของบุคคลโดยมุ่งเพิ่มพูนความรู้ (knowledge) ทักษะ (skills) และทัศนคติ (attitude) อันจะนำไปสู่การยกมาตรฐานการทำงานให้สูงขึ้น ทำให้บุคคลมีความเจริญก้าวหน้าในหน้าที่การงานและองค์การบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้ ดังนั้นจะเห็นว่าการฝึกอบรมเป็นส่วนหนึ่งของการพัฒนาบุคคลนั่นเอง

1.3.5 เสนาะ ดิยาวี (2543:95) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรม หมายถึง กระบวนการที่จัดขึ้นเพื่อให้บุคคลได้เรียนรู้และมีความชำนาญเพื่อวัตถุประสงค์อย่างหนึ่ง โดยมุ่งให้คนได้รู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งโดยเฉพาะ และเพื่อเปลี่ยนพฤติกรรมของคนไปในทางที่ต้องการ ตามความหมายดังกล่าว การฝึกอบรมเป็นทางทำให้ผู้รับการอบรมได้รับความรู้ใหม่ๆ ได้ความชำนาญในการปฏิบัติงานมากขึ้น เพิ่มประสิทธิภาพในการแก้ปัญหาและทัศนคติที่จะปรับปรุงงาน เปลี่ยนแปลงงานให้ดีขึ้นตามแนวทางที่องค์การกำหนด

1.4 วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมเป็นหัวข้อหนึ่งในการฝึกอบรมที่จะอธิบายให้ทราบถึงเป้าหมายของการฝึกอบรมว่าสิ่งที่คาดว่าจะได้รับการฝึกอบรม ซึ่งมีนักการศึกษา นักวิชาการได้กล่าวถึงวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมไว้ดังนี้

1.4.1 ชูชัย สมิทธิไกร (2540:40) ได้กล่าวว่า การกำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม คือ การกำหนดเป้าหมายว่าการฝึกอบรมจะต้องเปลี่ยนแปลงความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมของผู้รับการอบรม ให้เป็นไปในทางใดและระดับใด การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการ

ฝึกอบรม จะต้องไม่กระทำไปอย่างเลื่อนลอย เพื่อผันไปตามจินตนาการ แต่จะต้องอาศัยข้อมูลที่ได้รับจากการวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรม เพื่อให้การฝึกอบรมสามารถสนองความต้องการและเป้าหมายขององค์กรได้อย่างดีที่สุด

1.4.2 จีระ ประवालพฤษ (2538:91-92) ได้กล่าวว่า การกำหนดวัตถุประสงค์ที่ดี จะต้องให้ครอบคลุมจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ซึ่งแบ่งเป็น 3 ด้าน คือ

1.4.2.1 ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) เป็นจุดมุ่งหมายที่เกี่ยวกับการเรียนรู้ทางด้านความคิด ความรู้และการแก้ปัญหา ซึ่งนักวิชาการศึกษาแบ่งไว้เป็นระดับตั้งแต่ความรู้ (knowledge) ความเข้าใจ (Comprehension) การนำไปใช้ (Application) การวิเคราะห์ (Analysis) การสังเคราะห์ (Synthesis) ไปจนถึงการประเมินค่า (Evaluation)

1.4.2.2 ด้านจิตพิสัย (Affective Domain) เป็นจุดมุ่งหมายที่แสดงออกทางด้านเจตคติ ค่านิยมความสนใจและความซาบซึ้ง

1.4.2.3 ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor Domain) เป็นจุดมุ่งหมายทางด้านทักษะของการเคลื่อนไหวการใช้วัยวะต่างๆ ของร่างกาย ตลอดจนการสื่อสารและการใช้ภาษา

1.4.3 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:5-7) ได้กล่าวว่า วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม โดยทั่วไปแล้วมีจุดมุ่งหมายเพื่อ

1.4.3.1 เพิ่มพูนความรู้ (Knowledge)

1.4.3.2 พัฒนาทักษะ (Skill)

1.4.3.3 เปลี่ยนแปลงเจตคติ (Attitude)

เมื่อบุคคลได้รับการฝึกอบรมทางด้านความรู้ ทักษะ และเจตคติแล้วอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน เมื่อกลับไปปฏิบัติงาน จะก่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีหรือเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมหรือเจตคติในการปฏิบัติงาน ทำให้การปฏิบัติงานได้ผลดีขึ้น

1.4.4 เพิ่มพูนความรู้ (Knowledge)

การเพิ่มพูนความรู้หรือเสริมสติปัญญาหรือเพื่อปรับปรุงแก้ไขความรอบรู้เพื่อการปฏิบัติงานของแต่ละบุคคลในแต่ละระดับเกี่ยวกับการเข้าใจกฎหมาย กฎ ระเบียบ ข้อบังคับ หน้าที่รับผิดชอบของแต่ละหน่วยงาน/บุคคล การเข้าใจการจัดการบริหาร รูปแบบการบริหาร ทำให้มีความรู้คือรู้ว่าสิ่งนั้นเป็นอะไร และสามารถจดจำไว้ได้ มีความเข้าใจคือรู้ในเหตุและผลของสิ่งที่ได้รู้นั้น สามารถอธิบายและขยายความได้อย่างถูกต้องและแจ่มชัด สามารถนำสิ่งที่รู้ไปใช้ในสถานการณ์จริงได้ นอกเหนือจากนี้แล้วการฝึกอบรมยังสามารถมุ่งสูงขึ้นให้ผู้เข้ารับการอบรม สามารถวิเคราะห์ แยกแยะให้เห็นองค์ประกอบต่างๆ ที่เป็นลำดับสัมพันธ์กันได้ สามารถสังเคราะห์ จัดเรียงเรียงและรวบรวมองค์ประกอบต่างๆ ที่กระจายกันอยู่เข้าเป็นแบบแผนหรือโครงสร้างใหม่ได้ และที่สำคัญคือสามารถประเมินค่า คือตัดสินคุณค่าของสิ่งใดตามเกณฑ์ที่กำหนดได้ การเพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจ อาจขยายไปถึงการเพิ่มขีดความสามารถในการนำไปใช้ปรับในสถานการณ์จริงด้วย เป็นการเสริมความรู้ความสามารถในวิชาชีพ

1.4.5 พัฒนาทักษะ (Skill)

การพัฒนาทักษะความชำนาญ เป็นจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรมและการพัฒนา มาช้านานรวมถึงตั้งแต่การจัดลำดับความสำคัญของงาน การแก้ไขสถานการณ์เฉพาะหน้า การเพิ่มความมั่นใจในการตัดสินใจทำให้สามารถปฏิบัติได้อย่างถูกต้องและคล่องตัว จนมีความเชื่อมั่นว่าจะสามารถทำได้เองในสถานการณ์จริงของท้องถิ่นและความพร้อมของตน การเพิ่มจำนวนครั้งหรือความถี่ในการฝึกปฏิบัติให้มีประสบการณ์และทักษะในการทำงานสูงขึ้น ก่อให้เกิดความมั่นใจได้เป็นอย่างดี สามารถปฏิบัติงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องโดยใช้เวลาน้อยลง

1.4.6 เปลี่ยนแปลงเจตคติ (Attitude)

เมื่อสร้างเจตคติที่ดีที่เหมาะสมแก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรม ทำให้มีกำลังใจหรือขวัญที่ดีในการทำงาน สามารถทำงานของตนได้ด้วยความยินดีและพอใจ และสามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ด้วยความสบายใจ การฝึกอบรมโดยทั่วไปมักมีจุดมุ่งหมายเพื่อปรับปรุงแก้ไขความรอบรู้เพื่อการปฏิบัติงาน และเพิ่มทักษะความชำนาญการ แต่ละเลยการจูงใจบุคลากรให้ปฏิบัติงานในหน้าที่ให้ดีขึ้น ทั้งที่การจูงใจบุคลากรเป็นเรื่องสำคัญอีกเรื่องหนึ่งที่จะต้องคำนึงถึง เพราะหากบุคลากรมีความรู้และทักษะในการทำงาน แต่ขาดแรงจูงใจในการทำงานก็จะไม่นำความรู้และทักษะมาใช้ในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถ และการขาดความจูงใจในการปฏิบัติงานอาจเป็นสาเหตุหนึ่งที่บุคลากรที่ได้รับการฝึกอบรมและการพัฒนา ไม่นำความรู้และทักษะที่ได้รับมาใช้ในการปฏิบัติในการปฏิบัติงานอย่างเต็มความสามารถ ทำให้การฝึกอบรมไม่เกิดผลตามกำหนดไว้

จากรายละเอียดของวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการได้กล่าวไว้ นั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า วัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม เป็นแนวทางหลักที่จะเป็นการกำหนดให้การฝึกอบรมมีแนวทางในการฝึกอบรมที่ชัดเจนโดยลักษณะของวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมนั้นมุ่งที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของบุคคลไปในทางที่ดีขึ้น

1.5 ความสำคัญและประโยชน์ของการฝึกอบรม

การฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่มุ่งเน้นให้บุคคลมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นทั้งความรู้ทักษะและเจตคติ ดังนั้น การฝึกอบรมจึงมีความสำคัญและมีประโยชน์อย่างยิ่งโดยได้มีนักการศึกษาและนักวิชาการได้แสดงทรรศนะได้ดังนี้

1.5.1 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:14) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมช่วยพัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพสูงขึ้น ในยุคของข้อมูลข่าวสารเทคโนโลยีอันทันสมัยที่สภาพแวดล้อมเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอและเป็นไปอย่างรวดเร็ว การพัฒนา “คน” ให้มีความเหมาะสมกับ “งาน” และให้ “งาน” มีความเหมาะสมกับ “คน” จำเป็นต้องดำเนินอย่างเป็นระบบต่อเนื่อง จริงอยู่ถึงแม้ว่าการฝึกอบรมจะไม่ช่วยแก้ไขปัญหาในการทำงานได้ทุกเรื่อง แต่การฝึกอบรมที่จัดอย่างมีเป้าหมายและมีการวางแผนที่ดีก็ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของงานได้มิใช่น้อย ซึ่งในการวัดหรือการประเมินอาจดูได้จากผลผลิตที่

เพิ่มขึ้น การลงทุนที่ต่ำลงหรือกำไรที่ได้เพิ่มขึ้น อุปสรรคในการทำงานลดน้อยลง งานดำเนินไต่อย่างรวดเร็วขึ้น หรืออาจมองในรูปของความสามารถในการให้บริการแก่ผู้มาติดต่อได้มากขึ้นและทั่วถึง

1.5.2 สมคิด บางโม (2540:15-16) ได้กล่าวว่า องค์กรต่างๆ จำเป็นต้องจัดให้มีการฝึกอบรมเพราะสาเหตุต่างๆ ดังนี้

1.5.2.1 เพื่อความอยู่รอดขององค์กรเอง เพราะปัจจุบันมีสภาพการแข่งขันระหว่างองค์กรรุนแรงมาก การฝึกอบรมจะช่วยให้องค์กรเข้มแข็ง และช่วยให้พนักงานมีประสิทธิภาพในการทำงานยิ่งขึ้น

1.5.2.2 เพื่อให้องค์กรเจริญเติบโต มีการขยายผลผลิต การขาย และการขยายงานด้านต่างๆ ออกไป ในการนี้จำเป็นต้องสร้างบุคคลที่มีความสามารถเพื่อที่จะรองรับงานเหล่านั้น

1.5.2.3 เมื่อรับพนักงานใหม่จำเป็นต้องให้เขารู้จักองค์กรเป็นอย่างดีในทุกๆ ด้านและต้องฝึกอบรมให้รู้วิธีทำงานขององค์กร แม้จะมีประสบการณ์มาจากที่อื่นแล้วก็ตามเพราะสภาพการทำงานในแต่ละองค์กรย่อมแตกต่างกัน

1.5.2.4 ปัจจุบันเทคโนโลยีเจริญก้าวหน้าไปรวดเร็วมาก จึงจำเป็นต้องฝึกอบรมพนักงานให้มีความรู้ทันสมัยเสมอ ถ้าพนักงานมีความคิดล้าหลัง องค์กรก็จะล้าหลังตามไปด้วย

1.5.2.5 เมื่อพนักงานทำงานมาเป็นเวลานานจะทำให้เฉื่อยชา เบื่อหน่าย ไม่กระตือรือร้น การฝึกอบรมจะช่วยกระตุ้นให้มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

1.5.2.6 เพื่อเตรียมพนักงานสำหรับรับตำแหน่งใหม่ที่สูงขึ้น โยกย้ายงานหรือแทนคนที่ลาออกไป

1.5.3 สมคิด บางโม (2540:16) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมนอกจากเป็นสิ่งจำเป็นในการแก้ปัญหาภายในขององค์กรแล้ว ยังก่อให้เกิดประโยชน์แก่ส่วนต่างๆ ขององค์กรอย่างเห็นได้ชัด ดังนี้

1.5.3.1 เพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต

1.5.3.2 ทำให้ผลผลิตมีคุณภาพสูงขึ้น

1.5.3.3 พนักงานมีขวัญและกำลังใจดีขึ้น

1.5.3.4 ทำให้พนักงานมีความรู้มีความชำนาญในวิทยาการใหม่ ๆ

1.5.3.5 ทำให้ระบบข่าวสารภายในองค์กรดีขึ้น

1.5.3.6 ลดเวลาการเรียนรู้งาน

1.5.3.7 พนักงานแต่ละคนมีโอกาสดำเนินการได้เลื่อนตำแหน่ง

1.5.3.8 ลดอุบัติเหตุในการทำงาน

1.5.3.9 เป็นประโยชน์ต่อการบริหารงาน

1.6 ประเภทของการฝึกอบรม

การฝึกอบรม ในองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ มีรูปแบบของการฝึกอบรมที่แตกต่างกันออกไป ตามความต้องการหรือความเหมาะสมขององค์กรหรือหน่วยงานนั้น ในการจัดแบ่งประเภทของการฝึกอบรมได้มีนักวิชาการหลายๆ ท่านได้จัดแบ่งประเภทของการฝึกอบรมไว้ดังนี้

1.6.1 สมชาติ กิจยรรยง (2545:137) ได้กล่าวว่า เทคนิคการฝึกอบรม (Training Technique) หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสื่อสารหรือถ่ายทอดความรู้ ความคิดเห็น ข้อเท็จจริง ประสบการณ์ หรือ ข้อมูลต่างๆ ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดทัศนคติที่ดี และมีความสามารถในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.6.2 สมชาติ กิจยรรยง (2545:139-140) ได้ให้ทรงเสนอว่า เทคนิคการฝึกอบรม จำแนกได้เป็น 4 ประเภท คือ

1.6.2.1 ประเภทการเน้นบทบาทของวิทยากร เทคนิคการฝึกอบรมประเภทนี้ ได้แก่ การบรรยายหรือปาฐกถา (Lecture or Speech) การบรรยายเป็นชุด (Symposium) การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion) เป็นต้น

1.6.2.2 ประเภทเน้นบทบาทของผู้เข้ารับการอบรม เช่น การสัมมนา (Seminar) การอภิปรายกลุ่ม (Group Discussion) การประชุม (Syndicate Method) การระดมความคิด (Brainstorming) การแสดงบทบาทสมมุติ (Role Playing) การประชุมถกเถียง (Buzz Session) การศึกษาเฉพาะกรณี (Case Study) การให้เวลาซักถาม (Question Period) การสัมภาษณ์ (Interview) การสาธิต (Demonstration) การประชุมเชิงปฏิบัติการ (Workshop) การทัศนศึกษา (Field Trip) เป็นต้น

1.6.2.3 ประเภทพัฒนาเฉพาะตัวบุคคล ผู้เข้ารับการฝึกอบรม สามารถปรับให้เข้ากับระดับความสามารถในการเรียนรู้ และความสะดวกของตนได้ เช่น การสอนแบบสำเร็จรูป (Programmed Instruction) การสอนแนะ (Coaching)

1.6.2.4 ประเภทใช้สื่อโสตทัศนในการฝึกอบรม เช่น การสไลด์ (Slide/Tape Presentation) การใช้ภาพยนตร์ (Instructional Film) คอมพิวเตอร์ เป็นต้น

1.6.3 จูรี ประมวลพฤกษ์ (2538:61-62) ได้กล่าวว่า การจัดแบ่งประเภทของการฝึกอบรม จัดได้หลายลักษณะ ผู้รับผิดชอบหรือเจ้าหน้าที่จัดฝึกอบรมจะต้องทราบประเภทของการฝึกอบรม เพื่อทราบกลุ่มคนที่เข้าฝึกอบรมว่าเป็นพวกไหน มีความรู้และประสบการณ์เพียงใด จะได้จัดเนื้อหาสาระ (Course Content) ตลอดจนการเลือกใช้เทคนิค และวิธีการฝึกอบรมให้สอดคล้องกับลักษณะและความต้องการของการอบรมนั้น ๆ การแบ่งประเภทการฝึกอบรมอาจแบ่งได้ ดังนี้

1.6.3.1 การแบ่งประเภทตามลักษณะก่อนหลังของการเข้าทำงาน แบ่งได้ 2 ประเภท

1.6.3.1.1 การฝึกอบรมก่อนเข้าทำงาน (Per-service training) เช่น การปฐมนิเทศ (Orientation) การแนะนำทำงาน (Induction training) เพื่อให้ผู้เข้าทำงานมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับองค์กร และงานที่จะต้องทำให้สามารถทำได้ถูกต้อง

1.6.3.1.2 การฝึกอบรมระหว่างทำงาน (In-service training) เช่น การฝึกอบรมที่ใช้การเสนอแนะ (Coaching) การสาธิต (Demonstration) เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานได้พัฒนาการทำงานให้ดีขึ้น

1.6.3.2 การแบ่งประเภทตามจำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม แบ่งเป็น 2 ประเภท

1.6.3.2.1 การฝึกอบรมเป็นรายบุคคล (Individual Training) เป็นการฝึกอบรมที่ใช้เทคนิควิธีสอนตัวต่อตัว การเรียนด้วยตนเอง (Self Development) เป็นต้น

1.6.3.2.2 การฝึกอบรมเป็นกลุ่ม (Group Training) เป็นการฝึกอบรมที่มีผู้เข้ารับการอบรมครั้งละหลาย ๆ คน จำนวนคนขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้เทคนิคและขีดจำกัดของวัสดุอุปกรณ์ เช่น การอบรมการใช้คอมพิวเตอร์ การอบรมแต่ละรุ่นคงรับจำนวนได้ไม่มาก หรือการฝึกอบรมที่ใช้เทคนิคการใช้สถานการณ์จำลอง กรณีศึกษาก็ต้องจำกัดจำนวนคน แต่ถ้าวการอบรมที่ใช้วิธีการบรรยาย สามารถจัดเป็นกลุ่มใหญ่ได้

1.6.3.3 การแบ่งประเภทตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1.6.3.3.1 การฝึกอบรมเพื่อเข้าสู่ตำแหน่งใหม่ (Promotions) เป็นการฝึกอบรมเพื่อเตรียมคนเข้าสู่ตำแหน่งหน้าที่ ที่จะต้องรับผิดชอบสูงขึ้น หรือหน้าที่ใหม่ เช่น การฝึกอบรมผู้ที่ทำหน้าที่หัวหน้างาน ผู้ที่จะเป็นผู้จัดการสาขา ผู้ที่เข้าสู่ตำแหน่งผู้จัดการฝ่าย เทคนิค วิธีที่จะใช้ ได้แก่ การแสดงบทบาทสมมติ กรณีศึกษา และการศึกษาจากพฤติกรรมที่เป็นจริง (Modeling Behavior)

1.6.3.3.2 การฝึกอบรมเพื่อเสริมสมรรถภาพในการปฏิบัติงาน เป็นการฝึกอบรมที่ต้องจัดให้ทั้งผู้บริหารและผู้ปฏิบัติงาน ให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น โกลด์สไตน์ และซอร์เชอร์ (Arnold Goldstein and Melvin Sorcher) เชื่อว่าการเปลี่ยน ระดับของผลการทำงานของปฏิบัติให้สูงขึ้น ต้องเปลี่ยนแปลงลักษณะการบังคับบัญชาของผู้บริหารระดับต้น ซึ่งอยู่ใกล้ชิดกับผู้ปฏิบัติงานด้วย การฝึกอบรมผู้บริหารจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่ตอบสนองแนวคิดของโกลด์สไตน์ กับซอร์เชอร์ การอบรมเสริมสมรรถภาพทำได้ดังนี้

1.6.3.3.2.1 การฝึกอบรมทางด้านมนุษยสัมพันธ์ (Human relation) ให้แก่ ผู้บริหารที่ต้องทำงานกำกับดูแลงาน (Supervision) เทคนิควิธีที่ใช้จะเป็นการบรรยาย และการใช้บทบาทสมมติ

1.6.3.3.2.2 การฝึกอบรมให้ความรู้ทั่วไป (General Education) เพื่อให้เข้าใจเรื่องการบริหารงาน และการจัดองค์กรสมัยใหม่การดำเนินธุรกิจในปัจจุบันและอนาคต เทคนิคที่อาจจะใช้การบรรยายประกอบวีดิทัศน์ การศึกษาดูงาน

1.6.3.3.2.3 การฝึกอบรมทางด้านทักษะ (Skill training) เช่น การอบรมการใช้เทคโนโลยีหรือเครื่องมือสำหรับการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมให้แก่ผู้ปฏิบัติงาน เทคนิควิธีที่นำมาใช้จะเป็นการบรรยายประกอบการสาธิต การใช้สถานการณ์จำลอง และการฝึกในสถานการณ์ที่เป็นจริง

1.6.3.3.2.4 การพัฒนาตนเอง (Self Development) เป็นการกระตุ้นให้คนในองค์กรได้ตื่นตัวที่จะเฝ้าหาความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีผลต่อการทำงานในหน้าที่ด้วย การพัฒนาอาจศึกษาจากเอกสารตำรา สนทนาสัมภาษณ์ผู้มีความรู้ หรือศึกษาสังเกตจากการปฏิบัติจริง

1.6.3.4 การแบ่งประเภทตามลักษณะวิธีการฝึกอบรมทั่วๆ ไป แบ่งเป็น 2 ประเภท

1.6.3.4.1 การฝึกปฏิบัติงานปกติในที่ทำกร (On-the-job training) เป็นการฝึกปฏิบัติงานที่แท้จริง เพื่อให้คนงานเข้าใจวิธีการทำงาน และเกิดทักษะในการปฏิบัติงาน ลักษณะการฝึกปฏิบัติจะเป็นแบบทำไป เรียนรู้ไป อาจมีการอธิบายประกอบหรือการสาธิตเพิ่มเติม

1.6.3.4.2 การฝึกปฏิบัติงานนอกที่ทำกร (Off-the-Job training) เป็นการฝึกอบรมที่เตรียมให้คนงานพร้อมที่จะเข้าไปสู่การปฏิบัติงานจริง เพราะงานบางงานต้องเสี่ยงกับการเกิดอุบัติเหตุ และต้องการเทคนิคเฉพาะทาง เช่น งานในโรงงานอุตสาหกรรมที่ใช้เครื่องจักรกล เทคนิคการฝึกอบรมมีทั้งการบรรยาย การอภิปราย การสาธิต การทดลองปฏิบัติในสถานการณ์จำลอง การฝึกอบรมแบบนี้ช่วยลดค่าใช้จ่ายจากการต้องปฏิบัติงานจริงและช่วยลดอุบัติเหตุในการทำงาน

จากประเภทของการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา และนักวิชาการได้กล่าวไว้ นั่นจึงสามารถสรุปได้ว่าประเภทของการฝึกอบรม นั้นได้มีหลักใหญ่อยู่ 3 หลักที่เห็นว่าทุกประเภทของการฝึกอบรมมีความเกี่ยวข้องกันคือ การฝึกอบรมจะฝึกอบรมตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ การฝึกอบรมจะฝึกอบรมตามจำนวนผู้เข้าอบรม และการฝึกอบรมจะสอดคล้องกับการปฏิบัติงาน

1.7 เทคนิคการฝึกอบรม

การฝึกอบรมในองค์กรหรือหน่วยงานต่างๆ ได้มีการนำการนำเสนอเนื้อหาในการฝึกอบรมมาใช้กันหลากหลายในการฝึกอบรม โดยในการจัดการฝึกอบรมจึงได้มีการนำเทคนิคการฝึกอบรมมาใช้กันอย่างมากมายโดยได้มีนักวิชาการหลายๆ ท่านได้กล่าวไว้ดังนี้

1.7.1 จูรี ประมวลพฤษ (2538:111-112) ได้กล่าวว่า เทคนิคการฝึกอบรม หมายถึง กลวิธีในการถ่ายทอดประสบการณ์ทั้งในด้านความรู้ทักษะ และเจตคติที่ดีในเรื่องใดเรื่องหนึ่งให้แก่ผู้เข้ารับการอบรม เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่กำหนดไว้

ประเภทของเทคนิคที่กล่าวมานี้ เป็นการจัดแบ่งตามแนวความคิดของผู้รู้ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อจัดกลุ่มของเทคนิควิธีที่เหมือนกันมารวมกันเท่านั้น เช่น จัดโดยยึดหลักการที่มี

ส่วนร่วมของผู้เข้ารับการอบรม ซึ่งโดยธรรมชาติแล้วแต่ละเทคนิคจะมีลักษณะเฉพาะของเทคนิค
นั้นๆ บางเทคนิคอาจจะมีลักษณะคล้ายหรือสัมพันธ์กัน บางเทคนิคต้องอาศัยเทคนิคอื่นเข้ามา
ประกอบ การนำเสนอในที่นี้จึงเป็นการนำเอาเทคนิควิธีที่ใช้กันมากมาเสนอเป็นแนวทางตามลำดับ
ดังนี้

- 1.7.1.1 การบรรยาย (Lecture)
- 1.7.1.2 การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion)
- 1.7.1.3 การอภิปรายปาฐกถาหรือการบรรยายเป็นชุด (Symposium Discussion)
- 1.7.1.4 การอภิปรายกลุ่ม (Group Discussion)
- 1.7.1.5 การอภิปรายถกเถียง (Buzz session)
- 1.7.1.6 การอภิปรายแบบปวงจาวิสดา (Colloguy Method)
- 1.7.1.7 การระดมสมอง (Brain Stroming)
- 1.7.1.8 การประชุม (Conference)
- 1.7.1.9 การประชุมใหญ่ (Convention)
- 1.7.1.10 การสัมมนา (Seminar)
- 1.7.1.11 การประชุมปฏิบัติการ (Workshop)
- 1.7.1.12 การสาธิต (Demonstration)
- 1.7.1.13 กรณีศึกษา (Case Study)
- 1.7.1.14 การแสดงบทบาทสมมติ (Role playing)
- 1.7.1.15 บทเรียนสำเร็จรูป (Programmed Instruction)
- 1.7.1.16 การอบรมด้านความรู้สึก (Sensitivity Training)
- 1.7.1.17 การสอนแนะ (Coaching)
- 1.7.1.18 การโยกย้ายสับเปลี่ยนงาน (Job rotation)
- 1.7.1.19 การศึกษาจากพฤติกรรมที่เป็นจริง (Behavior Modeling)
- 1.7.1.20 เกมการบริหาร (Management Game)
- 1.7.1.21 สถานการณ์จำลอง (Simulation Technigue or Simulators)
- 1.7.1.22 การฝึกอบรมในห้องทดลองปฏิบัติงาน (Vestibule Training)
- 1.7.1.23 การฝึกอบรมในงาน (On the Job Training)
- 1.7.1.24 การฝึกอบรมตามรูปแบบของแพทย์ฝึกหัดในโรงพยาบาล (Internship)
- 1.7.1.25 การฝึกหัดช่างฝีมือ (Apprenticeship Training)

1.7.2 สมชาติ กิจยรรยง (2545:137) ได้กล่าวว่า เทคนิคการฝึกอบรม (Training
Technique) หมายถึง วิธีการที่ใช้ในการสื่อสารหรือถ่ายทอดความรู้ ความคิดเห็น ข้อเท็จจริง
ประสบการณ์ หรือ ข้อมูลต่างๆ ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ ความเข้าใจ เกิดทัศนคติ
ที่ดีและมีความสามารถในการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ

1.7.3 ราไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:77) ได้กล่าวว่า เทคนิคการฝึกอบรม หมายถึงกลวิธีในการถ่ายทอดประสบการณ์ทั้งในด้านความรู้ ทักษะและทัศนคติ เพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมที่ได้กำหนดไว้

ราไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:77-104) ได้ให้ทรงเห็นว่า การเลือกใช้เทคนิคที่เหมาะสมจะต้องพิจารณาถึงเนื้อหาความแตกต่างของกลุ่มบุคคล เช่น ระดับอายุ ระดับการศึกษา ฯลฯ ระยะเวลาอบรมตลอดจนค่าใช้จ่ายเพื่อการใช้เทคนิคนั้นๆ การฝึกอบรมแต่ละครั้งอาจจะต้องใช้เทคนิคหลายวิธีประกอบกัน เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดในการฝึกอบรม โดยมีเทคนิคการฝึกอบรมต่างๆ ดังนี้คือ

1.7.3.1 เทคนิคการฝึกอบรมโดยใช้วิทยากรเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ โดยอ้างอิงจาก ราไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:77-104) ที่ได้ให้ทรงเห็นว่า เทคนิคในการฝึกอบรมทางด้านการส่งเสริมการเกษตรโดยมีวิทยากรเป็นศูนย์กลางการเรียนรู้ นั้น สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.7.3.1.1 การบรรยาย (Lecture) วิทยากรบรรยายตามหัวข้อที่ได้รับมอบหมาย อาจใช้สื่อต่างๆ ประกอบการบรรยาย เช่น รูปภาพ สไลด์ หรือ วีดีโอเทปและในบางครั้งอาจจะเปิดโอกาสให้ผู้ฟังได้ซักถาม

1.7.3.1.2 การอภิปรายเป็นคณะ (Panel Discussion) การอภิปรายเป็นคณะ เป็นการอภิปรายโดยผู้ทรงวุฒิ 3-5 คน ให้ข้อเท็จจริง ความคิดเห็น ปัญหา อุปสรรค แนวทางแก้ไข ซึ่งเป็นการอภิปรายในลักษณะที่สนับสนุน หรือให้เหตุผลโต้แย้งผู้ทรงคุณวุฒิด้วยกัน และมีพิธีกรหนึ่งคนเป็นผู้ดำเนินการอภิปราย (Moderator) ประสานงาน เชื่อมโยง และสรุปการอภิปรายของวิทยากรแต่ละคน หลังการอภิปรายและจะเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถาม

1.7.4 การประชุมปาฐกถาหรือการประชุมทางวิชาการ (Symposium) การชุมนุมปาฐกถาหรือการประชุมทางวิชาการ เป็นการบรรยาย แบบมีวิทยากรหรือผู้เชี่ยวชาญประมาณ 2-6 คน มีพิธีกรเป็นผู้ดำเนินการอภิปรายเป็นคณะ เน้นหัวข้อวิชาเป็นสำคัญ เมื่อเสร็จสิ้นการบรรยายจะเปิดโอกาสให้ผู้ฟังซักถามปัญหาต่างๆ ได้ เป็นการประชุมปาฐกถาหรือการประชุมทางวิชาการที่เชิญผู้ทรงคุณวุฒิมาให้ความรู้ในเรื่องที่สนใจในแต่ละด้านเช่นการประชุมปาฐกถา เรื่อง “ยุทธศาสตร์ในการพัฒนาคุณภาพพนักงาน” ก็อาจเชิญผู้เชี่ยวชาญ ทางด้านการบริหารทรัพยากรบุคคลมี อาชีพ หลากหลายวงการ ทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน (ภาคอุตสาหกรรม ภาคการเงิน ภาคธุรกิจ) มาร่วมเป็นองค์ปาฐกถา ซึ่งผู้ฟังหรือผู้เข้ารับการฝึกอบรมจะได้รับความรู้ ความเข้าใจ ตามเรื่องและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้

1.7.5 การสาธิต (Demonstration) การสาธิต เป็นวิธีการส่งเสริมโดยใช้การบรรยาย ประกอบการแสดงทำให้ผู้เรียนรู้ “ได้ฟัง” และ “ได้เห็น” ไปพร้อมกัน วัตถุประสงค์ของการสาธิต เพื่อให้เกษตรกรได้เรียนรู้ถึงวิธีการปฏิบัติหรือผลจากการปฏิบัติที่มีลำดับขั้นตอน มีหลักวิชาการและสามารถนำไปปฏิบัติได้ เป็นการพัฒนาทักษะ (skill) ของเกษตรกรให้สามารถปฏิบัติการได้อย่างถูกต้อง การสาธิตแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ การสาธิตวิธี (Method demonstration) กับ การสาธิตผล (result demonstration)

1.7.6 การศึกษาและดูงานนอกสถานที่ (Tour and field trips) จัดเป็นวิธีการส่งเสริมที่เพิ่มความรู้และประสบการณ์ให้แก่ผู้รับการส่งเสริมได้เป็นอย่างดีวิธีหนึ่ง เพราะผู้ร่วมในการศึกษาและดูงานจะมีโอกาสได้พบเห็นผลงานของผู้อื่น ซึ่งได้ทำสำเร็จแล้ว อันจะมีผลในการเพิ่มความเชื่อมั่นให้แก่ผู้ร่วมศึกษาดูงานให้ยอมรับสิ่งใหม่มากขึ้น เจ้าหน้าที่ส่งเสริมอาจใช้วิธีจัดให้มีการศึกษาดูงานนอกสถานที่ต่อเนื่อง จากการสาธิตผลก็ได้ ทั้งนี้ผู้รับการส่งเสริมจะได้พบเห็น ได้รับฟัง ได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สรุปผลและตัดสินใจเองว่าจะนำสิ่งไหนไปใช้ในการประกอบอาชีพและในครอบครัวของเขาได้บ้าง

1.7.6.1 เทคนิคการฝึกอบรมโดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ โดยอ้างอิงจาก ราไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:77-104) ที่ได้ให้ทรรศนะว่า เทคนิคในการฝึกอบรมทางด้านการส่งเสริมการเกษตรโดยมีผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ สามารถแบ่งออกได้ดังนี้

1.7.6.1.1 การระดมสมอง (Brainstorming) การระดมสมองหรือการระดมความคิดคือการที่ให้ผู้สมาชิกทุกคนในกลุ่มได้ให้ความคิดเห็นเกี่ยวกับเรื่องหรือปัญหาหนึ่งอย่างอิสระ โดยไม่มีการอภิปรายว่าความคิดที่เสนอถูกหรือผิด เหมาะสมมากน้อยเพียงใด จนกว่าสมาชิกจะเสนอความคิดหมดแล้วจึงวิเคราะห์ หรือประเมินค่าของความคิดเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปในเรื่องหรือปัญหานั้น อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การระดมสมองเป็นการประชุมกลุ่มเล็กไม่เกิน 15 คน โดยเปิดโอกาสให้ทุกคนแสดงความคิดเห็นอย่างเสรีโดยปราศจากข้อจำกัดหรือกฎเกณฑ์ใดๆ ในหัวข้อหนึ่งหรือปัญหาใดปัญหาหนึ่ง โดยไม่คำนึงว่าจะถูกหรือผิด ดีหรือไม่ดี ความคิดหรือข้อเสนอทุกอย่างจะถูกจดบันทึกไว้แล้วนำไปกลั่นกรองอีกชั้นหนึ่ง ดังนั้น พอเริ่มประชุมต้องมีการเลือกประธานและเลขานุการของกลุ่มเสียก่อน

1.7.6.1.2 การประชุมกลุ่มย่อย (Buzz Session or Phillip 6-6) การประชุมกลุ่มย่อย บางครั้งเรียกว่า Buzz Group หรือ Phillip 6-6 เป็นการแบ่งผู้เข้ารับการอบรมเป็นกลุ่มย่อยจากกลุ่มใหญ่กลุ่มย่อยละ 2-6 คน เพื่อพิจารณาประเด็นปัญหา อาจเป็นปัญหาเดียวกันหรือต่างกัน ในช่วงเวลาที่กำหนด มีวิทยากรคอยช่วยเหลือทุกกลุ่ม แต่ละกลุ่มต้องเลือกประธานและเลขานุการของกลุ่มเพื่อดำเนินการ แล้วนำความคิดเห็นของกลุ่มเสนอต่อที่ประชุมใหญ่ สำหรับการประชุมแบบฟิลลิป 6-6 นั้นเป็นการจัดกลุ่มย่อยอย่างรวดเร็วโดยผู้เข้ารับการอบรมที่นั่งอยู่ในห้องอบรมแถวหน้า 3 คน ยกเก้าอี้หันกลับไปหาผู้นั่งแถวหลังตน 3 คน รวมกลุ่มกันเป็น 6 คน ปล่อยให้เวลาปรึกษากัน 6 นาที แล้วสลายกลุ่มกลับที่เดิม

1.7.6.1.3 กรณีศึกษา (Case Study) กรณีศึกษา หรือการศึกษาเฉพาะกรณี เทคนิคการฝึกอบรมที่นำเอากรณีหรือเรื่องราวที่เป็นปัญหาที่เกิดขึ้นจริง ๆ เสนอในกลุ่มผู้เข้ารับการอบรม สมาชิกของกลุ่มจะใช้หลักวิชาการและประสบการณ์ที่ได้จากการปฏิบัติงานมาผสมผสานเพื่อวิเคราะห์กรณีที่ยกมา โดยมีที่ปรึกษาคอยให้คำแนะนำและให้แนวทางเพื่อช่วยสมาชิกกลุ่มวิเคราะห์ปัญหาได้ตรงวัตถุประสงค์ ขั้นตอนของการศึกษาจะเริ่มด้วยหลักการและการให้ภาพต่างๆ ที่จะเป็นประโยชน์ต่อการพิจารณาตัดสินใจแก้ปัญหา จากนั้นผู้เข้าอบรมจะศึกษา อภิปรายและค้นคว้าหา

ข้อมูลตามหลักวิชา ซึ่งบางครั้งข้อมูลสำเร็จอยู่แล้ว แต่บางครั้งจำเป็นต้องค้นคว้าหาข้อมูลบ้างและในขั้นตอนสุดท้ายผู้เข้ารับการอบรมจะต้องพิจารณาตัดสินใจแก้ปัญหาหรือกรณีที่น่าเสนอภายใต้สภาพการณ์ที่ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากที่สุดและเพื่อช่วยให้การตัดสินใจของผู้เข้ารับการอบรมดีขึ้น การนำเสนอกรณีหรือปัญหา จะต้องมียรายละเอียดมากพอที่จะทำให้ผู้ศึกษาได้เห็นจุดสำคัญของปัญหาและได้ข้อมูลที่เป็นแนวทางนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหา กรณีศึกษา เหมาะสำหรับการฝึกอบรมทางกฎหมาย การบริหารงานและการฝึกอบรมเรื่องที่เกี่ยวข้องกับความสำเร็จของมนุษย์ประเภทบุคคลที่เข้าฝึกอบรมที่เหมาะสมที่จะใช้เทคนิควิธีนี้คือผู้บริหาร ผู้จัดการและผู้ที่เข้าสู่ระดับมืออาชีพ ส่วนในเรื่องการสนองตอบวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมจะใช้ได้ดีกับการฝึกอบรมจะต้องมีการเปลี่ยนทัศนคติและสร้างเสริมทักษะความสัมพันธ์ระหว่างบุคคล

1.7.6.1.4 การประชุมใหญ่ (Convention) การประชุมคอนเวนชัน เป็นรูปแบบของการประชุมที่จัดขึ้นเพื่อให้สมาชิกที่เป็นตัวแทนของส่วนงานต่างๆ ได้มาร่วมพิจารณานโยบายหลักเกณฑ์และแนวทางดำเนินการ เพื่อให้เกิดความมั่นคงและก้าวหน้าขององค์การ เช่น การประชุมผู้บริหารสำนักงานสาขา เป็นต้น ลักษณะของการประชุมแบบนี้ ผู้เข้าร่วมประชุมจะมีเป็นจำนวนมาก การเตรียมการจัดประชุม จึงมีความสำคัญตั้งแต่การจัดหาห้องประชุมขนาดใหญ่ ที่มีห้องประชุมย่อยการจัดเตรียมสิ่งอำนวยความสะดวก วัสดุอุปกรณ์และบรรยากาศการประชุม ตลอดจนสิ่งที่เป็นแรงจูงใจแก่ผู้เข้าประชุม การดำเนินการประชุม จะเริ่มพิธีเปิดด้วยการเชิญบุคคลสำคัญหรือผู้ที่มีชื่อเสียงมาเป็นประธาน มีการจัดระเบียบวาระการประชุมและจัดกิจกรรมประกอบการประชุมในการประชุมใหญ่นั้น สมาชิกผู้เข้าประชุมนอกจากจะมีส่วนร่วมในการพิจารณาโยบายหลักเกณฑ์และแนวทางดำเนินงานแล้ว ยังเป็นโอกาสที่ดีที่ผู้เข้าร่วมประชุมจะได้รับความรู้ประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งใหม่ๆ ด้านเทคนิควิธีการนำเอาเทคโนโลยีและแนวคิดใหม่มาใช้ในการดำเนินกิจกรรมให้ทันกับความเปลี่ยนแปลงของโลก การประชุมใหญ่จึงเป็นเทคนิควิธีหนึ่งที่สามารถใช้เพื่อการพัฒนาบุคคล

1.7.6.1.5 การแสดงบทบาทสมมติ (Role Playing) การแสดงบทบาทสมมติเป็นเทคนิควิธีที่คล้ายกับกรณีศึกษา (Case Study) กล่าวคือ เป็นเทคนิคที่นำเอาเรื่องที่เป็นกรณีตัวอย่างมาเสนอในรูปแบบการแสดงบทบาท ให้ผู้เข้ารับการอบรมได้เห็นภาพชัดเจนได้สัมผัสกับประสบการณ์และความรู้สึกที่แท้จริงเกี่ยวกับปัญหาที่เป็นกรณีตัวอย่าง การแสดงบทบาทสมมติได้ช่วยให้ผู้เข้ารับการอบรมได้รับทราบข้อมูลและเรื่องราวที่ตรงกับเนื้อเรื่องที่ใช้ในแนวเดียวกัน ซึ่งต่างจากกรณีที่ผู้เข้ารับการอบรมอ่านเนื้อหาแล้วต้องจินตนาการและตีความหมายของปัญหา ในบางครั้งอาจจะทำให้เกิดความเข้าใจไขว้เขวได้ นอกจากนี้หลังการแสดงบทบาทสมมติแล้ว ผู้เข้ารับการอบรมสามารถวิเคราะห์ปัญหาได้พร้อมกันทั้งกลุ่มใหญ่หรือกลุ่มย่อยทำให้ได้ข้อเสนอและข้อสรุปเพื่อการแก้ปัญหา

1.7.6.1.6 การสัมมนา (Seminar) การสัมมนาเป็นการประชุมของผู้ที่ปฏิบัติงานอย่างเดียวกันหรือคล้ายกันแล้วพบปัญหาที่เหมือนๆ กัน เพื่อร่วมกันแสดงความคิดเห็นหาแนวทางปฏิบัติในการแก้ปัญหา ทุกคนที่ไปร่วมการสัมมนาต้องช่วยกันแสดงความคิดเห็น ปกติ

จะบรรยายให้ความรู้พื้นฐานก่อนแล้วจึงแบ่งกลุ่มย่อย จากนั้นนำผลการอภิปรายของกลุ่มย่อยเสนอที่ประชุมใหญ่ การสัมมนา เป็นรูปแบบของการฝึกอบรมที่ผู้เข้ารับการอบรมมีความสนใจหรือประสบปัญหาในการปฏิบัติอย่างเดียวกัน ต้องการที่จะศึกษาค้นคว้า เพื่อนำข้อสรุปไปใช้ในการพัฒนาหรือปรับปรุงและแก้ปัญหาในการทำงาน ซึ่งในการศึกษา ค้นคว้า เสนอความคิดเห็นที่จะก่อให้เกิดความรู้และแนวทางเพื่อนำไปใช้ในการแก้ไขปัญหาและพัฒนาการปฏิบัติงานในความรับผิดชอบของผู้เข้าสัมมนา การสัมมนาจะเกิดประสิทธิภาพได้ขึ้นอยู่กับผู้เข้าร่วมสัมมนาจะต้องเป็นผู้ที่มีความรู้ความสามารถและประสบการณ์ในการทำงานมากพอที่จะทำให้การวิเคราะห์วิจารณ์เป็นไปอย่างกว้างขวาง นำไปสู่ผลหรือข้อสรุปที่ดี การนำเทคนิควิธีการสัมมนาไปใช้ เหมาะสำหรับการฝึกอบรมทั้งระดับผู้บริหารและปฏิบัติกร ในลักษณะการฝึกอบรมนอกงานถ้าผู้เข้าสัมมนาแต่ละกลุ่มมีความรู้และประสบการณ์ในการทำงานที่ใกล้เคียงกันจะทำให้การสัมมนาเกิดประสิทธิภาพยิ่งขึ้นและถ้าจะพิจารณาทางด้านการใช้เทคนิคให้เหมาะกับวัตถุประสงค์ของการอบรมแล้ว การสัมมนาจะเหมาะกับการฝึกอบรมที่ต้องการให้เกิดความรู้และความเข้าใจที่จะสร้างประสบการณ์ในแนวทางใหม่

1.7.6.1.7 การประชุมเชิงปฏิบัติการ (workshop) การประชุมเชิงปฏิบัติการ เป็นรูปแบบของการฝึกอบรมที่ส่งเสริมให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเรียนรู้ทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติสามารถนำสิ่งที่ได้รับไปปฏิบัติงานในสถานการณ์จริงที่ผู้เข้ารับการอบรมปฏิบัติอยู่ เช่น ในองค์กรหรือหน่วยงานมีการนำเอาเครื่องจักรกลหรือเทคโนโลยีใหม่ๆ มาใช้ จำเป็นที่จะต้องอบรมพนักงานให้มีความรู้และสามารถปฏิบัติงานได้ บางที่จึงเรียกการอบรมในลักษณะเข้มข้น (Intensive Training Course) ลักษณะของการประชุมเชิงปฏิบัติการ จะแบ่งการดำเนินการได้เป็น 2 ส่วนคือ ส่วนแรกจะเป็นการให้ความรู้ของวิทยากรเพื่อเพิ่มพูนความรู้ ความเข้าใจให้แก่ผู้เข้ารับการอบรม ให้สามารถแก้ไขข้อขัดข้องในการทำงาน กำหนดแนวทางในการปฏิบัติงานและปรับปรุงงาน ส่วนที่สองจะเป็นปฏิบัติการของผู้เข้ารับการอบรมที่จะหาหรืออภิปราย ให้ได้แนวทางแก้ปัญหาหรือวิธีการปฏิบัติงานโดยอาจจะดำเนินการทั้งกลุ่มใหญ่หรือแบ่งกลุ่มย่อย ซึ่งการดำเนินการของส่วนที่สอง จะอาศัยหลักวิชาการหรือหลักการที่วิทยากรได้บรรยายมาประกอบเป็นแนวทาง อาจจะกล่าวได้ว่าการประชุมเชิงปฏิบัติการ เป็นการอบรมที่ให้ผู้เข้ารับการอบรมได้ปฏิบัติจริง โดยทั่วไปจะมีการบรรยายให้ความรู้พื้นฐานก่อนแล้วจึงให้ลงมือปฏิบัติ อาจเป็นการฝึกการใช้เครื่องมือใหม่ๆ ประชุมเพื่อช่วยกันสร้างคู่มือ หรือประชุมเพื่อสร้างอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น การปฏิบัตินิยมให้ร่วมกันเป็นกลุ่มย่อยๆ มากกว่าปฏิบัติเป็นกลุ่มใหญ่หรือรายบุคคล

1.8 การศึกษาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม

1.8.1 การศึกษาความต้องการจำเป็น เป็นการค้นหาสภาพการณ์หรือปัญหาเกี่ยวกับบุคลากรในองค์กรที่ต้องแก้ไขด้วยวิธีการฝึกอบรม ความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม (Training needs) เป็นขั้นตอนที่สำคัญและเป็นขั้นตอนแรกของระบบการฝึกอบรม ที่เจ้าหน้าที่ฝึกอบรมหรือ

ผู้รับผิดชอบการฝึกอบรมต้องดำเนินการเพื่อวางแผนและโครงการฝึกอบรมให้ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะความต้องการจำเป็นของการฝึกอบรมจะนำไปสู่การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการฝึกอบรมที่ชัดเจน ช่วยทำให้เห็นความสำเร็จของการฝึกอบรม

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:12) ได้ให้ทรรศนะว่า ความจำเป็นในการฝึกอบรม หมายถึง สภาพการณ์ หรือปัญหาอุปสรรคข้อขัดข้องต่าง ๆ ที่ต้องการดำเนินการหรือแก้ไขด้วยการฝึกอบรม เพื่อให้บรรลุถึงจุดมุ่งหมายหรือวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

หน่วยงานและองค์กรย่อมมีการเปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลาที่เปลี่ยนไปโดยอาจเป็นไปในลักษณะที่ก้าวหน้าขึ้นหรือเสื่อมถดถอยลง ถ้าองค์กรหรือหน่วยงานเปลี่ยนไปในทางเจริญก้าวหน้ามีการขยายอัตรากำลังเติบโต ต้องเพิ่มการผลิต มีการติดต่อสื่อสารมากขึ้น มีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์มากมายหลายชนิด ต้องรับคนเข้ามาทำงานมากขึ้น จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องฝึกอบรมเจ้าหน้าที่เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถที่จะใช้เครื่องมือเครื่องจักรกลที่มีประสิทธิภาพเพื่อทำหน้าที่ที่รับเข้ามาใหม่ จะต้องเรียนรู้ในเรื่อง กฎ ระเบียบ ข้อบังคับและข้อพึงปฏิบัติในหน้าที่ที่รับผิดชอบและโครงสร้างการดำเนินงานภายในหน่วยงาน รวมถึงความสัมพันธ์ที่พึงปฏิบัติกับผู้ร่วมงาน หรือประชาชนที่ติดต่อเกี่ยวข้อง ในขณะที่เดียวกันบุคลากรที่ทำงานอยู่เดิมภายในองค์กรก็มีความจำเป็นที่จะต้องเข้ารับการฝึกอบรมเช่นเดียวกันเพื่อให้มีความเชี่ยวชาญและทักษะความชำนาญงานโดยเฉพาะ เพื่อให้ปฏิบัติหน้าที่ที่ได้รับมอบหมายได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิภาพสูงสุด

จากการศึกษาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้ให้ทรรศนะไว้ สามารถสรุปได้ว่า การศึกษาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรมนั้นเป็นขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์หาสาเหตุของที่จะต้องนำการฝึกอบรมไปใช้แก้ปัญหา ให้สอดคล้องกับความต้องการที่เกิดขึ้นในเรื่องนั้นๆ

1.9 กระบวนการในการฝึกอบรม

1.9.1 กระบวนการในการฝึกอบรม นั้นเป็นขั้นตอนที่มีส่วนสำคัญที่จะทำให้การฝึกอบรมนั้นมีประสิทธิภาพ โดยกระบวนการในการฝึกอบรมนั้นมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ทรรศนะไว้ดังนี้

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:27) ได้กล่าวว่า การฝึกอบรมเป็นกระบวนการพัฒนาบุคคลซึ่งประกอบด้วยกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน โดยจะต้องดำเนินไปตามลำดับขั้นตอนและต่อเนื่องเพื่อให้การฝึกอบรมเกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลแก่บุคคล งาน และหน่วยงานมากที่สุดเพื่อจะได้เป็นพื้นฐานและนำไปสู่ความเข้าใจที่ลึกซึ้งและละเอียดยิ่งขึ้น จะขอกกล่าวถึงกิจกรรมสำคัญที่ทำให้เกิดกระบวนการจัดฝึกอบรมหรือกระบวนการฝึกอบรมทั้ง 6 ขั้น คือ

1.9.1.1 การสำรวจความจำเป็นในการฝึกอบรม

1.9.1.2 การจัดหลักสูตรฝึกอบรม

1.9.1.3 การวางแผนโครงการฝึกอบรม

1.9.1.4 การดำเนินงานฝึกอบรม

1.9.1.5 การประเมินและติดตามผลการฝึกอบรม

1.9.1.6 การจัดทำรายงานสรุปผล

1.9.1.7 เลือกอุปกรณ์การฝึกอบรม

1.9.1.8 ดำเนินการฝึกอบรม

1.9.1.9 ประเมินผลและติดตามผล

สิ่งที่ต้องคำนึงถึงคือการฝึกอบรมบุคคลเป็นงานของผู้บริหารทุกระดับชั้นซึ่งความจริงแล้วหน้าที่การสอนงานหรือฝึกอบรมนั้นผู้บริหารต้องทำอยู่แล้ว แต่ขาดระบบและวิธีการที่เป็นทางการ อีกทั้งผู้บริหารก็มักมีภาระหน้าที่อื่นๆ มากมาย จึงต้องอาศัยผู้ชำนาญพิเศษด้านการฝึกอบรมเข้ามาช่วยเหลืองานด้านการฝึกอบรมโดยเฉพาะ ดังนั้นผู้บริหารจะต้องให้ความช่วยเหลือแก่ผู้ชำนาญพิเศษเพื่อดำเนินงานให้ตรงกับวัตถุประสงค์ขององค์กร

1.9.2 สมชาติ กิจยรรยง (2545:15) ได้ให้ทรงเสนอว่า กระบวนการในการฝึกอบรมจะประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลักคือการหาความต้องการจำเป็นในการฝึกอบรม

1.9.2.1 การสร้างโครงการหรือหลักสูตรอบรม

1.9.2.2 การดำเนินการจัดฝึกอบรม

1.9.2.3 การประเมินผลการฝึกอบรม

1.10 การดำเนินการฝึกอบรม

การดำเนินการฝึกอบรมเป็นส่วนหนึ่งที่อธิบายในขั้นตอนการปฏิบัติในการฝึกอบรม โดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้ทรงเสนอไว้ดังนี้

1.10.1 สมชาติ กิจยรรยง (2545:27) ได้กล่าวว่า การดำเนินการฝึกอบรม เป็นขั้นตอนสำคัญที่วิทยากรต้องมีบทบาทที่สำคัญที่จะช่วยให้โครงการฝึกอบรมในหลักสูตรต่างๆ บรรลุเป้าหมาย โดยที่ผู้รับผิดชอบจะต้องมีการเตรียมการและมีการดำเนินงานที่ดี ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินการฝึกอบรมอยู่ 3 ขั้นตอน คือ

1.10.1.1 การเตรียมการก่อนการฝึกอบรม

1.10.1.2 การดำเนินการระหว่างการฝึกอบรม

1.10.1.3 การดำเนินภายหลังสิ้นสุดการฝึกอบรม

1.10.2 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:40) ได้กล่าวว่า การดำเนินงานฝึกอบรม หมายถึง การดำเนินการต่างๆ ตามกิจกรรมที่ได้มีการวางแผนล่วงหน้ามาแล้วให้เป็นตามที่กำหนดอย่างปลอดภัยประสานสอดคล้องกันและเป็นไปด้วยความเรียบร้อยเพื่อให้บรรลุถึงวัตถุประสงค์ตามที่กำหนดไว้

1.10.3 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:40-42) ได้ให้ทรรศนะว่า การดำเนินงานฝึกอบรมจะรวมถึงการดำเนินงานในช่วงก่อนการฝึกอบรม ช่วงฝึกอบรมและช่วงหลังการฝึกอบรม รายการและรายละเอียดต่างๆ ที่ต้องดำเนินการในการจัดฝึกอบรม หากจะมองถึงกระบวนการในการจัดทำโครงการฝึกอบรม พอจะสรุปได้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ

1.10.3.1 การสำรวจและวิเคราะห์สภาพปัญหา โดยผู้ทำโครงการฝึกอบรมจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งอาจได้มาจากเอกสารต่างๆ การสอบถาม แบบสัมภาษณ์หรืออื่นๆ โดยพิจารณาว่าหน่วยงานหรือองค์กรมีปัญหอะไรบางอย่างที่จะแก้ไขด้วยการฝึกอบรม

1.10.3.2 การหาความจำเป็นในการฝึกอบรม หมายถึง ความต้องการของบุคคลหรือหน่วยงานในการเข้ารับการอบรม เพื่อแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่ไม่ได้มาตรฐาน ไม่มีประสิทธิภาพ การขาดความรู้ ประสบการณ์ หรือ ขาดทักษะ สิ่งต่างๆ เหล่านี้ล้วนเป็นปัญหาและเป็นการจำเป็นในการเข้ารับการฝึกอบรม

1.10.3.3 กำหนดวัตถุประสงค์ในการฝึกอบรม เพื่อให้ประโยชน์เกิดโดยตรงกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่จะแสดงออกให้เห็นได้ สามารถวัดได้อย่างชัดเจนและเป็นไปในแนวเดียวกัน

1.10.3.4 กำหนดวัตถุประสงค์ของวิชา การกำหนดขอบเขตของวิชาให้กะทัดรัดเป็นข้อๆ เพื่อให้วิทยากรได้เตรียมเนื้อหา วิธีการสอน ตรงตามหลักสูตรหรือโครงการต้องการ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ใหม่ๆ และผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำไปใช้ได้จริง

1.10.3.5 กำหนดแนวทางฝึกอบรม พิจารณาถึงแนวทางที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดการเปลี่ยนแปลง ต้องใช้ทฤษฎีอะไรบางอย่าง หรือหลักการอะไรบางอย่างที่จะเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของโครงการฝึกอบรมให้ได้มากที่สุด

1.10.3.6 กำหนดเทคนิควิธีการฝึกอบรม พิจารณาถึงเทคนิคที่เหมาะสมในแต่ละกรณีของการฝึกอบรม ซึ่งรายละเอียดของเทคนิควิธีการฝึกอบรม จะได้กล่าวถึงในรายละเอียดต่อไป

1.10.3.7 กำหนดสถานที่ฝึกอบรม เพื่อเสริมสร้างบรรยากาศในการกระตุ้นให้เกิดการเรียนรู้ ความพร้อมของวัสดุทัศนูปกรณ์ต่างๆ

1.10.3.8 การกำหนดตัวผู้เข้ารับการฝึกอบรมและวิทยากร ควรคัดเลือกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่มีระดับของคุณสมบัติอันได้แก่ ตำแหน่งหน้าที่การงาน ระดับการศึกษา ประสบการณ์ในการทำงาน หรือคุณสมบัติเฉพาะอื่นๆ ที่ใกล้เคียงกัน เพื่อให้การเรียนการสอนและการรับความรู้เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วใกล้เคียงกันและการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้เข้ารับการอบรมเป็นไปอย่างมีอิสระและคุณภาพ ส่วนวิทยากรควรเข้าใจได้ดีถึงจุดมุ่งหมายของการฝึกอบรมดำเนินการอยู่

1.10.3.9 กำหนดแนวทางและวิธีประเมินผล เพื่อประเมินค่าของการฝึกอบรมว่าเกิดความพึงพอใจได้หรือไม่ตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่เมื่อเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งในเรื่องของการประเมินผลจะได้แสดงในรายละเอียดต่อไป

1.10.3.10 การรายงานผล เพื่อเป็นข้อมูลให้ผู้ที่สนใจได้มีโอกาสเรียนรู้และวิเคราะห์โครงการว่าประสบผลสำเร็จหรือไม่ อย่างไรและมีคุณค่ามากน้อยเพียงใด

โดยปกติ เพื่อให้โครงการฝึกอบรมบรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ด้วยความเรียบร้อย เจ้าหน้าที่ฝึกอบรมจะต้องเตรียมการทุกอย่างให้พร้อม ซึ่งในการฝึกอบรมนั้นย่อมมีรายการปฏิบัติเป็นจำนวนมาก ดังนั้นจึงควรจัดทำรายการที่ต้องปฏิบัติไว้ล่วงหน้า เพื่อให้ทราบว่ามีงานอะไรต้องทำบ้างและงานใดควรทำก่อน จะได้ไม่หลงลืม แม้ว่างานบางอย่างจะเป็นงานเล็ก แต่ก็ไม่ควรให้เกิดข้อบกพร่องเพราะอาจทำให้เกิดผลเสียหายตามมาเกินความคาดหมายก็ได้และขณะเดียวกันจะได้ทราบว่าใครเป็นผู้รับผิดชอบในหน้าที่ต่าง ๆ จะได้ไม่สับสนกันในการทำงานร่วมกัน

การดำเนินการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้ให้ทรรศนะไว้นั้นสามารถสรุปได้ว่า การดำเนินการฝึกอบรม เป็นส่วนที่จัดอยู่ในรายละเอียดของการฝึกอบรม โดยจะอธิบายในระยะเวลา และเนื้อหาในการฝึกอบรมพร้อมทั้งรายละเอียดในระยะเวลาก่อนและหลังการฝึกอบรมที่มีการปฏิบัติ

1.11 การประเมินและติดตามผลการฝึกอบรม

การประเมินและการติดตามผลการฝึกอบรมเป็นขั้นตอนสุดท้ายที่สำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จะอธิบายให้ทราบว่าการฝึกอบรมมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลตรงตามที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยมีนักวิชาการและนักการศึกษาได้ให้แนวคิดไว้ดังนี้

1.11.1 ราโพนธรณ อภิชาติพงศ์ชัย (2545:119) ได้กล่าวว่า การประเมินผลการฝึกอบรม เป็นกระบวนการติดตาม สังเกตเพื่อปรับปรุง แก้ไขการจัดการฝึกอบรม เพื่อให้การฝึกอบรมนั้นบรรลุวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล

1.11.2 สมชาติ กิจยรรยง (2545:28) ได้ให้ทรรศนะว่า การประเมินผลการฝึกอบรม เป็นขั้นตอนสุดท้ายในกระบวนการฝึกอบรม ซึ่งโดยปกติส่วนใหญ่การประเมินมักจะจัดทำแต่เพียงผู้เข้ารับการอบรมประเมินวิทยากรผู้บรรยายว่ารู้สึกอย่างไร ได้สาระและมีการบรรยายที่สนใจให้ติดตามหรือไม่ โดยหลักการแล้วการประเมินสามารถทำได้หลายรูปแบบคือ

1.11.2.1 ผู้เข้ารับการอบรมประเมินวิทยากร/และผู้ดำเนินโครงการ

1.11.2.2 วิทยากรประเมินผู้ดำเนินโครงการและผู้เข้ารับการอบรม

1.11.2.3 ผู้ดำเนินโครงการประเมินผู้ฟังและวิทยากร

1.11.2.4 ผู้รับผิดชอบโครงการติดตามผลผู้เข้ารับการอบรม

1.11.3 สมชาติ กิจยรรยง (2545:197-198) ได้ให้ทรรศนะว่า ขั้นตอนการประเมินผลการฝึกอบรมมีดังต่อไปนี้

1.11.3.1 ศึกษาถึงวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม ศึกษาประเด็นการฝึกอบรมให้ชัดเจน เพื่อให้ทราบถึงสิ่งที่ต้องบรรลุจากการฝึกอบรมตามที่โครงการได้กำหนดไว้

1.11.3.2 กำหนดวัตถุประสงค์การประเมินผลการฝึกอบรม โดยการสัมภาษณ์จาก ผู้บังคับบัญชาของผู้ทำการประเมิน จากผู้บังคับบัญชาของผู้เข้ารับการฝึกอบรม จากเพื่อนร่วมงาน ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม และจากผู้เกี่ยวข้องอื่นๆ

1.11.3.3 วางแผนการประเมินผล โดยพิจารณาถึงผู้รับผิดชอบ ระยะเวลาที่ทำการ ประเมิน วิธี หรือประเภทในการประเมิน

1.11.3.4 พิจารณาถึงผู้เกี่ยวข้องกับการฝึกอบรม ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือ ในการเก็บข้อมูล ตั้งแต่ผู้บังคับบัญชาของผู้เข้ารับการฝึกอบรมวิทยากร ผู้บริหารโครงการ ผู้รับผิดชอบโครงการ ผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อนร่วมงาน ผู้ใต้บังคับบัญชาและลูกค้าผู้รับบริการ

1.11.3.5 พิจารณาถึงรายละเอียดโครงการ ประเด็นการฝึกอบรม หัวข้อวิชา รายละเอียดหัวข้อวิชา เอกสารประกอบการฝึกอบรม แบบฝึกปฏิบัติ

1.11.3.6 ระยะเวลาในการประเมินผลการฝึกอบรม ก่อนการฝึกอบรม ระหว่างการ ฝึกอบรม หลังการฝึกอบรม ทั้งทันทีที่การฝึกอบรมแล้วเสร็จ หรือภายหลังผู้เข้ารับการฝึกอบรม กลับไปปฏิบัติงานในช่วงระยะเวลาหนึ่ง

1.11.3.7 กำหนดประเภทของการประเมินผล ว่าจะทำในระดับใด

1.11.3.8 กำหนดวิธีการในการรวบรวมข้อมูล เช่น แบบทดสอบ แบบสัมภาษณ์ แบบประเมิน

1.11.3.9 กำหนดวิธีการในการวิเคราะห์ข้อมูล ด้วยวิธีการทางสถิติ

1.11.3.10 ดำเนินการตามแผนที่วางไว้

1.11.4 สมคิด บางโม (2540:106) ได้กล่าวว่า การประเมินผลโครงการฝึกอบรมแยก ออกได้เป็น 6 ขั้นตอนดังนี้

1.11.4.1 ศึกษาวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมให้ชัดเจน

1.11.4.2 กำหนดวัตถุประสงค์ของการประเมินผลว่าต้องการประเมินเพื่ออะไร

1.11.4.3 การวางแผนการประเมิน ได้แก่ กำหนดระยะเวลาประเมิน ประเมินใคร บ้าง วิธีประเมินจะอย่างไร เครื่องมือประเมิน ข้อมูลที่จะรวบรวมมีอะไรบ้าง

1.11.4.4 สร้างเครื่องมือการประเมิน เช่น แบบสอบถาม แบบบันทึกการสังเกต แบบสัมภาษณ์ เป็นต้น

1.11.4.5 ดำเนินการเก็บข้อมูลแล้วนำข้อมูลมาวิเคราะห์ แปลผล และสรุป

1.11.4.6 เขียนรายงานการประเมินผลต่อผู้รับผิดชอบ

1.11.5 พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:54) ได้กล่าวว่า การประเมินผลก็คือ การ ดำเนินงานเพื่อพิจารณาวินิจฉัยว่าโครงการฝึกอบรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ได้กำหนดไว้หรือไม่ โดยวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรมนั้นต้องการที่จะเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เข้ารับการ ฝึกอบรมออกเป็น 3 ลักษณะคือ ความรู้ ทักษะ และเจตคติ โดยพฤติกรรมที่ต้องการให้เปลี่ยนนั้น อาจเป็นเพียงลักษณะเดียว สองลักษณะ หรือทั้งสามลักษณะประกอบกันก็ได้

พัฒนา สุขประเสริฐ (2540:54) ได้ให้ทรงเห็นว่า การประเมินผลการฝึกอบรมสามารถทำได้หลายลักษณะ แต่อย่าลืมว่าการประเมินผล (Evaluation) เป็นกระบวนการที่ใช้ดุลยพินิจ (Judgment) และ / หรือค่านิยม (value) ในการพิจารณาตัดสินคุณค่า ความเหมาะสม ความคุ้มค่า หรือสัมฤทธิ์ผลของโครงการหลังจากการเปรียบเทียบผลที่วัดได้จากการวัดผล (measurement) โดยวิธีการใดๆ ก็ตาม กับเป้าหมายวัตถุประสงค์ หรือเกณฑ์ที่กำหนดไว้

1.11.6 เสนาะ ดิยาวี (2543:106) ได้กล่าวว่า เมื่อการฝึกอบรมเสร็จสิ้นลงแล้ว เป็นหน้าที่ของผู้นำนายการอบรมจะต้องประเมินผลว่าได้รับประโยชน์คุ้มค่าหรือไม่ วิธีการง่ายๆ ก็คือดูว่าการฝึกอบรมนั้นทำให้คนงานเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมบางอย่างของตนเองอย่างไรบ้างและมีผลในทางเพิ่มประสิทธิภาพของงานหรือไม่ โดยปกติการวัดผลไม่ได้พิจารณาจากความพอใจของคนงานที่มีต่อโครงการอบรม หรือจากการเปรียบเทียบคะแนนได้จากการทดสอบความรู้ของคนงานก่อนและหลังการอบรม เพราะคะแนนไม่เป็นสิ่งแสดงความสัมพันธ์โดยตรงต่องาน แต่ควรจะใช้หลายๆ วิธีประกอบกัน วิธีที่วัดผลของการฝึกอบรมที่ดีอีกอย่างคือการเปรียบเทียบผลงานที่เกิดขึ้นจากผู้ปฏิบัติงานก่อนและหลังฝึกอบรม โดยดูจากผลผลิตและคุณภาพของงาน แต่การดูจากผลงานก็มีสิ่งควรพิจารณาอยู่บ้างคือ ผลงานที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอาจไม่ได้เกิดจากการฝึกอบรมอย่างเดียว แต่มีปัจจัยอย่างอื่นด้วยก็ได้คือ อาจเกิดเพราะมีการวางแผนงานที่ดีขึ้น การควบคุมที่มีประสิทธิภาพ วิธีการทำงานแบบใหม่ที่ทันสมัยกว่าหรือการใช้วัสดุที่มีคุณภาพสูงขึ้น

การประเมินผลอีกอย่างหนึ่งที่ใช้วัดการฝึกอบรมที่ได้ผลก็คือ การวัดผลการปฏิบัติงานก่อนและหลังการฝึกอบรมจากกลุ่มคนงานเรียกว่า Control group กับ Experimental group วิธีนี้ผู้ทำการวัดผลจะต้องเลือกคนขึ้น 2 กลุ่ม บุคคลทั้งสองกลุ่มจะต้องมีคุณสมบัติอย่างเดียวกันในด้านการศึกษาประสบการณ์ ความชำนาญ กลุ่มแรก (experimental group) จะต้องให้การฝึกอบรมที่ถูกต้อง ส่วนกลุ่มที่สอง (control group) ไม่ต้องให้การฝึกอบรมใดๆ เลย ให้ทั้งสองกลุ่มปฏิบัติงานอย่างเดียวกันโดยมีเครื่องมือและวิธีการเหมือนกันและสิ่งแวดล้อมอย่างเดียวกันแล้วจึงวัดผลงานทั้งสองกลุ่มว่าให้ผลออกมาแตกต่างกันหรือไม่ จากผลอันนี้ทำให้เชื่อถือว่าการฝึกอบรมจะมีผลต่อประสิทธิภาพของการปฏิบัติงานอย่างไร

นอกจากจะเปรียบเทียบระหว่างพนักงานสองกลุ่มที่ไม่ได้รับการฝึกอบรมกับผู้ที่ได้รับการฝึกอบรมแล้วอาจจะเปรียบเทียบกันระหว่างพนักงานชายผู้ผ่านการอบรมด้วยกัน โดยแยกผู้รับการอบรมที่มีผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมากกับพวกอยู่ในเกณฑ์พอใช้ เพื่อดูว่าการปฏิบัติงานจะแตกต่างกันมากน้อยเพียงใด สิ่งที่แสดงว่าการอบรมจะได้รับผลดีหรือไม่ก็ให้ประเมินผลจากการปฏิบัติงาน 2 ลักษณะคือ

1.11.6.1 ผลทางด้านการผลิต ซึ่งแสดงด้วยผลการผลิตเพิ่มขึ้น ของเสียเกิดจากการผลิตลดลง เวลาที่ใช้ผลิตและต้นทุนต่อหน่วยน้อยลงและเวลาว่างเปล่าไม่มี

1.11.6.2 ผลทางด้านแรงงาน เช่น อัตราการหมุนเวียนของแรงงานลดลง การขาดงานมีน้อยลง จำนวนอุบัติเหตุและความถี่ของอุบัติเหตุลดลง ขวัญของพนักงานสูงขึ้น การร้องทุกข์

และการทำผิดระเบียบวินัยลดลงจำนวนพนักงานที่ถูกให้ออกจากงานหรือการลาออกมีจำนวนน้อยลง

1.11.7 ชูชัย สมิทธิไกร (2540:226) ได้ให้ทรรศนะว่า การประเมินผลโครงการฝึกอบรม มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบว่าการฝึกอบรมบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพื่อค้นหาจุดดีและจุดเสียของการฝึกอบรม เพื่อตรวจสอบความคุ้มค่าของโครงการฝึกอบรม เพื่อวินิจฉัยว่าผู้รับการอบรมใดหรือกลุ่มใดที่ได้รับประโยชน์มากที่สุดและน้อยที่สุดจากการฝึกอบรม และเพื่อรวบรวมข้อมูลซึ่งจะช่วยในการจัดการฝึกอบรมในอนาคต

เกณฑ์ของการประเมินผลมีสี่ประเภท ได้แก่ (1) ปฏิภานหรือความรู้สึของผู้รับการอบรมที่มีต่อโครงการฝึกอบรม (2) การเรียนรู้ หรือ เกณฑ์ที่บ่งชี้ว่าผู้รับการอบรมมีความรู้ ทักษะ หรือทัศนคติเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นกว่าเดิมหรือไม่ (3) พฤติกรรม คือ การประเมินว่าพฤติกรรมการทำงานของผู้รับการอบรมมีการเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือไม่ ภายหลังจากการฝึกอบรม และ (4) ผลลัพธ์ คือ การประเมินผลของการฝึกอบรมที่มีต่อการดำเนินงานขององค์การ

การประเมินความเหมาะสมของเกณฑ์ก็เป็นประเด็นที่มีความสำคัญประเด็นหนึ่ง เกณฑ์ซึ่งใช้ในการประเมินผลการฝึกอบรมจะถือว่ามีความเหมาะสมหรือถูกต้อง (relevance) ก็ต่อเมื่อเกณฑ์นั้นประกอบด้วยความรู้ ทักษะหรือความสามารถ (KSA) ที่ได้มาจากการวิเคราะห์ความต้องการในการฝึกอบรมและถือว่าจำเป็นสำหรับการปฏิบัติงานอย่างมีประสิทธิภาพ เกณฑ์ที่ไม่เหมาะสมประเภทแรก คือ เกณฑ์ที่ขาดหาย หมายถึง เกณฑ์ที่ไม่ได้ถูกบรรจุไว้ในการประเมินผลทั้งๆ ที่การวิเคราะห์ความต้องการระบุว่าเป็นเกณฑ์ที่เกี่ยวข้องและเหมาะสม อีกประเภทหนึ่งคือ เกณฑ์ที่ถูกปนเปื้อน หมายถึง เกณฑ์ซึ่งมีสิ่งแปลกปลอมเข้ามาแทรก ทำให้กลายเป็นเกณฑ์ซึ่งไม่สามารถวัดความสำเร็จของการฝึกอบรมได้อย่างแท้จริง

จากการประเมินผลการฝึกอบรมที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการได้ให้ทรรศนะไว้นั้นสามารถสรุปได้ว่า การประเมินผลการฝึกอบรม นั้นเป็นกระบวนการที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการพิสูจน์หรือวิเคราะห์ผลที่เกิดขึ้นหลังจากการฝึกอบรมโดยจะอธิบายว่าในการฝึกอบรมมีส่วนดีหรือส่วนด้อยในจุดไหนและเป็นการอธิบายว่าการจัดการฝึกอบรมนั้นสอดคล้องตรงตามวัตถุประสงค์ของการจัดฝึกอบรมมากน้อยแค่ไหน เพื่อจะนำไปปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น

2. พลาสติก

2.1 ความรู้เบื้องต้นงานฉีดพลาสติก

งานฉีดพลาสติก เป็นลักษณะกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติก โดยเครื่องฉีดพลาสติกทำงานเป็นรอบๆ กระบวนการเริ่มจาก พลาสติกในรูปผงหรือเม็ดพลาสติก ถูกส่งเข้าไปในส่วนป้อนและควบคุมปริมาณ ก่อนที่จะค่อยๆ หลอมเหลวในส่วนที่มีอุณหภูมิต่างๆ กัน แล้วจึงฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ด้วยแรงส่งของลูกสูบหรือเกลียวอัด พลาสติกเหลว (หรือเรียกว่าน้ำพลาสติก) จะไหลเต็มแม่พิมพ์กลายเป็นพลาสติกแข็ง สุดท้ายจึงนำออกจากแม่พิมพ์ เป็นชิ้นงานสำเร็จ

ปริมาณพลาสติกที่ฉีด ขนาดของชิ้นงาน ความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำพลาสติกแลคุณภาพของชิ้นงานฉีดพลาสติก ได้รับการปรับปรุงอย่างมากหลังจาก ค.ศ. 1950 เมื่อมีการนำเครื่องฉีดแบบเกลียวอัตโนมัติมาใช้แทนที่เครื่องฉีดแบบลูกสูบ

งานฉีดพลาสติก จะเกี่ยวข้องกับเครื่องฉีด แม่พิมพ์ เม็ดพลาสติกและชิ้นงาน ต้องใช้ความสามารถอย่างมากในด้านเทคนิค และอาศัยประสบการณ์สูง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและใช้งานได้ดี

ชิ้นงานจะดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับแม่พิมพ์ที่ใช้ฉีด ดังนั้น ผู้ออกแบบแม่พิมพ์และช่างทำแม่พิมพ์ จึงมีความสำคัญต่องานนี้และคุณภาพและความเชื่อถือได้ของแม่พิมพ์ มีผลต่อความสวยงามของชิ้นงานและต้นทุนการผลิตหนังสือเล่มนี้มีส่วนช่วยในการถ่ายทอดความรู้ ทั้งที่เป็นพื้นฐานและที่ได้มีการพัฒนาขึ้นใหม่ ให้แก่ผู้ออกแบบแม่พิมพ์และช่างทำแม่พิมพ์

งานฉีดพลาสติกได้พัฒนาไปอย่างมาก ในเวลา 25 ปีที่ผ่านมา เครื่องฉีดพลาสติกที่มีความแม่นยำสูง เครื่องฉีดแบบเกลียวอัตโนมัติ การนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมเครื่องฉีด เพื่อให้การปรับตั้งและควบคุมตัวแปรในการฉีดพลาสติกเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การผลิตพลาสติกชนิดใหม่และการปรับปรุงคุณสมบัติ ทำให้ฉีดชิ้นงานได้พิถีพิถันความเผื่อที่ละเอียดและโครงสร้างมีคุณภาพสม่ำเสมอ

ปัจจุบันนี้ สามารถฉีดชิ้นงานพลาสติก ซึ่งไม่สามารถฉีดได้เมื่อ 5 ถึง 10 ปีที่แล้ว การฉีดพลาสติกสองสี ชิ้นงานทางวิศวกรรมที่มีพิถีพิถันความเผื่อที่ละเอียดมาก โครงสร้างผลึกสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียว มีคุณสมบัติทนความร้อนสูงและความเสียดทานต่ำ เหล่านี้มีส่วนช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติก

2.2 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก

พลาสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ตามอนุพันธ์และการสังเคราะห์ พลาสติกที่ได้จากธรรมชาติ เช่น fiber (1859) celluloid ประมาณปี ค.ศ. 1870 และ artificial horn (1897) พลาสติกที่ทำจาก cellulose ได้พัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1910 ซึ่งพลาสติกเหล่านี้ยังมีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และเป็นคู่แข่งที่สำคัญของพลาสติกแผ่นบางที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

พลาสติกชนิด thermoses มาก จากการค้นพบของ L.H. Backhand ในปี ค.ศ. 1910 ซึ่งบางที่เรียกว่า Bacdible การผลิตพลาสติกในปัจจุบัน หรือที่เรียกว่า thermoplastic ได้เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1922 โดย H. Staudinger ได้วางรากฐานการผลิตโดยใช้กรรมวิธี polymerization . {PS} (1930) polyvinyl chloride [PVC] (1931) polyethylene {high pressure} [LDPE] (1930) [HDPE] (1953) และ low pressure polyethylene [LLDPE] (1970) ทั้งชนิดที่เป็น Homopolymer Copolymer และพลาสติกผสม มีการใช้กันมากกว่า 60% ของจำนวนพลาสติกทั้งหมด

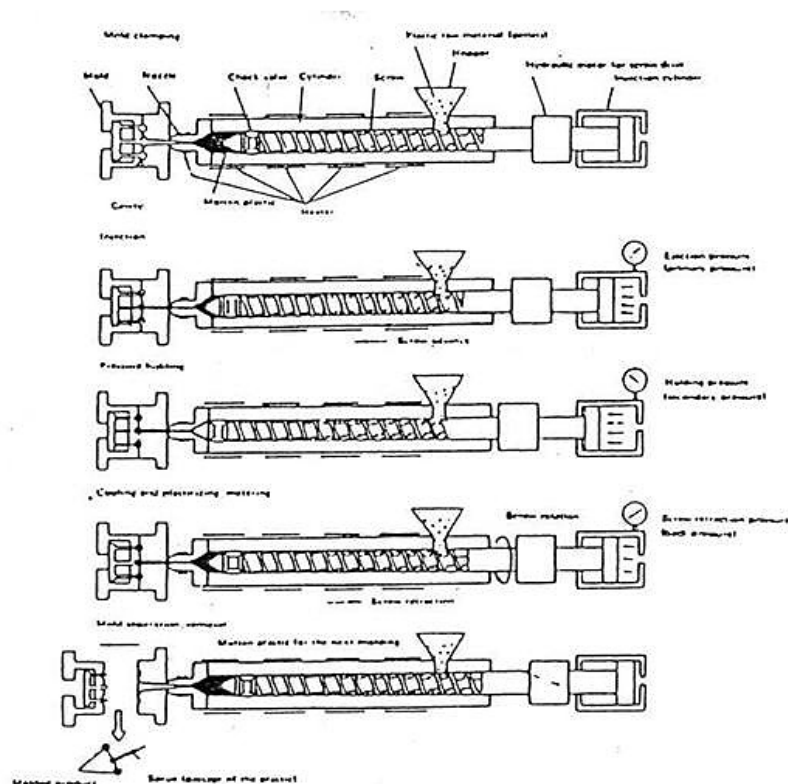
พลาสติกที่ใช้ในงานวิศวกรรม กระบวนการผลิตจะมีความซับซ้อนกว่ากระบวนการผลิตดังกล่าวมาแล้วข้างต้น กระบวนการดังกล่าวคือ polyaddition และ polycondensation เป็นต้น พลาสติกทางวิศวกรรมนี้ สามารถผลิตให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติคล้ายกับ

ยาง หรือคล้ายกับ thermoses หรือ thermoplastics ได้ ตัวอย่างเช่น พลาสติกที่มีชื่อทางการค้า เหล่านี้ Lexan, Noryl (Fenel Electric Plastic). Joplin (Mitsubishi Gas & Chemicals Ind. Co.), Hostadur (HOECHST A.G.), U; tradir (BASF A.G.), Tedur (BAYER) A.G. และอื่นๆ อีก

2.3 กระบวนการฉีดพลาสติก (The Injection Molding Process)

การฉีดพลาสติก คือ การทำให้พลาสติกหลอมละลายด้วยความร้อน จนกระทั่ง กลายเป็นของเหลว แล้วทำการฉีดพลาสติกที่เหลวนั้นเข้าสู่แม่พิมพ์ด้วยความดันสูง หลังจากนั้น พลาสติกจะค่อยๆ เย็นตัว จนกระทั่งกลายเป็นของแข็งมีรูปร่างตามแบบ แม่พิมพ์จะเปิดออก ชิ้นงานก็จะถูกดันออกมา นำไปตกแต่งเป็นชิ้นงานสำเร็จรูป ซึ่งในการกระทุ้งออกมานั้น ทางเข้า (sprue) และทางวิ่ง (runner) ที่เย็นตัวพร้อมๆ กับชิ้นงานก็จะหลุดออกมาด้วยกัน

ในภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการทำงานของกระบวนการฉีดตามขั้นตอนต่างๆ มีดังนี้



(Screw type injection molding machine)

ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการฉีดพลาสติก ด้วยเครื่องฉีดพลาสติกแบบเกลียวอัด
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วดั่ง. (2538). หน้า 3

2.3.1 แม่พิมพ์ปิด (Mold clamping)

การเริ่มต้นของกระบวนการฉีด เริ่มตั้งแต่แม่พิมพ์ปิด โดยอาศัยแรงปิดจากเครื่องฉีดพลาสติกหลังจากตรวจดูแล้วว่าไม่มีสิ่งแปลกปลอมติดค้างอยู่บริเวณผิวหน้าประกบของแม่พิมพ์

2.3.2 ฉีด (Injection)

หลังจากหัวฉีด (Nozzle) และแม่พิมพ์ (Mold) เคลื่อนอยู่ตำแหน่งฉีดแล้ว เกลียวส่งในกระบอกอัดเครื่องฉีดพลาสติก (cylinder) ซึ่งมีพลาสติกหลอมเหลวอยู่ภายใน (ในรูปตามขั้นตอนที่ 4) เกลียวนำส่งจะอัดน้ำพลาสติกที่หลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ จากหัวฉีด (Nozzle) เข้าสู่ทางเข้า (Sprue) และทางวิ่ง (Runner) เข้าสู่แบบชิ้นงาน (Cavity)

2.3.3 การรักษาความดัน (ความดันตาม) (Pressure holding)

ขั้นตอนการคงความดันนั้น เป็นการรักษาความดันฉีดพลาสติกภายในแม่พิมพ์ระยะหนึ่งก่อน ด้วยเกลียวอัด เพื่อชดเชยกับการหดตัวของพลาสติกใน cavity ซึ่งจะเย็นตัวกลายเป็นของแข็ง

2.3.4 การระบายความร้อน (Cooling, Plasticizing and metering)

เมื่อฉีดพลาสติกเต็มแบบ (cavity) พลาสติกจะเริ่มเย็นตัวเป็นของแข็ง ระบบหล่อเย็นจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนออกจากชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวรักษาสภาพรูปทรงได้ จนกระทั่งสามารถนำออกจากแม่พิมพ์ได้ ในส่วนของกระบอกอัด เม็ดพลาสติกในถังบ่อน (hopper) ก็จะไหลลงสู่กระบอกอัด เม็ดพลาสติกจะถูกเกลียวบดและได้รับความร้อนจนหลอมละลาย ค่อยๆ เคลื่อนตัวไปสู่หัวฉีด โดยเกลียวอัดค่อยๆ ดันพลาสติกที่หลอมเหลวไปเรื่อยๆ เพื่อฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ต่อไป

2.3.5 เปิดแม่พิมพ์ (Mold Release and Removal)

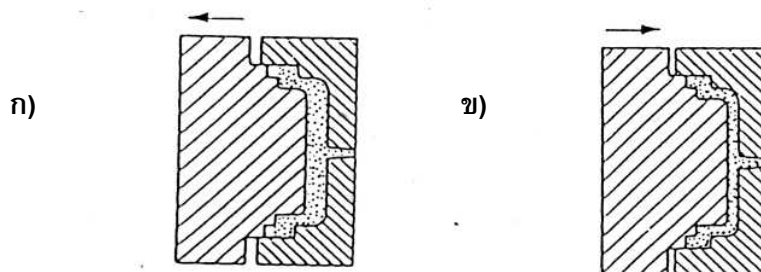
เมื่อชิ้นงานกลายเป็นของแข็งแล้ว แม่พิมพ์ก็จะถูกเปิดออก ชิ้นงานภายในแม่พิมพ์จะถูกตัวกระทุ้ง (Ejector) ดันออกมาข้างนอก ซึ่งในการทำแม่พิมพ์จะออกแบบกลไกตัวกระทุ้ง (Ejector) เอาไว้ภายในตัวด้วย

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ภาพประกอบ 4) ประกอบด้วย ทางเข้าพลาสติก (Sprue) ทางวิ่ง (Runner) และรูนำพลาสติกเข้า (Gate) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของชิ้นงานพลาสติก การฉีดพลาสติกที่เป็นพวกเทอร์โมพลาสติก ชิ้นงานที่เสียหาย เราสามารถนำ sprue หรือ runner ไปบดแล้วกลั่นนำไปใช้ใหม่ได้อีก

แต่อย่างไรก็ตามไม่มีข้อแตกต่างกันมากนัก กับการฉีดขึ้นงานที่มีความหนากรรมวิธีการฉีดแบบนี้ มีในประเทศอังกฤษ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 สำหรับการผลิตถังบรรจุขนาดใหญ่ ที่มีผนังหนา โดยใช้พลาสติกชนิด LDPE ในปัจจุบันนี้ วิธีการนี้ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมการผลิตข้อต่อของท่อ PVC

2.4.2 การฉีดแบบ Injection pressing (The Injection Pressing Method)

ในการฉีดขึ้นงานพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเครื่องฉีดที่ใช้ไม่มีแรงฉีดและแรงประกบแม่พิมพ์เพียงพอ อาจทำได้ด้วยการลดแรงประกบแม่พิมพ์ในตอนแรกของการฉีด และไม่ต้องใช้แรงฉีดสูงมากนัก ในทันทีที่พลาสติกหลอมเหลวถูกฉีดเข้าไปเต็มแม่พิมพ์ แม่พิมพ์จะถูกอัดเข้าด้วยแรงกระแทกอีกครั้งหนึ่ง เทคนิคอันนี้ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ในประเทศเยอรมัน แม่พิมพ์สำหรับใช้กับเครื่องฉีดแล้วอัดนี้ จะมีลักษณะพิเศษ คือ จะต้องมียะเพื่อแม่พิมพ์เอนชิดกันได้และเส้นแบ่งระหว่างแม่พิมพ์ (parting line) จะต้องไม่ชิดกัน



ภาพประกอบ 5 การทำงานของ Injection pressing

ก) ณ รอบการฉีด

ข) ณ รอบการอัด

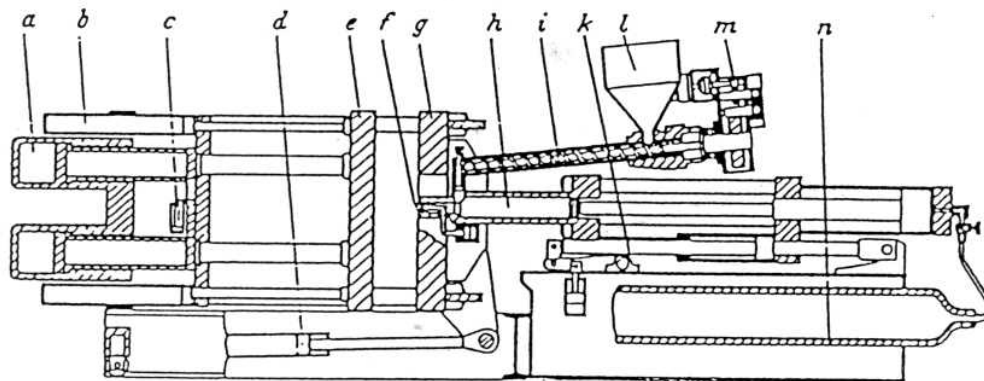
ที่มา : ซาลี ตระการกุล. (2538). หน้า 4.

วิธีการนี้ นอกจากจะใช้กับชิ้นงานที่มีพื้นที่มาก ๆ แล้ว ยังสามารถใช้กับงานทั่วไปและจะทำให้แรงดันประกบบนผิวงาน มีความสม่ำเสมอทั่วกันทั้งชิ้นงาน ทำให้ได้ชิ้นงานที่ไม่มีความเค้น

2.4.3 การฉีดพลาสติกสำหรับเทอร์โมพลาสติกที่ขยายตัวได้ (Injection Moulding of Expandable Thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติกที่ขยายตัวได้ ใช้ในการฉีดพลาสติกครั้งแรกในเยอรมัน ราว ค.ศ. 1960 ส่วนใหญ่มักใช้กับงานที่มีความหนามาก การฉีดขึ้นงานที่มีเนื้อโครงสร้างเป็นลักษณะโฟม (แข็งแรงแรงภายนอก ภายในมีโครงสร้างเป็นลักษณะเหมือนโฟม) เริ่มเป็นที่นิยมใช้กันมากในสหรัฐอเมริกา ใช้ในงานทำเฟอร์นิเจอร์ วิทยุ ตู้ ทีวีและงานอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายๆ กับตัวอย่างดังกล่าว และเป็นที่นิยมใช้กันมากในยุโรป ความหนาที่น้อยที่สุด สำหรับงานเทอร์โมพลาสติกที่มี

โครงสร้างโฟมนี้คือ ประมาณ 4 มิลลิเมตร โดยที่มีผิวแกร่งภายนอกหนาประมาณ 1 – 1.25 มิลลิเมตร ข้อได้เปรียบของการฉีดแบบนี้ คือ สามารถฉีดชิ้นงานที่มีความหนาที่แตกต่างกันได้ โดยไม่เหินรอย ยิ่งไปกว่านั้นเทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างโฟมนี้มีความแข็งแรงกว่าชนิดที่มีโครงสร้างตัน เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นของการฉีดงานชนิดนี้ จะนานกว่าการฉีดพลาสติกที่มีโครงสร้างทั่วๆ ไป



(a) Locking Force Cylinder.	(b) Locking Cylinder.
(c) Locking.	(d) Hydraulics for Reciprocating Locking Unit.
(e) & (g) Platen.	(f) Nozzle Locking.
(h) Accumulator.	(i) Plastifying Unit.
(k) Vertical Adjustment.	(l) Hopper.
(m) Screw Drive.	(n) Compressed Gas Bolle

ภาพประกอบ 6 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกโฟม ปริมาตรช่วงชัก 19,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ที่มา : ซาลี ตระการกุล. (2538). หน้า 5.

แรงดันน้ำพลาสติก 1,100 บาร์ แรงกดอัดแม่พิมพ์ 6,000 N ระยะแม่พิมพ์เปิดสุด 1,200 มิลลิเมตร ขนาดหน้าแปลน 1,900 x 1,900 มิลลิเมตร

2.4.5 การฉีดพลาสติกเทอร์โมเซต (Injection Moulding of Thermoset)

เครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ระบบเกลียวอัดเป็นที่นิยมกันมาก เพราะว่าเครื่องฉีดชนิดนี้ยังเหมาะสมกับการฉีดพลาสติกเทอร์โมเซต ฟีนอล/ฟอร์มาลดีไฮด์ เมลามีน/ฟอร์มาลดีไฮด์ และสารอีลาสโตเมอร์ ดังนั้น จึงทำให้มีการใช้พลาสติกชนิดนี้ ในการฉีดชิ้นงานต่างๆ มากยิ่งขึ้น

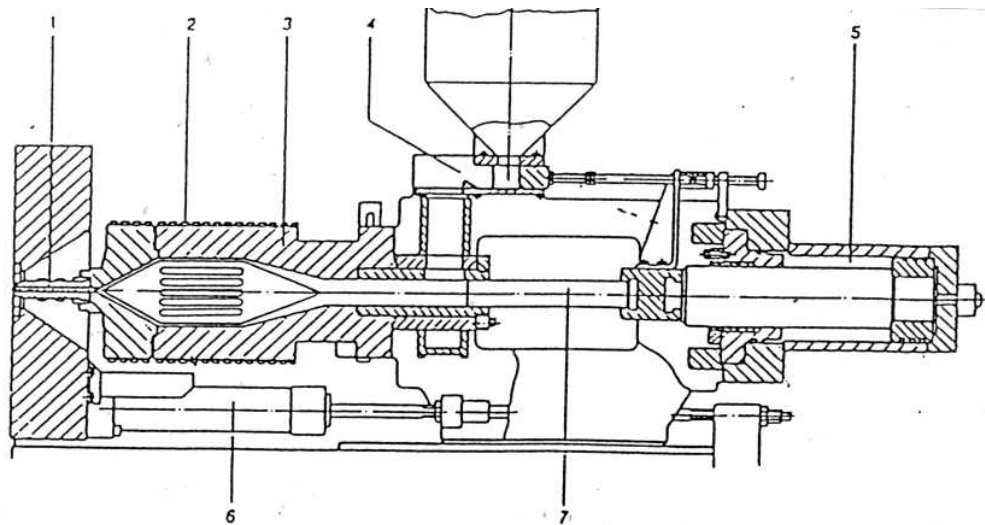
2.5 เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Moulding Machine)

ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ อาศัยหลักการเดียวกันกับเครื่องฉีดในยุคแรกที่เป็นแบบแนวตั้ง ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของอเมริกา คือ ชุดฉีด ชุดประกบและแม่พิมพ์ จะทำงานร่วมกันเป็นหน่วยเดียว หน่วยนี้จะรวมกับชุดขับและชิ้นส่วนเคลื่อนที่ เป็นระบบการทำงานที่สัมพันธ์กัน

2.5.1 ชุดหลอมพลาสติกและชุดฉีดของเครื่องฉีดแบบลูกสูบ (Plunger Type)

ระบบการหลอมพลาสติกและชุดฉีดมักจะอยู่ร่วมกัน ระบบฉีดจะทำหน้าที่หลอมพลาสติกด้วย ในกรณีของเครื่องฉีดชนิดกระบอกอัดพลาสติก ผลหรือเม็ดจะถูกหลอมละลายโดยการนำความร้อนเข้ามาและความร้อนที่เกิดจากการฉีกขาดของพลาสติกในการเคลื่อนที่ของเกลียว ในระบบเกลียวอัดทำให้พลาสติกหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันดีกว่า ยังผลให้คุณภาพของงานพลาสติกที่ฉีดออกมามีคุณภาพสูงขึ้น ในเครื่องฉีดระบบกระบอกอัด ระบบการหลอมละลายและหน่วยฉีดจะรวมเข้าด้วยกันในขณะที่ทำการอัด สำหรับระบบเกลียว พลาสติกจะหลอมละลาย ในขณะที่เกลียวหมุนอยู่และพลาสติกที่หลอมละลายจะถูกอัดไปอยู่บริเวณหัวฉีด ต่อจากนั้นจึงถูกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเกลียวทั้งชุด

2.5.2 เครื่องฉีดพลาสติกแบบลูกสูบ (Plunger Type)



- 1) Heated Nozzle; 2) Cylinder Heating; 3) Cylinder;
 4) Volumetric Metering Device; 5) Hydraulic Cylinder for Injection Unit;
 6) Mould Opening Cylinder; 7) Injection Plunger

ภาพประกอบ 7 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดลูกสูบ

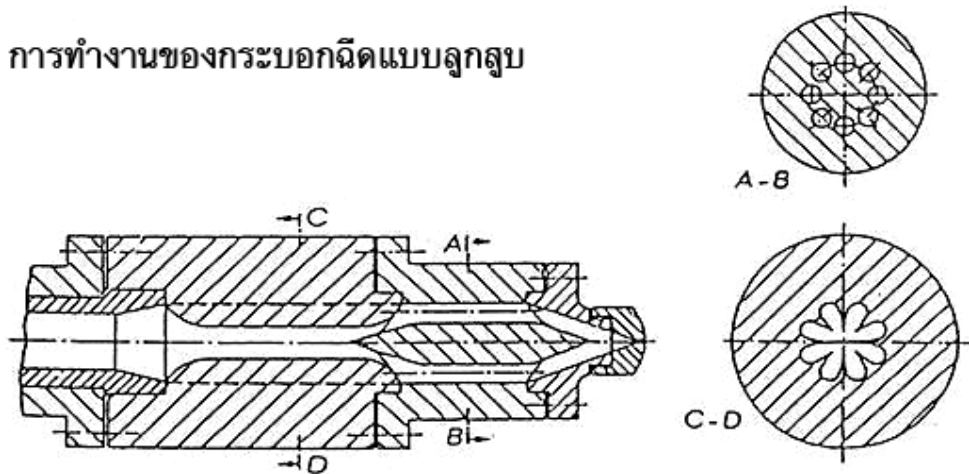
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วดวง. (2538). หน้า 8.

ส่วนที่หลอมพลาสติกในกระบอกฉีดของเครื่องฉีดแบบลูกสูบ พลาสติกจะไหลไปตามกระบอกฉีดและหลอมละลายภายใต้แรงดัน โดยลูกสูบและความร้อนจากไฟฟ้า ด้านในของกระบอกฉีด (บางครั้งก็ใช้ของเหลวช่วยถ่ายเทความร้อน หรือใช้การเหนี่ยวนำ) อุณหภูมิภายนอกถึงศูนย์กลางจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยบางอย่าง คือความหนาของชั้นพลาสติก การนำความร้อน ระดับอุณหภูมิ ความดันและอัตราการหลอมของพลาสติก สำหรับการนำความร้อนค่าหนึ่ง (ห้ามเกินอุณหภูมิสูงสุดเพราะพลาสติกมีขีดจำกัดทางด้านความร้อน) ประสิทธิภาพการหลอมเหลวจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของพลาสติก ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งปริมาณของพลาสติกเหลว โดยใช้ตอร์ปิโด ตอร์ปิโดมีลักษณะเป็นซี่ๆ ดังแสดงไว้ในภาพประกอบ 8 แต่มีข้อเสียคือ พลาสติกส่วนนี้จะเป็นฉนวนและทำให้การนำความร้อนลดลงทุกครั้งที่มีการฉีด พลาสติกส่วนนี้จะปะปนเข้าไปในชิ้นงานจะมองเห็นเป็นเส้นรอยข่วน (dark streaks)

เครื่องฉีดแบบลูกสูบ ยังคงใช้การประกอบชุดตอร์ปิโดเข้ากับช่องพลาสติก ด้วยเกลียวหรือเชื่อมติดการอุ่นเม็ดพลาสติก จะกระทำก่อนที่จะถึงตอร์ปิโด ความสามารถของกระบอกหลอมพลาสติกแบบตอร์ปิโดจึงมีขีดจำกัด เพราะพื้นที่ถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับความจุของ

กระบอกฉีด จึงต้องใช้วิธีการฉีดโดยลูกสูบ จะอัดซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้ง จนกว่าจะเต็มคาวิตี้ แต่ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทก็ยังมียึดจำกัด ปัญหานี้สามารถที่จะแก้ไขโดยเครื่องฉีดพลาสติกแบบ transfer ซึ่งพัฒนาขึ้นในอเมริกา สำหรับการฉีดขนาดใหญ่ เช่น ผนังด้านในตู้เย็น เครื่องแบบนี้มีกระบอกฉีดที่วางเอียง พร้อมด้วยตัวโรบีโต ซึ่งเคลื่อนที่เพื่อหลอมพลาสติกซ้ำๆ กันหลายครั้ง และส่งไปที่กระบอกเพื่อทำการฉีด โดยพลาสติกเหลวเคลื่อนที่ผ่านลูกบอลหรือลิ้นก้นกลับแบบลูกเลื่อน การใช้เกลียวหมุนช่วยหลอมพลาสติกด้วยเกลียว (Extruder) จะวางขนานกับแนวนอน วางเอียงหรือแนวตั้ง ในลักษณะที่สัมพันธ์กับการทำงานของกระบอกฉีดแบบลูกสูบ

การทำงานของกระบอกฉีดแบบลูกสูบ

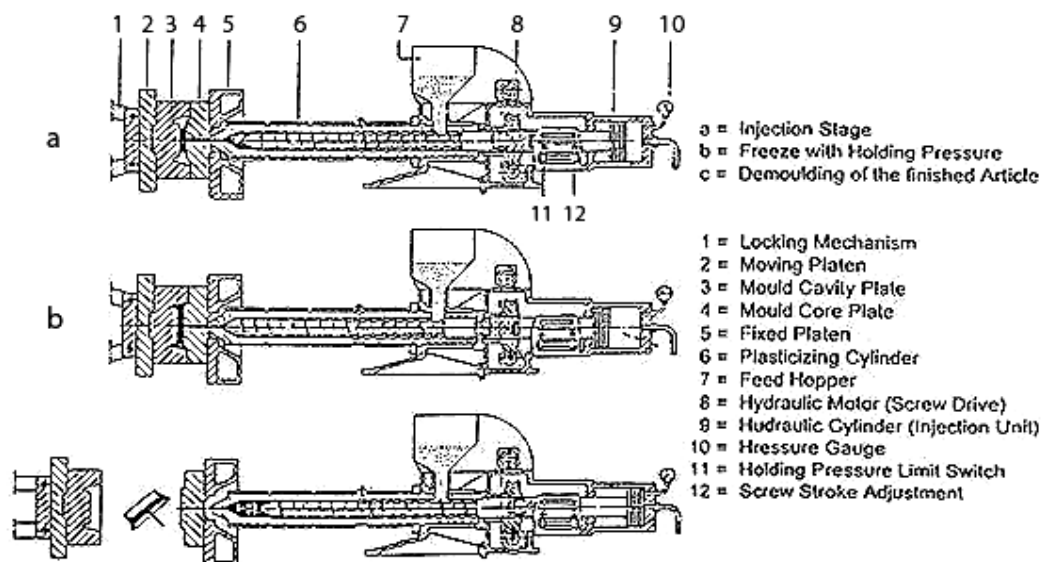


ภาพประกอบ 8 บริเวณกระบอกหลอมพลาสติกที่เป็นซี่หรือหลายครีปพร้อมด้วยตัวโรบีโต
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด่าง. (2538). หน้า 9.

2.5.3 เครื่องฉีดพลาสติกแบบเกลียวอัด (Reciprocating Screw Injection Machine)

เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องฉีดพลาสติกให้สูงขึ้น และปรับปรุงคุณภาพของน้ำพลาสติก จึงมีการพัฒนาให้เกลียวหลอมพลาสติกควบคู่ไปกับการเคลื่อนที่ เช่นเดียวกับลูกสูบที่ใช้ฉีด (เกลียวเลื่อนไปมาได้) หลักการนี้เป็นลิขสิทธิ์ของฝรั่งเศส

ลักษณะการออกแบบคือ ชุดเกลียวจะหมุนและเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนด้วย เครื่องฉีดแบบนี้ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วในยุโรป ในขณะที่ประเทศอเมริกายังลังเลที่จะนำมาใช้ ในปัจจุบันนี้เครื่องฉีดแบบนี้ได้กลายเป็นต้นแบบสำหรับเครื่องฉีดขึ้นงานที่มีขนาดเล็ก จนถึงชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่มาก โดยขนาดใหญ่สุดที่เคยฉีดกันมามีน้ำหนักถึง 25 กิโลกรัม โครงสร้างและการทำงานของชุดเกลียวอัดแสดงในภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 โครงสร้างและการทำงานของเครื่องฉีดแบบเกลียวอัด
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วดั่ง. (2538). หน้า 10.

ในประเทศเยอรมัน เริ่มสร้างเครื่องฉีดแบบนี้ในปี ค.ศ. 1956 ขณะที่ประเทศอังกฤษเริ่มใช้เครื่องฉีดแบบเกลียวอัดที่ชุดฉีดมีเกลียวคู่ เหตุที่เลือกเครื่องฉีดแบบเกลียวคู่ เพราะคิดว่ามีข้อดีคือ สามารถป้องกันการรั่วของน้ำพลาสติกในขณะฉีดได้ดีกว่าแบบเกลียวเดี่ยว

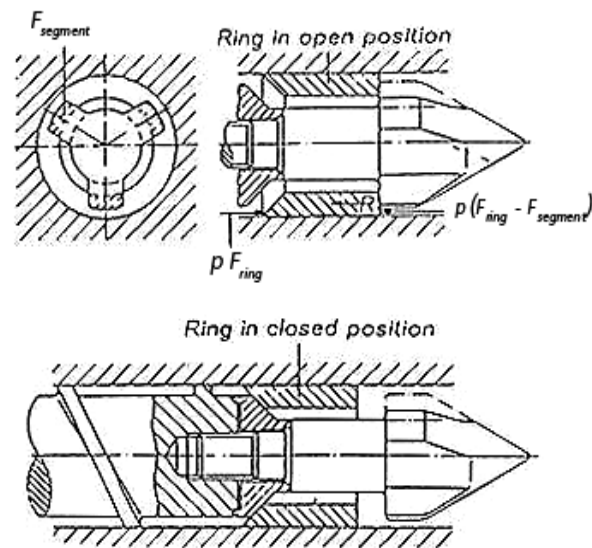
ข้อแตกต่างจากเครื่องฉีดแบบเกลียวเดี่ยวก็คือ เครื่องฉีดแบบเกลียวคู่ไม่สามารถควบคุมน้ำหนักของพลาสติกที่ฉีดและแรงดันฉีดให้มีขนาดต่างๆ โดยการเปลี่ยนกระบอกฉีด เพราะเกลียวที่ขบกันอยู่จะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ระยะระหว่างแกนของเกลียวและระยะพิทช์ที่สัมพันธ์กัน

ในเครื่องฉีดแบบเกลียวเดี่ยว การปรับน้ำหนักพลาสติกที่ฉีดภายในช่วงหนึ่ง โดยแรงดันฉีดคงที่ ทำได้ด้วยการปรับระยะเคลื่อนอัดของเกลียว หากน้ำหนักที่ฉีดนอกเหนือจากนี้ ก็อาจเปลี่ยนกระบอกหลอมพลาสติกทั้งชุดให้ฉีดได้ปริมาณมากขึ้นหรือน้อยลง วิธีนี้จะทำให้แรงดันฉีดและความเร็วในการฉีดเปลี่ยนไปด้วย

โดยการใช้วาล์วที่ป้องกันการไหลกลับในระบบเกลียวเดี่ยว (single screw) ก็สามารทำให้แน่นและป้องกันการซึมได้ดีกว่าของระบบเกลียวคู่ (twin screw) เพราะเหตุว่าการใช้วาล์วที่ป้องกันการไหลกลับ ในระบบเกลียวคู่ นั้นยากต่อการสร้าง ในภาพประกอบ 10 แสดงให้เห็นว่า วงแหวนของวาล์วที่ป้องกันการไหลกลับจะปิดให้ทันที

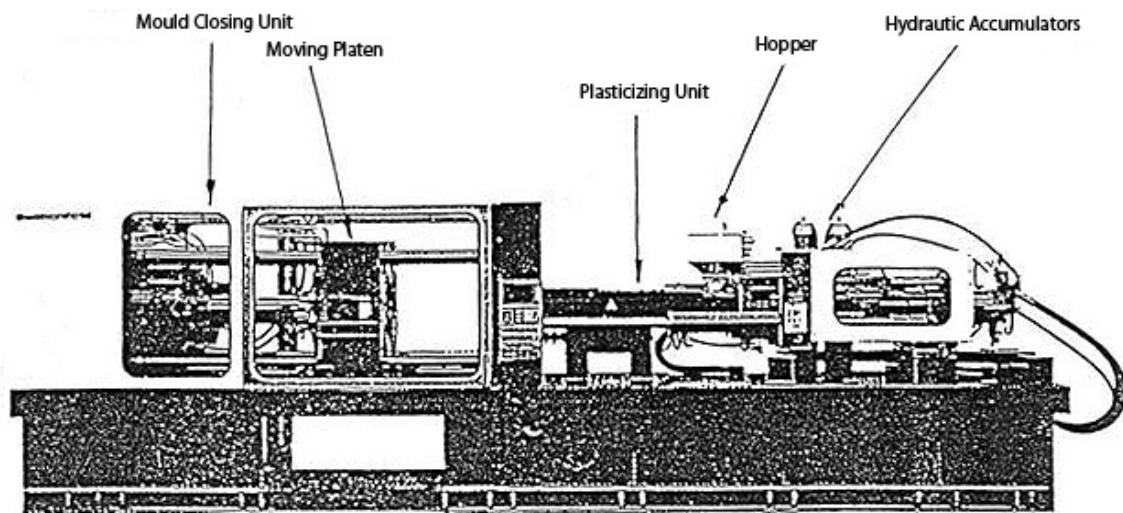
$$- P \times (F_{\text{ring}} - F_{\text{segment}}) + R > P \times F_{\text{ring}}$$

$$- R = \text{แรงเสียดทานระหว่างแหวนกับกระบอกฉีด}$$



ภาพประกอบ 10 วาล์วป้องกันการไหลกลับในเครื่องฉีดแบบเกลียว
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด่าง. (2538). หน้า 11.

2.5.4 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดพิเศษ (Special Purpose Injection Moulding Machines)



ภาพประกอบ 11 เครื่องฉีดพลาสติกในยุคปัจจุบัน
ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2546). หน้า 21.

เครื่องฉีดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับการฉีด Thermoplastic ที่มีส่วนผสมของ Blowing Agents หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า การฉีดโฟมเป็นแบบที่ใช้ฉีด Thermoplastic ที่มี Blowing Agents โดยวิธีผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

ลักษณะพิเศษของเครื่องฉีดชนิดนี้ก็คือ ชุดฉีดจะมีชุดรวบรวมน้ำพลาสติก ระบบนี้จะควบคุมการหลอมละลายของน้ำพลาสติกได้อย่างถูกต้อง และน้ำพลาสติกหลอมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี อีกทั้งความยาวที่งานของเกลียว จะคงที่ตลอดเวลาของการส่งน้ำพลาสติก (เกลียวจะไม่มี การเลื่อนไปมาดังเช่นเครื่องฉีดทั่วไป) พลาสติกจะถูกอัดเข้าไปในชุดรวบรวมน้ำพลาสติก (ภาพประกอบ 11) ซึ่งต่อถึงแม่พิมพ์ โดยผ่านทางรูของ Needle Shut – Off Valve ที่ควบคุมด้วย Hydraulic วาล์ว ที่มีรูกว้างกับระบบไฮดรอลิกส์ที่ได้ขนาด จะทำให้เวลาในการฉีดลดลงได้

เครื่องฉีดแรงดันต่ำจะใช้กับชิ้นงานหนา ที่มีความหนาดั้งแต่ 5 มิลลิเมตร ขึ้นไป พลาสติกที่เหมาะสมกับการฉีดโฟมคือ PS, ABS, PE, PP, PA, EVA, PPO, PC เครื่องฉีดแบบพิเศษ ดังกล่าวมาแล้วนี้จะมีประภแม่พิมพ์เพียง 40 – 50 % ของเครื่องฉีดแรงดันสูงที่มีขนาดหน้าแปลน เท่ากัน

เครื่องฉีดแรงดันสูง ใช้ฉีดเทอร์โมพลาสติกซึ่งไหลตัวยากและชิ้นงานที่หนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร โครงสร้างของชุดฉีดที่มีชุดรวบรวมน้ำพลาสติกยังช่วยในการเตรียมน้ำพลาสติกสำหรับการฉีดโฟมให้เป็นไปได้ดีอีกด้วยกับการฉีดโฟมที่รู้จักกันดีคือ

2.5.4.1 การฉีดโดยใช้แรงดันต่ำ

2.5.4.2 การฉีดโดยมีแรงดันสวนจากก๊าซ

Blowing agents สามารถที่จะทำได้ทั้งแบบเคมีหรือฟิสิกส์ Blowing agents แบบเคมีจะผสมกับเม็ดพลาสติกก่อนเทลงใน Hopper หรือใส่ลงใน Throat ในลักษณะเป็นผง แป้งเปียก หรือเหลว โดยทั่วไปจะใช้ Blowing agents แบบเคมี เพราะงานฉีดส่วนมากจะมีคุณภาพนอกจากเติม Blowing agents ลงไปในพลาสติกแล้ว ในทางปฏิบัติยังใช้การฉีด Blowing agents แบบฟิสิกส์เข้าไปที่เกลียวภายในกระบอกฉีด Blowing agents นี้ อาจเป็นก๊าซ เช่น ไนโตรเจน หรือของเหลว เช่น Fluorinated Hydrocarbons โดยใส่ในปริมาณพอเหมาะและผสมกับน้ำพลาสติก ไนโตรเจนจะใช้ได้ดี โดยเฉพาะกับการฉีดชิ้นงานที่บาง

ชุดสำหรับเติมก๊าซไนโตรเจน ประกอบด้วยเครื่องอัดอากาศ เกลียวที่มีรูปร่างและความยาวพิเศษหัวฉีด อุปกรณ์วัดปริมาณ ชุดควบคุมด้วยไฮดรอลิกส์และไฟฟ้า

ข้อดีของการเติมก๊าซไนโตรเจน ใช้ได้ดีกับการฉีดชิ้นงานที่บางมาก แต่สำหรับชิ้นงานที่หนาแล้ว การเติมก๊าซด้วยวิธีเคมีหรือ Blowing agents จะดีกว่า

การฉีดชิ้นงานที่มีโครงสร้างเป็นโฟม สามารถใช้เครื่องฉีดพลาสติกทั่วไปได้ โดยติดตั้งอุปกรณ์ สำหรับน้ำพลาสติกเข้ากับ Blowing agents ข้อดีของเครื่องฉีดแบบนี้ก็คือ ใช้ฉีดได้ทั้งโครงสร้างโฟมและโครงสร้างตัน

2.5.5 เครื่องฉีดพลาสติกแบบ CNC (CNC Controlled Injection Molding Machine)

2.5.5.1 เครื่องฉีดพลาสติกแบบใหม่ จะมีการติดตั้งชุดควบคุม Computer

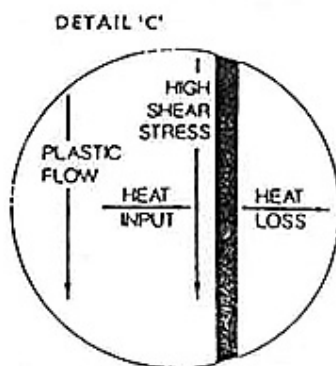
Numerical Control (CNC) ด้วย คอมพิวเตอร์จะควบคุมและตรวจสอบตัวแปรสำหรับฉีดพลาสติกชนิดต่างๆ ค่าตัวแปรเฉพาะของพลาสติกและชิ้นงานแต่ละชนิด สามารถเก็บไว้เพื่อใช้สำหรับการปรับตั้งเครื่องฉีด เมื่อต้องการจะฉีดชิ้นงานนั้นอีก เครื่องคอมพิวเตอร์อาจประกอบรวมเข้ากับเครื่องฉีดหรือแยกเป็นชุดก็ได้ แสดงชุดคอมพิวเตอร์แยกต่างหาก ทั้งคอมพิวเตอร์ในตัวและแยกต่างหาก จะขึ้นอยู่กับขนาดและแบบของเครื่องฉีด หรือแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิตรูปแบบการไหลนี้เรียกว่าการไหลแบบลูกโป่งหรือแบบน้ำพุ (Fountain Effect or Bubble flow) เพราะหน้าการไหลคล้ายลูกโป่งที่กำลังพองตัวออกจากพลาสติกที่ร้อนดันตรงกลาง ชั้นพลาสติกที่แข็งตัวเกิดจากการพองตัวออกนี้ และมีความเค้นเฉือนต่ำ จึงมีระดับ Orientation ต่ำค้างอยู่ได้อีก หากจะพิจารณาจุดที่เริ่มต้นทางการไหล พลาสติกร้อนจะไหลอย่างต่อเนื่องเข้าสู่ควิตี้ โดยเฉพาะ ขณะผ่านเกจที่เล็ก และเกิดความร้อนเพิ่มขึ้นจากการไหลเสียดทาน ระหว่างน้ำพลาสติกกับผิวควิตี้ ในช่วงแคบๆ ขณะเดียวกัน ความร้อนสูญเสียไปทางชั้นพลาสติกแข็งสู่แม่พิมพ์ที่เย็นกว่า จึงเป็นการชดเชยความร้อนต่อกัน ในช่วงเริ่มต้นชั้นพลาสติกแข็งที่มีความบางมาก ความร้อนจึงถ่ายเทออกอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ชั้นแข็งของพลาสติกมีความหนาเพิ่มขึ้น จนทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง หลังจากผ่านไประยะหนึ่งแล้ว ชั้นพลาสติกแข็งจะมีความหนาคงที่ การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำพลาสติกกับแม่พิมพ์ จะเหลือเพียงการสูญเสีย ด้วยวิธีการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งจะเท่ากับความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการเสียดสีระหว่างน้ำพลาสติกกับผิวแม่พิมพ์ทำให้เกิดความสมดุลทางความร้อนขึ้น

2.5.5.2 ช่วงเพิ่มแรงดัน เป็นช่วงที่น้ำพลาสติกเติมแม่พิมพ์ ทำให้ความดันในแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เกลียวของกระบอกสูบจะเคลื่อนที่ช้าลง แต่เคลื่อนที่ไปได้ เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่สามารถอัดตัวได้ ความดันจะเพิ่มถึงสูงสุดของแรงฉีด (Injection Pressure) โดยทั่วไปแล้วจะสามารถจะอัดตัวได้อีก 15 % การอัดตัวพลาสติกเราสามารถพิสูจน์ได้ โดยกันหัวฉีดไว้แล้วกดปุ่มฉีดพลาสติกเมื่อให้แรงดันเกลียวจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่จะสปริงกลับเมื่อปล่อยแรงดัน ซึ่งไม่เหมือนกับน้ำที่อัดตัวไม่ได้ แต่น้ำพลาสติกจะคล้ายกับแก๊ส

2.5.5.3 ช่วงฉีดชดเชย ช่วงการฉีดชดเชยนั้นจะต่อหลังจากช่วงเพิ่มแรงดัน ช่วงนี้เกิดจากพลาสติกที่ไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ จะเริ่มเย็นตัว และหดตัวด้วย จึงจำเป็นต้องมีเนื้อพลาสติกมาเสริมแทนที่ส่วนที่หดตัวไป เพราะฉะนั้นในการฉีดจำเป็นต้องคงความดันฉีดไปช่วงหนึ่ง จนกว่าการเย็นตัวของพลาสติกจะถึงจุดที่ไม่สามารถอัดเข้าไปได้แล้ว โดยทั่วไป ตัวกำหนดเวลาจุดนี้ ก็คือ การเย็นตัวของเกจนั่นเอง ช่วงการฉีดชดเชยนี้จะเติมน้ำพลาสติกเข้าไปประมาณ 25 % ของการฉีด Shot หนึ่ง ซึ่งจะเห็นได้จากชิ้นงานที่ฉีดไม่เต็ม ส่วนปลายไหลของพลาสติกจะหดตัวมากและจะเห็นความแตกต่างระหว่างปริมาตรของชิ้นงานกับปริมาตรของควิตี้ที่หดตัวนี้จะถูกฉีดชดเชย จะเห็นว่า ปริมาตรที่ฉีดเพิ่มเพียง 15 % ในช่วงเพิ่มแรงดันไม่เพียงพอที่จะชดเชยปริมาตรที่หดตัวไป 25 % จึงต้องมีการฉีดชดเชย

2.6 รูปแบบการไหลในขณะฉีด

ในขณะฉีดพลาสติกโดยทั่วไปช่างฉีดจะไม่ค่อยสนใจรูปแบบการไหล ไม่ได้มองลึกไปถึงรายละเอียดของการไหลมากนัก ทำให้ไม่สามารถจะวิเคราะห์รายละเอียดวิธีการไหลเข้าสู่ควิต์ได้อย่างไรอาจเป็นเพราะเราไม่สามารถมองเห็นพลาสติกขณะที่ไหลในแม่พิมพ์ได้ จึงไม่ค่อยตรวจสอบจุดนี้มากนัก แต่ถ้าใช้คอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์การไหลก็จะมองเห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น วิธีการทดลองในการฉีดพลาสติกโดยการใช้พลาสติกสองสี เติมเม็ดพลาสติกสีแดงในจำนวนเล็กน้อยลงไปในการบอกลดที่ว่างแล้วตามด้วยพลาสติกสีเขียวหรือเม็ดต่างสีกัน แล้วทำการฉีดพลาสติกตามปกติ น้ำพลาสติกจะไหลจากหัวฉีดจนเต็ม Sprue และ Runner แล้วเข้าสู่ควิต์ รูปแบบ บริเวณส่วนหน้า หรือหัวไหลจะเป็นรูปลูกโป่ง ผิวของพลาสติกส่วนนี้จะสัมผัสกับผิวแม่พิมพ์ที่เย็นตัวกว่าจะกลางเป็นของแข็งอย่างรวดเร็ว ถ้าหากเส้นทางที่ยาวมาก หน้าไหลนี้จะเย็นตัวและแข็งตัวกลายเป็นรูปทรงกลมและหมุนไปเรื่อยๆ ตามแรง ที่ฉีดมาเรื่อยๆ แต่ถ้ายังไม่เย็นตัวมากนัก ที่แกนกลางก็ยังหลอมเหลวอยู่ พลาสติก ที่ฉีดมาเรื่อยๆ แต่ถ้ายังไม่เย็นตัวมากนัก ที่แกนกลางก็ยังหลอมเหลวอยู่ พลาสติกที่ฉีดตามเข้าไปจะไหลเข้าไปตามแกนกลางของแกนรูปลูกโป่งนี้และไล่พลาสติกที่เย็นตัวให้ไปประกบกับผิวข้างควิต์ แล้วกลายเป็นหน้าไหลใหม่อีกอย่างนี้เรื่อยๆ ส่วนที่ไหลออกไปข้างนอกประกบกับผิวของควิต์ก็จะกลายเป็นผิวแข็งนี้ก็จะกลายเป็นฉนวนความร้อนที่กั้นอุณหภูมิระหว่างแกนกลางที่กำลังหลอมเหลวอยู่อย่างยาวนานขึ้น พลาสติกที่ฉีดเพิ่มเข้าไปก็จะไหลไปตามแกนกลางที่กำลังหลอมเหลวอยู่อย่างยาวนานขึ้น พลาสติกที่ฉีดเพิ่มเข้าไปก็จะไหลไปตามแกนกลางเหล่านี้ตลอดไป

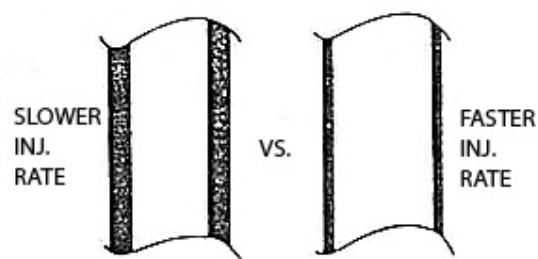


ภาพประกอบ 12 การไหลของพลาสติก

ที่มา : สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 19.

ส่วนความหนาของชั้นพลาสติกที่แข็งตัวระหว่างผิวควิต์กับแกนของพลาสติก ที่หลอมเหลวอยู่จะมีความแตกต่างกัน ถ้าอัตราการฉีดเข้าการไหลจะทำให้เกิดความร้อน จากการเติมเข้ามาของพลาสติกและความเสียดทานต่ำ การสูญเสียความร้อนจะมีเท่าเดิม เมื่อได้รับความร้อนน้อย

ชั้นพลาสติกจะแข็งและหนาขึ้น แต่ถ้าอัตราการฉีดเร็วจะได้รับความร้อนจากพลาสติกที่ไหลตามมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ชั้นพลาสติกบางขึ้น แต่ก็อยู่ในขีดจำกัดด้วยเหมือนกัน ถ้าน้ำพลาสติกแลแม่พิมพ์มีอุณหภูมิสูง จะทำให้ความหนาของชั้นพลาสติกแข็งได้ ซึ่งวิธีการนี้สามารถที่จะทดสอบได้โดยใช้การฉีดพลาสติกสองสี



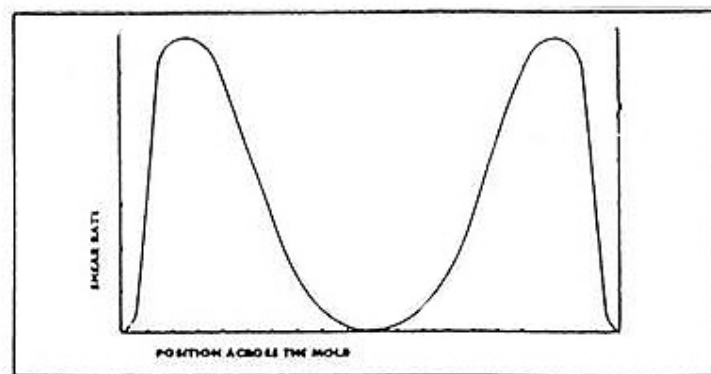
ภาพประกอบ 13 สภาพการไหลของพลาสติก

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 20.

2.7 ความเค้นเฉือนจากการไหล (Flow Shear Stress)

ในการไหลของพลาสติก มักจะเกิดความสับสนกับระหว่างระดับ ความเค้น Orientation ของพลาสติก ขณะพลาสติกไหลก็จะเกิดความเค้นเฉือน จากการไหลของเหลวชนิดอื่นก็เหมือนกัน ขณะเกิดการไหลก็จะเกิดความเค้นเฉือน จากการเคลื่อนไหวของโมเลกุลพลาสติก เรียกว่าความเค้นเฉือนจากการไหลความเค้นนี้จะทำให้พลาสติกเกิด Orientation คือ ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ วางแนวไปในทิศทางการไหลความเค้นเฉือนการไหลภายในแม่พิมพ์ฉีด จะแปรค่าสูงสุดที่ด้านนอกที่ติดกับผิวแม่พิมพ์และลดลงจนกลายเป็นศูนย์ที่กึ่งกลางของเส้นทางการไหล

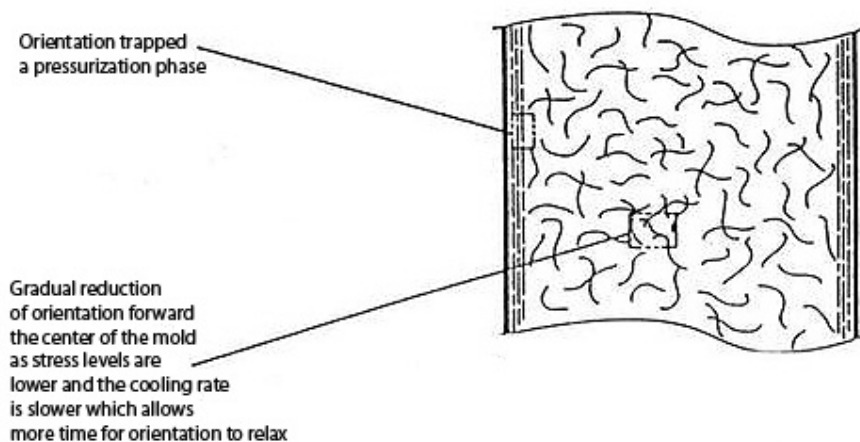
หมายเหตุ ความเค้นเฉือน คือ แรงต่อพื้นที่สัมผัสในเนื้อพลาสติกที่ไหล อย่าสับสนกับอัตราเฉือน ซึ่งเป็นอัตราการเฉือนของชั้นพลาสติกบนชั้นถัดไป อัตราเฉือนเป็นศูนย์ที่ด้านนอกสุด ที่พลาสติกแข็งตัวและเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดระหว่างส่วนของเหลวที่ไหลกับส่วนที่แข็งยึดอยู่กับที่และลดลงที่กึ่งกลาง



ภาพประกอบ 14 อัตราเฉือนของน้ำพลาสติก (Shear Rate)

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 22.

ถ้าพลาสติกหยุดไหลและปล่อยให้พลาสติกค่อยๆ เย็นตัวอย่างช้าๆ จะมีเวลาให้ Orientation เกิดการคลาย ทำให้ Orientation เหลือค้างอยู่ในระดับต่ำ ตรงกันข้าม ถ้าพลาสติกมีความเย็นและพลาสติกเย็นตัวแข็งทันที (Hard Cooling) Orientation และความเย็น ก็จะเหลือตกค้างอยู่ในพลาสติกเกือบทั้งหมด ดังภาพประกอบที่ 15



ภาพประกอบ 15 ความเค้นเฉือน

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 29.

เมื่อพิจารณา Orientation จากผิวแม่พิมพ์จนกระทั่งถึงกลางของการไหล น้ำพลาสติกชั้นที่เป็นพลาสติกแข็งจะเกิดความเค้นเฉือนต่ำ จึงมี Orientation น้อย ชั้นพลาสติกที่อยู่ถัดจากชั้นพลาสติกแข็งในส่วนที่ติดกันกับส่วนที่เหลว จะเกิดความเค้นเฉือนสูงสุดและจะกลายเป็นพลาสติกแข็งทันทีที่หยุดไหล Orientation เกือบทั้งหมดจึงค้างอยู่ถัดเข้าไปอีกจนถึงถึงกลางความเค้นเฉือน

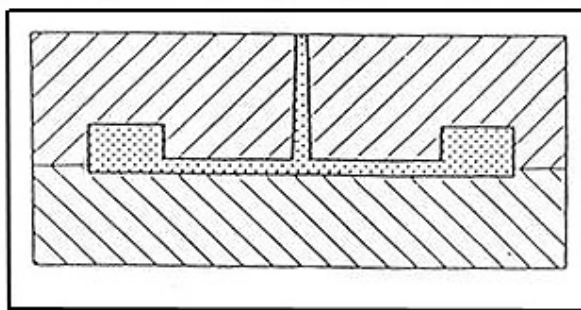
จะลดลงและอัตราการเย็นตัวจะต่ำลงมาก ทำให้มีเวลามากกว่าสำหรับการคลาย Orientation ดังนั้น Orientation ที่ค้างอยู่จึงลดลงมาจนกระทั่งถึงกึ่งกลาง รูปแบบของ Orientation จะมีผลต่อระดับความเค้นตกค้าง พลาสติกที่มี Orientation มากมักจะหดตัวมากกว่าพลาสติก ที่มี Orientation น้อย ที่ผิวในของชั้นพลาสติกแข็ง พลาสติกที่มี Orientation ที่ต่ำกว่า ชั้นพลาสติกแข็ง จะเกิดสภาพถูกดึงจากชั้นพลาสติกที่ Orientation นี้ ก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเค้นตกค้างและก็เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดการโค้งงอหรือบิดตัวของชิ้นงานพลาสติก

2.8 ช่วงเพิ่มแรงดัน (The pressurization Phase)

การไหลของพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ในช่วงเพิ่มแรงดัน คล้ายกับช่วยฉีดเต็มแม่พิมพ์แต่อัตราการไหลจะลดลงมา ขณะที่แรงดันภายในแม่พิมพ์จะสูงขึ้น ทำให้ชั้นพลาสติกแข็งหนาขึ้น

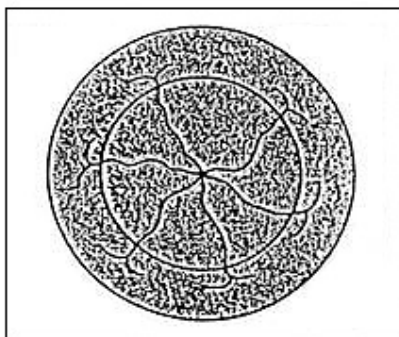
2.9 ช่วงฉีดชดเชย (The Compensating Phase)

การไหลในช่วงนี้จะไม่แน่นอน พิจารณาการฉีดรูปจานในภาพประกอบ 16 จากภาพประกอบ ถ้าลองพิจารณาว่าพลาสติกน่าจะไหลไปถึงบริเวณที่ขอบหนาอย่างสม่ำเสมอ โดยผ่านส่วนบาง แต่ในทางปฏิบัติถ้านำมาพิจารณาให้ดีแล้ว พลาสติก จะไหลแตกแขนงคล้ายแม่น้ำ (ภาพประกอบ 17) ซึ่งพลาสติกที่ไหลจะแบ่งเป็นกลุ่มก้อนเชกเตอร์ของวงกลม ไม่ได้ราบเรียบสม่ำเสมอตามแนวรัศมีอย่างคลื่นน้ำ คล้ายรอย Melt line ขนาดเล็ก อันเกิดจากความแตกต่างของ Pressure ภายในส่วนชิ้นงานพลาสติกและผลจะตามมาในเรื่องของการชดเชยการหดตัว



ภาพประกอบ 16 การชดเชยการหดตัว (ภาพตัดขวาง)

ที่มา : สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 34.



ภาพประกอบ 17 การชดเชยการหดตัว

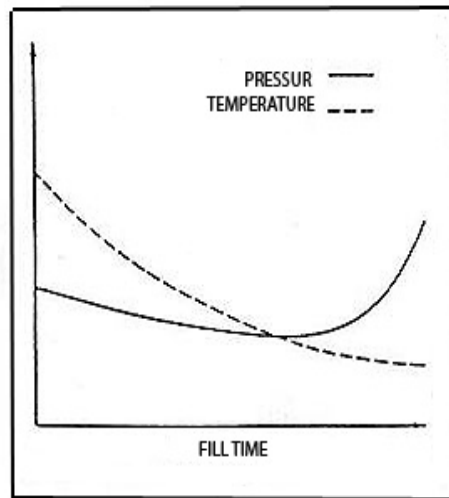
ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 39.

2.10 ผลของสภาพการฉีดพลาสติก (Effect of Molding Condition)

สภาพการฉีด (Molding Condition) เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการฉีดพลาสติกจะส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานโดยตรงเสมอ ซึ่งสภาพการฉีดนี้ ผู้ควบคุมการฉีดเป็นผู้รับรู้และต้องรู้ผลกระทบต่อนอกจากสภาพการฉีดนี้ด้วยเสมอ ตัวแปรเหล่านี้ คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์, อุณหภูมิพลาสติก, เวลาฉีด, ความเร็วในการฉีดและความดันต่างๆ

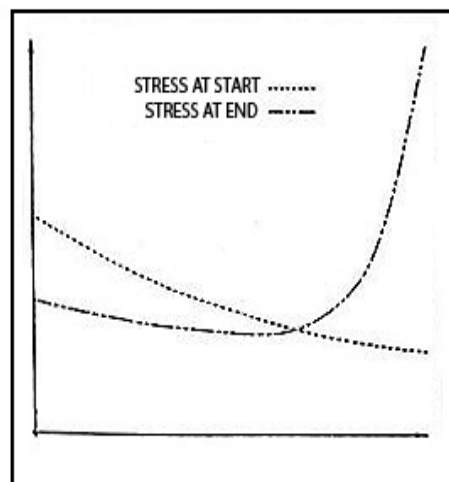
2.11 อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature)

การเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์มีผลคล้ายกับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำพลาสติก เพียงแต่ไม่มผลกระทบต่อแรงดันและระดับความเค้นจะน้อยกว่า นอกจากว่าอุณหภูมิแม่พิมพ์จะสูงจนใกล้ถึงอุณหภูมิที่พลาสติกเริ่มแข็งตัว แต่ผลต่อเวลาในการหล่อเย็น จะยาวนานขึ้นมาก กับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำพลาสติกข้อดีของการเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ คือ ใช้อัตราการฉีดอย่างช้าๆ ได้โดยไม่ทำให้พลาสติกเย็นตัวเร็วเกินไป



ภาพประกอบ 18 อุณหภูมิในระบบหล่อเย็น

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 41.



ภาพประกอบ 19 ความเค้นในระบบหล่อเย็น

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 46.

2.12 เวลาที่ใช้ในการฉีด (Fill Time)

ในภาพประกอบ 19 แสดงผลของอัตราฉีดในอัตราต่างๆ ที่มีผลต่อแรงดันฉีด เต็มเป็นความต้องการที่มีความขัดแย้งต่อกัน คือ ถ้าหากอัตราการฉีดที่สูงมาก ก็จะเกิดอัตราการตัดเงื่อนไขภายในที่สูงเช่นกัน จึงต้องใช้แรงฉีดที่สูงขึ้นไปอีกจึงจะเต็ม คาวีดี ถ้าอัตราการฉีดลดลงจะเกิดการเงื่อนไขที่ต่ำกว่า แต่จะสูญเสียความร้อน ที่มากกว่าทำให้อุณหภูมิในน้ำพลาสติกต่ำลง ความหนืดเพิ่มขึ้นเวลาฉีดนั้นจำเป็น ต้องใช้แรงดันสูงกว่าปกติ เพื่อต้องจำกัดความเร็วให้พอเหมาะ เมื่อแรงดัน

ในการฉีดสูง อัตราการไหลจะสูงด้วย ถ้าเวลาฉีดนาน จำเป็นต้องใช้แรงดันสูงขึ้นอีก เพราะน้ำพลาสติกที่ปลายทางไหลมีอุณหภูมิต่ำเกินไประหว่างสองจุดนี้จะมีช่วงพอดี ถ้าจะอธิบายทั่วๆ ไป การควบคุมตัวแปรเหล่านี้ คือ การทำงานต้องมีปัจจัยคือ ความเร็ว เวลา อุณหภูมิและความดันเป็นตัวควบคุมให้ได้ทุกอย่างสมดุลย์ เหมาะสมกับชิ้นงานให้ชิ้นงานออกมาที่มีคุณภาพมากที่สุด

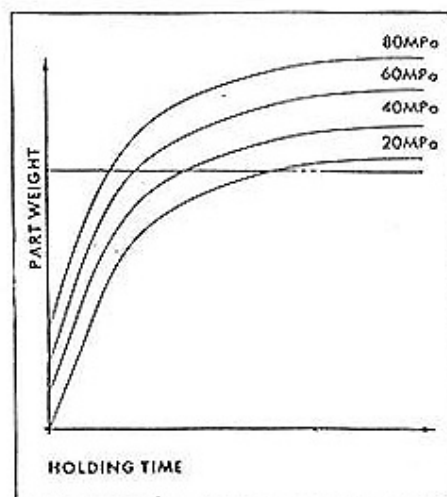
2.13 การแปรเปลี่ยนความเค้น (Stress Varies)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเค้นนั้น สามารถที่จะพิจารณาได้ในช่วงของการไหลว่า ช่วงนั้นเป็นช่วงของการเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของการไหลเพราะ ความเค้นนั้นจะเกิดเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเวลาเป็นตัว แรงดันในการฉีดด้วย

เมื่อเริ่มต้นการไหล ความร้อนยังไม่สูญเสียไปมากนัก ความเค้นภายใน จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล นั่นคือ ถ้าน้ำพลาสติกไหลเข้าระดับความเค้นภายในจะต่ำ ส่วนที่ปลายทางไหล จะความขัดแย้งความเค้นที่เกิดขึ้นในเส้นทางการไหล ระหว่างอัตราการฉีดที่สูงอันเกิดจากน้ำพลาสติกที่ฉีดมาในช่วงเวลาสั้น กับอัตราการฉีดที่ฉีดมาเป็นเวลานานและอุณหภูมิต่ำ

2.14 การรักษาแรงดันตามและช่วงเวลาที่ให้แรงดัน

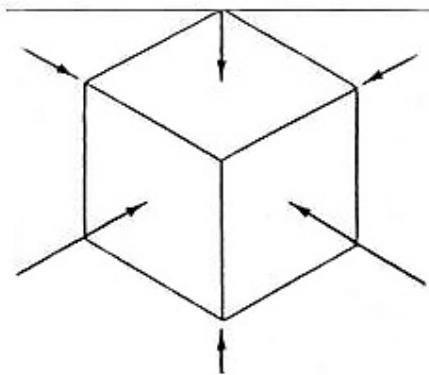
การทดลองในเรื่องการรักษาแรงดัน (Holding Pressure) และเวลาที่ใช้นั้น โดยการใช้เครื่องฉีดพลาสติกที่มีตัวควบคุมการฉีดเติมเป็นหลัก หลังจากนั้นก็ให้ การควบคุมช่วงฉีดเติมคงที่ตลอดและปรับเปลี่ยนแรงดันตามและเวลาการรักษา แรงดันในระดับต่างๆ นำผลของชิ้นงานที่ได้ไปวิเคราะห์สรุปผลชิ้นงานที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่ฉีดด้วยแรงดันตาม (Holding Pressure) และเวลา Holding Time ที่แตกต่างกัน คือ บางชิ้นฉีดด้วยแรงดันความถี่สูงและใช้เวลาสั้นๆ บางชิ้นก็ใช้ Holding Pressure ต่ำ Holding Time เวลานาน



ภาพประกอบ 20 การรักษาแรงดัน

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 51.

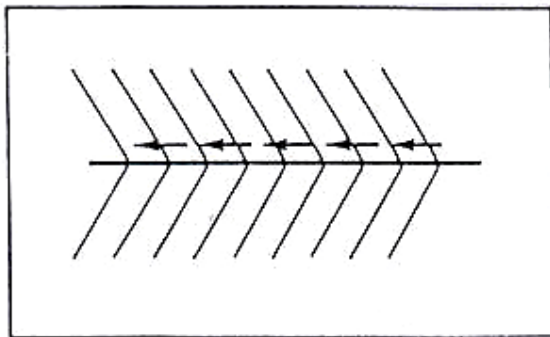
สรุปได้ว่าการทดลองกระบวนการนี้ แรงดัน Hydrostatic หรือแรงดันโดยรอบ ไม่ทำให้เกิดความเค้น ถ้าวางพลาสติกชิ้นหนึ่งในถังอัดความดันและส่งแรงดันกระทำต่อชิ้นพลาสติกนั้น แรงดันโดยรอบจะไม่ทำให้เกิดความเค้นภายในต่อชิ้นงาน



ภาพประกอบ 21 สภาพความเค้นชิ้นงานพลาสติก

ที่มา : สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 57.

สาเหตุของความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานพลาสติก คือ การไหลพลาสติก ขณะกำลังแข็งตัว มีการเคลื่อนตัวขณะที่เริ่มจับตัวกันภายในโครงสร้างเนื้อพลาสติก เมื่อมีแรงมากระทำขณะแข็งตัวและเปลี่ยนแรงกระทำนั้นกลายเป็นความเค้นทันที สภาพเช่นนี้จะเกิดขึ้นระหว่างช่วงให้แรงดันตาม หรือช่วงฉีดขาดเซย



ภาพประกอบ 22 สภาพการไหลกลับ

ที่มา : สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 59.

2.15 การไหลกลับ (Back Flow)

การเกิดสภาพไหลกลับ คือ สภาพที่เกิดขึ้นภายในควาวิตซ์ขณะฉีดพลาสติก เมื่ออัดแรงดันฉีดเข้าไปภายในควาวิตซ์ด้วยแรงดันสูงมาก เมื่อพลาสติกเกือบจะเต็มควาวิตซ์ ก็จะถึงช่วงเพิ่มแรงดันอัดพลาสติกอีกประมาณ 15 % เข้าไปในแม่พิมพ์ ถ้าแรงดันตามมากเกินไป จะเกิดแรงดัน

สะท้อนกลับออกมา (Back Flow) พลาสติกจะไหลย้อนกลับออกจากแม่พิมพ์สู่ Runner ซึ่งสภาวะอย่างนี้จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก การไหลย้อนกลับนี้จะมีผลเช่นเดียวกับการไหลไปข้างหน้า คือ เกิดความเค้นจากการไหลและแข็งตัว

3. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.1 แม่พิมพ์ชนิดต่าง ๆ (Type of Moulds)

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่ใช้ในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติกทุกรูปแบบนั้น มีอยู่หลายชนิด ทำให้ยากแก่การแบ่งแยกชนิดให้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม สามารถแบ่งแม่พิมพ์ออกเป็นกลุ่ม ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานต่างกัน แต่เพื่อความชัดเจนเกี่ยวกับชนิดของแม่พิมพ์ จะอธิบายเฉพาะแม่พิมพ์แบบที่มีใช้กันทั่วไป

การแบ่งชนิดของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ตามแบบโครงสร้างพื้นฐานและหน้าที่การทำงานนั้นเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด ซึ่งจะแบ่งตาม

3.1.1 ชนิดของรูเข้า (gate) และระบบ runner

3.1.2 ชนิดของของการปลดชิ้นงาน

3.1.3 มีหรือไม่มี Undercut และ Slide Core

3.1.4 ชนิดของตัวกระทุ้งชิ้นงาน (Ejection)

แม้จะพิจารณาเฉพาะพื้นฐานสี่ข้อดังกล่าวและแบบที่เกิดจากแบบทั้งสี่มาผสมกัน กับยังมีจำนวนแบบที่ต่างอีกมาก ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้หมดในที่นี้ อย่างไรก็ตาม หลักการสำคัญที่สุดในการออกแบบจะอยู่ในบทต่อไป ซึ่งอธิบายถึงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การแบ่งชนิดของแม่พิมพ์อาจแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐาน ดังนี้คือ

3.1.5 แม่พิมพ์สองแผ่น (Two Plate Mould)

3.1.6 แม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould)

3.1.6 แม่พิมพ์แบบแยก (Split Mould)

3.2 แม่พิมพ์สองแผ่น (Two Plate Mould)

การทำงานของแม่พิมพ์สองแผ่น ในระหว่างรอบการฉีด แม่พิมพ์จะเปิดออกที่ระนาบเดียว ระนาบของการเปิดหรือที่เรียกว่า “เส้นแบ่ง” “(Parting Line)” จะระบุไว้บนแบบของแม่พิมพ์ (Mould – assembly drawing) โดยสัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันอยู่สองแบบ เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้กันอยู่ในประเทศอังกฤษ หรือได้รับอิทธิพลจากประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษ (P/L = Parting line) ขณะที่ประเทศอื่นใช้สัญลักษณ์เป็นหัวลูกศรชี้เข้าหาแม่พิมพ์

3.3 แม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould)

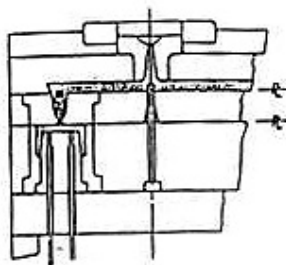
ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดของแม่พิมพ์สามแผ่นคือ แม่พิมพ์จะเปิดออกในสองระนาบ ส่วนที่อยู่กึ่งกลางของแม่พิมพ์ จะประกอบด้วยแผ่นสองแผ่น แม่พิมพ์สามแผ่นมักจะใช้รูเข้าแบบเข็ม ซึ่งยอมให้เห็นรอย gate ได้เพียงเล็กน้อยบนชิ้นงานที่ใช้แม่พิมพ์สามแผ่นคือ

3.3.1 ใช้เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าไม่สามารถให้ gate แบบอื่นได้และจำนวนชิ้นงานที่ต้องการมากพอที่จะใช้แม่พิมพ์สามแผ่น ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าแม่พิมพ์สองแผ่น

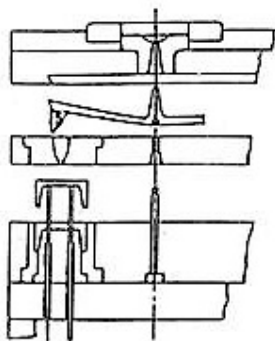
3.3.2 ปกติจะใช้เฉพาะกับชิ้นงานที่มีผนังบาง

3.3.3 มีพลาสติกส่วนที่เป็น Sprue และ Runner เกิดขึ้นทุกครั้งที่ฉีด และมักจะมีปริมาณใหญ่กว่าที่ เกิดจากใช้แม่พิมพ์สองแผ่นซึ่งอาจนำมาบัดและผสมกับเม็ดพลาสติกใหม่ตั้งที่ อธิบายไปแล้วและให้ทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติก

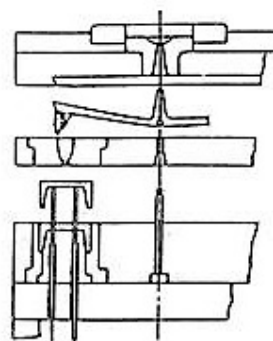
3.3.4 การตัดส่วน gate จะทำโดยอัตโนมัติ จนสามารถควบคุมการทำงานของเครื่อง คนเดียว



ก) แม่พิมพ์ปิดและฉีดพลาสติกเข้าจนเต็ม



ข) แยกส่วน Runner และ Sprue
ให้ออกจากชิ้นงาน



ค) ส่วนของ Runner และ Sprue
ออกจากแม่พิมพ์แล้วปลดชิ้นงาน

ภาพประกอบ 23 การปลดชิ้นงานแม่พิมพ์สามแผ่น

ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด้วง. (2538). หน้า 182.

3.4 แม่พิมพ์แบบแยก (Split Mould)

แม่พิมพ์แบบแยก จะออกแบบให้มี Jaw ที่ติดอยู่ที่ส่วนเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ โดยเปิดและปิดได้ด้วยการเปิดและปิดแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ชนิดนี้สามารถมี Jaw ตั้งแต่สองอันขึ้นไป ตัวอย่างของแม่พิมพ์ชนิดนี้ก็คือ แม่พิมพ์สำหรับฉีดล้างวางของในกรณีที่แม่พิมพ์ประกอบด้วย Jaw สองอัน เพื่อกรูปร่างรอบนอกของสิ่งที่มี Undercut ที่ลึกและต่างกัน แบบแม่พิมพ์แบบแม่พิมพ์แบบแยกที่มี Jaw สองอัน แม่พิมพ์แบบแยกจะใช้ในกรณีที่

3.4.1 เมื่อ undercut บนชิ้นงานทำให้จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์แบบนี้และยอมให้มีรอยเส้นแบ่ง (Parting line) บนผิวด้านนอกของชิ้นงานได้

3.4.2 เมื่อการปลดชิ้นงานด้วย Slide core ไม่อาจทำได้ เนื่องจากแพงเกินไป การเคลื่อนที่ของ Jaw สามารถทำเป็นแบบเชิงกล หรือด้วยสปริงหรือทำงานด้วยนิวเมติกหรือไฮดรอลิกส์

4. การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

4.1 หัวข้อวิเคราะห์ที่สำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์

4.1.1 ขนาดของแม่พิมพ์

4.1.2 การกำหนดแนวแยกแม่พิมพ์

4.1.3 การกำหนดหัวข้อเสนอแนะของ Gate

4.1.3.1 ชนิดของ Gate

4.1.3.2 ตำแหน่งของ Gate

4.1.3.3 จำนวนของ Gate

4.1.4 การกำหนดหัวข้อเสนอแนะของ Runner

4.1.4.1 การวางตำแหน่งของ Runner

4.1.4.2 รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของ Runner

4.1.4.3 วิธีการลีด Runner

4.1.5 การกำหนดประสิทธิภาพในการปรับอุณหภูมิ

4.1.6 การกำหนดวิธีการแยกเบ้าออกจากกัน

4.1.7 การกำหนดวิธีการกำจัด Undercut

4.1.7.1 Slide Core

4.1.7.2 Angular Pin

4.1.7.3 Core ลอย

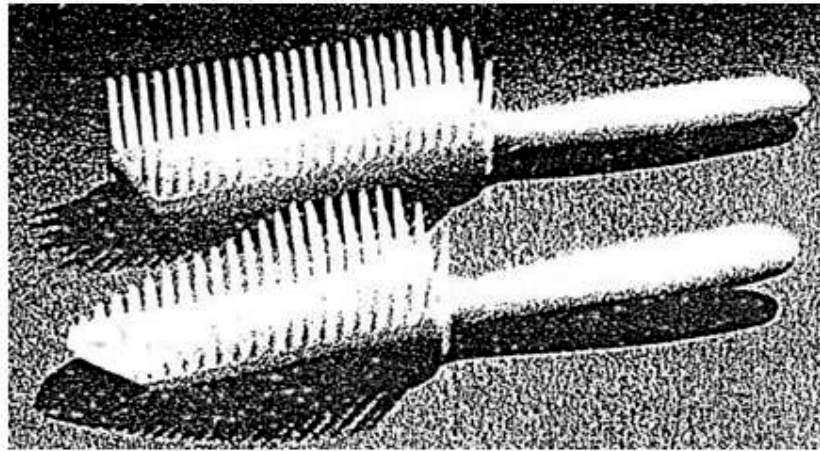
4.1.7.4 อื่นๆ

4.1.8 การวิเคราะห์ความแข็งแรงของแม่พิมพ์

4.1.8.1 ความหนาของแม่พิมพ์

- 4.1.8.2 การวางตำแหน่งของ Support Block
- 4.1.8.3 การวางตำแหน่งของ Support Pin
- 4.1.9 การวิเคราะห์วิธีการดันออก
- 4.1.10 การวิเคราะห์วัสดุชิ้นส่วน
 - 4.1.10.1 วัสดุดิบ
 - 4.1.10.2 การผ่านขบวนการความร้อน
 - 4.1.10.3 การตกแต่งพื้นผิว
- 4.1.11 การวิเคราะห์คุณสมบัติในการขึ้นรูปของเครื่องจักรกล
 - 4.1.11.1 Milling
 - 4.1.11.2 Turnning
 - 4.1.11.3 Lathe Working
 - 4.1.11.4 Surface Grinding
 - 4.1.11.5 Electric Sparking
 - 4.1.11.6 Wire Cutting
 - 4.1.11.7 NC Milling
- 4.1.12 การวิเคราะห์มาตรการป้องกันการสึกกร่อนของเบ้า
 - 4.1.12.1 การชุบเคลือบผิว
 - 4.1.12.2 การเคลือบผิวในสุญญากาศ
 - 4.1.12.3 อื่นๆ
- 4.1.13 การวิเคราะห์ความสมดุลการไหลของน้ำพลาสติกขนาดของความหนาของเนื้อชิ้นงานการวางตำแหน่งเบ้า

4.1.13.1 ฉีดไม่เต็ม (Short Shot)



ภาพประกอบ 24 เกิด Short Shot บนชิ้นงาน

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 29.

4.1.13.1.1 สาเหตุ

4.1.13.1.1.1 ปริมาณฉีดไม่เพียงพอ

4.1.13.1.1.2 เครื่องฉีดมีข้อจำกัดในการฉีดพลาสติก

4.1.13.1.1.3 วัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสม มีข้อบกพร่อง เช่น เอาวัสดุที่ใช้

เป่ามาฉีด

4.1.13.1.1.4 ออกแบบเกี่ยวกับแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม

4.1.13.1.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

4.1.13.1.2.1 ปรับปริมาณการฉีดพลาสติกให้พอกับปริมาตรชิ้นงาน

4.1.13.1.2.2 เพิ่มอุณหภูมิที่ฉีด

4.1.13.1.2.3 เพิ่ม Holding Pressure

4.1.13.1.2.4 เพิ่ม Injection Pressure

4.1.13.1.2.5 เพิ่มระยะเวลาฉีด

4.1.13.1.2.6 ตั้งตำแหน่ง Holding Pressure ไม่ถูกต้อง

4.1.13.1.2.7 เปลี่ยนหัว Nozzle ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.1.2.8 เพิ่มความเร็วของการฉีด

4.1.13.1.2.9 เพิ่มความร้อนที่ Nozzle บางที่ Nozzle ยาวความร้อนไม่

เพียงพอ

4.1.13.1.2.10 ตรวจสอบ Nozzle ว่าอุดตัน บิดงอ หรือไม่

เร็ว)

4.1.13.1.2.11 เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ (ชิ้นงานบาง ๆ พลาสติกจะเย็นตัว

4.1.13.1.2.12 Ring Valve seat valve มีปัญหาหรือไม่

4.1.13.1.2.13 ตั้ง Back Pressure ไม่ถูกต้อง

4.1.13.1.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์

4.1.13.1.3.1 ทำ Sprue Runner Gate ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.1.3.2 ระบายอากาศในแม่พิมพ์ให้ดีขึ้น

4.1.13.1.3.3 เพิ่มความหนาของเนื้อชิ้นงาน

4.1.13.1.3.4 ทำ Gold slug well ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.1.3.5 เปลี่ยนตำแหน่งหรือเพิ่มขนาดของเกจ

4.1.13.1.3.6 เกจไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน

4.1.13.1.3.7 Runner Balance ไม่ถูกต้อง

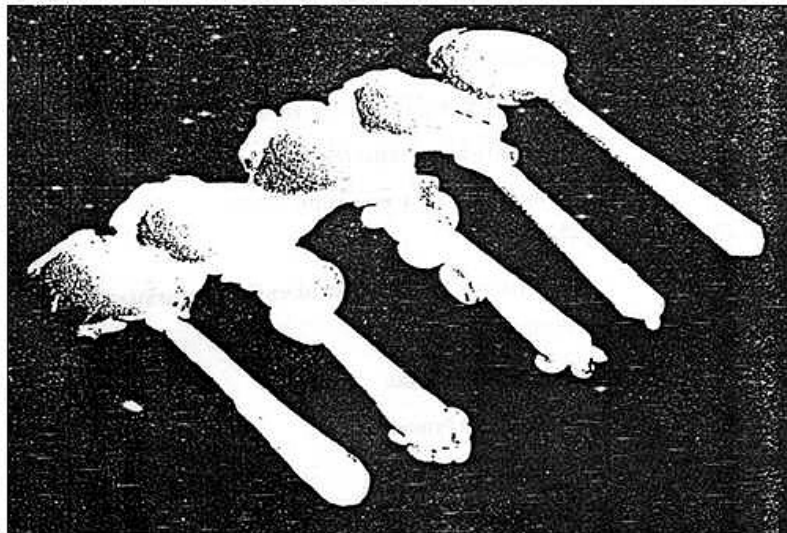
4.1.13.1.3.8 Cavity ไม่สมดุลย์

4.1.13.1.4 วัสดุพิมพ์

4.1.13.1.4.1 เพิ่มสภาพการไหลของวัสดุพิมพ์

4.1.13.1.4.2 เพิ่มสภาพการหล่อลื่นให้ดีขึ้น

4.1.13.2 ครีปแลบ (Flash)

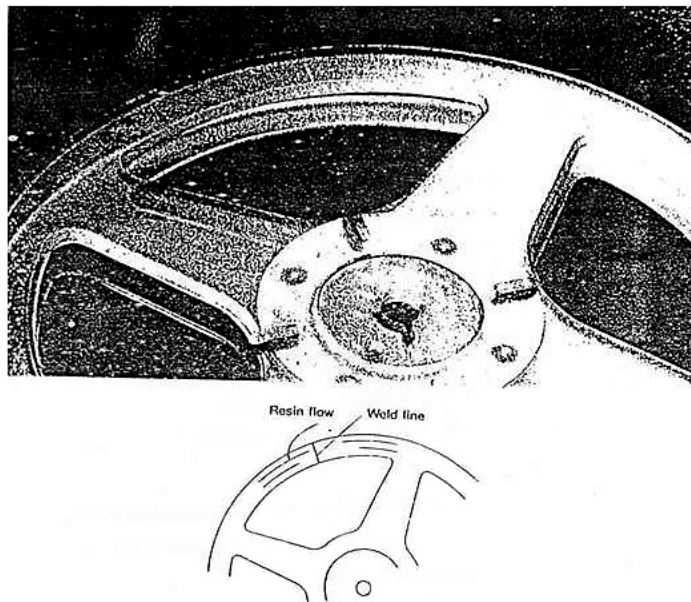


ภาพประกอบ 25 ครีปแลบ

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 34.

- 4.1.13.2.1 สาเหตุ
- 4.1.13.2.1.1 ครีบลบออกมาที่ Parting Line
 - 4.1.13.2.1.2 กรณีที่แรงปิดปากกา (เล็กกว่า) พื้นที่ก่อรูปแรงฉีด
 - 4.1.13.2.1.3 ความหนืดของพลาสติกต่ำเกินไป เหลวเกินไป
- 4.1.13.2.2 เงื่อนไข: สภาพเครื่อง
- 4.1.13.2.2.1 ปรับปริมาณการฉีดพลาสติกให้พอกับความต้องการของ
 - 4.1.13.2.2.2 เพิ่มแรงปิดของแม่พิมพ์
 - 4.1.13.2.2.3 ลดอัตราแรงฉีด
 - 4.1.13.2.2.4 ลดอุณหภูมิที่ฉีด
 - 4.1.13.2.2.5 ลด holding pressure
 - 4.1.13.2.2.6 ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์
 - 4.1.13.2.2.7 ลดความเร็วการฉีดลง
 - 4.1.13.2.2.8 ตั้งตำแหน่ง holding pressure ไม่ถูกต้อง ควรปรับใหม่
 - 4.1.13.2.2.7 อย่าใช้แม่พิมพ์ที่เล็กหรือใหญ่เกินไป
 - 4.1.13.2.2.8 กรณีระบบข้อเสื่อ ทำให้แรงต้านของ Tie Bar สม่่าเสมอ
- 4.1.13.2.3 การออกแบบ: แม่พิมพ์
- 4.1.13.2.3.1 ขจัดรอยและสิ่งแปลกปลอมที่ผิวหน้าของแม่พิมพ์ (Parting line)
 - 4.1.13.2.3.2 ทำ Air Vent (ระบายอากาศ) ให้ดีและทำการประกบให้
 - 4.1.13.2.3.3 ปรับตั้งความใหญ่เล็กของเกจ
 - 4.1.13.2.3.4 ทำพื้นที่ก่อรูปให้เล็กลง
 - 4.1.13.2.3.5 ใช้วัสดุที่แข็งขึ้นทำแม่พิมพ์ หรือเพิ่มความแกร่งของ
 - 4.1.13.2.3.6 ในกรณีที่ผลิตชิ้นงานหลายๆ ชิ้นในแม่พิมพ์เดียวกัน
- พยายามให้ค่าวิธิตีสมมูลกัน
- 4.1.13.2.4 วัตถุดิบ
- 4.1.13.2.4.1 ทำสภาพการไหลให้เลวลง
 - 4.1.13.2.4.2 เพิ่มความหนืดให้มากขึ้น

4.1.13.3 รอยเชื่อมประสาน (WELD MARK, WELD LINE)



ภาพประกอบ 26 WELD LINE

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 37.

4.1.13.3.1 สาเหตุ

4.1.13.3.1.1 สิ่งที่พลาสติกไหลแยกมากกว่า 2 กระแส และเมื่อมาเจอกัน
ขณะอุณหภูมิต่ำเกินไป

4.1.13.3.1.2 ตั้งประสิทธิภาพของการฉีดไม่ดีพอ

4.1.13.3.1.3 มีอุปสรรคในการไหลของพลาสติกเกิดจากการออกแบบ

สินค้า

4.1.13.3.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

4.1.13.3.2.1 เพิ่มอุณหภูมิที่ฉีด

4.1.13.3.2.2 เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์

4.1.13.3.2.3 เพิ่มความเร็วการฉีด

4.1.13.3.2.3 เพิ่มเวลาฉีดให้ยาวขึ้น

4.1.13.3.2.4 เพิ่มปริมาณฉีดมากขึ้น

4.1.13.3.2.5 ใช้ Silicon Spray ให้น้อยลง

4.1.13.3.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์

4.1.13.3.3.1 ทำให้สภาพการไหลของพลาสติกดีขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการ
เปลี่ยนแปลงส่วนหนา-บาง อย่างรวดเร็วของชิ้นงาน

- 4.1.13.3.2 ทำ Sprue Runner Gate ให้ใหญ่ขึ้น
- 4.1.13.3.3 ปรับโครงสร้างของทางเดินระบายความร้อนของแม่พิมพ์ เพื่อให้แม่พิมพ์อุณหภูมิสูงขึ้น
- 4.1.13.3.4 ปรับ Cold slug well ให้ใหญ่ขึ้น
- 4.1.13.3.5 เพิ่มดิ่ง (กักเรซิน) ในตำแหน่งที่พลาสติกไหลสายไหลมาบรรจบกัน
- 4.1.13.3.6 ปรับการระบายอากาศในส่วนที่พลาสติกไหลมาบรรจบกันให้ดีขึ้น
- 4.1.13.3.7 Gate Balance ไม่ถูกต้อง
- 4.1.13.4 วัตถุประสงค์
- 4.1.13.4.1 เพิ่มสภาพการไหลพลาสติก
- 4.1.13.4.2 ลดการระเหยของวัตถุประสงค์ให้น้อยลง
- 4.1.13.4.3 ใช้ตัวที่อัตราหดเล็กน้อย
- 4.1.13.4.4 ปรับสารหล่อลื่นในวัตถุประสงค์ให้น้อยลง
- 4.1.13.4.5 ทำการอบแห้งให้เพียงพอ

4.1.13.4 รอยบวม (Shrink Mark)



ภาพประกอบ 27 Shrink Mark

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 41.

ลักษณะของชิ้นงานเป็นตาม ฟองสุญญากาศในพลาสติก มักเกิดขึ้นกับชิ้นงานที่มีความหนาบางของพลาสติกที่ต่างกันมาก

4.1.13.4.1 สาเหตุ

- 4.1.13.4.1.1 ความแตกต่างระหว่างปริมาตรการหดตัวของพลาสติก
- 4.1.13.4.1.2 อัตราการเย็นตัวไม่เท่ากัน
- 4.1.13.4.1.3 ปรับตั้งประสิทธิภาพไม่เพียงพอ

4.1.13.4.1.4 ความผิดพลาดขั้นพื้นฐานในการออกแบบผลิตภัณฑ์

4.1.13.4.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

4.1.13.4.2.1 เพื่อกำลัการฉีด

4.1.13.4.2.2 เพิ่ม Holding pressure

4.1.13.4.2.3 เพิ่มระยะเวลาฉีด

4.1.13.4.2.4 ปรับปริมาณน้ำเข้าแม่พิมพ์ เพื่อระบายความร้อน

4.1.13.4.2.5 ปรับปริมาณการฉีดพลาสติกให้พอกับความต้องการสินค้า

4.1.13.4.2.6 เพิ่ม Back Pressure

4.1.13.4.2.7 ความเร็วในการฉีดไม่ถูกต้อง เร็วหรือช้าเกินไป

4.1.13.4.2.8 ปรับอุณหภูมิที่ฉีดไม่ถูกต้อง สูงหรือต่ำเกินไป

4.1.13.4.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์

4.1.13.4.3.1 ทำให้ Sprue Runner Gate ใหญ่ขึ้น

4.1.13.4.3.2 พยายามให้ความหนาของชิ้นงานสม่ำเสมอ

4.1.13.4.3.3 ดัดแปลงร่องน้ำเย็นเพื่อทำให้ส่วนกลางผิวหน้าของส่วนที่

หนากับส่วนที่บางเย็นตัวได้พร้อมกัน

4.1.13.4.3.4 ติดเกจไว้กับส่วนที่หนาของชิ้นงาน

4.1.13.4.3.5 เพิ่มส่วนโค้งกับส่วนที่เป็นมุม เพื่อหลีกเลี่ยงความรุนแรง

การไหลของพลาสติกในส่วนหนาและบางไม่เท่ากัน

4.1.13.4.3.6 เปิดร่องระบายอากาศไม่ถูกต้อง

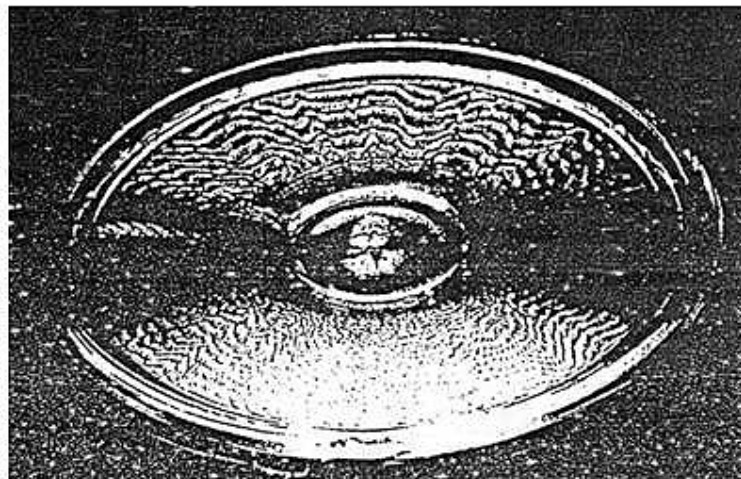
4.1.13.4.4 วัสดุดิบ

4.1.13.4.4.1 ทำสภาพการไหลของพลาสติกให้ต่ำลง

4.1.13.4.4.2 เลือกตัวที่มีอัตราการหดตัวต่ำ

4.1.13.4.4.3 ใส่วัสดุประเภททราสไฟเบอร์ ฯลฯ

4.1.13.5 ลายคลื่นบนชิ้นงาน (Flow Mark)



ภาพประกอบ 28 Flow mark

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 44.

4.1.13.5.1 สาเหตุ

4.1.13.5.1.1 อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำเกินไป

4.1.13.5.1.2 ความหนืดพลาสติกสูงเกินไป แล้วฉีดเข้าไป

4.1.13.5.1.3 ปรับตั้งประสิทธิภาพของการฉีดไม่ดี

4.1.13.5.1.4 มีข้อบกพร่องขณะไหลของพลาสติก

4.1.13.5.2 เงื่อนไข: สภาพเครื่อง

4.1.13.5.2.1 เพิ่มอุณหภูมิของท่อฉีดพลาสติก

4.1.13.5.2.2 เพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์

4.1.13.5.2.3 เพิ่มอัตราแรงฉีด

4.1.13.5.2.4 เพิ่มปริมาณพลาสติกมากขึ้น

4.1.13.5.2.5 เพิ่มความเร็วฉีดมากขึ้น

4.1.13.5.2.6 ปรับปริมาณน้ำเย็น อุณหภูมิ และวิธีการวางท่อ เพื่อให้

อุณหภูมิแม่พิมพ์ ณ ส่วนปลายการไหลสูง

4.1.13.5.2.7 ทำรู Nozzle ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.5.3 การออกแบบ: แม่พิมพ์

4.1.13.5.3.1 ทำ Sprue Runner gate ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.5.3.2 ปรับโครงสร้างร่องน้ำเย็นเพื่อช่วยอุณหภูมิส่วนปลายของ

แม่พิมพ์สูงขึ้น

4.1.13.5.3.3 ปรับ Cold slug well ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.5.3.4 เกจไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน

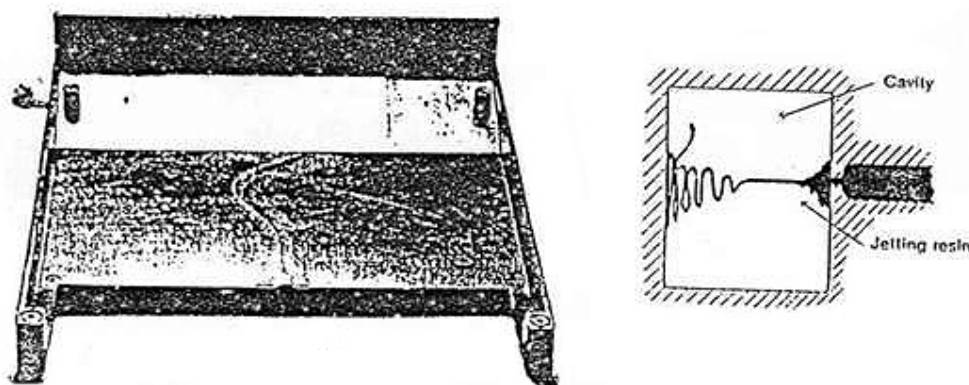
4.1.13.5.3.5 ปรับการระบายอากาศและแก๊สในแม่พิมพ์

4.1.13.5.4 วัตถุติด

4.1.13.5.4.1 เพิ่มสภาพการไหลของพลาสติก

4.1.13.5.4.2 ลดการระเหยของวัตถุติดให้น้อยลง

4.1.13.6 เจตติ้ง (Jetting)



ภาพประกอบ 29 Jetting

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 56.

4.1.13.6.1 สาเหตุ

4.1.13.6.1.1 ในช่วงการไหลของพลาสติก มีการแปรปรวน

4.1.13.6.1.2 ตั้งความเร็วของการฉีดเร็วเกินไป ทำให้การประสานตัวของพลาสติกไม่ค่อยดี

4.1.13.6.2 เงื่อนไข: สภาพเครื่อง

4.1.13.6.2.1 ขจัดแรงดันที่ส่วนของ Nozzle

4.1.13.6.2.2 ทำให้รู้ Nozzle ใหญ่ขึ้น

4.1.13.6.2.3 อบเม็ดพลาสติกไม่ถูกต้อง หรือใช้เวลาน้อยเกินไป

4.1.13.6.2.4 ตั้งอุณหภูมิที่ฉีดสูงเกินไป

4.1.13.6.2.5 อัตราในการฉีดเร็วเกินไป

4.1.13.6.3 การออกแบบ: แม่พิมพ์

4.1.13.6.3.1 ปรับ Cold slug well ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.6.3.2 ปรับเกจให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.6.3.3 เกจไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

4.1.13.6.4 วัดฤดูติบ

4.1.13.6.4.1 ปรับสภาพการไหลของพลาสติก

4.1.13.6.4.2 ลดสารเพิ่มความหล่อลื่นของพลาสติก

4.1.13.6.4.3 อบเม็ดพลาสติกให้แห้งอย่างเพียงพอ

4.1.13.7 รอยร้าว (Crack) รอยปริ (Crazing) รอยยาว (Blushing)

4.1.13.7.1 สาเหตุ

4.1.13.7.1.1 การสร้างแม่พิมพ์ไม่ดีพอ

4.1.13.7.1.2 การออกแบบชิ้นงานและเทเปอร์ถอดแบบไม่ดีพอ

4.1.13.7.1.3 การเปลี่ยนรูปและการสึกกร่อนของแม่พิมพ์

4.1.13.7.1.4 การกระทุ้งและการแยกแม่พิมพ์เป็นไปอย่างผิดตัว

4.1.13.7.1.5 การตั้งกำลังฉีดมากเกินไป ทำให้มีการจับตัวแน่นเกินไป

4.1.13.7.1.6 ความสัมพันธ์ของหัวฉีดและสปรูทของแม่พิมพ์ไม่ดี

4.1.13.7.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

4.1.13.7.2.1 ลดความดันของกำลังฉีด

4.1.13.7.2.2 ปรับปริมาณการฉีดให้พอดี

4.1.13.7.2.3 ปรับเวลาการทำความเย็นให้พอเหมาะ

4.1.13.7.2.4 ลดเวลาและกำลังของ Holding Pressure

4.1.13.7.2.5 ปรับหรือเปลี่ยน Sprue Bush ของแม่พิมพ์ให้เข้ากันพอดี

4.1.13.7.2.6 ตั้งตัวกระทุ้งเร็วเกินไป

4.1.13.7.2.7 เปิดแม่พิมพ์เร็วเกินไป

4.1.13.7.2.8 อุณหภูมิของแม่พิมพ์เย็นเกินไป

4.1.13.7.2.9 ตั้งตำแหน่ง Holding Pressure ไม่ถูกต้อง ควรปรับใหม่

4.1.13.7.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์

4.1.13.7.3.1 เพิ่ม ช่องขึ้นงานมากขึ้น

4.1.13.7.3.2 จัดรอยชุดฉีด รอยตะไบ ในขณะที่สร้างแม่พิมพ์

4.1.13.7.3.3 แก้ไขการบิดเบี้ยว และการสึกหรอของผิวหน้าประกอบ

แม่พิมพ์

4.1.13.7.3.4 ทำการชุบแม่พิมพ์ใหม่

4.1.13.7.3.5 เปลี่ยนวิธีการกระทุ้ง

4.1.13.7.3.6 ขัดแม่พิมพ์ตามทิศทางที่จะเอาชิ้นงานออก

4.1.13.7.4 วัดฤดูติบ

4.1.13.7.4.1 ใช้น้ำยาเพิ่มความลื่นของพลาสติกมากขึ้น

4.1.13.8 รอยดำ รอยไม้ สีเพี้ยน

4.1.13.8.1 สาเหตุ

- 4.1.13.8.1.1 การแยกตัวของพลาสติกเพราะความร้อน
- 4.1.13.8.1.2 การแยกตัวของสารเคมีที่ใส่เข้าไป
- 4.1.13.8.1.3 เกิดการอัดตัวของแก๊สในแม่พิมพ์ที่ไม่มีร่องระบาย
- 4.1.13.8.1.4 การเสียดสีอย่างผิดปกติของโลหะ

4.1.13.8.2 เงื่อนไข: สภาพเครื่อง

- 4.1.13.8.2.1 ลดอุณหภูมิของท่อฉีดและแม่พิมพ์
- 4.1.13.8.2.2 ลดความเร็วของการฉีด
- 4.1.13.8.2.3 ลดจำนวนการหมุนรอบของสกรู
- 4.1.13.8.2.4 พลาสติกค้างอยู่ใน Cyliner นานเกินไป (เนื่องจากเครื่อง

ใหญ่เกินไปฉีดชิ้นงานที่เล็ก)

- 4.1.13.8.2.5 การไล่พลาสติกที่ค้างใน Cyliner ไม่ดีพอ เมื่อเปลี่ยน

พลาสติกชนิดใหม่

- 4.1.13.8.2.6 ลด Back Pressure ให้ต่ำลง
- 4.1.13.8.2.7 เปลี่ยนตัวสกรู เปลี่ยน Check Valve
- 4.1.13.8.2.8 การใช้ยาป้องกันการไหม้ที่ Nozzle Sprue มากเกินไป

4.1.13.8.3 การออกแบบ: แม่พิมพ์

- 4.1.13.8.3.1 ปรับการระบายอากาศที่ส่วนปลายของการไหลพลาสติกให้
- 4.1.13.8.3.2 ปรับการระบายอากาศที่พลาสติกไหลมาบรรจบกันให้ดีขึ้น
- 4.1.13.8.3.3 ติดตั้ง Cold slug well ในแม่พิมพ์
- 4.1.13.8.3.4 ทำ Sprue Gate Runner ให้ใหญ่ขึ้น
- 4.1.13.8.3.5 ขจัดยาป้องกันสนิมออกให้หมด
- 4.1.13.8.3.6 ปรับหรือเปลี่ยนหัวฉีดหรือ Sprue bush ของแม่พิมพ์ให้เข้า

ดีขึ้น

กันได้ดีพอ

4.1.13.8.4 วัสดุดิบ

- 4.1.13.8.4.1 ลดสารช่วยลดความลื่นของพลาสติก
- 4.1.13.8.4.2 เพิ่มสารรักษาเสถียรภาพของความร้อน
- 4.1.13.8.4.3 ลดการระเหยของเรซิน
- 4.1.13.8.4.4 อบเม็ดพลาสติกให้ดีพอ

4.1.13.9 รอยมันในชิ้นงาน (Silver mark) ฟองอากาศ (Pin Hold)

4.1.13.9.1 สาเหตุ

4.1.13.9.1.1 มีน้ำปนเข้าไป

4.1.13.9.1.2 มีอากาศและก๊าซ

4.1.13.9.1.3 มีสิ่งปลอมปน

4.1.13.9.1.4 สีนํ้ามีขนาดหนา หรือบางมากเกินไป

4.1.13.9.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

4.1.13.9.2.1 ลดอุณหภูมิของพลาสติกลง จนถึงระดับไม่มีแก๊สระเหย

4.1.13.9.2.2 เพิ่มกำลังของ Back pressure ให้สูงขึ้น

4.1.13.9.2.3 เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์

4.1.13.9.2.4 ลดความเร็วของการฉีด

4.1.13.9.2.5 เพิ่มปริมาณการฉีดและการหลอมละลาย

4.1.13.9.2.6 ลดช่วงเวลาที่อยู่ใน Cylinder ให้สั้นลง

4.1.13.9.2.7 ใช้ซิลิกอลสเปรย์ให้น้อยลง

4.1.13.9.2.8 ลดจำนวนรอบของสกรูของเครื่องฉีด

4.1.13.9.2.9 เพิ่มกำลังฉีดของสกรู

4.1.13.9.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์

4.1.13.9.3.1 ปรับการระบายอากาศให้ดีขึ้น

4.1.13.9.3.2 ปรับ Sprue Runner Gate ให้ใหญ่ขึ้น

4.1.13.9.3.3 ปรับหรือเปลี่ยนหัวฉีดให้พอดีกับสปรูซของแม่พิมพ์

4.1.13.9.3.4 ระวางร่องน้ำรั่ว

4.1.13.9.3.5 พยายามหลีกเลี่ยง Rib (ก้านยึด) ที่ตั้งฉากและขึ้นงานที่มี

ความหนาบางแตกต่างกันมาก

4.1.13.9.3.6 อย่าให้มีการไหลอย่างแปรปรวนในคาวิตี หรือให้ลด

ความเร็วของการฉีด

4.1.13.9.4 วัสดุดิบ

4.1.13.9.4.1 ทำการอบเม็ดพลาสติกให้แห้งอย่างเพียงพอ

4.1.13.9.4.2 ใช้สารเสถียรภาพความร้อนมากขึ้น

4.1.13.9.4.3 ระวางความสามารถในการดูดความชื้นของสารที่ใส่เข้าไป

4.1.13.9.4.4 ระวางการปลอมปนของสิ่งอื่นๆ และพลาสติกชนิดกัน

4.1.13.20 งอโค้ง บิดเบี้ยว ผิดรูป

4.1.13.20.1 สาเหตุ

4.1.13.20.1.1 เกิดจากความผิดพลาดในพื้นฐานการออกแบบ

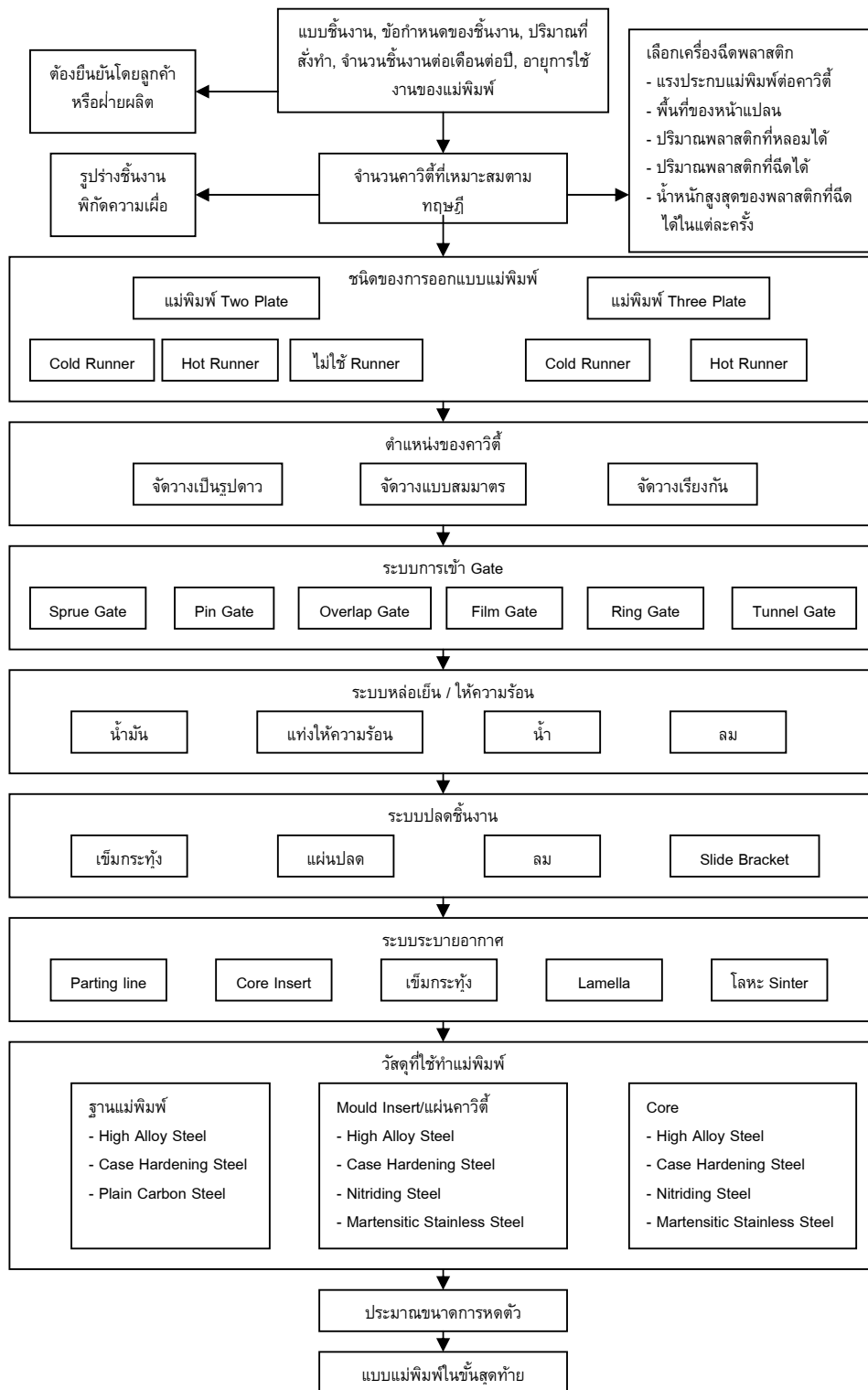
4.1.13.20.1.2 อิทธิพลจากแรงอัดฉีดที่หลงเหลืออยู่

4.1.13.20.1.3 อัตราการหดตัวของแต่ละส่วนไม่เท่ากัน

- 4.1.13.20.1.4 อัตราการเย็นตัวแตกต่างกันมาก
- 4.1.13.20.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง
 - 4.1.13.20.2.1 เพิ่มอุณหภูมิพลาสติก ลดแรงฉีด
 - 4.1.13.20.2.2 ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์
 - 4.1.13.20.2.3 เพิ่มความเร็วในการฉีด
 - 4.1.13.20.2.4 ทำ Annealing ให้เพียงพอ
 - 4.1.13.20.2.5 ปรับอุณหภูมิ ปริมาณน้ำเย็น การวางท่อให้ความเร็วในการลดอุณหภูมิให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ
 - 4.1.13.20.2.6 อย่าให้มีการผิในขณะแยกแม่พิมพ์และขณะกระทำชิ้นงานออก
- 4.1.13.20.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์
 - 4.1.13.20.3.1 การออกแบบให้มีความสามารถในการเชิงกล
 - 4.1.13.20.3.2 ออกแบบให้หันเหและกลับตัว (Orientation) น้อยลง
 - 4.1.13.20.3.3 ลด Gate ให้เล็กลงหรือเพิ่มจำนวน Gate ให้มากขึ้น
 - 4.1.13.20.3.4 เปลี่ยนวิธีกระทำ
 - 4.1.13.20.3.5 ทำโครงสร้างการหล่อเย็นให้มีการเย็นตัวอย่างสม่ำเสมอ
- 4.1.13.20.4 วัสดุ
 - 4.1.13.20.4.1 เพิ่มสภาพการไหลของพลาสติก
 - 4.1.13.20.4.2 ใช้พลาสติกเกรดที่มีการหดตัวน้อย
 - 4.1.13.20.4.3 ใช้พลาสติกที่มีความแข็งแรงมากขึ้น
- 4.1.13.21 การฝังตัวไม่ดีของ Insert
 - 4.1.13.21.1 สาเหตุ
 - 4.1.13.21.1.1 การประกบแม่พิมพ์ไม่สนิท
 - 4.1.13.21.1.2 เลือกใช้วัสดุไม่มีคุณภาพ
 - 4.1.13.21.1.3 การออกแบบตัว Insert มีข้อบกพร่อง
 - 4.1.13.21.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง
 - 4.1.13.21.2.1 ใช้ Insert ที่มีมุมยึด
 - 4.1.13.21.2.2 วอร์มตัว Insert ที่ใส่เสียก่อน
 - 4.1.13.21.2.3 ลดกำลังแรงฉีด
 - 4.1.13.21.2.4 อย่าใส่ Insert เข้าไปด้วยมือเปล่า (ขจัดน้ำมันของ Insert)
 - 4.1.13.21.2.5 เพื่ออุณหภูมิของพลาสติกและแม่พิมพ์
 - 4.1.13.21.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์
 - 4.1.13.21.3.1 ระวังความแม่นยำของการประกบ

- เส้นผ่าศูนย์กลาง
- 4.1.13.21.3.2 ระวังความแตกต่างในที่สูง (ความหนา) และ
- 4.1.13.21.3.3 ออกแบบในลักษณะที่เลี่ยงการกระจุกตัวของแรงตอบโต้
- บริเวณรอบตัว Insert
- 4.1.13.21.3.4 พยายามดัดแปลงระบบยึด Insert
- 4.1.13.21.3.5 ลดการขยายตัวจากความร้อน
- 4.1.13.21.4 วัสดุดิบ
- 4.1.13.21.4.1 ใช้พลาสติกที่มีอัตราการขยายตัวน้อย
- 4.1.13.22 สีเพี้ยน มัว ไม่แวว เปราะ
- 4.1.13.22.1 สาเหตุ
- 4.1.13.22.1.1 ความเร็วในการไหลไม่คงที่
- 4.1.13.22.1.2 การสร้างแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
- 4.1.13.22.1.3 เป็นผลมาจากการระเหยของแก๊สและเม็ดสีผสม
- 4.1.13.22.1.4 การหลอมละลายของพลาสติกที่ไม่สม่ำเสมอ
- 4.1.13.22.1.5 การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแรงภายนอก
- 4.1.13.22.2 เงื่อนไข : สภาพเครื่อง
- 4.1.13.22.2.1 ปรับอุณหภูมิพลาสติก อุณหภูมิแม่พิมพ์ให้เหมาะสม
- 4.1.13.22.2.2 ปรับอัตราการเร็วของการฉีดให้พอดี
- 4.1.13.22.2.3 ขจัดน้ำ น้ำมัน คราบแก๊ส
- 4.1.13.22.2.4 อบแห้งให้เพียงพอ
- 4.1.13.22.2.5 ลดแรงต้านทานที่หัวฉีด
- 4.1.13.22.2.6 เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์และพลาสติก
- 4.1.13.22.2.7 ลดแรงฉีดและเพิ่มอัตราการเร็วของการฉีด
- 4.1.13.22.3 การออกแบบ : แม่พิมพ์
- 4.1.13.22.3.1 ชัดเงาแม่พิมพ์ให้ดี
- 4.1.13.22.3.2 ปรับการระบายอากาศให้สะดวก
- 4.1.13.22.3.3 ทำ Gate Sprue Runner ให้ใหญ่ขึ้น
- 4.1.13.22.3.4 ติดตั้ง Cold slug well
- 4.1.13.22.3.5 แก้ไขการออกแบบให้ความหนาสม่ำเสมอ โดยเฉพาะส่วน
- ที่เนื้องาง
- 4.1.13.22.4 วัสดุดิบ
- 4.1.13.22.4.1 ลดการดูดซึมความชื้น
- 4.1.13.22.4.2 ลดการระเหยของพลาสติก

- 4.1.13.22.4.3 เปลี่ยนชนิดของพลาสติกหรือสีของพลาสติก
- 4.1.13.22.4.4 เพิ่มสภาพการไหลของพลาสติก
- 4.1.13.22.4.5 ระวังสิ่งแปลกปลอมในเม็ดพลาสติก
- 4.1.13.22.4.6 ใช้พลาสติกชนิดที่ทนต่อสภาพอากาศ
- 4.1.13.22.4.7 อย่าใส่สารช่วยการหลอมละลาย และการอ่อนตัวของพลาสติกหรือใส่สารช่วยเสริมความแข็งแรงของพลาสติก ให้ใส่ตามสภาพชิ้นงาน



ภาพประกอบ 30 แผนภูมิแสดงขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์
ที่มา : ดำรง ไชยธีรานุวัตรศิริ. (2539). หน้า 72

4.2 ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

4.2.1 ประเด็นสำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับพลาสติก

- 4.2.1.1 ขนาดชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ต้องมีความแม่นยำสูง
- 4.2.1.2 แม่พิมพ์ต้องไม่ชำรุดเสียหาย
- 4.2.1.3 สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี
- 4.2.1.4 มีประสิทธิภาพในการปล่อยก๊าซออกได้ดี
- 4.2.1.5 พื้นผิวภายในเบ้าต้องทำให้เรียบเหมือนผิวกระจก
- 4.2.1.6 การบำรุงรักษาสามารถทำได้โดยง่าย
- 4.2.1.7 เป็นโครงสร้างแม่พิมพ์ซึ่งเหมาะสมกับอายุของสินค้า
- 4.2.1.8 เป็นโครงสร้างที่สูญเสียวัตถุดิบน้อย
- 4.2.1.9 คำนึงถึงความเอียงของมุมในการถอดแม่พิมพ์ (Draft Angle)
 - 4.2.1.9.1 ความเอียงในการถอดจากฝั่งยึดติด
 - 4.2.1.9.2 ความเอียงในการถอดจากฝั่งเคลื่อนที่
- 4.2.1.10 พยายามออกแบบให้เนื้อชิ้นงานหนาสม่ำเสมอ
- 4.2.1.11 การติดตั้ง Cold Slag Well
- 4.2.1.12 การคำนึงถึงอายุของแม่พิมพ์

4.2.2 วิธีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เมื่อชิ้นงานพลาสติกที่จะผลิตได้ออกแบบและแก้ไขจนเป็นที่พอใจแล้ว สิ่งที่ต้องทราบอันดับแรกคือ โครงสร้างภายนอก ความหนาของชิ้นงาน ตำแหน่งที่จะมีลายูนูน หู สัน ฯลฯ การคาดคะเนจำนวนที่จะผลิตได้ ตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และจำนวนการผลิตที่ต้องการต่อช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อทราบสิ่งเหล่านี้ทั้งหมดแล้วจึงจะเริ่มออกแบบแม่พิมพ์ฉีดได้

ตาม diagram ที่แสดงการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก จะต้องคำนวณหาจำนวน Cavity ก่อน การคำนวณจำนวนของ Cavity ขึ้นอยู่กับ เวลาทำงานและเวลาที่ต้องการในการผลิต จำนวนชิ้นที่ต้องการ

4.2.3 การกำหนดโครงสร้างแม่พิมพ์

ตัวอย่าง ชิ้นงานในภาพประกอบ 31 เป็นชิ้นงานที่ต้องการผลิต ความต้องการของลูกค้า ดังนี้

จำนวนที่คาดว่าจะผลิตได้ตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ 2.8 ล้านชิ้น

จำนวนที่จะต้องส่งให้ลูกค้าในแต่ละเดือน 100,000 ชิ้น

การวางแผนการใช้เวลาในการผลิต

ชั่วโมงทำงานในแต่ละวัน 8 ชม.

ทำงานสัปดาห์ละ 5 วัน = $8 \times 5 = 40$ ชม./สัปดาห์

ใน 1 เดือน มีวันทำงาน 22 วัน = $8 \times 22 = 176$ ชม./สัปดาห์

เวลาที่สูญเสียไป (ตั้งขึ้นจากการสังเกต) = 2.5%

ดังนั้น เวลาที่เครื่องทำงานจริง (tm) เพียง 97.5 % ของเวลาเต็ม

$$T_m = \frac{97.5 \times 176}{100} = 171.6 \text{ ชม./เดือน}$$

ช่วงเวลา 1 รอบ การทำงานของเครื่อง = 25 วินาที

เวลาที่ต้องการสำหรับการผลิต (t_{pr})

$$(t_{pr}) = \frac{25 \times 100,000}{3,600} = 694.5 \text{ ชั่วโมง}$$

จะเห็นว่าใน 1 เดือน เรามีเวลาทำงานจริงเพียงแค่ 171.6 ชั่วโมงเท่านั้น แต่เราต้องการใช้เวลาในการผลิตถึง 694.5 ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงในการจ่ายค่าล่วงเวลา ดังนั้นจำนวน Cavity ที่ต้องการ (C) คือ

$$C = \frac{\text{เวลาที่ต้องการใช้จริง}}{\text{เวลาที่มีสำหรับการผลิต}} = \frac{694.5}{171.6} = 4.05 \text{ หรือ 4 Cavities}$$

การคำนวณแรงยึดแม่พิมพ์ (Locking force requirement)

ภาพประกอบ 31 เป็นแบบชิ้นงานของรูปถ้วยทำจาก HDPE ประมาณว่าความดันใน Cavity อยู่ระหว่าง 300-800 bar (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) และจากตารางคุณสมบัติของพลาสติก ความดันในการฉีดของ HDPE คือ 600-1500 bar สมมุติความดันใน Cavity = 450 bar (สาเหตุที่เลือกต่ำลงเพราะเกิด pressure drop ในขั้นตอนการฉีด)

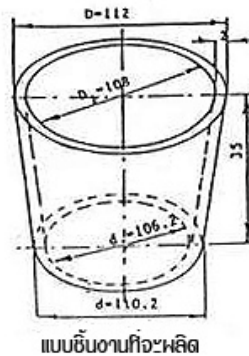
พื้นที่ภาพฉาย (Project area) ของชิ้นงานคือ ส่วนที่เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ที่สุด ดังนั้น

$$a = \frac{D^2 \times \pi}{4}$$

$$\begin{aligned} \text{สำหรับ 4 Cavity} &= \frac{D^2 \times \pi \times 4}{4} = \frac{11.2^2 \times \pi \times 4}{4} \\ &= 395 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

เนื่องจาก การคำนวณในปัจจุบันใช้หน่วย S.I. แต่เครื่องจักรเก่า ๆ ยังใช้หน่วยเก่าอยู่ หน่วยที่ใช้ คือ กก./ชม.² ดังนั้นจึงใช้การแปลงหน่วยดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf} &= 10 \text{ N} \\ &= 0.01 \text{ KN.} \\ \text{หรือ } 1,000 \text{ kgf} &= 10 \text{ KN.} \\ \text{ดังนั้น } 1 \text{ ton} &= 10 \text{ KN.} \end{aligned}$$



ภาพประกอบ 31 แบบขึ้นงานที่จะผลิต

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 48.

ตัวย่อต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาแรงยึด

P_n = แรงยึด (kg)

A_p = พื้นที่ฉายภาพของแบบที่จะผลิต (ของทุก ๆ Cavity ในแม่พิมพ์) (cm^2)

P_c = ความดันใน Cavity (bar)

m = การใช้งานของเครื่อง (Machine Utilization) $\frac{x\%}{100}$

$$P_{\text{ท}} = A_p \times P_c = \frac{(\text{cm}^2 \times \text{bar})}{\text{cm}^2} = \text{cm}^2 \times \text{kg} = \frac{10 \text{ N}}{100} = 1 \text{ KN}$$

ดังนั้นแรงยึดตามทฤษฎี คือ

$$P_{\text{ท}} = \frac{A_p \times P_c}{100} \text{ KN}$$

แต่ในทางปฏิบัติ เพื่อความปลอดภัยควรจะให้แรงยึดเกินกว่าทางทฤษฎี 20 - 30%

ดังนั้น สูตรการหาแรงยึด ที่จะนำไปใช้ คือ

$$P_{\text{ท}} = \frac{A_p \times P_c}{m \times 100} \text{ KN}$$

จากตัวอย่างแบบที่คำนวณ พื้นที่ภาพฉายขอบแบบ คือ 395 ซม.^2 ความดันใน Cavity ที่สมมุติคือ 450 bar และถ้า $m = 75 \%$

$$P_{\text{ท}} = \frac{395 \times 450}{0.75 \times 100} = 2.370 \text{ KN (หรือ 237 ตัน)}$$

การคำนวณหาน้ำหนักพลาสติกที่จะใช้เข้าแม่พิมพ์ (Shot weight requirement)

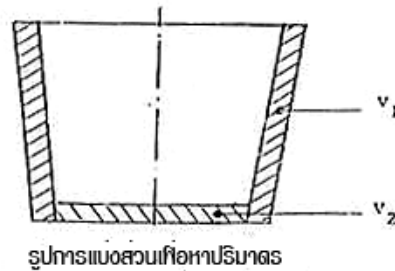
การหาน้ำหนักฉีดจะต้องทราบสิ่งต่อไปนี้

- ความหนาแน่นของวัตถุดิบในที่นี้เลือกใช้ HDPE ซึ่งมีความหนาแน่น 0.96 กรัม/ ซม.³

- ขนาดของชิ้นงาน ต้องทราบในเชิงปริมาตร

เมื่อทราบสองอย่างดังกล่าวนี้แล้วก็สามารถที่จะคำนวณหาน้ำหนักได้ คือ

น้ำหนัก = ปริมาตร x ความหนาแน่น



ภาพประกอบ 32 การแบ่งส่วนเพื่อหาปริมาตร

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 49.

สูตรการหาปริมาตรของทรงกรวยตัด คือ

$$V = \frac{\pi \cdot h}{2} \times [D^2 + d^2 + (D \times d)]$$

$$= 0.2618 \times h \times [D^2 + d^2 + (D \times d)]$$

ในภาพประกอบ 32 เราแบ่งชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

V_1 = ปริมาตรของส่วนที่เป็นผนังถ้วย

V_2 = ปริมาตรของส่วนที่เป็นพื้นด้านล่างของถ้วย

$$V_1 = 0.2618h[D^2 - D_1^2 + d^2 - d_1^2 + (D \times d) - (D_1 \times d_1)]$$

$$= 0.2618 \times 3.5 [11.2^2 - 10.8^2 + 11.02^2 - 10.62^2 + (11.2 \times 11.02) - (10.8 \times 10.62)]$$

$$= 23.99 = 24 \text{ ซม.}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \times d_1^2 \times h}{4}$$

$$= \frac{3.14 \times 10.62^2 \times 0.2}{4}$$

$$= 17.72 \text{ ซม.}^3$$

$$V = V_1 + V_2 = 24 + 17.72$$

$$= 41.72 \text{ ซม.}^3$$

น้ำหนักของชิ้นงานจะหาได้โดย

$$\text{น้ำหนัก} = \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่น} (\text{ซม.}^3 \times \text{กรัม/ซม.}^3)$$

$$= 41.72 \times 0.96 = 40.05 \text{ กรัม}$$

$$\text{สำหรับแม่พิมพ์ที่มี 4 Cavity} = 40.05 \times 4 = 160.2 \text{ กรัม}$$

ต้องเผื่อไว้สำหรับรูน้ำพลาสติกเข้าและทางวิ่ง คิดเป็นน้ำหนักประมาณ 20 % ของน้ำหนัก
ทั้ง 4 ชิ้นงาน ดังนั้น น้ำหนักฉีด = $160.2 \times 1.20 = 193 \text{ กรัม}$

และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องประมาณ 70-80 %

สมมุติว่าประสิทธิภาพของเครื่อง 75 %

$$\text{น้ำหนักฉีด} = \frac{193}{0.75} = 257 \text{ กรัม}$$

ขนาดฐานของแม่พิมพ์

ชั้นสุดท้ายที่จะตัดสินใจเลือกสำหรับการออกแบบ คือ ขนาดของแม่พิมพ์ทั้งในตำแหน่งเปิดและตำแหน่งปิด จากค่าที่ได้คำนวณไว้ แม่พิมพ์นี้จะต้องมี 4 Cavity ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ใหญ่ที่สุด คือ 112 มม. ดังนั้นเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกที่เผื่อไว้สำหรับ Cavity คือ 150 มม. และเพื่อให้แน่ใจว่า แผ่น Cavity จะมีความแข็งแรงเพียงพอจึงเลือก mould base ขนาดมาตรฐาน คือ ขนาด 546 x 546 มม.

การคำนวณความหนาของแม่พิมพ์และระยะสำหรับเปิดแม่พิมพ์

สำหรับแม่พิมพ์ที่มี 4 Cavity ดังรูปที่ 52 จะใช้แม่พิมพ์ที่มี 3 plate และใช้รูนี้พลาสติกเข้าแบบรูเข็ม (needle gate) ในการหาระยะของแม่พิมพ์ในตำแหน่งปิดและเปิด จะต้องทราบความหนาของแม่พิมพ์แต่ละแผ่น ซึ่งความหนาของแผ่นแม่พิมพ์นี้ อาจเลือกใช้ตามขนาดมาตรฐานที่มีอยู่ ยกเว้นบางกรณีที่ไม่สามารถใช้แม่พิมพ์มาตรฐานได้ ซึ่งจะต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

แม่พิมพ์ชุดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ คือ

ความสูงของชิ้นงาน 35 มม.

แผ่น Cavity # 456 มม. (ต้องหนากว่าความสูงของชิ้นงาน)

Coreplate 36 มม.

แผ่น # 2 และ # 326 มม. (ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน)

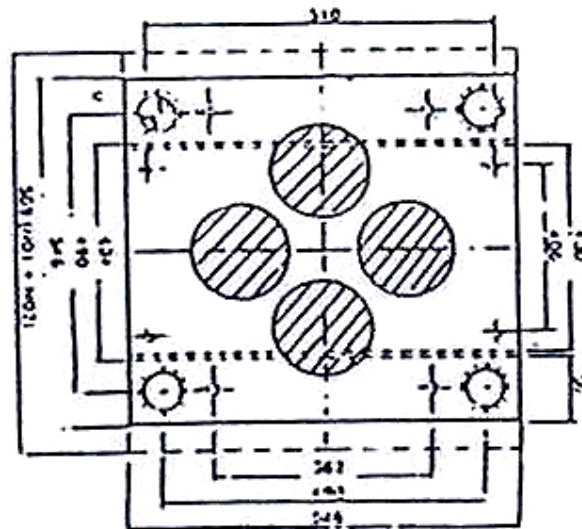
แผ่นปลด (Stripper plate) # 518 มม. (ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน)

Core back plate # 756 มม.

Space # 8 85 มม.

แผ่นยึดตัวปลด # 1016 มม.

Ejector back plate และ stop bottom 30 มม.



ภาพประกอบ 33 ตำแหน่งของคาร์วิต ในพิมพ์มาตรฐาน ขนาด 546 x 546 มม.
ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 51.

แผ่นที่ 1 = 36 มม.

2 = 26 มม.

3 = 26 มม.

4 = 56 มม.

5 = 18 มม.

6 = 36 มม.

7 = 56 มม.

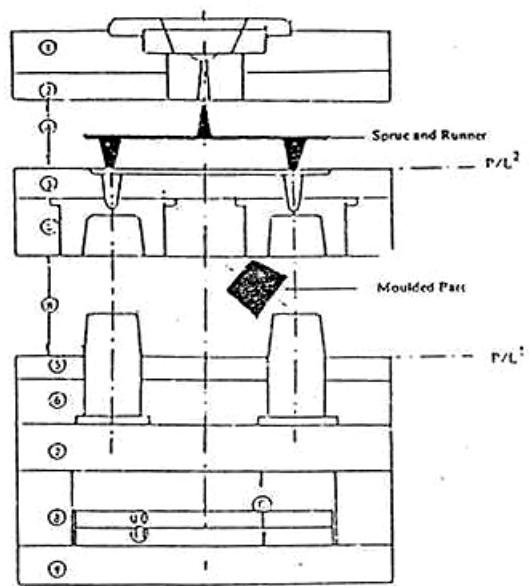
8 = 85 มม.

9 = 36 มม.

10 = 16 มม.

11 = 26 มม.

(ไม่มี Stop bottom)



ภาพประกอบ 34 ความหนาส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2545). หน้า 57.

A = 95 มม.

B = 110 มม.

C = แผ่น # 10 + แผ่น # 11 + stop bottom + ความสูงของชิ้นงาน + 4 มม.
(เพื่อให้ชิ้นงานหล่นได้)

= 85 มม.

ระยะของแม่พิมพ์ทั้งหมดในตำแหน่งปิด = 375 มม.

ระยะเปิด P/L 2 (A) เพื่อให้ sprue และ runner หล่นออก 95 มม.

ระยะเปิด P/L 1 (B) เพื่อให้ชิ้นงานหล่นได้อย่างสะดวก คือ 2 เท่าของความสูงของชิ้นงาน + ระยะเผื่อ 40 มม.

$$= (2 \times 35) + 40 = 110 \text{ มม.}$$

ระยะในตำแหน่งที่แม่พิมพ์เปิด 580 มม.

หมายเหตุ ไม่ควรใช้เครื่องเต็ม 100 % ของความสามารถในการทำงานของเครื่องควรใช้เพียงแค่ 70 % - 80 % เท่านั้น

4.2.4 การออกแบบ GATE

GATE คือ ส่วนที่ออกแบบไว้ เพื่อกำหนดจุดประตูลไหลของน้ำพลาสติก ให้เข้าสู่ CAVITY หรือประตูทางเข้า CAVITY

4.2.4.1 หน้าที่ของ GATE

4.2.4.1.1 ควบคุมความดันน้ำพลาสติก

4.2.4.1.2 เพื่อควบคุมให้น้ำพลาสติกไหลเข้าในลักษณะที่ไม่เกิดผลเสียกับ

ชิ้นงาน

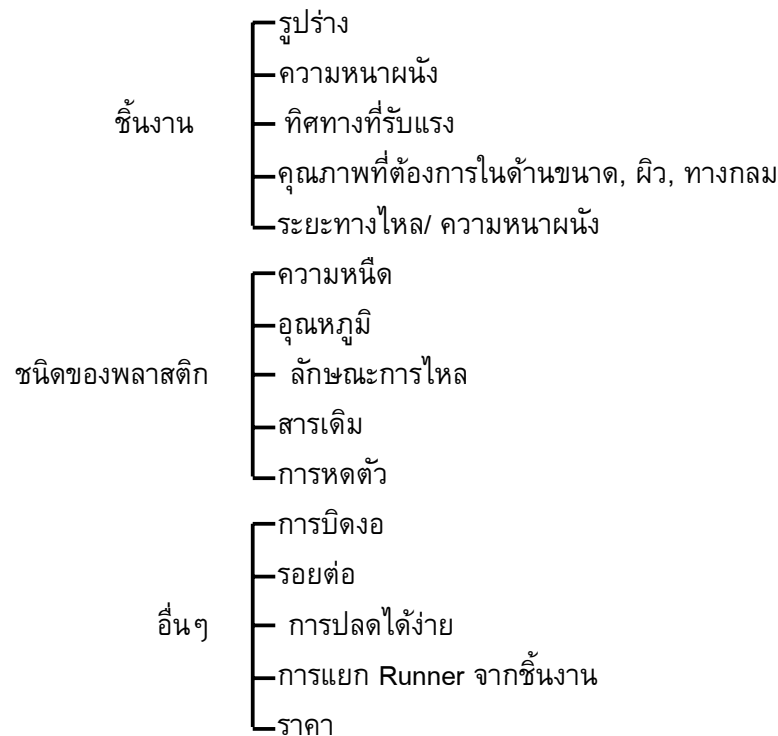
4.2.4.1.3 เพื่อให้แยกชิ้นงานกับ RUNNER ออกจากกัน

4.2.4.1.4 เพื่อป้องกันน้ำพลาสติกใน CAVITY ไหลกลับและกลับป้องกัน

Pressure ย้อนกลับ

4.2.4.1.5 เพื่อการผลิตแบบอัตโนมัติ

4.2.4.2 ปัจจัยในการกำหนดตำแหน่ง, การออกแบบและขนาดของ Gat



4.2.4.3 หลักการวางตำแหน่ง GATE

4.2.4.3.1 รูปร่างชิ้นงาน

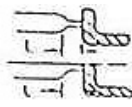
วางตำแหน่ง Gate ที่ส่วนหนาที่สุดของชิ้นงานทิศทางการไหลจาก Gate ไปยังส่วนต่างๆ ของชิ้นงาน มีระยะทางไหลเท่ากัน หลีกเลี่ยงการไหลเป็นลำ (Jetting) คำนึงถึงความ

- เป็นไปได้ในการระบายอากาศ
- 4.2.4.3.2 ทิศทางที่รับแรงสูงสุด การเลือกวางตำแหน่ง Gate ให้มีทิศทางความเค้นหลักตามทิศทางการไหล ซึ่งพลาสติกมีความต้านแรงดึงและแรงกระแทกได้สูงสุดโดยเฉพาะพลาสติกเสริมแรง (Reinforce)
- 4.2.4.3.3 ความเรียบร้อยของชิ้นงาน (รอย Gate, รอยต่อ, รอยยุบ) ตำแหน่ง Gate อยู่ในบริเวณที่ไม่สะดุดตาป้องกันการเกิดรอยต่อ หรือให้น้ำพลาสติกหลอมรวมกันได้ดี โดยระยะทางไหลสั้นให้แรงดันตามเพียงพอที่จะไม่เกิดรอยยุบ (Sink mark)
- 4.2.4.3.4 ขนาดที่ถูกต้อง พิจารณาการผิดขนาดของชิ้นงาน เนื่องจากการเสียรูปและการหดตัวในทิศทางต่างๆ การหดตัวอาจต่างกันในทิศทางการไหลและขวางการไหล
- 4.2.4.4 ข้อแนะนำทั่วไปของตำแหน่ง Gate
- 4.2.4.4.1 ให้ Gate เข้าทางด้านหน้าๆ ของชิ้นงานหลีกเลี่ยงจุดที่เป็นแหลมคมหรือมนโค้งบนชิ้นงานกำหนดตำแหน่ง Gate ที่ด้านกว้างดีกว่าด้านแคบ
- 4.2.4.4.2 กำหนดตำแหน่ง Gate เข้าในตำแหน่งที่แต่งชิ้นงานหรือตัดเกจออกจากชิ้นงานง่าย
- 4.2.4.4.3 กำหนดตำแหน่ง Gate เข้าให้มีระยะถึงจุดไกลสุดของเส้นทางการไหลพลาสติกเป็นระยะเท่ากัน
- 4.2.4.4.4 ใช้ Gate เข้าแบบจุด (Pin Point Gate) สำหรับชิ้นส่วนรูปถ้วย
- 4.2.4.4.5 ใช้ Gate เข้า 2 ประตูสำหรับชิ้นงานผอมสูงและชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน
- 4.2.4.4.6 ใช้ Gate เข้าหลายๆ แห่งสำหรับชิ้นงานบางๆ
- 4.2.4.4.7 วางตำแหน่ง Gate เข้าที่จะไม่ทำให้เกิดรอยต่อ

ตาราง 1 แนะนำขนาดของ Sprue gate ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับน้ำหนักของชิ้นงาน

น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Sprue gate (มม.)
เบากว่า 200	2 - 4
200 – 400	4 - 6
400 – 1000	6 - 8
หนักกว่า 1000	8 - 12

ตาราง 2 แนะนำการใช้ขนาดรันเนอร์และขนาดของเกจ

Runner 	Gate		Gate Land 	Remarks น้ำหนักชิ้นงาน (g)
	Pin Point			
	Over	To		
4 to 6	0.6	0.8	(W x D) 0.8₀^{+0.2} x 1.5₀^{+0.5}	0.8₀^{+0.3} < 150 g
8	0.8	1.2	1₀^{+0.5} x 2₀⁺¹	0.8₀^{+0.3} < 350 g
8 to 12	1.0	1.6	2₀⁺¹ x 3₀⁺²	0.8₀^{+0.3} < 350 g
6 to 8	0.6	1.0	1.0₀^{+0.5} x 1.5₀^{+0.5}	0.8₀^{+0.3} < 150 g
8 to 10	1.0	1.4	1.2₀^{+0.5} x 2₀^{+1.0}	0.8₀^{+0.3} < 350 g
10 to 14	1.4	1.8	2.5₀^{+0.5} x 4₀^{+3.0}	0.8₀^{+0.3} < 350 g

4.2.5 การออกแบบ Runner

RUNNER คือ เส้นทางสำหรับนำน้ำพลาสติกที่หลอมเหลวให้ไหลเข้าสู่ Cavity Runner อาจมีหลายเส้นทางก็ได้ แล้วแต่การออกแบบระบบทางเดินของน้ำ เป็นลักษณะแบบเดียวกับระบบชลประทานของน้ำทั่วไป

4.2.5.1 หน้าทีของ Runner

4.2.5.1.1 ลำเลียงน้ำพลาสติกเข้าสู่ Cavity อย่างรวดเร็วและไม่ติดขัดในเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยสูญเสียความร้อนและแรงดันน้อยที่สุด

4.2.5.1.2 น้ำพลาสติกไหลเข้า Cavity ที่ทุกๆ Gate พร้อมกันภายใต้แรงดันและอุณหภูมิที่เท่ากัน

4.2.5.1.3 หน้าตัดควรมีขนาดเล็ก เพื่อประหยัดเนื้อพลาสติก ถึงแม้หน้าตัดใหญ่อาจดีกว่าในการไหลเข้า Cavity และคงแรงดันตามไว้แต่ต้องใช้เวลาในการหล่อเย็นนานกว่า

4.2.5.1.4 อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ควรมีค่าน้อย

4.2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบ Runner

4.2.5.2.1 ปริมาตรชิ้นงาน

4.2.5.2.2 ความหนาผนัง

4.2.5.2.3 ชนิดพลาสติก

4.2.5.2.4 ระยะทางการไหลของน้ำพลาสติก

4.2.5.2.5 ความต้านทานการไหล

4.2.5.2.6 พื้นที่ผิวต่อปริมาตรของ Runner

4.2.5.2.7 การสูญเสียความร้อน

4.2.5.2.8 การสูญเสียจากความเสียดทาน

4.2.5.2.9 เวลาการหล่อเย็น

4.2.5.2.10 ปริมาณเศษพลาสติก

4.2.5.2.11 ค่าแม่พิมพ์

4.2.5.2.12 ชนิดของแม่พิมพ์

4.2.5.3 หน้าตัดของระบบ Runner ที่สมบูรณ์

4.2.5.3.1 ทำให้น้ำพลาสติกไหลเข้า Cavity โดยมีรอยต่อ (Weld Line) น้อย

ที่สุด

4.2.5.3.2 มีความต้านทานการไหลน้อยที่สุด

4.2.5.3.3 มีน้ำหนักน้อยเมื่อเทียบกับชิ้นงาน

4.2.5.3.4 ผลิตชิ้นงานได้ง่าย

4.2.5.3.5 ไม่ทำให้ชิ้นงานมีรอยตำหนิ

4.2.5.3.6 ระยะทางไหลสั้น เพื่อลดการสูญเสียแรงดัน, ความร้อนและ

พลาสติก

4.2.5.3.7 หน้าตัดใหญ่กว่าชิ้นงาน เพื่อให้ Runner กลายเป็นของแข็งช้ากว่าชิ้นงานและชิ้นงานได้รับแรงดันตาม (Holding Pressure)

4.2.5.3.8 ระบบ Runner ไม่ควรมีผลกระทบต่อการรอบเวลาฉีด (Cycle Time)

4.2.5.3.9 ระบบ Runner ควรให้เป็นรูปแบบ “H” เพื่อความสมดุลของการไหล

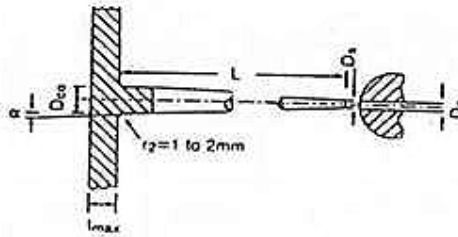
4.2.5.3.10 การวางตำแหน่งและแบบของ Gate ไม่ทำให้น้ำพลาสติกไหลเป็น

ลำ (Jetting)

4.2.5.3.11 ควรหลีกเลี่ยงระบบ Runner ในรูปแบบก้างปลา ซึ่งจะทำให้การไหลไม่ สมดุล

4.2.5.3.12 บริเวณส่วนปลายของ Runner จะต้องมีการ Gold Slug wells เสมอ

4.2.5.4 การคำนวณหาขนาด Runner



ภาพประกอบ 35 แสดงขนาดรันเนอร์

ที่มา : สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 43.

4.2.5.4.1 การใช้สูตร

$$D = \frac{w^{1/4} \times L^{1/2}}{3.7}$$

เมื่อ

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Runner (mm)

W = น้ำหนักของชิ้นงาน (g)

L = ความยาวของ Runner (mm)

ตาราง 3 แนะนำการใช้ขนาดรันเนอร์กับพลาสติกชนิดต่างๆ

Material	Diameter	
	mm	inch
ABS, SAN	5.0 – 10.0	3/16 - 3/8
Acetal	3.0 – 10.0	1/8 - 3/8
Acetate	5.0 – 11.0	3/16 - 7/16
Acrylic	8.0 – 10.0	5/16 - 3/8
Butyrate	5.0 – 10.0	3/16 - 3/8
Fluoracarbon	5.0 – 10.0	3/16 - 3/8
Impact acrylic	8.0 – 13.0	5/16 - 1/2
Ionomers	2.0 – 10.0	3/32 - 3/8
Nylon	2.0 – 10.0	1/16 - 3/8
Phenylene	6.0 - 10.0	1/4 - 3/8
Phenylene sulfide	6.0 – 13.0	3/16 - 3/8
Polycarbonate	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polyester(unreinforced)	3.0 – 8.0	1/8-5/16
Polyester	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polyethylen	2.0 – 10.0	1/16-3/8
Polyamide	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polyphenylen oxide	6.0 - 10.0	1/4-3/8
Polypropylen	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polystyrene	3.0 - 10.0	1/8-3/8
Polysulfone	6.0 - 10.0	1/4-3/8
Polyvinyl (plasticized)	3.0 - 10.0	1/8-3/8
PVC Rigid	6.0 - 16.0	1/4-5/8

4.2.6 การหล่อเย็นแม่พิมพ์และผลกระทบต่อชิ้นงาน

ระบบหล่อเย็นแม่พิมพ์ มีจุดประสงค์หลักก็คือ การช่วยเร่งให้ชิ้นงานพลาสติกเย็นตัวให้เร็วที่สุด เพื่อให้สามารถถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยที่ชิ้นงานอยู่สภาพสมบูรณ์มากที่สุด แต่ด้วยข้อจำกัดของคุณสมบัติของพลาสติก ทำให้ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานมากที่สุดของระบบการรักษารูปร่างของชิ้นงานให้เที่ยงตรง

4.2.6.1 กระบวนการหล่อเย็นของแม่พิมพ์

4.2.6.1.1 การนำความร้อน โดยการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อพลาสติกสู่แม่พิมพ์

4.2.6.1.2 การพาความร้อน โดยการถ่ายเทความร้อนจากแม่พิมพ์สู่ระบบหล่อเย็น ซึ่งเป็นสารหล่อเย็น

4.2.6.1.3 การแผ่รังสี โดยการถ่ายเทความร้อนเป็นในรูปการแผ่คลื่นความร้อนออกจากแม่พิมพ์

4.2.6.2 หลักการหล่อเย็นต่อคุณภาพชิ้นงานฉีด

การควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในแม่พิมพ์ต้องไม่แตกต่างกัน ในแต่ละส่วนของแม่พิมพ์และแต่ละส่วนของชิ้นงานจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อรูปทรงชิ้นงาน” จะเห็นได้ว่าหลักการนั้นเราจะออกแบบระบบหล่อเย็นด้วยวิธีไหนก็ได้ที่สามารถทำให้แม่พิมพ์มีการเย็นตัวพร้อมกันทุกจุด จึงจะได้ชิ้นงานตรงตามแบบพิมพ์ แต่ในการผลิตแม่พิมพ์ทำได้มากน้อยแค่ไหนก็จะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานไปด้วย

4.2.6.3 รูปแบบของการหล่อเย็น

4.2.6.3.1 Hard Cooling คือ การทำให้แม่พิมพ์และชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็วเหมาะสำหรับการผลิตหรือชิ้นงานปริมาณมาก ๆ (Mass Production) รอบการฉีด (Cycle time) สั้น

4.2.6.3.2 Soft Cooling โดยการใช้ระบบหล่อเย็นหรือการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ใกล้เคียงกับจุด Crystallite Melting point ของพลาสติกแล้วค่อย ๆ หล่อเย็นชิ้นงาน ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่มีความเที่ยงตรง และคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแม่พิมพ์จะตอบสนองต่อการพิจารณาเลือกแนวทางการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์การเย็นตัวของพลาสติกและผลกระทบต่อชิ้นงาน

4.2.6.4 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อรูปทรงชิ้นงานให้ช่วยเป็นตัว

4.2.6.4.1 ความหนาชิ้นงาน

4.2.6.4.2 ความยาวเส้นทางการไหลของน้ำพลาสติกในชิ้นงาน

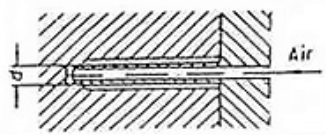
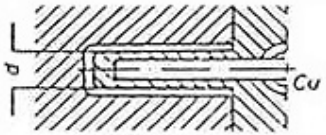
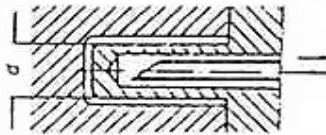
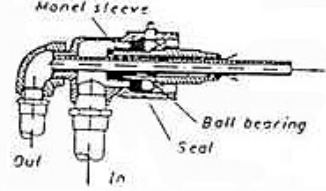
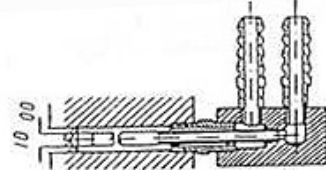
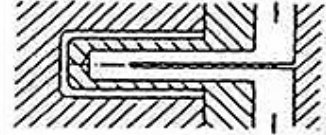
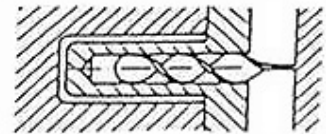
4.2.6.4.3 ตำแหน่งการหล่อเย็นชิ้นงาน

4.2.6.4.4 ชนิดของพลาสติกและการหดตัว

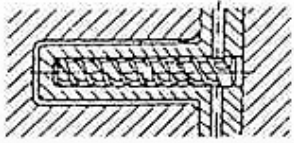
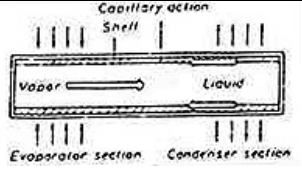
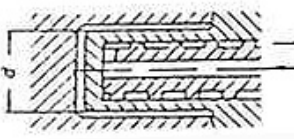
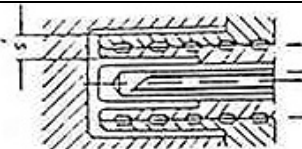
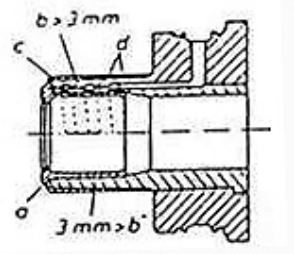
4.2.6.4.5 ความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกแต่ละจุดของชิ้นงาน

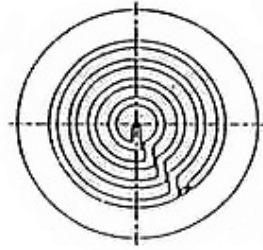
จากปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดสุดท้ายที่ทำให้เกิดปัญหาหรือส่งผลกระทบกับชิ้นงานคือ อัตราการเย็นตัว เย็นตัวแตกต่างกันอันเป็นสาเหตุหลักของการเสียรูปของชิ้นงาน อย่างเช่นในรูปตัวอย่าง

ตาราง 4 การออกแบบระบบหล่อเย็นในแม่พิมพ์

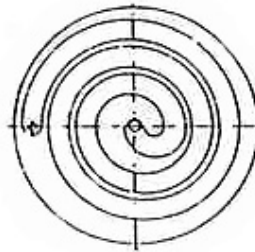
รูปที่	เส้นผ่าศูนย์กลางหรือความกว้างของคอร์	ลักษณะเฉพาะ	การออกแบบ
1	≥ 3 มม.	ถ่ายเทความร้อนออกโดยลมจากภายนอกขณะเปิดแม่พิมพ์ การหล่อเย็นแบบต่อเนื่องได้เฉพาะกับชิ้นงานรูปร่างคล้ายท่อ	
2	≥ 5 มม.	แท่งโลหะที่นำความร้อนจะต่อไปถึงท่อหล่อเย็นโค่นของแท่งหล่อเย็นควรทำให้ใหญ่	
3	≥ 8 มม.	ทำเป็นแบบน้ำพุหรือแบบพ่นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 4 มม. ควรตัดปลายเฉียง	
4		แบบน้ำพุ หรือแบบพ่น ID = OD/2	
5		แบบน้ำพุ หรือแบบพ่นสำหรับคอร์ที่มีการหมุนเพื่อคลายเกลียว	
6		แบบแผ่นกั้น	
7		แบบแผ่นกั้นปิดเป็นเกลียว	

ตาราง 4 (ต่อ) การออกแบบระบบหล่อเย็นในแม่พิมพ์

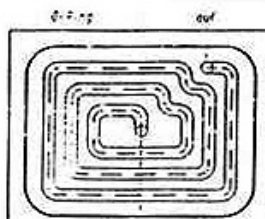
รูปที่	เส้นผ่าศูนย์กลางหรือความกว้างของคอร์	ลักษณะเฉพาะ	การออกแบบ
8		แกนที่มีร่องขุดเป็นเกลียวปากเดียวหรือสองปาก ใส่แบบหลวมๆ เข้าไปในคอร์เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน	
9		แท่งถ่ายเทความร้อน มีขนาดตั้งแต่ 3 มม. ภายในบรรจุของเหลวนำความร้อน	
10	≥ 40 มม.	หล่อเย็นแบบร่องเกลียว	
11	คอร์ตันใน $S \geq 4$ มม.	แบบร่องเกลียวคู่ และแบบน้ำพุ	
12		a. ชี้นางาน b. ปลอกโลหะผสมทองแดง-เบริลเลียม ≤ 3 มม. d. เหล็กกล้า 3 มม. c. ช่องหล่อเย็นแบบเกลียว d. ชิ้นส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมนำมาเชื่อมติดกัน	



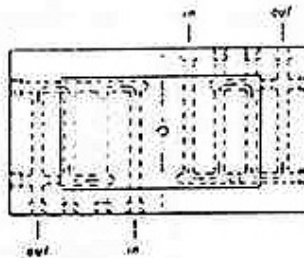
ภาพประกอบ 36 ระบบหล่อเย็นรูปวงกลมร่องวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด่าง. (2538). หน้า 233.



ภาพประกอบ 37 ระบบหล่อเย็นรูปวงกลมร่องขดเป็นวง
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด่าง. (2538). หน้า 233.



ภาพประกอบ 38 ระบบหล่อเย็นเป็นรูปขดสำหรับชิ้นงานเหลี่ยม
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด่าง. (2538). หน้า 234.



ภาพประกอบ 39 ระบบหล่อเย็นสำหรับชิ้นงานรูปสี่เหลี่ยมที่ gate เข้าสู่ศูนย์กลาง
ที่มา : ชัยรัตน์ แก้วด่าง. (2538). หน้า 234.

4.3 การตรวจสอบแบบแม่พิมพ์

เมื่อเราได้ทำการออกแบบแล้วเสร็จหรือได้รับแบบมา อันดับแรกจะเริ่มดูโครงสร้างทั่วๆ ไป พลาสติกที่จะใช้ฉีด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุดและรักษาแม่พิมพ์ให้ยาวนาน จึงต้องพิจารณาในส่วนแบบแม่พิมพ์ก่อนเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะดำเนินการผลิตจริง

4.3.1 การพิจารณาตรวจสอบแบบแม่พิมพ์

4.3.1.1 ตรวจสอบโครงสร้างหลักของชิ้นงาน ความแข็งแรง ความหนาของแม่พิมพ์ตำแหน่ง Support ต่างๆ

4.3.1.2 ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ Standard Parts ว่าถูกต้องหรือไม่รวมทั้งกระบวนการทางความร้อนและการตรวจสอบความแข็ง

4.3.1.3 ตรวจสอบโครงสร้างของชิ้นงาน ที่จะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างหลักจากการเย็นตัว

4.3.1.4 ตรวจสอบระบบการทำงานต่าง ๆ ของแม่พิมพ์

4.3.1.4.1 ระบบปลดชิ้นงาน

4.3.1.4.2 การระบายอากาศ

4.3.1.4.3 การวางระบบ Runner

4.3.1.4.4 ระบบหล่อเย็น

4.3.1.5 ตรวจสอบความสามารถการขึ้นรูปเครื่องจักรกล

4.3.1.5.1 เครื่อง Milling

4.3.1.5.2 เครื่อง EDM

4.3.1.5.3 เครื่องเจียระไน

4.3.1.5.4 การขัดผิวขั้นสุดท้าย

4.3.1.6 ตรวจสอบโอกาสการเสียรูปแม่พิมพ์ขณะใช้งาน

4.3.1.6.1 การสึกกร่อนของ Cavity และ Core

4.3.1.6.2 โอกาสเสียโครงสร้างรวมเมื่อรับแรงฉีดที่สูงและแรงยึดแม่พิมพ์

4.3.1.6.3 การเคลื่อนย้ายตำแหน่ง Parting Line

4.3.1.6.4 การเสียรูปของ Cavity เมื่อได้รับแรงอัดที่สูง

4.3.1.6.5 การเสียหายและการเคลื่อนตัวของ Core ขณะรับแรงฉีด

โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ใกล้เกจ

4.3.1.6.6 Insert และการจับยึด Insert

4.3.1.6.7 Slide Core และ Angle Pin

4.3.1.6.8 การเสียดสีของ Ejector Pin และการหักหรืองอโค้งของ Ejector Pin

4.3.2 หัวข้อการวิเคราะห์

4.3.2.1 แบ่งกลุ่มชิ้นงาน 2 กลุ่ม

4.3.2.1.1 กลุ่มที่สึกหรอปกติ จะเปลี่ยนตามกำหนดเวลา เช่น บูช สลัก คอรั

ฯลฯ

4.3.2.1.2 กลุ่มที่แตกหักปกติ จะเปลี่ยนทันทีที่แตกหัก เช่น Ejector Pin,

Slide ต่าง ๆ ฯลฯ

4.3.2.2 ปัจจัยความเสียหายของแม่พิมพ์

4.3.2.2.1 การออกแบบโครงสร้างแม่พิมพ์

4.3.2.2.2 วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

4.3.2.2.3 การ Machining

4.3.2.2.4 การอบชุบด้วยความร้อน

4.3.2.2.5 การเจียรไน

4.3.2.2.6 การใช้งานแม่พิมพ์

4.3.2.2.7 การบำรุงรักษา

4.3.2.3 จุดที่เกิดความเสียหายบ่อยในแม่พิมพ์ฉีด

4.3.2.3.1 การเคลื่อนย้ายของเส้น Parting Line

4.3.2.3.2 ผิวหน้าผิวแม่พิมพ์เกิดการยุบหรือเป็นรอย

4.3.2.3.3 ผิวของ Cavity หรือ Core เกิดการแตกร้าวหรือแตกสะเก็ด

4.3.2.3.4 รูเกจเกิดการอุดตัน

4.3.2.3.5 Insert ต่าง ๆ เกิดการเคลื่อนย้ายหรือเบี้ยวเบน

4.3.2.3.6 เกิดการกัดกร่อนที่คอรัเล็ก ๆ

4.3.2.3.7 Slide Core และ Angle Pin เกิดการไหม้และสึกหรอ

4.3.2.3.8 Ejector Pin เกิดการหักงอโค้งหรือแตกหัก

4.3.2.3.9 ท่อน้ำหล่อเย็นเกิดการอุดตัน

4.3.3 การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์

การประกอบแม่พิมพ์นั้นเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก ผู้ประกอบเองต้องเข้าใจและรู้รายละเอียดของแม่พิมพ์อย่างดี ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ การขึ้นรูป การแก้ปัญหา การ Machine ชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและประสบการณ์เป็นอย่างสูง รวมทั้งการทดลอง ตรวจสอบ และซ่อมแม่พิมพ์ ก็จำเป็นต้องมีในตัวช่างประกอบแม่พิมพ์ ปัจจุบันบุคลากรทางด้านการประกอบแม่พิมพ์นั้นหายาก

สำหรับแม่พิมพ์ที่จะนำมาประกอบด้วยกันนั้น ชิ้นส่วนทุกชิ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบ และตรวจวัด ขนาด ผิว ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน โดยเฉพาะ Insert ที่จะนำมาใช้ ต้องเน้นในเรื่องพิถีพิถันความเผื่อให้ถูกต้อง ผิวในส่วน คาวิตีและคอรั จะต้องเป็นผิวสำเร็จรูปแล้ว การประกอบจะแบ่งแม่พิมพ์เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนคอรั กับส่วนคาวิตี

4.3.3.1 การประกอบ Cavity ทำได้ดังนี้

- 4.3.3.1.1 ประกอบในส่วนของ Insert ต่าง ๆ เข้ากับแผ่น Cavity Plate เสียก่อน พร้อมกับ Guide Pin
- 4.3.3.1.2 ตรวจสอบขนาด ผิว ของแผ่นคาวิตีให้ถูกต้องตามแบบ
- 4.3.3.1.3 ถ้ามีส่วนประกอบอื่น ๆ หรือกลไกเพิ่มเติมในแม่พิมพ์ ก็ดำเนินการประกอบตามหลักเกณฑ์ของรูปแบบนั้น ๆ

4.3.3.1.4 แผ่น Front Plate ประกอบ Locating Ring, Sprue Bush และ Spring Ejector Runner

4.3.3.1.5 ถ้าแม่พิมพ์มีแผ่น Runner Plate ด้วย ก็จะประกอบแผ่น Runner พร้อมกับ Locking Runner Pin ให้เรียบร้อยก่อน

4.3.3.1.6 ประกอบแผ่น Front Plate + Runner Plate + Cavity Plate

4.3.3.2 การประกอบส่วน Core

4.3.3.2.1 ประกอบในส่วนที่เป็น Insert ต่างๆ เข้ากับแผ่น Core ให้เรียบร้อย เสียก่อน และตรวจสอบขนาดต่างๆ และผิวของ Core ถูกต้อง

4.3.3.2.2 ประกอบ Guide Pin พร้อมกับแผ่น Core back Plate เข้ากับแผ่น Core Plate

4.3.3.2.3 ทดลองใส่ Ejector Pin ผ่านรูใส่เข็มกระทุ้งโดยไม่ติดขัด ทุกตำแหน่งและทั้ง Core Plate และ Core Back Plate

4.3.3.2.4 ชุด Ejector Pin ประกอบได้ดังนี้

4.3.3.2.4.1 ใส่ Ejector Pin และ Return Pin พร้อมสปริงกับแผ่น Retaining Ejector Plate

4.3.3.2.4.2 ประกอบ Ejector Pin ประกอบได้ดังนี้

4.3.3.2.5 ทดลองนำชุดกระทุ้งไปประกอบกับชุด Core Plate ดูเพื่อไม่ให้มีปัญหาเรื่องตำแหน่งรูเข็มกระทุ้งไม่ตรงตำแหน่ง และค้างไว้ตำแหน่งนั้น

4.3.3.2.6 นำแผ่น Back Plate และ Specer bar พร้อมสกรูยึดค้อย ๆ ขึ้นสกรูยึดเข้าไปให้แน่น ขณะนั้นต้องระมัดระวัง พยายามขันให้เข้าพร้อมกันทุกด้าน สังเกตขณะนั้นสกรูยึดจะค้อยดันสปริงของ Return Pin และตรวจดู Ejector Pin ให้ใส่ไปในตำแหน่งของรูเข็มกระทุ้งอย่าง ไม่ติดขัดและผิวเรียบเสมอผิวคอร

4.3.3.2.7 นำชุดแม่พิมพ์ทั้งสองชุดประกอบเข้าด้วย โดยอาศัย Guide Pin และ Bush เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องใช้เครื่องมือในการประกอบด้วยเสมอ เพราะน้ำหนักของแม่พิมพ์มาก

ข้อควรระมัดระวัง

ในการประกอบแม่พิมพ์จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และใจเย็นเป็นพิเศษ ห้ามขึ้นส่วนทุกชนิดกระแทกหรือครูดไปกับผิวพื้นเตี๊ยะขัด โดยเฉพาะในส่วนของ Core และ Cavity การ

ใช้ต้นทุนให้ใช้เฉพาะค้อนยาง ค้อนพลาสติก หรือค้อนโลหะชนิดอ่อน เท่านั้น โดยปกติแล้วชิ้นส่วนถ้าผลิตมาได้มาตรฐานตามแบบแล้ว ในขั้นตอนการประกอบจะไม่ยาก ไม่ต้องแก้ไขมากนัก ประกอบกันไม่ยาก

4.3.4 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์

การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance)

การจัดระบบโรงงานโดยพิจารณาในการซ่อมบำรุง

4.3.4.1 ข้อแนะนำในการดูแลรักษาแม่พิมพ์

4.3.4.1.1 การใช้สมุดบันทึกแม่พิมพ์ให้เป็นประโยชน์หรือสมุดประวัติแม่พิมพ์

4.3.4.1.2 การควบคุมและดูแลท่อน้ำเย็นตลอดอายุแม่พิมพ์

4.3.4.1.3 การควบคุมดูแลผิวหน้าแม่พิมพ์ และช่องระบายอากาศ

4.3.4.2 หัวข้อที่ควรบันทึกลงในสมุดประวัติแม่พิมพ์

4.3.4.2.1 เบอร์ของแม่พิมพ์

4.3.4.2.2 ชื่อชิ้นงาน

4.3.4.2.3 วัสดุที่ใช้ฉีด

4.3.4.2.4 น้ำหนักต่อ Shot

4.3.4.2.5 น้ำหนักชิ้นงาน

4.3.4.2.6 จำนวน Cavity

4.3.4.2.7 เงื่อนไขการฉีดขึ้นรูป

4.3.4.2.8 ประวัติการฉีดขึ้นรูป

4.3.4.2.9 ประวัติการซ่อม

4.3.4.2.10 อื่น ๆ

4.3.4.3 เวลาติดตั้งอยู่กับเครื่องฉีดพลาสติก

4.3.4.3.1 ใช้ผ้าเช็ดผิวแม่พิมพ์ให้ทั่วถึง

4.3.4.3.2 พ่นสเปรย์ป้องกันสนิมบาง ๆ (เลือกใช้สเปรย์ที่ใช้เฉพาะกับแม่พิมพ์

ฉีดพลาสติก)

4.3.4.3.3 ปิดแม่พิมพ์เอาไว้ด้วยแรงปิดต่ำ

4.3.4.3.4 เวลาที่เริ่มต้นฉีดใหม่ ใช้ผ้าเช็ดผิวแม่พิมพ์อย่างทั่วถึง

4.3.4.4 เวลาถอดลงจากเครื่องฉีดพลาสติก

4.3.4.4.1 (ภายหลังจากทำตามขั้นตอนที่ระบุไว้ด้านบนเวลาติดตั้งค้างอยู่บนเครื่องฉีดเรียบร้อยแล้วถอดออกจากเครื่องฉีด เป่าไล่ไล่ที่ตกค้างภายในรูน้ำหล่อเย็นออกให้หมด)

4.3.4.4.2 (ถอดสายยางส่งน้ำ (Nipple) แยกเก็บไว้ต่างหาก

4.3.4.4.3 ใช้เทปปิดท่อหุ้ม Locating Ring และปิดรูฉีด (ป้องกันเศษผงหรือ

เข้า)

4.3.4.5 เวลาที่ไม่ใช้งานสักระยะหนึ่ง)

- 4.3.4.5.1 (ภายหลังจากทำตามที่เราได้ดูไว้ด้านบนเรียบร้อยแล้ว)
- 4.3.4.5.2 วางแม่พิมพ์ตัวผู้แม่พิมพ์ตัวเมีย แยกกันบนพื้น ทำการตรวจเช็ค
ล้างคราบน้ำมัน (รูต่างๆ ให้ล้างภายใน ด้วย น้ำยาล้างคราบน้ำมัน เป่าลมไล่ออกให้หมด)
- 4.3.4.5.3 ใช้ผ้าเช็ดถูให้ทั่วถึง
- 4.3.4.5.4 ลงน้ำยาป้องกันสนิมให้ทั่วถึง (เลือกใช้น้ำยาที่ใช้เฉพาะกับแม่พิมพ์
ฉีดพลาสติก)
- 4.3.4.6 สถานที่เก็บรักษา
- 4.3.4.6.1 เก็บวางไว้บนชั้นเก็บรักษา (ติดป้ายบอกแสดงให้เห็น)
- 4.3.4.6.2 ในกรณีที่วางบนชั้นเก็บรักษาไม่ได้ให้วางบน Pallet ที่ทำจากไม้
(ห้ามวางบนพื้นคอนกรีต)
- 4.3.4.6.3 เก็บวางในที่แห้ง (ถ้าความชื้นสูงเกินกว่า 70 % จะขึ้นสนิมได้ง่าย
ขึ้น)

ตาราง 5 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์เพียงตรงสูง

ระดับการตรวจซ่อม	วิธีการตรวจซ่อม	ระยะเวลากำหนด
ระดับปกติ	ทำความสะอาดผิวแม่พิมพ์ให้ทั่ว ล้าง คราบน้ำมัน ทำความสะอาดให้แห้งทุก จุด โดยเฉพาะในท่อน้ำหล่อเย็น และผิ ข้างใน พ่นน้ำยากันสนิม	หลังจากการปฏิบัติงานฉีด ประจำวัน
ระดับตรวจสอบ ตามอายุ	ปฏิบัติเช่นเดียวกับปกติ เพิ่มการถอด ชิ้นส่วนที่มีการเสียดสี และเคลื่อนที่ เช่น บูช เข็มกระทุ้ง Angle Pin Slide Core ฯลฯ ออกมาทำความสะอาด ตรวจสอบขนาดความเสียหาย และ เปลี่ยนทดแทน	กำหนดอายุการซ่อมบำรุงรักษา ตามสภาพของแม่พิมพ์และ ความต้องการความเที่ยงตรง อาจกำหนด ระยะเวลาหรือ จำนวน Shot ก็ได้
ระดับเข้มข้น	ปฏิบัติเช่นเดียวกับปกติ เพิ่มการถอด ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกมาทำความสะอาด ตรวจสอบขนาด ความเสียหายและ เปลี่ยนทดแทน	ทุกครั้งหลังปฏิบัติการฉีดเสร็จ แล้ว ตามระยะเวลาหรือจำนวน Shot ก็ได้

ที่มา : สถาบันคั่นคว่ำและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม. (2547). หน้า 63.

5. ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกนั้น จะให้ความสำคัญถูกต้องและมีมาตรฐานได้จะต้องมีการทำการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อจะทำให้หลักสูตรฝึกอบรมเป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ จะต้องประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คือ การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ การวัดผล การประเมินผล พฤติกรรมทางการศึกษา แบบทดสอบ การวิเคราะห์ข้อสอบ

5.1 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การที่จะศึกษาหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อให้ได้เกณฑ์ที่กำหนดจะต้องมีการทดลองและปรับปรุงในอันที่จะทำให้ได้หลักสูตรฝึกอบรมตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้และมีประโยชน์ต่อหลักสูตรฝึกอบรมคือ ทำให้หลักสูตรฝึกอบรมมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพต่อการนำไปฝึกอบรม

เกณฑ์ประสิทธิภาพ หมายถึง ระดับขีดความสามารถของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่เป็นเกณฑ์กำหนดประสิทธิภาพในอันที่จะทำให้ผู้เข้ารับการอบรมเกิดความรู้และทักษะในเนื้อหาที่ทำการฝึกอบรม

การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ สามารถที่จะทำได้ โดยการประเมินผลพฤติกรรมของผู้เขียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่องและพฤติกรรมขั้นสุดท้าย โดยกำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น E (ประสิทธิภาพของกระบวนการ) E2 (ประสิทธิภาพของผลลัพธ์) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้ (สมณ กล้าหาญ. 2543:47-50)

ประเมินพฤติกรรมต่อเนื่อง (Transitional Behavior) คือ ประเมินผลต่อเนื่อง ซึ่งประกอบไปด้วยพฤติกรรมย่อยหลายๆ พฤติกรรม เรียกว่า กระบวนการ ของผู้เรียนที่สังเกตจากการประกอบกิจกรรมกลุ่ม (รายงานกลุ่ม) และรายงานบุคคล ได้แก่ งานที่มอบหมาย และกิจกรรมอื่นที่ผู้สอนกำหนดไว้

ประเมินพฤติกรรมขั้นสุดท้าย (Terminal Behavior) คือ ประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียน โดยพิจารณาจากการสอบหลังเรียน และการสอบไล่

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจโดยกำหนดเป็นเปอร์เซ็นต์ ของผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมด ต่อเปอร์เซ็นต์ ของผลเฉลี่ยของผลการสอบหลังเรียนของผู้เรียนทั้งหมด นั่นคือ E1/E2 คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ/ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ เช่น 80/80 หมายความว่าเมื่อเข้ารับการฝึกอบรมจากหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแล้ว ผู้เรียนสามารถ

ทำแบบฝึกหัดหรืองานได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 และทำแบบทดสอบหลังเรียนได้ผลเฉลี่ยร้อยละ 80 การที่จะกำหนดเกณฑ์ E1/E2 ให้มีค่าเท่าใดนั้นผู้สอนเป็นผู้พิจารณา โดยปกติเนื้อหาที่เป็นความรู้ ความจำมักจะตั้งไว้ 80/80 85/85 หรือ 90/90 ส่วนเนื้อหาที่เป็นทักษะอาจตั้งไว้ต่ำกว่านี้ เช่น 75/75

5.1.1 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพของสื่อการสอนโดยใช้สูตร กระทำโดยใช้สูตรต่อไปนี้

$$E_1 = \left[\frac{\sum X_1}{\frac{N}{A}} \right] \times 100$$

- E_1 = ประสิทธิภาพของกระบวนการ
 $\sum X_1$ = คะแนนรวมของแบบฝึกหัดหรืองาน
 N = จำนวนผู้เรียน
 A = คะแนนเต็มของแบบฝึกหัดทุกชิ้นรวมกัน

$$E_2 = \left[\frac{\sum X_2}{\frac{N}{B}} \right] \times 100$$

- E_2 = ประสิทธิภาพของผลลัพธ์
 $\sum X_2$ = คะแนนรวมของผลลัพธ์หลังเรียน
 N = จำนวนผู้เรียน
 B = คะแนนเต็มของการสอบหลังเรียน

การคำนวณหาประสิทธิภาพโดยใช้หลักสูตรข้างต้น ก็จะมีการนำคะแนนแบบฝึกหัด หรือผลงาน ในขณะที่ประกอบกิจกรรมกลุ่ม/เดี่ยว และคะแนนสอบหลังเรียนมาเข้าตารางแล้วจึง คำนวณหาค่า E1/E2

หลังจากคำนวณหาค่า E1 และ E2 ผลลัพธ์ที่ได้มักจะใกล้เคียงกัน และห่างกันไม่เกิน ร้อยละ 5 ซึ่งเป็นตัวชี้ที่จะยืนยันได้ว่า นักเรียนได้มีการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมต่อเนื่องตามลำดับขั้น หรือไม่ ก่อนจะมีการเปลี่ยนพฤติกรรมขั้นสุดท้าย หรืออีกนัยหนึ่งการที่นักเรียนจะสอบไล่ได้เท่าใด เช่น ร้อยละ 90 นั้น นักเรียนมีความรู้จริง หรือทำได้เพราะการเดาสุ่ม เมื่อมีการรายงานคะแนนเป็น ตัวเลข 2 ตัว เช่น 78/83 นั้นจะทำให้เราทราบว่านักเรียนทำงานและแบบฝึกหัดทั้งปีได้ ร้อยละ 78 และสอบไล่ได้ ร้อยละ 83 เป็นการยืนยันการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมของนักเรียนที่ค่อนข้างแน่นอน

5.1.2 ขั้นตอนการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เมื่อทำการสร้างหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกขึ้นเป็นต้นแบบแล้ว ต้องนำเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมไปหาประสิทธิภาพตามขั้นตอนดังนี้

5.1.2.1 แบบเดี่ยว (1:1) คือ ทดลองเรียนกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลางและเก่ง คำนวณหาค่าประสิทธิภาพ เสร็จแล้วปรับปรุงให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดลองแบบเดี่ยวนี้จะได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาก แต่ไม่ต้องวิตกเมื่อปรับปรุงแล้วสูงขึ้นมากก็นำไปทดลองแบบกลุ่ม ในขั้นนี้ E1/E2 ที่จะได้จะมีค่าประมาณ 60/60

5.1.2.2 แบบกลุ่ม (1:10) คือ ทดลองกับผู้เรียน 6-10 คน (ละผู้เรียนที่เก่งกับอ่อน) คำนวณหาค่าประสิทธิภาพแล้วปรับปรุง ในคราวนี้คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นอีกเกือบเท่ากับเกณฑ์ โดยเฉลี่ยจะห่างจากเกณฑ์ประมาณ 10 % นั่นคือ E1/E2 ที่จะได้จะมีค่าประมาณ 70/70

5.1.2.3 ภาคสนาม (1:100) ทดลองกับผู้เรียนทั้งชั้น 40 -100 คน คำนวณหาค่าประสิทธิภาพแล้วทำการปรับปรุง ผลลัพธ์ที่ได้ควรใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากต่ำกว่าเกณฑ์ไม่เกิน 25% ก็ให้ยอมรับ หากแตกต่างกันมากผู้สอนต้องกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพของบทเรียนคอมพิวเตอร์ช่วยสอนใหม่ โดยยึดสภาพความเป็นจริงเป็นเกณฑ์ สมมุติว่า เมื่อทดสอบหาประสิทธิภาพแล้วได้ 83.5/85.4 ก็แสดงว่าสื่อการสอนนั้นมีประสิทธิภาพใกล้เคียงกับเกณฑ์ 85/85 ที่ตั้งไว้ แต่ถ้าตั้งเกณฑ์ไว้ 75/75 เมื่อผลการทดลองเป็น 83.5/85.5 ก็อาจเลื่อนเกณฑ์ขึ้นมาเป็น 85/85 ได้

5.2 การวัดผล

ในกระบวนการของการหาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จะต้องมีการวัดผลเพื่อเป็นการกำหนด โดยมีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้กล่าวไว้ดังนี้

สมนึก ภัททิยธนี (2541 : 1) ได้กล่าวว่าการวัดผล หมายถึง กระบวนการการประมาณหรือจำนวนของสิ่งของต่างๆ โดยใช้เครื่องมืออย่างใดอย่างหนึ่งมาวัด ผลจากการวัดมักจะออกมาเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์หรือข้อมูล

ภัทรา นิคมนนท์ (2543 : 10) ได้กล่าวว่าการวัดผล หมายถึง กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคนอยู่ตลอดเวลา ทุกครั้งที่เกิดปัญหาในการตัดสินใจ เรามักจะหาข้อมูลเพื่อใช้ประกอบในการตัดสินใจได้ถูกต้อง การหาข้อมูลจำเป็นต้องใช้เครื่องมือหรือเทคนิควิธีต่างๆ ในการรวบรวมข้อมูล

จากความหมายของการวัดผลที่ได้มีผู้รู้ นักการศึกษาและนักวิชาการได้กล่าวไว้ นั้นสามารถสรุปได้ว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการกำหนดคุณลักษณะปริมาณของข้อมูลที่เป็นทั้งบุคคล หรือสิ่งของได้ โดยระบุเป็นตัวเลขหรือสัญลักษณ์ในการทำการวัด

5.3 การประเมินผล

การที่จะอธิบายถึงประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะอยู่ในระดับเกณฑ์ที่ยอมรับได้นั้นจะต้องมีการประเมินผล โดยได้มีผู้รู้ นักการศึกษา นักวิชาการ ได้กล่าวไว้ดังนี้

พิชิต ฤทธิ์จรูญ (2544:5) ได้กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การตัดสินคุณค่าหรือการตีราคาข้อมูลที่ได้จากการวัดโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้

ภัทรา นิคมนนท์ (253:12) ได้กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การนำเอาข้อมูลทั้งหลายที่ได้จากการวัดมาใช้ในการตัดสินใจ โดยการหาข้อสรุปตัดสินประเมินค่าหรือตีราคาโดยเปรียบเทียบกับข้อมูลอื่นๆ หรือเกณฑ์ที่ตั้งไว้

5.3.1 ประเภทของการประเมินผล การประเมินผล สามารถจำแนกประเภทได้ดังนี้

5.3.1.1 จำแนกตามวัตถุประสงค์ของการประเมิน แบ่งเป็น 3 ประเภทคือ

5.3.1.1.1 การประเมินผลก่อนเรียน (Pre-evaluation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบความรู้พื้นฐานและทักษะของผู้เรียนว่า มีความรู้เพียงพอที่จะเรียนต่อในรายวิชาใหม่หรือเนื้อหาใหม่ได้หรือไม่ ถ้าพบว่ามีความรู้พื้นฐานไม่เพียงพอหรือไม่มีพฤติกรรมขั้นต้นก่อนเรียน ครูจะจัดให้มีการสอนปรับพื้นฐานจนผู้เรียนมีความรู้เพียงพอที่จะเรียนในเนื้อหาใหม่ได้

5.3.1.1.2 การประเมินผลระหว่างเรียนหรือประเมินความก้าวหน้า (Formative evaluation) มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนบรรลุตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนดไว้หรือไม่ เพียงใด หากพบว่ามีข้อบกพร่องในจุดประสงค์ใด ก็หาแนวทางปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องในจุดประสงค์นั้นๆ โดยจัดสอนซ่อมเสริมให้แก่ผู้เรียน

5.3.1.1.3 การประเมินผลรวมสรุป (Summative evaluation) เป็นการประเมินเพื่อตัดสินผลการเรียนมีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาว่าผู้เรียนมีความรู้ทั้งสิ้นเท่าไร ควรตัดสินได้-ตก ผ่าน-ไม่ผ่าน หรือควรได้เกรดอะไร เป็นต้น

5.3.2 จำแนกตามระบบการวัดผล แบ่งเป็น 2 ประเภท

5.3.2.1 การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm-referenced evaluation) เป็นการตัดสินคุณค่าของคุณลักษณะหรือพฤติกรรม โดยเปรียบเทียบกับผู้เรียนที่อยู่ในกลุ่มเดียวกันที่ทำข้อสอบฉบับเดียวกันโดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกหรือจัดลำดับบุคคลในกลุ่มนั้นๆ ตัวอย่างของการประเมินแบบอิงกลุ่ม เช่น การสอบคัดเลือกเข้าศึกษาต่อในสถานศึกษา การสอบชิงทุนการศึกษา เป็นต้น

5.3.2.2 การประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced evaluation) เป็นการตัดสินคุณค่าของคุณลักษณะหรือพฤติกรรมโดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ ซึ่งเกณฑ์มีทั้งเกณฑ์มาตรฐาน (Standard criteria) ที่มีอยู่แล้วหรือเกณฑ์ที่ผู้ประเมินกำหนดขึ้น (Arbitrary criteria) ในทางปฏิบัติการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เกณฑ์จะหมายถึง กลุ่มพฤติกรรมตาม

จุดมุ่งหมายในแต่ละบทหรือหน่วยการเรียนรู้โดยทั่วไป นิยมใช้จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (Behavioral objective) หรือกลุ่มของพฤติกรรม (Domain of behavior)

5.4 พฤติกรรมทางการศึกษา

พฤติกรรมทางการศึกษาที่นิยมใช้ในปัจจุบันเป็นของบลูมและคณะ ซึ่งใช้หลักการจัดจำแนกอันดับ (taxonomy) จำแนกพฤติกรรมการศึกษาเป็น 3 ประเภทคือ พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย (cognitive domain) พฤติกรรมด้านจิตพิสัย (affective domain) และพฤติกรรมด้านทักษะพิสัย (psychomotor domain) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้ (พิชิต ฤทธิ์จัญญ.2544 : 31-42)

5.4.1 พฤติกรรมด้านพุทธิพิสัย

พฤติกรรมทางพุทธิพิสัยเป็นสมรรถภาพด้านสมองหรือสติปัญญาของบุคคลในการเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ แบ่งเป็น 6 ระดับเรียงตามลำดับขั้นตอนการเกิดพฤติกรรมจากขั้นต่ำสุดถึงขั้นสูงสุด คือ ความรู้ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า ดังนั้น

5.4.1.1 ความรู้ - ความจำ (knowledge) หมายถึงความสามารถทางสมองในการทรงไว้ หรือรักษาไว้ซึ่งเรื่องราวต่าง ๆ ที่บุคคลได้รับรู้ไว้ในสมองได้อย่างถูกต้องแม่นยำ

5.4.1.2 ความเข้าใจ (comprehension) หมายถึง ความสามารถในการจับใจความสำคัญของเรื่อง สามารถถ่ายทอดเรื่องราวเดิมออกมาเป็นภาษาของตนเองได้โดยที่ยังมีความหมายเหมือนเดิม

5.4.1.3 การนำไปใช้ (application) เป็นความสามารถในการนำหลักวิชาไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งอาจใกล้เคียงหรือคล้ายคลึงกับสถานการณ์ที่เคยพบเห็นมาก่อน เช่น การนำสูตรพื้นที่สามเหลี่ยมไปใช้หาพื้นที่สามเหลี่ยมรูปใหม่ได้ การแก้ประโยคที่เขียนไวยากรณ์ผิดได้

5.4.1.4 การวิเคราะห์ (analysis) เป็นความสามารถในการแยกแยะเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้ว่าเรื่องราวหรือสิ่งนั้น ๆ ประกอบด้วยอะไรบ้าง มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุอะไรเป็นผล และที่เป็นไปอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

5.4.1.5 การสังเคราะห์ (synthesis) เป็นความสามารถในการผสมผสานส่วนย่อยต่าง ๆ เข้าด้วยกันเพื่อเป็นสิ่งใหม่อีกรูปแบบหนึ่งมีคุณลักษณะโครงสร้างหรือหน้าที่ใหม่ที่แปลกแตกต่างไปจากของเดิม

5.4.1.6 การประเมินค่า (evaluation) เป็นความสามารถในการพิจารณาตัดสินหรือลงสรุปเกี่ยวกับคุณค่าของเนื้อหาและวิธีการต่าง ๆ โดยอาศัยเกณฑ์และมาตรฐานที่วางไว้

5.4.2 พฤติกรรมด้านจิตพิสัย

พฤติกรรมด้านจิตพิสัยเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความรู้สึกนึกคิดทางจิตใจ อารมณ์ และคุณธรรมของบุคคลซึ่งต้องอาศัยการสร้างหรือปลูกฝังคุณลักษณะนิสัยต่าง ๆ ให้เกิดขึ้นโดยเริ่มจากพฤติกรรมขั้นแรกที่ย่างไปหาขั้นสุดท้ายที่ยาก ซึ่งมี 5 ระดับ คือ

- 5.4.2.1 การรับรู้ (receiving or attending) เป็นขั้นที่บุคคลรู้สึกว่ามีสิ่งเร้ามากระตุ้นให้แสดงพฤติกรรม และจะเริ่มทำความรู้จักในสิ่งนั้น นั่นคือเริ่มสนใจและเต็มใจในสิ่งเร้านั้น
- 5.4.2.2 การตอบสนอง (responding) เป็นขั้นที่บุคคลแสดงปฏิกิริยาโต้ตอบสิ่งเร้านั้นด้วยความยินยอม เต็มใจ
- 5.4.2.3 การเกิดค่านิยม (valuing) เป็นขั้นที่บุคคลมองเห็นคุณค่าของการตอบสนองสิ่งเร้าหรือประสบการณ์แล้วกลายมาเป็นสิ่งที่ยึดถือของบุคคลในโอกาสต่อไป
- 5.4.2.4 การจัดระบบคุณค่า (organization) เป็นขั้นตอนที่บุคคลนำค่านิยมที่ตนเองสร้างไว้แล้วมาจัดระบบหรือหมวดหมู่โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่านิยมเหล่านั้นและปรับสิ่งที่ขัดแย้งกัน เพื่อนำมาสร้างเป็นค่านิยมเพื่อถือปฏิบัติต่อไป
- 5.4.2.5 การสร้างลักษณะนิสัย (characterization by a value complex) เป็นขั้นการนำค่านิยมที่จัดระบบคุณค่าที่มีในตัวเข้าเป็นระบบที่ถาวรและทำหน้าที่ควบคุมพฤติกรรมของบุคคลไม่ว่าจะอยู่ในสถานการณ์ใดๆ ก็จะแสดงพฤติกรรมตามค่านิยมที่ยึดถือตลอดไป สม่่าเสมอจนเกิดเป็นลักษณะนิสัยประจำตัวของแต่ละบุคคล
- 5.4.3 พฤติกรรมด้านทักษะพิสัย
- พฤติกรรมด้านทักษะพิสัยเป็นพฤติกรรมที่เกี่ยวกับความสามารถเชิงปฏิบัติการ ซึ่งเกี่ยวข้องกับระบบการใช้งานของอวัยวะต่างๆ ในร่างกายที่ต้องอาศัยการประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อการทำงานจากระบบประสาทต่างๆ ซึ่งเป็นหน่วยสั่งการ เช่น การเคลื่อนไหวอวัยวะต่าง ๆ ในการกิจวัตรประจำวัน เล่นกีฬา เล่นดนตรีหรือกิจกรรมอื่นๆ หากนักเรียนได้ฝึกฝนการทำงานของกล้ามเนื้อและระบบประสาทให้มีการประสานสัมพันธ์กันย่อมก่อให้เกิดความชำนาญ หรือทักษะในการปฏิบัติงาน การจำแนกพฤติกรรมด้านทักษะพิสัยนี้มีหลายกลุ่มความคิดในที่นี้จะนำเสนอ 2 แนว ดังนี้
- 5.4.3.1 แนวทางที่ 1 แบ่งลักษณะของพฤติกรรมตามพัฒนาการด้านทักษะพิสัยออกเป็น 5 ระดับ คือขั้นเลียนแบบ การทำโดยยึดแบบ การทำด้วยความชำนาญ การทำในสถานการณ์ต่างๆ ได้ การแก้ปัญหาได้โดยฉับพลัน
- 5.4.3.2 แนวทางที่ 2 แบ่งลักษณะของพฤติกรรมในเรื่องทักษะการเคลื่อนไหว แบ่งเป็น 4 ด้านคือ ทักษะการเคลื่อนไหวทั้งร่างกาย ทักษะเคลื่อนไหวที่ต้องใช้ประสาทรวมๆ กัน ทักษะการสื่อสารโดยใช้ท่าทาง ทักษะพฤติกรรมทางด้านภาษา

5.5 แบบทดสอบ

ความหมาย แบบทดสอบคือชุดของสิ่งเร้าที่นำไปใช้กระตุ้นบุคคลตอบสนองออกมา ชุดของสิ่งเร้านี้มักจะอยู่ในรูปของคำถาม ซึ่งอาจให้เขียนตอบ ให้แสดงพฤติกรรม ให้พูดออกทางวาจา ก็ได้ ทำให้สามารถวัดได้ สังเกตได้ และนำไปสู่การแปลความหมายได้ แบบทดสอบนี้สามารถ

ใช้ได้กับข้อมูลทางพุทธิปัญญาด้านจิตอารมณ์ และด้านทักษะ แต่นิยมใช้วัดทางด้านพุทธิปัญญาเป็นส่วนใหญ่

ชนิดของแบบทดสอบ แบ่งเป็น 3 ชนิด ดังนี้

5.5.1 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement test) เป็นแบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ทักษะและสมรรถภาพสมองด้านต่าง ๆ ที่ผู้เรียนได้รับจากประสบการณ์ทั้งปวงทั้งจากที่บ้าน และสถาบันการศึกษา แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนี้ยังแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบที่ครูสร้างขึ้นเอง (Teacher-made test) และแบบทดสอบที่เป็นมาตรฐาน (Standardized test) แบบทดสอบทั้ง 2 ประเภทนี้จะถามเนื้อหาเหมือนกัน คือ ถามสิ่งที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนซึ่งจัดเป็นกลุ่มพฤติกรรมได้ 6 ประเภท คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ การประเมินค่า รูปแบบของการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ที่นิยมใช้มี 3 รูปแบบ คือ

5.5.1.1 แบบปากเปล่า (Oral test) เป็นการทดสอบที่อาศัยการซักถามเป็นรายบุคคลใช้ได้ผลดีถ้ามีผู้เข้าสอบจำนวนน้อย เพราะต้องใช้เวลามาก ถามได้ละเอียด เพราะสามารถโต้ตอบกันได้

5.5.1.2 แบบเขียนตอบ (Paper – pencil test) เป็นการทดสอบที่เปลี่ยนแปลงมาจากการสอบแบบปากเปล่า เนื่องจากจำนวนผู้เข้าสอบมากและมีจำนวนจำกัดแบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

5.5.1.2.1 แบบความเรียง (Essay type) เป็นการสอบที่ให้ผู้ตอบได้รวบรวมเรียบเรียงคำพูดของตนเองแสดงทัศนคติและความรู้สึก ความคิดได้อย่างอิสระภายใต้หัวข้อที่กำหนดให้ เป็นข้อสอบที่สามารถวัดพฤติกรรมด้านการสังเคราะห์ ได้อย่างดี แต่ก็มีข้อเสียเพราะการให้คะแนนทำให้มีความเป็นปรนัยได้ยาก

5.5.1.2.2 แบบจำกัดคำตอบ (Fixed – response type) เป็นข้อสอบ ที่มีคำตอบถูกภายใต้เงื่อนไขที่กำหนดให้อย่างจำกัด ข้อสอบแบบนี้ยังแบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ แบบถูกผิด (True – false) แบบเติมคำ (Completion) แบบจับคู่ (Matching) แบบเลือกตอบ (Multiple choice)

5.5.1.3 แบบปฏิบัติ (Performance test) เป็นการทดสอบที่ผู้สอบได้แสดงพฤติกรรมออกมาโดยการกระทำหรือลงมือปฏิบัติจริง ๆ เช่นการทดสอบทางดนตรี ข้างกล พลศึกษา เป็นต้น

5.5.2 แบบทดสอบวัดความถนัดหรือตัวปัญญา (Aptitude test) เป็นการทดสอบที่ใช้วัดศักยภาพระดับสูงสุดของบุคคลว่าสมรรถภาพในการเรียนรู้มากน้อยเพียงใด และควรเรียนด้านใดหรือทำงานด้านใด จึงจะประสบความสำเร็จอย่างดี แบบทดสอบประเภทนี้อาจแบ่งย่อยได้เป็น 2 ประเภท คือ แบบทดสอบความถนัดในการเรียน (Scholastic aptitude test) และแบบทดสอบความถนัดจำเพาะ (Specific aptitude test) นักวัดผลแบ่งกลุ่มความถนัดเป็น 7 ด้าน คือ ความถนัดด้านภาษา (Verbal Factor) ความถนัดด้านการใช้คำ (Word fluency Factor) ความถนัดด้านตัวเลข (Number Factor) ความถนัดด้านมิติสัมพันธ์ (Space Factor) ความถนัดด้านความจำ (Memory

Factor) ความถนัดด้านการสังเกตรับรู้ (Perception Factor) ความถนัดด้านการใช้เหตุผล (Reasoning Factor)

5.5.3 แบบทดสอบวัดความสัมพันธ์ของบุคคลต่อสังคม แบบทดสอบประเภทนี้ จะวัดเกี่ยวกับบุคลิกภาพหรือการปรับตัวของบุคคลในสังคม วัดความสนใจต่อสิ่งต่าง ๆ แบบทดสอบประเภทนี้ มักอยู่ในรูปแบบทดสอบถามวัดลักษณะบุคคล เช่น แบบทดสอบความเกรงใจ แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์ แบบสำรวจความสนใจต่าง ๆ เป็นต้น

5.5.4. การวางแผนการสร้างแบบทดสอบ ในการสร้างแบบทดสอบผู้วิจัยควรกำหนดแผนการสร้างซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้ คือ

5.5.4.1 กำหนดวัตถุประสงค์ในการศึกษา ขั้นนี้เป็นการวางโครงการล่วงหน้า ว่าการวิจัยนั้นต้องการศึกษาอะไร กับใคร และศึกษาเพื่ออะไร

5.5.4.2 กำหนดลักษณะของแบบทดสอบที่จะใช้ ขั้นนี้เป็นการกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบที่จะใช้ในการวิจัย โดยกำหนดว่าจะใช้แบบทดสอบประเภทใดจึงจะสอดคล้องกับคุณลักษณะที่ต้องการศึกษา จำนวนข้อควรมีเท่าใดและเวลาที่ใช้ควรเป็นเท่าใดจึงจะเหมาะสม

5.5.4.3 การสร้างแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการพิจารณาว่าคุณลักษณะที่ต้องการศึกษานั้น มีองค์ประกอบของพฤติกรรมใดบ้างโดยต้องคำนึงว่าตัวข้อสอบหรือแบบทดสอบนั้นเป็นเพียงตัวแทนของพฤติกรรมทั้งหมดดังนั้นจึงต้องใช้วิธีการอนุมานอย่างดีในการพิจารณาเลือกตัวแทนพฤติกรรม แต่ละองค์ประกอบที่นำมาสร้างแบบทดสอบซึ่งอาจต้องใช้เทคนิคการสุ่มตัวอย่างเนื้อหา (Content sampling) โดยอาศัยตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นแนวทางในการสร้าง (ในกรณีที่เป็นข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์)

5.5.4.4 การสร้างตัวคำถาม ยึดหลักใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย ชัดเจนและมีความเป็นปรนัยถ้าข้อสอบนั้นเป็นข้อสอบแบบปรนัย การสร้างตัวเลือกให้เป็นอิสระจากกัน มีความชัดเจน ไม่แนะคำตอบ (ควรศึกษาเทคนิคการเขียนข้อคำถามและตัวเลือกจากหนังสือเทคนิคการเขียนข้อสอบประกอบด้วย จะได้สามารถสร้างได้ถูกต้องหลักเกณฑ์)

5.5.4.5 การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบ ขั้นนี้เป็นการตรวจสอบดูว่าเนื้อหาและพฤติกรรมต่าง ที่นำมาสร้างเป็นแบบทดสอบนั้นเป็นตัวแทนที่ดีหรือไม่ ครอบคลุมเนื้อหาและพฤติกรรมทั้งหมดหรือไม่ โดยตรวจคุณภาพที่สำคัญ ๆ ต่อไปนี้

5.5.4.5.1 ความเที่ยงตรง (Validity) เป็นการตรวจสอบว่าแบบทดสอบนั้น วัดตรงตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้หรือไม่

5.5.4.5.2 ความเชื่อมั่น (Reliability) เป็นการตรวจสอบดูว่า ผลของการวัดจากแบบทดสอบนั้นมีความคงที่แน่นอนมากน้อยเพียงใด

5.5.4.5.3 ความเป็นปรนัย (Objective) เป็นการตรวจสอบดูว่าคำถาม หรือสิ่งที่ถามในแบบทดสอบมีความชัดเจนดีพอหรือไม่ ระบบการให้คะแนนและการแปลความหมายคะแนน นำไปใช้ได้ตรงกันทั่วไปได้หรือไม่

5.6 การวิเคราะห์ข้อสอบ

การวิเคราะห์ข้อสอบชนิดเลือกตอบหลายตัวเลือกใช้วิธีวิเคราะห์ทางสถิติ มี 3 ประเภท คือ (รวิวรรณ ชินะตระกูล.2535 :234-236)

5.6.1 ระดับความยากข้อสอบ

ระดับความยากข้อสอบ หมายถึง ร้อยละของจำนวนคนทั้งหมดที่ตอบข้อสอบนั้นถูกต้อง เช่น ข้อสอบวิชาสถิติและวิจัยการศึกษาข้อหนึ่ง มีคนตอบทั้งหมด 10 คน ปรากฏว่ามีคนตอบถูกเพียง 50 คน ดังนั้นข้อสอบข้อนี้จึงมีระดับความยากเท่ากับ 50 ใน 100 ซึ่งเท่ากับ .50 หรือร้อยละ 50 ถ้าข้อสอบข้อใดมีคนเป็นจำนวนมากหรือทั้งหมดตอบถูก ก็อาจถือว่าข้อสอบข้อนั้นง่ายมาก ในตรงข้าม ถ้าหากมีคนเพียงจำนวนเล็กน้อยตอบถูก หรือไม่มีใครตอบถูกเลย ข้อสอบข้อสอบนั้นก็ยากมาก ระดับความยากของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.00 ถึง 1.00 ตัวเลขที่มีค่าต่ำๆ หมายความว่ามีความยากมาก ส่วนตัวเลขที่มีค่าสูงๆ หมายความว่ามีความง่ายมาก โดยทั่วไปข้อสอบที่มีระดับความยากตั้งแต่ .20 ถึง .80 เป็นข้อสอบที่ความยากง่ายพอเหมาะ คือไม่ยากจนเกินไปและไม่ง่ายจนเกินไปและข้อสอบทั้งฉบับควรมีระดับความยากเฉลี่ยปานกลาง คือประมาณ .50

5.6.2 อำนาจจำแนกของข้อสอบ

อำนาจจำแนกของข้อสอบ หมายถึง ความสามารถของข้อสอบที่จำแนก หรือแยกให้เห็นความแตกต่างของคนทั้งสองกลุ่ม เช่น สามารถจำแนกระหว่างคนเก่งวิชา Computer กับคนไม่เก่งวิชา Computer ได้ หรือสามารถจำแนกระหว่างคนที่มีความสามารถพิเศษในการวาดรูป กับคนที่ไม่มีความสามารถวาดรูปได้ อำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ -1.00 ถึง +1.00 ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าใกล้ -1.00 หรือ +1.00 แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนกสูงมาก ค่าติดลบแสดงว่าจำแนกผิดทางไม่ตรงตามความประสงค์ของผู้สร้างข้อสอบ ค่าบวกแสดงว่าจำแนกได้ถูกต้องตรงตามที่ผู้สร้างข้อสอบต้องการ ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกเข้าใกล้ 0.00 แสดงว่ามีค่าอำนาจจำแนกต่ำ จำแนกไม่ค่อยได้ หรือจำแนกไม่ได้เลย โดยทั่วไปข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไปถือว่าเป็นข้อสอบที่มีอำนาจอยู่ในเกณฑ์ใช้ได้ และถ้ามีค่าตั้งแต่ .40 ขึ้นไป ถือว่าข้อสอบนั้นมีอำนาจจำแนกดีมาก

5.6.3 ประสิทธิภาพของตัวลวง

ประสิทธิภาพของตัวลวง หมายถึง ความสามารถของตัวลวงให้คนกลุ่มไม่เก่งมาเลือกตอบมากกว่าคนกลุ่มเก่ง ตัวลวงก็คือตัวเลือกที่ไม่คำตอบถูก ตัวลวงที่มีประสิทธิภาพหรือตัวลวงที่ดี คือ ตัวลวงที่มีคนกลุ่มไม่เก่งมาเลือกตอบเป็นจำนวนมาก แต่คนกลุ่มเก่งไม่เลือกหรือมีเพียงบางคนเท่านั้นที่จะเลือกตอบ แต่ถ้าปรากฏว่าคนกลุ่มเก่งเลือกตอบตัวลวงตัวนั้นมากกว่าคนกลุ่มไม่เก่ง เพราะคิดว่าตัวลวงนั้นเป็นคำตอบถูก ตัวลวงนั้นก็ใช้ไม่ได้ ผู้สร้างข้อสอบจะต้องทำการปรับปรุงแก้ไขให้ดีขึ้น วิธีการหาประสิทธิภาพของตัวลวงก็ทำคล้ายกับการหาค่าอำนาจจำแนก คือหาผลต่างระหว่างสัดส่วนสองจำนวน แต่ตัวตั้งและตัวลบให้สลับที่กัน กล่าวคือ เอาค่าสัดส่วนจำนวนผู้เลือกตอบของกลุ่มไม่เก่งเป็นตัวตั้ง แล้วลบด้วยค่าสัดส่วนผู้เลือกตอบของกลุ่มเก่ง เช่นกลุ่มไม่เก่งมี

คน 20 คน ได้เลือกตัวลงนั้น 6 คน ดังนั้นสัดส่วนจำนวนคนเลือกจึงเท่ากับ $6/20$ ซึ่งเท่ากับ .30 ส่วนคนเก่งก็มีคน 20 คนเช่นกัน แต่มาเลือกตัวลงเพียง 2 คน ดังนั้น สัดส่วนจึงเท่ากับ $2/20$ เท่ากับ .10 ฉะนั้น ประสิทธิภาพของตัวลงตัวนั้นจึงเท่ากับ .30-.10 ซึ่งเท่ากับ .20

5.6.4 วิธีวิเคราะห์ข้อสอบ

วิธีวิเคราะห์ข้อสอบ มีขั้นตอนดังนี้ คือ (รวิวรรณ ชินะตระกูล.2535 : 236-238)

ขั้นที่ 1 ตรวจสอบและให้คะแนนในกระดาษเรียบร้อยแล้ว นำกระดาษคำตอบมาเรียงลำดับตามคะแนนรวมสูงสุดไปจนถึงคะแนนรวมต่ำสุด ทั้งนี้เพื่อที่จะทำการแบ่งกลุ่มกระดาษคำตอบออกเป็นกลุ่มที่เก่งและกลุ่มที่ไม่เก่ง กลุ่มที่เก่ง คือ กลุ่มที่จะได้คะแนนสูงซึ่งเรียกว่า กลุ่มสูง ส่วนกลุ่มที่ไม่เก่งคือ กลุ่มที่ได้คะแนนต่ำ เรียกว่า กลุ่มต่ำ ซึ่งจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างควรสูงกว่า 60 คน ถ้ามีจำนวนไม่ถึงร้อยละ 60 หรือน้อยกว่านี้วิเคราะห์ได้ แต่อาจจะใช้เกณฑ์แบ่งแตกต่างกันออกไป ถ้าจำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่างยิ่งมากเท่าไรยิ่งทำให้ผลการวิเคราะห์ข้อสอบนั้น มีความเที่ยงตรงมากขึ้น

ขั้นที่ 2 แบ่งกลุ่มสูงต่ำ โดยมีหลักเกณฑ์ในการแบ่งดังนี้ ถ้ามีกระดาษคำตอบของผู้เข้าสอบเป็นจำนวนมากตั้งแต่ 100 คนขึ้นไป ก็ใช้เทคนิคร้อยละ 27 คือนับเอากระดาษคำตอบที่ได้คะแนนสูงสุดลงมาให้ได้ร้อยละ 27 ของทั้งหมดเป็นกลุ่มสูง แล้วนับเอาจากคะแนนต่ำสุดขึ้นไปให้ได้ร้อยละ 27 ของทั้งหมดเป็นกลุ่มต่ำ กลุ่มที่เหลือตรงกลางมีร้อยละ 46 ของทั้งหมดอาจจะเอามาใช้หรือไม่ใช้ก็ได้ แต่ถ้าหากผู้เข้าสอบมีจำนวนไม่มากนัก เช่นมีเพียง 60 คนหรือ 40 คน การแบ่งกลุ่มสูง กลุ่มต่ำ อาจจะต้องใช้ประมาณร้อยละ 33 หรือร้อยละ 50 ถ้าผู้วิจัยใช้แบ่งกลุ่มด้วยเทคนิคร้อยละ 27 ค่าสถิติที่คำนวณได้ก็จะมีความคลาดเคลื่อนมากเกินไป หลังจากมีการแบ่งคะแนนออกเป็นกลุ่มที่มีคะแนนสูงกับกลุ่มที่มีคะแนนต่ำเรียบร้อยแล้ว ก็ทำการบันทึกความถี่ของการเลือกตอบทุกตัวเลือก เป็นรายชื่อทุกข้อของแต่ละกลุ่ม แล้วคำนวณหาระดับความยาก (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ต่อไป

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยภายในประเทศ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม โดยมีการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม การจัดการกระบวนการในการฝึกอบรม ได้มีการจัดทำขึ้นมาและมีรูปแบบของการสร้างและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมคล้ายกับการสร้างและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมดังนี้ คือ

สันทัศน์ วงศ์มาก (2541 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมช่างเทคนิคระบบการสื่อสารใยแก้วนำแสงขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย โดยในการวิจัยนั้นมีความมุ่งหมาย เพื่อศึกษาความต้องการและความรู้ทางด้านเทคนิคของช่างเทคนิคระบบสื่อสารใยแก้วนำแสงเพื่อนำมาพัฒนาเป็นหลักสูตรฝึกอบรมช่างเทคนิคขององค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย

และผลการวิจัยที่ได้คือ ความต้องการทางด้านวิชาการของผู้เข้ารับการฝึกอบรม 5 ด้าน คือ ด้านหลักการจัดและบริหารฝึกงาน ด้านความรู้และงานทางช่าง ด้านเทคนิคและวิธีฝึกอบรม ด้านการผลิตและใช้สื่อฝึกอบรม และด้านการวัดและการประเมินผล

เฉลิมพล คงจันทร์ (2540 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม เทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้าสำหรับนักศึกษาช่างยนต์ โดยแบ่งขั้นตอนการวิจัย ดังนี้ ตอนที่ 1 เป็นการสำรวจความต้องการเพื่อหาสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคตโดยใช้เทคนิคเดลฟายสอบถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจำนวน 17 ท่าน ทั้งในรอบที่ 1 รอบที่ 2 และรอบที่ 3 ตามลำดับ ได้สมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ ดังนี้ ด้านความรู้ ด้านจิตพิสัย ตอนที่ 2 เป็นการพัฒนาศักยภาพหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า โดยนำสมรรถภาพของนักศึกษาช่างยนต์ในอนาคต มากำหนดเป็นกรอบและแนวทางในการจัดทำหลักสูตร ตอนที่ 3 เป็นการนำหลักสูตรไปทดลองใช้ โดยใช้รูปแบบการทดลองแบบกลุ่มเดียววัดผลสองครั้งซึ่งเป็นนักศึกษาช่างยนต์ จำนวน 17 คน ผลการทดลองปรากฏว่า จากการประเมินการใช้หลักสูตรโดยผู้ทำการ อบรมและผู้เข้ารับการ อบรมพบว่า เนื้อหาวิชากิจกรรมและวิธีการอบรมสื่อประกอบการสอนและการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมมาก ผลการปฏิบัติงานของนักศึกษาช่างยนต์อยู่ในระดับมากในทุกทักษะและ นักศึกษาช่างยนต์มีเจตคติสูงกว่าก่อนการใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

องอาจ พงษ์พิสิษฐ์บุปผา (2541:บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตรสำหรับนักเรียน โครงการอาชีวศึกษา เพื่อพัฒนาชนบท (อศ. กช.) ความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตร สำหรับนักเรียนโครงการอาชีวศึกษาเพื่อการพัฒนาชนบท (อศ.กช.) ให้มีความรู้มีเจตคติที่ดีและมีทักษะพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตร แบ่งการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้ ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเป็นการศึกษาเอกสารงานวิจัย ขั้นตอนที่ 2 การสร้างหลักสูตรเป็นการนำผลจากการขั้นตอนที่ 1 มากำหนดเป็นโครงร่างหลักสูตร ขั้นตอนที่ 3 การทดลองใช้หลักสูตร ผู้วิจัยนำหลักสูตรไปทดลองใช้กับนักเรียน จำนวน 32 คน โดยการทดลองก่อนการฝึกอบรมให้การฝึกอบรมและทดสอบหลักการฝึกอบรม ขั้นตอนที่ 4 การติดตามผลหลักสูตร ผู้วิจัยได้ติดตามผลหลังจากการฝึกอบรม 1 เดือน โดยใช้แบบสอบถาม ชนิดมาตราส่วนประมาณค่า 5 ระดับ จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ผ่านการฝึกอบรมมีพฤติกรรมผู้นำทางการเกษตรด้านการแสวงหาความรู้ทางการเกษตรและความคิดริเริ่มสร้างสรรค์เปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นในระดับปานกลาง

เกตริน มนูญผล (2544 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูเพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการจัดทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการจัดการทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น โดยมีความมุ่งหมายของการวิจัยนี้ เพื่อเสริมสมรรถภาพด้านการจัดการทำ

หนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น การพัฒนาหลักสูตรนี้ได้ดำเนินการในลักษณะของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งมี 4 ขั้นตอนคือ

6.1.1 การศึกษาข้อมูลพื้นฐาน เพื่อใช้วางแผนในการสร้างหลักสูตร

6.1.2 การสร้างหลักสูตร ซึ่งได้จากการนำข้อมูลพื้นฐานมาเป็นแนวทางในการกำหนดองค์ประกอบของการร่างหลักสูตร

6.1.3 การทดลองใช้หลักสูตร ได้นำหลักสูตรที่ปรับปรุงแล้วไปใช้ฝึกอบรมครูกลุ่มสนใจจำนวน 35 คนใช้ระยะเวลา 3 เดือน มีภาคทฤษฎีและปฏิบัติเป็นช่วงๆ

6.1.4 การประเมินหลักสูตรได้ดำเนินการประเมินหลักสูตรทั้งในแง่บริบท ตัวบ่อน กระบวนการและผลผลิต ผลการประเมินพบว่า หลักสูตรนี้สามารถนำไปใช้ได้โดยมีประสิทธิภาพ ส่วนผลการสอบวัดความรู้ก่อนและหลังการฝึกอบรมพบว่าผลสัมฤทธิ์หลักฝึกอบรมเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

SWANSON, BARBARA LYNNE (1990 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่องการพัฒนาและการประเมินของรูปแบบการวางแผน, การเฝ้าติดตามและการประเมินหลักสูตรที่นำไปใช้โดยมีขั้นตอนในการวิจัย ดังนี้ คือ

6.2.1 พัฒนาการวิจัยเบื้องต้นของรูปแบบสำหรับการวางแผน การเฝ้าติดตามและการประเมินกระบวนการของหลักสูตรที่นำไปใช้

6.2.2 มีรูปแบบการประเมินโดยประสบการณ์ที่นำหลักสูตรไปใช้ในลักษณะของความเข้าใจเหตุผลและเป็นประโยชน์และผลการวิจัยพบว่า

6.2.3 การรวบรวมข้อมูลความรู้ที่ได้มาพิจารณาในกระบวนการนำหลักสูตรไปใช้

6.2.4 นัยสำคัญของการนำหลักสูตรไปใช้ที่เป็นกระบวนการปรับปรุง นั้นไม่สามารถที่นำไปใช้นอกเหนือจากคุณสมบัติสิ่งแวดล้อมในองค์กร

6.2.5 การศึกษาที่เปลี่ยนข้อกำหนดการประเมินในกฎสัมพันธภาพใหม่ที่อยู่ภายในและนอกของเฉพาะโรงเรียนนั้นๆ และโรงเรียนในตำบล

6.2.6 มีกระบวนการประเมินทางด้านปริมาณที่เกิดจากความต้องการ การเฝ้าติดตามและปรับปรุงการนำหลักสูตรไปใช้ในชีวิตจริง

6.2.7 จัดให้โรงเรียนประจำตำบลมีโครงสร้างที่เป็นมาตรฐานในการนำหลักสูตรไปใช้ให้เกิดการเปลี่ยนแปลงในโรงเรียนประถม กับโรงเรียนมัธยมให้มีความแตกต่างในความสามารถที่ใกล้เคียงกัน

จากผลการวิจัยที่เป็นงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนั้นเป็นงานวิจัยที่เกี่ยวกับการพัฒนาบุคคลทั้งหมด โดยในผลงานการวิจัยจะพบปัญหาต่างๆที่เกิดขึ้นและก็ได้สามารถที่ทำให้การวิจัยดำเนินการลุล่วงไว้มากมายได้รายละเอียดในกระบวนการที่แสดงให้เห็นวิธีการอย่างชัดเจน โดยผู้วิจัย

ได้นำแนวทางจากผลการวิจัยที่ศึกษานำมาเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐานในการวิจัย และเป็นแนวทางในการวิจัย เพื่อใช้ในการพัฒนาบุคคลครั้งนี้ด้วย โดยในการวิจัยในการพัฒนาหลักสูตร ผูกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้นำหลักการพัฒนาหลักสูตรของเซย์เลอร์ และอเล็กซานเดอร์ (Saylor and Alexander.1966:7) มาเป็นหลักการในการพัฒนาหลักสูตร ผูกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และในการผูกอบรมได้จัดผูกอบรมโดยใช้รูปแบบการผูกอบรมแบบทฤษฎี นั่นคือให้ผู้เข้ารับการผูกอบรมได้เรียนรู้ในด้านของทฤษฎี และในกระบวนการผูกอบรมได้มีการจัดให้มีการทดสอบเป็นระยะเพื่อประเมินความรู้ในเรื่องที่ผูกอบรม ในขั้นตอนสุดท้ายมีการทดสอบความรู้ในเนื้อหาทั้งหมดที่ได้ผูกอบรมมาเพื่อเป็นการประเมินความสามารถของผู้เข้ารับการผูกอบรมและเพื่อพิสูจน์ในสมมติฐานที่ตั้งไว้ในงานวิจัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง สามารถสรุปแนวทางการทดลองการวิจัยดังนี้

1. พัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. ศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตร จากแบบทดสอบของผู้เข้าฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และจากการสังเกตในขณะทำการฝึกอบรมว่าผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้มากน้อยเพียงใด

การสร้างหลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เนื้อหาจะเน้นไปในส่วนของการออกแบบแม่พิมพ์ การกำหนดขนาดของชิ้นงานแม่พิมพ์ฉีดมาแล้วได้ขนาดของชิ้นงานที่มีความแม่นยำ ในแต่ละขนาดของชิ้นงานที่ฉีดออกมา ส่วนในด้านกรรมวิธีการสร้างแม่พิมพ์ จะกล่าวถึง การเลือกใช้เครื่องจักรให้มีความเหมาะสมกับแต่ละชิ้นส่วนและการใช้เครื่องจักรที่ถูกต้องและในส่วนสุดท้ายของการฝึกอบรมจะเป็นเนื้อหาเกี่ยวกับการตรวจสอบแม่พิมพ์การประกอบแม่พิมพ์และการตรวจสอบความถูกต้องของชิ้นงานที่ทำการผลิตออกมา

จากเนื้อหาดังกล่าวข้างต้นของการสร้างหลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยมีขั้นตอนการศึกษาและการสร้างหลักสูตรดังนี้

1. ทำการศึกษาความต้องการของการพัฒนาหลักสูตรของหน่วยงานว่ามีความต้องการที่จะพัฒนามากน้อยเพียงใด

วิเคราะห์ผู้ที่เข้ามาฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกว่ามีแนวโน้มเป็นอย่างไร

วิเคราะห์โดยบุคลากรที่มีความรู้ในด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยดูจากบุคลากรในสถาบันการศึกษาและความต้องการของบุคลากรด้านแม่พิมพ์

2. กำหนดขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การกำหนดหลักสูตรโดยศึกษาจากตำราและผู้ที่ทำงานด้านแม่พิมพ์ฉีดที่มีความเชี่ยวชาญ

3. กำหนดโครงสร้างของหลักสูตร จัดลำดับก่อนหลังของลำดับการฝึกอบรมตามเนื้อหาและขอบเขตที่กำหนดไว้

4. กำหนดรูปแบบการจัดฝึกอบรม โดยกำหนดตามชั่วโมงการฝึกอบรมในภาคทฤษฎีตามสัดส่วนที่กำหนด

5. รูปแบบของการฝึกอบรม โดยมีขั้นตอนดังนี้

5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม

5.2 เนื้อหาของหลักสูตร

5.3 การใช้สื่อในการจัดฝึกอบรม

5.4 การจัดในภาคทฤษฎี

5.5 การประเมินผลผู้เข้ารับการฝึกอบรมในลักษณะก่อนและหลังการฝึกอบรม

6. การตรวจสอบหลักสูตร ตรวจสอบโดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ดังนี้ ด้านความเชี่ยวชาญด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดและผู้เชี่ยวชาญด้านการสร้างแม่พิมพ์ ในส่วนของหลักสูตรมีผู้เชี่ยวชาญในด้านการพัฒนาหลักสูตรและการสร้างหลักสูตร ทั้งในสองส่วนมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน เพื่อช่วยในการแก้ไขและปรับปรุงให้หลักสูตรมีความสมบูรณ์ การนำแบบประเมินหลักสูตรใช้ในการเก็บข้อมูลต้องผ่านการตรวจจากผู้เชี่ยวชาญก่อนนำไปใช้ คุณสมบัติของผู้เชี่ยวชาญมีดังนี้

เป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยคุณวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรีและประสบการณ์การทำงานไม่ต่ำกว่า 3 ปี ในสายงานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำนวน 2 คน

เป็นผู้ที่มีความรู้ในเรื่องการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก คุณวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าระดับปริญญาตรีและมีประสบการณ์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกไม่ต่ำกว่า 3 ปีจำนวน 2 คน

เป็นผู้ที่มีความรู้ด้านการสร้างหลักสูตรและการฝึกอบรม คุณวุฒิทางการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี มีประสบการณ์การทำงานไม่ต่ำกว่า 3 ปี จำนวน 1 คน

7. ข้อเสนอแนะและการปรับปรุงแก้ไข ของผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไขหลักสูตร

8. นำหลักสูตรที่แก้ไขสมบูรณ์แล้วไปใช้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

9. ทำการปรับปรุงหลักสูตรสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอีกครั้ง หลังจากการฝึกอบรม

10. หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11. การดำเนินการในช่วงวันที่ 27 มกราคม พ.ศ. 2549 ถึงวันที่ 28 มกราคม พ.ศ. 2549 จำนวน 1 หลักสูตร เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.1 หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม

การจัดทำหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยหลักสูตรฝึกอบรมที่จัดทำขึ้น เป็นการนำหลักการ รูปแบบและเทคนิคการฝึกอบรม มาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรม และหลักสูตรที่จัดทำขึ้นจะประกอบไปด้วยเนื้อหาการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.2 เนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม

11.2.1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก

11.2.1.1 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก

11.2.1.2 กระบวนการฉีดพลาสติก

11.2.1.3 การฉีดพลาสติก

11.2.2 ความรู้ด้านเครื่องฉีดพลาสติก

11.2.2.1 เครื่องฉีดแบบควบคุมด้วยมือ

11.2.2.2 เครื่องฉีดแบบ ซีเอ็นซี

11.2.3 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.2.3.1 แม่พิมพ์สองแผ่น

11.2.3.2 แม่พิมพ์สามแผ่น

11.2.3.3 แม่พิมพ์แบบแยก

11.2.4 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.2.4.1 การออกแบบโครงสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.2.4.1.1 การกำหนดแนวแยกแม่พิมพ์

11.2.4.1.2 การออกแบบชิ้นส่วน

11.2.4.1.3 การออกแบบเบ้าแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.2.5 การวิเคราะห์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

11.2.5.1 การวิเคราะห์วัสดุทำแม่พิมพ์

11.2.5.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติในการขึ้นรูป

11.2.5.3 การวิเคราะห์มาตรการป้องกันการสึกหรอของเบ้า

11.2.5.4 การวิเคราะห์ความสมดุลการไหลของน้ำพลาสติก

11.2.6 การตรวจสอบแม่พิมพ์

11.2.7 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์

11.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม

11.3.1 คอมพิวเตอร์ 1 ชุด

11.3.2 โปรแกรมเขียนแบบ 3 มิติ (Unigraphics NX2)

11.3.3 แม่พิมพ์ 2 ชุด

11.3.4 ชิ้นงานตัวอย่าง

11.3.5 เครื่องฉีดพลาสติก 1 เครื่อง

11.3.6 เม็ดพลาสติก

11.4 วิธีการฝึกอบรม

ในการดำเนินการฝึกอบรมเป็นการฝึกอบรมในแบบทฤษฎีคือการบรรยาย

11.5 วิธีการประเมินผล

11.5.1 แบบทดสอบความรู้ระหว่างการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

11.5.2 แบบทดสอบความรู้หลังการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

11.6 ในรายละเอียดของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ได้เชิญผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและผู้เชี่ยวชาญด้านการเรียนการสอน มาวิเคราะห์ในด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมโดยมีผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านมีรายนามผู้เชี่ยวชาญดังนี้

11.6.1 อาจารย์ ดร. ชนะ รัชศิริ ตำแหน่งรองผู้อำนวยการฝ่ายวิจัย สถาบัน
คันทวีและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

11.6.2 อาจารย์สมปอง อินทอง ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญด้านงานฉีดพลาสติก สถาบัน
คันทวีและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

11.6.3 อาจารย์อนุศักดิ์ กาญจน์ ตำแหน่งผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
สถาบันคันทวีและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม

11.6.4 อาจารย์ประทีป ฟองเพชร ตำแหน่ง ครู ค.ศ. 2 วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
จังหวัดอ่างทอง

11.6.5 อาจารย์วิเชียร ดีฉาย ตำแหน่ง ครู ค.ศ. 3 หัวหน้าภาควิชาแม่พิมพ์
วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

ตาราง 6 แผนการสอนหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

วัน	เวลา	รูปแบบ	เนื้อหาวิชา	จำนวนชั่วโมง
27 ม.ค. 2549	8.00 – 10.30	ทฤษฎี	ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก	2.5 ชม.
	10.30 – 11.30	ทฤษฎี	ความรู้พื้นฐานด้านเครื่องฉีด	1.0 ชม.
	11.30 – 12.00	ทฤษฎี	ชนิดเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ใน งานฉีดพลาสติก	30 นาที
	13.00 – 14.30	ทฤษฎี	แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.5 ชม.
	14.30 – 16.00	ทฤษฎี	การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก	1.5 ชม.
28 ม.ค. 2549	08.00 – 11.00	ทฤษฎี	การวิเคราะห์ในการออกแบบ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	2.0 ชม.
	11.00 – 15.00	ทฤษฎี	ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก	3.0 ชม.
	15.00 – 15.30	ทฤษฎี	การตรวจสอบแม่พิมพ์	30 นาที
	15.30 – 15.45		การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์	15 นาที
	15.45 – 16.00	ทฤษฎี	การบำรุงรักษาแม่พิมพ์	15 นาที

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากร

ประชากรเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 1 (ระดับ ปว.ส.1) กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 สาขาแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง จำนวน 24 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

2.1 กลุ่มตัวอย่างเป็นบุคลากรที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกการเลือกกลุ่มตัวอย่างคัดเลือกจากผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน ที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำนวน 24 คน

2.1.1 กำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยวิธีแบบเจาะจง (Purposive Sampling) เลือกมาจากจำนวนประชากรที่เป็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้จำนวนตัวอย่าง 12 คนวิธีเลือกใช้วิธีเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling)

2.1.2 ระบุกลุ่มตัวอย่างต้องเป็นนักศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง 1 (ระดับ ปว.ส.1) กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 สาขาแม่พิมพ์ วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

2.2 การดำเนินการฝึกอบรม ประกอบด้วย

2.2.1 การดำเนินการจัดทำโครงการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อที่ความต้องการที่จะถ่ายทอดความรู้ในด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยมีการฝึกอบรมแบบทฤษฎีสถานที่ฝึกอบรม วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

2.2.2 จัดหาสิ่งอำนวยความสะดวกในการจัดฝึกอบรม ในด้านของสถานที่ฝึกอบรมผู้เข้ารับการฝึกอบรม เครื่องมืออุปกรณ์ในการฝึกอบรมและเอกสารประกอบการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.2.1 สถานที่ฝึกอบรม วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

การฝึกอบรมภาคทฤษฎี ใช้ห้องเรียน 101 อาคารช่างกลโรงงาน แผนกแม่พิมพ์วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง จังหวัดอ่างทอง

2.2.2.2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและคอมพิวเตอร์ในการออกแบบแม่พิมพ์

เอกสารประกอบการฝึกอบรม เป็นเอกสารที่ทางวิทยากรเป็นผู้จัดทำ ให้เพียงพอต่อผู้เข้ารับการฝึกอบรม

เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบความรู้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม หลังการฝึกอบรม โดยมีการสร้างและตรวจสอบประสิทธิภาพ ดังนี้

1.1 ศึกษาวิธีการสร้างแบบทดสอบทดสอบจากเอกสาร ตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการรวบรวมข้อมูลและประเมินผลสำหรับการวิจัย

1.2 สร้างแบบทดสอบความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยเป็นแบบทดสอบ 4 ตัวเลือก โดยให้เลือกตอบ ถูกได้ 1 คะแนน ผิดไม่ได้คะแนน

1.3 นำแบบทดสอบที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อประธานกรรมการควบคุมและกรรมการควบคุม เพื่อตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไข

1.4 นำแบบทดสอบที่แก้ไขปรับปรุงเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบจำนวน 5 คน มีคุณสมบัติดังนี้

1.4.1 มีคุณวุฒิไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี ทางด้านวิทยาศาสตร์หรือวิศวกรรมศาสตร์

1.4.2 มีประสบการณ์ทางการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก 5 ปี หรือด้านการฝึกอบรมอย่างน้อย 3 ปี

1.5 นำแบบทดสอบความรู้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างและหลังการฝึกอบรมในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 12 คนเพื่อหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สูตรครุเดอร์-ริชาร์ดสัน-20 (KR-20) ผลที่ได้จากการทดลองในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้อง ส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้องส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 แสดงว่าแบบทดสอบมีความสอดคล้อง

1.6 นำแบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างและหลังการฝึกอบรมในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรที่ได้ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คนเพื่อหาค่าความยากง่ายเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบโดยข้อที่มีความง่าย p เท่ากับ 1 และมีค่าความยาก q เท่ากับ 0 มาปรับปรุงคำถามคำตอบให้มีความชัดเจน เพื่อนำแบบทดสอบฉบับสมบูรณ์ไปเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้

1.7 ลักษณะของแบบทดสอบความรู้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างและหลังการฝึกอบรมในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตร มีลักษณะของแบบทดสอบที่ใช้ในการเลือกตอบ (Multiple choice) 4 ตัวเลือกมีคำถามในแต่ละส่วนของเนื้อหาจำนวนข้อ 10 ข้อและ 16 ข้อ ข้อละ 1 คะแนน ทดสอบความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยแบ่งได้ 4 ระดับ ดังนี้

1.7.1 ในส่วนที่ 1 (ระหว่างฝึกอบรม1) มี 10 ข้อ

คะแนน 8.00 ขึ้นไป หมายถึง มีความรู้ดีมาก

คะแนน	7.00 - 7.99	หมายถึง	มีความรู้ดี
คะแนน	6.00 - 6.99	หมายถึง	มีความรู้พอใช้
คะแนน	5.99 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้น้อย

1.7.2 ในส่วนที่ 1 (ระหว่างฝึกอบรม2) 16 ข้อ

คะแนน	12.80 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ดีมาก
คะแนน	11.20 - 12.79	หมายถึง	มีความรู้ดี
คะแนน	9.60 - 11.19	หมายถึง	มีความรู้พอใช้
คะแนน	9.59 ลงมา	หมายถึง	ความรู้น้อย

1.7.3 ในส่วนที่ 2 (หลังฝึกอบรม1) 10 ข้อ

คะแนน	8.00 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ดีมาก
คะแนน	7.00 - 7.99	หมายถึง	มีความรู้ดี
คะแนน	6.00 - 6.99	หมายถึง	มีความรู้พอใช้
คะแนน	5.99 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้น้อย

1.7.4 ในส่วนที่ 2 (หลังฝึกอบรม2) 16 ข้อ

คะแนน	12.80 ขึ้นไป	หมายถึง	มีความรู้ดีมาก
คะแนน	11.20 - 12.79	หมายถึง	มีความรู้ดี
คะแนน	9.60 - 11.19	หมายถึง	มีความรู้พอใช้
คะแนน	9.59 ลงมา	หมายถึง	มีความรู้น้อย

การดำเนินการฝึกอบรม

ได้ดำเนินการฝึกอบรมโดยมีในรายละเอียดดังนี้

1. วิธีดำเนินการทดลองได้ใช้แบบแผนการทดลองชนิดการวิจัยเชิงทดลอง

(Experimental Research) แบบกลุ่มเดียวสอบก่อนและสอบหลัง (One-Group Pretest Posttest only Design)

E X T1 T2

E แทน	กลุ่มทดลองในที่นี้เป็นผู้เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
X แทน	หลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
T1 แทน	การทดสอบความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกระหว่างการฝึกอบรม
T2 แทน	การทดสอบความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกหลังการฝึกอบรม

2. ขั้นตอนในการดำเนินการฝึกอบรมมีดังนี้

2.1 ลงทะเบียนผู้เข้ารับการฝึกอบรมทุกคน

2.2 ทำการฝึกอบรมโดยดำเนินการสอนในหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่สร้างขึ้นโดยผู้วิจัยและผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนร่วมกับวิทยากร โดยมีรายละเอียดดังนี้

2.2.1 ในการสอนใช้ระยะเวลา 2 วัน วันละ 8 ชั่วโมงรวมพักกลางวัน

2.2.2 ในระหว่างการฝึกอบรม ให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมทำแบบทดสอบเพื่อประเมินความก้าวหน้าในการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ทำการทดสอบความรู้ในด้านการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม เพื่อวัดความรู้หลังจากผ่านการ ฝึกอบรมหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในวันที่ 27 มกราคม 2549 ทำการปิดการฝึกอบรมวันที่ 28 มกราคม 2549

2.3 ทำการปิดการฝึกอบรม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การจัดกระทำข้อมูล

การตรวจสอบความถูกต้องของการตอบแบบทดสอบจากทั้งหมด 4 ฉบับ คัดเลือกที่มีความสมบูรณ์ไว้เพื่อทำการวิเคราะห์ได้จำนวน 4 ฉบับ คิดเป็นร้อยละ 100

2. การวิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้จะนำมาวิเคราะห์โดยใช้โปรแกรม SPSS/PC (Statistical Package for Social Science) ดังนี้

3. การศึกษาความรู้และทักษะของผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ทำการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค 80/80

4. สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูลมีดังนี้

4.1 สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบวัดด้านความรู้

4.1.1 หาค่าระดับความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า 129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{R_u - R_e}{\frac{N}{2}}$$

เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ

R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ละข้อ

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

- r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
 Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
 Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

4.1.2 หาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน-20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า 123)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

- เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อ
 p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
 q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = 1-p
 S_t^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

5. สถิติที่ใช้หาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม

$$E_1 = \frac{\sum X/N}{A} \times 100$$

$$E_2 = \frac{\sum F/N}{B} \times 100$$

- เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมในระหว่างฝึกอบรมคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ได้จากการทำแบบทดสอบ
 E_2 แทน ประสิทธิภาพของหลักสูตร (พฤติกรรมที่เปลี่ยนในตัวผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม) คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ (%) ได้จากการทำแบบทดสอบ
 $\sum X$ แทน คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากแบบฝึกหัด
 $\sum F$ แทน คะแนนรวมของผู้เข้ารับการฝึกอบรมจากการทำแบบทดสอบวัดความรู้ในหลักสูตรฝึกอบรม
 N แทน จำนวนผู้เข้ารับการฝึกอบรม
 A แทน คะแนนเต็มของแบบฝึกหัด
 B แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบ

6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ผลการทดลอง (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า 137)

6.1 การคำนวณหาค่าคะแนนเฉลี่ย

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^N x_i}{n}$$

เมื่อ $\bar{x}$ แทน มัชฌิมเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนคนของกลุ่มตัวอย่าง

x แทน คะแนนแต่ละตัว

6.2 การคำนวณหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า

143)

$$S = \sqrt{\frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง (SD)

x แทน ข้อมูลแต่ละจำนวน

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยเลขคณิตของกลุ่มตัวอย่าง

f แทน ความถี่

6.3 การคำนวณหาค่าความแปรปรวนของคะแนน (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า

142)

$$S^2 = \frac{n \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}$$

เมื่อ S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนน

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของคะแนนแต่ละข้อยกกำลังสอง

n แทน จำนวนผู้เรียนทั้งหมด

6.4 การคำนวณหาค่าความเชื่อมั่นแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยใช้สูตรของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน-20 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า 123)

$$r_{tt} = \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\sum pq}{S_t^2} \right]$$

เมื่อ r_{tt} แทน ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อ
 p แทน สัดส่วนของคนทำถูกในแต่ละข้อ
 q แทน สัดส่วนของคนทำผิดในแต่ละข้อ = $1-p$
 s_r^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนทั้งฉบับ

ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบในด้านพลาสติกและการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ระหว่างฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรมในขั้นตอนการ (Try out) วิเคราะห์ได้ผลดังตาราง 7

ตาราง 7 ผลการวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบในด้านพลาสติกและการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ระหว่างฝึกอบรมและหลังการฝึกอบรมในขั้นตอนการ Try out

ในระหว่างฝึกอบรมส่วนที่ / หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม	จำนวนข้อทั้งหมด	จำนวนข้อที่ยาก ($p=1.00$)	จำนวนข้อที่ง่าย ($q=0.00$)	ค่าความเชื่อมั่น	ผลการวิเคราะห์
ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกระหว่างฝึกอบรม	10	4	3	81.77	มีความสอดคล้องภายใน
ความรู้พื้นฐานด้านออกแบบระหว่างฝึกอบรม	16	4	4	82.15	มีความสอดคล้องภายใน
ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกหลังฝึกอบรม	10	1	-	81.74	มีความสอดคล้องภายใน
ความรู้พื้นฐานด้านออกแบบหลังฝึกอบรม	16	3	3	80.48	มีความสอดคล้องภายใน
หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม	52	-	-	85.89	มีความสอดคล้องภายใน

ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน

ในระหว่างฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.82 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน

หลังฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.81 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
 หลังฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.80 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน
 หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.85 แสดงว่ามีความสอดคล้องภายใน

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานด้านพลาสติกที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่อง การออกแบบแม่พิมพ์ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมในส่วนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานด้านพลาสติกที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่อง การออกแบบแม่พิมพ์ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80

ในการวัดค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอิงกลุ่มของแบบทดสอบวัดด้านความรู้ความเข้าใจของผู้เข้ารับการฝึกอบรม โดยเป็นการหาค่าความสอดคล้องภายในที่มีความเหมาะสม โดยผลของความเชื่อมั่น (r_H) ของแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน มีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.85

6.5 การคำนวณหาค่าระดับความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก ในแบบทดสอบวัดด้านความรู้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). หน้า 129-130)

$$P = \frac{R}{N}$$

$$r = \frac{Ru - Re}{\frac{N}{2}}$$

- เมื่อ P แทน ค่าความยากของคำถามแต่ละข้อ
 R แทน จำนวนผู้ตอบถูกในแต่ข้อ
 N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด
 r แทน ค่าอำนาจจำแนกเป็นรายข้อ
 Ru แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มเก่ง
 Re แทน จำนวนผู้ที่ตอบถูกในข้อนั้นในกลุ่มอ่อน
 N แทน จำนวนคนในกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด

ผลการวิเคราะห์หาค่าอำนาจอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบแสดงดังตาราง 8 ถึง 11

ตาราง 8 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมใน ส่วนที่ 1 เรื่องพื้นฐานด้านพลาสติกที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน

ข้อที่	จำนวน คนที่ตอบ ถูกใน กลุ่มสูง	จำนวนคน ที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มสูง (U)	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มต่ำ (L)	ค่า อำนาจ จำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ ตอบถูกในแต่ ละข้อ (R)	ค่าความ ยากง่าย (P)
1	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
2	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
3	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
4	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
5	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
6	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
7	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
8	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
9	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
10	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
รวม					4.33		6.83
เฉลี่ย					0.43		0.68

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 1.0 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มี
ความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความ
ยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่า
อำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่ 1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 โดยมี
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.43 และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.50 - 0.83 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.68

ตาราง 9 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมใน
ส่วนที่ 2 เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน

ข้อที่	จำนวนคน ที่ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวน คนที่ตอบ ถูกใน กลุ่มต่ำ	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มสูง (U)	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ ตอบถูกใน แต่ละข้อ (R)	ค่า ความ ยากง่าย (P)
1	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
2	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
3	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
4	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
5	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
6	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
7	1	0	0.33	0.00	0.33	1	0.20
8	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
9	3	1	1.00	0.33	0.67	4	0.67
10	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
11	1	0	0.33	0.00	0.67	1	0.20
12	3	2	1.00	0.66	0.67	5	0.83
13	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
14	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
15	2	0	0.66	0.00	0.67	2	0.33
16	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
รวม					7.50		9.72
เฉลี่ย					0.47		0.61

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 - 1.0 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มี
ความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความ
ยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่า
อำนาจจำแนกของแบบทดสอบระหว่างฝึกอบรมในส่วนที่2 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 โดยมี
ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47 และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.83 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.61

ตาราง 10 แสดงค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมใน
ส่วนที่ 1 เรื่องพื้นฐานด้านพลาสติกที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน

ข้อที่	จำนวนคน ที่ตอบถูก ในกลุ่มสูง	จำนวนคน ที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มสูง (U)	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มต่ำ (L)	ค่าอำนาจ จำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ ตอบถูกใน แต่ละข้อ (R)	ค่าความ ยากง่าย (P)
1	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.83
2	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
3	2	0	0.66	0.00	0.67	2	0.33
4	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
5	2	1	0.66	0.33	0.33	3	0.50
6	2	0	0.66	0.00	0.67	2	0.33
7	2	0	0.66	0.00	0.67	2	0.33
8	3	0	1.00	0.00	0.67	3	0.67
9	2	0	0.66	0.00	0.67	2	0.33
10	2	0	0.66	0.00	0.67	2	0.33
รวม					5.34		4.65
เฉลี่ย					0.53		0.47

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 1.0 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มี
ความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความ
ยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่า
อำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมในส่วนที่1 มีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 โดยมีค่าเฉลี่ย
เท่ากับ 0.53และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.83 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.47

ตาราง 11 แสดงค่าอำนาจจำแนก(r) และค่าความยากง่าย (P) ของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมในส่วนที่ 2 เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ที่ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมจำนวน 12 คน

ข้อที่	จำนวน คนที่ตอบ ถูกใน กลุ่มสูง	จำนวนคนที่ตอบถูก ในกลุ่มต่ำ	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มสูง (U)	ค่าความ ยากง่ายใน กลุ่มต่ำ (L)	ค่า อำนาจ จำแนก (r)	จำนวนผู้ที่ ตอบถูกใน แต่ละข้อ (R)	ค่าความ ยากง่าย (P)
1	2	1	0.66	0.33	0.33	4	0.33
2	3	1	1.00	0.33	0.33	4	0.67
3	3	1	1.00	0.33	0.33	4	0.67
4	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.33
5	3	1	1.00	0.33	0.33	4	0.33
6	2	1	0.66	0.33	0.67	3	0.33
7	2	2	0.66	0.66	0.33	3	0.33
8	3	2	1.00	0.66	0.67	5	0.33
9	3	2	1.00	0.66	0.67	3	0.33
10	3	1	1.00	0.33	0.33	4	0.33
11	2	1	0.66	0.33	0.67	3	0.33
12	2	1	0.66	0.33	0.67	3	0.33
13	3	1	1.00	0.33	0.33	4	0.67
14	3	2	1.00	0.66	0.33	5	0.33
15	3	2	1.00	0.66	0.67	5	0.33
16	2	0	0.66	0.00	0.33	2	0.67
รวม					7.32		6.64
เฉลี่ย					0.46		0.42

ข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.2 – 1.0 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความสามารถจำแนกผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่รู้-ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่รู้ได้ดีและข้อสอบมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ถือว่าเป็นข้อสอบที่มีความยากง่ายที่มีความเหมาะสม โดยผลของค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบหลังฝึกอบรมในส่วนที่ 2 มีค่าอยู่ในระดับ 0.33 - 0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.46 และค่าความยากง่ายมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.42

6.6 ผลการประเมินเนื้อหาและแบบทดสอบการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านได้ผลดังตาราง 13 ถึง 17 ในบทที่ 4

ตาราง 12 ผลการประเมินความเที่ยงตรงด้านเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ข้อ คำถาม	รายการเนื้อหาตามหลักสูตร	ดัชนีความ เที่ยงตรง ด้านเนื้อหา
ด้านจุดประสงค์ในหลักสูตรประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้		
1	มีรายละเอียดที่อธิบายถึงความสำคัญพื้นฐานงานฉีดพลาสติก	0.80
2	มีเนื้อหาในความหมายประวัติความเป็นมาของพลาสติก	0.80
3	มีเนื้อหาในความหมายของเครื่องฉีดพลาสติก	1.00
4	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงธรรมชาติการไหลของน้ำพลาสติก	1.00
5	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องที่เกี่ยวกับการเลือกวัสดุหลัก	1.00
6	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องการเลือกใช้วัสดุพลาสติก	1.00
7	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงชนิดของวัสดุที่มีใช้ทั่วไป	0.60
8	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงหลักการการระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.00
9	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงแม่พิมพ์แบบสองแผ่น	0.80
10	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงแม่พิมพ์แบบสามแผ่น	0.80
11	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงแม่พิมพ์แบบแยก	0.80
12	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการวิเคราะห์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.00
13	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.00
14	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการการกำหนดโครงสร้างแม่พิมพ์	1.00
15	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการปลดชิ้นงาน	1.00
16	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการหล่อเย็นแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.00
17	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.00
18	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	0.60
19	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องการตรวจสอบความเสียหายของแม่พิมพ์	0.60
20	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการบำรุงรักษาแม่พิมพ์	1.00

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สร้างจากเอกสารที่ว่าด้วยการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเอกสารที่เกี่ยวกับเนื้อหาการออกแบบ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องและจากการสอบถามความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกแบบ แล้วนำมาเรียบเรียงเป็นหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยมีโครงสร้างของเนื้อหา ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก เครื่องฉีดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยในหลักการพัฒนาหลักสูตรอ้างอิงจาก วิชัย วงษ์ใหญ่. (2537). หน้า 19 – 21 แล้วนำมาประยุกต์ใช้ในการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้ดังนี้

1. วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ ทักษะและคุณสมบัติของผู้ออกแบบ โดยศึกษาจากสภาพการทำงานในด้านการออกแบบและจากเอกสารในหน้าที่ความรับผิดชอบ
2. กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ การศึกษาจากภาระงานความรู้ ทักษะ คุณสมบัติของผู้ที่ทำหน้าที่ นำมากำหนดเป็นวัตถุประสงค์ของหลักสูตร
3. กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม โดยเป็นการนำเนื้อหาวิชาที่ต้องนำมาใช้ในการฝึกอบรมมาทำการจัดเป็นรายละเอียดของการฝึกอบรม ตามแต่ลำดับของเนื้อหาการฝึกอบรมและจำนวน วัน เวลา ที่จะต้องทำการฝึกอบรม
4. กำหนดรูปแบบการฝึกอบรมโดยเป็นการจัดการฝึกอบรม ให้เหมาะสมกับเนื้อหาการฝึกอบรม โดยเป็นการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ
5. ออกแบบการฝึกอบรมการ ออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยในขั้นตอนนี้จะเป็นการดำเนินการในการจัดขั้นตอน ในการฝึกอบรม โดยมีรายละเอียดดังนี้ คือ
 - 5.1 กำหนดวัตถุประสงค์ของการฝึกอบรม
 - 5.2 จัดเนื้อหาการฝึกอบรม
 - 5.3 จัดสื่อที่ใช้ในการฝึกอบรม

5.4 จัดการฝึกอบรมในทฤษฎี โดยให้ให้มีการประเมินผู้เข้ารับการฝึกอบรมในลักษณะของการประเมินก่อนและหลังการฝึกอบรม

6. ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม

7. เริ่มทำการฝึกอบรม

ผลของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ทำการทดสอบ (Try out) กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 9 คน เพื่อหาความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบโดยใช้สูตรครูเดอร์ – ริชาร์ดสัน - 20 (KR-20) ค่าอำนาจจำแนกและความยากง่าย (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). หน้า 123) ของแบบทดสอบทางด้านความรู้ในระหว่างทำการฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 และ ส่วนที่ 2 แบบทดสอบทางด้านความรู้หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ผลที่ได้จากการพัฒนาหลักสูตรดังนี้คือ ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ของแบบทดสอบในส่วนที่ 1 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แบบทดสอบในส่วนที่ 2 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.82 และแบบทดสอบหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม แบบทดสอบในส่วนที่ 3 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81 แบบทดสอบในส่วนที่ 4 ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.80 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบทางด้านความรู้ในระหว่างทำการฝึกอบรมในส่วนที่ 1 - 2 ได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 ของแบบทดสอบทางด้านความรู้หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ค่าอยู่ระหว่าง 0.33 - 0.67 ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเพื่อทำการประเมินด้านเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

จากการทดลองฝึกอบรม หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก กับผู้เข้ารับการฝึกอบรม จำนวน 12 คน โดยกลุ่มตัวอย่างต้องเป็นผู้ที่กำลังศึกษาในสาขาแม่พิมพ์ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง กลุ่มตัวอย่างต้องมีความรู้ทางด้านแม่พิมพ์หรือพื้นฐานการออกแบบ กลุ่มตัวอย่างเป็น บุคคลทั่วไปที่คุณสมบัติตามกล่าวมาข้างต้น มีผลการวิเคราะห์ในด้านความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกดังนี้

1. เนื้อหาในส่วนที่ 1 ระหว่างฝึกอบรม ประกอบด้วยเนื้อหา 2 หัวข้อ ดังนี้

1.1 ความรู้พื้นฐานด้านงานฉีดพลาสติก ได้ประสิทธิภาพ 83.16 คะแนนเฉลี่ย 4.99

จากผลการทดสอบความรู้ หัวข้อพื้นฐานด้านงานฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.16 และคะแนนเฉลี่ย 4.99 ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ความรู้ดี

1.2 ความรู้ด้านเครื่องฉีด ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.25

จากผลการทดสอบความรู้เรื่อง หัวข้อด้านเครื่องฉีดพลาสติก ได้ประสิทธิภาพ 83.25 และคะแนนเฉลี่ย 3.33 อยู่ในเกณฑ์ความรู้ดี

จากผลการทดสอบความรู้ในส่วนที่ 1 ระหว่างฝึกอบรมในเรื่องความรู้พื้นฐานงานฉีดพลาสติกและเรื่องความรู้ด้านเครื่องฉีดในส่วนที่ 1 ได้ค่าประสิทธิภาพรวม เท่ากับ 83.20 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ผลของการทดสอบความรู้ระหว่างฝึกอบรม ค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ 80 ผลที่ได้หลังจากการทดสอบ ซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพ 83.20 แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมมีประสิทธิภาพ

2. เนื้อหาในส่วนที่ 2 ระหว่างฝึกอบรม ประกอบด้วยเนื้อหา 5 หัวข้อ

2.1 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.75 คะแนนเฉลี่ย 3.27

จากผลการทดสอบความรู้ระหว่างการฝึกอบรม เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.75 คะแนนเฉลี่ย 3.27 ดังนั้น จากผลการทดสอบสามารถ สรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอยู่ในเกณฑ์ดี

2.2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.60 คะแนนเฉลี่ย 4.08

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างการฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.60 คะแนนเฉลี่ย 4.08 ดังนั้น จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ เรื่องการออกแบบ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอยู่ในเกณฑ์ดี

2.3 การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.50 คะแนนเฉลี่ย 1.63

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างฝึกอบรมเรื่องการตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.50 คะแนนเฉลี่ย 1.63

2.4 การตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.66 คะแนนเฉลี่ย 2.45

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างการฝึกอบรม เรื่องการตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.66 คะแนนเฉลี่ย 2.45 ดังนั้น จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ หัวข้อการตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้วอยู่ในเกณฑ์ดี

2.5 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.50 คะแนนเฉลี่ย 1.63

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างฝึกอบรม หัวข้อการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.50 คะแนนเฉลี่ย 1.63 ดังนั้น จากผลการทดสอบระหว่างฝึกอบรมสามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรม มีความรู้อยู่ในเกณฑ์ดี

จากผลการทดสอบความรู้ในส่วนที่ 2 ระหว่างฝึกอบรมในเรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.75 คะแนนเฉลี่ย 3.27 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.60 คะแนนเฉลี่ย 4.08 การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.50

คะแนนเฉลี่ย 1.63 การตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.66 คะแนนเฉลี่ย 2.455 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 81.50 คะแนนเฉลี่ย 1.63 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ผลของการทดสอบความรู้ระหว่างฝึกอบรม ค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ 80 ผลที่ได้หลังจากการทดสอบซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพ 81.60 แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมมีประสิทธิภาพ

3. เนื้อหาในส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรมประกอบด้วยเนื้อหา 2 หัวข้อ ดังนี้

3.1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.00 คะแนนเฉลี่ย 4.98

จากผลการทดสอบความรู้ หลังฝึกอบรม หัวข้อความรู้พื้นฐานฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.00 คะแนนเฉลี่ย 4.98 ดังนั้น จากผลการทดสอบความรู้หลังฝึกอบรม สามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้หัวข้อพื้นฐานงานฉีดพลาสติก ความรู้อยู่ในเกณฑ์ดี

3.2 ความรู้ด้านเครื่องฉีด ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.00 คะแนนเฉลี่ย 3.33

ดังนั้นจากผลการทดสอบความรู้ หลังฝึกอบรม สามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้หัวข้อความรู้ด้านเครื่องฉีดพลาสติก ความรู้อยู่ในเกณฑ์ดี

จากการทดสอบในส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรม ในหัวข้อความรู้พื้นฐานด้านงานฉีดและความรู้ด้านเครื่องฉีด ในส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรมทั้ง 2 หัวข้อได้ค่าสอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ผลของการทดสอบความรู้หลังฝึกอบรม ค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ 80 ผลที่ได้หลังจากการทดสอบความรู้ได้ค่าประสิทธิภาพ 83.00 แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมมีประสิทธิภาพ

4. เนื้อหาในส่วนที่ 2 หลังฝึกอบรม ประกอบด้วยเนื้อหา 5 หัวข้อ

4.1 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.50 คะแนนเฉลี่ย 3.50

จากผลการทดสอบความรู้ระหว่างการฝึกอบรม เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.50 คะแนนเฉลี่ย 3.50 ดังนั้น จากผลการทดสอบสามารถ สรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

4.2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.40 คะแนนเฉลี่ย 4.37

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างการฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.40 คะแนนเฉลี่ย 4.37 ดังนั้น จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ เรื่องการออกแบบ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอยู่ในเกณฑ์ดี

4.3 การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.00 คะแนนเฉลี่ย 1.74

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างฝึกอบรมเรื่องการตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.00 คะแนนเฉลี่ย 1.74

4.4 การตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.33 คะแนนเฉลี่ย 2.62

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างการฝึกอบรม เรื่องการตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.33 คะแนนเฉลี่ย 2.62 ดังนั้น จากผลการทดสอบซึ่งได้ค่าประสิทธิภาพ 87.32 สามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรมมีความรู้ หัวข้อการตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้วอยู่ในเกณฑ์ดี

4.5 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.40 คะแนนเฉลี่ย 1.74

จากผลการทดสอบความรู้ ระหว่างฝึกอบรม หัวข้อการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.40 คะแนนเฉลี่ย 1.74 ดังนั้น จากผลการทดสอบระหว่างฝึกอบรม สามารถสรุปได้ว่า ผู้เข้าฝึกอบรม มีความรู้ในเกณฑ์ดี

จากผลการทดสอบความรู้ในส่วนที่ 2 หลังฝึกอบรมในเรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.50 คะแนนเฉลี่ย 3.50 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.40 คะแนนเฉลี่ย 4.37 การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.00 คะแนนเฉลี่ย 1.74 การตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.33 คะแนนเฉลี่ย 2.62 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 87.40 คะแนนเฉลี่ย 1.74 ซึ่งเป็นค่าที่สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ ผลของการทดสอบความรู้ระหว่างฝึกอบรม ค่าประสิทธิภาพที่ตั้งไว้ 80 ผลที่ได้หลังจากการทดสอบ แสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมมีประสิทธิภาพ

โดยการทดสอบความรู้ความเข้าใจ หลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยในด้านความรู้ความเข้าใจได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 22.33 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 85.89 และเมื่อรวมคะแนนการทดสอบความรู้ความเข้าใจ ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาทั้งหมด 2 ส่วนแล้วได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 21.41 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.37 และคะแนนการทดสอบความรู้ความเข้าใจหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 22.33 ได้ค่าประสิทธิภาพ (E_2) 85.89 โดยสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 80/80 โดยแสดงว่าหลักสูตรฝึกอบรมที่สร้างขึ้นนั้นมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ แล้วสามารถนำไปดำเนินการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้

หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความคิดเห็นหลังจากผ่านการฝึกอบรมว่า หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก นั้นเป็นหลักสูตรฝึกอบรมที่ให้ความรู้การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเป็นอย่างมาก ทั้งในเรื่องพื้นฐานด้านพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและการตรวจสอบแม่พิมพ์ จึงสามารถสรุปได้ว่าหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ผู้วิจัยจัดทำขึ้นมานั้นมีประสิทธิภาพ

ผลการทดสอบความรู้หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้แสดงในตาราง 13 ถึง 17

ตาราง 13 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้
ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 ระหว่างฝึกอบรม เรื่องพื้นฐานพลาสติก

คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้
10	8.33	0.49	ดีมาก
ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 1)			83.33

จากตาราง 13 แสดงว่าระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่าง
ฝึกอบรมจบในส่วนที่ 1 เรื่อง ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและด้านเครื่องฉีดพลาสติก อยู่ในระดับดี
มาก (คะแนนเฉลี่ย = 8.33) และค่าประสิทธิภาพ ของหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เท่ากับ 83.33

ตาราง 14 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้
ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 ระหว่างฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์

คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้
16	13.08	0.51	ดีมาก
ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 2)			81.77

จากตาราง 14 แสดงว่าระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในระหว่าง
ฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 เรื่อง การออกแบบแม่พิมพ์ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 13.08) และ
ค่าประสิทธิภาพ ของหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เท่ากับ 81.77

ตาราง 15 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้
ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรม เรื่องพื้นฐานพลาสติก

คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้
10	8.33	0.50	ดีมาก
ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 1)			83.03

จากตาราง 15 แสดงว่าระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม หลังฝึกอบรม จบในส่วนที่ 1 เรื่อง พื้นฐานพลาสติก อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 8.33) และค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 1 เท่ากับ 83.03

ตาราง 16 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าประสิทธิภาพและระดับความรู้ ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 หลังฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์

คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้
16	14.00	0.60	ดีมาก
ค่าประสิทธิภาพ (ส่วนที่ 2)			87.50

จากตาราง 16 แสดงว่าระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรม ในหลัง ฝึกอบรมจบในส่วนที่ 2 เรื่อง การออกแบบแม่พิมพ์ อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 14.00) และค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม ในส่วนที่ 2 เท่ากับ 87.50

ตาราง 17 คะแนนรวม คะแนนเฉลี่ย ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน และระดับความรู้ การฝึกอบรม ตามหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ค่าประสิทธิภาพใน ระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน (E_1) และค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)

คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้
26	21.41	0.90	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพในขณะที่ ฝึกอบรมจบในทุกส่วน (E_1)	82.37
คะแนนรวม	คะแนนเฉลี่ย	ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ระดับความรู้
26	22.33	0.98	ดีมาก
		ค่าประสิทธิภาพหลัง เสร็จสิ้นการฝึกอบรม (E_2)	85.89

จากตาราง 17 แสดงว่าระดับความรู้ในการฝึกอบรมตามหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบ และสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในระหว่างฝึกอบรมจบในแต่ละส่วน อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 21.41) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.37 และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับ ดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 22.33) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 85.89

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ดังนี้ คือ ส่วนที่ 1 ระหว่างฝึกอบรม เรื่อง ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ส่วนที่ 2 ระหว่างฝึกอบรม เรื่อง ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ ส่วนที่ 2 หลังฝึกอบรม เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์มีความเหมาะสม ทำให้เกิดความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพิ่มมากขึ้นความคิดเห็น และข้อเสนอแนะในการปรับปรุงหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ดังนี้ คือ ส่วนที่ ส่วนที่ 1 ระหว่างฝึกอบรม เรื่อง พื้นฐานพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ส่วนที่ 2 ระหว่างฝึกอบรม เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ การตรวจสอบแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ ส่วนที่ 1 หลังฝึกอบรม เรื่อง พื้นฐานพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ส่วนที่ 2 หลังฝึกอบรม เรื่องแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ การตรวจสอบแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์เนื้อหาในหลักสูตรมีความเหมาะสม ทำให้เกิดความรู้ในการออกแบบเพิ่มมากขึ้น

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกได้สรุปการ
อภิปรายผล และข้อเสนอแนะดังต่อไปนี้

ความมุ่งหมายของการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์
ฉีดพลาสติก

สมมติฐานของการวิจัย

หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจะมีประสิทธิภาพไม่ต่ำกว่า
เกณฑ์ 80/80

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่ผู้ที่เข้ารับการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการ
ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกจำนวน 12 คน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และการรวบรวมข้อมูลประกอบด้วย หลักสูตรฝึกอบรมการ
ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก แบบทดสอบความรู้ ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
ในขณะที่ฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนเนื้อหาของรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้าง
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้ในการฝึกอบรม และภายหลังเสร็จสิ้นจากการฝึกอบรม แบบประเมินความ
สอดคล้องของแบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญในกระบวนการฝึกอบรมในหลักสูตรการออกแบบและสร้าง
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยในการรวบรวมข้อมูลนั้นกระทำโดยนำหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและ
สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ไปดำเนินการจัดทำการฝึกอบรมกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่เป็นกลุ่ม
ทดลอง ทำการทดสอบความรู้ การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในขณะที่ฝึกอบรมจบในแต่ละ
ส่วนเนื้อหา และหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมแล้วทำการประเมินประสิทธิภาพในการปฏิบัติตาม
หลักสูตรฝึกอบรม และข้อเสนอแนะในการปรับปรุง หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้าง
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยทำการประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม
เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ความรู้ของผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในหลักสูตรฝึกเรื่อง
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เปรียบเทียบค่าเฉลี่ย และความเบี่ยงเบนมาตรฐานระดับ
ความสามารถในการเรียนรู้หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

สรุปผลการวิจัย

การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้มีการสร้างในรูปแบบของการพัฒนาหลักสูตรโดยได้นำเรื่องของการออกแบบแม่พิมพ์มาใช้ในภาคอุตสาหกรรม สถาบันการศึกษาและสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นในคุณภาพของการออกแบบแม่พิมพ์ของภาคอุตสาหกรรม สถาบันการศึกษา มากำหนดเป็นหัวข้อในเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรม โดยได้กำหนดส่วนของหัวข้อเนื้อหาไว้ 2 ส่วนคือ

ส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ส่วนที่ 2. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยการกำหนดเนื้อหาและรูปแบบของเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรมนั้นได้พิจารณาไว้เป็นขั้นตอนดังนี้คือ วิเคราะห์ภาระงาน ความรู้ คุณสมบัติของผู้เข้าฝึกอบรม กำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเนื้อหาในหลักสูตรฝึกอบรม กำหนดโครงสร้างหลักสูตรฝึกอบรม กำหนดรูปแบบการฝึกอบรมโดยเป็นการจัดการฝึกอบรม ออกแบบการฝึกอบรมการออกแบบ ตรวจสอบหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบ และการดำเนินการจัดฝึกอบรม การทดลองวิจัยในครั้งนี้เป็นการทดสอบความรู้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในลักษณะของระหว่างฝึกอบรมและหลังจากเสร็จสิ้นการฝึกอบรม โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบความรู้เป็นแบบทดสอบ แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกได้แก่แบบทดสอบในระหว่างฝึกอบรมจบทั้ง 2 ส่วนในหลักสูตร มีจำนวน 26 ข้อ แบ่งเป็นส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด มี 10 ข้อ ส่วนที่ 2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มี 16 ข้อ แบบทดสอบหลังดำเนินการเสร็จสิ้นการฝึกอบรมในหลักสูตรเป็น แบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือกแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมมีจำนวน 26 ข้อ โดยได้ครอบคลุมเนื้อหาทั้ง 2 ส่วน ส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ระหว่างฝึกอบรมมี 10 ข้อ และส่วนที่ 2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ระหว่างฝึกอบรมมี 16 ข้อ ส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด หลังฝึกอบรม มี 10 ข้อ และส่วนที่ 2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบแม่พิมพ์ การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกหลังฝึกอบรม มี 16 ข้อความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาโดยพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 ท่านเพื่อทำการประเมินด้านเนื้อหาและแบบทดสอบของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีเนื้อหาที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม การศึกษาประสิทธิภาพของการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในขณะฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหา มีรายละเอียดดังนี้

ในขณะฝึกอบรมทางด้านความรู้

ในส่วนที่ 1 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.33 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.33

ในส่วนที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 13.08 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 81.77

ในด้านความรู้หลังฝึกอบรม

ในส่วนที่ 1 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 8.33 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 83.03

ในส่วนที่ 2 ได้คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 14.00 ได้ค่าประสิทธิภาพ เท่ากับ 87.50

เนื้อหาในด้านความรู้นั้น ค่าในส่วนที่ 1 จะมีค่าประสิทธิภาพจากเนื้อหาความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกมีรายละเอียดที่สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ในลักษณะของเหตุและผลค่าในส่วนที่ 2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและการตรวจสอบแม่พิมพ์ อธิบายเป็นขั้นตอนพร้อมทั้งมีภาพประกอบให้เห็นและมีพื้นฐานในด้านของการออกแบบในแต่ละชิ้นส่วนหรือระบบต่างๆ ในขณะที่ฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 21.41) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.37 ส่วนค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ระดับความรู้ที่อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 22.33) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 85.89

การอภิปรายผล

1. การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่พัฒนาขึ้นมาได้พัฒนามาจากการศึกษาในเอกสารและงานวิจัยทางด้านการพัฒนาหลักสูตร เพื่อให้เข้าใจถึงหลักการและเหตุผลของการพัฒนาหลักสูตร จึงได้นำมากำหนดเป็นหลักสูตรฝึกอบรม ที่ใช้รูปแบบการฝึกอบรมแบบทฤษฎี โดยมีขอบเขตของเนื้อหาในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก คือได้กำหนดหัวข้อของเนื้อหาในหลักสูตรไว้ทั้งหมด 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกและความรู้ด้านเครื่องฉีด ส่วนที่ 2. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจสอบชิ้นงานที่ทำการฉีดเสร็จแล้ว การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพราะว่าเนื้อหาทั้ง 2 ส่วนนั้นมีความสำคัญในด้านความรู้การออกแบบ ที่จะทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมเกิดความรู้ในระบบของการออกแบบ โดยในเนื้อหาของหลักสูตรฝึกอบรมนั้นจะสอดคล้องกับองค์ประกอบของผู้ที่จะทำหน้าที่ในสายงานการออกแบบแม่พิมพ์ เนื่องจากในกระบวนการพัฒนาหลักสูตรได้ทำการศึกษาถึงคุณสมบัติของผู้ที่ปฏิบัติงานในสายงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญทำการประเมิน โดยจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญทั้ง 5 คน แสดงความเห็นสอดคล้องกันว่า หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สามารถนำไปใช้ในการฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ให้กับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในภาคอุตสาหกรรมได้

เนื้อหาในด้านความรู้เนื้อหาความรู้พื้นฐานด้านพลาสติกมีรายละเอียดที่สามารถอธิบายให้เข้าใจได้ในลักษณะของเหตุและผลเนื้อหาในส่วนนี้ยังจำเป็นต้องมีการเพิ่มเนื้อหาในเรื่องความรู้ด้านเครื่องฉีดและปรับแบบทดสอบให้มีความสอดคล้องกับเนื้อหาความรู้เนื้อหา การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและการตรวจสอบแม่พิมพ์ อธิบายเป็นขั้นตอนพร้อมทั้งมีภาพประกอบให้เห็นและมีพื้นฐานในด้านของการออกแบบในแต่ละชิ้นส่วนหรือระบบต่างๆ ในขณะที่

ฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหา อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 21.41) และค่าประสิทธิภาพ (E_1) เท่ากับ 82.37 ส่วนค่าประสิทธิภาพหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมได้ระดับความรู้อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 22.33) และค่าประสิทธิภาพ (E_2) เท่ากับ 85.89

จากการทดสอบความรู้ภายหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรม ได้ระดับความรู้อยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 22.33) ได้ค่าประสิทธิภาพ 85.89 โดยแสดงว่าค่าประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้ค่าประสิทธิภาพ 82.37/85.89 หมายถึง ค่าประสิทธิภาพ E_1 เท่ากับ 82.37 แสดงถึงผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีความรู้ การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในแต่ละส่วนของเนื้อหาในหลักสูตรอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 21.41) และค่าประสิทธิภาพ E_2 เท่ากับ 85.89 แสดงถึงผู้เข้ารับการฝึกอบรม มีความรู้ การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกหลังเสร็จสิ้นการฝึกอบรมอยู่ในระดับดีมาก (คะแนนเฉลี่ย = 22.33) โดยสามารถให้ประโยชน์แก่ผู้เข้ารับการฝึกอบรมที่เข้ารับการฝึกอบรม และทำให้การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมได้ผลสำเร็จออกมาดี โดยมีความสอดคล้องกับหลักการของสมเกียรติ พ่วงรอด (2544:132) ที่กล่าวว่าการฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่จัดขึ้นเพื่อเพิ่มพูนความรู้ ความชำนาญ และเปลี่ยนแปลงทัศนคติในการปฏิบัติงานได้ดีขึ้น ซึ่งจะนำไปสู่การเพิ่มพูนประสิทธิภาพในการปฏิบัติงานต่อไปทั้งในปัจจุบันและในอนาคต

2. ความคิดเห็นต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในขณะที่ฝึกอบรมจบในแต่ละส่วนของเนื้อหาของหลักสูตร โดยผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความคิดเห็นว่า ในเนื้อหาและรายละเอียดของหลักสูตรฝึกอบรม ให้ความรู้ในด้านของความสำคัญของการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มากขึ้นโดยมีความสอดคล้องกับหลักการของ จีระ ประवालพฤษ (2538:4) ที่กล่าวว่าการฝึกอบรมหมายถึงกระบวนการเสริมสร้างสมรรถภาพบุคคลให้มีความรู้ ความสามารถ ทักษะและทัศนคติเพิ่มขึ้น ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรมการทำงานในขอบเขตของการปฏิบัติงานเฉพาะด้าน อันมีผลต่อความสำเร็จขององค์กรและสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภาณุ พรพรมประธาน (2545:115-119) ที่ได้สร้างหลักสูตรฝึกอบรมการควบคุม ตรวจสอบ และบำรุงรักษา ระบบอัตโนมัติสัญญาณและโทรคมนาคม เพื่อการเดินรถสำหรับพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ ของการรถไฟแห่งประเทศไทย ที่ได้ทำการศึกษาประสิทธิผลของหลักสูตร โดยประเมินสมรรถภาพในการปฏิบัติงานของผู้เข้ารับการฝึกอบรมและความคิดเห็นต่อการใช้หลักสูตรฝึกอบรม ซึ่งพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ มีความรู้ความสามารถและด้านเทคนิควิธีการเฉลี่ยสูงกว่าคะแนนก่อนการฝึกอบรม ในด้านของความคิดเห็นต่อการใช้หลักสูตรฝึกอบรมพบว่าทั้ง 2 ด้านมีความเหมาะสมอยู่ในระดับดีมาก

ข้อเสนอแนะ

จากการวิจัยครั้งนี้มีข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ดังนี้

1. หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่ได้สร้างขึ้นนั้น มีรายละเอียดของเนื้อหาที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้ฝึกอบรมได้ โดยสอดคล้องกับประสิทธิภาพตามเกณฑ์ 80/80 ความรู้ควรมีการพัฒนาเนื้อหาในหลักสูตรให้มีความชัดเจนเพิ่มมากขึ้นในเนื้อหาการออกแบบให้มีเนื้อหาครอบคลุมแม่พิมพ์ในแต่แบบมากกว่านี้ต่อไป
2. หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่ได้สร้างขึ้นนั้น มีรายละเอียดของเนื้อหาที่มีความเหมาะสมสามารถนำไปใช้เป็นหลักสูตรฝึกอบรมให้กับบุคลากรในองค์กรที่ต้องการให้บุคลากรได้เพิ่มพูนความรู้ในการที่จะออกแบบแม่พิมพ์หรือการสร้างแม่พิมพ์เพื่อให้มีความเข้าใจถึงขั้นส่วนแต่ละชั้นมีความสำคัญอย่างไร แต่ควรมีการปรับเพิ่ม-ลดเนื้อหาของหลักสูตรให้เหมาะสมกับประเภทและชนิดแม่พิมพ์
3. หลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สามารถนำไปใช้ฝึกอบรมให้กับบุคลากรในหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีรูปแบบการปฏิบัติงานในด้านการจัดฝึกอบรมทางอุตสาหกรรมแม่พิมพ์และสถาบันการศึกษา

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ควรมีการปรับปรุงเนื้อหาการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกให้มีการออกแบบครอบคลุมและมีความชัดเจนในแม่พิมพ์แต่ละชนิด

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- เกศริน มนูญผล. (2544). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมครูเพื่อเสริมสมรรถภาพ ด้านการจัดทำหนังสือเสริมประสบการณ์ที่สอดคล้องกับท้องถิ่น. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- เฉลิมพล คงจันทร์. (2540). การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเทคโนโลยีรถยนต์ไฟฟ้า สำหรับนักศึกษาช่างยนต์. ปรินญาณิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา) กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ชูชัย สมธิไกร. (2540). การฝึกอบรมบุคลากรในองค์กร. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ชาลี ตระกาลกุล. (2539). การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด1. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ชาลี ตระกาลกุล. (2537). การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).
- ชัยรัตน์ แก้วด้วง. (2538). เทคโนโลยีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก. กรุงเทพฯ: สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุนการส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
- จีระ ประवालพฤษ. (2538). การพัฒนาบุคคลและการฝึกอบรม. กรุงเทพฯ: สำนักงานสถาบันราชภัฏ.
- บรรเลง ศรีนิลและชาติรี รัตนวงศ์. (ม.ป.พ.). คู่มือการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ
- พัฒนา สุขประเสริฐ. (2540). กลยุทธ์ในการฝึกอบรม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พิชิต ฤทธิ์จันทน์. (2544). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่7. กรุงเทพฯ.

ภาณุ พรพรมประทาน. (2545). *สร้างหลักสูตรฝึกอบรมการควบคุม ตรวจสอบ และบำรุงรักษาระบบอัตโนมัติสัญญาณและโทรคมนาคม เพื่อการเดินรถสำหรับพนักงานเทคนิคและนายตรวจสายบรรจุใหม่ของการรถไฟแห่งประเทศไทย*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

พลุ โลหารขุนพร้อมคณะ. (1991). *การออกแบบการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และการออกแบบเชิงวิเคราะห์*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมกระทรวงอุตสาหกรรม.

พลุ โลหารขุนพร้อมคณะ. (2531). *การออกแบบการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก*. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

รวีวรรณ ชินะตระกูล. (2535). *วิธีวิจัยการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าฯ ลาดกระบัง.

ราไพพรรณ อภิชาติพงศ์ชัย. (2545). *การฝึกอบรมในงานส่งเสริมการเกษตรการวางแผนและการจัดการ*. เชียงใหม่: พี อาร์ คอมพิวเตอร์.

วิเชียร จันทะโชติ. (2540). *การพัฒนาหลักสูตรการป้องกันยาเสพติด สำหรับนักศึกษาอุตสาหกรรมศึกษา สถาบันราชภัฏอุดรธานี*. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

สมเกียรติ พ่วงรอด. (2544). *การบริหารงานบุคคล*. ปัตตานี: มิตรภาพปัตตานี.

สมคิด บางโม. (2540). *เทคนิคการฝึกอบรมและการประชุม*. พิมพ์ครั้งที่2. กรุงเทพฯ: วิทยาพัฒน์.

สมชาย หิรัญกิตติ. (2542). *การบริหารทรัพยากรมนุษย์ ฉบับสมบูรณ์*. กรุงเทพฯ: ซีระฟิล์มและไซเท็กซ์.

สมชาติ กิจยรรยง. (2545). *เทคนิคการเป็นวิทยากรฝึกอบรมฝึกอบรม*. กรุงเทพฯ: มัลติมีเดียฟอร์ซเทคโนโลยี.

สันทัศน์ วงศ์มาก. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรช่างเทคนิคระบบการสื่อสารใยแก้วนำแสงของ องค์การโทรศัพท์แห่งประเทศไทย*. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม.(อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

องอาจ พงษ์พิสิทธิ์บุปผา. (2541). *การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมเพื่อเสริมสร้างพฤติกรรมผู้นำทาง การเกษตรสำหรับนักเรียนโครงการอาชีวศึกษา เพื่อพัฒนาชนบท (อศ.กช.)*. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

Belofsky, Harold. (1995). *Plastics: Product Design and Process Engineering*. Munich Vienna, New York: Hanser Publishers.

Linder, E. and Unger, P. (1993). *Gastrow Injection Molds 108 Proven Designs*. Munich Vienna, New York

Hanser Publishers. Menges, George and Mohern, Paul. (1993). *How to Make Injection Mold*. Munich Vienna, New York: Hanser Publishers.

Bertuleit and others. (1995). *Training in Injection Molding*. Munich Vienna, New York: Hanser Publishers.

Rees, Herbert. (1995). *Mold Engineering*. Munich Vienna, New York: Hanser Publishers.

Rees, Herbert. (1996). *Understanding Product Design for Injection Molding*. Munich Vienna, New York: Hanser Publishers.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

โครงการฝึกอบรมในหลักสูตร การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ชื่อโครงการ โครงการฝึกอบรมในหลักสูตร การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

1. หลักการของหลักสูตรฝึกอบรม

การจัดทำหลักสูตร การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยหลักสูตรที่จัดทำขึ้นเป็นการนำหลักการ รูปแบบ และเทคนิคการฝึกอบรม มาจัดทำเป็นหลักสูตรฝึกอบรม และหลักสูตรที่จัดทำขึ้นจะประกอบด้วยเนื้อหาของการออกแบบ คือ ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก เครื่องฉีดพลาสติก ความรู้ด้านการฉีดพลาสติก การออกแบบแม่พิมพ์ การวิเคราะห์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก การตรวจแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และการบำรุงรักษาเพื่อให้ในเนื้อหาของหลักสูตรการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมีประสิทธิภาพมากขึ้น

2. วัตถุประสงค์ของหลักสูตรฝึกอบรม

2.1 เพื่อพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม การออกแบบ และการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำหรับช่างเทคนิค ด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2.2 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ด้านความรู้ในทฤษฎีการออกแบบ การประกอบของผู้ที่ผ่านการฝึกอบรมหลักสูตรการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3. เนื้อหาหลักสูตร

3.1 พลาสติก

3.1.1 พื้นฐานด้านงานฉีดพลาสติก

3.1.1.1 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก

3.1.1.2 กระบวนการฉีดพลาสติก

3.1.1.3 การฉีดพลาสติก

3.1.2 ความรู้ด้านเครื่องฉีดพลาสติก

3.1.2.1 เครื่องฉีดแบบควบคุมด้วยมือ

3.1.2.2 เครื่องฉีดแบบ ซีเอ็นซี

3.2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.2.1 แม่พิมพ์สองแผ่น

3.2.2 แม่พิมพ์สามแผ่น

3.2.3 แม่พิมพ์แบบแยก

3.3 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.3.1 การออกแบบโครงสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.3.2 การกำหนดแนวแยกแม่พิมพ์

3.3.3 การออกแบบชิ้นส่วน

3.3.3 การออกแบบเข้าแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.4 การวิเคราะห์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

3.4.1 การวิเคราะห์วัสดุทำแม่พิมพ์

3.4.2 การวิเคราะห์คุณสมบัติในการขึ้นรูป

3.4.3 การวิเคราะห์มาตรการป้องกันการสีกหรือของบ้ำ

3.4.4 การวิเคราะห์ความสมดุลย์การไหลของน้ำพลาสติก

3.5 การตรวจสอบแม่พิมพ์

3.6 การบำรุงรักษาแม่พิมพ์

4. คุณสมบัติของผู้เข้ารับการฝึกอบรม

4.1 เป็นบุคคลที่เคยทำงานด้านแม่พิมพ์ฉีด มีประสบการณ์ทำงาน ไม่เกิน 6 เดือน

4.2 เป็นบุคคลที่กำลังศึกษาอยู่ในสาขาแม่พิมพ์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง

5. ระยะเวลาในการดำเนินการฝึกอบรม

ระยะฝึกอบรม 2 วัน แบ่งเป็นวันละ 7 ชม.

6. แผนจัดดำเนินการฝึกอบรม

6.1 ชั้นเตรียมการฝึกอบรม

6.1.1 จัดทำหลักสูตรฝึกอบรม

6.1.2 อุปกรณ์ที่ใช้ในการฝึกอบรม

6.2.1.1 คอมพิวเตอร์ 1 ชุด

6.2.1.2 โปรแกรมเขียนแบบ 3 มิติ (Unigraphics NX2)

6.2.1.3 แม่พิมพ์ 2 ชุด

6.2.1.4 ชิ้นงานตัวอย่าง

6.2.1.5 เครื่องฉีดพลาสติก 1 เครื่อง

6.2.1.6 เม็ดพลาสติก

6.1.3 เสนอ อนุมัติ จัดการฝึกอบรม

6.2 ชั้นดำเนินการฝึกอบรม

6.2.1 ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานที่จะทำการจัดการฝึกอบรม

6.2.2 แจ้งหน่วยงานและผู้เข้ารับการฝึกอบรม

6.2.3 จัดเตรียมเอกสาร อุปกรณ์ และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

6.2.4 ดำเนินการฝึกอบรม

6.2.5 ประเมินการฝึกอบรม

ปฏิทินปฏิบัติงาน

ขั้นตอนการดำเนินงาน	ตุลาคม 2548				ธันวาคม 2548				มกราคม 2549				กุมภาพันธ์ 2549			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1. จัดทำหลักสูตร																
2. เสนอขออนุมัติจัดการฝึกอบรม																
3. ติดต่อประสานงานกับหน่วยงานจัดฝึกอบรม																
4. แจ้งหน่วยงานและผู้เข้าฝึกอบรม																
5. จัดเตรียมเอกสารอุปกรณ์และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก																
6. ดำเนินการฝึกอบรม																
7. ประเมินผลการฝึกอบรม																

7. วิธีการฝึกอบรม

ในการดำเนินการฝึกอบรมเป็นการฝึกอบรมในแบบทฤษฎีการบรรยายโดยผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญในด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

7.1 วิธีการประเมินผล

7.1.1 แบบทดสอบความรู้ระหว่างการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

7.1.2 แบบทดสอบความรู้หลังการฝึกอบรมตามเกณฑ์ 80/80

ตาราง แผนการสอนหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

วันที่	เวลา	รูปแบบ	เนื้อหาวิชา	จำนวนชั่วโมง
27 ม.ค. 2549	8.00 – 10.30	ทฤษฎี	ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก	2.5 ชม.
	10.30 – 11.30	ทฤษฎี	ความรู้พื้นฐานด้านเครื่องฉีด	1.0 ชม.
	11.30 – 12.00	ทฤษฎี	ชนิดเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ในงานฉีดพลาสติก	30 นาที
	13.00 – 14.30	ทฤษฎี	แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.5 ชม.
	14.30 – 16.00	ทฤษฎี	การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1.5 ชม.
28 ม.ค. 2549	08.00 – 11.00	ทฤษฎี	การวิเคราะห์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	2.0 ชม.
	11.00 – 15.00	ทฤษฎี	ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	3.0 ชม.
	15.00 – 15.30	ทฤษฎี	การตรวจสอบแม่พิมพ์	30 นาที
	15.30 – 15.45		การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์	15 นาที
	15.45 – 16.00	ทฤษฎี	การบำรุงรักษาแม่พิมพ์	15 นาที

คำนำ

ในปัจจุบัน อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ได้มีการพัฒนาอย่างรวดเร็ว หลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยเฉพาะการศึกษาแม่พิมพ์ในปัจจุบัน จำเป็นต้องพัฒนาหลักสูตรให้มีความทันสมัยเพื่อรองรับกับการเจริญเติบโตของอุตสาหกรรมสาขาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เนื้อหาหลักสูตรการฝึกอบรม การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มุ่งเน้นด้านวิธีการออกแบบ และข้อผิดพลาดอันเกิดจากการออกแบบ และยังเสริมเนื้อหาด้านพื้นฐานงานฉีดพลาสติกเน้นเนื้อหาสำหรับผู้เข้ารับการศึกษาฝึกอบรมให้ความรู้มากขึ้นโดยหลักสูตรที่จัดขึ้นเป็นหลักสูตรเร่งรัดระยะเวลาในการฝึกอบรมใช้เวลา2วัน

ทั้งนี้หลักสูตรฝึกอบรม การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เน้นเนื้อหาที่สามารถอ่านแล้วเข้าใจได้ง่าย เนื่องจากผู้สร้างหลักสูตรได้เน้นภาพประกอบกับการบรรยาย เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น หลักสูตรการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสำเร็จได้ ต้องขอขอบคุณ สำนักหอสมุดมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สำนักหอสมุดสถาบันพระจอมเกล้าพระนครเหนือ สมาคมแม่พิมพ์ และเจ้าหน้าที่ทุกท่านไว้ ณ ที่นี้ด้วย

เรวัตร์ มีสฤติย์

สารบัญ

	หน้า
ความรู้เบื้องต้นงานฉีดพลาสติก	1
ประวัติความเป็นมาของพลาสติก	2
การฉีดพลาสติก	6
เครื่องฉีดพลาสติก	8
การไหลของน้ำพลาสติก	18
หลักเกณฑ์การเลือกวัสดุหลัก	29
ข้อพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบพลาสติก	30
ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทั่วไป	33
หลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบชิ้นงานพลาสติก	39
ตารางความหนาของผนังของของผลิตภัณฑ์พลาสติก	41
การระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	48
แม่พิมพ์ชนิดต่าง ๆ	52
การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกและหลักเกณฑ์การวิเคราะห์	54
ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	88
วิธีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	
ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์	89
การหล่อเย็นแม่พิมพ์และผลกระทบต่อชิ้นงาน	98
การออกแบบระบบหล่อเย็นในแม่พิมพ์	100
การตรวจสอบแม่พิมพ์	103
การบำรุงรักษาแม่พิมพ์	106
ภาคผนวก	108

ความรู้เบื้องต้นงานฉีดพลาสติก

งานฉีดพลาสติก เป็นลักษณะกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติก โดยเครื่องฉีดพลาสติกทำงานเป็นรอบๆ กระบวนการเริ่มจาก พลาสติกในรูปผงหรือเม็ดพลาสติก ถูกส่งเข้าไปในส่วนป้อนและควบคุมปริมาณ ก่อนที่จะค่อยๆ หลอมเหลวในส่วนที่มีอุณหภูมิต่างๆ กัน แล้วจึงฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ด้วยแรงส่งของลูกสูบหรือเกลียวอัดพลาสติกเหลว (หรือเรียกว่าน้ำพลาสติก) จะไหลเต็มแม่พิมพ์กลายเป็นพลาสติกแข็ง สุดท้ายจึงนำออกจากแม่พิมพ์ เป็นชิ้นงานสำเร็จ

ปริมาณพลาสติกที่ฉีด ขนาดของชิ้นงาน ความเป็นเนื้อเดียวกันของน้ำพลาสติกและคุณภาพของชิ้นงานฉีดพลาสติก ได้รับการปรับปรุงอย่างมากหลังจาก ค.ศ. 1950 เมื่อมีการนำเครื่องฉีดแบบเกลียวอัดมาใช้แทนที่เครื่องฉีดแบบลูกสูบ

งานฉีดพลาสติก จะเกี่ยวข้องกับเครื่องฉีด แม่พิมพ์ เม็ดพลาสติกและชิ้นงาน ต้องใช้ความสามารถอย่างมากในด้านเทคนิค และอาศัยประสบการณ์สูง เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพสม่ำเสมอและใช้งานได้ดี

ชิ้นงานจะดีหรือไม่ ขึ้นอยู่กับแม่พิมพ์ที่ใช้ฉีด ดังนั้น ผู้ออกแบบแม่พิมพ์และช่างทำแม่พิมพ์ จึงมีความสำคัญต่องานนี้ และคุณภาพและความเชื่อถือได้ของแม่พิมพ์ มีผลต่อความสวยงามของชิ้นงานและต้นทุนการผลิตหนังสือเล่มนี้มีส่วนช่วยในการถ่ายทอดความรู้ ทั้งที่เป็นพื้นฐานและที่ได้มีการพัฒนาขึ้นมาใหม่ ให้แกผู้ออกแบบแม่พิมพ์ และช่างทำแม่พิมพ์

งานฉีดพลาสติกได้พัฒนาไปอย่างมาก ในเวลา 25 ปีที่ผ่านมา เครื่องฉีดพลาสติกที่มีความแม่นยำสูง เครื่องฉีดแบบเกลียวอัด การนำคอมพิวเตอร์มาควบคุมเครื่องฉีด เพื่อให้การปรับตั้ง และควบคุมตัวแปรในการฉีดพลาสติกเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ การผลิตพลาสติกชนิดใหม่และการปรับปรุงคุณสมบัติ ทำให้ฉีดชิ้นงานได้พิถีพิถันเพื่อที่ละเอียดและโครงสร้างมีคุณภาพสม่ำเสมอ

ปัจจุบันนี้ สามารถฉีดชิ้นงานพลาสติก ซึ่งไม่สามารถฉีดได้เมื่อ 5 ถึง 10 ปีที่แล้ว การฉีดพลาสติกสองสี ชิ้นงานทางวิศวกรรมที่มีพิถีพิถันและความละเอียดมาก โครงสร้างผลิตภัณฑ์เป็นเนื้อเดียว มีคุณสมบัติทนความร้อน และความเสียดทานต่ำ เหล่านี้มีส่วนช่วยพัฒนาอุตสาหกรรมพลาสติก

ประวัติความเป็นมาของพลาสติก

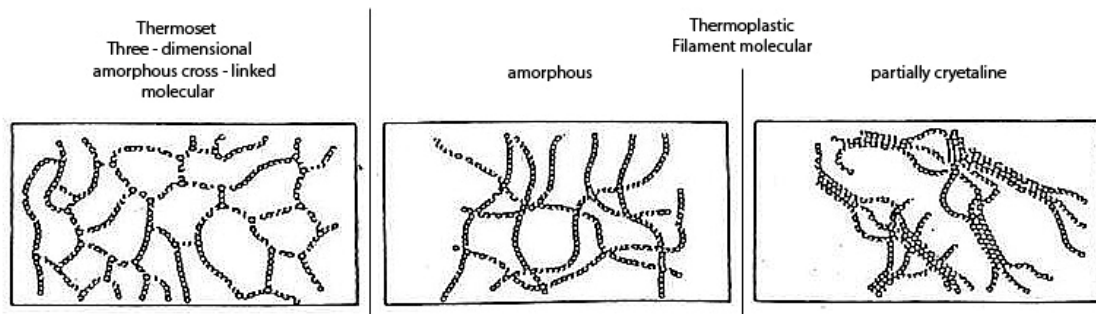
วัสดุพลาสติกสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 กลุ่ม ตามอนุพันธ์และการสังเคราะห์ พลาสติกที่ได้จากธรรมชาติ เช่น fiber (1859) celluloid ประมาณปี ค.ศ. 1870 และ artificial horn (1897) พลาสติกที่ทำจาก cellulose ได้พัฒนาขึ้นมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1910 ซึ่งพลาสติกเหล่านี้ยังมีที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน และเป็นคู่แข่งที่สำคัญของพลาสติกแผ่นบางที่ใช้ในอุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

พลาสติกชนิด thermoses มาก จากการค้นพบของ L.H. Backhand ในปี ค.ศ. 1910 ซึ่งบางที่เรียกว่า Bacdbile การผลิตพลาสติกในปัจจุบัน หรือที่เรียกว่า thermoplastic ได้เริ่มมาตั้งแต่ปี ค.ศ. 1922 โดย H.

Staudinger ได้วางรากฐานการผลิตโดยใช้กรรมวิธี polymerization . {PS} (1930) polyvinyl chloride [PVC] (1931) polyethylene {high pressure} [LDPE] (1930) [HDPE] (1953) และ low pressure polyethylene [LLDPE] (1970) ทั้งชนิดที่เป็น Homopolymer Copolymer และพลาสติกผสม มีการใช้กันมากกว่า 60% ของจำนวนพลาสติกทั้งหมด

พลาสติกที่ใช้ในงานวิศวกรรม กระบวนการผลิตจะมีความซับซ้อนกว่ากระบวนการผลิตดังกล่าวมาแล้วข้างต้น กระบวนการดังกล่าวคือ polyaddition และ polycondensation เป็นต้น พลาสติกทางวิศวกรรมนี้สามารถผลิตให้ได้คุณสมบัติตามที่ต้องการ ซึ่งอาจจะมีคุณสมบัติคล้ายกับยาง หรือคล้ายกับ thermoses หรือ thermoplastics ได้ ตัวอย่างเช่น พลาสติกที่มีชื่อทางการค้าเหล่านี้ Lexan, Noryl (Fenel Electric Plastic). Joplin (Mitsubishi Gas & Chemicals Ind. Co.), Hostadur (HOECHST A.G.), Utradir (BASF A.G.), Tedur (BAYER) A.G. และอื่น ๆ อีก

โครงสร้างของพลาสติกชนิดต่าง ๆ ดังกล่าวมาแล้วข้างต้น ดังรูปที่ 1 รายละเอียดจะได้กล่าวในบทต่อไป



รูปที่ 1 โครงสร้างและการเรียงตัวของโมเลกุลของพลาสติกชนิดต่าง ๆ

กระบวนการฉีดพลาสติก (The Injection Molding Process)

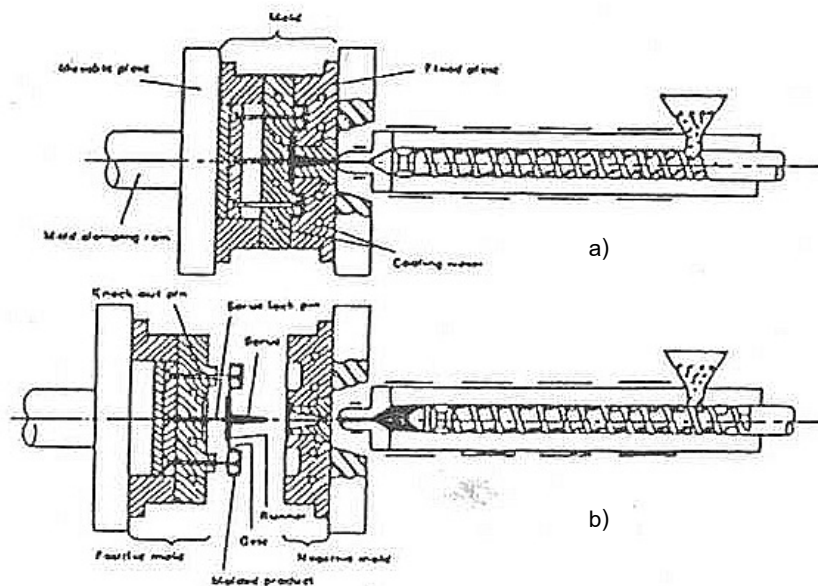
การฉีดพลาสติก คือ การทำให้พลาสติกหลอมละลายด้วยความร้อน จนกระทั่งกลายเป็นของเหลว แล้วทำการฉีดพลาสติกที่เหลวนั้นเข้าสู่แม่พิมพ์ด้วยความดันสูง หลังจากนั้นพลาสติกจะค่อย ๆ เย็นตัว จนกระทั่งกลายเป็นของแข็งมีรูปร่างตามแบบ แม่พิมพ์จะเปิดออก ชิ้นงานก็จะถูกดันออกมา นำไปตกแต่งเป็นชิ้นงานสำเร็จรูป ซึ่งในการกระทุ้งออกมานั้น ทางเข้า (sprue) และทางวิ่ง (runner) ที่เย็นตัวพร้อม ๆ กับชิ้นงานก็จะหลุดออกมาด้วยกัน

4. การระบายความร้อน (Cooling, Plasticizing and metering)

เมื่อฉีดพลาสติกเต็มแบบ (cavity) พลาสติกจะเริ่มเย็นตัวเป็นของแข็ง ระบบหล่อเย็นจะเริ่มทำงานเพื่อระบายความร้อนออกจากชิ้นงาน เพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวรักษาภาพรูปร่างได้ จนกระทั่งสามารถนำออกจากแม่พิมพ์ได้ ในส่วนของกระบอกลอด เม็ดพลาสติกในถังป้อน (hopper) ก็จะถูกส่งลงสู่กระบอกลอด เม็ดพลาสติกจะถูกเกลียวบดและได้รับความร้อนจนหลอมละลาย ค่อย ๆ เคลื่อนตัวไปสู่หัวฉีด โดยเกลียวอัดค่อย ๆ ดันพลาสติกที่หลอมเหลวไปเรื่อย ๆ เพื่อฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ต่อไป

5. เปิดแม่พิมพ์ (Mold Release and Removal)

เมื่อชิ้นงานกลายเป็นของแข็งแล้ว แม่พิมพ์ก็จะถูกเปิดออก ชิ้นงานภายในแม่พิมพ์จะถูกตัวกระทุ้ง (Ejector) ดันออกมาข้างนอก ซึ่งในการทำแม่พิมพ์จะออกแบบกลไกตัวกระทุ้ง (Ejector) เอาไว้ภายในตัวด้วย



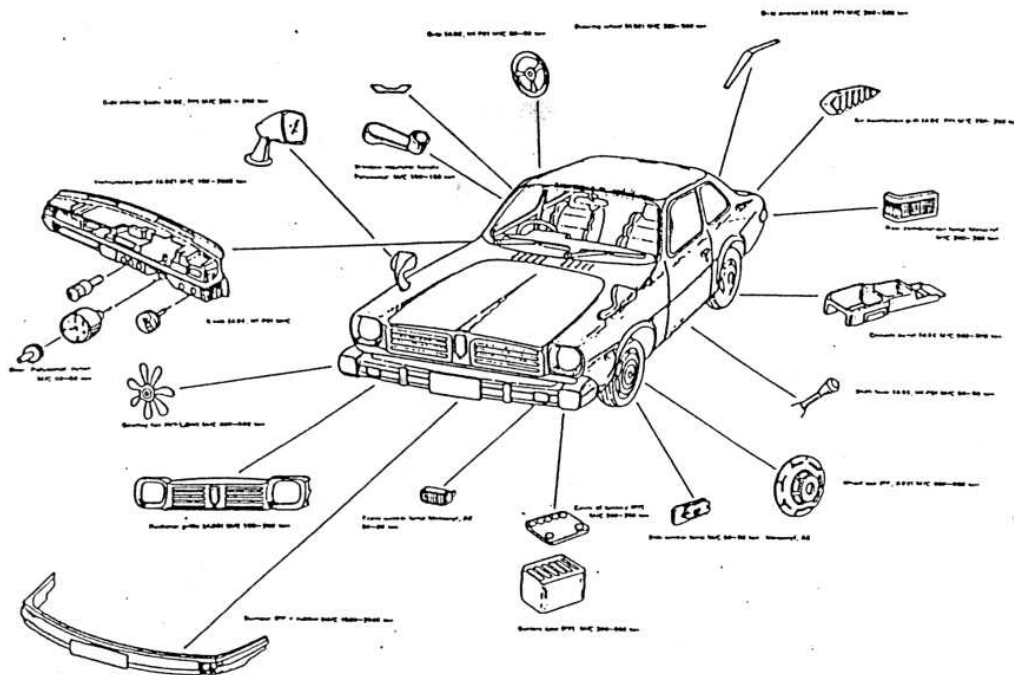
รูปที่ 3 ส่วนประกอบของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

- a) แสดงการฉีดพลาสติกเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์
- b) แม่พิมพ์เปิดออก ชิ้นงานจะถูกกระทุ้งออกมา

จากรูปที่ 3 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกประกอบด้วย ทางเข้าพลาสติก (Sprue) ทางวิ่ง (Runner) และรูฉีดพลาสติกเข้า (Gate) ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญของชิ้นงานพลาสติก การฉีดพลาสติกที่เป็นพวกเทอร์โมพลาสติก ชิ้นงานที่เสียหาย เราสามารถนำ sprue หรือ runner ไปบดแล้วนำไปใช้ใหม่ได้อีก

ในแม่พิมพ์ชุดหนึ่ง ๆ สามารถที่จะฉีดชิ้นงานได้ระหว่าง 10,000 – 1,000,000 ชิ้น เวลาที่ใช้ในการฉีดในรอบหนึ่งเราเรียกว่า Shot โดย Shot หนึ่ง ๆ อาจใช้เวลา 2 – 10 นาที บางทีอาจเรียกว่า cycle time ซึ่งเราจะใช้วิธีนี้ตลอด ในการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก ๆ จึงมีการหาวิธีที่จะผลิตโดยวิธีอัตโนมัติในการฉีดพลาสติกออกมาแนะนำอยู่หลายวิธี

เพื่อความรวดเร็วในการทำแม่พิมพ์ฉีด ในปัจจุบันมีรูปร่างที่ยู่ยากสลัซบซ้นซ้นซ้นซ้น จึงได้มีการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์สำเร็จรูปออกมา ตามขนาดมาตรฐานเพื่อการจำหน่ายในท้องตลาดและหาซื้อได้ง่าย แต่ก็ป็นชิ้นส่วนทั่ว ๆ ไป ถ้าเป็นรูปแบบพิเศษจำเป็นต้องผลิตขึ้นมาเอง ในปัจจุบันผลิตภัณฑ์ได้มีการนำไปใช้อย่างกว้างขวางในด้านการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนอุตสาหกรรม เครื่องมือทางการแพทย์ เป็นต้น ในรูปที่ 4 เป็นตัวอย่างของชิ้นส่วนพลาสติกที่นำไปใช้ในรถยนต์



รูปที่ 4 ชิ้นส่วนพลาสติกที่ประกอบในรถยนต์

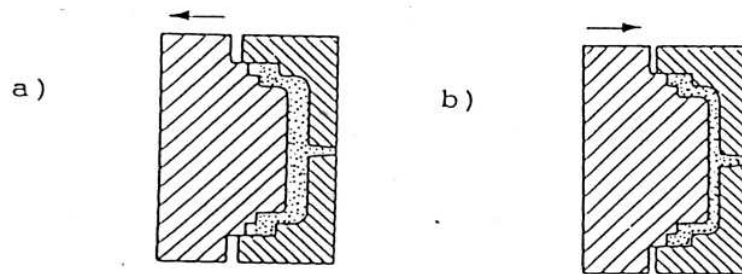
การฉีดพลาสติก

การฉีดแบบ Intrusion (The Intrusion Method)

กรรมวิธีการฉีดแบบนี้ ได้ดัดแปลงมาจากการฉีดแบบธรรมดา คือพลาสติกเหลวจะถูกฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ด้วยความเร็วสูงกว่าปกติ โดยทั่วไป จะใช้มากในการฉีดชิ้นงานที่มีผนังบาง แต่อย่างไรก็ตามไม่มีข้อแตกต่างกันมากนัก กับการฉีดชิ้นงานที่มีความหนากรรมวิธีการฉีดแบบนี้ มีในประเทศอังกฤษ ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1950 สำหรับการผลิตถังบรรจุน้ำขนาดใหญ่ ที่มีผนังหนา โดยใช้พลาสติกชนิด LDPE ในปัจจุบันนี้ วิธีการนี้ถูกนำมาใช้มากในอุตสาหกรรมการผลิตข้อต่อของท่อ PVC

การฉีดแบบ Injection pressing (The Injection Pressing Method)

ในการฉีดชิ้นงานพลาสติกที่มีขนาดใหญ่ ซึ่งเครื่องฉีดที่ใช้ไม่มีแรงฉีดและแรงประกบแม่พิมพ์เพียงพอ อาจทำได้ด้วยการลดแรงประกบแม่พิมพ์ในตอนแรกของการกระบวนฉีด และไม่ต้องใช้แรงฉีดสูงมากนัก ในทันทีที่พลาสติกหลอมเหลวถูกฉีดเข้าไปเติมแม่พิมพ์ แม่พิมพ์จะถูกอัดเข้าด้วยแรงกระแทกอีกครั้งหนึ่ง เทคนิคอันนี้ได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ในประเทศเยอรมัน แม่พิมพ์สำหรับใช้กับเครื่องฉีดแล้วอัดนี้ จะต้องมีลักษณะพิเศษ คือ จะต้องมียะยะเพื่อให้แม่พิมพ์เอนชิดกันได้ และเส้นแบ่งระหว่างแม่พิมพ์ (parting line) จะต้องไม่ชิดกัน



รูปที่ 5 การทำงานของ Injection pressing

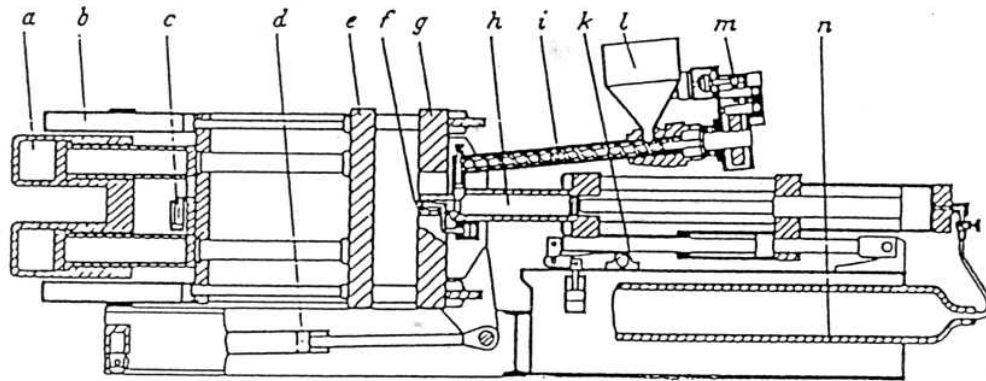
a) At the Injection Cycle

b) At the Pressing Cycle

วิธีการนี้ นอกจากจะใช้กับชิ้นงานที่มีพื้นที่มาก ๆ แล้ว ยังสามารถใช้กับงานทั่ว ๆ ไปและจะทำให้แรงดันประกบบนผิวงาน มีความสม่ำเสมอทั่วกันทั้งชิ้นงาน ทำให้ได้ชิ้นงานที่ไม่มีความเค้น

การฉีดพลาสติกสำหรับเทอร์โมพลาสติกที่ขยายตัวได้ (Injection Moulding of Expandable Thermoplastic)

เทอร์โมพลาสติกที่ขยายตัวได้ ใช้ในการฉีดพลาสติกครั้งแรกในเยอรมัน ราว ค.ศ. 1960 ส่วนใหญ่มักใช้กับงานที่มีความหนาแน่น การฉีดขึ้นงานที่มีเนื้อโครงสร้างเป็นลักษณะโฟม (แข็งแรงแรงภายนอก ภายในมีโครงสร้างเป็นลักษณะเหมือนโฟม) เริ่มเป็นที่นิยมใช้กันมากในสหรัฐอเมริกา ใช้ในงานทำเฟอร์นิเจอร์ วิทยุ ตู้ทีวีและงานอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายๆ กับตัวอย่างดังกล่าว และเป็นที่นิยมใช้กันมากในยุโรป ความหนาที่น้อยที่สุดสำหรับงานเทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างโฟมนี้คือ ประมาณ 4 มิลลิเมตร โดยที่มีผิวแรงแรงภายนอกหนาประมาณ 1 – 1.25 มิลลิเมตร ข้อได้เปรียบของการฉีดแบบนี้ คือ สามารถฉีดขึ้นงานที่มีความหนาที่แตกต่างกันได้ โดยไม่เห็นรอย ยิ่งไปกว่านั้นเทอร์โมพลาสติกที่มีโครงสร้างโฟมนี้มีความแข็งแรงกว่าชนิดที่มีโครงสร้างตัน เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็นของการฉีดงานชนิดนี้ จะนานกว่าการฉีดพลาสติกที่มีโครงสร้างทั่วๆ ไป



(a) Locking Force Cylinder.	(b) Locking Cylinder.
(c) Locking.	(d) Hydraulics for Reciprocating Locking Unit.
(e) & (g) Platen.	(f) Nozzle Locking.
(h) Accumulator.	(i) Plastifying Unit.
(k) Vertical Adjustment.	(l) Hopper.
(m) Screw Drive.	(n) Compressed Gas Bolle

รูปที่ 6 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดเทอร์โมพลาสติกโฟม ปริมาตรช่วงชัก 19,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร แรงดันน้ำพลาสติก 1,100 บาร์ แรงกดอัดแม่พิมพ์ 6,000 N ระยะแม่พิมพ์เปิดสุด 1,200 มิลลิเมตร ขนาดหน้าแปลน 1,900 x 1,900 มิลลิเมตร

การฉีดพลาสติกเทอร์โมเซต (Injection Moulding of Thermoset)

เครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้ระบบเกลียวอัดเป็นที่นิยมกันมาก เพราะเครื่องฉีดชนิดนี้ยังเหมาะสมกับการฉีดพลาสติกเทอร์โมเซต ฟีนอล/ฟอร์มาลดีไฮด์ เมลามีน/ฟอร์มาลดีไฮด์ และสารอีลาสโตเมอร์ ดังนั้น จึงทำให้มีการใช้พลาสติกชนิดนี้ ในการฉีดชิ้นงานต่าง ๆ มากยิ่งขึ้น

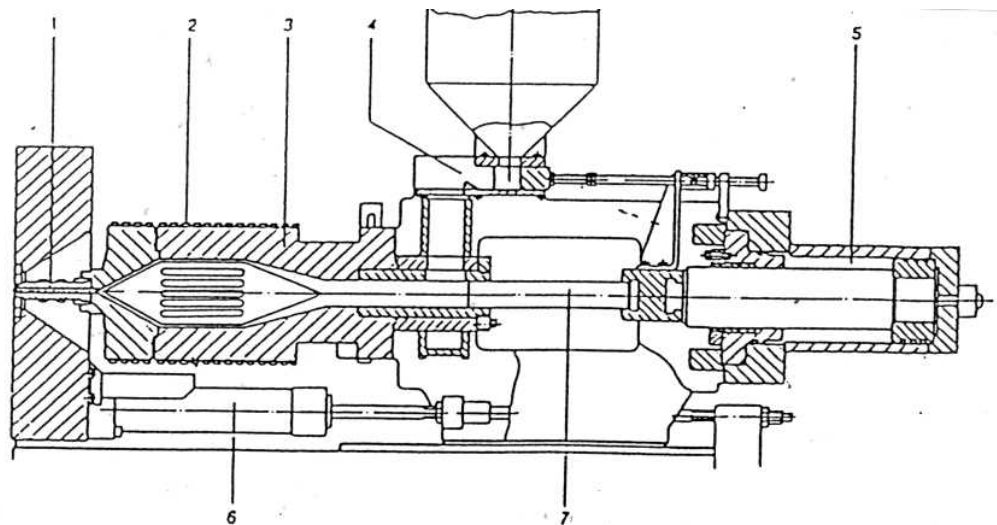
เครื่องฉีดพลาสติก (Injection Moulding Machine)

ลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบันนี้ อาศัยหลักการเดียวกันกับเครื่องฉีดในยุคแรกที่เป็นแบบแนวตั้ง ซึ่งเป็นลิขสิทธิ์ของอเมริกา คือ ชุดฉีด ชุดประกบ และแม่พิมพ์ จะทำงานร่วมกันเป็นหน่วยเดียว หน่วยนี้จะรวมกับชุดขับและชิ้นส่วนเคลื่อนที่ เป็นระบบการทำงานที่สัมพันธ์กัน

ชุดหลอมพลาสติกและชุดฉีดของเครื่องฉีดแบบลูกสูบ (Plunger Type)

ระบบการหลอมพลาสติกและชุดฉีดมักจะอยู่ร่วมกัน ระบบฉีดจะทำหน้าที่หลอมพลาสติกด้วย ในกรณีของเครื่องฉีดชนิดกระบอกอัดพลาสติก ผลหรือเม็ดจะถูกหลอมละลายโดยการนำความร้อนเข้ามา และความร้อนที่เกิดจากการฉีกขาดของพลาสติกในการเคลื่อนที่ของเกลียว ในระบบเกลียวอัดทำให้พลาสติกหลอมละลายเป็นเนื้อเดียวกันดีกว่า ยังผลให้คุณภาพของงานพลาสติกที่ฉีดออกมามีคุณภาพสูงขึ้น ในเครื่องฉีดระบบกระบอกอัด ระบบการหลอมละลายและหน่วยฉีดจะรวมเข้าด้วยกันในขณะที่ทำการอัด สำหรับระบบเกลียว พลาสติกจะหลอมละลาย ในขณะที่เกลียวหมุนอยู่ และพลาสติกที่หลอมละลายจะถูกอัดไปอยู่บริเวณหัวฉีด ต่อจากนั้นจึงถูกฉีดเข้าสู่แม่พิมพ์ โดยการเคลื่อนที่ไปข้างหน้าของเกลียวทั้งชุด

เครื่องฉีดพลาสติกแบบลูกสูบ (Plunger Type)



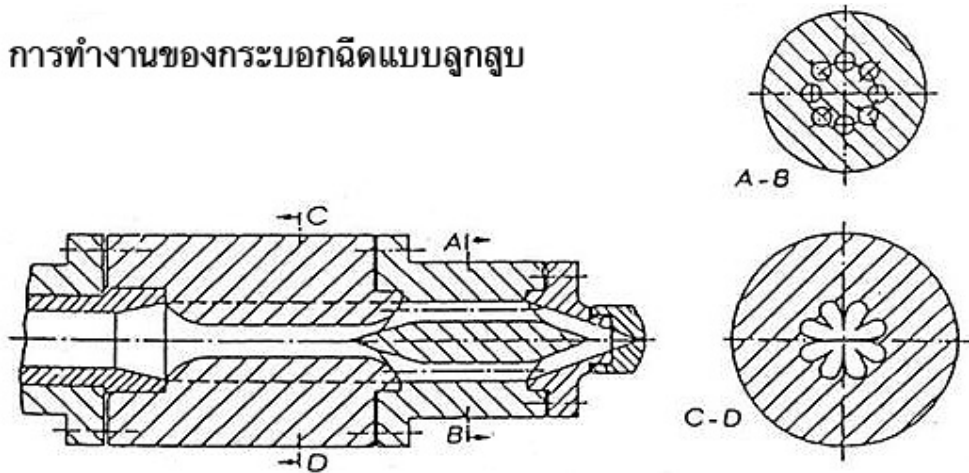
1) Heated Hozzle;	2) Cylinder Heating;	3) Cylinder;
4) Volumetric Metering Device;	5) Hydraulic Cylinder for Injection Unit;	
6) Mould Opening Cylinder;	7) Injection Plunger	

รูปที่ 7 เครื่องฉีดพลาสติกชนิดลูกสูบ

ส่วนที่หลอมพลาสติกในกระบอกฉีดของเครื่องฉีดแบบลูกสูบ พลาสติกจะไหลไปตามกระบอกฉีดและหลอมละลายภายใต้แรงดัน โดยลูกสูบและความร้อนจากไฟฟ้า ด้านในของกระบอกฉีด (บางครั้งก็ใช้ของเหลวช่วยถ่ายเทความร้อน หรือใช้การเหนี่ยวนำ) อุณหภูมิภายนอกถึงศูนย์กลางจะแตกต่างกัน ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยบางอย่าง คือความหนาของชั้นพลาสติก การนำความร้อน ระดับอุณหภูมิ ความดันและอัตราการหลอมของพลาสติก สำหรับการนำความร้อนค่าหนึ่ง (ห้ามเกินอุณหภูมิสูงสุดเพราะพลาสติกมีขีดจำกัดทางด้านความร้อน) ประสิทธิภาพการหลอมเหลวจะเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตรของพลาสติก ด้วยเหตุนี้จึงมีการแบ่งปริมาณของพลาสติกเหลว โดยใช้ตอร์ปิโด ดังรูปที่ 8 ตอร์ปิโดมีลักษณะเป็นซี่ ๆ ดังแสดงไว้ในรูป แต่มีข้อเสียคือ พลาสติกส่วนนี้จะเป็นฉนวนและทำให้การนำความร้อนลดลงทุกครั้งที่มีการฉีด พลาสติกส่วนนี้จะปะปนเข้าไปในชิ้นงานจะมองเห็นเป็นเส้นรอยขาว (dark streaks)

เครื่องฉีดแบบลูกสูบ ยังคงใช้การประกอบชุดตอร์ปิโดเข้ากับช่องพลาสติก ด้วยเกลียวหรือเชื่อมติด การอุ่นเม็ดพลาสติก จะกระทำก่อนที่จะถึงตอร์ปิโด ความสามารถของกระบอกหลอมพลาสติกแบบตอร์ปิโดจึงมีขีดจำกัด เพราะพื้นที่ถ่ายเทความร้อนจะขึ้นอยู่กับความจุของกระบอกฉีด จึงต้องใช้วิธีการฉีดโดยลูกสูบ จะอัดซ้ำๆ กันหลายๆ ครั้ง จนกว่าจะเต็มคาวีดี แต่ปริมาณความร้อนที่ถ่ายเทก็ยังมียึดจำกัด ปัญหานี้สามารถที่จะแก้ไขโดยเครื่องฉีดพลาสติกแบบ transfer ซึ่งพัฒนาขึ้นในอเมริกา สำหรับการฉีดขนาดใหญ่ เช่น ผนังด้านในตู้เย็น เครื่องแบบนี้มีกระบอกฉีดที่วางเอียง พร้อมด้วยตอร์ปิโด ซึ่งเคลื่อนที่เพื่อหลอมพลาสติกซ้ำๆ กันหลายครั้ง และส่งไปที่กระบอกเพื่อทำการฉีด โดยพลาสติกเหลวเคลื่อนที่ผ่านลูกบอลหรือลื่นกันกลับแบบลูกเลื่อน การใช้เกลียวหมุนช่วยหลอมพลาสติกด้วยเกลียว (Extruder) จะวางขนานกับแนวนอน วางเอียงหรือแนวตั้ง ในลักษณะที่สัมพันธ์กับการทำงานของกระบอกฉีดแบบลูกสูบ

การทำงานของกระบอกฉีดแบบลูกสูบ

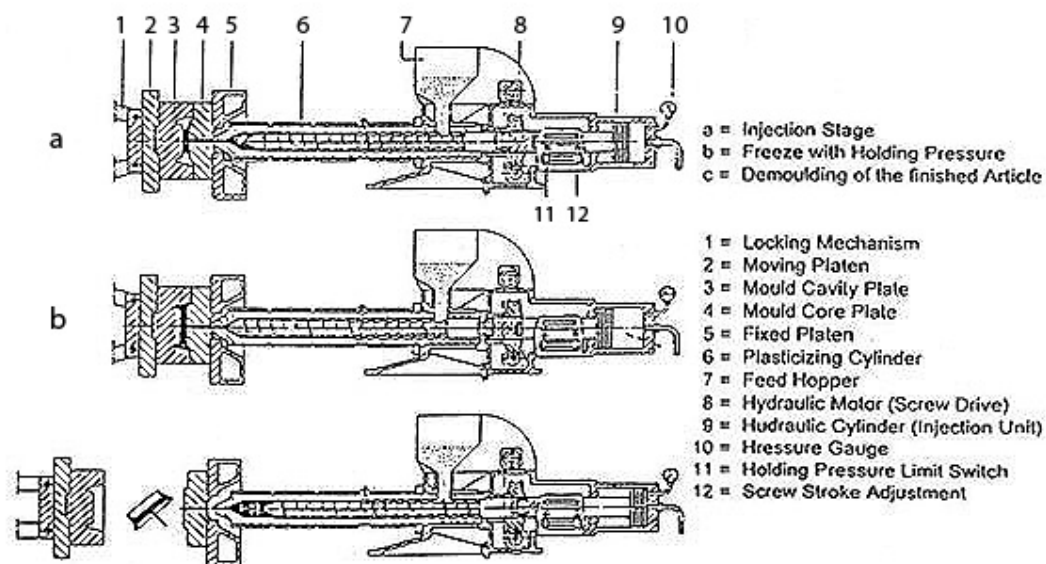


รูปที่ 8 บริเวณกระบอกหลอมพลาสติกที่เป็นซี่หรือหลายครีบบนพร้อมด้วยตอร์ปิโด

เครื่องฉีดพลาสติกแบบเกลียวอัด (Reciprocating Screw Injection Machine)

เพื่อเพิ่มขีดความสามารถของเครื่องฉีดพลาสติกให้สูงขึ้น และปรับปรุงคุณภาพของน้ำพลาสติก จึงมีการพัฒนาให้เกลียวหลอมพลาสติกควบคู่ไปกับการเคลื่อนที่ เช่นเดียวกับลูกสูบที่ใช้ฉีด (เกลียวเลื่อนไปมาได้) หลักการนี้เป็นลิขสิทธิ์ของฝรั่งเศส

ลักษณะการออกแบบคือ ชุดเกลียวจะหมุนและเคลื่อนที่ไปตามแนวแกนด้วย เครื่องฉีดแบบนี้ได้รับความนิยมอย่างรวดเร็วในยุโรป ในขณะที่ประเทศอเมริกายังลังเลที่จะนำมาใช้ในปัจจุบันนี้เครื่องฉีดแบบนี้ได้กลายเป็นต้นแบบสำหรับเครื่องฉีดชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก จนถึงชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่มาก โดยขนาดใหญ่สุดที่เคยฉีดกันมามีน้ำหนักถึง 25 กิโลกรัม โครงสร้างและการทำงานของชุดเกลียวอัดแสดงในรูปที่ 9



รูปที่ 9 โครงสร้างและการทำงานของเครื่องฉีดแบบเกลียวอัด

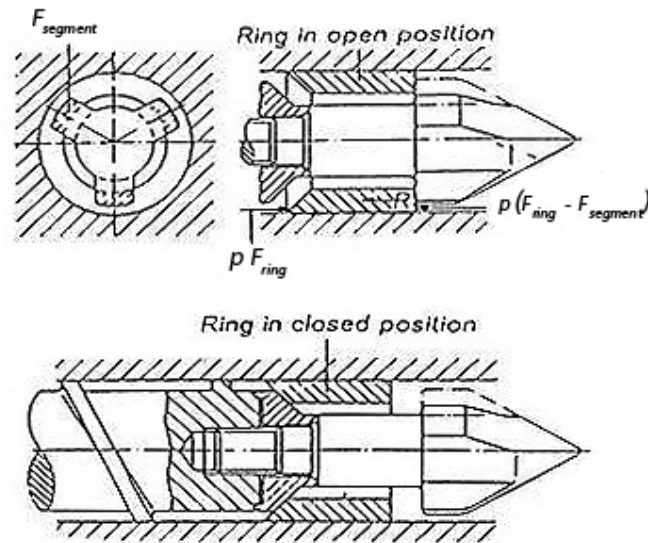
ในประเทศเยอรมัน เริ่มสร้างเครื่องฉีดแบบนี้ในปี ค.ศ. 1956 ขณะที่ประเทศอังกฤษเริ่มใช้เครื่องฉีดแบบเกลียวอัดที่ชุดฉีดมีเกลียวคู่ เหตุที่เลือกเครื่องฉีดแบบเกลียวคู่ เพราะคิดว่ามีข้อดีคือ สามารถป้องกันการรั่วของน้ำพลาสติกในขณะฉีดได้ดีกว่าแบบเกลียวเดี่ยว

ข้อแตกต่างจากเครื่องฉีดแบบเกลียวเดี่ยวก็คือ เครื่องฉีดแบบเกลียวคู่ไม่สามารถควบคุมน้ำหนักของพลาสติกที่ฉีดและแรงดันฉีดให้มีขนาดต่างๆ โดยการเปลี่ยนกระบอกฉีด เพราะเกลียวที่ขบกันอยู่จะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลาง ระยะระหว่างแกนของเกลียวและระยะพิทช์ที่สัมพันธ์กัน

ในเครื่องฉีดแบบเกลียวเดี่ยว การปรับน้ำหนักพลาสติกที่ฉีดภายในช่วงหนึ่ง โดยแรงดันฉีดคงที่ ทำได้ด้วยการปรับระยะเคลื่อนอัดของเกลียว หากน้ำหนักที่ฉีดนอกเหนือจากนี้ ก็อาจเปลี่ยนกระบอกหลอมพลาสติกทั้งชุดให้ฉีดได้ปริมาณมากขึ้นหรือน้อยลง วิธีนี้จะทำให้แรงดันฉีดและความเร็วในการฉีดเปลี่ยนแปลงไปด้วย

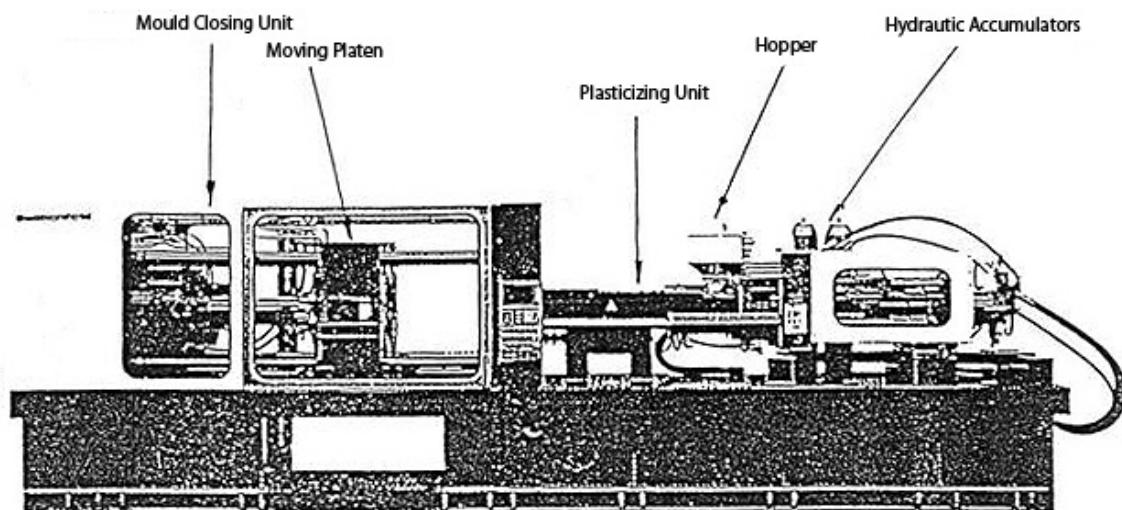
โดยการใช้วาล์วที่ป้องกันการไหลกลับในระบบเกลียวเดี่ยว (single screw) ก็สามารถทำให้แน่นและป้องกันการซึมได้ดีกว่าของระบบเกลียวคู่ (twin screw) เพราะเหตุว่าการใช้วาล์วที่ป้องกันการไหลกลับ ในระบบเกลียวคู่ นั้นยากต่อการสร้าง ในรูปที่ 10 แสดงให้เห็นว่า วงแหวนของวาล์วที่ป้องกันการไหลกลับจะปิดให้ทันที

- $PX (F_{ring} - F_{segment}) + R > P \times F_{ring}$
- R = แรงเสียดทานระหว่างแหวนกับกระบอกฉีด



รูปที่ 10 วาล์วป้องกันการไหลกลับในเครื่องฉีดแบบเกลียว

เครื่องฉีดพลาสติกชนิดพิเศษ (Special Purpose Injection Moulding Machines)



รูปที่ 11 เครื่องฉีดพลาสติกในยุคปัจจุบัน

เครื่องฉีดพลาสติกชนิดพิเศษสำหรับการฉีด Thermoplastic ที่มีส่วนผสมของ Blowing Agents หรือที่รู้จักกันทั่วไปว่า การฉีดโฟมเป็นแบบที่ใช้ฉีด Thermoplastic ที่มี Blowing Agents โดยวิธีผสมเป็นเนื้อเดียวกัน

ลักษณะพิเศษของเครื่องฉีดชนิดนี้ก็คือ ชุดฉีดจะมีชุดรวบรวมน้ำพลาสติก ระบบนี้จะควบคุมการไหลละลายของน้ำพลาสติกได้อย่างถูกต้อง และน้ำพลาสติกหลอมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดี อีกทั้งความยาวที่งานของเกลียวจะคงที่ตลอดเวลาของการส่งน้ำพลาสติก (เกลียวจะไม่มี การเลื่อนไปมาดังเช่นเครื่องฉีดทั่วไป) พลาสติกจะถูกอัดเข้าไปในชุดรวบรวมน้ำพลาสติก (ดูรูปที่ 11) ซึ่งต่อถึงแม่พิมพ์ โดยผ่านทางรูของ Needle Shut – Off Valve ที่ควบคุมด้วย Hydraulic วาล์วที่มีรูกว้างกับระบบไฮดรอลิกส์ที่ได้ขนาด จะทำให้เวลาในการฉีดลดลงได้

เครื่องฉีดแรงดันต่ำจะใช้กับชิ้นงานหนา ที่มีความหนาตั้งแต่ 5 มิลลิเมตร ขึ้นไป พลาสติกที่เหมาะสมกับการฉีดโฟมคือ PS, ABS, PE, PP, PA, EVA, PPO, PC เครื่องฉีดแบบพิเศษดังกล่าวมาแล้วนี้จะมีประกบแม่พิมพ์เพียง 40 – 50 % ของเครื่องฉีดแรงดันสูงที่มีขนาดหน้าแปลนเท่ากัน

เครื่องฉีดแรงดันสูง ใช้ฉีดเทอร์โมพลาสติกซึ่งไหลตัวยาก และชิ้นงานที่หนาไม่เกิน 6 มิลลิเมตร โครงสร้างของชุดฉีดที่มีชุดรวบรวมน้ำพลาสติกยังช่วยในการเตรียมน้ำพลาสติกสำหรับการฉีดโฟมให้เป็นไปได้ด้วย

การฉีดโฟมที่รู้จักกันดีคือ

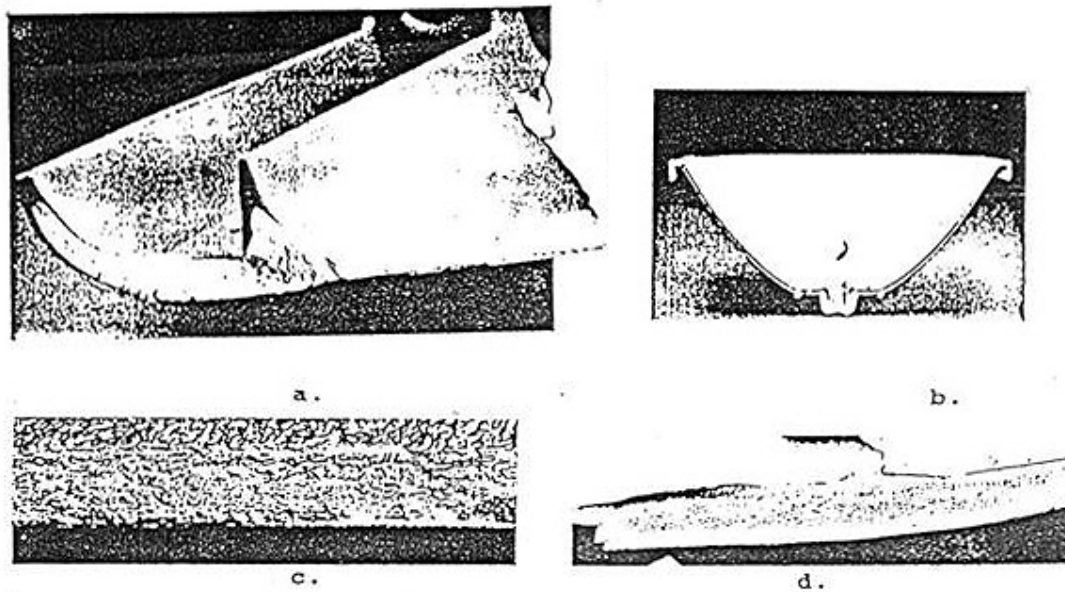
- การฉีดโดยใช้แรงดันต่ำ
- การฉีดโดยมีแรงดันสวนจากก๊าซ

Blowing agents สามารถที่จะทำได้ทั้งแบบเคมีหรือฟิสิกส์ Blowing agents แบบเคมีจะผสมกับเม็ดพลาสติกก่อนเทลงใน Hopper หรือใส่ลงใน Throat ในลักษณะเป็นผง แป้งเปียก หรือเหลว โดยทั่วไปจะใช้ Blowing agents แบบเคมี เพราะงานฉีดส่วนมากจะมีคุณภาพดี นอกจากเติม Blowing agents ลงไปในพลาสติกแล้ว ในทางปฏิบัติยังใช้การฉีด Blowing agents แบบฟิสิกส์เข้าไปที่เกลียวภายในกระบอกลัด Blowing agents นี้ อาจเป็นก๊าซ เช่น ไนโตรเจน หรือของเหลว เช่น Fluorinated Hydrocarbons โดยใส่ในปริมาณพอเหมาะและผสมกับน้ำพลาสติก ไนโตรเจนจะใช้ได้ดีโดยเฉพาะกับการฉีดชิ้นงานที่บาง

ชุดสำหรับเติมก๊าซไนโตรเจน ประกอบด้วยเครื่องอัดอากาศ เกลียวที่มีรูปร่างและความยาวพิเศษ หัวฉีด อุปกรณ์วัดปริมาณ ชุดควบคุมด้วยไฮดรอลิกส์และไฟฟ้า

ข้อดีของการเติมก๊าซไนโตรเจน ใช้ได้ดีกับการฉีดชิ้นงานที่บางมาก แต่สำหรับชิ้นงานที่หนาแล้ว การเติมก๊าซด้วยวิธีเคมีหรือ Blowing agents จะดีกว่า

การฉีดชิ้นงานที่มีโครงสร้างเป็นโฟม สามารถใช้เครื่องฉีดพลาสติกทั่วไปได้ โดยติดตั้งอุปกรณ์ สำนวนน้ำพลาสติกเข้ากับ Blowing agents ข้อดีของเครื่องฉีดแบบนี้ก็คือ ใช้ฉีดได้ทั้งโครงสร้างโฟมและโครงสร้างตัน



รูปที่ 12 ตัวอย่างของการฉีดโฟม

- หน้าตัดของชิ้นงานที่ฉีดเป็นชั้น ๆ ผิวชั้นนอกมีสีต่างจากโฟมเนื้อใน ซึ่งเป็นพลาสติกชนิดเดียวกัน
- หน้าตัดของฝาครอบหลอดไฟ ผิวนอกเป็นพลาสติกชนิด PBTP ชนิดไม่เสริมแรง เนื้อในเป็น PBTP ชนิดเสริมใยแก้ว ความหนา 15 มิลลิเมตร เนื้อในเป็นพลาสติกชนิดเดียวกันและตัน
- หน้าตัดของชิ้นงานที่ฉีดด้วยแรงดันต่ำ
- หน้าตัดของชิ้นงานที่ฉีดโดยมีแรงดันสวนของก๊าซ

เครื่องฉีดพลาสติกเป็นชั้น ๆ (Multi-Component Injection Moulding Machine)

เครื่องฉีดพลาสติกแบบนี้ สามารถฉีดโครงสร้างเป็นชั้น ๆ ซึ่งมีลักษณะพิเศษ โดยการใช้พลาสติกต่างชนิดหรือชนิดเดียวกันมาประกอบกัน

ลักษณะโครงสร้างที่ฉีดได้จะเป็นดังนี้

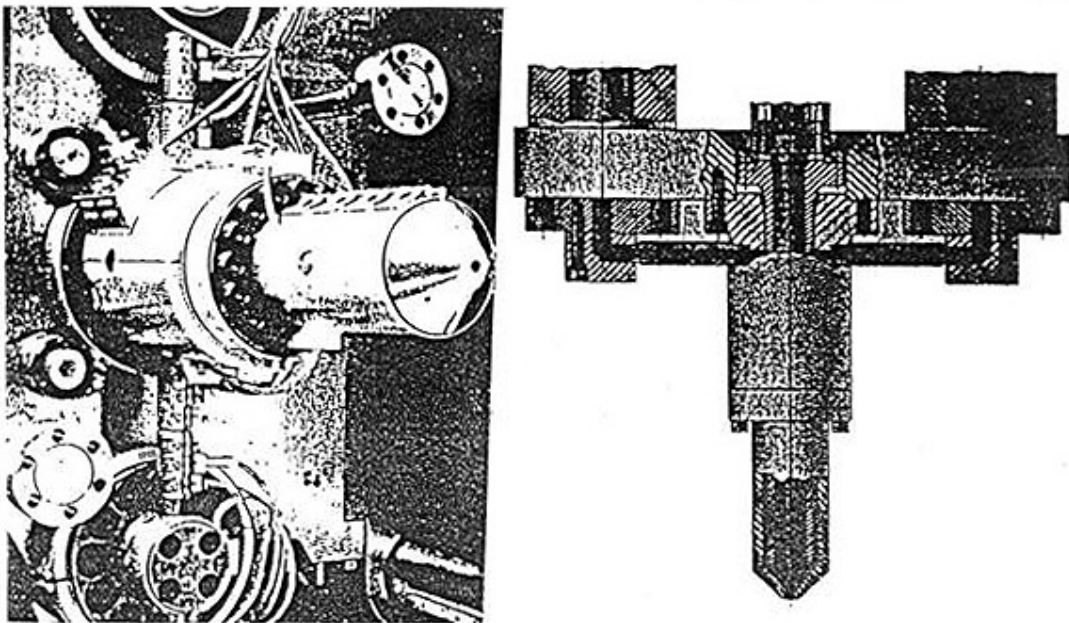
- ผิวชั้นนอกตัน เนื้อในเป็นโฟม
- ผิวชั้นนอกและเนื้อในตัน
- ผิวชั้นนอกเป็นโฟม เนื้อในตัน

การใช้งานในปัจจุบันนี้ส่วนใหญ่เป็นการฉีดโครงสร้างที่ประกอบด้วยผิวชั้นนอกตันและเนื้อในเป็นโฟม ข้อดีของชิ้นงานที่ฉีดด้วยวิธีนี้ คือ ทำให้คุณสมบัติของโครงสร้างโฟม พร้อมกับผิวที่เหมือนการฉีดชิ้นงานตัด การฉีดแบบนี้เรียกว่าการฉีดแบบแซนวิช จะใช้ประโยชน์ได้มากคือ สำหรับชิ้นงานที่มีความหนามากกว่า 4 มิลลิเมตร ควรฉีดแบบโครงสร้างที่เนื้อในเป็นโฟม เพื่อป้องกันการเกิด Sink Mark ในบริเวณที่เปลี่ยนความหนาหรือมีครีบก ในกรณีนี้สามารถฉีดได้โดยไม่มีแรงดันตาม แต่การฉีดชิ้นงานที่หนาตั้งแต่ 1 – 4 มิลลิเมตร มักให้มีเนื้อในตัน ในกรณีนี้ การป้องกันการเกิด Sink Mark ทำได้เช่นเดียวกับการฉีดพลาสติกตัด คือ การให้แรงดันตาม

การฉีดพลาสติกเป็นชั้นมีการพัฒนากรรมวิธีต่าง ๆ มาก ไม่สามารถนำมาอธิบายได้ทั้งหมด จึงยกตัวอย่างของการฉีด วิธี Two – channel ที่พัฒนาโดยบริษัท Battenfeild มาอธิบาย

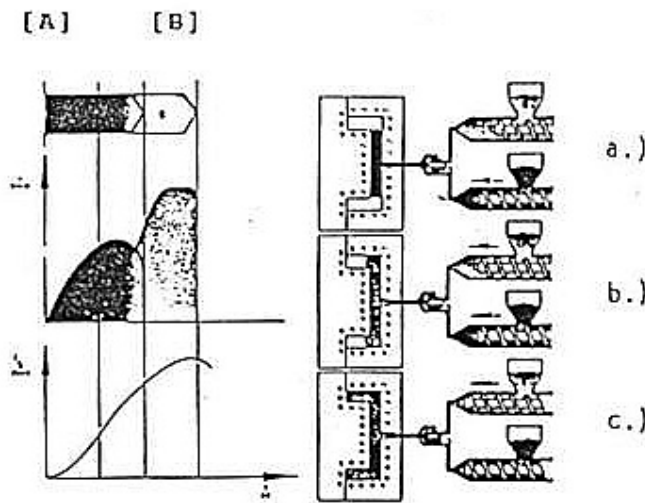
ชั้นงานที่ฉีดด้วยกรรมวิธี Two – channel นี้พลาสติกที่เนื้อในจะมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งทำได้โดย จัดช่วงการฉีดผิวเนื้อในไปพร้อมกัน ช่วงการฉีดพลาสติกชั้นนอกและชั้นในซึ่งควบคุมความเร็วและเวลาอย่างแม่นยำแบบ Closed – loop จึงทำให้การไหลของน้ำพลาสติกมีความเร็วคงที่ในขณะที่ฉีด พลาสติกเนื้อในจะเริ่มฉีดเข้าไป ก่อนที่การฉีดผิวนอกจะเสร็จ วิธีนี้ช่วยควบคุมความเร็วและแรงดันของน้ำพลาสติกภายในคาวีต์ เป็นผลให้ชิ้นงานที่ได้มีผิวเรียบร้อย ปราศจากรอยต่อและข้อบกพร่อง

รูปที่ 13 แสดงหัวฉีดแบบ Two – channel พลาสติกที่เป็นผิวนอกจะถูกฉีดผ่าน Hopper เข้าไปในหัวฉีด พลาสติกเนื้อในที่เป็โฟมหรือตัน (สีเทา) จะถูกฉีดเข้าไปในหัวฉีดด้านในที่มีศูนย์เดียวกันโดยผ่านตัวป้อน



รูปที่ 13 หัวฉีดแบบ Two – channel สำหรับการฉีดพลาสติกเป็นชั้น ๆ
โดยการทำงานที่เป็นอิสระต่อกันของหัวฉีดทั้ง A และ B

หัวฉีดแบบร่วมศูนย์เป็นลักษณะพิเศษของหัวฉีดแบบ Two – channel ของเครื่องฉีด Battenfeild หัวฉีดคู่นี้ชุดปิดที่ปลาย การฉีดจะควบคุมโดยการทำงานที่เป็นอิสระต่อกัน ทั้งหัวฉีด (A) และ (B) ดังรูปที่ 14



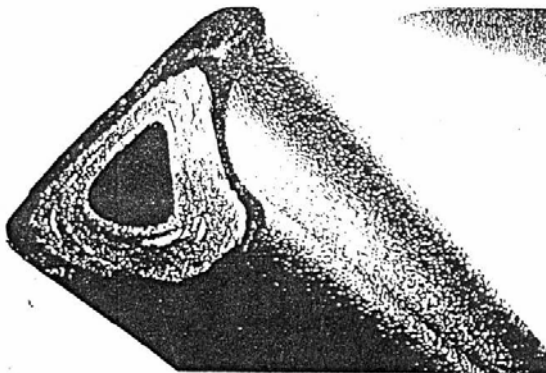
รูปที่ 14 การควบคุมการฉีดเป็นชั้น ๆ

- ฉีดพลาสติกโครงสร้างตัน
- ฉีดพลาสติกผิวส่วนนอกและเนื้อในพร้อมกัน
- ฉีดพลาสติกที่เป็นเนื้อใน (โครงสร้างโฟมหรือตัน)

ถ้าใช้หัวฉีดเพียงชุดเดียว ในการฉีดชิ้นงานทั่วไป หัวฉีดอีกชุดจะปิด เข็มปิดหัวฉีดจะทำงานโดยไฮดรอลิกส์ ช่วงเปิดของหัวฉีดทั้งสองสามารถปรับได้ทุกระยะ

ตัวเรือนสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ ต้องมีผิวป้องกัน ที่เรียกว่า Electro - Magnetic Interference Shielding (EMI) อาจทำได้โดยการเคลือบสี หรือเคลือบผิวด้วยสารป้องกัน อาจใช้พลาสติกที่นำไฟฟ้าได้ แล้วเคลือบสีเพื่อความสวยงาม ด้วยวิธีฉีดเป็นชั้น จะใช้พลาสติกที่นำไฟฟ้าเป็นเนื้อใน ส่วนผิวนอกจะใช้พลาสติก ในการป้องกันประจุไฟฟ้าและ Electro - magnetic Interference ส่วนผสมของพลาสติกที่ใช้ได้ดี คือ

- Carbon Black ที่เป็นนำไฟฟ้าได้
- แกบอลูมิเนียม
- เส้นใยเหล็กกล้า



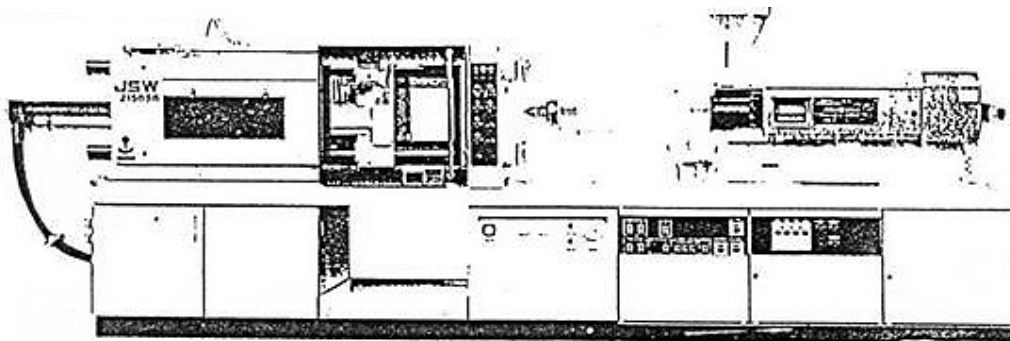
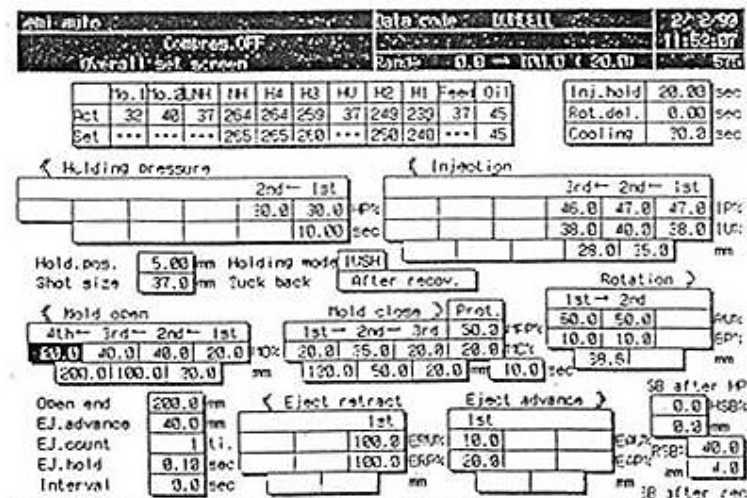
รูปที่ 15 ตัวอย่างของชิ้นงานที่เป็นชั้น ๆ ที่มี Electromagnetic - Interference Shielding

รูปที่ 15 แสดงตัวอย่างของชิ้นงานที่ฉีดเป็นชั้น ๆ ที่มี Electromagnetic – Interference Shielding

- หน้าตัดของชิ้นงาน : ผิวเป็นพลาสติก PPO ที่มี carbon black 35%
- หน้าตัดของชิ้นงาน : ผิวเป็นพลาสติกผสม PC กับ ABS เนื้อในเป็นพลาสติกผสม PC กับ ABS ที่มีแกบอลูมิเนียม 40%
- หน้าตัดของชิ้นงาน : ผิวเป็นพลาสติก ABS ชนิดทนไฟ เนื้อในเป็นพลาสติก ABS ทนไฟที่มีเส้นใยเหล็กกล้า 14%

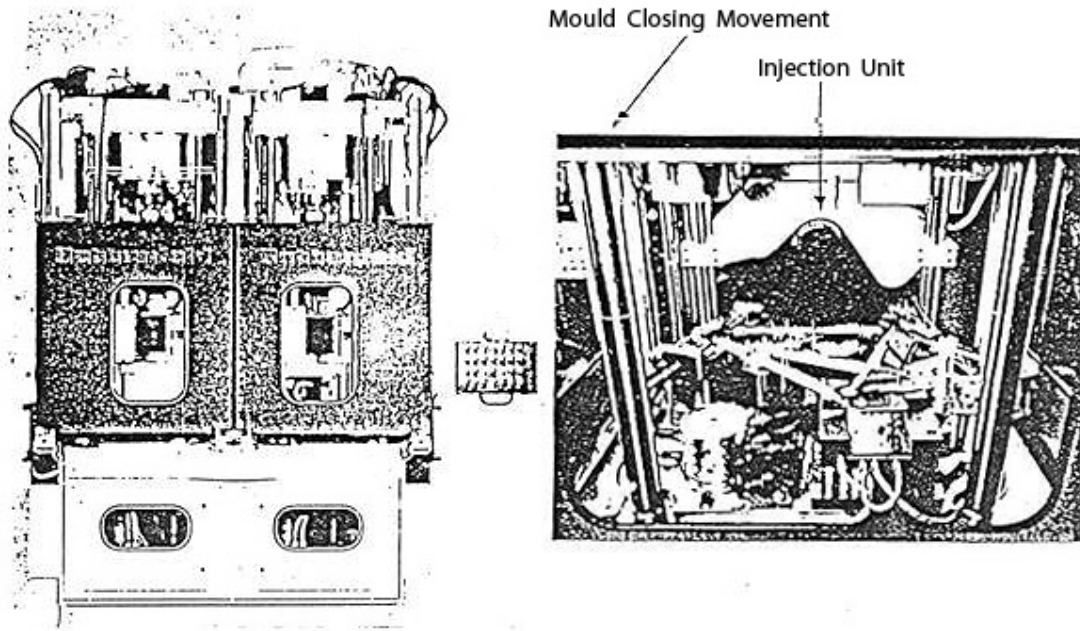
เครื่องฉีดพลาสติกแบบ CNC (CNC Controlled Injection Molding Machine)

เครื่องฉีดพลาสติกแบบใหม่ จะมีการติดตั้งชุดควบคุม Computer Numerical Control (CNC) ด้วยคอมพิวเตอร์จะควบคุม และตรวจสอบตัวแปรสำหรับฉีดพลาสติกชนิดต่าง ๆ ค่าตัวแปรเฉพาะของพลาสติกและชิ้นงานแต่ละชนิด สามารถเก็บไว้เพื่อใช้สำหรับการปรับตั้งเครื่องฉีด เมื่อต้องการจะฉีดชิ้นงานนั้นอีก เครื่องคอมพิวเตอร์อาจประกอบรวมเข้ากับเครื่องฉีดหรือแยกเป็นชุดก็ได้ รูปที่ 16 แสดงเครื่องฉีดที่มีคอมพิวเตอร์ในตัว รูปที่ 17 แสดงชุดคอมพิวเตอร์แยกต่างหาก ทั้งคอมพิวเตอร์ในตัวและแยกต่างหากจะขึ้นอยู่กับขนาดและแบบของเครื่องฉีด หรือแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 16 เครื่องฉีดพลาสติกที่มีชุดควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ในตัว

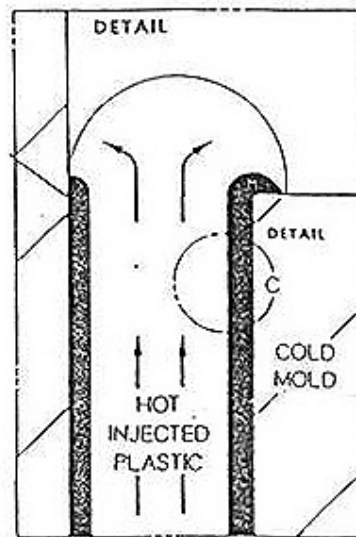
เครื่องฉีดพลาสติกบางแบบจะมีชุดฉีดที่หมุนจากแนวนอนไปเป็นแนวตั้งได้ (เครื่องฉีด ARBURG) ซึ่งอย่างไรก็ตามเครื่องฉีดแบบนี้ยังคงมีแรงประกบแม่พิมพ์และปริมาณการฉีดขนาดปานกลาง



รูปที่ 17 เครื่องฉีดที่มีชุดฉีดตั้งฉากกับการเคลื่อนเปิดแม่พิมพ์ (การวางลักษณะนี้มักใช้กับการฉีดชิ้นงานที่มีโลหะฝัง เช่น อุปกรณ์ไฟฟ้า เป็นต้น)

เครื่องฉีดพลาสติกแบบ CNC (CNC Controlled Injection Molding Machine)

เครื่องฉีดพลาสติกแบบใหม่ จะมีการติดตั้งชุดควบคุม Computer Numerical Control (CNC) ด้วยคอมพิวเตอร์จะควบคุม และตรวจสอบตัวแปรสำหรับฉีดพลาสติกชนิดต่าง ๆ ค่าตัวแปรเฉพาะของพลาสติกและชิ้นงานแต่ละชนิด สามารถเก็บไว้เพื่อใช้สำหรับการปรับตั้งเครื่องฉีด เมื่อต้องการจะฉีดชิ้นงานนั้นอีก เครื่องคอมพิวเตอร์อาจประกอบรวมเข้ากับเครื่องฉีดหรือแยกเป็นชุดก็ได้ รูปที่ 16 แสดงเครื่องฉีดที่มีคอมพิวเตอร์ในตัว รูปที่ 17 แสดงชุดคอมพิวเตอร์แยกต่างหาก ทั้งคอมพิวเตอร์ในตัวและแยกต่างหากจะขึ้นอยู่กับขนาดและแบบของเครื่องฉีด หรือแตกต่างกันไปตามบริษัทผู้ผลิต



รูปที่ 21

รูปแบบการไหลนี้เรียกว่าการไหลแบบลูกโป่ง หรือแบบน้ำพุ (Fountuin Effect or Bubble flow) เพราะหน้าการไหลคล้ายลูกโป่งที่กำลังพองตัวออกด้วยพลาสติกที่ร้อนดันตรงกลาง ชั้นพลาสติกที่แข็งตัวเกิดจากการพองตัวออกนี้ และมีความเค้นเฉือนต่ำ จึงมีระดับ Orientation ต่ำค้างอยู่ได้อีก หากจะพิจารณาจุดที่เริ่มต้นทางการไหล พลาสติกร้อนจะไหลอย่างต่อเนื่องเข้าสู่ควิตี้ โดยเฉพาะ ขณะผ่านเกจที่เล็ก และเกิดความร้อนเพิ่มขึ้นจากการไหลเสียดทาน ระหว่างน้ำพลาสติกกับผิวควิตี้ ในช่วงแคบ ๆ ขณะเดียวกัน ความร้อนสูญเสียไปทางชั้นพลาสติกแข็งสู่แม่พิมพ์ที่เย็นกว่า จึงเป็นการชดเชยความร้อนต่อกัน ในช่วงเริ่มต้นชั้นพลาสติกแข็งที่มีความบางมาก ความร้อนจึงถ่ายเทออกอย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ชั้นแข็งของพลาสติกมีความหนาเพิ่มขึ้น จนทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง หลังจากผ่านไประยะหนึ่งแล้ว ชั้นพลาสติกแข็งจะมีความหนาคงที่ การถ่ายเทความร้อนระหว่างน้ำพลาสติกกับแม่พิมพ์ จะเหลือเพียงการสูญเสีย ด้วยวิธีการนำความร้อนเพียงอย่างเดียว ซึ่งจเท่ากับความร้อนที่เพิ่มขึ้นจากการเสียดสีระหว่างน้ำพลาสติกกับผิวแม่พิมพ์ทำให้เกิดความสมดุลทางความร้อนขึ้นดังในรูปที่ 22

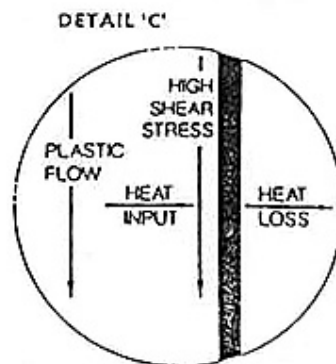
2. ช่วงเพิ่มแรงดัน เป็นช่วงที่น้ำพลาสติกเต็มแม่พิมพ์ ทำให้ความดันในแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเกลียวของกระบอกสูบจะเคลื่อนที่ช้าลง แต่เคลื่อนที่ไปได้ เนื่องจากพลาสติกเป็นวัสดุที่สามารถอัดตัวได้ ความดันจะเพิ่มถึงสูงสุดของแรงฉีด (Injectoin Pressure) โดยทั่วไปแล้วสามารถจะอัดตัวได้อีก 15 % (ตามรูปที่ 20 และ 21) การอัดตัวพลาสติกเราสามารถพิสูจน์ได้ โดยกันหัวฉีดไว้แล้วกดปุ่มฉีดพลาสติกเมื่อให้แรงดันเกลียวจะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า แต่จะสปริงกลับเมื่อปล่อยแรงดัน ซึ่งไม่เหมือนกับน้ำที่อัดตัวไม่ได้ แต่น้ำพลาสติกจะคล้ากับแก๊ส

3. ช่วงฉีดชดเชย ช่วงการฉีดชดเชยนั้นจะต่อหลังจากช่วงเพิ่มแรงดัน ช่วงนี้เกิดจากพลาสติกที่ไหลเข้าสู่แม่พิมพ์ จะเริ่มเย็นตัว และหดตัวด้วย จึงจำเป็นต้องมีเนื้อพลาสติกมาเสริมแทนที่ส่วนที่หดตัวไป เพราะฉะนั้นในการฉีดจำเป็นต้องคงความดันฉีดไปช่วงหนึ่ง จนกว่าการเย็นตัวของพลาสติกจะถึงจุดที่ไม่สามารถอัดเข้าไปได้แล้ว โดยทั่ว ๆ ไป ตัวกำหนดเวลาจุดนี้ ก็คือการเย็นตัวของเกจนั่นเอง ช่วงการฉีดชดเชยนี้จะเติมให้พลาสติกเข้าไปปริมาตร 25 % ของการฉีด Shot หนึ่ง ซึ่งจะเห็นได้จากชั้นงานที่ฉีดไม่เต็ม ส่วนปลายไหลของ

พลาสติกจะหดตัวมาก และจะเห็นความแตกต่างระหว่างปริมาตรของชิ้นงานกับปริมาตรของควาวิตีที่หดตัวนี้จะถูกฉีดชดเชย จะเห็นว่าปริมาตรที่ฉีดเพิ่มเพียง 15 % ในช่วงเพิ่มแรงดันไม่เพียงพอที่จะชดเชยปริมาตรที่หดตัวไป 25 % จึงต้องมีการฉีดชดเชย

รูปแบบการไหลในขณะฉีด

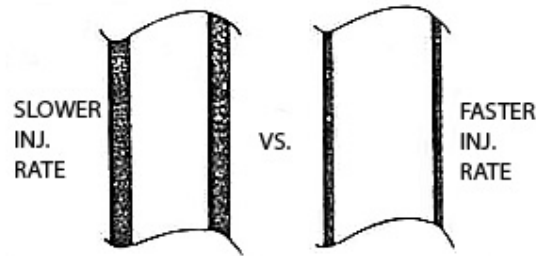
ในขณะฉีดพลาสติกโดยทั่วไปช่างฉีดจะไม่ค่อยสนใจรูปแบบการไหล ไม่ได้มองลึกไปถึงรายละเอียดของการไหลมากนัก ทำให้ไม่สามารถจะวิเคราะห์ รายละเอียดวิธีการไหลเข้าสู่ควาวิตีได้อย่างไรอาจเป็นเพราะเราไม่สามารถมองเห็นพลาสติกขณะที่ไหลในแม่พิมพ์ได้ จึงไม่ค่อยตรวจสอบจุดนี้มากนัก แต่ถ้าใช้คอมพิวเตอร์มาวิเคราะห์ การไหลก็จะมองเห็นภาพที่ชัดเจนยิ่งขึ้น วิธีการทดลองในการฉีดพลาสติกโดยการไหลพลาสติกสองสีเติมเม็ดพลาสติกสีแดงในจำนวนเล็กน้อย ลงไปในกระบอกฉีดที่ว่างแล้วตามด้วยพลาสติกสีเขียวหรือเม็ดต่างสีกัน แล้วทำการฉีดพลาสติกตามปกติ น้ำพลาสติกจะไหลจากหัวฉีดจนเต็ม Sprue และ Runner แล้วเข้าสู่ควาวิตีรูปแบบ บริเวณส่วนหน้า หรือหัวไหลจะเป็นรูปลูกโป่ง ผิวของพลาสติกส่วนนี้จะสัมผัสกับผิวแม่พิมพ์ที่เย็นตัวกว่าจะกลางเป็นของแข็งอย่างรวดเร็ว ถ้าหากเส้นทางที่ยาวมาก หน้าไหลนี้จะเย็นตัว และแข็งตัวกลายเป็นรูปทรงกลม และหมุนไปเรื่อย ๆ ตามแรง ที่ฉีดมาเรื่อย ๆ แต่ถ้ายังไม่เย็นตัวมากนัก ที่แกนกลางก็ยังหลอมเหลวอยู่ พลาสติก ที่ฉีดมาเรื่อย ๆ แต่ถ้ายังไม่เย็นตัวมากนัก ที่แกนกลางก็ยังหลอมเหลวอยู่ พลาสติกที่ฉีดตามเข้าไปจะไหลเข้าไปตามแกนกลางของแกนรูปลูกโป่งนี้ และไล่พลาสติก ที่เย็นตัวให้ไปประกบกับผิวข้างควาวิตี แล้วกลายเป็นหน้าไหลใหม่อีกอย่างนี้เรื่อย ๆ ส่วนที่ไหลออกไปข้างนอกประกบกับผิวของควาวิตีก็จะกลายเป็นผิวแข็งนี้ก็จะกลายเป็นฉนวนความร้อนที่กั้นอุณหภูมิระหว่างแกนกลางที่กำลังหลอมเหลวอยู่อย่างยาวนานขึ้น พลาสติกที่ฉีดเพิ่มเข้าไปก็จะไหลไปตามแกนกลางที่กำลังหลอมเหลวอยู่อย่างยาวนานขึ้น พลาสติกที่ฉีดเพิ่มเข้าไปก็จะไหลไปตามแกนกลางเหล่านี้อย่างรวดเร็ว ตามรูปที่ 21



รูปที่ 22

ส่วนความหนาของชั้นพลาสติกที่แข็งตัวระหว่างผิวควาวิตีกับแกนของพลาสติก ที่หลอมเหลวอยู่จะมีความแตกต่างกัน ถ้าอัตราการฉีดเข้าการไหลจะทำให้เกิดความร้อน จากการเติมเข้ามาของพลาสติกและความเสียดทานต่ำ การสูญเสียความร้อนจะมีเท่าเดิม เมื่อได้รับความร้อนน้อย ชั้นพลาสติกจะแข็งและหนาขึ้น แต่ถ้าอัตราการฉีดเร็วจะได้รับความร้อนจากพลาสติกที่ไหลตามมาอย่างรวดเร็ว ทำให้ชั้นพลาสติกบางขึ้น แต่ก็จะมี

ในขีดจำกัดด้วยเหมือนกัน ถ้าน้ำพลาสติกและแม่พิมพ์มีอุณหภูมิสูง จะทำให้ความหนาของชั้นพลาสติกแข็งได้ ซึ่งวิธีการนี้สามารถที่จะทดสอบได้โดยใช้การฉีดพลาสติกสองสี

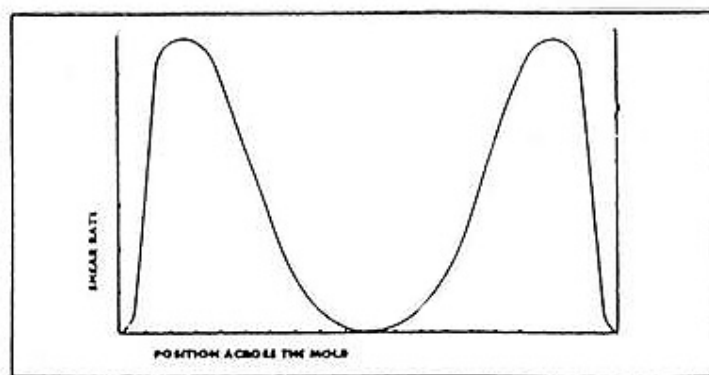


รูปที่ 23

ความเค้นเฉือนจากการไหล (Flow Shear Stress)

ในการไหลของพลาสติก มักจะเกิดความสับสนกับระหว่างระดับ ความเค้น Orientation ของพลาสติก ขณะพลาสติกไหลก็จะเกิดความเค้นเฉือน จากการไหลของเหลวชนิดอื่นก็เหมือนกัน ขณะเกิดการไหลก็จะเกิดความเค้นเฉือน จากการเคลื่อนไหวของโมเลกุลพลาสติก เรียกว่าความเค้นเฉือนจากการไหลความเค้นนี้จะทำให้พลาสติกเกิด Orientation คือ ทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่ วางแนวไปในทิศทางการไหลความเค้นเฉือนการไหลภายในแม่พิมพ์ฉีด จะแปรค่าสูงสุดที่ด้านนอกที่ติดกับผิวแม่พิมพ์ และลดลงจนกลายเป็นศูนย์ที่กึ่งกลางของเส้นทางการไหล

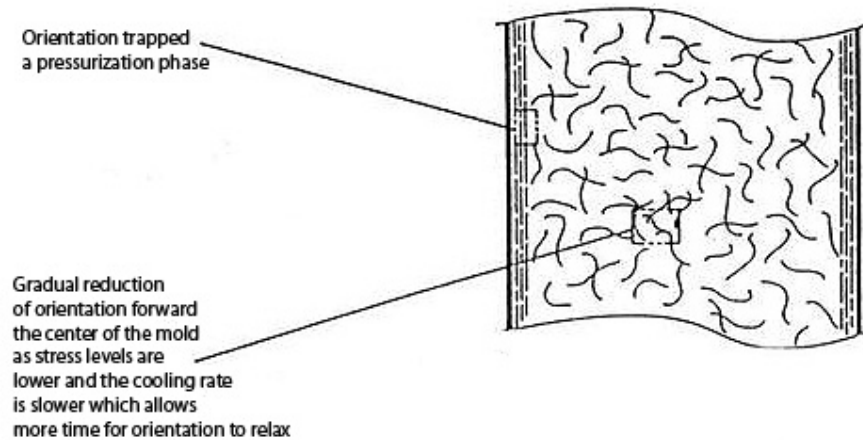
หมายเหตุ ความเค้นเฉือน คือ แรงต่อพื้นที่สะสมในเนื้อพลาสติกที่ไหล อย่าสับสนกับอัตราเฉือน ซึ่งเป็นอัตราการเฉือนของชั้นพลาสติกบนชั้นถัดไป อัตราเฉือนเป็นศูนย์ที่ด้านนอกสุด ที่พลาสติกแข็งตัว และเพิ่มจนถึงค่าสูงสุดระหว่างส่วนของเหลวที่ไหลกับส่วนที่แข็งยึดอยู่กับที่ และลดลงที่กึ่งกลาง (รูปที่ 24)



รูปที่ 24 อัตราเฉือนของน้ำพลาสติก (Shear Rate)

ถ้าน้ำพลาสติกหยุดไหล และปล่อยให้พลาสติกค่อย ๆ เย็นตัวอย่างช้า ๆ จะมีเวลาให้ Orientation เกิดการคลาย ทำให้ Orientation เหลือค้างอยู่ในระดับต่ำ ตรงกันข้าม ถ้าพลาสติกมีความเค้นและพลาสติกเย็น

ตัวแข็งทันที (Hard Cooling) Orientation และความเค้น ก็จะเหลือตกค้างอยู่ภายในพลาสติกเกือบทั้งหมด ดังรูปที่ 25



รูปที่ 25

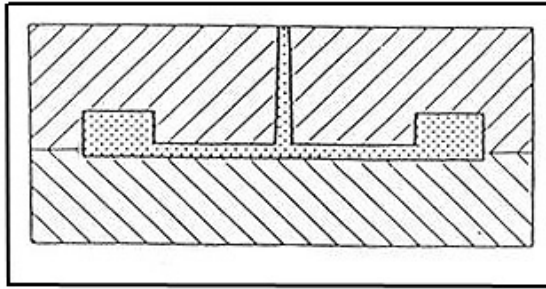
เมื่อพิจารณา Orientation จากผิวแม่พิมพ์จนกระทั่งถึงกลางของการไหล น้ำพลาสติกชั้นที่เป็นพลาสติกแข็งจะเกิดความเค้นเฉือนต่ำ จึงมี Orientation น้อย ชั้นพลาสติกที่อยู่ถัดจากชั้นพลาสติกแข็งในส่วนที่ติดกันกับส่วนที่เหลว จะเกิดความเค้นเฉือนสูงสุด และจะกลายเป็นพลาสติกแข็งทันทีที่หยุดไหล Orientation เกือบทั้งหมดจึงค้างอยู่ถัดเข้าไปอีกจนถึงกึ่งกลางความเค้นเฉือนจะลดลง และอัตราการเย็นตัวจะต่ำกว่ามาก ทำให้มีเวลามากกว่าสำหรับการคลาย Orientation ดังนั้น Orientation ที่ค้างอยู่จึงลดลงมาจนกระทั่งถึงกึ่งกลางรูปแบบของ Orientation จะมีผลต่อระดับความเค้นตกค้าง พลาสติกที่มี Orientation มากมักจะหดตัวมากกว่าพลาสติก ที่มี Orientation น้อย ที่ผิวในของชั้นพลาสติกแข็ง พลาสติกที่มี Orientation ที่ต่ำกว่า ชั้นพลาสติกแข็ง จะเกิดสภาพถูกดึงจากชั้นพลาสติกที่ Orientation นี้ ก็เป็นสาเหตุทำให้เกิดความเค้นตกค้าง และก็เป็นสาเหตุใหญ่ที่ทำให้เกิดการโค้งงอ หรือบิดตัวของชิ้นงานพลาสติก

ช่วงเพิ่มแรงดัน (The pressurization Phase)

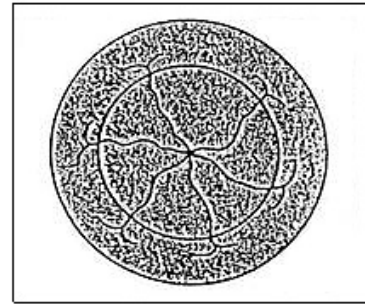
การไหลของพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ในช่วงเพิ่มแรงดัน คล้ายกับช่วยฉีดเต็มแม่พิมพ์แต่อัตราการไหลจะลดลงมา ขณะที่แรงดันภายในแม่พิมพ์จะสูงขึ้น ทำให้ชั้นพลาสติกแข็งหนาขึ้น

ช่วงฉีดชดเชย (The Compensating Phase)

การไหลในช่วงนี้จะไม่แน่นอน พิจารณาการฉีดรูปจานในรูปที่ 26 จากรูป ถ้าลองพิจารณาว่าพลาสติกน่าจะไหลไปถึงบริเวณที่ขอบหนอย่างสม่ำเสมอ โดยผ่านส่วนบาง แต่ในทางปฏิบัติถ้านำมาพิจารณาให้ดีแล้ว พลาสติก จะไหลแตกแขนงคล้ายแม่น้ำ (รูปที่ 27) ซึ่งพลาสติกที่ไหลจะแบ่งเป็นกลุ่มก้อนเชกเตอร์ของวงกลม ไม่ได้ราบเรียบสม่ำเสมอตามแนวรัศมีอย่างคลื่นน้ำ คล้ายรอย Melt line ขนาดเล็ก อันเกิดจากความแตกต่างของ Pressure ภายในส่วนชิ้นงานพลาสติก และผลจะตามมาในเรื่องของการชดเชยการหดตัว



รูปที่ 26



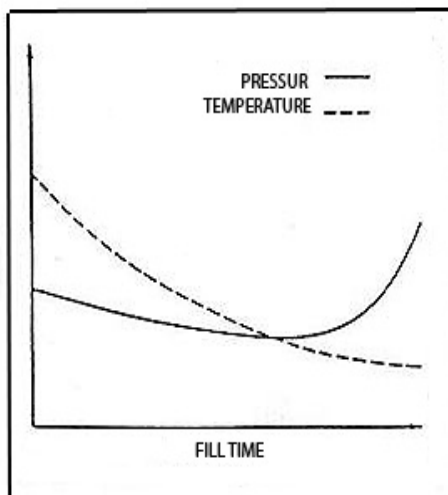
รูปที่ 27

ผลของสภาพการฉีดพลาสติก (Effect of Molding Condition)

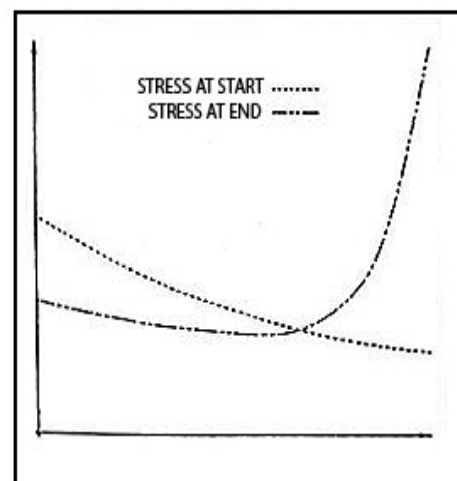
สภาพการฉีด (Molding Condition) เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการฉีด พลาสติกจะส่งผลต่อคุณภาพของชิ้นงานโดยตรงเสมอ ซึ่งสภาพการฉีดนี้ ผู้ควบคุมการฉีดเป็นผู้รับรู้ และต้องรู้ผลกระทบต่อชิ้นงานจากสภาพการฉีดนี้ด้วยเสมอ ตัวแปรเหล่านี้ คือ อุณหภูมิแม่พิมพ์, อุณหภูมิน้ำพลาสติก, เวลาฉีด, ความเร็วในการฉีด และความดันต่าง ๆ

อุณหภูมิแม่พิมพ์ (Mold Temperature)

การเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์มีผลคล้ายกับการเพิ่มอุณหภูมิน้ำพลาสติก เพียงแต่ไม่มีผลกระทบต่อแรงดันและระดับความเค้นจะน้อยกว่า นอกจากว่าอุณหภูมิแม่พิมพ์จะสูงจนใกล้ถึงอุณหภูมิที่พลาสติกเริ่มแข็งตัว แต่ผลต่อเวลาในการหล่อเย็น จะยาวนานขึ้นมาก กว่าที่การเพิ่มอุณหภูมิ น้ำพลาสติกข้อดีของการเพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์คือ ใช้อัตราการฉีดอย่างช้า ๆ ได้โดยไม่ทำให้พลาสติกเย็นตัวเร็วเกินไป



รูปที่ 28



รูปที่ 29

เวลาที่ใช้ในการฉีด (Fill Time)

ในกราฟรูปที่ 28 แสดงผลของอัตราฉีดในอัตราต่าง ๆ ที่มีผลต่อแรงดันฉีด เต็มเป็นความต้องการที่มีความขัดแย้งต่อกัน คือ ถ้าหากอัตราการฉีดที่สูงมาก ก็เกิดอัตราการตัดเฉือนภายในที่สูงเช่นกัน จึงต้องใช้แรงฉีดที่สูงขึ้นไปอีกจึงจะเต็ม คาวีตี้ ถ้าอัตราการฉีดลดลงจะเกิดการเฉือนที่ต่ำกว่า แต่จะสูญเสียความร้อน ที่มากกว่าทำให้อุณหภูมิในพลาสติกต่ำลง ความหนืดจะเพิ่มขึ้นเวลาฉีดนั้นจำเป็น ต้องใช้แรงดันสูงกว่าปกติ เพื่ ต้องจำกัดความเร็วให้พอเหมาะ เมื่อแรงดันในการฉีดสูง อัตราการไหลจะสูงด้วย ถ้าเวลาฉีดนาน จำเป็นต้องใช้แรงดันสูงขึ้นอีก เพราะน้ำ พลาสติกที่ปลายทางไหลมีอุณหภูมิต่ำเกินไประหว่างสองจุดนี้จะมีช่วงพอดี ถ้าอธิบายทั่ว ๆ ไปในการควบคุมตัวแปรเหล่านี้ คือ การทำงานต้องมีปัจจัยคือ ความเร็ว เวลา อุณหภูมิ และความดันเป็นตัวควบคุมให้ได้ทุกอย่างสมดุลย์ เหมาะสมกับชิ้นงานให้ชิ้นงานออกมาที่มีคุณภาพมากที่สุด

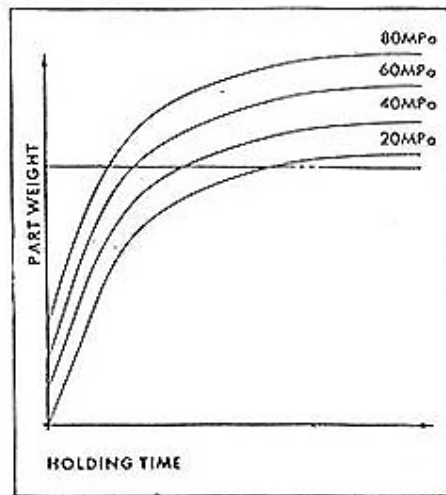
การแปรเปลี่ยนความเค้น (Stress Varies)

ลักษณะการเปลี่ยนแปลงความเค้นนั้น สามารถที่จะพิจารณาได้ในช่วงของการไหลว่า ช่วงนั้นเป็นช่วงของการเริ่มต้นหรือจุดสิ้นสุดของการไหลเพราะ ความเค้นนั้นจะเกิดเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิเวลาเป็นตัว แรงดันในการฉีดด้วย

เมื่อเริ่มต้นการไหล ความร้อนยังไม่สูญเสียไปมากนัก ความเค้นภายใน จะขึ้นอยู่กับอัตราการไหล นั่นคือ ถ้าน้ำพลาสติกไหลเข้าระดับความเค้นภายในจะต่ำ ส่วนที่ปลายทางไหล จะมีความขัดแย้งความเค้นที่เกิดขึ้นในเส้นทางการไหล ระหว่างอัตราการเฉือนที่สูงอันเกิดจากน้ำพลาสติกที่ฉีดมาในระยะเวลาสั้น กับอัตราการเฉือนที่ต่ำมาเป็นเวลานาน และอุณหภูมิต่ำ

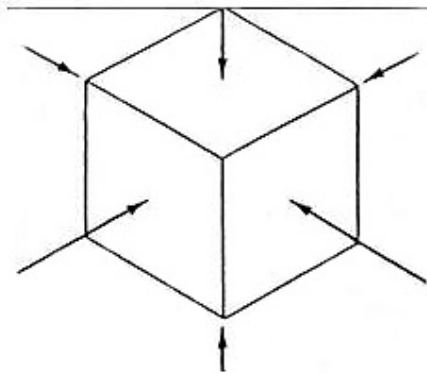
การรักษาแรงดันตามและช่วงเวลาที่ให้แรงดัน

การทดลองในเรื่องการรักษาแรงดัน (Holding Pressure) และเวลาที่ใช้ นั้น โดยการใช้เครื่องฉีดพลาสติกที่มีตัวควบคุมการฉีดเต็มเป็นหลัก หลังจากนั้นก็ให้ การควบคุมช่วงฉีดเต็มคงที่ตลอดและปรับเปลี่ยนแรงดันตาม และเวลาการรักษา แรงดันในระดับต่าง ๆ นำผลของชิ้นงานที่ได้ไปวิเคราะห์สรุปผลชิ้นงานที่มีน้ำหนักเท่ากัน แต่ฉีดด้วยแรงดันตาม (Holding Pressure) และเวลา Holding Time ที่แตกต่างกัน คือ บางชิ้นฉีดด้วยแรงดันความถี่สูง และใช้เวลาสั้น ๆ บางชิ้นก็ใช้ Holding Pressure ต่ำ Holding Time เวลานาน

ข้อสรุป

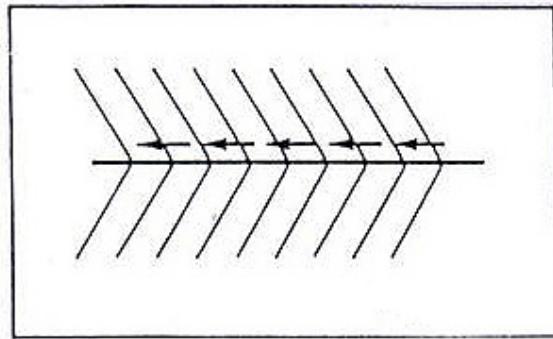
รูปที่ 30

ในการทดลองกระบวนการนี้ แรงดัน Hydrostatic หรือแรงดันโดยรอบ ไม่ทำให้เกิดความเค้น ถ้าวางพลาสติกชิ้นหนึ่งในถังอัดความดัน และส่งแรงดันกระทำต่อชิ้นพลาสติกนั้น แรงดันโดยรอบจะไม่ทำให้เกิดความเค้นภายในต่อชิ้นงาน



รูปที่ 31

สาเหตุของความเค้นที่เกิดขึ้นในชิ้นงานพลาสติก คือ การไหลพลาสติก ขณะกำลังแข็งตัว มีการเคลื่อนตัวขณะที่เริ่มจับตัวกันภายในโครงสร้างเนื้อพลาสติก เมื่อมีแรงมากระทำขณะแข็งตัวและเปลี่ยนแรงกระทำนั้นกลายเป็นความเค้นทันที สภาพเช่นนี้จะเกิดขึ้นระหว่างช่วงให้แรงดันตาม หรือช่วงฉีดขาดเซย

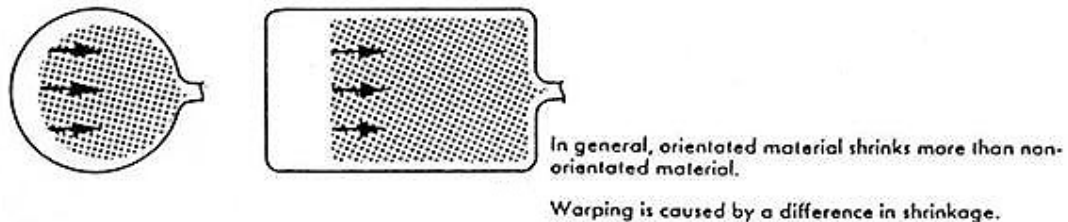


รูปที่ 32

การไหลกลับ (Back Flow)

การเกิดสภาพไหลกลับ คือ สภาพที่เกิดขึ้นภายในคาวีตีขณะฉีดพลาสติก เมื่ออัดแรงดันฉีดเข้าไปภายในคาวีตีด้วยแรงดันสูงมาก เมื่อพลาสติกเกือบจะเต็มคาวีตี ก็จะถึงช่วงเพิ่มแรงดันอัดพลาสติกอีกประมาณ 15 % เข้าไปในแม่พิมพ์ ถ้าแรงดันตามมากเกินไป จะเกิดแรงดันสะท้อนกลับออกมา (Back Flow) พลาสติกจะไหลย้อนกลับออกจากแม่พิมพ์สู่ Runner ซึ่งสภาวะอย่างนี้จะเกิดขึ้นไม่บ่อยนัก การไหลย้อนกลับนี้จะมีผลเช่นเดียวกับการไหลไปข้างหน้า คือ เกิดความเค้นจากการไหล และแข็งตัว

DIFFERENTIAL ORIENTATION



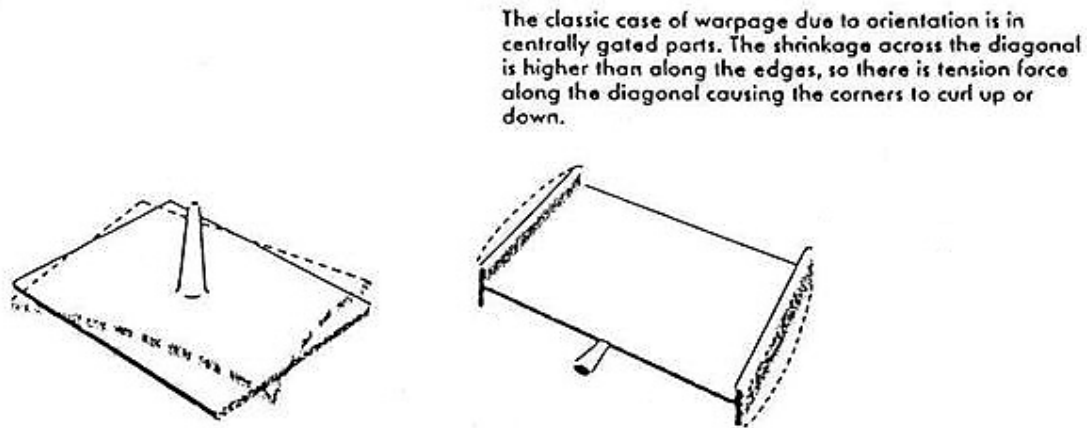
รูปที่ 33

การฉีดชิ้นงานที่ดีที่สุด คือ ให้แรงดันในการฉีดในระดับที่เหมาะสม ในระดับที่พอเหมาะและคงแรงดันนั้นไว้ในเวลาสั้นที่สุด เพื่อลด Sink Mark ให้น้อยลง จนเป็นที่ยอมรับได้ และให้ระบบ Runner และ เกจ แข็งตัวจนพลาสติกไม่สามารถไหลผ่านเข้าไปได้อีกแล้ว

การงอโค้ง (Warping)

ในการออกแบบชิ้นส่วนพลาสติกนั้น ประการแรกต้องคำนึงมากที่สุด ก็คือ การรักษารูปทรงของชิ้นงานให้ได้ตามที่ต้องการ หลังจากการถอดออกจากแม่พิมพ์แล้ว การเสียรูปของชิ้นงาน ส่วนมากจะเสียรูปลักษณะการบิดตัว การหดตัว และการงอโค้ง สาเหตุหลักของการงอโค้ง เกิดจากการหดตัวในอัตราที่

แตกต่างกัน ภายในชิ้นงานขณะชิ้นงานเย็นตัว น้ำพลาสติกจะมีเปอร์เซ็นต์หดตัวอยู่แล้ว ถ้าหากชิ้นงานบริเวณใด บริเวณหนึ่ง เกิดการหดตัว ต่างจากบริเวณอื่นซึ่งสังเกตได้ง่าย คือ อัตราการเย็นตัว ต่างกันมากชิ้นงานจะงอ โค้ง ตัวอย่างเช่น ถ้าบริเวณหนึ่งเกิด Overpacking ขณะที่บริเวณอื่น Packing น้อยกว่า การหดตัวทั้งสอง บริเวณจะต่างกัน ชิ้นงานจึงเกิดการงอโค้ง



รูปที่ 34

DIFFERENTIAL CRYSTALLINITY

(APPLIES ONLY TO CRYSTALLINE MATERIALS)

If some part of the mold cools at a slower rate, this area will have a higher crystalline content, hence higher shrinkage.

This variation in cooling can be caused by some area of the part being thicker than the rest,



by variation in mold temperature due to poor cooling design

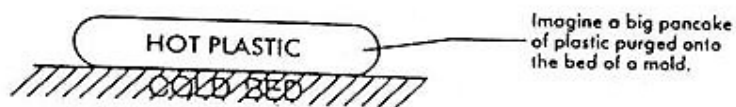


or by local frictional heating.

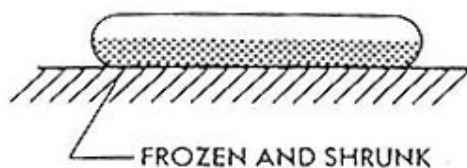
รูปที่ 35 การงอโค้งเกิดจากสาเหตุต่างๆ

จากการทดลองโดยการฉีดพลาสติกที่เหลวลงบนแผ่น

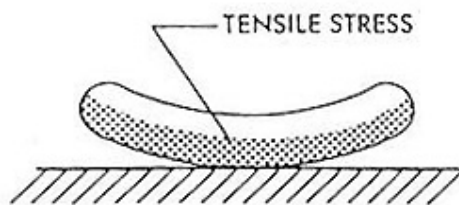
โลหะที่เย็น เปรียบเหมือนผิวแม่พิมพ์ที่มีอุณหภูมิต่ำกว่าและเกิดการเย็นตัวพลาสติกที่ฉีดลงมา



การเย็นตัวที่แตกต่างกันของพลาสติกที่ทดลอง โดยส่วนที่ติดกับแม่พิมพ์จะเย็นตัวแข็งตัว และดึงเนื้อพลาสติกส่วนที่ร้อนมาเสริม หรือชดเชยกับการหดตัว เพื่อรักษารูปร่างตามแบบ



ส่วนที่เย็นตัวหลังจะเกิดการการหดตัวตามเปอร์เซ็นต์การหดตัวปกติ แต่ไม่สามารถหาเนื้อจากส่วนอื่นมาชดเชย ทำให้มีการหดตัวเอง เป็นผลทำให้ดึงเนื้อส่วนอื่นให้เสียรูปร่าง ส่งผลให้ส่วนต่างๆ เกิดการงอโค้งขึ้น



รูปที่ 36 การงอโค้งอิสระของพลาสติกอันเกิดจากอัตราการเย็นตัวที่ต่างกัน

หลักเกณฑ์การพิจารณาเลือกวัสดุ (เหล็ก) ในการทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

หลักเกณฑ์การพิจารณา	เหล็กชุบแข็งทั่ว ๆ ไป อายุใช้งานสั้น ๆ	เหล็กชุบแข็งอย่างดี อายุใช้งานยาวนาน	เหล็กทนต่อ สารเคมี
ทนทานแรงอัด (Compression Strenge)	ต่ำ	ดี	ดีมาก
ความหนาทนทานต่อการสึกหรอ (Wear Resistance)	ต่ำ	ปานกลาง	ดีมาก
ความแข็ง (Hardness)	ต่ำ	ปานกลาง	สูง

ความทนทานสารเคมีกัดกร่อน (Corrosion Resistance)	ต่ำ	ต่ำ	ดี
ความเหนียว (Toughness)	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
ความยากง่ายของการขึ้นรูป (Machinability)	ปานกลาง – ดี	ดี	ดี
ความยากง่ายของการขัดเงา (Polishability)	ปานกลาง – ดี	ดี	ดี
ความสะดวกในการเชื่อม(Weldability)	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ
ความยากง่ายของการชุบแข็ง (Nitriding Ability)	ปานกลาง	ปานกลาง - ดี	ปานกลาง

No.	Name	Standard	Material	Hardness	Surface roughness	Remarks
1	Fixed botom plate	Article on Themarker	S55C	HR C16	6S – 125	
2	Fixed retainer Plate< Cavity	JISB5 106	S50,SCM440 SK7,S55C	HR C10-22	6 – 35	Main mold
3	Movable retainer Plate	JISB5 106	S50C,SCM440 SK7,S55C	HR C10-22	6 – 35	Main mold
4	Backing plate	JISB5 106	S50,SCM440 SK7,S55C	HR C10-22	6 – 35	Main mold
5	Spacetr block	Article on The marker	S55C	HR C16	6S – 125	
6	Ejector plate (upper)	Article on The marker	Article on The marker	HR C16	125 – 255	
7	Ejector plate (lower)	Article on The marker	S55C	HR C16	6S – 125	
8	Movble relainer Plate	Article on The marker	S55C	HR C16	HR C16	
9	Core		Many			Explained later
10	Locating retainer	JISB5 111	S50,SK7,S55C		6.35	
11	Sprue bushing	JISB5 112	S50,SK5,SCM4 S55C,SK7	Above HR C40	1.65	Hardbness after Quenching
12	Guide pin	JISB5 107	SK3,SK52,SUJ2 SK5,SKS3	Above HR C55	35	
13	Guide bushing	JISB5 110	SK3,SK52,SUJ2	Above HR	35	

			SK5,SKS3	C55		
14	Sprue lock pin	Article on The marker	SK4,SKS2,SKD6 1	Above HR C57	35	Identical to the Ejector pin
15	Ejector pin	JISB5 108	SK3,KS2,SACMI . SK5,SKS3	Above HR C55	35	
16	Return pin	JISB5 109	SK3,SKS2,SK5, SK53	Above HR C55	35	
17	Stop pin		S45C			

ตารางที่ 7 แสดงรายชื่อชิ้นส่วน และวัสดุทำแม่พิมพ์ตามมาตรฐาน JIS

การใช้อลูมิเนียมผสมทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

วัสดุทำแม่พิมพ์นอกจากจะเป็นเหล็กดัดที่กล่าวมาแล้ว ในปัจจุบันได้นำโลหะอย่างอื่น ๆ มาใช้ในการทำแม่พิมพ์อีกด้วย ในรูปแบบโลหะผสม ซึ่งก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บ้าง แต่ก็เริ่มมีการพัฒนาไปเรื่อยๆ โลหะที่นำมาทำแม่พิมพ์ได้แก่ อลูมิเนียมผสมและเล็รเลี่ยมผสมทองแดง แต่ก็สามารถนำมาใช้สำหรับทำชิ้นส่วนบางชิ้นเท่านั้น เช่น CAVITY Mould Base ส่วนชิ้นส่วนอื่น ๆ ก็ยังเป็นเหล็ก แม่พิมพ์ฉีดที่นิยมอลูมิเนียมทำในปัจจุบัน เช่น แม่พิมพ์ฉีดพื้นรองเท้า แม่พิมพ์ฉีดต้นแบบที่ไม่ละเอียดแล้วนำไปตกแต่งภายหลัง ซึ่งแม่พิมพ์เหล่านี้ราคาไม่ค่อยแพงมากนัก การขึ้นรูปง่าย อายุแม่พิมพ์ไม่มากนัก ฉะนั้นการใช้อลูมิเนียมผสม สำหรับทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกก็ต้องค้นคว้าต่อไป

การใช้อลูมิเนียมผสมในการทำแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

Aluminium Alloy

<u>ส่วนผสม</u>	สังกะสี (Zn)	5.6%
	แมกนีเซียม (Mg)	2.5%
	ทองแดง (Cu)	1.6%
	โครเมียม (Ce)	0.25%

การนำความร้อน สัมประสิทธิ์การนำความร้อน 121 W/m ° C ที่ 20 ° C

ดีกว่าเหล็กประมาณ 2.21 เท่า

การขยายตัวเชิงเส้น	2	เท่าของเหล็ก
Tensile Strength	540	Mpa
Compression Strength	540	Mpa
Elongation	10 %	
Young's Modulus of Elasticity	72,000	Mpa
Hardness	145	BHN

- ข้อเสีย
- ใช้งานนาน ๆ ที่อุณหภูมิสูง ๆ ความแข็งแรงจะลดลงไป
 - ไม่ทนต่อการกัดและต่างมาก ๆ
 - ไม่ทนต่อสารเคมี เช่น
 - Arsenic Acid – Chlorine – Copper Sulphate
 - Hydrochloric Acid – Hydrobromic Acid – Hydrofluoric Acid
 - Caustic Potash – Lead Nitrate – Mercury – Sodium Phosphate

ข้อพิจารณาในการเลือกวัตถุดิบพลาสติก

หัวข้อ		จุดปัญหา	หมายเหตุ
สภาพแวดล้อมที่ใช้งาน	นอกสถานที่ แสง ก๊าซ ของเหลว สัมผัส	แสงแดด ฝน น้ำ ฝุ่น น้ำแข็ง เสื่อมสภาพโดยแสงอุลตราไวโอเลต เสื่อมสภาพโดยกัมมันตภาพรังสี crack เปลี่ยนสีหายสี การกัดเซาะ ก๊าซไอน้ำ ความชื้น ความแห้ง น้ำ น้ำยาล้าง สารเคมี น้ำยาละลาย ดูดน้ำ ละลาย Stress crack พิษทองแดง สึกหรือ	ทะเลทราย, แดบร้อย, ที่หนาว ชายฝั่งทะเล
อุณหภูมิที่ใช้งาน	เวลาปกติ, สูงสุด,ต่ำสุด	เวลาปกติ เวลาไม่ปกติ อุณหภูมิเย็นคุณสมบัติด้วยลงด้วยความร้อน แปรรูปด้วยความร้อน ขยายตัวด้วยความร้อน เปราะด้วยอุณหภูมิต่ำ	ในตู้โชว์กระจก
การใช้งาน	เวลาปกติ, สูงสุด	เวลาปกติ ไม่ปกติ อยู่กับที่ เคลื่อนไหว ทำซ้ำครั้งแล้วครั้งเล่า ความเหนียวล้า creep ความสั่นสะเทือน การชนกระแทก	การขนถ่ายสินค้า การใช้งาน
ความละเอียดของขนาด	ค่าพิกัดเผื่อ	อุณหภูมิ ความชื้น ความอ้วนน้ำ น้ำมัน อยู่กับที่ เคลื่อนย้าย	ฤดูร้อน และฤดูหนาว แห้ง แล้ง
รูปลักษณะภายนอก	พื้นผิว สี	รูปทรง รูปแบบ ความเงางาม รอยขีดข่วน ความสกปรก	ความเป็นสินค้า
ข้อจำกัด	กฎหมายมาตรฐาน	กฎหมาย UL กฎหมายสาธารณสุขอาหาร กฎหมายกวดขันเครื่องใช้ไฟฟ้า กฎหมายพื้นฐาน สุขภาพ กฎหมายป้องกันสิ่งของใหญ่ ความรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ในประเทศ ต่างประเทศ นานาชาติ	ความปลอดภัย
ความน่าเชื่อถือ	อายุการใช้งาน	ระยะเวลาประกันคุณภาพ ระยะเวลาที่ซ่อมเสียเงิน ระบบการบริการเมื่อผลิตภัณฑ์เสียหรือ มีคำร้องเรียนจากลูกค้า	

ชนิดของพลาสติกที่ใช้ทั่วไปและการใช้งานพลาสติก

พลาสติกเทอร์โมเซต (Thermoset Material)

พลาสติกเทอร์โมเซตที่ใช้กันอยู่ทั่วไปและการใช้งาน คือ

PF = Phenol – formaldehyde

เป็นพลาสติกที่รู้จักกันมานานในนามของเบเกิลไลท์ (Bakelite) เรียกตามชื่อของผู้ค้นพบ คือ Mr. Bakeland และได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ในปี ค.ศ. 1909 ที่ประเทศอเมริกา PF เป็นเรซินพวก Phenol – formaldehyde เป็นพลาสติกเทอร์โมเซตที่ถูกละเมิดมากที่สุดมีการคงตัวของขนาดดีมากและทนความร้อนได้ดี เกรดทั่วไปจะทนได้ถึง 150°C เกรดพิเศษจะทนได้ถึง 300 °C แต่มีเพียง 2 สีคือ สีดำและน้ำตาล

UF = Urea – formaldehyde

ทนความร้อนและคงขนาดไว้ได้ไม่ดีเท่า PF แต่สามารถ ทำได้เกือบทุกสี ทนการขีดข่วนได้ไม่ดีเท่า PF แต่ราคาถูกกว่า

MF = Melamine – formadehyde

เป็นชนิดที่แข็งที่สุด ทนต่อการขีดข่วนได้ดีกว่าชนิดอื่น ดังนั้นจึงใช้ทำภาชนะใส่อาหารและเครื่องใช้ในครัว เป็นพลาสติกที่มีราคาแพงที่สุดในกลุ่มเทอร์โมเซต

PE = Polyester resin

ทนต่อแรงกระแทกสูง ใช้ทำตัวเรือนและครอบสำหรับเครื่องใช้ไฟฟ้า และอุปกรณ์ภายในบ้าน เป็นฉนวน ทนแรงสูง สามารถนำมาเสริมใยแก้วได้

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic Material)

เทอร์โมพลาสติก เป็นวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยการฉีด เป่าและอัดรีด มีการผลิตพลาสติกชนิดนี้หลายเกรดและคุณสมบัติต่างกัน เช่น เกรดที่ใช้ฉีด เป่า เกรดอ่อน แข็ง ความหนาแน่นต่ำ-สูง ไม่ไหม้ไฟ เสริมแรงด้วยเส้นใยต่างๆ ได้ เป็นต้น

ABS = Acrylonitrile – styrene

ค่าหดตัวโดยเฉลี่ย	: 0.4 – 0.6 %	จัดอยู่ในกลุ่มของ Styrene-Polymeride ต้านแรงกระแทก
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 200 – 280 °C	ได้ดี ทนความร้อนดีมีความเงาและแสงผ่านได้ยากทนต่อ
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 60 – 90 °C	สารไฮโดรคาร์บอน (เช่นน้ำมัน) ดังนั้น จึงใช้สำหรับทำ
(ถ้าต้องการให้ผิวเงามากให้ใช้		ชิ้นส่วนรถยนต์ เฟอรินเจอร์ ภาชนะในครัวเรือน ครอบ
อุณหภูมิสูงกวานี้)		หลอดไฟ เป็นต้น สามารถนำมาเคลือบผิวด้วยวิธีทาง
ความหนาแน่น	: 1.05 g/cm ³	ไฟฟ้า โดยไม่ต้องเตรียมผิวก่อนเคลือบ

CA = Cellulose – acetate

ค่าหัตถ์จากคู่มือของผู้ผลิต	จัดอยู่ในกลุ่มของ Cellulose – esler ค่อนข้างแข็งและทน
อุณหภูมิหลอมเหลว : 180 – 230 °C	ขูดขีด มีความเหนียวในต่ำ ดังนั้น จึงใช้สำหรับการฉีด-
อุณหภูมิแม่พิมพ์ : 40 – 50 °C	หุ้มชิ้นส่วนโลหะ เช่น เครื่องมือพวกไขควง คีม หัวเข็ม-
ความหนาแน่น : 1.33 g/cm ³	ขัดหวี กระดุมและขอใช้ส่วนตัวอื่นๆ เป็นต้น

CAB = Cellulose – acetate – butyrate

ค่าหัตถ์และตัวแปรในการฉีด	คุณสมบัติและการใช้งานคล้าย CA นอกจากนี้ยังใช้กัน
เหมือนกับ CA	มากในอุตสาหกรรมแปรรูปไฮโดรคาร์บอนโดยทำเป็นท่อ
ความหนาแน่น : 1.19 g/cm ³	หรือสายส่งเพราะทนต่อการย่อยสลายด้วยพาราฟินได้ดี
	ใช้ทำชิ้นส่วนภายในรถยนต์ เช่น พวงมาลัย ครอบ
	หลอดไฟ แผ่นตกแต่งร่วมกับอะลูมิเนียม

CP = Cellulose – Propionate

ค่าหัตถ์จากคู่มือของผู้ผลิต	มีคุณสมบัติคล้ายกับ CAB ใช้ทำกรอบแว่นตาอย่างดี
อุณหภูมิหลอมเหลว : 130 – 180 °C	พลาสติกผสมของ CP – IR ใช้ทำแว่นตาสำหรับงาน
อุณหภูมิแม่พิมพ์ : 50 – 60 °C	เชื่อม เกรดที่มีส่วนผสมของ CP – EVA ใช้ทำเครื่องใช้
	ในงานกรองแสง อุปกรณ์แพทย์ที่ทนความร้อนค่อนข้าง
	สูง อย่างไรก็ตามหากได้รับความร้อนสูง ประกอบกับผล
ความหนาแน่น : 1.21 g/cm ³	จากความชื้นก็มีโอกาสเสียรูปได้ง่าย

PA = Polyamide

ค่าหัตถ์ให้ดูจากคู่มือของผู้ผลิต	ไหล่อน ทนแรงกระแทกได้ ใช้งานได้อย่างกว้างขวาง
อุณหภูมิหลอมเหลว : 230 – 290 °C	โดยเฉพาะในสาขาวิศวกรรมเครื่องกลไฟฟ้า เนื่องจากรับ
อุณหภูมิแม่พิมพ์ : 40 – 60 °C	แรงจากการเคลื่อนที่ได้ดี เช่น เฟืองที่ใช้งานโดยไม่เกิด
	เสียงไบพัด ชิ้นส่วนขับเคลื่อน ลูกเบี้ยว ฉนวนหุ้มลวด
	และสายเคเบิลชิ้นส่วนรถยนต์ ที่ทนต่อน้ำมัน เชื้อเพลิง
	ได้ข้อต่อของท่อ นอกจากนี้ยังใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร
ความหนาแน่น : 1.02 – 1.14 g/cm ³	และบรรจุภัณฑ์

PB = Poly – butene

กำหนดตัวโดยเฉลี่ย	: 0.8 – 0.95 %	ทนความร้อนได้ดี ใช้ทำท่อและข้อต่อของท่อสำหรับน้ำ
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 190 – 220 °C	ร้อนภาชนะบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร ที่ผ่านกรรมวิธีทาง
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 70 – 90 °C	ความร้อน เป็นต้น
ความหนาแน่น	: 0.91 g/cm ³	

PBTP = Poly – butylene – terphthalate

ค่าหดตัวโดยเฉลี่ย	: 1.5 – 2.5%	ดูดซับความชื้นได้มาก พลาสติกที่เก็บไว้ในที่ถูกอากาศ
หากมีใยแก้วเสริมแรง	: 0.4 – 0.8%	ก่อนใช้ต้องอบให้แห้งที่ อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 5
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 245 – 265 °C	ชม. ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล เครื่องใช้ภายในบ้านที่ใช้
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 30 – 60 °C	งานที่ความร้อนสูง สวิตช์ไฟฟ้า ขั้วต่อหัวเทียน ชิ้นส่วน
ความหนาแน่น	: 1.31 g/cm ³	พลาสติกที่มีความแม่นยำและทนการกระแทกได้ดี

PC = Poly carbonate

ค่าการหดตัวในทุกทิศทาง	: 0.7 – 0.8 %	ดูดซับความชื้นได้มาก หากเก็บไว้ในที่ถูกอากาศก่อนใช้
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 280 – 320 °C	ต้องอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 120 °C เป็นเวลา 3 – 5 ชม.
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 30 – 60 °C	การหดตัวของพลาสติกผสมใยแก้ว จะขึ้นกับทิศทางการ
ความหนาแน่น	: 1.2 g/cm ³	ไหลโดยมีค่าในทางการไหล 0.25 – 0.45 % ใช้ทำ
		ส่วนประกอบของไฟส่วนทาง หมวกนิรภัย ภาชนะบรรจุนี้
		ดื่ม ขวดนมเด็ก ชิ้นส่วนทางไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ ที่
		ทนแรงกระแทกได้ ฉนวนที่ทนแรงดึง ใช้หุ้มชิ้นส่วนโลหะ
		ตู้สวิตช์บอร์ดแผ่นเปิดเครื่องมีวัดกลองถ่ารูป เครื่อง
		กีฬา อุปกรณ์เกี่ยวกับความปลอดภัย เป็นต้น

PTFC = Polytector – tetrafluor – ethylene

ค่าการหดตัวจากคู่มือของผู้ผลิต		มีชื่อเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า TEFLON เป็นผลพลอยได้จาก
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 200 – 280 °C	การวิจัยด้านอวกาศ ไม่วัไฟ ทนสภาพอากาศและการ
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 80 - 130 °C	กัดกร่อนได้ดีมาก ทั้งยังทนต่อ น้ำยาทำลายได้ด้วย มี
ความหนาแน่น	: 2.07 – 2.12 g/cm ³	ตัวประกอบความเสียหายทั้ง Static และ dynamic สูง
ขึ้นอยู่กับเกรด		มากจึงใช้ทำแบริ่ง ที่ไม่มีสารหล่อลื่น ซิลสำหรับส่วนที่
		เคลื่อนที่โดยเฉพาะกับงานที่มีอุณหภูมิสูงสุดและต่ำสุด
		ใช้เคลือบเพื่อไม่ให้ติดผิวของงานบางอย่าง เช่น หม้อหุง
		ข้าวและกระทะอุตสาหกรรมเคมี และชุดเครื่องมือ
		ปฏิบัติการ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลและวิศวกรรม ที่มีความ
		แม่นยำชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ ฉนวนหุ้ม
		สายเคเบิล อุตสาหกรรมอวกาศและการบิน

PETB = Poly ethylene terephthalate

ค่าหดตัวโดยเฉลี่ย		มีคุณสมบัติคล้ายกับ PBTB ใช้ฉีดขึ้นงานที่ทรงแสง
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 260 - 280 °C	สำหรับงานที่ต้องการความแม่นยำทางแสงมาก ๆ ใช้เป่า
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 120 - 140 °C	ขวดขนาดใหญ่กว่า 1 - 2 ลิตร ซึ่งเหมาะสำหรับ
เครื่องตีความหนาแน่น	: 1.33 g/cm ³	ที่มีคาร์บอนเนต เป็นต้น

PE = Polyethylene

ค่าการหดตัวเฉลี่ย	: 1.5 – 3.0 %	จัดอยู่ในกลุ่มของ Polyolefine Polyethylene ที่ผลิตขึ้นมี
ขึ้นอยู่กับเกรดที่ใช้		เกรด เช่น PE-LD คือ PE ที่มีความหนาแน่นต่ำ
อุณหภูมิหลอมเหลว		PE-LD คือ PE ที่มีความหนาแน่นสูงมีใช้กันทั่วไป
PE-LD ผึงหนา	220 – 260 °C	ในงานฉีดพลาสติก พลาสติกพวก Polyolefine
PHD ผึงบาง	180 – 220 °C	ง่ายต่อการฉีด แต่เนื่องจากการหดตัวที่แตกต่างกันในทิศ
PE-H D ผึงหนา	260 – 300 °C	ทางการไหล และทิศทางตั้งฉากกับการไหล
PE-LD ผึงบาง	240 – 280 °C	
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 30 – 70 °C	

PMMA = Acrylic หรือ Polymethyl methacrylate

ค่าหดตัวดูได้จากคู่มือผู้ผลิต		เรียกอีกอย่างหนึ่งว่า PLEXIGLASS มีความสามารถในการ
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 160 – 230 °C	การไหลต่ำ จึงต้องใช้หัวฉีดขนาดใหญ่ ดูดซับความชื้นได้
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 50 – 90 °C	มากหากเก็บไว้ให้ถูกอากาศ ก่อนใช้ต้องนำมาอบให้แห้ง
ความหนาแน่น	: 1.13 – 1.18 g/cm ³	ที่อุณหภูมิ 70 – 100 °C เป็นเวลาที่ 4 – 5 ชม. (ขึ้นอยู่กับ
		เกรด) ความหนาของชั้นพลาสติกที่อบแห้ง ต้องไม่
		เกิน 40 มม. อุณหภูมิแม่พิมพ์สูง จะมีผลต่อรอบของการ
		ฉีด แต่สามารถลดความเค้นภายในได้ ทนความร้อนได้
		พอสมควร แสงลอดผ่านได้ดีกว่า มีความทนทานต่อ
		สารเคมี และกรดที่มีความเข้มข้นปานกลาง เกือบทุก
		เกรดจะใช้เพื่อบรรจุอาหารเกรดที่ไม่มีการปรับปรุงจะ
		แตกร้าวได้ง่าย เนื่องจากความเค้นภายในได้สภาพแวดล้อม
		ที่แน่นอน ฉีดได้ยากเนื่องจากมีความหนืดต่ำ จำเป็นต้อง
		ใช้ Runner และ Gate ที่มีขนาดใหญ่กว่าการฉีดเทอร์โม
		พลาสติกชนิดอื่น ใช้ทำชิ้นส่วนที่ประกอบกับแสงสว่างทุก
		ชนิด เพราะมีความโปร่งแสงและทนความร้อน ชิ้นส่วนที่
		แม่นยำในอุตสาหกรรมเครื่องจักรกล งานที่เกี่ยวข้องกับ
		อุตสาหกรรมเครื่องจักรกล งานที่เกี่ยวข้องกับการแพทย์และ
		การรักษาระดับ แผ่นพลาสติกสำหรับขึ้นรูปภาชนะด้วย
		สูญญากาศ อุปกรณ์การเขียนแบบ เครื่องเขียน อุปกรณ์
		วัดและเลนส์ เป็นต้น

POM = Poly oxymethylene

ค่าหดตัว	: มากกว่า 1 – 3 %	มีความแข็งมากที่ผิว ถ้าอุณหภูมิสูง จะลดการหดตัวจาก 3% เหลือ 1% ใช้ฉีดชิ้นส่วนที่มีความแม่นยำ เช่น
พลาสติกเสริมใยแก้ว	: 0.2 – 0.6 %	ชิ้นส่วนนาฬิกาข้อมือ นาฬิกาทั่วไป อุปกรณ์ควบคุมและ
ความหนาแน่น	: 1.42 g/cm ³	อุปกรณ์ตั้งเวลา อุปกรณ์ใช้กับรถยนต์ เครื่องสุขภัณฑ์
		เฟอร์นิเจอร์ อุปกรณ์ล็อก ไฟแช็กชิป

PP = Polypropylene

ค่าหดตัว	:	จัดอยู่ในกลุ่มของ Polyolefine มีความคงทน แข็งและมี
ตามแนวยาว	: 1.3 – 2.0 %	อุณหภูมิที่จุดเปลี่ยนรูปสูงกว่า PE – HD PP ใช้ทำ
ตามแนวขวาง	: 0.8 – 1.8 %	ชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องใช้ภายในบ้าน เครื่องใช้ไฟฟ้า
ความหนาแน่น	: 0.91 g/cm ³	กระสวยในงานทอผ้าและเย็บผ้า เป็นต้น

PS = Polystyrene

ค่าหดตัวเฉลี่ย	: 0.5 – 0.6 %	PS เกรดมาตรฐาน จะมีความเปราะ แต่แก้ไขได้โดยรวม
อุณหภูมิหลอมเหลว	: 200 – 250 °C	ตัวเป็นสารประกอบ ใช้ทำโครงของวิทยุ เครื่องเล่นเทป
อุณหภูมิแม่พิมพ์	: 50 – 60 %	เครื่องครัว ผนังตู้เย็น จากคุณสมบัติที่ทนการขีดขูดได้ดี
		จึงนิยมใช้ทำเครื่องใช้ภายในบ้านมากกว่า PE

PVC = Polyvinyl chloride

ค่าหดตัวเฉลี่ย	: 0.4 – 0.5 %	PVC ที่ผลิตขึ้นใช้มีหลายเกรดตามกรรมวิธีทางเคมี
อุณหภูมิหลอมเหลว		Unplasticized PVC ทนไฟได้และทนสารเคมีได้ดีที่สุด
PVC แข็ง 180 – 210°C		PVC จะเริ่มอ่อนตัวที่ประมาณ 80°C และฉีดที่อุณหภูมิ
PVC อ่อน 170 – 200°C		ระหว่าง 140 – 200°C Pre – stabilized PVC มี
อุณหภูมิแม่พิมพ์	:	คุณสมบัติทางไฟฟ้าที่ดี ความชื้นต่ำและเหมาะสำหรับฉีด
PVC แข็ง 20 - 60°C		ชิ้นงานที่ใส สามารถฉีดได้ โดยมีหรือไม่มี Plasticiser ก็
PVC อ่อน 15 – 50°C		ได้ จึงฉีดชิ้นงานที่รูปร่างโค้งหรือพับงอได้ มีความคงทน
ความหนาแน่นเมื่อผสมสาร		ต่อแรงกระแทกได้สูงและคงสภาพอยู่ได้นานภายใต้
ทำให้อ่อนตัว 40 %	: 1.2 g/cm ³	สภาพอากาศและแสง Unplasticized PVC ใช้ใน
นอกนั้นไม่เกิน 1.39 g/cm ³		อุตสาหกรรมเคมีไฟฟ้า เป็นต้น Stabilized PVC ที่เติม
		สาร Stabilizer เช่น barium – cadmium ใช้ในการทำ
		แผ่นพลาสติก ท่อและข้อต่อ กรอบหน้าต่าง และอื่นๆ ใน
		อุตสาหกรรมวัสดุก่อสร้าง

SAN = Stvrol – acrylonitrile

ค่าการหดตัวจากคู่มือผู้ผลิต

คล้ายกับ ABS ใช้ทำเครื่องใช้ภายในบ้านที่มีคุณภาพสูง

อุณหภูมิหลอมเหลว

: 220 – 260°C

เช่น โทรศัพท์ ชิ้นส่วนกล่องแบตเตอรี่รถยนต์ เป็นต้น

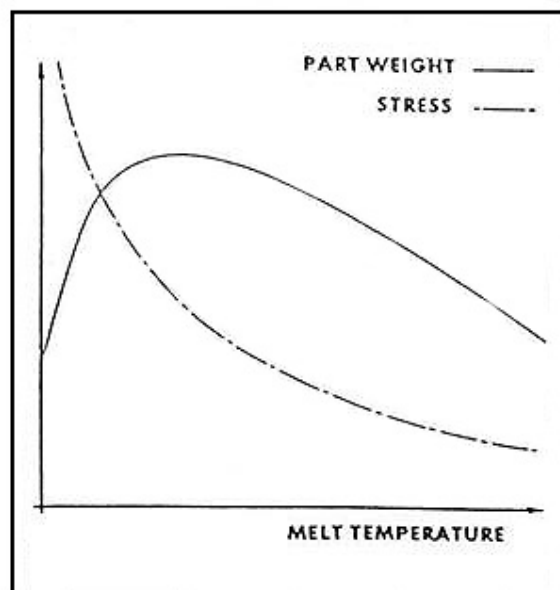
อุณหภูมิแม่พิมพ์

: 1.08 g/cm³**ตารางที่ 5** พลาสติกทั่วไปและชื่อทางการค้าที่มีจำหน่ายในท้องตลาด

Original Name	Acronym	Brand name
Polystyrene	PS	Styron, Esbrite, Estyrene, toporex, diarex. Dicstyrene, Denka-styrol, Idmitsu-styrol
Acrylonitrile styrene	SAN or AS	Stylack As, Etyrene-AS, Cevian-N, Dycomp, Denka As, Toyorack, Litac-A, Sanrex
Acrylonitrile butadiene styrene	ABS	Stylac ABS, Cylolac, Kaneace, Kralastic, Cevien-V, Denka-ABS, Toyorack, JSR-ABS, Tuflex, Diapet ABS, Cycomb
Polymethyl methacrylate	PMMA	Acrypel, Parapet, Delpet, Sumipex-B
Polyethylene	PE	Suntec, Sholex, Sumikathene. Rexlon, Mirason, Novatec. Yukalon, Nipolonhard, Staflene, Hi-Zex, Ullzex
Polyethylene	PP	Noblen, Shoallomer, Novatex
Polyamide	PA	Leona, Zytel, Amilan, Novamid, Ultramid. Daiamid, Reny , Rilsan, Unitica nylon
Polyacetal	POM	Duracon, Tenac, Delrin, Jupital, Ultraform
Polacarbonate	PC	Lexan, Panlite, Jupilon, Novarex, Touflon
Polyphenylene ether	PPE	Noryl (modified PPO), Xyron, Jupiacce
Polybutylene terephthalate	PBT	Valox, Planac, Tuffpet, Duranex, Novadur, Toray PBT
Polyphenylene sulfide	PPS	Novapps, Torelina, Supec

ตารางที่ 6 ค่า Condition สำหรับงานฉีดพลาสติก

Resin	Set Cydlinder Temperature (°C)				Screw Back	Mold Temp.	Drying Temp.	Drying Time
	H1	H2	H3	HH	Press.(kg/cm ²)	(°C)	(°C)	(hr.)
Polyethylene (PE) (low density) LDPE	140-200	160-220	200-230	200-230	3-15	10-70		
(high density) HDPE	180-230	200-250	210-260	210-260				
Polypropylene PP	170-270	190-290	190-310	190-310	3-15	15-80		
Polystyrene (PS) (generl purpose) GPPS	160-250	170-270	180-280	180-280	5-20	10-65		
(high impact resistant) HIPS	170-240	180-260	180-270	180-280			60-80	2-4
Polyvinyl Chloride (PVC) (soft) SPVC	140-200	150-210	160-220	160-220	3-15	40-60	60-80	
(hard) HPVC	150-200	160-210	170-220	160-220	5-20	50-80		2-4
Polybutylene Terephthalate PBT	200-250	210-260	230-270	230-270	3-15	60-80	120-140	3-4
Polymetyl Methacrylate PMMA	170-240	180-250	190-260	190-260	3-15	40-90	70-80	4-5
Polymetyl POM	160-200	170-210	180-220	180-220	2-20	40-100	80-90	3-4
Polycarbonate PC	250-300	260-330	270-340	270-340	3-15	80-120	110-120	4-9
Polyamide (PA) PA-6	200-230	220-250	230-260	230-260	3-15	20-90	75-80	5-10
PA-66	250-280	260-290	270-300	270-300				
Acrylonitrile Butadiene Styrene ABS	180-240	190-260	200-280	200-280	5-20	40-70	80-90	2-3
Acrylonitrile Styrene SAN or AS	170-230	180-250	190-260	190-260	5-20	30-80	70-85	2-5
Modified Polyphenylene Oxide PPO	190-220	200-240	210-270	220-270	5-15	100-130	80-100	3-5
Polyphenylene Sulfide PPS	250-300	270-320	280-330	280-330	5-20	60-80 130-200	120-140	2-4



รูปที่ 37 กราฟแสดงผลของอุณหภูมิพลาสติกต่อน้ำหนัก

แม่พิมพ์ชนิดต่าง ๆ (Type of Moulds)

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ที่ใช้ในอุตสาหกรรมฉีดพลาสติกทุกรูปแบบนั้น มีอยู่หลายชนิด ทำให้ยากแก่การแบ่งแยกชนิดให้ชัดเจน อย่างไรก็ตาม สามารถแบ่งแม่พิมพ์ออกเป็นกลุ่ม ซึ่งมีโครงสร้างพื้นฐานต่างกัน แต่เพื่อความชัดเจนเกี่ยวกับชนิดของแม่พิมพ์ จะอธิบายเฉพาะแม่พิมพ์แบบที่มีใช้กันทั่วไป

การแบ่งชนิดของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ตามแบบโครงสร้างพื้นฐานและหน้าที่การทำงานนั้นเป็นวิธีที่สะดวกที่สุด ซึ่งจะแบ่งตาม

- ชนิดของรูเข้า (gate) และระบบ runner
- ชนิดของการปลดชิ้นงาน
- มีหรือไม่มี Undercut และ Slide Core
- ชนิดของตัวกระทุ้งชิ้นงาน (Ejection)

แม้จะพิจารณาเฉพาะพื้นฐานสี่ข้อดังกล่าวและแบบที่เกิดจากแบบทั้งสี่มาผสมกัน ก็ยังมีจำนวนแบบที่ต่างอีกมาก ซึ่งไม่สามารถอธิบายได้หมดในที่นี้ อย่างไรก็ตาม หลักการสำคัญที่สุดในการออกแบบจะอยู่ในบทต่อไป ซึ่งอธิบายถึงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

การแบ่งชนิดของแม่พิมพ์อาจแบ่งตามโครงสร้างพื้นฐาน ดังนี้คือ

- แม่พิมพ์สองแผ่น (Two Plate Mould)
- แม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould)
- แม่พิมพ์แบบแยก (Split Mould)

แม่พิมพ์สองแผ่น (Two Plate Mould)

การทำงานของแม่พิมพ์สองแผ่น ในระหว่างรอบการฉีด แม่พิมพ์จะเปิดออกที่ระนาบเดียว ระนาบของการเปิดหรือที่เรียกว่า “เส้นแบ่ง” (“Parting Line”) จะระบุไว้บนแบบของแม่พิมพ์ (Mould – assembly drawing) โดยสัญลักษณ์ที่นิยมใช้กันอยู่สองแบบ เป็นสัญลักษณ์ที่ใช้กันอยู่ในประเทศอังกฤษ หรือได้รับอิทธิพลจากประเทศที่ใช้ภาษาอังกฤษ (P/L = Parting line) ขณะที่ประเทศอื่นใช้สัญลักษณ์เป็นหัวลูกศรชี้เข้าหาแม่พิมพ์

แม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould)

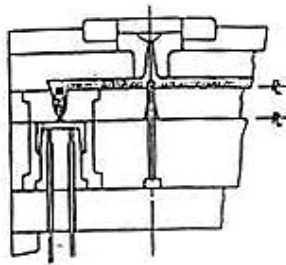
ข้อแตกต่างที่เห็นได้ชัดของแม่พิมพ์สามแผ่นคือ แม่พิมพ์จะเปิดออกในสองระนาบ ส่วนที่อยู่กับที่ของแม่พิมพ์ จะประกอบด้วยแผ่นสองแผ่น แม่พิมพ์สามมักจะใช้รูเข้าแบบเข็ม ซึ่งยอมให้เห็นรอย gate ได้เพียงเล็กน้อยบนชิ้นงานที่ใช้แม่พิมพ์สามแผ่นคือ

- ใช้เมื่อพิจารณาแล้วเห็นว่าไม่สามารถให้ gate แบบอื่นได้และจำนวนชิ้นงานที่ต้องการมากพอที่จะใช้แม่พิมพ์สามแผ่น ซึ่งมีค่าใช้จ่ายสูงกว่าแม่พิมพ์สองแผ่น
- ปกติจะใช้เฉพาะกับชิ้นงานที่มีผนังบาง
- มีพลาสติกส่วนที่เป็น Sprue และ Runner เกิดขึ้นทุกครั้งที่ฉีดและมักจะมีปริมาตรใหญ่กว่าที่เกิดจากใช้แม่พิมพ์สองแผ่นซึ่งอาจนำมาบัดและผสมกับเม็ดพลาสติกใหม่ ดังที่อธิบายไปแล้วและให้ทำตามคำแนะนำของบริษัทผู้ผลิตเม็ดพลาสติก
- การตัดส่วน gate จะทำโดยอัตโนมัติ จนสามารถควบคุมการทำงานของเครื่องคนเดียว

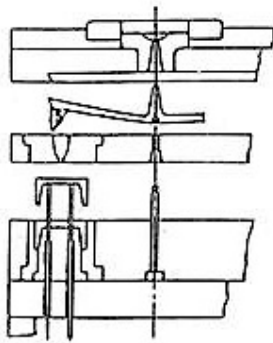
แม่พิมพ์แบบแยก (Split Mould)

แม่พิมพ์แบบแยก จะออกแบบให้มี Jaw ที่ติดอยู่ที่ส่วนเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ โดยเปิดและปิดได้ด้วยการเปิดและปิดแม่พิมพ์ แม่พิมพ์ชนิดนี้สามารถมี Jaw ตั้งแต่สองอันขึ้นไป ตัวอย่างของแม่พิมพ์ชนิดนี้ก็คือ แม่พิมพ์สำหรับฉีดล้างของในกรณีที่แม่พิมพ์ประกอบด้วย Jaw สองอัน เพื่อเข้าสู่รูปส่วนรอบนอกของชิ้น ซึ่งมี Undercut ที่ลึกและต่างกัน แบบแม่พิมพ์แบบแม่พิมพ์แบบแยกที่มี Jaw สองอัน แม่พิมพ์แบบแยกจะใช้ในกรณีที่

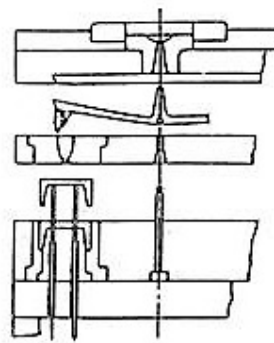
- เมื่อ undercut บนชิ้นงาน ทำให้จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์แบบนี้และยอมให้มีรอยเส้นแบ่ง (Parting line) บนผิวด้านนอกของชิ้นงานได้
- เมื่อการปลดชิ้นงานด้วย Slide core ไม่อาจทำได้ เนื่องจากแพงเกินไป การเคลื่อนที่ของ Jaw สามารถทำเป็นแบบเชิงกล หรือด้วยสปริงหรือทำงานด้วยนิวเมติกหรือไฮดรอลิกส์



a) แม่พิมพ์ปิดและฉีดพลาสติกเข้าจนเต็ม



b) แยกส่วน Runner และ Sprue
ให้ออกจากชิ้นงาน



c) ส่วนของ Runner และ Sprue
ออกจากแม่พิมพ์แล้วปลดชิ้นงาน

รูปที่ 38 การทำงานของแม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould)

การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เมื่อรายละเอียดในการออกแบบชิ้นงานพลาสติกที่จะผลิต ได้รับการแก้ไขจนเป็นที่พอใจแล้ว เช่น รูปร่างภายนอก ความหนาของผนัง ตำแหน่งของ Gate ตำแหน่งของ รู (boss) หู (lug) โครง (rib) เป็นต้น จะถูกกำหนดไว้ แล้วระบุปริมาณที่คาดว่าจะผลิตได้ ในระหว่างอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และจำนวนที่ต้องการ ในช่วงเวลาที่กำหนด จึงเริ่มออกแบบแม่พิมพ์

หลักเกณฑ์ทั่วไปในการออกแบบชิ้นงานพลาสติก

1. การยกระดับความสามารถในการออกแบบ
 - 1.1 การเฝ้าหาความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์
 - 1.2 การทำความเข้าใจกับมาตรฐาน, ข้อกำหนด
 - 1.3 การนำความรู้เกี่ยวกับ Drawing ในอดีตมาใช้ให้เป็นประโยชน์
 - 1.4 การยกระดับความสามารถในการเขียนแบบ
 - 1.5 การนำคอมพิวเตอร์มาใช้
 - 1.6 การใช้ประโยชน์จากเอกสารข้อมูลทางเทคนิค และแค็ตตาล็อก ที่ตามทันสมัยเกี่ยวกับวัสดุพลาสติกทั้งภายในและนอกประเทศ
 - 1.7 การศึกษาจากวารสารต่าง ๆ ในวงการพลาสติก
 - 1.8 การไปชมงานแสดงผลิตภัณฑ์หรือนิทรรศการประเทศต่าง ๆ ที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับพลาสติก
2. การออกแบบชิ้นงานพลาสติกโดยคำนึงถึงการผลิตแม่พิมพ์ด้วย
 - 2.1 ทำความเข้าใจกับโครงสร้างแม่พิมพ์ เพื่อที่จะออกแบบชิ้นงานให้มีรูปทรงที่สามารถผลิตแม่พิมพ์ขึ้นมาได้ หลังจากที่ได้ขึ้นรูปชิ้นงานเสร็จแล้ว ชิ้นงานก็จะถูกปลดออกมาจากแม่พิมพ์ ซึ่งจะมีปัญหาต่าง ๆ เกิดขึ้นจากโครงสร้างแม่พิมพ์ ดังต่อไปนี้
 1. ตำแหน่งและรูปทรงของแนวเปิดแม่พิมพ์ (parting line)
 2. วิธีการจัดการกับคอคอด (Undercut)
 3. ทิศทางของการปลด (Ejector)
 4. ตำแหน่งของเกจ (gate)
 - 2.2 ออกแบบชิ้นงานให้มีรูปทรงที่จะทำให้แม่พิมพ์มีโครงสร้างเป็นแบบ insert
 - 2.3 ออกแบบชิ้นงานให้มีรูปทรงที่จะทำให้แม่พิมพ์ไม่มีส่วนที่อ่อนแอ เช่น knife-edged
3. การออกแบบชิ้นงานพลาสติกโดยคำนึงถึงความเป็นไปได้ในการขึ้นรูป
 - 3.1 ออกแบบให้ชิ้นงานมีมุมปลด (Draft Angle) เพียงพอ
 - 3.2 ออกแบบให้ชิ้นงานมีความหนาสม่ำเสมอทุกส่วนเท่าที่จะทำได้
 - 3.3 หลีกเลี่ยงมุมแหลม (sharp corner)
 - 3.4 ออกแบบชิ้นงานให้มีรูปทรงที่ง่าย
 - 3.5 ศึกษาข้อมูลจากตัวอย่างในอดีต
4. การพิจารณาประเด็นสำคัญในการออกแบบชิ้นงานพลาสติก
 - 4.1 การหดตัว (Mold Shrinkage)

ปัจจัยที่ทำให้เกิดการหดตัว

 1. การหดตัวเชิงความร้อน
 2. การขยายตัวเนื่องจากการคืนสภาพของ Elasticity

3. การหดตัวเนื่องจากการเปลี่ยนแปลงของ ปริมาตรจำเพาะ ของการเป็นผลึกของพลาสติก

4. การหดตัวเนื่องจากการปรับ การเรียงตัวของโมเลกุล

คุณสมบัติจำเพาะของวัตถุดิบในเรื่องการหดตัว

1. พลาสติกประเภทเป็นผลึกจะมีอัตราการหดตัวสูงกว่าพลาสติกประเภทไม่เป็นผลึก และอัตราการหดตัวนี้จะเปลี่ยนแปลงได้ช่วงกว้าง แต่ขึ้นกับรูปทรง, ชี้นงาน และเงื่อนไขการฉีดขึ้นรูป
2. วัตถุดิบที่มีการเติมสารพวก Glass Fiber จะมีอัตราการหดตัวลดลงและช่วงการเปลี่ยนแปลงของอัตราการหดตัวจะแคบด้วย จึงเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความเที่ยงตรงเรื่องขนาด

อัตราการหดตัว

$$N = (S_o - S) / S_o \times 100\% \text{ mm / mm}$$

S_o : ขนาดแม่พิมพ์

S : ขนาดชิ้นงานเมื่อเย็นตัวลงเท่าอุณหภูมิห้อง

4.2 ความหนาชิ้นงาน

ข้อแนะนำการออกแบบความหนาชิ้นงาน

1. กำหนดความหนาให้เหมาะสมกับแรงที่กระทำต่อชิ้นงาน และชนิดของพลาสติกที่จะใช้ในชิ้นงานที่บาง ควรพิจารณาถึง Flowability ของพลาสติกที่ใช้ด้วย
2. ความแข็งแรงของชิ้นงานขึ้นอยู่กับโครงสร้าง ถ้าโครงสร้างดีจะสามารถออกแบบให้บางได้ ซึ่งมีผลในการทำให้มีน้ำหนักเบาและลดต้นทุนได้ด้วยในส่วนของมุมให้ทำ R ทุกจุดด้วย
3. กรณีชิ้นงานที่บางมากแม้จะไม่ต้องการความแข็งแรงในการใช้งาน แต่อาจแตกได้ในขณะที่แม่พิมพ์เปิด หรือขณะถูกดันออกตอนขึ้นรูป
4. การกังวลเรื่องความแข็งแรงมากไปทำให้ต้องเพิ่มความหนาจะมีผลให้ช่วงเวลาที่ต้องใช้ในการหล่อเย็นนานขึ้นและเกิดการหดตัวหรือฟองอากาศขึ้นได้ง่าย
5. ควรพยายามออกแบบให้ชิ้นงานมีความหนาสม่ำเสมอ ซึ่งจะช่วยลดช่วงเวลากการหล่อเย็นให้สั้นลง, ทำให้มีการหดตัวอย่างสม่ำเสมอ และยังช่วยลดแรงเครียดภายในกรณีต้องมีการเปลี่ยนของความหนา ให้ค่อย ๆ เปลี่ยนแปลงทีละน้อยอย่าให้เกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว
6. ในกรณีต้องการเพิ่มคุณสมบัติการเป็นฉนวนความร้อนหรือป้องกันเสียง จึงจำเป็นต้องทำให้หนา ในกรณีนี้ควรใช้ Expandable Resin
7. กรณีใช้ Insert โลหะอาจเกิดการแตกบริเวณรอบ ๆ Insert ได้เนื่องจากความแตกต่างของค่า Coefficient of Linear Expansion ดังนั้นจึงจำเป็นต้องทำให้หนาเพียงพอ
8. โดยทั่วไปมักกำหนดความหนาจากประสบการณ์กรณีมีประสบการณ์ไม่มากควรนำสินค้าในตลาดที่ใกล้เคียงกับชิ้นงาน เพื่อใช้อ้างอิงและถ้าทำการเช็คค่าความแข็งแรง ฯลฯ จะทำให้ทราบได้ถึงสมรรถนะ และคุณภาพของสินค้าได้

ตารางความหนาของผนังของผลิตภัณฑ์พลาสติกฉีด

ชนิดของพลาสติก	ต่ำสุด	ผลิตภัณฑ์ขนาดเล็ก	ผลิตภัณฑ์ขนาดกลาง	ผลิตภัณฑ์ขนาดใหญ่
	มม.	มม.	มม.	มม.
Polyamide (Nylon)	0.4	0.6	1.5	2.5 – 3.2
Polyethylene (PE)	1.0	1.3	1.6	2.6 – 3.2
Polystyrene (PS)	0.8	1.3	2.0	3 – 5
Polyvinyl Chloride (PVC)	1.5	0.2	2.5	3.6
Polypropylene (PP)	0.2	0.5	1.5	2 – 5
ABS	0.8	1.3	2.0	3 – 5
Polecarbonate (PC)	1.0	1.5	2.0	3 – 5
Aerylonitrile	0.7	1.0	2.5	3 – 6

4.3 ความเร็วของชิ้นงาน (Taper)

การกำหนดความเร็วควรคำนึงถึงสิ่งต่อไปนี้

1. คุณสมบัติวัสดุ (อัตราการผลิต ความแข็งและคุณสมบัติของสารหล่อลื่น)
2. รูปทรง โครงสร้างของชิ้นงาน (ความสูงชิ้นงานในทิศทางเปิดแม่พิมพ์ ความหนาชิ้นงาน)
3. โครงสร้างแม่พิมพ์ (วิธีการทั้งชิ้นงานออก จำนวนและเนื้อที่ของ Pin กระทุ้ง)
4. การผลิตแม่พิมพ์ (การ finishing ผิว Cavity ของแม่พิมพ์ในทิศทางที่ตั้งชิ้นงานออก)
5. เงื่อนไขการขึ้นรูป (แรงดันพลาสติกในแม่พิมพ์)

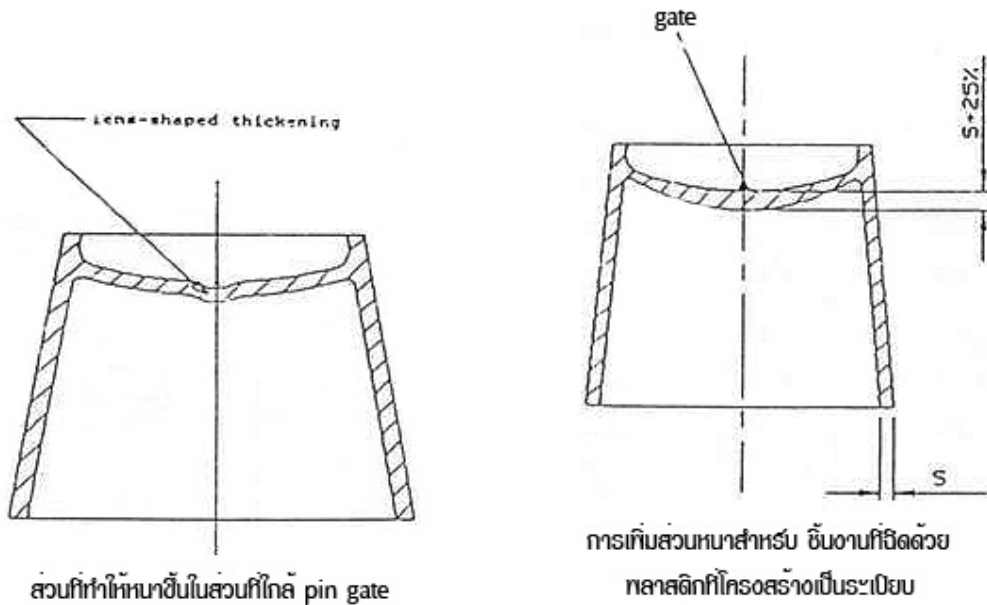
โดยทั่วไปความเร็วที่เหมาะสมคือ 1-2° แม้กรณีทำให้เร็วยากก็ควรให้มีราว 0.5° กรณีชิ้นงานที่มีความเร็วต่ำ ให้พิจารณาใช้ Gas Ejection เพื่อหลีกเลี่ยง Overfilling มีข้อควรระวังในเรื่องความเร็วดังนี้

1. กรณีทำให้เร็วไม่ได้ ให้ทำแม่พิมพ์ให้มีโครงสร้างแบบสไลด์หรือแบบที่ส่วน Undercut เป็นแบบ Insert
2. กรณีเป็นลาย Texture ให้กำหนดความเร็วเป็น 3-5° แต่ขึ้นอยู่กับความลึกด้วย
3. กรณีวัสดุที่มี Glass Fiber ผสมซึ่งมีอัตราการผลิตต่ำ ให้ทำให้เร็วค่อนข้างมาก พยายามเพิ่มพื้นที่การกระทุ้งชิ้นงานและควรใช้ระบบ Stripper Plate และ Air Eject ร่วมกัน

4.4 พื้น (Base)

ส่วนพื้นของชิ้นงานฉีดเทอร์โมพลาสติก ที่มีรูปเป็นวงกลมหรือสี่เหลี่ยมผืนผ้า ไม่ต้องการความพิถีพิถันในการออกแบบ เพียงให้ความหนาของพื้นมีความคงที่จาก gate ไปถึงขอบ เฉพาะในกรณีที่ใช้ Pin Gate เท่านั้น ที่จำเป็นต้องทำส่วนหนาคล้ายเลนส์บริเวณใกล้ gate เพื่อป้องกันการร้าว

พื้นของชิ้นงานรูปทรงกระบอก ที่ทำจากพลาสติกโครงสร้างเป็นระเบียบบางส่วน เช่น high density polythylene จะเพิ่มความหนารอบ ๆ gate อีกประมาณ 25 % ดังรูป



4.5 ครีป (RIB)

หน้าที่ของ RIB

1. เพิ่มความแข็งแรงให้แก่ชิ้นงานโดยประหยัด
2. ป้องกันการเปลี่ยนรูป เช่น การโก่ง, การบิด
3. ทำให้การไหลของพลาสติกดีขึ้น
4. ทำให้ชิ้นงานมีสมรรถนะดีขึ้น

ข้อควรระวังในการออกแบบ RIB

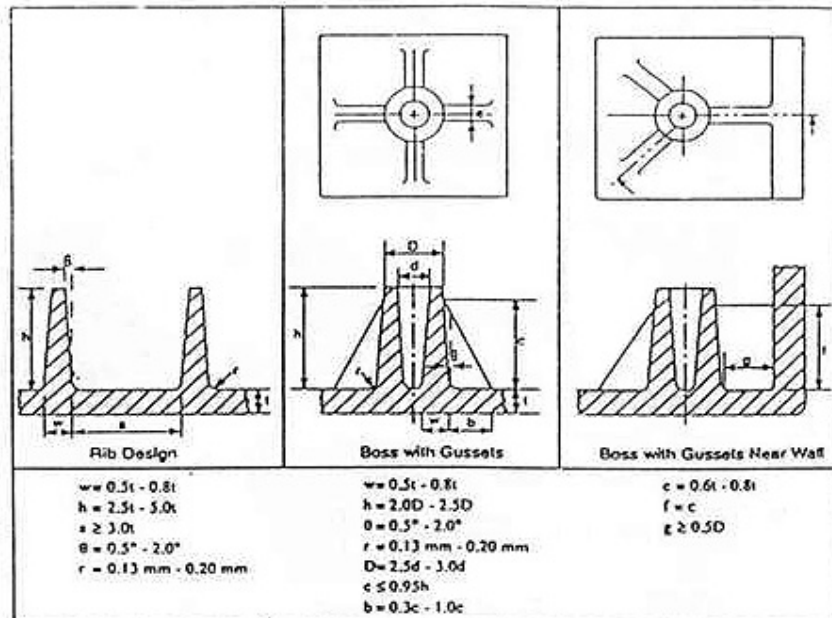
1. ควรใส่ RIB ที่บางและเตี้ยหลาย ๆ RIB ดีกว่าใส่ครีปที่หนาและสูงไม่กี่ครีป
2. RIB ช่วยเพิ่มความแข็งแรงและช่วยลดการเปลี่ยนรูปของชิ้นงาน เมื่อถูกความร้อนแต่ในทางกลับกันจะทำให้แรง Stress มารวมกันยังผลให้ลดความทนทานในการใช้งานได้จึงควรระวัง
3. เพื่อไม่ให้แรง Stress มารวมกันให้ทำส่วนฐานให้เป็น R แต่ถ้า R มากเกินไปจะเกิดการหดตัวได้
4. ทิศทางของ RIB ควรอยู่ในทิศเดียวกับการไหลของพลาสติกในแม่พิมพ์ ซึ่งจะช่วยให้คุณสมบัติการไหลของพลาสติก ทำให้การขึ้นรูปเป็นไปอย่างราบรื่นในทางกลับกันถ้าทำให้ RIB ขวางตั้งฉาก จะไปขัดขวางการไหลของพลาสติก และลดคุณสมบัติการขึ้นรูปชิ้นงานได้

4.6 ส่วนนูน (Boss)

ข้อควรระวังเรื่องส่วนนูน

1. ทำฐานของส่วนนูนให้เป็น R เพื่อไม่ให้แรง Stress มารวมที่จุดเดียวถ้า R มากไป จะเกิดการหดตัวได้ง่าย

2. กรณีต้องเพิ่มความแข็งแรงให้ฐานของส่วนฐานให้เพิ่ม RIB เสริมความแข็งแรงที่ส่วนฐานนั้น
3. ควรหลีกเลี่ยงส่วนฐานที่หนาและสูง กรณีหลีกเลี่ยงไม่ได้ทำให้ Gate ไวเกินไป
4. ส่วนฐานที่มี Weld Line เกิดชัดเจน จะมีความเสี่ยงที่จะแตกหักได้มากขณะประกอบหรือใช้งาน



ขนาดของก้านหมุดและ Boss ที่แนะนำให้ใช้

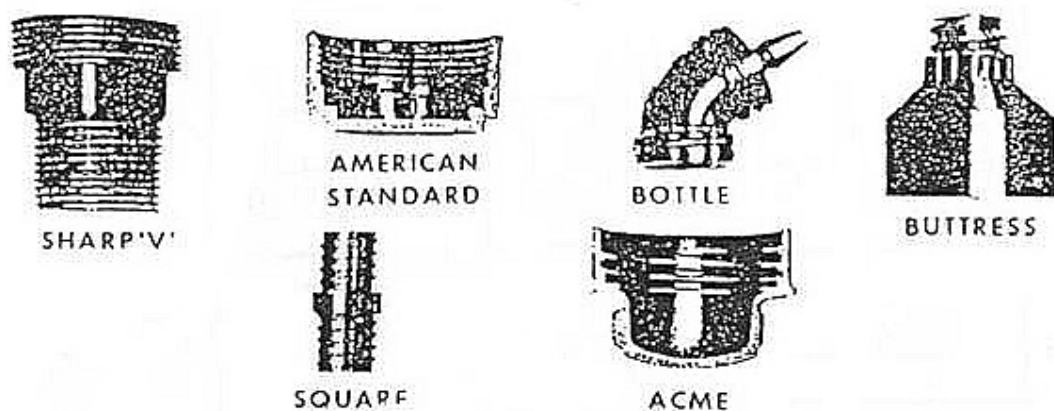
4.7 เกลียว

เกลียวเมตริก ISO เกลียว Unified Screw เกลียวที่มีหน้าตัดกลมตามมาตรฐาน DIN 405 T 1 เป็นเกลียวที่เหมาะสมกับชิ้นส่วนพลาสติกมากที่สุดเพราะไม่มีปัญหาเรื่องขอบคมที่โคนเกลียว ส่วนเกลียวที่มีระยะพิทน้อยกว่า 0.8 มม. หรือมากกว่า 32 เกลียวต่อนิ้ว จะฉีดได้ยาก

ในอุตสาหกรรมพลาสติก มีการใช้เกลียวสำหรับผลิตภัณฑ์ที่นิยมใช้กันอยู่เพียง 7 ชนิด คือ

1. เกลียวมาตรฐานอเมริกา (American Standard)
2. เกลียวสี่เหลี่ยม (Square)
3. เกลียวแอคมี่ (ACME)
4. เกลียวฟันเลื่อย (Buttress)
5. เกลียวผ่าขวด (Bottle)
6. เกลียวร่อง V หยาบ
7. เกลียวร่อง V ละเอียด

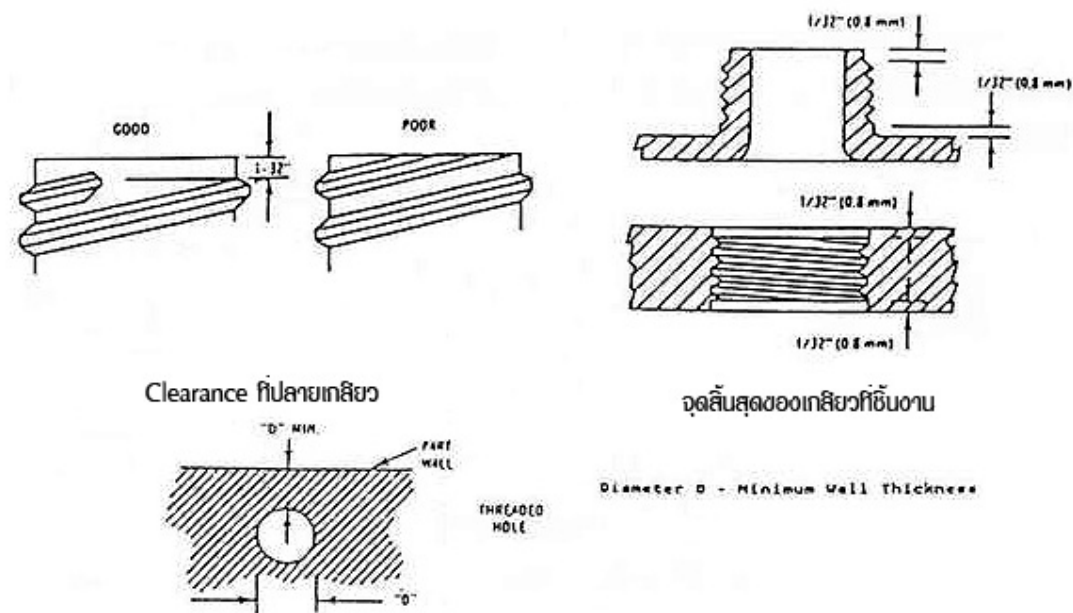
สำหรับเกลียวร่อง V นั้นไม่แนะนำให้ใช้สำหรับชิ้นส่วนพลาสติก เพราะจากกรรมวิธีการผลิตให้เป็นร่อง V ทำได้ยากพลาสติกอาจเข้าเป็นเนื้อเกลียวได้น้อยเกลียวที่ได้อาจไม่สมบูรณ์หรือการรับแรงของเกลียวได้น้อย เกลียวอาจเสียหายได้ง่ายขณะใช้งาน



THREADS USED IN MOLDED PLASTICS

เกลียวที่นิยมใช้กันในชิ้นส่วนพลาสติก

ตัวอย่างชิ้นส่วนพลาสติกที่ใช้เกลียวชนิดต่าง ๆ

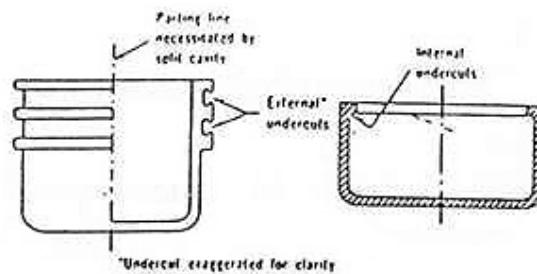


ความหนาของผนังส่วนนอกที่น้อยที่สุดของรูเกลียวที่ขึ้นงาน

4.8 Undercut ที่ขึ้นงาน

ชิ้นงานฉีดพลาสติกอาจมี Undercut เพื่อประโยชน์ใช้สอยเพื่อให้ดูสวยงาม Undercut ในชิ้นงาน อาจเพิ่มค่าใช้จ่ายในการทำแม่พิมพ์ หรือใช้เวลาการฉีดขึ้นงานขึ้น

Undercut สามารถแบ่งออกเป็น Undercut ภายนอกและ Undercut ภายใน เมื่อ Undercut ขนาดเล็กกว่า 5 % ของเส้นผ่าศูนย์กลาง และมีรูปหน้าตัดกลม ก็อาจปลด หรือกระทุ้งชิ้นงานออกจากคอร์ หรือคา-วิตได้ อย่างไรก็ตามหากต้องการใช้วิธีนี้จะต้องออกแบบพิมพ์ให้ปลดชิ้นงานในขณะที่มันยังบางนั้น ไม่มีการขยายตัวหรือบีบตัวในกรณีดังกล่าว อาจจำเป็นต้องใช้การปลดด้วยแหวนปลดหรือแผ่นปลด แทนที่จะปลดด้วยเข็มกระทุ้ง

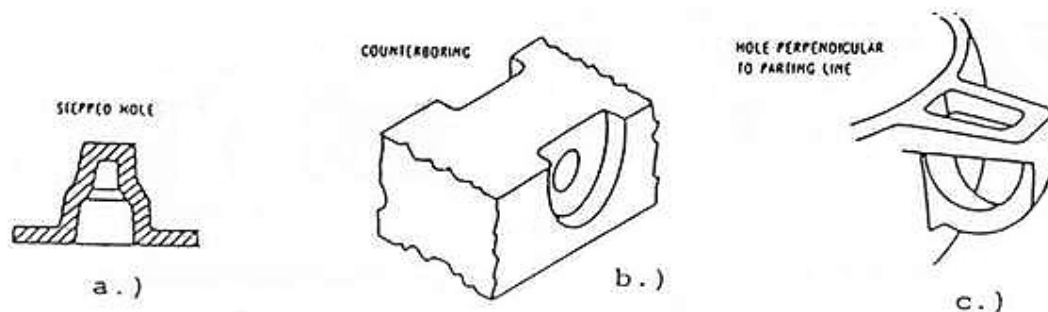


Undercut ภายนอกและภายในของชิ้นงาน

4.9 รูที่ขึ้นงาน (Hole)

ชิ้นงานฉีดพลาสติกจะสามารถทำให้มีรูได้ง่ายโดยใช้สลัก (Pin) ในแม่พิมพ์ซึ่งวางให้ยื่นเข้าไปในคาวีตี รูผ่านตลอด (Through Hole) ทำได้ง่ายกว่ารูตัน (Blind Hole) เพราะสามารถยึดปลายทั้งสองข้างของสลักที่ยึดปลายด้านเดียวจะเอียงได้ เนื่องจากการไหลของน้ำพลาสติกเข้าไปในคาวีตีด้วยเหตุนี้ความลึกของรูตันมักจะไม่เกินสองเท่าของเส้นผ่าศูนย์กลางของรู รูขั้นบันได (Stepped Hole) จะมีความลึกได้มากกว่ารูที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันตลอด การทำรูตกรบ่า (Counterboring) ที่ผนังด้านข้าง อาจช่วยลดความลึกของรู

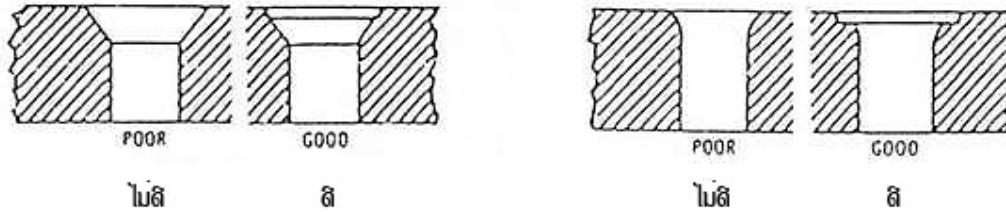
รูบางชนิด โดยเฉพาะรูป a) เป็นการใส่คอร์ที่ตั้งฉากกับผิวแบ่ง (Parting Surface) ของแม่พิมพ์ เพื่อให้เกิดรูที่ขนานกับผิวแบ่งในหลายกรณี ที่การออกแบบทำให้ไม่ต้องใช้ Side Core จึงลดเวลาและค่าใช้จ่ายในการทำแม่พิมพ์ลงได้



ชนิดของรูที่ขึ้นงานฉีดพลาสติก

- (a) รูขั้นบันได (Stepped Hole)
- (b) รูตกรบ่า (Counterbore)
- (c) Core แนวตั้งทำให้เกิดรูแนวนอน

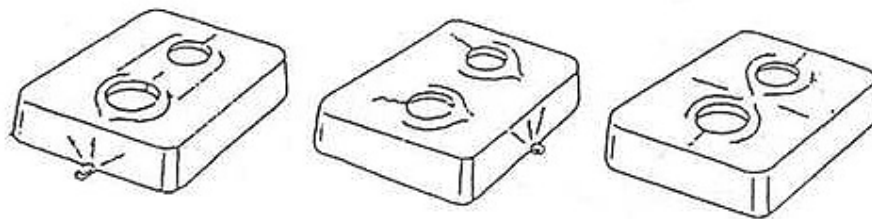
ควรทำเป็นขั้น (Step) ที่ปลายเปิดของรู โดยมีระยะเผื่อจากปากรูลงอย่างน้อย 0.4 – 0.5 มม. การผายปากรู (Chamfer) หรือทำขอบมน (Radius) ที่ปลายเปิดของรู จะต้องทำงานที่แม่นยำซึ่งอาจเป็นผลเสียในด้านความประหยัด



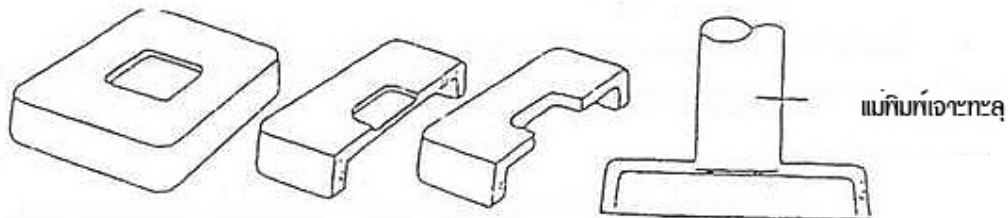
ลักษณะที่ดีและไม่ดีของการออกแบบปากรูในชิ้นงานฉีดพลาสติก

4.10 รอยต่อ (Weld Line, Knit Line)

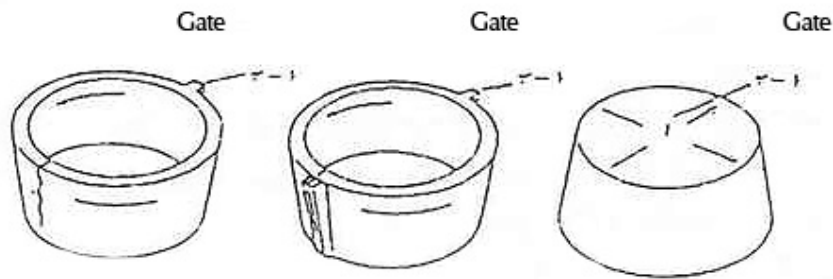
ในการไหลของพลาสติก ถ้าเจอสิ่งกีดขวาง เช่น RIB, ส่วนนูน, รู, Insert จะแยกออกเป็น 2 ส่วน และจุดที่มาบรรจบกันอีกครั้งจะเกิดเป็นรอยต่อขึ้น ซึ่งตำแหน่งและจำนวนของรอยต่อจะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งและจำนวนของ Gate, ตำแหน่งและจำนวนของ RIB หรือ รู, ความหนาของชิ้นงานเป็นต้น รอยต่อนี้ถือเป็นจุดอ่อนด้านกายภาพของชิ้นงาน (ทำให้ค่า Tensile Strength ลดลง 10 % ความทนต่อแรงกระแทกลดลง 50-70 %) ดังนั้นจึงควรระวังและยังมีปัญหาต่อลักษณะภายนอกโดยเฉพาะกรณีโปร่งหรือใส สีไข่มุก, Metallic, จะเห็นเส้นรอยต่อได้ชัด ในขั้นตอนการออกแบบชิ้นงานและแม่พิมพ์ควรจัดให้รอยต่อไปอยู่ในที่มีแรง Stress ต่ำ และไม่มีผลกระทบต่อลักษณะภายนอก



(a) ตำแหน่งรอยต่อที่เกิดจะเปลี่ยนไปตามตำแหน่ง Gate ในกรณีรูปด้านบน เส้นรอยต่อที่อยู่ห่างจาก Gate จะมีความแข็งแรง น้อยกว่ารอยต่อที่ใกล้ Gate และสามารถเปลี่ยนตำแหน่งการเกิดเส้นรอยต่อได้โดยเปลี่ยนแปลงความหนาของชิ้นงาน



(b) กรณีไม่สามารถหลีกเลี่ยงการมีรอยต่อได้ ให้ออกแบบเฉพาะส่วนให้บาง แล้วมาเจาะรูทะลุทีหลัง



- (c) ชิ้นงานที่มีส่วนพื้น ก็อาจเกิดเส้นรอยต่อได้ แล้วแต่ตำแหน่ง Gate และจะเกิดได้ เช่นเดียวกับกรณีส่วนนูนในกรณีนี้ ถ้าให้มี RIB ดังรูปกลางจะช่วยเพิ่มความแข็งแรง ให้ เกจเข้า Center จะไม่ทำให้เกิดรอยต่อ



- (d) ถ้ามีส่วนที่บางมากอยู่กลางส่วนที่หนา พลาสติกจะไหลจากส่วนที่หนาก่อนทำให้เกิดเส้น รอยต่อ หรืออาจเกิด Air Pocker ได้ กรณีนี้ให้เพิ่มความหนาให้กับส่วนที่บาง

5. การออกแบบความแข็งแรงของชิ้นงาน

ในการออกแบบชิ้นงาน ในทางอุดมคติต้องออกแบบให้ได้คุณภาพตามที่ต้องการโดยใช้วัสดุ น้อยที่สุด การใช้วัสดุจำนวนมากเกินไป เพื่อให้เกิดความแข็งแรงเกินจำเป็น ไม่ถือว่าเป็นการออกแบบที่ดี ใน ที่นี้จะอธิบายวิธีต่าง ๆ ที่ทำโดยไม่ต้องเพิ่มความหนา การออกแบบความแข็งแรงควรพิจารณาให้ดีในขั้นตอนของ การออกแบบหรือนำมาแก้ไขภายหลังจากชิ้นรูปชิ้นงานแล้วก็ได้

5.1 การออกแบบความแข็งแรงในขั้นตอนออกแบบ

1. การออกแบบขอบ

ก่อนอื่นต้องมีส่วนผนังด้านข้างให้เกิดเป็นขอบขึ้น เพราะว่าขอบของชิ้นงานจะเป็นส่วนที่ได้รับแรง จากภายนอก และแตกหักง่ายที่สุด

2. การออกแบบส่วนกัน

ส่วนกันที่เรียบไม่มีนูนเว้า จะทำให้มี Internal Stress ตกค้างอยู่เป็นสาเหตุให้ไม่มีความแข็งแรง และเกิดการเปลี่ยนรูปได้ง่าย กรณี Gate ที่ส่วนกัน บริเวณรอบ Gate จะแตกง่ายในการทดสอบเอาวัตถุกดใส่ ซึ่ง แก้ไขได้โดยออกแบบส่วน Gate ให้หนา

3. การออกแบบผนังด้านข้าง

ส่วนผิวเรียบที่กว้าง ควรออกแบบให้มี R มาก หรือให้มีส่วนนูนเว้า ซึ่งสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อรูปทรง จึงควรวางแบบหรือสร้าง Model ในการพิจารณากำหนดอย่างรอบคอบ

4. Insert

กรณีพลาสติกมีความแข็งแรงไม่เพียงพอในบางส่วนให้ใช้ Insert เพื่อเสริมความแข็งแรงในส่วนนั้น

5. RIB

การใส่ให้มี R ในส่วนมุมต่าง ๆ ของชิ้นงาน เช่น โคนของ RIB จะช่วยกระจายแรง Stress ได้ซึ่งเป็นการช่วยยกระดับความแข็งแรงของชิ้นงานโดยทั่วไป ควรออกแบบให้ค่า R มากไว้ก่อนเท่าที่จะกระทำได้

5.2 การคำนึงถึงความแข็งแรงในขั้นตอนการแก้ไขหลังฉีด

1. การเพิ่ม RIB

ภาพหลังทดสอบการขึ้นรูป ถ้าไม่ได้ความแข็งแรงตามเป้าหมาย วิธีที่ใช้โดยทั่วไปในการเสริมความแข็งแรง ในกรณีนี้ถ้า RIB ลึกมากไปจะทำให้ก๊าซมาสะสมทำให้เกิดรอยไหม้ของพลาสติก หรือเกิดปัญหา Short Shot หรือเส้นรอยต่อได้ จึงควรใช้ RIB ที่เตี้ยแต่จำนวนมาก

2. การเปลี่ยนแปลงความหนาบางจุด

การทำให้ความหนาโดยเฉลี่ยหนาขึ้น เป็นการแก้ไขแม่พิมพ์ที่ยาก และยังทำให้ต้องใช้พลาสติกมากขึ้น โดยได้ผลไม่คุ้มค่า ในการแก้ไขจึงควรทำเฉพาะในบางจุดไป

3. การเปลี่ยนวัสดุดิบ

ในกรณีไม่สามารถแก้ไขแม่พิมพ์ได้ หรือไม่มีเวลาแก้ไขแม่พิมพ์ และจำเป็นต้องเพิ่มความแข็งแรงขึ้นมาก ให้พิจารณาเรื่องวัสดุดิบในกรณีนี้มักจะทำให้ต้องเพิ่มต้นทุนการผลิตตามไปด้วย

4. การชุบ

ชุบชิ้นงานทั้งหมดเพื่อเพิ่มความแข็งแรง กรณีนี้มักจะมีการวางแผนล่วงหน้า การชุบทำให้ต้นทุนสูงขึ้นและจะจำกัดวัสดุดิบบางประเภทที่สามารถใช้ได้เท่านั้น โดยทั่วไปมักทำเพื่อความสวยงามมากกว่าเพื่อเพิ่มความแข็งแรง

การระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (VENTING)

เมื่อเราฉีดพลาสติกเหลวเข้าไปในแม่พิมพ์ พลาสติกเหลวที่ฉีดจะเข้าไปแทนที่อากาศที่อยู่ในแม่พิมพ์ อากาศที่อยู่ในแม่พิมพ์จะถูกน้ำพลาสติกไล่ไปอยู่ที่ใดที่หนึ่งในแม่พิมพ์เมื่ออากาศ รวมตัวกันและถูกแรงดันจากกาฉีดพลาสติกเหลวเข้าไป อากาศจะมีแรงต้านเกิดขึ้นทำให้พลาสติกเหลวไม่สามารถเข้าไปแทนที่ได้ ซึ่งจะทำให้เกิดผลเสียแก่ชิ้นงานได้ เพราะฉะนั้นต้องทำรูระบายอากาศออกเรียกว่า AIR VENT ซึ่งรูระบายอากาศมีความจำเป็นมากในแม่พิมพ์ฉีด เช่น แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก แม่พิมพ์ฉีดอลูมิเนียม

1.1 ความสำคัญของรูระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ข้อดีของรูระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

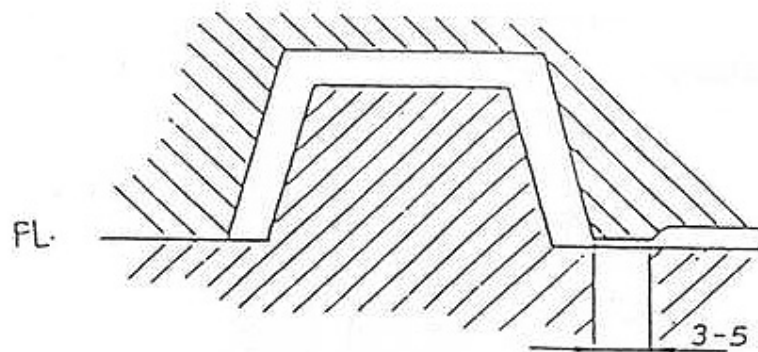
- ทำให้เนื้อพลาสติกเข้าไปแทนที่ได้ทุกส่วนของชิ้นงาน
- ไม่ทำให้ชิ้นงานเกิดรอยไหม้
- เพิ่มความแข็งแรงของชิ้นงาน

1.2 ตำแหน่งของรูระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

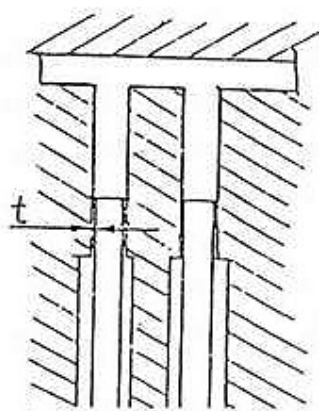
การกำหนดตำแหน่งของรูระบายอากาศในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสิ่งที่ต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรกคือรูปร่างของชิ้นงาน การออกแบบแม่พิมพ์และทางเข้าของน้ำพลาสติก (Gate) ตามลำดับ เราจึงสามารถกำหนดตำแหน่งของรูระบายอากาศได้ ในบางครั้งการทำรูระบายอากาศเราจะทำหลังการทดสอบการฉีดแล้ว เพราะรูอากาศอาจทำไม่เพียงพอ แต่ในปัจจุบันนี้มีคอมพิวเตอร์ที่สามารถจะวิเคราะห์ตำแหน่งของการระบายอากาศได้อย่างสมบูรณ์

การกำหนดตำแหน่งและชนิดของรูระบายอากาศทั่ว ๆ ไป มีดังต่อไปนี้

1. การกำหนดตำแหน่งรูระบายอากาศที่ตำแหน่งแม่พิมพ์เปิด-ปิด หรือ Parting line (P/L) ดังในรูปที่ 39

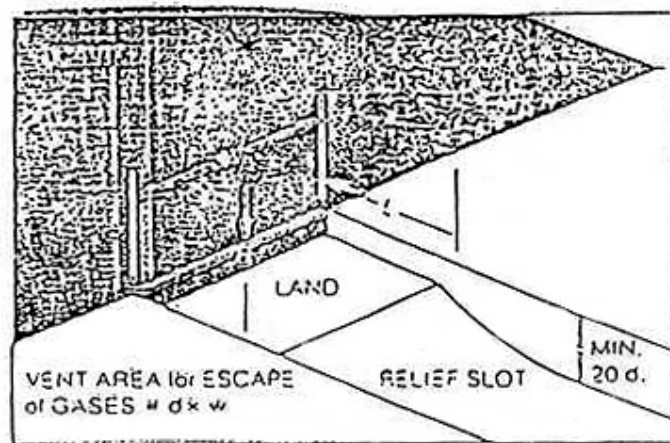


รูปที่ 39



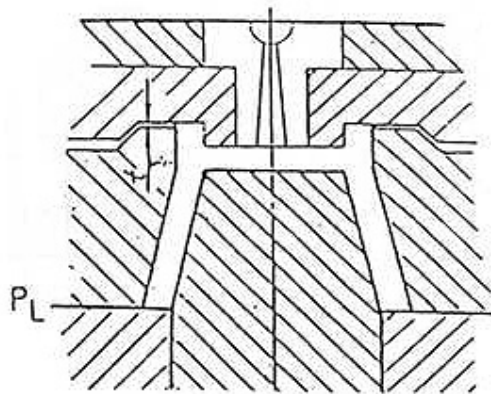
รูปที่ 40 Parting Line Venting

2.การทำรูระบายอากาศที่ core



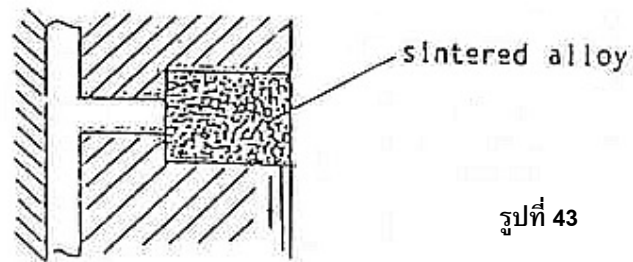
รูปที่ 41 การทำรูระบายอากาศที่ Core กับ Ejector Sleeve

3.การทำรูระบายอากาศที่แผ่น Cavity Plate

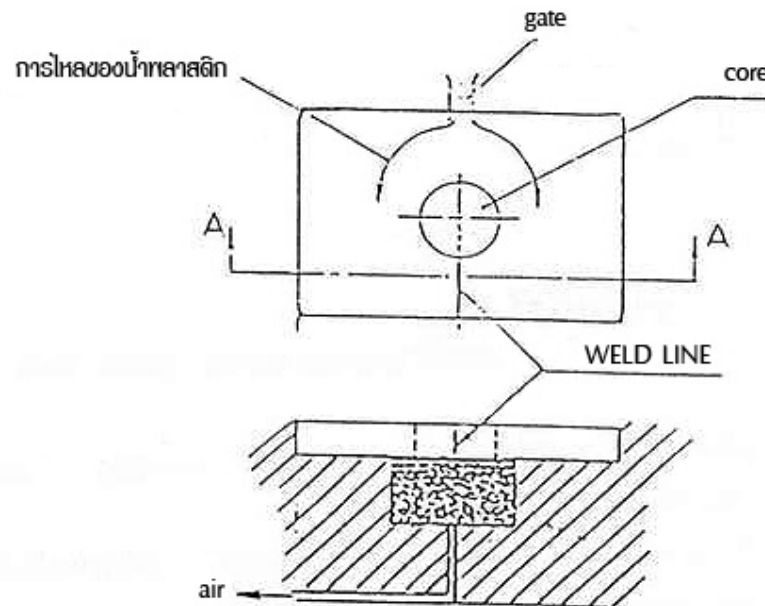


รูปที่ 42 การทำรูระบายอากาศที่ Cavity Plate

4. รูระบายอากาศใช้โลหะ Sintered Alloy การระบายอากาศแบบนี้จะใช้เมื่อไม่สามารถระบายอากาศด้วยวิธีอื่นได้ โลหะ Sintered Alloy ส่วนมากจะใช้บรอนซ์ ทองเหลือง ในบางครั้งอาจใช้ทองแดง แต่ข้อเสียของทองแดงคือ อ่อนเกินไป หรืออาจใช้สแตนเลสก็ได้แต่ราคาอาจสูงเกินไป



รูปที่ 43



รูปที่ 44 section A-A

รูปที่ 44 การใช้ Sintered alloy ในการระบายอากาศจะทำให้รอยต่อของพลาสติก (weld line) สั้นลงจะทำให้เพิ่มความแข็งแรงในชิ้นงานเพิ่มขึ้น

5. การระบายอากาศโดยการทำเป็นสุญญากาศ การระบายอากาศแบบนี้จะใช้ปั๊มดูดอากาศออกจากแม่พิมพ์ แล้วฉีดพลาสติกเหลวเข้าไป การใช้ปั๊มดูดอากาศแบบนี้จะใช้เวลาตันเพียงเล็กน้อยประมาณ 0.005 kg/cm^2 หรือ ประมาณ 50 mm ของน้ำหลักการนี้นำไปใช้ในการฉีดแผ่น CD (Compact disk)

ตารางการทำรูประบายอากาศของแม่พิมพ์

ชนิดของพลาสติก	ความลึก (MM)	ชนิดของพลาสติก	ความลึก (MM)
ABS	0.01 – 0.03	PP	0.01 – 0.025
POM	0.01 – 0.02	PS	0.01
PPD	0.02 – 0.03	SB	0.03
PPS	0.01 – 0.03	PC	0.02 – 0.03
SAN	0.03	PA	0.01 – 0.03
ASA	0.03	PE	0.01 – 0.025
PVC	0.03 – 0.05	PA (glassfiber filled)	0.01 – 0.03
PBTP	0.01 – 0.03	Nylon	0.005 – 0.015

หลักเกณฑ์การวิเคราะห์ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

หัวข้อวิเคราะห์ที่สำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์

1. ขนาดของแม่พิมพ์
2. การกำหนดแนวแยกแม่พิมพ์
3. การกำหนดหัวข้อเสนอแนะของ Gate
 - ชนิดของ Gate
 - ตำแหน่งของ Gate
 - จำนวนของ Gate
4. การกำหนดหัวข้อเสนอแนะของ Runner
 - การวางตำแหน่งของ Runner
 - รูปร่างพื้นที่หน้าตัดของ Runner
 - วิธีการลีด Runner
5. การกำหนดประสิทธิภาพในการปรับอุณหภูมิ
6. การกำหนดวิธีการแยกเบ้าออกจากกัน
7. การกำหนดวิธีการกำจัด Undercut
 - Slide Core
 - Angular Pin
 - Core ลอย
 - อื่น ๆ
8. การวิเคราะห์ความแข็งแรงของแม่พิมพ์
 - ความหนาของแม่พิมพ์
 - การวางตำแหน่งของ Support Block
 - การวางตำแหน่งของ Support Pin
9. การวิเคราะห์วิธีการดันออก
10. การวิเคราะห์วัสดุชิ้นส่วน
 - วัสดุดิบ
 - การผ่านขบวนการความร้อน
 - การตกแต่งพื้นผิว
11. การวิเคราะห์คุณสมบัติในการขึ้นรูปของเครื่องจักรกล
 - Milling
 - Turning
 - Lathe Working
 - Surface Grinding
 - Electric Sparking
 - Wire Cutting
 - NC Milling
12. การวิเคราะห์มาตรการป้องกันการสึกกร่อนของเบ้า
 - การชุบเคลือบผิว

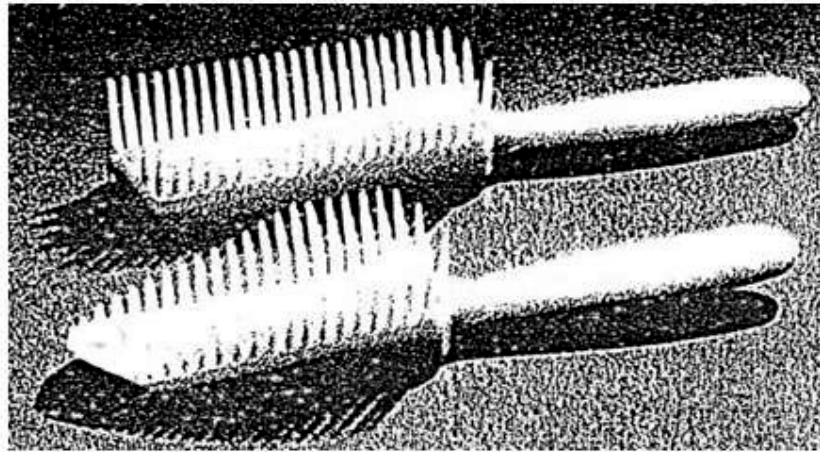
การเคลือบผิวในสุญญากาศ (Ion Plating)

อื่น ๆ

13. การวิเคราะห์ความสมดุลย์การไหลของน้ำพลาสติก

ขนาดของความหนาของเนื้อชิ้นงานการวางตำแหน่งเบ้า

1. ฉีดไม่เต็ม (Short Shot)



รูปที่ 45 เกิด Short Shot บนชิ้นงาน

- สาเหตุ - ปริมาณฉีดไม่เพียงพอ
- เครื่องฉีดมีข้อจำกัดในการฉีดพลาสติก
 - วัสดุที่ใช้ไม่เหมาะสม มีข้อบกพร่อง เช่น เอาวัสดุที่ใช้ไปมาฉีด
 - ออกแบบเกี่ยวกับแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

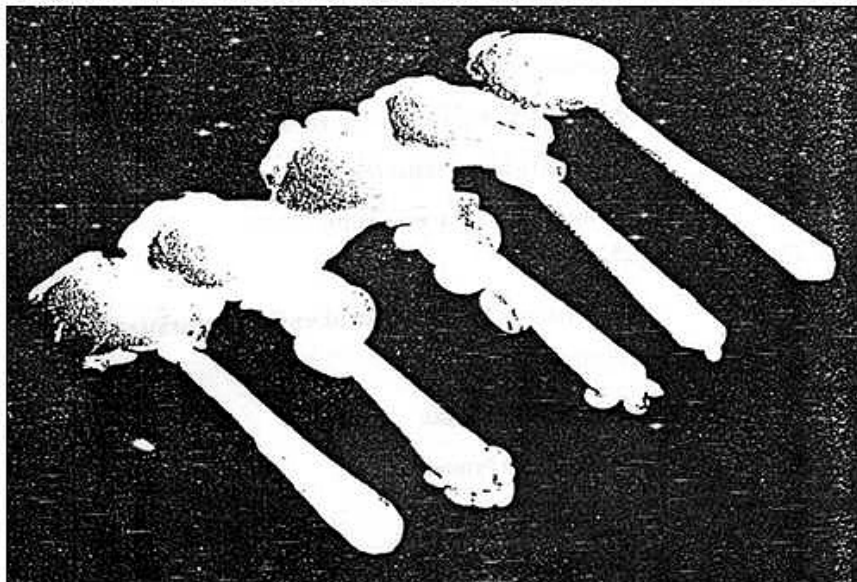
- ปรับปริมาณการฉีดพลาสติกให้พอกับปริมาตรชิ้นงาน
- เพิ่มอุณหภูมิที่ฉีด
- เพิ่ม Holding Pressure
- เพิ่ม Injection Pressure
- เพิ่มระยะเวลาฉีด
- ตั้งตำแหน่ง Holding Pressure ไม่ถูกต้อง
- เปลี่ยนหัว Nozzle ให้รู้ใหญ่ขึ้น
- เพิ่มความเร็วของการฉีด
- เพิ่มความร้อนที่ Nozzle บางที่ Nozzle ยาวความร้อนไม่เพียงพอ
- ตรวจสอบ Nozzle ว่าอุดตัน บิดงอ หรือไม่
- เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์ (ชิ้นงานบาง ๆ พลาสติกจะเย็นตัวเร็ว)
- Ring Valve seat valve มีปัญหาหรือไม่
- ตั้ง Back Pressure ไม่ถูกต้อง

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ทำ Sprue Runner Gate ให้ใหญ่ขึ้น
- ระบายอากาศในแม่พิมพ์ให้ดีขึ้น
- เพิ่มความหนาของเนื้อชิ้นงาน
- ทำ Gold slug well ให้ใหญ่ขึ้น
- เปลี่ยนตำแหน่งหรือเพิ่มขนาดของเกจ
- เกจไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน
- Runner Balance ไม่ถูกต้อง
- Cavity ไม่สมดุลย์

- วัตถุดิบ - เพิ่มสภาพการไหลของวัตถุดิบ
- เพิ่มสภาพการหล่อลื่นให้ดีขึ้น

2. ครีบลบ (Flash)



รูปที่ 46 ครีบลบ

- สาเหตุ - ครีบลบออกมาที่ Parting Line
- กรณีที่แรงปิดปากกา (เล็กกว่า) พื้นที่ก่อรูปแรงฉีด
 - ความหนืดของพลาสติกต่ำเกินไป เหลวเกินไป

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- ปรับปริมาณการฉีดพลาสติกให้พอกับความต้องการของสินค้า
- เพิ่มแรงปิดของแม่พิมพ์
- ลดอัตราแรงฉีด
- ลดอุณหภูมิที่ฉีด
- ลด Holding pressure

- ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์
- ลดความเร็วการฉีดลง
- ตั้งตำแหน่ง Holding pressure ไม่ถูกต้อง ควรปรับใหม่
- อย่าใช้แม่พิมพ์ที่เล็กหรือใหญ่เกินไป
- กรณีระบบข้อเสื่อ ทำให้แรงดันของ Tie Bar สม่่าเสมอ

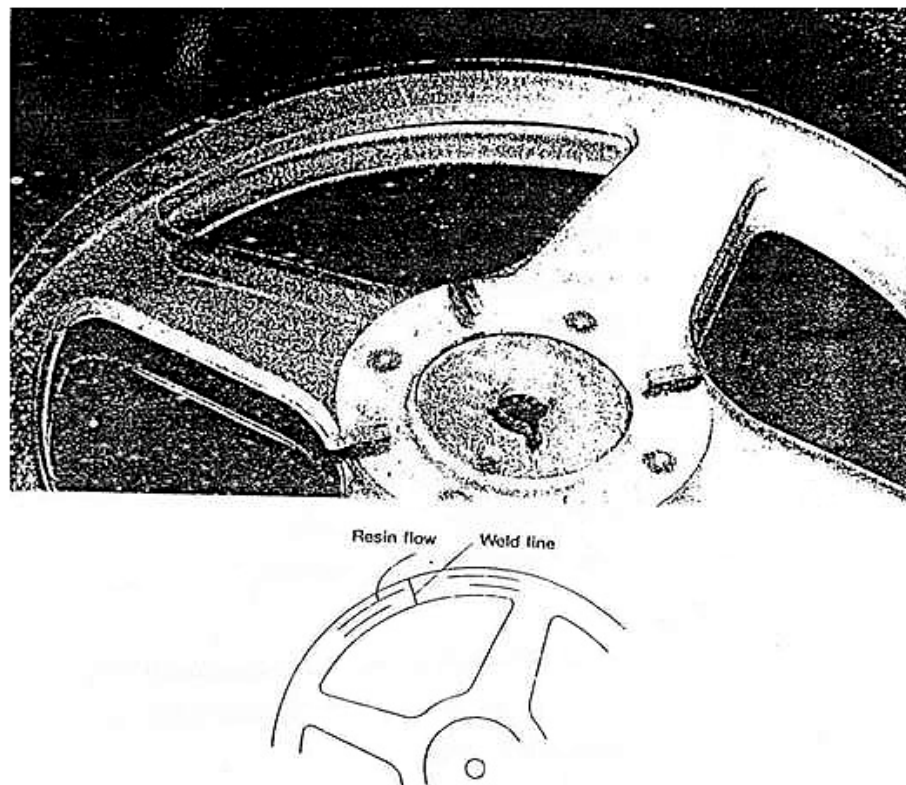
การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ขจัดรอยและสิ่งแปลกปลอมที่ผิวหน้าของแม่พิมพ์ (Parting line)
- ทำ Air Vent (ระบายอากาศ) ให้ดีและทำการประกบให้แน่นขึ้น
- ปรับตั้งความใหญ่เล็กของเกจ
- ทำพื้นที่ก่อรูปให้เล็กลง
- ใช้วัสดุที่แข็งขึ้นทำแม่พิมพ์ หรือเพิ่มความแกร่งของแม่พิมพ์
- ในกรณีที่จะผลิตชิ้นงานหลาย ๆ ชิ้นในแม่พิมพ์เดียวกัน พยายามให้ คาวิตีสมดุลกัน

วัตถุดิบ : ทำสภาพการไหลให้เลวลง

- เพิ่มความหนืดให้มากขึ้น

3. WELD MARK, WELD LINE



รูปที่ 47 WELD LINE

สาเหตุ : สิ่งที่พลาสติกไหลแยกมากกว่า 2 กระแส และเมื่อมาจับกันขณะอุณหภูมิต่ำเกินไป

- ตั้งประสิทธิภาพของการฉีดไม่ดีพอ
- มีอุปสรรคในการไหลของพลาสติกเกิดจากการออกแบบสินค้า

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- เพิ่มอุณหภูมิท่อฉีด
- เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์
- เพิ่มความเร็วการฉีด
- เพิ่มเวลาฉีดให้ยาวขึ้น
- เพิ่มปริมาณฉีดมากขึ้น
- ใช้ Silicon Spray ให้น้อยลง

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ทำให้สภาพการไหลของพลาสติกดีขึ้น เพื่อหลีกเลี่ยงการเปลี่ยนแปลงส่วนหนา-บางอย่างรวดเร็วของชิ้นงาน
- ทำ Sprue Runner Gate ให้ใหญ่ขึ้น
- ปรับโครงสร้างของทางเดินระบายความร้อนของแม่พิมพ์ เพื่อให้แม่พิมพ์มีอุณหภูมิสูงขึ้น
- ปรับ Cold slug well ให้ใหญ่ขึ้น
- เพิ่มดิ่ง (กักเรซิน) ในตำแหน่งที่พลาสติกหลายสายไหลมาบรรจบกัน
- ปรับการระบายอากาศในส่วนที่พลาสติกไหลมาบรรจบกันให้ดีขึ้น
- Gate Balance ไม่ถูกต้อง

วัตถุดิบ

- เพิ่มสภาพการไหลพลาสติก
- ลดการระเหยของวัตถุดิบให้น้อยลง
- ใช้ตัวที่อัตราหดเล็กน้อย
- ปรับสารหล่อลื่นในวัตถุดิบให้น้อยลง
- ทำการอบแห้งให้เพียงพอ

4. รอยบวม (Shrink Mark)



รูปที่ 48 Shrink Mark

ลักษณะของชิ้นงานเป็นตามด พองสูญญากาศในพลาสติก มักเกิดขึ้นกับชิ้นงานที่มีความหนาบางของพลาสติกที่ต่างกันมาก

สาเหตุ : ความแตกต่างระหว่างปริมาตรการหดตัวของพลาสติก

- อัตราการเย็นตัวไม่เท่ากัน
- ปรับตั้งประสิทธิภาพไม่เพียงพอ
- ความผิดพลาดขั้นพื้นฐานในการออกแบบผลิตภัณฑ์

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- เพื่อกำลึงการฉีด
- เพิ่ม Holding pressure
- เพิ่มระยะเวลาฉีด
- ปรับปริมาณน้ำเข้าแม่พิมพ์ เพื่อระบายความร้อน
- ปรับปริมาณการฉีดพลาสติกให้พอกับความต้องการสินค้า
- เพิ่ม Back Pressure
- ความเร็วในการฉีดไม่ถูกต้อง เร็วหรือช้าเกินไป
- ปรับอุณหภูมิที่ฉีดไม่ถูกต้อง สูงหรือต่ำเกินไป

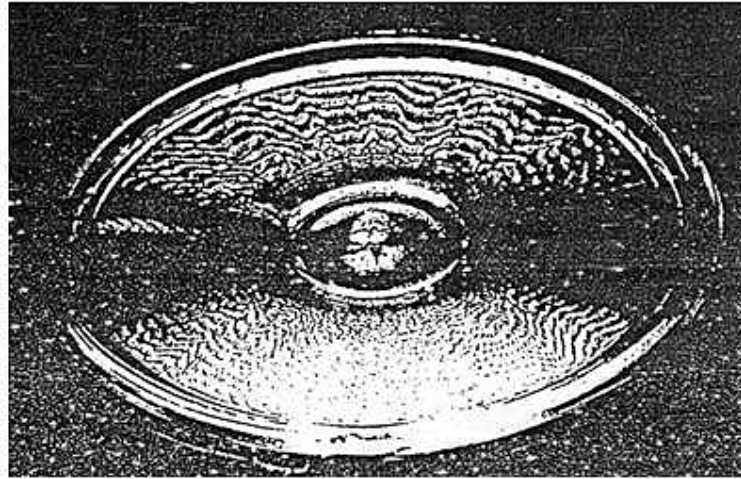
การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ทำให้ Sprue Runner Gate ใหญ่ขึ้น
- พยายามให้ความหนาของชิ้นงานสม่ำเสมอ
- ดัดแปลงร่องน้ำเย็นเพื่อให้ส่วนกลางผิวหน้าของส่วนที่หนากับส่วนที่บางเย็นตัวได้พร้อมกัน
- ติดเกจไว้กับส่วนที่หนาของชิ้นงาน
- เพิ่มส่วนโค้งกับส่วนที่เป็นมุม เพื่อหลีกเลี่ยงความรุนแรงการไหลของพลาสติก ในส่วนหนาและบางไม่เท่ากัน
- เปิดร่องระบายอากาศไม่ถูกต้อง

วัตถุดิบ : ทำสภาพการไหลของพลาสติกให้ต่ำลง

- เลือกตัวที่มีอัตราการหดตัวต่ำ
- ใส่วัสดุประเภทกราฟไฟเบอร์ ฯลฯ

5. ลายคลื่นบนชิ้นงาน (Flow Mark)



รูปที่ 49 Flow mark

สาเหตุ : อุณหภูมิของพลาสติกหลอมเหลวที่อุณหภูมิต่ำเกินไป

- ความหนืดพลาสติกสูงเกินไป แล้วฉีดเข้าไป
- ปรับตั้งประสิทธิภาพของการฉีดไม่ดี
- มีข้อบกพร่องขนาดเล็กของพลาสติก

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- เพิ่มอุณหภูมิของท่อฉีดพลาสติก
- เพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์
- เพิ่มอัตราแรงฉีด
- เพิ่มปริมาณพลาสติกมากขึ้น
- เพิ่มความเร็วฉีดมากขึ้น
- ปรับปริมาณน้ำเย็น อุณหภูมิ และวิธีการวางท่อ เพื่อให้อุณหภูมิแม่พิมพ์ ทั่ว ส่ว ปลายการไหลสูง
- ทำรู Nozzle ให้ใหญ่ขึ้น

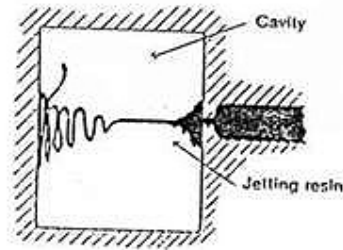
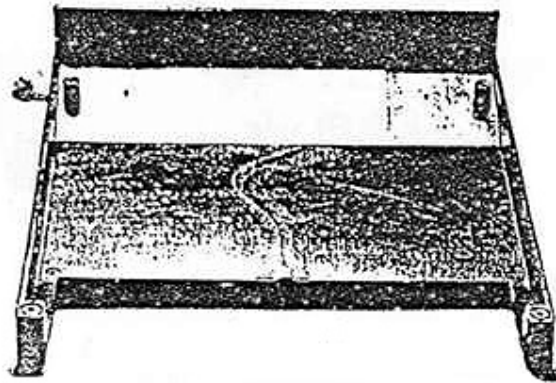
การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ทำ Sprue Runner gate ให้ใหญ่ขึ้น
- ปรับโครงสร้างร่องน้ำเย็น เพื่อช่วยอุณหภูมิส่วนปลายของแม่พิมพ์ สูงขึ้น
- ปรับ Cold slug well ให้ใหญ่ขึ้น
- เกจไม่เหมาะสมกับชิ้นงาน
- ปรับการระบายอากาศและแก๊สในแม่พิมพ์

วัตถุดิบ : เพิ่มสภาพการไหลของพลาสติก

- ลดการระเหยของวัตถุดิบให้น้อยลง

6. เจตติง (Jetting)



รูปที่ 50 Setting

สาเหตุ : ในช่วงการไหลของพลาสติก มีการแปรปรวน

- ตั้งความเร็วของการฉีดเร็วเกินไป ทำให้การประสานตัวของพลาสติกไม่ค่อยดี

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- ขจัดแรงดันที่ส่วนของ Nozzle
- ทำให้รู Nozzle ใหญ่ขึ้น
- อบเม็ดพลาสติกไม่ถูกต้อง หรือใช้เวลาน้อยเกินไป
- ตั้งอุณหภูมิที่ฉีดสูงเกินไป
- อัตราในการฉีดเร็วเกินไป

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ปรับ Cold slug well ให้ใหญ่ขึ้น
- ปรับเกจให้ใหญ่ขึ้น
- เกจไม่เหมาะสมกับผลิตภัณฑ์

วัตถุดิบ : ปรับสภาพการไหลของพลาสติก

- ลดสารเพิ่มความหล่อลื่นของพลาสติก
- อบเม็ดพลาสติกให้แห้งอย่างเพียงพอ

7. รอยร้าว (Cruck) รอยปริ (Crazing) รอยยาว (Blushing)

สาเหตุ : การสร้างแม่พิมพ์ไม่ดีพอ

- การออกแบบชิ้นงานและเทเปอร์ถอดแบบไม่ดีพอ
- การเปลี่ยนรูปและการสึกกร่อนของแม่พิมพ์
- การกระทุ้งและการแยกแม่พิมพ์เป็นไปอย่างผิดวิธี
- การตั้งกำลังฉีดมากเกินไป ทำให้มีการจับตัวแน่นเกินไป
- ความสัมพันธ์ของหัวฉีดและสปรูทของแม่พิมพ์ไม่ดี

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- ลดความดันของกำลังฉีด
- ปรับปริมาณการฉีดให้พอดี
- ปรับเวลาการทำความเย็นให้พอเหมาะ
- ลดเวลาและกำลังของ Holding Pressure
- ปรับหรือเปลี่ยน Sprue Bush ของแม่พิมพ์ให้เข้ากันพอดี
- ตั้งตัวกระทุ้งเร็วเกินไป
- เปิดแม่พิมพ์เร็วเกินไป
- อุณหภูมิของแม่พิมพ์เย็นเกินไป
- ตั้งตำแหน่ง Holding Pressure ไม่ถูกต้อง ควรปรับใหม่

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- เพิ่ม ของชิ้นงานมากขึ้น
- ขจัดรอยขีดข่วน รอยตะไคร่ ในขณะสร้างแม่พิมพ์
- แก้ไขการบิดเบี้ยว และการสึกหรอของผิวหน้าประกอบแม่พิมพ์
- ทำการชุบแม่พิมพ์ใหม่
- เปลี่ยนวิธีการกระทุ้ง
- ขัดแม่พิมพ์ตามทิศทางที่จะเอาชิ้นงานออก

วัตถุดิบ : ใช้น้ำยาเพิ่มความลื่นของพลาสติกมากขึ้น

8. รอยดำ รอยไม้ สีเพี้ยน

สาเหตุ : การแยกตัวของพลาสติกเพราะความร้อน

- การแยกตัวของสารเคมีที่ใส่เข้าไป
- เกิดการอัดตัวของแก๊สในแม่พิมพ์ที่ไม่มีร่องระบาย
- การเสียดสีอย่างผิดปกติของโลหะ

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- ลดอุณหภูมิของท่อฉีดและแม่พิมพ์
- ลดความเร็วของการฉีด
- ลดจำนวนการหมุนรอบของสกรู
- พลาสติกค้างอยู่ใน Cylinder นานเกินไป (เนื่องจากเครื่องใหญ่เกินไปฉีดชิ้นงานที่เล็ก)
- การไล่พลาสติกที่ค้างใน Cylinder ไม่ดีพอ เมื่อเปลี่ยนพลาสติกชนิดใหม่
- ลด Back Pressure ให้ต่ำลง
- เปลี่ยนตัวสกรู เปลี่ยน Check Valve
- การใช้ยาป้องกันการไหม้ที่ Nozzle Sprue มากเกินไป

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ปรับการระบายอากาศที่ส่วนปลายของการไหลพลาสติกให้ดีขึ้น
- ปรับการระบายอากาศที่พลาสติกไหลมาบรรจบกันให้ดีขึ้น
- ติดตั้ง Cold slug well ในแม่พิมพ์

- ทำ Sprue Gate Runner ให้ใหญ่ขึ้น
- ขจัดยาป้องกันสนิมออกให้หมด
- ปรับหรือเปลี่ยนหัวฉีดหรือ Sprue bush ของแม่พิมพ์ให้เข้ากันได้ดีพอ

วัตถุประสงค์ : ลดสารช่วยลดความลื่นของพลาสติก

- เพิ่มสารรักษาเสถียรภาพของความร้อน
- ลดการระเหยของเรซิน
- อบเม็ดพลาสติกให้ดีพอ

9. รอยมันในชิ้นงาน (Silver mark) ฟองอากาศ (Pin Hold)

สาเหตุ : มีน้ำปนเข้าไป

- มีอากาศและก๊าซ
- มีสิ่งปลอมปน
- สีนํามีขนาดหนา หรือบางมากเกินไป

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- ลดอุณหภูมิของพลาสติกลง จนถึงระดับไม่มีแก๊สระเหย
- เพิ่มกำลังของ Back pressure ให้สูงขึ้น
- เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์
- ลดความเร็วของการฉีด
- เพิ่มปริมาณการฉีดและการหลอมละลาย
- ลดช่วงเวลาที่อยู่ใน Cylinder ให้สั้นลง
- ใช้ซิลิกอนสเปรย์ให้น้อยลง
- ลดจำนวนรอบของสกรูของเครื่องฉีด
- เพิ่มกำลังฉีดของสกรู

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ปรับการระบายอากาศให้ดีขึ้น
- ปรับ Sprue Runer Gate ให้ใหญ่ขึ้น
- ปรับหรือเปลี่ยนหัวฉีดให้พอดีกับสปรูบูชของแม่พิมพ์
- ระวังเรื่องน้ำรั่ว
- พยายามหลีกเลี่ยง Rib (ก้านยึด) ที่ตั้งฉากและชิ้นงานที่มีความหนาบางแตกต่างกันมาก
- อย่าให้มีการไหลอย่างแปรปรวนในคาวิตี หรือให้ลดความเร็วของ การฉีด

วัตถุประสงค์ : ทำการอบเม็ดพลาสติกให้แห้งอย่างเพียงพอ

- ใช้สารเสถียรภาพความร้อนมากขึ้น
- ระวังความสามารถในการดูดความชื้นของสารที่ใส่เข้าไป
- ระวังการปลอมปนของสิ่งอื่น ๆ และพลาสติกชนิดกัน

10. งอโค้ง บิดเบี้ยว ผิดรูป

สาเหตุ : เกิดจากความผิดพลาดในพื้นฐานการออกแบบ

- อิทธิพลจากแรงอัดฉีดที่หลงเหลืออยู่
- อัตราการหดตัวของแต่ละส่วนไม่เท่ากัน
- อัตราการเย็นตัวแตกต่างกันมาก

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- เพิ่มอุณหภูมิพลาสติก ลดแรงฉีด
- ลดอุณหภูมิแม่พิมพ์
- เพิ่มความเร็วในการฉีด
- ทำ Annealing ให้เพียงพอ
- ปรับอุณหภูมิ ปริมาณน้ำเย็น การวางท่อให้ความเร็วในการลดอุณหภูมิให้เป็นไปอย่างสม่ำเสมอ
- อย่าให้มีการผิวนในขณะแยกแม่พิมพ์และขณะกระทุ้งชิ้นงานออก

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- การออกแบบให้มีความสามารถในการเชิงกล
- ออกแบบให้หันเหและกลับตัว (Orientation) น้อยลง
- ลด Gate ให้เล็กลงหรือเพิ่มจำนวน Gate ให้มากขึ้น
- เปลี่ยนวิธีกระทุ้ง
- ทำโครงสร้างการหล่อเย็นให้มีการเย็นตัวอย่างสม่ำเสมอ

วัตถุดิบ : เพิ่มสภาพการไหลของพลาสติก

- ใช้พลาสติกเกรดที่มีการหดตัวน้อย
- ใช้พลาสติกที่มีความแข็งแรงมากขึ้น

11. การฝังตัวไม่ดีของ Insert

สาเหตุ : การประกบแม่พิมพ์ไม่สนิท

- เลือกใช้วัสดุไม่มีคุณภาพ
- การออกแบบตัว Insert มีข้อบกพร่อง

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

- ใช้ Insert ที่มีมุมยึด
- วอร์มตัว Insert ที่ใส่เสียก่อน
- ลดกำลังแรงฉีด
- อย่าใส่ Insert เข้าไปด้วยมือเปล่า (ขจัดน้ำมันของ Insert)
- เพื่ออุณหภูมิของพลาสติกและแม่พิมพ์

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ระวังระวังความแม่นยำของการประกบ
- ระวังความแตกต่างในความสูง (ความหนา) และเส้นผ่าศูนย์กลาง
- ออกแบบในลักษณะที่เลี่ยงการกระจุกตัวของแรงตอบโต้บริเวณรอบตัว Insert
- พยายามดัดแปลงระบบยึด Insert

- ลดการขยายตัวจากความร้อน

วัตถุประสงค์ : ใช้พลาสติกที่มีอัตราการขยายตัวน้อย

12. สีเพี้ยน มัว ไม่แวว เปราะ

สาเหตุ : ความเร็วในการไหลไม่คงที่

- การสร้างแม่พิมพ์ไม่เหมาะสม
- เป็นผลมาจากการระเหยของแก๊สและเม็ดสีผสม
- การหลอมละลายของพลาสติกที่ไม่สม่ำเสมอ
- การเปลี่ยนแปลงเนื่องจากแรงภายนอก

เงื่อนไข : สภาพเครื่อง

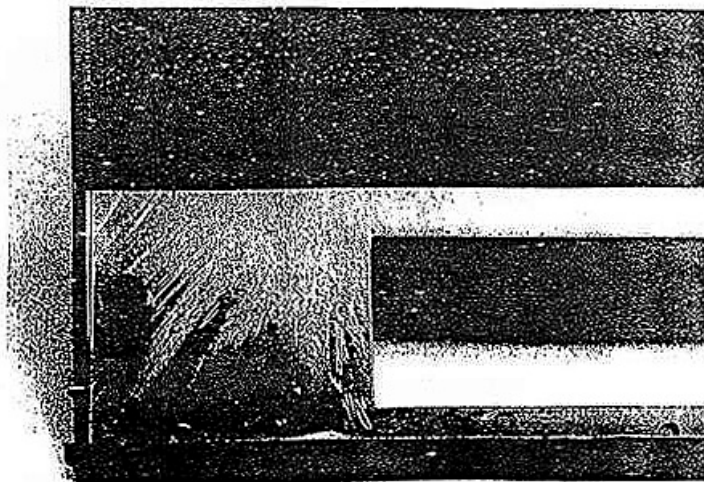
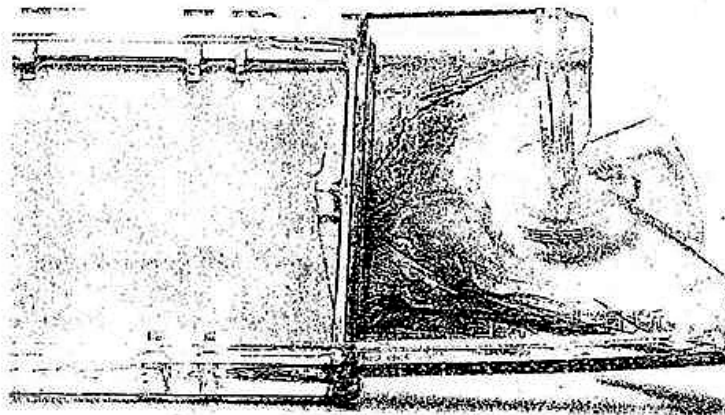
- ปรับอุณหภูมิพลาสติก อุณหภูมิแม่พิมพ์ให้เหมาะสม
- ปรับอัตราการเร็วของการฉีดให้พอดี
- ขจัดน้ำ น้ำมัน คราบแก๊ส
- อบแห้งให้เพียงพอ
- ลดแรงต้านทานที่หัวฉีด
- เพิ่มอุณหภูมิแม่พิมพ์และพลาสติก
- ลดแรงฉีดและเพิ่มอัตราการเร็วของการฉีด

การออกแบบ : แม่พิมพ์

- ชัดเจนแม่พิมพ์ให้ดี
- ปรับการระบายอากาศให้สะดวก
- ทำ Gate Sprue Runner ให้ใหญ่ขึ้น
- ติดตั้ง Cold slug well
- แก้ไขการออกแบบให้ความหนาสม่ำเสมอ โดยเฉพาะส่วนที่เนือบาง

วัตถุประสงค์ : ลดการดูดซึมความชื้น

- ลดการระเหยของพลาสติก
- เปลี่ยนชนิดของพลาสติกหรือสีของพลาสติก
- เพิ่มสภาพการไหลของพลาสติก
- ระวังสิ่งแปลกปลอมในเม็ดพลาสติก
- ใช้พลาสติกชนิดที่ทนต่อสภาพอากาศ
- อย่าใส่สารช่วยการหลอมละลาย และการอ่อนตัวของพลาสติกหรือใส่สารช่วยเสริมความแข็งแรงของพลาสติก ให้ใส่ตามสภาพชิ้นงาน



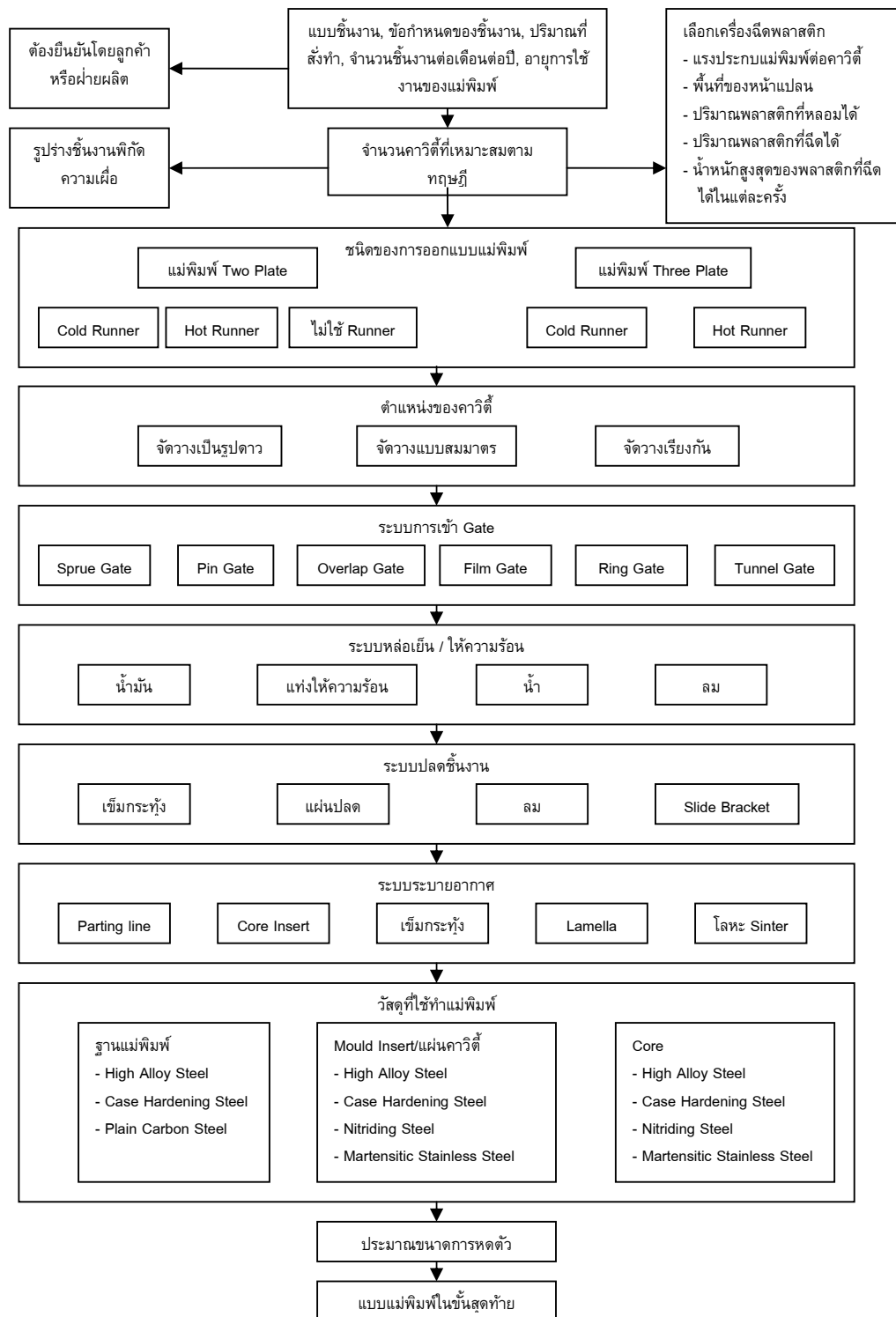
ข้อควรระวังหลังเสร็จสิ้นการฉีดพลาสติก

1.1 วัสดุที่ใช้หากเป็นวัสดุที่ง่ายต่อการเกิดสนิม เช่น PVC ควรใช้ วัสดุที่เป็น PS ฉีดได้ วัสดุที่ค้างอยู่ในท่อนฉีดออกให้หมดก่อน แล้วเดิน Injection Ram มาไว้ในตำแหน่งหน้าสุด แล้วจึงหยุดเครื่อง

1.2 หากต้องการยกแม่พิมพ์ลงจากเครื่องในระยะเวลาไม่นาน ควรใช้สเปรย์กันสนิมพ่นกันสนิมภายในแม่พิมพ์ แล้วจึงทำการปิดแม่พิมพ์ (อย่าตั้งสวิทช์ไว้ในตำแหน่ง High Pressure Mold Close) ในประเทศไทย มักใช้จารบีเพื่อกันสนิม แต่ไม่ยากแนะนำให้ใช้

1.3 กรณีหยุดเครื่องเป็นเวลาหลายวัน ควรยกแม่พิมพ์ลงจากเครื่อง ในกรณีนี้ให้ใส่น้ำหล่อเย็นในแม่พิมพ์ให้หมดเสียก่อน แล้วประกบแม่พิมพ์เข้าด้วยกัน อย่าลืมฉีดสเปรย์กันสนิมในแม่พิมพ์ แล้วจึงนำลงแม่พิมพ์ที่ใช้ชิ้นส่วนของสปริงควรล๊อคสปริงไว้ก่อนจะนำลง

ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก



ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

ประเด็นสำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์สำหรับพลาสติก

1. ขนาดชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ต้องมีความแม่นยำสูง
2. แม่พิมพ์ต้องไม่ชำรุดเสียหาย
3. สามารถควบคุมอุณหภูมิได้เป็นอย่างดี
4. มีประสิทธิภาพในการปล่อยก๊าซออกได้ดี
5. พื้นผิวภายในเบ้าต้องทำให้เรียบเหมือนผิวกระจก
6. การบำรุงรักษาสามารถทำได้โดยง่าย
7. เป็นโครงสร้างแม่พิมพ์ซึ่งเหมาะสมกับอายุของสินค้า
8. เป็นโครงสร้างที่สูญเสียวัตถุดิบน้อย
9. คำนึงถึงความเอียงของมุมในการถอดแม่พิมพ์ (Draft Angle)
 - ความเอียงในการถอดจากฝั่งยึดติด
 - ความเอียงในการถอดจากฝั่งเคลื่อนที่
10. พยายามออกแบบให้เนื้อชิ้นงานหนาสม่ำเสมอ
11. การติดตั้ง Cold Slag Well
12. การคำนึงถึงอายุของแม่พิมพ์

วิธีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

เมื่อชิ้นงานพลาสติกที่จะผลิตได้ออกแบบและแก้ไขจนเป็นที่พอใจแล้ว สิ่งที่ต้องทราบอันดับแรกคือ โครงสร้างภายนอก ความหนาของชิ้นงาน ตำแหน่งที่จะมีลายูน หู สัน ฯลฯ การคาดคะเนจำนวนที่จะผลิตได้ ตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์และจำนวนการผลิตที่ต้องการ ต่อช่วงเวลาหนึ่ง เมื่อทราบสิ่งเหล่านี้ทั้งหมดแล้ว จึงจะเริ่มออกแบบแม่พิมพ์ฉีดได้

ตาม diagram ที่แสดงการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติก จะต้องคำนวณหาจำนวน Cavity ก่อน การคำนวณจำนวนของ Cavity ขึ้นอยู่กับ เวลาทำงานและเวลาที่ต้องการในการผลิตจำนวนชิ้นที่ต้องการ

การคำนวณหาจำนวน Cavity

ตัวอย่าง ชิ้นงานในรูปที่ 51 เป็นชิ้นงานที่ต้องการผลิต ความต้องการของลูกค้า ดังนี้

จำนวนที่คาดว่าจะผลิตได้ตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์	2.8	ล้านชิ้น
จำนวนที่ต้องส่งให้ลูกค้าในแต่ละเดือน	100,000	ชิ้น

การวางแผนการใช้เวลาในการผลิต

ชั่วโมงทำงานในแต่ละวัน	8	ชม.
ทำงานสัปดาห์ละ 5 วัน	= 8x5	= 40 ชม./สัปดาห์
หรือใน 1 เดือน มีวันทำงาน 22 วัน	= 8x22	= 176 ชม./สัปดาห์
เวลาที่สูญเสียไป (ตั้งขึ้นจากการสังเกต)	= 2.5	%

ดังนั้น เวลาที่เครื่องทำงานจริง (tm) เพียง 97.5 % ของเวลาเต็ม

$$tm = \frac{97.5 \times 176}{100} = 171.6 \text{ ชม./เดือน}$$

ช่วงเวลา 1 รอบ การทำงานของเครื่อง = 25 วินาที

เวลาที่ต้องการสำหรับการผลิต (t_{pr})

$$(t_{pr}) = \frac{25 \times 100,000}{3,600} = 694.5 \text{ ชั่วโมง}$$

จะเห็นว่าใน 1 เดือน เรามีเวลาทำงานจริงเพียงแค่ 171.6 ชั่วโมงเท่านั้น แต่เราต้องการใช้เวลาในการผลิตถึง 694.5 ชั่วโมง เพื่อหลีกเลี่ยงในการจ่ายค่าล่วงเวลา ดังนั้นจำนวน Cavity ที่ต้องการ (C) คือ

$$C = \frac{\text{เวลาที่ต้องการใช้จริง}}{\text{เวลาที่มีสำหรับการผลิต}} = \frac{694.5}{171.6} = 4.05 \text{ หรือ } 4 \text{ Cavities}$$

การคำนวณแรงยึดแม่พิมพ์ (Locking force requirement)

รูปเป็นแบบขึ้นงานของรูปถ้วยทำจาก HDPE ประมาณว่าความดันใน Cavity อยู่ระหว่าง 300-800 bar (กิโลกรัม/ตารางเซนติเมตร) และจากตารางคุณสมบัติของพลาสติก ความดันในการฉีดของ HDPE คือ 600-1500 bar สมมุติความดันใน Cavity = 450 bar (สาเหตุที่เลือกต่ำลงเพราะเกิด pressure drop ในขั้นตอนการฉีด)

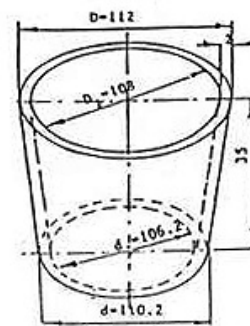
พื้นที่ภาพฉาย (Project area) ของขึ้นงานคือ ส่วนที่เส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่ที่สุด ดังนั้น

$$a = \frac{D^2 \times \pi}{4}$$

$$\text{สำหรับ } 4 \text{ Cavity} = \frac{D^2 \times \pi \times 4}{4} = \frac{11.2^2 \times \pi \times 4}{4} = 395 \text{ cm}^2$$

เนื่องจาก การคำนวณในปัจจุบันใช้หน่วย S.I. แต่เครื่องจักรเก่า ๆ ยังใช้หน่วยเก่าอยู่หน่วยที่ใช้ คือ กก./ชม.² ดังนั้นจึงใช้การแปลงหน่วยดังต่อไปนี้

$$\begin{aligned} 1 \text{ kgf} &= 10 \text{ N} \\ &= 0.01 \text{ KN.} \\ \text{หรือ } 1,000 \text{ kgf} &= 10 \text{ KN.} \\ \text{ดังนั้น } 1 \text{ ton} &= 10 \text{ KN.} \end{aligned}$$



แบบขึ้นถ้วยที่จะผลิต

รูปที่ 51

ตัวย่อต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณหาแรงยึด

P_n = แรงยึด (kg)

A_p = พื้นที่ฉายภาพของแบบที่จะผลิต (ของทุก ๆ Cavity ในแม่พิมพ์) (cm^2)

P_c = ความดันใน Cavity (bar)

m = การใช้งานของเครื่อง (Machine Utilization) x%

$$P_{\eta} = A_p \times P_c = (\text{cm}^2 \times \text{bar}) \frac{= \text{cm}^2 \times \text{kg}}{\text{cm}^2} = 10 \text{ N} = \frac{1}{100} \text{ KN}$$

ดังนั้นแรงยึดตามทฤษฎี คือ

$$P_{\eta} = \frac{A_p \times P_c}{100} \text{ KN}$$

แต่ในทางปฏิบัติ เพื่อความปลอดภัยควรคิดให้แรงยึดเกินกว่าทางทฤษฎี 20 - 30 %

ดังนั้น สูตรการหาแรงยึด ที่จะนำไปใช้ คือ

$$P_{\eta} = \frac{A_p \times P_c}{m \times 100} \text{ KN}$$

จากตัวอย่างแบบที่คำนวณ พื้นที่ภาพฉายขอบแบบ คือ 395 ซม.² ความดันใน Cavity ที่สมมุติคือ 450 bar และถ้า m = 75 %

$$P_{\eta} = \frac{395 \times 450}{0.75 \times 100} = 2.370 \text{ KN (หรือ 237 ตัน)}$$

การคำนวณหาน้ำหนักพลาสติกที่จะใช้เข้าแม่พิมพ์ (Shot weight requirement)

การหาน้ำหนักฉีดจะต้องทราบสิ่งต่อไปนี้

- ความหนาแน่นของวัตถุดิบ ในที่นี้เลือกใช้ HDPE ซึ่งมีความหนาแน่น 0.96 กรัม/ ซม.³
- ขนาดของชิ้นงาน ต้องทราบในเชิงปริมาตร

เมื่อทราบสองอย่างดังกล่าวนี้แล้วก็สามารถที่จะคำนวณหาน้ำหนักได้ คือ

น้ำหนัก = ปริมาตร x ความหนาแน่น

สูตรการหาปริมาตรของทรงกรวยตัด คือ

$$V = \frac{\pi \times h}{12} [D^2 + d^2 + (D \times d)]$$

$$= 0.2618 \times h \times [D^2 + d^2 + (D \times d)]$$

ในรูปที่ 1b เราแบ่งชิ้นงานออกเป็น 2 ส่วน คือ

V_1 = ปริมาตรของส่วนที่เป็นผนังถ้วย

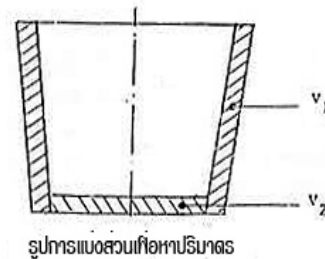
V_2 = ปริมาตรของส่วนที่เป็นพื้นด้านล่างของถ้วย

$$V_1 = 0.2618h[D^2 - D_1^2 + d^2 - d_1^2 + (D \times d) - (D_1 \times d_1)]$$

$$= 0.2618 \times 3.5 [11.2^2 - 10.8^2 + 11.02^2 - 10.62^2 + (11.2 \times 11.02) - (10.8 \times 10.62)]$$

$$= 23.99 = 24 \text{ ซม.}^3$$

$$V_2 = \frac{\pi \times d_1^2 \times h}{4}$$



$$\begin{aligned}
 &= \frac{3.14 \times 10.62^2 \times 0.2}{4} \\
 &= 17.72 \text{ ซม.}^3 \\
 V &= V_1 + V_2 = 24 + 17.72 \\
 &= 41.72 \text{ ซม.}^3
 \end{aligned}$$

น้ำหนักของชิ้นงานจะหาได้โดย

$$\text{น้ำหนัก} = \text{ปริมาตร} \times \text{ความหนาแน่น} (\text{ซม.}^3 \times \text{กรัม/ซม.}^3)$$

$$= 41.72 \times 0.96 = 40.05 \text{ กรัม}$$

$$\text{สำหรับแม่พิมพ์ที่มี 4 Cavity} = 40.05 \times 4 = 160.2 \text{ กรัม}$$

ต้องเผื่อไว้สำหรับรูน้ำพลาสติกเข้าและทางวิ่ง คิดเป็นน้ำหนักประมาณ 20 % ของน้ำหนัก

$$\text{ทั้ง 4 ชิ้นงาน ดังนั้น น้ำหนักฉีด} = 160.2 \times 1.20 = 193 \text{ กรัม}$$

และประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องประมาณ 70-80 %

สมมติว่าประสิทธิภาพของเครื่อง 75 %

$$\text{น้ำหนักฉีด} = 193 = \frac{257 \text{ กรัม}}{0.75}$$

ขนาดฐานของแม่พิมพ์

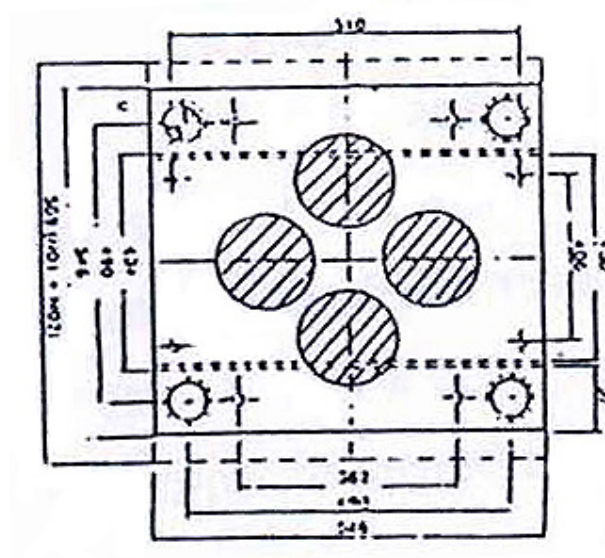
ขั้นสุดท้ายที่จะตัดสินใจเลือกสำหรับการออกแบบ คือ ขนาดของแม่พิมพ์ทั้งในตำแหน่งเปิดและตำแหน่งปิด จากค่าที่ได้คำนวณไว้ แม่พิมพ์นี้จะต้องมี 4 Cavity ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงานที่ใหญ่ที่สุด คือ 112 มม. ดังนั้นเส้นผ่าศูนย์กลางรอบนอกที่เผื่อไว้สำหรับ Cavity คือ 150 มม. และเพื่อให้แน่ใจว่า แผ่น Cavity จะมีความแข็งแรงเพียงพอจึงเลือก mould base ขนาดมาตรฐาน คือ ขนาด 546 x 546 มม. ดังรูปที่ 57

การคำนวณความหนาของแม่พิมพ์และระยะสำหรับเปิดแม่พิมพ์

สำหรับแม่พิมพ์ที่มี 4 Cavity ดังรูปที่ 52 จะใช้แม่พิมพ์ที่มี 3 plate และใช้รูนํ้าพลาสติกเข้าแบบรูเข็ม (needle gale) ในการหาระยะของแม่พิมพ์ในตำแหน่งปิดและเปิด จะต้องทราบความหนาของแม่พิมพ์แต่ละแผ่น ซึ่งความหนาของแผ่นแม่พิมพ์นี้ อาจเลือกใช้ตามขนาดมาตรฐานที่มีอยู่ ยกเว้นบางกรณีที่ไม่สามารถใช้แม่พิมพ์มาตรฐานได้ ซึ่งจะต้องทำให้เสียค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้น

แม่พิมพ์ชุดหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนต่าง ๆ คือ

ความสูงของชิ้นงาน	35	มม.	
แผ่น Cavity # 4	56	มม.	(ต้องหนากว่าความสูงของชิ้นงาน)
Coreplate	36	มม.	
แผ่น # 2 และ # 3	26	มม.	(ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน)
แผ่นปลด (Stripper plate) # 5	18	มม.	(ไม่ใช่ขนาดมาตรฐาน)
Core back plate # 7	56	มม.	
Space # 8	85	มม.	
แผ่นยึดตัวปลด # 10	16	มม.	
Ejector back plate และ stop bottom	30	มม.	



รูปที่ 52 ตำแหน่งของ cavity ในพิมพ์มาตรฐาน ขนาด 546 x 546 มม.

แผ่นที่ 1 = 36 มม.

2 = 26 มม.

3 = 26 มม.

4 = 56 มม.

5 = 18 มม.

6 = 36 มม.

7 = 56 มม.

8 = 85 มม.

9 = 36 มม.

10 = 16 มม.

11 = 26 มม.

(ไม่มี Stop bottom)

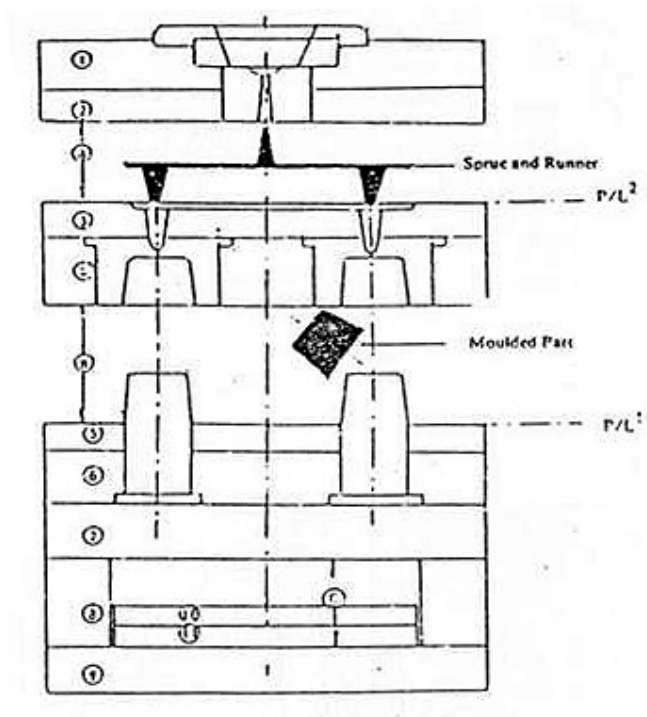
A = 95 มม.

B = 110 มม.

C = แผ่น # 10 + แผ่น # 11 + stop bottom + ความสูงของชิ้นงาน + 4 มม. (เพื่อให้ชิ้นงานหล่น

ได้)

= 85 มม.



ระยะของแม่พิมพ์ทั้งชุดในตำแหน่งปิด = 375 มม.

ระยะเปิด P/L 2 (A) เพื่อให้ sprue และ runner หล่นออก 95 มม.

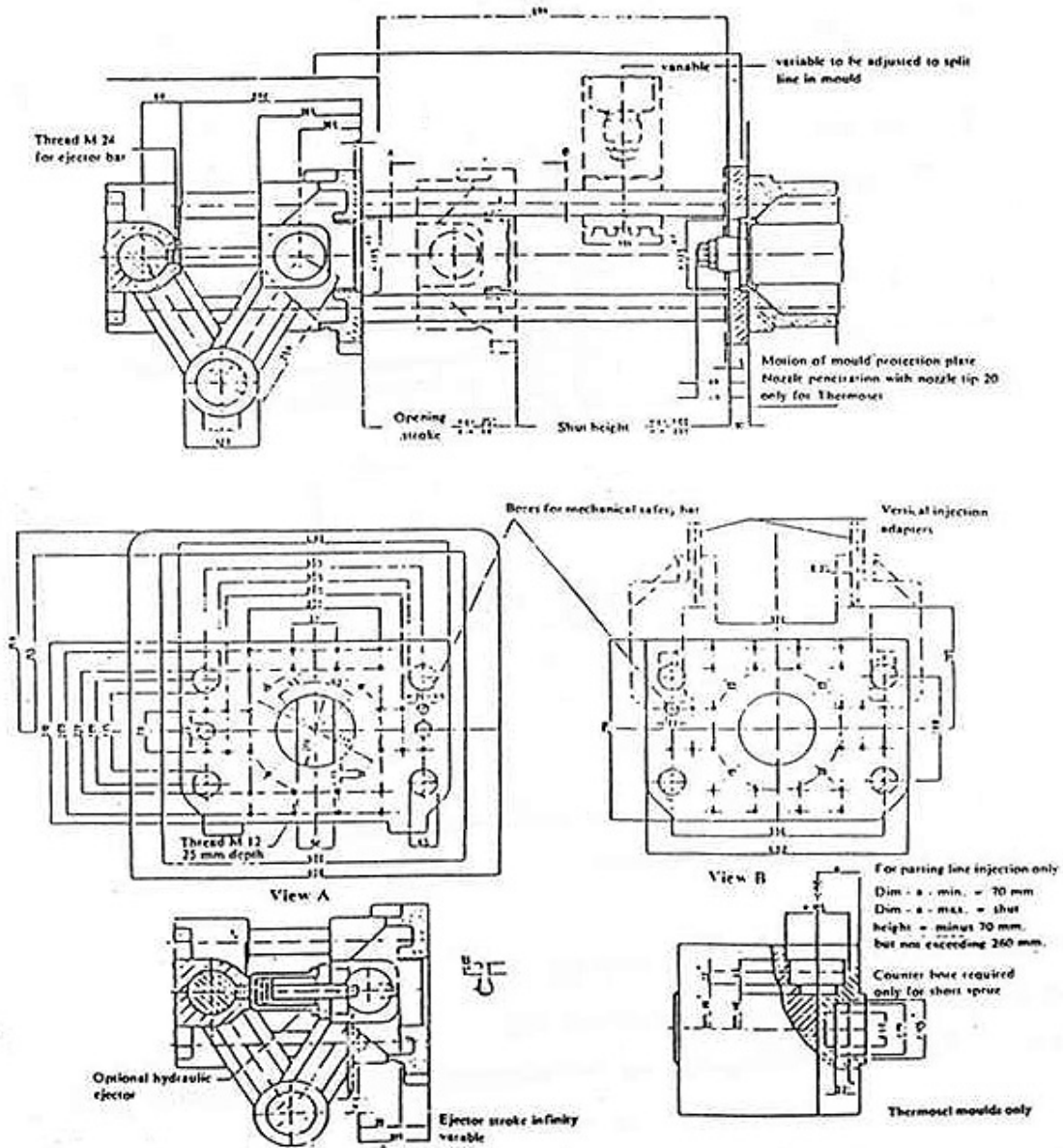
ระยะเปิด P/L 1 (B) เพื่อให้ชิ้นงานหล่นได้อย่างสะดวก คือ 2 เท่าของความสูงของชิ้นงาน + ระยะเผื่อ 40 มม.

$$= (2 \times 35) + 40 = 110 \text{ มม.}$$

ระยะในตำแหน่งที่แม่พิมพ์เปิด 580 มม.

แม่พิมพ์และแผนผังของเครื่อง

เราจำเป็นต้องทราบรายละเอียดของเครื่อง และขนาดของแม่พิมพ์ ที่จะใช้กับเครื่อง เพื่อที่จะสามารถออกแบบแม่พิมพ์ ที่จะใช้กับเครื่องได้อย่างเหมาะสม และประหยัด



หมายเหตุ ไม่ควรใช้เครื่องเต็ม 100 % ของความสามารถในการทำงานของเครื่องควรใช้เพียงแค่ 70 % - 80 % เท่านั้น

การออกแบบ GATE

GATE คือ ส่วนที่ออกแบบไว้ เพื่อกำหนดจุดประตูลไหลของน้ำพลาสติก ให้เข้าสู่ CAVITY หรือ ประตูทางเข้า CAVITY

1. หน้าที่ของ GATE

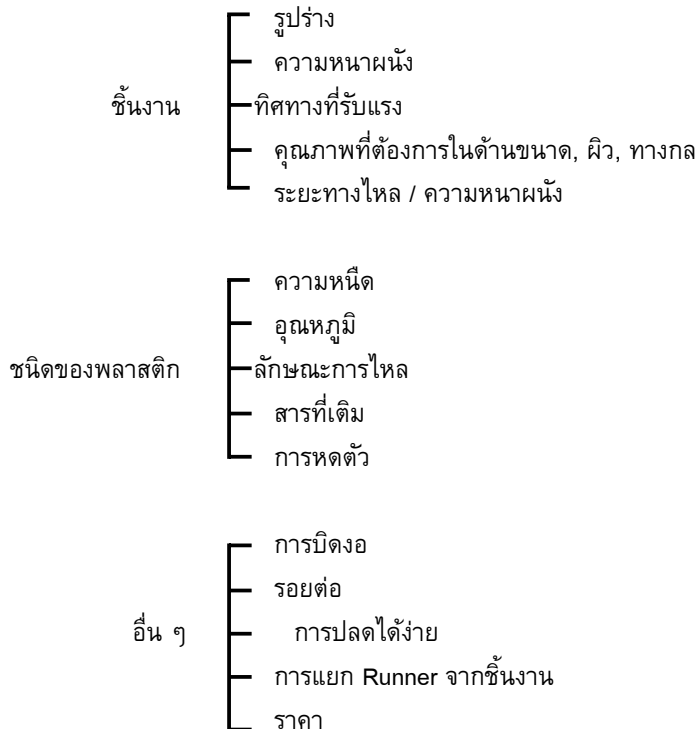
- 1.1 ควบคุมความดันน้ำพลาสติก
- 1.2 เพื่อควบคุมให้น้ำพลาสติกไหลเข้าในลักษณะที่ไม่เกิดผลเสียกับชิ้นงาน

1.3 เพื่อให้แยกชิ้นงานกับ RUNNER ออกจากกัน

1.4 เพื่อป้องกันน้ำพลาสติกใน CAVITY ไหลกลับและกลับป้องกัน Pressure ย้อนกลับ

1.5 เพื่อการผลิตแบบอัตโนมัติ

2. ปัจจัยในการกำหนดตำแหน่ง, การออกแบบและขนาดของ Gate

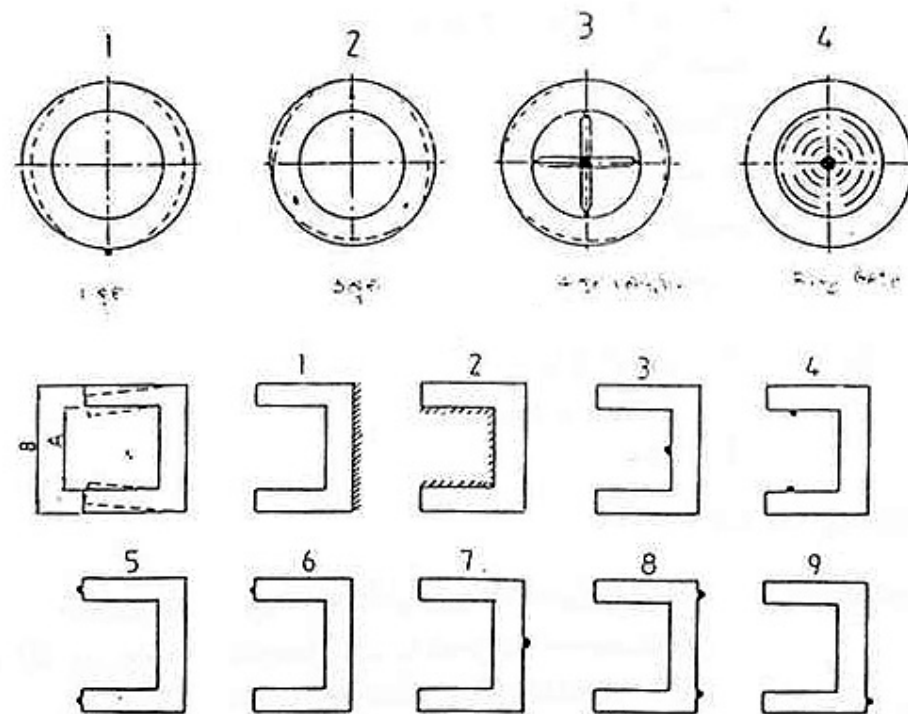


3. หลักการวางตำแหน่ง GATE

3.1 รูปร่างชิ้นงาน	วางตำแหน่ง Gate ที่ส่วนหนาที่สุดของชิ้นงาน ทิศทางการไหลจาก Gate ไปยังส่วนต่าง ๆ ของชิ้นงาน มีระยะทางไหลเท่ากัน หลีกเลี่ยงการไหลเป็นลำ (Jetting) คำนึงถึงความเป็นไปได้ในการระบายอากาศ
3.2 ทิศทางที่รับแรงสูงสุด	การเลือกวางตำแหน่ง Gate ให้มีทิศทางความเค้นหลักตามทิศทางการไหล ซึ่งพลาสติกมีความต้านแรงดึงและแรงกระแทกได้สูงสุด โดยเฉพาะพลาสติกเสริมแรง (Reinforce)
3.3 ความเรียบร้อยของชิ้นงาน (รอย Gate, รอยต่อ, รอยยุบ)	ตำแหน่ง Gate อยู่ในบริเวณที่ไม่สะดุดตาป้องกันการเกิดรอยต่อหรือให้น้ำพลาสติกหลอมรวมกันได้ดี โดยระยะทางไหลสั้นให้แรงดันตามเพียงพอที่จะไม่เกิดรอยยุบ (Sink mark)
3.4 ขนาดที่ถูกต้อง	พิจารณาการผิดขนาดของชิ้นงาน เนื่องจากการเสียรูปและการหดตัวในทิศทางต่าง ๆ การหดตัวอาจต่างกันในทิศทางการไหลและขวางการไหล

4. ข้อเสนอแนะทั่ว ๆ ไปของตำแหน่ง Gate

- 4.1 ให้ Gate เข้าทางด้านหน้า ๆ ของชิ้นงานหลีกเลี่ยงจุดที่เป็นแหลมคมหรือมนโค้ง บนชิ้นงาน กำหนดตำแหน่ง Gate ที่ด้านกว้างดีกว่าด้านแคบ
- 4.2 กำหนดตำแหน่ง Gate เข้าในตำแหน่งที่แต่งชิ้นงานหรือตัดเกจออกจากชิ้นงานง่าย
- 4.3 กำหนดตำแหน่ง Gate เข้าให้มีระยะถึงจุดไกลสุดของเส้นทางการไหลพลาสติกเป็นระยะเท่ากัน
- 4.4 ใช้ Gate เข้าแบบจุด (Pin Point Gate) สำหรับชิ้นส่วนรูปถ้วย
- 4.5 ใช้ Gate เข้า 2 ประตูสำหรับชิ้นงานผอมสูงและชิ้นงานที่มีพื้นที่หน้าตัดไม่เท่ากัน
- 4.6 ใช้ Gate เข้าหลาย ๆ แห่งสำหรับชิ้นงานบาง ๆ
- 4.7 วางตำแหน่ง Gate เข้าที่จะไม่ทำให้เกิดรอยต่อ



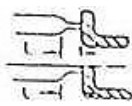
ผลกระทบต่อน้ำหนักอันเกิดจากการวางตำแหน่งเกจ

หัตถ์ ของชิ้นงาน (%)		1	2	3	4	5	6	7	8	9
A		1.45	2.95	4.30	3.45	2.75	3.10	1.20	0.20	2.10
B		1.10	1.80	2.30	1.70	1.95	1.90	1.90	0.50	0.85

ตารางแนะนำขนาดของ Sprue gate ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับน้ำหนักของชิ้นงาน

น้ำหนักของชิ้นงาน (กรัม)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Sprue gate (มม.)
เบากว่า 200	2 - 4
200 – 400	4 - 6
400 – 1000	6 - 8
หนักกว่า 1000	8 - 12

ตารางแนะนำการใช้ขนาดรันเนอร์และขนาดของเกท

Runner 	Gate		Gate Land 	Remarks น้ำหนักชิ้นงาน (g)
	Pin Point			
	Over	To		
4 to 6	0.6	0.8	(W x D) $0.8_0^{+0.2} \times 1.5_0^{+0.5}$	$0.8_0^{+0.3}$ < 150 g
8	0.8	1.2	$1_0^{+0.5} \times 2_0^{+1}$	$0.8_0^{+0.3}$ < 350 g
8 to 12	1.0	1.6	$2_0^{+1} \times 3_0^{+2}$	$0.8_0^{+0.3}$ < 350 g
6 to 8	0.6	1.0	$1.0_0^{+0.5} \times 1.5_0^{+0.5}$	$0.8_0^{+0.3}$ < 150 g
8 to 10	1.0	1.4	$1.2_0^{+0.5} \times 2_0^{+1.0}$	$0.8_0^{+0.3}$ < 350 g
10 to 14	1.4	1.8	$2.5_0^{+0.5} \times 4_0^{+3.0}$	$0.8_0^{+0.3}$ < 350 g

การออกแบบ Runner

RUNNER คือ เส้นทางสำหรับนำน้ำพลาสติกที่หลอมเหลวให้ไหลเข้าสู่ Cavity Runner อาจมีหลายเส้นทางก็ได้ แล้วแต่การออกแบบระบบทางเดินของน้ำ เป็นลักษณะแบบเดียวกับระบบชลประทานของน้ำทั่วไป

1.หน้าที่ของ Runner

- 1.1 ลำเลียงน้ำพลาสติกเข้าสู่ Cavity อย่างรวดเร็วและไม่ติดขัดในเส้นทางที่สั้นที่สุด โดยสูญเสียความร้อนและแรงดันน้อยที่สุด
- 1.2 น้ำพลาสติกไหลเข้า Cavity ที่ทุก ๆ Gate พร้อมกันภายใต้แรงดันและอุณหภูมิที่เท่ากัน
- 1.3 หน้าตัดควรมีขนาดเล็ก เพื่อประหยัดเนื้อพลาสติก ถึงแม้หน้าตัดใหญ่อาจดีกว่าในการไหลเข้า Cavity และคงแรงดันตามไว้แต่ต้องใช้เวลาในการหล่อเย็นนานกว่า
- 1.4 อัตราส่วนพื้นที่ผิวต่อปริมาตร ควรมีค่าน้อย

2.ปัจจัยที่มีผลต่อการออกแบบ Runner

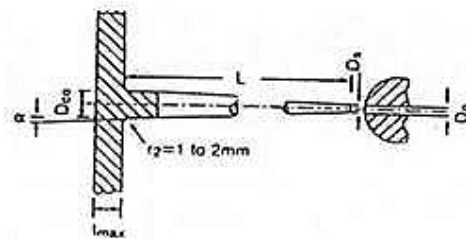
- ปริมาตรชิ้นงาน
- การสูญเสียความร้อน
- ความหนาผนัง
- การสูญเสียจากความเสียดทาน
- ชนิดพลาสติก
- เวลาการหล่อเย็น

- ระยะทางการไหลของน้ำพลาสติก
- ปริมาณเศษพลาสติก
- ความต้านทางการไหล
- ค่าทำแม่พิมพ์
- พื้นที่ผิวต่อปริมาตรของ Runner
- ชนิดของแม่พิมพ์

3.หน้าที่ของระบบ Runner ที่สมบูรณ์

- 3.1 ทำให้น้ำพลาสติกไหลเข้า Cavity โดยมีรอยต่อ (Weld Line) น้อยที่สุด
- 3.2 มีความต้านทางการไหลน้อยที่สุด
- 3.3 มีน้ำหนักน้อยเมื่อเทียบกับชิ้นงาน
- 3.4 ปลดชิ้นงานได้ง่าย
- 3.5 ไม่ทำให้ชิ้นงานมีรอยตำหนิ
- 3.6 ระยะทางไหลสั้น เพื่อลดการสูญเสียแรงดัน, ความร้อนและพลาสติก
- 3.7 หน้าที่ดีใหญ่กว่าชิ้นงาน เพื่อให้ Runner กลายเป็นของแข็งช้ากว่าชิ้นงานและชิ้นงานได้รับแรงดันตาม (Holding Pressure)
- 3.8 ระบบ Runner ไม่ควรมีผลกระทบต่อรอบเวลาดัด (Cycle Time)
- 3.9 ระบบ Runner ควรให้เป็นรูปแบบ "H" เพื่อความสมดุลของการไหล
- 3.10 การวางตำแหน่งและแบบของ Gate ไม่ทำให้น้ำพลาสติกไหลเป็นลำ (Jetting)
- 3.11 ควรหลีกเลี่ยงระบบ Runner ในรูปแบบก้างปลา ซึ่งจะทำให้การไหลไม่สมดุล
- 3.12 บริเวณส่วนปลายของ Runner จะต้องมีการ Gold Slug wells เสมอ

4.การคำนวณหาขนาด Runner



$$D_{co} > L_{max} + 1.5 \text{ mm.}$$

$$D_s > D_n + 1.0 \text{ mm.}$$

$$O > 1^0 - 2^0$$

$$Tano = D_{co} - D_s \cdot 2L$$

4.1 การใช้สูตร

$$D = \frac{w^{1/4} \times L^{1/2}}{3.7}$$

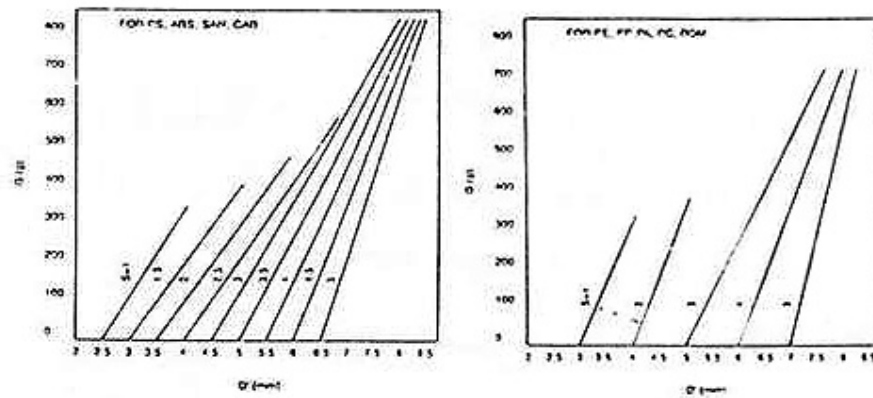
เมื่อ

D = ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของ Runner (mm)

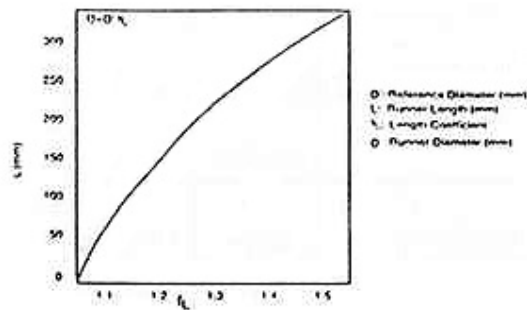
W = น้ำหนักของชิ้นงาน (g)

L = ความยาวของ Runner (mm)

4.2 การใช้กราฟ



Runner diameter chart for several material. G=weight (g); S=nominal thickness (mm);



วิธีการใช้ตาราง

1. หาค่า D' จากกราฟ 1,2
2. หาค่า FL จากกราฟ 3
3. หาค่า D จากสูตร $D = D'FL$

D =reference diameter (mm).

Effect of runner length and length coefficient on diameter:

5.ประสิทธิภาพการไหลของน้ำพลาสติกในช่อง Runner เปรียบเทียบกับรูปร่างหน้าตัดกลม

Cross Section								
D_h	0	0.5523D	0.9116D	0.6862D	0.8771D	0.8642D	0.8356D	0.7090D

6.ตารางแนะนำการใช้ขนาด Runner กับพลาสติกชนิดต่าง ๆ

Material	Diameter	
	mm	inch
ABS, SAN	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Acetal	3.0 – 10.0	1/8-3/8
Acetate	5.0 – 11.0	3/16-7/16
Acrylic	8.0 – 10.0	5/16-3/8
Butyrate	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Fluorocarbon	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Imact acrylic	8.0 – 13.0	5/16-1/2
Ionomers	2.0 – 10.0	3/32-3/8
Nylon	2.0 – 10.0	1/16-3/8
Phenylene	6.0 - 10.0	1/4-3/8
Phenylene sulfide	6.0 – 13.0	3/16-3/8

Material	Diameter	
	mm	inch
Polycarbonate	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polyester(unreinforced)	3.0 – 8.0	1/8-5/16
Polyester	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polyethylen	2.0 – 10.0	1/16-3/8
Polyamide	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polyphenylen oxide	6.0 - 10.0	1/4-3/8
Polypropylen	5.0 – 10.0	3/16-3/8
Polystyrene	3.0 - 10.0	1/8-3/8
Polysulfone	6.0 - 10.0	1/4-3/8
Polyvinyl (plasticized)	3.0 - 10.0	1/8-3/8
PVC Rigid	6.0 - 16.0	1/4-5/8

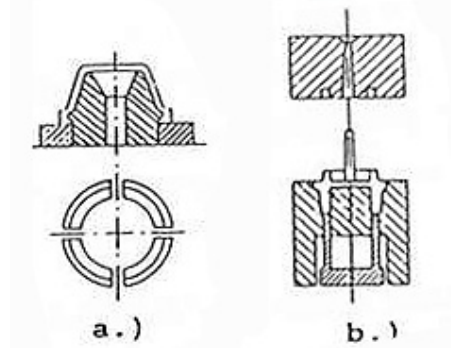
ระบบการปลดชิ้นงาน

การปลดชิ้นงาน (Ejection of Moulding)

หลังจากชิ้นงานได้กลายเป็นของแข็งและเย็นตัวลงแล้ว จะต้องนำออกจากแม่พิมพ์ ถ้านำชิ้นงานทำให้ชิ้นงานแยกออกจากควาดีและคอร์ได้หลังจากเปิดแม่พิมพ์แล้วก็เป็นสิ่งที่ดี อย่างไรก็ตาม ชิ้นงานจะค้างอยู่ด้วย Undercut การเกาะติด และความเค้นภายใน จำเป็นต้องแยกชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ด้วยระบบปลดชิ้นงาน (Ejector system) ซึ่งกลไกการปลดจะทำงานโดยจังหวะเปิดแม่พิมพ์ของเครื่องฉีด หากไม่สามารถทำได้ง่ายเช่นนี้ ก็อาศัยระบบนิวแมติกหรือไฮดรอลิกส์มาช่วย การปลดชิ้นงานด้วยมือ นั้น ทำได้เฉพาะแม่พิมพ์ต้นแบบขนาดเล็ก และฉีดจำนวนน้อย เมื่อการปลดชิ้นงานใช้แรงน้อย ไม่จำเป็นต้องมีรอบเวลาฉีดที่แน่นอน

ระบบการปลดชิ้นงานโดยทั่วไป จะอยู่ในแม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่ การเปิดแม่พิมพ์ทำให้กลไกระบบปลดทำงาน โดยเลื่อนไปข้างหน้าและกระทุ้งชิ้นงานหลุดออก เงื่อนไขเบื้องต้นสำหรับวิธีนี้ก็คือ ชิ้นงานต้องอยู่กับแม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่ ซึ่งทำได้โดยใช้ undercut หรือให้อุณหภูมิของคอร์และควาดีแตกต่างกัน

ถ้าการใช้ undercut (รูปที่ 53) ไม่ได้ผล หรือไม่อาจให้อุณหภูมิแตกต่างกันได้ก็สามารถทำได้โดยให้ชิ้นงานจมอยู่ในแม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่ จำเป็นต้องใช้แรงกระทุ้งมาก (รูป 53)



รูปที่ 53 แม่พิมพ์ที่มี undercut ที่ คอรั (a) และควาวิตี้ที่แม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่ (b)

การให้แรงดันฉีดและแรงดันตามสูงเป็นเวลานาน โดยเฉพาะแรงดันตาม อาจทำให้เกิดปัญหาในการเปิดแม่พิมพ์และปลดชิ้นงาน การกระทุ้งออกยากอาจเกิดขึ้นได้กับชิ้นงานที่มีผนังบางมาก โดยเฉพาะที่ทำด้วยพลาสติกเปราะ เพราะไม่สามารถใช้แรงกระทุ้งชิ้นงานโดยตรง พลาสติกเหนียวหรือยางก็เกิดปัญหาอย่างนี้เช่นกัน

บริเวณที่สามารถวางตำแหน่งตัวกระทุ้งได้ ก็คือที่มุมผนังข้างหรือโครง (rib) ซึ่งทำให้ปลดชิ้นงานยากขึ้น แต่ก็เป็นที่ทนต่อแรงกระแทกได้ดีที่สุด ถ้าชิ้นงานไม่มีส่วนที่สามารถวางตำแหน่งตัวกระทุ้งควรเลือกแบบและจำนวนเข็มกระทุ้งให้เหมาะสมและวางตำแหน่งให้ปลดชิ้นงานได้ โดยไม่ทำให้ชิ้นงานผิดรูปหรือเสียหาย พื้นที่ที่รับแรงของเข็มกระทุ้งควรมีมากที่สุดเท่าที่จะทำได้ การจัดวางเข็มกระทุ้งขึ้นอยู่กับรูปร่างของชิ้นงาน และชนิดของพลาสติกที่ใช้ ความแข็งแรง (rigidity) และความเหนียว

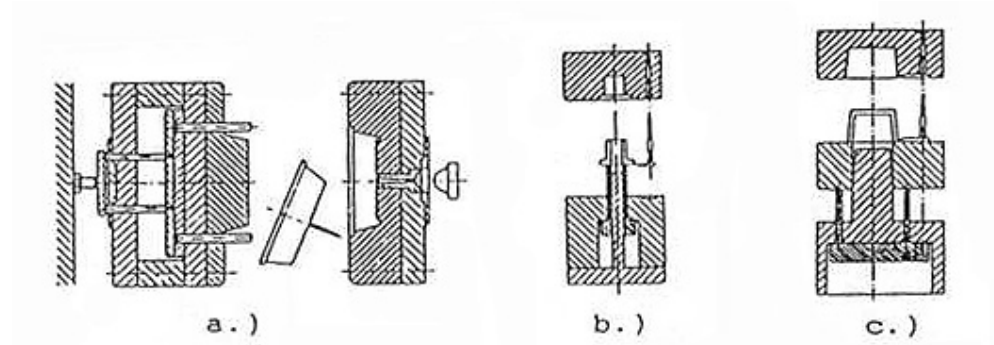
ตัวกระทุ้งจะทำให้เกิดรอยที่เห็นได้บนชิ้นงาน ซึ่งเป็นสิ่งที่ต้องพิจารณาในการออกแบบและวางตำแหน่งระบบปลดชิ้นงาน การทำแม่พิมพ์โดยขาดความละเอียด ยังอาจเป็นสาเหตุของครีบลบที่รอยกระทุ้ง ถึงแม้จะตัดครีบลบออกได้ก็ยังคงเห็นรอยเส้น ซึ่งมีผลเสียต่อความสวยงามและความแม่นยำของชิ้นงาน ดังนั้นการประกอบเข็มกระทุ้งเข้ากับรู ต้องเป็นงานสวมคลอนได้พอดี (precision sliding fit)

การประกอบเข็มกระทุ้งในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเทอร์โมเซต ควรใช้ความระมัดระวังให้มากกว่าในแม่พิมพ์ฉีดเทอร์โมพลาสติก เพราะเทอร์โมพลาสติกจะกลายเป็นของแข็งต่อเมื่อไหลไปถึงส่วนที่เย็น และแคบมาก แต่น้ำพลาสติกเทอร์โมเซตหรือที่เรียกว่า cross link จะเป็นของเหลวและฉีดด้วยแม่พิมพ์ร้อน จึงยากที่จะหลีกเลี่ยงการเกิดครีบลบ หากประกอบเข็มกระทุ้งไม่ดี

ระบบปลดชิ้นงานที่รู้จักกันมากที่สุด คือ ใช้เข็มกระทุ้ง (ejector pin) ซึ่งจะดันชิ้นงานออกจากคอรั เข็มกระทุ้งจะประกอบอยู่กับแผ่นกระทุ้ง (ejector plate) ซึ่งจะยันกับสลักที่ยึดติดกับเครื่องฉีดในระหว่างที่แม่พิมพ์เปิดและแม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่เลื่อนถอยหลัง ระบบปลดชิ้นงานจึงทำงานได้ เข็มกระทุ้งทุกอันจะเริ่มปลดชิ้นงานพร้อมกัน รูปที่ 54) แสดงแม่พิมพ์ที่ใช้เข็มกระทุ้ง

ชิ้นงานที่มีขนาดเล็ก โดยเฉพาะที่มีคอรัทรงกระบอกอยู่ตรงกลาง ไม่มีผิวที่จะใช้เข็มดัน จะปลดด้วยปลอกกระทุ้ง (ejector sleeve) เพื่อให้ได้แรงกระทุ้งมากกว่า ปลอกนี้จะออกแรงดันตลอดเส้นรอบวงของชิ้นงาน (รูปที่ 54) การทำปลอกจะมีค่าใช้จ่ายสูงกว่า หากใช้กับชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ จะต้องมีการพิจารณาเผื่อแคบ มิฉะนั้นจะเกิดครีบลบระหว่างปลอกกับคอรั ซึ่งทำให้ชิ้นงานดูไม่สวยงาม และต้องเสียค่าใช้จ่ายในการตัดครีบลบออก

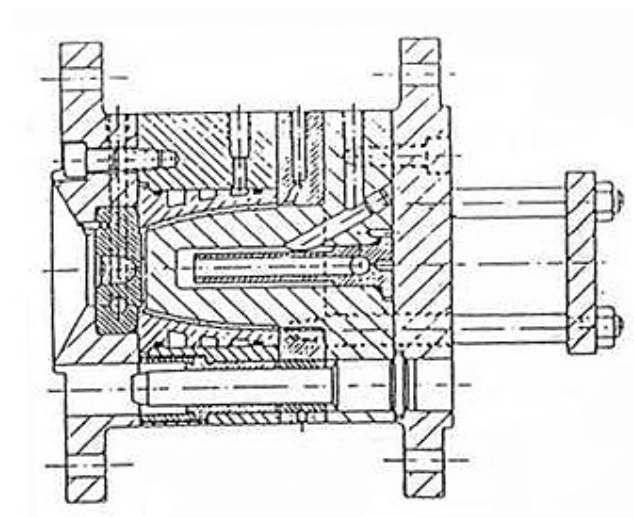
อีกวิธีหนึ่ง คือ ใช้แผ่นปลด (Stripper plate) ซึ่งจะดันชิ้นงานตลอดเส้นรอบวง ใช้เฉพาะชิ้นงานรูปวงกลมและรูปร่างอื่น ๆ แต่เนื่องจากงานสวมทำให้มีค่าใช้จ่ายสูง จึงมักจะใช้ปลอกกระทุ้งและแผ่นปลดสำหรับชิ้นงานรูปทรงกระบอก (รูปที่ 54)



รูปที่ 54 การปลดชิ้นงานด้วยวิธีต่าง ๆ

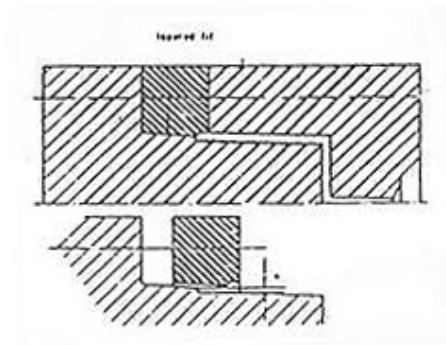
- (a) ใช้เข็มกระทุ้ง (Ejector pin)
- (b) ใช้ปลอกกระทุ้ง (Ejector sleeve)
- (c) ใช้แผ่นปลด (stripper plate)

รูปที่ 55 แสดงถึงแม่พิมพ์ฉีดด้วยแก้วที่ใช้แผ่นปลด โปรดสังเกตแนวคิดในการออกแบบทางไหลกลับของสารหล่อเย็น และการระบายอากาศผ่านแผ่นปลด

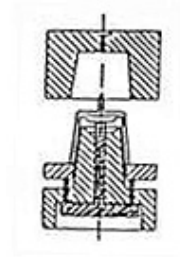


รูปที่ 55 แม่พิมพ์ฉีดด้วยแก้วที่ใช้แผ่นปลด

ผิวที่สัมผัสกันระหว่างคอร์กับอุปกรณ์ปลด มักจะเป็น Taper ตามมุมเอียง (draft angle) ของคอร์ เพื่อให้แม่พิมพ์ปิดสนิท และลดการสึกหรอของผิวคอร์ ผิวที่เป็น taper ยังช่วยให้เลื่อนสะดวกอีกด้วย แผ่นปลดที่มีปากขนาดเล็ก (รูปที่ 56) จะป้องกันไม่ให้ผิวคอร์ที่ขัดมันแล้วเกิดการเสียหายในระหว่างการกระทุ้งหรือถอยกลับ



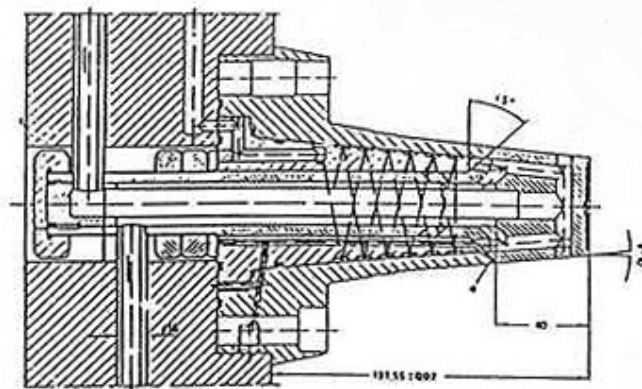
รูปที่ 56 คอรักับแผ่นปลด



รูปที่ 56 การปลดชิ้นงานพร้อมกันในหลายระนาบ

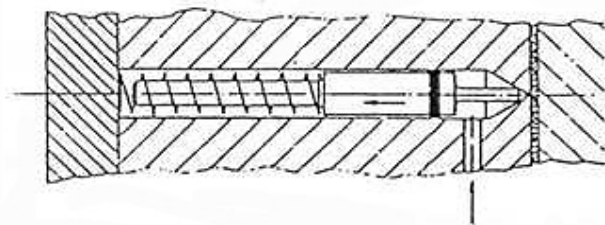
รูปที่ 56 แสดงการปลดชิ้นงานที่ดันชิ้นงานในหลายระนาบพร้อมกัน ระบบนี้เหมาะสำหรับการปลดชิ้นงานเล็กที่ทำจากพลาสติกอ่อน ตัวกระทุ้งแบบเห็ดหรือจาน ที่ส่วนล่างยังทำเป็นทางระบายอากาศ เพื่อป้องกันการเกิดสุญญากาศในคาวีตี้ ในตัวอย่างนี้ การนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ จะต้องทำโดยใช้มือหรือใช้ลมเป่าผ่านรูที่ศูนย์กลาง

ตัวกระทุ้งแบบเห็ด มักจะใช้กับชิ้นงานเล็ก ซึ่งต้องดันที่ส่วนล่างออกก่อน (รูปที่ 57) ควรใช้เมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 20 มม. บารอง (seat) ที่เป็น taper จะช่วยกันน้ำพลาสติกไม่ให้รั่ว โดยต้องมี taper เป็นมุม ตั้งแต่ 15-45 องศา ตัวกระทุ้งแบบนี้จะหล่อเย็นแบบน้ำพุได้ (รูปที่ 57)



รูปที่ 57 ตัวกระทุ้งแบบเห็ดที่ใช้กับการหล่อเย็นแบบน้ำพุ

หมุดระบายอากาศ (Venting pin) สามารถใช้เสริมการปลดชิ้นงานได้ รูปที่ 58 แสดงรูปหมุดระบายอากาศที่ทำงานโดยลมอัด ลมจะดันหมุดกลับ และเปิดทางออกสู่ที่ว่างในคาวีตี้ อากาศที่เข้าไปในคาวีตี้ จะป้องกันการเกิดสุญญากาศ และช่วยให้ปลดชิ้นงานง่ายขึ้น แบบนี้จะไม่เหมาะกับพลาสติกที่อ่อน และเหนียว



รูปที่ 58 หมุดระบายอากาศ (Venting pin) ที่ใช้กับการปลดชิ้นงานด้วยลม

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดสุญญากาศที่ด้านการปลดชิ้นงาน จะต้องเปลี่ยนจากการใช้แผ่นกระทุ้งไปเป็นลูกสูบ ซึ่งจะอัดอากาศและทำให้ไหลผ่านเข็มกระทุ้งที่อยู่ใต้ชิ้นงาน

การพิจารณาทั่วไปเกี่ยวกับระบบปลดชิ้นงาน

หลังจากกำหนดมวลและรูปร่างของชิ้นงานแล้ว ก็สามารถหาแรงปลดชิ้นงานได้ โดยเฉพาะชิ้นงานขนาดใหญ่ที่ซับซ้อน ยังต้องรู้ตำแหน่งของชิ้นงานภายในแม่พิมพ์ด้วย ในการออกแบบรายละเอียดของระบบปลดชิ้นงานเกี่ยวกับจำนวน การวางตำแหน่งและชนิดของตัวกระทุ้ง สิ่งสำคัญที่ต้องทราบ คือ แรงปลดที่ต้องใช้ ขนาดของแรงปลด อาจทำให้จำเป็นต้องเปลี่ยนตำแหน่งของชิ้นงานในแม่พิมพ์ และระบบปลดชิ้นงานทั้งหมด นอกจากนี้ การทราบถึงแรงปลดและตัวแปรที่มีผลต่อแรงปลด อาจทำให้แรงนี้ลดลงได้ โดยแก้ไขรูปร่างของชิ้นงานบางส่วน การขาดความรู้ในเรื่องการแรงปลดชิ้นงานพลาสติก เป็นสาเหตุให้การผลิตล้มเหลว โดยเฉพาะในแม่พิมพ์ใหม่ และที่ตามมาคือเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแม่พิมพ์เพิ่มขึ้นอีก

แรงเปิดแม่พิมพ์และแรงปลดชิ้นงานเป็นผลมาจากการกระทำร่วมกันระหว่างการขยายตัวของควาวิดี ภายใต้แรงดันฉีดพลาสติก และการหดตัวของพลาสติก ขณะที่กลายเป็นของแข็งนำไปสู่แรงดันติดกับควาวิดีและคอร์ ซึ่งต้องใช้แรงเปิดแม่พิมพ์ และแรงปลดชิ้นงานที่จะเอาชนะแรงเสียดทานได้ แรงเปิดแม่พิมพ์ จะมีผลต่อความยากในการผลิตน้อยกว่าแรงปลดชิ้นงาน

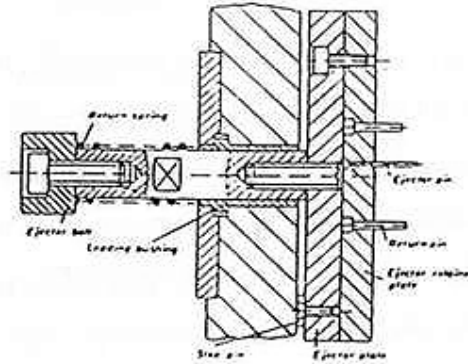
ชุดกระทุ้ง (Ejector Assembly)

เข็มกระทุ้งจะประกอบด้วย แผ่นกระทุ้ง (Ejector plate) แผ่นยึด (retainer plate) ตัวหยุด (stopper) และกลไกดันกลับ ทั้งหมดเป็นชุดกระทุ้ง ถ้าเข็มกระทุ้งหลายอันดับชิ้นงาน จะต้องดันพร้อมกัน ดังนั้นจึงประกอบอยู่กับแผ่นกระทุ้ง เข็มกระทุ้งที่ดันออกไปก่อน จะทำให้ชิ้นงานงอและขัดอยู่ในแม่พิมพ์ เข็มกระทุ้งจะใส่อยู่กับแผ่นยึดซึ่งติดกับแผ่นกระทุ้งด้วยสกรู แผ่นนี้จะทำงานโดยสลักที่ต่อกับระบบกระทุ้งของเครื่องฉีด ตัวหยุดจะจำกัดระยะเลื่อนของชุดกระทุ้ง ในระหว่างปลดชิ้นงาน

การประกอบเข็มกระทุ้งกับแผ่นยึด ต้องทำแบบหลวม ๆ พอให้ขยับทางด้านข้างได้ เพื่อให้เข็มกระทุ้งปรับแนวเข้ากับรูที่แม่พิมพ์ บางครั้งแผ่นกระทุ้งถูกขบแข็งจนหัวเข็มกระทุ้งไม่สามารถกดให้ยุบลงไปได้ อาจเป็นสาเหตุให้เข็มเกิดการขัดได้ ดังนั้นชุดกระทุ้งขนาดใหญ่จะมีสลักนำ (leader pin)

ส่วนชุดกระทุ้งขนาดเล็ก อาจนำเลื่อนด้วยเข็มดันกลับ (return pin) เมื่อเริ่มต้นปลดชิ้นงานแรงกระทุ้งทั้งหมดจะรวมอยู่ที่ศูนย์กลางของแผ่นกระทุ้ง แผ่นนี้จึงต้องแข็งแรงพอที่จะไม่ถูกดันจนแอ่นเมื่อแม่พิมพ์ปิด ชุดกระทุ้งต้องกลับสู่ตำแหน่งเริ่มต้นโดยเข็มไม่ได้รับความเสียหายจากส่วนของแม่พิมพ์ที่อยู่ตรงข้าม ซึ่งทำได้โดยใช้เข็มดันกลับ สปริง หรือกลไก toggle รูปที่ 59 แสดงชุดกระทุ้งที่ใช้สลักกระทุ้ง (ejector bolt) เป็นตัวนำเลื่อนสำหรับแผ่นกระทุ้ง

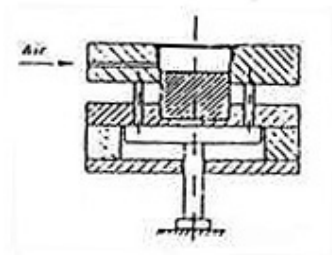
โดยปกติชุดกระทุ้งจะอยู่ที่ตำแหน่งศูนย์กลางของแม่พิมพ์ และเลื่อนอยู่ในที่ว่างแคบ ๆ ภายในแม่พิมพ์ จึงอาจทำให้แผ่นคอร์แอ่นได้ ซึ่งสามารถป้องกันโดยใช้เสาค้ำ



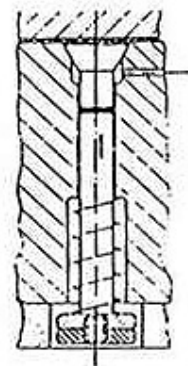
รูปที่ 59 ระบบปลดชิ้นงานทำงาน และนำเลื่อนโดยสลักกระทุ้ง (ejector bolt) และสปริงดันกลับ (return spring)

ใช้ตัวกระทุ้งร่วมกับลม

การปลดชิ้นงานที่แสดงในรูปที่ 60 ตอนแรกชิ้นงานจะถูกแกะออกจากคอร์ในระหว่างเปิดแม่พิมพ์ สุดท้ายจะใช้ลมเป่าชิ้นงานให้หลุดออก ระบบนี้มีข้อดีคือ แม่พิมพ์ราคาถูกเมื่อเทียบกับระบบปลดชิ้นงานแบบเชิงกลอย่างเดียว และปลดได้นิ่มกว่าเพราะลมจะดันบนผิวทั้งหมดของชิ้นงาน มักจะใช้เมื่อความยาวของระยะกระทุ้งไม่เพียงพอสำหรับปลดชิ้นงานให้หลุดออก ทางเข้าของลมสามารถเลือกไว้ที่ตำแหน่งใดก็ได้



รูปที่ 60 การกระทุ้งแบบผสม (แผ่นปลดกับลม)



รูปที่ 61 ตัวกระทุ้งแบบจานหรือเห็ด ทำงานด้วยนิวแมติก (ลมเป่า)

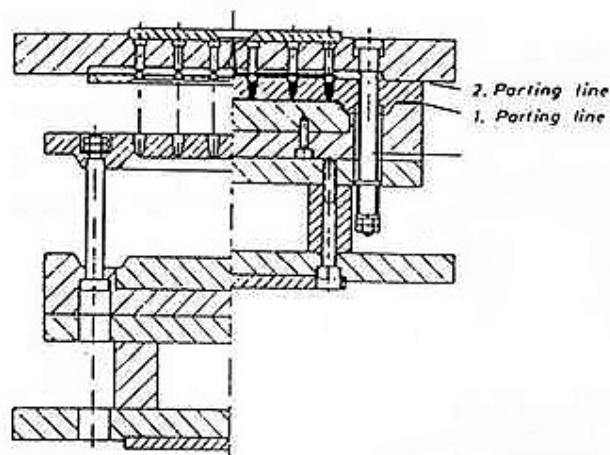
รูปที่ 61 เป็นแบบที่คล้ายกัน ซึ่งมีตัวกระทุ้งแบบเห็ด ลมจะดันส่วนที่คล้ายเห็ดให้ยกขึ้น และกระทุ้งชิ้นงานให้คลายออกจากคอร์ แล้วลมจะเป่าผ่านส่วนเห็ดไปดันชิ้นงานให้หลุดออกจากแม่พิมพ์

ระบบปลดชิ้นงานในแม่พิมพ์สามแผ่น (Three Plate Mould)

ถ้าใช้แม่พิมพ์หลายคาวีดี หรือแม่พิมพ์ฉีดงานที่มี gate หลายจุด จะต้องแยกระบบ runner ออกจากชิ้นงานภายในแม่พิมพ์ ระหว่างการเปิดแม่พิมพ์และกระทุ้งออก เพื่อให้การทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ ดังนั้นแม่พิมพ์ต้องมีเส้นแบ่ง (parting line) หลายเส้น การเลื่อนกระทุ้งสามารถทำได้หลายวิธี แบบที่ใช้กันทั่วไปคือ สลักดิ่ง (shoulder bolt) หรือ latch bar

การเลื่อนกระทุ้งโดยใช้สลักดิ่ง (Shoulder Bolt)

รูปที่ 62 แสดงแม่พิมพ์สามแผ่นในตำแหน่งเปิด (ด้านซ้าย) และปิด (ด้านขวา) ตอนแรกแม่พิมพ์จะเปิดในระนาบของเส้นแบ่งที่ 1 โดยต้องให้ชิ้นงานติดอยู่กับคอร์ จึงแยก gate ออกได้ หลังจากระยะเปิดมากขึ้น แผ่นลอยจะถูกดึงไปตามสลักดิ่ง และแม่พิมพ์เปิดในระนาบของเส้นแบ่งที่ 2 ระบบ runner ยังคงถูกรั้งไว้ด้วย undercut จนกระทั่งถูกกระทุ้งออกโดยแท่งกระทุ้ง ซึ่งทำงานด้วยสลัก

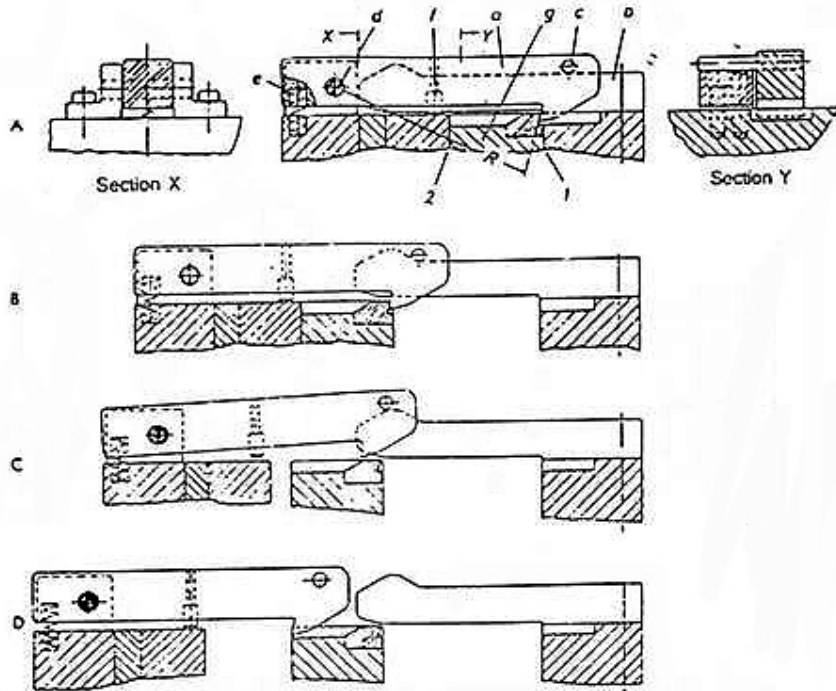


รูปที่ 62 แม่พิมพ์สามแผ่นทำงานด้วยสลักดิ่ง (Shoulder Bolt)

การเลื่อนกระทุ้งโดยใช้ Latch

อุปกรณ์นี้ จะทำให้แผ่นลอยติดกับแผ่นคอร์ด้วย latch หลังจากเปิดแม่พิมพ์ออกเป็นระยะทางที่แน่นอน แท่งปลดจะปล่อยแผ่นลอย และแม่พิมพ์เปิดที่เส้นแบ่งสองเส้น ในรูปที่ 63 A แม่พิมพ์อยู่ในตำแหน่งปิด latch จะทำให้แผ่นลอย (g) ติดกับแผ่นคอร์ latch สามารถหมุนรอบหมุน (d) และรั้งให้อยู่ในแนวนอนด้วยสปริง (e) และตัวหยุด (f) ในขณะที่แม่พิมพ์ปิด ในระหว่างเปิด แม่พิมพ์ แท่งปลด (b) จะยกสลัก (c) (รูปที่ 63) และปลด latch (a) (รูปที่ 63) แม่พิมพ์จะเปิดในเส้นแบ่งที่สองด้วยระยะเปิดอย่างต่อเนื่อง ชิ้นงานและ runner จะถูกกระทุ้งออก ชิ้นส่วน latch และแท่งปลดรวมทั้งตัวหยุดที่แผ่นลอยจะต้องทำจากเหล็กกล้าชุบแข็ง เพราะเกิดการสึกหรอมาก แม่พิมพ์แบบนี้ใช้ได้สำหรับชิ้นงานหนักไม่เกิน 1 กิโลกรัม ชิ้นงานที่ใหญ่กว่านี้ มักจะใช้อุปกรณ์เปิดแบบไฮดรอลิกส์และนิวแมติก

ในแม่พิมพ์ทุกแบบซึ่งเปิดในหลายระนาบ แผ่นลอยต้องนำเลื่อน (guide) และให้อยู่ในตำแหน่งที่แม่นยำ เพื่อให้ผิวควาตีวางแนวกกันอย่างถูกต้อง และไม่เกิดความเสียหาย การประกอบ latch ต้องทำในลักษณะที่ไม่ขวางชิ้นงานที่หล่นลงมาหลังจากการปลด



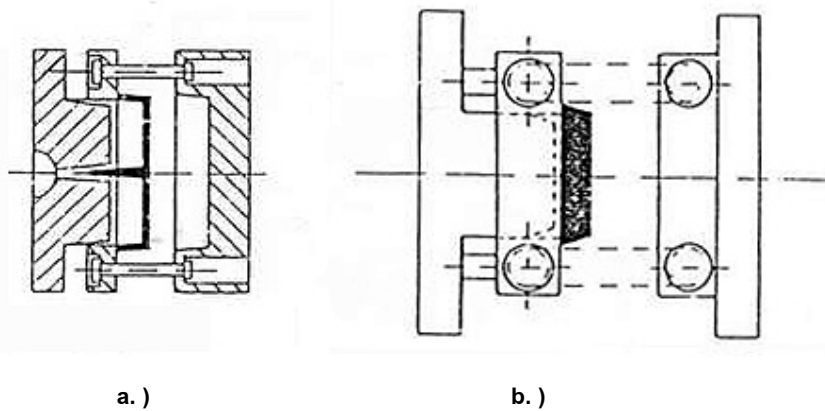
รูปที่ 63 ส่วนประกอบของ latch (1) และ (2) คือเส้นแบ่ง (parting line)

- (a) latch bar;
- (b) แท่งปลด;
- (c) สลักนำ (guide pin);
- (d) เดือย (pivot pin);
- (e) spring;
- (f) ตัวหยุด ;
- (g) แผ่นลอย

การกระทุ้งย้อนจากแม่พิมพ์ส่วนอยู่กับที่

แม่พิมพ์บางแบบมีคอร์อยู่แม่พิมพ์ส่วนอยู่กับที่ การปลดชิ้นงานทำโดยกระทุ้งชิ้นงานให้หลุดจากคอร์ แผ่นปลดจะเลื่อนด้วยสลักตึง (ดูรูปที่ 64) ซึ่งติดอยู่กับแม่พิมพ์ส่วนเคลื่อนที่ หรือด้วยโซ่สลัก (pin-link chain) (ดูรูปที่ 64) และสำหรับชิ้นงานขนาดใหญ่จะทำงานด้วย ไฮดรอลิกส์หรือนิวแมติก

การใช้โซ่มีข้อเสีย คือ เครื่องฉีดไม่สามารถเปิดแม่พิมพ์ด้วยความเร็วสูงได้ จึงเพิ่มรอบเวลาฉีดและโซ่จะขวางทางที่จะเข้าไปถึงแม่พิมพ์



รูปที่ 64 การปลดชิ้นงานออกจากส่วนอยู่กับที่ของแม่พิมพ์ (ปลดย้อน)

(a) = เลื่อนกระทุ้งด้วยสลักดิ่ง (shoulder bolts)

(b) = เลื่อนกระทุ้งด้วยสลัก (pin – link chain)

ตัวเลื่อนกระทุ้งกลับ (Ejector Return)

เมื่อแม่พิมพ์ปิด เข็มกระทุ้ง แผ่นปลดและตัวกระทุ้งอื่นที่ยื่นออกมา จะต้องเลื่อนกลับเข้าที่ก่อนที่แม่พิมพ์เปิด มิฉะนั้นชุดกระทุ้งหรือแม่พิมพ์ส่วนที่อยู่ตรงข้ามชุดกระทุ้งจะเสียหาย การเลื่อนกลับทำได้หลายวิธี ทั้งด้วยเข็มดันกลับ หรืออุปกรณ์พิเศษที่เลื่อนตัวกระทุ้งกลับ

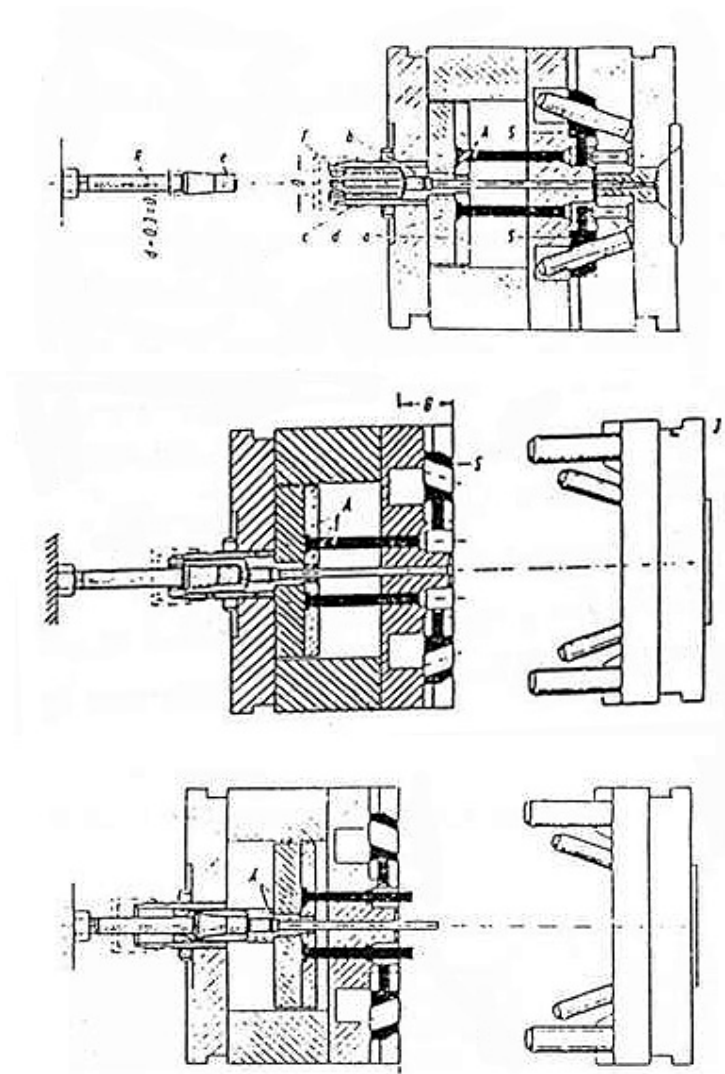
เข็มกระทุ้งกลับ (Ejector Return Pins)

วิธีที่รู้จักกันดีที่สุดที่สุด ปลอดภัยที่สุด และเสียค่าใช้จ่ายน้อยที่สุด สำหรับการเลื่อนชุดกระทุ้งกลับ ก็คือ ใช้เข็มดันกลับ (return pin) เข็มกระทุ้งที่มีหัวและลำตัวเป็นทรงกระบอก สามารถใช้เป็นเข็มดันกลับได้ โดยทำการชุบไนไตรต์และอบอ่อน (anneal) และยึดอยู่กับแผ่นกระทุ้งเช่นเดียวกับเข็มกระทุ้ง ในระหว่างการปิดแม่พิมพ์ เข็มจะถูกดันกลับโดยแม่พิมพ์ส่วนที่อยู่ตรงข้าม (รูปที่ 65 a และ b) เข็มนี้อาจแทงเข้าเนื้อแผ่นแม่พิมพ์ได้หลังจากฉีดไประยะหนึ่ง เพราะแผ่นแม่พิมพ์ส่วนมากจะอ่อน ดังนั้นจึงติดเข็มด้าน (counter pin) ที่ชุบแข็งแล้วไว้ที่ด้านตรงข้ามเข็มดันกลับ ดังรูปที่ 65 c วิธีนี้เหมาะสำหรับแม่พิมพ์ที่ฉีดชิ้นงานจำนวนมาก เพราะสามารถถอดเปลี่ยนได้ง่าย ในกรณีที่เกิดการสึกหรอ [Counter ring nut (d)] เมื่อแม่พิมพ์เปิด สลักจับจะชนกับปลายสลักเรียว [Tapered Knockout bolt (e)] ที่ติดอยู่กับเครื่องฉีด ซึ่งจะถ่างก้ามจับของสลักจับเมื่อสลักเรียวเลื่อนเข้าไปในสลักจับที่กลวงแล้ว ก้ามจับจะหุบกลับทันที และจับที่คอ (collar) ของสลักเรียวไว้ ทำให้สลักเรียวเลื่อนไปพร้อมกับสลักจับได้ และสามารถเลื่อนชุดกระทุ้งกลับมาได้ในขณะที่แม่พิมพ์เปิด ที่ปลายของระยะชักกลับซึ่งกำหนดโดยความยาวของปลอก ก้ามจับจะปล่อยสลักเรียว ความยาวของระยะชัก (stroke) จะกำหนดอย่างแม่นยำ โดยการปรับที่ปลอกและปรับเกลียวด้วยเกลียวละเอียด ระบบนี้เป็นระบบที่เชื่อถือได้ในการทำงาน

(a) แม่พิมพ์ปิด คอร์ดด้านข้างเลื่อนเข้าที่ระบบปลด A อยู่ในตำแหน่งกลับ

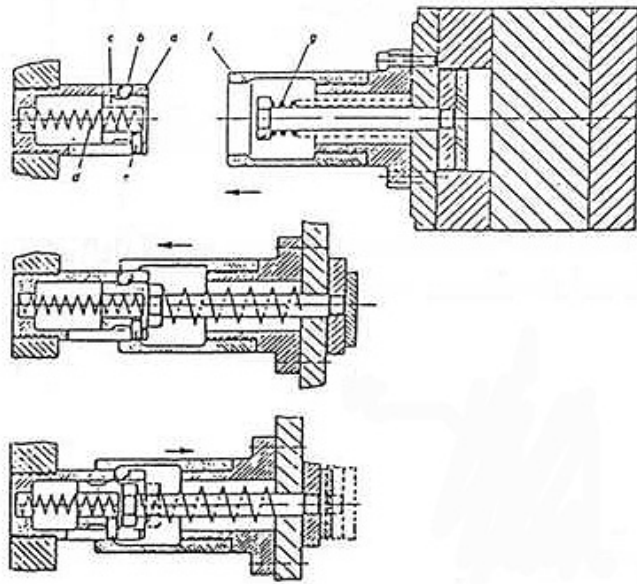
(b) แม่พิมพ์เปิดคอร์ดด้านข้างเลื่อนเปิดสลักเรียว (R) สอดเข้าไปในก้ามจับ (F) ดันระบบปลดชิ้นงานให้กระทุ้งชิ้นงานออก ก้ามจับอยู่ที่หัวของสลักเรียว

(c) แม่พิมพ์ส่วนที่เลื่อนปิดเป็นระยะทาง $B = \text{ระยะเลื่อนกระทุ้ง} + 5\text{ มม.}$ ทำให้ระบบปลดเลื่อนกลับคอร์ดด้านข้าง สามารถเลื่อนเข้าที่โดยไม่ถูกขวาง



รูปที่ 65 ตัวเลื่อนชุดกระทุ้งกลับโดยใช้ชุดสลักจับ (Pawl Pin)

ระบบดันกลับที่แสดงในรูปที่ 66 ทำงานด้วยลูกปืนในร่อง (Ball notch) เครื่องฉีดจะจับยึดปลอกนอก [Bushing (a)] แทนที่ก้านกระทุ้ง ลูกปืน (b) จะอยู่ในปลอกนอก ปลอกใน [sleeve (c)] สามารถเลื่อนอยู่ในปลอกนอกได้ สปริง (d) ดันปลอกในไว้และสกรูปรับ (e) จะหยุดปลอกในที่ตำแหน่งหน้าสุดในตำแหน่งนี้ลูกปืนจะเบียดมาทางปลอกใน ระหว่างเปิดแม่พิมพ์ ปลอกนอกจะเข้าไปในปลอก (f) และปลอกในจะชนกับสลักกระทุ้ง ซึ่งยึดเกลียวติดกับแผ่นกระทุ้งไปตามเส้นแบ่งของแม่พิมพ์พอเลื่อนมาอีกระยะหนึ่ง และชุดกระทุ้งจะเลื่อนกลับจากการดันของสปริง (g) โดยแรงสปริง (g) จะต้องมากกว่าแรงสปริง (d) ระหว่างเปิดแม่พิมพ์ ปลอกนอกจะออกจากปลอก (f) และสปริง (d) ดันปลอกในไปอยู่ที่ตำแหน่งเริ่มต้น

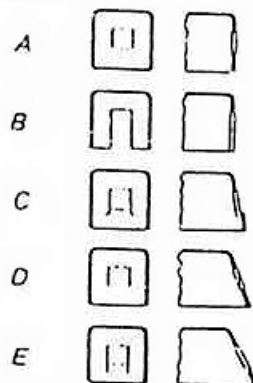


รูปที่ 66 ระบบดันตัวกระทุ้งกลับโดยใช้ลูกปืนในร่อง (Ball Catch)

ข้อเสียของระบบนี้คือ ระยะเลื่อนกระทุ้ง (ejector stroke) มีจำกัด ข้อดีคือ สามารถดันชุดกระทุ้งกลับได้ในขณะที่แม่พิมพ์ยังคงเปิดอยู่

การปลดชิ้นงานที่มี undercut

ปัญหาการปลดชิ้นงานที่มี undercut จะขึ้นอยู่กับรูปร่างและความลึกของ undercut ซึ่งเป็นตัวกำหนดว่าสามารถปลด undercut ได้โดยตรง หรือต้องทำชิ้นส่วนพิเศษ เพื่อให้ undercut หลุดออกจากคอร์ด้านข้างแม่พิมพ์แบบแยก (split mould) หรือการคลายเกลียว ชิ้นงานที่ไม่สามารถปลด undercut ได้โดยตรง จะต้องใช้แม่พิมพ์ที่มีราคาแพง และอุปกรณ์ที่ติดตั้งเข้าไปกับเครื่องฉีดพลาสติก ดังนั้นผู้ออกแบบแม่พิมพ์ควรปรึกษากับลูกค้าดูก่อนว่า สามารถหลีกเลี่ยง undercut โดยเปลี่ยนแบบชิ้นงานบางส่วนได้หรือไม่ เช่น การมี taper หรือช่องอยู่ที่ผนัง เป็นต้น ดังตัวอย่างที่แสดงในรูปที่ 67 ซึ่งเป็นชิ้นงานที่สามารถปลด undercut ได้โดยตรง บางกรณีรอยต่อแบบ snap และชิ้นงานที่มีเกลียวก็สามารถปลดออกได้โดยตรงเช่นกัน



(A) กล่องที่มีช่องที่ผนังข้างทำให้เกิด undercut

(B) เปลี่ยนช่องให้เป็นรอยเว้าจะไม่เกิด undercut

(C-E) ผนังเอียงสามารถทำเป็นช่องได้โดยไม่เกิด undercut และปลดออกจากคอร์ได้ง่าย

รูปที่ 67 การเปลี่ยนแบบชิ้นงานทำให้ไม่จำเป็นต้องใช้แม่พิมพ์ราคาแพง

การปลดชิ้นงานที่มี undercut ด้วยการกระทุ้งโดยตรง

การกระทุ้งชิ้นงานที่มี undercut เพื่อปลดชิ้นงาน อาจทำได้ถ้าชิ้นงานสามารถเปลี่ยนรูปได้มากพอที่จะทำให้ undercut หลุดออกได้ ซึ่งการเปลี่ยนรูปนี้ จะต้องไม่เกินขีดจำกัดความยืดหยุ่นของพลาสติกนั้นคือ พลาสติกที่ทำชิ้นงาน จะกลับคืนสู่รูปเดิมโดยไม่เปลี่ยนรูปถาวร ชิ้นงานที่ร้อนกว่า จะปลด undercut ได้ง่ายกว่า แต่ผู้ออกแบบแม่พิมพ์ต้องแน่ใจว่า แรงปลดที่กระทำต่อชิ้นงาน ไม่ทำให้ชิ้นงานเปลี่ยนรูปมากเกินไปจนเกิดรอยจากตัวกระทุ้ง

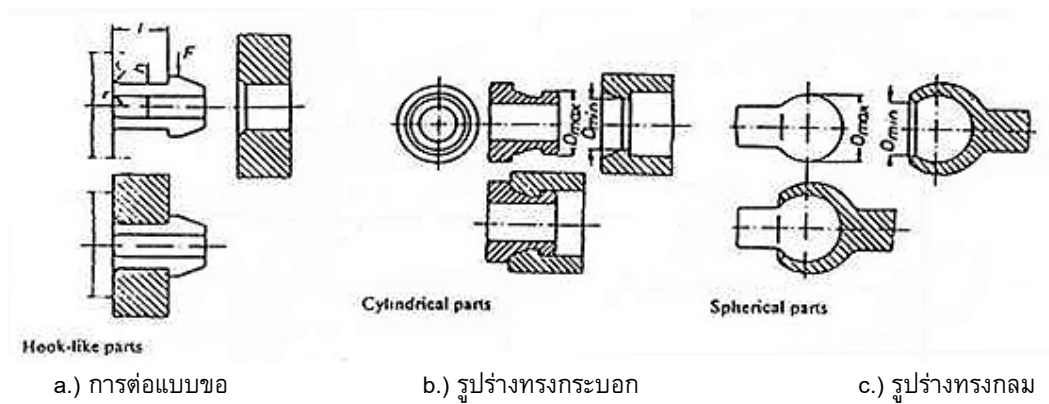
ตารางข้อมูลประมาณการยืดตัวที่ยอมรับได้ของพลาสติก ซึ่งสามารถใช้เป็นความลึกสูงสุดของ undercut ที่มีได้ในชิ้นงานผนังบาง

ตารางการยืดตัวระยะสั้นที่ยอมรับได้ของเทอร์โมพลาสติก

Material	Permissible Elongation or Maximum Undercut in %
Polystyrene	< 0.5
Styrene acrylonitrile copolymer	< 1.0
Acrylonitrile butadin	< 1.5
Styrene copolymer	
Polycarbonate	< 1.0
Nylon	< 2.0
Polyacetal	< 2.0
LD Polyethylene	< 5.0
MD Polyethylene	< 3.0
HD Polyethylene	< 3.0
Polyvinyl chloride (rigid)	< 1.0
Polyvinyl chloride (soft)	< 10.0
Polypropylene	< 2.0

ความลึกของ undercut สำหรับการต่อแบบ snap

ชิ้นงานหลายแบบที่ต่อกันแบบ snap แล้วสามารถปลดได้โดยไม่ต้องทำแม่พิมพ์แบบพิเศษ มักจะใช้กับรอยต่อที่มีรูปร่างสามแบบ คือ ขอ (hook) ทรงกระบอก และทรงกลม ความสัมพันธ์ระหว่างความสูงของ undercut (H) กับการยืดตัวจะเป็นเส้นตรง ดังนั้นความสูงของ undercut ที่พอจะทำได้ (H_{perm}) จะถูกจำกัดด้วยการยืดตัวสูงสุดที่ยอมรับได้ (H_{perm}) ณ ขีดจำกัดความยืดหยุ่น (Elastic limit) ของพลาสติก การคำนวณค่าสูงสุดของ undercut สำหรับรอยต่อที่มีรูปร่างสามแบบดังกล่าวข้างต้น สามารถใช้สูตรในการคำนวณได้ โดยทั่วไปรอยต่อสามแบบนี้จะเป็นดังรูปที่ 68



รูปที่ 68 รอยต่อแบบ snap สามแบบซึ่งสามารถปลด undercut ได้โดยไม่ต้องทำชุดปลด undercut ที่แม่พิมพ์

สิ่งสำคัญอีกอย่างก็คือ ส่วนที่มี undercut จะต้องยึดตัวหรือยึดตัวได้โดยไม่ต้องมีสิ่งกีดขวาง หมายถึงผิวในและผิวนอกของชิ้นงานทรงกระบอก ต้องถูกปลดออกไม่พร้อมกัน นอกจากนั้นมุมของส่วนที่ใช้ต่อแบบ snap จะต้องชี้ไปในทิศทางปลด รอยต่อที่ถอดไม่ได้ซึ่งมีมุม = 90 องศา จะไม่สามารถปลดได้ด้วยการกระทุ้งออก เพราะจะทำให้ส่วน undercut ถูกเฉือนขาด ในกรณีนี้ จะต้องทำชุดปลด undercut จากประสบการณ์ มุมต่อ (Joint angle) , ที่เหมาะสมคือ 10-45 องศา

ขนาดของ undercut สามารถขยายออกไปได้ ถ้าแบ่งส่วนของชิ้นงานทรงกระบอกที่มีหน้าตัดหนาและตัน ออกเป็นส่วนใหญ่หนากว่า จะทำให้แรงปลดที่ใช้ลดลง สำหรับส่วนที่เป็นขอบเปอร์เซ็นต์การยึดตัวของเส้นใยด้านนอกเนื่องจากการตัด ควรจะน้อยกว่าที่กำหนดไว้ในตาราง ต้องระวังในเรื่องตำแหน่งที่แรงปลดกระทำต่อชิ้นงาน ถ้าแรงปลดกระทำตรง undercut จะได้ผลดีที่สุด ดังนั้น จึงควรใช้แผ่นปลด ซึ่งมีพื้นที่สัมผัสมากที่สุด

การปลดเกลียว

เกลียวนอกมักจะขึ้นรูปได้ด้วยแม่พิมพ์แบบแยกหรือแม่พิมพ์ที่มีคอร์ด้านข้าง โดยไม่ต้องใช้อุปกรณ์คลายเกลียวซึ่งมีราคาแพง เกลียวในไม่สามารถปลดด้วยวิธีนี้ได้ แต่บางครั้งก็สามารถปลดออกจากคอร์ได้ถ้าออกแบบดังนี้

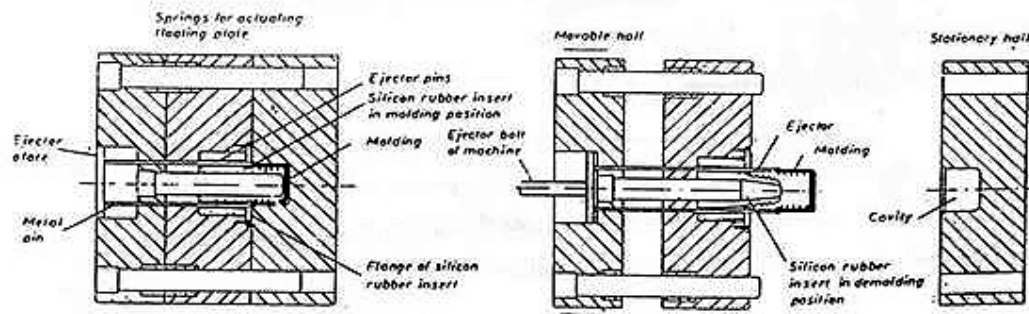
การปลดเกลียวในแม่พิมพ์ที่ใช้ตัวกระทุ้ง

การฉีดชิ้นงานที่มีเกลียวในด้วยแม่พิมพ์ที่ใช้ตัวกระทุ้งนั้น จะมีข้อจำกัดมาก การปลดชิ้นงานจะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติกและแบบของเกลียว ชิ้นงานที่ทำจากพลาสติกที่มีโมดูลัสของความยืดหยุ่นต่ำ เช่น CAB, PA-6, PP และ PE เป็นต้น สามารถปลดโดยกระทุ้งออกได้ ถ้าออกแบบเกลียวอย่างเหมาะสม โดยใช้เกณฑ์ตามที่ให้ไว้และการคำนวณที่เกี่ยวข้องโดยทั่วไป เกลียวที่มีความสูง 0.3 มม. สามารถถอดออกได้โดยการกระทุ้งเมื่อเกลียวมีหน้าตัดกลม

คอร์ที่ยุบได้ (Collapsible Core)

คอร์ที่ยุบได้ดังรูปจะใช้ได้กับชิ้นงานขนาดเล็ก ในกรณีนี้ต้องใช้แผ่นปลดอีกวิธีหนึ่งในการฉีดชิ้นงานที่มีเกลียวใน (รูปที่ 69) คอร์เป็นแกนเหล็กที่หุ้มปลายด้วยยางซิลิกอน ซึ่งทำเป็นเกลียวนอก ถ้าแม่พิมพ์ปิดแกนเหล็กจะอัดยางซิลิกอนให้ยืดออก ทั้งสองส่วนจะประกอบกันจนได้รูปคอร์ที่มีเกลียวถูกต้อง เมื่อแม่พิมพ์เปิด แกนเหล็ก

จะเลื่อยถอยกลับ ยางซิลิกอนยุบตัวลง ทำให้ปลดชิ้นงานออกจากคอร์ได้ แม่พิมพ์แบบนี้จะมีราคาสูงกว่าแบบคอร์ที่ไ้ดที่กล่าวไปข้างต้นและแม่พิมพ์ที่มีอุปกรณ์คลายเกลียว ยางซิลิกอนมีอายุการใช้งานไม่นานนัก แต่มีราคาไม่แพง และถอดเปลี่ยนได้ง่าย อย่างไรก็ตามคอร์แบบนี้จะเกิดปัญหาในการหล่อเย็นและต้องใช้เวลาฉีดที่นานกว่า



รูปที่ 69 คอร์ที่ยุบได้ทำจากแกนโลหะ (Metal pin) และยางซิลิกอน (Silicon rubber insert)

แม่พิมพ์ที่อธิบายไปข้างต้น มีข้อจำกัดในการใช้ คือไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดรอยที่ชิ้นงาน หากใช้คอร์ที่ยุบได้ ซึ่งไม่เหมาะกับชิ้นงานที่มีความแม่นยำ เช่น เฟืองหนอน เป็นต้น

แม่พิมพ์ที่ใช้ยางซิลิกอนมักจะเกิดการสึกหรอ ยางอาจเสียรูปจนใช้งานไม่ได้ และไม่เหมาะกับชิ้นงาน ที่ต้องการความเที่ยงตรงของขนาด แต่สำหรับการฉีดชิ้นงานจำนวนน้อย ควรใช้แม่พิมพ์ที่มีราคาถูก

แม่พิมพ์ที่มีคอร์แบบถอดได้

มักจะใช้กับชิ้นงานที่มีเกลียวในที่ต้องการผลิตจำนวนน้อย คอร์แบบนี้จะมีด้านเรียว (taper) ซึ่งมีมุมเรียว 15 องศา ผู้คุมเครื่องฉีดจะใส่คอร์เข้ากับแม่พิมพ์ โดยเสียบด้านเข้ากับรูที่ทำไว้รับกับด้ามคอร์แม่พิมพ์นี้มีราคาค่อนข้างถูก และมักจะใช้กับชิ้นงานที่ต้องการความเที่ยงตรงของขนาดสูง

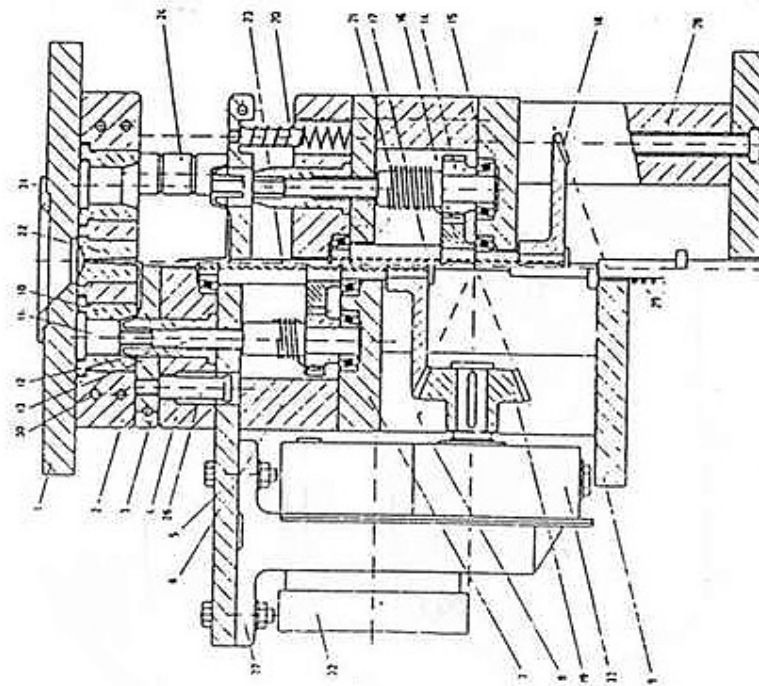
คอร์จะดึงชิ้นงานออกจากคavityหลังจากฉีดเสร็จแล้วและนำคอร์ที่มีชิ้นงานอยู่ด้วยออกจากแม่พิมพ์ ตอนนี้ก็สามารถหมุนคลายเกลียว ให้ชิ้นงานออกจากคอร์ โดยใช้มือหรืออุปกรณ์ที่เหมาะสม เช่น เพลาค้อนเหวี่ยง หรือมอเตอร์ จำนวนคอร์ที่ต้องใช้จะกำหนดด้วยรอบเวลาฉีดรวมถึงเวลาในการหล่อเย็น และอุณหภูมิ ควรชะลอเวลาในการปลดชิ้นงานออกจากคอร์ จนกว่าชิ้นงานจะเย็นลงถึงอุณหภูมิห้องเพื่อให้การหดตัวน้อยที่สุด

แม่พิมพ์ที่มีอุปกรณ์คลายเกลียว

เกลียวคุณภาพสูงสามารถฉีดได้ในราคาถูกและจำนวนมาก โดยใช้อุปกรณ์คลายเกลียวชิ้นส่วนแม่พิมพ์ที่ใช้ชิ้นรูปเกลียว โดยทั่วไปเป็นแกนสำหรับการฉีดเกลียวในและปลอกสำหรับการฉีดเกลียวนอก ซึ่งสามารถหมุนได้ในแม่พิมพ์ และปลดชิ้นงานโดยการหมุน ให้ชิ้นงานเลื่อนหลุดออกในระหว่างเปิดแม่พิมพ์ หรือหมุนแกนหรือปลอกในเลื่อนออกจากชิ้นงานในระหว่างปิดแม่พิมพ์ แม่พิมพ์แบบนี้จะต้องให้ความระมัดระวังในการปรับประกอบและวางแนวคอร์และชุดขับ หากประกอบคอร์ไม่ดีพอลาสติกที่ไหลเข้ามา จะชนคอร์เบี่ยงจากตำแหน่งศูนย์กลาง โดยเฉพาะคอร์ที่บาง ทำให้หมุนคลายเกลียวได้ยากหรือไม่ได้เลย เพราะแรงหมุนจากชุดขับไม่พอที่จะหมุนคอร์ออกจากชิ้นงานที่เสียรูปแบบของแม่พิมพ์ยังแตกต่างกันไปตามรูปร่างของชิ้นงานด้วย

แม่พิมพ์กึ่งอัตโนมัติ (Semiautomatic Mould)

แม่พิมพ์แบบนี้ จะปลดชิ้นงานที่มีเกลียว โดยใช้มือควบคุมอุปกรณ์คลายเกลียว เพื่องขับ (Gear Drive) สายพานลิ้มหรือโซ่จะส่งกำลังไปหมุนคอร์ที่ขึ้นรูปเกลียว แม่พิมพ์เป็นแบบคาวิตีเดียวหรือหลายคาวิตีก็ได้ ข้อควรระวัง คือ แรงที่เพลาช้อเหวี่ยงต้องไม่เกิน 150 นิวตัน แม่พิมพ์ที่มีมอเตอร์ไฟฟ้าและโซ่ขับ ดังรูปที่ 261 เป็นหนึ่งในหลายแบบของแม่พิมพ์ที่มีอุปกรณ์คลายเกลียว



รูปที่ 70 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มีอุปกรณ์คลายเกลียวและคลัทช์สปริง

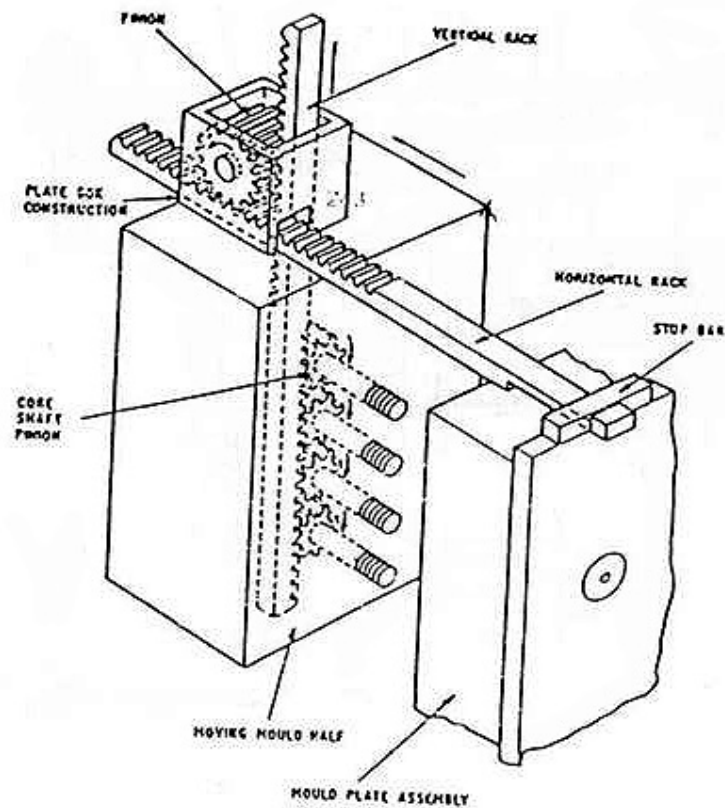
แม่พิมพ์คลายเกลียวแบบอัตโนมัติ (Automatic Unscrewing Mould)

แรงขับสำหรับแม่พิมพ์แบบนี้จะถ่ายทอดจากการเคลื่อนที่ของเกลียว (Lead Screw) ที่เป็นเกลียวหยาบ หรือเฟืองสะพาน (Rack) หรือจากชุดขับที่แยกต่างหาก เช่น ชุดขับด้วยไฟฟ้านิวแมติก หรือ ไฮดรอลิกส์ ซึ่งมักจะทำงานโดยมีชุดควบคุมแยกต่างหาก

แม่พิมพ์คลายเกลียวด้วยเฟืองสะพาน (Rack)

จำนวนชิ้นงานที่สามารถปลดได้ในแม่พิมพ์แบบนี้ จะถูกจำกัดด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของชิ้นงาน แรงของเครื่องฉีดหรือชุดขับเฟืองสะพาน และระยะชักของเฟืองสะพาน การเคลื่อนของเฟืองสะพาน เกิดจากการเปิดแม่พิมพ์ของเครื่องฉีด ดังแสดงในรูปที่ 71 หรือด้วยลูกสูบไฮดรอลิกส์หรือนิวแมติก

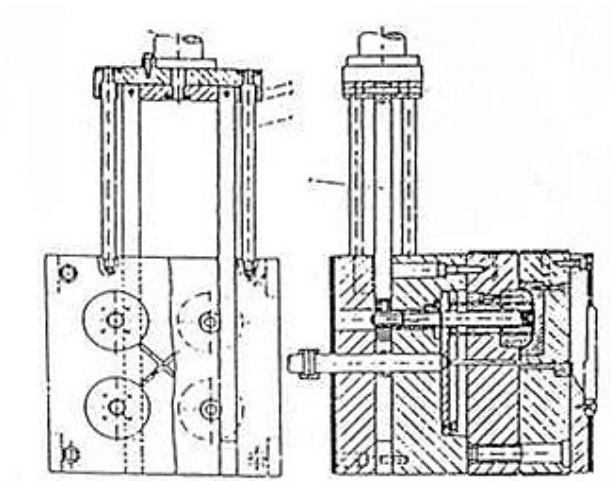
MOULDS FOR INTERNALLY THREADED COMPONENTS



รูปที่ 71 แม่พิมพ์ที่มีอุปกรณ์คลายเกลียวขับเคลื่อนด้วยเฟืองสะพานและเฟืองขับ (Rack and Pinion)

แม่พิมพ์นี้จะทำหน้าที่ไม่ฉีดพลาสติกต่อเมื่อเฟืองสะพานมีระยะพิตที่ถูกต้อง ทั้งเฟืองหนอนและคอร์มีแบร์ริงและตัวนำเลื่อนที่แม่นยำ มิฉะนั้นคอร์จะเอียง ขณะที่น้ำพลาสติกถูกฉีดไหลเข้าแม่พิมพ์เป็นผลให้ใช้แรงหมุนมากขึ้นในการคลายเกลียวปลดชิ้นงาน ซึ่งอาจมากเกินไปถึงขั้นที่เฟืองสะพานจะส่งไปได้ เฟืองสะพานจะเสียรูปและฟันเฟืองถูกฉีกขาดโดยเฉพาะในกรณีที่การหมุนไม่ได้เกิดจากการส่งกำลังโดยตรง แต่เพลาส่งกำลังทำมุมกันโดยใช้เฟืองดอกจอกหรือส่งกำลังผ่านเฟืองสะพานอีกอันหนึ่ง ดังรูปที่ 71

แม่พิมพ์ในรูปที่ 72 เฟืองสะพานเลื่อนโดยชุดขับเคลื่อนภายนอก ซึ่งเป็นไฮดรอลิกส์ แบบนี้มีข้อดี คือ สามารถคลายเกลียวที่ชิ้นงานได้ในขณะที่แม่พิมพ์ปิดอยู่



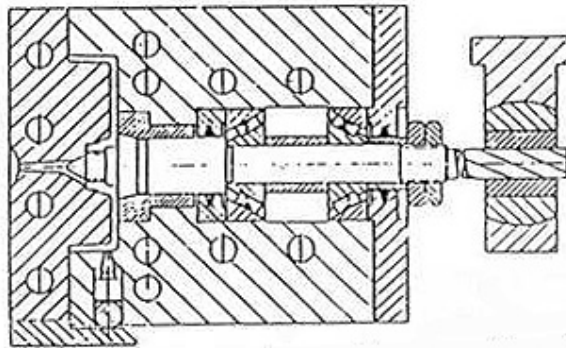
- (a) เฟืองสะพาน
- (b) คอรั้นรูปเกลียวและมีเฟืองขับ
- (c) ตัวเว้นระยะ
- (d) แผ่นยึด
- (e) ปลอกนำเลื่อน

รูปที่ 72 แม่พิมพ์สี่คavityที่มีปกรณณ์เกลียวขับเคลื่อนด้วยเฟืองสะพาน

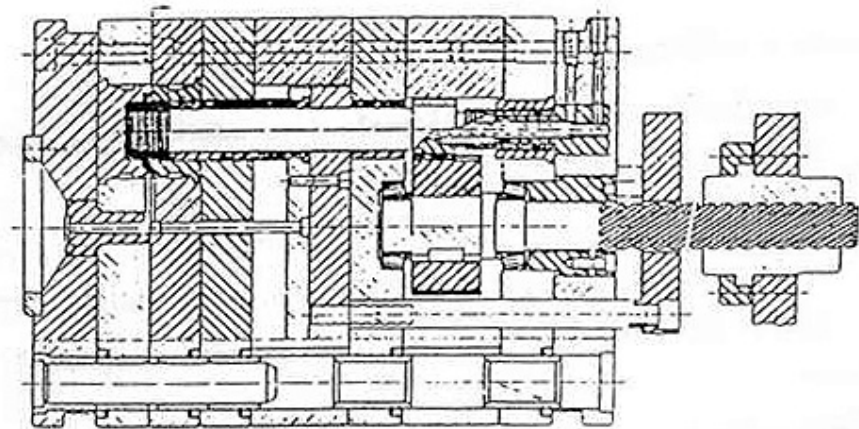
แม่พิมพ์หลายเกลียวด้วย Lead Screw

เกลียวนำซึ่งขับเคลื่อนด้วยแป้นเกลียว ที่ติดไว้กับเครื่องฉีดพลาสติก จัดว่าเป็นชุดขับเคลื่อนที่ง่ายที่สุดและปลอดภัยที่สุดสำหรับคอรั้นรูปเกลียว ในการปลดชิ้นงาน เกลียวนำจะแปลงการเคลื่อนที่เปิดแม่พิมพ์ของเครื่องฉีดให้เป็นการหมุนเพื่อขับให้คอรั้นหมุน ระยะเปิดของเครื่องฉีดพลาสติกจะเป็นตัวกำหนดชนิด ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางและจำนวนของเกลียวและจำนวนของคอรั้น โดยทั่วไปวิธีนี้สามารถปลดเกลียวได้ที่ละ 15 อัน โดยมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางถึง 10 มม. บางครั้งอาจใหญ่กว่านี้ถ้าใช้เกลียวนำที่มีระยะพิทน้อยลง

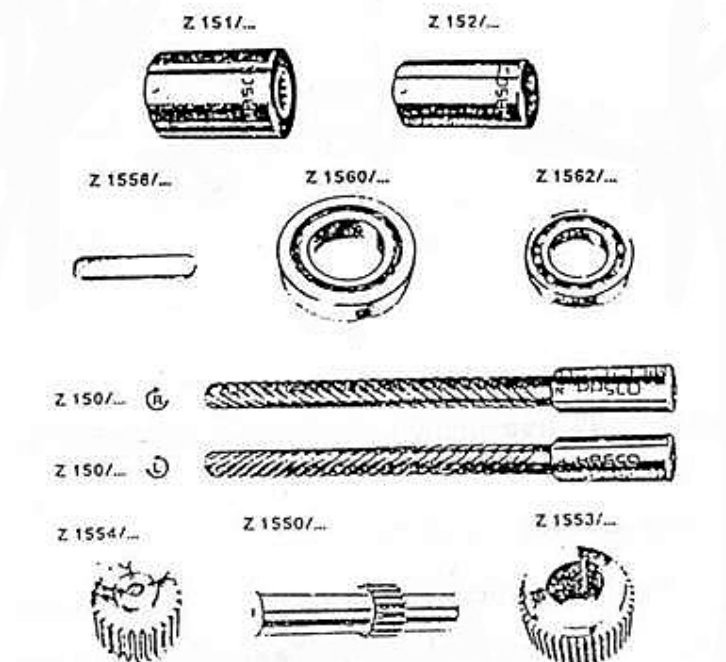
มีผู้ผลิตเกลียวนำออกจำหน่าย โดยมีเส้นผ่าศูนย์กลางหลายขนาด ทั้งเกลียวซ้ายและเกลียวขวา เป็นเกลียวหลายปาก ซึ่งผลิตได้ยากเพราะไม่เพียงแต่จะมีมุม lead ที่ชันมาก แต่ยังต้องขัดผิวให้เรียบมากด้วย หากไม่มีเครื่องมือพิเศษก็ไม่ควรผลิต ประสิทธิภาพของเกลียวนำจะเพิ่มขึ้นเมื่อมุม lead โตขึ้นแรงดันสัมผัสจะลดลงและเพิ่มอายุการใช้งานของเกลียวและแป้นเกลียว ระยะพิทที่ต้องใช้ในการปลดชิ้นงานสามารถคำนวณได้



รูปที่ 73 เกลียวนำที่มีมุม lead (Helix) ชัน และหมุนอยู่ในแม่พิมพ์โดยทำหน้าที่เป็นคอรั้นรูปเกลียว



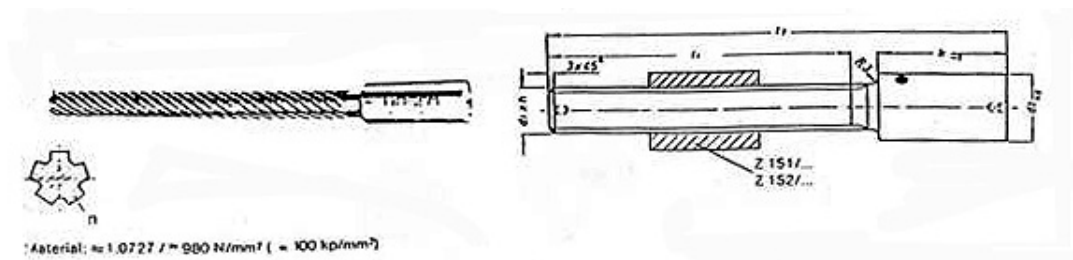
รูปที่ 74 แม่พิมพ์ที่มีอุปกรณ์เคลือบเกลียว เกลียวหน้าที่หมุนได้ประกอบไว้ในแม่พิมพ์



รูปที่ 75 ชิ้นส่วนของชุดที่มีระยะพิตมาก

- Z 150/... แกนที่ทำเป็นเกลียวซ้ายและขวาหลายปากและมีระยะพิตมาก
- Z 151/... และ Z 152/... แป้นเกลียว
- Z 1550/... แกนที่ทำเป็นคอรี
- Z 1553/... เฟืองขับ
- Z 1554/... เฟืองตาม
- Z 1558/... ลิ้นส่งกำลัง
- Z 1560/... แปรงลูกปืนเรียว
- Z 1562/... แปรงลูกปืนกลมแบบมีร่องลูกปืน

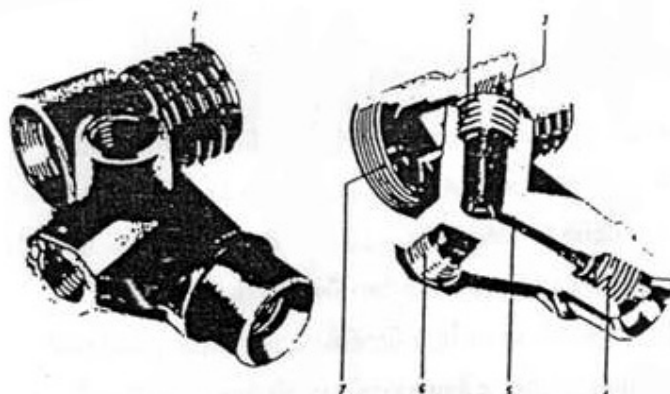
แม่พิมพ์หลายคาวิตีที่ใช้อุปกรณ์คล้ายเกลียว ซึ่งเป็นชิ้นส่วนมาตรฐานของผู้ผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์ (รูปที่ 270) ขนาดต่าง ๆ ของเกลียวนำ แสดงในรูปที่ 271 และตารางที่ 13 โดยเส้นผ่านศูนย์กลาง (b) x ระยะพิท (h) มีตั้งแต่ขนาด 20 x 60 ถึง 38 x 200 มม. และจำนวนปากของเกลียว (n) ตั้งแต่ 5 ถึง 12 ปาก ความยาว (l) ตั้งแต่ 240 ถึง 450 มม. เกลียวนำจะทำจากเหล็กกล้าชุบแข็งที่ผิวจนมีความแข็ง 980 นิวตัน/ตร.มม. แป้นเกลียวมีทั้งแบบที่เป็นปลอกเกลียวทำจากไนลอน (Polyamide) และบรอนซ์ ปลอกไนลอนจะเหมาะสำหรับการใช้งานที่อุณหภูมิไม่เกิน 80°C เพราะมีความเสียดทานน้อย



รูปที่ 76 ชิ้นส่วนมาตรฐานของเกลียวนำ (Lead Screw) และปลอก (Bushing)

แม่พิมพ์ที่มีชุดหมุ่หลายเกลียวแยกต่างหาก

แบบของแม่พิมพ์ทำงานอัตโนมัติที่ได้อธิบายไปแล้วนั้น จำนวนชิ้นงานเกลียวที่ปลดได้จะถูกจำกัดด้วยระยะชักของชุดประกอบแม่พิมพ์ของเครื่องฉีดพลาสติก การคลายเกลียวในขณะที่แม่พิมพ์ปิดอยู่จึงไม่อาจทำได้ แต่มีชิ้นงานหลายแบบที่คลายเกลียวได้ เฉพาะตอนปิดแม่พิมพ์เท่านั้น เช่น ในกรณีที่เกลียวอยู่บนกระหนาบหรือทำมุมกัน รูปที่ 77 แสดงชิ้นงานพลาสติกที่มีเกลียวอยู่บนกระหนาบและทำมุมกัน ชิ้นงานที่ซับซ้อนเช่นนี้ หากมีเกลียวยาวก็จำเป็นต้องใช้ชุดขับแยกต่างหาก ซึ่งทำงานโดยไม่ขึ้นอยู่กับระยะชักของเครื่องฉีดพลาสติก นั่นคือชุดขับที่ทำงานด้วยไฟฟ้าหรือไฮดรอลิกส์ การเปิดปิดชุดขับนี้ จะต้องทำได้แม่นยำตามที่ต้องการ ถ้ามอเตอร์ปิดก่อนที่ core จะเลื่อนถึงตำแหน่งปลายก็จะเกิดครีบลบมากที่ชิ้นงาน แต่ถ้ามอเตอร์เปิดช้าไป แรงหมุนทั้งหมดจะส่งไปที่ core และอัดกับ core เป็นผลให้แม่พิมพ์เสียหาย

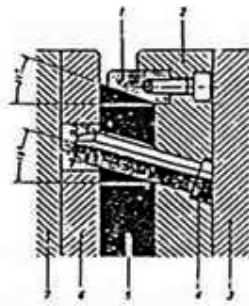


- (1) เกล็ดขวานอก
- (2) เกล็ดขาในและรู
- (3) เกล็ดขาในและรู
- (4) เกล็ดขาใน
- (5) รู
- (6) เกล็ดขาใน
- (7) เกล็ดขาในที่มีร่องรับซี่ล

รูปที่ 77 ลำตัวของกิ้งก่าที่มีเกล็ดยาวอยู่คนละระนาบและทำมุมกัน

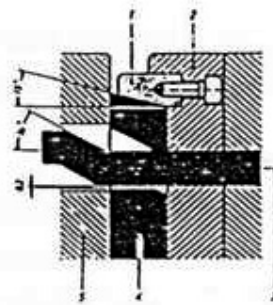
แม่พิมพ์ที่มีตัวเลื่อนด้านข้าง (Side Slide)

ในระหว่างการปลดชิ้นงาน ตัวเลื่อนจะถูกดันด้วย angle pin หรือลูกเบี้ยว บางครั้งด้วยลูกสูบไฮดรอลิกหรืออุปกรณ์พิเศษ ลักษณะทั่วไปของแม่พิมพ์ที่มีตัวเลื่อนด้านข้างคือ มีคอร์ ด้านข้างหรือส่วนที่ขึ้นรูปด้านข้างประกอบอยู่กับตัวเลื่อน ในรูปที่ 78 และ 79 แสดงแบบและการติดตั้ง รวมทั้งขนาดเฉพาะของแม่พิมพ์แบบนี้ การทำงานของแม่พิมพ์จะแสดงในรูปที่ 80



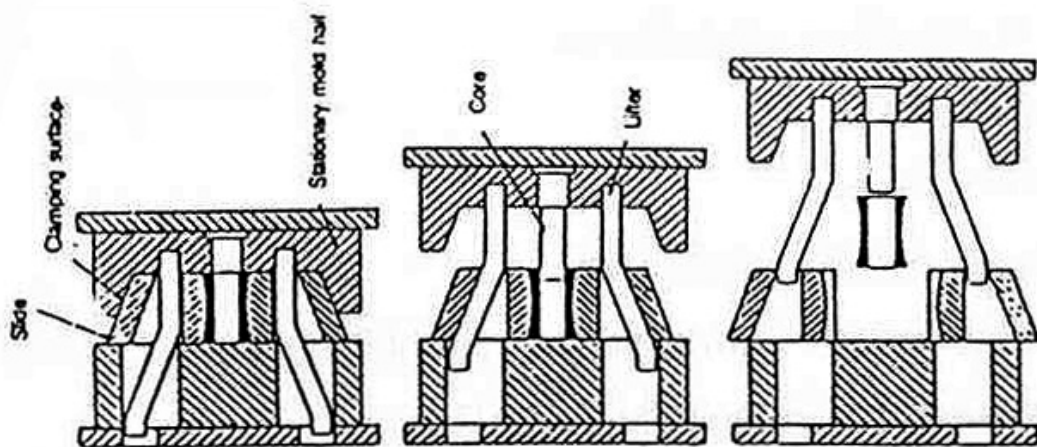
รูปที่ 78 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ที่มีตัวเลื่อนด้านข้างที่ใช้ angle pin

- (1) core lock;
- (2) แผ่นแม่พิมพ์
- (3) แผ่นยึด
- (4) Angle pin;
- (5) ตัวเลื่อน
- (6) แผ่นแม่พิมพ์
- (7) แผ่นรอง



รูปที่ 79 แบบที่ใช้ลูกเบี้ยวขับ

- (1) core lock;
- (2) แผ่นแม่พิมพ์
- (3) ลูกเบี้ยว
- (4) ตัวเลื่อน
- (5) แผ่นแม่พิมพ์



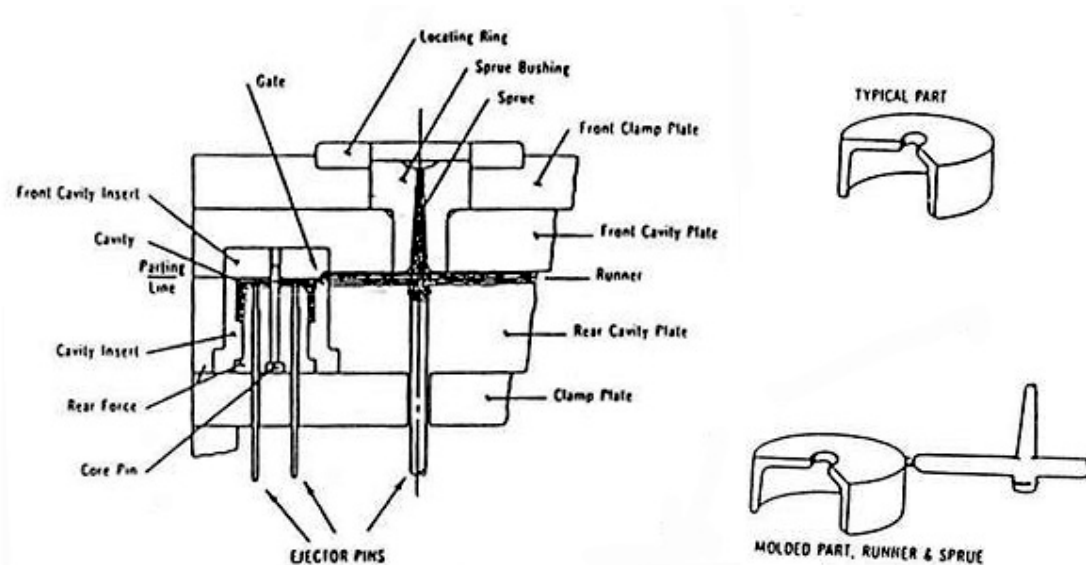
รูปที่ 80 การทำงานของแม่พิมพ์ที่ใช้ลูกเบี้ยว

ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์

ในการอธิบายเรื่องของแม่พิมพ์นั้น ก่อนอื่นควรจะรู้การเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์รู้จักชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ และแม่พิมพ์ชนิดต่าง ๆ

รูปที่ 81 แสดงให้เห็นแบบทั่วไปของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และการเรียกชื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ โดยอาศัยหลักการเรียกชื่อชิ้นส่วนเครื่องฉีดพลาสติก ที่มีหน้าแปลนอยู่กับที่ (Fixed platen) และหน้าแปลนเคลื่อนที่ (Moving Platen) แม่พิมพ์จึงแบ่งได้เป็นส่วนของอยู่กับที่ (Fixed half) กับส่วนที่เคลื่อนที่ (Moving half) โดยทั่วไปรูเข้าของน้ำพลาสติก จะอยู่กับส่วนที่อยู่กับที่ ยกเว้นแม่พิมพ์ที่มีรูเข้าของน้ำพลาสติกอยู่ที่เส้นแบ่ง (Parting line)

การเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์

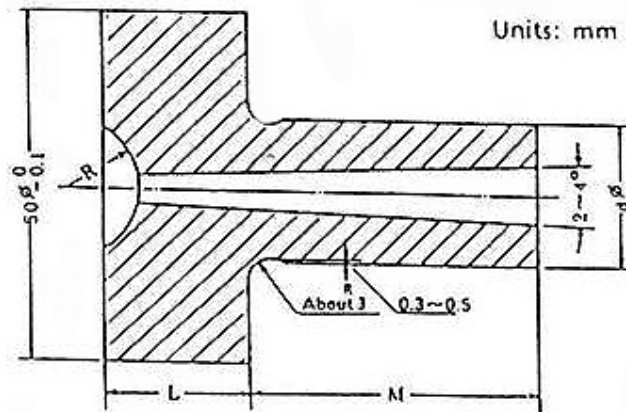


รูปที่ 81 การเรียกชื่อส่วนต่าง ๆ ของแม่พิมพ์ (ใช้ของอเมริกา)

ปลอกกรูฉีด (Sprue Bushing)

ปลอกกรูฉีด (รูปที่ 82) เป็นส่วนที่สัมผัสโดยตรง ระหว่างหัวฉีด (Nozzle) ของกระบอกฉีด (Injection Cylinder) กับแม่พิมพ์ โดยทั่วไปจะมีรัศมีความโค้งที่สัมพันธ์กับรัศมีที่หัวฉีด ให้หัวฉีดมีรัศมี r และปลอกกรูฉีดมีรัศมี R หัวฉีดและปลอกกรูฉีด จะประกอบกันอย่างถูกต้องเมื่อ $R = r + 1$ มม. ซึ่งหมายถึงรัศมีมีความโค้งของปลอกกรูฉีด ควรจะใหญ่กว่ารัศมีส่วนโค้งของหัวฉีดอยู่ 1 มม. (ดูรูปที่ 82) เพื่อให้ น้ำพลาสติกไหลเข้าไปอยู่บริเวณผิวสัมผัสของผิวโค้งทั้งสอง และเมื่อแข็งตัว ก็จะทำให้การประกบระหว่างหัวฉีดและปลอกกรูฉีดแน่นสนิทยิ่งขึ้น จนไม่มีการรั่วของน้ำพลาสติกเมื่อฉีดด้วยแรงดันสูง

โดยทั่วไป รูของปลอกกรุניתมี Taper 1° ถึง $1^{\circ}30'$ รูของหัวฉีดซึ่งเป็น Taper ด้วย ควรมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่ารูของปลอกกรุנית ประมาณ 1 มม. ณ จุดที่สัมผัสกัน เพื่อให้ง่ายต่อการดึงพลาสติก แกนรูฉีด (Sprue) ออกเมื่อเปิดแม่พิมพ์ ค่าพิทักความเผื่อของเส้นผ่าศูนย์กลางนอกของรูฉีดคือ g6 สำหรับวงกลมใหญ่ และค่า k6 สำหรับวงกลมเล็ก ขณะที่ค่าพิทักความเผื่อของแผ่นยึดส่วนหน้า คือ H9 และของแผ่นควัตคือ H7



Units: mm

Nominal size	D	
	Dimension	Tolerance
20	20	+0.013 -0.008
25	25	+0.013 -0.008
35	35	+0.015 -0.010

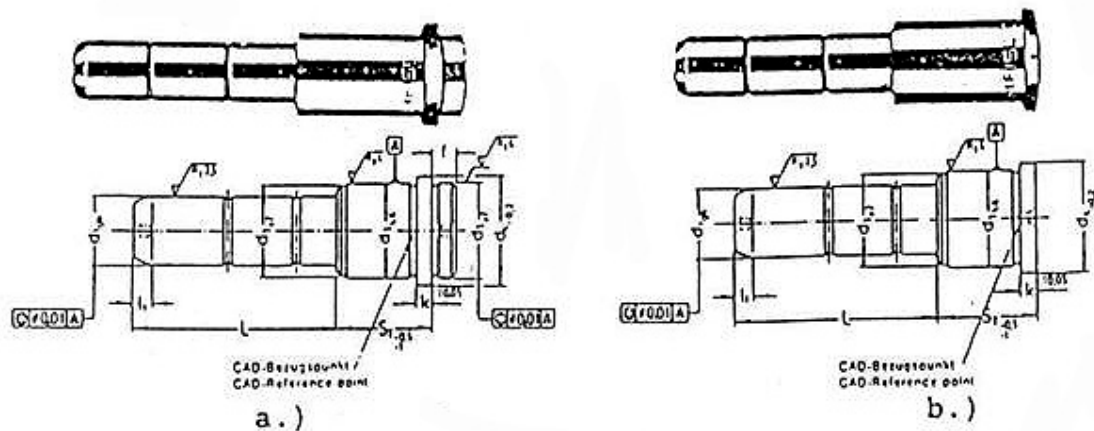
Note: M, L, and R are specified by the user.

รูปที่ 82 ปลอกกรุנית (Sprue Bushing)

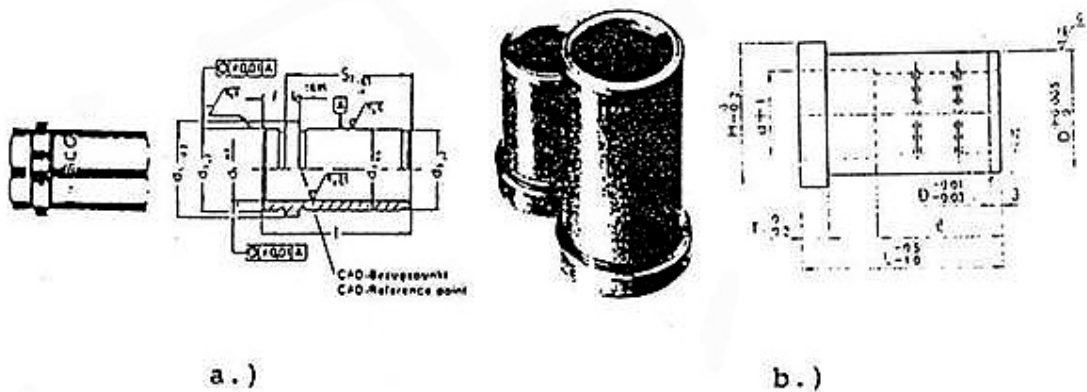
สลักนำและปลอกนำ (Guide pin and Guide pin Bushing)

สลักนำและปลอกนำ จะเป็นตัวนำเคลื่อนส่วนเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ และบังคับให้อยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง สัมพันธ์กับส่วนอยู่กับที่ของแม่พิมพ์ สลักนำ (รูปที่ 83 (a) และ 83 (b)) มักจะติดอยู่กับแรงดันข้างที่กระทำต่อแผ่นแม่พิมพ์ ซึ่งอาจเกิดในแม่พิมพ์ที่มี Sliding (Side) Core

สลักนำและปลอกนำ ดังรูปที่ 83 และ 84 มักจะใช้น้อยมากในแม่พิมพ์ที่มีความเที่ยงตรง (Precision) สูง เนื่องจากช่วยในวางแนว (Alignment) ของแผ่นแม่พิมพ์ทุกแผ่นได้อย่างถูกต้อง และสามารถรับแรงในแนวอนได้น้อย



รูปที่ 83 สลักนำ (Guide Pin) a) มีส่วนต่อ (Heel) b) ไม่มีส่วนต่อ

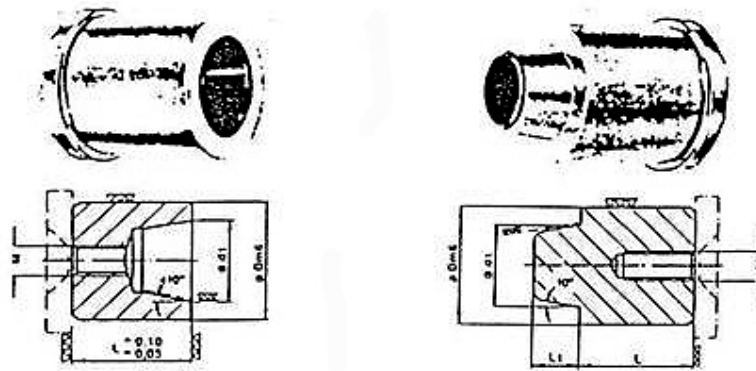


รูปที่ 84 ปลอกนำ (Guide Pin Bush) a) มีส่วนต่อ (Heel) b) ไม่มีส่วนต่อ

Tapered Interlock

สลักนำและปลอกนำ จะรับแรงด้านข้างที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์ อย่างไรก็ตาม เมื่อแรงด้านข้างมาก หรือ กรณีที่แม่พิมพ์หนักมาก จะประกอบ Tapered Interlock (รูปที่ 85) เพิ่มเข้าไปในแม่พิมพ์ในบางกรณี จะใช้ Tapered Interlock เพียงอย่างเดียว ไม่มีสลักและปลอกนำ โดยเฉพาะในแม่พิมพ์ต้น ๆ และไม่มีแรงด้านข้าง เกิดขึ้นในระหว่างปิดแม่พิมพ์

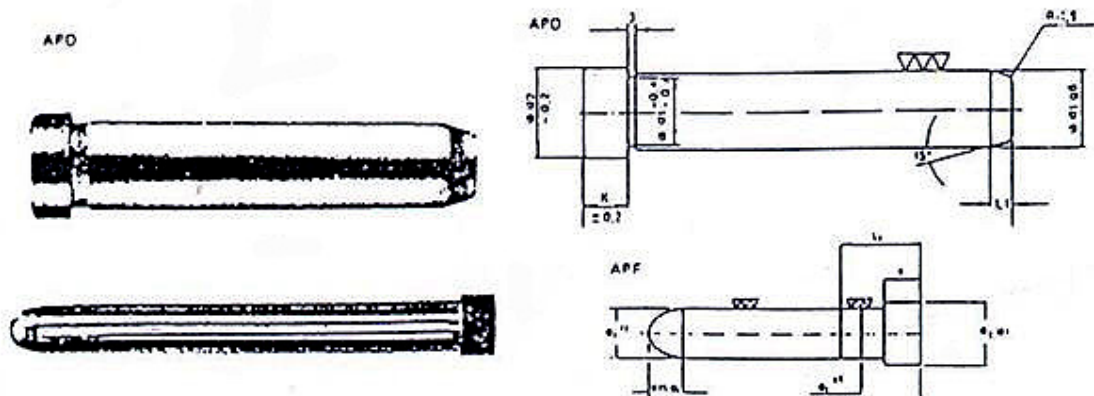
งานสวม (Fit) และพิกัดความเผื่อ (Tolerances) จะระบุไว้ในรูปที่แสดงรายละเอียดสำหรับพิกัดความเผื่อของเพลลา ส่วนพิกัดความเผื่อของรูในงานทำแม่พิมพ์ใช้ H7 เสมอ



รูปที่ 85 Tapered Interlock

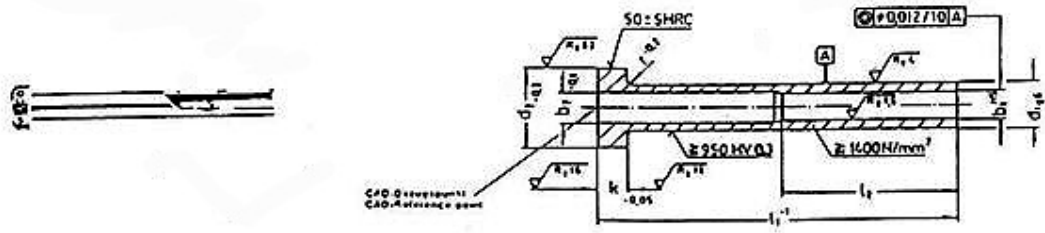
Angle Pin

Side Core ที่อยู่ในแม่พิมพ์ จะเลื่อนโดยใช้ Angle Pin ซึ่งประกอบเข้าในแม่พิมพ์โดยเอียงเป็นมุม เพื่อเลื่อน Slide Core ให้ได้ระยะตามต้องการ และสัมพันธ์กับจังหวะเปิดแม่พิมพ์ มักใช้มุมเอียงระหว่าง 15 – 25 องศา แบบของ Angle pin และค่าพิสัยความเผื่อแสดงในรูปที่ 86



รูปที่ 86 แบบต่าง ๆ ของ Angle Pin

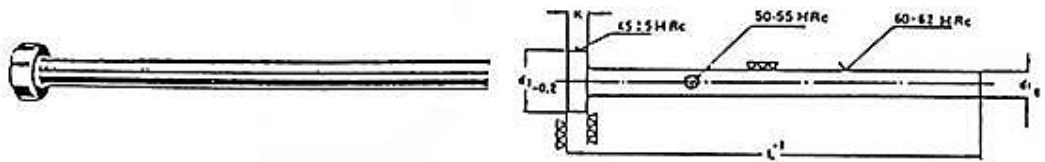
ในกรณีที่ใช้ Angle Pin ไปเลื่อน Slide Core ตัวเลื่อนที่เป็น Core (Core Slide) จะต้องถูกล็อกไว้ด้วย Core Lock ที่มีผิวเอียง ดังแสดงในรูปที่ 87 ขณะที่การประกอบ Angle Pin เข้าไปในตัวเลื่อนควรเป็นแบบค่อนข้างหลวม การใส่ Angle Pin เพื่อให้แน่ใจได้ว่า ตัวเลื่อนจะกลับสู่ตำแหน่งเดิมอย่างถูกต้องทุกครั้ง และ Core lock จะต้องมีความแข็งแรง และประกอบกันอย่างแน่นยำ เพื่อที่จะได้ต้านแรงจากการฉีดพลาสติกในแม่พิมพ์



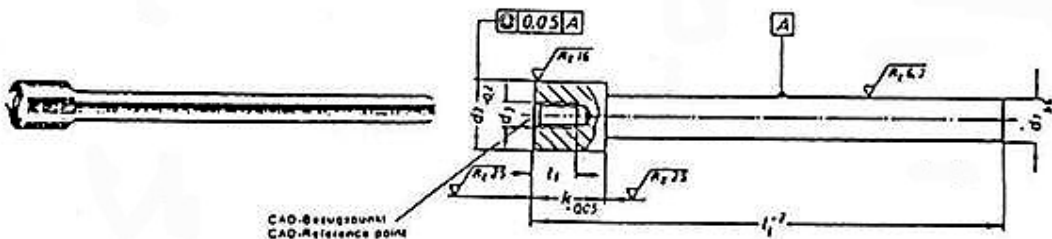
รูปที่ 90 ปลอกกระทุ้ง (Ejector Sleeve)
(ระบุค่าพิถีความเผื่อและความแข็งไว้ด้วย)

สลักสำหรับทำรูที่ชิ้นงาน (Core pin) แสดงไว้ในรูปที่ 91 และ 92 ซึ่งมักจะทำจากเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็ง โดยมีความแข็ง 60 – 62 HRc และที่หัวมีความแข็ง ± 5 HRc แกนของสลักควรมีความแข็ง 50 – 55 HRc สำหรับสลักเคลื่อนที่ และ 45 HRc สำหรับสลักที่อยู่กับที่ เพื่อให้แน่ใจว่ามีความเหนียว (toughness) ได้ตามต้องการ

ค่าพิถีความเผื่อสำหรับรูที่สวม Core Pin ควรเป็น H7 สำหรับ Core Pin ที่เคลื่อนที่ (รูปที่ 91) คือ g6 และ N6 สำหรับ Core Pin ที่อยู่กับที่ (รูปที่ 92)



รูปที่ 91 Core Pin เคลื่อนที่ (ระบุค่าพิถีความเผื่อและความแข็ง)



รูปที่ 92 Core Pin ที่อยู่กับที่ (ระบุค่าพิถีความเผื่อ)

แผ่นฐานอยู่กับที่หรือยึดส่วนหน้า (Fixed Base Plate or Front Clamp Plate)

แผ่นฐานอยู่กับที่หรือยึดส่วนหน้า (ชื่อเรียกแบบอเมริกา) ทำให้ยึดส่วนที่อยู่กับที่ของแม่พิมพ์เข้ากับหน้าแปลนด้านที่อยู่กับที่ของเครื่องฉีดได้สะดวกขึ้น และต้องทนแรงดันซึ่งหัวฉีดกดป้อนรูฉีด (Nozzle Pressure) และยังใช้เป็นแผ่นรองสำหรับส่วนควิตี้ (Cavity insert) ได้ในแม่พิมพ์บางแบบ ยิ่งกว่านี้ ยังสามารถทำช่องหล่อเย็นไว้ในแผ่นยึด เพื่อหล่อเย็นส่วนแกนรูฉีด (Sprue) สำหรับการฉีดชิ้นงานที่ต้องการให้รอบเวลาดฉีด (Cycle time) สั้น หรือผลผลิตสูง

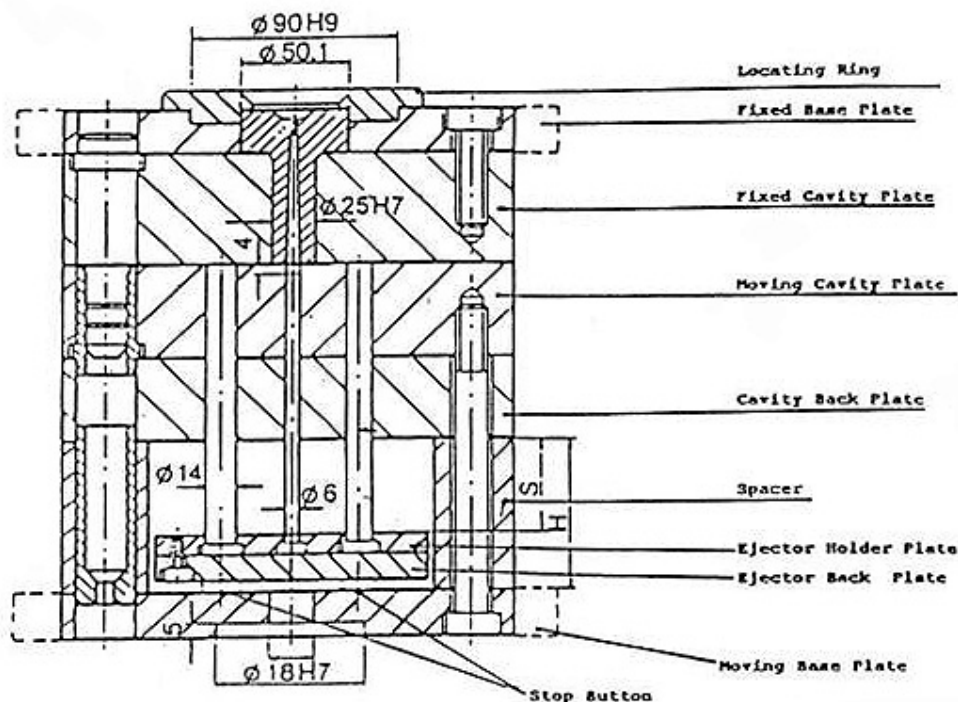
แผ่นยึดส่วนหน้า อาจกว้างกว่าแผ่นควิตตี้ (Cavity plate) 20 – 25 มม. สำหรับเป็นที่จับของตัวยึด (Machine clamp) หากพื้นที่ในการยึดของเครื่องฉีดมีอยู่จำกัด ก็ทำการเซาะร่องสี่เหลี่ยมที่แผ่นยึดหรือแผ่นควิตตี้ สำหรับเป็นที่จับของตัวยึด อย่างไรก็ตาม ควรทำเช่นนี้ในกรณีที่จำเป็นเท่านั้นคือไม่มีที่ว่างพอในการยึด เพราะสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการกัดร่อง ซึ่งก็ไม่คุ้มค่างับวัสดุที่ประหยัดได้ จากการลดขนาดแผ่นยึด (ดูรูปที่ 93)

แผ่นควิตตี้อยู่กับที่หรือแผ่นควิตตี้ส่วนหน้า (Fixed Cavity Plate or Front Plate)

เป็นแผ่นที่มีไว้สำหรับประกอบส่วนควิตตี้ (Cavity insert) เจาะช่องน้ำหล่อเย็น และต่อสายยางสำหรับน้ำหล่อเย็นในแม่พิมพ์ส่วนที่อยู่กับที่ แม่พิมพ์ขนาดเล็กจะใช้การกัดแผ่นควิตตี้ให้เป็นรูปควิตตี้ตามต้องการ วิธีนี้จึงใช้กับแม่พิมพ์ขนาดเล็ก ขนาดกลางและขนาดใหญ่ได้ในบางกรณี

แผ่นฐานเคลื่อนที่หรือแผ่นยึดส่วนหลัง (Moving Base Plate or Rear Clamp Plate)

แผ่นยึดส่วนหลัง จะทำหน้าที่โดยทั่วไปเหมือนกับแผ่นยึดส่วนหน้า คือทำให้การยึดส่วนเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เข้ากับหน้าแปลนส่วนที่เคลื่อนที่ของเครื่องฉีดได้สะดวกขึ้น และมีรูที่ศูนย์กลางเพื่อให้แกนกระทุ้ง (Ejector Rod) ของเครื่องฉีด ลอดเข้าไปทำให้มีการเคลื่อนที่เพื่อปลดชิ้นงาน (ดูรูปที่ 93)



รูปที่ 93 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของแม่พิมพ์

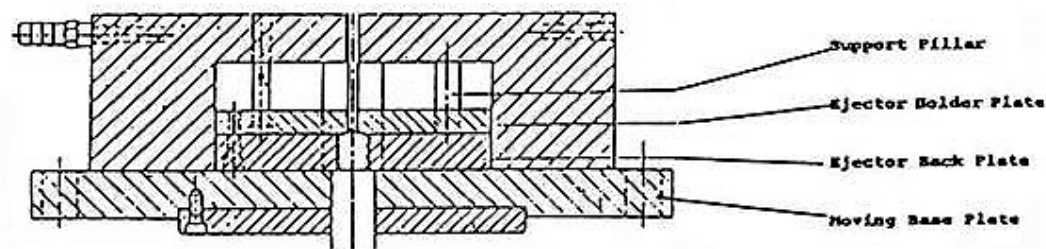
ตัวเว้นระยะ (Spacer)

โดยทั่วไปจะมีตัวเว้นระยะอยู่สองชิ้น ประกอบไว้ที่ส่วนเคลื่อนที่ของแม่พิมพ์ เพื่อให้มีที่สำหรับการเลื่อนของเข็มกระทุ้ง ความสูงของตัวเว้นระยะจะขึ้นอยู่กับช่วงความยาวของการปลดชิ้นงาน (Ejector - Stroke)

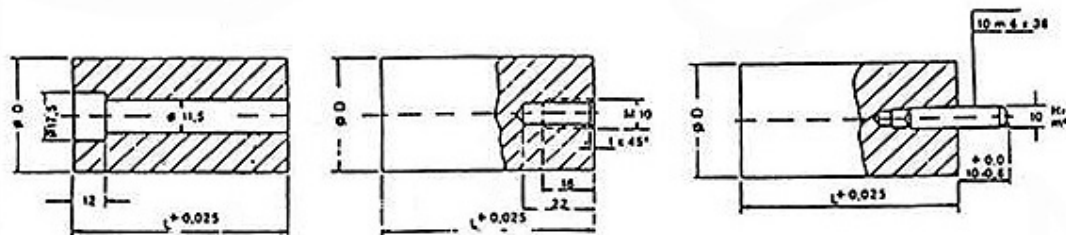
บวกกับขนาดของแผ่นจับเข็มกระทุ้ง (Ejector holder) และแผ่นรอง (Ejector back plate) และหัวของ Stop button ที่โผล่ออกมา ดังรูปที่ 96/97

เสาค้ำ (Support Pillar)

ในกรณีที่ควาตีมีพื้นที่ใหญ่มาก แผ่นรองคาสตี (Cavity back Plate) ต้องมีการค้ำไว้เพื่อป้องกันกาแอ่นของแผ่นรอง จึงใส่เสาค้ำดังรูปที่ 94 จำนวนเสาที่ใช้และการเว้นระยะห่างที่เท่ากันจะขึ้นอยู่กับขนาดของควาตีและแรงที่กดอยู่ ข้อสำคัญคือ การให้มีความเค้นนำ (Pre - Stress) ที่ตัวเว้นระยะ ดังนั้นเสาควรสูงกว่าขนาด N30 ในรูปที่ 97 อยู่ 0.025 มม.



รูปที่ 94 ส่วนประกอบของแผ่นกระทุ้ง (Ejector Plate) พร้อมด้วยเสาค้ำ (Support Pillar) และแผ่นฐานเคลื่อนที่ (Moving base Plate)

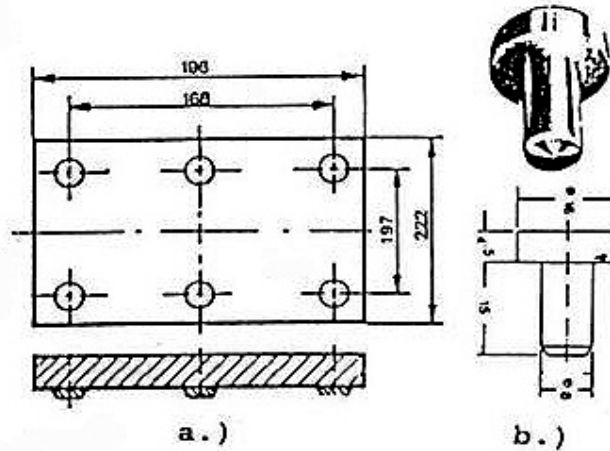


รูปที่ 95 เสาค้ำ (Support Pillar) ชนิดต่าง ๆ (สำหรับการยึดติดกับแผ่นเคลื่อนที่ด้วยวิธีต่าง ๆ)

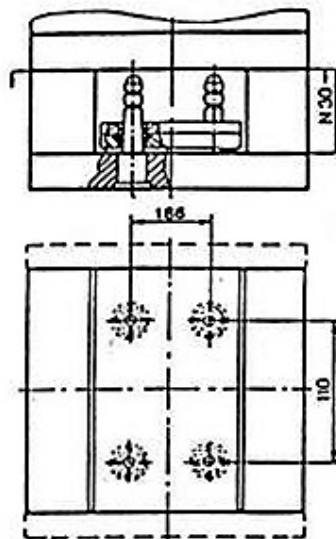
แผ่นยึดเข็มกระทุ้งและแผ่นรองพร้อมด้วย Stop Button (Ejector Holder and Back Plate with Stop Button)

แผ่นยึดจะทำให้เข็มกระทุ้งอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และเคลื่อนไปกลับได้อย่างคล่องตัว โดยทั่วไปการประกอบเข็มกระทุ้งกับแผ่นยึดจะค่อนข้างหลวม เส้นผ่าศูนย์กลางของขอบรูจะมีขนาดใหญ่กว่าเข็มกระทุ้งประมาณ 0.1 – 0.3 มม. ขึ้นอยู่กับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระทุ้ง เพื่อสำหรับการปรับ หากเกิดการเยื้องศูนย์กลางของเข็มกระทุ้งกับรูที่ควาตีหรือ Core ความหนาของแผ่นยึดมีขนาด ประมาณ 10 – 16 มม. แผ่นรองจะรักษาค่าตำแหน่งของเข็มกระทุ้งในแนวยาวไว้ ขณะที่เคลื่อนที่ไปกลับที่ศูนย์กลางของแผ่นยึดจะทำให้เข็มกระทุ้งอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง และเคลื่อนไปกลับได้อย่างคล่องตัว โดยทั่วไป การประกอบเข็มกระทุ้งกับแผ่นยึดจะค่อนข้างหลวม เส้นผ่าศูนย์กลางของรูจะมีขนาดใหญ่กว่าแผ่นรองอาจมีรูเกลียวไว้ สำหรับต่อแกนกระทุ้ง (Ejector rod)

ในกรณีที่เครื่องฉีดพลาสติกนั้นติดตั้งชุดกระทุ้งแบบไฮดรอลิกส์ นอกจากนั้นควรมี Stop button (รูปที่ 96 b) จำนวน 4 – 6 ตัว ประกอบไว้ดังแสดงในรูป 96 a เพื่อให้เข็มกระทุ้งเลื่อนกลับมาอยู่ในตำแหน่งที่ถูกต้อง แม้ในกรณีที่สิ่งแปลกปลอมหลุดเข้าไปอยู่ระหว่างแผ่นเคลื่อนที่ และแผ่นกระทุ้ง แม่พิมพ์ที่มีแผ่นกระทุ้งขนาดใหญ่ หรือเข็มกระทุ้งบางมาก จะมีวิธีการนำเลื่อนแผ่นกระทุ้งด้วยสลักน้ำ (guide - pin) ดังแสดงในรูปที่ 97



รูปที่ 96 การวางตำแหน่งของ Stop button ในแผ่นรอง (Ejector Back Plate)



รูปที่ 97 การนำเลื่อนแผ่นกระทุ้ง (Ejector Plate Guide)

(ความสูงตัวเว้นระยะ N30 = ความยาวช่วงกระทุ้ง+ความหนาของแผ่นกระทุ้ง+ความสูงของหัว Stop button)

การหล่อเย็นแม่พิมพ์และผลกระทบต่อชิ้นงาน

ระบบหล่อเย็นแม่พิมพ์ มีจุดประสงค์หลักก็คือ การช่วยเร่งให้ชิ้นงานพลาสติกเย็นตัวให้เร็วที่สุด เพื่อให้สามารถถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยที่ชิ้นงานอยู่สภาพสมบูรณ์มากที่สุด แต่ด้วยข้อจำกัดของคุณสมบัติของพลาสติก ทำให้ส่งผลกระทบต่อชิ้นงานมากที่สุดของระบบการรักษารูปร่างของชิ้นงานให้เที่ยงตรง

กระบวนการหล่อเย็นของแม่พิมพ์

- 1.การนำความร้อน โดยการถ่ายเทความร้อนภายในเนื้อพลาสติกสู่แม่พิมพ์
- 2.การพาความร้อน โดยการถ่ายเทความร้อนจากแม่พิมพ์สู่ระบบท่อหล่อเย็น ซึ่งเป็นสารหล่อเย็น
- 3.การแผ่รังสี โดยการถ่ายเทความร้อนเป็นในรูปการแผ่คลื่นความร้อนออกจากแม่พิมพ์

หลักการการหล่อเย็นต่อคุณภาพชิ้นงาน

“การควบคุมอุณหภูมิให้คงที่ในแม่พิมพ์ต้องไม่แตกต่างกัน ในแต่ละส่วนของแม่พิมพ์และแต่ละส่วนของชิ้นงานจะส่งผลกระทบโดยตรงต่อรูปร่างชิ้นงาน” จะเห็นได้ว่าหลักการนั้นเราจะออกแบบระบบหล่อเย็นด้วยวิธีไหนก็ได้ที่สามารถทำให้แม่พิมพ์มีการเย็นตัวพร้อมกันทุกจุด จึงจะได้ชิ้นงานตรงตามแบบพิมพ์ แต่ในการผลิตแม่พิมพ์ทำได้มากน้อยแค่ไหนก็จะส่งผลกระทบต่อชิ้นงานไปด้วย

รูปแบบของการหล่อเย็น

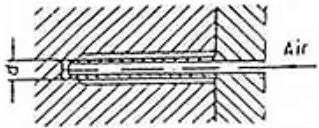
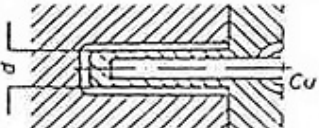
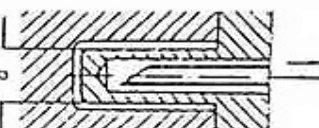
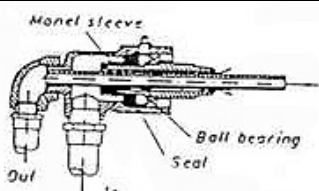
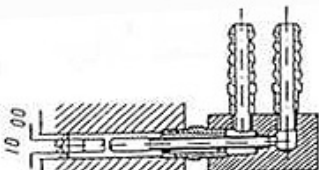
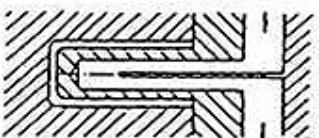
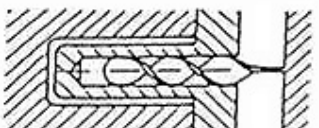
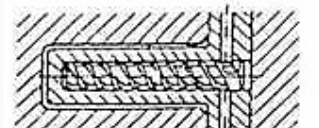
1. Hard Cooling คือ การทำให้แม่พิมพ์และชิ้นงานเย็นตัวอย่างรวดเร็วเหมาะสำหรับการผลิตหรือชิ้นงานปริมาณมาก ๆ (Mass Production) รอบการฉีด (Cycle time) สั้น
2. Soft Cooling โดยการใช้ระบบหล่อเย็นหรือการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ใกล้เคียงกับจุด Crystallite Melting point ของพลาสติกแล้วค่อย ๆ หล่อเย็นชิ้นงาน ซึ่งจะได้ชิ้นงานที่มีความเที่ยงตรง และคุณสมบัติเชิงกลของชิ้นงานดีขึ้น แต่อย่างไรก็ตามแม่พิมพ์จะตอบสนองต่อการพิจารณาเลือกแนวทางการควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์การเย็นตัวของพลาสติกและผลกระทบต่อชิ้นงาน

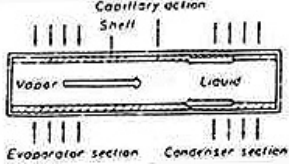
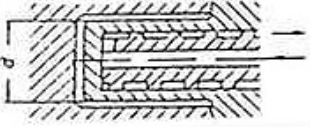
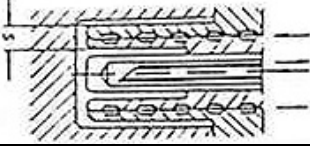
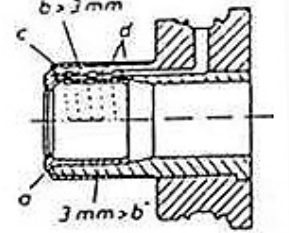
ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อรูปร่างชิ้นงานให้ช่วยเป็นตัว

- 1.ความหนาชิ้นงาน
- 2.ความยาวเส้นทางการไหลของน้ำพลาสติกในชิ้นงาน
- 3.ตำแหน่งการหล่อเย็นชิ้นงาน
- 4.ชนิดของพลาสติกและการหดตัว
- 5.ความหนาแน่นของเนื้อพลาสติกแต่ละจุดของชิ้นงาน

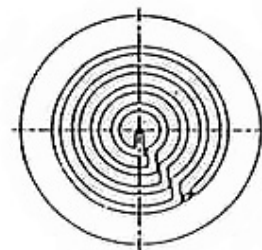
จากปัจจัยที่กล่าวมาทั้งหมดสุดท้ายที่ทำให้เกิดปัญหาหรือส่งผลกระทบกับชิ้นงานคือ อัตราการเย็นตัวเย็นตัวแตกต่างกันอันเป็นสาเหตุหลักของการเสียรูปของชิ้นงาน อย่างเช่นในรูปตัวอย่าง

การออกแบบระบบหล่อเย็นในแม่พิมพ์

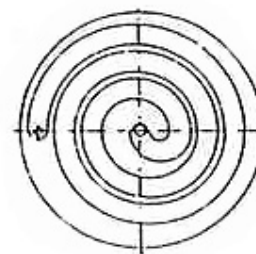
รูปที่	เส้นผ่าศูนย์กลางหรือความกว้างของคอร์	ลักษณะเฉพาะ	การออกแบบ
1	≥ 3 มม.	ถ่ายเทความร้อนออกโดยลมจากภายนอกขณะเปิดแม่พิมพ์ การหล่อเย็นแบบต่อเนื่องได้เฉพาะกับชิ้นงานรูปร่างคล้ายท่อ	
2	≥ 5 มม.	แท่งโลหะที่นำความร้อนจะต่อไปถึงท่อหล่อเย็นโคนของแท่งหล่อเย็นควรทำให้ใหญ่	
3	≥ 8 มม.	ทำเป็นแบบน้ำพุหรือแบบพ่นท่อน ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 4 มม. ควรตัดปลายเฉียง	
4		แบบน้ำพุ หรือแบบพ่น $ID = OD/2$	
5		แบบน้ำพุ หรือแบบพ่นสำหรับคอร์ที่มีการหมุนเพื่อคลายเกลียว	
6		แบบแผ่นกัน	
7		แบบแผ่นกันปิดเป็นเกลียว	
8		แกนที่มีร่องขดเป็นเกลียวปากเดียวหรือสองปาก ใส่แบบหลวม ๆ เข้าไปในคอร์เป็นชิ้นส่วนมาตรฐาน	

รูปที่	เส้นผ่านศูนย์กลางหรือความกว้างของคอร์	ลักษณะเฉพาะ	การออกแบบ
9		แท่งถ่ายเทความร้อน มีขนาดตั้งแต่ 3 มม. ภายในบรรจุของเหลวนำความร้อน	
10	≥ 40 มม.	หล่อเย็นแบบร่องเกลียว	
11	คอร์ด้านใน $S \geq 4$ มม.	แบบร่องเกลียวคู่ และแบบน้ำพุ	
12		a. ชี้นางน b. ปลอกโลหะผสมทองแดง-เบริลเลียม ≤ 3 มม. d. เหล็กกล้า 3 มม. c. ช่องหล่อเย็นแบบเกลียว d. ชิ้นส่วนเหล็กกล้าไร้สนิมนำมาเชื่อมติดกัน	

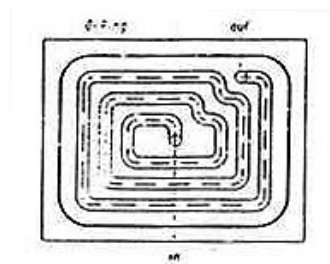
ชิ้นงานรูปวงกลม
ร่องวงกลมที่มีจุดศูนย์กลางร่วมกัน



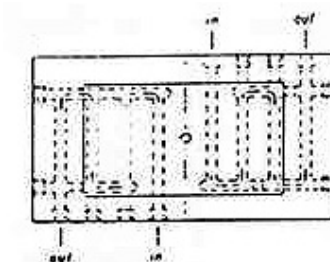
ชิ้นงานรูปวงกลม
ร่องขดเป็นวง



ช่องหล่อเย็นเป็นรูปขด
สำหรับชิ้นงานเหลี่ยม



ช่องหล่อเย็นสำหรับชิ้นงาน
รูปสี่เหลี่ยมที่ gate เข้าศูนย์กลาง



การตรวจสอบแบบแม่พิมพ์

เมื่อเราได้ทำการออกแบบแล้วเสร็จหรือได้รับแบบมา อันดับแรกจะเริ่มดูโครงสร้างทั่ว ๆ ไป พลาสติกที่จะใช้ฉีด เพื่อให้ได้ชิ้นงานที่ดีที่สุดและรักษาแม่พิมพ์ให้ยาวนาน จึงต้องพิจารณา ในส่วนแบบแม่พิมพ์ก่อนเป็นอันดับแรก ก่อนที่จะดำเนินการผลิตจริง

การพิจารณาตรวจสอบแบบแม่พิมพ์

1. ตรวจสอบโครงสร้างหลักของชิ้นงาน ความแข็งแรง ความหนาของแม่พิมพ์ตำแหน่ง Support ต่าง ๆ
2. ตรวจสอบวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ Standard Parts ว่าถูกต้องหรือไม่รวมทั้งกระบวนการทางความร้อนและการตรวจสอบความแข็ง
3. ตรวจสอบโครงสร้างของชิ้นงานว่าจะส่งผลกระทบต่อโครงสร้างหลักจากการเย็นตัว
4. ตรวจสอบระบบการทำงานต่าง ๆ ของแม่พิมพ์
 - ระบบปลดชิ้นงาน
 - การระบายอากาศ
 - การวางระบบ Runner
 - ระบบหล่อเย็น
5. ตรวจสอบความสามารถการขึ้นรูปเครื่องจักรกล
 - เครื่อง Milling
 - เครื่อง EDM
 - เครื่องเจียระไน
 - การขัดผิวขั้นสุดท้าย
6. ตรวจสอบโอกาสการเสียรูปแม่พิมพ์ขณะใช้งาน
 - การสึกกร่อนของ Cavity และ Core
 - โอกาสเสียโครงสร้างรวมเมื่อรับแรงฉีดที่สูงและแรงยึดแม่พิมพ์
 - การเคลื่อนย้ายตำแหน่ง Parting Line
 - การเสียรูปของ Cavity เมื่อได้รับแรงอัดที่สูง
 - การเสียหายและการเคลื่อนตัวของ Core ขณะรับแรงฉีด โดยเฉพาะส่วนที่อยู่ใกล้เกจ
 - Insert และการจับยึด Insert
 - Slide Core และ Angle Pin
 - การเสียดสีของ Ejector Pin และการหักหรือโค้งงอของ Ejector Pin

หัวข้อการวิเคราะห์

แบ่งกลุ่มชิ้นงาน 2 กลุ่ม

- กลุ่มที่สีทึบหรือปกติ จะเปลี่ยนตามกำหนดเวลา เช่น บุษ สลัก คอรั ฯลฯ
- กลุ่มที่แตกหักปกติ จะเปลี่ยนทันทีที่แตกหัก เช่น Ejector Pin, Slide ต่าง ๆ ฯลฯ

ปัจจัยความเสียหายของแม่พิมพ์

- การออกแบบโครงสร้างแม่พิมพ์
- วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์
- การ Machining
- การอบชุบด้วยความร้อน
- การเจียรไน
- การใช้งานแม่พิมพ์
- การบำรุงรักษา

จุดที่เกิดความเสียหายบ่อยในแม่พิมพ์ฉีด

1. การเคลื่อนย้ายของเส้น Parting Line
2. ผิวหน้าผิวแม่พิมพ์เกิดการยุบหรือเป็นรอย
3. ผิวของ Cavity หรือ Core เกิดการแตกร้าวหรือแตกสะเก็ด
4. รูเกจเกิดการอุดตัน
5. Insert ต่าง ๆ เกิดการเคลื่อนย้ายหรือเบี้ยวเบน
6. เกิดการกัดกร่อนที่คอรัเล็ก ๆ
7. Slide Core และ Angle Pin เกิดการไหม้และสึกหรอ
8. Ejector Pin เกิดการหักงอโค้งหรือแตกหัก
9. ท่อน้ำหล่อเย็นเกิดการอุดตัน

การตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์

การประกอบแม่พิมพ์นั้นเป็นขั้นตอนที่ยุ่งยาก ผู้ประกอบเองต้องเข้าใจและรู้รายละเอียดของแม่พิมพ์อย่างดี ไม่ว่าจะเป็นการออกแบบ การขึ้นรูป การแก้ปัญหา การMachine ชิ้นส่วนต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยเทคนิคและประสบการณ์เป็นอย่างสูง รวมทั้งการทดลอง ตรวจสอบ และซ่อมแม่พิมพ์ ก็จำเป็นต้องมีในตัวช่างประกอบแม่พิมพ์ ปัจจุบันบุคลากรทางด้านการประกอบแม่พิมพ์นั้นหายาก

สำหรับแม่พิมพ์ที่จะนำมาประกอบด้วยกันนั้น ชิ้นส่วนทุกชิ้นจะต้องผ่านการตรวจสอบ และตรวจวัดขนาด ผิว ได้อย่างถูกต้องตามมาตรฐาน โดยเฉพาะ Insert ที่จะนำมาใช้ต้องเน้นในเรื่องพิถีพิถันเพื่อให้ถูกต้องผิวในส่วน คาวีตี้และคอร์ จะต้องเป็นผิวสำเร็จรูปแล้ว การประกอบจะแบ่งแม่พิมพ์เป็น 2 ส่วน คือ ส่วนคอร์ กับ ส่วนคาวีตี้

การประกอบ Cavity ทำได้ดังนี้

1. ประกอบในส่วนของ Insert ต่าง ๆ เข้ากับแผ่น Cavity Plate เสียก่อน พร้อมกับ Guide Pin
2. ตรวจสอบขนาด ผิว ของแผ่นคาวีตี้ ให้ถูกต้องตามแบบ
3. ถ้ามีส่วนประกอบอื่น ๆ หรือกลไกเพิ่มเติมในแม่พิมพ์ ก็ดำเนินการประกอบตามหลักเกณฑ์ของรูปแบบนั้น ๆ
4. แผ่น Front Plate ประกอบ Locating Ring, Sprue Bush และ Spring Ejector Runner
5. ถ้าแม่พิมพ์มีแผ่น Runner Plate ด้วย ก็จะประกอบแผ่น Runner พร้อมกับ Locking Runner Pin ให้เรียบร้อยก่อน
6. ประกอบแผ่น Front Plate + Runner Plate + Cavity Plate

การประกอบส่วน Core

1. ประกอบในส่วนที่เป็น Insert ต่าง ๆ เข้ากับแผ่น Core ให้เรียบร้อยเสียก่อน และตรวจสอบขนาดต่าง ๆ และผิวของ Core ถูกต้อง
2. ประกอบ Guide Pin พร้อมกับแผ่น Core back Plate เข้ากับแผ่น Core Plate
3. ทดลองใส่ Ejector Pin ผ่านรูใส่เข็มกระทุ้งโดยไม่ติดขัด ทุกตำแหน่งและทั้ง Core Plate และ Core Back Plate
4. ชุด Ejector Pin ประกอบได้ดังนี้
 - ใส่ Ejector Pin และ Return Pin พร้อมสปริงกับแผ่น Retaining Ejector Plate
 - ประกอบ Ejector Pin ประกอบได้ดังนี้
5. ทดลองนำชุดกระทุ้งไปประกอบกับชุด Core Plate ดูเพื่อไม่ให้มีปัญหาเรื่องตำแหน่งรูเข็มกระทุ้งไม่ตรงตำแหน่ง และค้างไว้ตำแหน่งนั้น
6. นำแผ่น Back Plate และ Specer bar พร้อมสกรูยึดค่อย ๆ ขันสกรูยึดเข้าไปให้แน่น ขณะนั้นต้องระมัดระวัง พยายามขันให้เข้าพร้อมกันทุกด้าน สังเกตขณะนั้นสกรูยึดจะค่อยดันสปริงของ Return Pin และตรวจดู Ejector Pin ให้ใส่ไปในตำแหน่งของรูเข็มกระทุ้งอย่างไม่ติดขัดและผิวเรียบเสมอมือคอร์
7. นำชุดแม่พิมพ์ทั้งสองชุดประกอบเข้าด้วย โดยอาศัย Guide Pin และ Bush เป็นตัวกำหนดตำแหน่ง ซึ่งในขั้นตอนนี้จะต้องใช้เครื่องมือในการประกอบด้วยเสมอ เพราะน้ำหนักของแม่พิมพ์มาก

ข้อควรระมัดระวัง

ในการประกอบแม่พิมพ์จะต้องทำด้วยความระมัดระวัง และใจเย็นเป็นพิเศษ ห้ามชิ้นส่วนทุกชนิด กระแทกหรือครูดไปกับผิวพื้นเด็ดขาด โดยเฉพาะในส่วนของ Core และ Cavity การใช้ค้อนทุบให้ใช้เฉพาะค้อน ยาง ค้อนพลาสติก หรือค้อนโลหะชนิดอ่อน เท่านั้น โดยปกติแล้วชิ้นส่วนถ้าผลิตมาได้มาตรฐานตามแบบแล้ว ใน ขั้นตอนการประกอบจะไม่ยาก ไม่ต้องแก้ไขมากนัก ประกอบกันไม่ยาก

การบำรุงรักษาแม่พิมพ์

การบำรุงรักษาแบบป้องกัน (Preventive Maintenance)

การจัดระบบโรงงานโดยพิจารณาในการซ่อมบำรุง

การเก็บรักษาแม่พิมพ์

ข้อแนะนำในการดูแลรักษาแม่พิมพ์

1. การใช้สมุดบันทึกแม่พิมพ์ให้เป็นประโยชน์หรือสมุดประวัติแม่พิมพ์
2. การควบคุมและดูแลท่อน้ำเย็นตลอดอายุแม่พิมพ์
3. การควบคุมดูแลผิวหน้าแม่พิมพ์ และช่องระบายอากาศ

หัวข้อที่ควรบันทึกลงในสมุดประวัติแม่พิมพ์

1. เบอร์ของแม่พิมพ์
2. ชื่อชิ้นงาน
3. วัสดุที่ใช้ฉีด
4. น้ำหนักต่อ Shot
5. น้ำหนักชิ้นงาน
6. จำนวน Cavity
7. เงื่อนไขการฉีดขึ้นรูป
8. ประวัติการฉีดขึ้นรูป
9. ประวัติการซ่อม
10. อื่น ๆ

เวลาติดตั้งอยู่กับเครื่องฉีดพลาสติก

- ใช้ผ้าเช็ดผิวแม่พิมพ์ให้ทั่วถึง
- พ่นสเปรย์ป้องกันสนิมบาง ๆ (เลือกใช้สเปรย์ที่ใช้เฉพาะกับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก)
- ปิดแม่พิมพ์เอาไว้ด้วยแรงปิดต่ำ
- เวลาที่เริ่มต้นฉีดใหม่ ใช้ผ้าเช็ดผิวแม่พิมพ์อย่างทั่วถึง

เวลาถอดลงจากเครื่องฉีดพลาสติก

- (ภายหลังจากทำตามขั้นตอนที่ระบุไว้ด้านบนเวลาติดตั้งค้างอยู่บนเครื่องฉีดเรียบร้อยแล้ว) ถอดออกจากเครื่อง

ฉีด เป่าลมไล่ น้ำที่ตกค้างภายในรูน้ำหล่อเย็นออกให้หมด

- (ถอดสายยางส่งน้ำ (Nipple) แยกเก็บไว้ต่างหาก)
- ใช้เทปปิดท่อหุ้ม Locating Ring และปิดรูฉีด (ป้องกันเศษผงหรือน้ำเข้า)

เวลาที่ไม่ใช้งานสักระยะหนึ่ง

- (ภายหลังจากทำตามที่ระบุไว้ด้านบนเรียบร้อยแล้ว)
- วางแม่พิมพ์ตัวผู้แม่พิมพ์ตัวเมีย แยกกันบนพื้น ทำการตรวจเช็ค ล้างคราบน้ำมัน (รูต่าง ๆ ให้ล้างภายในด้วย)
- น้ำยาล้างคราบน้ำมัน เป่าลมไล่ออกให้หมด)
- ใช้ผ้าเช็ดถูให้ทั่วถึง
- ลงน้ำยาป้องกันสนิมให้ทั่วถึง (เลือกใช้น้ำยาที่ใช้เฉพาะกับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก)

สถานที่เก็บรักษา

- เก็บวางไว้บนชั้นเก็บรักษา (ติดป้ายบอกแสดงให้ชัดเจน)
- ในกรณีที่วางบนชั้นเก็บรักษาไม่ได้ให้วางบน Pallet ที่ทำจากไม้ (ห้ามวางบนพื้นคอนกรีต)
- เก็บวางในที่แห้ง (ถ้าความชื้นสูงเกินกว่า 70 % จะขึ้นสนิมได้ง่ายขึ้น)

การบำรุงรักษาแม่พิมพ์เที่ยงตรงสูง

ระดับการตรวจซ่อม	วิธีการตรวจซ่อม	ระยะเวลากำหนด
ระดับปกติ	ทำความสะอาดผิวแม่พิมพ์ให้ทั่ว ล้างคราบน้ำมัน ทำความสะอาดให้ทั่วทุกจุด โดยเฉพาะในท่อน้ำหล่อเย็น และผิวข้างใน พ่นน้ำยากันสนิม	หลังจากการปฏิบัติงานฉีดประจำวัน
ระดับตรวจสอบตามอายุ	ปฏิบัติเช่นเดียวกับปกติ เพิ่มการถอดชิ้นส่วนที่มีการเสียดสี และเคลื่อนที่ เช่น บูช เข็มกระทุ้ง Angle Pin Slide Core ฯลฯ ออกมาทำความสะอาด ตรวจสอบขนาดความเสียหาย และเปลี่ยนทดแทน	กำหนดอายุการซ่อมบำรุงรักษาตามสภาพของแม่พิมพ์และความต้องการความเที่ยงตรง อาจกำหนดระยะเวลาหรือจำนวน Shot ก็ได้
ระดับเข้มข้น	ปฏิบัติเช่นเดียวกับปกติ เพิ่มการถอดชิ้นส่วนทุกชิ้นออกมาทำความสะอาด ตรวจสอบขนาด ความเสียหาย และเปลี่ยนทดแทน	ทุกครั้งหลังปฏิบัติการฉีดเสร็จแล้วตามระยะเวลาหรือจำนวน Shot ก็ได้

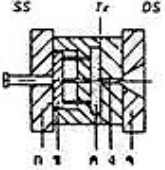
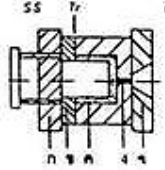
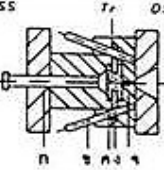
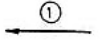
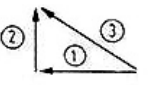
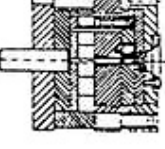
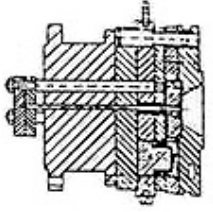
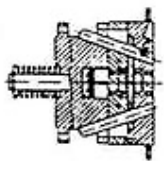
เอกสารอ้างอิง

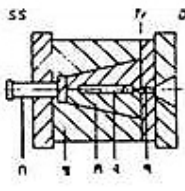
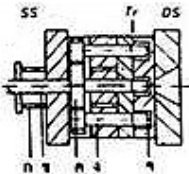
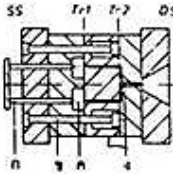
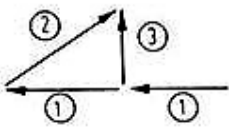
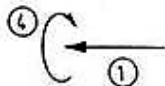
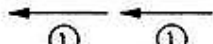
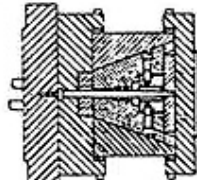
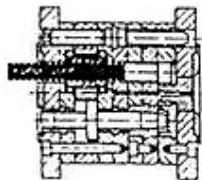
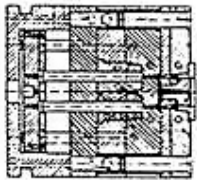
1. Belofsky, Harold:Plastics : Product Design and Process Engineering; Hanser Publishers, Munich Vienna,New York 1995.
2. E.Linder and P. Unger:Gastrow Injection Molds 108 Proven Designs, Hanser Publishers,Munich Vienna,New York 1993.
3. Menges, George and Mohren,Paul : How to Make Injection Molds; Hanser Publishers,Munich Vienna,New York 1993.
4. Michaeli,Greif,Kretzschmar,Kaufmann,Bertuleit : Training in Injection Molding; Hanser Publishers,Munich Vienna,New York 1995
5. Rees,Herbert : Mold Engineering; Hanser Publishers, Munich Vienna,New York 1995
6. Rees, Herbert : Understanding Product Design for Injection Molding;Hanser Publishers,Munich Vienna,New York 1996
7. ชัยรัตน์ แก้วด้วง : เทคโนโลยีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก; สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน การส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.
8. ดร. พสุ โลหารชุนพร้อมคณะ : เทคโนโลยีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และการออกแบบเชิงวิเคราะห์ ; สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวง อุตสาหกรรม 1991
9. ดร. พสุ โลหารชุนพร้อมคณะ : การออกแบบการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก; สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรม เครื่องจักรกลและโลหะการ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม 2531.
10. ผศ. ชาลี ตระการกุล ; การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด 1-2 ; สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ผศ. ชาลี ตระการกุล ; การออกแบบแม่พิมพ์ฉีด 2 ; สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น)

ภาคผนวก ก

การแบ่งกลุ่มของแม่พิมพ์ฉีด

แม่พิมพ์ฉีดมาตรฐาน	แม่พิมพ์ฉีดแบบใช้แผ่นปลด	แม่พิมพ์ฉีดแบบสพลิต	ลักษณะสร้าง
			ลักษณะสร้าง
ก. แผ่นยึดแม่พิมพ์เคลื่อนที่ SS ข. ระบบปลดชิ้นงาน ค. ส่วนเบ้า ง. รูฉีด จ. แผ่นยึดแม่พิมพ์อยู่กับที่ DS	ก. แผ่นยึดแม่พิมพ์เคลื่อนที่ SS ข. แผ่นปลด ค. ส่วนเบ้า ง. รูฉีด จ. แผ่นยึดแม่พิมพ์อยู่กับที่ DS	ก. ระบบปลดชิ้นงาน ข. สลักลูกเบี้ยว ค. ส่วนเบ้า ง. ชุดแท่นเลื่อน จ. รูฉีด	องค์ประกอบหลัก
• การออกแบบง่ายที่สุด • แม่พิมพ์มีสองส่วน • เส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์เส้นเดียว • เคลื่อนที่เปิดทิศทางเดียว • ปลดชิ้นงานด้วยน้ำหนักของชิ้นงาน, สลักปลดหรือปลดปลด	การออกแบบคล้ายคลึงกับแม่พิมพ์ฉีดมาตรฐาน แต่ใช้แผ่นปลดในการปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์	การออกแบบคล้ายคลึงกับแม่พิมพ์ฉีดมาตรฐาน แต่มีชุดแท่นเลื่อนกับสลักลูกเบี้ยวที่ใช้สำหรับการเคลื่อนที่เปิดด้านข้างเพิ่มขึ้นมา	จุดลักษณะเฉพาะ
ใช้กับชิ้นงานทุกแบบที่ไม่มีร่องหรือปาด้านข้าง (Undercut)	ใช้สำหรับชิ้นงานรูปทรงถ้วยที่ไม่มีร่องหรือปาด้านข้าง	ใช้กับชิ้นงานที่มีร่องหรือปาด้านข้างหรือเกลียวนอก	ชิ้นงาน
			การเคลื่อนที่เปิด
			ตัวอย่าง

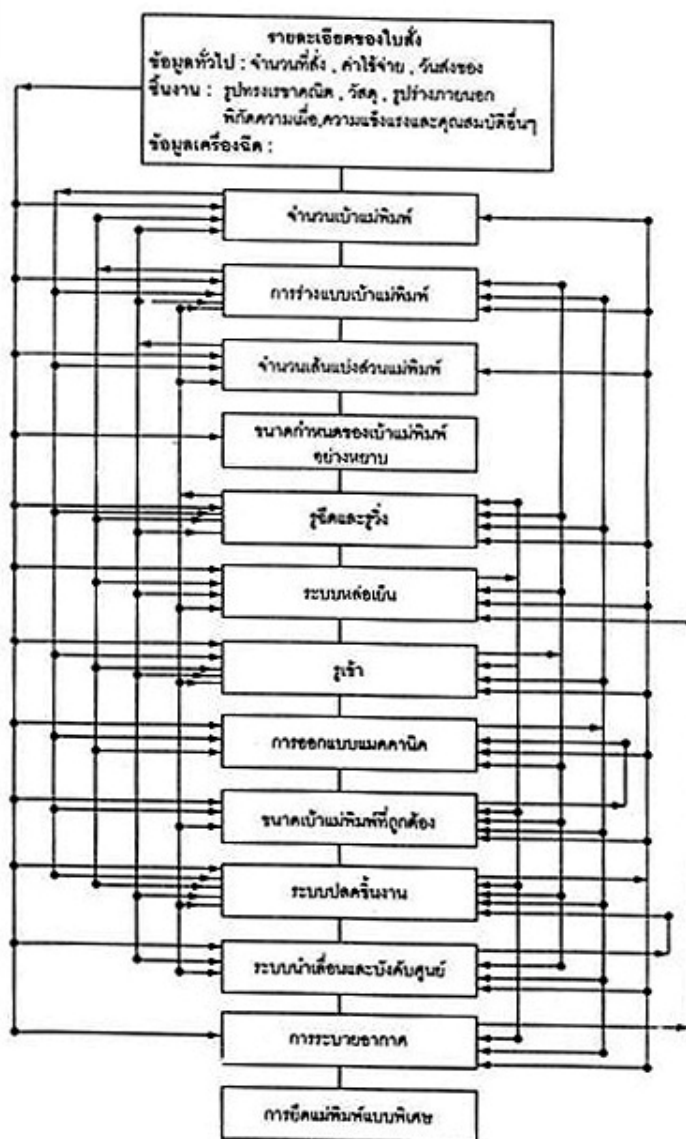
แม่พิมพ์ฉีดแบบแยกส่วนเบ้า	แม่พิมพ์ฉีดแบบปลดเกลียว	แม่พิมพ์ฉีดแบบสามส่วน	ลักษณะสร้าง
			ลักษณะสร้าง
ก. ระบบปลดชิ้นงาน ข. ปลอกบังคับ ค. ชิ้นเบ้าแยกส่วน ง. ส่วนเบ้า จ. รูฉีด	ก. ระบบปลดชิ้นงาน ข. เกลียวนำ ค. เฟืองส่งกำลัง ง. ส่วนคอร์ จ. ส่วนเบ้า	ก. ระบบปลดชิ้นงาน ข. สลักดึงปลด ค. ส่วนเบ้า ง. รูฉีดและรูวิ่ง	องค์ประกอบหลัก
การออกแบบคล้ายคลึงกับแม่พิมพ์ฉีดมาตรฐาน แต่มีชิ้นเบ้าแยกส่วนสำหรับขึ้นรูปชิ้นงานที่มีร่องหรือปาดหรือเกลียวนอก	ส่วนคอร์ที่ขึ้นรูปเกลียวจะถูกขับให้หมุนด้วยกลไกที่ออกแบบไว้ภายในแม่พิมพ์	- มีเส้นแบ่งส่วนแม่พิมพ์สองเส้น - การเคลื่อนที่ของแผ่นเชื่อมจะถูกดึงด้วยขอยกหรือสลักดึงปลด	จุดลักษณะเฉพาะ
ใช้กับชิ้นงานรูปไข่หรือกว้างมากที่มีร่องหรือปาดด้านข้างหรือเกลียว	ใช้สำหรับชิ้นงานที่มีเกลียวนอกหรือเกลียวใน	ใช้กับชิ้นงานที่ต้องการแยกชิ้นงานกับแกนรูวิ่งออกจากกันโดยอัตโนมัติ	ชิ้นงาน
			การเคลื่อนที่ปิด
			ตัวอย่าง

- หมายเหตุ :
- ① = การเคลื่อนที่เปิดหลัก : การเคลื่อนที่นำเลื่อน
 - ② = การเคลื่อนที่ระหว่างลูกเบี้ยวกับแท่นเลื่อน : การเคลื่อนที่สัมพันธ์กัน
 - ③ = การเคลื่อนที่ของแท่นเลื่อนในระหว่างการปลดชิ้นงาน : การเคลื่อนที่สุดท้าย
 - ④ = การเคลื่อนที่คลายเกลียวส่วนคอร์ : การเคลื่อนที่หมุนสัมพันธ์กัน

ภาคผนวก ข

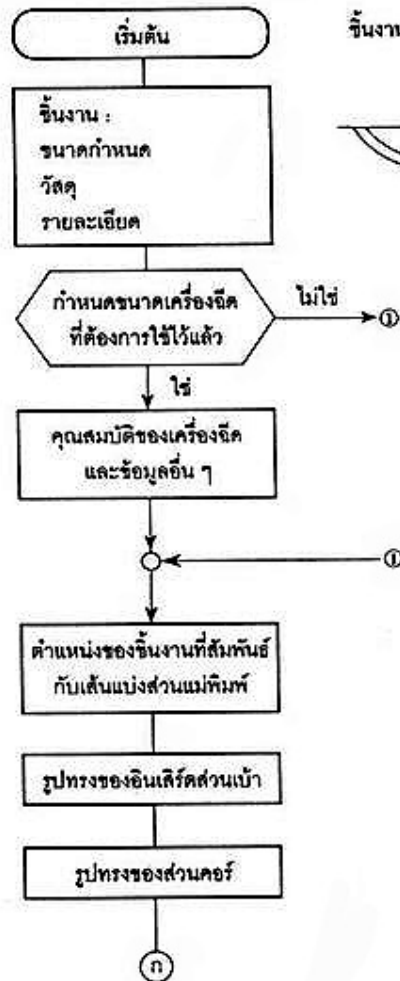
กรรมวิธีการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด

ในการดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ดีนั้น ควรจะยึดถือระบบการออกแบบระบบใดระบบหนึ่งไว้เป็นหลัก ทั้งนี้เพราะว่าแม่พิมพ์และกระบวนการทำงานจะต้องประสบกับเงื่อนไขต่าง ๆ มากมาย แผนภูมิที่แสดงในรูปที่ 1 แสดงให้เห็นว่าเงื่อนไขการทำงานต่าง ๆ มีขอบเขตและความสัมพันธ์กันอย่างไรกับขั้นตอนการออกแบบหลักในแต่ละขั้นตอน

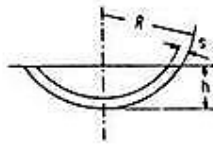


รูปที่ 1 แผนภูมิแสดงกรรมวิธีการออกแบบแม่พิมพ์

เพื่อให้มีความเข้าใจและความรู้สึกต่อหลักของเหตุและผลในกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด จึงขอยกตัวอย่างการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดมาตรฐานสำหรับผลิตชิ้นงานที่มีลักษณะคล้ายฝาปิด เป็นตัวอย่างแสดงการพิจารณาการออกแบบในแต่ละขั้นตอน ดังแผนภูมิที่แสดงในรูปที่ 2



ชิ้นงาน : ฝาปิด

ขนาดกำหนด : $R = 20 \text{ mm}$ $h = 8 \text{ mm}$ $s = 2 \text{ mm}$

วัสดุ : PS

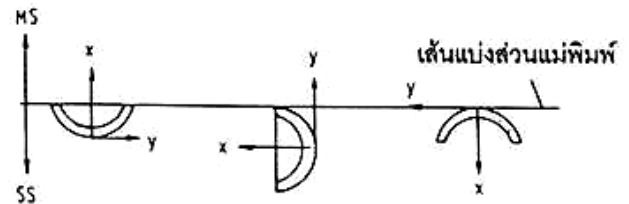
เครื่องฉีด : รุ่น.....

เวลาใน 1 รอบการ

ทำงาน.....

ระยะเลื่อนเปิด.....

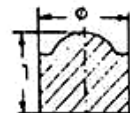
ความดันฉีด.....

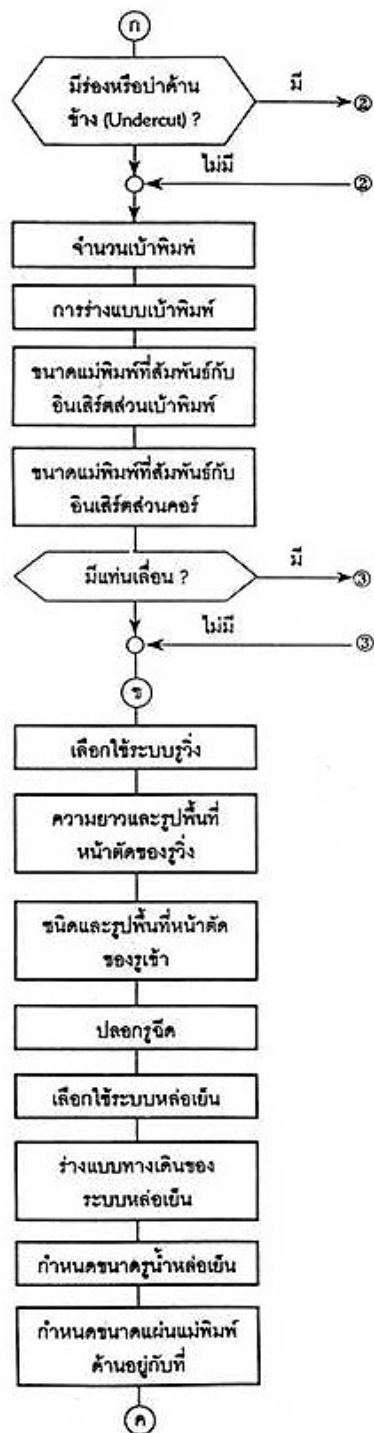


อินเล็ตส่วนเท้าพิมพ์



ส่วนคอรีแม่พิมพ์

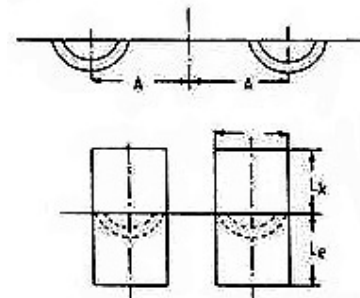




ไม่มีร่องหรือปาด้านข้าง !

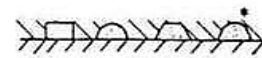
จำนวนเบ้าพิมพ์ $n = f$ (อัตราหลอม, แรงบิดแม่พิมพ์, น้ำหนักฉีด, ความประหยัด, วันส่ง)

เลือกใช้ : $n = 4$

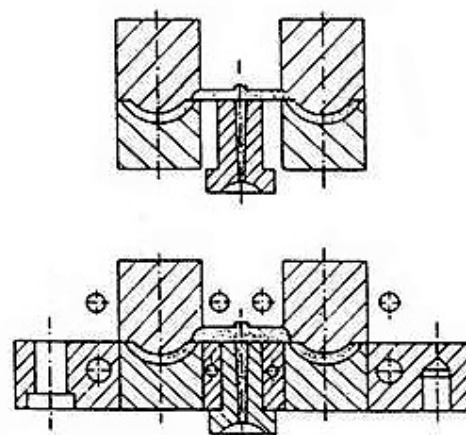


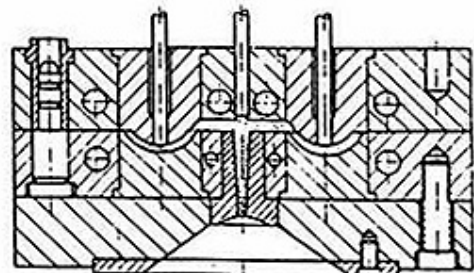
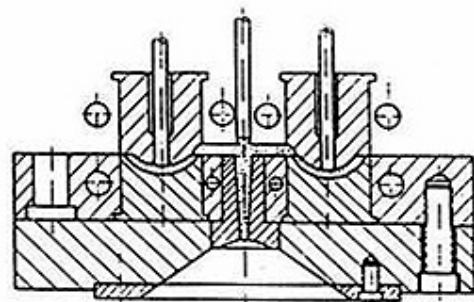
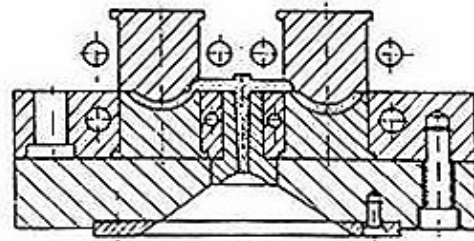
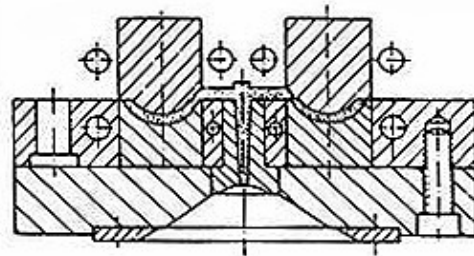
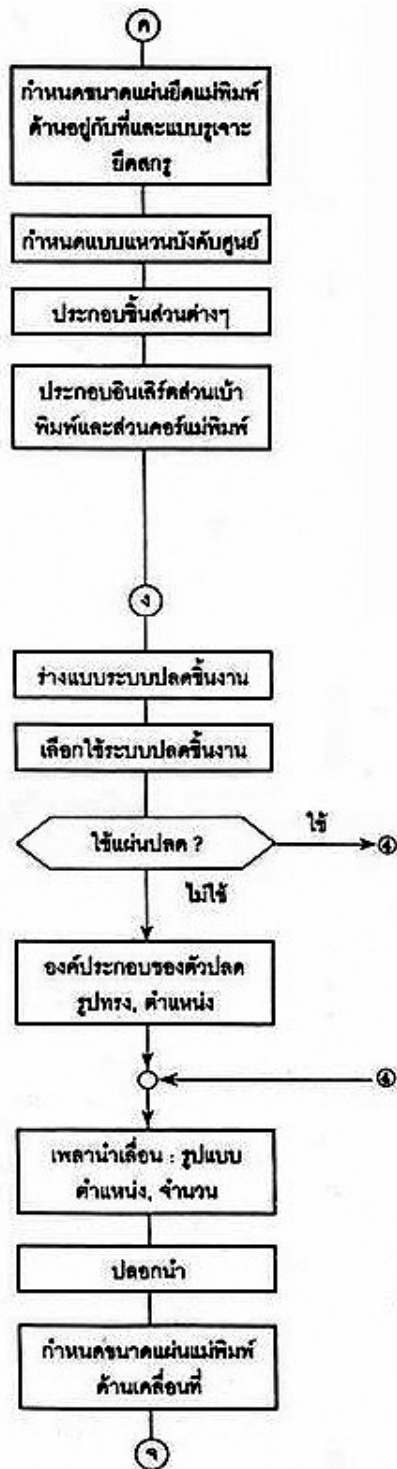
ระบบรูว้าง : เลือกใช้ระบบรูฉีดกับรูว้าง และใช้รูเข้าแบบเข็ม (Pinpoint)

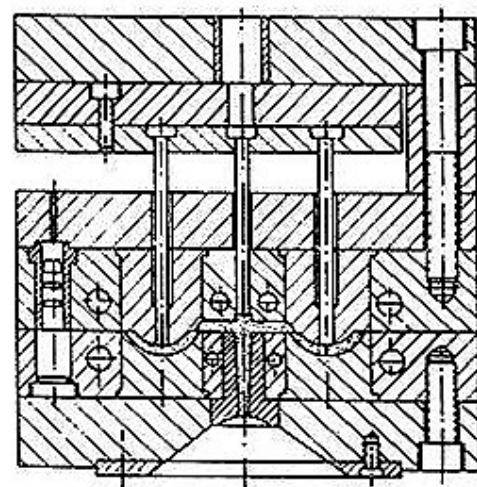
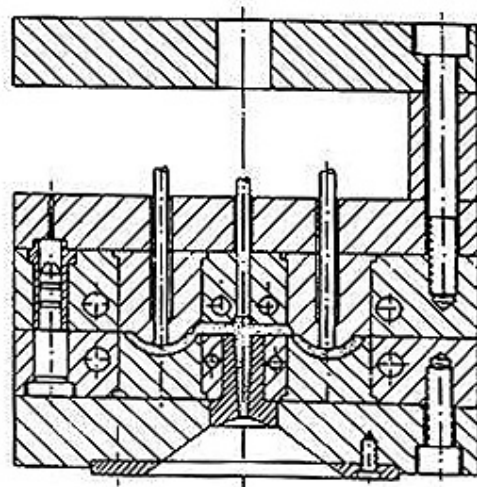
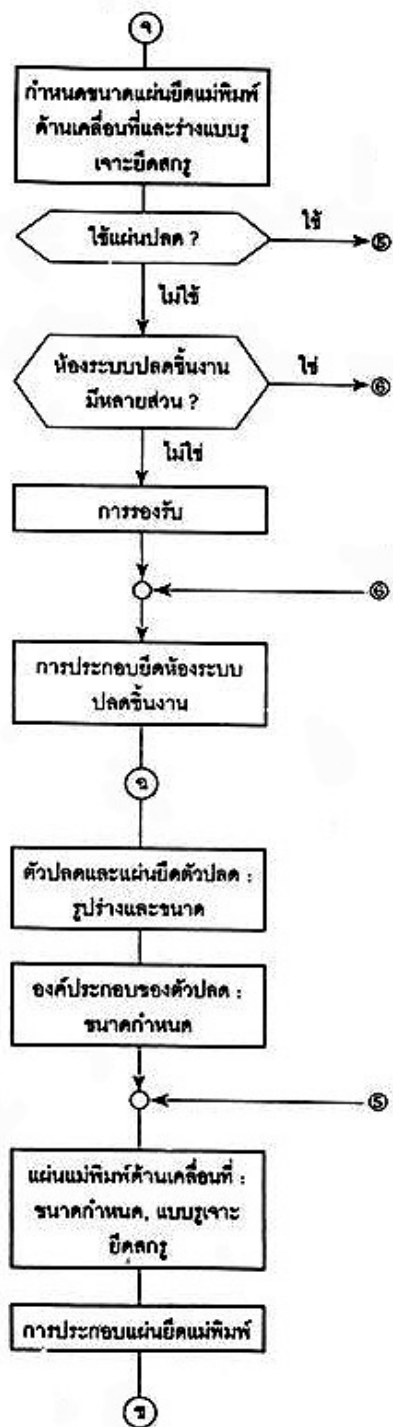
รูปพื้นที่หน้าตัดของรูว้าง :

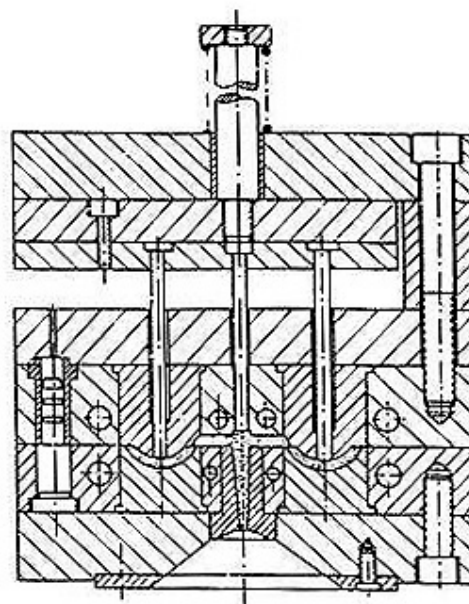


● = เลือกใช้









รูปที่ 2 แผนภูมิตัวอย่างการออกแบบแม่พิมพ์ : แม่พิมพ์ฉีดมาตรฐาน

ภาคผนวก ค

การแก้ปัญหาของแม่พิมพ์ฉีดเนื่องจากการออกแบบที่ไม่ถูกต้อง

การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดที่ไม่ถูกต้อง อาจนำมาซึ่งปัญหาในขั้นตอนการผลิตชิ้นงานได้ ปัญหาที่เกิดจากการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดที่ไม่ถูกต้องพอจะสรุปและรวบรวมได้ดังตารางข้างล่าง ซึ่งได้อธิบายถึงสาเหตุที่ทำให้เกิดปัญหานั้นพร้อมด้วยแนวทางในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ปัญหาต่าง ๆ ที่แสดงในตารางข้างล่างนี้จะสมมติว่าพลาสติกหลอมอยู่ในสภาวะการหลอม ณ อุณหภูมิที่ถูกต้องในหน่วยฉีด (Injection Unit) ของเครื่องฉีดพลาสติก และการปรับตั้งค่าตัวแปรต่าง ๆ เช่น ความดันฉีด ความดันฉีดแซ่ อัตราการฉีด ความดันปิดแม่พิมพ์ เป็นต้น ได้มีการปรับตั้งอย่างถูกต้องแล้ว

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
1. พลาสติกหลอมรั่วออกตรงรอยต่อระหว่างหัวฉีดกับปลอก รูฉีด	1. รูทางออกของหัวฉีดกับรูทางเข้าของปลอกรูฉีดไม่ตรงศูนย์กัน	1. ตรวจสอบแหวนบังคับศูนย์และปรับใหม่ให้ตรงศูนย์
	2. แรงดันหัวฉีดให้สัมผัสกับปลอกรูฉีดไม่เพียงพอ	2. เพิ่มแรงดันหัวฉีดให้สัมผัสกับบารับของปลอกรูฉีดให้สูงขึ้น และตรวจสอบการสัมผัสว่าสม่ำเสมอหรือไม่ โดยการใช้กระดาษบาง ๆ การสัมผัสของปลายหัวฉีดกับบารับของปลอก รูฉีดที่สม่ำเสมอจะช่วยให้แรงกด สัมผัสแน่นหนา ป้องกันการรั่วของพลาสติกหลอมได้ดี
	3. รัศมีของปลายหัวฉีดกับบารับของปลอกรูฉีดไม่ถูกต้อง	3. ปรับขนาดรัศมีบารับของปลอกรูฉีดให้ถูกต้อง โดยปกติจะทำให้โตกว่ารัศมีของหัวฉีดประมาณ 1 มม.
	4. รูทางออกของหัวฉีดโตกว่ารูทางเข้าของปลอกรูฉีด	5. ทำรูทางเข้าของปลอกรูฉีด ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่ารูทางออกของหัวฉีดอย่างน้อย 1 มม.

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
2. ปลดแกนรูฉีดออกไม่ได้หรือแกนรูฉีดหักค้างอยู่ในปลอกรูฉีด	1. เกิดอันเดอร์คัต (Undercut) ที่แกนรูฉีดเนื่องจาก 1.1 รัศมีของหัวฉีดกับบารับของปลอกรูฉีดไม่ถูกต้อง 1.2 หัวฉีดกับปลอกรูฉีดไม่ตรงศูนย์กลางกัน 1.3 รูทางออกของหัวฉีดโตกว่ารูทางเข้าของปลอกรูฉีด 1.4 ผิวภายในรูของปลอกรูฉีดไม่เรียบ ทำให้เกิดเป็นร่องในแนวเส้นรอบวงของรู	1. ปรับปรุงหัวฉีดกับปลอกรูฉีดไม่ให้เกิดอันเดอร์คัต โดย 1.1 ปรับปรุงรัศมีบารับของปลอกรูฉีดให้เหมาะสมกับรัศมีปลายหัวฉีด 1.2 ตรวจสอบแหวนบังคับศูนย์กลางและปรับให้ตรงศูนย์กลางกัน 1.3 ทำรูทางเข้าของปลอกรูฉีดให้โตกว่ารูทางออกของปลอกรูฉีด 1.4 ขัดผิวภายในรูของปลอกรูฉีดให้เรียบมันปราศจากร่องที่ทำให้เกิดเป็นอันเดอร์คัต
	2. แกนรูฉีดยังไม่แข็งตัว เพราะว่า 2.1 ปลอกรูฉีดโตเกินไปและแกนรูฉีดหนามากเกินไป 2.2 การหล่อเย็นพื้นที่รอบ ๆ ปลอกรูฉีดไม่เพียงพอ	2. ต้องมั่นใจว่าแกนรูฉีดแข็งตัวแล้วก่อนที่แม่พิมพ์จะเลื่อนเปิดออก 2.1 เลือกใช้ปลอกรูฉีด และรูของปลอกรูฉีดให้เหมาะสมกับขนาดชิ้นงาน 2.2 ตรวจสอบวงจรระบบหล่อเย็นแม่พิมพ์และควบคุมระดับอุณหภูมิของแม่พิมพ์
3. ไม่สามารถปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ได้ เนื่องจาก ก. ชิ้นงานเกาะติดอยู่ในส่วนเบ้า	1. เกิดอันเดอร์คัตบนผิวของรูฉีดหรือระบบรูวิ่ง	1. ตรวจสอบรัศมีของปลายหัวฉีดและบารับของปลอกรูฉีด ตรวจสอบผิวของส่วนเบ้า หากจุดที่อาจทำให้เกิดเป็น อันเดอร์คัตแล้วขัดผิวของส่วนเบ้าใหม่ ปรับปรุงบริเวณที่มีมุมแหลมคมให้โค้งเป็นรัศมี
	2. อุณหภูมิของส่วนเบ้าต่ำเกินไป	2. ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของส่วนเบ้าและ ปรับให้ถูกต้อง

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	3. เกิดสุญญากาศ (Vacuum) ขึ้นในส่วนเบ้า	3. ตรวจสอบมุมเอียงของส่วนเบ้าที่ออกแบบช่วยในการปลดชิ้นงาน พิจารณาตำแหน่งที่ควรทำช่องระบายอากาศ
ข. ชิ้นงานแยกออกหลายส่วนในขณะปลดชิ้นงาน	1. อันเดอร์คัตโตเกินไป	1. ตรวจสอบผิวของส่วนเบ้าที่ไม่เรียบอันเป็นเหตุให้เกิดเป็นอันเดอร์คัตขึ้น
	2. ตัวปลดชิ้นงานวางอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้การส่งถ่ายแรงดันปลดไม่เหมาะสม	2. ตรวจสอบการเกิดสุญญากาศและตรวจสอบผิวเอียงของ ส่วนเบ้า
4. การไหลเติมพลาสติกหลอมในเบ้าแม่พิมพ์ไม่สมบูรณ์	1. รูวิ่งยาวเกินไปหรือขนาดรูวิ่งเล็กเกินไปหรือทั้งสองกรณี	1. ขยายขนาดรูวิ่งให้โตขึ้น
	2. การไหลของพลาสติกหลอมในส่วนเบ้าถูกกีดขวางโดยความยาวหรือความหนาของผนัง	2. ขยายขนาดรูเข้าให้โตขึ้น
	3. ส่วนคอรัอาจยับเปลี่ยนตำแหน่งไป	3. ตรวจสอบการยึดของส่วนคอรัและแก้ไขให้ถูกต้อง
	4. การระบายอากาศในแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ	4. ตรวจสอบตำแหน่งระบายอากาศในแม่พิมพ์และเพิ่มเติมถ้าจำเป็น
	5. อุณหภูมิของแม่พิมพ์ต่ำเกินไป	5. ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์
5. เกิดครีบหรือพลาสติกหลอมไหลทะลักออกตามขอบส่วนเบ้าหรือส่วนคอรั	1. การปรับประกอบหน้าสัมผัสบริเวณผิวส่วนแบ่งแม่พิมพ์ ไม่ดี	1. ปรับผิวหน้าสัมผัสของแม่พิมพ์ใหม่ให้สัมผัสกันแนบสนิทดี
	- หน้าสัมผัสชำรุดเนื่องจากเศษวัสดุไปติดค้างอยู่ - หน้าสัมผัสเกิดรอยเย็น	
	2. แรงปิดแม่พิมพ์ไม่เพียงพอเนื่องจากพื้นที่ภาพฉายของชิ้นงานโตมาก	2. ปรับตั้งแรงปิดแม่พิมพ์ให้ถูกต้องกับขนาดพื้นที่ภาพฉายของชิ้นงาน

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	3. อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงเกินไป	3. ตรวจสอบระบบหล่อเย็นและควบคุมอุณหภูมิแม่พิมพ์ให้ถูกต้อง
6. เกิดจุดไหม้ที่ผิวของชิ้นงาน	1. วัสดุในรูเข้าแคบ ๆ มีอุณหภูมิสูงเกินไป	1. ปรับขนาดรูเข้าให้โตขึ้น
	2. การระบายอากาศในแม่พิมพ์ไม่เพียงพอ	2. ตรวจสอบบริเวณส่วนบ้ำหรือส่วนคอที่จำเป็นต้องมีการระบายอากาศ
	3. เกิดการไหลย้อนทางของพลาสติกหลอม	3. - ปรับขนาดรูเข้าเพื่อควบคุมทิศทางการไหลของพลาสติกหลอม - เพิ่มตำแหน่งการระบายอากาศตรงบริเวณที่ทำให้พลาสติกหลอมไหลย้อนกลับได้
7. ชิ้นงานเกิดการบิดงอ (Distortion)	1. - ออกแบบใช้ชนิดของรูเข้าไม่ถูกต้อง - ตำแหน่งรูเข้าไม่ถูกต้อง	1. แก้ไขหรือปรับตำแหน่งรูเข้าใหม่ให้ถูกต้อง
	2. - อุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่สม่ำเสมอ - อุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่ถูกต้อง	2. ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ใหม่
	3. ผนังของชิ้นงานมีความหนาที่แตกต่างกันมาก	3. ผนังชิ้นงานที่มีความหนาแตกต่างกันมาก จำเป็นต้องเพิ่มวงจรระบบหล่อเย็นให้เหมาะสม
8. ชิ้นงานที่ผิวด้าน (Mat) หรือเป็นริ้ว (Streaky)	1. การขัดผิวแม่พิมพ์เรียบมันไม่เพียงพอ	1. ขัดผิวส่วนบ้ำและส่วนคอใหม่ให้เรียบมันเป็นเงา
	2. เลือกใช้ชนิดและตำแหน่งของรูเข้าไม่ถูกต้อง	2. เพิ่มขนาดรูวิ่งกับรูเข้าและขัดผิวให้เรียบมัน ตลอดจนตรวจสอบตำแหน่งที่ต้องมีบ่อดัก (Cold-Slug Well) วัสดุที่เย็น
	3. อุณหภูมิแม่พิมพ์เย็นเกินไป ทำให้เกิดความชื้นในแม่พิมพ์	3. ปรับอุณหภูมิของแม่พิมพ์ให้ถูกต้อง

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
	4. พลาสติกหลอมร้อนเกินไป เนื่องจากการระบายอากาศไม่เพียงพอหรือมีช่องทางไหลของพลาสติกหลอมที่ไม่ดี	4. ตรวจสอบตำแหน่งที่ต้องมีการระบายอากาศและปรับช่องทางไหลให้ถูกต้อง
9. ผิวงานมีรอยบวม (Shrink Marks)	1. รูว้างและรูเข้าลึกเกินไป ทำให้พลาสติกหลอมเกิดการแข็งตัวก่อนที่จะใช้ความดันฉีดเข้า	1. เพิ่มขนาดรูว้างและรูเข้าตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์
	2. ชิ้นงานมีผนังที่มีความหนาแตกต่างกันมาก	2. ปรับขนาดความหนาของผนังชิ้นงานหรือเพิ่มความดันฉีดเข้าให้นานขึ้น
10. ชิ้นงานมีรอยวงไขว้ (Knit-Lines) ให้สังเกตเห็นได้	1. - กำหนดตำแหน่งของรูเข้าไม่ถูกต้อง - เลือกชนิดและขนาดพื้นที่หน้าตัดของรูเข้าไม่ถูกต้อง	1. ขยายขนาดของรูเข้า
	2. การระบายอากาศในแม่พิมพ์ไม่ดี	2. ตรวจสอบตำแหน่งระบายอากาศในแม่พิมพ์
	3. การหล่อเย็นในแม่พิมพ์ไม่สม่ำเสมอ	3. ตรวจสอบวงจรระบบหล่อเย็นแม่พิมพ์
	4. อุณหภูมิของแม่พิมพ์อาจต่ำเกินไป	4. เพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ให้สูงขึ้น
11. ผิวชิ้นงานเป็นสะเก็ด (Flaking or Scaling)	1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์กับพลาสติกหลอมแตกต่างกันมากเกินไป	1. เพิ่มอุณหภูมิของแม่พิมพ์ให้สูงขึ้นขยายขนาดรูว้างและรูเข้าให้โตขึ้น
12. ชิ้นงานมีผิวไม่มันเงา	1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่ถูกต้อง	1. ตรวจสอบระบบควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์และปรับแก้ไขให้ถูกต้อง
	2. พลาสติกหลอมไหลเต็มแม่พิมพ์ช้าเกินไป	2. ขยายขนาดรูว้างและรูเข้า แต่งบริเวณมุมที่แหลมคมให้โค้งเป็นรัศมี เพื่อช่วยให้การไหลของพลาสติกหลอมสะดวกขึ้น
	3. ผิวส่วนเบาของแม่พิมพ์ไม่เรียบมันเพียงพอ	3. ขัดผิวส่วนเบาของแม่พิมพ์ใหม่

ปัญหา	สาเหตุ	แนวทางการแก้ไข
13. สีชิ้นงานเป็นรอยต่างบริเวณ ใกล้ ๆ กับรูเข้า	1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงเกินไป	1. ตรวจสอบระบบควบคุม อุณหภูมิของแม่พิมพ์ และ ขยายขนาดรูวิ่งและรูเข้าให้โต ขึ้น พิจารณาริเวณที่ต้องมี บอดักวัสดุที่เย็น
14. ชิ้นงานเปราะ	1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์ไม่ถูกต้อง	1. ตรวจสอบอุณหภูมิของแม่พิมพ์ ขยายขนาดรูวิ่งและรูเข้าให้โต ขึ้นเพิ่มบอดักวัสดุที่เย็นใน บริเวณที่จำเป็น
15. ผิวชิ้นงานเป็นคลื่น (Rippled)	1. อุณหภูมิของแม่พิมพ์สูงเกินไป	1. ลดอุณหภูมิของแม่พิมพ์

ภาคผนวก ข

แบบประเมินความเหมาะสมของเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อประเมินประสิทธิภาพของหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยสอบถามผู้เชี่ยวชาญ

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมของเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยสอบถามจากผู้เชี่ยวชาญ
2. ให้ท่านพิจารณาเห็นด้วยหรือไม่ว่ารายละเอียดเนื้อหาในเอกสารหลักสูตรการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก นั้นมีเนื้อหาสอดคล้องครอบคลุมในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก หรือไม่ แล้วเขียนเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

ข้อที่	รายการแบบประเมินเนื้อหาในเอกสารหลักสูตร ฝึกอบรมการออกและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	ผลการพิจารณา			ระยะเวลา การ ฝึกอบรม
		เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	
	<u>ด้านเนื้อหาในความสำคัญของการออกแบบและการ สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้</u>				
1.	มีรายละเอียดที่อธิบายถึงความสำคัญพื้นฐานงานฉีด พลาสติก				40 นาที
2.	มีเนื้อหาในความหมายประวัติความเป็นมาของ พลาสติก				30 นาที
3.	มีเนื้อหาในความหมายของเครื่องฉีดพลาสติก				1 ชม.
4.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงธรรมชาติการไหลของน้ำพลาสติก				20 นาที
5.	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องที่เกี่ยวกับการเลือกวัสดุ หลัก				30 นาที
6.	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องการเลือกใช้วัสดุพลาสติก				30 นาที
7.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงชนิดของวัสดุที่มีใช้ทั่วไป				20 นาที
8.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงหลักการการระบายอากาศใน แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก				30 นาที
9.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงแม่พิมพ์แบบสองแผ่น				30 นาที
10.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงแม่พิมพ์แบบสามแผ่น				30 นาที
11.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงแม่พิมพ์แบบแยก				30 นาที
12.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการวิเคราะห์ในการออกแบบ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก				1.5 ชม.
13.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการออกแบบแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก				40 นาที
14.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการกำหนดโครงสร้าง แม่พิมพ์				1 ชม.
15.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงวิธีการปลดชิ้นงาน				1 ชม.

ข้อที่	รายการแบบประเมินเนื้อหาในเอกสารหลักสูตร ฝึกอบรมการออกและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	ผลการพิจารณา			ระยะเวลา การ ฝึกอบรม
		เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย	
	<u>ด้านเนื้อหาในความสำคัญของการออกแบบและการ สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกไปด้วยเนื้อหาดังต่อไปนี้</u>				
16.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการหล่อเย็นแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก				40 นาที
17.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก				30 นาที
18.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการตรวจสอบแม่พิมพ์ฉีด พลาสติก				30 นาที
19.	มีเนื้อหาที่อธิบายในเรื่องการตรวจสอบความเสียหาย ของแม่พิมพ์				30 นาที
20.	มีเนื้อหาที่อธิบายถึงการบำรุงรักษาแม่พิมพ์				30 นาที

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมในหลักสูตรฝึกอบรม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....
(.....)

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างการฝึกอบรม
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่าง
การฝึกอบรม

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมของ
รายละเอียดในแบบทดสอบระหว่างการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและ
สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในด้าน/ความรู้ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ระหว่าง
การฝึกอบรม
2. ให้ท่านพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า รายละเอียดของแบบทดสอบ จะ
นำไปใช้เป็นตัวแทนการวัดหรือสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้าง
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่จัดขึ้นในครั้งนี้ ที่ได้เสนอไว้ในแบบประเมินนี้หรือไม่ แล้วเขียน
เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างการฝึกอบรม
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านงานฉีดพลาสติก (ข้อที่ 1 – 10)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านความรู้
 ระหว่างฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม
 หรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับ ที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
	<u>ด้านความรู้ งานออกแบบแม่พิมพ์</u>				
1.	บอกความหมายของชนิดพลาสติกแต่ละประเภทได้	1			
2.	บอกนิยามของคำศัพท์ได้	2			
3.	บอกความหมายและหน้าที่ของชุดฉีดได้	3			
4.	บอกความหมายและข้อดี ข้อเสียของเครื่องฉีดแบบ ซี เอ็น ซี	4			
5.	บอกความหมายของพลาสติกและการไหลของน้ำพลาสติกได้	5			
6.	บอกความหมายของสภาพการฉีดได้	6			
7.	บอกความหมายการฉีดขึ้นงานที่ได้คุณภาพ	7			
8.	บอกคุณสมบัติของพลาสติก PVC ได้	8			
9.	บอกสาเหตุที่ทำให้เกิดครีบบริเวณขึ้นงานได้	9			
10.	บอกหน้าที่การทำงานของเครื่องฉีดได้	10			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้ระหว่างการฝึกอบรม
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมระหว่างการฝึกอบรม

ส่วนที่ 2 ความรู้ด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ข้อที่ 1– 16)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมแบบทดสอบในด้านความรู้
 ระหว่างฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม
 หรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึง ข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับ ที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
	<u>ด้านความรู้ งานออกแบบแม่พิมพ์</u>				
1.	บอกถึงความหมายและปัจจัยในการฉีดขึ้นงาน	1			
2.	อธิบายถึงความหมายและการเลือกวัสดุ อลูมิเนียมทำแม่พิมพ์	2			
3.	บอกความหมายชิ้นส่วนที่เป็น Undercut ได้	3			
4.	บอกความหมายและข้อจำกัดของการออกแบบ ครีปได้	4			
5.	บอกความหมายในการเพิ่มความแข็งของวัสดุ ได้	5			
6.	บอกความหมายของ Cavity ได้	6			
7.	อธิบายถึงสาเหตุการแยกเป็นสายได้	7			
8.	บอกความหมายการเกิดลายคลื่นบนชิ้นงานได้	8			
9.	บอกความหมายและหลักการในการออกแบบ แม่พิมพ์	9			
10.	บอกความหมายสูตรการคำนวณแรงยึด แม่พิมพ์	10			

ลำดับ ที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
11.	อธิบายถึงผลกระทบของการออกแบบ Runner ได้	11			
12.	อธิบายหลักการการวางตำแหน่งเกทได้	12			
13.	อธิบายถึงหน้าที่การทำงานของ Runner	13			
14.	อธิบายถึงการวางระบบการปลดชั้นงานได้	14			
		15			
15.	อธิบายถึงหลักการออกแบบ Taper รูฉี๊ดได้	16			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....

(.....)

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้หลังการฝึกอบรม
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลัง

คำชี้แจง

1. แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อต้องการทราบความเหมาะสมของ
รายละเอียดในแบบทดสอบหลังการฝึกอบรมในหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้าง
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ในด้าน/ความรู้ โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม หลังการ
ฝึกอบรม
2. ให้ท่านพิจารณาว่าท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า รายละเอียดของแบบทดสอบ จะ
นำไปใช้เป็นตัวแทนการวัดหรือสอดคล้องกับหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและสร้าง
แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่จัดขึ้นในครั้ง นี้ ที่ได้เสนอไว้ในแบบประเมินนี้หรือไม่ แล้วเขียน
เครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการพิจารณา

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้หลังการฝึกอบรม
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 1 ความรู้พื้นฐานด้านงานฉีดพลาสติก (ข้อที่ 1 – 10)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้าน

ความรู้หลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึงข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึงไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

หรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึงข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับ ที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
	<u>ด้านความรู้ งานออกแบบแม่พิมพ์</u>				
1.	บอกขีดความสามารถของเครื่องฉีดได้	1			
2.	บอกความหมายของเส้นแบ่งแม่พิมพ์ได้	2			
3.	บอกข้อดี ข้อเสีย ของเครื่องฉีดแบบเกลียวคู่	3			
4.	บอกความหมายของพลาสติกและการไหลของ น้ำพลาสติก	4			
		5			
5.	บอกสาเหตุที่ทำให้เกิดความเค้นในการไหลได้	6			
6.	บอกคุณสมบัติของพลาสติก ABS ได้	7			
7.	บอกคุณสมบัติของพลาสติก PVC ได้	8			
8.	บอกหน้าที่การทำงานของเครื่องฉีดได้	9			
9.	บอกความหมายและการเลือกพลาสติกให้ เหมาะกับการใช้งานได้	10			

แบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้านความรู้หลังการฝึกอบรม
การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมหลังการฝึกอบรม

ส่วนที่ 2 การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก (ข้อที่ 1-16)

คำชี้แจง โปรดแสดงความคิดเห็นในแบบประเมินความเหมาะสมของแบบทดสอบในด้าน
 ความรู้หลังการฝึกอบรม

โดยทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องผลการตัดสิน ดังนี้

เห็นด้วย หมายถึงข้อสอบวัดได้ตรงตามจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ไม่แน่ใจ หมายถึงไม่แน่ใจว่าข้อสอบวัดได้ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม
 หรือไม่

ไม่เห็นด้วย หมายถึงข้อสอบวัดไม่ตรงกับจุดประสงค์ของการฝึกอบรม

ลำดับ ที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
	<u>ความรู้ด้าน งานออกแบบแม่พิมพ์</u>				
1.	บอกความหมายการแบ่งเส้นแบ่งชิ้นงาน	1			
2.	บอกหลักเกณฑ์การออกแบบชิ้นงาน	2			
3.	บอกความหมายและข้อจำกัดของการออกแบบ ครีปได้	3			
4.	บอกความหมายและหลักการออกแบบรูระบาย อากาศได้	4			
5.	อธิบายหลักการกำหนดรูระบายอากาศได้	5			
6.	บอกความหมายของการเกิดครีปและวิธีการ ป้องกันได้	6			
7.	บอกความหมายของการเกิดรอยบวมได้	7			
8.	บอกสาเหตุของการเกิดเจตติงได้	8			
9.	บอกหลักเกณฑ์ในการคำนวณจำนวน Cavity	9			
10.	บอกความหมายและหน้าที่ของเกตได้	10			

ลำดับ ที่	จุดประสงค์การฝึกอบรม	ข้อสอบ ข้อที่	ผลการพิจารณา		
			เห็น ด้วย	ไม่ แน่ใจ	ไม่เห็น ด้วย
11.	อธิบายถึงหลักการออกแบบในการปลดชิ้นงานที่เป็น Undercut ได้	11			
12.	อธิบายถึงการวางเกทที่ไม่ถูกต้องได้	12			
13.	อธิบายถึงจังหวะตำแหน่งการปลดชิ้นงานที่ถูกต้อง	13			
14.	อธิบายถึงการวางระบบการปลดชิ้นงานได้	14			
15.	อธิบายถึงปัญหาที่เกิดจากชิ้นงานที่มี Undercut	15			
16.	อธิบายหลักการทำงานของ Angle Pin ได้	16			

ข้อเสนอแนะ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ผู้ประเมิน.....
(.....)

ภาคผนวก ค

**แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่าง
การฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มาก
ที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตร
ฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แบบทดสอบความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกต้อง 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย  ล้อมรอบข้อ ก., ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม ส่วนที่ 1 เรื่องพื้นฐานพลาสติก

(ตามเกณฑ์ 80/80)

1. วัสดุพลาสติกสามารถแบ่งได้กี่กลุ่ม
 - ก. 2 กลุ่ม
 - ข. 3 กลุ่ม
 - ค. 4 กลุ่ม
 - ง. 5 กลุ่ม
2. เวลาที่ใช้ในการฉีดรอบหนึ่งเรียกว่า
 - ก. Cycle time
 - ข. Shot
 - ค. Piece
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ข

3. ระบบการหลอมพลาสติกและชุดฉีด ทำหน้าที่อะไร
 - ก. ทำหน้าที่ระบายความร้อนในชุดฉีด
 - ข. ทำหน้าที่หลอมพลาสติก
 - ค. รักษาระดับน้ำพลาสติก
 - ง. ทำการแยกน้ำพลาสติกออกจากกัน
4. เครื่องฉีดพลาสติกแบบ CNC (Controlled Injection Molding Machine) มีข้อดีอย่างไร
 - ก. ฉีดชิ้นงานได้ต่อเนื่อง
 - ข. การบำรุงรักษาง่าย
 - ค. สามารถเก็บค่าตัวแปรของพลาสติกของแต่ละชิ้นงานได้
 - ง. เครื่องราคาไม่แพง
5. การไหลของน้ำพลาสติกเข้าสู่แม่พิมพ์ ผ่านช่องว่างที่เรียกว่า
 - ก. Cavity
 - ข. Gate
 - ค. Sprue Runner
 - ง. ถูกทั้งข้อ ข และ ค
6. ผลกระทบที่เกิดจากสภาพการฉีดมีอะไรบ้าง
 - ก. อุณหภูมิแม่พิมพ์ ความเร็วในการฉีด
 - ข. ชนิดเม็ดพลาสติก
 - ค. เครื่องฉีด
 - ง. ผิดทุกข้อ
7. การฉีดชิ้นงานที่ดี คือข้อใด
 - ก. ทางวิ่งเล็ก
 - ข. ชิ้นงานบิดตัว
 - ค. แรงดันในการฉีดที่เหมาะสม
 - ง. เกิดการหดตัว
8. พลาสติก PVC (Polyvinyl Chloride) เหมาะสำหรับงานฉีดประเภทใด
 - ก. ท่อ ข้อต่อ
 - ข. ยานยนต์
 - ค. อุตสาหกรรมหนัก
 - ง. อุตสาหกรรมสิ่งทอ

9. สาเหตุที่ทำให้เกิด ครีบลบออกมาที่ Parting Line เนื่องจากเครื่องจักร
- ก. อุณหภูมิของท่อฉีดต่ำเกินไป
 - ข. แรงบิดแม่พิมพ์มากเกินไป
 - ค. แรงบิดแม่พิมพ์น้อยเกินไป
 - ง. ความหนืดของพลาสติกต่ำเกินไป
10. การฉีดชิ้นงานที่ดีที่สุดแรงดันที่เหมาะสมควรใช้เวลาเป็นอย่างไร
- ก. ใช้เวลาให้ยาวที่สุด
 - ข. ใช้เวลาให้สั้นที่สุด
 - ค. ใช้แรงดันให้มากที่สุด
 - ง. ใช้แรงดันน้อยที่สุด

เฉลยส่วนที่1 (ระหว่างฝึกอบรม)

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ค.	6	ก.
2	ก.	7	ค.
3	ข.	8	ก.
4	ค.	9	ค.
5	ง.	10	ข.

**แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝักอบรม
ในหลักสูตรฝักอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่าง
การฝักอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝักอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มาก
ที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝัก
อบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แบบทดสอบความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีจำนวนข้อสอบ 16 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ○ ล้อมรอบข้อ ก., ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการฝึกอบรมในระหว่างการฝึกอบรม ส่วนที่ 2 เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์
(ตามเกณฑ์ 80/80)

1. ชิ้นงานที่ทำการฉีดออกมาดีหรือไม่ดี ขึ้นอยู่กับปัจจัยข้อใดเป็นสำคัญ
 - ก. การออกแบบแม่พิมพ์
 - ข. การประกอบแม่พิมพ์
 - ค. วัสดุที่ใช้ในการฉีด
 - ง. กระบวนการในการฉีด
2. ข้อเสียของการนำลูมิเนียมมาทำแม่พิมพ์
 - ก. การนำความร้อนดีกว่าเหล็ก
 - ข. ไม่ทนต่อกรดและด่างต่างๆ
 - ค. อายุการใช้งานนานมาก
 - ง. เหมาะกับแม่พิมพ์ต้นแบบ

3. ชิ้นส่วนบางจุดเป็น Undercut หมายถึงข้อใด
 - ก. ด้าน Core
 - ข. ด้าน Cavity
 - ค. Insert
 - ง. ส่วนที่ Tooling ไม่สามารถกัดได้ ในแนวการเดินปกติ
4. ข้อใดคือข้อควรระวังในการออกแบบ RIB
 - ก. ทิศทางของ RIB ควรอยู่ในทิศทางเดียวกับการไหลของพลาสติก
 - ข. ควรใส่ RIB ให้มีขนาดที่หนา
 - ค. ทำให้ส่วนฐานเป็นมุมฉากมากที่สุด
 - ง. ทิศทาง RIB ให้ขวางทางการไหลของน้ำพลาสติก
5. ในกรณีที่ต้องการเพิ่มความแข็งแรงของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ควรทำอย่างไร
 - ก. เลือกวัสดุที่มีความแข็งแรงตามมาตรฐาน
 - ข. ทำการชุบผิว
 - ค. ทำการชุบชิ้นส่วนทุกตัว
 - ง. ถูกทุกข้อ
6. ชิ้นส่วนใดของแม่พิมพ์อยู่กับที่แน่นตัวกำหนดผิวนอกของชิ้นงาน
 - ก. Core
 - ข. Cavity
 - ค. Insert Core
 - ง. Bottom Plate
7. สาเหตุที่ทำให้พลาสติกแยกเป็นสายๆ (Weld Mark) อันเกิดจากเครื่องจักร
 - ก. เพิ่มเวลาในการฉีด
 - ข. ปรับสารหล่อลื่นในวัฏดุติบ
 - ค. ทำ Runner ให้ใหญ่ขึ้น
 - ง. ทำการอบแห้งเม็ดพลาสติก
8. การเกิดลายคลื่นบนชิ้นงาน (Flow Mark) ข้อใดผิด
 - ก. ความหนืดพลาสติกสูงเกินไป แล้วผืนฉีด
 - ข. ความหนืดพลาสติกต่ำเกินไป
 - ค. มีข้อบกพร่องขณะไหลของพลาสติก
 - ง. ปรับแต่งการฉีดไม่ดี

9. ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกสิ่งที่ควรคำนึง ยกเว้นข้อใดไม่ใช่
- การบำรุงรักษาทำได้ง่าย
 - เป็นโครงสร้างที่สูญเสียวัตถุดิบน้อย
 - ชิ้นส่วนทุกชิ้นชำระได้ง่าย
 - ชิ้นงานที่มีความหนาสม่ำเสมอ
10. ข้อใดคือสูตรการคำนวณ แรงยึดแม่พิมพ์ (Locking force requirement)
- $\frac{D \times \pi}{4}$
 - $\frac{\pi \times 4}{D^2}$
 - $\frac{\pi \times n}{1000}$
 - $\frac{D^2 \times \pi}{4}$
11. ปัจจัยใดที่ไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการออกแบบ Runner
- ปริมาตรชิ้นงาน
 - ปริมาณเศษพลาสติก
 - พื้นที่ผิวต่อปริมาตรของ Runner
 - ความเรียบของผิวชิ้นงาน
12. ข้อใดคือหลักการวางตำแหน่ง Gate
- รูปร่างชิ้นงาน
 - ทิศทางที่รับแรงสูงสุด
 - ความเรียบรอยของชิ้นงาน
 - ถูกทุกข้อ
13. ข้อใดคือหน้าที่หลักของ Runner
- ลำเลียงน้ำพลาสติกเข้าสู่ cavity อย่างรวดเร็ว และไม่ติดขัดในเส้นทางที่สั้นที่สุด
 - ทำหน้าที่ปลดชิ้นงานหลังจากการฉีด
 - เป็นตัวกำหนดน้ำหนักของตัวชิ้นงาน
 - ผิดทุกข้อ
14. ในระบบปลดชิ้นงานโดยทั่วไป จะอยู่กับส่วนใด
- ส่วน Cavity
 - ส่วน Core
 - ส่วนปลอกนำฉีด
 - ส่วนแหวนหัวฉีด

15. ข้อใดไม่ใช่ชุดกระทุ้ง (Ejector Assembly)

- ก. Cavity Plate
- ข. Ejector Plate
- ค. Retainer Plate
- ง. Stopper

16. ปลอก รูฉีด ควรมี Taper กี่องศา

- ก. 1°
- ข. 2°
- ค. 3°
- ง. 4°

เฉลยส่วนที่ 2 (ระหว่างฝึกอบรม)

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ก.	9	ค.
2	ข.	10	ง.
3	ง.	11	ง.
4	ก.	12	ง.
5	ง.	13	ก.
6	ข.	14	ข.
7	ก.	15	ก.
8	ข.	16	ก.

**แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝึกอบรม
ในหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่าง
การฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มาก
ที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึก
อบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แบบทดสอบความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการศึกษาอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีจำนวนข้อสอบ 10 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ○ ล้อมรอบข้อ ก., ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการศึกษาอบรมหลังการฝึกอบรม ส่วนที่1 เรื่องพื้นฐานพลาสติก

(ตามเกณฑ์ 80/80)

1. การฉีดแม่พิมพ์ในแต่ละครั้ง อาศัยแรงฉีดแม่พิมพ์จากข้อใด
 - ก. ตัวแม่พิมพ์เอง
 - ข. เครื่องฉีด
 - ค. แรงเคลื่อนจากก้านกระทุ้ง Ejector
 - ง. แรงดันน้ำพลาสติก
2. ข้อใดกล่าวความหมายคำว่า Parting line ได้ถูกต้อง
 - ก. เส้นแบ่งความหนาของด้าน คาวีตี้
 - ข. เส้นแบ่งความหนาของด้าน คอรั
 - ค. เส้นแบ่งระหว่างแม่พิมพ์
 - ง. เส้นทางวิ่งของอากาศ

3. ข้อดีของเครื่องฉีดแบบเคลียร์วู้ค คือข้อใด
 - ก. ป้องกันการรั่วของน้ำพลาสติก
 - ข. ช่วยลดแรงดันในการฉีด
 - ค. ปรับน้ำหนักพลาสติกในช่วงฉีดได้
 - ง. ควบคุมน้ำหนักการฉีดได้ดี
4. โดยทั่วไปพลาสติกที่หลอมเหลวจะมีอิสระในการไหล ซึ่งขึ้นอยู่กับอะไร
 - ก. อุณหภูมิสูง
 - ข. อุณหภูมิต่ำ
 - ค. ความหนืดต่ำ
 - ง. ความดันต่ำ
5. ช่วงเพิ่มแรงดัน โดยทั่วไปแล้วพลาสติกสามารถอัดตัวได้อีกกี่เปอร์เซ็นต์ (%)
 - ก. 10 %
 - ข. 15 %
 - ค. 20 %
 - ง. 25 %
6. สาเหตุที่ทำให้ความเค้นเกิดขึ้นในชิ้นงาน คือข้อใด
 - ก. การไหลของพลาสติก ขณะกำลังแข็งตัว
 - ข. การไหลกลับของน้ำพลาสติก
 - ค. แรงเฉื่อยจากการไหล
 - ง. ความเร็วในการไหล
7. พลาสติก ABS มีอุณหภูมิหลอมเหลวเท่าใด
 - ก. $150 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ข. $180 - 200\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ค. $200 - 240\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ง. $200 - 280\text{ }^{\circ}\text{C}$
8. อุณหภูมิในการฉีดของพลาสติก PVC ประมาณกี่องศาเซลเซียส ($^{\circ}\text{C}$)
 - ก. $15 - 40\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ข. $20 - 45\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ค. $20 - 60\text{ }^{\circ}\text{C}$
 - ง. $80\text{ }^{\circ}\text{C}$

9 . ในขณะที่เครื่องฉีดทำการฉีดน้ำพลาสติกจะผ่านส่วนใดของเครื่องฉีด

ก. Spure

ข. Runner

ค. Nozzle

ง. Cavity

10. พลาสติกชนิดใดที่นิยมใช้ในการบรรจุอาหาร

ก. PP

ข. PE

ค. PC

ง. PS

เฉลยส่วนที่ 1 (หลังฝึกอบรม)

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ข.	6	ก.
2	ค.	7	ง.
3	ก.	8	ค.
4	ก.	9	ค.
5	ข.	10	ข.

**แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจระหว่างฝักอบรม
ในหลักสูตรฝักอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก**

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบความรู้ ความเข้าใจฉบับนี้เป็นแบบทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อ
ศึกษาความรู้ความเข้าใจในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่าง
การฝักอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝักอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มาก
ที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝัก
อบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
3. โปรดวงกลมรอบคำตอบที่ท่านเห็นว่าถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว

แบบทดสอบ

เรื่อง การพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

คำอธิบายในแบบทดสอบ

แบบทดสอบนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในระหว่างการฝึกอบรม ที่มีต่อหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จะมีประสิทธิภาพในด้านของความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โปรดตอบคำถามในแบบทดสอบฉบับนี้ให้ตรงกับความคิดของท่านให้มากที่สุด ในทุกข้อ โดยคำตอบของท่านจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แบบทดสอบความรู้ในการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยทดสอบกับผู้เข้ารับการศึกษาอบรม ในระหว่างการฝึกอบรม ในแบบทดสอบการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก มีจำนวนข้อสอบ 16 ข้อ ใน 1 ข้อ มี 4 ตัวเลือก โดยเกณฑ์ในการให้คะแนน คือ ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิด ไม่ได้คะแนน

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ☐ ล้อมรอบข้อ ก., ข., ค., ง. ที่เป็นคำตอบที่ถูกต้องที่สุดของท่าน

แบบทดสอบความรู้การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

โดยใช้ทดสอบกับผู้เข้ารับการศึกษาอบรมหลังการฝึกอบรม ส่วนที่ 2 เรื่องการออกแบบแม่พิมพ์
(ตามเกณฑ์ 80/80)

1. ข้อใดกล่าวความหมายคำว่า Parting line ได้ถูกต้อง
 - ก. เส้นแบ่งความหนาของด้าน คาวีดี
 - ข. เส้นแบ่งความหนาของด้าน คอรั
 - ค. เส้นแบ่งระหว่างแม่พิมพ์
 - ง. เส้นทางวิ่งของอากาศ
2. ข้อใดไม่ใช่หลักเกณฑ์ในการออกแบบชิ้นงานฉีดพลาสติก
 - ก. กำหนดมาตรฐานขึ้นมาเอง
 - ข. ทำความเข้าใจเกี่ยวกับมาตรฐาน
 - ค. ใฝหาความรู้เกี่ยวกับผลิตภัณฑ์
 - ง. ยกระดับความสามารถในกาเขียนแบบ

3. ข้อใดไม่ใช่หน้าที่ของครีป (RIB)
 - ก. เพิ่มความแข็งแรง
 - ข. ทำให้ปลดชิ้นงานได้ง่าย
 - ค. ทำให้ชิ้นงานมีสมรรถนะดี
 - ง. ป้องกันการเปลี่ยนรูป
4. ในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เหตุใดต้องมีรูระบายอากาศ (Air Vent)
 - ก. เพื่อให้เกิดแรงต้านหน้าแม่พิมพ์
 - ข. ทำให้การเย็นตัวของน้ำพลาสติกเร็วขึ้น
 - ค. ช่วยแรงต้านบริเวณหน้าผิวขณะปิดแม่พิมพ์และช่วงการฉีด
 - ง. ช่วยปลดชิ้นงานได้ง่าย
5. การกำหนดรูระบายอากาศ สิ่งแรกที่ต้องคำนึง คือ
 - ก. รูปร่างของชิ้นงาน
 - ข. ขนาดของแม่พิมพ์
 - ค. ขนาดของทางวิ่งน้ำพลาสติก
 - ง. การปลดชิ้นงาน
6. สาเหตุที่ทำให้เกิดครีปแลบ อันมาจากการออกแบบแม่พิมพ์
 - ก. อุณหภูมิของท่อฉีดต่ำเกินไป
 - ข. แรงบิดแม่พิมพ์มากเกินไป
 - ค. แรงบิดแม่พิมพ์น้อยเกินไป
 - ง. ใช้วัสดุทำแม่พิมพ์ที่แข็ง เพิ่มความแข็งแรงของแม่พิมพ์
7. การเกิดรอบบวม (Shrink Mark) เกิดจากข้อใด
 - ก. อัตราการเย็นตัวไม่เท่ากัน
 - ข. ความผิดพลาดชั้นพื้นฐาน ในการออกแบบ
 - ค. เปิดช่องอากาศไม่ถูกต้อง
 - ง. ถูกทุกข้อ
8. สาเหตุใดทำให้เกิด “เจตติง” หรือเกิดการประสานตัวไม่ดี
 - ก. ตั้งความเร็วของการฉีดเร็วเกินไป
 - ข. ตั้งความเร็วของการฉีดช้าเกินไป
 - ค. ช่วงการไหลของพลาสติกเกิดการแปรปรวน
 - ง. ถูกทั้งข้อ ก และ ค

9. การคำนวณจำนวน Cavity ประโยชน์เพื่ออะไร
 - ก. ทราบอายุการใช้งาน
 - ข. จำนวนการผลิตทันต่อเวลา
 - ค. ทำให้ทราบระยะเวลาการฉีด
 - ง. ถูกทุกข้อ
10. ข้อใดต่อไปนี้เป็นข้อดีของ Gate
 - ก. ควบคุมความดันน้ำพลาสติก
 - ข. เพื่อแยกชิ้นงานกับ Runner ออกจากกัน
 - ค. เพื่อควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์
 - ง. เพื่อควบคุมน้ำพลาสติกเข้าในลักษณะ ไม่เกิดผลเสียกับชิ้นงาน
11. ในการปลดชิ้นงาน การทำ Undercut มีไว้เพื่อประโยชน์อะไร
 - ก. ให้ชิ้นงานมีความสวยงาม
 - ข. เพื่อให้การปลดชิ้นงานได้รวดเร็วขึ้น
 - ค. เพื่อสร้างความแข็งแรง
 - ง. เพื่อลดน้ำหนักชิ้นงาน
12. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของการวาง Gate ที่ดี
 - ก. กำหนดการเข้าที่จุดต้ง่าย
 - ข. วาง Gate เข้าที่จะทำให้เกิดรอยต่อ
 - ค. ใช้ Gate เข้าหลายจุดสำหรับชิ้นงานบาง
 - ง. วาง Gate เข้าที่จะทำให้ไม่เกิดรอยต่อ
13. ข้อใดต่อไปนี้เป็นจังหวะที่รับปลดชิ้นงานทำงาน
 - ก. จังหวะการปิดแม่พิมพ์
 - ข. จังหวะทำการฉีด
 - ค. จังหวะเปิดแม่พิมพ์
 - ง. จังหวะหล่อเย็น
14. การปลดชิ้นงานมีหลายวิธี ข้อใดไม่ใช่วิธีการปลดชิ้นงานในแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
 - ก. ใช้เข็มกระทุ้ง (Ejector Pin)
 - ข. ใช้ปลอกกระทุ้ง (Ejector Sleeve)
 - ค. ใช้แผ่นปลด (Stripper Plate)
 - ง. ใช้การวิ่ง (Runner)

15. จากปัญหาที่เกิดจากชิ้นงานที่เป็น Undercut มีวิธีแก้ไขอย่างไร

- ก. ให้มี Taper ช่วยในการปลดชิ้นงาน
- ข. การใช้เกลียวในการปลดชิ้นงาน
- ค. เปิดแม่พิมพ์โดยใช้วิธีการเบียด
- ง. ถูกทุกข้อ

16. หน้าที่หลักของ Angle Pin คือข้อใด

- ก. เอียงหน้า P/L ของแม่พิมพ์
- ข. กำหนด Slide ให้ได้ตามระยะ
- ค. กำหนดระยะปิดแม่พิมพ์
- ง. กำหนดระยะเปิดแม่พิมพ์

เฉลยส่วนที่ 2 (หลังฝึกอบรม)

คำเฉลยในแบบทดสอบ			
คำถามข้อที่	คำตอบข้อ	คำถามข้อที่	คำตอบข้อ
1	ค.	9	ง.
2	ก.	10	ค.
3	ข.	11	ข.
4	ค.	12	ค.
5	ก.	13	ค.
6	ค.	14	ง.
7	ง.	15	ง.
8	ง.	16	ข.

ภาคผนวก ง

ตาราง 13 ตารางการประเมินเนื้อหาระหว่างฝักอบรม

ลำดับ เนื้อหา	เนื้อหาระหว่างฝักอบรม ส่วนที่ 1	จำนวน ข้อ	คนที่												Σx	Σx^2	n	SD	$\bar{x}$
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1	1. ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก																		
	1.1 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11	11	12	0.29	0.92
	1.2 กระบวนการฉีดพลาสติก	2	2	1	2	2	0	2	0	2	2	1	1	1	16	28	12	0.78	1.33
	1.3 การฉีดพลาสติก	3	3	2	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	20	38	12	0.65	1.67
		6																	
2	2. ความรู้พื้นฐานด้านเครื่องฉีดพลาสติก																		
	2.1 เครื่องฉีดแบบทั่วไป	2	2	2	1	1	1	0	2	1	1	0	2	1	14	22	12	0.72	1.17
	2.2 เครื่องฉีดแบบ ซีเอ็นซี	2	2	2	2	1	2	1	2	1	1	1	1	1	17	27	12	0.51	1.42
		4																	
เนื้อหาระหว่างฝักอบรม ส่วนที่ 2																			
1	1. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก																		
	1.1 แม่พิมพ์แบบสองแผ่น	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1	0	7	7	12	0.51	0.58
	1.2 แม่พิมพ์แบบสามแผ่น	2	2	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	7	9	12	0.67	0.58
	1.3 แม่พิมพ์แบบแยก	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	0	0	1	8	8	12	0.49	0.67
		4																	

ตาราง 13 (ต่อ) ตารางการประเมินเนื้อหาระหว่างฝึกอบรม

ลำดับ เนื้อหา	เนื้อหาระหว่างฝึกอบรม ส่วนที่ 1	จำนวน ข้อ	คนที่												$\sum x$	$\sum x^2$	n	SD	$\bar{x}$
2	2. การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก																		
	2.1 การกำหนดโครงสร้างแม่พิมพ์																		
	2.1.1 การกำหนดแนวแยกแม่พิมพ์	2	1	1	2	2	2	2	1	2	2	0	1	1	17	29	12	0.67	1.42
	2.1.2 การออกแบบชิ้นส่วน	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	0	1		9	9	12	0.45	0.75
	2.1.3 การกำหนดเบ้า	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	4	4	12	0.49	0.33
		4																	
	2.2 การวิเคราะห์แม่พิมพ์																		
	2.2.1 การวิเคราะห์วัสดุทำแม่พิมพ์	2	2	2	2	2	1	1	1	2	2	1	1	2	19	33	12	0.51	1.58
	2.2.2 การวิเคราะห์มาตรการการ ป้องกันการสึกหรอ	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	8	8	12	0.49	0.67
	2.2.3 การวิเคราะห์ความสมดุลใน การไหล	2	2	2	2	1	2	1	2	2	2	2	0	2	20	38	12	0.65	1.67
		5																	
3	3. การตรวจสอบแม่พิมพ์	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	0	21	41	12	0.62	1.75
		2																	
4	4. การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	9	9	12	0.45	0.75
		1																	

ตาราง 14 ตารางการประเมินเนื้อหาหลังฝึกอบรม

ลำดับ เนื้อหา	เนื้อหาหลังฝึกอบรม ส่วนที่ 1	จำนวน ข้อ	คนที่												Σx	Σx^2	n	SD	$\bar{x}$
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12					
1	1. ความรู้พื้นฐานด้านพลาสติก																		
	1.1 ประวัติความเป็นมาของพลาสติก	2	2	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	7	9	12	0.67	0.58
	1.2 กระบวนการฉีดพลาสติก	2	1	2	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	11	13	12	0.51	0.92
	1.3 การฉีดพลาสติก	2	2	1	2	1	1	0	1	0	1	0	1	0	10	14	12	0.72	0.83
		6																	
2	2. ความรู้พื้นฐานด้านเครื่องฉีดพลาสติก																		
	2.1 เครื่องฉีดแบบทั่วไป	2	2	1	2	1	1	1	2	1	0	0	0	0	11	17	12	0.79	0.92
	2.2 เครื่องฉีดแบบ ซีเอ็นซี	2	2	2	1	0	0	2	2	1	2	2	0	1	15	27	12	0.87	1.25
		4																	
เนื้อหาหลังฝึกอบรม ส่วนที่ 2																			
1	1. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก																		
	1.1 แม่พิมพ์แบบสองแผ่น	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	8	8	12	0.49	0.67
	1.2 แม่พิมพ์แบบสามแผ่น	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1	9	9	12	0.45	0.75
	1.3 แม่พิมพ์แบบแยก	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	11	11	12	0.29	0.92
		3																	

ตาราง 14 (ต่อ) ตารางการประเมินเนื้อหาหลังฝึกอบรม

ลำดับ เนื้อหา	เนื้อหาหลังฝึกอบรม ส่วนที่ 1	จำนวน ข้อ	คนที่												$\sum x$	$\sum x^2$	n	SD	$\bar{x}$
2	2. การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก																		
	2.1 การกำหนดโครงสร้างแม่พิมพ์																		
	2.1.1 การกำหนดแนวแยกแม่พิมพ์	2	1	1	2	1	1	2	2	2	2	0	2	0	16	28	12	0.78	1.33
	2.1.2 การออกแบบชิ้นส่วน	2	2	1	2	2	2	1	1	1	2	1	1	1	17	27	12	0.51	1.42
	2.1.3 การกำหนดเบ้า	1	1	1	1	1	1	0	1	0	0	1	0	1	8	8	12	0.49	0.67
		5																	
	2.2 การวิเคราะห์แม่พิมพ์																		
	2.2.1 การวิเคราะห์วัสดุทำแม่พิมพ์	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2	22	42	12	0.39	1.83
	2.2.2 การวิเคราะห์มาตรการการ ป้องกันการสึกหรอ	1	1	1	1	0	0	0	1	1	0	1	0	0	6	6	12	0.52	0.50
	2.2.3 การวิเคราะห์ความสมดุลใน การไหล	2	1	2	2	1	1	0	1	2	1	1	0	0	12	18	12	0.74	1.00
		5																	
3	3. การตรวจสอบแม่พิมพ์	2	2	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	0	16	26	12	0.65	1.33
		2																	
4	4. การบำรุงรักษาแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	3	3	12	0.45	0.25
		1																	

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบทดสอบประสิทธิภาพของหลักสูตรการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

1. อาจารย์ ดร.ชนะ รัชศิริ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
ประสบการณ์ในการทำงาน 12 ปี
ตำแหน่ง - อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
 - รองผู้อำนวยการฝ่ายวิจัย
สถานที่ทำงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
2. อาจารย์อนุศักดิ์ กาญจน์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
ประสบการณ์ในการทำงาน 15 ปี
ตำแหน่ง - หัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์
สถานที่ทำงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
3. อาจารย์สมปอง อินทอง ผู้เชี่ยวชาญด้านพลาสติกและงานฉีดพลาสติก
ประสบการณ์ในการทำงาน 16 ปี
ตำแหน่ง - หัวหน้าฝ่ายโพลีเมอร์
สถานที่ทำงาน สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม
4. อาจารย์ประทีป ฟองเพชร ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
ประสบการณ์ในการทำงาน 14 ปี
ตำแหน่ง - ครู ค.ศ. 2
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง
5. อาจารย์วิเชียร ดีฉาย ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
ประสบการณ์ในการทำงาน 17 ปี
ตำแหน่ง - ครู ค.ศ. 3
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยเทคนิคอ่างทอง

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นายเรวัตร์ มีสถิตย์
วันเดือนปีเกิด	31 มีนาคม 2518
สถานที่เกิด	อำเภอหลังสวน จังหวัดชุมพร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	เลขที่ 33/2 หมู่ 6 ตำบลอ้อมเกร็ด อำเภอปากเกร็ด จังหวัดนนทบุรี 10120 โทรศัพท์ 0 9147 0413
ตำแหน่งหน้าที่การงานในปัจจุบัน	นักวิจัย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เลขที่ 50 ถนนพหลโยธิน แขวงลาดยาว เขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร 10900 โทรศัพท์ 0 2942 8568-70 โทรสาร 0 2942 8571
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ.2535	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ช่างยนต์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี
พ.ศ.2537	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ช่างยนต์) สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตนนทบุรี (มหาวิทยาลัยสุวรรณภูมิ)
พ.ศ.2539	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีเครื่องกล) มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
พ.ศ.2549	การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ