บทที่ 2
ทฤษฎี

2.1 เรือพลาสติกขนาดเล็ก

เรือพลาสติกเป็นเรือที่ใช้สำหรับสัญจรในทางน้ำใช้การขนส่งหรือเดินทางเป็นยานพาหนะทางน้ำที่ใช้กันทั่วไปโดยขนาดและรูปร่างจะแตกต่างกันออกไปขึ้นอยู่กับการนำไปใช้งานโดยเรือพลาสติกที่ใช้งานทั่วๆไปจะสามารถแบ่งตามลักษณะวัสดุที่แตกต่างกันได้แก่

2.1.1เรือประเภทเทอร์โมพลาสติก

เรือพลาสติกส่วนมากใช้กระบวนการในการผลิตโดยวิธีการหมุนเหวี่ยง สามารถใช้วัสดุพลาสติกรีไซเคิลเช่นพอลิเอทธีลีนหรือ พอลิโพรไพลีนมาใช้ โดยทำให้ร้อนจนเหลว แล้วใส่ในแม่พิมพ์เหล็กอบด้วยความร้อนซึ่งหมุนอยู่บนเครื่องหมุนเหวี่ยง จนขึ้นรูปเรือตามเวลาที่กำหนด จากนั้นก็ปล่อยให้เซ็ตตัวแล้วจึงแกะออกจากแม่พิมพ์ บางกระบวนการผลิตใช้การฉีดพลาสติกที่อบร้อนจนเหลว เข้าไปในแม่พิมพ์เหล็กด้วยการอัด(Inejection) ซึ่งต้องใช้การลงทุนสูงไม่ค่อยจะคุ้มการลงทุน เพราะเรือพลาสติกราคาถูกจึงต้องใช้วิธีการที่ลงทุนต่ำเป็นหลัก เรือพลาสติก (เทอร์โมพลาสติก) เป็นเรือขนาดเล็กใช้ในการเกษตรหรือการประมงน้ำจืด

ตัวอย่างเรือเทอร์โมพลาสติกแบบต่างๆดังรูป

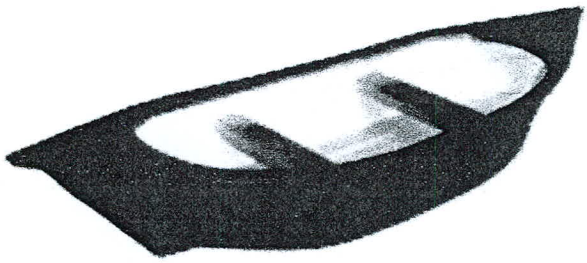
รูปที่ 2.1 เรือพลาสติกหัวแหลม ท้ายตัด 1 ที่นั่ง

ที่มา http://www.komsanplastic.com/boatcomos03.htm

เรือพลาสติกหัวแหลม ท้ายตัด 1 ที่นั่ง

ขนาดบรรทุก : 3-4 ที่นั่งขนาด 106x300x50 cm

น้ำหนักเรือ : 42.4 kg



รูปที่ 2.2เรือทรงหัวแหลมท้ายแหลม 2 ที่นั่ง

ที่มา http://www.komsanplastic.com/boatcomos03.htm

เรือทรงหัวแหลมท้ายแหลม 2 ที่นั่ง

ขนาดบรรทุก : 2 ที่นั่งขนาด : 89 X 266 X 49 cm

น้ำหนักเรือ: 21.7kg

รูปที่ 2.3 เรือทรงแม่ค้าตลาดน้ำ

ที่มา http://www.komsanplastic.com/boatcomos03.htm

เรือทรงแม่ค้าตลาดน้ำ รุ่นใหม่ ท้องมีลาย

ขนาดบรรทุก : 3-4 ที่นั่งขนาด : 89x337x36 cm

น้ำหนักเรือ : 36 kg

2.1.2เรือประเภทไฟเบอร์กล๊าส

เป็นเรือที่ใช้ประโยชน์ได้มากที่สุดตั้งแต่ความยาว 7 ฟุต ไปถึงกว่า 100 ฟุตตามที่ได้กล่าวมาตั้งแต่ต้นถึงการใช้งานของเรือเกือบจะทุกชนิดที่ไม่ต้องใช้งานบรรทุกหนักหรืองานที่ต้องทนทานต่อการกระแทกจากของมีคมเช่นเหล็กหรือหินแหลมคม การผลิตเรือไฟเบอร์กล๊าส (FRP) ใช้ระบบแม่แบบเปิด (Open mold) และส่วนใหญ่ใช้วิธีทำด้วยมือ (Hand lay up)และ Spray up method)

ตัวอย่างเรือไฟเบอร์กล๊าส

รูปที่ 2.4 เรือไฟเบอร์กล๊าส 8 ฟุต

ที่มา http://www.komsanplastic.com/boatcomos03.htm

2.2 การใช้กระบวนการ Rotational mouldingในการขึ้นรูป

Rotational mouldingเป็นกรรมวิธีการผลิตชนิดผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะกลวง เริ่มมีการพัฒนาระบบการผลิตตั้งแต่ปี 1940 เป็นต้นมา แต่ในช่วยแรกยังไม่แพร่หลายมากนัก เนื่องจากใช้เวลาในการผลิตนาน ผลิตได้จำนวนน้อย และยังมีขีดจำกัดอยู่ อย่างไรก็ตามในช่วงระยะเวลา 20 ปีที่ผ่านมา พลาสติกผง (Plastics powder) ได้เข้ามามีบทบาทสำคัญต่อขบวนการผลิต และช่วยให้มีผลิตภัณฑ์เพิ่มมากขึ้น ทุกวันนี้ประโยชน์ของเครื่อง Rotational mouldingมีผลในแง่ของเชิงเศรษฐศาสตร์ ให้ความประยัดต่อชิ้นงาน และชิ้นงานที่ได้มีความแข็งแรงไม่มีความเค้น (Stress) กับชิ้นงาน ด้วยเหตุนี้เครื่อง Rotational mouldingจึงเป็นคู่แข่งกับเครื่องขึ้นรูปด้วยการเป่า และเครื่องขึ้นรูปด้วยการฉีด

Rotational mouldingหรือเป็นที่รู้จักในชื่อ Rotocastingซึ่งก็มีลักษณะกระบวนการผลิตแบบเดียวกัน มีการให้ความร้อน, การขึ้นรูปร่าง, และการหล่อเย็นแก่พลาสติกซึ่งภายในแม่พิมพ์จะไม่มีการใช้แรงดัน

หลักการปฏิบัติ ก็คือ ขั้นแรกต้องใส่ผงพลาสติกลงแม่พิมพ์ที่ถูกแบ่งเป็น 2 ส่วน เราอาจเทผลพลาสติกลงในส่วนล่างที่อุณหภูมิปกติ แม่พิมพ์ที่ใช้อาจทำมาจากแผ่นเหล็กหรืออลูมิเนียมหล่อก็ได้ เมื่อทำการปิดแม่พิมพ์แล้วแม่พิมพ์ก็จะเริ่มหมุน มีทิศทางการหมุน 2 แกน (Biaxally) อยู่ภายในเตาอบ แสดงในรูป

ที่ 1 จากนั้นผนังแม่พิมพ์เริ่มร้อนขณะที่แม่พิมพ์กำลังหมุนอยู่ ผลพลาสติกที่อยู่ภายในก็ไหลหมุนตามไปมา จนเริ่มหลอมละลายติดภายในแม่พิมพ์หมดแล้ว แม่พิมพ์จะเคลื่อนที่เข้าไปในส่วนของการหล่อเย็น แม่พิมพ์ก็ยังคงหมุนต่อไปจนพลาสติกแข็งตัว เสร็จแล้วทำการถอดชิ้นงานออกมา แต่ชิ้นงานที่ได้ก็ยังไม่เรียบร้อย เพราะขั้นตอนสุดท้ายต้องมีการตกแต่ง เช่น การตัดหรือเลื่อยสิ่งที่ไม่ต้องการออกไป [3]

ปี 1940 และต้นปี 1950 กระบวนการผลิตของเครื่องชนิดนี้เริ่มเติบโตไปอย่างช้า ๆ เพราะพลาสติกที่เหมาะสมในขณะนั้นจะใช้ เซลลูโลส (Celluloses) เพียงอย่างเดียว อย่างไรก็ตาม หลังจากปี 1950 เป็นต้นมา วัตถุดิบที่เคยใช้เริ่มมีการเลี่ยนแปลงพลาสติกชนิดใหม่ ๆ เริ่มมีบทบาทต่อการพัฒนากระบวนการผลิต วัตถุดิบที่เป็นที่รู้จักกันแพร่หลาย ก็คือ ผงโพลิเอทธีลีน

ตลาดใหม่ ๆ ทั่วโลกต่างก็เปิดกว้าง จนกระทั่งปี 1960 อุตสาหกรรมของเล่นขยายการผลิตทางอุตสาหกรรมมากขึ้น ซึ่งก็เป็นเพราะปกติทั้ง โพลิไวนิลคลอไรด์ และโพลิเอทธิลีน มีความแข็งแกร่ง (Strength) และความแข็งเปราะ (Stiffness) ต่ำเมื่อเพิ่มคุณภาพแล้ว โพลิเอทธีลีน จะเกิดการเชื่อมขวาง (Cross-linked) มีคุณสมบัติที่ดีเหมือนกับวัตถุดิบชนิดพิเศษ ได้แก่ ไนล่อน , อะคิโรไนไตรบิวตะไดอีนสไตรีน , โพลิคาร์บอเนต , โพลิสไตรียนแบบทนแรงกระแทกสูง , อะซิตัล(Acetal) และอื่น ๆ ปริมาณโพลิเอทธิลีนที่ใช้มีจำนวน 90 % ของปริมาณพลาสติกทั้งหมดที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแบบ Rotational moulding ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากความเหมาะสมของผงพลาสติกโพลิเอทธิลีนในการหลอมตัวเมื่อได้รับความร้อน ช่วงของการหลอมเหลวที่กว้าง และเสถียรภาพต่อความร้อน (Heat statbilize) เป็นต้น แต่ก็ยังมีข้อบกพร่องบางประการ เช่น คุณสมบัติด้านความแข็งเปราะ

กระบวนการผลิต Rotationalmoulding เป็นที่แพร่หลายมากขึ้น ผู้ผลิตทั้งหลายต่างเลือกกระบวนการผลิตนี้ผลิตชิ้นงานที่มีความละเอียดซับซ้อน แสดงถึงการเจริญเติมโตของพลาสติกที่ใช้ใน Rotational moulding อย่างรวดเร็ว มีอัตรา 10-20% ต่อปี เปรียบเทียบกับการขึ้นรูปด้วยการเป่า (Blow molding) แล้ว Rotational moulding สามารถผลิตชิ้นงานได้มากกว่า ผลิตชิ้นงานได้หลายขนาด มีการกระจายความหนาของผนังชิ้นงานเท่ากันตลอด และมีขนาดชิ้นงานที่นอกเหนือไปจากกรรมวิธีการขึ้นรูปด้วยการเป่า ที่ทำได้เพราะการขึ้นรูปด้วยวิธีการเป่ายังมีข้อจำกัดในผลิตภัณฑ์ที่มีขนาดใหญ่ นอกจากนี้ Rotational moulding ยังมีข้อดีที่สำคัญ ก็คือ ต้นทุนการผลิตต่ำ และสามารถผลิตชิ้นงานซับซ้อน และมีลักษณะกลวงได้ ความแตกต่างของราคาแม่พิมพ์ทั้ง 2 กระบวนการผลิตขึ้นกับขนาดที่เพิ่มขึ้น เนื่องจากแม่พิมพ์ของการขึ้นรูปด้วยวิธีการฉีด มีราคาสูงกว่าแม่พิมพ์ของ Rotational mouldingถึง 5 เท่าตัว [4]

ข้อดีของ Rotational moulding

1. แม่พิมพ์มีลักษณะเรียบง่ายและราคาไม่แพง เหตุผลก็เพราะ Rotational mouldingเป็นกระบวนการผลิตที่เกิดแรงดันน้อย และแม่พิมพ์ที่ใช้ไม่มีความจำเป็นต้องมีความแข็งแรงสูง ระยะเวลาที่ใช้ทำแม่พิมพ์ประมาณ 2-3 สัปดาห์
2. แม่พิมพ์มีขนาดและรูปร่างที่ใช้แตกต่างกันไป และสามารถนำมาขึ้นรูปพร้อมกันในกระบวนการผลิตได้
3. สามารถผลิตชิ้นงานที่มีส่วนเกินที่ถอดออกจากแม่พิมพ์ได้ยาก (Undercut) และมีรายละเอียดได้ง่าย แม่พิมพ์สามารถใส่อินเสริท (Insert) ได้ มีความเหมาะสมในการผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่โดยเฉพาะ และมีลักษณะพิเศษ คือ สามารถขึ้นรูปให้ผิวของชิ้นงานมี 2 ชั้นได้
4. ชิ้นงานที่ได้มีความหนาของชิ้นงานสม่ำเสมอตลอดชิ้นงานเช่นเดียวกับการขึ้นรูปด้วยการเป่า หรือการขึ้นรูปด้วยความร้อน (Thermoforming)
5. ชิ้นงานที่ได้ไม่มีความเค้นเกิดขึ้นภายใน (Free stress) มีความแข็งแรง ไม่มีแนวร้อยเชื่อมหรือไม่เกิดรอยเนื่องจากการฉีด (Spur mark) จากกระบวนการผลิตลักษณะพิเศษของ Rotational moulding สามารถผลิตชิ้นให้มีขนาดและรูปร่างหลายแบบ ตั้งแต่หลอดที่ใช้สำหรับหยอดตาถึงถังที่มีขนาด 100,000 ลิต แท้จริงแล้ว Rotational mouldingเหมาะในเชิงเศรษฐศาสตร์มีช่วงการผลิตสั้น ขั้นตอนน้อยและยังมีบทบาทเพิ่มขึ้นต่อกระบวนผลิต

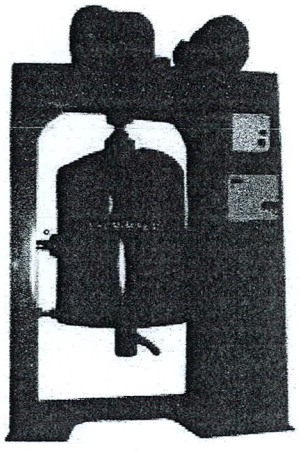
ข้อเสียของ Rotational Moulding

1. ราคาวัตถุดิบสูง เพราะพลาสติกที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นเม็ด ต้องลงทุนมาบทเม็ดให้เป็นผง โดยอาจจะซื้อมาใช้เอง ดังนั้น จึงทำให้วัตถุดิบมีราคาสูง
2. ไม่เหมาะสมที่จะผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่ที่มีชิ้นส่วนเล็ก ๆ หลายชิ้น มาประกอบกันเพราะพลาสติกและแม่พิมพ์ต้องใช้ความร้อนเตาอบจนได้อุณหภูมิสูง จากนั้นต้องอยู่ในสภาวะปกติซึ่งจะมีผลใช้เวลาในการทำงาน (Cycle times) นาน
3. วัตถุดิบหลายชนิดที่ใช้ใน Rotational mouldingยังมีข้อจำกัดอยู่ แม้ปัจจุบันจะมีการใช้ปริมาณโพลิเอทธิลีน สูงกว่า 90% ของวัตถุดิบที่ใช้ทั้งหมด แต่เมื่อเร็ว ๆ มีการวิจัยวัตถุดิบหลายชนิดที่ใช้ใน Rotational moulding
4. ช่วงในการเติมวัตถุดิบลงในแม่พิมพ์ และขณะเอาชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ยังต้องอาศัยแรงงานอยู่
5. นักออกแบบต้องคิดคำนวณทางเรขาคณิต เพื่อนำมาใช้เพิ่มความแข็งเปราะให้สูงขึ้น เนื่องจากการเสริมแรงด้วยสกรู (Bosses) หรือแนวเสริมความแข็งแรง (Solid ribs) ทำได้ยาก [5]

2.3ชนิดของเครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง

2.3.1 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง ชนิด แบทช์ไทพ (Batch type)

เป็นเครื่องที่ราคาถูกที่สุด เพราะว่ามีความซับซ้อนน้อยที่สุดแต่ต้องใช้แรงงานเป็นจำนวนมากในการผลิต ทำงานเป็น Batch โดยที่แม่พิมพ์ที่เติมพลาสติกจะหมุนอยู่ภายในเตาอบ เมื่อครบเวลาการทำงานแม่พิมพ์จะถูกนำออกมาจากเตาอบและแม่พิมพ์อันใหม่จะถูกใส่แทนที่เข้าไป ต่อจากนั้นแม่พิมพ์ออกจากเตาอบจะถูกเคลื่อนไปยังหน่วยหล่อเย็น เพื่อให้เกิดการ Cure ก่อนที่จะปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

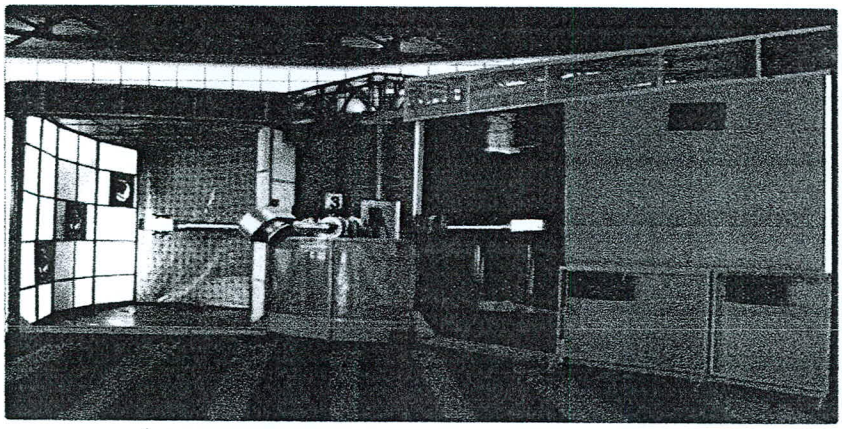


รูปที่ 2.5เครื่องขึ้นรูปชนิด แบทช์ไทพ (Batch type) [6]

2.3.2 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง ชนิด ฟิกซ์อาร์ม (Fixed-arm)

ซึ่งเป็นเครื่องที่ได้รับการคิดค้นพัฒนาในช่วงปลายของทศวรรษที่ 50 จนถึงตั้งทศวรรษที่ 60 มีขาดของเครื่องเล็กที่สุดคือ เส้นผ่านศูนย์กลางวงสวิ้ง40 นิ้ว ใหญ่ที่สุดถึง 150 นิ้ว เป็นเครื่องแบบที่ได้รับความนิยมมากแบบหนึ่งในปัจจุบันให้ผลตอบแทนคุ้มค่า ได้จำนวนผลิตภัณฑ์มาก และซ่อมบำรุงรักษาสะดวก มีแบบต่าง ๆ หลายแบบ เช่น แบบ 3 แขน , แบบ 4 แขน เป็นต้น นอกจากนี้ยังอาจต่างกันในการวางส่วนต่าง ๆของจำนวนห้องในแบบ 3 แขน แต่ระแขนจะติดแน่นอยู่กับ Turret ตรงกลางโดยแต่ละแขนทำมุม 120 องศา แต่ละแขนจะเคลื่อนที่พร้อมกัน แต่ละแขนจะเคลื่อนที่มีปัญหา เช่น ต้องการใช้เวลา การให้ความร้อน และการหล่อเย็นไม่เท่ากัน เป็นต้น ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยเครื่องแบบ 4 แขน ซึ่งเราสามารถเพิ่มห้องได้อีก 1 ห้อง โดยอาจเป็นส่วน การให้ความร้อน หรือ การหล่อเย็น ก็ได้ตามความเหมาะสมโดยแต่ละแขนจะทำมุม 90 องศา สำหรับการใช้ไวนิลพลาสติกซอล ควรใช้กับเครื่องแบบ 4 แขน โดยมีตู้อบ 2 ห้องเพราะต้องค่อย ๆ เพิ่มอุณหภูมิที่เหมาะสม สำหรับภายในแม่พิมพ์ก็อาจบรรจุแก๊สเฉื่อยเพื่อให้ค่าความดันต่ำ ๆ ป้องกัน

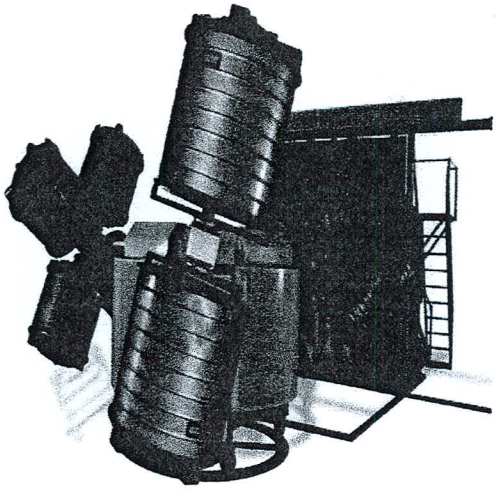
การหดตัวของชิ้นงาน หรือเติมไนโตรเจนเพื่อไล่ออกซิเจนออกจากแม่พิมพ์ ป้องกันการเกิดออกซิเดชั่น(Oxidation) ซึ่งมีผลต่ออุณหภูมิทางกายภาพของชิ้นงาน การหมุนกลับของแม่พิมพ์ภายในตู้อบก็สามารถช่วยให้ผลวัตถุดิบไหลได้ดีขึ้นภายในแม่พิมพ์ที่มีชิ้นส่วนซับซ้อนมาก



รูปที่ 2.6เครื่องขึ้นรูปชนิด ฟิกซ์อาร์ม (Fixed-arm) [6]

2.3.3 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง ชนิด อินดิเพนเดินทอาร์ม (Independent arm)

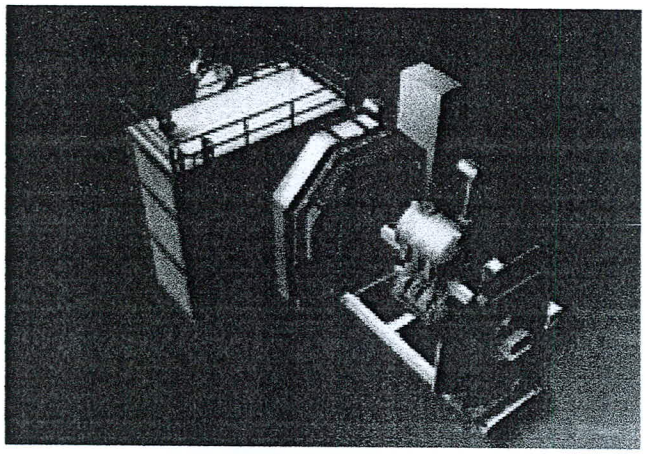
เครื่องแบบนี้จะมี 5 สถานีประกอบด้วย Oven station จำนวน 1 สถานี Cool station จำนวน 1 สถานี Intermediate station จำนวน 1 สถานี และ load / unload station จำนวน 2 สถานี การเคลื่อนที่เป็นแบบเดินหน้าและถอยหลังไม่ทำให้เกิดความสับสนในเรื่องตำแหน่งและเวลาสามารถแยกเวลาในการ cure จากแขนหนึ่งไปยังอีกแขนหนึ่งได้อย่างสมบูรณ์เพราะแต่ละแขนแยกเป็นอิสระต่อกัน



รูปที่ 2.7 เครื่องขึ้นรูปชนิด อินดิเพนเดินทอาร์ม (Independent arm) [6]

2.3.4 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง ชนิด สเทรทไลน (Straight line)

เป็นเครื่องที่ผลิตมาเพื่อผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่เครื่องเป็นแบบ Shuttle Carriage การทำงานจะเป็นแบบเส้นตรงมีเตาอบและหน่วยหล่อเย็นอยู่ที่ปลายแต่ละด้าน และมีหน่วย load / unload อยู่ตรงกลาง



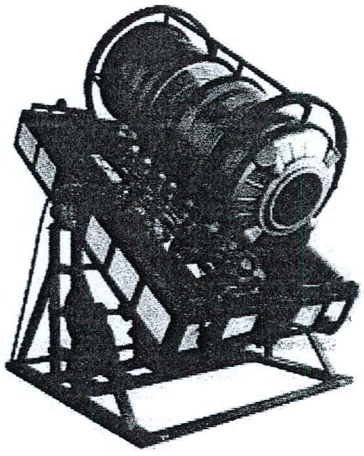
รูปที่ 2.8เครื่องขึ้นรูปชนิดสเทรทไลน (Straight line)[6]

2.3.5 เครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง ชนิด ร็อคแอนด์โรล (Rock and Roll)

เป็นเครื่องขึ้นรูปแบบOpen Flame rock and roll ซึ่งเป็นเครื่องที่มาราคาค่อนข้างต่ำเหมาะกับการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ ถังทรงกระบอกดังรูปที่ 2.9จะหมุนขนานกับพื้น และเครื่องจะทำการกระดกทางว้ายและขวาสลับกันโดยทำมุมประมาณ 45 องศา โดยการหมุนรอบตัวเองจะเร็วกว่าการกระดก

เครื่องร็อคแอนด์โรล อีกแบบหนึ่งที่เรียกว่า เครื่องร็อคคิง โอเวน (Rocking oven machine) โดยยังคงมีหลักการทำงานคล้ายกัน ต่างกันที่ แม่พิมพ์ จะหมุนอยู่ในตู้อบทำให้ลดการสูญเสียพลังงานความร้อน เหมาะสำหรับการผลิตชิ้นงานที่มีความยาวเรียว เช่น เรือแคนนู (Canoes) ถังน้ำ และเสาไฟฟ้า เป็นต้น

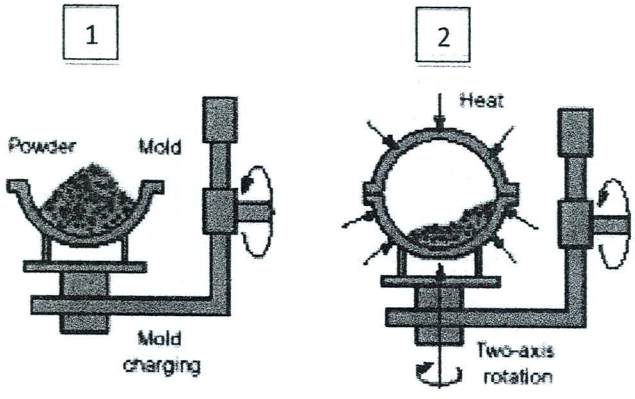
เครื่องร็อคแอนด์โรล นี้มีข้อดีคือ ใช้ต้นทุนต่ำในการผลิตชิ้นงานขนาดใหญ่ แต่ก็มีข้อเสียอยู่บ้างคือ ผลิตได้ช้าและค่อนข้างยุ่งยาก เนื่องจากต้องอาศัยแรงงานอยู่ในการเปิด-ปิดแม่พิมพ์และอื่นยังไม่เป็นอัตโนมัติ



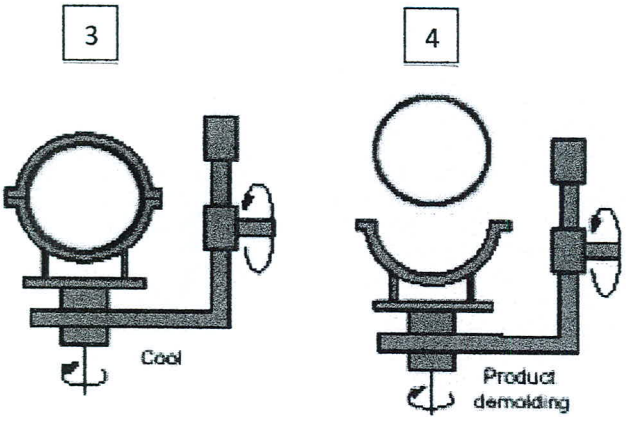
รูปที่ 2.9เครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุน[6]

2.4 กระบวนการขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนเหวี่ยง

การทำงานของเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนโดยทั่วไปจะมีการแบ่งการทำงาน 4 ขั้นตอน พื้นฐานหลักๆ



รูปที่ 2.10 ขั้นตอนการขึ้นรูปขั้นตอนที่ 1 และ ขั้นตอนที่ 2 [7]



รูปที่ 2.11 ขั้นตอนการขึ้นรูปขั้นตอนที่ 3 และ ขั้นตอนที่ 4 [7]

ขั้นตอนที่ 1เติมพลาสติกลงในแม่พิมพ์

ทำโดยเติมผงพลาสติก ซึ่งได้คำนวณปริมาณไว้ก่อนหน้านี้แล้ว ลงในแม่พิมพ์ หลังจากนั้นปิดฝาแม่พิมพ์ แล้วนำเข้าไปวางไว้บนตัวจับ เพื่อล็อคแม่พิมพ์ให้แน่น แล้วเคลื่อนแม่พิมพ์เข้าในห้องของเตาอบเพื่อให้ความร้อน

ขั้นตอนที่ 2ให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์

ให้ความร้อนแก่ด้านนอกของแม่พิมพ์ โดยทั่วไปอุณหภูมิที่ใช้ในการแปรรูป จะอยู่ในช่วง 220 °Cถึง400°Cในขณะเดียวกัน จะทำการหมุนเหวี่ยงในแนวสองแกนในเวลาเดียวกัน กล่าวคือทั้งในแนวแกนราบและแนวแกนตั้ง เพื่อให้เกิดการกลิ้งมา (Tumbing action) ของพลาสติกภายในแม่พิมพ์ทำให้ความร้อนจากผิวภายนอกของแม่พิมพ์ ส่งผ่านเข้าไปด้านในแม่พิมพ์และถึงผงพลาสติก ทำให้พลาสติกหลอมเหลวเกิดการหลอม

พลาสติกหลอมเหลวนี้ มีความสามารถในการเหนียวติด (Tackiness) ซึ่งทำให้พลาสติกบางส่วนถูกเคลือบติดกับผิวด้านในของแม่พิมพ์เป็นชั้นบางๆพลาสติกส่วนอื่นๆจะถูกเหวี่ยงหลุดออกไป เนื่องจากอิทธิพลจากการหมุนเหวี่ยงแบบกลิ้งไปมา เมื่อให้ความร้อนต่อไปเรื่อยๆความร้อนจะถูกส่งผ่านไปยังพลาสติกชั้นแรกที่เคลือบติดกับแม่พิมพ์ ทำให้มีความร้อนมากพอที่จะทำให้เกิดการเคลือบชั้นของพลาสติกชั้นถัดไปลงบนพลาสติกชั้นแรก อิทธิพลจากการหมุนเหวี่ยงและการส่งผ่านความร้อนอย่างต่อเนื่อง ทำให้เกิดการเคลือบของพลาสติกเป็นชั้นๆจนหมดพลาสติกหลอมแต่เนื่องจากการนำความร้อน (Heat conductivity) ของเทอร์โมพลาสติกมีค่าต่ำมาก จึงทำให้การเพิ่มความหนาของชิ้นงานทีละชิ้นเป็นอย่างช้าๆจึงส่งผลให้เวลาของการขึ้นรูป (Cycle time) โดยเทคนิคนี้ ค่อนข้างนาน

จึงสรุปได้ว่าการหมุนเหวี่ยงแบบกลิ้งไปมา (Tumbing action) มีส่วนช่วยให้พลาสติกหลอมเข้าไปสัมผัสกับแม่พิมพ์หรือชั้นของพลาสติกที่ฉาบติดกับผิวของแม่พิมพ์อยู่ก่อนหน้าแล้ว หลังจากพลาสติกหลอมทั้งหมดฉาบติดตามรูปร่างของแม่พิมพ์แล้ว ให้ความร้อนต่ออีกระยะเวลาหนึ่งเพื่อใช้พลาสติกเชื่อมตัวติดติดกันในแต่ละชั้นหลอมรวมตัวกันเป็นเนื้อเดียวกัน และทำให้ผิวเรียบมาก

ขั้นตอนที่ 3การหล่อเย็น

ทำการหมุนเหวี่ยงต่อจากขั้นตอนที่แล้ว แต่เลื่อนออกมาจากเตาให้ความร้อน แล้วนำเข้าสู่ตู้หล่อเย็น เพื่อทำการหล่อเย็น โดยใช้ลมเย็นเป่าที่ด้านนอกพิมพ์ แต่บางเทคนิคใช้การฉีดน้ำแข็งเย็นหลังจากที่พลาสติกภายในแม่พิมพ์เป็นของแข็งแล้ว เลื่ออนแม่พิมพ์ออกจากตู้อบ

ขั้นตอนที่ 4ขั้นตอนถอดชิ้นงาน

ถอดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์และปล่อยให้เย็นตัวลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วเริ่มวัฏจักรใหม่ของการผลิต ขั้นตอนการแปรรูปพลาสติกด้วยเทคนิคแม่พิมพ์หมุนเหวี่ยง แสดงดังในรูป ซึ่งแสดงรายระเอียดของการผลิตทั้ง 4 ขั้นตอน จากขั้นตอนการผลิต จะเห็นว่าการผลิตชิ้นงานโดยเทคนิคนี้ ไม่ได้ใช้ความดันและแรงจากการเซนตริฟิวส์ที่รุนแรง จึงทำให้ชิ้นงานพลาสติกที่ได้ ไม่มีความเค้นตกค้าง (Residual stress) จึงทำให้ชิ้นงานมีสมบัติเชิงกลดี สำหรับเวลาของวัฏจักการผลิต (Cycle time) จะขึ้นอยู่กับชนิดของพลาสติก ความหนาของผนังชิ้นงานตามความต้องการการผลิต และความหนาของผนังแม่พิมพ์ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการแปรรูป มักจะอยู่ในช่วง 30 นาที จนถึง 1 ชั่วโมง 30 นาที

2.5 การให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ในกระบวนการผลิตที่นิยมใช้มีอยู่ 3 วิธี ได้แก่

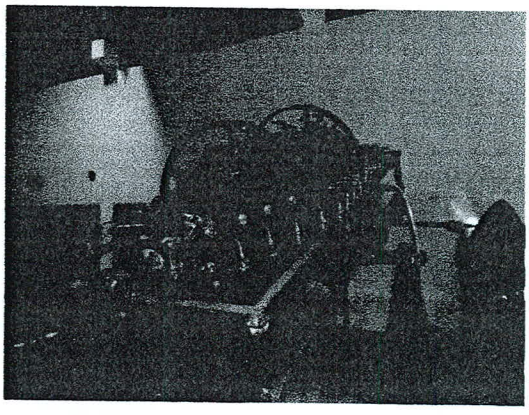
(a) An open flame method

(b) A hot air recirculating oven method

(c) A hot oil jacketed mould method

(a) An open flame method

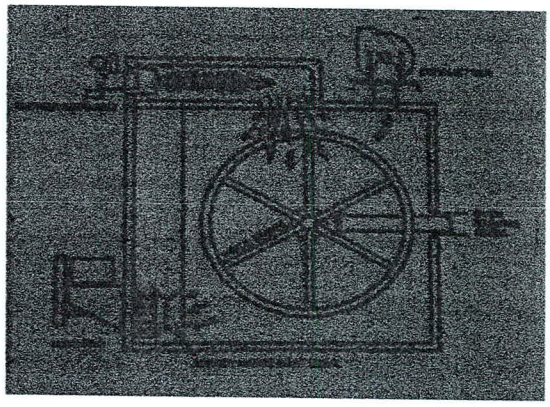
จะพบมากในการใช้เป็นระบบให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ในเครื่องขึ้นรูปแบบ ร็อคแอนด์โรลดังรูปเป็นวิธีที่สะดวกในการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ขนาดใหญ่ เป็นวิธีที่ประหยัดเพราะจำเป็นต้องสร้างตู้อบและยังสามารถให้กับแม่พิมพ์ที่มีขนาดเล็กที่ไม่ต้องใช้ตู้อบ เป็นการใช้เปลวไฟเผาแม่พิมพ์โดยตรง ความร้อนจะแพร่ผ่านแม่พิมพ์จนถึงพลาสติกภายในแม่พิมพ์ การให้ความร้อนด้วยวิธีนี้เป็นวิธีที่ประหยัดในด้านราคาของการจัดสร้างเครื่องจักร แต่จะมีการสูญเสียความร้อนส่วนหนึ่งให้กับสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบๆ เครื่องจักรไป ทำให้ต้องสูญเสียพลังงานส่วนหนึ่งไปโดยไม่จำเป็น ทั้งยังสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงอีกด้วย



รูปที่ 2.12 A hot air recirculating oven method

(b) A hot air recirculating oven method

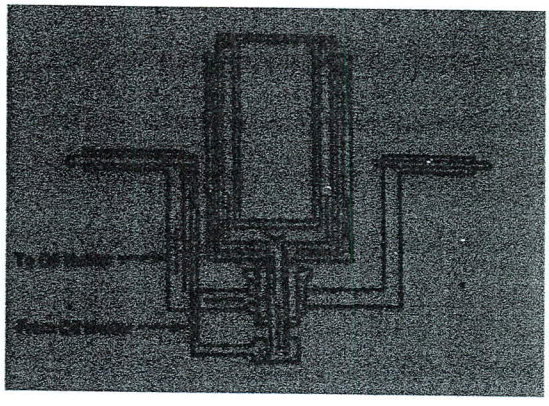
เป็นการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์ภายในตู้อบ ซึ่งสามารถควบคุมอุณหภูมิได้ และมีการกระจายความร้อนในตู้อบอย่างทั่วถึง ดังรูปที่ 2.11 นอกจากนี้ยังสามารถเลือกวิธีการให้ความร้อนได้หลายวิธี เช่น ใช้เปลวไฟจากแก๊ส , น้ำมันหรือแผงความร้อนจากไฟฟ้าก็ได้ สิ่งที่สำคัญมากกว่าก็คือ เวลาที่ใช้ในการให้ความร้อน (Oven residence time) ซึ่งจะมีผลอย่างมากต่อความหนาของชิ้นงาน , ชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และการนำความร้อนของโลหะที่ใช้ทำแม่พิมพ์



รูปที่ 2.13 A hot air recirculating oven method[8]

(c) A hot oil jacketed mould method

เป็นวิธีการให้ความร้อนที่ดีที่สุด เป็นการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์โดยตรง ดีกว่าวิธีที่ 2 คือไม่มีการสูญเสียความร้อนแก่อากาศในตู้อบ รวมทั้งการสูญเสียความร้อนเนื่องจากการเปิด-ปิดตู้อบ เนื่องจากไม่ใช้ตู้อบ แต่ใช้การไหลเวียนของน้ำมันที่ได้รับความร้อนไหลเวียนอยู่ในเปลือกชั้นนอกของแม่พิมพ์วิธีนี้จึงใช้อุณหภูมิในการขึ้นรูปต่ำกว่าวิธีอื่นเนื่องจากน้ำมันสัมผัสโดยตรงกับผนังแม่พิมพ์ ทำให้การส่งผ่านความร้อนเป็นไปได้อย่างรวดเร็ว แต่ก็เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าวิธีอื่นๆในด้านราคาของการจัดสร้างแม่พิมพ์

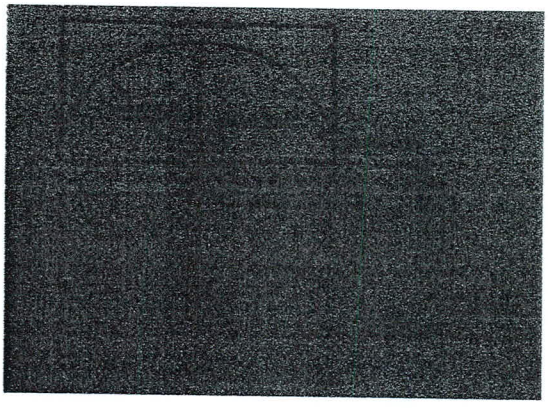


รูปที่ 2.14 A hot oil jacketed mould method [8]

2.6 การหมุนของแขนในการขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง

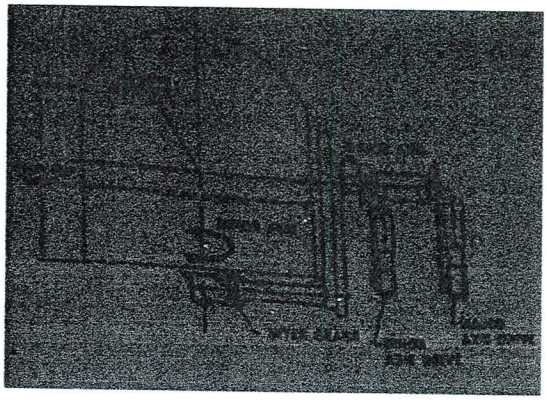
ในการขึ้นรูปชิ้นงานด้วยวิธีการขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง จะมีปัจจัย 3 ประการคือ เวลา , อุณหภูมิ และการหมุนของแม่พิมพ์แต่จะกล่าวถึงกระบวนการหมุนซึ่งกระบวนการหมุนจะต้องหมุน 2 แกน ได้แก่ แกนตั้งฉากและแกนแนวราบ ตัวอย่างอย่าง่ายๆดังแสดงในรูปเป็นเครื่องแบบร็อคแอนด์โรล ตัวแม่พิมพ์จะถูกวางลงในแนวราบและจะมีการหมุนในแกนรอง (Minor axis) และขยับขึ้นลง 45 องศา ทั้งทางด้านซ้ายและขวา ในแกนหลัก (Major axis) แล้วให้ความร้อนด้วยเปลวไฟพร้อมกับการหมุน

ลักษณะการหมุนที่ใช้ในเครื่องขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยงนั้นเรียกว่า ไบแอวซิล โรเตชั่น (Biaxial Rotation) ซึ่งเป็นการหมุนใน 2 แกน จากรูปที่แสดงเป็นลักษณะของแขนจับยึดแม่พิมพ์แบบ Straight arm จะเป็นแขนยื่นตรงในแนวราบจากตัวเครื่อง แม่พิมพ์จะวางไว้ทั้งด้านบนและด้านล่าง แกนหลักจะหมุนโดยตรงจากมอเตอร์แต่แกนรองจะหมุนโดยการขับผ่านด้วยเพลา



รูปที่ 2.15 Straight arm [8]

ดังรูปที่แสดงด้านล่างเป็นแขนแบบ Offset arm เป็นแบบที่ใช้กับแม่พิมพ์ที่มีขนาดใหญ่ ไม่เหมาะสมกับ Straight arm ที่มักใช้กับแม่พิมพ์ของชิ้นงานขนาดเล็กและจำนวนแม่พิมพ์หลายๆตัว



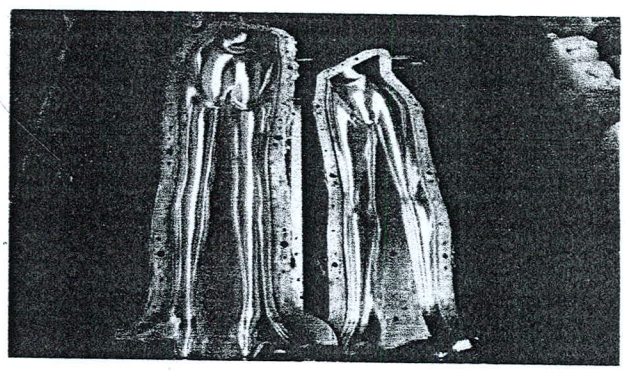
รูปที่ 2.16 Offset arm [8]

ปริมาตรที่เกิดจากการหมุนของแม่พิมพ์นั้นเรียกว่า “โมลสวิง” (Mouldswing) ซึ่งจะหมุนทั้งแนวแกนราบและแนวแกนตั้งฉากภายในตู้อบหรือตู้ลดอุณหภูมิ ซึ่งจะมีปริมาตรเปลี่ยนไปตามขนาดของแม่พิมพ์ ถ้าโมลสวิงมากขึ้นแขนก็ต้องใหญ่ขึ้นด้วย เพราะโมลสวิงใหญ่มากขึ้นแสดงว่าแม่พิมพ์ก็ใหญ่ขึ้นด้วยและน้ำหนักวัตถุดิบในแม่พิมพ์ก็ต้องเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งโดยปกติเครื่องจะต้องระบุขนาดที่เหมาะสมเอาไว้ด้วย เช่น มีตัวเลขระบุว่า 2000/95 หมายความว่า รับน้ำหนักได้ 2000 ปอนด์และมีเส้นผ่าศูนย์กลางวงสวิงเท่ากับ 95 นิ้ว

2.7แม่พิมพ์ที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยง

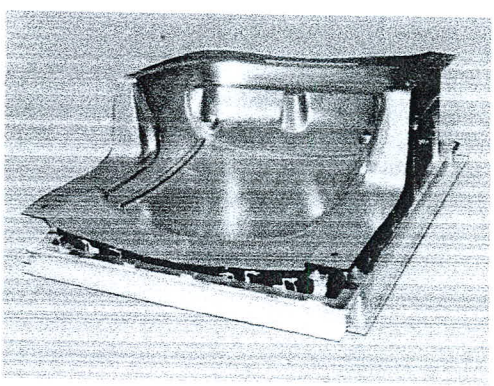
แม่พิมพ์ที่ใช้ในกระบวนการนี้นั้น มีราคาไม่แพงมาก ขึ้นอยู่กับระดับของผลิตภัณฑ์สุดท้าย ประเภทของพลาสติก และอุณหภูมิที่ใช้ในการผลิต

1. แม่พิมพ์แบบอะลูมิเนียมหล่อ(Cast aluminiummould) เป็นแม่พิมพ์ที่นิยมใช้มากที่สุด สำหรับกระบวนการที่ใช้แม่พิมพ์ประเภทนี้ต้องใช้ผู้ที่มีประสบการพอสมควรดังแสดงในรูปที่ 2.17



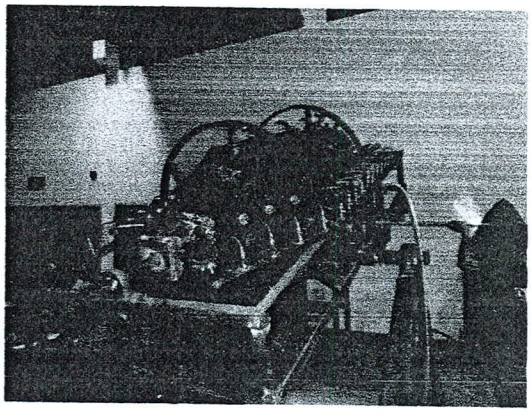
รูปที่ 2.17 แม่พิมพ์แบบอะลูมิเนียมหล่อ [9]

2. แม่พิมพ์นิกเกิลแบบขึ้นรูปด้วยไฟฟ้า (Electroformed nickel mould) เป็นแม่พิมพ์ที่ต้องการให้ความละเอียดที่สูงจะเป็นแม่พิมพ์ที่มีความคงทนพอสมควรดังแสดงในรูป 2.18



รูปที่ 2.18 แม่พิมพ์นิกเกิลแบบขึ้นรูปด้วยไฟฟ้า[9]

3. แม่พิมพ์แบบโลหะแผ่น (Sheet metal) เป็นแม่พิมพ์ที่เหมาะสำหรับงานใหญ่ ที่ต้องการเครื่องมือที่ราคาไม่แพงสามารถลดต้นทุนการผลิตได้



รูปที่ 2.19 แม่พิมพ์แบบโลหะแผ่น

2.8 ลักษณะพื้นฐานบางประการของพลาสติกที่ใช้ขึ้นรูป

คุณลักษณะวัตถุดิบที่ใช้ในการขึ้นรูปแบบหมุนเหวี่ยงมีดังนี้

ประการแรก คือ การไหลของ ผงพลาสติก ซึ่งลักษณะการไหล ทิศทาง และการกระจายตัวมันเองมีความสำคัญมาก

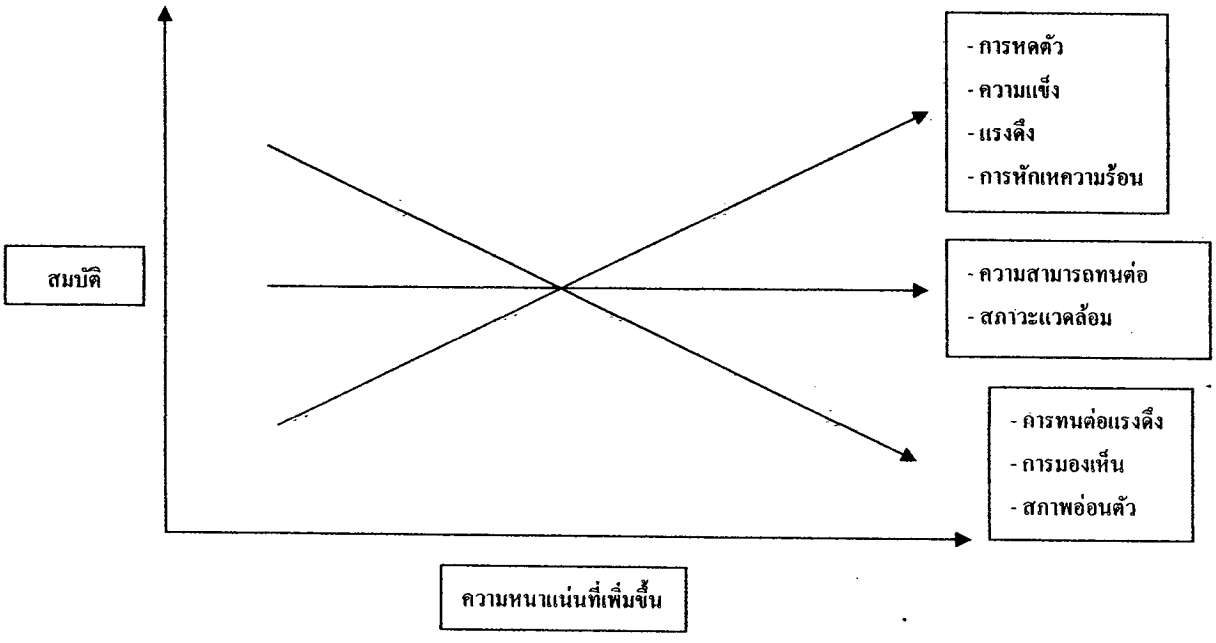
ประการที่สอง คือ ต้องพิจารณาการไหลของ ผงพลาสติก ขณะหลอมเหลวสามารถไหลติดผนังชั้นในแม่พิมพ์ และไหลตามรูปร่างที่ซับซ้อนได้ ในทางเดียวกันต้องมีองศาความร้อนคงที่ เพราะชิ้นงานที่ได้จะต้องใช้อุณหภูมิที่สูงพอ และใช้เวลานานพอ ซึ่งคุณลักษณะนี้เป็นของเทอร์โมพลาสติก (thermoplastics) อย่างไรก็ตามการเลือกใช้พลาสติกเพื่อกระบวนการผลิตต้องเหมาะสมทางด้านเศรษฐศาสตร์

2.8.1 โพลิโอเลฟินซ์(Polylefins)

หลายปีผ่านมา โพลิเอทธิลีน เป็นวัตถุดินที่เหมาะสมกัน Rotational Mouldingมากที่สุด โพลิโอลิฟิน แบ่งออกเป็น 3 ชนิดตามความหนาแน่น

วัสดุ	วัสดุความหนาแน่น(g/cm^3)	%ความเป็นผลึก
โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ	0.930-.0929	45-65
โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง	0.930-0.939	65-75
โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง	0.940-0.965	75-90

โดยทั่วไปคุณสมบัติต่าง ๆ เช่น ความแข็งเปราะ , การหดตัว ,ความทนต่อสารเคมีและความแข็งเพิ่มขึ้นแล้ว ความหนาแน่นก็เพิ่มขึ้นด้วย แต่งอย่างไรก็ตามคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ทนแรงกระแทก และความต้านทานการแตกหัก จะลดลงเมื่อความหนาแน่นเพิ่มขึ้นดังแสดงในรูป 2.20



รูปที่ 2.20 แสดงผลของความหนาแน่นที่เปลี่ยนไปตามคุณสมบัติต่างๆ

ความแตกต่างความหนาแน่นของโพลิเอทธิลีนแต่และเกรด เกิดจากความแตกต่างของโครงสร้างเกรดที่มีความหนาแน่นสูง สายโซ่โมเลกุลเป็นเส้นตรงมีกิ่งก้านสาขาน้อย ดังนั้น สายโซ่เกาะกับกันแน่นหนามากต่อ 1 หน่วยปริมาตร ความหนาแน่นจะสูงขึ้น ส่วนเกรดที่ความหนาแน่นต่ำจะมีกิ่งก้านสาขามากมาก โมเลกุลเกาะติดกันแบบหลวง ๆ ไม่แน่นหนา เนื่องจากแรงระหว่างโมเลกุลไม่แข็งแรง ส่งผลให้คุณสมบัติอื่น ๆ เช่นความแข็งแกร่ง และความแข็งเปราะต่ำและมีความเหนียว ถ้าเราได้ความแข็งแรงวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตแล้วก็ต้องจำเป็นใช้วัตถุดิบที่มีความหนาแน่นสูง โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง (High densitypolyethyene) เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ แต่ควรให้การตระหนักถึงคุณสมบัติอื่น ๆ เช่น ความเหนียว และความต้านทานต่อการแตกหัก

สำหรับกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำโครงสร้างเป็นเส้นตรง (Linear Low Density Polyethyene) วัตถุดิบใหม่นี้มีความหนาแน่นต่ำโครงสร้างเป็นเส้นตรงสามารถปรับให้อยู่ในช่วง 0.910-0.960 g/cm^3 โครงสร้างโดยทั่วไปของโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำโครงสร้างเป็นเส้นตรงมีความแข็งแกร่ง และความแข็งเปราะมากกว่าโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำที่ความหนาแน่นเดียวกัน ขณะที่ความเหนียวและความต้านทางต่อการแตกหักต่ำกว่า

โดยทั่วไปโพลิเอทธิลีนทนต่อสารละลายที่อุณหภูมิห้อง ถึงแม้อะโรมาติก (aromatic) และคอริเนตไฮโดรคาร์บอน (chlorinated hydrocarbons) จะทำให้โพลิเอทธิลีนบวม(swelling) โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำโครงสร้างเป็นเส้นตรง และโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง ไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลายที่อุณหภูมิห้องโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำไม่ละลายในสารละลายที่มีขั้ว ตัวอย่างเช่น แอลกอฮอล์ , ฟีนอล , เอสเทอร์และคีโตน อย่างไรก็ตามควรจะตระหนักถึง การแตกหักเนื่องจากสภาวะแวดล้อม (Environmental Stress Cracking) ความสัมพันธ์ของการแตกหักที่เกิดขึ้นในวัสดุเมื่อมันอยู่ภายใต้ความเค้น ในสภาวะสารละลายมีขั้วหรืออากาศ การแตกหักประกอบด้วย ดีเทอร์เจน , ซิลิโคนแข็ง , คลอโรฟอร์ม , ไซลีน และ พาราฟินโพลิเอทธิลีน ทนทานต่อการแตกหักเนื่องจากสภาวะแวดล้อมได้น้อย ในขณะที่ความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และโพลิเอทธิลีนชนิดที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงจะใช้กับกระบวนการผลิตได้ดีที่สุด

โพลิเอทธิลีนโดยทั่วไปทนต่อน้ำ , น้ำมันพืช , อันคาไลน์ และสารละลายจำพวกกรด หลายชนิดที่อุณหภูมิห้อง อย่างไรก็ตามยังมีความทนต่อแสงอาทิตย์ได้น้อยทางที่ดีที่สุด ก็คือใช้ผงเขม่าดำ(carbon black) ป้องกันแต่ก็อาจจะมีวิธีอื่น ๆ ที่ทำได้ง่ายกว่า แต่ผลเสียขณะใช้คาร์บอนแบล็ค ก็คือ โพลิเอทธิลีน จะดูดซึมน้ำเพิ่มขึ้น

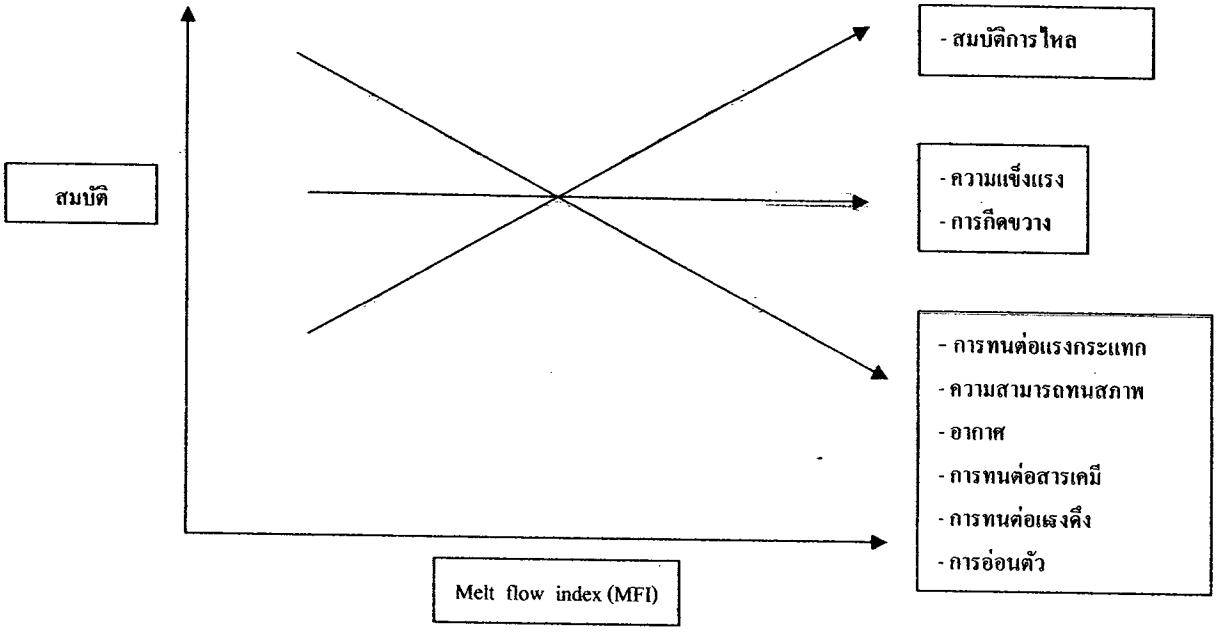
โพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำ จะดูดซึมแก๊สหรืออากาศเข้าไปมากกว่าโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นต่ำโครงสร้างเป็นเส้นตรง และโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นสูง สารอินทรีย์ในสภาวะกลายเป็นไอ เช่น แอลกอฮอล์ จะถูกดูดซึมน้อยที่สุด ส่วนสารจำพวกกรด , อัลดิไฮด์ , คีโตน , เอสเทอร์ , ไฮโดรคาร์บอน และฮาโลเจนไฮโดรคาร์บอน พวกฟลูออไลด์หรือธาตุในหมู่ 7 (halogen) ทำปฏิกิริยากับ โพลิเอทธิลีนได้ช้า ปฏิกิริยาเกิดช้า และสามารถใช้ป้องกันการซึมผ่านได้ด้วย ไอของกรดไนตริก และไอของกรดซัลฟูริก เป็นตัวช่วยให้ โพลิเอทธิลีนเกิดปฏิกิริยาขึ้นส่วนสารคอลริเนต (chlorinating agent) เช่นคลอโรซัลฟูริก และฟอสจีนจะช่วยให้ปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเป็นไปอย่างช้า ๆ

การหดตัว (Shrinkage) ของโพลิเอทธิลีนจะหดตัวประมาณ 2-5% ค่าที่ได้จะสูงขึ้นเมื่อโพลิเอทธิลีนมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และเกิดจากการเติมสารเติมแต่ง (filler) ลงไป เช่น คาร์บอนก็จะมีผลกระทบเกิดขึ้น

โพลิเอทธิลีนมีความหนืดต่ำ ปริมาณการไหลจะบอกเป็นค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลว (Melt Flow Index) หรือดัชนีการไหล (Melt Index) หรืออัตราการไหลของพลาสติกเหลว (Melt Flow Rate) ปริมาณการไหลที่ว่านี้จะเท่ากับปริมาณน้ำหนักของวัตถุดิบที่ไหลผ่านหัวได มาตรฐานต่อเวลา 10 นาที เนื่องจากเกรดโพลิเอทธิลีนที่ไหลง่ายจะมีค่าดัชนีการไหลของพลาสติกสูง

โพลิเอทธิลีนอาจจะมีค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลวเกินกว่า 100 แต่โดยทั่วไป เกรดที่ใช้ใน Rotational Mouldingควรจะอยู่ในระหว่าง 2-8 ถ้าชิ้นงานมีรายละเอียดปลีกย่อยมาก ก็จำเป็นต้องใช้เกรดที่มีค่าดัชนีการไหลของพลาสติกสูง อย่างไรก็ตาม การทนแรงกระแทก , ความต้านทานต่อการแตกหัก ,

ความทนต่อสภาวะอากาศ และความทนต่อสารเคมี ทั้งหมดมีค่าลดลงแล้วค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลวก็จะสูงขึ้นดังแสดงในรูปที่ 2.2.1



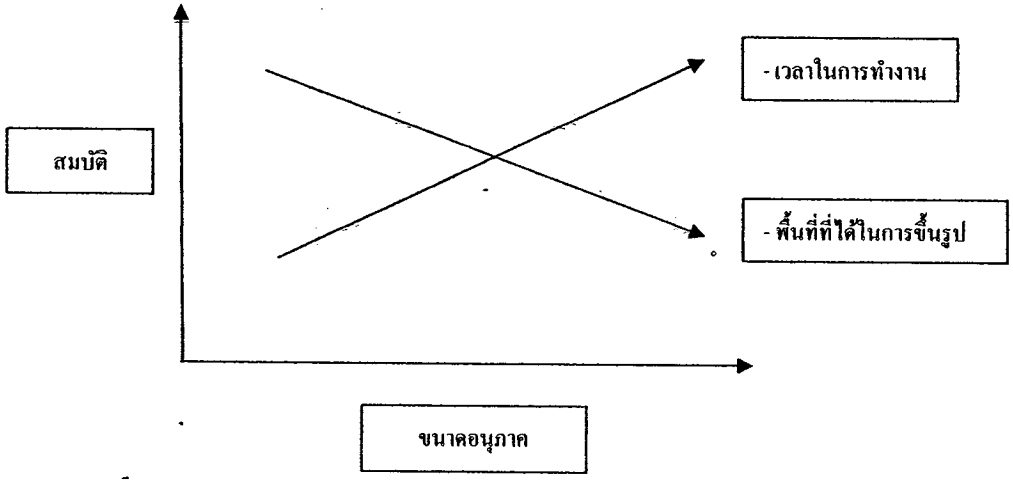
รูปที่ 2.21 แสดงผลกระทบของ Melf flow index ต่อคุณสมบัติต่างๆ

และถ้ามีค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลวน้อยจะมีผลทำให้ใช้ cycle times นานกว่า โครงสร้างโมเลกุลของโพลิเอทธิลีน มีความสัมพันธ์ต่อคุณสมบัติต่าง ๆ และมีลักษณะกระบวนการผลิต ค่าดัชนีการไหลของพลาสติก แสดงให้เห็นถึงน้ำหนักโมเลกุล หรือความยาวของสายโซ่ วัตถุดิบที่มีค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลวสูงสายโซ่จะสั้นกว่า และมีน้ำหนักโมเลกุลต่ำกว่า หรือโมเลกุลมีขนาดเล็กกว่า ในทางเดียวกันนี้เมื่อค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลวเพิ่มขึ้น ก็จะเกิดการเกิดการเสียรูปทางคุณสมบัติกายภาพ

แต่อย่างไรก็ตาม วัตถุดิบที่มีน้ำหนักโมเลกุลสูงไม่สามารถใช้ใน Rotational Moulding ได้ เพราะมีลักษณะการหลอมไม่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตที่เกิดขึ้น ซึ่งสิ่งนี้มีความสำคัญเช่นกัน อย่างไรก็ตาม พลาสติก 2 ชนิดที่มี ค่าดัชนีการไหลของพลาสติกเหลวเท่ากัน แต่มีการกระจายน้ำหนักโมเลกุลต่างกัน ลักษณะนี้พลาสติกจะขึ้นกับลักษณะการกระจายโมเลกุล ถ้าน้ำหนักการกระจายโมเลกุลแคบแล้วคุณสมบัติทางกล เช่น ทนแรงกระแทกมีค่าเพิ่มขึ้นและลดการเกิดการบิดตัวของชิ้นงาน (warpage problem) ในทางอื่น ๆ ค่าการกระจายน้ำหนักโมเลกุลมีผลช่วยกระบวนการผลิตดีขึ้น และป้องกันการเกิดแตกหัก

อย่างไรก็ดีการศึกษาการไหล และธรรมชาติทางเคมีของโพลิเอทธิลีน ธรรมชาติทางกายภาพของ ผงพลาสติกมีผลตั้งแต่กระบวนการผลิต จนกระทั่งออกมาเป็นชิ้นงานปกติขนาดของผงพลาสติกมีหลายขนาดแต่ขนาดที่เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตโดย Rotational Mouldingก็คือ 500 ไมครอน

การไหลของผงพลาสติกภายในแม่พิมพ์ จะเป็นผลโดยตรงต่อขนาดของอนุภาค ดังนั้นขนาดของอนุภาคจะมีความสำคัญมาก อนุภาคที่ได้ขนาดจะถูกบดจากอนุภาคที่มีขนาดใหญ่กว่า และเนื่องจากอนุภาคจะมีผลต่อการผลิต สามารถให้ผิวงานที่สวยงามและยังมีฟองอากาศน้อยมากด้วยอย่างไรก็ตาม ถ้าขนาดอนุภาคใหญ่เกินไปจะมีทำให้เกิดบริดจ์จิ้ง(bridging) ขึ้นได้ อนุภาคที่มีขนาดเล็กจะสามารถหลอมละลายได้อย่างรวดเร็วและยังป้องกันอนุภาคส่วนอื่น ๆ ได้โดยเราอาจใช้ริบ (ribs) หรือคอนเนอร์(corners) ในทางกลับกัน ถ้าอนุภาคมีขนาดใหญ่มากแล้วการหลอมละลายก็จะช้าและจับกันเป็นก้อนที่ผิวชั้นในของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 2.22.



รูปที่ 2.22 แสดงผลโดยทั่วไปของขนาด อนุภาค

จากที่กล่าวมานี้จะเห็นว่าการบดเม็ดพลาสติก (pellet) ไปสู่ในรูปของผงพลาสติก นั้นมีหลักการ และมีความเกี่ยวข้องกันทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะการบดในงาน Rotational Mouldingนั้นจะคล้ายกันกับกระบวนการอื่น โดยมีเครื่องจักรที่ใช้ในการบดที่มีลักษณะเช่นเดียวกันดังนี้ เม็ดพลาสติกจะเคลื่อนผ่านสเตชั่นนารี (stationary) และส่วนหมุนบด (rotating cutting plates) และผงพลาสติกจะถูกวาดออกไปกับลมเป่า (airstream) ที่อยู่ในแนวเส้นรอบนอกของฐานแล้วผงพลาสติกทั้งหมดจะเคลื่อนผ่านตะแกรงหลาย ๆชั้นที่เป็นตัวควบคุมการกระจายตัวของผงพลาสติก[10]

ข้อสำคัญของผงพลาสติก คือ ต้องมีผิงเรียบเพราะถ้าเกิดหาง (tail) ขึ้นแล้ว จะมีผลคือ

(a) เกิดบริดจิ้ง ขึ้น

(b) เกิดช่องว่างหรือฟองอากาศระหว่าง อนุภาค

(c) อนุภาค เมื่อได้รับความร้อนจะหลอมเหลวช้า จับกันเป็นก้อนนุ่ม ๆ และเหนียว

ผลของการเกิดหางจะทำให้อนุภาคมีค่าความหนาแน่นแบบบัลค์ (bulk density) ต่ำได้

2.9แรงลอยตัว(Buoyant force) [11]

แรงลอยตัวคือแรงที่ช่วยพยุงวัตถุไม่ให้จมลงไปในของเหลว โดยมีขนาดขึ้นอยู่กับ ความหนาแน่นของของเหลวนั้น และปริมาตรของงวัตถุส่วนที่จมลงไปในของเหลว

ความหนาแน่นของวัตถุ คือ

อัตราส่วนระหว่างปริมาตรและน้ำหนักของวัตถุ โดยวัตถุที่มีความหนาแน่นมากกว่าจะมีน้ำหนักมากกว่าเมื่อเปรียบเทียบ ในปริมาตรที่เท่ากัน

1.วัตถุจะไม่จมลงไปในของเหลวเมื่อวัตถุนั้นมีความหนาแน่นน้อยกว่าของเหลว
2.วัตถุจะลอยปริ่มของเหลวเมื่อวัตถุนั้นมีความหนาแน่นใกล้เคียงกับของเหลว
3.วัตถุจะจมลงไปในของเหลวเมื่อวัตถุนั้นมีความหนาแน่นมากกว่าของเหลว

ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับแรงลอยตัว ได้แก่

1. ชนิดของวัตถุ

วัตถุจะมีความหนาแน่นแตกต่างกันออกไปยิ่งวัตถุมีความหนาแน่นมาก ก็ยิ่งจมลงไปในของเหลวมากยิ่งขึ้น

2. ชนิดของของเหลว

ยิ่งของเหลวมีความหนาแน่นมาก ก็จะทำให้แรงลอยตัวมีขนาดมากขึ้นด้วย

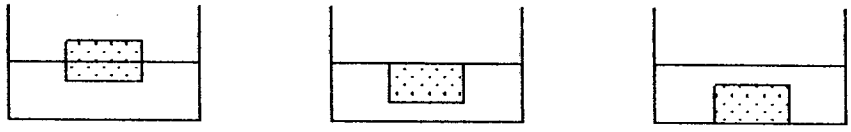
3. ขนาดของวัตถุ

จะส่งผลต่อปริมาตรที่จมลงไปในของเหลว เมื่อปริมาตรที่จมลงไปในของเหลวมาก ก็จะทำให้แรงลอยตัวมีขนาดมากขึ้นอีกด้วย

ประโยชน์ของแรงลอยตัว

ใช้ในการประกอบเรือไม่ให้จมน้ำ

แรงลอยตัว หรือแรงพยุงของของเหลวทุกชนิดเป็นไปตาม**หลักของอาร์คิมีดิส**(Archimedes' Principle) ซึ่งกล่าวว่า แรงลอยตัวหรือแรงพยุงที่ของเหลวกระทำต่อวัตถุ มีขนาดเท่ากับน้ำหนักของของเหลวที่มีปริมาตรเท่ากับปริมาตรของวัตถุส่วนที่จมอยู่ในของเหลว



ρ วัตถุ < ρ ของเหลว ρ วัตถุ = ρ ของเหลว ρ วัตถุ > ρ ของเหลว

รูปที่ 2.23แรงลอยตัวของวัตถุ

ความหนาแน่น $\rho = M / V$ หรือ $M = \rho V$

ดังนั้น $Mg = \rho Vg$

แรงลอยตัว = น้ำหนักของของเหลวปริมาตรเท่าวัตถุส่วนจม

$= \rho_{\text{ของเหลว}} V_{\text{ส่วนจม}}\, g$

น้ำหนักของวัตถุ = น้ำหนักของของเหลวที่ถูกแทนที่

เนื่องจากในการขึ้นรูปเรือพลาสติกเราใช้ผงพลาสติกโพลิเอทธิลีนชนิดความหนาแน่นปานกลาง 0.930-0.939 g/cm^3 ซึ่งน้อยกว่าน้ำซึ่งมีค่าความหนาแน่นเท่ากับ $1g/cm^3$ จึงทำให้เรือพลาสติกที่จัดทำขึ้นมีแรงลอยตัวสูงไม่จมน้ำ[11]

2.10งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 เทียนชัย อินทรโชติ และคณะ [12]โครงการนี้ศึกษาการสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนนี้ มีจุดประสงค์เพื่อนำเครื่องจักรชนิดนี้ ไปใช้งานในอุตสาหกรรมพลาสติกเนื่องจากกระบวนการผลิตแบบนี้จะมีลักษณะที่โดดเด่นอยู่หลายประการ ในปัจจุบันเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุนมีการสร้างใช้งานขึ้นมาในประเทศมาเป็นระยะเวลาหนึ่งแล้ว แต่เครื่องที่สร้างขึ้นมายังไม่ได้รับการพัฒนามากนัก โครงการนี้จึงพยายามที่จะพัฒนาการสร้างเครื่องขึ้นรูปพลาสติกแบบหมุน ขึ้นมาภายในงบประมาณจำนวนหนึ่ง จากการสนับสนุนของ บริษัท ทีพีอี จำกัด (มหาชน) ทางคณะผู้จัดทำได้ทำการค้นคว้าหาข้อมูลต่างๆจากหนังสือ , วารสารและ อินเตอร์เน็ต จากอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้อง จากนั้นจึงได้นำความรู้ ข้อเสนอแนะต่างๆที่ได้รับมาผนวกเข้ากับความรู้ที่ได้ศึกษามาทั้งในด้าน ช่างเทคนิคและความรู้ด้านพลาสติกเช่นทางด้านเทคนิคการผลิต โลหะ ไฟฟ้า วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิต กระบวนการขึ้นรูปชนิดต่างๆของพลาสติกและอื่นๆเป็นต้น จากนั้นจึงทำการประยุกต์ความรู้ในด้านต่างๆเหล่านี้มาใช้ทำการศึกษาการสร้างเครื่องจักรขึ้นรูปชนิดนี้ขึ้นมาใช้งาน ซึ่งเครื่องจักรขึ้นรูปพลาสติกประเภทนี้มีชื่อว่า โรเตชันแนล โมลดิ้ง ชนิด ร็อคแอนด์โรล มีลักษณะการทำงานคือ แม่พิมพ์จะหมุนรอบแกน 180 องศา ในขณะเดียวกันก็ขยับขึ้น-ลงด้วย วิธีการให้ความร้อนแก่แม่พิมพ์จะใช้ขบวนการให้ความร้อนชนิด An Open Flame โดยใช้แก๊ส LPG เป็นเชื้อเพลิงและควบคุมโดยใช้วงจร แมกเนติคคอนแทคเตอร์

2.10.2 ศรนรินทร์ ไชยคีรินทร์ และคณะ [13] โครงการนี้ศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิและเวลาที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลบางประการของผลิตภัณฑ์ในกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน เหวี่ยงเริ่มจากการเตรียมวัสดุโดยใช้ผงโพลิเอทธิลีนที่จะใช้ในการขึ้นรูป เมื่อได้น้ำหนักของผงโพลิเอทธิลีนที่แน่นอนแล้ว จึงนำมาขึ้นรูปโดยแปรเปลี่ยนสภาวะของอุณหภูมิและเวลา ส่วนตัวแปรอื่นๆจะกำหนดให้คงที่ทั้งหมด อุณหภูมิแปรเปลี่ยน คือ 270 , 300 , 330 และ 380 องศาเซลเซียส โดยที่คงที่เวลาที่ 12 นาที เวลาที่แปรเปลี่ยนคือ 12 , 15 , 18 และ 21 นาที โดยที่คงที่อุณหภูมิที่ 280 องศาเซลเซียส เมื่อได้ชิ้นงานแล้วจึงนำมาเตรียมเป็นชิ้นงานตัวอย่างทดสอบ เมื่อทดสอบสมบัติเชิงกลบางประการ คือ การทนต่อแรงกระแทก , การทนต่อแรงดึง , ร้อยละของการยืดตัวที่จุดขาด และความแข็งที่ผิว จากผลการการทดสอบสมบัติต่างๆพบว่า สมบัติด้านการทนแรงกระแทก และความแข็งแรงที่ผิว จะมีแนวโน้มลดลงในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 300 องศาเซลเซียส และช่วงเวลาที่นานกว่า 18 นาที แต่จะมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นในช่วงอุณหภูมิในช่วง 270 ถึง 300 องศาเซลเซียส และเวลาในช่วง 12 ถึง 18 นาที โดยที่อุณหภูมิต่ำกว่า 270 องศาเซลเซียส และเวลาต่ำกว่า 12 นาที จะไม่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้อุณหภูมิสูงกว่า 360 องศาเซลเซียส และนานกว่า 21 นาที ชิ้นงานที่ได้จะเกิดรอยไหม้ สมบัติด้านการทนต่อแรงดึงยืด และร้อยละการยืดตัวที่จุดขาด จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น

ในช่วงอุณหภูมิที่สูงกว่า 330 องศาเซลเซียส และเวลานานกว่า 18 นาที หากต้องการผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติด้านความแข็งแรงสูงควรจะใช้อุณหภูมิในกระบวนการผลิตในช่วง 270 ถึง 300 องศาเซลเซียส เวลาในช่วง 12 ถึง 18 นาที และถ้าหากต้องการสมบัติด้านความเหนียวสูง ควรใช้อุณหภูมิในกระบวนการผลิตสูงกว่า 330 องศาเซลเซียส เวลานานกว่า 18 นาที การเลือกใช้ควรดูจากคุณสมบัติด้านการใช้งานของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการนำไปใช้

2.10.3พีรพงศ์ จันทรบาง และคณะ (2554) [14]งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลกระทบของการเติมแคลเซียมคาร์บอเนต จากเปลือกหอบเชอรี่โดยวิธีไฮโดรเทอร์มอลในพอลิเอทิลีนสำหรับกระบวนขึ้นรูปแบบหมุนต่อสมบัติเชิงกลบางประการและสมบัติการลามไฟทำการสังเคราะห์แคลเซียมคาร์บอเนตจากเปลือกหอยเชอรี่ โดยการใช้สารละลายไฮโดรคลอริกผสมเปลือกหอยเชอรี่ นำสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตปิเปตลงในสารผสมเปลือกหอยเชอรี่กับกรดไฮโดรคลอลิก ทิ้งไว้ 10 ชั่วโมงแล้วนำมาล้างน้ำสะอาดเพื่อให้แคลเซียมคาร์บอเนตมีค่าเป็นกลาง นำไปผ่านกระบวนการไฮโดรเทอร์มอลโดยใช้สภาวะที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 20 ชั่วโมง จากนั้นนำแคลเซียมคาร์บอเนตที่ได้มาวิเคราะห์ลักษณะรูปร่างและขนาดด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) แล้วจึงนำมาผสมกับพอลิเอทิลีนที่อัตราส่วน 2.5 % 5% , 7.5% และ 10% โดยน้ำหนัก จากนั้นทำการขึ้นรูปด้วยกระบวนการขึ้นรูปแบบหมุน (Rotational molding) เพื่อทดสอบสมบัติเชิงกลประกอบไปด้วย สมบัติการทนต่อแรงดึง (ASTM D 638) สมบัติการทนต่อแรงกระแทก (ASTM D 256) สมบัติความแข็งที่ผิว (ASTM D 758) และสมบัติการลามไฟ (ASTM D 635)