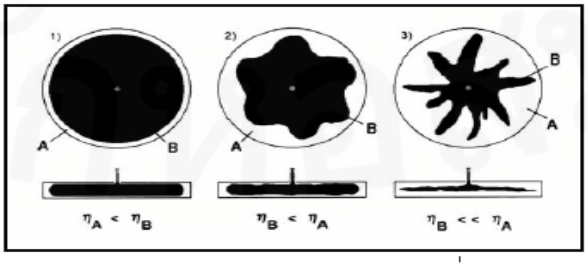
บทที่ 2

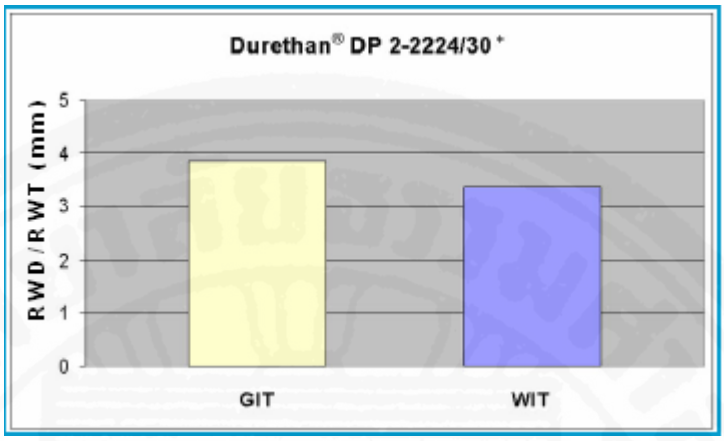
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รูปแบบการแทรกตัวระหว่างของเหลวสองชนิด โดยเปรียบเทียบตามความหนืด

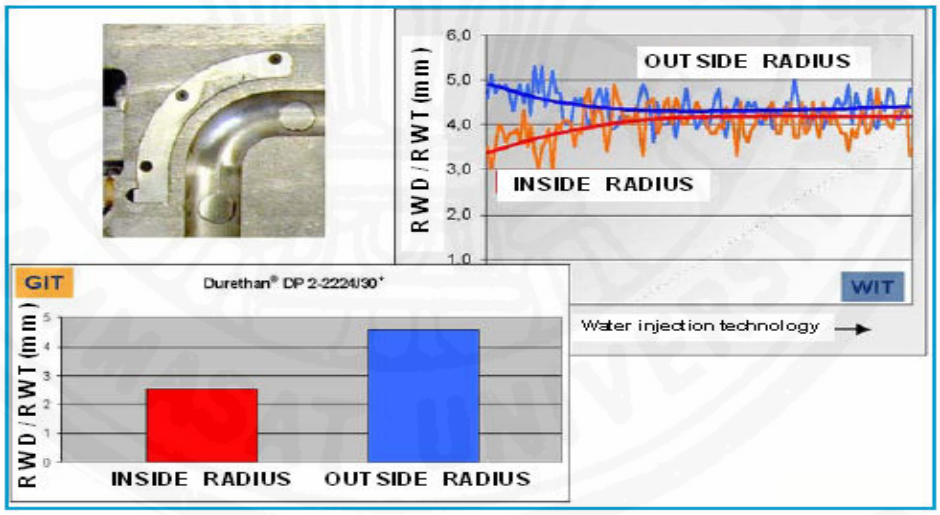
ระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วยมีข้อจำกัดอยู่บนพื้นฐานทฤษฎีความแตกต่างของความหนืดระหว่างของเหลว 2 ชนิดที่จะก่อให้เกิดรูปแบบการแทรกตัวที่แตกต่างกัน โดยพลาสติกหลอมเหลวจะมีค่าความหนืดประมาณ 10^4 Pa-s ขณะที่แก๊สจะอยู่ที่ประมาณ 10^{-5} Pa-s ผลต่างมีถึง 10^9 ทำให้แก๊สแทรกซึมผ่านเนื้อพลาสติกได้ (Geprard Haagh, 1998) ก่อให้เกิดรูปร่างของช่องกลวงที่ไม่ราบเรียบและอาจทะลุผ่านเนื้อพลาสติก (Avery J, 2000) ภาพ 2.1 (3) แสดงรูปแบบการแทรกผ่านของแก๊ส (η_B) ที่มีค่าความหนืดน้อยกว่าค่าความหนืดของพลาสติกหลอมเหลว (η_A) มาก ๆ ($\eta_B << \eta_A$) ส่วนกรณีของน้ำซึ่งมีค่าความหนืดมากกว่าความหนืดของแก๊สประมาณ 50 เท่า (Rainer P,2003) จึงมีแนวโน้มที่จะก่อให้เกิดช่องกลวงที่ราบเรียบกว่าดังภาพ 2.1 (2) แต่ผลต่างของความหนืดระหว่างแก๊สและน้ำจะส่งผลต่อความราบเรียบของช่องกลวงน้อยในพลาสติกบางชนิดที่มีความหนืดขณะหลอมเหลวมาก เช่น polyamide 6.6 with 30% glass fiber filling (ชื่อทางการค้า Durethan® DP2-2224/30* H2.0 ของ Bayer) อย่างไรก็ตามการฉีดพลาสติกชนิดที่มีความหนืดขณะหลอมเหลวมากดังกล่าวโดยใช้น้ำช่วย จะให้ผลิตภัณฑ์ที่มีความหนาของผิวนอกน้อยกว่าการฉีดโดยใช้แก๊สช่วย ดังแสดงในภาพ 2.2 มีความหนาที่สม่ำเสมอและใกล้เคียงกัน ณ รัศมีวงนอกกับรัศมีวงในของจุดที่หักโค้งของผลิตภัณฑ์มากกว่าการฉีดโดยใช้แก๊สช่วยดังแสดงในภาพ 2.3 และให้ผิวภายในช่องกลวงที่ราบเรียบกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับชิ้นงานที่ฉีดโดยใช้แก๊สช่วยซึ่งมักเกิดฟองอากาศ (foam) ที่ผิวของช่องกลวง โดยเฉพาะเมื่อใช้ความดันแก๊สมากดังแสดงในภาพ 2.4



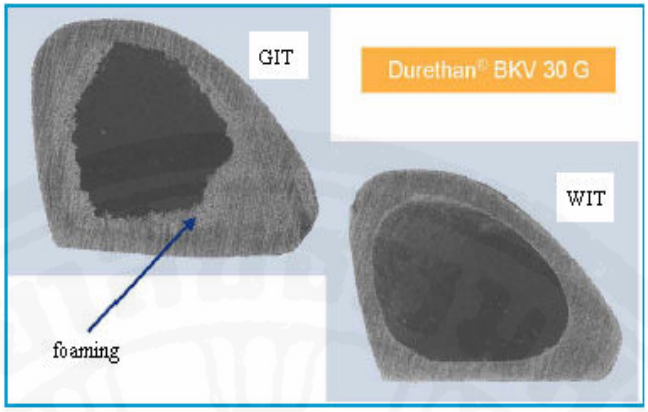
ภาพที่ 2.1 แสดงผลของความแตกต่างระหว่างค่าความหนืดที่ทำให้รูปร่างหน้าตัดของการแทรกผ่านแตกต่างกัน (Avery J, 2000)



ภาพ 2.2 แสดงความหนาของผิวนอกของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการฉีดโดยใช้แก๊สช่วย เปรียบเทียบกับการฉีดโดยใช้น้ำช่วย (Rainer P, 2003)



ภาพที่ 2.3 แสดงความหนา ณ รัศมีวงนอกกับรัศมีวงในของจุดที่หักโค้งของผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการฉีดโดยใช้แก๊สช่วย เปรียบเทียบกับการฉีดโดยใช้น้ำช่วย (Rainer P, 2003)



ภาพที่ 2.4 แสดงภาพตัดขวางของชิ้นงานที่เกิดจากการฉีดโดยใช้แก๊สช่วย เปรียบเทียบกับการฉีดโดยใช้น้ำช่วย (Rainer P, 2003)

2.2 การฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย (Gas assisted Injection Molding Technology ; GIT)

2.2.1 พัฒนาการของระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย

ระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย ถูกพบและใช้งานในอุตสาหกรรมมากว่า 20 ปี แล้วในทวีปยุโรป ราวกลางทศวรรษที่ 1970s โดยมีจุดมุ่งหมาย คือ ต้องการผลิตชิ้นส่วนที่มีลักษณะกลวง โดยไม่ใช้วิธีการผลิตแบบเป่า (Blow Mold) หรือแบบอัดรีดก่อนเป่า (Extrusion Blow Molding) ที่มีอยู่เดิม เนื่องจากต้องการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงที่ทำได้ยากหรือทำไม่ได้โดยวิธีเดิม หรือหลีกเลี่ยงขั้นตอนเกี่ยวเนื่อง เช่น การเชื่อมประสานและการประกอบชิ้นส่วนสำเร็จ โดยเทคโนโลยีนี้ได้ถูกพัฒนามาอย่างต่อเนื่องและได้มีการขึ้นทะเบียนสิทธิบัตรที่ประเทศเยอรมนี และ สหรัฐอเมริกาในปี ค.ศ. 1975 และ 1978 ตามลำดับ (Menough J, 1989) และต่อมาอีกหลายสิทธิบัตร จนปัจจุบันได้มีผู้ผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ประกอบเพื่อใช้ในระบบนี้เกิดขึ้นหลายบริษัท ทั้งในยุโรป อเมริกา และเอเชีย เช่น Battenfield, Ferromatik, Stark, Engel GAIN และ Johnson Control เป็นต้น โดยผลิตและพัฒนาสินค้าไปในสองแนวทางคือแบบควบคุมความดัน (pressure control) และแบบควบคุมปริมาณการไหล (flow control) (Avery J, 2000) และมีรูปแบบการฉีดพลาสติกเริ่มต้น 2 แบบคือ แบบไม่เต็มแม่พิมพ์และแบบเต็มแม่พิมพ์

2.2.2 รูปแบบการฉีดแก๊สเข้าสู่ชิ้นงานในการฉีดพลาสติกเริ่มต้นแบบไม่เต็มแม่พิมพ์ (short shot) สามารถแบ่งลำดับขั้นของการฉีดเป็น 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

2.2.2.1 ปิดแม่พิมพ์

2.2.2.2 ฉีดพลาสติกหลอมเหลวในปริมาณที่กำหนดเข้าแม่พิมพ์ โดยทั่วไปประมาณ 50-90% ของปริมาตรเต็ม คล้ายลักษณะของการฉีดไม่เต็ม (Short shot)

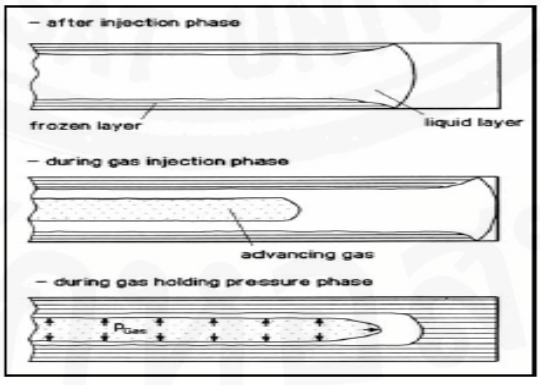
2.2.2.3 ฉีดแก๊สเข้าสู่แม่พิมพ์ในช่วงเวลาที่กำหนด ผ่านเข้าทางหัวฉีดพลาสติก (nozzle) หรือช่องลำเลียง (runner) หรือห้องชิ้นงาน (cavity) โดยตรง แก๊สจะไหลไปในทิศทางที่มีความต้านทานน้อยที่สุดหรืออุณหภูมิสูงสุด ซึ่งคือแกนกลางของชิ้นงาน โดยผลักเนื้อพลาสติกออกไปและเข้าแทนที่ ทำให้เกิดช่องว่างตรงกลางเนื้อพลาสติก ขั้นตอนนี้จะสำคัญและเป็นตัวตัดสินว่าชิ้นงานที่ได้จะตรงตามความต้องการหรือไม่

2.2.2.4 รักษาความดันของแก๊สในแม่พิมพ์ (Holding Pressure) แก๊สจะอัดแน่น (Packing) โดยสกรูไม่เคลื่อนที่ และพยายามขยายตัวออกรอบทิศ ลดการหดตัวของชิ้นงาน (Shrinkage) เมื่อชิ้นงานเย็นตัวลง โดยคงรูปอยู่และมีความเสถียรทางรูปร่าง (Dimension Stability) โดยความดันแก๊สที่กระทำรอบทิศทำให้ความเค้นตกค้าง (Residual Stress) ที่มักเกิดเนื่องจากการฉีดย้ำต่ำลงและลดการโก่งงอ (Warpage) ของชิ้นงานที่ได้

2.2.2.5 ปล่อยแก๊สออกทิ้งหรือเก็บเข้าถังเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ กรณีหลังยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากระบบนำกลับมีต้นทุนสูงและควบคุมยาก (Avery J, 2000, p52)

2.2.2.6 เปิดแม่พิมพ์และปลดชิ้นงาน

โดยลำดับขั้นตอนที่ 2.2.2.2 ถึง 2.2.2.4 ดังแสดงในภาพ 2.5

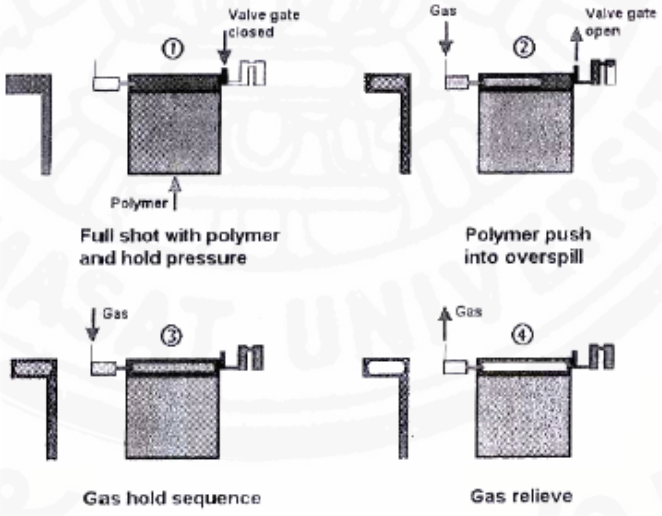


ภาพที่ 2.5 แสดงลำดับขั้นของการฉีดพลาสติกโดยใช้แก๊สช่วย
โดยการฉีดเริ่มต้นแบบไม่เต็มแม่พิมพ์ (short shot) (วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

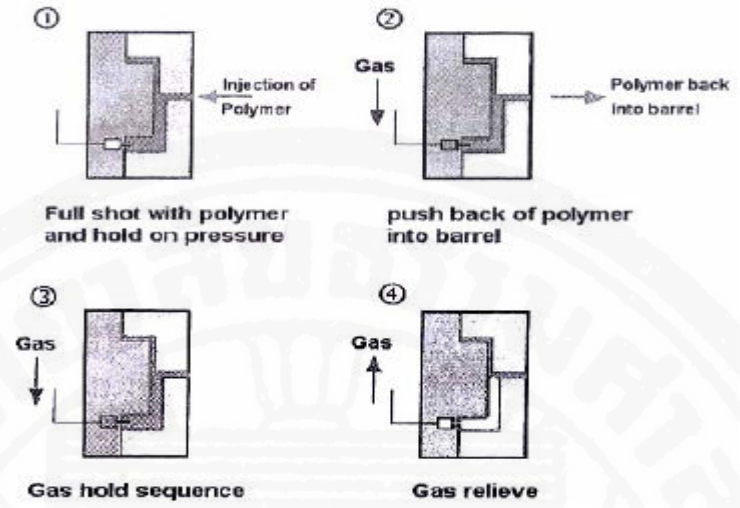
2.2.3 รูปแบบการฉีดแก๊สเข้าสู่ชิ้นงานในการฉีดพลาสติกเริ่มต้นแบบเริ่มต้นแบบเต็มแม่พิมพ์ (Full Shot) สามารถแบ่งได้เป็น 3 รูปแบบ ดังนี้

2.2.3.1 รูปแบบการฉีดแบบล้นออก (Spill Over) การเป่าออก (Blow Out) หรือการอัดเนื้อพลาสติกย้อนกลับ (Melt-push Back)

เริ่มต้นด้วยการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์จนเต็มหรือเกือบเต็ม จากนั้นฉีดแก๊สเข้าไปแทนที่แกนชิ้นงาน พลาสติกเหลวส่วนเกินจะถูกผลักออกไปสู่ช่องทางออกที่ทำขึ้นเป็นพิเศษ (Eyerer P,1993) หรือย้อนกลับแล้วแต่กรณี จากนั้นก็จะคงความดันแก๊ส แล้วปล่อยออกตามเวลาที่กำหนด ข้อดีคือ สามารถขจัดรอยต่อซึ่งเกิดจากการฉีดไม่เต็มแล้วเว้นระยะเวลาให้เกิดชั้นแข็ง (frozen layer) ก่อนฉีดแก๊สตามในขั้นตอนเดียวกับที่ปฏิบัติในระบบการฉีดแบบไม่เต็ม (Short Shot) แต่การลงทุนเริ่มต้นของระบบนี้จะสูงกว่า เพราะมีระบบแม่พิมพ์ที่ซับซ้อนกว่า (Pearson T.C, 1998) โดยแสดงรูปแบบการฉีดแบบล้นออกและการอัดเนื้อพลาสติกย้อนกลับไว้ในภาพ 2.6 และ 2.7 ตามลำดับ



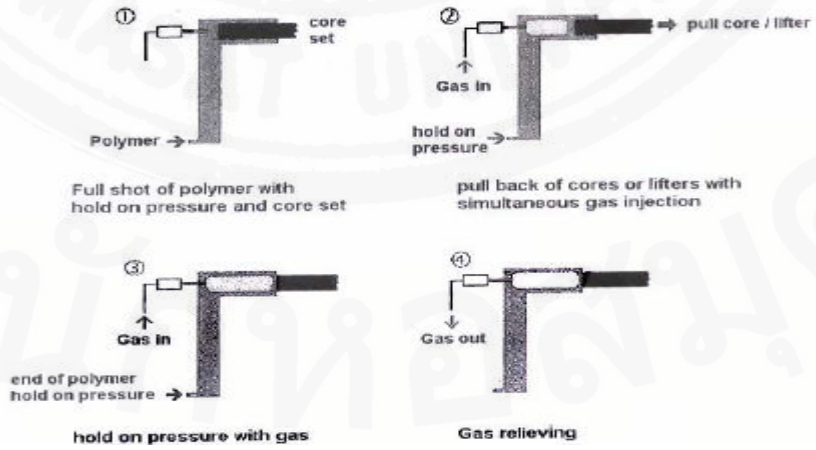
ภาพที่ 2.6 แสดงรูปแบบการฉีดแบบล้นออก (Spill Over)
(วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)



ภาพที่ 2.7 แสดงรูปแบบการอัดเนื้อพลาสติกย้อนกลับ (Melt-push Back)
(วุฒิพงษ์ รังสีสันติวานนท์, 2547)

2.2.3.2 รูปแบบการฉีดเข้าเพื่อผลักหรือดึงแกนออก (Core Pull)

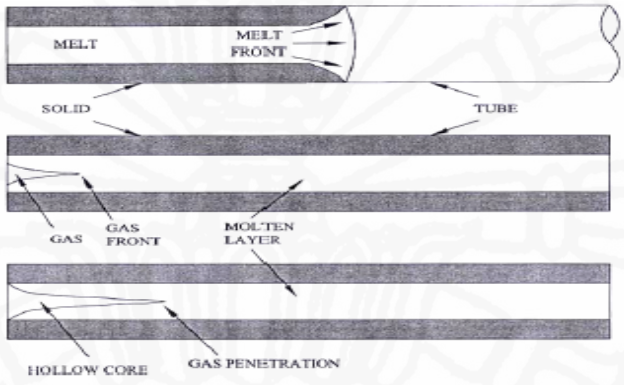
เริ่มด้วยการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์ที่มีแกน (Core) อยู่หนึ่งหรือหลายแกน จากนั้นผลักแกนออกโดยการฉีดแก๊ส แล้วคงความดัน (Hold Pressure) จากนั้นปล่อยแก๊สออกดังแสดงในภาพ 2.8 โดยมีการควบคุมความเร็วของแกนที่เลื่อนออก รูปแบบนี้มีระบบแม่พิมพ์ที่ซับซ้อนใช้สำหรับลดการหดตัว หรือต้องการสร้างช่องกลวงขนาดใหญ่



ภาพที่ 2.8 แสดงรูปแบบการฉีดแก๊สเข้าเพื่อผลักแกนออก (Core Pull)
(วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

2.2.3.3 รูปแบบการฉีดเต็มแม่พิมพ์ (Full Shot) และไม่ล้นออก

พลาสติกหลอมเหลวจะถูกฉีดเข้าจนเต็มแม่พิมพ์ ส่วนแก๊สจะถูกฉีดเข้าไปเพื่อชดเชยการหดตัว (Jaroschek C.M, 1990, p2-4) กรณีที่พลาสติกมีความหนาแน่นในช่วงหลอมเหลวไม่แตกต่างมากนักกับช่วงที่แข็งตัว แก๊สก็จะเข้าแทนที่น้อย เช่น PS PMMA ตรงกันข้ามกับกลุ่ม Semi-Crystalline Polymer เช่น PE PP ก็จะเข้าแทนที่มาก รูปแบบการฉีดนี้มักจะใช้ในกรณีที่ต้องการชิ้นงานที่มีความหนาและไม่ให้มีการโก่งตัว (Warpage) หรือรอยยุบ (Sink Marks) โดยการลดปริมาณการใช้เนื้อพลาสติกถือเป็นเรื่องรอง โดยแสดงรูปแบบการฉีดในภาพที่ 2.9

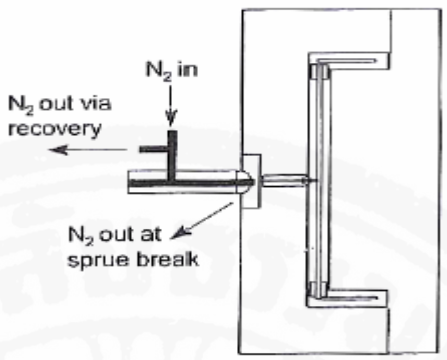


ภาพที่ 2.9 แสดงรูปแบบการฉีดเต็มแม่พิมพ์ และไม่ล้นออก
(วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

2.2.4 ช่องทางการฉีดแก๊สเข้าสู่แม่พิมพ์ สามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบดังนี้

2.2.4.1 ฉีดผ่านเข้าทางหัวฉีดพลาสติก (Machine Nozzle)

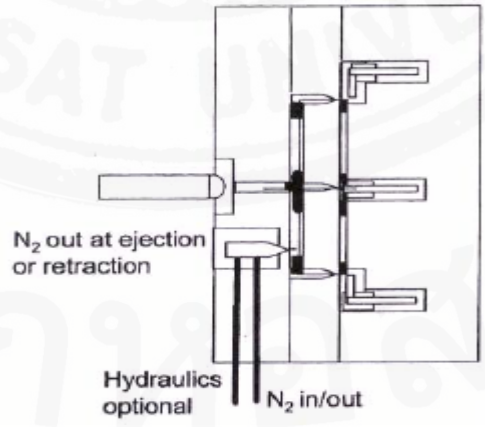
แก๊สจะถูกฉีดผ่านเข้าทางหัวฉีดของเครื่องฉีด ดังแสดงในภาพ 2.10 โดยการฉีดลักษณะนี้มักใช้ร่วมกันกับช่องลำเลียงชนิดร้อน (Hot Runner) และหัวฉีดพลาสติกชนิดที่ปิดได้ (Shut-off Nozzle) (Rui M)



ภาพที่ 2.10 แสดงการฉีดแก๊สเข้าทางหัวฉีดพลาสติก
(วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

2.2.4.2 ฉีดผ่านเข้าทางช่องทางลำเลียง (In-Runner)

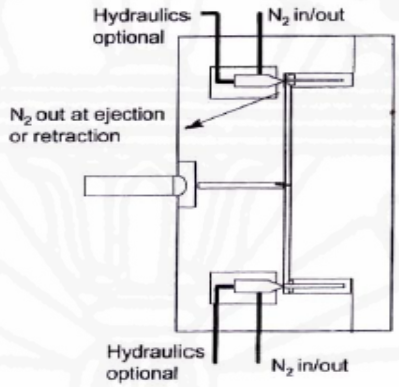
แก๊สอาจถูกฉีดเข้าทางระบบช่องทางลำเลียง (Runner System) หรือ Spure Bushing ดังแสดงในภาพ 2.11 รูปแบบนี้มีข้อดีคือ ช่วยประหยัดเนื้อพลาสติกมากขึ้น เพราะช่องทางลำเลียงจะกลวง (Dier P, 2000) นั่นคือเป็นการลดเศษที่เหลือใช้จากช่องทางลำเลียง ไม่สามารถใช้ช่องทางลำเลียงชนิดร้อนได้ เพราะแก๊สที่ฉีดจะดันเนื้อพลาสติกเหลวเข้าไปในช่องแม่พิมพ์บางส่วนหรือทั้งหมด ทำให้การกำหนดปริมาตรการฉีดพลาสติกเริ่มต้นไม่แน่นอน โดยเฉพาะกับแม่พิมพ์ที่มีหลายชิ้นงาน (Michaeli I. W,1996)



ภาพที่ 2.11 แสดงการฉีดแก๊สเข้าทางช่องทางลำเลียง
(วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

2.2.4.3 ฉีดเข้าชิ้นงานโดยตรง (in-article)

แก๊สเข้าในช่องว่างของแม่พิมพ์ในส่วนของชิ้นงานโดยตรง โดยผ่านหัวฉีดแก๊ส (gas nozzle) หรือหัวเข็ม (pin point) ดังแสดงในภาพ 2.12 ระบบนี้สามารถออกแบบให้ช่องลำเลียงแยกออกจากกันได้ โดยแต่ละช่องสามารถแยกควบคุมความดันและเวลาโดยอิสระ



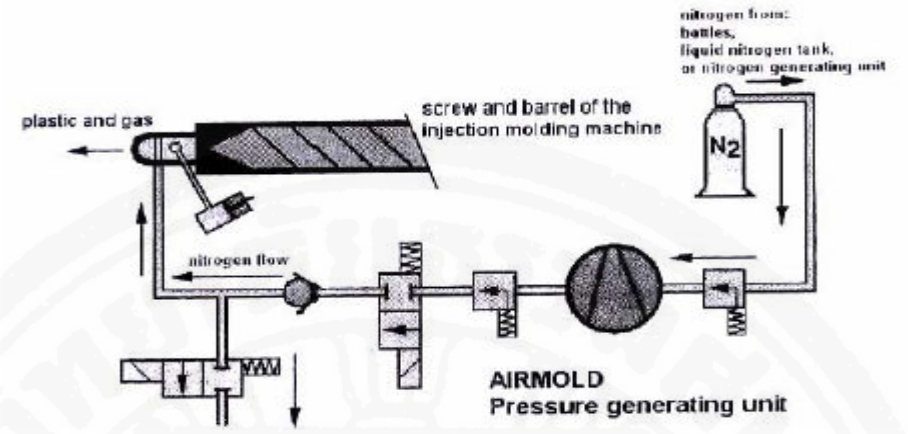
ภาพที่ 2.12 แสดงการฉีดแก๊สเข้าชิ้นงานโดยตรง
(วุฒิพงษ์ รังษีสันติวานนท์, 2547)

2.2.5 การควบคุมในระบบการฉีดแบบใช้แก๊สช่วย โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 แบบ (Eckardt H,1992)

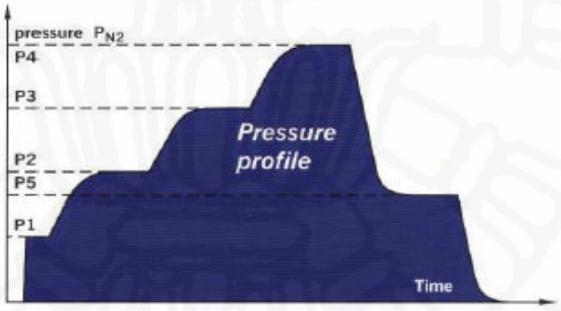
2.2.5.1 ระบบควบคุมความดัน (pressure-controlled)

ระบบนี้จะมีเครื่องกำเนิดความดันแก๊ส ซึ่งจะจ่ายแก๊สความดันสูงเข้าสู่ระบบฉีดอย่างต่อเนื่องโดยควบคุมความดันด้วยชุดวาล์ว ดังแสดงในภาพ 2.13 สามารถตั้งค่าความดันควบคุมที่ค่าต่าง ๆ ได้ตามเวลาและได้หลายค่า ดังแสดงในภาพ 2.14 มีข้อดีคือ

- มีความดันแก๊สพร้อมอยู่ตลอดเวลาที่จะฉีดโดยการเปิดวาล์วควบคุม
- ความดันในระบบฉีดสามารถเพิ่มหรือลดตามรูปแบบที่กำหนดไว้ล่วงหน้า
- ในแต่ละขั้นความดันที่กำหนดสามารถคงไว้ซึ่งความดันได้ ซึ่งหมายถึงความสามารถในการอัดแน่น โดยการคงความดัน (holding pressure) เพื่อลดหรือขจัดข้อบกพร่องของชิ้นงาน (Pearson T.C.,1998)
- ระบบนี้เป็นที่นิยมมากกว่าแบบอื่นในปัจจุบัน



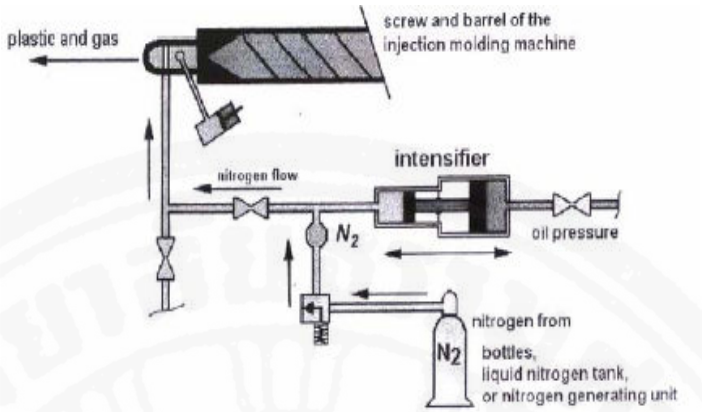
ภาพที่ 2.13 แสดงรูปแบบการฉีดพลาสติกโดยใช้แก๊สช่วย
รูปแบบการควบคุมด้วยความดัน (Airmould brochures)



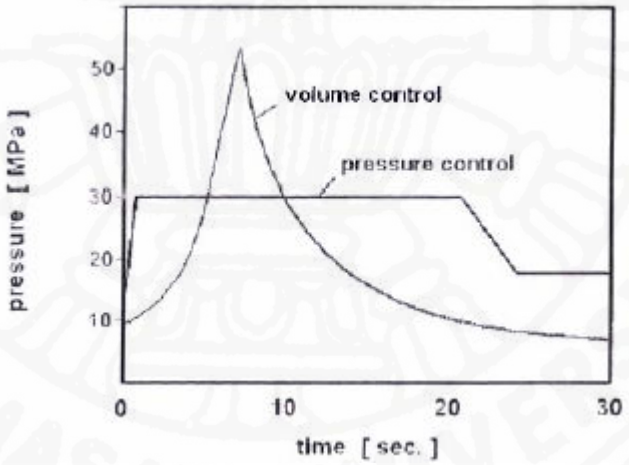
ภาพที่ 2.14 แสดงการควบคุมความดันแก๊สให้แปรผันต่อเนื่องตามเวลา (Airmould brochures)

2.2.5.2 ระบบควบคุมปริมาตร (volume-controlled)

ปริมาตรของแก๊สที่จะฉีดเข้าในระบบจะถูกเตรียมไว้ก่อนฉีด และฉีดเข้าไปในแม่พิมพ์ตามเวลาที่กำหนดหลังการฉีดพลาสติกหลอมเหลวสิ้นสุด ค่าที่แท้จริง ของความดันภายในแม่พิมพ์ไม่สามารถประมาณการได้อย่างแม่นยำ เพราะความผันแปรจะเกิดจากหลายตัวแปรทั้งภายในและรอบนอก การควบคุมความดันภายในแม่พิมพ์อย่างละเอียดแน่นอนทำได้ยาก โดยแผนภาพแสดงรูปแบบการควบคุมปริมาตรได้แสดงไว้ในภาพที่ 2.15 ส่วนการเปรียบเทียบความดันที่เกิดขึ้นภายในแม่พิมพ์สำหรับระบบควบคุมปริมาตรและระบบควบคุมความดัน แสดงในภาพที่ 2.16



ภาพที่ 2.15 แสดงรูปแบบการฉีดพลาสติกโดยใช้แก๊สช่วย
แบบควบคุมด้วยปริมาตร (Airmould brochures)



ภาพที่ 2.16 แสดงความดันที่เกิดขึ้นภายในแม่พิมพ์เปรียบเทียบระบบควบคุมปริมาตร
กับระบบควบคุมความดัน (Airmould brochures)

2.2.6 เครื่องจักรและอุปกรณ์หลักในระบบการฉีดแบบใช้แก๊สช่วย

ระบบฉีดแบบใช้แก๊สช่วยบางระบบอาจใช้การควบคุมปริมาตร แต่ที่นิยมใช้โดยทั่วไป คือ ระบบควบคุมความดัน มีอุปกรณ์หลักๆ ที่ใช้ในระบบ ดังนี้

2.2.6.1 เครื่องกำเนิดความดันแก๊ส

ทำหน้าที่สร้างความดันของแก๊สให้มีค่าสูงมากพอที่จะจ่ายเข้าสู่ห้องฉีดแก๊สในระบบควบคุมปริมาตร หรือฉีดเข้าระบบโดยตรงในระบบควบคุมความดัน ซึ่งจะสร้างความดันแก๊สให้มีค่าประมาณ 300-500 บาร์ อัดเก็บไว้ในถังเก็บความดัน (pressure tank) พร้อมฉีดอยู่ตลอดเวลาที่ใช้งาน โดยแสดงภาพเครื่องกำเนิดความดันแก๊สไว้ในภาพที่ 2.17

ภาพที่ 2.17 แสดงเครื่องกำเนิดความดันแก๊ส (Airmould brochures)

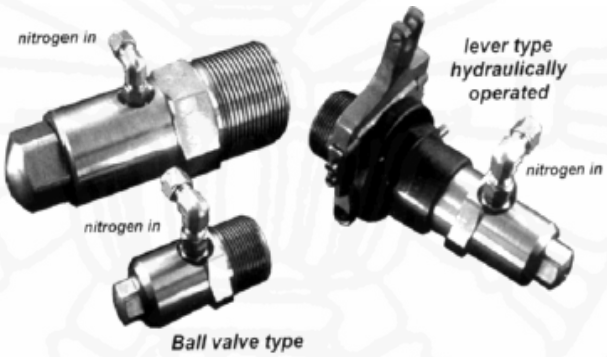
2.2.6.2 เครื่องควบคุมความดันแก๊ส

ทำหน้าที่ควบคุมความดันแก๊สที่จะฉีดเข้าภายในแม่พิมพ์ตามที่ผู้ใช้งานตั้งค่าไว้ โดยทั่วไปจะตั้งค่าตามเวลาที่เปลี่ยนไป โดยปกติจะประกอบด้วยวาล์วจำนวนตั้งแต่ 3 ตัวขึ้นไป เพื่อใช้ในการเปิดให้แก๊สเข้าสู่ระบบในปริมาณจากน้อยไปหามาก และปล่อยออกจากระบบเมื่อวงรอบการทำงานเสร็จสิ้น โดยแสดงชุดควบคุมความดันแก๊สไว้ในภาพที่ 2.18

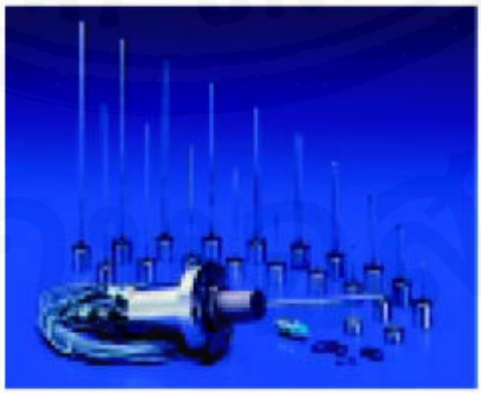
ภาพที่ 2.18 แสดงชุดควบคุมความดันแก๊ส (Airmould brochures)

2.2.6.3 หัวฉีดแก๊ส

โดยทั่วไปหัวฉีดแก๊สอย่างง่ายจะใช้หลักการที่ว่า พลาสติกหลอมเหลวจะไหลผ่านช่องว่างแคบๆไม่ได้ในขณะที่แก๊สไหลผ่านได้ ดังนั้นโครงสร้างของหัวฉีดแก๊สจะเป็นแบบง่าย ๆ คือ มีสกรูปรับขนาดช่องว่างที่ปลายหัวฉีดเพื่อปรับเปลี่ยนขนาดของช่องเปิด อันหมายถึงปริมาณการไหลของแก๊สที่จะถูกฉีดก็จะถูกปรับด้วย หรือบางรูปแบบอาจมีระบบเปิด/ปิดในตัว เพื่อป้องกันการไหลเข้าของเนื้อพลาสติกหลอมเหลวโดยสมบูรณ์ ในกรณีที่ต้องการฉีดแก๊สที่ปริมาณการไหลมาก โดยสามารถที่จะติดตั้งทั้งแบบอยู่กับที่และแบบเคลื่อนที่ ตามจังหวะการเปิด-ปิดแม่พิมพ์หรือแบบที่สร้างขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของหัวฉีดพลาสติกก็ได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.19 และภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.19 แสดงหัวฉีดแก๊สที่สร้างขึ้นเป็นส่วนหนึ่งของหัวฉีดพลาสติก (Gas Injection brochures)



ภาพที่ 2.20 แสดงหัวฉีดแก๊สสำหรับติดตั้งที่แม่พิมพ์ (Gas Injection brochures)

2.2.7 ข้อดีและข้อเสียของระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย (Avery J, 2000)

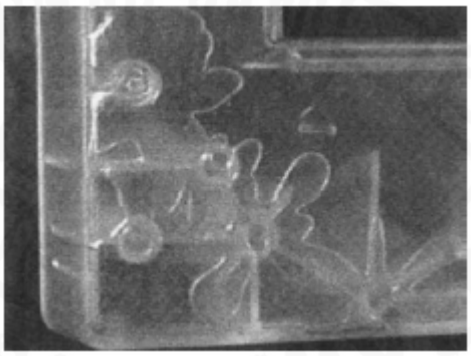
2.2.7.1 ข้อดีของระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย

- การฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วยจะใช้ความดันต่ำ สามารถใช้เครื่องฉีดขนาดเล็กกว่าซึ่งมีต้นทุนต่ำและสามารถใช้กับชิ้นงานที่ใหญ่ได้ ดังนั้นจึงประหยัดค่าใช้จ่ายลงได้
- การฉีดพลาสติกด้วยความดันต่ำทำให้เกิดความเครียด (Stress) น้อยลงจึงลดปัญหาการเกิดการบิดงอ (distortion) และการโก่งงอ (warpage) ของชิ้นงานได้
- การเกิดช่องกลวงในชิ้นงานระหว่างการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วยทำให้ชิ้นงานที่มีโครงค้ำแบบปีก (rib) มีความเสถียร (stiffness) โดยไม่ต้องกังวลกับรอยยุบตัว (sink marks)
- มีความแม่นยำของขนาด (tolerances) และความสม่ำเสมอของชิ้นงาน
- ชิ้นงานที่เกิดจากการฉีดแบบใช้แก๊สช่วยสามารถนำไปใช้ในงานที่มีความผันแปรทางโครงสร้างระดับสูง (High degree of structural intergrity) และมีอิสระในการออกแบบชิ้นงาน
- ชิ้นงานที่เกิดจากการฉีดแบบใช้แก๊สช่วยจะมีพื้นผิวที่เรียบสวยและไม่มีปัญหาเรื่องการบิดงอ ซึ่งแต่เดิมต้องใช้เทคนิคการฉีดขึ้นรูปให้ชิ้นงานที่มีผิวภายนอกเป็นของแข็งปกคลุมเนื้อในที่เป็นโฟมช่วย (Structural form Molding)
- เวลาในการฉีดโดยรวม (cycle Time) ลดลงประมาณ 50% เมื่อเทียบกับรูปแบบการฉีดแบบโดยใช้เทคนิค Structural form Molding
- สามารถประหยัดเนื้อวัตถุดิบได้ 25-30% กรณีที่ชิ้นงานมีขนาดช่องกลวงมาก

2.2.7.2 ข้อเสียของระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย

- เทคโนโลยีการฉีดพลาสติกด้วยแก๊สช่วยยังมีความใหม่และเสี่ยงกว่ากระบวนการฉีดอื่น ๆ เวลาในการเริ่มวงจรการผลิต (setup time) มากกว่า อีกทั้งยังต้องการเครื่องมือเพิ่มเติมมากกว่ากระบวนการฉีดแบบเดิม ๆ
- จำนวนของผู้ขายเครื่องจักรและอุปกรณ์ประกอบน้อยและมีราคาแพงกว่าเมื่อเทียบกับกระบวนการฉีดแบบอื่นๆ ในขั้นต้นของการลงทุนเฉพาะเครื่องอัดแก๊สความดันสูงอาจมีราคาถึง 1.5 ล้านบาท

- การพัฒนาบุคคลากรที่มีความรู้ด้านลักษณะของชิ้นงานและการผลิต รวมทั้งระบบแก๊ส (gas channel circuit) ซึ่งต้องใช้เวลาและทุนอีกทั้งยังมีความไม่แน่นอนของความลับทางการค้า
- การประมาณราคาชิ้นงานไม่สามารถทำได้ทันทีเหมือนการฉีดพลาสติกหรือ Structural form Molding ทั่วไป เพราะมีค่าใช้จ่ายอื่น ๆ เพิ่มเติม
- การคำนวณค่าความเครียด (stress) และการคำนวณโดยใช้หลักการจำลองค่า (Finite Element Analysis) ซึ่งจะซับซ้อนกว่า และสามารถประมาณการได้เพียงตำแหน่งของช่องกลวงและส่วนของผนังของชิ้นงานที่เกิดจากการฉีดด้วยแก๊สช่วยเท่านั้น
- สำหรับชิ้นงานใสที่ต้องการความสวยงาม หรือชิ้นงานที่ต้องการใช้ประโยชน์ช่องกลวงอาจจะมีฟองอากาศ (Gas bubble) หรือมีผิวหยาบในบริเวณผนังส่วนกลวงของชิ้นงาน อันเกิดจากกระบวนการที่เกี่ยวข้องในการฉีดแบบใช้แก๊สช่วย ซึ่งไม่อาจจะป้องกันและแก้ไขล่วงหน้าได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 แสดงลักษณะของชิ้นงานใสที่ผลิตโดยการฉีดแบบใช้แก๊สช่วย (Dier P., 2000)

2.2.8 ค่าใช้จ่ายผันแปร (variable cost)

เนื่องจากแก๊สที่ใช้ในกระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วยที่นิยมใช้ในปัจจุบันคือไนโตรเจนที่มีความบริสุทธิ์ไม่ต่ำกว่า 98 % ด้วยเหตุผลคือเป็นแก๊สที่มีความเฉื่อยต่อปฏิกิริยาไม่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ ไม่ติดไฟ และมีราคาถูกกว่าแก๊สเฉื่อยชนิดอื่น ไม่นิยมใช้อากาศอัดเพราะออกซิเจนในบรรยากาศจะทำปฏิกิริยากับพลาสติกหลอมเหลวได้ง่าย (Avery J, 2000) โดยการได้มาซึ่งแก๊สไนโตรเจนบริสุทธิ์แบ่งออกเป็น 3 แบบคือ

2.2.8.1 แก๊สบรรจุเสร็จในถังมาตรฐานขนาด 50 ลิตร มีข้อดีคือ การลงทุนเริ่มต้นต่ำเหมาะสำหรับการผลิตในปริมาณน้อย

2.2.8.2 ไนโตรเจนเหลวบรรจุเสร็จในถังเก็บขนาดต่าง ๆ เหมาะสำหรับการผลิตในปริมาณมาก ต้องลงทุนเพิ่มเติมในส่วนของระบบการแปรสภาพของเหลวเป็นแก๊ส และระบบท่อแก๊ส รวมทั้งระบบความปลอดภัย

2.2.8.3 ระบบผลิตแก๊สในที่ (on-site Nitrogen generator) กรองไนโตรเจนจากบรรยากาศโดยรอบมาใช้งาน ระบบนี้มีการลงทุนเริ่มต้นสูงแต่จะเป็นผลดีในระยะยาว

สำหรับค่าใช้จ่ายในการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้แก๊สไนโตรเจนได้แสดงไว้ในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงค่าใช้จ่ายในการใช้แก๊สไนโตรเจนเปรียบเทียบโดยวิธีที่ได้มา (Avery J, 2000)

Requirements: Nitrogen flow Number of injection points Nitrogen purity	13 cfm (630 l/min) 2 98 %		
Production Schedule: Annually	24 hours a day , 7 days a week , 40 weeks a year 8400 hours		
	Cylinder	Liquid	Membrane separator (On site)
Cost ($) / 100 cf (/3$m^3$)	2.89	1.45	1.57
Cost ($) / hour	22.54	11.31	1.36
Cost ($) / year			
Year 1	189,336.00	95,004.00	89,724.00
Year 2	378,672.00	190,008.00	101,148.00
Year 3	568,008.00	285,012.00	112,572.00
Year 5	946,680.00	475,020.00	135,420.00

2.3 การฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วย (Water-assisted Injection Molding Technology ;WIT)

2.3.1 พัฒนาการของระบบการฉีดแบบใช้น้ำช่วย

การพัฒนาระบบการฉีดแบบใช้น้ำช่วย (Mikell Knights, 2002) เป็นผลสืบเนื่องจากความสำเร็จในเชิงการค้าและอุตสาหกรรมของระบบการฉีดแบบใช้แก๊สช่วย แต่ยังมีความต้องการที่จะก้าวพ้นขีดจำกัดของแก๊ส กล่าวคือ ค่าการนำความร้อนและความจุความร้อนที่ต่ำ การถูกกดอัดแล้วมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตร และความบริสุทธิ์ของแก๊สที่ต้องการในการผลิตชิ้นส่วนคุณภาพสูง (Rainer P., p.1) จึงได้มีการพิจารณาใช้น้ำเป็นตัวกลางแทน เนื่องจากลักษณะสมบัติที่แตกต่าง และให้ผลในเชิงบวกต่อกระบวนการผลิต กล่าวคือ มีค่าการนำความร้อนมากกว่าเป็น 40 เท่า และค่าความจุความร้อนมากกว่าเป็น 4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับแก๊ส ยังผลให้การใช้เวลาในการเย็นตัวของชิ้นงาน (cooling cycle) ลดลงเหลือเพียง 25% ของระบบฉีดแบบใช้แก๊สช่วย (อ้างถึง Helmut Eckrdt, Battenfield Injection Technology) แต่ความรวดเร็วของกระบวนการเป็นเพียงส่วนหนึ่งเท่านั้น ยังมีเรื่องอื่นอีกที่ทำให้เทคโนโลยีนี้น่าสนใจมากขึ้น เช่น ชิ้นงานสุดท้ายจากระบบฉีดแบบใช้น้ำช่วยจะมีผนังบางกว่า และมีพื้นผิวภายในที่เรียบกว่า ซึ่งหมายถึงการลดปริมาณวัตถุดิบ และการประยุกต์ใช้งานท่อกลวงที่เกิดขึ้น (Rainer P., 2003)

การใช้เทคโนโลยีการฉีดแบบใช้น้ำช่วยในภาคการผลิตของประเทศเยอรมนี หรือประเทศอื่น ๆ ยังอยู่ในวงจำกัด เนื่องจากยังเป็นเทคโนโลยีที่ใหม่มากยังคงมีคำถามมากมายเกี่ยวกับเทคโนโลยีนี้ที่ยังรอคำตอบ ซึ่งกำลังถูกค้นหาโดยนักวิจัยอยู่ เช่น อุณหภูมิ ความดัน ปริมาณการไหลที่เหมาะสม สำหรับพลาสติกชนิดต่าง ๆ และชิ้นงานชนิดต่าง ๆ ผลของการลดอุณหภูมิชิ้นงานอย่างรวดเร็วต่อสภาพความเป็นผลึกของพลาสติกบางชนิด (resin crystallization) และต่อชิ้นส่วนแม่พิมพ์ อีกทั้งยังมีคำถามมากมายเกี่ยวกับการจัดการระบบ เช่น จะฉีดน้ำเมื่อไร และจะฉีดเข้าที่ใด จะระบายน้ำออกได้อย่างไร ควบคุมอย่างไร รวมทั้งเครื่องมือที่เกี่ยวข้องที่จะต้องมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือออกแบบใหม่ เช่น หัวฉีดน้ำ แม่พิมพ์ หรือเครื่องฉีดพลาสติก ข้อสงสัยทั้งปวงที่เกิดขึ้นกำลังได้รับการค้นคว้าและวิจัยอย่างต่อเนื่องจากผู้เกี่ยวข้องหลายฝ่าย เช่น ผู้ผลิตเครื่องฉีดพลาสติก ผู้ผลิตระบบฉีดน้ำความดันสูงเพื่อใช้ในกระบวนการนี้ ผู้ผลิตวัตถุดิบ ผู้ผลิตอุปกรณ์หัวฉีด และวาล์ว

Thilo Stier, Sahulman Germany กล่าวว่า ผลสำเร็จในระดับอุตสาหกรรมที่ได้มีรายงานในครั้งแรกของระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วย คือ การผลิตรถเข็นสินค้า

(shopping cart) โดยSulo Gmbh ใน Harford ประเทศเยอรมนีในปี ค.ศ. 1998 ผลิตชิ้นงานที่มีช่องกลวง 3 ช่องขนาด 20-60 มิลลิเมตร ยาว 800-1500 มิลลิเมตร จากวัตถุดิบโพลิโพรพิลีน (PP) โดยใช้เวลาในการผลิตรวม (cycle time) 68 วินาที เปรียบเทียบกับ 280 วินาที เมื่อผลิตโดยกระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย ตัวอย่างนี้ให้คำตอบเรื่องเวลาที่ลดลงอย่างมาก

Jacobson, Engel รายงานการผลิตด้ามจับโครงเลื่อยซึ่งทำจากไนลอนเสริมแรงด้วยใยแก้ว 30% ทำได้ในเวลา 30 วินาที ขณะที่แก๊สทำได้ในเวลา 61 วินาที ตัวอย่างนี้ให้คำตอบเรื่องเวลาและเนื้อวัสดุที่จะมีผลกระทบเมื่อถูกความชื้นที่สามารถใช้ระบบการฉีดโดยใช้น้ำช่วยได้

Eckart, Battenfeld เยอรมนี รายงานการฉีดอุปกรณ์กีฬาที่ใช้ตีลูก (racket) ดังแสดงในภาพที่ 2.22 ซึ่งใช้วัตถุดิบโพลิโพรพิลีน (PP) เสริมแรงด้วยใยแก้ว 20% เป็นโครงและใช้โพลีโพรพิลีน (PP)-เป็นตาข่าย โดยใช้กระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วย ทำให้เกิดโครงกลวง และใช้ลักษณะกดอัดไม่ได้เป็นตัวช่วยรับแรงขณะฉีดส่วนของตาข่าย ซึ่งถ้าใช้กระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วยจะมีข้อจำกัด เนื่องจากแก๊สสามารถกดอัดโดยมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรได้

ภาพที่ 2.22 อุปกรณ์กีฬาที่ใช้ตีลูก (Racket)

(http://www.sms-k.com/SMS-Einstieg/default.htm)

Project Management Engineering (PME) ซึ่งเป็นผู้ผลิตอุปกรณ์ที่ใช้ในเทคโนโลยีการฉีดโดยใช้น้ำช่วย รายงานเรื่องการฉีดท่อไนลอนเสริมใยแก้วโดยใช้แก๊สและน้ำ พบว่าชิ้นงานสำเร็จมีผนังที่บางกว่า 2 ถึง 3 เท่า โดยใช้เวลาสั้นกว่า อีกทั้งยังพบว่าด้วยผนังของช่องกลวงที่เรียบสม่ำเสมอยังให้สมบัติทางกลที่ดีกว่าในขณะที่เบากว่าอีกด้วย ตัวอย่างนี้

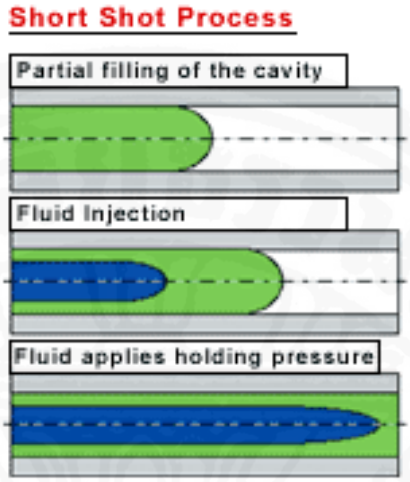
นอกจากจะลดวัตถุดิบแล้วยังสามารถประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ เช่น ทำเป็นท่อทางเดินของเหลวได้ดังแสดงในภาพ 2.23

ภาพที่ 2.23 แสดงผลิตภัณฑ์ท่อทางเดินของเหลวใช้ในรถยนต์ที่เกิดจากกระบวนการฉีดพลาสติกโดยใช้น้ำช่วย (http://www.plastictechnology.com)

2.3.2 รูปแบบกระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วย มีรูปแบบคล้ายคลึงกับกระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย แบ่งออกเป็น 4 แบบ คือ

2.3.2.1 แบบฉีดไม่เต็มแม่พิมพ์ (short shot process)

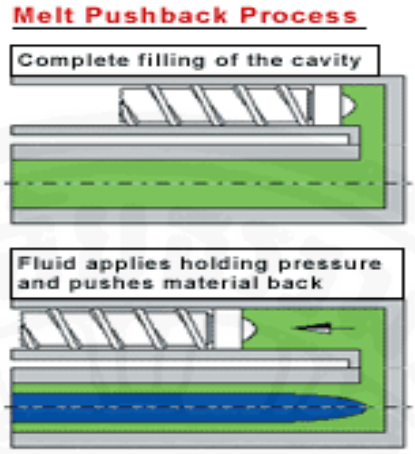
อาจเรียกว่า Bubble หรือ Blow-up เริ่มโดยการฉีดพลาสติกหลอมเหลวเข้าสู่แม่พิมพ์แบบไม่เต็ม (short shot) แล้วฉีดน้ำตามก่อนหรือทันทีที่การฉีดพลาสติกสิ้นสุด น้ำจะเป็นตัวดันเนื้อพลาสติกหลอมเหลวเคลื่อนที่ไปตามรูปร่างของแม่พิมพ์จนสุดทางดังแสดงในภาพที่ 2.24 จากนั้นเข้าสู่วงจรการอัดแน่น (packing) เมื่อสิ้นสุดการอัดแน่นแล้วจึงระบายน้ำออก จากนั้นจึงเปิดแม่พิมพ์และปลดชิ้นงาน วิธีนี้เหมาะสำหรับชิ้นงานสำเร็จที่ไม่ต้องการการตกแต่ง ข้อเสียคือ การควบคุมตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับเวลา ความดัน และปริมาณการไหลของน้ำได้ยากกว่าแบบอื่น ความดันน้ำที่ใช้ซึ่งจะต้องมากกว่าความดันในการฉีดเนื้อพลาสติกช่วงแรกเพื่อผลักเนื้อพลาสติกเหลวไปให้สุดแม่พิมพ์ มักจะสูงกว่ารูปแบบการฉีดแบบอื่น



ภาพที่ 2.24 แสดงการฉีดแบบไม่เต็มแม่พิมพ์ (short shot)
(http://www.plastictechnology.com)

2.3.2.2 ระบบฉีดแบบดันกลับเข้าหัวฉีดพลาสติก (push-back process)

การทำงานคล้ายกับระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้แก๊สช่วย กล่าวคือ เนื้อพลาสติกหลอมเหลวจะถูกฉีดเข้าจนเต็มแม่พิมพ์ก่อนแล้วจึงฉีดน้ำเข้าที่บริเวณสุดทางเดินของเนื้อพลาสติก เพื่อดันเนื้อพลาสติกย้อนกลับเข้าชุดฉีดพลาสติก (injection head space) ดังแสดงในภาพที่ 2.25 ระบบนี้ต้องใช้ระบบหัวฉีดพลาสติกชนิดที่ยอมให้เนื้อพลาสติกเหลวไหลย้อนได้และต้องระวังมิให้น้ำไหลย้อนตามไปด้วย เพราะจะเกิดปัญหาตามมาในการฉีดครั้งต่อไปโดยเฉพาะกับวัตถุดิบที่มีการดูดซับน้ำได้ดี เช่น ไนลอน ตัวแปรต่าง ๆ เช่น ปริมาณเนื้อพลาสติกที่ฉีดและไหลกลับ ปริมาณน้ำในแต่ละวงรอบของการฉีด (batch volume) ความดันน้ำที่ใช้จะต้องถูกควบคุมโดยละเอียดและแน่นอน อุณหภูมิหรือความดันของเนื้อพลาสติกที่ไหลกลับ ซึ่งจะส่งผลต่อการเตรียมฉีดในวงรอบถัดไปจะต้องถูกพิจารณา

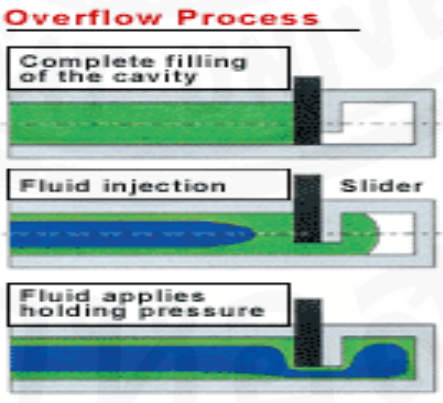


ภาพที่ 2.25 แสดงการฉีดแบบดันกลับเข้าหัวฉีดพลาสติก (push-backprocess)

(http://www.plastictechnology.com)

2.3.2.3 ระบบฉีดแบบดันออกหรือทำให้ล้นออก (overflow process)

เนื้อพลาสติกหลอมเหลวจะถูกฉีดจนเต็มแม่พิมพ์ในพื้นที่ชิ้นงาน จากนั้นปิดวาล์วทางเข้าหรือใช้ลักษณะสมบัติของช่องทางเข้าในการปิด (gate close) แล้วฉีดน้ำเข้าเพื่อดันเนื้อพลาสติกให้ไหลต่อไปในพื้นที่ที่ทำไว้รองรับการล้น (secondary or overflow cavity) แล้วเข้าสู่ช่วงอัดแน่น (packing) และปล่อยน้ำออกตามลำดับ ดังแสดงในรูป 2.26 ระบบนี้จะทำให้ผิวชิ้นงานที่ดี พลาสติกที่ล้นออกมาสามารถนำมาปรับสภาพเพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ ต้องการความดันน้ำต่ำกว่าระบบฉีดแบบไม่เต็มแม่พิมพ์

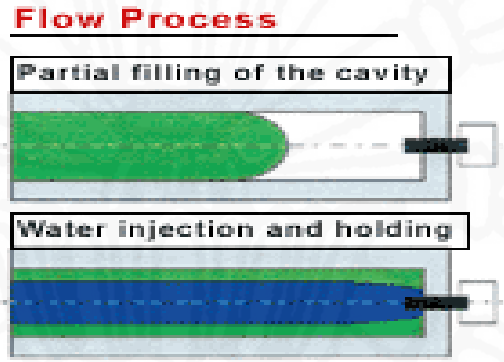


ภาพที่ 2.26 ระบบการฉีดแบบดันออกหรือทำให้ล้นออก (overflow process)

(http://www.plastictechnology.com)

2.3.2.4 ระบบฉีดแบบน้ำไหลผ่าน (flow process)

คล้ายกับระบบการฉีดแบบไม่เต็มแม่พิมพ์ (short shot) แต่มีเพิ่มคือ ที่ปลายสุดของเส้นทางการไหลของพลาสติก (end of fill) มีวาล์วชนิดพิเศษที่จะเปิดให้น้ำไหลผ่านออกต่อไปได้ ดังแสดงในภาพที่ 2.27 ระบบนี้จะมีผลในแง่ของการลดอุณหภูมิที่เร็วขึ้นเนื่องจากการไหลเวียนของน้ำ แต่ต้องระวังการซึมผ่านจากด้านในชิ้นงานไปด้านนอกที่ส่วนปลายแม่พิมพ์ เนื่องจากความดันน้ำที่ใช้ในระบบค่อนข้างต่ำกว่าแบบอื่น การอัดแน่น (packing) ของระบบนี้อาจทำได้โดยการลดขนาดช่องทางออกของน้ำ ข้อดีคือประหยัดเนื้อพลาสติกและมีอัตราการลดอุณหภูมิของชิ้นงานดีกว่าระบบอื่น ๆ



ภาพที่ 2.27 แสดงระบบการฉีดแบบน้ำไหลผ่าน (flow process)
(htttp://www.plastictechnology.com)

2.3.3 ผู้ผลิตระบบและอุปกรณ์ที่ใช้ในการฉีดแบบใช้น้ำช่วย

ในทางการค้าปัจจุบัน มีผู้ผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในระบบการฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วยหลายบริษัท ดังตัวอย่างต่อไปนี้

- Alliance Gas Systems เสนอระบบ Hydrojection WIT กับ HMP-3 multi-fluid electronic injector โดยผลิตหัวฉีด (injector) ที่ใช้กับทั้งน้ำและแก๊ส ความดันน้ำที่ใช้ฉีดสูงสุด 5000 ปอนด์ต่อตารางนิ้วแต่โดยทั่วไปมักใช้ที่ประมาณ 1000-3000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- Battenfeld's Aquamold system มีหน่วยเคลื่อนที่ (mobile unit) ที่ควบคุมด้วยระบบสัมผัส (touchscreen control) โดยผ่าน Unilog B4 system (ชื่อทางการค้า) สร้างความดันน้ำได้ถึง 4350 ปอนด์ต่อตารางนิ้วและมีอัตราการไหล 60 ลิตร/นาที สามารถกำหนด

ขั้นตอนการดำเนินไปของความดันน้ำได้ 9 ขั้น น้ำสามารถเข้าและออกได้ในช่องเปิดเดียวกัน เครื่องกำเนิดความดันหนึ่งเครื่องสามารถใช้กับเครื่องฉีดหลายเครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 2.28

ภาพที่ 2.28 แสดงเครื่องอัดน้ำความดันสูง Battenfeld's Aquamold system (http://www.sms- k.com/SMS-Einstieg/default.html)

- Cinpres Gas Injection (CGI) พัฒนาโดย Factor Mashinen & Anlagentecgnik GmbH ของ Hainburg ประเทศเยอรมัน Factor WIT system จะให้ความดันน้ำ 2900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และให้อัตราการไหล 1 ลิตร/นาที
- Engel's Watermelt process ออกแบบให้น้ำไหลสวนผ่านชิ้นงาน มี mobile water injection ให้ความดันน้ำสูงสุด 2900 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และให้อัตราการไหล 7.5 ลิตร / นาที
- Ferromatik Milacron เสนอ Pushback processและ Overflow process โดยใช้ชื่อว่าAquapress technology ถูกสร้างบนพื้นฐานของAirpress III system ให้ความดันน้ำ 4350 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และสามารถให้ความดันน้ำด้สูงสุดถึง 14500 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว
- Maximator'sWID-Technik สร้างบนพื้นฐานของ GIDgas-assist technology ระบบ water accumulator ดังแสดงในรูป 2.29 ให้ความดันน้ำสูงถึง 7250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว และให้อัตราการไหล 23 ลิตร/นาที สามารถตั้งความดันน้ำได้ 10 ขั้นตอน

ภาพที่ 2.29 แสดงเครื่องอัดน้ำความดันสูง ชื่อทางการค้า MAXIMATOR

2.3.4 การทดสอบกับเนื้อวัตถุดิบชนิดต่างๆ

วัตถุดิบได้ถูกทดสอบและพัฒนาสำหรับการฉีดแบบใช้น้ำช่วยเริ่มขึ้นในยุโรปและขยายไปในอเมริกาโดยบริษัทต่าง ๆ เช่น Bayer, BASF, Dupont, Rhodia, และ A. Schulman ในเชิงการค้าเริ่มแรกมีวัตถุดิบสองชนิด คือ PP และ Nylon 6.6 จากนั้นจึงขยายออกไปเช่น PC, POM, ABS, PC/ABS, HIPS, PBT และ copolyester TPEs

Dupont ได้เริ่มใช้ 30% glass-filled nylon 6,6 หรือชื่อทางการค้า Zytel EFE73-92 ใช้ทำท่อหล่อเย็นสำหรับรถยนต์ BMW โดยก่อนหน้านี้ใช้กระบวนการฉีดแบบใช้แก๊สช่วยใช้เวลา 60 วินาที แต่เมื่อใช้การฉีดแบบใช้น้ำช่วย ใช้เวลาเพียง 35 วินาที นอกจากนี้ยังคิดที่จะนำ Hytrel polyester TPE มาใช้

ในบางโรงงานเห็นว่ากระบวนการฉีดแบบใช้น้ำช่วยทำให้เกิดการหล่อเย็นแบบฉับพลัน (rapid quenching) สำหรับ crystalline resinจะทำให้เกิดการเปลี่ยนโครงสร้างความเป็นผลึกและสมบัติที่แสดงออกมาของชิ้นงาน เนื่องจากชั้นของผิวพลาสติกหลอมจะเย็นเร็วมาก ดังนั้นควรเลือกใช้วัตถุดิบที่มีอัตราการตกผลึกช้า เพื่อที่จะได้ผิวภายในชิ้นงานมีความเรียบและเกิดรอยแยก (hesitation mark) ที่ผิวนอกชิ้นงานน้อยลง แต่ผู้ผลิตวัตถุดิบบางรายได้มีการทดสอบเพื่อค้นหาสภาวะการผลิตที่เหมาะสมสำหรับวัตถุดิบชนิดดังกล่าวของตนเองให้ดีมากขึ้น

จากข้อมูลที่กล่าวถึงข้างต้น แสดงให้เห็นถึงความได้เปรียบหลายประการของการใช้เทคโนโลยีการฉีดพลาสติกโดยใช้น้ำช่วย เมื่อเปรียบเทียบกับการฉีดพลาสติกโดยใช้แก๊สช่วย ซึ่งการได้มาซึ่งข้อมูลเหล่านี้ เกิดจากการปฏิบัติจริงของหลายหน่วยงานที่เกี่ยวข้องใน

ต่างประเทศ โดยใช้เครื่องมือหลักที่นอกเหนือจากเครื่องมือที่มีอยู่เดิม คือ ระบบเครื่องอัดน้ำความดันสูงเพื่อใช้ในกระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วย การได้มาซึ่งระบบเครื่องอัดน้ำความดันสูงดังกล่าวอาจเกิดจากการจัดซื้อจัดหาโดยตรงจากผู้ผลิตที่มีอยู่แล้ว หรือเกิดจากการพัฒนาระบบขึ้นมาด้วยตนเองแล้วแต่หลักการและเหตุผลของแต่ละองค์กร ในปัจจุบันการจัดซื้อระบบเครื่องอัดน้ำความดันสูงเพื่อใช้ในกระบวนการฉีดพลาสติกแบบใช้น้ำช่วยจากผู้ผลิตที่มีอยู่โดยตรง ถือเป็นการลงทุนที่สูง ซึ่งอาจจะเหมาะสมกับบางหน่วยงาน เช่น ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์พลาสติกฉีดขึ้นรูปในแง่ของความมั่นใจในเครื่องจักรที่ได้รับการทดสอบจากหลายหน่วยงานอย่างได้ผลมาแล้ว หรือผู้ผลิตวัตถุดิบซึ่งมีข้อจำกัดน้อยกว่าในแง่ของเงินลงทุนเบื้องต้นและมีความเร่งรีบกว่า ในการพิสูจน์ว่าวัตถุดิบที่ผลิตขึ้นมีความเหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคโนโลยีนี้

ในส่วนของการวิจัยและพัฒนา ซึ่งมักมีข้อจำกัดในการลงทุนเบื้องต้นแล้ว ความต้องการที่จะรับรู้ในรายละเอียดเพิ่มเติมถือเป็นเรื่องสำคัญ การสร้างระบบเครื่องอัดน้ำความดันสูงต้นแบบเพื่อใช้ในการฉีดพลาสติกโดยใช้น้ำช่วย โดยมีวัตถุประสงค์ให้มีความสามารถเบื้องต้นใกล้เคียงกับเครื่องที่ผลิตเพื่อการค้าโดยผู้ผลิตในต่างประเทศ แต่ใช้เทคโนโลยีและผลิตภัณฑ์ที่มีแพร่หลายหรือสามารถจัดหาได้ในราคาที่เหมาะสมและโดยง่ายทั้งจากภายในหรือต่างประเทศ ถือว่านอกจากจะสามารถเรียนรู้และพัฒนาการใช้เทคโนโลยีการฉีดพลาสติกโดยใช้น้ำช่วยแล้ว ยังได้รับความรู้ในรายละเอียดของระบบเครื่องอัดน้ำความดันสูงเพื่อใช้การฉีดพลาสติกในระบบนี้ด้วย