

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

6.1.1 การกำหนดวัตถุประสงค์และขอบเขตในการวิจัยและกำหนดเป้าหมายในการปรับปรุงคุณภาพของ Hub-C2 เป็นขั้นตอนแรกของงานวิจัยฉบับนี้ โดยทำการวิเคราะห์จากสถานะของการผลิตปัจจุบันซึ่งพบว่า Hub-C2 เป็นแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มี 16 คาวิตี (cavity) แต่ในปัจจุบันสามารถผลิตได้เพียง 12 คาวิตี (cavity) และ 4 คาวิตี (cavity) ที่เหลือคือคาวิตี (cavity) A, D, K และ O ทำการอุดตันชั่วคราวเนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านในไม่เป็นไปตามข้อกำหนด โดยมีขนาดเล็กกว่า ดังนั้นวัตถุประสงค์ในงานวิจัยฉบับนี้มุ่งเน้นที่จะปรับปรุงคุณภาพของ Hub-C2 โดยมีเป้าหมายที่จะลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เป็นไปตามข้อกำหนด โดยมีดัชนีความสามารถของกระบวนการเป็นตัวชี้วัด (Cpk) และเป้าหมายอีกประการหนึ่งคือปรับปรุงคุณภาพขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางให้เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดโดยสามารถฉีดได้ครบ 16 คาวิตี (cavity) เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าในเชิงปริมาณ

6.1.2 ภายหลังจากการกำหนดวัตถุประสงค์ขอบเขตเป้าหมายและดัชนีที่ใช้ชี้วัด การศึกษาสถานะและสัดส่วนของเสียได้ถูกกระทำในขั้นตอนต่อมา โดยการศึกษาสัดส่วนของเสียจะสอดคล้องกับดัชนีชี้วัดที่กำหนดขึ้นในหัวข้อ 6.1.1 ซึ่งพบว่าสถานะสัดส่วนของเสียที่เกิดขึ้นในปัจจุบันนั้นมีค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยเฉลี่ย (Cpk) เท่ากับ 0.8 ซึ่งโอกาสที่จะมีของเสียจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเกิดขึ้นโดยประมาณเท่ากับ 8,281 ppm โดยขั้นตอนในการศึกษาสัดส่วนของเสียของสถานะปัจจุบันมีดังนี้

- ทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดของเครื่องมือวัดและวิธีการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของ Hub-C2 ซึ่งผลที่ได้ปรากฏว่าเครื่องมือวัดและวิธีการวัดมีความน่าเชื่อถือไม่ส่งผลกระทบต่อการศึกษาสัดส่วนของเสียของ Hub-C2 ที่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในโดยข้อมูลทางสถิติหรือข้อมูลทางเทคนิคซึ่งใช้รองรับการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดคือค่า Gage R&R ซึ่งมีค่าเท่ากับ 10.79% และมีค่า NDC มีค่าเท่ากับ 12

- หลังทำการศึกษาและวิเคราะห์ระบบการวัดซึ่งผลมีความน่าเชื่อถือและไม่ส่งผลกระทบต่อขั้นตอนต่อไปคือการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทำการศึกษาสัดส่วนของเสียของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยเก็บรวบรวมทั้ง 16 คาวิตี (cavity) จากการผลิต 25 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลที่ได้คือค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการโดยเฉลี่ย (Cpk) ทั้ง 16 คาวิตี (cavity) มีค่าเท่ากับ 0.8 โดยที่สัดส่วนของเสียโดยส่วนใหญ่เกิดจาก คาวิตี (cavity) A, D, K และ O

6.1.3 การวิเคราะห์ปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้นำเอาเทคนิคพื้นฐานมาใช้คือ แผนภูมิแก๊งปลา (CE Diagram) มาทำการวิเคราะห์ปัจจัยต่างๆ ที่มีโอกาสส่งผลต่อความแปรปรวนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Hub-C2 และนำมาทำการออกแบบการทดลองโดยใช้เทคนิคตามแนวทาง “ ทากูชิ ” ซึ่งปัจจัยที่คาดว่าจะส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Hub-C2 คือ

- 6.1.3.1 วัสดุดิบที่ใช้ผลิต Hub-C2 (พลาสติกชนิด POM)
- 6.1.3.2 ระบบการหล่อเย็นแม่พิมพ์ (Cooling System)
- 6.1.3.3 อุณหภูมิของกระบอกลัด ช่วงที่ 1 (Barrel Temperature -1)
- 6.1.3.4 อุณหภูมิของกระบอกลัด ช่วงที่ 2 (Barrel Temperature -2)
- 6.1.3.5 อุณหภูมิของกระบอกลัด ช่วงที่ 3 (Barrel Temperature -3)
- 6.1.3.6 อุณหภูมิของกระบอกลัด ช่วงที่ 4 (Barrel Temperature -4)
- 6.1.3.7 อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น (Cooling Temperature)
- 6.1.3.8 เวลาที่ใช้ในการหล่อเย็น (Cooling Time)
- 6.1.3.9 เวลาที่ใช้ในการอัดย้าช่วงที่ 1 (Holding Time -1)
- 6.1.3.10 เวลาที่ใช้ในการอัดย้าช่วงที่ 2 (Holding Time -2)
- 6.1.3.11 เวลาที่ใช้ในการอัดย้าช่วงที่ 3 (Holding Time -3)
- 6.1.3.12 แรงดันอัดย้าช่วงที่ 1 (Holding Pressure -1)
- 6.1.3.13 แรงดันอัดย้าช่วงที่ 2 (Holding Pressure -2)
- 6.1.3.14 แรงดันอัดย้าช่วงที่ 3 (Holding Pressure -3)

6.1.4 ผลการทดลองเบื้องต้นโดยการใช้วิธีการออกแบบการทดลองตามทฤษฎีและแบบแผนของ “ ทากูชิ ” พบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Hub-C2 ได้แก่วัสดุดิบหรือพลาสติก

ชนิด POM โดยที่พลาสติกชนิด B ให้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ดีกว่าและมีอัตราการหดตัวต่ำกว่าเมื่อเทียบกับพลาสติกชนิด A ขณะที่ระบบการหล่อเย็นเป็นปัจจัยอีกปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง โดยที่ระบบหล่อเย็นชนิดอนุกรม (Series) ให้ค่าเฉลี่ยศูนย์กลางที่ดีกว่าและให้ค่าความแปรปรวนที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับระบบหล่อเย็นชนิดขนาน (Parallel) ดังนั้นปัจจัยหลักทั้งสองปัจจัยนี้ได้ถูกคัดเลือกเพื่อนำไปใช้ในการทดลองเพื่อค้นหาสภาวะที่เหมาะสม โดยที่กำหนดให้พลาสติก POM ชนิด B และระบบหล่อเย็นแบบอนุกรมเป็นปัจจัยคงที่ ในขณะที่อุณหภูมิของกระบอกฉีด (Barrel Temperature) ในบางช่วงส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในบาง คาวิตี (cavity) กล่าวคือ

- อุณหภูมิของกระบอกฉีดช่วงที่ 1 ส่งผลต่อ คาวิตี (cavity) H และ O
- อุณหภูมิกระบอกฉีดช่วงที่ 2 ส่งผลต่อ คาวิตี (cavity) H และ O เช่นกัน
- ส่วนอุณหภูมิกระบอกฉีดช่วงที่ 3 ไม่ส่งผล คาวิตี (cavity) ใดๆ เลย
- และอุณหภูมิกระบอกฉีดในช่วงที่ 4 ส่งผลต่อ คาวิตี (cavity) H เท่านั้น

และปัจจัยอื่นๆ ที่ส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง Hub-C2 จากการทดลองเบื้องต้นคือเวลาในการหล่อเย็น (Cooling Time) ส่งผลต่อ คาวิตี (cavity) E, H และ O เวลาในการอัดย้า (Holding Time) และแรงดันอัดย้า (Holding Pressure) เป็นอีกสองปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางในบาง คาวิตี (cavity) ซึ่งปัจจัยเหล่านี้จะถูกนำไปขยายผลในการทดลองเพื่อค้นหาสภาวะที่เหมาะสม

6.1.5 ผลการทดลองเพื่อค้นหาสภาวะที่เหมาะสม ซึ่งใช้หลักการออกแบบการทดลองของ Box-Benhken) ภายใต้เงื่อนไข 4 กลุ่มตัวแปรและใช้วิธีการทฤษฎีพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ในการค้นหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการผลิต Hub-C2 จากผลการทดลองได้เงื่อนไขการผลิตที่เหมาะสมที่สุดดังนี้

- อุณหภูมิกระบอกฉีดช่วงที่ 1 (Barrel Temperature -1) เท่ากับ 180 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิกระบอกฉีดช่วงที่ 2 (Barrel Temperature -2) เท่ากับ 190 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิกระบอกฉีดช่วงที่ 3 (Barrel Temperature -3) เท่ากับ 180 องศาเซลเซียส
- อุณหภูมิกระบอกฉีดช่วงที่ 4 (Barrel Temperature -4) เท่ากับ 165 องศาเซลเซียส
- เวลาในการหล่อเย็น (Cooling Time) เท่ากับ 5 วินาที
- เวลาในการอัดย้าช่วงที่ 1 (Holding Time -1) เท่ากับ 0.5 วินาที

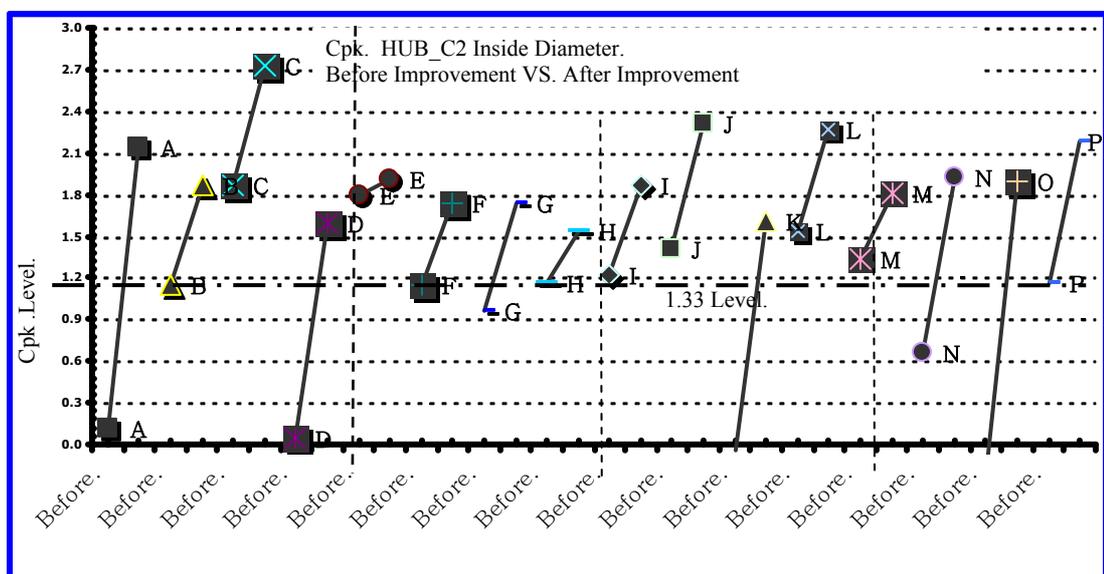
- เวลาในการอัดยี้ช่วงที่ 2 (Holding Time -2) เท่ากับ 0.5 วินาที
- เวลาในการอัดยี้ช่วงที่ 3 (Holding Time -3) เท่ากับ 1.5 วินาที
- แรงแดันอัดยี้ที่ 1 (Holding Pressure -1) เท่ากับ 405 Kg/cm²
- แรงแดันอัดยี้ที่ 2 (Holding Pressure -2) เท่ากับ 655 Kg/cm²
- แรงแดันอัดยี้ที่ 3 (Holding Pressure -3) เท่ากับ 265 Kg/cm²

6.1.6 ผลการทดลองเพื่อยืนยันผลพบว่าเมื่อนำเอาเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดจากการทดลองค้นหาสภาวะที่เหมาะสมไปทดลองผลิตเพื่อยืนยันผลค่า Cpk มีค่าเพิ่มขึ้นในทุก คาวิตตี้ (cavity) ดังแสดงในตารางที่ 6.1 ซึ่งเป็นการพิสูจน์ว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมสามารถนำไปใช้ได้กับสภาวะการผลิตจริง และสามารถปรับปรุงคุณภาพโดยการลดสัดส่วนของเสียของ Hub-C2 ที่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางได้อย่างแน่นอน

ตารางที่ 6.1 แสดงค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง

| Cavity. | Current Condition. | | | New condition (Confirmation Run) | | |
|---------|--------------------|--------|-------|-----------------------------------|--------|------|
| | Mean | Stdev. | Cpk. | Mean | Stdev | Cpk. |
| A | 6.622 | 0.006 | 0.11 | 6.646 | 0.0027 | 3.24 |
| B | 6.644 | 0.007 | 1.14 | 6.652 | 0.0022 | 4.31 |
| C | 6.648 | 0.005 | 1.87 | 6.653 | 0.0025 | 3.49 |
| D | 6.621 | 0.008 | 0.04 | 6.652 | 0.0026 | 3.52 |
| E | 6.653 | 0.005 | 1.80 | 6.650 | 0.0026 | 3.83 |
| F | 6.644 | 0.007 | 1.14 | 6.652 | 0.0023 | 4.05 |
| G | 6.643 | 0.008 | 0.96 | 6.646 | 0.0027 | 3.21 |
| H | 6.652 | 0.008 | 1.17 | 6.650 | 0.0034 | 2.96 |
| I | 6.642 | 0.006 | 1.22 | 6.651 | 0.0025 | 3.86 |
| J | 6.641 | 0.005 | 1.40 | 6.653 | 0.0020 | 4.35 |
| K | 6.619 | 0.008 | -0.04 | 6.653 | 0.0024 | 3.64 |
| L | 6.643 | 0.005 | 1.53 | 6.648 | 0.0023 | 4.06 |
| M | 6.644 | 0.006 | 1.33 | 6.648 | 0.0022 | 4.26 |
| N | 6.634 | 0.007 | 0.67 | 6.651 | 0.0023 | 4.13 |
| O | 6.616 | 0.005 | -0.27 | 6.652 | 0.0030 | 3.20 |
| P | 6.641 | 0.006 | 1.17 | 6.646 | 0.0030 | 2.89 |

6.1.7 ผลการนำเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดไปใช้ในการผลิตจริงภายใต้เงื่อนไขและสิ่งแวดล้อมในสายการผลิตจริงซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ว่าเงื่อนไขที่เหมาะสมที่สุดและผ่านการทดลองยืนยันผลแล้วนั้นสามารถที่ปรับปรุงคุณภาพของ Hub-C2 ได้จริงหรือไม่โดยผู้ทำการวิจัยได้ทำการเก็บข้อมูลภายหลังจากการปรับปรุงสายการผลิตจริงอย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1 เดือน ซึ่งพบว่าค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในทุก คาวิตี (cavity) มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับเงื่อนไขก่อนทำการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 6.1 และมีค่า Cpk โดยเฉลี่ยของทุก คาวิตี (cavity) เพิ่มขึ้นจาก 0.8 เป็น 1.85 ซึ่งค่า Cpk โดยเฉลี่ยเพิ่มขึ้นถึง 2.3 เท่าจากเดิมหรือคิดเป็น 130 เปอร์เซ็นต์



ภาพที่ 6.1 ผลการเปรียบเทียบค่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางด้านใน Hub-C2 ก่อนทำการปรับปรุงและหลังทำการปรับปรุง

6.2 ข้อจำกัดในการวิจัย

6.2.1 จากงานวิจัยครั้งนี้พบว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคือพลาสติกชนิด POM เป็นปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโดยที่พลาสติก POM ชนิด B ให้ค่าเส้นผ่านศูนย์กลางที่ดีกว่าแต่ในขณะเดียวกันในการผลิตระยะยาวความแตกต่างของคุณสมบัติของพลาสติก POM เพียงเล็กน้อยในแต่ละครั้งของการผลิตจากผู้ส่งมอบอาจส่งผลกระทบต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของ Hub-C2 ได้ ดังนั้นวัตถุดิบเป็นข้อจำกัดอย่างหนึ่งที่ไม่คงที่มีความแปรปรวนแต่อยู่ภายใต้เงื่อนไขที่สามารถยอมได้ในขณะเดียวกันการเตรียมการวัตถุดิบก่อนการผลิตและการจัดเก็บวัตถุดิบเป็นสิ่งที่จำเป็นต้องปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดเพื่อลดความแปรปรวนที่เกิดจากวัตถุดิบให้น้อยที่สุด

6.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของ Hub-C2 ในระหว่างทำการทดลองเป็นขั้นตอนหนึ่งที่มีข้อจำกัด กล่าวคือในระหว่างทำการทดลองของแต่ละระดับการทดลอง Hub-C2 ทุกชิ้นของทุก คาวิตี (cavity) จะต้องถูกตรวจสอบลักษณะภายนอกเสียก่อน (Appearance check) ว่าเป็นไปตามมาตรฐานหรือไม่ก่อนที่จะนำไปตรวจสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ซึ่งวิธีการตรวจสอบสภาพภายนอกนั้นจะต้องอาศัยความชำนาญและความเชี่ยวชาญเป็นอย่างมากและจำเป็นต้องใช้เวลาในการตรวจสอบมากพอสมควร ซึ่งส่งผลกระทบต่อระยะเวลาในการทำงานวิจัย

6.3 วิเคราะห์ผลการวิจัย

จากผลการวิจัยพบว่าดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมีค่าเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดในทุกๆ คาวิตี (cavity) เมื่อเปรียบเทียบกับก่อนทำการปรับปรุง โดยเฉพาะระดับค่า Cpk ในทุก คาวิตี (cavity) มีค่าสูงกว่า 1.5 ซึ่งมีระดับของเสียโดยประมาณเท่ากับ 6.8 ppm แต่หากพิจารณาเปรียบเทียบกับทำการทดลองเพื่อยืนยันผลในระยะสั้น (Confirmation Run) โดยการทดลองฉีด Hub-C2 จำนวน 30 ครั้งอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผลที่ได้พบว่าค่า Cpk ของทุก คาวิตี (cavity) มีค่ามากกว่า 2.5 ซึ่งหมายความว่าระดับของเสียที่เกิดขึ้นเท่ากับ 0 ppm ซึ่งจะเห็นได้ว่าระดับความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ของการทดลองเพื่อยืนยันผลและการผลิตจริงภายหลังทำการปรับปรุงมีค่าแตกต่างกัน ซึ่งอาจเกิดจากสาเหตุหลายอย่างด้วยกันอย่างเช่น ความแตกต่างของวัตถุดิบในแต่ละ lot การผลิต, อุณหภูมิภายนอกที่เปลี่ยนแปลงอย่างเล็กน้อย อาจมีผลกระทบต่อการหดตัวของ (Shrinkage) Hub-C2 ซึ่งปัจจัยตัวอย่างเหล่านี้เป็นสิ่งที่ยากที่จะควบคุมแต่อย่างไรก็ตามดัชนีความสามารถของกระบวนการ (Cpk) ในการผลิตจริงโดยการผลิต

อย่างต่อเนื่องเป็นเวลา 1 เดือนมีค่าโดยเฉลี่ยเท่ากับ 1.85 ซึ่งมีระดับของเสียโดยประมาณเท่ากับ 0.018 ppm ซึ่งสามารถพิสูจน์ได้ว่างานวิจัยเพื่อการปรับปรุงคุณภาพของ Hub-C2 ในครั้งนี้สามารถที่จะลดสัดส่วนของเสียลงได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6.4 ข้อเสนอแนะและความคิดเห็น

6.4.1 กระบวนการขึ้นภาพด้วยการฉีดพลาสติกบนแม่พิมพ์นั้นเป็นวิธีการที่สามารถผลิตชิ้นงานหรือผลิตภัณฑ์ให้เป็นที่ไปตามความต้องการไม่ว่าจะเป็นขนาดภาพร่างหรือสภาพภายนอกภายใต้ขั้นตอนเดียว ดังนั้นการผลิตภายใต้การขึ้นภาพโดยการฉีดบนแม่พิมพ์นั้นสามารถตอบสนองความต้องการเชิงปริมาณได้อย่างรวดเร็วโดยเฉพาะในปัจจุบันเทคโนโลยีการผลิตแม่พิมพ์มีความก้าวหน้าอย่างสูง แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชนิดหลายคาวิตี (cavity) ได้ถูกพัฒนาขึ้นมาเพื่อรองรับกับความต้องการเชิงปริมาณแต่ในขณะเดียวกัน คุณภาพเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าเช่นเดียวกับความต้องการเชิงปริมาณ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกชนิดหลายคาวิตี (cavity) มีความจำเป็นมากในขั้นตอนการออกแบบที่ต้องคำนึงถึงความสมดุลของการไหลของตัวพลาสติกเข้าสู่คาวิตี (cavity) แต่ละคาวิตี (cavity) โดยขนาดของ Runner และ Gate เป็นสิ่งจำเป็นที่จะต้องออกแบบให้มีความถูกต้องและเหมาะสมและในขณะเดียวกันการจัดวางคาวิตี (cavity Lay-Out) เป็นสิ่งสำคัญอีกประการที่สำคัญเป็นอย่างมาก ภายหลังจากขั้นตอนการออกแบบคือการผลิตแม่พิมพ์ซึ่งเป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่จะเป็นตัวกำหนดว่าชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์เป็นไปตามข้อกำหนดหรือไม่ในขั้นตอนนี้ผู้ทำการวิจัยมีข้อคิดเห็นว่าวิศวกรผู้ผลิตแม่พิมพ์จำเป็นจะต้องตรวจสอบขนาดชิ้นส่วนที่สำคัญทุกชิ้นให้เป็นที่ไปตามมาตรฐานที่ถูกออกแบบไว้โดยเฉพาะแม่พิมพ์ที่มีหลายคาวิตี (cavity) มีความจำเป็นอย่างมากที่ขนาดของเกจ (Gate) ขนาดของคาวิตี (cavity) และขนาดรันเนอร์ (Runner) ต้องเป็นที่ไปตามมาตรฐานที่ออกแบบไว้และสิ่งสำคัญก็คือต้องมีความแตกต่างกันน้อยที่สุด เพื่อรักษาสมดุลของการไหลของพลาสติกขณะปรับแต่ง parameter ขณะทำการฉีดเพื่อทำการแก้ปัญหาที่ผู้ทำการวิจัยแนะนำว่าไม่สมควรใช้วิธีการนี้ในการแก้ไขปัญหานั้นเพราะในการผลิตระยะยาวพารามิเตอร์ (parameter) ที่ปรับแต่งจะกลายเป็นปัจจัยที่ไม่สามารถควบคุมได้และส่งผลกระทบต่อความแปรปรวนของผลิตภัณฑ์

6.4.2 การควบคุมคุณภาพของกระบวนการฉีดพลาสติกโดยทั่วไปมักมุ่งเน้นการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์มากกว่าการควบคุมปัจจัยหรือตัวแปรของกระบวนการ จากโรงงานตัวอย่างที่ทำ

การวิจัยฉบับนี้ก่อนที่จะมีการปรับปรุงฝ่ายควบคุมคุณภาพมุ่งเน้นที่จะควบคุมผลิตภัณฑ์มากกว่าควบคุมกระบวนการโดยการใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) เพื่อควบคุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและภายหลังทำการปรับปรุงพบว่าปัจจัยหลายปัจจัยที่เป็นตัวแปรของกระบวนการส่งผลต่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจึงมีการใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ในการควบคุมกระบวนการอย่างเช่นการใช้แผนภูมิควบคุม (Control Chart) ในการควบคุมอุณหภูมิของกระบอกฉีด (Barrel Temperature) ในแต่ละเขต (Zone) ในทุกๆ ชั่วโมงซึ่งวิธีการดังกล่าวนี้สามารถนำไปใช้กับกระบวนการฉีดพลาสติกที่มีหลายคavity ได้ซึ่งอาจจะใช้ควบคุมปัจจัยอื่นๆ ที่มีความสำคัญอย่างเช่น การควบคุมแรงดันอัดย้า อุณหภูมิของหัวฉีดหรืออื่นๆ ที่ผู้ผลิตคาดว่าจะมีผลกระทบโดยตรงกับผลิตภัณฑ์

6.4.3 จากผลงานวิจัยฉบับนี้ผู้ทำการวิจัยได้มุ่งเน้นการแก้ไขปัญหาโดยการออกแบบการทดลองโดยใช้หลักการของ “ ทากูชิ ” (Taguchi Method) และใช้วิธีการพื้นผิวตอบสนอง (Response Surface Methodology) ในการค้นหาเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการผลิต Hub-C2 เพื่อลดสัดส่วนของเสียที่เกิดจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งโดยปกติทั่วไปแล้วขนาดของชิ้นส่วนพลาสติกหรือผลิตภัณฑ์ที่มาจากการฉีดขึ้นรูปบนแม่พิมพ์นั้นจะมีขนาดเล็กกว่าขนาดของแม่พิมพ์ภายหลังถูกปลดออกจากแม่พิมพ์และมีการเย็นตัวซึ่งเรียกว่า การหดตัว (Shrinkage) การหดตัว (shrinkage) ของชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดมีความแตกต่างกันถึงจะใช้พลาสติกชนิดเดียวกันก็ตาม ดังนั้นถ้าหากสามารถกำหนดแบบจำลองการหดตัว (Shrinkage Model) ได้และสามารถคำนวณอัตรา หรือปริมาณการหดตัวต่อระยะเวลาได้เราก็สามารถที่จะกำหนดขนาดหรือเป้าหมาย (Process Control) ได้อย่างถูกต้องและมั่นใจได้ว่าอัตราการหดตัวจะไม่ทำให้ผลิตภัณฑ์ไม่เป็นไปตามข้อกำหนดซึ่งแบบจำลองการหดตัว (Shrinkage Model) เป็นกรณีศึกษาที่ผู้สนใจน่าจะทำการวิจัยสำหรับการขึ้นรูปพลาสติกด้วยการฉีดบนแม่พิมพ์