บทที่ 5
สรุปผลการดำเนินงานวิจัยและข้อเสนอแนะ

ในบทนี้จะเป็นการสรุปผลการดำเนินงานวิจัยเรื่องการศึกษาทดลองออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกตั้งแต่เริ่มจนจบ หลังจากที่ได้ทราบปัญหาจากข้อมูลของกรมศุลกากรพบว่า ยอดรวมของการนำเข้า – ส่งออก แม่พิมพ์ของประเทศไทยในปี 2546 มียอดการนำเข้า คิดเป็นมูลค่า 20,696 ล้านบาท และมียอดการส่งออก คิดเป็นมูลค่า 4,140 ล้านบาท แนวโน้มการขยายตัวของการนำเข้า – ส่งออกแม่พิมพ์ของประเทศไทย (จากการเฉลี่ยตั้งแต่ปี 2540 – 2546) มีแนวโน้มการนำเข้าเพิ่มขึ้น ร้อยละ 10 ต่อปี และแนวโน้มการส่งออกเพิ่มขึ้นเฉลี่ยร้อยละ 2 ต่อปี (ปี 2541 – 2545) ซึ่งจะเห็นว่ายอดการนำเข้าสูงและการส่งออกต่ำ ทั้งนี้ก็เนื่องมาจากอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยไม่สามารถตอบสนองความต้องการแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพและมีความเที่ยงตรงสูง และใช้เวลาในการผลิตและส่งมอบช้าไม่ทันต่อความต้องการใช้งาน อีกทั้งราคาของแม่พิมพ์ไม่สามารถแข่งขันได้ และการผลิตแม่พิมพ์ที่ซับซ้อน ยังไม่สามารถทำได้ ซึ่งปัญหาเหล่านี้มีสาเหตุมาจากขาดการพัฒนาอย่างเป็นระบบในหลายๆ ด้าน ในการผลิตแม่พิมพ์โลหะและแม่พิมพ์พลาสติกจะต้องอาศัยเทคโนโลยีหลายด้านเข้ามาเกี่ยวข้อง ไม่ว่าจะเป็นด้านการออกแบบ (CAD/CAM/CAE และ Rapid Prototype หรือการทำต้นแบบ) ด้านวัสดุศาสตร์(การอบชุบแข็ง สารหล่อลื่นและสารหล่อเย็น และชิ้นส่วนมาตรฐาน) ด้านกรรมวิธีในการผลิต(เครื่องมือกล และอุปกรณ์จับยึด) การประกันคุณภาพ (เครื่องมือวัดละเอียดและเครื่องมือทดสอบ) รวมทั้งทฤษฎีในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

และจากผลการศึกษาและสำรวจสภาวะอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ของสำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุนกรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และสมาคมอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทย พบว่าปัญหาของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ส่วนใหญ่คือ บุคลากรใหม่ที่เข้าสู่อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (นักเรียน นิสิต และนักศึกษา) และบุคลากรเดิมในภาคอุตสาหกรรม(คนงาน ช่างฝีมือ วิศวกร) ขาดความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ซึ่งเป็นหัวใจสำคัญที่จะไปประยุกต์ใช้ร่วมกับเทคโนโลยีด้านอื่นในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ทำให้อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยขาดศักยภาพในการขยายตัวของการผลิตภายในประเทศ และการส่งออกแม่พิมพ์ไปต่างประเทศในอนาคต

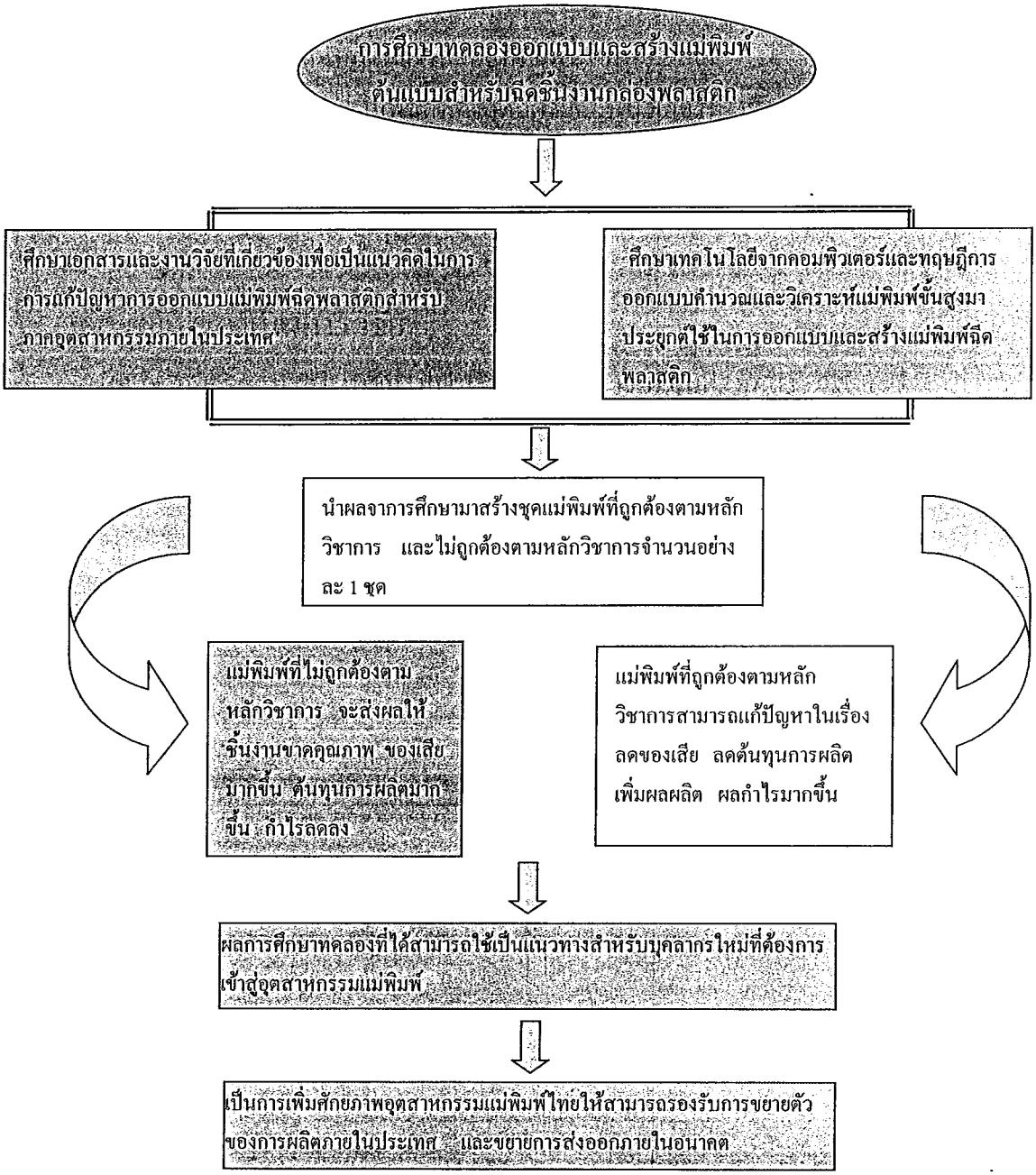
ดังนั้นเพื่อให้สอดคล้องกับสภาพปัญหาข้างต้น โครงการวิจัยเรื่องการศึกษาทดลองออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบสำหรับฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติก เป็นการศึกษาและทดลอง

เพื่อค้นคว้าและรวบรวมเอาทฤษฎีในการออกแบบแม่พิมพ์พลาสติกขั้นสูงมาประยุกต์ใช้ร่วมกับการใช้เทคโนโลยีในการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกด้วยคอมพิวเตอร์ และรวบรวมและสรุปผลที่ได้จากการศึกษาและทดลองเพื่อเป็นเป็นแนวทางให้กับบุคลากรใหม่ที่เข้าสู่อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ และบุคลากรเดิมในภาคอุตสาหกรรมที่ยังขาดความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

5.1 สรุปผลการดำเนินการวิจัย

หลังจากการศึกษาสภาพของปัญหาของโครงการวิจัยนี้ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้นในการดำเนินการวิจัยนั้นจะดำเนินการวิจัยตามกรอบแนวคิดของโครงการวิจัยดังนี้

กรอบแนวคิดการวิจัย



ขั้นตอนการวิจัย เริ่มจากศึกษาและรวบรวมทฤษฎีการคำนวณและการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกขั้นสูงที่ถูกต้องตามหลักวิชาการมาใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกโดยมีขั้นตอนดังนี้คือ

1. หาจำนวนคาวิตี้ที่เหมาะสม
2. เลือกชนิดของแม่พิมพ์
3. การวางตำแหน่งของคาวิตี้
4. ออกแบบระบบป้อน
5. ออกแบบระบบการหล่อเย็น
6. ออกแบบระบบปลดชิ้นงาน
7. ออกแบบระบบระบายอากาศ
8. การเลือกวัสดุทำแม่พิมพ์
9. การประมาณการหดตัว

ขั้นตอนที่ใช้ในการออกแบบทั้งหมด 9 ขั้นตอนนี้ เป็นการรวบรวมทฤษฎีการคำนวณและการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกขั้นสูง ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการมาใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกตามรายละเอียดของโครงการวิจัย โดยขั้นตอนการศึกษาการใช้ซอฟแวร์การออกแบบด้วยคอมพิวเตอร์ด้วยโปรแกรม Unigraphic NX 5 นั้น เมื่อศึกษาจนเข้าใจแล้วจึงนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบ Three Plate Mould โดยถูกต้องตามหลักวิชาการจำนวน 1 ชุด โดยจะมีการออกแบบทางเข้าของน้ำพลาสติก และการออกแบบระบบหล่อเย็นตามที่ได้ออกแบบและคำนวณที่ถูกต้องตามหลักวิชาการไว้แล้ว ซึ่งผลที่ได้มีรายละเอียดดังในบทที่ 3

หลังจากออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบ Three Plate Mould โดยถูกต้องตามหลักวิชาการจำนวน 1 ชุด เสร็จแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ ใช้โปรแกรม Unigraphic NX 5 ดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบ Three Plate Mould โดยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการจำนวน 1 ชุด โดยการออกแบบนั้นจะมีการออกแบบทางเข้าของน้ำพลาสติก และการออกแบบระบบหล่อเย็นให้แตกต่างจากที่ได้ออกแบบและคำนวณที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ โดยมีผลที่ได้จากการดำเนินการตามรายละเอียดบทที่ 3

หลังจากที่ได้ดำเนินการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการอย่างละ 1 ชุด เสร็จแล้ว และนำแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชุด มาดำเนินการทดลองฉีดโดยมีผลการทดลองสามารถเปรียบเทียบกันสรุปได้ดังตาราง 5.1

ตารางที่ 5.1 เปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชุด

รายการ	แม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกออกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ	แม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ
1.รอยตำหนิชิ้นงาน บริเวณรูเข้า (Gate)	มีรอยตำหนิ	ไม่มีรอยตำหนิ
2.ค่าความดันในการฉีด (Injection Pressure)	100 Bar	56 Bar
3.ระยะเวลาในการหล่อ เย็น (Cooling Time)	13.25 Sec	12.01 Sec
4.ระยะเวลาในการฉีดชิ้นงาน 1 ครั้ง (Cycle Time)	23.11 Sec	20.95 Sec
5.ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์จากคะแนนการประเมิน	2.4 คะแนน	4.6 คะแนน

ผลการทดลองที่เปรียบเทียบกันระหว่างแม่พิมพ์ทั้ง 2 ชุด จากตารางที่ 5.1แสดงให้เห็นว่า

1. ชิ้นงานจากแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการจะมีรอยตำหนิจากการที่ออกแบบรูเข้า(Gate) ไม่ถูกต้อง คือเล็กไป ทำให้รูเข้า(Gate)ของชิ้นงานแข็งหรือปิดก่อนที่จะฉีดย้ำ (Holding Pressure) ทำให้เกิดรอยนูนหรือบวม เนื่องมาจากความเค้นตกค้างบริเวณนี้มาก

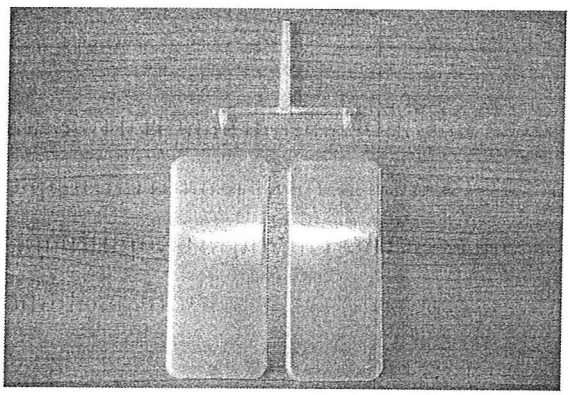
2. ค่าความดันในการฉีด(Injection Pressure) ของแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ มีค่าสูงกว่าแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ 56 % ซึ่งค่าความดันในการฉีด(Injection Pressure) นี้มีค่าสูงมาก มีสาเหตุมาจากการออกแบบทางเข้า(Gate) ของชิ้นงานกล่องพลาสติกให้เล็กและยาว ไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ ทำให้มีผลเสีย คือ ชิ้นงานที่ได้มีคุณสมบัติทางกลต่ำลง สิ้นเปลืองพลังงาน แม่พิมพ์อายุการใช้งานสั้นลง เครื่องฉีดอายุการใช้งานสั้นลง และทำให้ค่าใช้จ่ายหรือต้นทุนในการผลิตเพิ่มขึ้น

3. ระยะเวลาในการหล่อเย็น(Cooling Time) ของแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ มีค่าต่ำกว่าแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ มีผลดีคือจะทำให้ระยะเวลาในการฉีดชิ้นงาน 1 ครั้ง (Cycle Time) มีค่าน้อยลง

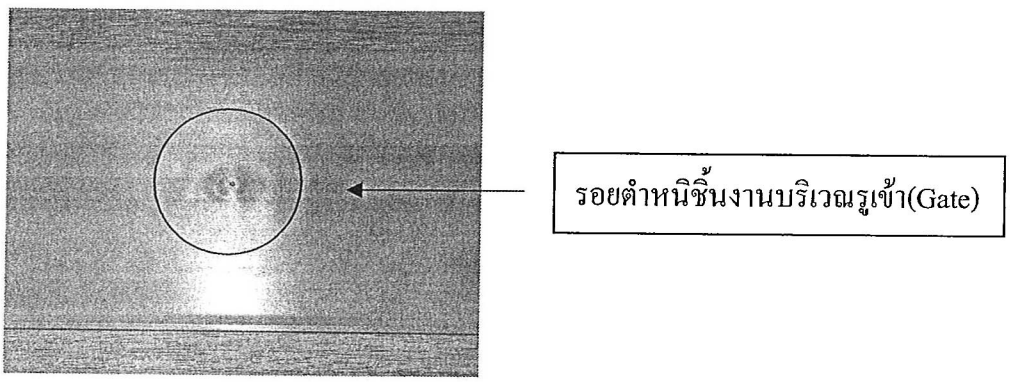
4. ระยะเวลาในการฉีดชิ้นงาน 1 ครั้ง (Cycle Time) ของแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ มีค่าต่ำกว่าแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ มีผลดีคือ ต้นทุนการผลิตต่ำลง ทำให้ผลการผลิตมากขึ้น ส่งผลให้มีกำไรมากขึ้น

5. ประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ จากคะแนนการประเมินอยู่ในระดับ**คุณภาพต่ำ** คือมีค่าเท่ากับ 2.4 คะแนน ส่วนประสิทธิภาพของแม่พิมพ์ฉีดชิ้นงานกล่องพลาสติกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ จากคะแนนการประเมินอยู่ในระดับ**คุณภาพดีมาก** คือมีค่าเท่ากับ 4.6 คะแนน

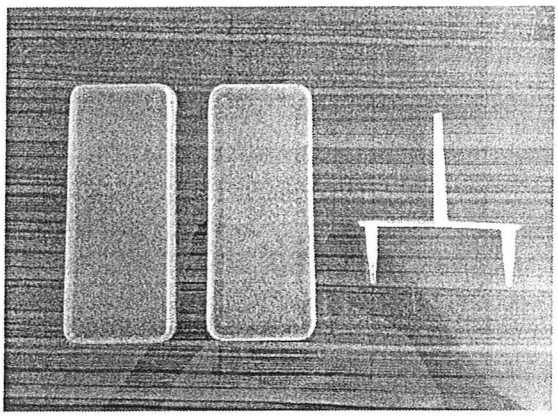
5.1.1 ภาพการเปรียบเทียบชิ้นงานจาก แม่พิมพ์ที่ออกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการกับ แม่พิมพ์ที่ออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ



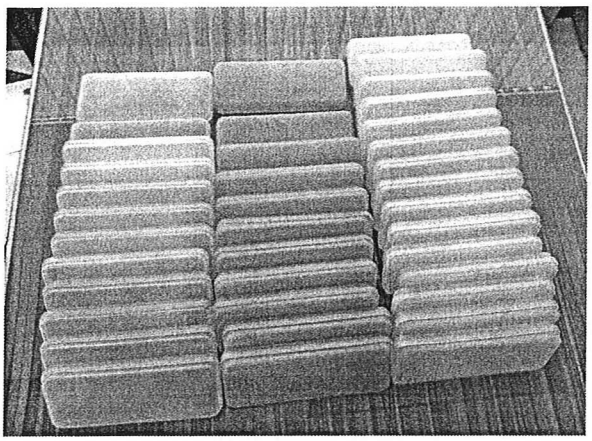
ภาพที่ 5.1 แสดงชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ที่ออกแบบไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ



ภาพที่ 5.2 แสดงชิ้นงานที่มีตำหนิบริเวณรูเข้า(Gate)



ภาพที่ 5.3 แสดงชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ที่ออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการจะไม่มีรอยตำหนิบริเวณรูเข้า(Gate)



ภาพที่ 5.4 แสดงชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ที่ออกแบบถูกต้องตามหลักวิชาการ

5.2 ผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำโครงงานวิจัย

การดำเนินการวิจัยในครั้งนี้นอกจากจะสอดคล้องกับสภาพปัญหาของโครงการวิจัยแล้ว ผลประโยชน์ของโครงการนี้คือ

1.ได้แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกแบบ Three Plate Mould จำนวน 2 ชุด คือชุดแม่พิมพ์ที่ถูกออกแบบและสร้างโดยไม่ถูกต้องตามหลักวิชาการ และชุดแม่พิมพ์ที่ถูกออกแบบและสร้างโดยถูกต้องตามหลักวิชาการและประยุกต์ใช้คอมพิวเตอร์และทฤษฎีขั้นสูงในการออกแบบ (ชิ้นงานคือกล่องพลาสติกสำหรับใส่ดินสอหรือปากกา) โดยชุดที่ถูกออกแบบและสร้างถูกต้องตามหลักวิชาการนี้สามารถทำการฉีดชิ้นงานพลาสติกได้จริงเหมือนกับแม่พิมพ์ที่ใช้ในภาคอุตสาหกรรม มีคุณภาพและความเที่ยงตรงสูง มีกรรมวิธีการผลิตและกลไกการทำงานของแม่พิมพ์ที่ซับซ้อน

2. ผลการศึกษาทดลองที่ได้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สำหรับบุคลากรใหม่ที่เข้าสู่อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ (นักเรียน นิสิต และนักศึกษา) และบุคลากรเดิมในภาคอุตสาหกรรม (คนงาน ช่างฝีมือ วิศวกร) ที่ขาดความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ

3. หน่วยงานของรัฐคือ ศูนย์เทคโนโลยีแม่พิมพ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ ศูนย์นนทบุรี สามารถนำผลการวิจัยนี้ไปใช้ในภารกิจหลักคือ การถ่ายทอดองค์ความรู้ทางด้านเทคโนโลยีแม่พิมพ์ให้กับนักศึกษาคณะต่างๆ ของมหาวิทยาลัยฯ ที่มีการเรียนการสอนเกี่ยวกับแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ตลอดจนบริการฝึกอบรมให้กับภาคเอกชนและภาคอุตสาหกรรม ที่มารับบริการฝึกอบรมจากศูนย์ฯ ทางด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และเข้าร่วมอบรมสัมมนาในหลักสูตรต่างๆ ของศูนย์ฯ ซึ่งจะเป็นการเพิ่มคุณภาพและศักยภาพอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยให้สามารถรองรับการขยายตัวของการผลิตภายในประเทศ และขยายการส่งออกในอนาคต

5.3 แนวคิดและข้อเสนอแนะ

เพื่อเป็นการเพิ่มผลผลิต บุคลากรของภาครัฐและภาคเอกชนที่เกี่ยวข้องกับงานประเภทนี้ควรมีความรู้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ขั้นสูงที่ถูกต้องตามหลักวิชาการ รวมถึงการกำหนดค่าเงื่อนไขการฉีดและค่าพารามิเตอร์ในการปรับตั้ง เครื่องฉีดพลาสติกที่ถูกต้องด้วยจะทำให้ขบวนการซ่อมบำรุงรักษาและผลิตแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมี คุณภาพ และชิ้นงานมีคุณภาพสูงตรงตามความต้องการของลูกค้า ลดเวลาในการฉีดพลาสติก (Cycle Time) ประหยัดต้นทุนและวัตถุดิบ และยังสามารถเพิ่มกำไรให้กับสถานประกอบการมากขึ้น และสถานประกอบการที่ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทพลาสติก บุคลากรของโรงงานควรมีความรู้ขั้นตอนในการออกแบบและรวมถึงจะทำอย่างไรให้ได้ผลิตภัณฑ์นั้นตรงตามความต้องการ การใช้งานของลูกค้า โดยจะต้องมีการคำนึงถึงองค์ประกอบต่อไปนี้

1.ชนิดพลาสติกและคุณสมบัติ

2.การออกแบบผลิตภัณฑ์ของพลาสติกและการสร้างแม่พิมพ์

3.เงื่อนไขการฉีดและการวิเคราะห์จำลองสภาวะการฉีด

4.การวางแผนขบวนการผลิตและกรรมวิธีการผลิต

5.ประสิทธิภาพเครื่องฉีดและอุปกรณ์ที่เอื้ออำนวยในการผลิต

และเพื่อให้ประสิทธิภาพในการทำงานสูงสุด สถานประกอบการที่ดำเนินการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทพลาสติก ถ้าต้องการให้สินค้าสามารถแข่งขันในตลาดโลกได้ ควรนำเอาเทคโนโลยีต่าง ๆ เหล่านี้มาช่วยในการผลิต

1. ด้านคอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (CAD) จะช่วยเสริมงานทางด้านการมองเห็นสถานะภาพทางกายภาพและลักษณะการทำงานของแม่พิมพ์ได้ ทำให้สามารถทดสอบการประกอบกันของชิ้นส่วนต่างๆ ตลอดจนสามารถปรับเปลี่ยนขนาดรูปร่างเพื่อให้ตรงกับความต้องการเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงผลิตภัณฑ์ครั้งต่อไป ก็สามารถลดเวลาในการเขียนแบบสั่งงานเพราะข้อมูลจะมีการปรับเปลี่ยนทันที่กับภาพประกอบชิ้นส่วนต่างๆของแม่พิมพ์นั้น

2. ด้านคอมพิวเตอร์ช่วยในงานวิศวกรรม (CAE) ในการวิเคราะห์ชิ้นงานฉีด ซึ่งช่วยลดเวลาและความยุ่งยากในการคำนวณ โดยเฉพาะงานที่มีรูปร่างซับซ้อนจะต้องอาศัยความชำนาญและประสบการณ์ในการทำงานมาก เพื่อให้เกิดข้อผิดพลาดน้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่ในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมจะช่วยทำนายพฤติกรรมของสภาวะการฉีดพลาสติกเมื่อมีการกำหนดเงื่อนไขค่าการปรับตั้งพารามิเตอร์ในงานฉีดแต่ละครั้ง จากนั้นทำการพิจารณาผลที่เกิดขึ้นของชิ้นงาน แล้วทำการปรับเปลี่ยนเงื่อนไขการฉีดและค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็ว รวมทั้งยังสามารถนำเอาข้อมูลต่างๆ ช่วยในการนำเสนอต่อรองกับลูกค้าได้อีกด้วย

3. คอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต (CAM) จะสามารถวางแผนการใช้เครื่องจักร กำลังการผลิต รวมถึงวิธีการผลิตชิ้นส่วนแม่พิมพ์ได้อย่างถูกต้อง รวดเร็ว แม่นยำ โดยความสามารถของโปรแกรมของเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ (CNC) จะจำลองสภาวะการการกัดจริง ทำให้เลือกวิธีการขึ้นรูป เครื่องมือตัด และประมาณระยะเวลาในการผลิต ทางด้านความถูกต้องแม่นยำ ก็นำเอาข้อมูลจากแบบชิ้นงาน (CAD) เข้าสู่ขบวนการผลิตต่างๆ ซึ่งเงื่อนไขการผลิตก็สามารถเลือกและปรับเปลี่ยนได้รวดเร็วเช่นกัน

4. การปรับตั้งพารามิเตอร์เครื่องฉีด โดยนำเอาทฤษฎีและค่าเงื่อนไขต่างๆ มาประยุกต์ใช้เพื่อใช้กำหนดค่าการปรับตั้งพารามิเตอร์เบื้องต้นได้อย่างทันที และจะต้องมีการปรับเปลี่ยนค่าต่างๆ ตามประสิทธิภาพของเครื่องฉีด และตามสภาพของสิ่งเอื้ออำนวยของเครื่องฉีดพลาสติกแต่ละเครื่องด้วย ซึ่งจะเป็นการลดเวลาสำหรับพนักงานในการปรับตั้งเครื่องฉีด

และเพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมในการที่จะให้สถานประกอบการ สามารถส่งสินค้าไปแข่งขันในตลาดโลกได้ ควรมีการเตรียมความพร้อมของบุคลากรด้านต่าง ๆ ดังนี้

1. บุคลากรทางด้านการออกแบบแม่พิมพ์จะต้องมีความรู้ทางด้าน Mold Design
2. บุคลากรทางด้านการวิเคราะห์ชิ้นงานพลาสติกจะต้องมีความรู้ทางด้าน Plastic Rheology
3. บุคลากรทางด้านขบวนการผลิตจะต้องมีความรู้ทางด้าน Mold Making
4. บุคลากรทางด้านการปรับตั้งเครื่องฉีดพลาสติกจะต้องมีความรู้ทางด้าน Quality Control

ดังนั้นการเตรียมความพร้อมทางด้านบุคลากรจะต้องมีอบรมเพิ่มเติมตลอดเวลา จะทำให้การประยุกต์ใช้ CAD/CAE/CAM และการปรับตั้งพารามิเตอร์เครื่องฉีดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

ผลิตภัณฑ์ได้คุณภาพตรงตามความต้องการ และคุ้มค่าในการลงทุนทางด้านโปรแกรมซอฟท์แวร์ เครื่องจักรที่ใช้ในการผลิต และค่าใช้จ่ายในการผลิต