กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M

นาย ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-9833-4

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DESIGN AND MAKING PROCESS OF PLASTIC INJECTION MOLD USING R&M GUIDELINE

MR. SRISIT CHIANRABUTRA

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering in Industrial Engineering

Department of Industrial Engineering
Faculty of Industrial Engineering
Chulalongkorn University

Academic Year 2002
ISBN 974-17-9833-4

หัวข้อวิทยานิพนธ์ กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M

โดย นาย ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ

อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

(ศาสตราจารย์ ดร. สมศักดิ์ ปัญญาแก้ว)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย ริจิรวนิช)

.... อาจารย์ที่ปรึกษา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมชาย พัวจินดาเนตร)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สุทัศน์ รัตนเกื้อกังวาน)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จิตรา รู้กิจการพานิช)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร : กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M. (DESIGN AND MAKING PROCESS OF PLASTIC INJECTION MOLD USING R&M GUIDELINE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, 215 หน้า. ISBN 974-17-9833-4.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันกับกระบวนการตามแนวทางความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability, R&M) (2) เสนอแนวทางปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M การวิจัยได้ใช้แนวทาง R&M ซึ่งอ้างอิงตามสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineers, SAE) และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงกิจกรรม ได้แก่ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง ช่วงใช้งานและสนับสนุน และ ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก จากนั้นทำการตรวจสอบระบบที่ออกแบบไว้โดยสำรวจความคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ ผู้สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M สุดท้ายทำการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและระบบ R&M โดยประเมินจากค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์

จากการศึกษาพบว่า การดำเนินงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในปัจจุบันมีความแตกต่างจากแนวทาง R&M คือ (1) ไม่มีการคำนึงอัตราการขัดข้องเสียหาย ระยะเวลาของการซ่อมคืนสภาพ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุของแม่พิมพ์ (2) ไม่มีการติดตามผลการใช้งานของผู้ใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ สำหรับผลการประเมินระบบที่นำเสนอจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญพบว่า (1) เห็นด้วยกับระบบที่นำเสนอและสอดคล้องกับแนวทาง R&M (2) ระบบที่นำเสนอ มีประโยชน์ในการทำให้แม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างมีความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาเพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและระบบ R&M พบว่า (1) ที่รอบการฉีดตั้งแต่ 258,320 ขึ้นไประบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน (2) ร้อยละของค่าเสียโอกาสทางการผลิตที่มีค่าเกิน 10% ของมูลค่าปัจจุบันระบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน (3) ร้อยละของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น 2% ขึ้นไปจะมีผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระบบปัจจุบันที่สูงกว่าระบบ R&M อย่างมาก

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่อนิสิต...

สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....................................

ปีการศึกษา 2545

4371487021 : MAJOR INDUSTRIAL ENGINEERING

KEYWORD: RELIABILITY / MAINTAINABILITY / LIFE CYCLE COST / PLASTIC INJECTION MOLD

SRISIT CHIANRABUTRA: DESIGN AND MAKING PROCESS OF PLASTIC INJECTION MOLD USING R&M GUIDELINE. THESIS ADVISOR: ASST.PROF.SOMCHAI PUAJINDANETR, Ph.D. 215 pp. ISBN 974-17-9833-4.

The objectives of this research were to (1) compare the differentiation of ordinary process with reliability and maintainability (R&M) guideline and (2) purpose new process that using R&M guideline. The study used R&M guideline for manufacturing machinery and Equipment that was proposed by Society of Automotive Engineers (SAE) and National Center for Manufacturing Sciecnces (NCMS), United State of America, for appling the design and making of plastic injection mold process. The R&M devided into 5 phases which were (1) concept and proposal phase, (2) design and development phase, (3) build and install phase, (4) operation and support phase and (5) conversion or decommission phase. The system evaluations were performed using questionaires for suppliers and users who involve in this system, including specialist in injection mold and R&M system. Finally, the results of life cycle cost of a mold that was designed and made by existing method and R&M guideline were compared.

The results showed that existing method was different from R&M guideline, (1) it did not aware on the number of failure, repair or recovery time, and life cycle cost of mold. Moreover (2) it did not monitor field data feedback of user to improve R&M characteristic in mold. The stakholders and specialists (1) agreed with this system and accepted the design and making process of plastic injection mold using R&M guideline. (2) They thought system will be reduce the number of failures, failure cost and cost of associated repair, operational and support cost. The results from comparing between existing method and R&M guideline were (1) the volume of production more than 258,320 cycles, R&M guideline had life cycle cost lower than existing method. (2) The percentage of loss of production cost was more than 10% of existing value, the existing method had life cycle cost higher than R&M guideline. And (3) the percentage of average cost of repair that incremented more over 2% had more effect to the life cycle cost of existing method than R&M guideline.

Department of Industrial Engineering Student's singnature..

Field of study of Industrial Engineering Advisor's signature..

Academic year 2002

ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร : กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M. (DESIGN AND MAKING PROCESS OF PLASTIC INJECTION MOLD USING R&M GUIDELINE) อ. ที่ปรึกษา : ผศ.ดร.สมชาย พัวจินดาเนตร, 215 หน้า. ISBN 974-17-9833-4.

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกของโรงงานตัวอย่างในปัจจุบันกับกระบวนการตามแนวทางความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability, R&M) (2) เสนอแนวทางปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M การวิจัยได้ใช้แนวทาง R&M ซึ่งอ้างอิงตามสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineers, SAE) และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา เป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยแบ่งออกเป็น 5 ช่วงกิจกรรม ได้แก่ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง ช่วงใช้งานและสนับสนุน และ ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก จากนั้นทำการตรวจสอบระบบที่ออกแบบไว้โดยสำรวจความคิดเห็นจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องกับระบบ ได้แก่ ผู้สร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก และผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M สุดท้ายทำการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและระบบ R&M โดยประเมินจากค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์

จากการศึกษาพบว่า การดำเนินงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในปัจจุบันมีความแตกต่างจากแนวทาง R&M คือ (1) ไม่มีการคำนึงอัตราการขัดข้องเสียหาย ระยะเวลาของการซ่อมคืนสภาพ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุของแม่พิมพ์ (2) ไม่มีการติดตามผลการใช้งานของผู้ใช้เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ สำหรับผลการประเมินระบบที่นำเสนอจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญพบว่า (1) เห็นด้วยกับระบบที่นำเสนอและสอดคล้องกับแนวทาง R&M (2) ระบบที่นำเสนอ มีประโยชน์ในการทำให้แม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างมีความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาเพิ่มขึ้น สำหรับการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและระบบ R&M พบว่า (1) ที่รอบการฉีดตั้งแต่ 258,320 ขึ้นไประบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน (2) ร้อยละของค่าเสียโอกาสทางการผลิตที่มีค่าเกิน 10% ของมูลค่าปัจจุบันระบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน (3) ร้อยละของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น 2% ขึ้นไปจะมีผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระบบปัจจุบันที่สูงกว่าระบบ R&M อย่างมาก

ภาควิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่อนิสิต...
สาขาวิชา วิศวกรรมอุตสาหการ	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา....................................
ปีการศึกษา 2545	

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจากบุคคลหลายท่าน ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผศ.ดร สมชาย พัวจินดาเนตร อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ผู้ให้คำแนะนำ รวมทั้งประธานและกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ทุกท่าน ที่ให้ข้อเสนอแนะอันเป็นประโยชน์ต่อวิทยานิพนธ์ฉบับนี้

ข้าพเจ้าขอขอบคุณ ผู้อำนวยการสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDiPT) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้การสนับสนุนการทำวิทยานิพนธ์โดยใช้กิจกรรมของสถาบันเป็นกรณีศึกษา นอกจากนี้ข้าพเจ้าขอขอบคุณแหล่งข้อมูลไม่ว่าจะเป็นตัวบุคคล ห้องสมุด และหอสมุด ในสถานที่ต่างๆ ที่ข้าพเจ้าได้นำมาใช้ประกอบในวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ รวมถึงกัลยาณมิตร ทั้งหลายของข้าพเจ้าที่ให้การช่วยเหลือและแนะนำเป็นอย่างดี

ประโยชน์และความดีอันเกิดจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ข้าพเจ้าขอมอบแด่ คุณพ่อคุณแม่ของข้าพเจ้า ที่สนับสนุนและเป็นกำลังใจในการศึกษาตลอดมา

ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.. ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.. จ

กิตติกรรมประกาศ.. ฉ

สารบัญ.. ช

สารบัญตาราง.. ฎ

สารบัญรูป.. ฑ

บทที่

1. บทนำ.. 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.. 1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.. 2

1.3 ขอบเขตของการวิจัย.. 2

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.. 3

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.. 3

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย.. 4

2. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 5

2.1 ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรง.. 5

2.1.1 บทนำ.. 5

2.1.2 ความหมายของ R&M.. 14

2.1.3 เป้าหมายและประโยชน์ของ R&M.. 15

2.1.4 การดำเนินกิจกรรม R&M.. 18

2.1.5 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์.. 23

2.2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.. 29

2.2.1 บทนำ.. 29

2.2.2 เครื่องฉีดพลาสติก.. 31

2.2.3 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก.. 33

2.2.4 กระบวนการฉีดพลาสติก.. 36

2.2.5 การแบ่งระดับของแม่พิมพ์.. 39

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.. 47

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3. วิธีดำเนินการวิจัย.. 50
3.1 ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน...................... 50
3.1.1 ศึกษาโครงสร้างองค์กรและหน้าที่รับผิดชอบ............................ 50
3.1.2 ศึกษากิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน............ 50
3.1.3 พิจารณาแผนผังของระบบข้อสนเทศปัจจุบัน.......................... 50
3.2 ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M 50
3.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของกระบวนการปัจจุบันเทียบกับกระบวนการตามแนวทาง R&M.. 51
3.3.1 เปรียบเทียบด้านระบบการออกและสร้าง................................ 51
3.3.2 เปรียบเทียบด้านบทบาทผู้สร้างและผู้ใช้.................................. 51
3.4 จัดทำระบบข้อสนเทศเพื่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M 51
3.5 ตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็น...................................... 51
3.5.1 สำรวจความคิดเห็นผู้สร้างแม่พิมพ์...................................... 51
3.5.2 สำรวจความคิดเห็นผู้ใช้งานแม่พิมพ์.................................... 52
3.5.3 สำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์........................... 53
3.5.4 สำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M............................. 53
3.5.5 สำรวจความคิดเห็นกิจกรรมตามระดับของแม่พิมพ์................... 54
3.5.6 สรุปผลการสำรวจความคิดเห็น.. 54
3.6 ศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M.. 55
3.6.1 ศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุที่คาดหวังและประสิทธิผลของต้นทุน..... 57
3.6.2 ศึกษาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์.. 62
3.6.3 ศึกษาสิ่งนำเข้าและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น...................................... 62
3.6.4 ศึกษาผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย.............. 62
4. ผลการวิจัยและการวิเคราะห์.. 64
4.1 ผลการศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน.......... 64
4.1.1 โครงสร้างองค์กรและหน้าที่รับผิดชอบ.................................. 64

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

4.1.2 กิจกรรมการออกและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน........................ 65

4.1.3 แผนผังของระบบข้อสนเทศปัจจุบัน.................................... 70

4.2 ผลการศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M............. 73

4.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างกระบวนการปัจจุบันเทียบกับกระบวนการ ตามแนวทาง R&M.. 95

4.3.1 ด้านระบบการออกแบบและสร้าง.. 95

4.3.2 ด้านบทบาทผู้สร้างและผู้ใช้.. 101

4.4 ผลการจัดทำระบบข้อสนเทศเพื่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ตามแนวทาง R&M.. 104

4.5 ผลการตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็น............................ 127

4.5.1 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้สร้างแม่พิมพ์............................. 127

4.5.2 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้ใช้งานแม่พิมพ์........................... 131

4.5.3 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์................. 134

4.5.4 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M..................... 138

4.5.5 ผลการสำรวจความคิดเห็นกิจกรรมตามระดับของแม่พิมพ์.......... 140

4.5.6 สรุปผลการสำรวจความคิดเห็น.. 145

4.6 ผลเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบัน กับระบบ R&M.. 148

4.6.1 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุที่คาดหวังและประสิทธิผลของต้นทุน........... 149

4.6.2 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงของการออกแบบและสร้าง แม่พิมพ์.. 151

4.6.3 สิ่งนำเข้าและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น.. 153

4.6.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย..................... 155

5. อภิปรายผล.. 162

5.1 อภิปรายผลการวิจัย.. 162

5.1.1 ด้านทฤษฎี R&M... 162

5.1.2 ด้านการออกแบบระบบและผลการสำรวจความคิดเห็น.............. 163

5.1.3 ด้านการแก้ไขปรับปรุงระบบข้อสนเทศ................................. 164

5.1.4 ด้านการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่าง.................................. 168

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5.1.5 ด้านอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย.................................... 168

6. สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ.. 169

6.1 สรุปผลการวิจัย.. 169

6.1.1 สรุปผลความแตกต่างของระบบปัจจุบันกับแนวทาง R&M.......... 169

6.1.2 สรุปผลการประเมินระบบที่นำเสนอ.................................... 170

6.1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่าง............................... 170

6.2 ข้อเสนอแนะ.. 171

รายการอ้างอิง.. 172

ภาคผนวก.. 175

ภาคผนวก ก แบบสอบถามสำหรับประเมินผลระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ตามแนวทาง R&M สำหรับผู้สร้างแม่พิมพ์................................ 176

ภาคผนวก ข แบบสอบถามสำหรับประเมินผลระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ตามแนวทาง R&M สำหรับผู้ใช้งานแม่พิมพ์............................... 181

ภาคผนวก ค แบบสอบถามสำหรับประเมินผลระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ตามแนวทาง R&M สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์...................... 186

ภาคผนวก ง แบบสอบถามสำหรับประเมินผลระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ตามแนวทาง R&M สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M 191

ภาคผนวก จ แบบสอบถามความคิดเห็นในการเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิค R&M สำหรับแม่พิมพ์ในแต่ละระดับ.. 196

ภาคผนวก ฉ การคำนวณผลการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้าง โดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M.. 202

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.. 215

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 2.1	ประโยชน์ที่ได้รับจาก R&M	17
ตารางที่ 2.2	สรุปแนวคิดในการดำเนินกิจกรรม R&M ในรูปแบบ 5W1H	22
ตารางที่ 2.3	ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการผลิต	30
ตารางที่ 2.4	สรุปการแบ่งระดับของแม่พิมพ์	46
ตารางที่ 3.1	เป้าหมายของแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ถูกกำหนดจากผู้ใช้	56
ตารางที่ 3.2	เงื่อนไขในการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M	57
ตารางที่ 3.3	สรุปวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์สำหรับกรณีต้อย่างที่ทำการศึกษา	59
ตารางที่ 3.4	ความหมายและที่มาของตัวแปรจากสูตรคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์สำหรับกรณีตัวอย่างที่ทำการศึกษา	60
ตารางที่ 3.5	เงื่อนไขของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์สำหรับกรณีตัวอย่างที่ทำการศึกษา	61
ตารางที่ 4.1	หน้าที่และภาระรับผิดชอบ	65
ตารางที่ 4.2	วัตถุประสงค์ของการทบทวนการออกแบบในแต่ละช่วงเวลา	77
ตารางที่ 4.3	บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ	77
ตารางที่ 4.4	กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ	78
ตารางที่ 4.5	บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงออกแบบและพัฒนา	85
ตารางที่ 4.6	กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงออกแบบและพัฒนา	86
ตารางที่ 4.7	บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงสร้างและติดตั้ง	89
ตารางที่ 4.8	กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงสร้างและติดตั้ง	89
ตารางที่ 4.9	บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงใช้งานและสนับสนุน	92
ตารางที่ 4.10	กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงใช้งานและสนับสนุน	92
ตารางที่ 4.11	บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก	94
ตารางที่ 4.12	กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก	94
ตารางที่ 4.13	เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบตามแนวทาง R&M	97
ตารางที่ 4.14	เปรียบเทียบสภาพปัจจุบันและแนวทาง R&M แยกตามช่วงเวลา	100
ตารางที่ 4.15	กิจกรรมและบทบาทที่เกิดขึ้นในปัจจุบันแต่ละช่วงเวลา	101

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 4.16	กิจกรรมและบทบาทที่ควรเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาตามแนวทาง R&M.......	102
ตารางที่ 4.17	กระบวนการในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ..	105
ตารางที่ 4.18	เครื่องมือและเทคนิคในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ.................................	107
ตารางที่ 4.19	กระบวนการในช่วงออกแบบและพัฒนา..	110
ตารางที่ 4.20	เครื่องมือและเทคนิคในออกแบบและพัฒนา.....................................	112
ตารางที่ 4.21	กระบวนการในช่วงสร้างและติดตั้ง..	116
ตารางที่ 4.22	เครื่องมือและเทคนิคในช่วงสร้างและติดตั้ง......................................	118
ตารางที่ 4.23	กระบวนการในช่วงใช้งานและสนับสนุน..	120
ตารางที่ 4.24	เครื่องมือและเทคนิคในช่วงใช้งานและสนับสนุน................................	122
ตารางที่ 4.25	กระบวนการในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก.......................................	124
ตารางที่ 4.26	เครื่องมือและเทคนิคในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ.................................	126
ตารางที่ 4.27	สรุปความคิดเห็นของผู้สร้างแม่พิมพ์จากแบบประเมิน..........................	128
ตารางที่ 4.28	สรุปความคิดเห็นของผู้ใช้งานแม่พิมพ์จากแบบประเมิน........................	132
ตารางที่ 4.29	สรุปความคิดของเห็นผู้สร้างผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์จากแบบประเมิน.......	136
ตารางที่ 4.30	สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M จากแบบประเมิน................	139
ตารางที่ 4.31	จำนวนผู้เห็นด้วยในกิจกรรมช่วงแนวคิดและข้อเสนอที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์...	141
ตารางที่ 4.32	สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงแนวคิดและข้อเสนอ...............................	141
ตารางที่ 4.33	จำนวนผู้เห็นด้วยในกิจกรรมช่วงออกแบบและพัฒนาที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์...	142
ตารางที่ 4.34	สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงออกแบบและพัฒนา...............................	143
ตารางที่ 4.35	จำนวนผู้เห็นด้วยในกิจกรรมช่วงสร้างและติดตั้งที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์...	143
ตารางที่ 4.36	สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงสร้างและติดตั้ง.....................................	144
ตารางที่ 4.37	จำนวนผู้เห็นด้วยในกิจกรรมช่วงใช้งานและสนับสนุนที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์...	144
ตารางที่ 4.38	สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงใช้งานและสนับสนุน..............................	144
ตารางที่ 4.39	จำนวนผู้เห็นด้วยในกิจกรรมช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกที่มีต่อระดับ	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
	ของแม่พิมพ์…..	145
ตารางที่ 4.40	สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก	145
ตารางที่ 4.41	รายละเอียดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายตามระบบปัจจุบัน	148
ตารางที่ 4.42	รายละเอียดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายตามระบบ R&M	149
ตารางที่ 4.43	สรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M ในมุมมองของผู้ใช้	150
ตารางที่ 4.44	เปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M	152
ตารางที่ 4.45	เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M	154
ตารางที่ 4.46	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ จำนวนรอบฉีดต่างๆ ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M	156
ตารางที่ 4.47	ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์ที่อัตราการขัดข้องเสียหายต่างๆ ในระบบ R&M	157
ตารางที่ 4.48	ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่อัตราเสียโอกาสทางการผลิตต่างๆ	158
ตารางที่ 4.49	ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่อัตราค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น	160

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญรูป

รูปประกอบ		หน้า
รูปที่ 2.1	รูปแบบของการขัดข้องเสียหาย..	6
รูปที่ 2.2	สาเหตุของการขัดข้องเสียหาย..	7
รูปที่ 2.3	กราฟรูปอ่าง..	8
รูปที่ 2.4	ผลกระทบของการออกแบบที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์..........	11
รูปที่ 2.5	ความหมายของคุณภาพของผลิตภัณฑ์...	13
รูปที่ 2.6	องค์ประกอบสู่ความสำเร็จในกิจกรรม R&M..	20
รูปที่ 2.7	สัดส่วนของค่าใช้จ่ายของการได้มาเป็นเจ้าของกับเมื่อเป็นเจ้าของแล้ว..........	24
รูปที่ 2.8	แสดงช่วงอายุและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น..	24
รูปที่ 2.9	องค์ประกอบของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์......................................	28
รูปที่ 2.10	กระบวนการฉีดพลาสติก..	29
รูปที่ 2.11	โครงสร้างเครื่องฉีดพลาสติก..	31
รูปที่ 2.12	สกรูของชุดฉีด..	31
รูปที่ 2.13	ชุดปิดแม่พิมพ์แบบกลไก...	32
รูปที่ 2.14	ชุดปิดแม่พิมพ์แบบไฮดรอลิกส์..	33
รูปที่ 2.15	หน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์...	34
รูปที่ 2.16	ส่วนประกอบหลักของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก..	35
รูปที่ 2.17	รอบการทำงานในการฉีดพลาสติก..	36
รูปที่ 2.18	ลำดับขั้นตอนในรอบการฉีดแต่ละรอบ..	36
รูปที่ 2.19	ตำแหน่งของสกรูหลักผ่านช่วงการเคลื่อนที่...	37
รูปที่ 4.1	โครงสร้างองค์กรของฝ่ายแม่พิมพ์..	64
รูปที่ 4.2	แผนผังการไหลของงานฝ่ายแม่พิมพ์..	66
รูปที่ 4.3	แผนผังกระบวนการในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ......................................	70
รูปที่ 4.4	แผนผังกระบวนการในช่วงออกแบบและพัฒนา......................................	71
รูปที่ 4.5	แผนผังกระบวนการในช่วงสร้างและติดตั้ง...	72
รูปที่ 4.6	กระบวนการดำเนินงานตามแนวทาง R&M...	96
รูปที่ 4.7	เปรียบเทียบลักษณะการดำเนินการระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ ตามแนวทาง R&M...	99
รูปที่ 4.8	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ..............	106

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปประกอบ		หน้า
รูปที่ 4.9	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงออกแบบและพัฒนา.............	111
รูปที่ 4.10	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงสร้างและติดตั้ง.....................	117
รูปที่ 4.11	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงใช้งานและสนับสนุน..............	121
รูปที่ 4.12	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก............	125
รูปที่ 4.13	ประสิทธิผลของต้นทุนในแง่ปริมาณการผลิตผลิตที่คาดหวังระหว่าง ระบบปัจจุบันกับระบบ R&M..	151
รูปที่ 4.14	ค่าใช้จ่ายสะสมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M......	152
รูปที่ 4.15	ร้อยละของงค่าใช้จ่ายในแต่ละช่วงระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M.........	153
รูปที่ 4.16	กราฟแสดงผลกระทบของจำนวนรอบการฉีด...	156
รูปที่ 4.17	กราฟแสดงผลกระทบของอัตราการขัดข้องเสียหายของระบบ R&M..............	158
รูปที่ 4.18	กราฟแสดงผลกระทบของอัตราเสียโอกาสทางการผลิต............................	159
รูปที่ 4.19	กราฟแสดงผลกระทบของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น..............................	160
รูปที่ 5.1	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงออกแบบและพัฒนา...............	165
รูปที่ 5.2	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงสร้างและติดตั้ง.....................	166
รูปที่ 5.3	แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงใช้งานและสนับสนุน...............	167

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญของประเทศและเชื่อมโยงกับอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย อีกทั้งมีบทบาทต่อชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก สิ่งต่างๆ รอบตัวล้วนมีชิ้นส่วนของพลาสติกเป็นส่วนประกอบแทบทั้งสิ้น นับตั้งแต่เสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องจักรกล ยานพาหนะ และอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในปัจจุบัน มักไม่คำนึงถึงความต้องการของลูกค้าซึ่งเป็นผู้ใช้งานแม่พิมพ์เพื่อใช้ฉีดชิ้นงานพลาสติก ในด้านความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability, R&M) ของตัวแม่พิมพ์ ดังนั้นหากต้องการสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้าในอนาคต อาจเป็นสิ่งจำเป็นที่ต้องนำแนวทาง R&M มาใช้ในกระบวนการของการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สำหรับแนวทาง R&M นั้นเป็นวิธีการที่มุ่งสร้างความเชื่อมั่นให้กับผู้ใช้อุปกรณ์เหล่านั้นว่า เมื่อนำไปใช้แล้วจะสามารถใช้งานได้ตามที่ผู้ผลิตกำหนดไว้ อีกทั้งเชื่อมั่นได้ว่าหากเกิดการเสียหายหรือชำรุด อุปกรณ์เหล่านั้นจะสามารถกลับมาใช้ได้ตามระยะเวลาที่ผู้ผลิตกำหนดไว้

เนื่องจากในอนาคตอันใกล้นั้นความต้องการที่จะลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดห่วงโซ่ความสัมพันธ์ของทุกกระบวนการนั้นมีมากขึ้น การตัดสินใจที่จะเลือกใช้หรือเลือกซื้อผลิตภัณฑ์ของลูกค้านั้นจะคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Cost, LCC) ได้แก่ 1. ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ (Acquisition Cost) ประกอบด้วย ราคาสินค้า ค่าดำเนินการ ค่าติดตั้ง ค่าฝึกอบรม ค่าปรับเปลี่ยน ค่าขนส่ง 2. ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating Costs) ประกอบด้วย ค่าแรงงาน ค่าสาธารณูปการ ค่าของใช้สิ้นเปลือง ค่าจัดการของเสีย ค่าจัดเก็บอะไหล่ 3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Costs) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง 4. ค่าปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission) ประกอบด้วย ค่าใช้จ่ายสำหรับการเปลี่ยนเพื่อนำไปใช้กับงานประเภทอื่น ค่ากำจัดซาก หากผู้ผลิตหรือผู้สร้าง (Supplier) สามารถตอบสนองผู้ใช้หรือลูกค้า (User) ได้ทั้งในเรื่องของสมรรถนะและค่าใช้จ่ายตลอดอายุอายุผลิตภัณฑ์ (LCC) ที่ต่ำ ย่อมทำให้มีความสามารถในการแข่งขันในอนาคตอย่างแน่นอน

สำหรับการวิจัยนี้ได้ทำการเลือกกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ของฝ่ายแม่พิมพ์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ เป็นตัวอย่างในการศึกษากระบวนการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก โดยการเพิ่มเติมวิธีการที่ขาดหายไปจากแนวทางของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability Guideline, R&M) เพื่อรองรับความต้องการในอนาคต หรือกรณีที่มีลูกค้ามีความต้องการแม่พิมพ์ที่มีคุณลักษณะของ R&M

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

การวิจัยมีวัตถุประสงค์ คือ

1.2.1. เพื่อทำการเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกของฝ่ายแม่พิมพ์ สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรมในปัจจุบันกับกระบวนการตามแนวทางของ R&M (Reliability and Maintainability)

1.2.2. เพื่อเสนอแนวทางการปรับปรุงระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M (Reliability and Maintainability)

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยนี้มีขอบเขตของการศึกษา ดังนี้

1.3.1. ศึกษาเฉพาะหน่วยงานที่รับออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก สำหรับแรงดันฉีดพลาสติกไม่เกิน 200 ตัน (kN) โดยไม่รวมขั้นตอนในการพัฒนาผลิตภัณฑ์พลาสติก

1.3.2. กระบวนการสนใจตั้งแต่รับข้อมูลของผู้ใช้จนกระทั่งผู้ใช้นำไปใช้งานและส่งผลย้อนกลับมายังผู้สร้าง

1.3.3. ใช้หลักการ R&M ที่อ้างอิงตามสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineers, SAE) และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา

1.3.4. กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ กำหนดให้มีการดำเนินกิจกรรม ดังนี้

1.3.4.1 ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase)

1.3.4.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase)

1.3.4.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase)

1.3.4.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase)

1.3.4.5 ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission Phase)

1.4 คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

คำจำกัดความที่สำคัญของการวิจัยนี้ ได้แก่

1.4.1 ความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability) หมายถึง โอกาสที่เครื่องจักรและอุปกรณ์จะสามารถทำหน้าที่ได้อย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยปราศจากการขัดข้องเสียหาย ภายใต้การใช้งานตามสภาวะที่ระบุไว้ โดยความเชื่อมั่นในการใช้งานที่เพิ่มขึ้น จะหมายถึง การขัดข้องเสียหายลดลง นำไปสู่ การหยุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ และค่าสูญเสียโอกาสในการผลิตที่ลดลง

1.4.2 ความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability) หมายถึง คุณลักษณะของการออกแบบ ติดตั้งและใช้งาน ซึ่งแสดงในรูปของความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรและอุปกรณ์จะสามารถรักษาสภาพ คืนสภาพ ตามเงื่อนไขการปฏิบัติที่ได้กำหนด ภายในช่วงเวลาที่กำหนดเมื่อการซ่อมบำรุงเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้แนะนำไว้

1.4.3 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการเป็นเจ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Cost of Ownership) ซึ่งรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ (Cost of Acquisition) ค่าใช้จ่ายจากการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยน หรือยกเลิกการใช้งาน

1.4.4 การขัดข้องเสียหาย (Failure) หมายถึง เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นเมื่อเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไม่สามารถผลิตชิ้นงานตามข้อกำหนดที่ต้องการ

1.4.5 ผู้สร้าง (Supplier) หมายถึง ผู้ที่ทำหน้าที่ผลิตเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

1.4.6 ผู้ใช้ (User) หมายถึง ผู้ที่ใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

เมื่อการดำเนินการวิจัยเสร็จสิ้นแล้ว ผลที่คาดว่าจะได้รับ มีดังนี้

1.5.1. เตรียมความพร้อมในกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เพื่อรองรับความต้องการในอนาคต

1.5.2. เสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ของสถาบัน RDiPT ที่จะทำให้มีมาตรฐานที่สูงขึ้น

1.5.3. สามารถใช้เป็นแนวทางให้กับอุตสาหกรรมการสร้างแม่พิมพ์ รวมไปถึงเครื่องมือและอุปกรณ์อื่นๆ เพื่อใช้ในการปรับปรุงกระบวนการทำงานจากปัจจุบันไปสู่แนวทาง R&M

1.5.4. สร้างแนวทางการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่มีคุณภาพตรงตามความต้องการของลูกค้าและนำไปใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.6 วิธีดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ประกอบด้วย

1.6.1. ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ใช้ในปัจจุบัน

1.6.2. ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M

1.6.3. วิเคราะห์ความแตกต่างของกระบวนการปัจจุบันเทียบกับกระบวนการตามแนวทาง R&M

1.6.4. จัดทำระบบข้อสนเทศเพื่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

1.6.5. ตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็น

1.6.6. เปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

1.6.7. อภิปรายผลการศึกษา

1.6.8. สรุปผลและเสนอแนะ

1.6.9. จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา

2.1.1 บทนำ

เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ถูกใช้เป็นส่วนประกอบของการผลิตหรือการแปรรูปในอุตสาหกรรมนั้นเป็นสิ่งจำเป็นที่ขาดไม่ได้ และเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้วัตถุดิบสามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างไปเป็นผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ นอกจากนั้นยังเป็นส่วนสำคัญที่ส่งผลต่อต้นทุนการผลิตซึ่งโยงไปถึงราคาสินค้าเมื่อถึงมือผู้บริโภค

เครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านี้ ถ้ามีการออกแบบที่ไม่ตรงตามความต้องการของการใช้งาน พนักงานใช้อุปกรณ์นั้นได้อย่างยากลำบาก มีค่าใช้จ่ายในการทำงานหรือซ่อมบำรุงที่สูง ขาดความเชื่อมั่นในการใช้งานตามระยะเวลาที่กำหนด มีระยะเวลาในการซ่อมแซมนานกว่าที่จะกลับมาอยู่ในสภาพพร้อมใช้งาน รวมแม้กระทั้ง มีค่าใช้จ่ายที่สูงในการกำจัดหรือเลิกใช้ ฯลฯ ซึ่งจะพบว่าสิ่งต่างๆ ที่กล่าวมานั้น ล้วนเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายที่ผู้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์จะต้องรับผิดชอบทั้งสิ้น ดังนั้นถ้าสามารถผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทำให้ผู้ใช้มีค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นน้อยและเป็นไปตามเป้าประสงค์ที่ผู้ใช้ต้องการ จะเป็นสิ่งที่ทำให้ผู้ใช้เกิดความพึงพอใจในเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ได้ซื้อไป (SAE/NCMS, 1993)

2.1.1.1 ความหมายของการขัดข้องเสียหาย (Failure)

Blache (1994) ได้อธิบายความหมายของ การขัดข้องเสียหาย ว่าคือ การสิ้นสุดความสามารถของอุปกรณ์หรือชิ้นส่วน (Entity) จากหน้าที่การทำงานที่ถูกกำหนด ซึ่งสามารถแบ่งได้ดังรูปที่ 2.1 ซึ่งประกอบด้วย

1. การขัดข้องเสียหายแบบไม่ถาวร (Intermittent Failure) หมายถึง การที่ชิ้นส่วนเกิดการขาดความสามารถในการทำหน้าที่บางอย่าง ในช่วงระยะเวลาสั้นๆ โดยชิ้นส่วนนั้นจะกลับมาสู่มาตรฐานการทำงานเดิมหลังจากการขัดข้องเสียหายนั้นเกิดขึ้น
2. การขัดข้องเสียหายถาวร (Extended Failure) หมายถึง การขาดความสามารถบางประการซึ่งจะเกิดขึ้นจนกระทั้งได้ทำการเปลี่ยนหรือซ่อมชิ้นส่วนดังกล่าว ประกอบด้วย

2.1 การขัดข้องเสียหายถาวรครบถ้วน (Complete Failure) หมายถึง การขาดความสามารถของหน้าที่ที่คาดหวังทั้งหมด

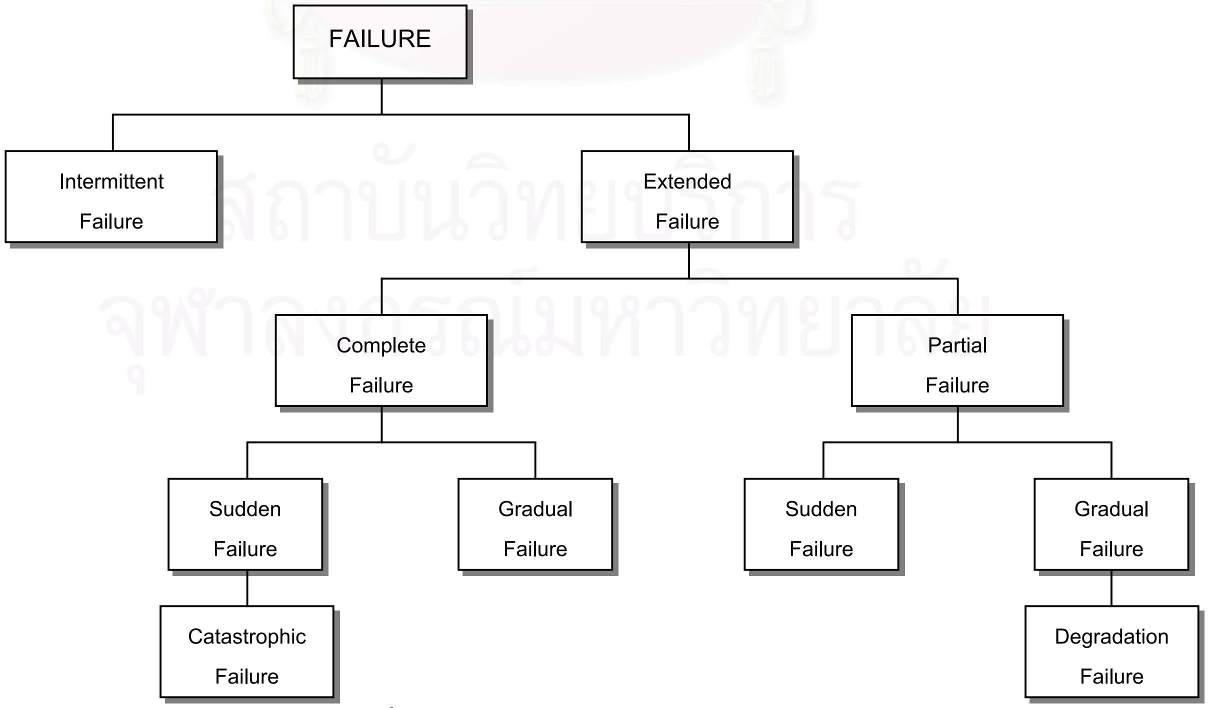
2.2 การขัดข้องเสียหายถาวรบางส่วน (Partial Failure) หมายถึง การขาดความสามารถของหน้าที่บางอย่างแต่ไม่ใช่ทั้งหมด

ซึ่งการขัดข้องเสียหายแบบถาวรครบถ้วนและถาวรบางส่วน สามารถแบ่งแยกตามลักษณะความฉับพลัน (Suddenness) ของการเกิด คือ

1) การขัดข้องเสียหายแบบฉับพลัน (Sudden Failure) หมายถึง การขัดข้องเสียหายที่ไม่สามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้า
2) การขัดข้องเสียหายแบบค่อยเป็นค่อยไป (Gradual Failure) หมายถึง การขัดข้องเสียหายที่สามารถพยากรณ์ได้ล่วงหน้า

หากแบ่งโดยพิจารณาทั้งสองรูปแบบที่เกิดขึ้นของการขัดข้องเสียหายทั้งแบบที่พิจารณาด้วยความรุนแรง (Degree) และความฉับพลัน (Suddeness) ของการเกิด จะสามารถแบ่งออกเป็น

1) การขัดข้องเสียหายแบบวิบัติ (Catastrophic Failure) หมายถึง การขัดข้องเสียหายที่เกิดอย่างฉับพลันและไม่สามารถทำงานตามหน้าที่ทั้งหมดที่คาดหวัง
2) การขัดข้องเสียหายแบบเสื่อมสภาพ (Degradation Failure) หมายถึง การขัดข้องเสียหายที่อย่างค่อยเป็นค่อยไปและไม่สามารถทำงานตามหน้าที่บางส่วน

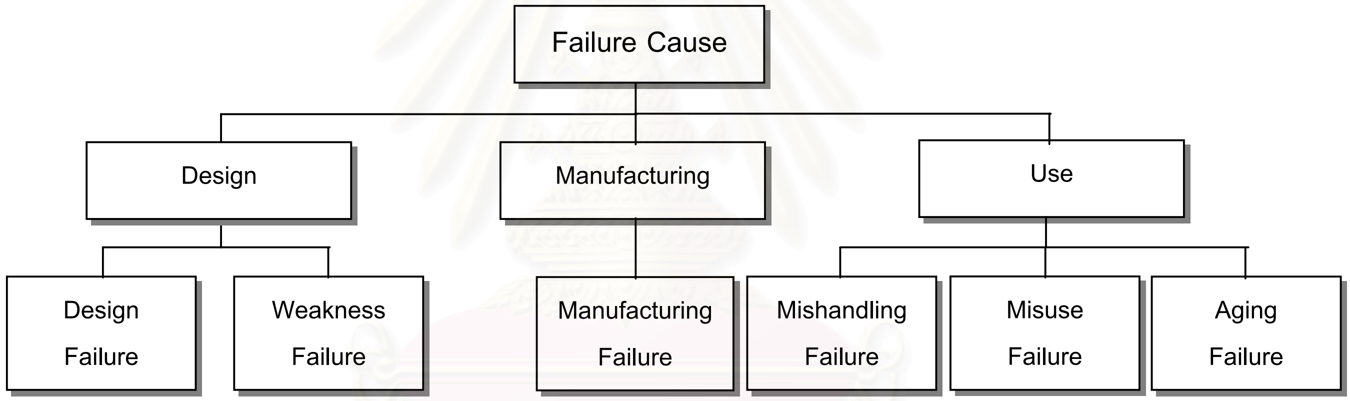


รูปที่ 2.1 รูปแบบของการขัดข้องเสียหาย

2.1.1.2 สาเหตุของการขัดข้องเสียหาย

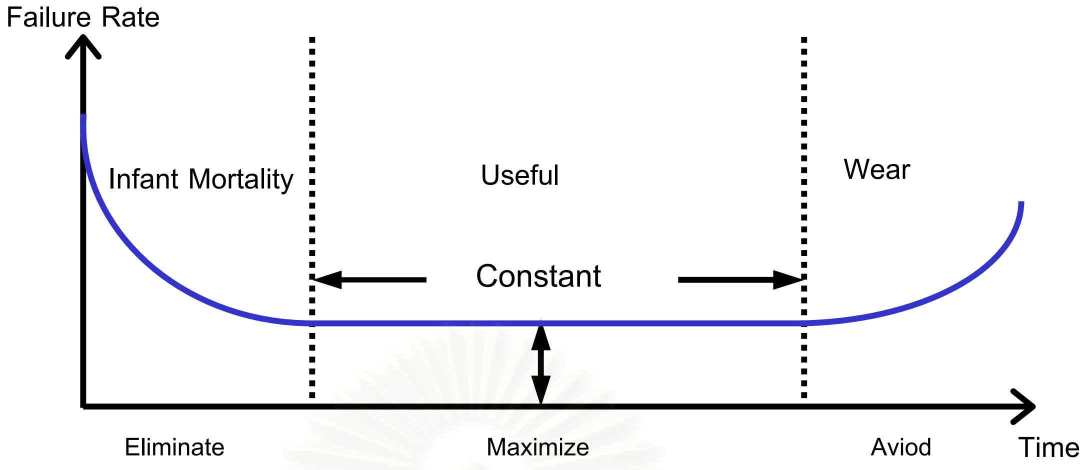
Rausand (2001) ได้แบ่งสาเหตุของการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์โดยทั่วไปดังรูปที่ 2.2 ซึ่งเกิดจาก 3 สาเหตุหลัก คือ

1. การออกแบบ (Design) ได้แก่ การออกแบบที่บกพร่อง(Design Failure) และเกิดจากการออกแบบเผื่อน้อยเกินไป (Weakness Failure)
2. กระบวนการผลิต (Manufacturing) ได้แก่ ความบกพร่องของการผลิต (Manufacturng Failure) ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมของคุณลักษณะที่ต้องการ ทำให้เกิดความแตกต่างจากการออกแบบที่ต้องการ
3. การใช้งาน (Use) ได้แก่ การขนย้ายที่ไม่ถูกต้อง (Mishandling Failure) การใช้งานที่ไม่ถูกต้อง (Misuse Failure) และการหมดสภาพหรืออายุขัย (Aging Failure)



รูปที่ 2.2 สาเหตุของการขัดข้องเสียหาย

โดยทั่วไปผู้ใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์มักอ้างถึงกราฟรูปอ่าง ดังรูปที่ 2.3 ซึ่งแบ่งช่วงของการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น เป็น 3 ช่วง คือ ช่วงเริ่มต้นการใช้งาน (Infant Mortality) ช่วงการใช้งานปกติ (Useful Life) และช่วงสึกหรอ (Wear Out) โดยในช่วงแรกนั้นต้องกำจัดให้หมดไป และช่วงสุดท้ายนั้นต้องหลีกเลี่ยงด้วยการเปลี่ยนหรือซ่อมแซมให้เครื่องจักรและอุปกรณ์อยู่ในสภาพที่ดี สำหรับช่วงใช้งานปกตินั้นเกิดจากการออกแบบที่ใส่คุณลักษณะที่ลดโอกาสของการขัดข้องเสียหายลงไปในตัวเครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านั้น



รูปที่ 2.3 **กราฟรูปอ่าง**

Dhillon (1985) ได้กล่าวถึงสาเหตุของการเกิดการขัดข้องเสียหายในแต่ละช่วง โดยสรุปได้ดังนี้

<u>ช่วงเริ่มต้นการใช้งาน</u>

- มีการควบคุมคุณภาพที่ไม่ดีพอ
- ใช้วิธีการผลิตที่ไม่ดีพอ
- วัสดุและพนักงานต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด
- มีการติดตั้งหรือประกอบที่ไม่ถูกต้อง
- ขาดการตรวจตราและแก้ไข
- มีการใช้งานช่วงเริ่มต้นที่ไม่ถูกต้อง
- เคลื่อนย้ายไม่ถูกวิธีหรือบรรจุหีบห่อที่ไม่เหมาะสม

<u>ช่วงการใช้งานปกติ</u>

- สาเหตุที่ไม่สามารถอธิบายได้หรือคาดไม่ถูก
- มีการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง หรือผิดปกติ
- การไม่สามารถตรวจพบความผิดปกติ
- การออกแบบที่ใช้ค่าเผื่อที่ต่ำ
- มีภาระการใช้งานเกินกว่าที่ออกแบบ

<u>ช่วงการสึกหรอ</u>

- มีการบำรุงรักษาที่ไม่ดีพอ
- การสึกหรอเนื่องจากการเสียดสี
- การเสื่อมสภาพจากอายุ
- การซ่อมแซมแก้ไขที่ไม่ถูกต้อง
- เกิดการกัดกร่อนหรือเกิดการคราก(Creep)ของวัสดุ
- การออกแบบเผื่ออายุที่ต่ำกว่าความต้องการ

การขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นเหล่านี้อาจมองในอีกลักษณะหนึ่งคือการที่เครื่องจักรและอุปกรณ์ดังกล่าวเกิดความไม่น่าเชื่อมั่นในการใช้งาน (Unreliability) ซึ่ง Hammer (1980) ได้สรุปสาเหตุของความไม่น่าเชื่อมั่นในการใช้งานว่าเกิดจาก

1. การออกแบบที่ผิดพลาด (Design Mistakes) การออกแบบที่ผิดพลาดจะส่งผลต่อการขัดข้องเสียหาย อันเนื่องจากการใช้งาน เกิดจาก การได้รับข้อมูลที่ไม่สมบูรณ์ เช่น ภาระงานที่ได้รับ สภาพแวดล้อมที่ใช้งาน การคำนวณที่ผิดพลาด และการเลือกวัสดุที่ไม่เหมาะสม
2. ข้อบกพร่องจากการผลิต (Manufacturing Defects) แม้ว่าการออกแบบจะมีความถูกต้องเหมาะสม แต่อาจเกิดการผิดพลาดในช่วงของการผลิต ซึ่งทำให้เกิดการเสื่อมสภาพของคุณลักษณะ (Degrade) ที่ต้องการ ตัวอย่างที่พบได้บ่อยเช่น (1) การมีผิวสำเร็จที่ไม่ดีพอ หรือมีขอบคม (Burr) ซึ่งนำไปสู่การแตกหักเนื่องจากความล้าของวัสดุ (Fatigue Cracks) (2) (Decarburization or Quench Cracks) ในกระบวนการอบชุบของเหล็ก การกำจัดข้อบกพร่องต่างๆ ในกระบวนการผลิตนั้นเป็นความรับผิดชอบหลักของวิศวกรฝ่ายผลิต ซึ่งความผิดพลาดเหล่านี้เกิดจากการปฏิบัติงานที่ไม่เหมาะสมอันเนื่องจาก ไม่มีคู่มือหรือข้อกำหนดกำกับไว้ การควบคุมที่ไม่เพียงพอ สภาพการทำงานที่ไม่ดีพอ การขาดการอบรมที่เพียงพอ และการขาดแรงจูงใจในการปฏิบัติงาน
3. การบำรุงรักษา (Maintenance) โดยส่วนใหญ่ผลิตภัณฑ์ต่างๆ จะถูกออกแบบตามสมมติฐานที่ว่า จะมีการบำรุงรักษา ที่เพียงพอตามช่วงเวลาที่กำหนด ถ้าการบำรุงรักษาขาดการเอาใจใส่หรือเหมาะสมเพียงพอ จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์
4. การใช้งานเกินขีดจำกัดของการออกแบบ (Exceeding Design Limits) ถ้ามีการใช้งาน เกินขีดจำกัดของอุณหภูมิ ความเร็ว กำลัง ฯลฯ จากที่ได้ทำการออกแบบไว้ จะมีผลให้อุปกรณ์ที่ใช้เกิดการขัดข้องเสียหาย

5. ปัจจัยจากสภาวะแวดล้อม (Environmental Factors) การที่อุปกรณ์ที่ถูกออกแบบถูกนำไปใช้ในสภาวะแวดล้อมที่ไม่ได้มีการออกแบบเพื่อรองรับสภาพดังกล่าว เช่น ฝน ความชื้น ความเย็น ฯลฯ จะส่งผลต่ออายุการใช้งานที่สั้นลง

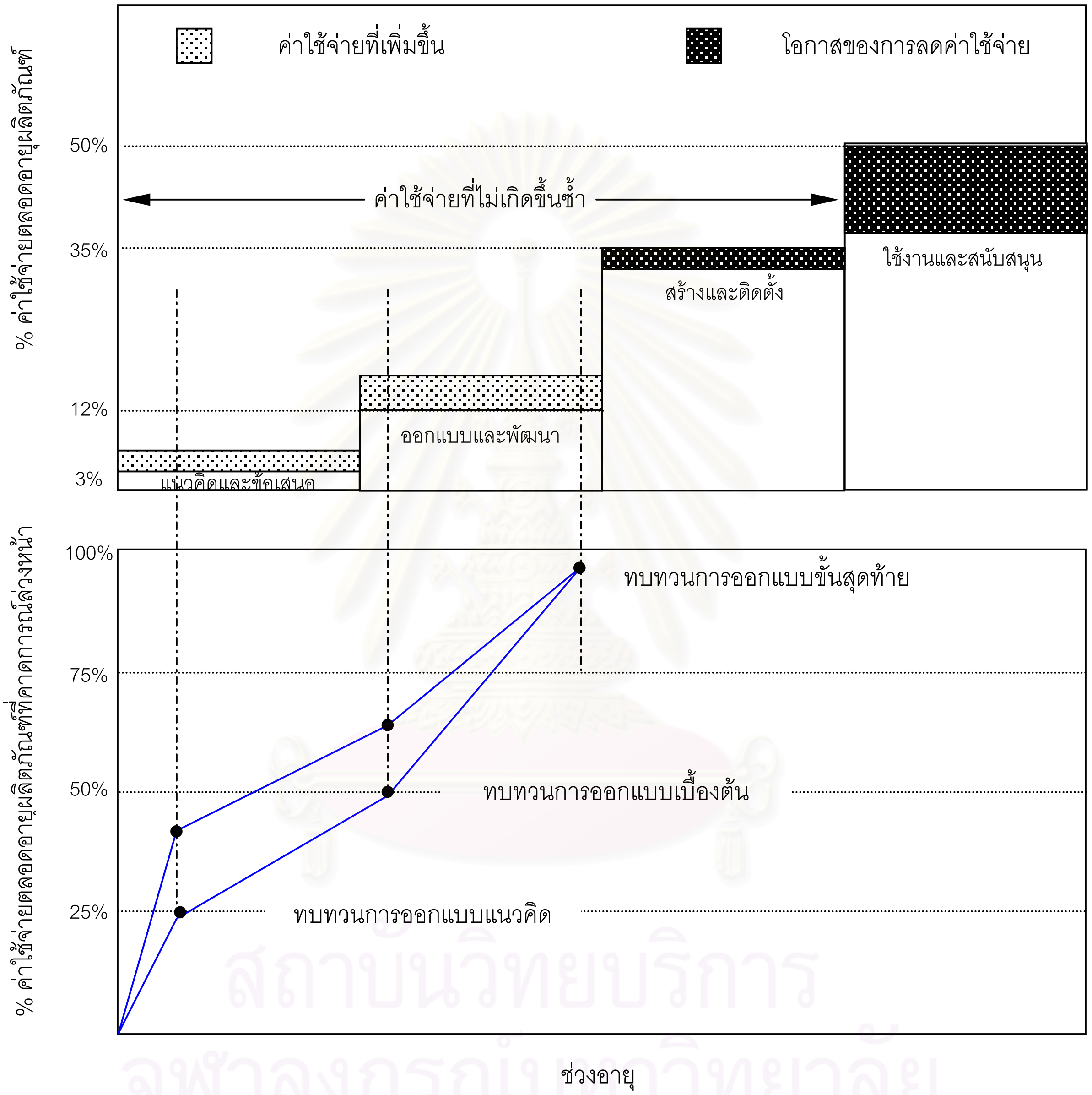
2.1.1.3 **ความจำเป็นในการทำกิจกรรม R&M**

เครื่องจักรและอุปกรณ์เป็นสำคัญของสายการผลิต ซึ่งจำเป็นต้องสามารถทำงานได้เมื่อมีความต้องการที่จะใช้งาน รวมทั้งจำเป็นที่จะต้องมีค่าใช้จ่ายที่ต่ำ ดังนั้นความต้องการที่จะเพิ่มค่าของค่าเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเสียหายแต่ละครั้ง (Mean Time Between Failure, MTBF) ค่าของประสิทธิภาพโดยรวมของเครื่องจักร (Overall Effective Equipment, OEE) ค่าของความพร้อมในการใช้งาน (Availability) และลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ จึงมักมีมากับข้อเสนอของลูกค้า (Burrows and Pertry, 1999)

โดยปกติผู้ผลิตพิจารณาที่จะลดต้นทุนวัตถุดิบ ต้นทุนการผลิต และต้นทุนในการจัดจำหน่าย (Logistics) เพียงเท่านั้น ในปัจจุบันถ้าต้องการที่จะอยู่รอดในสภาพแวดล้อมของตลาดที่มีการแข่งขัน ผู้ผลิตจะต้องพิจารณาการลดต้นทุนตลอดวงจรอายุของผลิตภัณฑ์ (Life Cycle of Product) หรือที่เรียกว่า ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Life Cycle Cost) จากรายงานการศึกษาของ Dowlatshahi และนักวิจัยหลายๆ คน ในเรื่องการออกแบบ แนะนำว่าการออกแบบผลิตภัณฑ์มีผล 70%-85% ของต้นทุนทั้งหมด ดังนั้นนักออกแบบสามารถลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ที่ทำการออกแบบโดยพิจารณาส่วนที่มีความเกี่ยวข้องกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่จะตัดสินใจในการออกแบบ ดังนั้นวิธีการที่ใช้ในการออกแบบเพื่อให้เกิดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่ต่ำของผลิตภัณฑ์จึงมีความสำคัญและมีคุณค่าอย่างยิ่ง (Seo et al., 2002)

รูปที่ 2.4 แสดงค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นจากการดำเนินกิจกรรม R&M ในระหว่างขั้นตอนของการสร้างแนวคิด และขั้นตอนการออกแบบ ซึ่งสามารถทำให้ค่าใช้จ่ายของการใช้งานและสนับสนุนนั้นลดลงอย่างมากมาย จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาการนำ R&M มาใช้ในช่วงเริ่มต้นของกิจกรรม จากการศึกษาในทางอุตสาหกรรม แสดงให้เห็นว่า 95% ของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณพ์เป็นผลจากขั้นตอนระหว่างการสร้างแนวคิดและการออกแบบ ดังนั้นเมื่ออุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมาใหม่มาถึงขั้นตอนการสร้าง จะเหลือโอกาสเพียงแค่ 5% ในการปรับปรุง ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา ของอุปกรณ์เหล่านั้น

ส่วนภาพด้านล่างของรูปที่ 2.4 แสดงจุด สาม จุดของการทบทวนการออกแบบที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอนของช่วงอายุ ภาพนี้ยังแสดงให้ทราบถึงผลที่มีต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้นตอน ซึ่งในส่วนของช่วงการแรเงานั้นจะแตกต่างกันไปตามแต่ละกลุ่มอุตสาหกรรม



รูปที่ 2.4 **ผลกระทบของการออกแบบที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์** (SAE/NCMS, 1993)

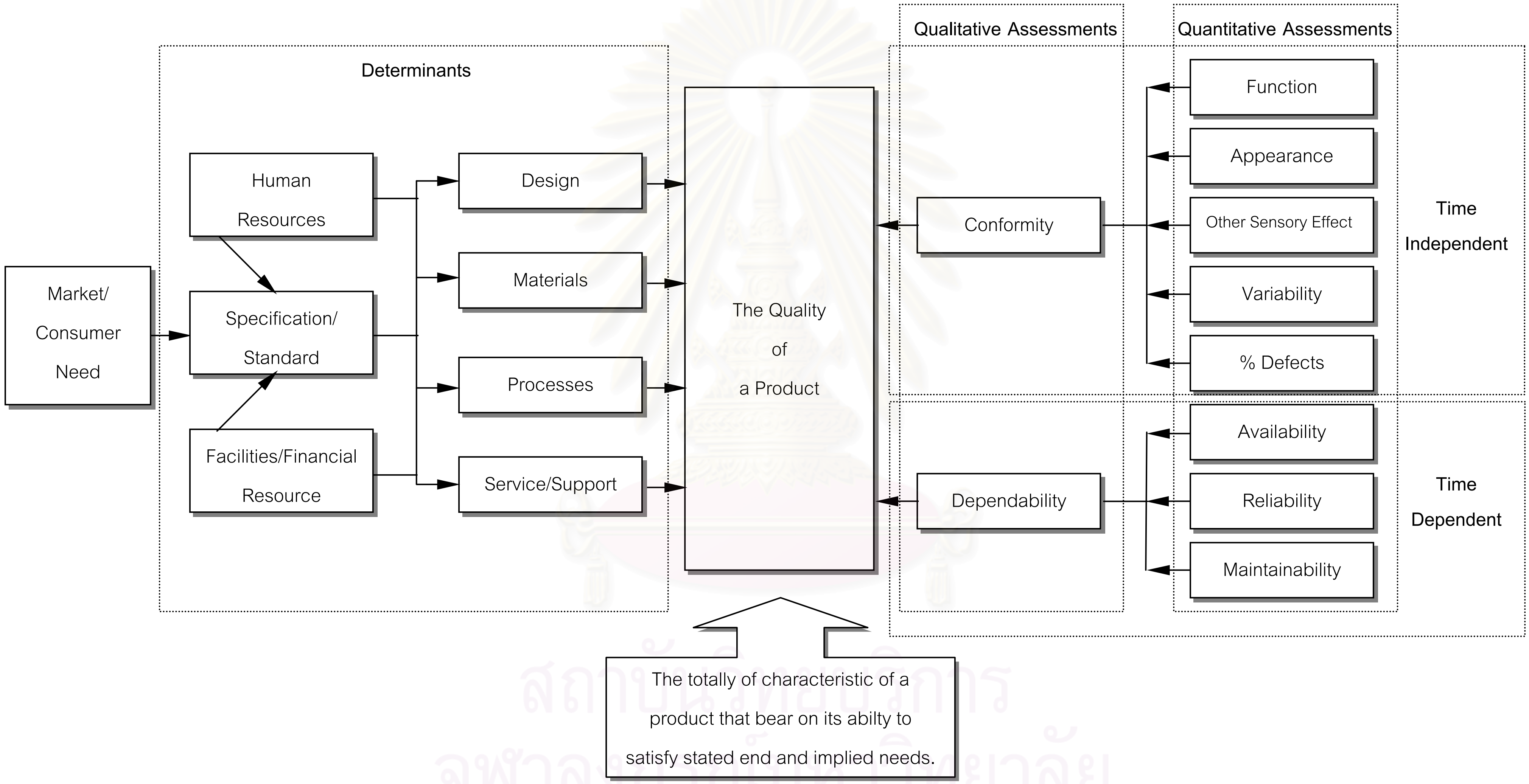
นอกจากคุณลักษณะของ R&M ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นแล้วยังมีผลต่อความพึงพอใจของผลิตภัณฑ์เหล่านั้นอีกด้วย ดังที่ Park et al. (2002) กล่าวว่าผู้บริโภคโดยทั่วไปนั้นจะเลือกผลิตภัณฑ์ที่ดีที่เหมาะสำหรับพวกเขาโดยพิจารณาจากการออกแบบและความเชื่อมั่นในการใช้งาน หากมีใครก็ตามที่มีประสบการอันเนื่องมาจากการขัดข้องเสียหาย

ของผลิตภัณฑ์เหล่านั้น หลังจากการซื้อไปใช้ พวกเขาเหล่านั้นจะไม่ซื้อผลิตภัณฑ์จากบริษัทนั้นอีกต่อไป ดังนั้น ความเชื่อมั่นของผลิตภัณฑ์เป็นสิ่งที่แปรผันโดยตรงต่อความไว้วางใจในตัวของผู้ผลิต

2.1.1.4 ความหมายของคุณภาพของผลิตภัณฑ์

คุณภาพ คือ คุณลักษณะทั้งหมดของสิ่งของ (Entity) ที่แสดงความสามารถที่จะสร้างความพอใจและเป็นที่ต้องการ ซึ่งความต้องการดังกล่าวจะถูกนำไปแปลงเป็นรายละเอียดที่ใช้เป็นบรรทัดฐานของคุณภาพผลิตภัณฑ์ ตามคำจำกัดความที่กล่าวมาเห็นได้ชัดเจนว่าความต้องการของลูกค้าหรือตลาดนั้นเป็นจุดเริ่มต้นของคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยข้อกำหนดที่ลูกค้าต้องการ ทำให้รายละเอียดของผลิตภัณฑ์ควรที่จะประกอบด้วย การระบุ การออกแบบ ชนิดของวัสดุหรือชิ้นส่วน กระบวนการ และการให้บริการ ภายใต้ข้อกำหนดจากเกณฑ์มาตรฐาน ทรัพยากรด้านเทคนิคต่างๆ และ ทรัพยากรด้านการเงิน ซึ่งปัจจัยเหล่านี้มีอิทธิพลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์

สำหรับการประเมินผลิตภัณฑ์ในเชิงคุณภาพ (Qualitative Assessment) นั้นสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ คือ ความสามารถที่ทำได้ตรงตามที่ตกลง (Conformity) และความสามารถในการวางใจได้ของผลิตภัณฑ์ (Dependability) ซึ่งสิ่งที่ทำให้ผู้บริโภคสามารถจะยอมรับในผลิตภัณฑ์ได้ง่ายกว่าคือค่าจากตัวเลขที่ใช้ในการประเมินผลิตภัณฑ์ในเชิงปริมาณ (Quantitative Assessment) สำหรับเชิงปริมาณของ ความสามารถที่ทำได้ตรงตามที่ตกลง (Conformity) อยู่ในรูปของค่าที่ไม่ขึ้นกับเวลา (Time Independent) อันประกอบด้วย หน้าที่การใช้งาน (Function) รูปลักษณ์ภายนอกที่ปรากฏ (Appearance) หรือสิ่งที่มีผลต่อความรู้สึกต่างๆ (Other Sensory Effect) ความไม่คงตัว (Variability) และความบกพร่องที่ปรากฏ (Defect) ส่วนความสามารถในการวางใจได้ของผลิตภัณฑ์ (Dependability) นั้นอยู่ในรูปของค่าที่ขึ้นกับเวลา ประกอบด้วย ความพร้อมในการใช้งาน (Availability) ความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability) และความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability) จากสิ่งที่กล่าวมาข้างต้นสามารถที่จะแสดงความสัมพันธ์ได้ตามรูปที่ 2.5 (Ke and Hwang, 1997)



รูปที่ 2.5 **ความหมายของคุณภาพของผลิตภัณฑ์** (Ke and Hwang, 1997)

ปัจจุบัน หากมองเพียง คุณภาพ (Quality) ในความหมายของความสามารถที่ทำได้ตรงตามที่ตกลง (Conformity) เช่น สมรรถนะ รูปลักษณ์ ราคา หรือสิ่งอื่นใด จะมองเพียงลักษณะที่ผลิตภัณฑ์นั้นแสดงให้เห็น ซึ่งไม่ครอบคลุมตลอดต่อเนื่องตามเวลาที่แปรเปลี่ยนไป ดังนั้นเมื่อมีการพิจารณาตามช่วงระยะเวลาที่เปลี่ยนไปจึงจำเป็นต้องคำนึงถึง ความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability) ซึ่งจะมองถึงการทำหน้าที่ของผลิตภัณฑ์ได้ตามช่วงเวลาที่กำหนด และความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability) ซึ่งจะมองถึงการทำให้ผลิตภัณฑ์กลับมาสู่สภาพใช้งานที่ต้องการตามช่วงเวลาที่กำหนด จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องให้ความสำคัญกับการนำ R&M มาปรับใช้เพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับลูกค้า ครอบคลุมความหมายทั้งหมดที่เป็นลักษณะของคุณภาพของผลิตภัณฑ์

2.1.2 ความหมายของ R&M

ตามการอ้างอิงคู่มือของ Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment ได้ให้ความหมายของ Reliability และ Maintainability (SAE/NCMS, 1999) ไว้ ดังนี้

ความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability) หมายถึง โอกาสที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะสามารถทำหน้าที่ได้อย่างต่อเนื่องตามช่วงเวลาที่ได้กำหนดไว้ โดยปราศจากการขัดข้องเสียหายภายใต้การใช้งานตามสภาวะที่ระบุไว้ โดยความเชื่อมั่นในการใช้งานที่เพิ่มขึ้น จะหมายถึง การขัดข้องเสียหายลดลง นำไปสู่ การหยุดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ และค่าสูญเสียโอกาสในการผลิตที่ลดลง

Reliability is the probability that machinery and equipment can perform continuously for a specified interval of time without failure, when operating under stated conditions. Increased reliability implies less failure of the machinery and equipment and, consequently, less downtime and loss of production.

ความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability) หมายถึง คุณลักษณะของการออกแบบ ติดตั้งและใช้งาน ซึ่งแสดงในรูปของความน่าจะเป็นที่เครื่องจักรและอุปกรณ์จะสามารถรักษาสภาพ คืนสภาพ ตามเงื่อนไขการปฏิบัติที่ได้กำหนด ภายในช่วงเวลาที่กำหนดเมื่อการซ่อมบำรุงเป็นไปตามขั้นตอนที่ได้แนะนำไว้

Maintainability is a characteristic of design, installation, and operation of machinery and equipment. Maintainability is ususally expressed as the probability that a machine can be retained in or performed in accordance with prescribed procedures.

นอกจากนี้ยังมีคำที่เกี่ยวข้องกับ R&M อีก 2 คำ คือ

ความพร้อมในการใช้งาน (Availability) หมายถึง การวัดร้อยละของระดับการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่สามารถทำงานได้เมื่อมีความต้องการ ณ เวลาที่มอบหมาย

Availability is a percentage measure of the degree to which machinery and equipment is in an operable and committable state at the point in time when it is needed.

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Cost) หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดของการเป็นเจ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Cost of Ownership) ซึ่งรวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ (Cost of Acquisition) ค่าใช้จ่ายจากการใช้งาน ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา และค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยน หรือยกเลิกการใช้งาน

Life Cycle Cost (LCC) is the total cost of ownership of machinery and equipment, including its cost of acquisition, operation, maintenance, conversion, and/or decommission.

2.1.3 **เป้าหมายและประโยชน์ของ** R&M

2.1.3.1 **เป้าหมายของ** R&M

เป้าหมายหลักในการดำเนินกิจกรรม R&M ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก คือ สร้างคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งาน ลงไปในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เพื่อลดความถี่ของการขัดข้องเสียหาย และ/หรือ เพิ่มอายุให้ยาวนานขึ้น เมื่อการขัดข้องเสียหายลดลง ส่งผลให้การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) ลดลง ส่วนที่สอง คือ สร้างคุณลักษณะของความสามารถในการธำรงรักษา ให้กับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เพื่อให้สามารถบำรุงรักษาซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย เพื่อลดเวลาที่หยุดการทำงาน (Downtime)

Al-Najjar (1996) กล่าวว่าผลิตภัณฑ์ทุกชนิดจะต้องเกิดการขัดข้องเสียหาย แม้ในบางกรณีจะมีความน่าจะเป็นเพียงเล็กน้อยอันเนื่องจากมีความเชื่อมั่นในการใช้งานที่สูง นโยบายการเกิดการขัดข้องเสียหายเป็นศูนย์ (Zero-failure) มักเป็นเป้าหมายที่ต้องการของบริษัทที่นำเอาระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time, JIT) มาปรับใช้ เพราะต้องการที่จะจัดการระบบคงคลัง ระบบการรองาน และช่วงเวลาเตรียมการ (Lead Time) ให้เหลือน้อยที่สุด ซึ่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับการขัดจังหวะ หรือการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายตามมา ดังนั้นกิจกรรมการซ่อมบำรุงจึงต้องมีการดำเนินการในช่วงกลางคืน หรือช่วงวันหยุด ถึงแม้ค่าใช้จ่ายในช่วงเวลาดังกล่าวจะสูงแต่เมื่อพิจารณาเทียบกับปัญหาที่เกิดจากการขัดข้องเสียหายในระหว่างช่วงเวลาที่วางแผนการผลิตนั้นถือว่าถูกกว่า ซึ่งจะเป็นปัญหาอย่างมากถ้าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เหล่านั้นจำเป็นต้อง

มีการทำงานตลอดเวลาทั้งกลางวันกลางคืนและช่วงวันหยุด จากที่กล่าวมาจึงสามารถสรุปได้ว่าการนำกิจกรรม R&M ยิ่งมีความสำคัญมากขึ้นถ้าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ถูกนำไปใช้ผลิตตลอด 24 ชั่วโมง หรือมีเวลาหยุดการทำงานที่น้อยมากๆ

จุดมุ่งหมายและแรงจูงใจในการดำเนินกิจกรรม R&M สำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้น Morris (2000) กล่าวว่า จุดมุ่งหมายของความเชื่อมั่นในการใช้งาน คือ การลดความถี่ของการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น โดยการออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้มีการล้มเหลว (Fail) น้อยที่สุด โดยจะส่งผล คือ

- เพิ่มความพร้อมในการใช้งานของระบบ
- เพิ่มผลิตภาพของการผลิต
- เพิ่มปริมาณการผลิตต่อหน่วยเวลา
- ลดการบำรุงรักษาเชิงแก้ไข
- ลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

สำหรับจุดมุ่งหมายของความสามารถในการธำรงรักษา ประกอบด้วย 2 ด้าน ด้านที่หนึ่ง มองในเรื่องการแก้ไข (Corrective) คือ เพื่อให้ออกแบบและสร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้ซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็วและปลอดภัย ด้านที่สอง มองในเรื่องการป้องกัน (Preventive) คือ ลดภาระการดำเนินงานสำหรับการบำรุงรักษาเพื่อป้องกันการขัดข้องเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

สำหรับแรงจูงใจของ R&M ด้านการเงิน นั้นวัดจากผลตอบแทนที่ได้กลับคืนมา ซึ่งจุดมุ่งหมายของ R&M คือขับเคลื่อนต้นทุนของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ให้มีค่าใช้จ่ายต่ำที่สุด ซึ่งยังผลให้

- แผนการผลิตมีประสิทธิภาพ
- ทำให้อัตราการผลิตเป็นไปตามที่วางไว้
- ปรับปรุงการใช้ประโยชน์ของทรัพยากร

ในมุมมองของผู้สร้างเครื่องจักรและอุปกรณ์ อาจรวมไปถึงสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

- ลดค่าใช้จ่ายในการประกันสินค้า
- เกิดค่าใช้จ่ายของการปล่อยสินค้า
- เพิ่มความพึงพอใจให้กับลูกค้า
- เพิ่มความสามารถทางการตลาด
- สร้างความได้เปรียบในการแข่งขัน
- มีความเข้าใจในเรื่องของการใช้งานที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

- ได้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงการออกแบบ

2.1.3.2 **ประโยชน์ของ** R&M

ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา เป็นคุณลักษณะสำคัญของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิต การวางแผนการผลิตที่ประสบผลสำเร็จนั้นขึ้นกับกระบวนการผลิตที่ให้ผลผลิตที่มีคุณภาพในอัตราการผลิตที่ได้กำหนดไว้โดยปราศจากการขัดจังหวะ (Interruption) คุณลักษณะของ R&M ที่สามารถคาดการณ์การใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต เป็นปัจจัยสำคัญที่จะคงประสิทธิภาพการผลิต ซึ่งนำไปสู่ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Cost) ที่ต่ำและความสามารถในการแข่งขันที่สูงขึ้น

เครื่องจักรและอุปกรณ์การผลิตที่มีความพร้อมใช้งาน (Availability) สูง จะเป็นสิ่งที่ทำให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสูงอย่างสม่ำเสมอ โดยเกิดต้นทุนการผลิตที่ต่ำและผลผลิตที่สูง ตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นถึงประโยชน์ที่ได้รับจากการนำแนวทาง R&M ไปใช้ ทั้งส่วนของผู้ใช้และผู้สร้าง

ตารางที่ 2.1 **ประโยชน์ที่ได้รับจาก** R&M

มุมมองของผู้ใช้	**มุมมองของผู้ผลิต**
• เครื่องจักรและอุปกรณ์มีสภาพความพร้อมใช้งานสูงขึ้น • ลดหรือขจัดตารางเวลาการหยุดการทำงานเครื่องจักรที่ไม่เป็นไปตามที่กำหนดไว้ • ลดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา • มีตารางการทำงานที่มีเสถียรภาพ • เพิ่มสมรรถนะที่สำคัญในระบบการผลิตแบบทันเวลาพอดี (Just In Time) • เพิ่มความสามารถในการทำกำไร • เพิ่มความพึงพอใจให้กับพนักงาน • ลดค่าใช้จ่ายโดยรวมในการผลิต • มีผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น • ไม่จำเป็นต้องมีการสำรองพัสดุคงคลังเผื่อการหยุดการทำงานของเครื่องจักร • มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ต่ำลง	• ลดค่าใช้จ่ายสำหรับการประกันสินค้า • ลดค่าใช้จ่ายในการสร้าง • ลดค่าใช้จ่ายในการออกแบบ • ปรับปรุงความสัมพันธ์กับผู้ใช้ • เพื่อความพึงพอใจให้กับผู้ใช้ • ปรับปรุงสถานะทางการตลาด • เพิ่มความสามารถในการแข่งขัน • เพิ่มความพึงพอใจให้กับพนักงาน • เพิ่มความเข้าใจในการใช้งานผลิตภัณฑ์ • เพิ่มปริมาณยอดขาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1.4 การดำเนินกิจกรรม R&M

ความสำเร็จในการดำเนินกิจกรรม R&M นั้น ขึ้นกับการสื่อสารกันระหว่าง ผู้ใช้ (User) กับ ผู้สร้าง (Supplier) การสื่อสารกันนี้เริ่มตั้งแต่จัดตั้งโครงการ ไปจนถึงสิ้นสุดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าปัญหาของอุปกรณ์เหล่านั้นแสดงออกมา และนำมาพิจารณาถึงสาเหตุของปัญหา จนกระทั่งดำเนินการแก้ไขปรับปรุง

ผลสำเร็จของ R&M นั้นจำเป็นต้องมีการวางแผน ระบุถึงเป้าหมายที่ต้องการ มีการออกแบบตามหลักวิชาการ มีการวิเคราะห์ มีการประเมิน และมีการป้อนผลย้อนกลับ เพื่อทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง โดยคณะผู้บริหารจะต้องตระหนักถึงคุณค่าของ R&M รวมทั้งให้การสนับสนุนกำลังคนและทรัพยากรที่จำเป็นต่อการไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ หากขาดการสนับสนุนอย่างจริงจังแล้วผลสำเร็จตามเป้าหมายจะเป็นไปได้ยาก นอกจากนี้การที่จะประสบผลสำเร็จได้จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือรวมใจจากทุกฝ่ายในบริษัทเพราะกิจกรรมนี้ต้องมีบุคลากรจากหลายฝ่ายเข้ามาดำเนินการร่วมกัน

2.1.4.1 การดำเนินกิจกรรมในแต่ละช่วงของ R&M

ในกิจกรรม R&M ได้แบ่งช่วงของการดำเนินกิจกรรมในผลิตภัณฑ์ออกเป็น 5 ช่วง ตั้งแต่เริ่มแนวคิดของผลิตภัณฑ์ ไปจนกระทั่งสิ้นสุดการใช้งานของผลิตภัณฑ์ ดังรูปที่ 2.11 โดยมีรายละเอียดในแต่ละช่วงดังนี้

1. ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase)

งานที่หมดที่ทำในระยะนี้คือการกำหนดหน้าที่การทำงานของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ใช้หรือลูกค้าต้องการรวมถึงข้อจำกัดทางเทคนิคต่างๆ ซึ่งต้องมีการกำหนดและเขียนคุณลักษณะที่ต้องการอย่างชัดเจน ตัวอย่างเช่น

- บ่งชี้หรือนิยามสิ่งที่ต้องการ
- กำหนดคุณลักษณะที่ต้องการ
- ระบุความสามารถของผลิตภัณฑ์ (เครื่องจักรหรืออุปกรณ์)
- กำหนดค่า R&M ของผลิตภัณฑ์
- ระบุสภาพแวดล้อมที่ใช้งาน
- ระบุข้อจำกัดทางเทคนิค
- จัดทำเอกสารข้อกำหนดที่ต้องการ
- ระบุเอกสารที่ใช้ในการควบคุม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase)

การพัฒนาหรือการออกแบบนั้นเป็นงานที่มีความสำคัญซึ่งมีผลกระทบต่อความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา ของผลิตภัณฑ์มากที่สุด การวางแผนกิจกรรมที่ดีและถูกต้องเป็นสิ่งจำเป็นต่อการบรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ตัวอย่างเช่น

- การแบ่งระบบออกเป็นชิ้นส่วนย่อยต่างๆ
- การพยากรณ์อัตราการขัดข้องเสียหาย
- การวิเคราะห์จุดอ่อนในการออกแบบ
- การทบทวนการออกแบบ
- การประเมินการใช้งานของชิ้นส่วนต่างๆ
- การพยากรณ์ชิ้นส่วนอะไหล่และระบบการจัดการ

3. ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase)

ในระยะนี้สิ่งที่ต้องทำคือการตรวจติดตาม (Monitoring) ว่าเป็นไปตามเป้าหมายของ R&M ที่วางเอาไว้ในช่วงของแนวคิดและข้อกำหนดที่ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์ต้องการหรือไม่ ตัวอย่างเช่น

- การควบคุมคุณภาพ
- การจัดทำขั้นตอนการบำรุงรักษาเครื่องจักร
- การทดสอบตามคุณลักษณะที่ระบุไว้
- การติดตั้งหรือขนส่งยังโรงงานของผู้ใช้
- การตรวจติดตามระวังป้องกันการขัดข้องเสียหายในช่วงเริ่มต้นการใช้งาน (Infant Mortality Failures)

4. ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase)

เป็นระยะที่เครื่องมือหรืออุปกรณ์ถูกนำไปใช้งานอย่างเต็มรูปแบบ สิ่งสำคัญในช่วงนี้คือการเก็บข้อมูลของการใช้งาน เพื่อนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการจัดทำการพัฒนาการของ R&M (R&M Growth) และการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ซึ่งจำเป็นต้องได้รับความร่วมมือกันในสองฝ่ายคือผู้ใช้ (User) และผู้สร้าง (Supplier) ตัวอย่างเช่น

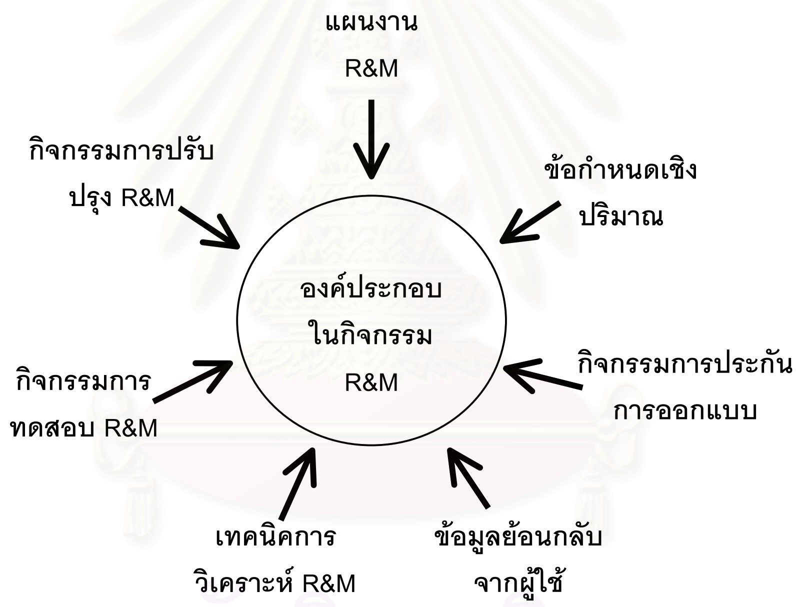
- การเก็บข้อมูลย้อนกลับ
- การวิเคราะห์ข้อมูล
- การจัดทำรายงานการขัดข้องเสียหายและการแก้ไขปัญหา

5. ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งาน (Conversion and Decommission Phase)

เมื่อถึงระยะเวลาสิ้นสุดการใช้งาน ซึ่งเป็นช่วงที่มีอัตราความเสียหายสูงขึ้นยังผลให้มีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูง จำเป็นที่จะต้องทำการยกเลิกการใช้งาน หรือทำการซ่อมแซมให้กลับสู่สภาพดีเช่นเดิม ในช่วงนี้เมื่อถึงเวลาที่ต้องยกเลิกการใช้งานข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้นไม่ว่าจะเป็นอัตราการขัดข้องเสียหาย การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น ฯลฯ จะต้องมีการจดบันทึกและทำเป็นข้อมูลย้อนกลับเพื่อใช้ในการปรับปรุงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ของผู้สร้างต่อไปในอนาคต

2.1.4.2 องค์ประกอบสู่ความสำเร็จของกิจกรรม R&M

องค์ประกอบหลักที่นำพาให้กิจกรรม R&M ไปสู่ผลสำเร็จ นั้นประกอบด้วย 7 ประการด้วยกันคือ การวางแผนงาน R&M การกำหนดเชิงปริมาณ การประกันการออกแบบ ข้อมูลย้อนกลับจากผู้ใช้ เทคนิคการวิเคราะห์ R&M การทดสอบ R&M และการปรับปรุง R&M แสดงดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 องค์ประกอบสู่ความสำเร็จในกิจกรรม R&M

1. แผนงาน R&M (R&M Planning) คือ โครงสร้างของแนวทาง R&M ที่ผู้สร้าง (Suppliers) และผู้ใช้ (Users) ยึดถือเพื่อนำไปสู่การดำเนินการให้บรรลุความต้องการ R&M ที่วางไว้ สิ่งที่ได้จากแผนงาน R&M ได้แก่ แผนงานที่ประกอบด้วยกิจกรรม ผู้รับผิดชอบ และวันเวลาที่วางไว้
2. ข้อกำหนดเชิงปริมาณ (Quantitative Requirements) คือ ค่าที่ได้จากการคำนวณซึ่งระบุในช่วงของ แนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase)

3. กิจกรรมการประกันการออกแบบ (Design Assurance Activities) คือ กิจกรรมเชิงคุณภาพที่ระบุในแผนงาน R&M ตัวอย่างเช่น การทบทวนการออกแบบ การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ การเลือกชิ้นส่วนประกอบ การประเมินความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability Assessment) เป็นต้น
4. ข้อมูลย้อนกลับจากผู้ใช้ (User Feedback) คือ ข้อมูลสมรรถนะของอุปกรณ์อันเนื่องมาจากการใช้งาน รายงานผลการซ่อมบำรุง การทบทวนประสบการณ์ที่ผ่านมา (Lessons Learned) องค์ประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องในการใช้งาน เป็นต้น
5. เทคนิคการวิเคราะห์ R&M (R&M Analystical Techniques) คือ กิจกรรมเชิงปริมาณ ตัวอย่างเช่น การวิเคราะห์ค่าความเค้น การระบุขอบเขตที่ยอมรับของการออกแบบ (Design Magin) การลดภาระการใช้งานของชิ้นส่วน (Component Derating) การพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability Prediction) เป็นต้น
6. กิจกรรมการทดสอบ R&M (R&M Testing Activities) คือ การทดสอบต่างๆ เช่น การทดสอบเร่งอายุ (Accelerated Life Testing) การทดสอบคุณสมบัติ (Qualification Testing) เป็นต้น
7. กิจกรรมการปรับปรุง R&M (R&M Improvement Activities) คือ การปรับปรุงผลิตภัณฑ์อย่างต่อเนื่องโดยยึดข้อมูลย้อนกลับจากผู้ใช้ การพัฒนาความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability Growth) การปรับปรุงความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability Improvement) ระบบการรายงานผลการวิเคราะห์การขัดข้องเสียหายและการดำเนินการแก้ เป็นต้น

จากกิจกรรมและองค์ประกอบที่กล่าวมาทั้งหมดของกิจกรรม R&M สามารถสรุปแนวคิดของการดำเนินกิจกรรมในรูปแบบของ 5W1H ดังตารางที่ 2.6

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 2.2 สรุปแนวคิดในการดำเนินกิจกรรม R&M ตามรูปแบบของ 5W1H

PHASE	WHAT	WHY	WHEN	WHERE	HOW	WHO
ช่วงที่ 1	แนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal)	เพื่อหาความต้องการ เงื่อนไข และความคาดหวัง รวมถึง เป้าหมาย R&M	ช่วงของการติดต่อและนำเสนอผู้ใช้	บริษัทของผู้ใช้ หรือ บริษัทของผู้สร้าง หรือ ที่ใดๆ ที่ทั้งสองฝ่ายต้องการ	หาข้อมูลจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้ใช้งาน	*ผู้ใช้:* ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง *ผู้สร้าง:* ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต
ช่วงที่ 2	พัฒนาและออกแบบ (Design and Development)	เพื่อหาวิธีการพัฒนาปรับปรุงและออกแบบผลิตภัณฑ์ให้เป็นไปดังความต้องการของผู้ใช้	ช่วงของการดำเนินงานของผู้สร้างหลังจากที่ได้ข้อมูลจากผู้ใช้	บริษัทของผู้สร้าง	ทำการทบทวนผลิตภัณฑ์หรือข้อมูลในอดีตเพื่อทำการออกแบบและปรับปรุง รวมถึงทบทวนการออกแบบเพื่อให้ได้ดังข้อกำหนดและเป้าหมายที่ต้องการ	*ผู้ใช้:* ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง *ผู้สร้าง:* ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต
ช่วงที่ 3	สร้างและนำไปติดตั้ง (Build and Install)	เพื่อสร้างและทดสอบผลิตภัณฑ์ให้แน่ใจว่าผลิตภัณฑ์เป็นไปตามการออกแบบและเป็นดังที่ลูกค้าต้องการ	ช่วงหลังจากการออกแบบและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งทบทวนเสร็จสิ้น	โรงงานของผู้สร้างและโรงงานของผู้ใช้ เมื่อนำไปทดสอบและติดตั้ง	ทำการสร้างและทดสอบผลิตภัณฑ์ ทั้ง ณ โรงงานของผู้สร้าง รวมทั้งที่โรงงานของผู้ใช้หลังจากการขนย้ายและติดตั้งเพื่อให้เกิดความมั่นใจ	*ผู้ใช้:* ฝ่ายจัดซื้อ ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง *ผู้สร้าง:* ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต
ช่วงที่ 4	ใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support)	เพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้องรวมทั้งมีการบันทึกข้อมูลอันเนื่องจากปัญหาของผลิตภัณฑ์ในขณะใช้งาน	ช่วงของการใช้งานผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้	โรงงานของผู้ใช้	ทำการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งาน การซ่อมบำรุง สาเหตุและวิธีการแก้ไขที่เกิดขึ้น รวมทั้งมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้และผู้สร้าง	*ผู้ใช้:* ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง *ผู้สร้าง:* ฝ่ายออกแบบ ฝ่ายผลิต
ช่วงที่ 5	ปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งาน(Conversion/Decommission)	เพื่อทำการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งหมดของผลิตภัณฑ์เมื่อถึงจุดสิ้นสุดของอายุผลิตภัณฑ์	ช่วงของการใช้งานผลิตภัณฑ์ของผู้ใช้	โรงงานของผู้ใช้	ทำการรวบรวมข้อมูลการสิ้นสุดการใช้งานของผลิตภัณฑ์ อายุสุดท้ายและสาเหตุการยกเลิกใช้งานหรือการปรับเปลี่ยนการใช้งาน	*ผู้ใช้:* ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง *ผู้สร้าง:* ฝ่ายประสานงานโครงการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

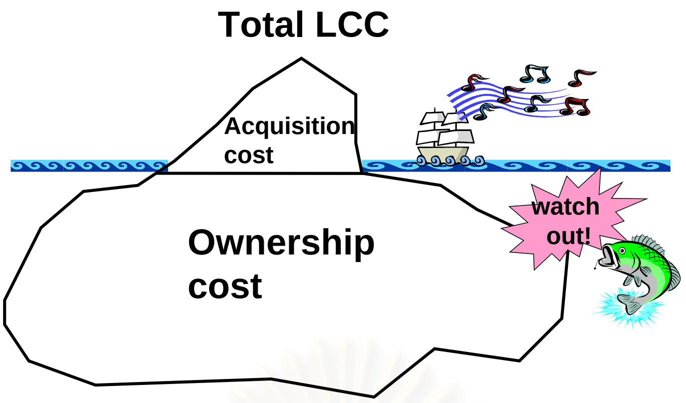
2.1.4.3 การนำแนวทางของ R&M ไปใช้ในอุตสาหกรรม

ในปัจจุบันมีอุตสาหกรรมต่างๆ ได้นำเอาแนวทางของ R&M ไปใช้เพื่อปรับปรุงกระบวนการ ลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการ ลดความแปรผันของกระบวนการผลิต และลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นตลอดช่วงการผลิต ซึ่งสร้างความพึงพอใจและสร้างความไว้วางใจให้กับลูกค้า รวมไปถึงลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ ตัวอย่างเช่น

- อุตสาหกรรมทางทหาร
- อุตสาหกรรมการบินและอวกาศยาน
- อุตสาหกรรมการสื่อสารและโทรคมนาคม
- อุตสาหกรรมพลังงาน
- อุตสาหกรรมเคมีและปิโตเลียม
- อุตสาหกรรมรถยนต์
- อุตสาหกรรมเครื่องใช้ไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์
- อุตสาหกรรมการแพทย์
- อุตสาหกรรมเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆ เช่น หุ่นยนต์ เครื่องจักรกล แม่พิมพ์ เป็นต้น
- อุตสาหกรรมการบริการในระบบต่างๆ เช่น ระบบคอมพิวเตอร์ ระบบสาธารณูปโภค เป็นต้น
- อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องอื่นๆ

2.1.5 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์

ในอดีตที่ผ่านมาลูกค้ามักตัดสินใจเลือกผลิตภัณฑ์จากราคาที่ซื้อ หรือดูจากค่าใช้จ่ายของการได้มาเป็นเจ้าของ (Acquisition Cost) แต่เมื่อพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายหลังจากที่ได้มา คือ ค่าใช้จ่ายของการเป็นเจ้าของ (Ownership Cost) ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่มีมูลค่าที่สูงแต่มักจะมองข้ามไป ดังรูปที่ 2.7 สำหรับในปัจจุบันลูกค้าส่วนใหญ่ได้ตระหนักถึงค่าใช้จ่ายในส่วนนี้ และหันมาพิจารณาตัดสินใจเลือกโดยนำค่าใช้จ่ายทั้งสองช่วงมาพิจารณาเลือกผลิตเพื่อให้เกิดความคุ้มค่ามากขึ้น (Moss, 1995) ดังนั้นจึงเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ ซึ่งไม่สามารถจะลดค่าใช้จ่ายเหล่านี้ลงได้ถ้าไม่คำนึงตั้งแต่การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในช่วงเริ่มต้น



รูปที่ 2.7 สัดส่วนของค่าใช้จ่ายของการได้มาเป็นเจ้าของกับค่าใช้จ่ายของการเป็นเจ้าของ

(Kawauchi and Rausand, 1999)

2.1.5.1 ความหมายของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ หมายถึง ค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นตลอดช่วงอายุของผลิตภัณฑ์ ซึ่งจะรวมค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในทุกช่วงเวลาของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ดังที่แสดงในรูปที่ 2.8 แสดงช่วงเวลาทั้งหมดห้าช่วง โดยค่าใช้จ่ายสามช่วงแรก คือ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง รวมกับช่วงสุดท้าย คือ ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก เรียกว่า ค่าใช้จ่ายที่ไม่เกิดซ้ำ (Non-Recurring Costs) และค่าใช้จ่ายที่เกิดในช่วงของการใช้งานและสนับสนุน จะเรียกว่า ค่าใช้จ่ายที่เกิดซ้ำ (Recurring Costs) โดยจะเกิดค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นตลอดการใช้งานในช่วงนี้ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นมากที่สุดใน ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน (Willis,1996) และค่าใช้จ่ายในช่วงนี้เมื่อรวมตลอดอายุของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์แล้วจะมีมูลค่าสูงกว่าค่าใช้จ่ายเริ่มต้นที่ได้มาซึ่งความเป็นเจ้าของ (Initial Acquisition Cost)

1. ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ
2. ช่วงออกแบบและพัฒนา
3. ช่วงสร้างและติดตั้ง
5. ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

→ ค่าใช้จ่ายที่ไม่เกิดซ้ำ (Non-Recurring Cost)

4. ช่วงใช้งานและสนับสนุน

→ ค่าใช้จ่ายที่เกิดซ้ำ (Recurring Cost)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.8 ช่วงอายุและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ทำให้ทราบสิ่งต่างๆ ต่อไปนี้

- ความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ของทางเลือกสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่จะใช้งานหรือเป็นเจ้าของ
- ความเป็นไปได้ในทางเศรษฐศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงปัจจัยที่ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์
- ค่าใช้จ่ายสะสมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาของอายุเครื่องจักรและอุปกรณ์

ขั้นตอนการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์

1) วิเคราะห์และระบุช่วงอายุทั้งหมดของระบบ
2) ระบุอายุคาดหวังของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตามสภาพการใช้งานจริง
3) พิจารณาปัจจัยค่าใช้จ่ายและความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงอายุ
4) พิจารณาปัจจัยด้านเวลาที่มีผลกับค่าใช้จ่าย เช่น อัตราเกิดเฟ้อ (Inflation) หรืออัตราการคืนทุน (Rate of Return) รวมถึงค่าใช้จ่ายแอบแฝง (Hidden Cost) เช่น มูลค่าเงิน (Cost of Money) ค่าเสียโอกาสทางการผลิต (Cost of Lost Production) เป็นต้น
5) คำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งาน จากสูตรคณิตศาสตร์ที่สร้างขึ้น
6) วิเคราะห์ผลการคำนวณโดยพิจารณาจากปัจจัยค่าใช้จ่ายที่สูงเกินความต้องการ เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงจนได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่เหมาะสม

2.1.5.2 องค์ประกอบของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์

รูปที่ 2.9 แสดงองค์ประกอบค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ องค์ประกอบของค่าใช้จ่ายเหล่านี้จะแตกต่างกันตามประเภทอุตสาหกรรมและลักษณะขององค์กร รูปนี้แสดงรายละเอียดปลีกย่อยที่เกิดขึ้นของค่าใช้จ่ายในแต่ละกลุ่ม เมื่อรวมค่าใช้จ่ายย่อยทั้งหมดจะเป็นค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ (Acquisition Costs) ประกอบด้วย
   - ราคาซื้อ (Purchase Price) คือ ราคาในการขายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ซึ่งไม่รวมค่าขนส่ง
   - ค่าดำเนินการ (Administration and Engineering Costs) คือ ค่าการดำเนินการของบุคลากร ค่าการเดินทางติดต่อ เป็นต้น
   - ค่าติดตั้ง (Installation and Launch Costs) คือ ค่าในการติดตั้ง ตรวจสอบ เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ณ โรงงานของผู้ใช้

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- ค่าฝึกอบรม (Training Costs) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการอบรมพนักงานผู้ทำหน้าที่ใช้งานหรือบำรุงรักษาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์
- ค่าปรับเปลี่ยน (Conversion Costs) คือ ค่าใช้จ่ายทางตรงและทางอ้อมที่เกี่ยวข้องกับแผนการปรับเปลี่ยนการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จากผลิตภัณฑ์หนึ่งไปสู่อีกผลิตภัณฑ์หนึ่งระหว่างอายุการใช้งาน
- ค่าขนส่ง (Transprtation Costs) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการเคลื่อนย้ายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จากโรงงานของผู้สร้างไปสู่โรงงานของผู้ใช้

2. ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating Costs) ประกอบด้วย
    - ค่าแรงงานทางตรง (Direct Labor Costs) คือ ค่าใช้จ่ายแรงงานทางตรงทั้งหมด ที่ใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตลอดอายุการใช้งาน
    - ค่าสาธารณูปโภค (Utility Costs) คือ ค่าสาธารณูปโภค ทั้งหมดตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ได้แก่ อากาศ ไอน้ำ ไฟฟ้า แก๊ส และน้ำ
    - ค่าของใช้สิ้นเปลือง (Consumable Costs) คือ ค่าใช้จ่ายของวัสดุที่ใช้แล้วหมดไปที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต้องใช้ตลอดอายุการใช้งาน เช่น สารหล่อเย็น สารหล่อลื่น ไส้กรอง เป็นต้น
    - ค่าจัดการของเสีย (Waste-handling Costs) คือ ค่าใช้จ่ายในการรวบรวมและกำจัดของเสียที่เกิดจากการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์
    - ค่าจัดเก็บอะไหล่ (Cost of Spare Parts Inventory) คือ ค่าใช้จ่ายของการมีไว้ครอบครอง หรือคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่เพื่อใช้สนับสนุนการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Costs) ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญคือ ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง และค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง

    3.1 ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง (Scheduled Maintenance Costs) คือ ค่าใช้จ่ายของวัสดุและแรงงาน ที่เกี่ยวข้องตามตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตลอดอายุการใช้งาน
    - อายุของอุปกรณ์ (Life of Equipment) คือ อายุของอุปกรณ์ที่ใช้ในการผลิต จนกระทั่งปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งาน
    - ตารางการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance Schedule) คือ ตารางกิจกรรมการบำรุงรักษา เพื่อให้แน่ใจว่าอุปกรณ์จะสามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง ซึ่งผู้สร้างจำเป็นต้องระบุวิธีการและความถี่ของการบำรุงรักษา
    - ค่าชิ้นส่วนต่อปี (Parts per Year) คือ ค่าใช้จ่ายของชิ้นส่วนที่ใช้ในกิจกรรมการบำรุงรักษาในหนึ่งปี

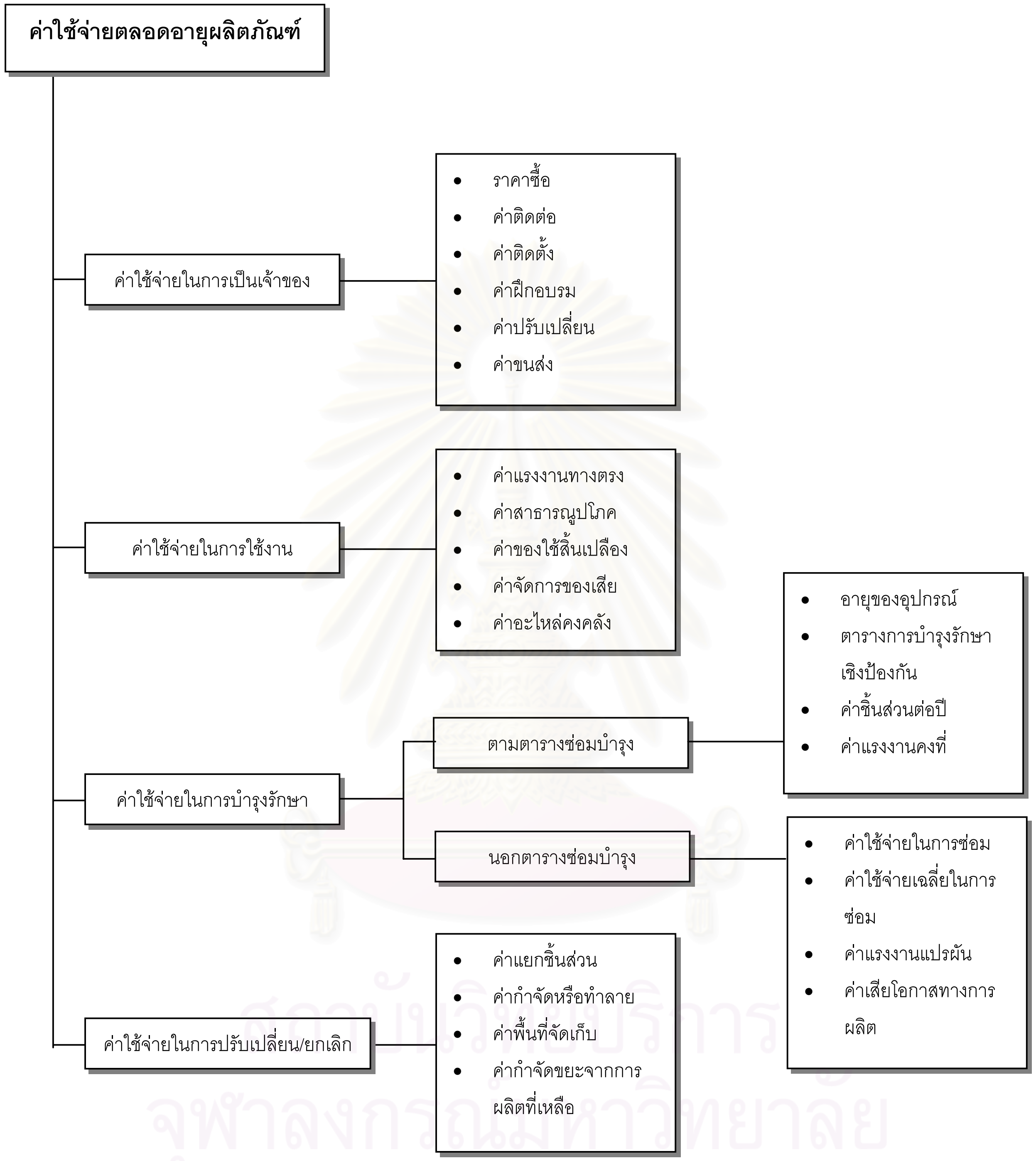
- ค่าแรงงานคงที่ (Fixed Labor Cost) คือ ค่าใช้จ่ายด้านแรงงานที่ใช้สำหรับการบำรุงรักษาตามแผนงานการบำรุงรักษา

3.2 ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง (Unscheduled Maintenance Costs) คือ ค่าใช้จ่ายของวัสดุและแรงงานที่เกิดจากการขัดข้องเสียหายตลอดอายุการใช้งาน

- ค่าใช้จ่ายในการซ่อม (Cost of Repair) คือ ค่าใช้จ่ายของแรงงานและชิ้นส่วน ที่ถูกใช้ในการคืนสภาพ (Restore) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เสียสู่สภาพการใช้งานปกติ หรือ
- ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อม (Average Cost of Repair) คือ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อมแซม อันเนื่องมากจากการขัดข้อเสียหาย ซึ่งเป็นค่าเฉลี่ยของการขัดข้องเสียหายแต่ละครั้งที่เกิดขึ้น
- ค่าแรงงานแปรผัน (Variable Labor Cost) คือ ส่วนต่างที่เกินจากค่าแรงงานคงที่ของงบประมาณที่ตั้งไว้ตามแผนการบำรุงรักษา เช่น ค่าล่วงเวลา เป็นต้น
- ค่าเสียโอกาสทางการผลิต (Cost of Lost Production) คือ ค่าเสียโอกาสของการผลิต อันเนื่องมาจาก การขัดข้องเสียหายของเครื่องจักร หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการหยุดเครื่องจักร

4. ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion/Decommission Costs) ประกอบด้วย
   - ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยน (Conversion Costs) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้สามารถใช้งานกับผลิตภัณฑ์อื่น ซึ่งอาจแตกต่างกันไปตามชนิด และสถานที่
   - ค่าใช้จ่ายในการยกเลิกการใช้งาน (Decommission Costs) คือ ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวกับการยกเลิกการใช้งาน เช่น ค่าใช้จ่ายในการแยกชิ้นส่วน (Disassembly) ค่ากำจัดหรือทำลายเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ค่าพื้นที่จัดเก็บ และค่ากำจัดขยะจากการผลิตที่เหลือ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

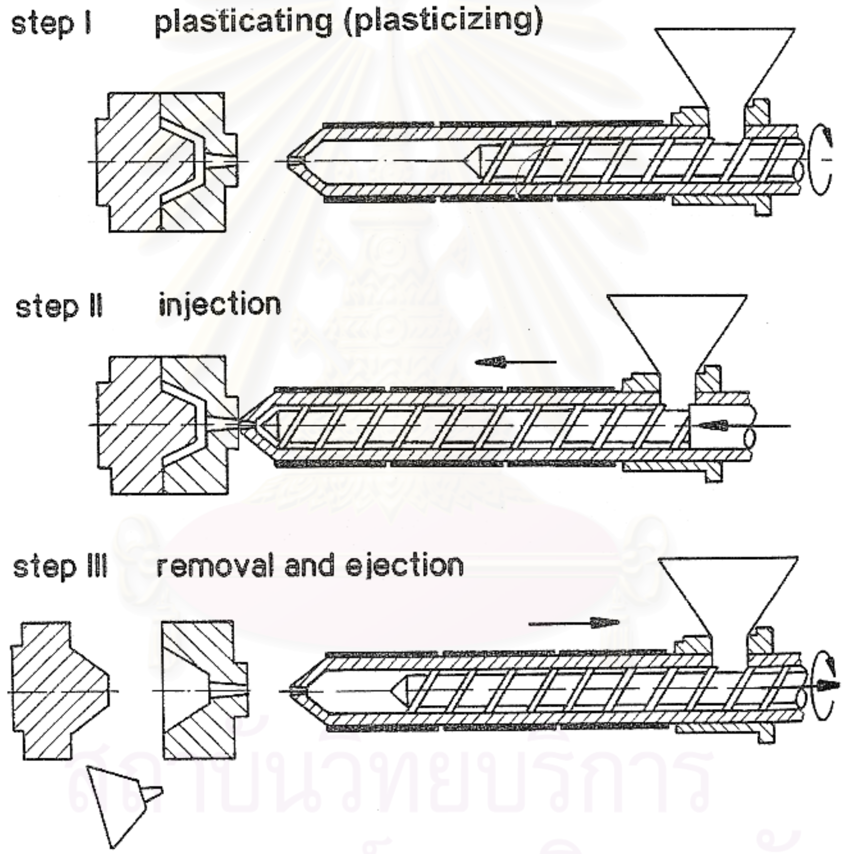


รูปที่ 2.9 **องค์ประกอบของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์**

2.2 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

2.2.1 บทนำ

กระบวนการฉีดพลาสติก เป็นกระบวนการที่มีความสำคัญที่สุดในการผลิตชิ้นงานพลาสติก ประมาณ 60% ของเครื่องจักรที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปพลาสติกทั้งหมด คือชนิดที่เป็นเครื่องฉีด (Injection Molding Type) เครื่องฉีดพลาสติกนี้สามารถผลิตชิ้นงานที่มีน้ำหนักตั้งแต่ไม่กี่มิลลิกรัม ไปจนถึง 90 กิโลกรัม กระบวนการฉีดพลาสติกเป็นกระบวนการแปรรูปหลัก (Primary Processing Methods) ที่สำคัญกระบวนการหนึ่ง ขั้นตอนของกระบวนการฉีดแสดงดังรูปที่ 2.10



รูปที่ 2.10 **กระบวนการฉีดพลาสติก** (Michaeli et al., 1995)

กระบวนการฉีดพลาสติกเป็นวิธีการที่เหมาะสมสำหรับการผลิตในปริมาณสูง (Mass-produced Goods) เพราะสามารถแปรรูปวัตถุดิบให้กลายเป็นชิ้นงานสำเร็จ (Finish Goos) ได้โดยใช้ขั้นตอนการทำงานเพียงหนึ่งครั้ง ต่างกับกระบวนการหล่อโลหะ (Metal Casting) หรือ กระบวนการอัด (Compressing Molding) เทอร์โมเซต (Thermosets) หรือยาง (Elastomers) กระบวนการฉีดพลาสติก สามารถทำการผลิตโดยไม่เกิดครีบ (Flash) บนชิ้นงาน (ในกรณีแม่พิมพ์ที่มีคุณภาพ) ทำให้มี

ความจำเป็นในการตกแต่งชิ้นงานเพียงเล็กน้อยหรือแทบไม่มีเลย รวมทั้งสามารถผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนโดยมีขั้นตอนการทำงานเพียงครั้งเดียว (Single Operation)

ส่วนใหญ่วัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการฉีดพลาสติกจะเป็นเทอร์โมพลาสติก แต่บางครั้งอาจเป็นเทอร์โมเซต หรือ ยาง ได้เช่นกัน ดังแสดงตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างพลาสติกที่ใช้ในกระบวนการฉีด

เทอร์โมพลาสติก (Thermoplastics)	*เทอร์โมเซต (Thermosets)*
5. Polystyrene (PS)	12. Unsaturated Polyester Resin (UP)
6. Acrylonitrile Butadiene Styrene (ABS)	13. Phenol-formaldehyde Rasin (PF)
7. Polyethylene (PE)	
8. Polypropylene (PP)	*ยาง (Elastomers)*
9. Polycarbonate (PC)	14. Nitrile Rubber (NBR)
10. Polymethyl Methacrylate (PMMA)	15. Styrene Butadiene Rubber (SBR)
11. Polymides (PA)	16. Polyisoprene (IR)

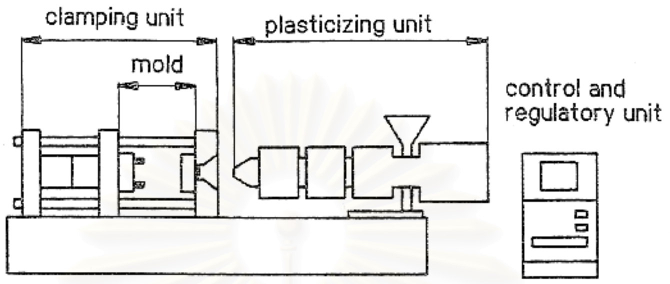
ผลกำไรของของกระบวนการฉีด ขึ้นกับอัตราการผลิตชิ้นงานต่อหน่วยเวลา ซึ่งอัตราผลผลิตนี้มีผลโดยตรงกับเวลาที่ใช้ในการแข็งตัวของชิ้นงานในแม่พิมพ์ เวลาที่ใช้ในการแข็งตัว (Cooling Time) จะเพิ่มมากขึ้นถ้าชิ้นงานมีความหนาเพิ่มขึ้น เวลาระหว่างการผลิตชิ้นงานออกมาต่อหนึ่งชิ้นเรียกว่า "รอบทำงาน (Cycle Time)"

ลักษณะของกระบวนการฉีด ประกอบด้วย

- เป็นกระบวนการแปรรูปโดยตรงจากวัตถุดิบเป็นชิ้นงานสำเร็จ (Finished Part)
- ต้องการการตกแต่งชิ้นงานเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลย
- กระบวนการผลิตสามารถทำงานได้อัตโนมัติ (Fully Automated)
- สามารถผลิตชิ้นงานที่เหมือนกันได้ในจำนวนมาก (High Reproducibility)
- ชิ้นงานที่ได้มีคุณภาพสูง

2.2.2 เครื่องฉีดพลาสติก

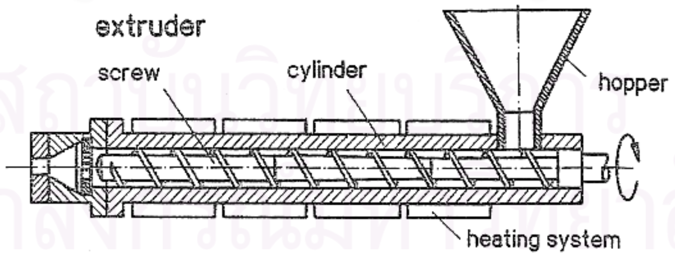
เครื่องฉีดพลาสติกเป็นเครื่องจักรที่ทำงานได้หลากหลาย หน้าที่คือทำการผลิตชิ้นงานจากวัตถุดิบ โดยใช้ความดันในการสร้างรูปร่าง ซึ่งจำเป็นต้องมีองค์ประกอบต่างๆ ช่วยในกระบวนการ ดังรูปที่ 2.11



รูปที่ 2.11 **โครงสร้างเครื่องฉีดพลาสติก** (Michaeli et al., 1995)

2.2.2.1 ชุดฉีด (Injection Unit)

ชุดฉีดทำหน้าที่หลอมเหลวพลาสติก ทำให้พลาสติกกลายเป็นเนื้อเดียวกัน (Homogenizes) ลำเลียง กำหนดปริมาณ (Meters) และฉีดเข้าไปยังแม่พิมพ์ ชุดฉีดนี้ทำหน้าที่หลัก 2 อย่าง คือ หลอมพลาสติก (Plasticating) และฉีดพลาสติกเข้าแม่พิมพ์ (Injection) เครื่องฉีดพลาสติกแบบที่ใช้งานกันปกติเป็นแบบสกรูเคลื่อนที่เข้าออก (Reciprocation Screw) โดยเครื่องฉีดพลาสติกนี้จะทำงานด้วยการหมุนของสกรูที่สามารถเคลื่อนที่เข้าออกขณะฉีดได้ (Injection Ram) ดังรูปที่ 2.12



รูปที่ 2.12 **สกรูของชุดฉีด** (Michaeli et al., 1995)

สกรูจะหมุนภายในกระบอกฉีดที่ให้ความร้อน วัตถุดิบจะถูกส่งมาจากถังบรรจุด้านบนไปยังกระบอกฉีด

โดยทั่วไปชุดฉีดจะติดอยู่บนตัวเครื่องฉีด (Machine Bed) ซึ่งสามารถเคลื่อนตัวได้ สำหรับกระบอกฉีด สกรู และหัวฉีด สามารถที่จะปรับเปลี่ยนเพื่อให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิตหรือปริมาณฉีด (Shot Volume) ได้

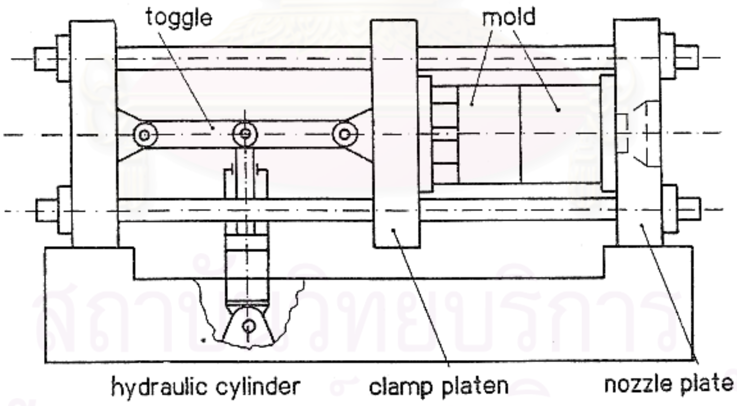
2.2.2.2 ชุดปิด (Clamping Unit)

ชุดปิดเป็นส่วนของเครื่องฉีดพลาสติกที่ให้แรงกดในแนวนอน แผ่นฉีด (Nozzle Platen) เป็นส่วนที่ยึดอยู่กับที่ และมีแผ่นยึด (Clamp Platen) เป็นส่วนที่เคลื่อนที่ได้ตามแนวของเสา (Tie Rods) ทั้งสี่ แม่พิมพ์จะถูกยึดอยู่กับแผ่นทั้งสองด้านของเครื่องฉีดในลักษณะที่ชิ้นงานจะตกลงด้านล่างเมื่อแม่พิมพ์เปิดออก

โดยทั่วไประบบขับเคลื่อนของแผ่นยึดของชุดปิด แบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1) ระบบกลไก (Mechanical Clamping Units)

ระบบกลไกจะใช้กับเครื่องจักรขนาดเล็กถึงขนาดกลาง แสดงดังรูปที่ 2.13 ข้อดีของระบบนี้ คือ สามารถล็อกการทำงานด้วยตัวเอง (Self-locking) เคลื่อนที่ได้รวดเร็ว ข้อเสีย คือ อาจทำให้เสา (Tie Rod) เกิดการเสียหาย และทำให้แม่พิมพ์เกิดการเสียรูปถาวร (Permanent Deformation) ได้ในกรณีที่มีการกำหนดระยะเปิดปิดไม่ดีพอ รวมทั้งมีค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาที่สูง

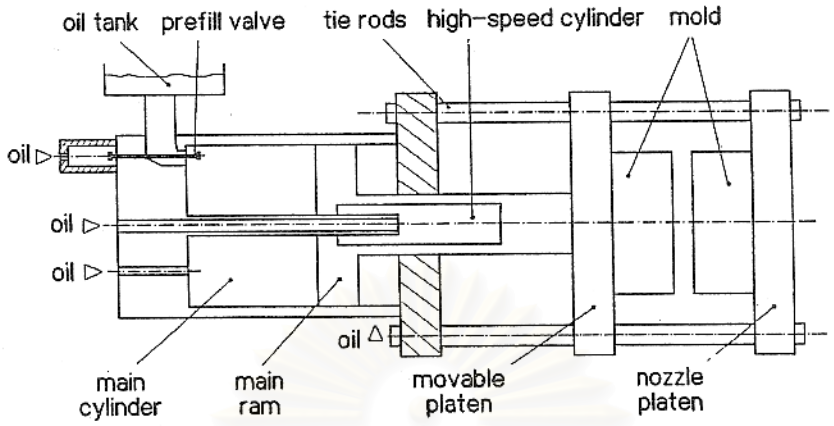


รูปที่ 2.13 ชุดปิดแม่พิมพ์แบบกลไก (Michaeli et al., 1995)

2) ระบบไฮดรอลิกส์ (Hydraulic Clamping Units)

ระบบไฮดรอลิกส์จะไม่มีอันตรายกับเสาเครื่องฉีด เพราะของไหลในระบบสามารถยุบตัวได้ ข้อดีของระบบนี้คือให้ความแม่นยำ (Precision) สูง สามารถปรับตำแหน่งได้หลากหลาย ลดปัญหาการเสียรูป (Deformation) ของแม่พิมพ์และการเสียหายของเสา (Tie Rod) ข้อเสีย คือ

มีความเร็วของการปิดเปิดต่ำ และความแกร่ง (Regidity) ต่ำ นอกจากนี้ยังใช้พลังงานสูงอีกด้วย แสดงดังรูปที่ 2.14



รูปที่ 2.14 **ชุดปิดแม่พิมพ์แบบไฮดรอลิกส์** (Michaeli et al., 1995)

2.2.2.3 **ส่วนโครงสร้างและตู้ควบคุม** (Machine Bed and Control Cabinet)

ส่วนโครงสร้างเป็นส่วนยึดชุดฉีด ชุดปิด ชุดเก็บของเหลวของระบบไฮดรอลิกส์ และชุดขับมอเตอร์ขับ ในบางกรณีรวมไปถึงชุดควบคุมและอุปกรณ์ต่างๆของเครื่องฉีด

ส่วนตู้ควบคุม เป็นส่วนที่ติดตั้งชุดควบคุมทางไฟฟ้า ตัวปรับ (Regulators) ระบบกำลังไฟฟ้า (Power Supply System) ซึ่งทำหน้าที่ในการควบคุมหรือปรับการทำงานของเครื่องฉีด สำหรับเครื่องฉีดที่ทันสมัย สามารถที่จะใส่ค่าพารามิเตอร์ผ่านแป้นพิมพ์ และมีจอภาพแสดงผล โดยมีไมโครคอมพิวเตอร์ติดตั้งอยู่ในตู้ควบคุม เพื่อทำหน้าที่ควบคุมและติดตามกระบวนการ รวมไปถึงเก็บข้อมูลการผลิต และบันทึกค่าได้

2.2.3 แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ไม่ใช่ส่วนประกอบของเครื่องฉีดพลาสติก เพราะถูกออกแบบให้ผลิตชิ้นงานแต่ละรูปแบบที่ต้องการได้ แม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ประกอบด้วยองค์ประกอบหลักอย่างน้อยสองส่วน ซึ่งแต่ละส่วนจะยึดติดกับแผ่นของชุดปิด โดยขนาดแม่พิมพ์ที่ใหญ่สุด พิจารณาจากขนาดของแผ่นชุดปิดและระยะห่างระหว่างเสาแต่ละต้นของเครื่องฉีดพลาสติก

2.2.3.1 **หน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก**

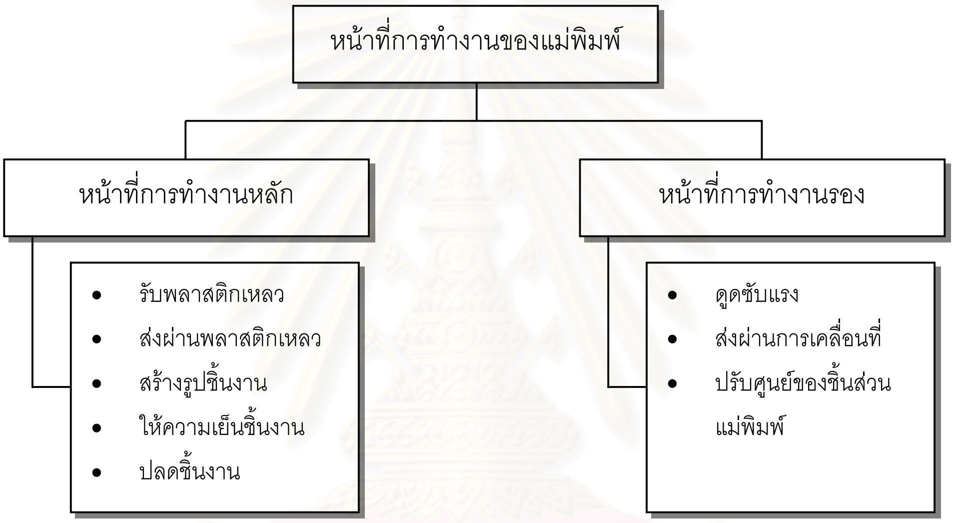
หน้าที่ของการทำงานของแม่พิมพ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.15 ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ หน้าที่หลัก (Primary Tasks) และหน้าที่รอง (Secondary Tasks) มีรายละเอียดดังนี้

1) หน้าที่หลัก (Primary Tasks)

หน้าที่หลัก ของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก คือ รับของเหลว (Reciept) ส่งผ่าน (Distrubution) ของเหลว สร้างรูปหรือเปลี่ยนรูป(Forming/Shaping) รวมทั้งให้ความเย็น (Cooling) ชิ้นงาน และปลด (Removal) ชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์

2) หน้าที่รอง (Secondary Tasks)

หน้าที่รอง ของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก คือ ดูดซับแรง (Asorbing) ส่งผ่านการเคลื่อนที่ (Transmitting Motion) และปรับศูนย์ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ (Guiding The Mold Parts) เพื่อให้แม่พิมพ์สามารถทำหน้าที่หลักได้



รูปที่ 2.15 หน้าที่การทำงานของแม่พิมพ์

2.2.3.2 องค์ประกอบหลักของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประกอบด้วยระบบดังรูปที่ 2.16 ได้แก่

1) ระบบทางเข้า (Gateing System)

วัตถุดิบจะไหลจากหัวฉีด (Nozzle) เข้าไปยังแม่พิมพ์ และไหลเข้าไปยังเบ้าหน้าที่เหล่านี้เป็นส่วนของระบบทางเข้า และช่องทางไหลของพลาสติก ซึ่งประกอบด้วย รูฉีด (Sprue) รูวิ่ง (Runner) และ รูเข้า (Gate)

2) ระบบเบ้า (Cavity System)

เมื่อพลาสติกไหลเข้าไปยังแม่พิมพ์ระบบที่ทำหน้าที่ดังกล่าว คือ ส่วนของตัวเบ้า หรือโพรงแบบ ซึ่งทำหน้าที่สร้างรูปร่าง โดยให้พลาสติกไปแข็งตัวอยู่ภายในเพื่อให้เกิดรูปร่างของชิ้นงานขึ้น

3) ระบบควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control System)

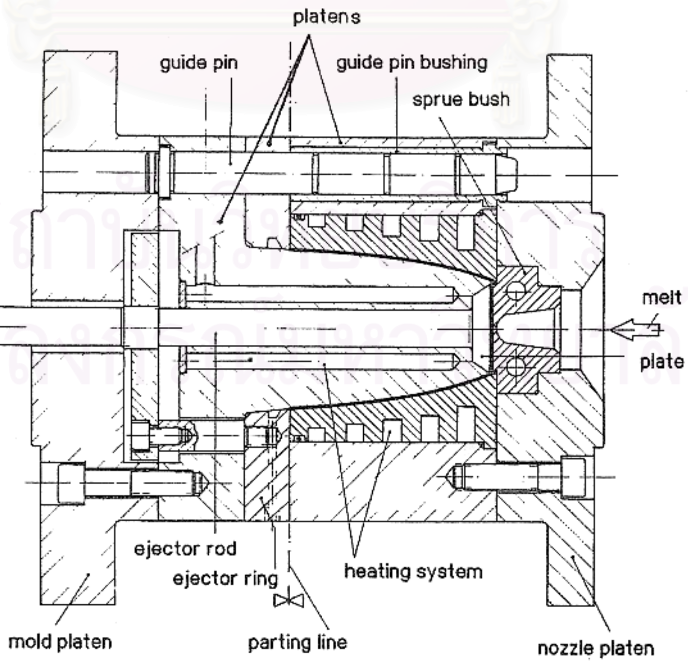
หน้าที่ของระบบนี้ คือ ทำให้พลาสติกเหลวกลายสภาพเป็นพลาสติกแข็ง เพื่อคงรูปชิ้นงานตามรูปร่างของเบ้า โดยต้องมั่นใจได้ว่าระบบทำให้ชิ้นงานแข็งตัวก่อนที่จะปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ในกระบวนการสำหรับเทอร์โมเซต (Thermosets) หรือยาง (Elastomers) นั้นจะทำหน้าที่คือให้ความร้อนเพิ่มขึ้นเพื่อกระตุ้นให้พลาสติกเกิดการเซตตัว

4) ระบบปลดชิ้นงาน (Ejection System)

เมื่อชิ้นงานแข็งตัวภายในตัวเบ้า หรือจบรอบการทำงาน สิ่งสำคัญ คือ ต้องมั่นใจว่าจะสามารถปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ โดยแม่พิมพ์จะแยกออกจากกันเมื่อเปิดออกตามเส้นแบ่งพิมพ์ (Parting Line) แล้วตัวกระทุ้ง (Ejector) จะทำหน้าที่ดันชิ้นงานออกจากตัวเบ้า

5) ระบบสนับสนุนการทำงานอื่นๆ (Support System)

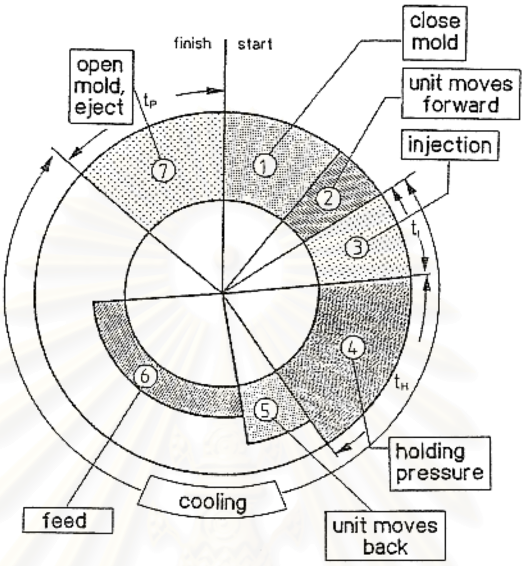
ระบบสนันสนุนอื่นๆ ได้แก่ ตัวนำศูนย์ แผ่นยึด และแผ่นประคองต่างๆ ที่อยู่ในแม่พิมพ์ เพื่อให้แม่พิมพ์ยึดติดกับตัวเครื่องฉีด และสนับสนุนให้ระบบต่างๆของแม่พิมพ์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปที่ 2.16 **ส่วนประกอบหลักของแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก** (Michaeli et al., 1995)

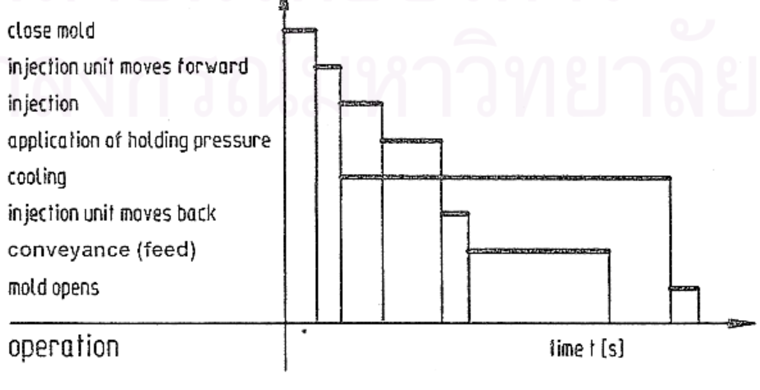
2.2.4 กระบวนการฉีดพลาสติก

ขั้นตอนในกระบวนการฉีดพลาสติก โดยทั่วไปเรียกว่า “รอบการฉีด (Injection Molding Cycle)” แสดงดังรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.17 **รอบการทำงานในการฉีดพลาสติก** (Michaeli et al., 1995)

เพื่อความเข้าใจขั้นตอนตามลำดับ ในแต่ละช่วงของกระบวนการให้อ้างอิงจากแผนภาพแสดงขั้นตอนที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ในรูปที่ 2.18



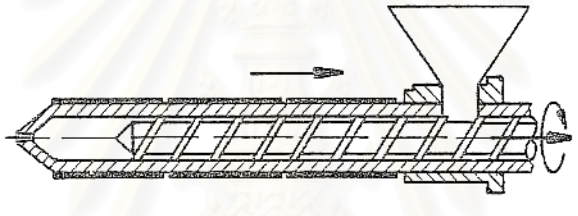
รูปที่ 2.18 **ลำดับขั้นตอนในรอบการฉีดแต่ละรอบ** (Michaeli et al., 1995)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนภาพนี้แสดงกระบวนการที่เกิดขึ้นตามลำดับ ยกเว้นขั้นตอนของการแข็งตัว (Cooling Process) ซึ่งจะทับซ้อนกับขั้นตอนอื่น กระบวนการต่างๆ เหล่านี้จะเกิดขึ้นโดยการทำงานของเครื่องฉีดและทำซ้ำเหมือนกันทุกครั้งในแต่ละรอบการทำงาน โดยเวลาของรอบการทำงานนั้นจะพยายามลดให้สั้นที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้สามารถผลิตชิ้นงานออกมาได้อย่างรวดเร็วและสร้างกำไรให้เกิดมากที่สุด

2.2.4.1 **ช่วงการเคลื่อนที่** (Feed /Metering)

วัตถุดิบจะไหลผ่านถังบรรจุไปยังปลายสกรู โดยสกรูจะหมุนภายในกระบอกฉีดและทำการบดและหลอมวัตถุดิบ ในขณะเดียวกันสกรูจะทำการส่งผ่านวัตถุดิบ ตัววัตถุดิบเองจะมีแรงดันกลับ (Pressed Backward) ซึ่งเกิดจากการสะสมของวัตถุดิบบริเวณปลายสกรู การส่งผ่านของวัตถุดิบจะหยุดเมื่อสกรูเคลื่อนที่ไปถึงตำแหน่งที่กำหนด ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 **ตำแหน่งของสกรูหลังผ่านช่วงการเคลื่อนที่** (Michaeli et al., 1995)

ณ ตำแหน่งนี้ ปริมาณวัตถุดิบที่สะสมบริเวณปลายสกรูจะเพียงพอกับชิ้นงานที่จะทำการฉีดเข้าไป ซึ่งระยะของการเคลื่อนที่ของสกรูนี้เรียกว่า “ระยะฉีด (Feed Distance)” และปริมาณของวัตถุดิบที่ปลายสกรูเรียกว่า “ปริมาณฉีด (Feed Capacity)” โดยทั้งสองตัวแปรนี้ต้องสอดคล้องกันในแต่ละแม่พิมพ์

2.2.4.2 **ช่วงการฉีด** (Injection)

ในช่วงของการฉีด ระบบขับไฮดรอลิกส์ของกระบอกฉีดจะเคลื่อนสกรูไปข้างหน้าโดยไม่มีการหมุน สกรูจะทำหน้าที่ดันวัตถุดิบที่หลอมเหลวผ่านหัวฉีด (Nozzle) เข้าไปยังแม่พิมพ์ ในช่วงนี้สกรูจะทำหน้าที่เคลื่อนที่เข้าออก ซึ่งควบคุมด้วยวาล์วกันไหลกลับ (Back-flow Valve)

ความดันในการฉีดจะถูกกำหนดบนเครื่องฉีดซึ่งเป็นตัวแปรคงที่ แสดงด้วยค่ามากสุดซึ่งจะต้องไม่เกิดค่าที่ระบุไว้ ส่วนตัวแปรอื่นที่ต้องตั้งค่าบนเครื่องฉีดคืออัตราการฉีด (Injection Rate)นั้นสามารถปรับได้ในระหว่างการฉีด

2.2.4.3 **กระบวนการไหลภายในแม่พิมพ์** (Flow Processes within the Mold)

กระบวนการไหลภายในแม่พิมพ์แบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ

ช่วงที่ 1 : ช่วงฉีด (Injection Phase)
ช่วงที่ 2 : ช่วงอัด (Compression Phase)
ช่วงที่ 3 : ช่วงความดันย้ำ (Holding Pressure Phase)

ปริมาตรในแม่พิมพ์ถูกเติมในช่วงฉีด เมื่อเต็มปริมาตรในแม่พิมพ์ ของเหลวจะเริ่มไหลช้าลง ช่วงอัดจึงเริ่มต้น ในช่วงนี้เนื้อของชิ้นงานจะเพิ่มขึ้น (ประมาณ 7%) จากการฉีดวัตถุอัดเข้าไปในแม่พิมพ์ ในช่วงอัดนี้ความดันภายในเบ้า (Cavity) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว จนกระทั้งความดันในแม่พิมพ์เริ่มคงที่ ในช่วงนี้จะเปลี่ยนไปสู่ช่วงความดันย้ำ

พลาสติกจะหดตัวในขณะที่เริ่มเย็นตัวภายในเบ้า การฉีดเนื้อเพิ่มเข้าไปจึงมีความจำเป็น เพื่อให้ได้ขนาดของชิ้นงานตามที่ต้องการ ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของช่วงความดันย้ำ ความดันภายในชิ้นงานจะลดลงตามระยะเวลา จนกระทั้งถึงช่วงความดันย้ำจะเริ่มคงที่ เนื่องจากชิ้นงานเริ่มแข็งตัว เมื่อความดันของชิ้นงานตกลงจนเท่าระดับความดันของบรรยากาศ (Ambient Level) เป็นอันสิ้นสุดช่วงความดันย้ำ

ช่วงเวลาขณะที่เปลี่ยนไปสู่ช่วงความดันย้ำเป็นช่วงที่มีความสำคัญ ถ้าช่วงนี้เกิดขึ้นเร็วเกินไป ชิ้นงานจะถูกอัดตัวไม่เพียงพอ มีผลทำให้เกิดรอยยุบ (Sink Marks) ถ้าช่วงนี้เกิดช้าอาจเป็นสาเหตุให้เกิดการฉีดมากเกินไปและส่งผลให้เกิดครีบ (Flash) บนชิ้นงาน

หลังจากช่วงความดันย้ำจบลง ชุดฉีด (Injection Unit) จะเริ่มต้นรอบทำงานถัดไป

2.2.4.4 **กระบวนการเย็นตัว** (Cooling Process)

ในช่วงการเย็นตัวเริ่มตั้งแต่กระบวนการฉีด และสิ้นสุดเมื่อปลดชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ ในช่วงนี้จะเป็นช่วงที่ทำให้ชิ้นงานคงรูป ณ อุณหภูมิสุดท้าย (Final Temperature) กระบวนการเย็นตัวนี้จะทำงานโดยรับอุณหภูมิจากช่องหล่อเย็น (Cooling Channels) ที่อยู่ในแม่พิมพ์ซึ่งมีสารหล่อเย็น (Cooling Medium) ไหลผ่านภายในช่องดังกล่าว

2.2.5 การแบ่งระดับของแม่พิมพ์

สำหรับเกณฑ์ในการแบ่งระดับหรือประเภทของแม่พิมพ์ นั้นสามารถแบ่งแยกตามรูปแบบต่างๆ ได้หลายวิธี เช่น

- ตามโครงสร้างพื้นฐานของแม่พิมพ์
- ตามชนิดของระบบปลด
- ตามชนิดของระบบทางเข้า
- ตามจำนวนของเบ้า (Cavities)
- ตามจำนวนของเส้นแบ่งพิมพ์ (Parting Lines)
- ตามพิกัดความคลาดเคลื่อนของชิ้นงาน
- ตามขนาดของแม่พิมพ์

ในงานวิจัยนี้เลือกการแบ่งระดับของแม่พิมพ์โดยสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (Society of the Plastics Industry, SPI) ซึ่งกำหนดไว้ในหนังสือ “คู่มือผู้สร้างแม่พิมพ์พลาสติก (Standards and Practices of Plastics molders)” โดยแบ่งระดับของแม่พิมพ์ได้ 6 ระดับด้วยกัน ตามลักษณะของการใช้งาน ซึ่งมาตรฐานนี้อ้างอิงสำหรับการทำงานบนเครื่องจักรที่ใช้ความดันยึดแม่พิมพ์ (Clamp Pressures)ไม่เกิน 400 ตัน และมีพื้นที่หน้าตัดชิ้นงาน (Produce Product) ไม่เกิน 35 ตารางนิ้ว (ประมาณ 218.75 ตารางเซนติมตร) ถ้ามีพื้นที่ใหญ่และใช้ความดันเกินกว่านี้จะใช้ข้อกำหนดที่ต่างออกไป อย่างไรก็ตามสามารถใช้หลักการเหล่านี้ไปประยุกต์ใช้ได้ โดยแม่พิมพ์ทั้ง 6 ระดับมีดังต่อไปนี้

2.2.5.1 **แม่พิมพ์ระดับ** 6 (Grade 6 Mold)

การใช้ทั่วไป : ผลิตชิ้นงานต้นแบบ ทดลองการผลิตครั้งแรก ในช่วงของการพัฒนาผลิตภัณฑ์ พิกัดความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานค่อนข้างกว้าง

อายุใช้งาน : น้อยกว่า 500 ชิ้น

จำเป็นต้องมีการสัญญาหรือไม่ : ไม่จำเป็น (No)

วิธีการประเมินคุณลักษณะ : ดูฟังก์ชันการทำงานเท่านั้น

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการ :

ในการสร้างแม่พิมพ์แบบนี้จะใช้แบบคร่าวๆ เลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์ใช้เวลาผลิตสั้น ตัวสวม (Insert) จะใช้วัสดุที่อ่อน เช่น เหล็กหล่อ (Cast Metal), อีพอกซีเคลือบโลหะ (Spray Metal backed with Epoxy), อลูมิเนียม (Aluminum), สังกะสี, ทองเหลือง หรือ Electroformed Metal ซึ่งมี

ความแข็งแรงเพียงพอในการผลิตในจำนวนไม่มากนัก ชิ้นงานที่ได้ไม่มีวัตถุประสงค์เพื่อขายในทางการตลาดแต่ใช้เพื่อการวิจัยทางการตลาด

ข้อกำหนดในการสร้าง : ไม่มี

2.2.5.2 แม่พิมพ์ระดับ 5 (Grade 5 Mold)

การใช้ทั่วไป : ผลิตชิ้นงานในปริมาณต่ำ

อายุใช้งาน : ไม่เกิน 10,000 รอบทำงาน (Cycle)

จำเป็นต้องมีการสัญญาหรือไม่ : ไม่จำเป็น (No)

วิธีการประเมินคุณลักษณะ : ดูฟังก์ชันการทำงานบางครั้งดูขนาด (Functional & Sometimes Dimensional)

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการ :

แม่พิมพ์ชนิดนี้ใช้สำหรับการผลิตในปริมาณจำกัดหรือไม่มากนัก โดยทั่วไปใช้แบบร่าง (Layout Design) ซึ่งไม่จำเป็นต้องมีรายละเอียดที่สมบูรณ์เป็นพิเศษ ใช้โครงสร้างหลักแม่พิมพ์ (Mold Base) ที่เป็นอลูมิเนียม (Aluminum) หรือเหล็กอ่อน (Mild Steel) ส่วนของ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) และ แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) ใช้วัสดุที่เป็นอลูมิเนียม (Aluminum) เหล็กอ่อน (Mild Steel) หรือวัสดุผสม (Composite Material)

ข้อกำหนดในการสร้าง :

1. ให้ตำแหน่งของแม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) ตัวกระทุ้ง (Ejection) และระบบหล่อเย็น (Cooling)
2. มีการกำหนดวัสดุที่ใช้ทำ แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity)Runners และทางเข้า (Gates) อยู่ที่โครงสร้างหลักของแม่พิมพ์ (Mold Base) หรือที่ชุดสวมของเบ้า (Cavity Insert)

2.2.5.3 แม่พิมพ์ระดับ 4 (Grade 4 Mold)

การใช้ทั่วไป : ผลิตชิ้นงานในปริมาณต่ำถึงปานกลาง

อายุใช้งาน : ไม่เกิน 50,000 รอบทำงาน (Cycle)

จำเป็นต้องมีการสัญญาหรือไม่ : ปกติไม่จำเป็น (Not Usually)

วิธีการประเมินคุณลักษณะ : ดูขนาดของชิ้นงาน (Dimensional)

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการ :

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แม่พิมพ์ชนิดนี้เป็นที่นิยมสำหรับการผลิตในปริมาณปานกลาย และนิยมใช้เป็นส่วนใหญ่ ตามปกติพิกัดความคลาดเคลื่อนเป็นแบบเปิด (Open Tolernace / Commercial tolerance) โดยออกแบบให้พิกัดความคลาดเคลื่อนอยู่ในความแปรปรวนของกระบวนการที่กำหนด

ข้อกำหนดในการสร้าง :

1. ให้ตำแหน่งทุกชิ้นส่วนของแม่พิมพ์
2. มีการกำหนดวัสดุที่ใช้ทำ แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity)
3. แผ่นรองเบ้า (Cavity back up plates) ใช้ความแข็งที่ 29 Rc เป็นอย่างน้อย
4. แผ่น แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) หรือ ตัวสวม (Insert) ใช้ความแข็งที่ 48 Rc เป็นอย่างน้อย
5. รูวิ่ง (Runners) และรูเข้า (Gates) อยู่ที่โครงสร้างหลักของแม่พิมพ์ (Mold Base) และ ชุดสวมของเบ้า (Cavity Insert)

2.2.5.4 **แม่พิมพ์ระดับ** 3 (Grade 3 Mold)

การใช้ทั่วไป : แม่พิมพ์ชนิดนี้นิยมใช้กันมาก ในอุตสาหกรรมพลาสติกตามปริมาณที่ต้องการ แม่พิมพ์นี้เป็นประเภทความคลาดเคลื่อนแบบปิด (Close Tolerance Molding) ซึ่งเป็นทางเลือกสำหรับคุณลักษณะทางสถิติ (Candidate for Statistical Qualifications)

อายุใช้งาน : ไม่เกิน 100,000 รอบทำงาน (Cycle)

จำเป็นต้องมีการสัญญาหรือไม่ : ไม่ค่อยจำเป็น (Not always) ถ้าเป็นแม่พิมพ์ใหม่จำเป็น

วิธีการประเมินคุณลักษณะ : ดูฟังก์ชันการทำงานและขนาดของชิ้นงาน (Dimensional) ถ้าเป็นไปได้ควรมีการพิจารณาถึงคุณลักษณะทางสถิติด้วย

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการ :

แม่พิมพ์ชนิดนี้ใช้กับวัตถุดิบโพลีเมอร์ทั่วไป ซึ่งจะไม่ทำความสึกหรอกับโลหะที่ใช้ทำแม่พิมพ์จาก การขัดสี ความร้อน หรือปฏิกิริยาทางเคมี แม่พิมพ์ชนิดนี้ใช้ในลักษณะการใช้งานทั่วไป (General Purpose Open tolerance) โดยแนะนำให้มีการบำรุงรักษาเป็นประจำ

สำหรับแม่พิมพ์ชนิดนี้ แนะนำสำหรับตลาดที่ยังไม่โตเต็มที่ (Mature Volumes) หรือใช้ในกระบวนการที่ต้องการมีการรับรอง (Certificaiton Process) เช่นใน ธุรกิจทางการแพทย์ ซึ่งจำเป็นที่จะต้องมีปริมาณผลิตภัณฑ์ในการทดสอบที่เพียงพอ โดยทั่วไปมักจะมีจำนวนเบ้าไม่มากนักซึ่งง่ายต่อการผลิต

ในการออกแบบจะใช้ส่วนประกอบของแม่พิมพ์มาตรฐาน และให้รายละเอียดเฉพาะชุดสวมของเบ้า (Cavity Inserts)

ข้อกำหนดในการสร้าง :

1. ให้ตำแหน่งทุกชิ้นส่วนของแม่พิมพ์
2. มีการกำหนดวัสดุที่ใช้ทำ แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity)
3. แผ่นรองเบ้า (Cavity back up plates) ใช้ความแข็งที่ 35 Rc เป็นอย่างน้อย
4. แผ่นแม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) หรือตัวสวม (Insert) ใช้ความแข็งที่ 54 Rc เป็นอย่างน้อย
5. Ejector Plate ต้องมี Wear Bushings เป็นตัวนำเพื่อให้เกิดการ Alignment
6. รูวิ่ง (Runners) อยู่ที่โครงสร้างหลักของแม่พิมพ์ (Mold Base) สำหรับรูวิ่งแบบสวม (Gates Insert) เป็นฟังก์ชั่นเสริม (Optional)

2.2.5.5 แม่พิมพ์ระดับ 2 (Grade 2 Mold)

การใช้ทั่วไป : แม่พิมพ์ชนิดนี้ใช้สำหรับผลิตปริมาณขนาดกลางถึงสูง วัตถุดิบโพลีเมอร์ อาจกัดเซาะ (Erode) ตัวเบ้าของแม่พิมพ์ใช้กับชิ้นงานที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำ (Close Tolernace Molding) เนื่องจากแม่พิมพ์ชนิดนี้มีคุณภาพค่อนข้างสูงดังนั้นราคาจึงสูงตามไปด้วย

อายุใช้งาน : ไม่เกิน 500,000 รอบทำงาน (Cycle)

จำเป็นต้องมีการสัญญาหรือไม่ : จำเป็น

วิธีการประเมินคุณลักษณะ : แม่พิมพ์ชนิดนี้ต้องมีการทดสอบทั้งขนาดและสถิติ ขึ้นกับการนำไปใช้งาน โดยทั่วไปถ้ามีหลายเบ้าจะต้องมีการประเมินการทดสอบด้านสถิติ

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการ :

แม่พิมพ์ชนิดนี้มักจะเป็นชนิดหลายเบ้า (Multi-cavity type mold) เนื่องจากมีความต้องการผลิตชิ้นงานในปริมาณที่มาก ด้วยการที่ผลิตจำนวนมากแม่พิมพ์ชนิดนี้จึงจำเป็นต้องสร้างให้มีพิกัดความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานไม่ให้ต่างกันและมีการบำรุงรักษาให้น้อยที่สุด

สำหรับแม่พิมพ์ชนิดนี้โดยทั่วไปมักเป็นแบบไม่มีทางวิ่ง (Runnerless System) แต่จะเป็นแบบทางวิ่งร้อนที่มีค่าใช้จ่ายสูงแต่มีผลทำให้ค่าใช้จ่ายด้านวัตถุดิบของชิ้นงานลดลง

ข้อกำหนดในการสร้าง :

1. ให้ตำแหน่งทุกชิ้นส่วนของแม่พิมพ์
2. แผ่นรองเบ้า (Cavity back up plates) ใช้ความแข็งที่ 29 Rc เป็นอย่างน้อย
3. แผ่นแม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และแม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) หรือตัวสวม (Insert) ใช้ความแข็งที่ 48 Rc เป็นอย่างน้อย
4. แผ่นกระทุ้ง (Ejector Plate) ต้องมีแหวนกันสึก (Wear Bushings) เป็นตัวนำเพื่อให้เกิดการได้แนว (Alignment) ของการประกอบ

5. ทุกชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ต้องติดตั้งแผ่นกันสึก (Wear Plates) และมีระบบหล่อลื่นในจุดที่จำเป็น
6. พื้นที่รอบชุดสวมของเบ้า (Cavity Insert) ควรต่ำอย่างน้อย 0.025" เพื่อให้เกิดการรับแรงที่บริเวณเส้นแบ่งพิมพ์ (Parting Line) ของตัวเบ้า และพื้นที่รอบสลักนำ (Leader Pins) ควรจะอยู่ห่างจากพื้นต่างระดับ (Left as a standoff pad) (ซึ่งพื้นที่นี้จะต่ำกว่า ตัวเบ้าประมาณ 0.002") เพื่อให้ตัวเบ้า (Cavity) สัมผัสก่อน แล้วจึงตามด้วยพื้นต่างระดับ (Standoff pads) เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของความดันจากการยึดแม่พิมพ์ (Clamp Force)
7. บริเวณเส้นแบ่งพิมพ์ (Parting Line) ของ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) และ แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) ต้องมีการชุบแข็ง (Hardened)
8. ส่วนของเบ้า ให้มีการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการเสียดสี (Abrasion) ของวัตถุดิบ และสนิมที่อาจเกิดขึ้น
9. ทางเดินน้ำสำหรับหล่อเย็น (Waterlines) ให้มีการเคลือบผิวด้วย Electroless Nickel หรือ Electroless Chrome เพื่อลดการกัดกร่อนหรือการเกาะของตระกรัน (Scale Buildup) จากการใช้งาน
10. มีการออกแบบที่ใช้รูวิ่งและรูเข้าแบบสวม (Runner bars/gate Inserts) และสร้างด้วยเหล็กที่ชุบแข็ง (Hardened Steel)
11. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้ (Confirming Electrical Sensors) บนชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่เพื่อให้แน่ใจว่ามีการวางแนวประกอบที่ถูกต้องเหมาะสม(Proper Precision Alignment)
12. ตำแหน่งของแม่พิมพ์ที่มีการใช้ ตัวกระทุ้งอิสระ (Independent Hydraulic Ejection) ต้องมีการออกแบบให้มีสวิตช์ควบคุม (Confirming Limit Switches) และวงจรควบคุมความสมดุลย์ของไฮดรอริกส์ (Hydraulic Balancing Circuits) เพื่อให้แน่ใจว่าแผ่นกระทุ้ง (Ejector Plate) มีการเคลื่อนที่ที่นุ่มนวล กระบอกฉีดที่เป็นแบบคู่ (Double rod end) ต้องกำหนดให้มีระยะคูสชั่น (Cushioned Stroke)
13. การออกแบบทางวิ่งร้อน (Hot Runner) ต้องมั่นใจว่าวงจรหล่อเย็นใกล้ปากทางวิ่งร้อน (Hot Runner Orifice) และมีพื้นที่สำหรับฉนวนอากาศ (Air Insulating Areas) ที่ปลายทางออก (Hot Runner Manifold and Tip) รวมทั้งแผ่นยึด (Clamp Plate) ยึดด้วยวัสดุที่ทำฉนวนกันความร้อนมีค่าการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) จาก ทางวิ่งร้อนสู่ Machine Platen ที่น้อยที่สุด

2.2.5.6 แม่พิมพ์ระดับ 1 (Grade 1 Mold)

การใช้ทั่วไป : เป็นแม่พิมพ์สำหรับการผลิตในปริมาณที่มากกว่า 500,000 รอบทำงาน โดยทั่วไปอยู่ที่ประมาณ 750,000 ถึง 1,000,000 รอบทำงาน พิกัดความคลาดเคลื่อนแบบปิด (Close Precision Molding)

อายุใช้งาน : มากกว่า 500,000 รอบทำงาน (Cycle)

จำเป็นต้องมีการสัญญาหรือไม่ : จำเป็น

วิธีการประเมินคุณลักษณะ : แม่พิมพ์ชนิดนี้ต้องมีการทดสอบทางสถิติเพื่อให้มั่นใจว่าในการผลิตปริมาณมากนั้นเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ โดยใช้ค่า CpK เป็นตัววัดการสึกและพิจารณาการบำรุงรักษา รวมถึงการเปลี่ยนของตัวเบ้า โดยชิ้นส่วนอะไหล่ของแม่พิมพ์ทุกตัวต้องผ่านการพิจารณาคุณลักษณะเหมือนแม่พิมพ์ที่ใช้ตอนแรกทุกประการ

ลักษณะเฉพาะที่ต้องการ :

แม่พิมพ์ชนิดนี้ต้องการคุณลักษณะเหมือน แม่พิมพ์ระดับ 2 ทุกอย่าง แต่ต้องมีการออกแบบที่คำนึงถึงการบำรุงรักษา การปรับเปลี่ยนของชิ้นส่วนที่เป็น แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) และมีการแนะนำวิธีบำรุงรักษาเชิงป้องกันด้วย

เนื่องจากเป็นแม่พิมพ์ชนิดที่มีราคาสูง เพราะใช้ในระยะยาว มีปริมาณการผลิตสูง ดังนั้นคำนึงถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นทั้งหมดในกระบวนการเพื่อให้มีความคุ้มค่าในการลงทุนเมื่อเทียบกับจำนวนชิ้นงานที่ทำการผลิต โดยทั่วไปจะเป็นระบบทางวิ่งร้อน (Hot Runner) มีการติดตั้ง ตัวนำกระทุ้ง (Guided Ejection) ติดตั้งแผ่นกันสึกที่ง่ายต่อการเปลี่ยน (Easily Replaceable Wear Plate) และตัววัดดันของเบ้า (Cavity Pressure Transducsers) เพื่อให้มั่นใจว่าจะทำให้เกิดการสึกของแม่พิมพ์น้อยที่สุด มีการใช้วัสดุที่น้อยที่สุด และเกิดผลิตภาพในการผลิตชิ้นงานมากที่สุด

ข้อกำหนดในการสร้าง :

1. ให้ตำแหน่งทุกชิ้นส่วนของแม่พิมพ์ โดยในการออกแบบนั้นให้คำนึงถึงการซ่อมแซมตัวเบ้า การเปลี่ยนตัวเบ้าโดยไม่จำเป็นต้องถอดชิ้นส่วนทุกชิ้น
2. แผ่นรองเบ้า (Cavity back up plates) ใช้ความแข็งที่ 29 Rc เป็นอย่างน้อย และใช้วัสดุที่ทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion)
3. แผ่นแม่พิมพ์ตัวผู้ (Core) และ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) หรือตัวสวม (Insert) ใช้ความแข็งที่ 48 Rc เป็นอย่างน้อย
4. แผ่นกระทุ้ง (Ejector Plate) ทำจากเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เพื่อหลีกเลี่ยงการกัดกร่อน โดยมีปลอดสวมชนิดลูกบอก (Ball Bearing Wear Bushing) และทำการชุบแข็งสลักนำ (Hardened Steel Guide Pin) ที่ใช้สำหรับการปรับแนว (Alignment)

5. ทุกชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ต้องติดตั้งแผ่นกันสึก (Wear Plates) และมีระบบหล่อลื่นในจุดที่จำเป็น
6. พื้นที่รอบชุดสวมของเบ้า (Cavity Insert) ควรต่ำอย่างน้อย 0.025” เพื่อให้เกิดการรับแรงที่บริเวณเส้นแบ่งพิมพ์ (Parting Line) ของตัวเบ้า และพื้นที่รอบสลักนำ (Leader Pins) ควรจะอยู่ห่างจากพื้นต่างระดับ (Left as a standoff pad) (ซึ่งพื้นที่นี้จะต่ำกว่า ตัวเบ้าประมาณ 0.002”) เพื่อให้ตัวเบ้า (Cavity) สัมผัสก่อน แล้วจึงตามด้วยพื้นต่างระดับ (Standoff pads) เพื่อให้เกิดการกระจายตัวของความดันจากการยึดแม่พิมพ์ (Clamp Force)
7. บริเวณเส้นแบ่งพิมพ์ (Parting Line) ของ แม่พิมพ์ตัวเมีย (Cavity) และ แม่พิมพ์ตัวผู้ (Core)ต้องมีการชุบแข็ง (Hardened)
8. ส่วนของเบ้า ให้มีการเคลือบผิวเพื่อป้องกันการเสียดสี (Abrasion) ของวัตถุดิบ และสนิม ในกรณีที่ไม่ใช้เหล็กกล้าไร้สนิม
9. ทางเดินน้ำสำหรับหล่อเย็น (Waterlines) ให้มีการเคลือบผิวด้วย Electroless Nickel หรือ Electroless Chrome เพื่อลดการกัดกร่อนหรือการเกาะของตระกรัน (Scale Buildup) จากการใช้งาน
10. มีการออกแบบที่ใช้รูวิ่งและรูเข้าแบบสวม (Runner bars/gate Inserts) และสร้างด้วยเหล็กที่ชุบแข็ง (Hardened Steel)
11. ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้ (Confirming Electrical Sensors) บนชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่เพื่อให้แน่ใจว่ามีการวางแนวประกอบที่ถูกต้องเหมาะสม (Proper Precision Alignment)
12. ตำแหน่งของแม่พิมพ์ที่มีการใช้ ตัวกระทุ้งอิสระ (Independent Hydraulic Ejection) ต้องมีการออกแบบให้มีสวิตช์ควบคุม (Confirming Limit Switches) และวงจรควบคุมความสมดุลย์ของไฮดรอริกส์ (Hydraulic Balancing Circuits) เพื่อให้แน่ใจว่าแผ่นกระทุ้ง (Ejector Plate) มีการเคลื่อนที่ที่นุ่มนวล กระบอกฉีดที่เป็นแบบคู่ (Double rod end) ต้องกำหนดให้มีระยะคูสชั่น (Cushioned Stroke)
13. การออกแบบทางวิ่งร้อน (Hot Runner) ต้องมั่นใจว่าวงจรหล่อเย็นใกล้ปากทางวิ่งร้อน (Hot Runner Orifice) และมีพื้นที่สำหรับฉนวนอากาศ (Air Insulating Areas) ที่ปลายทางออก (Hot Runner Manifold and Tip) รวมทั้งแผ่นยึด (Clamp Plate) ยึดด้วยวัสดุที่ทำฉนวนกันความร้อนมีค่าการถ่ายเทความร้อน (Heat Transfer) จาก ทางวิ่งร้อนสู่แผ่นยึดของตัวเครื่องฉีด (Machine Platen) ที่น้อยที่สุด
14. ในทุกเบ้าให้ติดตั้งตัววัดแรงดัน (Pressure Transducer) เพื่อควบคุมกระบวนการและติดตามผล

จากระดับแม่พิมพ์ที่กล่าวมาข้างต้น เพื่อง่ายต่อความเข้าใจและการเปรียบเทียบ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 สรุปการแบ่งระดับของแม่พิมพ์

ระดับ	**อายุ (Cycle)**	**วัตถุประสงค์**	**คุณลักษณะสำคัญ**	**ความซับซ้อน**
6	น้อยกว่า 500	**ผลิตชิ้นงานต้นแบบ**	• **รูปร่างชิ้นงานใกล้เคียงของจริง** • **เป็นแม่พิมพ์อย่างง่าย** • ราคาแม่พิมพ์ถูกที่สุดและใช้เวลาสร้างรวดเร็วที่สุด • ใช้วัสดุโพลีเมอร์บางชนิดที่สอดคล้องกับแม่พิมพ์ • ไม่คำนึงถึงการบำรุงรักษา	น้อยที่สุด
5	น้อยกว่า 10,000	ผลิตปริมาณต่ำ	• ชิ้นงานสามารถใช้งานได้ • แม่พิมพ์ทำด้วยโลหะอ่อนหรืออลูมิเนียม • ราคาแม่พิมพ์ถูก • ใช้วัสดุโพลีเมอร์ทั่วไป	น้อย
4	น้อยกว่า 50,000	ผลิตปริมาณต่ำถึงปานกลาง	• ชิ้นงานต้องได้ขนาดตามที่ระบุ • ชิ้นงานที่ได้ไม่คำนึงถึงการนำไปประกอบกับชิ้นอื่น • ราคาแม่พิมพ์ถูกถึงปานกลาง • ใช้วัสดุโพลีเมอร์ทั่วไป	น้อยถึงปานกลาง
3	น้อยกว่า 100,000	ผลิตปริมาณทั่วไป	• ชิ้นงานต้องได้ขนาดและทำงานได้ตามที่ระบุ • ชิ้นงานที่ผลิตออกมาต้องคำนึงถึงการนำไปประกอบกับชิ้นอื่น • ราคาแม่พิมพ์ปานกลางถึงสูง • ใช้วัสดุโพลีเมอร์ทั่วไป	ปานกลางถึงมาก
2	น้อยกว่า 500,000	ผลิตปริมาณปานกลางถึงสูง	• พิกัดความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานแคบ • มีหลายเบ้า (Cavity) • ใช้ทางวิ่งร้อน (Hot Runner) • ราคาแม่พิมพ์สูง • สามารถใช้วัสดุโพลีเมอร์ที่มีผลทำให้แม่พิมพ์กัดกร่อน หรือสึกหรอสูง	มาก
1	มากกว่า 500,000	ผลิตปริมาณสูงมาก	• พิกัดความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานแคบและต้องการความเสถียรของกระบวนการผลิต • มีหลายเบ้า (Cavity) • ใช้ทางวิ่งร้อน (Hot Runner) และมีการติดตั้งเซ็นเซอร์หรืออุปกรณ์เสริมอื่นๆ • ราคาแม่พิมพ์สูงที่สุด • คำนึงถึงการบำรุงรักษาตามระยะเวลา • สามารถใช้วัสดุโพลีเมอร์ที่มีผลทำให้แม่พิมพ์กัดกร่อน หรือสึกหรอสูง	มากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Harold, S. and Jerrell T.S., (1991)

ประสิทธิผลของ R&M ในการออกแบบอากาศยาน ขึ้นกับส่วนผสมของกิจกรรม R&M ในกระบวนการออกแบบ กระบวนการ R&M จะไม่เป็นเพียงงานที่ถูกกำหนดให้มีเท่านั้นแต่จะต้องมีส่วนในการออกแบบหน้าที่การทำงานและกระบวนการทางวิศวกรรม เมื่อกระบวนการได้ถูกสร้างขึ้นมา จำเป็นที่จะต้องมีการกำหนดเครื่องมือหรือกลไกที่สนับสนุนกิจกรรมเหล่านี้ สิ่งหนึ่งที่มักจะถูกนำมาใช้คือทักษะในงาน R&M ระหว่างการออกแบบแนวความคิด (Conceptual Design) กลไกเหล่านี้ถูกนำมาช่วยวิศวกร R&M แต่ไม่ได้นำมาแทนที่คนเหล่านั้น งานวิจัยฉบับนี้ ได้อ้างถึงความจำเป็นที่จะต้องนำ R&M มาใช้ในการสร้างแนวความคิดในการออกแบบอากาศยาน ซึ่งถูกนำเสนอในรูปของแนวทางและเทคโนโลยีที่ถูกนำมาใช้ให้เกิดผลสัมฤทธิ์ โดยอธิบายถึงสิ่งจำเป็นที่สมาชิกของทีมออกแบบต้องมี นอกจากนั้นในกระบวนการดังกล่าววิศวกร R&M ต้องสามารถตัดสินใจและมีส่วนร่วมในกระบวนการออกแบบแนวคิดนั้นด้วย

Kindree, J.D., Melton, R.R., Raffa, H.E. and Reynolds, R.J., (1994)

วิถีการดำเนินการที่เปลี่ยนแปลงในอุตสาหกรรมยานยนต์ของสหรัฐอเมริกา ของผู้ผลิตเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ ที่มีการสร้างความสัมพันธ์ในระยะยาว ของผู้ผลิตกับผู้ใช้หรือลูกค้า ที่เกิดจากสภาวะการแข่งขันที่รุนแรง ที่พยายามจะเพิ่มคุณภาพ (Quality) และความเชื่อมั่น (Reliability) ของชิ้นส่วนยานยนต์และกระบวนการผลิต มีผลให้ได้มีการพัฒนาแนวทางของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability Guideline) เพื่อสนองตอบความต้องการดังกล่าว และได้จัดพิมพ์ออกเป็นคู่มือ เพื่อถูกใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ของผู้ผลิตและผู้ใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ดังกล่าว โดยผ่านกระบวนการของกิจกรรมต่างๆ ในแต่ละช่วงระยะเวลาของอายุ (Life Cycle Phase) เครื่องจักรและอุปกรณ์เหล่านั้น

Blache, K.M. and Shrivastava, A.B., (1994)

สมาคมวิศวกรรมยานยนต์ (Society of Automation Engineering, SAE) ได้ให้คำจำกัดความแนวทางของ R&M ว่าเมื่อเกิดเหตุการณ์ที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไม่มีความพร้อม (Available) ที่จะผลิตชิ้นงานตามที่ได้ระบุไว้ในเงื่อนไขที่กำหนด หรือไม่สามารถผลิตชิ้นงานให้มีลักษณะตรงตามที่กำหนด ทุกๆ การขัดข้องเสียหาย (Failure) ที่เกิดขึ้นจะต้องมีการแก้ไข แนวทางของ R&M นั้นได้กำหนดให้การขัดข้องเสียหายเป็นเรื่องที่ทั้งผู้ใช้ (User) และผู้สร้าง (Supplier) จะต้องรับผิดชอบใน

การขัดข้องเสียหายเหล่านั้นร่วมกัน นอกจากนี้หน้าที่ของผู้ใช้อย่างหนึ่งที่ถูกเพิ่มเติม คือต้องระบุลักษณะหรือเงื่อนไขจำเพาะเจาะจงในการใช้งานอุปกรณ์เหล่านั้นด้วย

Christian, N.M., (1999)

สมรรถนะของบริษัทที่มีคุณภาพ นั้นสามารถประเมินได้ด้วยความเชื่อมั่นในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ของบริษัท แต่ถึงกระนั้นก็ตาม ความเชื่อมั่น (Reliability) นั้นยังคงไม่ได้รับการเอาใจใส่ดังเช่นคุณภาพ (Quality) หลายๆ องค์กรในปัจจุบัน ที่มีผลการทำงานที่ดี เป็นเพราะเครื่องจักรที่ใช้ในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ นั้นมีความเชื่อมั่นที่สูงและสามารถวางใจได้ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาโครงร่างที่สร้างความเชื่อมโยงระหว่าง สิ่งที่เรียกว่า คุณภาพ (Quality) กับ ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability, R&M) โดยมีความต้องการที่จะเห็นถึงความสำคัญของ ความเชื่อมั่น และแสดงความสัมพันธ์ของความเชื่อมั่น กับกิจกรรมต่างๆ ของบริษัท รวมถึงความสำคัญต่อการอยู่รอดขององค์กร นอกจากนี้ยังมุ่งให้ความสนใจใน การจัดการระบบความเชื่อมั่นทั่วทั้งองค์กร (Total Reliability Management, TRM) ซึ่งจะเป็นสิ่งที่ช่วยบริษัทในการเพิ่มผลผลิต และประสิทธิภาพ ในขณะเดียวกับการลดต้นทุนและเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน

Dan, C.B. and Jack, A.P., (1999)

งานวิจัยนี้ได้อธิบายถึงความสำเร็จของ บริษัท Gilman ที่เป็นส่วนหนึ่งของ Giddings & Lewis Inc. ซึ่งได้รับการช่วยเหลือจาก Blackhawk Technical College ในการสถาปนาระบบ ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา (Reliability and Maintainability: R&M) เข้าไปในระบบคุณภาพที่ได้รับรองมาตรฐาน ISO9001: 1994 และได้ประกาศความมุ่งมั่นในการดำเนินการส่วนเพิ่มเติมที่เกี่ยวกับเครื่องมือและอุปกรณ์ (Tooling and Equipment) ในระบบ QS9000 โดยพิจารณาเกณฑ์ที่จำเป็นสำหรับกิจกรรม R&M และวิธีการรวมขั้นตอนการดำเนินงานของกิจกรรม R&M ลงในระบบคุณภาพ รวมทั้งรายละเอียดกิจกรรมการฝึกอบรมพนักงานในองค์กรในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับ R&M

Morris, M.A., (2000)

ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์จำนวนมากที่มีคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาที่สมบูรณ์ (Mature) ไม่ว่าจะเป็นที่เกี่ยวข้องกับการสื่อสาร ไปจนกระทั่งการขนส่ง ซึ่งกลุ่มคนที่ทำงานในด้านเหล่านี้มีส่วนสำคัญอย่างยิ่งที่ทำให้สิ่งนี้เกิดขึ้น แต่เป็นที่น่าเสียดายว่า

ในปัจจุบันคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ผลิตผลิตภัณฑ์เหล่านี้ยังไม่สมบูรณ์นัก ซึ่งยังมีโอกาสอีกมากที่สามารถปรับปรุงให้ดีขึ้น แรงจูงใจหนึ่งของ R&M คือ ด้านการเงิน เพราะจุดมุ่งหมายสำคัญของ R&M คือ ผลักดันให้เกิดค่าใช้จ่ายของเครื่องจักรและอุปกรณ์ให้มีความคุ้มค่าในทางเศรษฐศาสตร์ แต่การที่จะบรรลุจุดประสงค์เหล่านี้ได้จำเป็นต้องมีการเลือกเป้าหมายในการดำเนินการที่สอดคล้องและเหมาะสม งานวิจัยชิ้นนี้ จึงให้ความสนใจในการศึกษาเหตุการณ์ที่ขัดขวางกระบวนการผลิตและเหตุการณ์ที่ทำให้เกิดคอขวดในกระบวนการ เพื่อทำการแก้ไขปรับปรุงและลดปัญหาการขัดข้องเสียหายโดยใช้กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ในอดีตและการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจัดเก็บรวบรวม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในปัจจุบัน

เพื่อให้รับรู้สภาพที่เกิดขึ้นของกระบวนปัจจุบัน และทราบภาระหน้าที่รับผิดชอบในแต่ละส่วนงานของฝ่ายแม่พิมพ์ สามารถแยกการศึกษากระบวนการปัจจุบัน ได้ดังนี้

3.1.1 ศึกษาโครงสร้างองค์กรและหน้าที่รับผิดชอบ

ศึกษาข้อมูลการดำเนินงานภายในฝ่ายแม่พิมพ์ โดยการพิจารณาเอกสารอ้างอิง ใบกำหนดภาระงาน และซักถามผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในการดำเนินกิจกรรม เช่น หัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์ หัวหน้าแผนกวางแผน หัวหน้าแผนกออกแบบ หัวหน้าแผนกผลิต หัวหน้าแผนกประกอบ เป็นต้น

3.1.2 ศึกษากิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน

ศึกษาคู่มือคุณภาพที่ใช้อ้างอิงการทำงานของฝ่ายแม่พิมพ์ เพื่อให้ทราบกิจกรรมที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงในปัจจุบัน

3.1.3 พิจารณาแผนผังของระบบข้อสนเทศปัจจุบัน

ดำเนินการสร้างความสัมพันธ์จากกิจกรรมในปัจจุบันและสร้างเป็นแผนผังการทำงานโดยแยกออกเป็นช่วงเวลาตั้งแต่ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase) ไปจนถึงสิ้นสุดการดำเนินงานที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบต่อระบบข้อสนเทศตามแนวทาง R&M

3.2 ศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M

ศึกษารายละเอียดทั้งทางทฤษฎี และกิจกรรมการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M ซึ่งอ้างอิงจากหนังสือ Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment ของสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineers, SAE) และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา เพื่อให้ทราบความต้องการของแนวทาง R&M และค้นคว้าจากหนังสือ วาร

สาร ข้อมูลอ้างอิงจากอินเตอร์เน็ต และแหล่งความรู้ที่เกี่ยวข้องในการนำแนวทาง R&M ไปใช้งาน เพื่อให้เข้าใจวัตถุประสงค์ที่แท้จริงในการนำระบบ R&M ไปใช้งาน และความคาดหวังจากกิจกรรมที่ดำเนินการ

3.3 วิเคราะห์ความแตกต่างของกระบวนการปัจจุบันเทียบกับกระบวนการตามแนวทาง R&M

พิจารณาความแตกต่างของสภาพปัจจุบันกับสิ่งที่แนวทาง R&M ต้องการ จากข้อมูลที่ได้จากการศึกษากระบวนการทั้งสอง โดยพิจารณาเปรียบเทียบใน 2 ด้าน คือ

3.3.1 เปรียบเทียบด้านระบบการออกแบบและสร้าง

พิจารณาความแตกต่างในรายละเอียดของกิจกรรมตามช่วงเวลาที่ดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่เกิดขึ้นทั้ง 5 ช่วงเวลา

3.3.2 เปรียบเทียบด้านบทบาทผู้สร้างและผู้ใช้

พิจารณาความแตกต่างของบทบาทและความร่วมมือต่อกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ของผู้สร้างและผู้ใช้ ตามช่วงเวลาต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้ง 5 ช่วงเวลา

3.4 จัดทำระบบข้อสนเทศเพื่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

ทำการออกแบบกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่สอดคล้องกับแนวทาง R&M และมีความเหมาะสมกับระบบในปัจจุบัน โดยสร้างเป็นแผนผังการทำงาน ระบุหน้าที่ความรับผิดชอบ เป้าหมายของการดำเนินงาน ระบบข้อมูลนำเข้าและผลลัพธ์ของกิจกรรม

3.5 ตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็น

ทำการศึกษาศึกษาวิธีการและข้อมูล เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบประเมินความคิดเห็นของระบบที่นำเสนอและจัดทำแบบสำรวจความคิดเห็นของระบบที่นำเสนอ โดยสร้างเป็นแบบสอบถาม และสรุปผลการสำรวจความคิดเห็น ประกอบด้วยรายละเอียดดังนี้

3.5.1 สำรวจความคิดเห็นผู้สร้างแม่พิมพ์

ผู้สร้างแม่พิมพ์ คือ ผู้ที่ทำหน้าที่ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ได้แก่ เจ้าหน้าที่ของฝ่ายแม่พิมพ์ เช่น หัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์ เจ้าหน้าที่แผนกออกแบบ แผนกผลิต แผนกประกอบ เป็นต้น โดยทำการประชุมขอความคิดเห็นและสำรวจความคิดเห็น

แบบสอบถามแต่ละชุดประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 เป็นคำชี้แจงและวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 2 เป็นแบบกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบ
- ส่วนที่ 3 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย และมีช่องกรอกความคิดเห็นอื่นๆ
- ส่วนที่ 4 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบที่นำเสนอ ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเลือกตอบ และเป็นคำถามแบบปลายเปิดเพื่อขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในขั้นตอนของการตอบแบบสอบถามนั้นก่อนที่ผู้ตอบจะทำการประเมิน จะต้องทำการนำเสนอทฤษฎี R&M และระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M โดยใช้เวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง และให้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ ครึ่งชั่วโมง

3.5.2 สำรวจความคิดเห็นผู้ใช้งานแม่พิมพ์

ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ คือ ผู้นำแม่พิมพ์ไปใช้งานเพื่อผลิตชิ้นส่วนและผู้มีหน้าที่ดูแลรับผิดชอบที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานแม่พิมพ์ ได้แก่ ฝ่ายโพลิเมอร์ซึ่งเป็นลูกค้าภายในของฝ่ายแม่พิมพ์ และลูกค้าภายนอกของฝ่ายแม่พิมพ์ โดยขอความร่วมมือเพื่อเข้าพบ ขอความคิดเห็นและสำรวจความคิดเห็น

แบบสอบถามแต่ละชุดประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 เป็นคำชี้แจงและวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 2 เป็นแบบกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบ
- ส่วนที่ 3 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย และมีช่องกรอกความคิดเห็นอื่นๆ
- ส่วนที่ 4 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบที่นำเสนอ ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเลือกตอบ และเป็นคำถามแบบปลายเปิดเพื่อขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในขั้นตอนของการตอบแบบสอบถามนั้นก่อนที่ผู้ตอบจะทำการประเมิน จะต้องทำการนำเสนอทฤษฎี R&M และระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M โดยใช้เวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง และให้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ ครึ่งชั่วโมง

3.5.3 สำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

ผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ คือ ผู้ที่มีความรู้ความสามารถในงานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ทั้งส่วนของภาคเอกชน ได้แก่ โรงงานที่ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ รวมไปถึงใช้งานแม่พิมพ์ และภาครัฐ ได้แก่ ส่วนที่เผยแพร่ความรู้ด้านแม่พิมพ์ (สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม) โดยขอความร่วมมือเพื่อเข้าพบขอความคิดเห็นและสำรวจความคิดเห็น ซึ่งผู้ที่ทำหน้าที่ประเมิน ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี มีความรู้เกี่ยวกับงานฉีดพลาสติกและแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
2. มีประสบการณ์ การทำงานด้านงานฉีดพลาสติก และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกไม่ต่ำกว่า 10 ปี

แบบสอบถามแต่ละชุดประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 เป็นคำชี้แจงและวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 2 เป็นแบบกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบ
- ส่วนที่ 3 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย และมีช่องกรอกความคิดเห็นอื่นๆ
- ส่วนที่ 4 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบที่นำเสนอ ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเลือกตอบ และเป็นคำถามแบบปลายเปิดเพื่อขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในขั้นตอนของการตอบแบบสอบถามนั้นก่อนที่ผู้เชี่ยวชาญจะทำการประเมิน จะต้องทำการนำเสนอทฤษฎี R&M และระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M โดยใช้เวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง และให้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ ครึ่งชั่วโมง เมื่อทำการตอบแบบสอบถามเสร็จทำการสัมภาษณ์เพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติม

3.5.4 สำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M

ผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M คือ ผู้ที่มีความรู้ความสามารถในระบบงาน R&M ของภาคเอกชน ซึ่งได้นำระบบ R&M ไปดำเนินงานในกระบวนการผลิตปัจจุบัน (โรงงานผลิตอุปกรณ์ประกอบรถ

ยนต์ ซึ่งได้รับการรับรอง QS9000 Tooling and Equipment Supplement) โดยขอความร่วมมือเพื่อเข้าพบขอความคิดเห็นและสำรวจความคิดเห็น ซึ่งผู้ที่ทำหน้าที่ประเมิน ต้องมีคุณสมบัติดังนี้

1. วุฒิการศึกษาไม่ต่ำกว่าปริญญาตรี มีความรู้เกี่ยวกับระบบคุณภาพและระบบ R&M
2. มีประสบการณ์ การทำงานในระบบ R&M ไม่ต่ำกว่า 3 ปี

แบบสอบถามแต่ละชุดประกอบด้วย 4 ส่วน คือ

- ส่วนที่ 1 เป็นคำชี้แจงและวัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม
- ส่วนที่ 2 เป็นแบบกรอกข้อมูลเบื้องต้นของผู้ตอบ
- ส่วนที่ 3 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเห็นด้วย ไม่เห็นด้วย และมีช่องกรอกความคิดเห็นอื่นๆ
- ส่วนที่ 4 เป็นความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบที่นำเสนอ ในลักษณะของการใส่เครื่องหมายเลือกตอบ และเป็นคำถามแบบปลายเปิดเพื่อขอความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

ในขั้นตอนของการตอบแบบสอบถามนั้นก่อนที่ผู้เชี่ยวชาญจะทำการประเมิน จะต้องทำการนำเสนอระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M โดยใช้เวลาประมาณ 1.5 ชั่วโมง และให้เวลาในการตอบแบบสอบถามประมาณ ครึ่งชั่วโมง เมื่อทำการตอบแบบสอบถามเสร็จทำการสัมภาษณ์เพื่อขอข้อมูลเพิ่มเติม

3.5.5 สำรวจความคิดเห็นกิจกรรมตามระดับของแม่พิมพ์

เพื่อเป็นแนวทางในการนำระบบไปใช้งาน จึงทำการสำรวจความคิดเห็นของกิจกรรมย่อยที่แนวทาง R&M ได้เสนอในแต่ละช่วงเพื่อให้เหมาะสมกับการนำไปปรับใช้กับแม่พิมพ์แต่ละประเภทที่มีวัตถุประสงค์ และอายุการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยแบ่งแม่พิมพ์ออกเป็นระดับอ้างอิงจากสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (Society of the Plastices Industry, SPI) ประเทศสหรัฐอเมริกา ที่แบ่งไว้ 6 ระดับ และให้ผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ ทั้ง 3 ราย หัวหน้าแผนกออกแบบ 1 รายเป็นผู้แสดงความคิดเห็น โดยเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมในแต่ละระดับของแม่พิมพ์จากแบบสำรวจความคิดเห็นในการเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิค R&M สำหรับแม่พิมพ์ในแต่ละระดับ

3.5.6 สรุปผลการสำรวจความคิดเห็น

ทำการสรุปผลการสำรวจความคิดเห็นจากแบบสอบถามที่ได้รับ รวมทั้งข้อมูลบางส่วนที่ได้จากการสัมภาษณ์เพิ่มเติม โดยมีหัวข้อของสรุปผลการสำรวจความคิดเห็นดังนี้

3.5.6.1 สรุปผลการประเมินจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ

หาข้อสรุปจากข้อคิดเห็นที่ได้รับจากแบบสอบถามของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ ในแนวทาง R&M และระบบที่นำเสนอว่ามีความแตกต่างและเหมาะสมหรือไม่อย่างไร

3.5.6.2 สรุปข้อดีของระบบข้อสนเทศที่นำเสนอ

สรุปข้อดีที่ได้รับจากแบบสอบถามของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปรวมเป็นหัวข้อหลักที่ผู้ตอบมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

3.5.6.3 สรุปข้อจำกัดของระบบข้อสนเทศที่นำเสนอ

สรุปข้อจำกัดที่ได้รับจากแบบสอบถามของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปรวมเป็นหัวข้อหลักที่ผู้ตอบมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

3.5.6.4 สรุปข้อแก้ไขและควรปรับปรุงในระบบข้อสนเทศที่นำเสนอ

สรุปข้อแก้ไขและควรปรับปรุงในระบบข้อสนเทศที่ได้รับจากแบบสอบถามของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปรวมเป็นหัวข้อหลักที่ผู้ตอบมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

3.5.6.5 สรุปข้อแนะนำในการนำแนวทาง R&M ไปปรับใช้

สรุปข้อเสนอแนะที่ได้รับจากแบบสอบถามของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ โดยสรุปรวมเป็นหัวข้อหลักที่ผู้ตอบมีความคิดเห็นสอดคล้องกัน เพื่อง่ายต่อความเข้าใจ

3.6 ศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

ทำการศึกษาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ของผู้ใช้งานแม่พิมพ์ซึ่งเป็นลูกค้าภายในของฝ่ายแม่พิมพ์ คือ ฝ่ายโพลิเมอร์ ระหว่างแม่พิมพ์ตัวอย่างซึ่งออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันที่มีปัญหาขัดข้องเสียหาย กับกรณีที่แม่พิมพ์ตัวอย่างมีการออกแบบและสร้างโดยระบบ R&M ด้วยการประเมินค่าโดยประมาณ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3.1

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.1 เป้าหมายของแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ถูกกำหนดจากผู้ใช้

แม่พิมพ์ระบบปัจจุบัน	**แม่พิมพ์ระบบ R&M**
1) สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามขนาดและรูปร่างที่กำหนด 2) สามารถผลิตชิ้นงานได้ 500,000 รอบการฉีด 3) แม่พิมพ์มีราคาต่ำที่สุดเท่าที่ทำได้ 4) แม่พิมพ์สร้างเสร็จตามเวลาที่ต้องการ	1) สามารถผลิตชิ้นงานได้ตามขนาดและรูปร่างที่กำหนด 2) สามารถผลิตชิ้นงานได้ 500,000 รอบการฉีด 3) ยอมให้แม่พิมพ์ขัดข้องเสียหายได้ที่ 50,000-75,000 รอบการฉีด / ครั้ง 4) แม่พิมพ์มีค่าใช้จ่ายตลอดอายุคาดหวังที่ต่ำลง 5) แม่พิมพ์สร้างเสร็จตามเวลาที่ต้องการ

โดยสภาพของแม่พิมพ์ระบบปัจจุบัน ซึ่งใช้ข้อมูลอ้างอิงจากผู้ใช้งานแม่พิมพ์ในอดีตที่ผ่านมาในช่วง 3 เดือน โดยใช้กระบวนการเดิมในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ คือ

- ไม่มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- มีอัตราการขัดข้องเสียหาย 6,250 รอบการฉีด/ครั้ง (อ้างอิงข้อมูลจากฝ่ายโพลิเมอร์ในระยะเวลา 3 เดือน)
- มีเวลาเฉลี่ยในการซ่อมคืนสภาพ ครั้งละประมาณ 5 ชม. (อ้างอิงข้อมูลจากฝ่ายแม่พิมพ์ในระยะเวลา 3 เดือน)

สำหรับการศึกษาผลที่ได้โดยการออกแบบแม่พิมพ์ตามระบบ R&M ทำโดยประมาณการจากผู้สร้าง ของฝ่ายแม่พิมพ์ได้แก่ หัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์ หัวหน้าแผนกออกแบบ หัวหน้าแผนกวางแผน หัวหน้าแผนกผลิตและหัวหน้าแผนกประกอบ โดยแสดงความคิดเห็นเพื่อประมาณการเวลาและค่าใช้จ่ายวัตถุดิบที่เกิดขึ้น มีเป้าหมายในการผลิตแม่พิมพ์ ให้เกิดคุณลักษณะ R&M ที่ต้องการคือ

- สร้างให้แม่พิมพ์มีการขัดข้องเสียหายลดลงจากเดิม ประมาณ 50,000 รอบการฉีด/ครั้ง โดยการใช้ชิ้นส่วนที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น และมีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน โดยแบ่งให้มีระดับการซ่อมบำรุง 2 ระดับ คือ ระดับ A ทำการตรวจหน้าสัมผัสแม่พิมพ์ กำจัดฝุ่นและคราบสิ่งสกปรกบริเวณตัวเบ้าที่เกิดขึ้น โดยไม่มีการยกแม่พิมพ์ลงจากเครื่องฉีด ทุก 50,000 รอบการทำฉีด ใช้เวลาประมาณ 0.25 ชั่วโมง และระดับ B ทำการยกแม่พิมพ์ลงจากเครื่องฉีดทำการการตรวจเช็ค แก้ไข และเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีการสึกหรอหรือมีแนวโน้ม

ที่จะเสียหาย เช่น ตัวกระทุ้ง แหวนกันสึก ยางกันซึม เป็นต้น ทุก 100,000 รอบการฉีด ใช้เวลาประมาณ 7 ชั่วโมง ทั้ง ระดับ A และระดับ B ใช้เวลารวมกันการใช้งานแม่พิมพ์ที่ 500,000 รอบการฉีด ประมาณ 30 ชั่วโมง

- ทำการออกแบบให้มีความถูกต้องเพิ่มขึ้น ด้วยเพิ่มเวลาการหาข้อมูลสนับสนุนการออกแบบ การออกแบบด้วยเทคนิคที่ส่งเสริมคุณลักษณ R&M และทบทวนการออกแบบจากเดิม รวมทั้ง จัดทำคู่มือแม่พิมพ์เพื่อช่วยในการอ้างอิงการใช้งานให้กับผู้ใช้ ลดโอกาสความผิดพลาดจากการใช้งาน การเสียเวลาปรับตั้งแม่พิมพ์ การกำหนดเวลา วิธีการ ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่ชัดเจน รวมถึงการเก็บประวัติข้อมูลทั้งส่วนของผู้สร้างและผู้ใช้เพื่อง่ายต่อการอ้างอิงประวัติและทำให้การแก้ไขซ่อมแซมทำได้ง่ายขึ้น
- กำหนดให้ในกระบวนการผลิต ได้แก่ การผลิตชิ้นส่วน การขัดประกอบ มีการทดสอบที่ใช้เวลามากขึ้นในการทดสอบ เพื่อดูความผิดปกติและดำเนินการแก้ไข
- ทำการกำหนดขั้นตอนการปฏิบัติงานซ่อมที่ชัดเจน โดยอ้างอิงชิ้นส่วนจากคู่มือ เพื่อลดเวลาในการซ่อมบำรุง (เพิ่มระยะเวลาในส่วนของการจัดทำคู่มือแม่พิมพ์)

สามารถสรุปเป็นเงื่อนไขที่ได้ในการศึกษาเปรียบเทียบ ดังตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 เงื่อนไขในการศึกษาเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

รายการ	แม่พิมพ์ระบบปัจจุบัน	แม่พิมพ์ระบบ R&M
1. อายุคาดหวังของแม่พิมพ์	500,000 รอบการฉีด	500,000 รอบการฉีด
1. อัตราการขัดข้องเสียหาย	6,250 รอบการฉีด/ครั้ง	50,000 รอบการฉีด/ครั้ง
2. เวลาเฉลี่ยในการซ่อมคืนสภาพ	5 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง

3.6.1 ศึกษาค่าใช้จ่ายตลอดอายุที่คาดหวังและประสิทธิผลของต้นทุน

ในการศึกษาผลลัพธ์โดยรวมที่ได้ของระบบ ทำโดย คำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุของแม่พิมพ์ตัวอย่าง ณ อายุการใช้งานที่คาดหวัง คือ 500,000 รอบการฉีด ซึ่งประกอบด้วย

1. ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ คือ ราคาแม่พิมพ์ ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของการได้มา เช่น ค่าดำเนินการ ค่าติดตั้ง ค่าขนย้าย เป็นต้น

2. ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน คือ ค่าแรงงานทางตรงของพนักงานคุมการฉีด ค่าสาธารณูปโภค หรือค่าระบบหล่อเย็นของแม่พิมพ์ ค่าของใช้สิ้นเปลือง ได้แก่ ค่าสเปรย์พ่นกันติด ค่าแก๊สละลายพลาสติก สำหรับแม่พิมพ์ที่ทำการศึกษานี้ ไม่มีค่าใช้จ่ายในการกำจัดของเสียจากการผลิต และการเก็บชิ้นส่วนอะไหล่คงคลัง ไว้กับฝ่ายโพลิเมอร์
3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา ประกอบด้วย 2 ส่วน ส่วนแรก คือ ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง ซึ่งต้องเสียค่าใช้จ่ายค่าแรงของพนักงานแผนกประกอบและซ่อมบำรุง ค่าอุปกรณ์ที่ใช้ตลอดอายุแม่พิมพ์ (ณ 500,000 รอบการฉีด) เช่น ตัวกระทุ้ง สปริง แหวนกันสึก ยางกันซึม เป็นต้น ส่วนที่สอง คือ ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง ได้แก่ ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อมต่อครั้ง ค่าแรงงานแปรผัน ซึ่งเกิดจากการทำงานล่วงเวลา และค่าเสียโอกาสทางการผลิตหรือ กำไรของแม่พิมพ์เมื่อมีการใช้งาน
4. ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก ซึ่งในการศึกษานี้ไม่นำค่าใช้จ่ายดังกล่าวมาพิจารณา เนื่องจาก ไม่มีการกำจัดซาก หรือขายทิ้ง

โดยอ้างอิงสูตรที่ใช้ในการคำนวณ ตัวแปรที่ใช้ และเงื่อนไข อ้างอิงดังตารางที่ 3.3 – 3.5

ตารางที่ 3.3 สรุปวิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์สำหรับกรณีตัวอย่างที่ทำการศึกษา

ประเภทของค่าใช้จ่าย	ตัวแปร		วิธีการคำนวณ	สูตรคำนวณ
ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ (Acquisition Cost, A)	ราคาแม่พิมพ์ (A_P)		ราคาแม่พิมพ์ (บาท)	A_P
	ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของการได้มา (A_M)		20% ของราคาแม่พิมพ์ (บาท)	$0.2A_P$
ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating Cost, O)	ค่าแรงงานทางตรง (O_{DL})		เวลาผลิต (ชั่วโมง) x อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการผลิต (บาท/ชั่วโมง)	H_OR_{ODL}
	ค่าสาธารณูปโภค (O_U)		เวลาผลิต (ชั่วโมง) x อัตราสาธารณูปโภค (บาท/ชั่วโมง)	H_OR_{OU}
	ค่าของใช้สิ้นเปลือง (O_C)		เวลาผลิต (ชั่วโมง) x อัตราวัสดุสิ้นเปลือง (บาท/ชั่วโมง)	H_OR_{OC}
	ค่าจัดการของเสีย (O_W)		(ไม่มี)	0
	ค่าจัดเก็บอะไหล่ (O_I)		(ไม่มี)	0
ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost, M)	ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง (M_S)	ค่าแรงงานทางตรง (M_{SDL})	เวลาบำรุงรักษา (ชั่วโมง) x อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการบำรุงรักษา (บาท/ชั่วโมง) (ต่อ 500,000 รอบการฉีด สำหรับระบบปัจจุบัน ส่วนนี้ไม่มี)	$H_MR_{MSDL}L/500000$
		ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา (M_{SP})	20% ของค่าใช้จ่ายของการได้มาเป็นเจ้าของ (ต่อ 500,000 รอบการฉีดสำหรับระบบปัจจุบัน ส่วนนี้ไม่มี)	$0.24A_PL/500000$
	ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง (M_U)	ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม (M_{UF})	จำนวนของการขัดข้องเสียหาย (ครั้ง) x อัตราค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม (บาท/ครั้ง)	FR_{MUF}
		ค่าแรงงานแปรผัน (M_{UV})	5% ของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อม	$0.05\ FR_{MUF}$
		ค่าเสียโอกาสทางการผลิต (M_{ULP})	เวลาหยุดเนื่องจากการขัดข้อง (ชั่วโมง) x อัตราเสียโอกาสทางการผลิต (บาท/ชั่วโมง)	MFR_{MULP}
ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommision Cost, C)	ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยน (C)		(ไม่มี)	0
	ค่าใช้จ่ายในการยกเลิก (D)		(ไม่มี)	0
สูตรค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (Life Cycle Cost, LCC)	$A + O + M + C$			
	ระบบปัจจุบัน	$1.2A_P + H_O(R_{ODL} + R_{OU} + R_{OC}) + F(1.05\ R_{MUF} + MR_{MULP})$		
	ระบบ R&M	$1.2A_P + H_O(R_{ODL} + R_{OU} + R_{OC}) + (H_MR_{MSDL} + 0.24A_P)(L/500000) + F(1.05\ R_{MUF} + MR_{MULP})$		

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.4 ความหมายและที่มาของตัวแปรจากสูตรคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์สำหรับกรณีตัวอย่างที่ทำการศึกษา

ตัวแปร	ความหมาย	หน่วย	วิธีการคำนวณและที่มา
A_P	ราคาแม่พิมพ์	บาท	ใช้ราคาแม่พิมพ์ที่อ้างอิงจากฝ่ายแม่พิมพ์
L	รอบการฉีดที่คาดหวัง (อายุแม่พิมพ์)	ครั้ง	ใช้รอบการฉีดที่คาดหวังที่อ้างอิงจากฝ่ายแม่พิมพ์
H_O	เวลาผลิต	ชั่วโมง	จำนวนรอบการฉีดที่คาดหวัง / จำนวนรอบการฉีดต่อเวลาผลิตหนึ่งชั่วโมง
R_{ODL}	อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการผลิต	บาท/ชั่วโมง	ใช้อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการผลิตที่อ้างอิงจากฝ่ายโพลิเมอร์
R_{OU}	อัตราสาธารณูปโภค	บาท/ชั่วโมง	ใช้อัตราสาธารณูปโภคที่อ้างอิงจากฝ่ายโพลิเมอร์
R_{OC}	อัตราวัสดุสิ้นเปลือง	บาท/ชั่วโมง	ใช้อัตราวัสดุสิ้นเปลืองที่อ้างอิงจากฝ่ายโพลิเมอร์
H_M	เวลาบำรุงรักษา	ชั่วโมง	ใช้ค่าคำนวณที่อ้างอิงจากฝ่ายแม่พิมพ์
R_{MSDL}	อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการบำรุงรักษา	บาท/ชั่วโมง	ใช้อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการบำรุงรักษาที่อ้างอิงจากฝ่ายแม่พิมพ์
F	จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย	ครั้ง	จำนวนรอบการฉีดที่คาดหวัง / จำนวนรอบการฉีดเฉลี่ยต่อการขัดข้องเสียหายหนึ่งครั้ง
R_{MUF}	อัตราค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม	บาท/ครั้ง	ใช้อัตราค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อมอ้างอิงจากฝ่ายแม่พิมพ์
M	เวลาหยุดเนื่องจากการขัดข้อง	ชั่วโมง	จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย x เวลาเฉลี่ยต่อครั้งในการซ่อมคืนสภาพ
R_{MULP}	อัตราเสียโอกาสทางการผลิต	บาท/ชั่วโมง	กำไรจากการใช้งานแม่พิมพ์ตัวอย่างต่อชั่วโมง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 3.5 เงื่อนไขของตัวแปรที่ใช้ในการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์สำหรับกรณีตัวอย่างที่ทำการศึกษา

ตัวแปร	รายละเอียด	เงื่อนไขที่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ศึกษา	
		ระบบปัจจุบัน	ระบบ R&M
A_P	ราคาแม่พิมพ์ โดยคิดจากค่าออกแบบและสร้าง	86,900 บาท	130,600 บาท
L	อายุของแม่พิมพ์ที่คาดหวังจากการออกแบบและสร้าง	500,000 รอบการฉีด	500,000 รอบการฉีด
H_O	(500,000 รอบการฉีด / 90 รอบการฉีดต่อชั่วโมง)	5,556 ชั่วโมง	5,556 ชั่วโมง
R_{ODL}	ค่าพนักงานควบคุมการฉีด	25 บาท/ชั่วโมง	25 บาท/ชั่วโมง
R_{OU}	ค่าระบบน้ำหล่อเย็นแม่พิมพ์	7 บาท/ชั่วโมง	7 บาท/ชั่วโมง
R_{OC}	สเปรย์กันติด แก๊สละลายพลาสติก	110 บาท / 80 ชั่วโมง 170 บาท / 416 ชั่วโมง	110 บาท / 416 ชั่วโมง 170 บาท / 416 ชั่วโมง
H_M	เวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	0 ชั่วโมง	30 ชั่วโมง
R_{MSDL}	ค่าใช้จ่ายของฝ่ายแม่พิมพ์ แผนกประกอบ	100 บาท/ชั่วโมง	100 บาท/ชั่วโมง
F	ระบบปัจจุบัน: 500,000 รอบการฉีด / 6,250 รอบการฉีดต่อครั้ง ระบบ R&M: 500,000 รอบการฉีด / 50,000 รอบการฉีดต่อครั้ง	80 ครั้ง	10 ครั้ง
R_{MUF}	ค่าดำเนินการซ่อมบำรุงเฉลี่ยที่เกิดขึ้นต่อครั้งที่มีการขัดข้องเสียหาย	1,050 บาท/ครั้ง	1,050 บาท/ครั้ง
M	เวลาหยุดโดยเฉลี่ยเนื่องจากการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์	5 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง
R_{MULP}	ค่าการทำกำไรของแม่พิมพ์ฉีดตัวอย่างที่ศึกษา	150 บาท/ชั่วโมง	150 บาท/ชั่วโมง

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รวมทั้งทำการคำนวณประสิทธิผลของต้นทุน (Cost Effectiveness) ในแง่ปริมาณการผลิตที่คาดหวัง เพื่อเปรียบเทียบตามระบบทั้งสอง ตามสูตรการคำนวณ

$$CE = \frac{SE}{LCC}$$

$$CE = \text{ประสิทธิผลของต้นทุน}$$
$$SE = \text{ประสิทธิผลของระบบ} \quad (\text{คิดที่ปริมาณผลิต } 500,000 \text{ รอบการฉีด})$$
$$LCC = \text{ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุ}$$

3.6.2 ศึกษาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

ทำการพิจารณาแยกค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแม่พิมพ์ตัวอย่าง ออกเป็น 5 ช่วงตามแนวทาง R&M คือ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง ช่วงใช้งานและสนับสนุน และช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก แล้วทำการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของทั้งสองระบบ พร้อมทั้งแสดงผลด้วยกราฟแสดงค่าใช้จ่ายสะสมที่เกิดขึ้น และแผนภูมิแท่งแสดงร้อยละของค่าใช้จ่ายในแต่ละช่วง เพื่อความง่ายในการพิจารณา

3.6.3 ศึกษาสิ่งนำเข้าและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

ทำการสรุปผลที่ได้ของสิ่งนำเข้าของการดำเนินกิจกรรมทั้งสองระบบ ได้แก่ ระยะเวลา วัตถุดิบ ค่าใช้จ่าย พร้อมทั้ง ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นจากการดำเนินกิจกรรมดังกล่าว ได้แก่ จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการซ่อมคืนสภาพ ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน ค่าบำรุงรักษา ค่าเสียโอกาสทางการผลิต ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ ประสิทธิผลของระบบในแง่ผลผลิต แล้วทำการเปรียบเทียบความแตกต่าง โดยแสดงออกมาเป็นร้อยละที่เปลี่ยนแปลงของระบบปัจจุบัน

3.6.4 ศึกษาผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย

ทำการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ตัวอย่าง เพื่อให้ทราบพฤติกรรมของปัจจัยเหล่านั้น โดยมีหัวข้อดังนี้

3.6.4.1 ผลกระทบของจำนวนรอบการฉีดที่มีผลต่อค่าใช้จ่าย

ทำการเปลี่ยนปัจจัยของจำนวนรอบการฉีดที่คาดหวังของแม่พิมพ์ตัวอย่างเพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น และหาจุดคุ้มทุนของการเลือกระบบในการดำเนินกิจกรรมที่เหมาะสมของแม่พิมพ์ตัวอย่าง ใช้ค่าตั้งแต่ 100,000 รอบการฉีด ถึง 900,000 รอบการฉีด โดยเพิ่มขึ้นครั้งละ 100,000 รอบการฉีด

3.6.4.2 ผลกระทบของอัตราการขัดข้องเสียหายที่มีต่อค่าใช้จ่ายของระบบ R&M

ทำการเปลี่ยนปัจจัยของอัตราการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ตัวอย่างในระบบ R&M เพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่อัตราการขัดข้องเสียหายไม่เป็นไปตามเป้าที่ตั้งไว้ คือ 50,000 รอบการฉีดต่อครั้ง ใช้ค่าตั้งแต่ 50,000 รอบการฉีดต่อครั้ง ลดลงไปเรื่อยๆ จนถึง 5,000 รอบการฉีดต่อครั้ง โดยลดลงครั้งละ 5,000 รอบการฉีดต่อครั้ง

3.6.4.3 ผลกระทบของอัตราเสียโอกาสทางการผลิตที่มีต่อค่าใช้จ่าย

ทำการเปลี่ยนปัจจัยของอัตราเสียโอกาสทางการผลิตของแม่พิมพ์ตัวอย่างทั้งสองระบบ เพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่อัตราเสียโอกาสทางการผลิตมีค่าที่เปลี่ยนไป ใช้ค่าตั้งแต่ 0% 10% 25% 50% 100% 150% 200% 250% 300% และ 350% อัตราเสียโอกาสทางการผลิตที่ตั้งไว้ คือ 150 บาทต่อชั่วโมง

3.6.4.4 ผลกระทบของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อมที่มีผลต่อค่าใช้จ่าย

ทำการเปลี่ยนปัจจัยของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อมต่อครั้ง จากเดิมที่ใช้ในลักษณะอัตราคงที่ โดยกำหนดให้มีการเพิ่มขึ้นค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม ตั้งแต่ครั้งละ 0% 1% 2% 3% 4% และ 5% ของแม่พิมพ์ตัวอย่างทั้งในระบบปัจจุบันและระบบ R&M เพื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น

3.6.4.5 สรุปปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย

ทำการสรุปปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายของระบบทั้งสอง ที่ได้ทำการศึกษาจากหัวข้อที่กล่าวมาข้างต้น

บทที่ 4

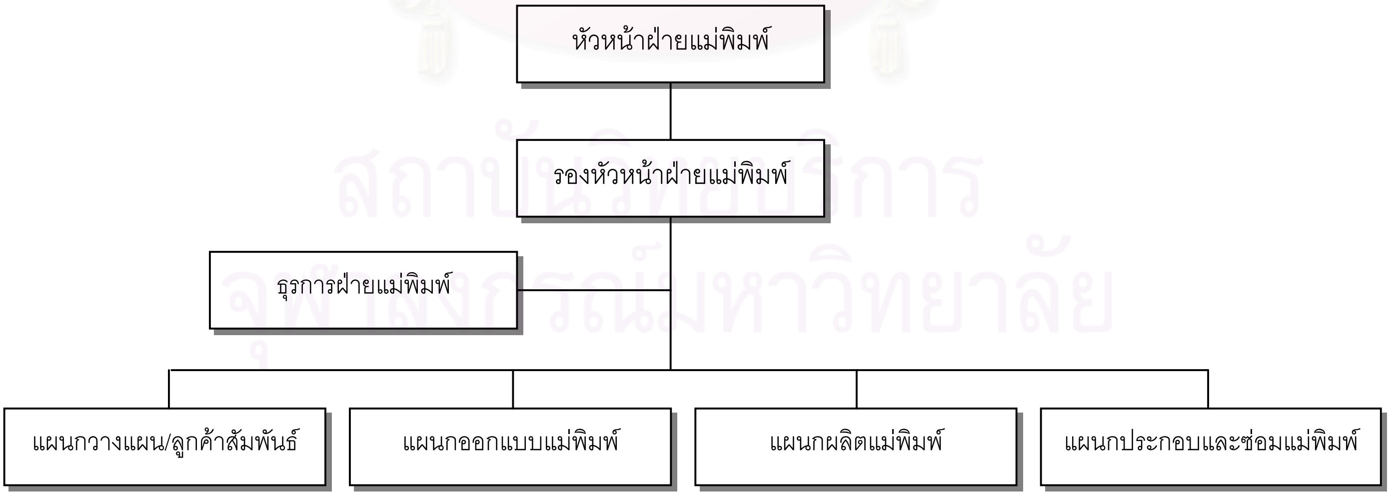
ผลการวิเคราะห์จากการดำเนินการวิจัย

4.1 ผลการศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน

4.1.1 โครงสร้างองค์กรและหน้าที่รับผิดชอบ

ฝ่ายแม่พิมพ์เป็นหน่วยงานหนึ่งของสถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDiPT) ซึ่งประกอบด้วย แผนกย่อย 4 แผนก ได้แก่ แผนกวางแผนและลูกค้าสัมพันธ์ แผนกออกแบบแม่พิมพ์ แผนกผลิตแม่พิมพ์ และแผนกประกอบและซ่อมแม่พิมพ์ ทำหน้าที่ให้บริการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ให้กับลูกค้า หรือผู้ใช้งานแม่พิมพ์ ทั้งส่วนภายในและภายนอกสถาบันฯ

สำหรับผู้ใช้งานแม่พิมพ์ภายใน ได้แก่ ฝ่ายโพลิเมอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ และหน่วยงานต่างๆ ของมหาวิทยาเกษตรศาสตร์ ส่วนผู้ใช้งานแม่พิมพ์ภายนอก คือ กลุ่มบริษัทเอกชนที่ต้องการแม่พิมพ์เพื่อใช้ประกอบการผลิตชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์พลาสติก โดยกิจกรรมของฝ่ายแม่พิมพ์ที่ให้บริการกลุ่มบริษัทเอกชน มีดำเนินงานเหมือนกับโรงงานสร้างแม่พิมพ์ทั่วไป โดยมีโครงสร้างองค์กรดังรูปที่ 4.1 มีหน้าที่และภาระรับผิดชอบแสดงไว้ในตารางที่ 4.1



รูปที่ 4.1 โครงสร้างองค์กรของฝ่ายแม่พิมพ์

ตารางที่ 4.1 หน้าที่และภาระรับผิดชอบ

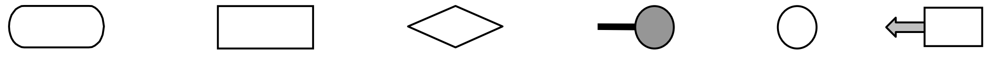
หน่วยงาน	หน้าที่และภาระรับผิดชอบ
หัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์	ควบคุมดูแลกิจกรรมของฝ่ายแม่พิมพ์ ประเมินราคาและวิเคราะห์ต้นทุน ตรวจสอบวัดผลการดำเนินงานและประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้อง
รองหัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์	ทำหน้าที่รักษาการหัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์ในกรณีที่หัวหน้าฝ่ายแม่พิมพ์ไม่สามารถปฏิบัติหน้าที่ได้ ปรับปรุงและพัฒนากระบวนการต่างๆ ของฝ่ายแม่พิมพ์
ธุรการฝ่ายแม่พิมพ์	จัดทำและจัดเก็บเอกสารที่เกี่ยวข้องของฝ่ายแม่พิมพ์ ดำเนินการติดต่อประสานงานภายในฝ่ายแม่พิมพ์
แผนกวางแผน/ลูกค้าสัมพันธ์	วางแผนและพัฒนากระบวนการที่จำเป็นสำหรับการผลิตแม่พิมพ์และเพื่อให้การผลิตสอดคล้องกับข้อกำหนดของกระบวนการอื่นๆในระบบบริหารคุณภาพของหน่วยงาน รวมถึงการติดต่อสื่อสารกับลูกค้า(ผู้ใช้) เพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้อง ชัดเจน และเข้าใจตรงกันทั้งสองฝ่าย
แผนกออกแบบแม่พิมพ์	วางแผนและควบคุม การออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์ เพื่อให้มั่นใจว่าผลลัพธ์ที่ได้จากการออกแบบมีความสอดคล้องกับข้อกำหนดที่ลูกค้า(ผู้ใช้) ต้องการ
แผนกผลิตแม่พิมพ์	วางแผนและควบคุม การจัดหาและผลิตชิ้นส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์เพื่อให้มั่นใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนดที่ได้ระบุไว้ในการออกแบบ
แผนกประกอบและซ่อมแม่พิมพ์	วางแผนและควบคุม การขัดแต่ง ประกอบ และปรับแก้ความบกพร่องของชิ้นส่วนต่างๆ ทำการทดสอบแม่พิมพ์เพื่อให้มั่นใจว่าแม่พิมพ์ที่ผลิตเป็นไปตามข้อกำหนดที่ลูกค้า (ผู้ใช้) ต้องการ รวมถึงการซ่อมแม่พิมพ์ในกรณีที่ลูกค้า (ผู้ใช้) มีความต้องการหรือเกิดข้อบกพร่องเกิดขึ้นจากการผลิต

4.1.2 กิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในปัจจุบัน

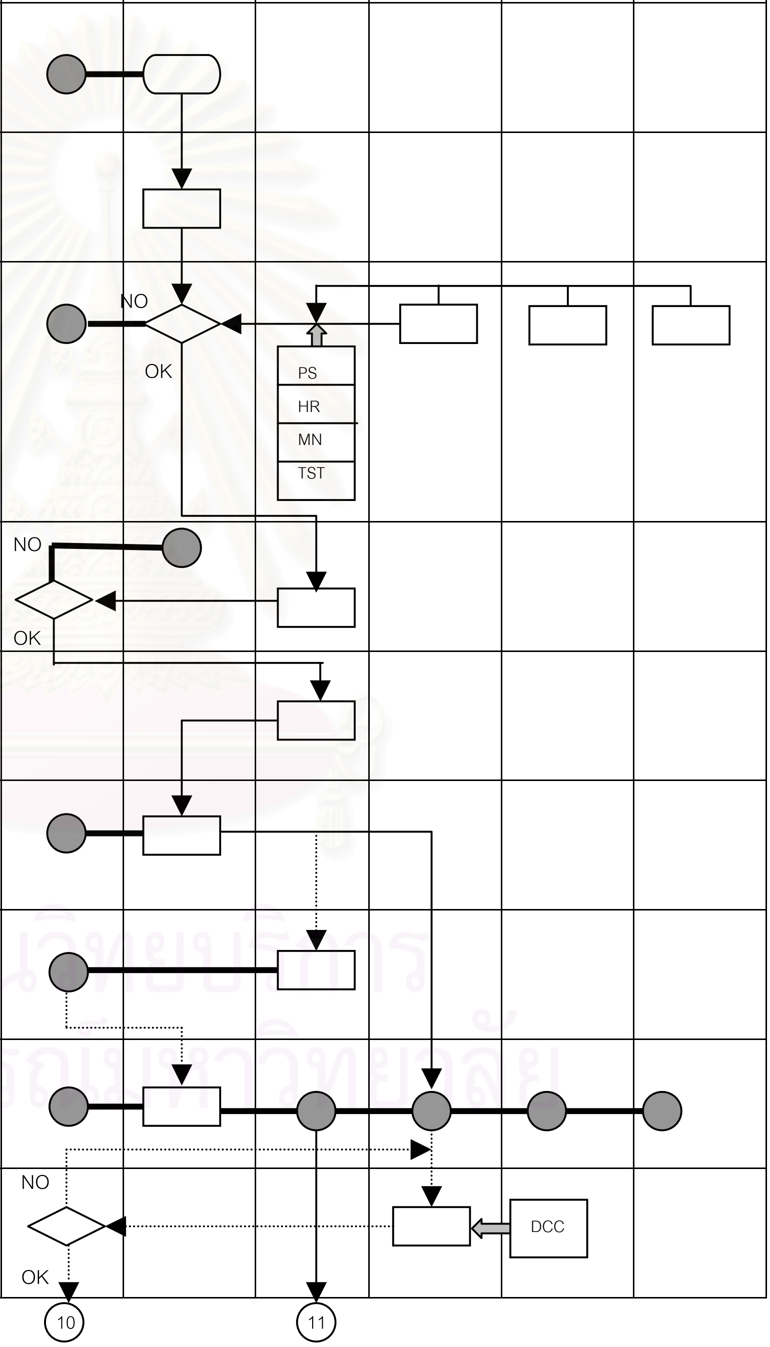
สำหรับกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในการวิจัยนี้ มีเงื่อนไขว่าลูกค้ามีแบบของชิ้นงานพลาสติกเรียบร้อยแล้ว ไม่มีการพัฒนาหรือแก้ไขแบบชิ้นงานพลาสติก โดยมุ่งเน้นกิจกรรมของการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เท่านั้น แสดงดังรูปที่ 4.2

รูปที่ 4.2 แผนผังการไหลของงานฝ่ายแม่พิมพ์

สัญลักษณ์ :

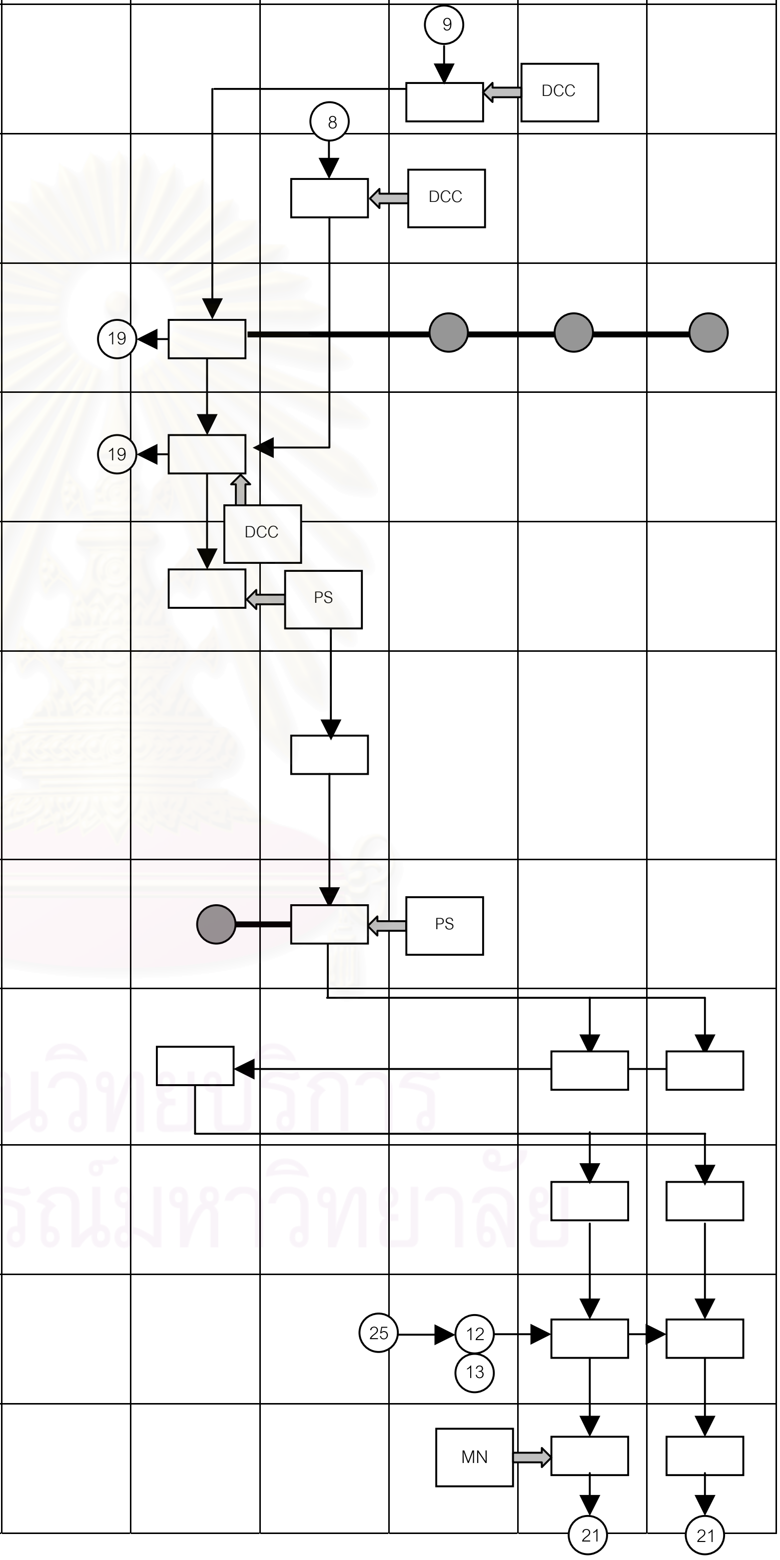


ลำดับ	กระบวนการ	ลูกค้า	แผนกวางแผน/ลูกค้าสัมพันธ์	ธุรการฝ่ายฯ	แผนกออกแบบแม่พิมพ์	แผนกเครื่องจักรแม่พิมพ์	แผนกประกอบและซ่อม
1	รับเรื่องความต้องการของลูกค้า						
2	ระบุข้อกำหนด/ข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์						
3	ทบทวนข้อกำหนดและพิจารณาความเป็นไปได้ในการรับเรื่องความต้องการของลูกค้า (พิจารณาแผนการผลิต, กำลังคน/เครื่องจักร, เครื่องวัด, จำนวนวัตถุดิบ/สถานที่จัดเก็บ)						
4	จัดทำใบเสนอราคาแก่ลูกค้า						
5	รับคำสั่งผลิต						
6	ทบทวน/บันทึกข้อตกลงกับลูกค้า						
7	ทำสัญญา (ถ้ามี)						
8	บันทึกการเปลี่ยนแปลงเงื่อนไขหลังการตกลง (ถ้ามี)						
9	เสนอแบบชิ้นงาน (Modeling) ให้ลูกค้า (กรณีลูกค้าไม่มีแบบชิ้นงานมาให้)						



รูปที่ 4.2 แผนผังการไหลของงานฝ่ายแม่พิมพ์ (ต่อ)

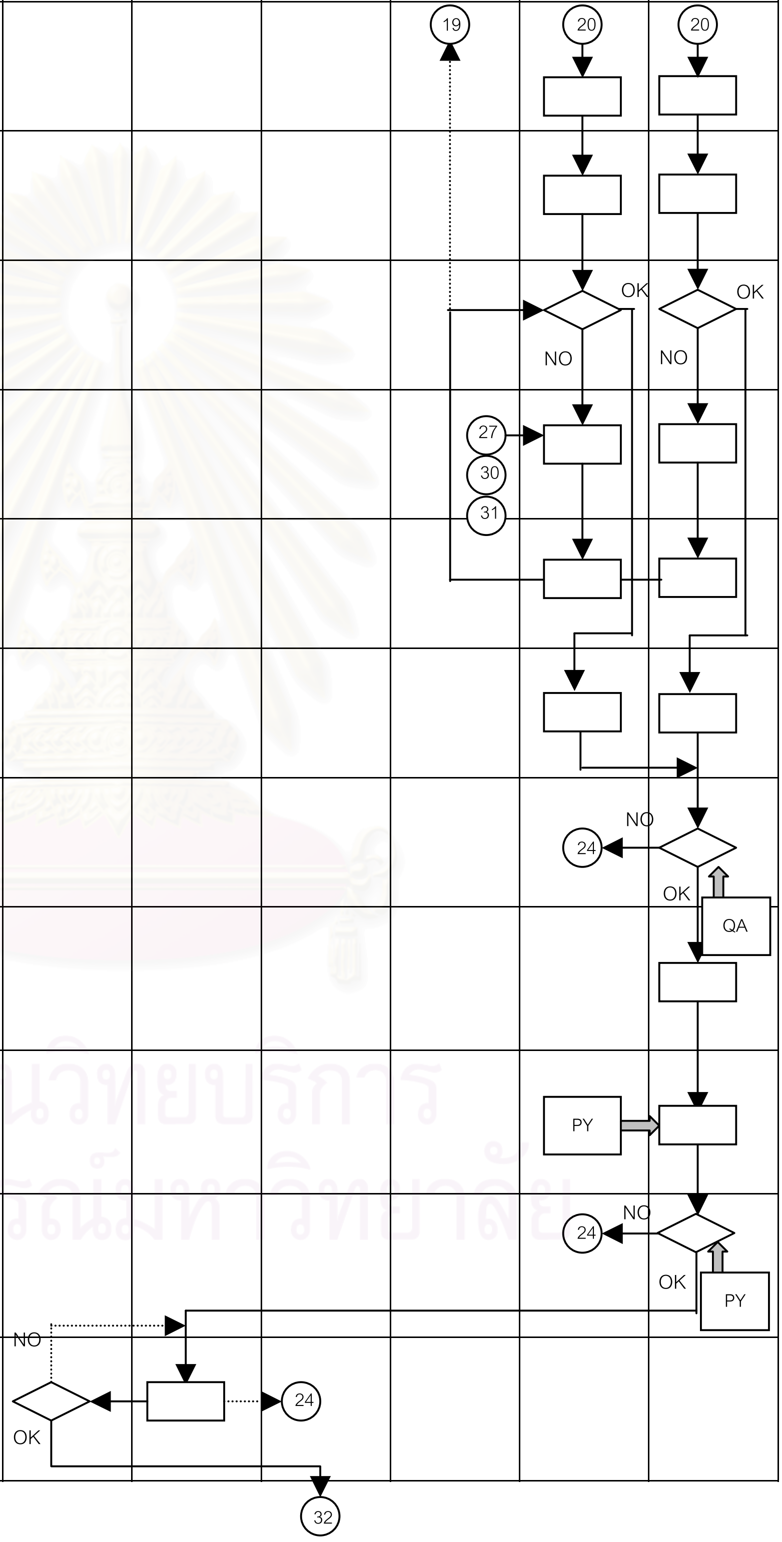
ลำดับ	กระบวนการ	ลูกค้า	แผนกวาง แผน/ลูกค้าสัมพันธ์	ธุรการ ฝ่ายฯ	แผนกออก แบบแม่ พิมพ์	แผนก เครื่องจักร แม่พิมพ์	แผนก ประกอบ และซ่อม
10	ออกแบบแม่พิมพ์						
11	จัดทำเอกสารเพิ่มเติม กรณีจำเป็น (รวมถึงเอกสารภายนอกจากลูกค้า)						
12	วางแผน/จัดทำแผนการผลิต						
13	จัดทำแผนคุณภาพตามข้อกำหนดของผลิตภัณฑ์						
14	เตรียมแผนการใช้วัตถุดิบ และสั่งซื้อวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์						
15	ตรวจรับ และชี้บ่งสถานะการสอบกลับได้ของวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ พร้อมทั้งระบุผลิตภัณฑ์ที่ส่งมอบโดยลูกค้า (รวมถึงชิ้นงานตัวอย่างจากลูกค้าด้วย)						
16	เบิกใช้วัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์ จากสโตร์						
17	จัดเก็บ / ควบคุมระดับสินค้าคงคลัง / ตรวจสอบสภาพการจัดเก็บ และสภาพวัตถุดิบ / ผลิตภัณฑ์						
18	ถนอมรักษาวัตถุดิบ/ผลิตภัณฑ์ (รวมถึงตัวอย่างชิ้นงานของลูกค้าด้วย)						
19	เตรียมการผลิต (วัตถุดิบ, เครื่องมือ/เครื่องจักร, กำลังคน)						
20	ตรวจสอบก่อนการผลิต						



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 แผนผังการไหลของงานฝ่ายแม่พิมพ์ (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	ลูกค้า	แผนกวางแผน/ลูกค้าสัมพันธ์	ธุรการฝ่ายฯ	แผนกออกแบบแม่พิมพ์	แผนกเครื่องจักรแม่พิมพ์	แผนกประกอบและซ่อม
21	เริ่มกระบวนการผลิต						
22	ควบคุมกระบวนการผลิต						
23	ตรวจสอบชิ้นงาน/ผลิตภัณฑ์ ระหว่างกระบวนการผลิต						
24	เขียนใบ NCR หรือ CAR เมื่อพบสิ่งผิดปกติ หรือข้อบกพร่อง						
25	ดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข / ป้องกัน						
26	ขัดผิว / ตกแต่งชิ้นส่วนแม่พิมพ์						
27	ตรวจสอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ขั้นสุดท้ายก่อนการประกอบ						
28	ประกอบแม่พิมพ์						
29	ทดสอบแม่พิมพ์						
30	ตรวจสอบความถูกต้องชิ้นงานฉีดพลาสติก						
31	ยอมรับผลิตภัณฑ์						



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.2 แผนผังการไหลของงานฝ่ายแม่พิมพ์ (ต่อ)

ลำดับ	กระบวนการ	ลูกค้า	แผนกวางแผน/ลูกค้าสัมพันธ์	ธุรการฝ่ายฯ	แผนกออกแบบแม่พิมพ์	แผนกเครื่องจักรแม่พิมพ์	แผนกประกอบและซ่อม
32	จัดทำเอกสารประกอบการส่งมอบ			31			
33	ส่งมอบสินค้า						
34	ยืนยันการรับมอบสินค้า						
35	สำรวจความพึงพอใจของลูกค้า						
36	รับข้อร้องเรียนจากลูกค้า (ถ้ามี)						
37	ออกใบคำขอแก้ไข (CAR) ให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้อง						
38	ดำเนินการปฏิบัติการแก้ไข / ป้องกัน						

หมายเหตุ : คำอธิบายอักษรย่อ PS = แผนกจัดซื้อ / สโตร์
HR = แผนกบุคคล
MN = ฝ่ายซ่อมบำรุง
TST = ฝ่ายบริการเทคนิคและอบรมสัมมนา
PY = ฝ่ายโพลิเมอร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

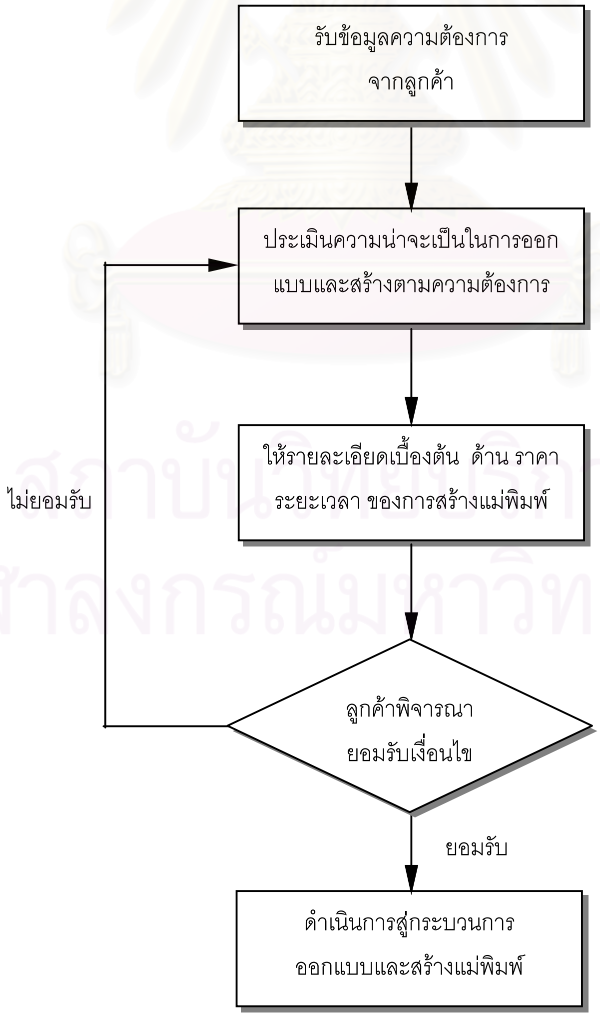
4.1.3 แผนผังของระบบข้อสนเทศปัจจุบัน

เพื่อง่ายต่อการเปรียบเทียบกับระบบตามแนวทาง R&M จึงได้จัดแบ่งระบบการดำเนินงานของฝ่ายแม่พิมพ์ในปัจจุบัน ตามช่วงเวลา ซึ่งสามารถแบ่งกิจกรรมเป็น 3 ช่วงได้แก่ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง โดยในแต่ละช่วงมีรายละเอียดและแผนผังของระบบข้อสนเทศ ดังนี้

4.1.3.1 ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

เริ่มตั้งแต่การรับข้อมูลความต้องการจากผู้ใช้ จนกระทั่งเสนอรายละเอียดด้านราคา และระยะเวลาของการสร้างแม่พิมพ์ให้กับผู้ใช้

วัตถุประสงค์หลัก ในช่วงนี้ คือ รับทราบข้อมูลความต้องการที่ใช้สำหรับการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ เช่น ลักษณะรูปร่างของชิ้นงาน พิกัดความเคลื่อนที่ยอมรับของชิ้นงาน ชนิดของวัสดุที่ใช้ จำนวนปริมาณการผลิตที่ต้องการ อัตราการผลิตที่ต้องการ และเวลาที่ต้องการ เป็นต้น โดยมีแผนผังของระบบข้อสนเทศดังรูป 4.3

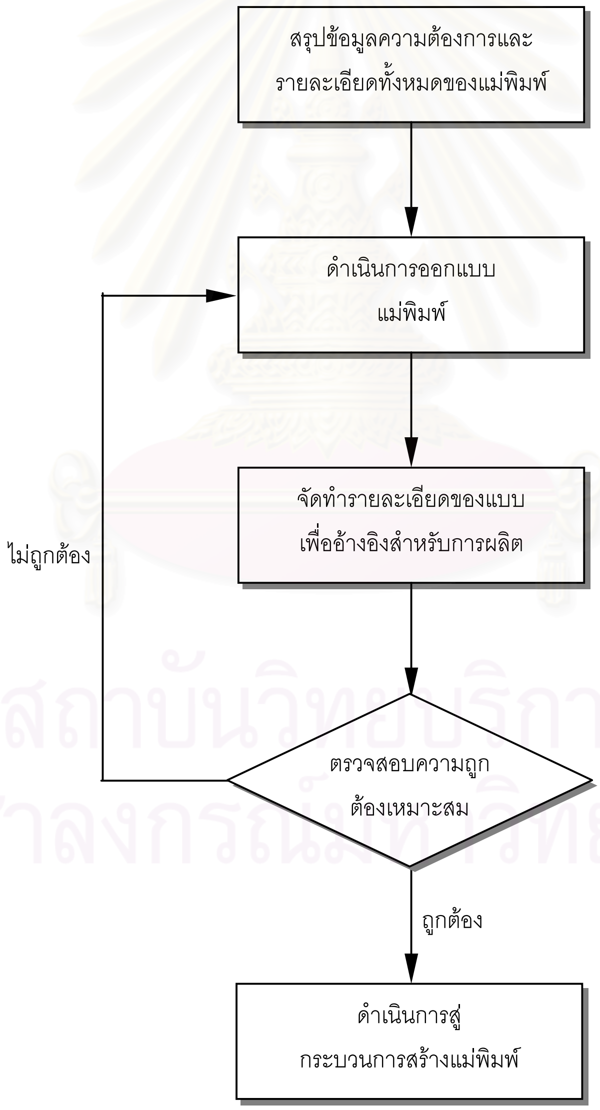


รูปที่ 4.3 แผนผังกระบวนการในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

4.1.3.2 ช่วงการออกแบบและพัฒนา

เริ่มตั้งแต่การรับข้อมูลความต้องการและรายละเอียดทั้งหมดมาทำการออกแบบแม่พิมพ์ และตรวจสอบความถูกต้อง จนได้แบบรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆ ที่ใช้ในการอ้างอิงสำหรับสร้างแม่พิมพ์

วัตถุประสงค์หลัก ในช่วงนี้ คือ ออกแบบให้ได้ตามเวลาที่ต้องการ ง่ายต่อการผลิต และเกิดค่าใช้จ่ายในการผลิตต่ำที่สุด เน้นความชำนาญและประสบการณ์ของผู้ออกแบบในการตัดสินใจเป็นสำคัญ โดยมีแผนผังของระบบข้อสนเทศดังรูปที่ 4.4

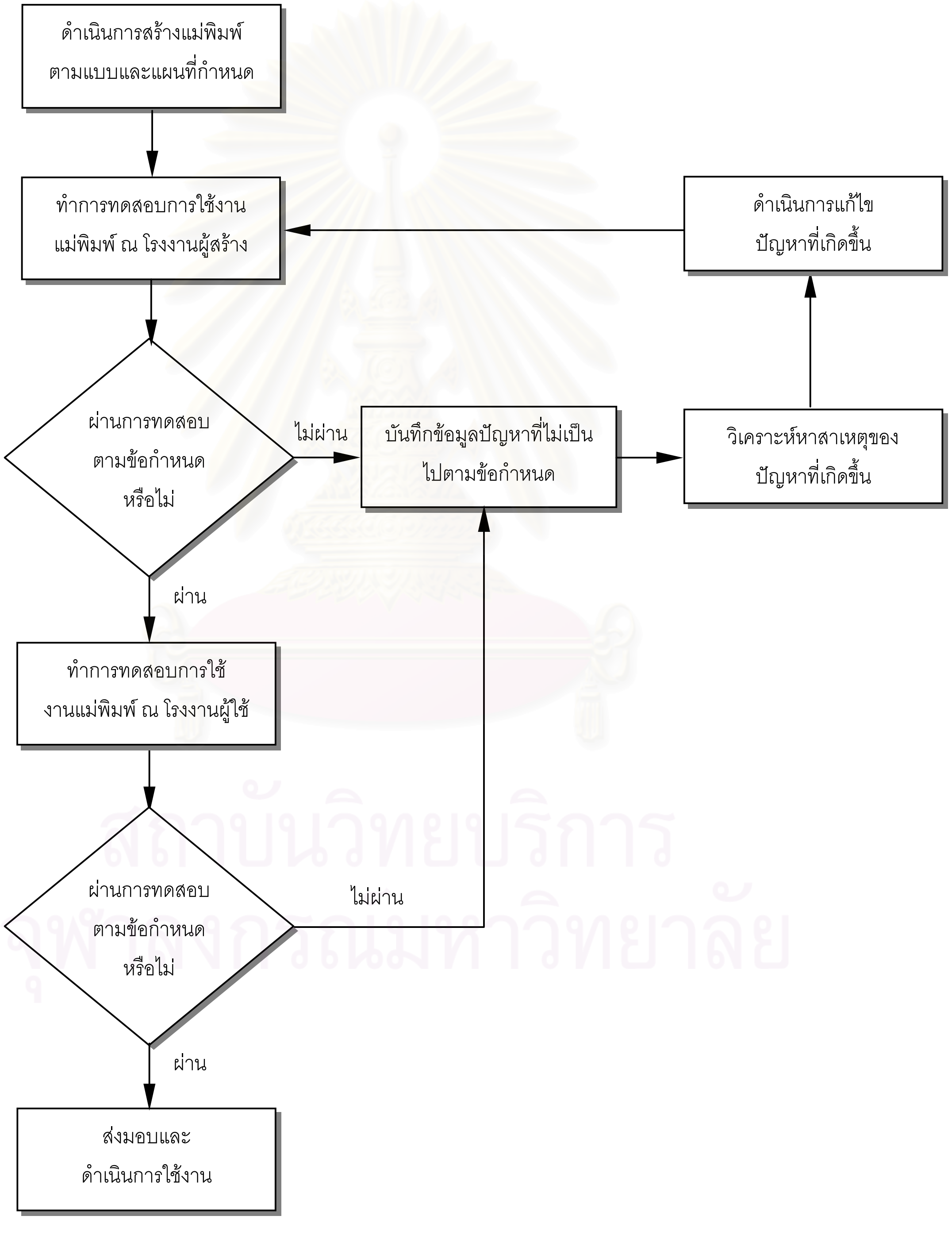


รูปที่ 4.4 แผนผังกระบวนการในช่วงออกแบบและพัฒนา

4.1.3.3 **ช่วงสร้างและติดตั้ง**

เริ่มตั้งแต่การรับแบบอ้างอิงการผลิตแม่พิมพ์ทั้งหมดมาทำการสร้าง จนกระทั่งประกอบและทดสอบแม่พิมพ์ เพื่อทำการส่งมอบยังผู้ใช้

วัตถุประสงค์หลัก ในช่วงนี้ คือ ควบคุมการผลิตให้ได้ตามแบบที่ต้องการ ในระยะเวลาที่กำหนด โดยมีแผนผังของระบบข้อสนเทศดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.5 แผนผังกระบวนการในช่วงสร้างและติดตั้ง

4.2 ผลการศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M

กิจกรรมการออกแบบและสร้างตามแนวทาง R&M อ้างอิงตามสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineers, SAE) และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา กำหนดให้มีการแบ่งกิจกรรมการดำเนินงานตามช่วงเวลา รวมทั้งสิ้น 5 ช่วง โดยกำหนดบทบาทและกิจกรรมต่างๆ ที่แนะนำ ดังนี้

4.2.1 **ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ** (Concept and Proposal Phase)

ในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ จะต้องมีการดำเนินการเพื่อให้ได้มาซึ่งข้อกำหนดและเป้าหมาย R&M ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ต้องการ ผู้สร้างทำการออกแบบแนวคิดเบื้องต้น และส่งข้อเสนอวิธีการที่จะได้มาซึ่งความต้องการของผู้ใช้ โดยกระบวนการเหล่านี้จะนำไปสู่การตัดสินใจเลือกผู้สร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ของผู้ใช้ โดยมีกิจกรรมและเทคนิคที่แนะนำดังนี้

4.2.1.1 **การวางแผน** (Planning)

ในการวางแผนนั้นจะพิจารณาหาวิธีการที่จะทำให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์มีคุณลักษณะบรรลุตามเป้าหมายที่ได้วางไว้ สิ่งสำคัญที่จำเป็นต้องมีคือกระบวนการในการออกแบบเพื่อให้ได้คุณลักษณะของ R&M รวมทั้งมีวิธีการที่ทำให้เกิดความแน่ใจในคุณลักษณะ R&M ว่าจะเกิดขึ้นระหว่างขั้นตอนการออกแบบและพัฒนา การสร้างและการติดตั้ง การใช้งานและการสนับสนุน ตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ โดยผลของการวางแผนจะระบุว่าอะไรที่ควรจะทำ ใครเป็นผู้ทำ และจะทำเมื่อไร

4.2.1.2 **การวางแผน** R&M (R&M Plan)

ผู้สร้างจะต้องดำเนินการเขียนแผน R&M ซึ่งจะต้องแสดงกิจกรรมด้าน R&M ที่จะทำให้ข้อกำหนด R&M เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ โดยทำการสร้างวิธีการดำเนินการ R&M (R&M Programe Matrices) และแผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M (R&M Program Planning Worksheets) ในแผนการดำเนินการ R&M นั้นจะต้องระบุถึงบทบาทของผู้สร้างที่ต้องการให้การสนับสนุนกระบวนการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ตลอดอายุการใช้งาน และดำเนินการแก้ไขปัญหาจากการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น

4.2.1.3 **การทบทวนประสบการณ์ในอดีต** (Lessons Learned)

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดซ้ำของความผิดพลาดในอดีต และปรับปรุงการออกแบบของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ จะต้องมีการเก็บรวบรวมข้อมูลกิจกรรมการแก้ไขปัญหาในอดีต แล้วทำการทบทวนและศึกษาเพื่อแก้ไขปรับปรุงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ทำการสร้างขึ้นมาใหม่

4.2.1.4 **การระบุข้อกำหนด** R&M (Specifying R&M Requirements)

ผู้ใช้งานทำการระบุข้อกำหนด R&M ที่ต้องการในรูปของตัวเลข (Quantitative Terms) โดยค่าที่กำหนดนั้นจะใช้ในการออกแบบคุณลักษณะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ให้เป็นไปตามนั้น ซึ่งการกำหนดค่าต่างๆ ของ R&M นั้นจำเป็นต้องคำนึงถึงความเป็นจริงในการใช้งานทั้งลักษณะการทำงาน สภาพแวดล้อมที่ถูกใช้ และเงื่อนไขต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง

4.2.1.5 **ลักษณะการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์** (Machinery Use)

ผู้สร้างและผู้ใช้งานเครื่องจักรจำเป็นที่จะต้องตระหนักถึงลักษณะการใช้งาน และลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานที่เข้าไปมีส่วนเกี่ยวข้องในการใช้ ตัวอย่างเช่น การลดรอบการทำงาน โดยการเพิ่มความเร็วในการทำงานนั้นจะมีส่วนทำให้ความเชื่อมั่นในการใช้งานลดลง

4.2.1.6 **เวลาที่ใช้งาน** (Duty Cycle)

ส่วนประกอบของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์หลายๆ ชิ้นมีความไว (Sensitive) ในช่วงเริ่มทำงาน (Start-up) ดังนั้นการคำนึงถึงเวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle) และช่วงเวลาที่มีการหยุดพักการทำงาน (Intermittent Operation) ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ จึงจำเป็นที่จะต้องทำความเข้าใจและนำไปใช้เมื่อทำการออกแแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

4.2.1.7 **สภาพแวดล้อมที่นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไปใช้** (Machinery Environment)

ผู้ที่ให้รายละเอียดและผู้ที่ทำหน้าที่ออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะต้องเข้าใจสภาพแวดล้อมในการใช้งานอย่างถ่องแท้ ไม่ว่าจะเป็นในเรื่องของ ความร้อน ความชื้น สิ่งสกปรกที่อาจเกิดขึ้น การสั่นสะเทือน ทั้งที่เกิดกับเครื่องจักรหรือเกิดบริเวณพื้นที่ใกล้เคียงเครื่องจักรก็ตาม เพราะสิ่งเหล่านี้จะมีผลต่อสมรรถนะของกลไก ระบบไฮดรอริกส์ ระบบนิวเมติกส์ ระบบไฟฟ้า และอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ โดยผู้ใช้และผู้สร้างจะต้องดำเนินการก่อนขั้นตอนของการสร้างแนวคิด

4.2.1.8 **การติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง** (Continuous Improvement Monitoring)

ในการสร้างความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใหม่นั้นสามารถดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยการใช้ข้อมูลย้อนกลับ (Feedback) จากผู้ใช้งานที่เครื่องใช้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ก่อนหน้านี้ที่เกี่ยวกับการใช้งาน ณ โรงงานของผู้ใช้ ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการขั้นตอนของการสร้างแนวคิด โดยทั่วไปข้อมูลเหล่านี้จะอยู่ในรูปของการทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned) ซึ่งจะรวมถึง

- ลักษณะบางประการที่พึงปรารถนา
- รูปแบบปัญหาของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จากประสบการณ์ในอดีต
- วิธีดำเนินการแก้ไขหรือการปรับปรุง
- ผลที่ได้จากการปรับปรุง

การปรับปรุงต่างๆ อาจอยู่ในรูปของค่าใช้จ่ายของการดำเนินการ (Operation Cost) ความปลอดภัย การยศาสตร์ และคุณภาพ โดยผู้สร้างจะต้องทำการออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ใหม่ให้เกิดการปรับปรุงดังที่ผู้ใช้งานต้องการหรือคาดหวัง

4.2.1.9 **อายุการใช้งานในแง่ของปริมาณการผลิต** (Life in Term of Throughput)

ในระหว่างขั้นตอนของแนวคิดนั้น ผู้ใช้งานต้องชี้แจงให้ผู้สร้างทราบถึงการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ว่ามีการใช้งานในปริมาณการผลิตตลอดอายุการใช้งาน (Life in Terms of Throughput) เป็นอย่างไร เพื่อหลีกเลี่ยงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการออกแบบที่มากเกินความจำเป็น หรือการขัดข้องเสียหายอันเกิดจากการออกแบบที่ต่ำกว่าเกณฑ์ที่ต้องการ

4.2.1.10 **การเก็บรวมรวมข้อมูล** (Data Collection)

ในระหว่างขั้นตอนของแนวคิด วิศวกรฝ่ายผลิตและซ่อมบำรุงของผู้ใช้ จะต้องให้ความร่วมมือกับผู้สร้าง โดยต้องมีการกำหนดรูปแบบของการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ว่ามีลักษณะขั้นตอนอย่างไร แบบฟอร์มที่ใช้ ความถี่ของการเก็บ ซึ่งต้องทำความเข้าใจกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการเก็บข้อมูลนี้ทุกคน โดยรูปแบบของการเก็บนี้อาจเป็นในลักษณะของการติดตั้งอุปกรณ์เก็บข้อมูลอัตโนมัติและแบบที่ทำการตรวจติดตามด้วยตัวพนักงานแล้วแต่ความเหมาะสมของอุปกรณ์นั้นๆ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.1.11 **ตารางความรับผิดชอบกิจกรรม** R&M (R&M Program Matrix)

สำหรับตารางความรับผิดชอบกิจกรรม (R&M Program Matrix) นี้ จะต้องถูกระบุอยู่ในการดำเนินการกิจกรรม R&M ต่างๆ ที่เกิดขึ้นและผู้รับผิดชอบในแต่ละกิจกรรม ซึ่งจะมีความแตกต่างกันตามแต่ลักษณะและประเภทของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

4.2.1.12 **แผ่นงานกิจกรรมวางแผน** R&M (R&M Program Planning Worksheet)

แผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M นั้นจะสอดคล้องตามตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M ที่สร้างขึ้น แผ่นงานนี้จะเป็นตัวแจกแจงรายละเอียดที่อยู่ในตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M เช่น หากกำหนดว่าจะต้องมีการทดสอบคุณลักษณะ R&M ในช่วงของการสร้างและการติดตั้ง ในแผ่นงานนี้จะมีรายละเอียดของชิ้นส่วนที่จะต้องทำการทดสอบ

4.2.1.13 **การทบทวนการออกแบบ** (Design Review)

การทบทวนการออกแบบคือขั้นตอนที่เป็นทางการ มีการบันทึกเป็นรายลักษณ์อักษรและทำอย่างเป็นระบบ การทบทวนแนวคิดการออกแบบ (Concept Design Review) เป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญของช่วงของแนวคิด ซึ่งอาจดำเนินการเพียงผู้สร้าง หรือร่วมกันทบทวนทั้งผู้สร้างหรือผู้ใช้ก็ได้ โดยทั่วไปการทบทวนประกอบด้วย ตรวจสอบพิมพ์เขียว (Drawing) แบบร่าง (Sketches) รายงานบันทึกทางวิศวกรรม ผลการวิเคราะห์ เอกสารการทดสอบ ต้นแบบ หรือส่วนประกอบต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบ ซึ่งวัตถุประสงค์ของการทบทวนการออกแบบในแต่ละช่วงเวลามีดังตารางที่ 4.2

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.2 วัตถุประสงค์ของการทบทวนการออกแบบในแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลา	วัตถุประสงค์การทบทวน
1. ช่วงแนวคิด	การทบทวนแนวคิดการออกแบบ (Concept Review) : มุ่งเน้นความเป็นไปได้ในแนวทางการออกแบบที่เสนอ
2. ช่วงการออกแบบและการพัฒนา	การทบทวนการออกแบบเบื้องต้น (Preliminary Design Review) : เพื่อทวนสอบ (Verifies) ว่าการออกแบบเป็นไปตามเป้าหมายที่ต้องการหรือไม่ การทบทวนการออกแบบขั้นสุดท้าย (Final Design Review) : เพื่อทำการรับรอง (Validates) ความถูกต้องสมบูรณ์ของเอกสารการออกแบบและผลการวิเคราะห์ที่เกี่ยวข้อง
3. ช่วงสร้างและติดตั้ง	การสร้าง : เป็นการตรวจดูผลการสร้างและการทดสอบความคลาดเคลื่อน (Runoff Testing) การติดตั้ง ณ โรงงาน : ดำเนินการสืบค้นปัญหาการขัดข้องเสียหายเพื่อทำการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

ซึ่งการทบทวนการออกแบบนั้นไม่จำเป็นต้องทำทุกรูปแบบขึ้นกับสัญญาที่ผู้ใช้ทำกับผู้สร้างตามความเหมาะสมและความต้องการตามแต่ชนิดของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ สำหรับระบบที่ใหญ่และซับซ้อนมากๆ ชิ้นส่วนหรือองค์ประกอบที่นำมาร่วมในระบบควรที่จะต้องมีการดำเนินการทบทวนการออกแบบด้วยเช่นกัน

สามารถสรุปบทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างรวมทั้งกิจกรรมดังตารางที่ 4.3 และตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.3 บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

บทบาทของผู้ใช้	บทบาทของผู้สร้าง
• ระบุเป้าหมาย R&M • ระบุการลักษณะการใช้งาน และ สภาพแวดล้อมที่ใช้งาน • ระบุการทดสอบเพื่อการยอมรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ • ลักษณะของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ • ทบทวนข้อเสนอ	• ทำความเข้าใจความต้องการของผู้ที่เกี่ยวข้องกับเป้าหมาย R&M • เสนอแนวทางที่จะได้มาซึ่งเป้าหมาย R&M • แสดงแผนกิจกรรม R&M ผู้รับผิดชอบและระยะเวลาในการส่งมอบ และช่วงเวลาที่ทำการทดสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ • ชี้แจงขอบเขตและจำนวนครั้งของการทบทวนการออกแบบ

ตารางที่ 4.4 กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

เครื่องมือและเทคนิค	**ผู้ใช้**	**ผู้สร้าง**
การวางแผน	7	7
การวางแผน R&M		7
การทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned)	7	7
การระบุข้อกำหนด R&M	7	
ลักษณะการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	7	
การคำนวณเวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle)	7	
สภาพแวดล้อมที่นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไปใช้	7	
การติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	7	7
อายุการใช้งานในแง่ของอัตราผลิต (Throughput)	7	
การเก็บรวมรวมข้อมูล	7	7
ตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M	7	
แผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M	7	
การทบทวนการออกแบบ	7	7

4.2.2 **ช่วงออกแบบและพัฒนา** (Design and Development Phase)

ในช่วงออกแบบและพัฒนา เป็นช่วงที่มุ่งออกแบบและทวนสอบความถูกต้องของสมรรถนะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เพื่อให้เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ ตามที่ได้ทำการตกลงในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ โดยมีกิจกรรมและเทคนิคที่แนะนำดังนี้

4.2.2.1 **การออกแบบเผื่อและการวิเคราะห์ความเค้น** (Design Margins and Stress Analyses)

1) การออกแบบเผื่อ (Design Margins)

วิศวกรผู้ออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะต้องตั้งค่าเผื่อสำหรับการออกแบบเพื่อให้มั่นใจว่าชิ้นส่วนประกอบต่างๆ มีความแข็งแรงเพียงพอต่อภาระงานที่เกิดขึ้น ผู้สร้างจะต้องประเมินสมรรถนะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์และสามารถระบุชิ้นส่วนที่มีอัตราการขัดข้องเสียหายที่สูงและทำการศึกษาข้อมูลจากการออกแบบในอดีตเพื่อให้มีการออกแบบที่ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การประยุกต์ใช้ระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Analysis) เข้ามาในการวิเคราะห์และ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประเมินค่าเผื่อในการออกแบบและอายุที่คาดหวัง ซึ่งรวมไปถึงการเพิ่มค่าเผื่อความปลอดภัย (Safety Factors) เข้าไปในการออกแบบด้วย โดยค่าเผื่อนี้จะต้องประเมินภายใต้สถานะการณ์ที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case Condition) ที่อาจเกิดขึ้นกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

ค่าภาระงานที่ใช้ในแต่ละการใช้งานจะแตกต่างกันดังนั้นจำเป็นต้องมีการคำนวณที่สอดคล้องและเหมาะสมกับการใช้งานแต่ละประเภท

2) การวิเคราะห์ความเค้น (Stress Analysis)

ในการวิเคราะห์ความเค้นที่เกิดขึ้นนั้นเป็นการใช้การวิเคราะห์เชิงตัวเลขที่ใช้พิจารณาความสัมพันธ์ระหว่างความแข็งแรง (Strength) ของชิ้นส่วนกับภาระที่กระทำจากสภาพแวดล้อมภายใต้เงื่อนไขที่เลวร้ายที่สุด (Worst-case Condition) การวิเคราะห์ความเค้นนี้จะเป็นตัวรับรอง (Validate) ผลที่ได้จากค่าเผื่อที่ผู้สร้างได้ทำการออกแบบไว้ ซึ่งการวิเคราะห์ความเค้นนี้จะต้องมีการระบุอยู่ในการวางแผน R&M ด้วย

4.2.2.2 **องค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์** (Machinery Componensts)

ในการเลือกชิ้นส่วนของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นจะต้องเลือกโดยมีเป้าหมายในการเพิ่มสมรรถะในด้านความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา โดยคุณลักษณะนี้ผู้สร้างจะเป็นผู้ระบุข้อกำหนดและทำการสื่อสารไปยังผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบ ในการวางแผน R&M จะต้องมีการระบุวิธีการเลือกชิ้นส่วนประกอบและผู้ผลิต รวมไปถึงวิธีการที่จะทวนสอบ (Verify) คุณลักษณะตามข้อกำหนดที่ผู้สร้างวางไว้

4.2.2.3 **การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ** (Failure Mode and Effects analysis, FMEA)

1) การวิเคราะห์กระบวนการ (Process FMEA)

การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบของกระบวนการ (PFMEA) นั้นจะถูกใช้ในการวิเคราะห์กระบวนการผลิตและกระบวนการประกอบ โดยทำการบ่งชี้รูปแบบการขัดข้องเสียหายที่มีโอกาสเกิดขึ้นในกระบวนการ

โดยปกติแล้วการวิเคราะห์ PFMEA นี้จะดำเนินการในช่วงเริ่มต้นของกาพัฒนาระบบใหม่ ซึ่งให้ความสำคัญกับกระบวนการที่มีความเสี่ยงสูงโดยจะทำการแก้ไขก่อนที่กระบวนการดังกล่าวจะมีผลกระทบกับคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

2) การวิเคราะห์เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machinery FMEA)

การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ นี้จะคล้ายกับ PFMEA แต่จะมุ่งให้ความสำคัญกับการบ่งชี้รูปแบบความเสียหายของส่วนประกอบของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เพื่อให้มั่นใจว่าชิ้นส่วนที่มีโอกาสเกิดการขัดข้องเสียหายดังกล่าวได้ถูกแก้ไข ในช่วงของการเริ่มต้นกระบวนการออกแบบ ซึ่งการวิเคราะห์ FMEA นี้จะดำเนินการหรือไม่ขึ้นกับข้อตกลงที่ทำไว้กับลูกค้า

4.2.2.4 **การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด** (Fault Tree Analysis, FTA)

การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด (FTA) จะเป็นกระบวนการวิเคราะห์ระบบในลักษณะจากบนสู่ล่าง โดยใช้ในการสืบหาโอกาสที่เป็นไปได้ของเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนา (การขัดข้องเสียหาย) ซึ่งแสดงเป็นลักษณะของแผนภาพความสัมพันธ์ของปัจจัยที่อาจทำให้เกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนา

FTA นั้นจะเริ่มจากการระบุเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาอยู่บนสุดของแผนภาพและแตกกิ่งก้านของสาเหตุที่เกิดขึ้นลงไปข้างโดยใช้ตรรกศาสตร์ของเหตุการณ์ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวจะเชื่อมโยงต่อลงไปจนถึงระดับล่างสุดของสาเหตุสุดท้าย การวิเคราะห์ FTA จะใช้วิเคราะห์เหตุการณ์ที่ไม่ปรารถนาได้หลายเหตุการณ์และหลายความผิดพลาดนี้จะตรงกันข้ามกับการวิเคราะห์ FMEA ซึ่งเป็นการวิเคราะห์เพียงหนึ่งเหตุการณ์เท่านั้น ทำให้ในลักษณะของการออกแบบเพื่อความปลอดภัยนั้น วิธีการวิเคราะห์ด้วย FTA จะสามารถทำได้ง่ายและรวดเร็วกว่า FMEA

4.2.2.5 **การทบทวนการออกแบบ** (Design Reviews)

การทบทวนการออกแบบนั้นเป็นส่วนหนึ่งในช่วงของการออกแบบและพัฒนา ซึ่งควรมีอย่างน้อยคือ การทบทวนการออกแบบขั้นต้นและการทบทวนการออกแบบขั้นสุดท้าย โดยใช้มุมมองของ R&M เพื่อให้ได้คุณลักษณะที่ต้องการ

4.2.2.6 **การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน** (Tolerance Studies)

ผู้สร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะต้องดำเนินการศึกษาค่าความคลาดเคลื่อนเพื่อให้มั่นใจว่าการสะสมของความผิดพลาด (Tolerance Stacking) ที่เกิดขึ้นจากความคลาดเคลื่อนของชิ้นส่วนนั้นจะไม่ส่งผลต่อความขัดข้องเสียหายอันอาจเกิดขึ้นภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่แย่ที่สุดจากการใช้งาน

4.2.2.7 การวิเคราะห์และการพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability Analysis and Predictions)

การพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งานเป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นโดยการสร้างแผนผังความเชื่อมั่น (Reliability Block Diagram) ของส่วนประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ขึ้น ซึ่งจะนำค่าอัตราการขัดข้องเสียหาย (Failure Rate) จากข้อมูลที่เก็บจากภาคสนาม หรือข้อมูลจากผู้ขายชิ้นส่วน หรือแหล่งอ้างอิงต่างๆ มาคำนวน และทำการแก้ไขหรือออกแบบใหม่ให้ระบบมีค่าความเชื่อมั่นตามที่วางไว้

4.2.2.8 แผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability Block Diagrams)

แผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน เป็นเครื่องมือในการวางแผนเพื่อให้ทราบว่าชิ้นส่วนต่างๆ มีผลต่อค่าความเชื่อมั่นในการใช้งานของระบบอย่างไร จะใช้ในช่วงเริ่มต้นของการออกแบบและพัฒนาเพื่อวางแนวทางการออกโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อกันของชิ้นส่วนต่างๆ กับระบบทั้งหมด

4.2.2.9 การทดสอบเร่งอายุ (Accelerated Life Testing)

การทดสอบเร่งอายุ จะใช้ในชิ้นส่วนที่มีความสำคัญต่อความเชื่อมั่นในการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ โดยเงื่อนไขที่ใช้ในการทดสอบในเรื่องของการใช้งานและสภาพแวดล้อมนั้นจะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะต้องนำอัตราการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นคำนวณย้อนกลับไปสภาพเงื่อนไขการใช้งานปกติ ซึ่งวิธีการทดสอบเร่งอายุจะต้องทำอย่างเหมาะสมเนื่องจากอาจทำให้ผลที่ได้เกิดความคลาดเคลื่อน

4.2.2.10 แนวคิดการออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability Design Concepts)

ในการวางแผน R&M จะต้องระบุให้มีการออกแบบที่คำนึงถึงความสามารถในการธำรงรักษาเพื่อให้เกิดการหยุดของเครื่องจักร (Downtime) ที่สั้นที่สุด ซึ่งการออกแบบนั้นจะต้องพิจารณาถึงคุณลักษณะของ ความสามารถในการเข้าถึง (Accessibility) การออกแบบในลักษณะการปรับเปลี่ยนได้ง่าย (Modularity) การใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน (Standardization) ความสามารถในการซ่อมแซม (Reparability) ความสามารถในการทดสอบ (Testability) ซึ่งรวมถึงการติดตั้งอุปกรณ์ทดสอบภายใน (Buit-in Test Equipment) และความสามารถในการใช้งานร่วมกัน

ได้ (Interchangeability) ซึ่งการที่จะออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษาได้ดีนั้นต้องมีความเข้าใจระบบการทำงานซ่อมบำรุงของผู้ใช้เป็นอย่างดี

ลักษณะของการออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษา ประกอบด้วย

- การซ่อมแซมด้วยเครื่องมือและอุปกรณ์มาตรฐาน
- การซ่อมแซมและบำรุงรักษาโดยใช้ระดับทักษะของพนักงานปฏิบัติการและพนักงานซ่อมบำรุง
- มีเครื่องมือช่วยในการค้นหาแหล่งที่เกิดการขัดข้องหรือช่วยในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ตัวอย่างเช่น ติดตั้งอุปกรณ์ตรวจรู้การสั่นสะเทือน เป็นต้น
- มีการประเมินความสามารถในการธำรงรักษาเพื่อทำการเปรียบเทียบทางเลือกที่แตกต่างของการออกแบบแต่ละแบบ

4.2.2.11 **คู่มือในการซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน** (Maintenance Manuals and Preventive Maintenace Requirements)

การพัฒนาคู่มือในการบำรุงรักษา เพื่อใช้สำหรับการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นองค์ประกอบสำคัญของการดำเนินการ R&M ให้ประสบผลสำเร็จ คู่มือสำหรับบำรุงรักษานั้นควรที่จะพิจารณาถึงสิ่งต่างๆ เหล่านี้ได้แก่

- ระดับทักษะของผู้ที่ใช้คู่มือเพื่อทำหน้าที่ในการบำรุงรักษา
- ความต้องการในการบำรุงรักษาเชิงป้องกันที่สอดคล้องกับตารางการทำงานและระบบพัสดุคงคลังปัจจุบันของผู้ใช้ (ถ้ารู้)
- ประมาณเวลาที่ใช้ในการดำเนินการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- ข้อแนะนำสำหรับพนักงานซ่อมบำรุง เมื่อมีความต้องการเฉพาะสำหรับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกิดการขัดข้องเสียหายพิเศษ
- ชนิดของการฝึกอบรมในกรณีที่มีความจำเป็น

4.2.2.12 **บัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง** (Spare Parts List and Spare Parts Inventory Plan)

ผู้สร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะต้องแนะนำบัญชีชิ้นส่วนอะไหล่ให้กับผู้ใช้ การทำบัญชีชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนจัดเตรียมพัสดุอะไหล่จะช่วยให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ของผู้ใช้มีความพร้อมในการใช้งาน (Availability) เพิ่มมากขึ้น สิ่งที่ต้องพิจารณาได้แก่

- บัญชีชิ้นส่วนอะไหล่จะต้องเป็นส่วนประกอบที่มีความสำคัญต่อระบบความเชื่อมั่นในการใช้งาน
- ชิ้นส่วนอะไหล่ในคลังพัสดุต้องน้อยที่สุด
- ต้องคำนึงถึงพื้นที่และตำแหน่งในการจัดเก็บ

4.2.2.13 **ความสามารถในการเข้าถึง** (Accessibility)

ความสามารถในการเข้าถึงหมายถึงต้องมีพื้นที่ทำงานเพียงพอที่จะทำการวินิจฉัย แก้ไขปัญหา และทำการซ่อมบำรุง ได้อย่างง่ายและปลอดภัย รวมทั้งใช้เวลาที่ไม่มากเกินไป โดยต้องคำนึงถึงอุปกรณ์ที่นำมาใช้งานร่วมและข้อจำกัดด้านกายรยศาสตร์ (Ergonomics) ของการเคลื่อนไหวด้วย

4.2.2.14 **การวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย** (Diagnostics)

การติดตั้งอุปกรณ์วินิจฉัยที่ทำหน้าที่บ่งชี้สถานะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะช่วยให้ความสามารถในการธำรงรักษามีสูงขึ้น อุปกรณ์นี้อาจทำอย่างง่ายในลักษณะการแสดงผลให้มองเห็นได้ง่ายว่าใช้งานได้หรือไม่ (Go/No-go Visual Display) หรือในลักษณะที่ซับซ้อนโดยใช้ระบบผู้เชี่ยวชาญ (Expert System) ที่สามารถวิเคราะห์ปัญหาและแนะนำวิธีการแก้ไขปัญหาให้กับผู้ใช้งาน ระบบวินิจฉัยควรที่จะบ่งชี้ได้ว่าชิ้นส่วนนั้นควรจะเปลี่ยนหรือทำการซ่อมแซม

นอกจากนี้สิ่งที่ต้องให้ความสำคัญสำหรับระบบการวินิจฉัยคือความสามารถของการจัดเก็บข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ความเชื่อมั่นในการใช้งานและการส่งข้อมูลย้อนกลับให้กับผู้สร้าง ซึ่งข้อมูลที่ได้จากระบบการวินิจฉัยนี้จะต้องอยู่ในรูปแบบที่สอดคล้องกับระบบฐานข้อมูลที่ผู้ใช้มีในปัจจุบันหรือใช้ได้กับโปรแกรมฐานข้อมูลที่มีอยู่เดิม

4.2.2.15 **อุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว** (Captive Hardware and Quick Attach/Detach)

อุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็วจะทำให้การเปลี่ยนชิ้นส่วนได้ง่ายและรวดเร็ว ชิ้นส่วนอะไหล่และส่วนประกอบต่างๆ ที่สามารถเปลี่ยนได้ควรออกแบบให้มีลักษณะเหล่านี้ ตัวอย่างเช่น

- แผ่นประกอบ สลักยึด เกลียว
- ตัวยึดแบบกดหรือตัวยึดแบบ Snap-in
- หมุดย้ำ (Clinch and Self-clinching Nuts)

- ตัวยึดแบบหมุนเพียง ¼ รอบ (Quarter-turn Fasteners)

4.2.2.16 การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ (Spare Parts Management)

การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ดำเนินการโดยทำการบ่งชี้และวิเคราะห์หาจำนวนของชิ้นส่วนอะไหล่ที่เหมาะสมต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นให้กับผู้ใช้

แผนการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่นี้จะต้องจัดทำในช่วยของกระบวนการออกแบบและต่อเนื่องไปตลอดอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ในการพิจารณาในั้นจะต้องคำนึงถึงช่วงเวลาดำเนินการ (Lead Time) ของการได้รับชิ้นส่วนอะไหล่เข้าจัดเก็บ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นด้วย

4.2.2.17 ขั้นตอนการบำรุงรักษา (Maintenance Procedures)

ขั้นตอนการบำรุงรักษาจะประกอบด้วยคำอธิบายรายละเอียดของการปรับแต่ง (Adjustment) การเปลี่ยน (Replacement) และการซ่อมแซมเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทั้งระบบใหญ่ ระบบย่อย และชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ผู้สร้างจะต้องแนะนำขั้นตอนการบำรุงรักษาเชิงป้องกันตามระยะเวลาที่ใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์

ขั้นตอนการบำรุงรักษาที่อยู่ในคู่มือการใช้งาน (Service Manuals) หรือระบบฐานข้อมูลคอมพิวเตอร์จะต้องประกอบด้วยลักษณะองค์ประกอบของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ภาพแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วนต่างๆ รูปแบบชิ้นส่วน แบบประกอบอย่างง่ายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ บัญชีรายชื่อชิ้นส่วนและวิธีการบำรุงรักษา รวมทั้งข้อมูลทางเทคนิคต่างที่จำเป็น เช่น ความดันที่กำหนด ขั้นตอนการทำงาน ระยะเผื่อสำหรับการเคลื่อนที่ (Moving Part Clearances) เป็นต้น

4.2.2.18 เทคนิคการจัดการด้วยสายตา (Visual Management)

เทคนิคการจัดการด้วยสายตาใช้เพื่อให้สามารถพบเห็นอาการที่ผิดปกติของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ได้ง่ายและรวดเร็วเพียงการสังเกตเห็น ระบบการจัดการด้วยสายตานี้จะช่วยให้การตรวจสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เป็นไปได้อย่างง่ายและรวดเร็ว

4.2.2.19 การออกแบบด้วยหลักการหน่วยประกอบ (Modularity)

หลักการหน่วยประกอบ (Modularity) นี้เป็นการออกแบบโดยแบ่งลักษณะทางกายภาพและลักษณะหน้าที่การทำงานของชุดอุปกรณ์อย่างชัดเจนเพื่อให้ง่ายต่อการถอดและเปลี่ยนอุปกรณ์ ทำให้เวลาหยุดเครื่องจักร (Downtime) เกิดขึ้นสั้นที่สุด

หลักการชิ้นส่วนประกอบนี้มีข้อดีหลายประการ เช่น

- การออกแบบใหม่สามารถทำได้ง่ายแลใช้เวลาการออกแบบที่สั้นลงเนื่องจากใช้อุปกรณ์มาตรฐานที่ได้พัฒนามาก่อนแล้วใส่เข้าไป
- ลดทักษะพิเศษทางเทคนิคให้น้อยลง
- การอบรมพนักงานซ่อมบำรุงทำได้ง่ายขึ้น
- การเปลี่ยนแปลงทางด้านวิศวกรรมเป็นไปได้อย่างรวดเร็วและไม่มีผลกระทบ

สามารถสรุปบทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างรวมทั้งกิจกรรมดังตารางที่ 4.5 และตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.5 บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงออกแบบและพัฒนา

บทบาทของผู้ใช้	บทบาทของผู้สร้าง
• ให้ความร่วมมือและทำงานร่วมกันอย่างใกล้ชิด • ติดตามความก้าวหน้าจากการประชุมร่วมในการทบทวนการออกแบบ	• ศึกษาการออกแบบทางวิศวกรรมและวิเคราะห์เพื่อให้ได้ตามข้อกำหนด • ทำการทบทวนการออกแบบอย่างเป็นระบบ • ศึกษาข้อมูลความผิดพลาดในอดีตและปรับปรุงการออกแบบ • หาวิธีทวนสอบ (Verify) และรับรองผล (Validation) เพื่อให้มั่นใจว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ออกแบบเป็นไปตามข้อกำหนด • คำนึงถึงการออกแบบที่ส่งเสริมลักษณะของ R&M

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.6 กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงออกแบบและพัฒนา

เครื่องมือและเทคนิค	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
การออกแบบเผื่อและการวิเคราะห์ความเค้น		7
องค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์		7
การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ	7	7
การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด	7	7
การทบทวนการออกแบบ		7
การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน		7
การวิเคราะห์และการพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน		7
แผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน		7
การทดสอบเร่งอายุ		7
แนวคิดเพื่อการออกแบบสำหรับความสามารถในการธำรงรักษา		7
คู่มือในการซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน		7
บัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง	7	7
ความสามารถในการเข้าถึง	7	7
การวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย	7	7
อุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว	7	7
การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่	7	7
ขั้นตอนการบำรุงรักษา	7	7
เทคนิคการจัดการด้วยสายตา (Visual Management)	7	7
การออกแบบด้วยหลักการชิ้นส่วนประกอบ		7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.3 **ช่วงสร้างและติดตั้ง** (Build and Install Phase)

ในช่วงของการสร้างและติดตั้ง มีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องให้ความใส่ใจต่อการคงคุณลักษณะ R&M ตามที่ได้ออกแบบไว้ ผู้สร้างจะต้องดำเนินการควบคุมการผลิตไม่ให้มีผลต่อการเสื่อมของคุณลักษณะ R&M โดยต้องทำการบ่งชี้และกำหนดค่าในการควบคุมความผันแปรที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ในส่วนของการติดตั้งจะต้องทำการควบคุมความผิดปกติต่างๆ อันอาจเกิด

ขึ้นเพื่อลดปัญหาการขัดข้องเสียหายในช่วงเริ่มต้นการใช้งาน โดยมีกิจกรรมและเทคนิคที่แนะนำดังนี้

4.2.3.1 **การทดสอบคุณลักษณะ** (Dedicated Reliability Testing)

การทดสอบคุณลักษณะนี้ทำเพื่อทวนสอบ (Verifying) ว่าเครื่องจักรหรืออุปกรณ์มีข้อกำหนดเป็นไปตามที่วางไว้หรือไม่ โดยปกติการทดสอบคุณลักษณะนี้จะทดการทดสอบโดยใช้เวลายาวนานประมาณสี่เท่าของเวลาเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเสียหายแต่ละครั้ง (MTBF) ซึ่งจะทำการทดสอบเฉพาะชิ้นส่วนที่มีความสำคัญ ตามที่ได้ทำการตกลงกันระหว่างผู้ใช้และผู้สร้างในขั้นตอนของการสร้างแนวคิด (Concept Phase) เมื่อทำการทดสอบจะต้องมีการบันทึกและจัดทำเป็นเอกสารผลที่ได้

4.2.3.2 **การประเมินสมรรถนะเบื้องต้น** (Preliminary Evaluation of Process Performance)

จุดประสงค์ของการประเมินสมรรถนะเบื้องต้นนี้เพื่อให้มีการบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นและวิธีการดำเนินการแก้ปัญหาชิ้นส่วนเพื่อช่วยในการหาสาเหตุของการเสียหายในช่วงเริ่มต้น (Infant Mortality Failure) โดยการประเมินสมรรถนะเบื้องต้นนี้จะดำเนินการ ณ โรงงานผลิตของผู้สร้างก่อนทำการทดสอบเพื่อยอมรับ (Acceptance Testing) เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ซึ่งชิ้นส่วนที่เกิดจากการทดสอบการทำงานนั้นควรมีการเก็บเผื่อในกรณีที่ผู้ใช้ต้องการตรวจสอบ

4.2.3.3 **การทดสอบเดินตัวเปล่า** (Dry Run Testing)

บางครั้งการทดสอบสมรรถนะอาจจะทำการผลิตชิ้นงานหรือไม่ด้วยก็ได้ ซึ่งจะดำเนินการก่อนการทดสอบเพื่อยอมรับ เพื่อเป็นการตรวจความพร้อมของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ตัวแปรที่ใช้ทำงานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะต้องทำการทดสอบตามเงื่อนไขที่วางไว้ การหยุดเนื่องจากสาเหตุต่างๆ จะต้องมีการบันทึกและแจ้งให้ลูกค้าเพื่อทำการทบทวน

4.2.3.4 **การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง** (Reliabilty Data Collection During Acceptance Testing at the Supplier’s Facility)

ข้อมูลต่างๆ ที่ได้จากการทดสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ ณ โรงงานของผู้สร้าง จะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้ในการบ่งชี้ความสามารถของความเชื่อมั่นในการใช้งาน หรือ สาเหตุของการใช้งานที่ไม่ถูกต้องของชิ้นส่วนต่างๆ แม้ว่าเวลาที่ใช้ในการทดสอบและเหตุการณ์ขัดข้องเสีย

หายอาจมีจำกัดก็ตาม แต่ข้อมูลเหล่านี้สามารถนำไปใช้ร่วมกับผลทดสอบในกระบวนการรับรอง (Validation Test) เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ (Benchmark) คุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งาน ซึ่งเป็นจุดเริ่มต้นของกระบวนการพัฒนาความเชื่อมั่นในการใช้งานอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ข้อมูลในการบริโภควัสดุสิ้นเปลืองต่างๆ เช่น สารหล่อเย็น สารหล่อลื่น และอุปกรณ์ทำงานอื่นๆ ควรทำการเก็บบันทึกขณะที่มีการทดสอบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เช่นกัน

4.2.3.5 **การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้** (Reliabilty Data Collection During Acceptance Testing at the User's Facility)

ข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้จะต้องการเก็บรวบรวมเพื่อนำไปใช้ในการทวนสอบ (Verify) ว่าคุณลักษณะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์นั้นมีการเสื่อมหรือลดลงไปอันเนื่องมาจากการเครื่องย้ายหรือติดตั้งหรือไม่ โดยนำข้อมูลเหล่านี้ไปเพิ่มเติมในฐานข้อมูลเดิมที่ได้ทำการทดสอบ ณ โรงงานของผู้สร้าง

4.2.3.6 **การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย** (Root Cause Analysis and Failure Analysis)

ผู้สร้างมีภาระหน้าที่รับผิดชอบในการทำให้เกิดความแน่ใจว่าจะมีการดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุของการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ทั้งส่วนที่ผลิตเองและชิ้นส่วนที่รับช่วงต่อเมื่อเกิดการรขัดข้องเสียหายเกิดขึ้น โดยผลการวิเคราะห์นี้จะต้องมีการรายงานให้กับผู้ใช้เพื่อให้เกิดการร่วมมือกันแก้ปัญหาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นร่วมกันระหว่างผู้ใช้และผู้สร้าง ข้อกำหนดในการดำเนินการหาสาเหตุของปัญหาการขัดข้องเสียหายนั้นอาจระบุไว้ในสัญญาและในแผนการดำเนินกิจกรรม R&M เพื่อระบุให้ทราบว่าจะต้องดำเนินการแก้ไขปัญหาในระหว่างขั้นตอนนี้

สามารถสรุปบทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างรวมทั้งกิจกรรมดังตารางที่ 4.7 และตารางที่ 4.8

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.7 บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงสร้างและติดตั้ง

<table>
<tr><th colspan="2">ช่วงสร้างและติดตั้ง</th></tr>
<tr><th>บทบาทของผู้ใช้</th><th>บทบาทของผู้สร้าง</th></tr>
<tr><td>• ติดตามความก้าวหน้าในการสร้าง
• ช่วยเหลือและให้คำแนะนำที่ช่วยลดความผิดพลาดจากการผลิต
• ร่วมมือในการพัฒนาขั้นตอนการบำรุงรักษา
• ให้ความร่วมมือในการตรวจพิสูจน์ (Validation) และหาวิธีการแก้ไขเพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด
• เริ่มต้นดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อใช้บ่งชี้และแนะนำในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาความสามารถในการธำรงรักษา</td><td>• ดำเนินการทดสอบสมรรถนะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เพื่อให้แน่ใจว่าเป็นไปตามข้อกำหนด
• จัดทำคู่มือปฏิบัติการบำรุงรักษา และตารางการบำรุงรักษา
• ให้คำแนะนำผู้ใช้หรือผู้เกี่ยวข้องในการเคลื่อนย้าย ถอดประกอบและติดตั้งที่ถูกต้องเหมาะสม
• ทำการทดสอบ ณ โรงงานของผู้ใช้เพื่อให้แน่จะว่าจะไม่มีการเสื่อมสภาพ (Degradation) ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ขณะการเคลื่อนย้ายและติดตั้ง</td></tr>
</table>

ตารางที่ 4.8 กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงสร้างและติดตั้ง

เครื่องมือและเทคนิค	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
การทดสอบคุณลักษณะ		7
การประเมินสมรรถนะเบื้องต้น		7
การทดสอบเดินตัวเปล่า		7
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง	7	7
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้	7	7
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย		7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2.4 **ช่วงใช้งานและสนับสนุน** (Operation and Support Phase)

ในช่วงของการใช้งานและสนับสนุน ผู้สร้างถูกคาดหวังให้ดำเนินกิจกรรม R&M ในส่วนของ การเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งาน ปัญหาขัดข้องเสียหายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งาน รวมทั้งส่งข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้สร้าง ให้ดำเนินการวิเคราะห์แก้ไขปรับปรุงคุณลักษณะ R&M ของแม่พิมพ์ปัจจุบันรวมทั้งใช้เป็นข้อมูลปรับปรุงการออกแบบเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต โดยมีกิจกรรมและเทคนิคที่แนะนำดังนี้

4.2.4.1 **การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนกลับ** (Data Collection, Analysis, and Feedback)

ในขั้นตอนนี้ ผู้ใช้งานต้องดำเนินการเก็บรวมรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับ R&M ผลการวิเคราะห์ต่างๆ และส่งข้อมูลย้อนกลับยังผู้สร้าง การเก็บข้องมูลที่มีประสิทธิภาพและสม่ำเสมอของการใช้งานเครื่องจักรและอุกปกรณ์เป็นส่วนสำคัญต่อความสำเร็จของกิจกรรม R&M การบันทึกการขัดข้องเสียหาย อาการที่เกิดขึ้น และวิธีการแก้ไขต่างๆ ที่ถูกต้องและสม่ำเสมอเป็นสิ่งสำคัญมากในการบันทึกข้อมูล

ข้อมูลเหล่านี้จะเป็นส่วนสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้และผู้สร้างดำเนินการปรับปรุงและพัฒนาหาวิธีการแก้ไขการขัดข้องเสียหายร่วมกัน

4.2.4.2 **การวางแผนซ่อมบำรุง** (Planned Maintenance)

การที่เครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะบรรลวัตถุประสงค์ R&M ได้นั้นจำเป็นต้องมีการบำรุงรักษาที่เหมาะสม ซึ่งทำได้โดยการที่ผู้ใช้มีแผนการซ่อมบำรุงที่มีประสิทธิภาพ ประกอบด้วย

- พนักงานมีส่วนร่วมในการรับผิดชอบการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์
- มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
- มีเทคโนโลยีการพยากรณ์การขัดข้องเสียหาย
- องค์กรต้องมีความตระหนักและให้การฝึกอบรมเกี่ยวกับ R&M

4.2.4.3 **การพัฒนาคุณลักษณะ** R&M (Reliability and Maintainability Growth)

การพัฒนาคุณลักษณะ R&M นี้จะมีหรือไม่ขึ้นกับการทำสัญญาในช่วงเริ่มต้น ผู้สร้างอาจมีความคาดหวังที่ต้องการจะพัฒนาคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรและอุกรณ์ที่สร้างให้กับผู้ใช้ โดยดำเนินการช่วยเหลือในการวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขการขัดข้องเสีย

หายที่สำคัญๆ ซึ่งจะช่วยในการปรับปรุงคุณลักษณะ R&M การดำเนินการพัฒนา R&M จะมีผลช่วยให้ลดค่าใช้จ่ายในการประกัน (Warranty Costs) และปรับปรุงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในอนาคต ซึ่งแนะนำให้ผู้สร้างดำเนินกิจกรรมนี้แม้จะไม่มีในสัญญาก็ตาม

4.2.4.4 **ระบบการรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผล และการดำเนินการแก้ไข** (Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System, FRACAS)

ระบบการรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผล และการดำเนินการแก้ไข (FRACAS) จัดทำขึ้นเพื่อให้มีระบบการบันทึก การส่งผ่าน และการใช้ข้อมูลการขัดข้องเสียหายที่เป็นระบบ ประกอบด้วย รายงานผลการขัดข้องเสียหายที่มีฐานข้อมูลประวัติการใช้งาน การวิเคราะห์การขัดข้องเสียหายที่แสดงให้เห็นถึงสาเหตุของการขัดข้องเสียหาย เอกสารการดำเนินการแก้ไขปรับปรุงที่ใช้ในการลดสาเหตุของการขัดข้องเสียหาย ฐานข้อมูลของรายงานผลการขัดข้องเสียหายเหล่านี้จะช่วยในการบ่งชี้รูปแบบของการขัดข้องเสียหายและวิธีการแก้ไขปัญหาที่ได้จากผลการวิเคราะห์ วิธีการแก้ไขปัญหาเหล่านี้จะเป็นส่วนช่วยสนับสนุนการพัฒนาและปรับปรุงเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่จะทำการออกแบบใหม่ในอนาคต นอกจากนี้ข้อมูลที่ควรมีการบันทึกในฐานข้อมูลควรมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการธำรงรักษา เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการบำรุงรักษาและซ่อมแซมที่วัดได้

จากระบบ FRACAS นี้ผู้สร้างจะสามารถเอาข้อมูลเหล่านี้มาดำเนินการปรับปรุงแก้ไขเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ในขั้นตอนของการออกแบบและพัฒนาต่อไป

4.2.4.5 **การแลกเปลี่ยนข้อมูล** (Data Exchange)

ผู้สร้างและผู้ใช้ต้องร่วมกันพัฒนาระบบแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลสมรรถนะการใช้งานหรือข้อมูลการบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งาน เพื่อให้สามารถนำข้อมูลเหล่านี้ไปใช้ในการวิเคราะห์และคำนวณหาคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (R&M Figures of Merit) โดยรูปแบบและวิธีการจัดเก็บนั้นต้องเป็นการเห็นพ้องต้องกันระหว่างผู้ใช้และผู้สร้าง

ประโยชน์ที่ได้จากการแลกเปลี่ยนข้อมูลนี้จะเกิดทั้งกับผู้ใช้และผู้สร้าง สำหรับผู้สร้างนั้นจะสามารถเข้าใจถึงสมรรถนะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เมื่อนำไป ณ โรงงานผู้ใช้ เพื่อที่จะนำข้อมูลมาปรับปรุง ให้เกิดความพึงพอใจต่อผู้ใช้ และลดค่าใช้จ่ายของการประกัน (Warranty Costs) สำหรับผู้ใช้แล้วจะช่วยให้ได้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่มีสมรรถนะดีและใช้งานได้อย่างเหมาะสมเพิ่มมากขึ้น

4.2.4.6 **ระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับ** (Suggested Data Feedback Model)

ระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับเป็นการแสดงการไหลของข้อมูลการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น เพื่อใช้สำหรับผู้ใช้ได้ทำการสื่อสารไปยังผู้สร้างได้อย่างเป็นระบบและมีความสะดวกต่อการทำงาน

สามารถสรุปบทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างรวมทั้งกิจกรรมดังตารางที่ 4.9 และตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.9 บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงใช้งานและสนับสนุน

บทบาทของผู้ใช้	บทบาทของผู้สร้าง
• ดำเนินการบำรุงรักษาตามคำแนะนำของผู้สร้าง • ดำเนินการเก็บบันทึกข้อมูลของสมรรถนะและการใช้งาน • จัดส่งข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายและวิธีการดำเนินการแก้ไขให้ผู้สร้างเพื่อใช้ใน	• ศึกษาและให้ความสำคัญข้อมูลที่ได้รับจากผู้ใช้ • หาวิธีการติดตาม วิเคราะห์ รวมทั้งปรับปรุงแก้ไขปัญหาและจุดบกพร่องเพื่อพัฒนาคุณลักษณะของ R&M ในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่จะสร้างในอนาคต

ตารางที่ 4.10 กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงใช้งานและสนับสนุน

เครื่องมือและเทคนิค	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนกลับ	7	7
การวางแผนซ่อมบำรุง	7	
การพัฒนาคุณลักษณะ R&M	7	7
ระบบการรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผล และการดำเนินการแก้ไข	7	7
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	7	7
ระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับ	7	

4.2.5 ช่วงปรับเปลี่ยน หรือยกเลิก (Conversion or Decommission Phase)

ในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งาน เป็นจุดสิ้นสุดของอายุของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ได้กำหนดไว้ เมื่อมีการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งานเกิดขึ้น ผู้ใช้งานต้องส่งสรุปข้อมูลย้อนกลับที่เกี่ยวข้องให้กับผู้สร้างดำเนินการพิจารณาแก้ไขปรับปรุง เพื่อให้เครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่สร้างในอนาคตมีการพัฒนาปรับปรุงคุณลักษณะ R&M อย่างต่อเนื่อง โดยมีกิจกรรมและเทคนิคที่แนะนำดังนี้

4.2.5.1 สรุปคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Characterize Equipment R&M)

การสรุปคุณลักษณะของ R&M คือ การบอกข้อมูลที่ได้จากการใช้งานจริงของเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ตามค่าเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ เช่น ค่าเฉลี่ยระหว่างการขัดข้องเสียหายแต่ละครั้ง (Mean Time Between Failure) ที่เกิดขึ้นจริงตลอดอายุการใช้งานที่ผู้ใช้ได้นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์เหล่าไปใช้ ค่าเฉลี่ยในการซ่อมคืนสภาพ (Mean Time To Repair) ที่เกิดขึ้นเมื่อเกิดการขัดข้องเสียหายแต่ละครั้ง เป็นต้น

4.2.5.2 รวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด (Collect All Data and Lessons Learned)

ข้อมูลที่เป็นปัญหาหาที่เกิดขึ้น จุดบกพร่อง หรือความยุ่งยากในการซ่อมบำรุง ชิ้นส่วนอะไหล่ที่ไม่มีการใช้งาน สภาพแวดล้อมและวิธีการใช้งานที่ไม่ได้คาดไว้ หรือสิ่งต่างๆ ที่เกี่ยวข้องอันเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณลักษณะของ R&M ในอนาคตที่ผู้ใช้ประสบในระหว่างอายุการใช้งานของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ เพื่อส่งข้อมูลป้อนกลับเหล่านี้แก่ผู้สร้างสำหรับเป็นข้อมูลอ้างอิงและสนับสนุนในการออกแบบในอนาคต

4.2.5.3 สรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้ (Total LCC and Compare to LCC Objectives)

ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากการใช้งาน บำรุงรักษา หรือซ่อมแซม ค่าสูญเสียการผลิตอันเนื่องจากการขัดข้องเสียหายของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ รวมไปถึงค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งาน เช่น ค่าขนย้าย ค่าทำลาย หรือจัดเก็บ ที่เกิดขึ้นให้ทำการรวบรวมและสรุป เพื่อเปรียบเทียบค่าเป้าหมายที่เกิดขึ้นว่ามีส่วนใดที่มากหรือไม่ตรงตามที่คาดหวังไว้

4.2.5.4 หาวิธีปรับเปลี่ยนเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Adjust LCC Methodology if required)

ผู้สร้างต้องนำข้อมูลที่ได้รับจากผู้ใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ มาทำการวิเคราะห์และหาสาเหตุของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้น เพื่อหาวิธีการแก้ไขปรับปรุงการออกแบบและเป็นข้อมูลอ้างอิงต่อไปในอนาคต

สามารถสรุปบทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างรวมทั้งกิจกรรมดังตารางที่ 4.11 และตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.11 บทบาทของผู้ใช้และผู้สร้างในช่วงช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

บทบาทของผู้ใช้	บทบาทของผู้สร้าง
• สรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากข้อมูลที่เก็บรวมรวบ อันได้แก่ ข้อมูลการขัดข้องเสียหาย ข้อมูลการซ่อมบำรุง ข้อมูลการดำเนินการแก้ไข	• ศึกษาข้อมูลและนำมาใช้เปรียบเทียบเพื่อปรับปรุงข้อมูลที่ใช้สำหรับการประเมินในช่วงของการออกแบบ • ดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น และค่าเป้าหมายในกรณีที่เกิดความคลาดเคลื่อน

ตารางที่ 4.12 กิจกรรมที่ควรเกิดขึ้นในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

เครื่องมือและเทคนิค	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
สรุปคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	7	7
รวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด	7	7
สรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้	7	7
หาวิธีปรับเปลี่ยนเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ		7

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

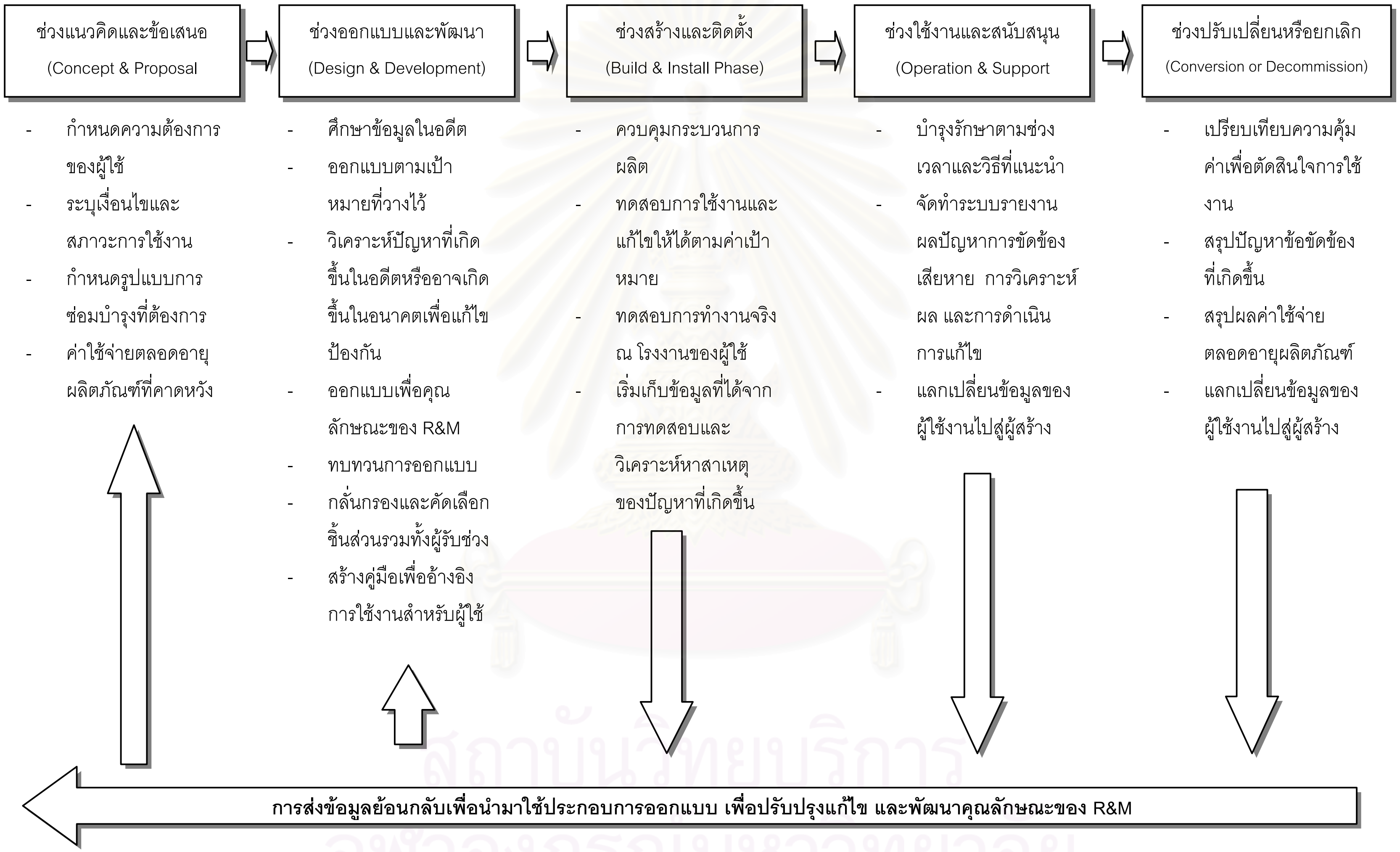
4.3 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างกระบวนการปัจจุบันเทียบกับกระบวนการตามแนวทาง R&M

จากการพิจารณาความแตกต่างของสภาพปัจจุบันกับสิ่งที่แนวทาง R&M ต้องการ พบว่ามีความแตกต่างในด้านต่างๆ ดังนี้

4.3.1 ด้านระบบการออกแบบและสร้าง

ระบบตามแนวทาง R&M เป็นระบบที่ต้องการความมั่นใจในการใช้งานของแม่พิมพ์ว่าการออกแบบนั้นจะต้องครอบคลุมเงื่อนไขการใช้งานทั้งหมดที่จะเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้นำแม่พิมพ์ไปใช้ และต้องมีการใส่คุณลักษณะของ R&M เข้าไปให้กับแม่พิมพ์โดยใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อคุณลักษณะ R&M ต่างๆ มาช่วย รวมถึงมีการประเมินหรือพยากรณ์ค่าเป้าหมายเทียบกับข้อกำหนดที่ผู้ใช้ต้องการ เมื่อถึงขั้นตอนของการสร้างจนกระทั่งขนย้ายและติดตั้ง ต้องมีการควบคุมและทดสอบเพื่อให้มั่นใจว่าไม่มีการเสื่อมคุณลักษณะไปจากการออกแบบและสามารถใช้งานได้ตามความต้องการของผู้ใช้ เมื่อผู้ใช้ได้ใช้งานแม่พิมพ์แล้วต้องมีการบำรุงรักษาตามคำแนะนำจากผู้สร้างหรือคู่มือ และบันทึกปัญหาข้อขัดข้องเสียหาย ข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากการใช้งานจริง จนกระทั่งปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้ เพื่อส่งข้อมูลป้อนกลับยังผู้สร้างเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขปรับปรุงให้แม่พิมพ์ที่ใช้งานอยู่หรือแม่พิมพ์ที่จะทำการสร้างในอนาคต มีคุณลักษณะของ R&M ที่สูงขึ้น เกิดค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต่ำลง และเป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้มากที่สุด สามารถแสดงเป็นแผนภาพแสดงกระบวนการดำเนินงานเพื่อความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา ดังรูปที่ 4.6

สำหรับความแตกต่างของระบบปัจจุบันและระบบตามแนวทาง R&M ที่เห็นได้อย่างเด่นชัด คือ ไม่มีการกำหนดเป้าหมายของผลิตภัณฑ์ ที่มีความเกี่ยวข้องในความต้องการ R&M ของแม่พิมพ์ จึงทำให้การออกแบบและสร้างรวมถึงการทดสอบไม่มีการคำนึงถึงคุณลักษณะของ R&M ที่แฝงอยู่ในผลิตภัณฑ์ (แม่พิมพ์) นอกจากนี้ยังขาดกระบวนการเก็บข้อมูลการใช้งานของผลิตภัณฑ์เมื่อผู้ใช้หรือลูกค้านำไปใช้งาน เพื่อนำข้อมูลเหล่านั้นไปช่วยในการออกแบบเพื่อการปรับปรุงและป้องกันเพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีคุณลักษณะ R&M ที่ดีเพิ่มขึ้น ซึ่งสามารถแยกตามองค์ประกอบต่างๆ ที่แนวทาง R&M ต้องการดังตารางที่ 4.13



รูปที่ 4.6 กระบวนการดำเนินงานตามแนวทาง R&M

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

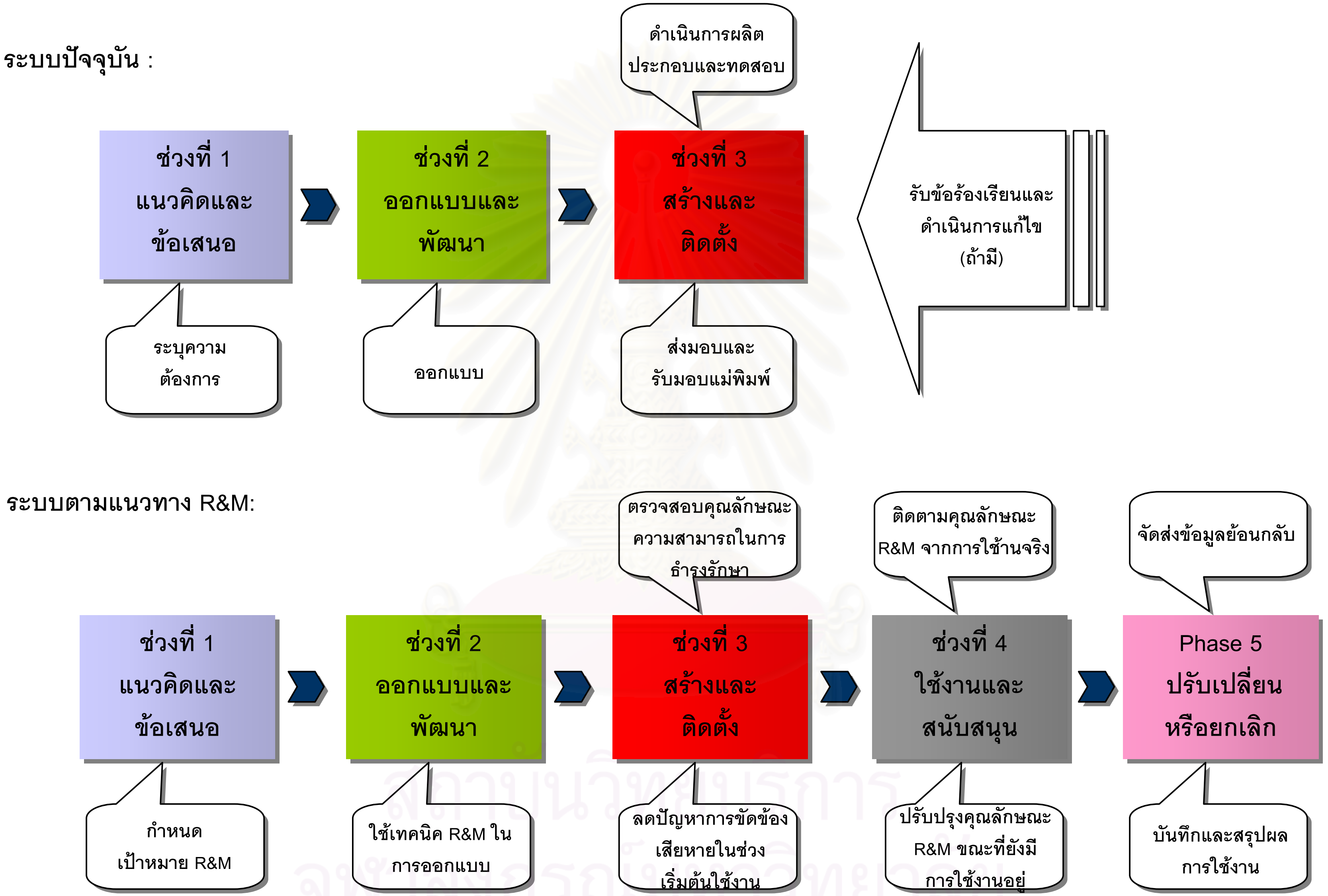
ตารางที่ 4.13 เปรียบเทียบข้อแตกต่างระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบตามแนวทาง R&M

องค์ประกอบที่ R&M ต้องการ	ระบบปัจจุบัน			
	มี	ไม่มี	ไม่ครบ	หมายเหตุ
1. กำหนดเป้าหมายความต้องการของผู้ใช้			4	ขาดการกำหนดเป้าหมาย R&M
2. ระบุเงื่อนไขและสภาวะการใช้งาน			4	ขาดรายละเอียดในส่วนของสภาพแวดล้อมที่นำไปใช้งานและเวลาที่เกี่ยวข้องในการผลิต
3. กำหนดหนดรูปแบบการซ่อมบำรุงที่ผู้ใช้ต้องการ		4		ขึ้นกับความต้องการของผู้ใช้ที่ร้องขอ
4. กำหนดค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่คาดหวัง			4	พิจารณาเฉพาะค่าใช้จ่ายในการได้มาของแม่พิมพ์ (Acquisition Cost) เท่านั้น
5. ศึกษาข้อมูลในอดีต		4		เน้นการใช้ประสบการณ์ ไม่มีระบบการศึกษาทบทวนข้อมูล
6. ออกแบบตามเป้าหมายที่วางไว้	4			ไม่มีการออกแบบตามเป้าหมาย R&M
7. วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในอดีตหรืออาจเกิดขึ้นในอนาคตเพื่อแก้ไขป้องกัน		4		ไม่มีการกำหนดให้ปฏิบัติขึ้นกับผู้ออกแบบเป็นสำคัญ
8. ออกแบบเพื่อคุณลักษณะของ R&M		4		ใช้วิธีการออกแบบในลักษณะเดิมที่เคยออกแบบในอดีต
9. ทบทวนการออกแบบ	4			เน้นการทบทวนโดยผู้ออกแบบเท่านั้น
10. กลั่นกรองและคัดเลือกชิ้นส่วนรวมทั้งผู้รับช่วง			4	ไม่มีการคำนึงถึงคุณลักษณะของ R&M ของผู้รับช่วงผลิต
11. จัดทำคู่มืออ้างอิงสำหรับการใช้งานและการบำรุงรักษา		4		ไม่มีการจัดทำคู่มือให้แก่ผู้ใช้
12. ควบคุมกระบวนการผลิตให้เป็นไปตามการออกแบบที่ได้กำหนดไว้	4			ไม่มีการคำนึงถึงการเสื่อมคุณลักษณะของ R&M จากการผลิต
13. ทดสอบการใช้งานและแก้ไขให้ได้ตามค่าเป้าหมาย	4			ไม่มีการทดสอบเพื่อตรวจสอบคุณลักษณะ R&M
14. ทดสอบการทำงานจริง ณ โรงงานผู้ใช้	4			ขึ้นกับข้อตกลงจากผู้ใช้
15. เก็บข้อมูลที่ได้จากการทดสอบและวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้น			4	เก็บข้อมูลเพื่อนำไปปรับแก้แม่พิมพ์เท่านั้น แต่ขาดการจัดเก็บเป็นข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุ หรือนำไปใช้อ้างอิงในอนาคต
16. บำรุงรักษาตามช่วงเวลาและวิธีที่แนะนำ		4		เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้
17. จัดทำระบบรายงานผลปัญหาการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผล และวิธีดำเนินการแก้ไข		4		เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้
18. แลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้งานกับผู้สร้าง		4		อยู่ในรูปของข้อร้องเรียนจากลูกค้า มากกว่าการคำนึงถึงคุณลักษณะ R&M จากการใช้งาน
19. เปรียบเทียบความคุ้มค่าเพื่อตัดสินใจการใช้งาน		4		เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้
20. สรุปปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น		4		เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้
21. สรุปผลค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์		4		เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้
22. การร่วมวิเคราะห์ปัญหาการขัดข้องเสียหายโดยตัวแทนในแต่ละแผนกที่เกี่ยวข้อง		4		เน้นการแก้ปัญหาโดยใช้ผู้ที่มีหน้าที่รับผิดชอบหลักเท่านั้น
23. การนำข้อมูลของผู้ใช้ไปวิเคราะห์หาแนวทางแก้ไขปรับปรุงและอ้างอิงการออกแบบในอนาคต		4		ไม่มีการดำเนินการ

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สำหรับแนวทางปัจจุบันใช้อยู่นั้น หากแบ่งตามช่วงเวลาที่แนวทาง R&M ได้แนะนำไว้มีการดำเนินกิจกรรมเพียงแค่ 3 ช่วงเท่านั้น คือ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase) ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase) และช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase) โดยทั้ง 3 ช่วงที่กล่าวมาไม่คำนึงถึงคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษามากเท่าที่ควร อีกทั้งการออกแบบแม่พิมพ์ก็ไม่ได้ใช้เทคนิคที่ช่วยเสริมคุณลักษณะเหล่านั้น หรือหากมีการออกแบบก็มักจะเกิดจากประสบการณ์ตามแต่ผู้ออกแบบซึ่งจะมีแตกต่างกันไป นอกจากนี้ยังไม่มีการจัดทำคู่มือการใช้งานและคู่มือการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ หรือวิธีการต่างๆ ที่สนับสนุนให้เกิดการใช้งานที่ถูกต้องแก้ผู้ใช้ ส่วนช่วงสำคัญที่เหลืออีก 2 ช่วงได้แก่ ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase) และช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission Phase) ไม่มีการติดตามและแลกเปลี่ยนข้อมูลย้อนกลับไปวิเคราะห์หาสาเหตุการขัดข้องเสียหาย เพื่อทำการเปรียบเทียบการออกแบบที่ทำไว้ และนำไปสู่การปรับปรุงในอนาคต โดยสรุปได้ดังรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.14 ดังนี้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 4.7 เปรียบเทียบลักษณะการดำเนินงานระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบตามแนวทาง R&M

ตารางที่ 4.14 เปรียบเทียบสภาพปัจจุบันและแนวทาง R&M แยกตามช่วงเวลา

ช่วงเวลา	สภาพปัจจุบัน	ตามแนวทาง R&M
ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept & Proposal)	เน้นเรื่องของเวลาและคุณภาพด้านพิกัดความคลาดเคลื่อนของชิ้นงานที่ยอมรับได้	เน้นเป้าหมายด้าน R&M เช่น ระบุค่าคาดหวังของ MTTF/MTBF, MTTR คำนึงถึงค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (LCC) มีการคำนึงถึงลักษณะเงื่อนการใช้งาน และสภาพแวดล้อมที่นำแม่พิมพ์ไปใช้
ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design & Development)	เน้นการออกแบบเพื่อให้ได้รูปร่างชิ้นงานตามแบบที่ต้องการและความง่ายในการสร้างแม่พิมพ์	มีการออกแบบที่คำนึงถึงคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา มีการออกแบบเพื่อป้องกันโอกาสที่อาจเกิดขึ้นของการขัดข้องเสียหาย มีการทบทวนการออกแบบที่เป็นระบบและนำข้อมูลในอดีตที่เกี่ยวข้องมาปรับปรุงการออกแบบ
ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build & Install)	เน้นการตรวจรับวัสดุและชิ้นส่วนตามคุณลักษณะที่กำหนดโดยทั่วไป การทดสอบมีเพียงดูรูปร่างของชิ้นงานเป็นหลัก และเน้นการส่งมอบตามเวลา	มีการคำนึงถึงวิธีการใช้งานและการบำรุงรักษาอุปกรณ์ และมีการทดสอบคุณลักษณะที่เกี่ยวข้องกับการใช้งาน รวมทั้งมีการบันทึกปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างทดสอบเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปแก้ไขปัญหา
ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation & Support)	เน้นรับประกันการแก้ไขปรับปรุงจนใช้งานได้ตามที่ตกลงกัน (ในช่วงแรกของการใช้งานเท่านั้น) การใช้งานและการบำรุงซ่อมแซมแม่พิมพ์เป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้	มีการเก็บบันทึกข้อมูลการขัดข้องเสียหายและวิธีการดำเนินการแก้ไข รวมทั้งมีการส่งข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้สร้างเพื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์และใช้ในการปรับปรุงคุณลักษณะของ R&M ในแม่พิมพ์ระหว่างที่ยังมีการใช้งานแม่พิมพ์อยู่
ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion/Decommission)	ไม่มีการติดตาม	มีการสรุปข้อมูลที่เป็นประโยชน์และเปรียบเทียบผลที่ตั้งไว้เพื่อแก้ไขปรับปรุงในอนาคต

4.3.2 ด้านบทบาทผู้สร้างและผู้ใช้

บทบาทที่เกิดขึ้นของผู้สร้างและผู้ใช้ โดยทั่วไปแล้วจะต้องประสานกันเพื่อให้แม่พิมพ์ที่ได้เป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ ซึ่งในปัจจุบันนั้นในปัจจุบันจะผู้สร้างจะมีบทบาทถึงช่วงสร้างและติดตั้งเท่านั้นเมื่อส่งมอบจะเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้เป็นสำคัญ ส่วนในแนวทาง R&M นั้นผู้สร้างจำเป็นต้องมีบทบาทเพิ่มขึ้นในช่วงของการใช้งานและสนับสนุนไปจนถึงช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก รวมทั้งให้ความสนใจต่อการพัฒนาคุณลักษณะของ R&M มากขึ้น ดังตารางที่ 4.15 และ 4.16

ตารางที่ 4.15 กิจกรรมและบทบาทที่เกิดขึ้นในปัจจุบันแต่ละช่วงเวลา

ช่วงเวลาและกิจกรรม	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
***ช่วงแนวคิด** (Concept)*		
รับความต้องการของลูกค้า	L	S
ระบุข้อกำหนดและข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวกับแม่พิมพ์	L	
ทบทวนข้อกำหนดและพิจารณาความเป็นไปได้	S	L
เสนอราคา		L
ทบทวนและบันทึกข้อตกลงกับลูกค้า	A	L
ทำสัญญา (ถ้ามี)	A	L
***ช่วงออกแบบและพัฒนา** (Design and Development)*		
ทำการออกแบบแม่พิมพ์		L
***ช่วงสร้างและติดตั้ง** (Build and Install)*		
ตรวจสอบวัตถุดิบและชิ้นส่วนแม่พิมพ์		L
ตรวจสอบชิ้นงานระหว่างกระบวนการผลิต		L
ดำเนินการแก้ไขป้องกันข้อผิดพลาดจากการผลิต		L
ทดสอบแม่พิมพ์และตรวจสอบชิ้นงาน	S	L
ยืนยันการยอมรับจากลูกค้าและส่งมอบสินค้า	A	L
***ช่วงใช้งานและสนับสนุน** (Operation and Support)*		
สำรวจความพึงพอใจของลูกค้า	S	L
ดำเนินการแก้ไขป้องกัน	S	L
***ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก** (Conversion or Decommission)*		
-(ไม่มี)-		
L= Lead Responsibility (ผู้รับผิดชอบหลัก) *S=Support the Process (ผู้ให้การสนับสนุน)*		
I=Input to the Process (ผู้ให้ข้อมูล) *A=Approval Responsibility (ผู้ตรวจสอบ)*		

ตารางที่ 4.16 กิจกรรมและบทบาทที่ควรเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาตามแนวทาง R&M

ช่วงเวลาและกิจกรรม	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal)		
วางแผนเป้าหมาย R&M	L	
ทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned)	L	S
ระบุข้อกำหนด R&M	L	
ระบุลักษณะการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	L	S
ระบุเวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle)	L	
ระบุสภาพแวดล้อมที่นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไปใช้	L	
ติดตามผลการปรับปรุงและให้ข้อมูลอย่างต่อเนื่อง	L	
ระบุอายุการใช้งานในแง่ของอัตราผลิต (Throughput)	L	
ระบุวิธีการเก็บรวมรวมข้อมูล	L	S
เตรียมเอกสารจัดซื้อ (Procurement Documents)	L	
เตรียมเป้าหมายของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์	L	I
เตรียมการและทำข้อตกลงแผน R&M	A	L
ทบทวนการออกแบบ	A	L
เตรียมแผนการค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์	L	I
ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development)		
วิเคราะห์ความเค้นและออกแบบเผื่อ	S	L
เลือกองค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	S	L
วิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ	S	L
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด	S	L
ทบทวนการออกแบบ	S	L
ศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน	S	L
พยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน	S	L
สร้างแผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน	S	L
ทดสอบเร่งอายุ	S	L
สร้างแนวคิดในการออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษา	S	L
จัดทำคู่มือในการซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	S	L
ประเมินความสามารถในกธำรงรักษา	L	S
สร้างบัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง	S	L
สร้างวิธีการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่	L	S
กำหนดตัวแปรเรื่องความสามารถในการเข้าถึง	S	L
ระบุระบบวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย	S	L

ตารางที่ 4.15 กิจกรรมและบทบาทที่ควรเกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลาตามแนวทาง R&M (ต่อ)

ช่วงเวลาและกิจกรรม	ผู้ใช้	ผู้สร้าง
***ช่วงออกแบบและพัฒนา** (Design and Development) (ต่อ)*		
พิจารณาอุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว	S	L
พิจารณาเทคนิคการจัดการด้วยสายตา (Visual Management)	S	L
พิจารณาการออกแบบด้วยหลักการหน่วยประกอบ (Modularity)	I	L
พิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์จากการออกแบบ	I	L
***ช่วงสร้างและติดตั้ง** (Build and Install)*		
ทดสอบคุณลักษณะ	A	L
ประเมินสมรรถนะเบื้องต้น	I	L
ทดสอบเดินตัวเปล่า	A	L
ทดสอบเพื่อยอมรับ (Acceptance Tests)	A	L
เก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง	S	L
เก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้	L	S
วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย	S	L
เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์	L	I
***ช่วงใช้งานและสนับสนุน** (Operation and Support)*		
เก็บรวบรวม วิเคราะห์และส่งข้อมูลย้อนกลับ	L	S
ดำเนินการซ่อมบำรุงตามแผน	L	S
พัฒนาคุณลักษณะ R&M	L	S
ดำเนินระบบการรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผล และการดำเนินการแก้ไข	S	L
แลกเปลี่ยนข้อมูล	S	L
เก็บข้อมูลค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์	L	I
***ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก** (Conversion or Decommission)*		
สรุปคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรและอุปกรณ์	L	S
รวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด	L	S
สรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้	L	S
หาวิธีปรับเปลี่ยนเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ	L	I
L= Lead Responsibility (ผู้รับผิดชอบหลัก) *I=Input to the Process (ผู้ให้ข้อมูล)*	*S=Support the Process (ผู้ให้การสนับสนุน)* *A=Approval Responsibility (ผู้ตรวจสอบ)*	

4.4 ผลการจัดทำระบบข้อสนเทศเพื่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

เพื่อให้การออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ให้เกิดคุณลักษณะของ R&M เพื่อให้ผู้ใช้งานมีความวางใจได้ (Dependability) ในแม่พิมพ์ที่ผู้สร้างส่งมอบ จึงได้เสนอระบบข้อสนเทศเพื่อการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M ที่อ้างอิงตามสมาคมวิศวกรยานยนต์ (Society of Automotive Engineers, SAE) และศูนย์วิทยาศาสตร์การผลิตแห่งชาติ (National Center for Manufacturing Sciences, NCMS) ประเทศสหรัฐอเมริกา ซึ่งกำหนดให้มีการแบ่งกิจกรรมการดำเนินงานออกเป็น 5 ช่วง โดยมีวัตถุประสงค์เทคนิคและเครื่องมือหลักที่ใช้ ในแต่ละช่วง ดังนี้

4.4.1 **ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ** (Concept and Proposal Phase)

วัตถุประสงค์หลัก คือ ค้นหาความต้องการของแม่พิมพ์ ที่จะนำไปใช้งาน ทำความเข้าใจเงื่อนไข และสภาวะการณ์ที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ เพื่อเสนอแนวทางการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่จะนำไปสู่เป้าหมายที่ผู้ใช้ต้องการทั้งในแง่ของคุณลักษณะแม่พิมพ์และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น แสดงรายละเอียดของกระบวนการและแผนผังกระบวนการดังตารางที่ 4.17 และรูปที่ 4.8 ตามลำดับ

โดยมีเครื่องมือและเทคนิคที่นำมาใช้ ตามรายละเอียดในตาราง 4.18 คือ

4.4.1.1 เครื่องมือช่วยวางแผน

เพื่อให้มีขั้นตอนการวางแผนที่ชัดเจน มีผู้รับผิดชอบในแต่ละช่วงเวลา และมีกิจกรรมเหมาะสมสอดคล้องกับแม่พิมพ์แต่ละระดับ

4.4.1.2 เครื่องมือช่วยในการค้นหาความต้องการของผู้ใช้

เพื่อให้มีการกำหนดเป้าหมายสอดคล้องกับความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้ โดยมีการคำนึงถึง สภาพแวดล้อมของการใช้งานแม่พิมพ์ รูปแบบการใช้งานแม่พิมพ์

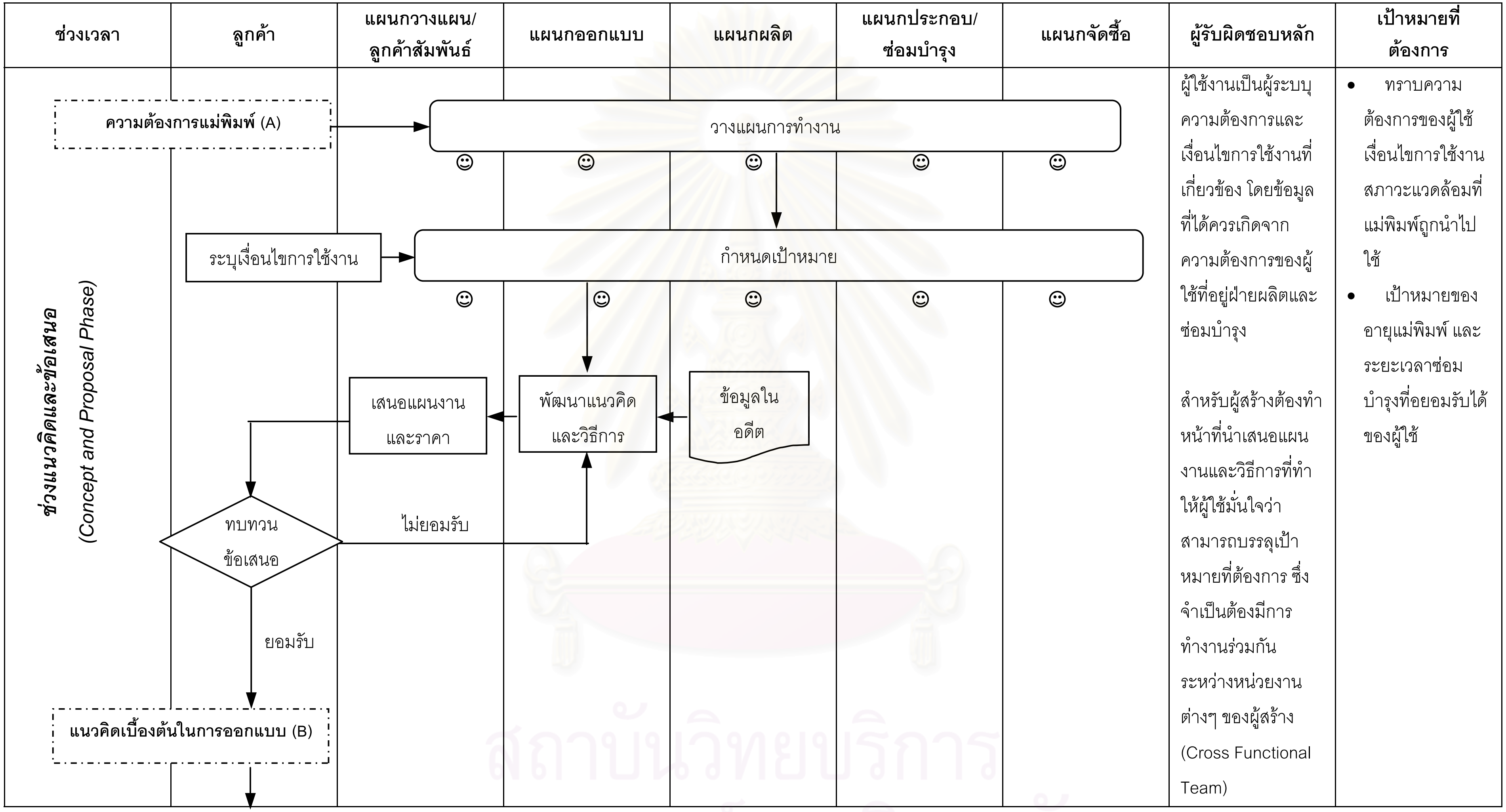
4.4.1.3 เครื่องมือช่วยในการระบุปัญหาและข้อมูลสนับสนุน

เพื่อนำประสบการณ์ที่ผ่านมาในอดีตหรือข้อมูลที่ผู้ใช้เคยพบเห็นมาใช้ในการเสนอแนะผู้สร้างเพื่อป้องกันโอกาสผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

ตารางที่ 4.17 กระบวนการในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

***ข้อมูลนำเข้า** (Input)*	***การดำเนินการ** (Process)*	***ผลลัพธ์ของกิจกรรม** (Output)*
• **จำนวนครั้งของการฉีด** (Shot/Cycle) **หรือ จำนวนปีที่ใช้งาน** : เพื่อใช้ประมาณการอายุของแม่พิมพ์ และหาวัสดุที่เหมาะสม • **วัสดุที่ใช้ฉีด** : เพื่อพิจารณาปัจจัยที่ส่งผลต่ออายุของแม่พิมพ์ เช่น วัสดุประเภทที่ผสมเส้นใย จะมีผลต่อการสึกหรอของแม่พิมพ์ หรือประเภทที่เกิดสารกัดกร่อน หรือทำให้แม่พิมพ์เกิดสนิมหรือสึกกร่อนไว้ขึ้น • **เครื่องฉีดที่จะนำแม่พิมพ์ไปใช้** : เพื่อให้ทราบข้อจำกัดของการฉีด และหาวิธีการออกแบบแม่พิมพ์ที่สอดคล้อง • **รูปร่างและขนาดของชิ้นงาน** : เพื่อพิจารณาหาภาระงานที่แม่พิมพ์จะต้องถูกกระทำ รวมทั้งพิจารณาพิกัดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ อันมีผลต่อการเลือกวัสดุและการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ที่จะตามมา • **อัตราการผลิต ปริมาณการผลิตต่อวัน หรือจำนวนกะ** : เพื่อให้ทราบเงื่อนไขการใช้งาน นำไปสู่วิธีการออกแบบ และพิจารณาแผนการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ที่สอดคล้องกับการทำงานของผู้ใช้ • **สภาพแวดล้อมที่ใช้งานแม่พิมพ์** : เพื่อให้ทราบสภาวะแวดล้อมที่จะนำแม่พิมพ์ไปใช้งาน เช่น อุณหภูมิ ความชื้น สภาพฝุ่น ฯลฯ ซึ่งส่งผลต่ออายุของแม่พิมพ์ และความสามารถในกระบวนการผลิตชิ้นงานพลาสติกของแม่พิมพ์ • **รูปแบบการบำรุงรักษาที่ผู้ใช้ต้องการ** : เพื่อออกแบบแผนการซ่อมบำรุงที่สอดคล้องกับความต้องการและข้อจำกัดต่างๆ	ผู้ใช้งานและผู้สร้างร่วมมือกันในการกำหนดคุณลักษณะของแม่พิมพ์ที่ต้องการนำไปใช้งาน โดยคำนึงถึงภาระงานและสภาพแวดล้อมที่แม่พิมพ์ถูกนำไปใช้งาน เพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการหาวิธีออกแบบที่สอดคล้องและเหมาะสม นอกจากนี้ต้องมีการคำนึงถึงลักษณะของการบำรุงรักษาที่ผู้ใช้ต้องการและค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่คาดหวัง รวมไปถึงวิธีทดสอบการยอมรับที่ผู้ใช้ต้องการ เป็นต้น สำหรับการดำเนินการนั้นควรเป็นการทำงานงานร่วมกัน (Cross Functional Team) ของหลายๆ ฝ่าย ไม่ว่าจะเป็นทีมของผู้ใช้ ควรมาจากฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง และฝ่ายวิศวกรรม ในส่วนของทีมผู้สร้างควรประกอบด้วย ฝ่ายวิศวกรรมและฝ่ายที่ให้บริการหลังการขาย โดยในช่วงนี้ ผู้สร้างจะวางแผนงาน ผู้รับผิดชอบ แนวคิดในการออกแบบที่สอดคล้องกับความต้องการและกำหนดเวลาในการดำเนินงาน แล้วนำเสนอให้กับผู้ใช้ เพื่อให้ผู้ใช้มั่นใจว่าจะได้แม่พิมพ์ที่ต้องการและตัดสินใจเลือกผู้สร้างแม่พิมพ์ในที่สุด	• **ระดับของแม่พิมพ์** : เพื่อจัดแบ่งประเภทของแม่พิมพ์ และดำเนินกิจกรรมต่างๆ ตามความเหมาะสมกับระดับของแม่พิมพ์ • **แผนกิจกรรม R&M** : แผนการดำเนินงานที่เหมาะสมกับความต้องการของแม่พิมพ์ กิจกรรม ผู้รับผิดชอบและช่วงเวลาดำเนินงาน • **แนวคิดในการออกแบบแม่พิมพ์และข้อเสนอ** : เพื่อให้ผู้ใช้มั่นใจว่าผู้สร้างสามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ตามความต้องการที่วางไว้ เช่น จำนวนเบ้า อัตราการผลิต อายุของแม่พิมพ์ ราคาของแม่พิมพ์ วิธีการทดสอบที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.8 แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

ตารางที่ 4.18 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

เครื่องมือและเทคนิค	*วัตถุประสงค์*	*วิธีการ*	*ผลที่ได้รับ*
การวางแผน (Planning)	เพื่อหาวิธีการที่จะบรรลุเป้าหมาย R&M ในแม่พิมพ์ที่ต้องการ	ผู้ใช้และผู้สร้าง ที่มีส่วนเกี่ยวข้องร่วมกันแสดงความคิดเห็นและหาข้อสรุปของกิจกรรม	ทราบว่าอะไรที่จะต้อง ใครเป็นผู้รับผิดชอบ และเมื่อไรที่จะต้องทำ
การวางแผน R&M (R&M Plan)	เพื่อหาผู้สร้างเสนอแนวทางการดำเนินการ	ผู้ใช้ออกแบบกิจกรรมที่เหมาะสม และสามารถบรรลุเป้าหมาย R&M ของผู้ใช้แม่พิมพ์	กิจกรรม และตารางเวลา ที่เกิดขึ้นในการทำงานทั้งหมดเพื่อให้แม่พิมพ์เป็นไปตามเป้าหมาย R&M
การทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned)	เพื่อหลีกเลี่ยงความผิดพลาดในอดีตไม่ให้เกิดขึ้นซ้ำ และทำการปรับปรุงให้ดีขึ้น	ผู้ใช้และผู้สร้าง เสนอแนะข้อมูลที่เป็นข้อสังเกตหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในอดีตที่เกี่ยวกับแม่พิมพ์	จุดที่ควรระมัดระวัง และแนวทางแก้ไขปัญหาเบื้องต้นเพื่อไม่ให้เกิดซ้ำ
การระบุข้อกำหนด R&M (Specify Reliability & Maintainability Requirements)	เพื่อระบุความต้องการที่เป็นเป้าหมาย R&M ของแม่พิมพ์	ผู้ใช้กำหนดค่าเป้าหมาย R&M ที่ต้องการของแม่พิมพ์	ค่าเป้าหมาย R&M ของแม่พิมพ์ในเชิงปริมาณ
ลักษณะการใช้งานแม่พิมพ์ (Machinery Use)	เพื่อให้ทราบเงื่อนไขการใช้งานของแม่พิมพ์ที่ผู้ใช้ต้องการ	ผู้ใช้ ทำการระบุลักษณะการใช้งานแม่พิมพ์ ที่จะเกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้	เงื่อนไขการใช้งาน ลักษณะการบำรุงรักษา ที่ต้องการ
เวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle)	เพื่อหาภาระงานของแม่พิมพ์ที่มีผลต่อ R&M	ผู้ใช้ ระบุเวลาที่มีการทำงานทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ในหนึ่งปี	ทราบค่า Duty Cycle ของแม่พิมพ์
สภาพแวดล้อมที่นำแม่พิมพ์ไปใช้ (Machinery Environment)	เพื่อให้ทราบสภาวะแวดล้อมในการใช้งานแม่พิมพ์ที่อาจมีผลต่อ R&M	ผู้ใช้ ระบุสภาพความร้อน ความชื้น การสั่นสะเทือน ฯลฯ ที่อยู่โดยรอบ	ทราบสภาวะแวดล้อมที่จะนำแม่พิมพ์ไปใช้งาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.18 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (ต่อ)

เครื่องมือและเทคนิค	***วัตถุประสงค์***	***วิธีการ***	***ผลที่ได้รับ***
การติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง (Continuous Improvement Monitoring)	เพื่อหาวิธีการปรับปรุงคุณลักษณะของแม่พิมพ์ที่ผู้ใช้ต้องการ	ผู้ใช้ เสนอแนะข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงคุณลักษณะของแม่พิมพ์ให้กับผู้สร้าง	ลักษณะที่ต้องการให้มี ชนิดของปัญหาที่มักเกิด วิธีการปรับปรุง ผลที่ได้จากการปรับปรุง
อายุการใช้งานในแง่ของปริมาณการผลิต (Life in Terms of Throughput)	เพื่อหลีกเลี่ยงการออกแบบที่เกินความต้องการหรือไม่เพียงพอต่อความต้องการในการใช้งาน	ผู้ใช้ ระบุ ปริมาณการผลิต และจำนวนครั้งของการผลิต ที่จะเกิดขึ้นกับแม่พิมพ์	อายุของแม่พิมพ์ในรูปของปริมาณการผลิต และจำนวนครั้งของการผลิต
การเก็บรวมรวมข้อมูล (Data Collection)	เพื่อกำหนดวิธีการเก็บข้อมูล การใช้งานแม่พิมพ์	ผู้ใช้ (ฝ่ายผลิต ฝ่ายซ่อมบำรุง) ร่วมมือกับผู้สร้างเพื่อหาแนวทางในการเก็บข้อมูลที่เกี่ยวข้อง	วิธีการเก็บข้อมูล รูปแบบของข้อมูลและผู้ที่รับผิดชอบ
ตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M (R&M Program Matrix)	เพื่อกำหนดรูปแบบโปรแกรม R&M ที่เหมาะสมและสอดคล้องกับแม่พิมพ์ที่ผู้ใช้ต้องการ	จัดทำตารางโปรแกรม R&M ที่เกิดขึ้นทั้งหมดในการสร้างแม่พิมพ์	ตารางโปรแกรม R&M เฉพาะอย่างของแม่พิมพ์แต่ละระดับ
แผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M (R&M Program Planning Worksheet)	เพื่อสรุปรายละเอียดเพิ่มเติม จากตารางโปรแกรม R&M	กำหนดรายละเอียดของกิจกรรมในโปรแกรม R&M ที่จะเกิดขึ้น	Worksheet ที่สรุปรายละเอียด เช่น ทำการระบุว่าจะทำการทดสอบในช่วงที่ 4 ของกิจกรรม R&M
การทบทวนการออกแบบ (Design Reviews)	เพื่อแก้ไขและตรวจสอบข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นในการออกแบบ	ผู้ใช้และผู้สร้าง ทำการทบทวนการออกแบบ ว่ามีความสอดคล้องและถูกต้องหรือไม่	ข้อสรุปว่าการออกแบบนั้นถูกต้องและเป็นที่พอใจหรือต้องทำการแก้ไขอีกครั้งหรือไม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase)

วัตถุประสงค์หลัก คือ ออกแบบและปรับปรุง แม่พิมพ์ให้เป็นไปตามเป้าหมายที่ผู้ใช้ต้องการ ออกแบบคุณลักษณะต่างๆ ที่คำนึงถึงความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา กำหนดส่วนประกอบต่างๆ ที่ทำให้บรรลุคุณลักษณะเป้าหมายเมื่อรวมขึ้นมาเป็นแม่พิมพ์ รวมไปถึงนำข้อมูลต่างๆ ที่หาได้ จากฐานข้อมูลผู้ใช้ในอดีต ข้อมูลชิ้นส่วนของผู้รับช่วงต่อ ข้อมูลการทดสอบที่ผู้สร้างจัดทำขึ้น เป็นต้น มาทำการคำนวณค่าความเชื่อมั่นของการใช้งานเปรียบเทียบค่าเป้าหมาย และทำการทวนสอบการออกแบบ (Design Verification) แล้วทำการปรับปรุงแก้ไขเพื่อให้ได้แบบแม่พิมพ์ที่พร้อมสำหรับการสร้างที่เป็นไปตามความต้องการของผู้ใช้ แสดงรายละเอียดของกระบวนการ และแผนผังกระบวนการดังตารางที่ 4.19 และรูปที่ 4.9 ตามลำดับ

โดยมีเครื่องมือและเทคนิคที่นำมาใช้ ตามรายละเอียดในตาราง 4.20 คือ

4.4.2.1 เครื่องมือช่วยในการออกแบบทางวิศวกรรม

เพื่อให้มีขั้นตอนการออกแบบตามแนวทางที่ถูกต้อง โดยคำนึงถึงความแข็งแรงและภาระงานที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ และเลือกใช้วัสดุหรือชิ้นส่วนที่มีความสอดคล้องเหมาะสม

4.4.2.2 เครื่องมือช่วยในการแก้ไขป้องกันโอกาสของการขัดข้องเสียหายที่อาจเกิดขึ้น

เพื่อค้นหาโอกาสความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและค้นหาสาเหตุหรือความสัมพันธ์ที่เกี่ยวข้องเพื่อทำการบ่งชี้และแก้ไขไม่ให้เกิดขึ้น

4.4.2.3 เครื่องมือช่วยในประเมินผลการคำนวณและการทวนสอบ

เพื่อให้แม่พิมพ์ที่ออกแบบได้ค่าเป้าหมายที่ต้องการ และทวนสอบการออกแบบเพื่อลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น

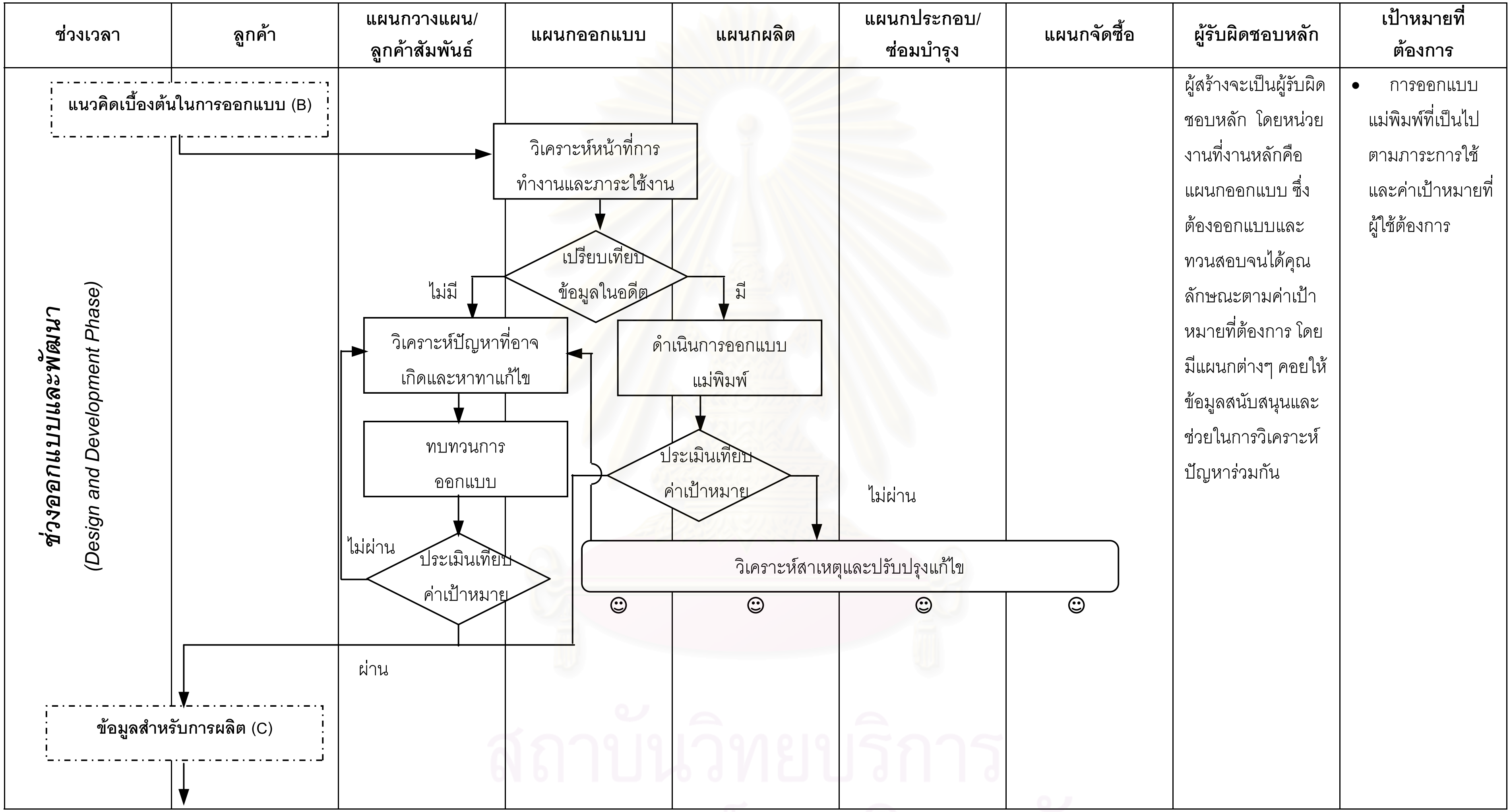
4.4.2.4 เครื่องมือช่วยในออกแบบให้ได้คุณลักษณะ R&M

เพื่อให้แม่พิมพ์ที่ออกแบบมีคุณลักษณะของ R&M สูงขึ้นและเป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ

ตารางที่ 4.19 กระบวนการในช่วงออกแบบและพัฒนา

***ข้อมูลนำเข้า** (Input)*	***การดำเนินการ** (Process)*	***ผลลัพธ์ของกิจกรรม** (Output)*
• **ระดับของแม่พิมพ์** : เพื่อจัดแบ่งประเภทของแม่พิมพ์ และดำเนินกิจกรรมต่างๆ ตามความเหมาะสมกับระดับของแม่พิมพ์ • **แผนกิจกรรม** R&M : แผนการดำเนินงานที่เหมาะสมกับความต้องการของแม่พิมพ์ กิจกรรม ผู้รับผิดชอบและช่วงเวลาดำเนินงาน • **แนวคิดในการออกแบบแม่พิมพ์และข้อเสนอ** : เพื่อให้ผู้ใช้มั่นใจว่าผู้สร้างสามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ตามความต้องการที่วางไว้ เช่น จำนวนเบ้า อัตราการผลิต อายุของแม่พิมพ์ ราคาของแม่พิมพ์ วิธีการทดสอบที่เกี่ยวข้อง เป็นต้น	ผู้สร้างดำเนินการออกแบบแม่พิมพ์ที่สอดคล้องกับความต้องการ โดยนำข้อมูลต่างๆ ที่เป็นประโยชน์ต่อการออกแบบ เช่น ประสบการณ์ที่เก็บรวบรวมในอดีต ข้อมูลจากผู้สร้างชิ้นส่วนแม่พิมพ์ ร่วมทั้งปัญหาการขัดข้องเสียหายในอดีตที่เกิดขึ้น กับแม่พิมพ์ที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน หรือปัญหาที่ผู้ใช้เคยประสบ มาปรับปรุงการออกแบบให้ดีขึ้น รวมทั้งใช้เทคนิคการออกแบบต่างๆ ที่ทำให้แม่พิมพ์มีคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาตามเป้าหมายที่ลูกค้าต้องการ และป้องกันปัญหาที่อาจเกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ที่จะนำไปใช้งาน มีการทบทวนการออกแบบและประเมินค่าความเชื่อมั่นหรืออายุของแม่พิมพ์ และส่วนประกอบต่างๆ ที่ใช้ในแม่พิมพ์ เพื่อให้มั่นใจว่าการออกแบบถูกต้องและเป็นไปตามค่าเป้าหมาย โดยจะได้แบบแม่พิมพ์ที่พร้อมสำหรับการอ้างให้ฝ่ายผลิตนำไปสร้างต่อไป และในช่วงนี้จะต้องทำการเขียนคู่มือแม่พิมพ์ให้สำหรับผู้ใช้ได้อ้างอิงสำหรับใช้งานด้วย	• **แบบแม่พิมพ์สำหรับการผลิต** : เป็นแบบแม่พิมพ์ที่พร้อมสำหรับการผลิต มีการคำนึงถึงความแข็งแรงของส่วนประกอบต่างๆ คุณลักษณะที่ง่ายต่อการถอดประกอบ ง่ายต่อการสังเกตเห็นการขัดข้องเสียหาย มีการกำหนดค่าพิกัดความคลาดเคลื่อน รวมไปถึงมีการบ่งชี้จุดสำคัญต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อความเชื่อมั่นในการใช้งานที่ลดลง ถ้ามีการผลิตที่ไม่ดีพอ • **คู่มือแม่พิมพ์** : เพื่อให้รายละเอียดวิธีการใช้งาน การบำรุงรักษา การซ่อมแซมแก้ไขแม่พิมพ์ เบื้องต้นเมื่อเกิดการขัดข้องเสียหาย รายละเอียดชิ้นส่วน วิธีการถอดประกอบ และรหัสชิ้นส่วนอะไหล่ รวมทั้งข้อแนะนำในการเก็บพัสดุคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่ที่สำคัญ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแม่พิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.9 แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงออกแบบและพัฒนา

ตารางที่ 4.20 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงออกแบบและพัฒนา

เครื่องมือและเทคนิค	***วัตถุประสงค์***	***วิธีการ***	***ผลที่ได้รับ***
การออกแบบเผื่อและการวิเคราะห์ความเค้น (Design Margins and Stress Analyses)	เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ให้มีความแข็งแรงสามารถรับภาระงานได้	ผู้สร้าง ใช้หลักการทางวิศวกรรมทั้งหมดที่เกี่ยวข้องในการออกแบบเพื่อรองรับภาระงานที่เกิดขึ้น	ทราบค่าภาระงานที่เกิดขึ้น และประมาณค่าเผื่อที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์
องค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ (Machinery Components)	เพื่อให้องค์ประกอบทั้งหมดมีความสมบูรณ์ และมี R&M โดยรวมที่เพิ่มขึ้น	ผู้สร้าง หาวิธีการคัดเลือกชิ้นส่วนประกอบและผู้ผลิต รวมถึงการตรวจพิสูจน์เพื่อความแน่ใจ	ระบุชิ้นส่วนที่มีความสำคัญ คุณลักษณะของชิ้นส่วนและผู้ผลิต รวมถึง วิธีการทวนสอบ (Verify)
การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis)	เพื่อค้นหาโอกาสของความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้นและหาวิธีการป้องกัน	ระบุรูปแบบความขัดข้องเสียหาย ผลกระทบ โอกาสเกิดและการตรวจพบ เพื่อนำไปสู่วิธีการป้องกัน	ทราบโอกาสความเสี่ยงที่อาจเกิดขึ้น และแนวทางในการ แก้ไข ป้องกัน
การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด (Fault Tree Analysis)	เพื่อสืบหาสาเหตุของเหตุการณ์ที่ไม่ต้องการให้เกิดขึ้นในแม่พิมพ์และนำไปสู่การแก้ไขป้องกัน	ผู้ใช้และผู้สร้าง ระบุเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนาและวิเคราะห์หาสาเหตุที่เชื่อมโยงเกี่ยวข้อง	ทราบสาเหตุของการเกิดเหตุการณ์ที่ไม่พึงปรารถนา ผ่านแผนภาพเชื่อมโยงจากระดับบนถึงล่าง
การทบทวนการออกแบบ (Design Reviews)	เพื่อทบทวนการออกแบบให้แม่พิมพ์มีคุณลักษณะของ R&M ที่ต้องการ	ผู้สร้าง ทำการทบทวนการออกแบบเบื้องต้นและการทบทวนการออกแบบขั้นสุดท้าย	ทราบจุดที่ขาดตกบกพร่องในการออกแบบและดำเนินการแก้ไขปรับปรุง
การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน (Tolerance Studies)	เพื่อหาผลของความคลาดเคลื่อนที่สะสมและทำให้เกิดความขัดข้องเสียหาย	ผู้สร้าง ทำการวิเคราะห์ช่วงของค่าคลาดเคลื่อนที่ไม่ส่งผลต่อความขัดข้องเสียหายที่อาจเกิดขึ้น	ทราบช่วงค่าความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ภายใต้เงื่อนไขสภาพแวดล้อมที่แย่ที่สุดในการใช้งาน
การวิเคราะห์และการพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability Analysis and Predictions)	เพื่อวิเคราะห์และพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่น ของแม่พิมพ์เพื่อให้ได้ตามเป้าหมายที่ต้องการ	ผู้สร้าง ทำการรวบรวมข้อมูลของชิ้นส่วนทั้งหมดมาทำการคำนวณและปรับปรุงค่าความเชื่อมั่น	ค่าความเชื่อมั่นของระบบที่ตรงกับเป้าหมายที่ได้วางไว้

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงออกแบบและพัฒนา (ต่อ)

เครื่องมือและเทคนิค	*วัตถุประสงค์*	*วิธีการ*	*ผลที่ได้รับ*
แผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability Block Diagrams)	เพื่อหาความสัมพันธ์ของส่วนประกอบ ของแม่พิมพ์ที่มีผลต่อค่าความเชื่อมั่น	ผู้สร้าง ทำการจำแนกส่วนประกอบต่างๆ ของแม่พิมพ์และแสดงการเชื่อมโยง	แผนผังความสัมพันธ์ของแม่พิมพ์จากส่วนประกอบทั้งหมด
การทดสอบเร่งอายุ (Accelerated Life Testing)	เพื่อทดสอบชิ้นส่วนที่สำคัญ โดยลดเวลาการทดสอบให้สั้นลง	ผู้สร้าง ระบุชิ้นส่วนที่สำคัญ เลือกเงื่อนไขการทดสอบเร่งอายุ และแปลงค่าที่ได้ไปสู่เงื่อนไขปกติที่ใช้	ทราบอัตราการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่มีผลต่อค่าความเชื่อมั่นในแม่พิมพ์
แนวคิดการออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainbility Design Concepts)	เพื่อออกแบบแม่พิมพ์ให้มีเวลาที่การซ่อมบำรุงให้สั้นที่สุด	ผู้สร้าง ใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษามาประยุกต์กับแม่พิมพ์	แม่พิมพ์ที่ต้องการมีคุณลักษณะของความสามารถในการธำรงรักษา
คู่มือในการซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Maintenance Manuals and Preventive Maintenance Requirements)	เพื่อกำหนดการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน และวิธีการที่เหมาะสมกับแม่พิมพ์	ผู้สร้าง กำหนดช่วงเวลา วิธีการบำรุงรักษาและคุณลักษณะของผู้ที่ทำหน้าที่บำรุงรักษา	คู่มือการบำรุงรักษาแม่พิมพ์เบื้องต้น และคำแนะนำเมื่อเกิดการขัดข้องเสียหาย
บัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง (Spare Parts Lists & Spare Parts Inventory Plan)	เพื่อหาวิธีการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ให้เกิดความเหมาะสมทั้งด้านค่าใช้จ่ายและระยะเวลา	ผู้สร้าง ระบุรายการอะไหล่จำเป็น และส่งผลต่อความพร้อมใช้งานของแม่พิมพ์ ให้กับผู้ใช้	บัญชีรายชื่อชิ้นส่วนอะไหล่ คำแนะนำสำหรับการคงคลังพัสดุ
ความสามารถในการเข้าถึง (Accessibility)	เพื่อเพิ่มความสามารถในการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ผู้สร้าง ทำการพิจารณาพื้นที่การทำงาน การเคลื่อนไหว และการใช้งานแม่พิมพ์ ในการบำรุงรักษา	แก้ไขจุดบกพร่องและข้อจำกัดที่เกิดจากการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.20 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงออกแบบและพัฒนา (ต่อ)

เครื่องมือและเทคนิค	*วัตถุประสงค์*	*วิธีการ*	*ผลที่ได้รับ*
การวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย (Daignostics)	เพื่อให้การวินิจฉัยปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์เป็นไปอย่างรวดเร็ว	ผู้สร้าง พิจารณาเลือกเครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวิธีการ ที่ช่วยในการวินิจฉัยปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์	เครื่องมือ อุปกรณ์ หรือวิธีการ ที่เหมาะสมในการวินิจฉัยปัญหาการขัดข้องเสียหาย (ว่าจะเปลี่ยนหรือทำการซ่อม)
อุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว (Captive Hardware and Quick Attach/Detach)	เพื่อให้การเปลี่ยนชิ้นส่วนเป็นไปอย่างรวดเร็ว	ผู้สร้าง พิจารณาหาออกแบบชิ้นส่วนโดยคำนึงถึงการถอดและการประกอบ	ชิ้นส่วนมีคุณลักษณะในการถอดประกอบที่รวดเร็ว
การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ (Spare Parts Management)	เพื่อเสอนแนะแผนสำหรับการจัดการชิ้นส่วนอะไหล่ที่เหมาะสมกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น	ผู้สร้าง บ่งชี้และวิเคราะห์หาจำนวนชิ้นส่วนอะไหล่โดยคำนึงถึงเวลาการและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น	จำนวนชิ้นส่วนอะไหล่ในแต่ละช่วงเวลา ตลอดอายุการใช้งานแม่พิมพ์
ขั้นตอนการบำรุงรักษา (Maintenance Procedures)	เพื่อกำหนดรายละเอียดขั้นตอนการบำรุงรักษา	ผู้สร้าง ระบุรายละเอียดในการแก้ไข ปรับเปลี่ยน ซ่อมแซม ชิ้นส่วนต่างๆ ในแต่ละช่วงเวลา	รายละเอียดการซ่อมบำรุง รูปภาพแสดงรายละเอียดของชิ้นส่วน และข้อมูลทางเทคนิคของแม่พิมพ์
เทคนิคการจัดการด้วยสายตา (Visual Management Techinques)	เพื่อให้การสังเกตความผิดปกติของแม่พิมพ์เป็นไปได้ง่ายและรวดเร็ว	ผู้สร้าง ประยุกต์เทคนิคการออกแบบที่ง่ายต่อการสังเกตอาการผิดปกติในจุดต่างๆ ของแม่พิมพ์	แม่พิมพ์มีคุณลักษณะที่สังเกตอาการผิดปกติได้ง่ายและรวดเร็ว
การออกแบบด้วยหลักการหน่วยประกอบ (Modularity)	เพื่อให้การถอดหรือเปลี่ยนเพื่อซ่อมแซมชุดชิ้นส่วนในแม่พิมพ์ทำได้ง่าย	ผู้สร้าง ออกแบบกลุ่มของชิ้นส่วนให้สามารถทำงานได้อย่างอิสระและถอดเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว	ชิ้นส่วนในแม่พิมพ์เปลี่ยนได้ง่ายและมีผลกระทบต่อระบบรวมที่ต่ำ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase)

วัตถุประสงค์หลัก คือ ทำการควบคุมกรรมวิธีการผลิตเพื่อให้ได้แม่พิมพ์ที่เป็นไปตามแบบที่กำหนดและลดการเสื่อมคุณลักษณะ (Degradation) จากการผลิต รวมทั้งทำการทดสอบการใช้งานว่าเป็นไปตามที่ได้ออกแบบไว้ (Manufacturing Process Validation) รวมทั้งควบคุมการเสื่อมคุณลักษณะในช่วงการขนส่ง และติดตั้ง ณ โรงงานของผู้ใช้ แล้วทำการการทดสอบเพื่อการยอมรับ (Acceptance Test) ว่าแม่พิมพ์ที่ผู้ใช้ได้รับเป็นไปตามความต้องการ ซึ่งในช่วงนี้เป็นช่วงเริ่มต้นของการเก็บข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นทั้งหมดตั้งแต่การทดสอบ ณ โรงงานผู้สร้าง จนกระทั้งทดสอบ ณ โรงงานของผู้ใช้ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ค้นหาสาเหตุและดำเนินการแก้ไข แสดงรายละเอียดของกระบวนการและแผนผังกระบวนการดังตารางที่ 4.21 และรูปที่ 4.10 ตามลำดับ

โดยมีเครื่องมือและเทคนิคที่นำมาใช้ ตามรายละเอียดในตาราง 4.22 คือ

4.4.3.1 เครื่องมือช่วยในการทดสอบคุณลักษณะของแม่พิมพ์

เพื่อให้มีขั้นตอนการตรวจสอบความถูกต้องของแม่พิมพ์เพื่อให้แน่ใจว่าแม่พิมพ์ที่ได้มีคุณลักษณะตามที่ผู้ใช้ต้องการโดยไม่เกิดการเสื่อมคุณลักษณะไป อันเนื่องมาจากการผลิต

4.4.3.2 เครื่องมือช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูล

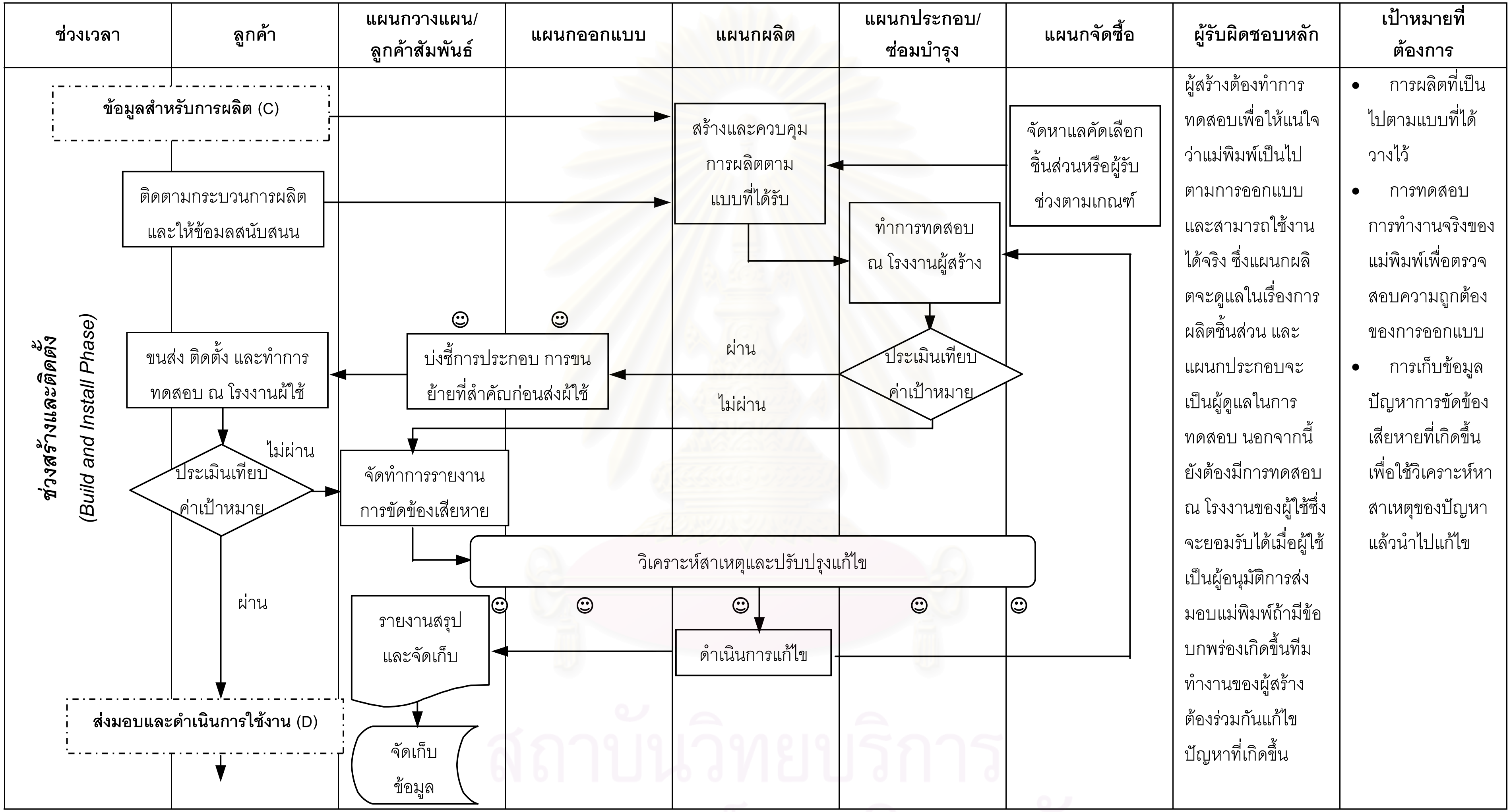
เพื่อให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลในช่วงที่มีการทดสอบ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาสาเหตุ เพื่อดำเนินการแก้ไข และเริ่มต้นกิจกรรมการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้งานของแม่พิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.21 กระบวนการในช่วงสร้างและติดตั้ง

***ข้อมูลนำเข้า** (Input)*	***การดำเนินการ** (Process)*	***ผลลัพธ์ของกิจกรรม** (Output)*
• **แบบแม่พิมพ์สำหรับการผลิต** : เป็นแบบแม่พิมพ์ที่พร้อมสำหรับการผลิต มีการคำนึงถึงความแข็งแรงของส่วนประกอบต่างๆ คุณลักษณะที่ง่ายต่อการถอดประกอบ ง่ายต่อการสังเกตเห็นการขัดข้องเสียหาย มีการกำหนดค่าพิกัดความคลาดเคลื่อน รวมไปถึงมีการบ่งชี้จุดสำคัญต่างๆ ที่อาจส่งผลต่อความเชื่อมั่นในการใช้งานที่ลดลง ถ้ามีการผลิตที่ไม่ดีพอ • **คู่มือแม่พิมพ์** : เพื่อให้รายละเอียดวิธีการใช้งาน การบำรุงรักษา การซ่อมแซมแก้ไขแม่พิมพ์ เบื้องต้นเมื่อเกิดการขัดข้องเสียหาย รายละเอียดชิ้นส่วน วิธีการถอดประกอบ และรหัสชิ้นส่วนอะไหล่ รวมทั้งข้อแนะนำในการเก็บพัสดุคงคลังชิ้นส่วนอะไหล่ที่สำคัญ เป็นต้น เพื่อให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแม่พิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพ	ในการสร้างแม่พิมพ์นั้นจะต้องมีกระบวนการที่ทำให้แม่พิมพ์เป็นไปตามคุณลักษณะที่ได้ออกแบบไว้ ซึ่งจะต้องมีการควบคุมกระบวนการผลิต และปัจจัยต่างๆ ที่ส่งผลให้การสร้างแม่พิมพ์ไม่เป็นไปตามที่ออกแบบหรือทำให้มีการเสื่อมคุณลักษณะที่ต้องการ เมื่อสร้างแม่พิมพ์สำเร็จแล้ว ต้องทำการทดสอบการใช้งานว่าเป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการหรือไม่ ถ้ามีปัญหาการขัดข้องเสียหาย ต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและดำเนินการแก้ไขให้ถูกต้อง การขนย้ายและไปติดตั้งเพื่อรับมอบแม่พิมพ์และใช้งาน ณ โรงงานของผู้ใช้ต้องมีการระบุขั้นตอนและชิ้นส่วนที่ต้องระมัดระวัง เพื่อไม่ให้เกิดการเสื่อมคุณลักษณะของแม่พิมพ์เมื่อขนย้ายหรือถอดประกอบ สำหรับการทดสอบการยอมรับแม่พิมพ์นั้น ให้เป็นไปตามสัญญาที่ระบุไว้กับผู้ใช้ในช่วงแนวคิดและข้อเสนอ โดยในช่วงนี้จะเริ่มทำการเก็บข้อมูลของแม่พิมพ์และทำประวัติของแม่พิมพ์ เพื่อใช้สำหรับการอ้างอิงข้อมูลในอนาคต	• **ข้อมูลการทดสอบ** : เป็นข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายหรือสิ่งที่ไม่เป็นตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบ ณ โรงงานผู้สร้างหรือผู้ใช้ ก็ตาม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงแก้ไขต่อไปในอนาคต • **คู่มือสำหรับการใช้งานและแบบฟอร์มในการเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งาน** : เพื่อให้ผู้ใช้อ้างอิงสำหรับการใช้งาน และเก็บรวมรวมข้อมูลประวัติการใช้งานของแม่พิมพ์ที่มีประโยชน์ต่อผู้สร้างในการค้นหาสาเหตุของการขัดข้องเสียหาย เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.10 แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงสร้างและติดตั้ง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.22 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงสร้างและติดตั้ง

เครื่องมือและเทคนิค	*วัตถุประสงค์*	*วิธีการ*	*ผลที่ได้รับ*
การทดสอบคุณลักษณะ (Qualification Testing)	เพื่อทวนสอบผลการบรรลุซึ่งเป้าหมาย R&M ที่ต้องการ	ผู้สร้าง ทำการทดสอบชิ้นส่วนที่มีความสำคัญในสภาวะการทำงานปกติ และบันทึกผลการทดสอบ	ทราบค่า MTBF ของชิ้นส่วนที่มีความสำคัญของแม่พิมพ์
การประเมินสมรรถนะเบื้องต้น (Preliminary Evaluation of Process Performance)	เพื่อสรุปผลและแก้ไขปัญหาของชิ้นส่วนที่อาจเกิดความเสียหายในช่วงเริ่มต้นการใช้งาน	ผู้สร้าง ทำการสรุปการประเมินผลชิ้นส่วนต่างๆ จากการทดสอบเพื่อให้ผู้ใช้ทำการทบทวน	รายงานสรุปผลสมรรถนะของชิ้นส่วนต่างๆ ในแม่พิมพ์
การทดสอบเดินตัวเปล่า (Dry Run Testing)	เพื่อทดสอบความพร้อมของแม่พิมพ์ก่อนทดสอบเพื่อการยอมรับของลูกค้า	ผู้สร้าง ใช้งานแม่พิมพ์ โดยไม่มีการหยุด ตามระยะเวลาทดสอบ (เช่น 20 ชั่วโมง) และบันทึกผล	รายงานสรุปการทำงานของเครื่องจักร และการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง (Reliability Data Collection During Acceptance Testing at the Supplier's Facility)	เพื่อเริ่มต้นการเก็บข้อมูลที่ใช้บ่งชี้สมรรถนะของอุปรณ์และชิ้นส่วนต่างๆ	ผู้ใช้และผู้สร้าง ทำการทดสอบการทำงานจริงของแม่พิมพ์ และเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้น	ข้อมูลการทดสอบ เช่น ปัญหาการขัดข้องเสียหาย อัตราการทำงาน และการใช้ทรัพยากร เป็นต้น
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นในการใช้งานระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้ (Reliability Data Collection During Acceptance Testing at the User's Facility)	เพื่อทวนสอบให้แน่ใจว่าจะไม่มีการเสื่อมคุณลักษณะของแม่พิมพ์ในการขนย้ายและติดตั้ง	ผู้ใช้และผู้สร้าง ทำการทดสอบการทำงานจริงของแม่พิมพ์ และเก็บบันทึกข้อมูลต่างๆ ที่เกิดขึ้น	ข้อมูลการทดสอบ เช่น ปัญหาการขัดข้องเสียหาย อัตราการทำงาน และการใช้ทรัพยากร เป็นต้น
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย (Root Cause Analysis and Failure Analysis)	เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุจากการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น	ผู้สร้าง ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุของการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นจากการทดสอบและหาวิธีแก้ไข	รายงานสรุปวิธีการแก้ไขและปรับปรุงปัญหาการขัดข้องเสียหาย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase)

วัตถุประสงค์หลัก คือ เก็บข้อมูลของปัญหาข้อขัดข้องเสียหายเมื่อผู้ใช้นำแม่พิมพ์ไปใช้งานจริง เนื่องจาก การออกแบบที่มิได้คาดการณ์ไว้ล่วงหน้า หรือเงื่อนไขการทำงานที่เปลี่ยนไป เพื่อเป็นข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์หาสาเหตุ และดำเนินการแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ในอนาคต รวมไปถึงการเปรียบเทียบคุณลักษณะของความสามารถในการธำรงรักษา ซึ่งเกี่ยวข้องกับการบำรุงรักษาของแม่พิมพ์ว่าเป็นไปตามที่ออกแบบไว้หรือไม่ แสดงรายละเอียดของกระบวนการและแผนผังกระบวนการดังตารางที่ 4.23 และรูปที่ 4.11 ตามลำดับ

โดยมีเครื่องมือและเทคนิคที่นำมาใช้ ตามรายละเอียดในตาราง 4.24 คือ

4.4.4.1 เครื่องมือช่วยในการเก็บรวบรวมข้อมูลและส่งข้อมูลย้อนกลับ

เพื่อให้มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่ถูกต้องและผู้ใช้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์หาสาเหตุของการเกิดการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ที่เกิดขึ้นและทำการพัฒนาปรับปรุงคุณลักษณะของ R&M ให้ดีขึ้นเพื่อทำการแก้ไขชิ้นส่วนปัจจุบันหรือเพื่อการออกแบบและการสร้างแม่พิมพ์ในอนาคต

4.4.4.2 เครื่องมือช่วยในการรายงานผลการขัดข้องเสียหาย

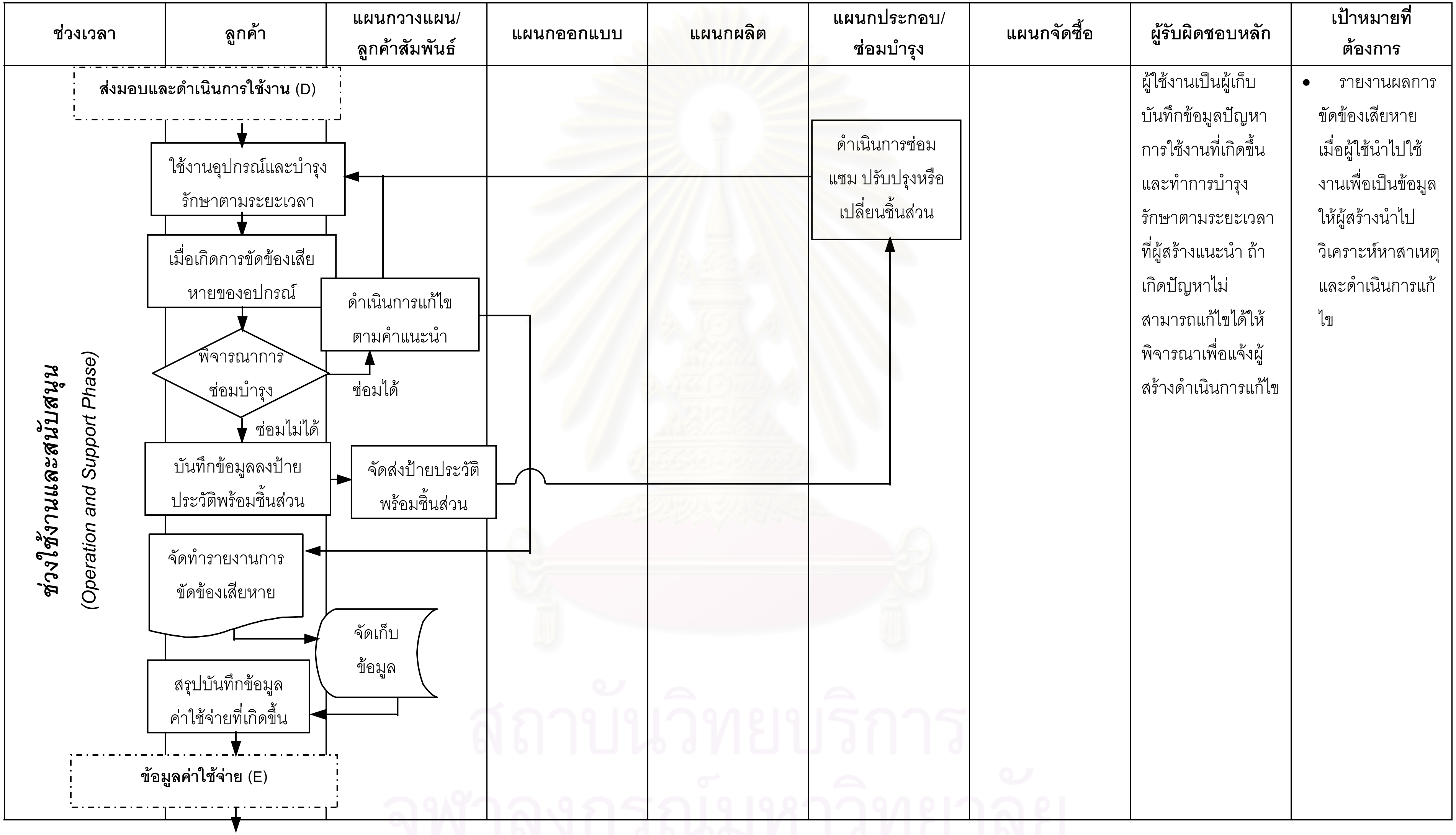
เพื่อให้มีระบบการจัดทำรายงานผลและวิเคราะห์ปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นอย่างเป็นระบบ สามารถวิเคราะห์สาเหตุของการขัดข้องและดำเนินการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.23 กระบวนการในช่วงใช้งานและสนับสนุน

ข้อมูลนำเข้า (Input)	***การดำเนินการ (Process)***	***ผลลัพธ์ของกิจกรรม (Output)***
• **ข้อมูลการทดสอบ** : เป็นข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายหรือสิ่งที่ไม่เป็นตามข้อกำหนดที่ผู้ใช้ต้องการ ไม่ว่าจะเป็นการทดสอบ ณ โรงงานผู้สร้างหรือผู้ใช้ ก็ตาม เพื่อนำไปเป็นข้อมูลสำหรับการปรับปรุงแก้ไขต่อไปในอนาคต • **คู่มือสำหรับการใช้งานและแบบฟอร์มในการเก็บบันทึกข้อมูลการใช้งาน** : เพื่อให้ผู้ใช้อ้างอิงสำหรับการใช้งาน และเก็บรวมรวมข้อมูลประวัติการใช้งานของแม่พิมพ์ที่มีประโยชน์ต่อผู้สร้างในการค้นหาสาเหตุของการขัดข้องเสียหาย เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุง	ผู้ใช้ทำการใช้งานแม่พิมพ์และบำรุงรักษาตามที่ผู้สร้างแนะนำหรืออ้างอิงในคู่มือแม่พิมพ์ ถ้าเกิดการขัดเข้องเสียหายของแม่พิมพ์เกิดขึ้นให้ทำการบันทึกรายงาน ตามรายละเอียดที่อ้างอิงไว้ในคู่มือหรือที่ได้ตกลงไว้กับผู้สร้าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่สมบูรณ์และครบถ้วนสำหรับนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุ และดำเนินการแก้ไข โดยผู้ใช้งานแม่พิมพ์จะต้องให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลที่ถูกต้องเหมาะสมและส่งข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้สร้างแม่พิมพ์เพื่อนำไปเป็นข้อมูลในการแก้ไขการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในอนาคต ในช่วงนี้ผู้ใช้ควรมีการบันทึกข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการใช้งานและซ่อมบำรุงแม่พิมพ์ เพื่อใช้อ้างอิงการตัดสินใจสำหรับการปรับเปลี่ยน ฟื้นฟูสภาพ หรือยกเลิกการใช้งาน ต่อไปในอนาคต	• **รายงานผลปัญหาการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผลและการดำเนินการแก้ไขการใช้งาน** : เพื่อใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้และผู้สร้างนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น • **ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง** : เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามความคุ้มค่าของการใช้งานแม่พิมพ์เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการบำรุงรักษา เพื่อตัดสินใจฟื้นฟูสภาพ (Overhaul) หรือยกเลิกการใช้งานต่อไป

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.11 แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงใช้งานและสนับสนุน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.24 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงใช้งานและสนับสนุน

เครื่องมือและเทคนิค	*วัตถุประสงค์*	*วิธีการ*	*ผลที่ได้รับ*
การเก็บรวบรวมการวิเคราะห์และการส่งข้อมูลย้อนกลับ (Data Collection, Analysis and Feedback)	เพื่อเก็บร่วมรวมข้อมูลการใช้งานของแม่พิมพ์และนำไปใช้แก้ไขปรับปรุงในอนาคต	ผู้ใช้ บันทึกปัญหาการขัดข้องเสียหาย อาการ วิธีการแก้ไข และส่งข้อมูลย้อนกลับไปยังผู้สร้าง	รายงานปัญหาการขัดข้องเสียหาย อาการ และวิธีแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์
การวางแผนซ่อมบำรุง (Planned Maintenance)	เพื่อดำเนินการบำรุงรักษาแม่พิมพ์อย่างเหมาะสม	ผู้ใช้ ทำการวางแผนบำรุงรักษาตามแนวทางที่แนะนำไว้	แผนการบำรุงรักษา และผู้รับผิดชอบในการบำรุงรักษาแม่พิมพ์
การพัฒนาคุณลักษณะ R&M (Reliabilty and Maintainability Growth)	เพื่อปรับปรุงคุณลักษณะของ R&M ในแม่พิมพ์ให้สูงขึ้น	ผู้สร้างร่วมมือกับผู้ใช้ ในการหาสาเหตุการขัดข้องเสียหายที่สำคัญ เพื่อพัฒนา R&M ของแม่พิมพ์ต่อไป	ทราบสาเหตุและวิธีการแก้ไขปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์
ระบบการรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผล และการดำเนินการแก้ไข (Failure Reporting, Analysis, and Corrective Action System)	เพื่อให้เกิดระบบการรายงานผล วิเคราะห์ และหาวิธีแก้ไขปัญหาการขัดข้องเสียหาย	ดำเนินการบันทึกปัญหาการขัดข้องเสียหาย วิเคราะห์ และหาวิธีแก้ไข เมื่อเกิดปัญหาขึ้น	ฐานข้อมูลของผลรายงานการขัดข้องเสียหาย ผลการวิเคราะห์ และวิธีแก้ไข ที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์
การแลกเปลี่ยนข้อมูล (Data Exchange)	เพื่อให้เกิดการแลกเปลี่ยนข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาคุณลักษณะ R&M ระหว่างกัน	ผู้สร้าง เก็บข้อมูลที่จำเป็นในการวิเคราะห์และคำนวณ R&M และส่งข้อมูลยังผู้ใช้	ผู้สร้างทราบสมรรถนะที่แท้จริงจากการใช้งานที่ได้ออกแบบไว้เพื่อเปรียบเทียบผลและทำการปรับปรุง
ระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับ (Suggested Data Feedback Model)	เพื่อให้ผู้ใช้มีระบบการไหลของข้อมูลเมื่อมีการขัดข้องเสียหายของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบในแม่พิมพ์	ผู้ใช้ ทำใบบันทึกเมื่อเกิดปัญหา และส่งเข้าฐานข้อมูลอย่างเป็นระบบ	ฐานข้อมูล ของชิ้นส่วนหรืออุปกรณ์ ที่เป็นส่วนประกอบในแม่พิมพ์ เมื่อเกิดปัญหาการขัดข้องเสียหาย ที่พร้อมสำหรับการใช้งาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.4.5 **ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก** (Conversion of Decommission Phase)

วัตถุประสงค์หลัก คือ ตรวจสอบอายุของแม่พิมพ์ที่ได้สร้างและสรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ของแม่พิมพ์ ว่าเป็นไปตามเป้าหมายการออกแบบที่ต้องการหรือไม่ รวมถึงการเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายที่หมดของแม่พิมพ์ เพื่อส่งกลับข้อมูลไปยังผู้สร้างหรือฐานข้อมูลของผู้ใช้สำหรับการนำไปใช้แก้ไขปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์หรือข้อมูลความต้องการต่อไปในอนาคต แสดงรายละเอียดของกระบวนการและแผนผังกระบวนการดังตารางที่ 4.25 และรูปที่ 4.12 ตามลำดับ

โดยมีเครื่องมือและเทคนิคที่นำมาใช้ ตามรายละเอียดในตาราง 4.26 คือ

4.4.5.1 **เครื่องมือช่วยในการสรุปผลการใช้งานแม่พิมพ์**

เพื่อให้มีการสรุปผลการใช้งานที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์เมื่อสิ้นสุดการใช้งาน เพื่อให้ผู้สร้างมีความเข้าใจผลจากการออกแบบแม่พิมพ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานและซ่อมบำรุง

4.4.5.2 **เครื่องมือช่วยในการวิเคราะห์ผลการออกแบบ**

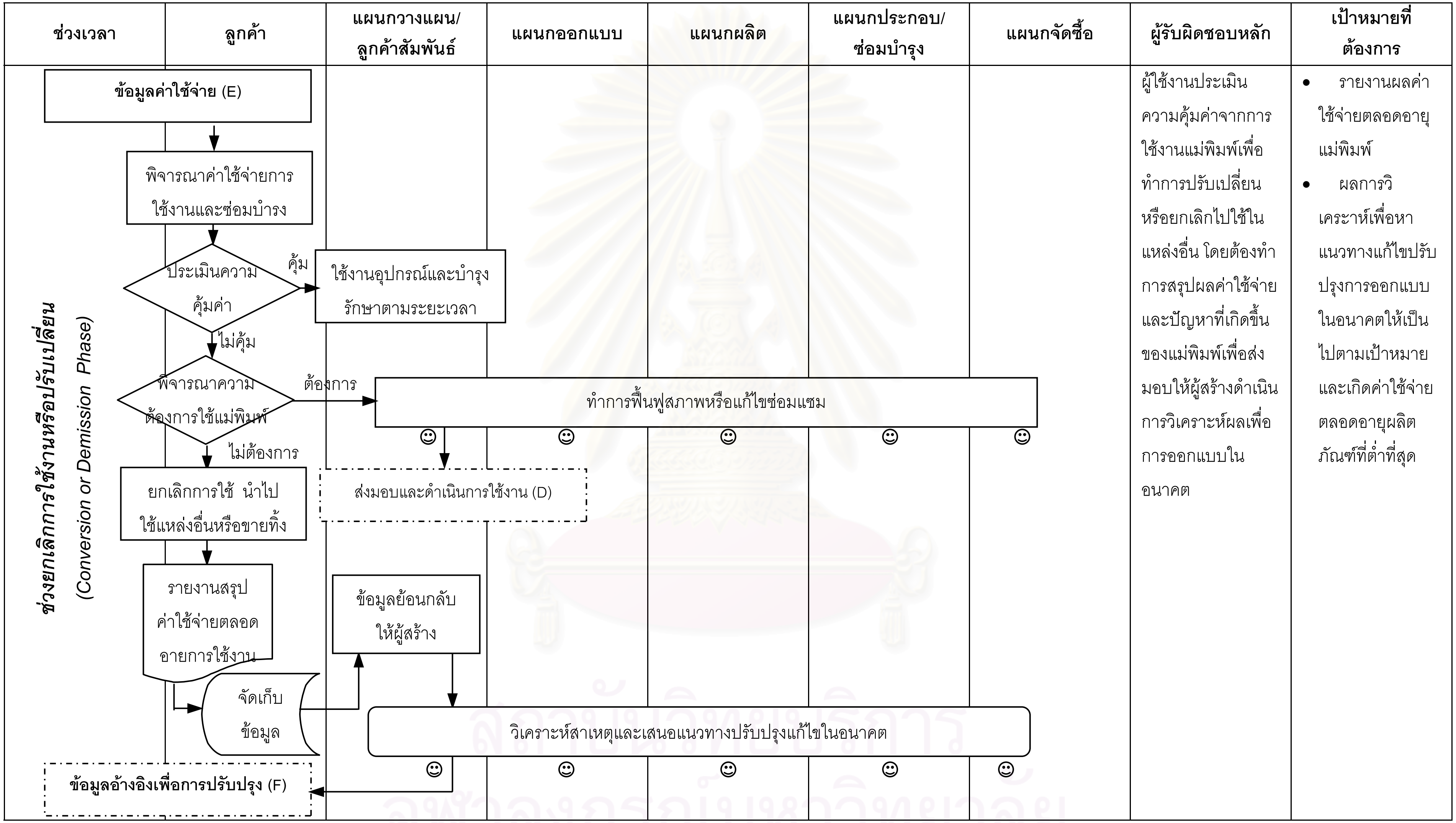
เพื่อให้ผู้สร้างวิเคราะห์ที่แตกต่างระหว่างการออกแบบและผลที่เกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้งานจริง ให้สามารถค้นหาสาเหตุที่เกิดขึ้นอันเนื่องจากปัจจัยต่างๆ ที่ทำให้เกิดผลไม่เป็นไปตามค่าเป้าหมาย เพื่อนำไปปรับปรุงการออกแบบในอนาคต

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.25 กระบวนการในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

ข้อมูลนำเข้า (Input)	*การดำเนินการ (Process)*	*ผลลัพธ์ของกิจกรรม (Output)*
• **รายงานผลปัญหาการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์ผลและการดำเนินการแก้ไขการใช้งาน** : เพื่อใช้สำหรับการแลกเปลี่ยนข้อมูลระหว่างผู้ใช้และผู้สร้างนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น • **ข้อมูลค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง** : เพื่อให้ผู้ใช้สามารถติดตามความคุ้มค่าของการใช้งานแม่พิมพ์เมื่อเทียบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากการบำรุงรักษา เพื่อตัดสินใจฟื้นฟูสภาพ (Overhaul) หรือยกเลิกการใช้งานต่อไป	เมื่อแม่พิมพ์ที่ ผู้ใช้ ครบอายุการใช้งานที่กำหนดไว้ หรือมีสภาพที่ส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายสูงขึ้น เช่น การผลิตชิ้นงานที่เสียมากขึ้น มีการหยุดการทำงานมากขึ้น หรือเสียค่าบำรุงรักษามากขึ้น ผู้ใช้จะต้องตัดสินใจใช้งานต่อ ปรับเปลี่ยน หรือยกเลิกการใช้งาน โดยนำข้อมูลค่าใช้จ่ายที่เก็บบันทึกไว้มาพิจารณา เมื่อสิ้นสุดการใช้งานผู้ใช้จะต้องส่งรายงานสรุปปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น และค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ ที่รวบรวมได้กับผู้สร้างแม่พิมพ์เพื่อนำข้อมูลนี้ไปวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาการขัดข้องเสียหาย หรือการไม่เป็นไปตามเป้าหมายที่ได้ออกแบบ แล้วทำการปรับปรุงการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ในอนาคตต่อไป	• **รายงานสรุปผลการใช้งานแม่พิมพ์** : เป็นรายงานที่ใช้สำหรับอ้างอิงแก้ไขการออกแบบแม่พิมพ์ในอนาคต ประกอบด้วย ปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นในชิ้นส่วนต่างๆ ตามระยะเวลาการใช้งาน รวมทั้งค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นจากการใช้งานแม่พิมพ์ทั้งหมดที่เกี่ยวข้อง เช่น การใช้จ่ายที่เกิดจากการใช้งาน ค่าซ่อมบำรุงรักษาแม่พิมพ์ ค่าซากหรือค่ากำจัดซาก เป็นต้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.12 แผนผังกระบวนการตามแนวทาง R&M ในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

ตารางที่ 4.26 เครื่องมือและเทคนิคในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

เครื่องมือและเทคนิค	*วัตถุประสงค์*	*วิธีการ*	*ผลที่ได้รับ*
สรุปคุณลักษณะ R&M ของแม่พิมพ์ (Characterize Equipment R&M)	เพื่อสรุปคุณลักษณะ R&M ของแม่พิมพ์เมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งาน	ผู้ใช้ สรุปคุณลักษณะ R&M เพื่อเปรียบเทียบเป้าหมายที่ได้วางไว้	ความแตกต่างของค่าจริงและค่าเป้าหมายของคุณลักษณะ R&M
รวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด (Collect All Data and Lessons Learned)	เพื่อรวบรวมและสรุปข้อมูลที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของแม่พิมพ์ที่จะนำไปใช้ปรับปรุงต่อไป	ผู้ใช้ รวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในปัญหาทั้งหมดที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์	ข้อมูลปัญหาแม่พิมพ์ที่ใช้สำหรับแก้ไขปรับปรุงสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์ในอนาคต
สรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์และเปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้ (Total LCC and Compare to LCC Objectives)	เพื่อสรุปค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่เกิดขึ้นจริงกับค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ตั้งไว้	ผู้ใช้ สรุปข้อมูลค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่รวบรวมไว้ในแต่ละช่วง	ข้อมูลความแตกต่างระหว่างค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจริงกับค่าใช้จ่ายเป้าหมาย
หาวิธีปรับเปลี่ยนเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (Adjust LCC Methodology if required)	เพื่อหาสาเหตุและวิธีการปรับปรุงค่าใช้จ่ายที่มีการคลาดเคลื่อนจากเป้าหมายที่วางไว้	ผู้สร้าง วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับเพื่อหาสาเหตุและเสนอแนะแนวทางแก้ไขปรับปรุง	วิธีการปรับปรุงการออกแบบของแม่พิมพ์เพื่อให้บรรลุค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.5 ผลการตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็น

ในการตรวจสอบระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M นั้น ได้ทำการตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็นผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง คือ ผู้สร้างแม่พิมพ์และผู้ใช้งานแม่พิมพ์ รวมถึงผู้เชี่ยวชาญ ด้านแม่พิมพ์และด้าน R&M ด้วยแบบสอบถาม โดยมีผลดังนี้

4.5.1 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้สร้างแม่พิมพ์

ก. ข้อมูลเบื้องต้นของผู้สร้าง

จำนวนผู้ประเมินทั้งสิ้น 9 ราย

1. ตำแหน่ง ได้แก่ หัวหน้าฝ่าย หัวหน้าแผนกออกแบบ หัวหน้าแผนกผลิต หัวหน้าแผนกประกอบ หัวหน้าแผนกวางแผน เจ้าหน้าที่ควบคุมเอกสาร และวิศวกรของฝ่าย โดยมีหน้าที่รับผิดชอบ คือ ติดต่อประสานงานผู้ใช้งานแม่พิมพ์หรือลูกค้า วางแผนการออกแบบ ควบคุมการผลิต ประกอบ ทดสอบ และซ่อมแซมแม่พิมพ์
2. ผู้ประเมินทั้ง 9 รายไม่เคยรู้จักแนวทางของ R&M มาก่อน
3. เป้าหมายหลักในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ คือ
    - ระยะเวลาในการสร้าง
    - ราคาแม่พิมพ์
    - ขนาดและรูปร่างชิ้นงาน
    - อิงจากข้อกำหนดของลูกค้า
4. ระดับแม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างในปัจจุบัน อยู่ที่ ระดับ 2-3
คือ ผลิตปริมาณทั่วไป ถึง ปริมาณสูง อยู่ในช่วง 100,000 – 500,000 รอบการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M

จากแบบประเมินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.27

ตารางที่ 4.27 สรุปความคิดเห็นของผู้สร้างแม่พิมพ์จากแบบประเมิน

ความคิดเห็น	เห็นด้วย		ไม่เห็นด้วย		รวม	หมายเหตุ
	ไม่มีเงื่อนไข	มีเงื่อนไข	ไม่มีเงื่อนไข	มีเงื่อนไข		
1. การขัดข้องของแม่พิมพ์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้	9	0	0	0	9	*1. การจัดระดับแม่พิมพ์ไม่มีผลต่อการผลิต เนื่องจากการผลิตจำเป็นต้องทำให้ได้ตามแบบที่กำหนดมา *2. ปัญหาการขัดข้องบางส่วนเกิดการใช้งานไม่ถูกต้องของผู้ใช้
2. แม่พิมพ์ควรมีความง่ายในการบำรุงรักษาและถอดประกอบ	9	0	0	0	9	
3. การออกแบบที่ดี ช่วยลดปัญหาการขัดข้อง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานที่ลดลง	9	0	0	0	9	
4. ข้อมูลการใช้งานและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องมีผลต่อการออกแบบแม่พิมพ์	9	0	0	0	9	
5. การวางแผนดำเนินงานอย่างเป็นระบบมีส่วนทำให้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ประสบผลสำเร็จ	9	0	0	0	9	
6. การทบทวนการออกแบบช่วยให้ทราบจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น	9	0	0	0	9	
7. ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ หรือผู้รับช่วงผลิตมีผลต่อแม่พิมพ์	9	0	0	0	9	
8. การทดสอบทุกครั้งที่เกิดขึ้นต้องมีการบันทึกข้อมูลการขัดข้องเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุ	9	0	0	0	9	
9. ข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้มีส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงแม่พิมพ์ในอนาคต	9	0	0	0	9	
10. แม่พิมพ์ควรมีคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา	9	0	0	0	9	
11. แม่พิมพ์ไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบ	0	0	9	0	9	
12. การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ไม่จำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหาการขัดข้องที่เกิดขึ้นในอดีต	0	0	9	0	9	
13. การวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีประสิทธิภาพไม่จำเป็นต้องมีทีมงานจากส่วนต่างๆ มาร่วมวิเคราะห์	0	0	9	0	9	
14. เพื่อความเหมาะสมของกิจกรรมควรมีการแบ่งระดับแม่พิมพ์	8	0	0	1[*1]	9	
15. ปัญหาการขัดข้องส่วนใหญ่เกิดจากการออกแบบที่ไม่ดี	4	0	2	3[*2]	9	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

1. ผู้ประเมินทั้ง 9 คน เห็นว่าระบบที่นำเสนอมีความแตกต่างจากระบบเดิมที่เคยปฏิบัติ โดยมีลักษณะที่ดีจากระบบเดิม เนื่องจาก
   - ครอบคลุมกิจกรรมตั้งแต่การใช้งานและบำรุงรักษา
   - ให้ความสำคัญกับทุกขั้นตอน ทำให้การออกแบบดีขึ้นและลดค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดการใช้งาน
   - มีการนำข้อมูลของการใช้งานและปัญหาที่เกิดขึ้นกลับมาทำการแก้ไขอย่างเป็นระบบ
   - มีการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ทำให้การออกแบบและป้องกันข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น
   - ให้ความสำคัญกับผู้ใช้งานหรือลูกค้า ซึ่งจะส่งผลให้ลูกค้ามีความเชื่อมั่นมากขึ้น
   - เป็นระบบที่รัดกุมมากขึ้น สามารถมองเห็นปัญหาและทำการแก้ไขได้ดีขึ้น
2. ข้อสงสัยและข้อเสนอแนะในแต่ละช่วง

   2.1 ช่วงแนวคิด
   - ข้อมูลนำเข้าอาจเกิดความขัดแย้งเนื่องจาก ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ต้องการของดีราคาถูก
   - ข้อมูลความผิดพลาดในอดีตและข้อมูลสนับสนุนควรมีเจ้าหน้าที่ที่รับผิดชอบโดยตรง ซึ่งจะทำให้ข้อมูลครบถ้วนและทันสมัย
   - ขั้นตอนและรายละเอียดมากอาจทำให้เสียเวลา จึงควรลดหรือรวมกิจกรรมบางขั้นตอนเข้าด้วยกัน

   2.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา
   - การหาจุดสมดุลย์ระหว่างการออกแบบที่ดี ต่อต้นทุน การผลิตที่เกิดทำได้ยาก
   - การจัดทำคู่มือแม่พิมพ์แต่ละชุด ทำให้เสียเวลาและต้องจัดทำเฉพาะของแม่พิมพ์แต่ละตัวซึ่งแตกต่างกัน
   - การทบทวนการออกแบบควรมีการประชุมร่วมกันทุกส่วนที่เกี่ยวข้องอีกครั้ง
   - ข้อมูลในอดีตบางครั้งอาจใช้ไม่ได้ กับการออกแบบใหม่ ซึ่งเงื่อนไขที่ใช้อาจแตกต่างกัน

   2.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง
   - การทดสอบที่ดีจำเป็นต้องมีการทดสอบตามสภาพความเป็นจริงและใช้เวลา ซึ่งแม่พิมพ์มักสร้างเสร็จไม่ทันตามกำหนดทำให้การทดสอบไม่สมบูรณ์และไม่ถี่ถ้วน
   - ควรมีมาตรการวัดการเสื่อมคุณลักษณะของแม่พิมพ์ระหว่างการขนย้ายและติดตั้ง

   2.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน

- ต้องมีแบบฟอร์มในการบันทึกค่าที่ใช้ในการวิเคราะห์ที่ครบถ้วน และชี้แจงเมื่อมีการแก้ไขปรับเปลี่ยน
- การเก็บรวบรวมข้อมูลอาจไม่ได้รับความร่วมมือจากผู้ใช้เท่าที่ควร
- การสร้างแม่พิมพ์ให้กับผู้ใช้ที่ไม่ใช่องค์กรเดียวกัน การติดตามและส่งกลับข้อมูลทำได้ยาก
- ในช่วงการใช้งานมักไม่ให้ความสำคัญกับการบันทึกและเก็บข้อมูล

2.5 ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

- การสรุปรวบรวมข้อมูลทั้งหมดเมื่อสิ้นสุดอายุการใช้งานต้องมีทีมงานและผู้เกี่ยวข้องมานำเสนอหรือประชุมสรุป

3. สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรม คือ
   - ความรู้ในการออกแบบ และการประยุกต์ใช้ R&M ผู้ใช้ต้องมีความรู้ความเข้าใจทฤษฎีและหลักการเป็นอย่างดี ไม่เช่นนั้นอาจส่งผลให้มีการผลิตที่ล่าช้า
   - ข้อมูลของชิ้นส่วนแต่ละชิ้นไม่มีค่าประมาณของความเชื่อมั่น และไม่ทราบว่าจะหาข้อมูลจากที่ใด
   - ข้อมูลที่ใช้อ้างอิงต้องมากเพียงพอและบางครั้งอาจเชื่อถือไม่ได้
   - ภาระงานในปัจจุบันที่รับผิดชอบมีมาก อาจไม่สามารถดำเนินระบบได้ดี จึงจำเป็นต้องเพิ่มบุคลากรมาช่วยในการสร้างและแนะนำการใช้งานระบบ
   - การศึกษาข้อมูลหลังการส่งมอบทำได้ยาก
   - พนักงานยังมีทักษะในการทำงานน้อย ดังนั้นจึงต้องให้ความสำคัญกับการพัฒนาทักษะการทำงานมากกว่าระบบการดำเนินงาน
   - ขั้นตอนการดำเนินงานมีมาก ในส่วนของการออกแบบทำให้ผู้วิเคราะห์หรือผู้ออกแบบมีภาระงานที่มากขึ้น
   - บางขั้นตอนมีรายละเอียดยุ่งยากต่อการดำเนินการ
   - การปฏิบัติงานในปัจจุบันเนื่องจากระยะเวลาเป็นตัวกำหนดที่สำคัญ ทำให้ผู้ปฏิบัติงานใช้ความรีบเร่งและจำเป็นต้องแก้ไขปัญหาเฉพาะหน้ามากกว่าค้นหาสาเหตุที่แท้จริงแล้วดำเนินการแก้ไข
   - การเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างกระบวนการออกแบบและผลิตนั้นอาจทำได้ไม่เต็มที่และใช้เวลา
4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
   - ควรมีการดำเนินการทดลองใช้ระบบจริงเพื่อดูว่าสอดคล้องและทำได้จริงหรือไม่
   - เวลาในการให้ข้อมูลน้อย อาจทำให้เกิดความเข้าใจคลาดเคลื่อนในบางหัวข้อ

- ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์และการออกแบบแม่พิมพ์แต่ละชุดมีความแตกต่างกัน ส่งผลให้ปัญหาที่หลากหลายและแตกต่างกัน

4.5.2 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้ใช้งานแม่พิมพ์

ก. ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้งานแม่พิมพ์

จำนวนผู้ประเมินทั้งสิ้น 8 คน

1. ตำแหน่ง ได้แก่ ผู้จัดการโรงงาน ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายแม่พิมพ์ วิศวกรฝ่ายผลิต วิศวกรฝ่ายคุณภาพ หัวหน้ากะ หัวหน้าฝ่ายโพลิเมอร์และเจ้าหน้าที่ฝ่ายวางแผนการผลิต
2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบ คือ
    - เป็นผู้ควบคุมดูแลกิจกรรมต่างๆ ของโรงฉีดพลาสติก
    - เป็นผู้ควบคุมและวางแผนการผลิต
    - เป็นผู้ปรับเงื่อนไขงานฉีดและใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
    - เป็นผู้ควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์
3. บริษัทและหน่วยงานมีทั้งที่มีระบบมาตรฐาน ISO9000 (6 คน) และไม่มีระบบมาตรฐานใดๆ เลย (2 คน)
4. ผู้ประเมิน 7 คนไม่เคยรู้จักแนวทางของ R&M มาก่อน และมี 1 คนที่รู้จักแนวทางของ R&M มาก่อน
5. หากจำแนกแม่พิมพ์ที่ใช้งานเป็น 6 ระดับ ผู้ประเมินมีใช้ตั้งแต่ ระดับ 4 จนถึงระดับ 1
6. อายุแม่พิมพ์ที่ใช้งานอยู่ที่ประมาณ 1 – 7 ปี หรือที่ประมาณ 30,000 – 2,000,000 รอบการทำงาน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M

จากแบบประเมินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.28

ตารางที่ 4.28 สรุปความคิดเห็นของผู้ใช้งานแม่พิมพ์จากแบบประเมิน

ความคิดเห็น	เห็นด้วย		ไม่เห็นด้วย		รวม	หมายเหตุ
	ไม่มีเงื่อนไข	มีเงื่อนไข	ไม่มีเงื่อนไข	มีเงื่อนไข		
1. แม่พิมพ์ควรมีความง่ายในการบำรุงรักษาและถอดประกอบ	8	0	0	0	8	*1. มีผลต่อความพึงพอใจกรณีที่เป็นเจ้าของแม่พิมพ์ สำหรับกรณีที่ไม่ใช่เจ้าของแม่พิมพ์ไม่มีส่วนเกี่ยวข้องในการตัดสินใจซื้อ
2. การออกแบบที่ดี ช่วยลดปัญหาการขัดข้อง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานที่ลดลง	8	0	0	0	8	
3. ปัญหาการขัดข้องส่วนใหญ่เกิดจากการออกแบบที่ไม่ดี	8	0	0	0	8	
4. ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ หรือผู้รับช่วงผลิตมีผลต่อแม่พิมพ์	8	0	0	0	8	
5. ข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้มีส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงแม่พิมพ์ในอนาคต	8	0	0	0	8	
6. แม่พิมพ์ควรมีคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา	8	0	0	0	8	*2. แม่พิมพ์ต้องมีโอกาสเกิดการขัดข้องเสียหายบ้าง อาจหลีกเลี่ยงไม่ได้
7. แม่พิมพ์ไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบ	0	0	8	0	8	
8. ควรเพิ่มค่าใช้จ่ายในการออกแบบและสร้าง เพื่อลดค่าใช้จ่ายที่อาจเกิดขึ้นจากการใช้งานและซ่อมบำรุง	7	0	1	0	8	
9. การตรวจรับแม่พิมพ์จำเป็นต้องมีการทดสอบการใช้งานจริงจนผู้ใช้ยอมรับ	7	0	1	0	8	
10. ผู้สร้างแม่พิมพ์ควรให้ข้อมูลและแนะนำวิธีการใช้งาน รวมไปถึงวิธีการบำรุงรักษาเบื้องต้น	7	0	1	0	8	
11. การตัดสินใจซื้อแม่พิมพ์ควรพิจารณาเรื่องราคาซื้อเป็นสำคัญโดยไม่จำเป็นต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์	1	0	7	0	8	
12. การขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ไม่มีผลต่อต้นทุนในการผลิต	1	0	7	0	8	
13. ข้อมูลการใช้งานและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องมีผลต่อการออกแบบแม่พิมพ์	6	0	2	0	8	
14. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาแม่พิมพ์มีค่าใช้จ่ายสูงกว่าราคาแม่พิมพ์	3	0	5	0	8	
15. การขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ไม่ควรเกิดขึ้นเมื่อนำไปใช้งาน	5	1[*1]	2[*2]	0	8	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

1. ผู้ประเมิน 7 คน เห็นว่าระบบที่นำเสนอมีความแตกต่างจากระบบเดิมที่เคยปฏิบัติ โดยมีลักษณะที่ดีจากระบบเดิม เนื่องจาก
   - มีการกำหนดกระบวนการที่ชัดเจน และชี้ให้เห็นผลประโยชน์ที่จะได้รับทั้งผู้สร้างและผู้ใช้
   - ทำให้ยืดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ได้ยาวขึ้น และสามารถแก้ไขปัญหาได้อย่างรวดเร็ว
   - มีการพัฒนากระบวนการทำงานที่มีประสิทธิภาพมากขึ้น ทำให้การผลิตมีคุณภาพและมีผลช่วยให้ผลิตได้ตรงตามเวลา
   - เพิ่มความเชื่อมั่นในการในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาแม่พิมพ์
   - ลดต้นทุนการผลิตบางส่วนลงได้ และเพิ่มความสามารถในการผลิต
   - เป็นระบบการทำงานทีมีคุณภาพและรับผิดชอบต่อผลิตภัณฑ์ (แม่พิมพ์) ตลอดไปถึงการดูแลรักษา ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้งานแม่พิมพ์

   1 คนของผู้ประเมินไม่ระบุว่าเหมือนหรือแตกต่าง โดยให้ความเห็นว่า ไม่แน่ใจว่าจะสามารถนำไปใช้ได้จริง เนื่องจากต้องมีความเห็นชอบจากลูกค้าที่เป็นผู้เป็นเจ้าของแม่พิมพ์
2. ข้อสงสัยและข้อเสนอแนะในแต่ละช่วง

   2.1 ช่วงแนวคิด

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)

   2.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา
   - ขั้นตอนการออกแบบมีค่อนข้างมาก อาจลดขั้นตอนลงให้กระชับขึ้น
   - ในการแยกระดับของแม่พิมพ์ ควรมีการแยกสภาวะแวดล้อมของการใช้งานแม่พิมพ์ที่ชัดเจน

   2.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)

   2.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน
   - ควรมีการเพิ่มเติมข้อมูลการใช้งานที่ถูกต้อง และติดตามการใช้งานของผู้ใช้

   2.5 ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก
   - ก่อนจะปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกต้องมีข้อมูลที่ถูกต้องมาช่วยการตัดสินใจทั้งหมดก่อน
3. สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรม คือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

- บุคลากร เครื่องมือและอุปกรณ์ ต้องมีความพร้อม รวมทั้งได้รับการสนับสนุนที่ดีจากผู้บริหาร
- ข้อมูลสนับสนุนหรือปัญหาที่เคยเกิดขึ้นอาจมีไม่เพียงพอเนื่องจากในอดีตไม่มีการจดบันทึก
- ผู้ออกแบบจำเป็นต้องมีความรู้ความสามารถสูง
- ระบบการจัดการภายในองค์กร อาจไม่สอดคล้องกับความต้องการของระบบ R&M ในกรณีที่ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ไม่ใช่เจ้าของแม่พิมพ์เป็นเพียงผู้รับบริการฉีดให้เท่านั้น รวมทั้งถ้าเจ้าของไม่ต้องการให้ทำการเปลี่ยนแปลงแก้ไขแม่พิมพ์ และไม่ต้องการนำข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นไปใช้ประโยชน์
- ความเข้าใจร่วมกันภายในหน่วยงาน แต่ละหน่วย
- การรวบรวมข้อมูลและการส่งข้อมูลย้อนกลับ
- การส่งข้อมูลย้อนกลับของผู้ใช้อาจให้ข้อมูลที่ไม่เป็นความจริงในกรณีที่ผู้ใช้งานเป็นผู้ทำให้เกิดความผิดพลาดอันเนื่องจากการใช้งานหรือการบำรุงรักษา
- ราคาในการออกแบบและสร้าง อาจสูงขึ้น

4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม
    - ระบบ R&M เป็นระบบที่มีการติดตามที่ดี แต่บุคลากรต้องมีความเข้าใจและมีความรับผิดชอบต่อหน้าที่สูง
    - องค์กรที่เป็นทั้งผู้สร้าง และผู้ใช้ มีความเหมาะสมในการเอาระบบนี้มาใช้มากกว่าองค์กรที่รับผิดชอบกันโดยอิสระระหว่างผู้สร้างกับผู้ใช้ เนื่องจากผลประโยชน์สุดท้ายเป็นขององค์กรเดียว

4.5.3 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

ก. ข้อมูลเบื้องต้นผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จำนวนผู้ประเมินทั้งสิ้น 3 คน

1. ตำแหน่ง คือ กรรมการผู้จัดการ โรงงานด้านอุตสาหกรรมชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ รองผู้จัดการโรงงาน โรงงานด้านอุตสาหกรรมชิ้นส่วนพลาสติกสำหรับยานยนต์ และวิศวกร 7 ว. กลุ่มงานวิจัยและพัฒนา สำนักพัฒนาอุตสาหกรรมสนับสนุน กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม
2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบ คือ
    - ดูแลการดำเนินงานของฝ่ายบริหาร

- ดูแลระบบการผลิตและระบบคุณภาพ
- ดูแลการดำเนินงานด้านแม่พิมพ์และเทคนิควิศวกรรม
- ออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก
- วิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่
- วิจัยด้านการออกแบบ การสร้างแม่พิมพ์ ให้คำปรึกษาและสอนด้านอุตสาหกรรมแม่พิมพ์และส่วนที่เกี่ยวข้อง

3. ประสบการณ์ในงานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก อยู่ประมาณ 10 – 15 ปี โดยมีหน้าที่เกี่ยวข้องในการออกแบบแม่พิมพ์ การสร้างแม่พิมพ์ การใช้งานแม่พิมพ์ การซ่อมบำรุง และเป็นผู้สอนด้านแม่พิมพ์
4. ได้รับการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก จากประสบการณ์ในการทำงาน การฝึกอบรม และการเรียนในระดับอุดมศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบ R&M

จากแบบประเมินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.29

ตารางที่ 4.29 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์จากแบบประเมิน

ความคิดเห็น	เห็นด้วย		ไม่เห็นด้วย		รวม	หมายเหตุ
	ไม่มีเงื่อนไข	มีเงื่อนไข	ไม่มีเงื่อนไข	มีเงื่อนไข		
1. การขัดข้องของแม่พิมพ์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้	3	0	0	0	3	*1. การวางแผนดีบางครั้งก็ไม่ประสบผลสำเร็จ จำเป็นต้องพิจารณาปัจจัยอื่นประกอบด้วย
2. แม่พิมพ์ควรมีความง่ายในการบำรุงรักษาและถอดประกอบ	3	0	0	0	3	
3. การออกแบบที่ดี ช่วยลดปัญหาการขัดข้อง ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานที่ลดลง	3	0	0	0	3	
4. ข้อมูลการใช้งานและรายละเอียดที่เกี่ยวข้องมีผลต่อการออกแบบแม่พิมพ์	3	0	0	0	3	*2. การทบทวนการออกแบบ หากผู้ทบทวนไม่มีความสามารถจะไม่ทราบจุดพร่องที่เกิดขึ้นได้เช่นกัน
5. ชิ้นส่วนประกอบต่างๆ หรือผู้รับช่วงผลิตมีผลต่อแม่พิมพ์	3	0	0	0	3	
6. การทดสอบทุกครั้งที่เกิดขึ้นต้องมีการบันทึกข้อมูลการขัดข้องเพื่อนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุ	3	0	0	0	3	
7. ข้อมูลการใช้งานของผู้ใช้มีส่วนสำคัญต่อการปรับปรุงแม่พิมพ์ในอนาคต	3	0	0	0	3	
8. เพื่อความเหมาะสมของกิจกรรมควรมีการแบ่งระดับแม่พิมพ์	3	0	0	0	3	*3. แม่พิมพ์บางประเภทมีปริมาณการผลิตต่ำแต่มีความซับซ้อนสูงและราคาแพง
9. แม่พิมพ์ควรมีคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา	3	0	0	0	3	
10. แม่พิมพ์ไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบ	0	0	3	0	3	
11. การวิเคราะห์หาสาเหตุที่มีประสิทธิภาพไม่จำเป็นต้องมีทีมงานจากส่วนต่างๆ มาร่วมวิเคราะห์	0	0	3	0	3	
12. การวางแผนดำเนินงานอย่างเป็นระบบมีส่วนทำให้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ประสบผลสำเร็จ	2	1[*1]	0	0	3	*4. ปัญหาบางส่วนเกิดจากการใช้งานของผู้ใช้
13. การทบทวนการออกแบบช่วยให้ทราบจุดบกพร่องที่เกิดขึ้น	2	1[*2]	0	0	3	
14. การจัดระดับของแม่พิมพ์ออกเป็น 6 ระดับตามแนวทางที่นำเสนอครอบคลุมแม่พิมพ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน	2	1[*3]	0	0	3	
15. ปัญหาการขัดข้องส่วนใหญ่เกิดจากการออกแบบที่ไม่ดี	1	1[*4]	1	0	3	

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

1. ผู้เชี่ยวชาญ 2 ใน 3 เห็นว่าระบบที่นำเสนอมีความแตกต่างจากระบบเดิมที่เคยปฏิบัติ ซึ่งดีกว่าเดิม เพราะ คำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแม่พิมพ์ ที่ครอบคลุมมากขึ้น และมีการป้องกันปัญหาของแม่พิมพ์ที่อาจเกิดขึ้น โดยมี 1 คนกล่าวว่า จะสามารถทำได้หรือไม่นั้น ต้องขึ้นอยู่กับข้อมูลสนับสนุน

   ผู้เชี่ยวชาญ 1 คน เห็นว่าเหมือนเดิม เพียงแต่มีเทคนิคและวิธีการบางอย่างของ R&M ที่เพิ่มเติมลงไป
2. ข้อสงสัยและข้อเสนอแนะในแต่ละช่วง

   2.1 ช่วงแนวคิด
   - ข้อมูลต้องมีถูกต้องมากที่สุด และการสรุปข้อมูล ตัดสินใจ ต้องทำอย่างรวดเร็ว
   - ผู้ใช้มักไม่สามารถกำหนดความต้องการเองได้ ทางผู้ออกแบบต้องคาดเดาความต้องการของผู้ใช้ให้ด้วย
   - ในช่วงนี้ควรรวมถึงการออกแบบโครงสร้างเบื้องต้นเข้าไปด้วย เพื่อเป็นแนวคิดต่อรูปแบบโครงสร้างที่ต้องการ

   2.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา
   - การพยากรณ์ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นเป็นสิ่งสำคัญในช่วงนี้
   - ปัญหาความสามารถของผู้รับช่วงอาจส่งผลต่อคุณลักษณะที่ได้ของแม่พิมพ์
   - ข้อมูลในอดีตไม่สามารถนำมาเปรียบเทียบได้ เนื่องจากผลิตภัณฑ์มีรูปลักษณะที่ไม่เคยซ้ำแบบเดิมเลย
   - การกำหนดรายละเอียดของการออกแบบและแนวทางที่ใช้ในการออกแบบต้องมีความชัดเจน

   2.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง
   - วิธีการควบคุมให้เป็นไปตามการออกแบบ ต้องทำอย่างมีระบบและขั้นตอนป้องกันการผิดพลาดการการผลิต
   - จำเป็นต้องมีการกำหนดรูปแบบกระบวนการผลิตและระยะเวลาการผลิตก่อน จึงจะควบคุมกระบวนการผลิตได้

   2.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน
   - ต้องมีการควบคุมป้องกันการให้ข้อมูลที่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
   - ปัญหาความสามารถในการบำรุงรักษาของผู้ใช้ และการแก้ไขปัญหาของผู้ใช้อาจทำไม่ถูกต้องเนื่องจากไม่มีการปรึกษาผู้สร้างก่อนทำการแก้ไข

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.5 ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

- ในการสรุปผลควรมีการประเมินผลผู้ใช้กับเทคนิคการดูแลรักษาว่ามีผลดี หรือใช้วิธีการที่เหมาะสมเพียงพอหรือไม่

3. สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรม คือ
   - ข้อมูลที่ใช้สนับสนุน ได้แก่ แหล่งข้อมูล ระยะเวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล
   - การควบคุมบังคับใช้แนวทาง R&M ขององค์กร และการรักษามาตรฐานตามแนวทาง R&M
   - ผลลัพธ์ที่ได้จากแนวทาง R&M มีประโยชน์ต่อองค์กรในระดับใด
   - ข้อมูลที่มาจากผู้ใช้ ทั้งในเรื่องเงื่อนไขการใช้งาน รูปแบบการซ่อมบำรุง อาจไม่สามารถระบุได้ เพราะผู้ใช้ในประเทศไทยไม่มีความชัดเจนในเรื่องดังกล่าว
   - ปัญหาผู้รับช่วงที่ขาดความสามารถและขาดคุณภาพ
   - ความรู้พื้นฐานและทักษะที่มีไม่เพียงพอทำให้ R&M ไม่บรรลุจุดประสงค์ที่ต้องการ
   - แนวคิดด้านต้นทุน เพราะ R&M หมายถึงทีมงานหรือบุคลากรที่ต้องรักษาระบบ มีผลทางด้านการพัฒนาระบบ แต่ให้ผลทางด้านการพัฒนาเทคนิคที่น้อยกว่า
4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

   บุคลากร เป็นส่วนสำคัญที่สุดของระบบ ดังนั้นบุคลากรต้องมีความรู้ความเข้าใจและมีมาตรฐานที่ดีในทุกหน่วยที่เกี่ยวข้อง

4.5.4 ผลการสำรวจความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M

ก. ข้อมูลเบื้องต้นผู้เชี่ยวชาญ R&M

จำนวนผู้ประเมินทั้งสิ้น 1 คน

1. ตำแหน่ง คือ ผู้ช่วยผู้จัดการทั่วไป ฝ่ายงานปรับปรุง
2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบ คือ เสนองานปรับปรุง เป็นผู้นำกิจกรรมการปรับปรุง เพื่อลดต้นทุนผลิตภัณฑ์ เพิ่มผลผลิต และเพิ่มความสามารถในการแข่งขัน
3. อุตสาหกรรมที่ดำเนินการ R&M คือ อุปกรณ์สำหรับการประกอบรถยนต์
4. ประสบการณ์ในระบบ R&M ทั้งสิ้น 3 ปี โดยมีหน้าที่ เป็นผู้ควบคุมระบบ และเป็นผู้สอนให้กับพนักงานในบริษัท
5. ได้รับการศึกษาเกี่ยวกับแนวทาง R&M จากประสบการณ์ในการทำงานและการฝึกอบรม

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

จากแบบประเมินสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 4.30

ตารางที่ 4.30 สรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M จากแบบประเมิน

ข้อคิดเห็น	*ความคิดเห็น*
1. ระบบที่นำเสนอสอดคล้องกับความต้องการตามแนวทาง R&M	เห็นด้วย
2. ระบบที่นำเสนอสามารถนำไปใช้ได้จริง	เห็นด้วย
3. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะช่วยลดปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นได้	เห็นด้วย
4. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ได้	เห็นด้วย
5. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะช่วยให้การซ่อมแซมแม่พิมพ์เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและสะดวกยิ่งขึ้น	เห็นด้วย
6. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะช่วยผู้ใช้เกิดความพึงพอใจและมีส่วนทำให้ผู้ใช้กลับมาใช้บริการต่อไป	เห็นด้วย
7. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้กับผู้สร้างแม่พิมพ์	เห็นด้วย
8. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะทำให้ผู้สร้างและผู้ใช้มีความยุ่งยากเพิ่มขึ้น	เห็นด้วย
9. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาซ่อมแซมลดลง	เห็นด้วย
10. เพื่อความเหมาะสมของกิจกรรมควรมีการแบ่งระดับแม่พิมพ์	เห็นด้วย
11. ระบบฐานข้อมูลการออกแบบมีส่วนสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงแม่พิมพ์ให้มีคุณลักษณะที่ดียิ่งขึ้น	เห็นด้วย
12. แม่พิมพ์ควรมีคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา	เห็นด้วย
13. อุตสาหกรรมการสร้างแม่พิมพ์ไม่จำเป็นต้องใช้แนวทาง R&M มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพเพราะไม่คุ้มค่า	ไม่เห็นด้วย
14. ระบบที่นำเสนอมีประโยชน์เฉพาะผู้ใช้งานเท่านั้น แต่สำหรับผู้สร้างเองมีประโยชน์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น	ไม่เห็นด้วย
15. เมื่อนำระบบที่นำเสนอไปใช้จะทำให้แม่พิมพ์มีราคาสูงขึ้น	ไม่เห็นด้วย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

1. ผู้เชี่ยวชาญ เห็นว่าระบบที่นำเสนอมีแนวทางที่ใช้เหมือนกัน แต่ การเลือกใช้เครื่องมือหรือเทคนิคบางตัวในแต่ละช่วง แตกต่างกันในบางจุด
2. ข้อสงสัยและข้อเสนอแนะในแต่ละช่วง

   2.1 ช่วงแนวคิด

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)

   2.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)

   2.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)

   2.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)

   2.5 ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

   (ไม่มีข้อสงสัยและข้อเสนอแนะนำเพิ่มเติม)
3. สิ่งที่เป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรมคือ

   การที่จะนำแนวทางของ R&M มาใช้ต้องศึกษาผู้ใช้อุปกรณ์หรือลูกค้า ว่าเข้าใจระบบและมองเห็นประโยชน์ที่จะได้รับมากน้อยเพียงใด หากลูกค้าไม่ให้ความร่วมมือ การดำเนินกิจกรรมต่างๆ ตามแนวทาง R&M ไม่สามารถที่จะสำเร็จได้
4. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

   วัตถุประสงค์ของการลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ (Life Cycle Cost) อาจใช้ไม่ได้ในทางปฏิบัติ ควรมุ่งปรับสัดส่วนของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์มากกว่า

4.5.5 ผลการสำรวจความคิดเห็นกิจกรรมตามระดับของแม่พิมพ์

จากผลการสำรวจความคิดเห็นกิจกรรมย่อยที่เหมาะสม สำหรับแม่พิมพ์ในแต่ละระดับจากที่แบ่งไว้ 6 ระดับ โดยสมาคมอุตสาหกรรมพลาสติก (Society of the Plastices Industry, SPI) **ประเทศสหรัฐอเมริกา ผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ ทั้ง 3 คน และหัวหน้าแผนกออกแบบ 1 คน มีผลดังนี้**

ก. ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

จากการสำรวจความคิดเห็นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.31 และ 4.32

ตารางที่ 4.31 จำนวนผู้เห็นด้วยในกิจกรรมช่วงแนวคิดและข้อเสนอที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์

หน่วย : คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การวางแผน	4	4	4	4	4	4
การวางแผน R&M	1	2	2	4	4	4
การทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned)	2	3	4	4	4	4
การระบุข้อกำหนด R&M	1	2	3	3	4	4
การระบุลักษณะการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	2	2	3	4	4	4
การคำนวณเวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle)	1	1	2	4	4	4
การระบุสภาพแวดล้อมที่นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไปใช้	1	1	1	4	4	4
การติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	1	1	2	3	4	4
การคำนวนอายุการใช้งานในรูปของปริมาณการผลิต (Throughput)	0	0	2	4	4	4
การเก็บรวมรวมข้อมูล	1	2	3	4	4	4
การทำตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M	1	2	2	3	4	4
การทำแผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M	1	2	2	3	3	4
การทบทวนการออกแบบ	1	1	2	4	4	4

ตารางที่ 4.32 สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงแนวคิดและข้อเสนอ

*: เห็นด้วย 1 คน ,: เห็นด้วย 2 คน .: เห็นด้วย 3 คน): เห็นด้วย 4 คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การวางแผน	)	)	)	)	)	)
การวางแผน R&M	*	,	,	)	)	)
การทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned)	,	.	)	)	)	)
การระบุข้อกำหนด R&M	*	,	.	.	)	)
การระบุลักษณะการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	,	,	.	)	)	)
การคำนวณเวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle)	*	*	,	)	)	)
การระบุสภาพแวดล้อมที่นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไปใช้	*	*	*	)	)	)
การติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	*	*	,	)	)	)
การคำนวนอายุการใช้งานในรูปของปริมาณการผลิต (Throughput)			,	)	)	)
การเก็บรวมรวมข้อมูล	*	,	.	)	)	)
การทำตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M	*	,	,	.	)	)
การทำแผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M	*	,	,	.	.	)
การทบทวนการออกแบบ	*	*	,	)	)	)

หมายเหตุ: แม่พิมพ์ ระดับ 6 ซับซ้อนน้อยที่สุด ระดับ 1 ซับซ้อนมากที่สุด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ช่วงออกแบบและพัฒนา

จากการสำรวจความคิดเห็นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.33 และ 4.34

ตารางที่ 4.33 จำนวนผู้เห็นด้วยกับกิจกรรมในช่วงออกแบบและพัฒนาที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์

หน่วย : คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การออกแบบเผื่อและการวิเคราะห์ความเค้น	0	0	1	3	4	4
การเลือกองค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	1	1	2	3	4	4
การวิเคราะห์หารูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ (FMEA)	0	0	0	4	4	4
การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด (FTA)	0	0	0	4	4	4
การทบทวนการออกแบบ	1	3	3	4	4	4
การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน	0	1	2	3	4	4
การวิเคราะห์และการพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน	0	0	1	4	4	4
การสร้างแผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน	0	0	2	3	4	4
การทดสอบเร่งอายุ	0	0	0	3	3	3
การออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษา	0	0	0	3	3	4
การทำคู่มือซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	0	0	0	2	4	4
การทำบัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง	0	1	1	2	4	4
การออกแบบเพื่อความสามารถในการเข้าถึง	1	1	1	3	3	3
การวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย	1	1	3	3	4	4
การออกแบบอุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว	1	1	1	2	4	4
การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่	0	0	0	1	4	4
การทำขั้นตอนการบำรุงรักษา	1	1	1	3	4	4
การออกแบบด้วยเทคนิคการจัดการด้วยสายตา	1	1	3	3	4	4
การออกแบบด้วยหลักการหน่วยประกอบ	1	1	3	3	4	4

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 4.34 สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงออกแบบและพัฒนา

*: เห็นด้วย 1 คน ,: เห็นด้วย 2 คน .: เห็นด้วย 3 คน): เห็นด้วย 4 คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การออกแบบเผื่อและการวิเคราะห์ความเค้น			*	.	)	)
การเลือกองค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	*	*	,	.	)	)
การวิเคราะห์หาโอกาสของปัญหาที่อาจเกิดขึ้น (FMEA)				)	)	)
การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของปัญหาและสาเหตุที่เกิดขึ้น (FTA)				)	)	)
การทบทวนการออกแบบ	*	.	.	)	)	)
การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน		*	,	.	)	)
การวิเคราะห์และการพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน			*	)	)	)
การสร้างแผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน			,	.	)	)
การทดสอบเร่งอายุ				.	.	.
การออกแบบสำหรับความสามารถในการธำรงรักษา				.	.	)
การทำคู่มือซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน				,	)	)
การทำบัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง		*	*	,	)	)
การออกแบบเพื่อความสามารถในการเข้าถึง	*	*	*	.	.	.
การวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย	*	*	.	.	)	)
การออกแบบอุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว	*	*	*	,	)	)
การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่				*	)	)
การทำขั้นตอนการบำรุงรักษา	*	*	*	.	)	)
การออกแบบด้วยเทคนิคการจัดการด้วยสายตา	*	*	.	.	)	)
การออกแบบด้วยหลักการชิ้นส่วนประกอบ	*	*	.	.	)	)

หมายเหตุ: แม่พิมพ์ ระดับ 6 ซับซ้อนน้อยที่สุด ระดับ 1 ซับซ้อนมากที่สุด

ค. ช่วงสร้างและติดตั้ง

จากการสำรวจความคิดเห็นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.35 และ 4.36

ตารางที่ 4.35 จำนวนผู้เห็นด้วยกับกิจกรรมในช่วงสร้างและติดตั้งที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์

หน่วย : คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การทดสอบคุณลักษณะ	1	1	2	3	4	4
การประเมินสมรรถนะเบื้องต้น	0	2	3	4	4	4
การทดสอบเดินตัวเปล่า	1	2	2	4	4	4
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง	1	1	3	4	4	4
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้	1	1	2	4	4	4
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย	2	2	4	4	4	4

ตารางที่ 4.36 สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงสร้างและติดตั้ง

*: เห็นด้วย 1 คน ,: เห็นด้วย 2 คน .: เห็นด้วย 3 คน): เห็นด้วย 4 คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การทดสอบคุณลักษณะ	*	*	,	.	)	)
การประเมินสมรรถนะเบื้องต้น		,	.	)	)	)
การทดสอบเดินตัวเปล่า	*	,	,	)	)	)
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง	*	*	.	)	)	)
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้	*	*	,	)	)	)
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย	,	,	)	)	)	)

หมายเหตุ: แม่พิมพ์ ระดับ 6 ซับซ้อนน้อยที่สุด ระดับ 1 ซับซ้อนมากที่สุด

ง. ช่วงใช้งานและสนับสนุน

จากการสำรวจความคิดเห็นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.37 และ 4.38

ตารางที่ 4.37 จำนวนผู้เห็นด้วยกับกิจกรรมในช่วงใช้งานและสนับสนุนที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์

หน่วย : คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนกลับ	1	1	1	3	4	4
การวางแผนซ่อมบำรุง	0	0	0	4	4	4
การพัฒนาคุณลักษณะ R&M	0	0	0	2	3	4
การทำระบบรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์และแก้ไข	0	1	2	4	4	4
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	1	1	2	4	4	4
การทำระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับ	0	0	0	3	4	4

ตารางที่ 4.38 สรุปความคิดเห็นกิจกรรมช่วงใช้งานและสนับสนุน

*: เห็นด้วย 1 คน ,: เห็นด้วย 2 คน .: เห็นด้วย 3 คน): เห็นด้วย 4 คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนกลับ	*	*	*	.	)	)
การวางแผนซ่อมบำรุง				)	)	)
การพัฒนาคุณลักษณะ R&M				,	.	)
การทำระบบรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์และแก้ไข		*	,	)	)	)
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	*	*	,	)	)	)
การทำระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับ				.	)	)

หมายเหตุ: แม่พิมพ์ ระดับ 6 ซับซ้อนน้อยที่สุด ระดับ 1 ซับซ้อนมากที่สุด

จ. ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

จากการสำรวจความคิดเห็นสามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.39 และ 4.40

ตารางที่ 4.39 จำนวนผู้เห็นด้วยกับกิจกรรมในช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกที่มีต่อระดับของแม่พิมพ์

หน่วย : คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การสรุปคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรและอุปกรณ์	0	0	1	4	4	4
การรวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด	0	1	3	4	4	4
การสรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้	2	2	2	4	4	4
การเสนอวิธีปรับปรุงเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ตามเป้า	1	1	2	4	4	4

ตารางที่ 4.40 สรุปความคิดเห็นในกิจกรรมช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

*: เห็นด้วย 1 คน ,: เห็นด้วย 2 คน .: เห็นด้วย 3 คน): เห็นด้วย 4 คน

เครื่องมือและเทคนิค	ระดับแม่พิมพ์					
	ระดับ 6	*ระดับ 5*	*ระดับ 4*	*ระดับ 3*	*ระดับ 2*	*ระดับ 1*
การสรุปคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรและอุปกรณ์			*	)	)	)
การรวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด		*	.	)	)	)
การสรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์เปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้	,	,	,	)	)	)
การเสนอวิธีปรับปรุงเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ตามเป้า	*	*	,	)	)	)

หมายเหตุ: แม่พิมพ์ ระดับ 6 ซับซ้อนน้อยที่สุด ระดับ 1 ซับซ้อนมากที่สุด

4.5.6 สรุปผลการสำรวจความคิดเห็น

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้จากการประเมินผลระบบด้วยผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ รวมถึงความคิดเห็น ข้อเสนอแนะต่างๆ จากแบบสอบถามและการสัมภาษณ์เพิ่มเติม สามารถสรุปได้ดังนี้

4.5.6.1 ผลการประเมินจากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ

ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ ส่วนใหญ่ (90% หรือ 19 คนใน 21 คน) มีความเห็นเหมือนกันว่าระบบที่นำเสนอมีความแตกต่างและดีกว่าระบบในปัจจุบัน และเห็นด้วยว่าแนวทาง R&M ที่นำไปใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกมีส่วนทำให้ปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ลดลง มีผลทำให้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ลดลง และสร้างความพึงพอใจต่อผู้ใช้งานแม่พิมพ์ที่มากขึ้น

4.5.6.2 สรุปข้อดีของระบบข้อสนเทศที่นำเสนอ

จากข้อมูลที่ได้จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งผู้สร้าง ผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านแม่พิมพ์และด้าน R&M ทำให้ทราบถึงข้อดีของระบบ R&M สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบ R&M มีการคำนึงถึง ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ ซึ่งเป็นสิ่งที่ผู้สร้างและผู้ใช้งานมักจะมองข้าม โดยให้ความสนใจเพียง (สำหรับมุมมองของผู้สร้าง คือ ราคาขายของแม่พิมพ์ หรือสำหรับมุมมองของผู้ใช้งาน คือ ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ)
2. ระบบ R&M มีขั้นตอนที่เป็นระบบช่วยให้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เป็นไปอย่างสมบูรณ์และมองปัญหาครบทุกด้าน
3. ระบบ R&M จะช่วยลดต้นทุนการออกแบบที่เกินความต้องการ รวมทั้งลดต้นทุนในส่วนของการแก้ไขอันเนื่องจากการออกแบบที่ผิดพลาด
4. ระบบ R&M ให้ความสำคัญต่อการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องต่างๆ อันจะนำไปสู่การสร้างฐานข้อมูลที่เป็นระบบ เพื่อนำไปใช้อ้างอิงและปรับปรุงการออกแบบและสร้างต่อไปในอนาคต

4.5.6.3 สรุปข้อจำกัดของระบบข้อสนเทศที่นำเสนอ

จากข้อมูลที่ได้จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งผู้สร้าง ผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านแม่พิมพ์และด้าน R&M ทำให้ทราบถึงข้อจำกัดของระบบ R&M สามารถสรุปได้ดังนี้

1. ระบบ R&M ยากในการเห็นประโยชน์ในระยะสั้น ส่งผลให้ผู้นำระบบไปใช้ที่ขาดความเข้าใจไม่เห็นประโยชน์ในการนำไปใช้งาน
2. ระบบ R&M อาจเกิดค่าใช้จ่ายที่เกินความจำเป็น ถ้าผู้ใช้งานไม่มีความเข้าใจที่ถูกต้องตรงกันหรือผู้สร้างใส่คุณลักษณะของ R&M ที่เกินความต้องการของผู้ใช้เกินกว่าที่จะยอมรับได้
3. ระบบ R&M จะไม่สามารถสำเร็จได้ถ้าขาดความร่วมมือระหว่างผู้สร้างและผู้ใช้งาน เพราะการดำเนินกิจกรรม R&M ในแต่ละช่วง ต้องมีการประสานงานกันของผู้สร้างและผู้ใช้ตลอดเวลา
4. ระบบ R&M จำเป็นต้องมีการลงทุนด้านการฝึกอบรมในระยะแรกเพื่อให้บุคลากรที่ใช้ระบบมีความรู้ความเข้าใจด้าน R&M รวมทั้งอาจต้องมีการเพิ่มภาระงานของบุคลากรเดิมหรือต้องมีการเพิ่มบุคลากรด้าน R&M ในหน่วยงาน
5. ระบบ R&M มีขั้นตอนในการดำเนินงานที่ซับซ้อน อาจส่งผลให้การดำเนินงานเป็นไปด้วยความยากลำบากและเสียเวลา
6. ข้อมูลในอดีตบางครั้งไม่สามารถใช้ได้ กับการออกแบบใหม่ ซึ่งมีเงื่อนไขและสภาวะการใช้งานที่แตกต่างกัน

7. ข้อมูลสนับสนุนที่ใช้เพื่อการออกแบบและการวิเคราะห์ในปัจจุบันยังไม่ครบถ้วนและไม่มากพอ อาจส่งผลให้การใช้ระบบ R&M ในช่วงเริ่มต้นเป็นไปด้วยความยากลำบาก
8. ถ้าผู้รับช่วงการผลิตมีมาตรฐานไม่ดีพอจะส่งผลกับคุณลักษณะ R&M ของระบบในภาพรวม เนื่องจากบางครั้งจำนวนผู้รับช่วงการผลิตที่เป็นตัวเลือกมีอยู่น้อย

4.5.6.4 สรุปข้อแก้ไขและควรปรับปรุงในระบบข้อสนเทศที่นำเสนอ

จากข้อแนะนำที่ได้จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งผู้สร้าง ผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านแม่พิมพ์และด้าน R&M ต่อระบบข้อสนเทศที่นำเสนอสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ควรมีการลดขั้นตอนการดำเนินงานบางจุดให้เกิดความกระชับและสั้นลง
2. ในการทบทวนการออกแบบในช่วงออกแบบและพัฒนาควรมีการประชุมร่วมกันกับทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง
3. ก่อนการสร้างและควบคุมการผลิตควรมีการวางแผนการผลิต กำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาที่คาดหวัง
4. ควรมีมาตรการวัดการเสื่อมคุณลักษณะระหว่างการขนย้ายและติดตั้ง
5. ควรมีการเพิ่มเติมข้อมูลเพื่อการใช้งานที่ถูกต้องและติดตามการใช้งานของผู้ใช้
6. ควรมีกระบวนการป้องกันการให้ข้อมูลที่ผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง
7. ในการสรุปข้อมูลทั้งหมดเมื่อสิ้นอายุการใช้งานควรมีทีมงานและผู้เกี่ยวข้องมานำเสนอและร่วมประชุม

4.5.6.5 สรุปข้อแนะนำในการนำแนวทาง R&M ไปปรับใช้

ในการนำระบบไปใช้ควรให้ความสำคัญกับสิ่งต่างๆ เหล่านี้เพื่อให้ระบบดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ผู้มีส่วนเกี่ยวข้องทั้งผู้สร้าง ผู้ใช้งาน และผู้เชี่ยวชาญทั้งด้านแม่พิมพ์และด้าน R&M ได้ให้คำแนะนำ ดังนี้

1. ระบบ R&M จะสำเร็จได้จำเป็นต้องได้รับการสนับสนุนจากทั้งผู้สร้างและผู้ใช้งานแม่พิมพ์ ซึ่งจะเหมาะอย่างมากในกรณีที่ผู้สร้างและผู้ใช้งานแม่พิมพ์อยู่ในองค์กรเดียวกัน
2. ต้องมีการสื่อสารกับผู้ที่มีส่วนเกี่ยวข้องถึงผลประโยชน์ที่จะได้รับจากการดำเนินกิจกรรมอย่างชัดเจนเพื่อให้เกิดความเข้าใจและให้การสนับสนุน
3. เพื่อให้สามารถดำเนินกิจกรรมได้อย่างเป็นอย่างดี จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องอบรมและให้ความรู้แก่พนักงานที่เกี่ยวข้องในหลักการ R&M เทคนิควิธีหรือเครื่องมือต่างๆ ที่ได้แนะนำในแต่ละช่วง

4. ผู้ที่ทำหน้าที่ออกแบบมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีความรู้พื้นฐานด้านวิศวกรรมที่ดี ควบคู่กับการใช้เทคนิคการออกแบบที่ก่อให้เกิดคุณลักษณะของ R&M เป็นตัวเสริม
5. ข้อมูลย้อนกลับและข้อมูลสนับสนุนต่างๆ เป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์เพื่อทำการแก้ไขปัญหาการขัดข้องเสียหาย ซึ่งจำเป็นต้องได้รับข้อมูลที่ถูกต้อง และทันสมัยอยู่เสมอ
6. แบบฟอร์มที่ใช้ในกิจกรรมต้องมีความง่ายต่อการบันทึกและครอบคลุมต่อการนำไปวิเคราะห์และหาวิธีแก้ไขปรับปรุง

4.6 ผลการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

จากการศึกษาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ของผู้ใช้งานแม่พิมพ์ซึ่งเป็นลูกค้าภายในของฝ่ายแม่พิมพ์ คือ ฝ่ายโพลิเมอร์ ระหว่างแม่พิมพ์ตัวอย่างซึ่งออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันที่มีปัญหาขัดข้องเสียหาย กับกรณีที่แม่พิมพ์ตัวอย่างมีการออกแบบและสร้างโดยระบบ R&M

โดยระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ด้วยระบบปัจจุบัน อ้างอิงจากข้อมูลการประเมินราคาของฝ่ายแม่พิมพ์ มีรายละเอียดตามตารางที่ 4.41

ตารางที่ 4.41 รายละเอียดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายตามระบบปัจจุบัน

รายการ	เวลาที่ใช้	อัตราค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน
ค่าการออกแบบ	24 ชั่วโมง	300 บาท/ชั่วโมง	7,200 บาท
ค่าวัตถุดิบ	(เหมาจ่าย)	(เหมาจ่าย)	12,500 บาท
ค่าทำคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต	16 ชั่วโมง	300 บาท/ชั่วโมง	4,800 บาท
ค่าการผลิต	136 ชั่วโมง	400 บาท/ชั่วโมง	54,400 บาท
ค่าขัดแต่งและประกอบ	40 ชั่วโมง	200 บาท/ชั่วโมง	8,000 บาท
รวมทั้งสิ้น			**86,900 บาท**

สำหรับระยะเวลาและค่าใช้จ่ายในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ด้วยระบบ R&M อ้างอิงจากการประมาณการจากฝ่ายแม่พิมพ์ มีรายละเอียดตามตารางที่ 4.42

ตารางที่ 4.42 รายละเอียดระยะเวลาและค่าใช้จ่ายตามระบบ R&M

รายการ	เวลาที่ใช้	อัตราค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน
ค่าการออกแบบ	40 ชั่วโมง	300 บาท/ชั่วโมง	12,000 บาท
ค่าวัตถุดิบ	(เหมาจ่าย)	(เหมาจ่าย)	20,000 บาท
ค่าทำคอมพิวเตอร์ช่วยในการผลิต	30 ชั่วโมง	300 บาท/ชั่วโมง	9,000 บาท
ค่าการผลิต	186 ชั่วโมง	400 บาท/ชั่วโมง	74,400 บาท
ค่าขัดแต่งและประกอบ	64 ชั่วโมง	200 บาท/ชั่วโมง	12,800 บาท
ค่าจัดทำคู่มือแม่พิมพ์	**8 ชั่วโมง**	**300 บาท/ชั่วโมง**	2,400 บาท
รวมทั้งสิ้น			**130,600 บาท**

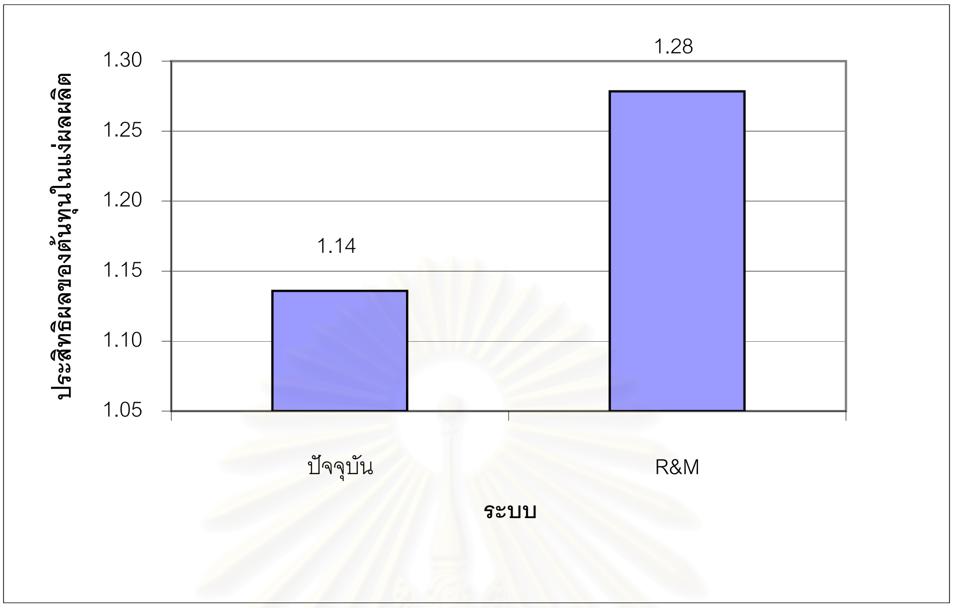
4.6.1 ผลค่าใช้จ่ายตลอดอายุที่คาดหวังและประสิทธิผลของต้นทุน

จากการคำนวณค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดการใช้งานแม่พิมพ์ที่ 500,000 รอบการฉีดสามารถสรุปเป็นค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ดังตารางที่ 4.43

ตารางที่ 4.43 สรุปค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M ในมุมมองของผู้ใช้

รายการค่าใช้จ่าย	จำนวนเงิน (บาท)	
	ระบบปัจจุบัน	ระบบ R&M
1. ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ	**104,280**	**156,720**
1.1 ราคาผลิตแม่พิมพ์	86,900	130,600
1.2 ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของการได้มา	17,380	26,120
2. ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน	**187,702**	**181,532**
2.1 ค่าแรงงานทางตรง	138,900	138,900
2.2 ค่าสาธารณูปโภค	38,892	38,892
2.3 ค่าของใช้สิ้นเปลือง	9,910	3,740
2.4 ค่าจัดการของเสีย	0	0
2.5 ค่าจัดเก็บอะไหล่	0	0
3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	**148,200**	**52,869**
3.1 ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง	0	34,344
3.2 ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง	148,200	18,525
4. ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก	**0**	**0**
รวมค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (ที่ 500,000 รอบการฉีด)	440,182	391,121

จากค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ ที่เกิดขึ้น ณ 500,000 รอบการฉีด พบว่า ระบบปัจจุบันมีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าระบบ R&M หากทำการเปรียบเทียบประสิทธิผลของต้นทุน (Cost Effectiveness) ในแง่ปริมาณการผลิตที่คาดหวัง ตามสูตรการคำนวณสามารถแสดงความมีประสิทธิผลของระบบกับต้นทุนตลอดอายุแม่พิมพ์ ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M ได้ดังรูปที่ 4.13



รูปที่ 4.13 ประสิทธิผลของต้นทุนในแง่ผลผลิตระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

ถ้าเปรียบเทียบผลลัพธ์ของค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมที่ได้ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M พบว่าค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในช่วงออกแบบและพัฒนา รวมทั้งการสร้างแม่พิมพ์ เกิดค่าใช้จ่ายและใช้ระยะเวลาที่ใช้มากกว่าระบบปัจจุบัน แต่เมื่อถูกนำไปใช้งาน ระบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานและบำรุงรักษาที่ต่ำกว่า แสดงผลลัพธ์ที่ได้และความแตกต่างของทั้งสองระบบได้ดังตารางที่ 4.45 และ 4.45 ตามลำดับ

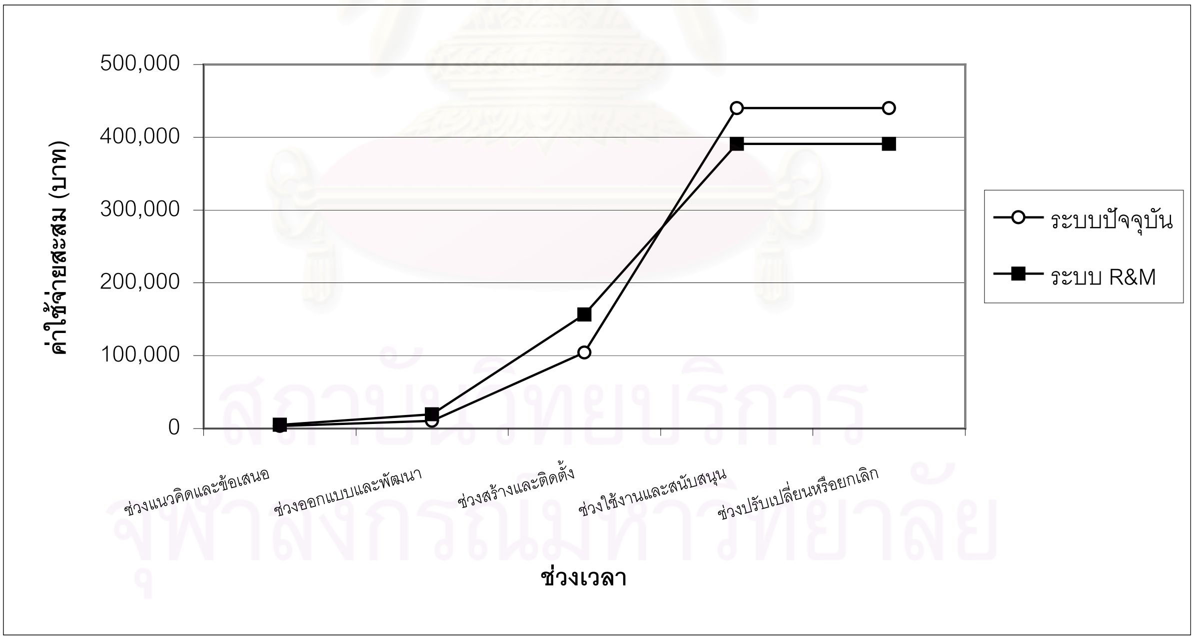
4.6.2 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

จากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ ของทั้งสองระบบ ทำการแยกค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นเป็น 5 ช่วงกิจกรรม คือ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ ช่วงออกแบบและพัฒนา ช่วงสร้างและติดตั้ง ช่วงใช้งานและสนับสนุน และช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก โดยกำหนดให้ ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ มีค่าใช้จ่าย ที่ประมาณ 20% ของค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของการได้มา การจัดทำคู่มือแม่พิมพ์ดำเนินการอยู่ในช่วงออกแบบและพัฒนา และช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก ไม่มีค่าใช้จ่ายเกิดขึ้น เนื่องจาก ไม่มีการกำจัดหรือขายซาก และไม่คำนึงถึงการดูแลรักษา ซึ่งสามารถแสดงค่าที่ได้ ดังตารางที่ 4.44

ตารางที่ 4.44 เปรียบเทียบผลลัพธ์ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

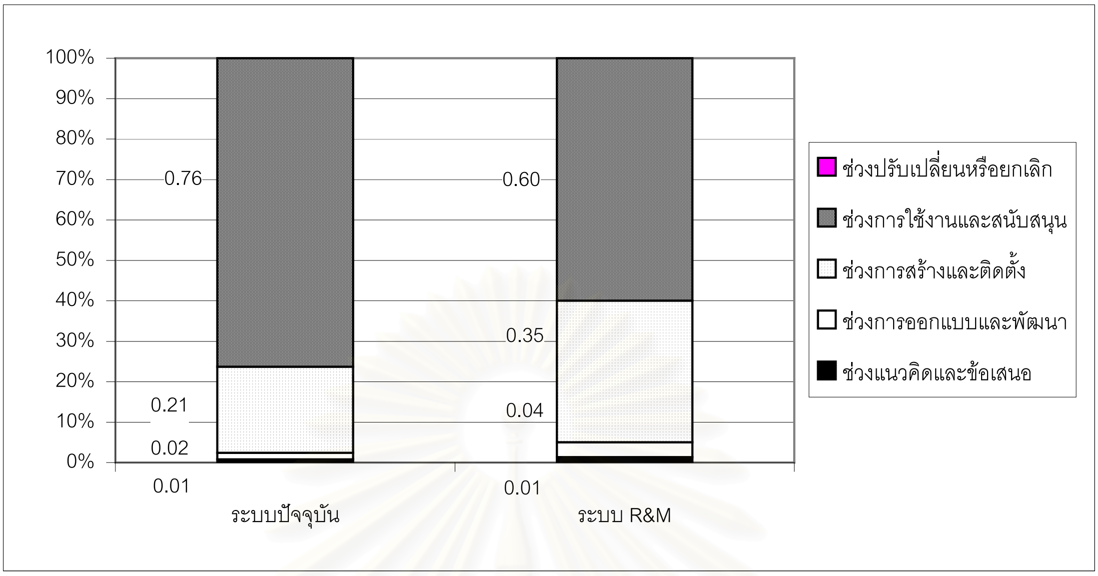
รายการ	แม่พิมพ์ระบบปัจจุบัน		แม่พิมพ์ระบบ R&M	
	เป็นเงิน	ค่าใช้จ่ายสะสม	เป็นเงิน	ค่าใช้จ่ายสะสม
1. ค่าใช้จ่ายช่วงแนวคิดและข้อเสนอ	3,476 บาท	3,476 บาท	5,224 บาท	5,224 บาท
2. ค่าใช้จ่ายช่วงออกแบบและพัฒนา	7,200 บาท	10,676 บาท	14,400 บาท	19,624 บาท
3. ค่าใช้จ่ายช่วงสร้างและติดตั้ง	93,604 บาท	104,280 บาท	137,096 บาท	156,720 บาท
4. ค่าใช้จ่ายช่วงใช้งานและสนับสนุน	335,902 บาท	440,182 บาท	234,401 บาท	391,121 บาท
5. ค่าใช้จ่ายช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก	0 บาท	440,182 บาท	0 บาท	391,121 บาท
ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์	**440,182 บาท**		**391,121 บาท**	

จากค่าใช้จ่ายสะสมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วง และสัดส่วนค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นของแม่พิมพ์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.14 และ 4.15



รูปที่ 4.14 ค่าใช้จ่ายสะสมที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.15 ร้อยละของค่าใช้จ่ายในแต่ละช่วงระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

4.6.3 สิ่งนำเข้าและผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น

จากการเปรียบเทียบระบบทั้งสอง พบว่า ระบบ R&M นั้นมีการดำเนินกิจกรรมที่เพิ่มขึ้น และมีการใช้ทรัพยากร ด้านวัตถุดิบ และเวลา ที่สูงขึ้น แต่สิ่งที่ได้คืนมาจากการดำเนินกิจกรรม R&M นั้น คือ ค่าใช้จ่ายของการใช้งานและบำรุงรักษา เมื่อผู้ใช้นำไปใช้งานที่ลดลง ซึ่งแสดงได้ดังตารางที่ 4.45

ตารางที่ 4.45 เปรียบเทียบผลลัพธ์ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

รายการ	ระบบปัจจุบัน (1)	ระบบ R&M (2)	ความแตกต่าง {(2) – (1)} x 100 / (1)
A. <u>เงื่อนไข</u>			
A1 จำนวนรอบการฉีดที่คาดหวัง (อายุแม่พิมพ์)	500,000 รอบการฉีด	500,000 รอบการฉีด	0.00 %
A2 จำนวนรอบการฉีดต่อครั้งของการขัดข้องเสียหาย	6,250 รอบการฉีด	50,000 รอบการฉีด	(+) 700.00 %
A3 เวลาที่ใช้ในการซ่อมคืนสภาพ	5 ชั่วโมง	5 ชั่วโมง	0.00 %
B. <u>สิ่งนำเข้า (Input)</u>			
B1 เวลาที่ใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์	216 ชั่วโมง	328 ชั่วโมง	(+) 51.85 %
B2 ค่าวัตถุดิบในการสร้างแม่พิมพ์	12,500 บาท	20,000 บาท	(+) 60.00 %
B3 ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ	104,280 บาท	156,720 บาท	(+) 50.29 %
C. <u>ผลลัพธ์ (Output)</u>			
C1 จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย (A1/A2)	80 ครั้ง	10 ครั้ง	(–) 87.50 %
C2 เวลาทั้งหมดที่ใช้ในการซ่อมคืนสภาพ (A3xC1)	400 ชั่วโมง	50 ชั่วโมง	(–) 87.50 %
C3 ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน	187,702 บาท	181,532 บาท	(–) 3.29 %
C4 ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา	148,200 บาท	52,869 บาท	(–) 64.33 %
C5 ค่าเสียโอกาสทางการผลิต	60,000 บาท	7,500 บาท	(–) 87.50 %
C6 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (B3+C3+C4)	440,182 บาท	391,121 บาท	(–) 11.15 %
C7 ประสิทธิผลของระบบในแง่ผลผลิต (A1/C6)	1.14 รอบการฉีด/บาท	1.28 รอบการฉีด/บาท	(+) 12.28 %

นอกจากค่าใช้จ่ายที่ลดลงอันเนื่องจากค่าใช้จ่ายจากการใช้งานและบำรุงรักษาหรือค่าใช้จ่ายในการเป็นเจ้าของที่ลดลง แม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างด้วยระบบ R&M ยังมีข้อได้เปรียบคือ

1. แม่พิมพ์ที่ใช้ระบบ R&M สามารถใช้งานได้ต่อเมื่อมีคำสั่งผลิตที่เกินกว่าอายุที่คาดหวัง เนื่องจากมีการบำรุงรักษาที่ดีกว่า จึงทำให้สภาพของแม่พิมพ์พร้อมที่จะใช้งานได้ต่อ เมื่อเทียบกับแม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างด้วยระบบปัจจุบัน ซึ่งไม่คำนึงถึงการบำรุงรักษาและเปลี่ยนชิ้นส่วนที่เสื่อมสภาพจากการใช้งาน

2. แม่พิมพ์ที่ใช้ระบบ R&M มีอัตราการขัดข้องเสียหายที่ต่ำกว่า ดังนั้นจึงมีผลต่อความพึงพอใจของการใช้งานทำให้ไม่มีการขัดจังหวะการผลิต และลดเวลาการปรับแผนการผลิตใหม่
3. แม่พิมพ์ที่ใช้ระบบ R&M ถูกระบุให้มีการบันทึกประวัติการใช้งาน และปัญหาการขัดข้องเสียหาย จึงมีผลให้ผู้ใช้และผู้สร้างสามารถนำข้อมูลที่เก็บบันทึกไปใช้ประโยชน์ ในการปรับปรุงแก้ไขการออกแบบ หรือประมาณการค่าใช้จ่ายต่อไปในอนาคตได้
4. แม่พิมพ์ที่ใช้ระบบ R&M ทำให้ผู้สร้างเข้าใจพฤติกรรมและหน้าที่การทำงานที่สมบูรณ์มากขึ้น ทำให้สามารถใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัวอื่นๆ ได้เป็นอย่างดี ทำให้แม่พิมพ์ที่ออกแบบและสร้างมีความสมบูรณ์ และเกิดปัญหาตามมาน้อยลง

4.6.4 ผลการวิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย

จากการพิจารณาค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์ ณ 500,000 รอบการฉีด พบว่าค่าใช้จ่ายที่ทำให้ระบบปัจจุบันสูงกว่าระบบ R&M คือ ค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษานอกแผน โดยพิจารณาจากค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในสูตรการคำนวณ ได้แก่ ค่าใช้จ่ายในการซ่อม และค่าเสียโอกาสสำหรับการผลิต ซึ่งตัวแปรที่มีส่วนสำคัญ คือ อัตราการขัดข้องเสียหาย และ อัตราการเสียโอกาสการผลิต จึงทำการวิเคราะห์ปัจจัยดังกล่าว ได้ผลดังนี้

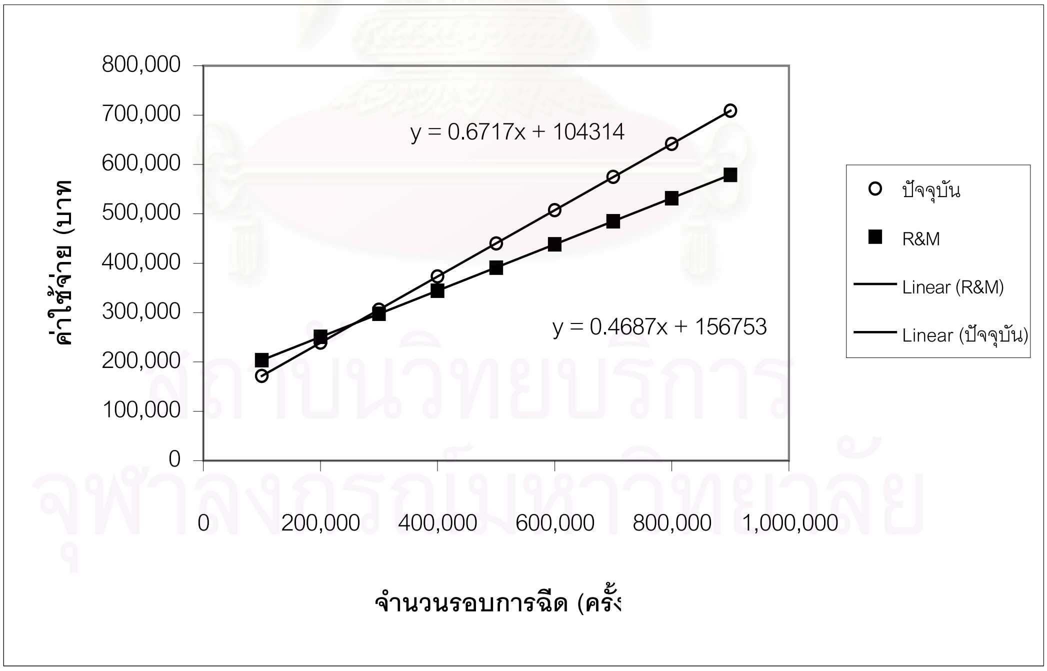
4.6.4.1 ผลกระทบของจำนวนรอบการฉีดที่มีผลต่อค่าใช้จ่าย

เพื่อพิจารณาจำนวนรอบการฉีดที่เหมาะสมกับระบบที่ใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษา จึงทำการคำนวณข้อมูล ดังตารางที่ 4.46 และคำนวณหาจุดคุ้มทุนจากกราฟ รูปที่ 4.16 พบว่าจุดคุ้มทุนของการเลือกดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M สำหรับแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษา คือ ที่รอบการฉีดตั้งแต่ 258,320 ครั้งขึ้นไป หากมีจำนวนรอบการฉีดที่ต่ำกว่านี้ การเลือกใช้วิธีการดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทางปัจจุบัน จะเป็นตัวเลือกที่เหมาะสมกว่า

ตารางที่ 4.46 ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้น ณ จำนวนรอบฉีดต่างๆ ระหว่างระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

จำนวนรอบการฉีด (ครั้ง)	% ของจำนวนรอบการฉีดที่ตั้งไว้ ณ 500,000	ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (บาท)	
		ระบบ ปัจจุบัน	ระบบ R&M
100,000	20	171,488	203,627
200,000	40	238,662	250,500
300,000	60	305,835	297,374
400,000	80	373,009	344,248
500,000	**100**	**440,182**	**391,121**
600,000	120	507,356	437,995
700,000	140	574,530	484,868
800,000	160	641,703	531,742
900,000	180	708,877	578,615

หมายเหตุ : ตัวอักษรหนา คือ สภาวะเงื่อนไขที่ศึกษา (อายุแม่พิมพ์คาดหวัง ณ 500,000 รอบการฉีด)



รูปที่ 4.16 กราฟแสดงผลกระทบของจำนวนรอบการฉีด

4.6.4.2 ผลกระทบของอัตราการขัดข้องเสียหายที่มีต่อค่าใช้จ่ายของระบบ R&M

จากอัตราการขัดข้องเสียหายที่ตั้งไว้สำหรับแม่พิมพ์ตัวอย่างในระบบ R&M คือ ที่ 50,000 รอบการฉีดต่อการขัดข้องเสียหายหนึ่งครั้ง หากไม่เป็นไปตามค่าที่ตั้งไว้ จะมีผลต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นดังตารางที่ 4.47

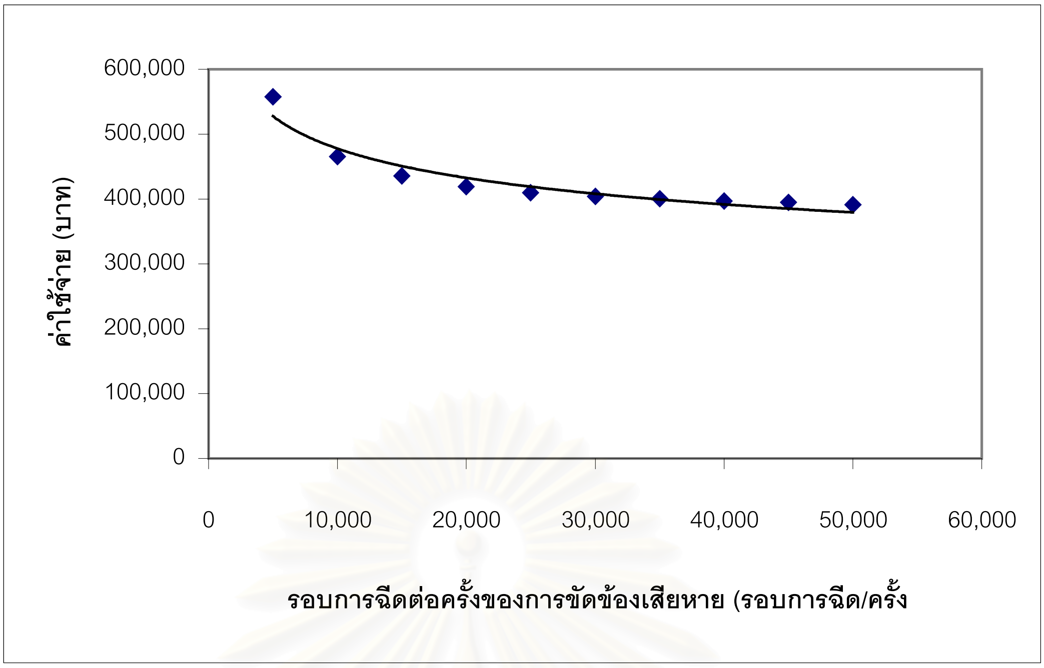
ตารางที่ 4.47 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่อัตราการขัดข้องเสียหายต่าง ๆ ในระบบ R&M

รอบการฉีดต่อครั้งที่เกิดการขัดข้องเสียหาย (รอบการฉีด / ครั้ง)	**ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ ณ 500,000 รอบการฉีด (บาท)**
5,000	557,846
10,000	465,221
15,000	435,581
20,000	418,909
25,000	409,646
30,000	404,089
35,000	400,384
40,000	396,679
45,000	394,826
50,000	**391,121**

หมายเหตุ : ตัวอักษรหนา คือ สภาวะเงื่อนไขที่ศึกษา (อัตราการขัดข้องเสียหายที่ 50,000 รอบการฉีด/ครั้ง)

สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ของอัตราการขัดข้องเสียหายที่ลดลงต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.17

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 4.17 กราฟแสดงผลกระทบของอัตราการขัดข้องเสียหายของระบบ R&M

4.6.4.3 ผลกระทบของอัตราเสียโอกาสทางการผลิตที่มีต่อค่าใช้จ่าย

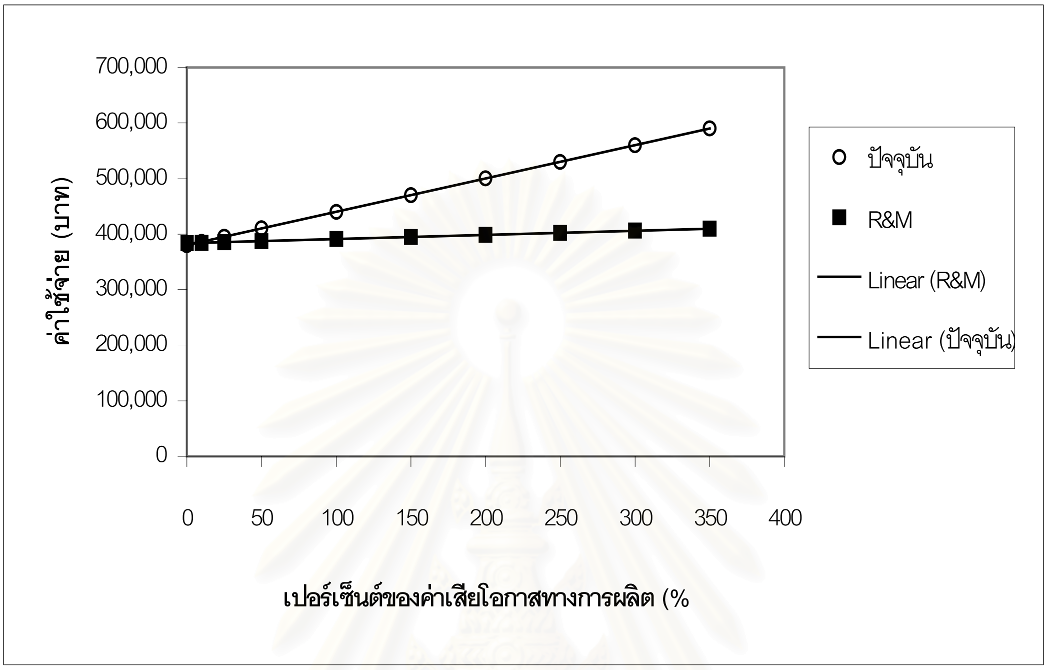
ถ้าลดและเพิ่มอัตราเสียโอกาสทางการผลิตที่เกิดขึ้น จากเดิมที่ 150 บาทต่อชั่วโมง ซึ่งคำนวณจากความสามารถในการทำกำไรจากการใช้งานแม่พิมพ์ จะเกิดค่าใช้จ่ายดังตารางที่ 4.48

ตารางที่ 4.48 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่อัตราเสียโอกาสทางการผลิตต่าง ๆ

% ของอัตราการเสียโอกาสการผลิตที่ 150 บาท/ชั่วโมง	อัตราเสียโอกาสทางการผลิต (บาท/ชั่วโมง).	ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (บาท)	
		ระบบ ปัจจุบัน	ระบบ R&M
0	0	380,182	383,621
10	15	386,182	384,371
25	38	395,382	385,521
50	75	410,182	387,371
100	**150**	**440,182**	**391,121**
150	225	470,182	394,871
200	300	500,182	398,621
250	375	530,182	402,371
300	450	560,182	406,121
350	525	590,182	409,871

หมายเหตุ : ตัวอักษรหนา คือ สภาวะเงื่อนไขที่ศึกษา (อัตราโอกาสทางการผลิตที่ 150 บาท/ชั่วโมง)

สามารถแสดงเป็นกราฟความสัมพันธ์ของอัตราอัตราเสียโอกาสทางการผลิตต่อค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นดังรูปที่ 4.18



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงผลกระทบของอัตราเสียโอกาสทางการผลิต

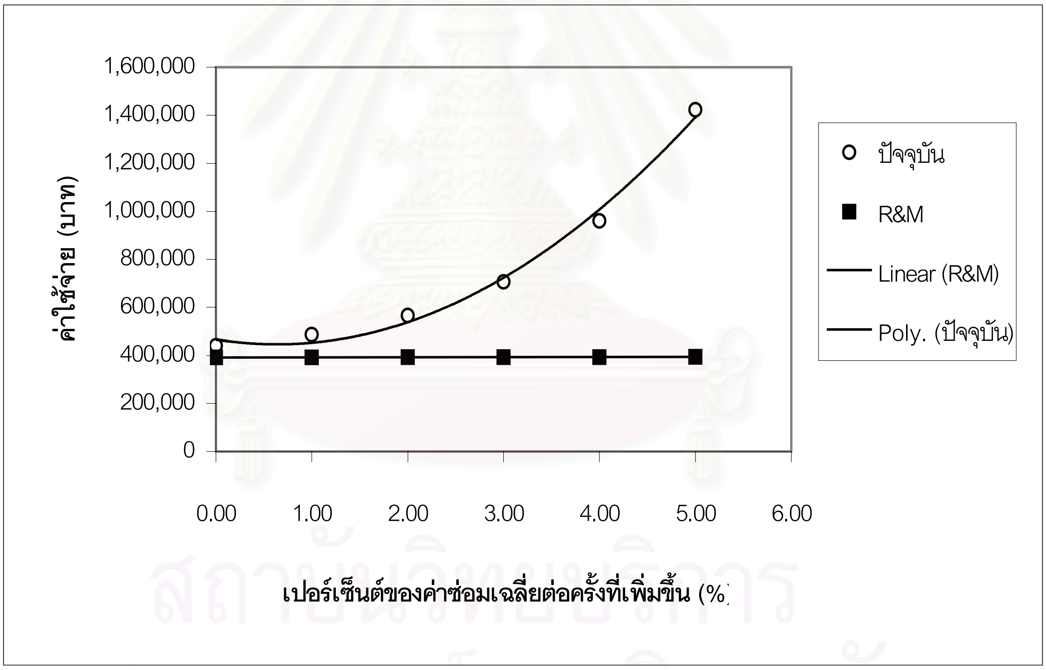
4.6.4.4 ผลกระทบของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่มีต่อค่าใช้จ่าย

สำหรับค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้ง ที่ทำการศึกษาในแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ ใช้อัตราคงที่ คือ ที่ 1,050 บาท ต่อครั้ง ซึ่งในทางปฏิบัติ อาจมีค่าผันแปรไปตามความเสียหายที่เกิดขึ้นซึ่งมีแนวโน้มที่จะเกิดค่าใช้จ่ายที่สูงขึ้น เนื่องจากแม่พิมพ์ยิ่งมีการใช้งานชิ้นส่วนต่างๆ ยิ่งมีการเสื่อมสภาพมากขึ้น โดยเฉพาะในระบบการดำเนินงานปัจจุบัน ที่ไม่มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ซึ่งผลที่ได้จากการเพิ่มอัตราค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้ง ได้ผลดังตารางที่ 4.49 และรูปที่ 4.19

ตารางที่ 4.49 ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่อัตราค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น

% ของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น	ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ (บาท)	
	ระบบ ปัจจุบัน	ระบบ R&M
0.00	**440,182**	**391,121**
1.00	486,125	391,631
2.00	565,616	392,168
3.00	706,285	392,735
4.00	959,730	393,333
5.00	1,422,762	393,963

หมายเหตุ : ตัวอักษรหนา คือ สภาวะเงื่อนไขที่ศึกษา (ค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งมีอัตราคงที่)



รูปที่ 4.19 กราฟแสดงผลกระทบของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.6.4.5 สรุปปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่าย

จากปัจจัยที่ทำการเปลี่ยนแปลง สามารถสรุปผลกระทบที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์ตัวอย่างได้ดังต่อไปนี้

1. ค่าใช้จ่ายในการใช้งานและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของแม่พิมพ์ มีผลโดยตรงกับจำนวนรอบการฉีด และอัตราการขัดข้องเสียหายที่สูงขึ้น
2. แม่พิมพ์ที่ถูกออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบันจะมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานและการบำรุงรักษาที่สูงขึ้นกว่าแม่พิมพ์ที่ถูกออกแบบและสร้างโดยอิงระบบ R&M ในกรณีที่มีอัตราการขัดข้องเสียหายลดลงจากเดิมและมีจำนวนรอบการฉีดที่สูง
3. จำนวนรอบการฉีดที่คาดหวัง มีผลต่อการเลือกแนวทางในการดำเนินกิจกรรมว่าควรใช้ระบบปัจจุบันหรือระบบ R&M โดยระบบ R&M จะมีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นที่สูง แต่มีอัตราค่าใช้จ่ายที่ต่ำ ส่วนระบบปัจจุบัน มีค่าใช้จ่ายเริ่มต้นที่ต่ำ แต่มีอัตราค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าแม่พิมพ์ในระบบ R&M โดยที่รอบการฉีดตั้งแต่ 258,320 ขึ้นไประบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน
4. อัตราการขัดข้องเสียหายมีผลกระทบกับค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในระบบ R&M อย่างมาก ซึ่งถ้ามีอัตราการขัดข้องเสียหายที่น้อยกว่า 15,000 รอบการฉีดต่อครั้ง จะส่งผลให้เกิดค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่สูงกว่าระบบปัจจุบัน
5. อัตราเสียโอกาสทางการผลิตมีผลกระทบอย่างมากกับค่าใช้จ่ายในระบบปัจจุบันเมื่อเทียบกับระบบ R&M ที่อัตราการเพิ่มขึ้นที่เท่ากัน โดยที่ร้อยละของค่าเสียโอกาสทางการผลิตที่มีค่าเกิน 10% ของมูลค่าปัจจุบัน ระบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน
6. ค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น จะมีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ที่คาดหวังอย่างมากในระบบปัจจุบัน ในขณะที่มีผลกระทบเพียงเล็กน้อยในระบบ R&M โดยที่ร้อยละของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น 2% ขึ้นไปจะมีผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระบบปัจจุบันที่สูงกว่าระบบ R&M อย่างมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

อภิปรายผล

5.1 อภิปรายผลการวิจัย

จากการวิจัยนี้สามารถอภิปรายผลที่ได้จากการศึกษากระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M ดังนี้

5.1.1 ด้านทฤษฎี R&M

1. การให้ความสำคัญกับปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นตลอดวงจรอายุผลิตภัณฑ์ จะช่วยให้พบจุดบกพร่องของผลิตภัณฑ์ได้อย่างครบถ้วนและรวดเร็ว เพราะผู้สร้างไม่ใช่ผู้ใช้และผู้ใช้ไม่ใช่ผู้สร้าง การที่จะออกแบบผลิตภัณฑ์ให้สอดคล้องกับความต้องการของผู้ใช้ได้อย่างแท้จริง จึงจำเป็นต้องมีการร่วมมือกันทั้งผู้สร้างและผู้ใช้ เพื่อนำไปสู่การแก้ไขปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง และผลประโยชน์ร่วมกัน
2. ค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์เป็นแนวทางสำคัญที่ช่วยให้การตัดสินใจเลือกซื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ดีวิธีหนึ่ง เนื่องจากมีการพิจารณาถึงค่าใช้จ่ายในด้านต่างๆ ที่เกิดขึ้นทั้งหมด ซึ่งเหมาะสำหรับผลิตภัณฑ์ที่มีการใช้งานยาวนานและมีค่าใช้จ่ายในการใช้งานและการบำรุงรักษามาที่มีสัดส่วนที่สูง
3. ในอนาคตอันใกล้การนำแนวทาง R&M ไปใช้จะเป็นสิ่งจำเป็น เนื่องจากมีความสนใจด้านการลดต้นทุนที่มากขึ้น วิธีการหนึ่งที่ใช้ในการลดต้นทุน คือ การลดค่าใช้จ่ายในการใช้งานและการบำรุงรักษา ซึ่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญกับคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้เป็นส่วนประกอบหลักของกระบวนการผลิต
4. การเก็บรวบรวมข้อมูลของผู้ใช้งานเป็นส่วนสำคัญในการวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและป้องกันโอกาสที่อาจเกิดขึ้นในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ โดยในช่วงเวลาที่เกิดขึ้นระหว่างการใช้งานของผู้ใช้ถือว่าเป็นการทดสอบผลิตที่ไม่เกิดค่าใช้จ่ายและเสียเวลาในการทดสอบ รวมทั้งให้ค่าที่ตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด จึงเป็นสิ่งที่ผู้ออกแบบและสร้างเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จะต้องให้ความสำคัญกับการเก็บข้อมูลเหล่านี้เป็นอย่างยิ่ง

5.1.2 ด้านการออกแบบระบบและผลการสำรวจความคิดเห็น

1. ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา เป็นคุณลักษณะหนึ่งของคุณภาพในแม่พิมพ์ ซึ่งส่งผลต่อความพึงพอใจที่มักขาดการให้ความใส่ใจ ดูได้จากผู้มีส่วนเกี่ยวข้องส่วนใหญ่ ไม่เคยทราบทฤษฎีเหล่านี้ อีกทั้ง ข้อมูลที่เผยแพร่ในรูปหลักการ เอกสาร หรือหนังสือยังมีน้อยมาก โดยเฉพาะภาษาไทย แทบไม่มีการอ้างอิงแนวทาง R&M กับการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมแม่พิมพ์เลย
2. จากผลการตรวจสอบระบบโดยการสำรวจความคิดเห็นพบว่า ปัญหาการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นในแม่พิมพ์นั้นมีความคิดเห็นที่ยังไม่ชัดเจนว่าเกิดจากการออกแบบหรือไม่ เนื่องจากผู้เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญบางส่วนให้ความคิดเห็นว่าปัญหาส่วนหนึ่งเกิดจากการใช้งานที่ไม่ถูกต้อง แสดงให้เห็นว่า การใช้งานที่ไม่ถูกต้องเป็นส่วนหนึ่งของการขัดข้องเสียหายในแม่พิมพ์ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทาง R&M ที่กล่าวว่า ผู้สร้างจำเป็นที่จะต้องแนะนำและจัดทำคู่มือการใช้งานและบำรุงรักษาอุปกรณ์ให้กับผู้ใช้เพื่อลดปัญหาจากการใช้งาน
3. การแบ่งระดับของแม่พิมพ์เพื่อให้เกิดความเหมาะสมต่อการทำกิจกรรมที่สอดคล้อง ผู้สร้างแม่พิมพ์บางส่วนเห็นว่าไม่มีความจำเป็น ทั้งนี้เนื่องจากผู้ประเมินเป็นแผนกผลิตซึ่ง มีหน้าที่ในการผลิตตามแบบที่ส่งมา ความคิดเห็นนี้มีส่วนถูกต้อง แต่จุดมุ่งหมายของการแบ่งระดับแม่พิมพ์นั้นเพื่อให้ง่ายต่อขั้นตอนที่ใช้ในช่วงของการออกแบบเป็นสำคัญ จึงมีความจำเป็นต้องมีการแบ่งระดับของแม่พิมพ์
4. ผู้เชี่ยวชาญแม่พิมพ์ ให้ความคิดเห็นว่าการทบทวนการออกแบบ และการวางแผนขั้นตอนการทำงานเป็นส่วนสำคัญที่มีผลต่อความสำเร็จและลดความผิดพลาดที่อาจเกิดขึ้น แต่จำเป็นต้องมีองค์ประกอบอื่นๆ ที่เป็นตัวสนับสนุน คือความรู้ความสามารถของผู้ปฏิบัติการ และผู้ทำหน้าที่ทบทวนการออกแบบ ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า แม้ขั้นตอนกระบวนการ และเทคนิคที่นำมาใช้จะดีเพียงใด แต่การที่จะได้มาซึ่งความสำเร็จของการดำเนินกิจกรรมนั้นต้องขึ้นกับความสามารถของบุคลากรที่รับผิดชอบด้วย
5. การกำหนดเทคนิค กระบวนการและขั้นตอนต่างๆ ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์เป็นส่วนสำคัญของการลดความไม่แน่นอนที่เกิดจากการหลงลืมหรือประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ทำให้ลดความผิดพลาด และป้องกันโอกาสของปัญหาที่อาจเกิดขึ้น
6. แนวทางของโรงงานทำแม่พิมพ์ที่มีมาตรฐานสูงนั้นมีการเรียนรู้และปรับปรุงการสร้างและการออกแบบจนสามารถสร้างแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์แบบจำเป็นต้องใช้เวลาในการสร้างประสบการณ์เป็นระยะเวลานาน สำหรับโรงงานใหม่ที่ต้องการแสวงหาทางลัดสู่ความสำเร็จ จำเป็นที่จะต้องมีกระบวนการที่ให้ความสำคัญกับการแก้ไขปัญหาการออกแบบและพัฒนาปรับปรุงกระบวน

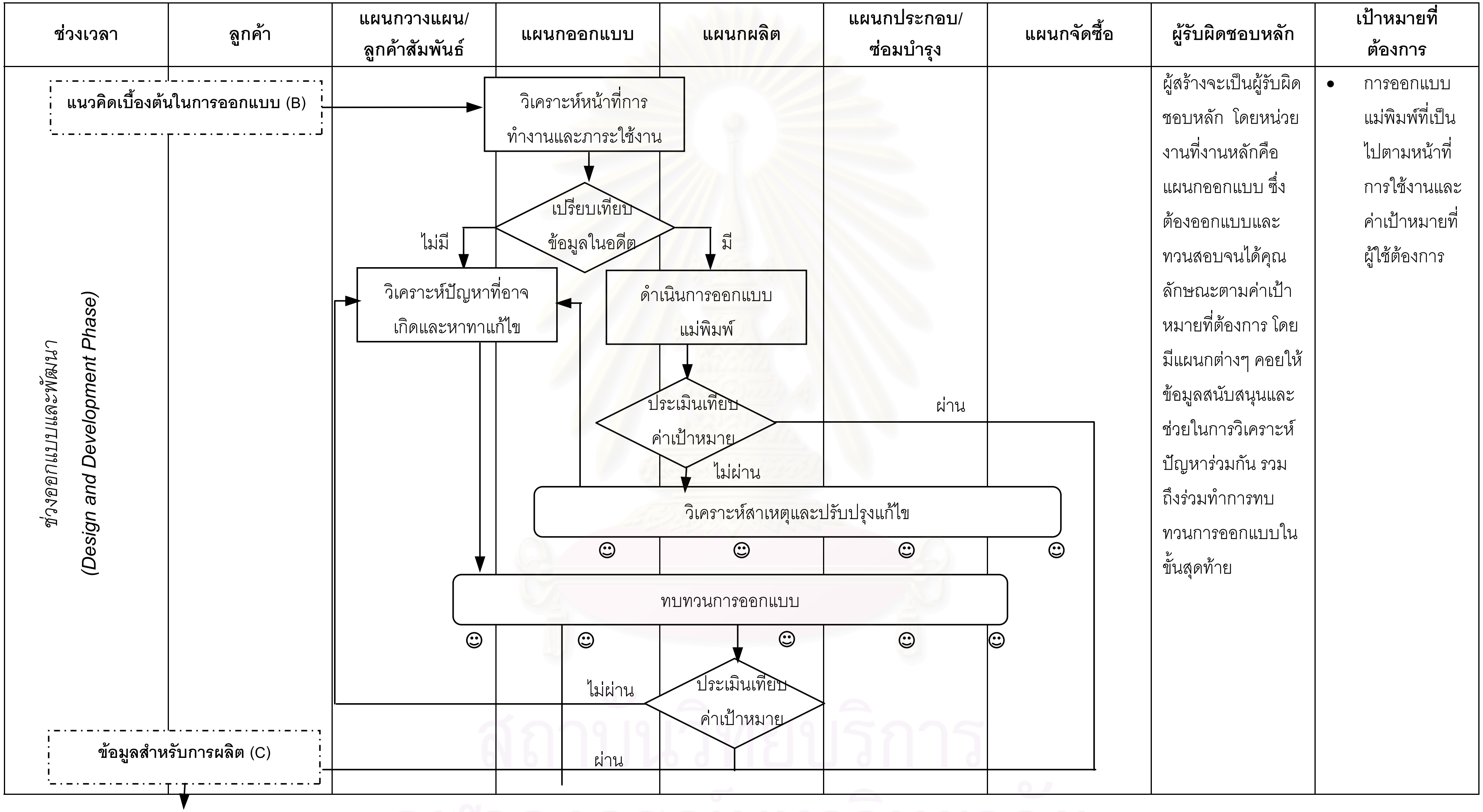
การอยู่ตลอดเวลา ซึ่งแนวทาง R&M นั้นเป็นแนวทางหนึ่งที่มีขั้นตอนและเทคนิคที่ชัดเจนจึงเหมาะสมอย่างยิ่งที่ใช้นำมาใช้เป็นแบบอย่างของกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์

5.1.3 ด้านการแก้ไขปรับปรุงระบบข้อสนเทศ

จากข้อแนะนำของผู้เกี่ยวข้องและผู้เชี่ยวชาญ ในระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M จึงทำการแก้ไขระบบข้อสนเทศใน 3 จุดที่สำคัญ คือ

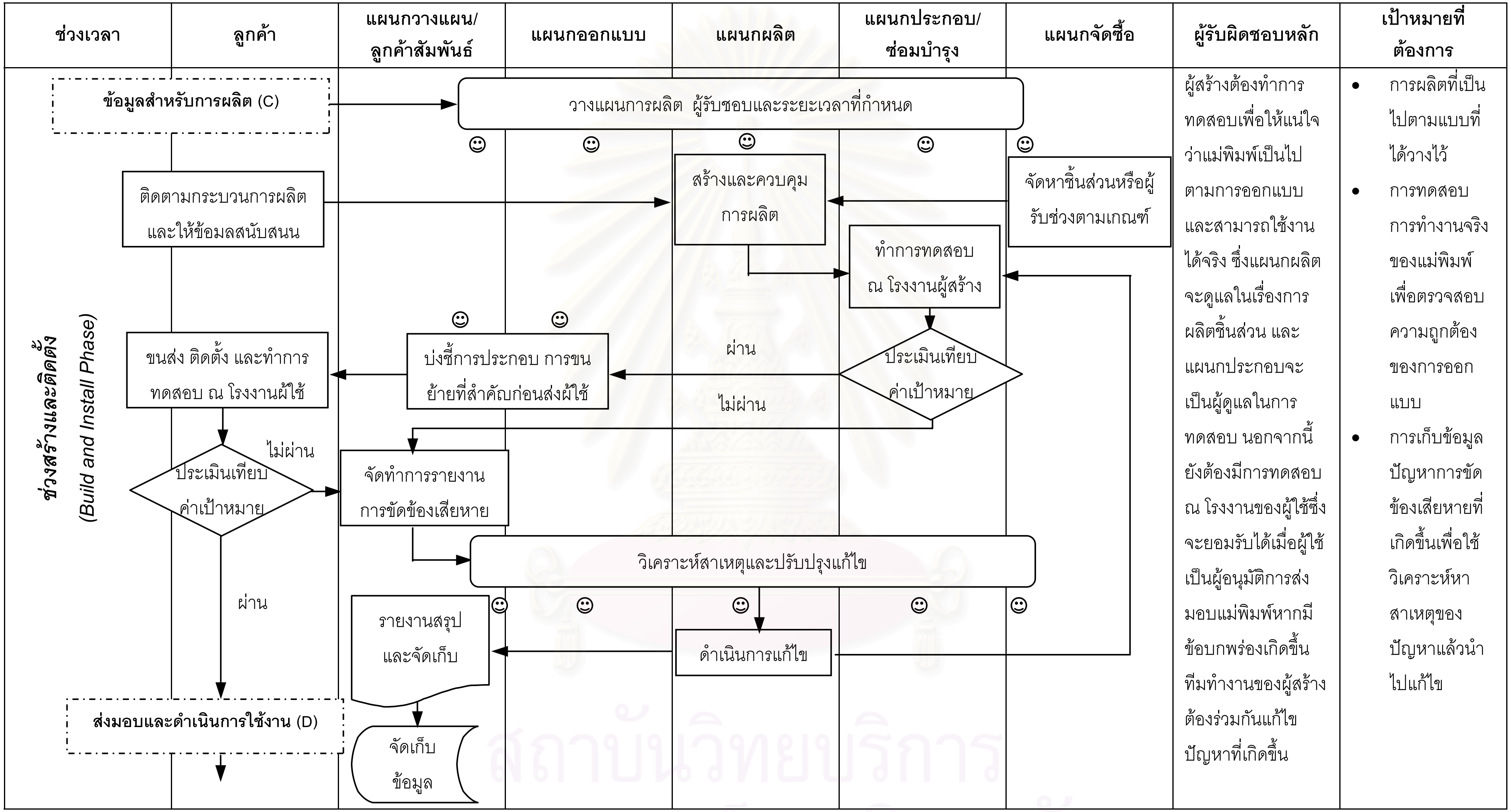
1. ในช่วงการออกแบบและพัฒนา ขยายขอบเขตจากเดิม ที่การทบทวนการออกแบบทำโดยทีมออกแบบเพียงทีมเดียวและมีแผนกต่างๆ ให้ข้อมูลสนับสนุน เป็นกำหนดให้มีทีมงานอื่นจากแผนกวางแผน แผนกผลิต แผนกประกอบและแผนกจัดซื้อ มาร่วมการทบทวนด้วย ดังรูปที่ 5.1
2. ในช่วงการสร้างและติดตั้ง เพิ่มกระบวนการวางแผนงาน กำหนดผู้รับผิดชอบและระยะเวลาที่คาดหวังในกิจกรรมการผลิตแม่พิมพ์ เนื่องจากระบบที่นำเสนอ ไม่ได้ระบุไว้ ดังรูปที่ 5.2
3. ในช่วงการใช้งานและสนับสนุน เพิ่มการแนะนำวิธีการใช้งานและข้อมูลที่เกี่ยวข้องจากผู้สร้างให้กับผู้ใช้ในกรณีที่มีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์ ดังรูปที่ 5.3

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



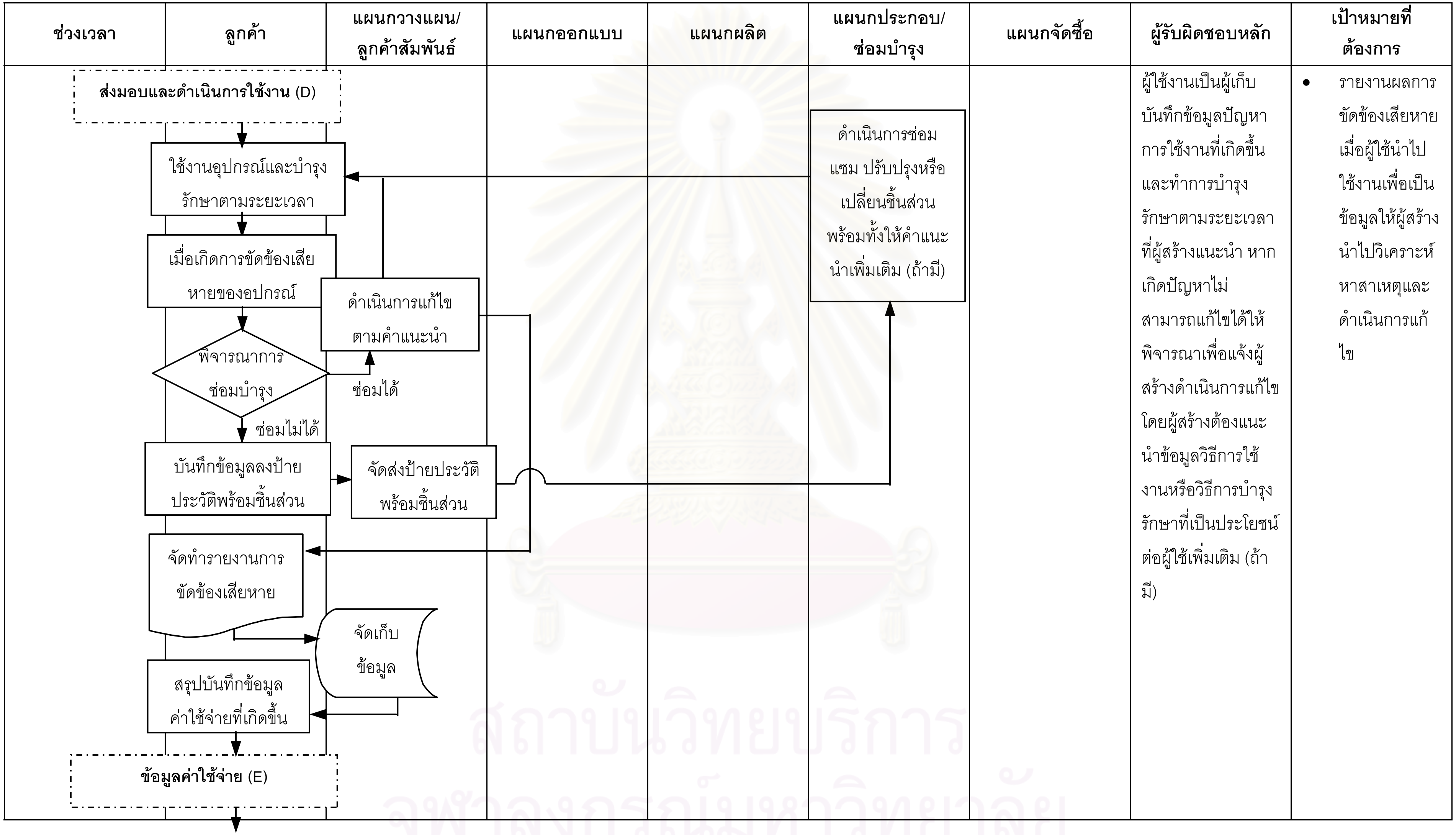
รูปที่ 5.1 แผนผังกระบวนการในช่วงออกแบบและพัฒนาที่ปรับปรุงใหม่

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.2 แผนผังกระบวนการในช่วงสร้างและติดตั้งที่ปรับปรุงใหม่

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย



รูปที่ 5.3 แผนผังกระบวนการในช่วงใช้งานและสนับสนุนที่ปรับปรุงใหม่

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1.4 ด้านการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่าง

1. อัตราการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้นของแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ถูกออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบัน ส่งผลต่อค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาและค่าเสียโอกาสทางการผลิตที่เกิดขึ้นกับแม่พิมพ์อย่างมาก
2. ค่าใช้จ่ายที่คำนวณสำหรับแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ ยังขาดการพิจารณาถึง ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในกรณีที่ส่งผลกระทบต่อค่าปรับเปลี่ยนแผนการผลิตอันเนื่องจากการขัดข้องเสียหาย ค่าปรับอันเนื่องจากการส่งงานไม่ตรงตามกำหนดเวลา และค่าใช้จ่ายอื่นๆ ที่ไม่สามารถประเมินได้ เช่น ค่าใช้จ่ายที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจของลูกค้า
3. การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์โดยอิงระบบ R&M อาจส่งผลให้แม่พิมพ์มีต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้น แต่ถ้าแม่พิมพ์ที่ถูกสร้างมีอัตราการขัดข้องเสียหายที่ลดต่ำลงหรือมีค่าความเชื่อมั่นในการใช้งานที่สูงขึ้น ก็จะส่งผลให้ผู้ใช้มีค่าใช้จ่ายด้านการบำรุงรักษาและค่าเสียโอกาสทางการผลิตลดลง

5.1.5 ด้านอุปสรรคในการดำเนินการวิจัย

1. การสำรวจข้อคิดเห็นทำได้จำกัดเนื่องจากการอธิบายระบบการดำเนินงานจำเป็นต้องใช้เวลานำเสนอค่อนข้างมาก เพราะต้องนำเสนอพื้นฐานความรู้ของกิจกรรม R&M ที่เกี่ยวข้องให้ผู้ตอบแบบสอบถามเข้าใจ ซึ่งระยะเวลามีจำกัดอาจทำให้คำตอบบางอย่างคลาดเคลื่อนจากวัตถุประสงค์ของระบบที่ต้องการนำเสนอ
2. ผู้ประเมินมีจำนวนน้อย รวมทั้งผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M ในเมืองไทยค่อนข้างมีจำกัด ทำให้ความชัดเจนในบางหัวข้อที่ทำการประเมินยากต่อการสรุปผลให้ถูกต้องแม่นยำ
3. การเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างในงานวิจัยนี้เป็นเพียงการเปรียบเทียบในด้านค่าใช้จ่ายที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในสภาวะเงื่อนไขที่กำหนดเท่านั้น ยังไม่มีการเปรียบเทียบในด้านอื่นๆ เช่น ความพึงพอใจของผู้ใช้และผู้สร้างแม่พิมพ์ รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากผลกระทบของการขัดข้องเสียหายที่เกิดขึ้น เช่น ค่าปรับจากการส่งที่ล้าช้า ค่าปรับเปลี่ยนแผนการผลิต ค่าแก้ไขงานที่เกิดขึ้น เป็นต้น เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงระบบการทำงาน การสร้างแม่พิมพ์ การเก็บข้อมูลเพื่อประมาณการ จำเป็นต้องใช้งบประมาณและระยะเวลาที่ยาวนาน

บทที่ 6

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยใช้แนวทาง R&M สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

6.1.1 สรุปผลความแตกต่างของระบบปัจจุบันกับแนวทาง R&M

ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกในปัจจุบันมีความแตกต่างกับแนวทาง R&M ในหลายจุดด้วยกัน ซึ่งสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ระบบปัจจุบันไม่มีการแบ่งช่วงเวลาการดำเนินการที่ชัดเจนและไม่ครอบคลุมกิจกรรมตลอดอายุผลิตภัณฑ์ตามแนวทาง R&M
2. เป้าหมายในการดำเนินกิจกรรมในระบบปัจจุบันไม่การคำนึงถึงผลกระทบของการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ที่อาจเกิดขึ้นเมื่อผู้ใช้นำแม่พิมพ์ไปใช้งาน เช่น อัตราการขัดข้องเสียหาย ระยะเวลาของการซ่อมคืนสภาพ และค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์ เป็นต้น
3. ภาระรับผิดชอบและปัญหาที่เกิดขึ้นในช่วงของการใช้งานและสนับสนุนจนกระทั่ง ปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกการใช้งานเป็นความรับผิดชอบของผู้ใช้โดยผู้สร้างไม่มีส่วนเกี่ยวข้องยกเว้นเกิดการร้องเรียน
4. เทคนิคที่ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์เน้นการใช้ประสบการณ์และความรู้ความสามารถเฉพาะตัวบุคคล ไม่มีการทบทวนข้อมูลในอดีต หรือใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา หรือมีเพียงเล็กน้อยตามประสบการณ์
5. ในกระบวนการทดสอบแม่พิมพ์ไม่มีการทดสอบคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาที่อยู่ในแม่พิมพ์ ก่อนส่งมอบให้ผู้ใช้งาน มีเพียงการทดสอบเพื่อดูลักษณะชิ้นงานฉีดที่ได้จากการทำงานของแม่พิมพ์เท่านั้น
6. ไม่มีการจัดทำคู่มือการใช้งานแม่พิมพ์ และข้อแนะนำในการบำรุงรักษาเบื้องต้นให้กับผู้ใช้งานเพื่อป้องกันการขัดข้องเสียหายอันเกิดจากการใช้งานและบำรุงรักษาที่ไม่ถูกวิธี

7. ไม่มีการเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกิดขึ้นขณะใช้งานของผู้ใช้ ที่เกี่ยวกับการขัดข้องเสียหาย การซ่อมบำรุง หรือค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นจากแม่พิมพ์
8. ไม่มีการวัดผลหรือเปรียบเทียบผลการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ รวมทั้งไม่มีการพัฒนาหรือปรับปรุงคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษาที่อยู่ในแม่พิมพ์

6.1.2 สรุปผลการประเมินระบบที่นำเสนอ

ระบบที่ได้นำเสนอมีความสอดคล้องกับแนวทาง R&M และเป็นที่ยอมรับของผู้มีส่วนเกี่ยวข้องในกระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ซึ่งสามารถสรุปประเด็นสำคัญได้ดังนี้

1. ระบบที่นำเสนอดีกว่าระบบปัจจุบัน ในแง่ของการมองภาพการดำเนินงานที่ครบถ้วนครอบคลุมกิจกรรมที่เกิดขึ้นของแม่พิมพ์ทั้งในส่วนผู้สร้างและผู้ใช้งาน
2. ระบบที่นำเสนอสอดคล้องกับที่แนวทาง R&M ต้องการ ในเรื่องของเทคนิค วิธีการ และกิจกรรมที่เกี่ยวข้อง
3. ระบบที่นำเสนอมีการคำนึงถึงคุณลักษณะของความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา รวมถึงค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุแม่พิมพ์

6.1.3 สรุปผลการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่าง

จากการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้างโดยระบบปัจจุบัน ซึ่งอ้างอิงข้อมูลในอดีตเป็นเวลา 3 เดือน กับค่าประมาณการสำหรับแม่พิมพ์ตัวอย่างในกรณีที่ออกแบบและสร้างโดยระบบ R&M ได้ข้อสรุปดังนี้

1. ที่รอบการฉีดตั้งแต่ 258,320 ขึ้นไประบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน
2. ร้อยละของค่าเสียโอกาสทางการผลิตที่มีค่าเกิน 10% ของมูลค่าปัจจุบัน ระบบ R&M จะเกิดค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าระบบปัจจุบัน
3. ร้อยละของค่าซ่อมเฉลี่ยต่อครั้งที่เพิ่มขึ้น 2% ขึ้นไปจะมีผลทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในระบบปัจจุบันที่สูงกว่าระบบ R&M อย่างมาก

6.2 ข้อเสนอแนะ

สำหรับปัญหาที่พบจากการวิจัย ที่สามารถนำมาเป็นหัวข้อเพื่อการขยายผลให้เกิดประโยชน์มากขึ้น คือ

1. ควรมีการทำวิจัยด้านการหาอายุ (Failure Rate) ของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ เนื่องจากในปัจจุบันยังขาดข้อมูลที่ใช้สำหรับอ้างอิงเมื่อนำไปพยากรณ์ค่าเป้าหมายของการออกแบบ
2. ควรมีการศึกษาการวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบของเครื่องจักรและอุปกรณ์ (Machinery Failure Mode and Effect Analysis, MFMEA) ในงานแม่พิมพ์เพื่อนำไปสู่การออกแบบป้องกันชิ้นส่วนที่มีโอกาสเกิดการขัดข้องเสียหาย
3. ควรมีการศึกษาการใช้คอมพิวเตอร์ช่วยในการวิเคราะห์ทางวิศวกรรม (Computer Aided Engineering, CAE) เพื่อนำมาใช้พยากรณ์หรือประมาณการค่าอายุของชิ้นส่วนเพื่อลดเวลาและค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นในการทำการทดสอบ
4. ควรมีการศึกษาและจัดทำซอฟต์แวร์เพื่อใช้ร่วมกับ คอมพิวเตอร์ช่วยในการออกแบบ (Computer Aided Design, CAD) ที่สามารถหาค่าประมาณของความเชื่อมั่นในการใช้งาน (Reliability) เพื่อสะดวกในการปรับแก้การออกแบบและสามารถนำไปขายในเชิงพาณิชย์ต่อไปในอนาคต
5. ควรมีการศึกษาและจัดทำซอฟต์แวร์ที่ใช้สำหรับการทำกิจกรรม R&M เพื่อให้เกิดความสะดวกในการใช้งาน เช่น การเก็บข้อมูล การสรุปรายงาน การวิเคราะห์ผล หรือการประเมินทางเลือกของค่าใช้จ่ายตลอดอายุผลิตภัณฑ์ เป็นต้น
6. ในการหาอายุของเม่พิมพ์ ซึ่งไม่สามารถทำได้ในการวิจัยนี้ เนื่องจากปัญหาด้านค่าใช้จ่าย อุปกรณ์ และเวลา ถ้าต้องการหาอายุของแม่พิมพ์ มีข้อเสนอแนะในการหาอายุแม่พิมพ์ 2 วิธี วิธีที่หนึ่ง ใช้วิธีทางสถิติในการประมาณอายุแม่พิมพ์ โดยทำการเก็บข้อมูลของแม่พิมพ์ที่สนใจ แล้วทำการประมาณอายุ วิธีที่สอง คือ ทำการทดสอบแบบทำลาย โดยการนำแม่พิมพ์ที่สนใจไปทำการฉีดจนกระทั่งแม่พิมพ์เกิดการขัดข้องเสียหาย ซึ่งจะได้อายุของชิ้นส่วนต่างๆ ของแม่พิมพ์ที่สนใจ

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

มิกิ ไชยสุริยะศิริ, Paticipant Materials for Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment, Second Edition, แปล, Production Control Division, Auto CS Engineering Co., LTD., 1998.

สุวิช พึ่งเจริญ, ทฤษฎีการคำนวณต้นทุนวงจรอายุ, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2528

ภาษาอังกฤษ

Al-Najjar, B., Total quality maintenance: An approach for continuous reduction in costs of quality products, Journal of Quality in Maintenance Engineering, Vol.2 No.3, pp. 4 - 20, 1996.

Blache, K.M. and Shrivastava, A.B., Defining failure of manufacturing machinery and equipment , Reliability and Maintainability Symposium, 1994. Proceedings., Annual, pp. 69 – 75,1994.

Burgess, J.A., Design Assurance for Engineers and Managers, Marcel Dekker, Inc, New York and Basel, 1984.

Christian, N.M., Reliability and quality interface, International Journal of Quality & Reliability Management, Vol.16 No.7, pp. 691 – 698, 1999.

Dan, C.B. and Jack, A.P , Institutionalizine reliability and maintainability – a success story , International Journal of Quality & Reliability Management ,Vol.16 No.1 , pp. 13 – 23,1999.

Dhillon, B.S., Design Reliability: Fundamentals and Applications, CRC Press LLC., 1999.

Dhillon, B.S., Systems Reliability, Maintainability and Management, Petrocelli Books, Inc., 1983.

Dieter, G.E., Engineering Design: A Materials and Processing Approach, Third Edition, McGrawHill Book Company, 2000.

Dodson, B., Nolan, D., Reliability Engineering Handbook, QA Publishin, LLC., 1999

Doty, L.A., Reliability for the Technologies, Second Edition, An ASQC quality press book,

Industrial Press, Inc., 1989.

Harold, S. and Jerrell, T.S., R&M in conceptual aircraft design, 1991 Proceedings R&M CAE in Concurrent Engineering Workshop, pp. 245 – 254, 1991.

Ireson, W.G., Coombs, C.F. Jr, Moss, R.Y., Handbook of Reliability Engineering and Management, Second Edition, McGraw-Hill Book Company, 1996.

Kawauchi, Y., and Rausand, M., Life Cycle Cost (LCC) Analysis in Oil and Chemical Process Industries, Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology, 1999.

Ke, H.Y. and Hwang, C.P., Reliability programe management based on ISO9000, International Journal of Quality and Reliability Management, Vol.14 No.3, pp.309 – 318, 1997.

Kindree, J.D., Melton, R.R., Raffa, H.E. and Reynolds, R.J , An overview of an R&M; guideline for manufacturing machinery and equipment , Reliability and Maintainability Symposium, 1994 Proceedings., Annual , pp. 65 – 68,1994.

Michaeli, et al, Training in Plastics Technology: A Text-and Workbook, Hanser/Gardner Publications, Inc., 1995.

Michaeli, et al, Training in Injection Molding: A Text-and Workbook, Hanser/Gardner Publications, Inc., 1995.

Morris, M.A., Improving Performance of Machinery and Equipment, Reliability and Maintainability Symposium, 2000. Proceedings., Annual, pp. 31 – 34, 2000.

Moss, M.A., Applying TQM to Product Design and Development, Marcel Dekker, Inc., 1995.

Mouradian, G., Handbook of QS-9000 Tooling and Equipment Certification, Society of Automotive Engineers, Inc., 2000.

Rausand, M., Failure Modes, Effects and Criticality Analysis, Department of Production and Quality Engineering Norwegian University of Science and Technology, 2001.

Society of Automotive Engineers and National Center for Manufacturing Sciences, Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment, First edition, National Center for Manufacturing Sciences, Inc. Ann Arbor, MI., 1993.

Society of Automotive Engineers and National Center for Manufacturing Sciences,

Reliability and Maintainability Guideline for Manufacturing Machinery and Equipment, Second edition, National Center for Manufacturing Sciences, Inc. Ann Arbor, MI., 1999.

Stamatis, D.H., Implementing the TE Supplement to QS-9000: the tooling and equipment supplier's handbook, Quality Resources, New York, 1998.

The Society of the Plastics Industry, Injection Mold Tooling Standards: A guide for Specifying Purchasing, and Qualifying Injection Molds, SPI, 1993.

Villemeur, A., Reliability, Availability, Maintainability and Safety Assessment, Volume1, John Wiley & Sons Ltd, Baffins Lane, Chichester, 1992.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล

ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M

สำหรับผู้สร้างแม่พิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล
ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
สำหรับสร้างแม่พิมพ์

ข้อตกลงในการตอบแบบสอบถาม *:*

1. ก่อนตอบแบบสอบถามผู้ตอบต้องผ่านการเข้าฟังการนำเสนอสรุปรายละเอียดของระบบ R&M
2. หากไม่เข้าใจคำถามหรือไม่แน่ใจ ให้อ้างอิงรายละเอียดจากเอกสารที่แนบมาด้วย หรือซักถามโดยตรง
3. กรุณาทำความเข้าใจคำถามก่อนตอบและตอบทุกคำถาม

หมายเหตุ *: R&M ในที่นี้คือ Reliability and Maintainability หมายถึง ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา*

ผู้จัดทำแบบสอบถาม
นายศรีสิทธิ์ เจียรบุตร
นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับผู้สร้างแม่พิมพ์

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้มีส่วนรับผิดชอบในงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประกอบการทำวิทยาพนธ์ เรื่อง “กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยแนวทาง R&M”

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของผู้สร้างแม่พิมพ์ที่มีต่อระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
2. เพื่อให้ทราบปัญหาเบื้องต้นในการใช้งานตามระบบสารสนเทศที่ได้สร้างขึ้น
3. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ

ข้อมูลเบื้องต้นของผู้สร้าง

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ ……………………………………………………………………………………….

2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ

   ……
   ……
   ……

3. เป้าหมายหลักที่ท่านใช้ในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์คือ (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ ไม่มีเลย ❒ ขนาดและรูปร่างของชิ้นงานที่ได้ ❒ เวลาส่งมอบ
   ❒ แม่พิมพ์ที่ทนทาน ❒ แม่พิมพ์ที่ง่ายต่อการบำรุงรักษา ❒ อิงตามข้อกำหนดของลูกค้า
   ❒ ราคาแม่พิมพ์ ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)

………………………………………………………………

4. ท่านรู้จักแนวทางของ R&M (Reliability and Maintainability) มาก่อนหรือไม่ ❒ รู้จัก ❒ ไม่รู้จัก

5. จากการจำแนกระดับแม่พิมพ์ เป็น 6 ระดับ* โดยเฉลี่ยแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่ท่านออกแบบและสร้างอยู่ในระดับใด

   ❒ ระดับ 1 ❒ ระดับ 2 ❒ ระดับ 3 ❒ ระดับ 4 ❒ ระดับ 5
   ❒ ระดับ 6 ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)

   ………………………………………………………………

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณาขีดเครื่องหมาย 4ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	**ข้อคิดเห็น**	
1. การขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานแม่พิมพ์	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
2. แม่พิมพ์ที่ดีจำเป็นต้องมีความง่ายในการซ่อมบำรุงและการถอดประกอบหรือปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
3. การออกแบบที่แม่พิมพ์ที่ดี จะช่วยลดปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์เมื่อนำไปใช้งาน รวมถึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานและซ่อมบำรุงที่ต่ำลง	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
4. การที่ผู้ใช้งานบอกปริมาณการผลิตสภาวะเงื่อนไขการใช้งาน และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของแม่พิมพ์ที่ต้องการ จะทำให้ท่านออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ได้ดีมากขึ้น	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
5. การวางแผนดำเนินการที่ดีและเป็นระบบนั้นมีส่วนสำคัญที่ทำให้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ประสบความสำเร็จ	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
6. การทบทวนการออกแบบจะช่วยให้ท่านออกแบบแม่พิมพ์ได้ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้และแก้ไขจุดบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
7. ปัญหาการขัดข้องเสียหายส่วนใหญ่ที่เกิดจากการใช้งานแม่พิมพ์นั้นเกิดจากการออกแบบที่ไม่ดีเพียงพอ	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
8. ชิ้นส่วนประกอบต่างๆในแม่พิมพ์ต้องมีการคัดเลือกชนิดของวัสดุหรือผู้รับช่วงผลิตชิ้นส่วนที่มีคุณภาพ จึงจะทำให้แม่พิมพ์ที่ท่านออกแบบและสร้างเป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
9. การออกแบบและทวนสอบเพียงอย่างเดียวสามารถสร้างแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ออกมาได้ โดยไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบการใช้งานจริงของแม่พิมพ์	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
10. ทุกครั้งที่มีการทดสอบการทำงานของแม่พิมพ์ควรจะต้องมีการเก็บบันทึกข้อมูลปัญหาการขัดข้องและนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อทำการแก้ไขอย่างเป็นระบบ	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
11. การที่ผู้ใช้งานแม่พิมพ์ทำประวัติ และมีข้อมูลการขัดข้องเสียหาย และวิธีแก้ไข จะช่วยให้ท่านทราบและสามารถวิเคราะห์สาเหตุและวิธีแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ที่ใช้ในอนาคต	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
12. การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ให้กับผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีการแก้ไขปัญหาการขัดข้องเสียหายที่ผู้ใช้เคยประสบมาในอดีต	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
13. การวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ที่มีประสิทธิภาพนั้นไม่จำเป็นต้องมีตัวแทนของแต่ละแผนกมาช่วยวิเคราะห์และแก้ไขปัญหา	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
14. ควรมีการแบ่งระดับแม่พิมพ์ เพื่อให้ความสำคัญในการออกแบบและสร้างที่แตกต่างกันไปตามความต้องการ	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
15. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกควรมีคุณลักษณะของความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability) และความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability)	❑ เห็นด้วย ❑ ไม่เห็นด้วย	❑ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความแตกต่างกับระบบที่ท่านเคยปฏิบัติอยู่อย่างไร

❒ เหมือนเดิม

❒ แตกต่างจากเดิม

❒ ดีกว่าเดิม ❒ เลวลงกว่าเดิม เพราะ

……………………………………………………………………………………………………..…

……………………………………………………………………………………………………….

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)……………………………………………………………………………………

2. จากรูปแบบวิธีปฏิบัติและขั้นตอนการดำเนินงานที่เสนอมาเป็นแนวทางนั้นท่านคิดว่ามีจุดใดที่ควรปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการทำงาน

ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase) :……………………..……………………..……

……………………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………………….

ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase) :…………………………..………..……

……………………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………………….

ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase) :……………………..…………………………………....

……………………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………………….

ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase) :………………...………………..…………...

……………………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………………..….

ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission) :…………...…………………..……………

……………………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………………..….

3. ท่านคิดว่ามีอะไรที่อาจเป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้แนวทาง R&M

……………………………………………………………………………………………………….

……………………………………………………………………………………………………..….

……………………………………………………………………………………………………..….

4. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

……………………………………………………………………………………………………..….

……………………………………………………………………………………………………….

ภาคผนวก ข

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล
ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
สำหรับผู้ใช้งานแม่พิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล
ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
สำหรับผู้ใช้งานแม่พิมพ์

ข้อตกลงในการตอบแบบสอบถาม :

1. ก่อนตอบแบบสอบถามผู้ตอบต้องผ่านการเข้าฟังการนำเสนอสรุปรายละเอียดของระบบ R&M
2. หากไม่เข้าใจคำถามหรือไม่แน่ใจ ให้อ้างอิงรายละเอียดจากเอกสารที่แนบมาด้วย หรือซักถามโดยตรง
3. กรุณาทำความเข้าใจคำถามก่อนตอบและตอบทุกคำถาม

***หมายเหตุ** : R&M ในที่นี้คือ Reliability and Maintainability หมายถึง ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา*

ผู้จัดทำแบบสอบถาม
นายศรีสิทธิ์ เจียรบุตร
นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับผู้ใช้งานแม่พิมพ์

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้มีส่วนรับผิดชอบในงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประกอบการทำวิทยาพนธ์ เรื่อง “กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยแนวทาง R&M”

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของผู้ใช้แม่พิมพ์ที่มีต่อระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
2. เพื่อให้ทราบปัญหาเบื้องต้นในการใช้งานตามระบบสารสนเทศที่ได้สร้างขึ้น
3. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ
4. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นที่มีต่อความพึงพอใจในการใช้บริการระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M

ก. ข้อมูลเบื้องต้นของผู้ใช้

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างงและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ ....
2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ

   ....

   ....

   ....
3. บริษัทของท่านได้ระบบมาตรฐานใดบ้าง (เลือกได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ ไม่มีเลย ❒ ISO9000 ❒ ISO14000 ❒ QS9000 ❒ TE9000

   ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....

4. ท่านรู้จักแนวทางของ R&M (Reliability and Maintainability) มาก่อนหรือไม่ ❒ รู้จัก ❒ ไม่รู้จัก

5. จากการจำแนกระดับแม่พิมพ์เป็น 6 ระดับ* โดยเฉลี่ยแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่บริษัทท่านใช้งานอยู่ในระดับใด

   ❒ ระดับ 1 ❒ ระดับ 2 ❒ ระดับ 3 ❒ ระดับ 4 ❒ ระดับ 5

   ❒ ระดับ 6 ❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)

   ....

6. ส่วนใหญ่แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกที่บริษัทท่านใช้งานมีอายุ

   ประมาณ..................... ปี หรือ ประมาณ..................... ชอต (Cycle)

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณาขีดเครื่องหมาย 4ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	**ข้อคิดเห็น**	
1. แม่พิมพ์ที่ท่านซื้อมาไม่ควรจะเกิดการขัดข้องเสียหายเมื่อนำไปผลิตชิ้นงานพลาสติก	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
2. หากแม่พิมพ์เกิดการขัดข้องเสียหายแล้วสามารถซ่อมแซมแก้ไขให้กลับมาใช้งานใหม่เหมือนเดิมได้อย่างรวดเร็ว	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
3. ค่าใช้จ่ายในซ่อมบำรุงแม่พิมพ์มีค่าใช้จ่ายที่สูงกว่าราคาแม่พิมพ์	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
4. การออกแบบแม่พิมพ์ที่ดีจะช่วยลดปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ เมื่อนำไปใช้งาน รวมไปถึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานและซ่อมบำรุงที่ต่ำลง	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
5. ปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ขณะนำไปใช้งานนั้นไม่มีผลต่อต้นทุนการผลิตชิ้นงานพลาสติกของท่าน	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
6. การเพิ่มค่าใช้จ่ายในช่วงของการออกแบบ ซึ่งมีผลทำให้แม่พิมพ์เกิดค่าใช้จ่ายและปัญหาการขัดข้องเสียหายที่ลดลง	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
7. การลงทุนซื้อแม่พิมพ์มาใช้งานควรคำนึงถึงราคาของแม่พิมพ์เป็นสำคัญ โดยไม่จำเป็นต้องพิจารณาค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานที่มาเกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ตัวนั้น เช่น ค่าซ่อมแซม ราคาอะไหล่ เป็นต้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
8. ปัญหาการขัดข้องเสียหายส่วนใหญ่ที่เกิดจากการใช้งานแม่พิมพ์นั้นเกิดจากการออกแบบที่ไม่ดีเพียงพอ	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
9. ผู้สร้างจะออกแบบแม่พิมพ์ได้ตามที่ท่านต้องการนั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องได้ข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการ เงื่อนไขการใช้งาน และสภาวะแวดล้อมของแม่พิมพ์ที่นำไปใช้งาน	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
10. ผู้สร้างแม่พิมพ์ต้องมีการออกแบบและเลือกส่วนประกอบต่างๆ ที่ดีและเหมาะสมจึงจะทำให้แม่พิมพ์ที่สร้างออกมาสามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการและมีอายุปริมาณการผลิตที่ต้องการ	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
11. การออกแบบและทวนสอบเพียงอย่างเดียวสามารถสร้างแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ออกมาได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบการใช้งานจริงของแม่พิมพ์	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
12. การตรวจรับแม่พิมพ์นั้นต้องมีการทดสอบการใช้งานจริงจนผู้ใช้ยอมรับว่าแม่พิมพ์ที่ได้รับเป็นไปตามที่ต้องการ	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
13. หากผู้สร้างแนะนำการใช้งานแม่พิมพ์ที่ถูกต้อง รวมทั้งบำรุงรักษาและซ่อมบำรุงเบื้องต้นเมื่อเกิดปัญหา	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
14. การเก็บรวบรวมข้อมูลปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ที่เกิดจากการใช้งานของผู้ใช้เมื่อผู้สร้างนำไปวิเคราะห์หาสาเหตุแล้วจะช่วยให้แม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นในอนาคตมีปัญหาน้อยลงจากเดิม	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....
15. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกควรมีคุณลักษณะของความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability) และความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability)	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ) ....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างงและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความแตกต่างกับระบบที่ท่านเคยสัมผัสอยู่อย่างไร

❒ เหมือนเดิม

❒ แตกต่างจากเดิม

❒ ดีกว่าเดิม ❒ เลวลงกว่าเดิม เพราะ

………

………

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)……………………………………………………………………………………

2. จากรูปแบบวิธีปฏิบัติและขั้นตอนการดำเนินงานที่เสนอมาเป็นแนวทางนั้นท่านคิดว่ามีจุดใดที่ควรปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการทำงาน

ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase) :………………………………………………

………

………

ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase) :……………………………………………

………

………

ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase) :…………………………………………………………

………

………

ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase) :……………………………………………

………

………

ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission) :…………………………………………

………

………

3. ท่านคิดว่ามีอะไรที่อาจเป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้แนวทาง R&M

………

………

………

4. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

………

………

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล

ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M

สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

ข้อตกลงในการตอบแบบสอบถาม *:*

1. ก่อนตอบแบบสอบถามผู้ตอบต้องผ่านการเข้าฟังการนำเสนอสรุปรายละเอียดของระบบ R&M
2. หากไม่เข้าใจคำถามหรือไม่แน่ใจ ให้อ้างอิงรายละเอียดจากเอกสารที่แนบมาด้วย หรือซักถามโดยตรง
3. กรุณาทำความเข้าใจคำถามก่อนตอบและตอบทุกคำถาม

หมายเหตุ *: R&M ในที่นี้คือ Reliability and Maintainability หมายถึง ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้จัดทำแบบสอบถาม
นายศรีสิทธิ์ เจียรบุตร
นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้มีส่วนรับผิดชอบในงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประกอบการทำวิทยาพนธ์ เรื่อง “กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยแนวทาง R&M”

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของเชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์ที่มีต่อระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
2. เพื่อให้ทราบปัญหาเบื้องต้นในการใช้งานตามระบบสารสนเทศที่ได้สร้างขึ้น
3. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ

ก. ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างงและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ ....
2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ

   ....

   ....

   ....
3. ท่านมีประสบการณ์ในงานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกทั้งสิ้น ....ปี

   ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ การออกแบบ ❒ การสร้าง ❒ การใช้งาน ❒ การซ่อมบำรุง ❒ การสอน

   ❒ อื่นๆ(โปรดระบุ)..

4. ท่านเคยได้รับการศึกษาหรือฝึกอบรมเกี่ยวกับการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกอย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ เรียนในระดับอาชีวะศึกษา ระดับ.............. ❒ เรียนในระดับอุดมศึกษา ระดับปริญญา ....

   ❒ ผ่านการอบรมเป็นระยะเวลา..................... ❒ จากประสบการณ์การทำงาน

   ❒ อื่นๆ(โปรดระบุ)..
5. ท่านรู้จักแนวทางของ R&M (Reliability and Maintainability) มาก่อนหรือไม่ ❒ รู้จัก ❒ ไม่รู้จัก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณาขีดเครื่องหมาย 4ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	ข้อคิดเห็น	
1. การขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้งานแม่พิมพ์	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
2. แม่พิมพ์ที่ดีจำเป็นต้องมีความง่ายในการซ่อมบำรุงและการถอดประกอบหรือปรับเปลี่ยนได้อย่างรวดเร็ว	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
3. การออกแบบที่แม่พิมพ์ที่ดี จะช่วยลดปัญหาการขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์เมื่อนำไปใช้งาน รวมถึงทำให้เกิดค่าใช้จ่ายจากการใช้งานและซ่อมบำรุงที่ต่ำลง	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
4. การออกแบบแม่พิมพ์ที่ดี จำเป็นต้องทราบข้อมูลปริมาณการผลิตสภาวะเงื่อนไขการใช้งาน และรายละเอียดที่เกี่ยวข้องทั้งหมดของแม่พิมพ์ที่ต้องการใช้งาน	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
5. การวางแผนดำเนินการที่ดีและเป็นระบบนั้นมีส่วนสำคัญที่ทำให้การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ประสบความสำเร็จ	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
6. การทบทวนการออกแบบจะช่วยให้สามารถออกแบบแม่พิมพ์ได้ครอบคลุมความต้องการของผู้ใช้และแก้ไขจุดบกพร่องที่อาจเกิดขึ้น	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
7. ปัญหาการขัดข้องเสียหายส่วนใหญ่ที่เกิดจากการใช้งานแม่พิมพ์นั้นเกิดจากการออกแบบที่ไม่ดีเพียงพอ	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
8. ชิ้นส่วนประกอบต่างๆในแม่พิมพ์ต้องมีการคัดเลือกชนิดของวัสดุหรือผู้รับช่วงผลิตชิ้นส่วนที่มีคุณภาพ จึงจะทำให้แม่พิมพ์ที่ท่านออกแบบและสร้างเป็นไปตามที่ผู้ใช้ต้องการ	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
9. การออกแบบและทวนสอบเพียงอย่างเดียวสามารถสร้างแม่พิมพ์ที่สมบูรณ์ออกมาได้โดยไม่จำเป็นต้องมีการทดสอบการใช้งานจริงของแม่พิมพ์	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
10. ทุกครั้งที่มีการทดสอบการทำงานของแม่พิมพ์ควรจะต้องมีการเก็บบันทึกข้อมูลปัญหาการขัดข้องและนำมาวิเคราะห์หาสาเหตุเพื่อทำการแก้ไขอย่างเป็นระบบ	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
11. ประวัติการใช้งานแม่พิมพ์ ข้อมูลการขัดข้องเสียหาย และวิธีแก้ไขในอดีต จะช่วยให้สามารถวิเคราะห์สาเหตุและวิธีแก้ไขปรับปรุงแม่พิมพ์ที่ใช้ในอนาคตได้	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
12. การรวบรวมข้อมูลในการออกแบบ และวิเคราะห์หาสาเหตุปัญหาขัดข้องเสียหายของแม่พิมพ์ที่มีประสิทธิภาพไม่จำเป็นต้องมีทีมงานจากส่วนต่างๆมาทำงานร่วมกัน	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
13. ควรมีการแบ่งระดับแม่พิมพ์ เพื่อให้ความสำคัญในการออกแบบและสร้างที่แตกต่างกันไปตามความต้องการ	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
14. การจัดระดับแม่พิมพ์ออกเป็น 6 ระดับนั้นสามารถครอบคลุมแม่พิมพ์ที่มีอยู่ในปัจจุบัน	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....
15. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกควรมีคุณลักษณะของความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability) และความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability)	❐ เห็นด้วย ❐ ไม่เห็นด้วย	❐ อื่นๆ (โปรดระบุ).......................... ....

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างงและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ท่านคิดว่าระบบที่ได้สร้างขึ้นมีความแตกต่างกับระบบที่ท่านเคยปฏิบัติอยู่อย่างไร

❒ เหมือนเดิม

❒ แตกต่างจากเดิม

❒ ดีกว่าเดิม ❒ เลวลงกว่าเดิม เพราะ

…………………………………………………………………………………………………….…

…………………………………………………………………………………………………….

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)………………………………………………………………………………………

2. จากรูปแบบวิธีปฏิบัติและขั้นตอนการดำเนินงานที่เสนอมาเป็นแนวทางนั้นท่านคิดว่ามีจุดใดที่ควรปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการทำงาน

ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase) :………………………..……………………..……

……

……

ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase) :…………………………..……………..

……

……

ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase) :………………………..…………………………..……

……

……

ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase) :………………...……………………….……

……

……

ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission) :…………...……………………………..…

……

……

3. ท่านคิดว่ามีอะไรที่อาจเป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้แนวทาง R&M

……

……

……

4. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

……

……

ภาคผนวก ง

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล
ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับประเมินผล ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M สำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M

ข้อตกลงในการตอบแบบสอบถาม *:*

1. ก่อนตอบแบบสอบถามผู้ตอบต้องผ่านการเข้าฟังการนำเสนอสรุปรายละเอียดของระบบ R&M
2. หากไม่เข้าใจคำถามหรือไม่แน่ใจ ให้อ้างอิงรายละเอียดจากเอกสารที่แนบมาด้วย หรือซักถามโดยตรง
3. กรุณาทำความเข้าใจคำถามก่อนตอบและตอบทุกคำถาม

หมายเหตุ *: R&M ในที่นี้คือ Reliability and Maintainability หมายถึง ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา*

ผู้จัดทำแบบสอบถาม
นายศรีสิทธิ์ เจียรบุตร
นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามสำหรับผู้เชี่ยวชาญด้าน R&M

แบบสอบถามนี้จัดทำขึ้นโดยนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อรวบรวมข้อมูลความคิดเห็นจากผู้มีส่วนรับผิดชอบในงานออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก รวมถึงใช้งานแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก เพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิเคราะห์ประกอบการทำวิทยาพนธ์ เรื่อง "กระบวนการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกโดยแนวทาง R&M"

วัตถุประสงค์ของแบบสอบถาม

1. เพื่อให้ทราบความคิดเห็นของเชี่ยวชาญด้าน R&M ที่มีต่อระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตามแนวทาง R&M
2. เพื่อให้ทราบปัญหาเบื้องต้นในการใช้งานตามระบบสารสนเทศที่ได้สร้างขึ้น
3. เพื่อให้ทราบข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการปรับปรุงระบบ

ก. ข้อมูลเบื้องต้นของผู้เชี่ยวชาญด้านแม่พิมพ์

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ตำแหน่งปัจจุบันของท่าน คือ ………………………………………………………………………………….

2. ภาระหน้าที่หลักที่รับผิดชอบของท่าน คือ

   ………
   ………
   ………

3. อุตสาหกรรมที่ท่านนำแนวทาง R&M ไปใช้ในปัจจุบัน คือ

   ………
   ………

4. ท่านมีประสบการณ์ในระบบงาน R&M ทั้งสิ้น ……………………ปี

   ในด้านต่างๆ ดังต่อไปนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ ผู้ออกแบบระบบ ❒ ผู้ควบคุมระบบ ❒ ผู้ใช้งานระบบ ❒ ผู้สอน

   ❒ อื่นๆ(โปรดระบุ)……………………………………………………………………………………...

5. ท่านเคยได้รับการศึกษาหรือฝึกอบรมเกี่ยวกับแนวทาง R&M อย่างไร (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)

   ❒ เรียนในระดับอาชีวะศึกษา ระดับ………….. ❒ เรียนในระดับอุดมศึกษา ระดับปริญญา …………

   ❒ ผ่านการอบรมเป็นระยะเวลา………………… ❒ จากประสบการณ์การทำงาน

   ❒ อื่นๆ(โปรดระบุ)……………………………………………………………………………………….

ข. ความคิดเห็นทั่วไปเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณาขีดเครื่องหมาย 4ในช่องตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

ท่านเห็นด้วยหรือไม่ว่า.....	**ข้อคิดเห็น**	
1. ระบบที่นำเสนอนี้มีความสอดคล้องกับความต้องการในแนวทาง R&M	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
2. ระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M นี้สามารถนำไปใช้ได้จริง	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
3. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะช่วยลดปัญหาการขัดข้องเสียหายในแม่พิมพ์เมื่อนำไปใช้งาน	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
4. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะช่วยลดค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานของแม่พิมพ์ได้	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
5. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะช่วยให้การซ่อมแซมแม่พิมพ์เป็นไปได้อย่างรวดเร็วและสะดวกยิ่งขึ้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
6. อุตสาหกรรมการสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกไม่จำเป็นต้องใช้แนวทาง R&M มาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการออกแบบและสร้างเพราะไม่คุ้มค่าในการดำเนินกิจกรรม	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
7. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะทำให้ผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจมากยิ่งขึ้นและจะมีส่วนทำให้ผู้ใช้กลับมาใช้บริการแม่พิมพ์ที่สร้างขึ้นจากผู้สร้างรายเดิม	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
8. แนวทาง R&M ที่ใช้ในแม่พิมพ์นั้นมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งานเท่านั้นแต่ผู้สร้างเองได้ประโยชน์เพียงเล็กน้อยเท่านั้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
9. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการแข่งขันให้ผู้สร้างแม่พิมพ์	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
10. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะทำให้แม่พิมพ์มีราคาที่สูงขึ้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
11. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะทำให้ผู้สร้างและผู้ใช้แม่พิมพ์มีความยุ่งยากมากขึ้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
12. ระบบที่นำเสนอนี้หากมีการนำไปใช้จะทำค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงแม่พิมพ์มีราคาลดต่ำลง	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
13. การจัดระดับแม่พิมพ์ออกเป็น 6 ระดับ เพื่อให้สามารถกำหนดกิจกรรม R&M นั้นเป็นสิ่งที่เหมาะสมและสอดคล้องกับความต้องการ ทำให้การดำเนินกิจกรรมสะดวกขึ้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
14. ระบบฐานข้อมูลการออกแบบ มีส่วนสำคัญในการพัฒนาและปรับปรุงการออกแบบแม่พิมพ์ให้มีคุณลักษณะต่างๆ ที่ดีขึ้น	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....
15. แม่พิมพ์ฉีดพลาสติกควรมีคุณลักษณะของความเชื่อถือได้ในการใช้งาน (Reliability) และความสามารถในการธำรงรักษา (Maintainability)	❒ เห็นด้วย ❒ ไม่เห็นด้วย	❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)......................... ....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ค. ความคิดเห็นเกี่ยวกับระบบการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ฉีดพลาสติกตามแนวทาง R&M

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ท่านคิดว่าระบบที่มีแนวทางในการดำเนินกิจกรรมที่แตกต่างกับกิจกรรมของระบบที่ท่านใช้อยู่อย่างไร

❒ มีแนวทางที่ใช้เหมือนกัน

❒ มีแนวทางที่ใช้แตกต่างกัน คือ

………………………………………………………………………………..…

……....

❒ อื่นๆ (โปรดระบุ)……………………………………………………………………………………………

……

2. จากรูปแบบวิธีปฏิบัติและขั้นตอนการดำเนินงานที่เสนอมาเป็นแนวทางนั้นท่านคิดว่ามีจุดใดที่ควรปรับปรุงหรือปรับเปลี่ยนเพื่อให้เกิดความเหมาะสมกับการทำงาน

ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal Phase) :………………………………………………...…

……

……

ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development Phase) :…………………………………………..……

……

……

ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install Phase) :……………………………………………………………

……

……

ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support Phase) :………………………………………………....

……

……

ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission) :……………………………………………...

……

……

3. ท่านคิดว่ามีอะไรที่อาจเป็นอุปสรรคในการดำเนินกิจกรรมการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่ใช้แนวทาง R&M

……

……

……

4. ข้อเสนอแนะอื่นๆ (หากพื้นที่ไม่พอกรุณากรอกข้อมูลเพิ่มเติมด้านหลัง)

……

……

ภาคผนวก จ
แบบสอบถามความคิดเห็นในการเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิค R&M
สำหรับแม่พิมพ์ในแต่ละระดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบสอบถามความคิดเห็นในการเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิค R&M สำหรับแม่พิมพ์ในแต่ละระดับ

ข้อตกลงในการตอบแบบสอบถาม :

1. ก่อนตอบแบบสอบถามผู้ตอบต้องผ่านการเข้าฟังการนำเสนอสรุปรายละเอียดของระบบ R&M
2. หากไม่เข้าใจคำถามหรือไม่แน่ใจ ให้อ้างอิงรายละเอียดจากเอกสารที่แนบมาด้วย หรือซักถามโดยตรง
3. กรุณาทำความเข้าใจคำถามก่อนตอบและตอบทุกคำถาม

หมายเหตุ *: R&M ในที่นี้คือ Reliability and Maintainability หมายถึง ความเชื่อมั่นในการใช้งานและความสามารถในการธำรงรักษา*

ผู้จัดทำแบบสอบถาม
นายศรีสิทธิ์ เจียรบุตร
นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางสำรวจความคิดเห็นในการเลือกใช้เครื่องมือและเทคนิค R&M
สำหรับแม่พิมพ์ในแต่ละระดับ

กรุณากรอกข้อมูลในช่องว่างงและขีดเครื่องหมาย 4ตามตัวเลือกที่ท่านเห็นสมควร

1. ท่านคิดว่าเครื่องมือและเทคนิคที่ใช้ในแต่ละช่วงเวลาควรนำมาประยุกต์ใช้กับแม่พิมพ์แต่ละระดับหรือไม่อย่างไร ?

1.1 ช่วงแนวคิดและข้อเสนอ (Concept and Proposal)

เครื่องมือและเทคนิคในแต่ละช่วงเวลา	**ระดับแม่พิมพ์** 6 5 4 3 2 1	**ข้อเสนอแนะ**
การวางแผน	θ θ θ θ θ θ	
การวางแผน R&M	θ θ θ θ θ θ	
การทบทวนประสบการณ์ในอดีต (Lessons Learned)	θ θ θ θ θ θ	
การระบุข้อกำหนด R&M	θ θ θ θ θ θ	
การระบุลักษณะการใช้งานเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	θ θ θ θ θ θ	
การคำนวณเวลาที่ใช้งาน (Duty Cycle)	θ θ θ θ θ θ	
การระบุสภาพแวดล้อมที่นำเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ไปใช้	θ θ θ θ θ θ	
การติดตามผลการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง	θ θ θ θ θ θ	
การคำนวนอายุการใช้งานในรูปของปริมาณการผลิต (Throughput)	θ θ θ θ θ θ	
การเก็บรวมรวมข้อมูล	θ θ θ θ θ θ	
การทำตารางความรับผิดชอบกิจกรรม R&M	θ θ θ θ θ θ	
การทำแผ่นงานกิจกรรมวางแผน R&M	θ θ θ θ θ θ	
การทบทวนการออกแบบ	θ θ θ θ θ θ	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม: ....
....
....
....
....
....

1.2 ช่วงออกแบบและพัฒนา (Design and Development)

เครื่องมือและเทคนิคในแต่ละช่วงเวลา	ระดับแม่พิมพ์						ข้อเสนอแนะ
	6	5	4	3	2	1	
การออกแบบเผื่อและการวิเคราะห์ความเค้น	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การเลือกองค์ประกอบในเครื่องจักรหรืออุปกรณ์	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การวิเคราะห์รูปแบบการขัดข้องเสียหายและผลกระทบ (FMEA)	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของสาเหตุความผิดพลาด (FTA)	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทบทวนการออกแบบ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การศึกษาค่าความคลาดเคลื่อน	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การวิเคราะห์และการพยากรณ์ค่าความเชื่อมั่นในการใช้งาน	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การสร้างแผนผังความเชื่อมั่นในการใช้งาน	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทดสอบเร่งอายุ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การออกแบบเพื่อความสามารถในการธำรงรักษา	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทำคู่มือซ่อมบำรุงและข้อกำหนดในการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทำบัญชีรายการชิ้นส่วนอะไหล่และการวางแผนพัสดุคงคลัง	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การออกแบบเพื่อความสามารถในการเข้าถึง	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การวินิจฉัยสาเหตุการขัดข้องเสียหาย	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การออกแบบอุปกรณ์จับยึดและการถอดหรือติดตั้งที่รวดเร็ว	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การจัดการชิ้นส่วนอะไหล่	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทำขั้นตอนการบำรุงรักษา	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การออกแบบด้วยเทคนิคการจัดการด้วยสายตา	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การออกแบบด้วยหลักการหน่วยประกอบ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม: ....

....

....

....

....

....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1.3 ช่วงสร้างและติดตั้ง (Build and Install)

เครื่องมือและเทคนิคในแต่ละช่วงเวลา	ระดับแม่พิมพ์						ข้อเสนอแนะ
	6	5	4	3	2	1	
การทดสอบคุณลักษณะ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การประเมินสมรรถนะเบื้องต้น	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทดสอบเดินตัวเปล่า	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้สร้าง	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การเก็บข้อมูลความเชื่อมั่นระหว่างการทดสอบที่โรงงานผู้ใช้	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาและการขัดข้องเสียหาย	θ	θ	θ	θ	θ	θ	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม: ....
....
....
....

1.4 ช่วงใช้งานและสนับสนุน (Operation and Support)

เครื่องมือและเทคนิคในแต่ละช่วงเวลา	ระดับแม่พิมพ์						ข้อเสนอแนะ
	6	5	4	3	2	1	
การเก็บรวบรวมและการวิเคราะห์ข้อมูลย้อนกลับ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การวางแผนซ่อมบำรุง	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การพัฒนาคุณลักษณะ R&M	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทำระบบรายงานผลการขัดข้องเสียหาย การวิเคราะห์และแก้ไข	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การแลกเปลี่ยนข้อมูล	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การทำระบบการจัดการข้อมูลย้อนกลับ	θ	θ	θ	θ	θ	θ	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม: ....
....
....
....

1.5 ช่วงปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission)

เครื่องมือและเทคนิคในแต่ละช่วงเวลา	ระดับแม่พิมพ์						ข้อเสนอแนะ
	6	5	4	3	2	1	
การสรุปคุณลักษณะ R&M ของเครื่องจักรและอุปกรณ์	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การรวบรวมข้อมูลและสรุปข้อมูลที่ได้จากประสบการณ์ทั้งหมด	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การสรุปค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานเปรียบเทียบเป้าหมายที่วางไว้	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
การเสนอวิธีปรับปรุงเพื่อให้ได้ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานตามเป้า	θ	θ	θ	θ	θ	θ	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม: ....
....
....
....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. ท่านคิดว่ามีเครื่องมือและเทคนิคใดที่ควรเพิ่มเติมในแต่ละช่วงเวลาเพื่อมาประยุกต์ใช้กับแม่พิมพ์แต่ละระดับ ?

เครื่องมือและเทคนิค	**ระดับแม่พิมพ์**						**ช่วงเวลา**
	6	5	4	3	2	1	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	
	θ	θ	θ	θ	θ	θ	

3. ข้อคิดเห็นเพิ่มเติมอื่นๆ

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

………..

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ฉ
การคำนวณผลการเปรียบเทียบแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบและสร้าง
โดยระบบปัจจุบันกับระบบ R&M

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ข้อมูลและตัวอย่างการคำนวณ

ข้อมูลที่ใช้อ้างอิง

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุการใช้งานแม่พิมพ์ ที่ใช้ในการเปรียบเทียบ ได้จากเงื่อนไขซึ่งเกิดจากข้อมูลที่เก็บได้ในช่วงเดือน มกราคม 2546 ถึง มีนาคม 2546 ดังตารางที่ ฉ.1

ตารางที่ ฉ.1 ข้อมูลที่เก็บได้ของแม่พิมพ์ตัวอย่างในระบบปัจจุบัน

เดือน	จำนวนชิ้นงานที่สั่งผลิต (ชิ้น)	จำนวนรอบการฉีด	จำนวนครั้งที่ส่งซ่อม	เวลาซ่อม (ชั่วโมง)	ค่าใช้จ่ายในการซ่อม (บาท)	หมายเหตุ
มกราคม	50,000	6,250	1	4	1,150	1 รอบการฉีดผลิตได้ 8 ชิ้น
กุมภาพันธ์	50,000	6,250	2	11	2,100	ครั้งที่ 1 ซ่อม 3 ชั่วโมง เป็นเงิน 620 บาท ครั้งที่ 2 ซ่อม 8 ชั่วโมง เป็นเงิน 1,480 บาท
มีนาคม	100,000	12,500	1	5	950	
รวม	**200,000**	**25,000**	**4**	**20**	**4,200**	

คุณลักษณะของแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ออกแบบโดยระบบปัจจุบันและระบบ R&M มีรายละเอียดดังตารางที่ ฉ.2

สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ ฉ.2 คุณลักษณะของแม่พิมพ์ตัวอย่าง

คุณลักษณะ	ระบบปัจจุบัน	ระบบ R&M
จำนวนรอบการฉีดคาดหวัง (อายุแม่พิมพ์)	500,000 รอบการฉีด	500,000 รอบการฉีด
จำนวนรอบการฉีดต่อชั่วโมง	90 รอบการฉีดต่อชั่วโมง	90 รอบการฉีดต่อชั่วโมง

<u>วิธีการคำนวณค่าเงื่อนไขที่ใช้อ้างอิง</u>

1. อัตราเฉลี่ยของการขัดข้องเสียหาย

$$\text{อัตราเฉลี่ยของการขัดข้องเสียหาย} = \frac{\text{จำนวนรอบการฉีด}}{\text{จำนวนครั้งที่ส่งซ่อม}}$$

$$\text{อัตราเฉลี่ยของการขัดข้องเสียหาย} = \frac{25{,}000}{4} = 6{,}250 \text{ รอบการฉีดต่อครั้ง}$$

2. จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย

$$\text{จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย} = \frac{\text{จำนวนรอบการฉีดที่คาดหวัง (อายุแม่พิมพ์)}}{\text{อัตราเฉลี่ยของการขัดข้องเสียหาย}}$$

$$\text{จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย} = \frac{500{,}000}{6{,}250} = 80 \text{ ครั้ง}$$

3. เวลาเฉลี่ยของการซ่อมคืนสภาพ

$$\text{เวลาเฉลี่ยของการซ่อมคืนสภาพ} = \frac{\text{เวลาที่ซ่อมทั้งหมดที่เกิดขึ้น}}{\text{จำนวนครั้งที่ส่งซ่อม}}$$

$$\text{เวลาเฉลี่ยของการซ่อมคืนสภาพ} = \frac{20}{4} = 5 \text{ ชั่วโมง}$$

4. ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อม

$$\text{ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อม} = \frac{\text{ค่าใช้จ่ายในการซ่อมทั้งหมดที่เกิดขึ้น}}{\text{จำนวนครั้งที่ส่งซ่อม}}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อม} = \frac{4{,}200}{5} = 1{,}050 \text{ บาท}$$

5. เวลาผลิตทั้งหมดที่ใช้ตลอดอายุแม่พิมพ์

$$\text{เวลาผลิตทั้งหมดที่ใช้ตลอดอายุแม่พิมพ์} = \frac{\text{จำนวนรอบการฉีดที่คาดหวัง (อายุแม่พิมพ์)}}{\text{จำนวนรอบการฉีดต่อชั่วโมง}}$$

$$\text{เวลาผลิตทั้งหมดที่ใช้ตลอดอายุแม่พิมพ์} = \frac{500{,}000}{90} = 5{,}556 \text{ ชั่วโมง}$$

วิธีการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์

ในการคำนวณค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์โดยประมาณ สำหรับแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษา ณ 500,000 รอบการฉีด ประกอบด้วยค่าใช้จ่าย ดังนี้

ก. แม่พิมพ์ระบบปัจจุบัน

1. ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ (Acquisition Cost)

ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ = ราคาแม่พิมพ์ + ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของการได้มา

ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ = ราคาแม่พิมพ์ + 20% ของราคาแม่พิมพ์

ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ $= 86{,}900 + (0.20 \times 86{,}900) = 104{,}280$ *บาท*

2. ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน (Operating Cost)

ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน = ค่าแรงงานทางตรง + ค่าสาธารณูปโภค + ค่าของใช้สิ้นเปลือง + ค่าจัดการของเสีย + ค่าจัดเก็บอะไหล่

2.1 ค่าแรงงานทางตรง

ค่าแรงงานทางตรง = เวลาผลิต × อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการผลิต

ค่าแรงงานทางตรง $= 5{,}556 \times 25 = 138{,}900$ *บาท*

2.2 ค่าสาธารณูปโภค

ค่าสาธารณูปโภค = เวลาผลิต × อัตราสาธารณูปโภค

ค่าสาธารณูปโภค $= 5{,}556 \times 7 = 38{,}892$ *บาท*

2.3 ค่าวัสดุสิ้นเปลือง

ค่าวัสดุสิ้นเปลือง = เวลาผลิต × อัตราวัสดุสิ้นเปลือง

ค่าวัสดุสิ้นเปลือง $= 5{,}556 \times (\frac{110}{80} + \frac{170}{416}) = 9{,}910$ *บาท*

2.4 ค่าจัดการของเสีย

ในการศึกษาแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ไม่มีค่าจัดการของเสีย หรือ มีค่าเท่ากับ 0 บาท

2.5 ค่าจัดเก็บอะไหล่

ในการศึกษาแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ไม่มีค่าจัดเก็บอะไหล่ หรือ มีค่าเท่ากับ 0 บาท

จาก 5 ค่าที่ได้ จะได้ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน คือ

ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน = ค่าแรงงานทางตรง + ค่าสาธารณูปโภค + ค่าของใช้สิ้นเปลือง + ค่าจัดการของเสีย + ค่าจัดเก็บอะไหล่

ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน $= 138{,}900 + 38{,}892 + 9{,}910 + 0 + 0 = 187{,}702$ *บาท*

3. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (Maintenance Cost)

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา = ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง + ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง

3.1 ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง

3.1.1 ค่าแรงงานทางตรง

ค่าแรงงานทางตรง = เวลาบำรุงรักษา × อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการบำรุงรักษา

ค่าแรงงานทางตรง $= 0 \times 100 = 0$ *บาท*

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

3.1.2 ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา

ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา = 20%ของค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ
ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา = 0 บาท

จาก 2 ค่าที่กล่าวมาจะได้ ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง คือ

ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง = ค่าแรงงานทางตรง + ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา
ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง = 0 + 0 = 0 บาท

3.2 ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง

ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง = ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม + ค่าแรงงานแปรผัน + ค่าเสียโอกาสทางการผลิต

ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง ประกอบด้วย

3.2.1 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม

ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม = จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย × อัตราค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อมต่อครั้ง
ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม = 80 × 1,050 = 84,000 บาท

3.2.2 ค่าแรงงานแปรผัน

ค่าแรงงานแปรผัน = 5%ของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม
ค่าแรงงานแปรผัน = 0.05 × 84,000 = 4,200 บาท

3.2.3 ค่าเสียโอกาสทางการผลิต

ค่าเสียโอกาสทางการผลิต = *เวลาหยุดเนื่องจากการขัดข้อง* × *อัตราการเสียโอกาสทางการผลิต*

ค่าเสียโอกาสทางการผลิต = *จำนวนครั้งที่ขัดข้อง* × *เวลาเฉลี่ยของการซ่อมคืนสภาพ* × *อัตราการเสียโอกาสทางการผลิต*

ค่าเสียโอกาสทางการผลิต = 80 × 5 × 150 = 60,000 *บาท*

จาก 3 ค่าที่กล่าวมาจะได้ ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง คือ

ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง = *ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม* + *ค่าแรงงานแปรผัน* + *ค่าเสียโอกาสทางการผลิต*

ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง = 84,000 + 4,200 + 60,000 = 148,200 *บาท*

รวมค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง จะได้

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา = *ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง* + *ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง*

ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา = 0 + 148,200 = 148,200 *บาท*

4. ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission Cost)

ในการศึกษาแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกของแม่พิมพ์ หรือ มีค่าเท่ากับ 0 บาท

จากค่าที่คำนวณได้ทั้ง 4 ค่าที่ผ่านมาจะได้ว่า

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ = ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ + ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน + ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา + ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์$_{ระบบปัจจุบัน}$ = 104,280 + 187,702 + 148,200 + 0 = 440,182 *บาท*

ข. แม่พิมพ์ระบบ R&M

1. <u>ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ</u> (Acquisition Cost)

ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ = ราคาแม่พิมพ์ + ค่าใช้จ่ายเบ็ดเตล็ดของการได้มา

ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ = ราคาแม่พิมพ์ + 20% ของราคาแม่พิมพ์

ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ = 130,600 + (0.20 × 130,600) = 156,720 *บาท*

2. <u>ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน</u> (Operating Cost)

ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน = ค่าแรงงานทางตรง + ค่าสาธารณูปโภค + ค่าของใช้สิ้นเปลือง + ค่าจัดการของเสีย + ค่าจัดเก็บอะไหล่

2.1 ค่าแรงงานทางตรง

ค่าแรงงานทางตรง = เวลาผลิต × อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการผลิต

ค่าแรงงานทางตรง = 5,556 × 25 = 138,900 *บาท*

2.2 ค่าสาธารณูปโภค

$$\text{ค่าสาธารณูปโภค} = \text{เวลาผลิต} \times \text{อัตราสาธารณูปโภค}$$

$$\text{ค่าสาธารณูปโภค} = 5{,}556 \times 7 = 38{,}892 \text{ บาท}$$

2.3 ค่าวัสดุสิ้นเปลือง

$$\text{ค่าวัสดุสิ้นเปลือง} = \text{เวลาผลิต} \times \text{อัตราวัสดุสิ้นเปลือง}$$

$$\text{ค่าวัสดุสิ้นเปลือง} = 5{,}556 \times \left(\frac{110}{416} + \frac{170}{416}\right) = 3{,}740 \text{ บาท}$$

2.4 ค่าจัดการของเสีย

ในการศึกษาแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ไม่มีค่าจัดการของเสีย หรือ มีค่าเท่ากับ 0 บาท

2.5 ค่าจัดเก็บอะไหล่

ในการศึกษาแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ไม่มีค่าจัดเก็บอะไหล่ หรือ มีค่าเท่ากับ 0 บาท

จาก 5 ค่าที่ได้ จะได้ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน คือ

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน} = \text{ค่าแรงงานทางตรง} + \text{ค่าสาธารณูปโภค} + \text{ค่าของใช้สิ้นเปลือง} + \text{ค่าจัดการของเสีย} + \text{ค่าจัดเก็บอะไหล่}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน} = 138{,}900 + 38{,}892 + 3{,}740 + 0 + 0 = 181{,}532 \text{ บาท}$$

3. <u>ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา</u> (Maintenance Cost)

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา} = \text{ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง} + \text{ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง}$$

3.1 ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง

3.1.1 ค่าแรงงานทางตรง

ค่าแรงงานทางตรง = เวลาบำรุงรักษา × อัตราแรงงานทางตรงสำหรับการบำรุงรักษา

ค่าแรงงานทางตรง = 30 × 100 = 3,000 *บาท*

3.1.2 ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา

ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา = 20%*ของค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ*

ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา = 0.2 × 157,720 = 31,344 *บาท*

จาก 2 ค่าที่กล่าวมาจะได้ ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง คือ

ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง = ค่าแรงงานทางตรง + ค่าชิ้นส่วนในการบำรุงรักษา

ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง = 3,000 + 313,44 =34,344 *บาท*

3.2 ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง

ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง = ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม + ค่าแรงงานแปรผัน + ค่าเสียโอกาสทางการผลิต

ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง ประกอบด้วย

3.2.1 ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม

ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม = จำนวนครั้งของการขัดข้องเสียหาย × อัตราค่าใช้จ่ายเฉลี่ยในการซ่อมต่อครั้ง

ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม = 10 × 1,050 = 10,500 *บาท*

3.2.2 ค่าแรงงานแปรผัน

$$\text{ค่าแรงงานแปรผัน} = 5\%\text{ของค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม}$$

$$\text{ค่าแรงงานแปรผัน} = 0.05 \times 10{,}500 = 525 \text{ บาท}$$

3.2.3 ค่าเสียโอกาสทางการผลิต

$$\text{ค่าเสียโอกาสทางการผลิต} = \text{เวลาหยุดเนื่องจากการขัดข้อง} \times \text{อัตราการเสียโอกาสทางการผลิต}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสทางการผลิต} = \text{จำนวนครั้งที่ขัดข้อง} \times \text{เวลาเฉลี่ยของการซ่อมคืนสภาพ} \times \text{อัตราการเสียโอกาสทางการผลิต}$$

$$\text{ค่าเสียโอกาสทางการผลิต} = 10 \times 5 \times 150 = 7{,}500 \text{ บาท}$$

จาก 3 ค่าที่กล่าวมาจะได้ ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง คือ

$$\text{ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง} = \text{ค่าใช้จ่ายเฉลี่ยของการซ่อม} + \text{ค่าแรงงานแปรผัน} + \text{ค่าเสียโอกาสทางการผลิต}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง} = 10{,}500 + 525 + 7{,}500 = 18{,}525 \text{ บาท}$$

รวมค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุงและค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง จะได้

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา} = \text{ค่าใช้จ่ายตามตารางซ่อมบำรุง} + \text{ค่าใช้จ่ายนอกตารางซ่อมบำรุง}$$

$$\text{ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา} = 34{,}344 + 18{,}525 = 52{,}869 \text{ บาท}$$

4. ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก (Conversion or Decommission Cost)

ในการศึกษาแม่พิมพ์ตัวอย่างนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิกของแม่พิมพ์ หรือ มีค่าเท่ากับ 0 บาท

จากค่าที่คำนวณได้ทั้ง 4 ค่าที่ผ่านมาจะได้ว่า

ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์ = ค่าใช้จ่ายในการได้มาเป็นเจ้าของ + ค่าใช้จ่ายในการใช้งาน + ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา + ค่าใช้จ่ายในการปรับเปลี่ยนหรือยกเลิก

$$\text{ค่าใช้จ่ายตลอดอายุแม่พิมพ์}_{\text{ระบบ } R\&M} = 156{,}720 + 181{,}532 + 52{,}869 + 0 = 391{,}121 \text{ บาท}$$

<u>วิธีการคำนวณประสิทธิผลของต้นทุนในแง่ปริมาณการผลิต</u>

ประสิทธิผลของต้นทุน (Cost Effectiveness) ในแง่ปริมาณการผลิตที่คาดหวัง สามารถคำนวณได้ตามสมการ

$$CE = \frac{SE}{LCC}$$

CE = ประสิทธิผลของต้นทุน

SE = ประสิทธิผลของระบบ (คิดที่ปริมาณการผลิตที่ 500,000 รอบการฉีด)

LCC = ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นตลอดอายุ

ก. **แม่พิมพ์ระบบปัจจุบัน**

ประสิทธิผลของต้นทุนในระบบปัจจุบัน :

$$CE_{\text{ระบบปัจจุบัน}} = \frac{500{,}000}{440{,}182} = 1.14$$

ข. **แม่พิมพ์ระบบ R&M**

ประสิทธิผลของต้นทุนในระบบ R&M:

$$CE_{\text{ระบบ}R\&M} = \frac{500{,}000}{391{,}121} = 1.28$$

<u>แนวทางในการแก้ไขปัญหาแม่พิมพ์ตามระบบ R&M</u>

จากแม่พิมพ์ตัวอย่างที่ทำการศึกษา ซึ่งพบปัญหาที่เกิดขึ้น ทางฝ่ายแม่พิมพ์ได้ทำการวิเคราะห์หาสาเหตุและเสนอแนะวิธีแก้ไขปรับปรุงเพื่อให้ได้ดังเป้าหมายที่ต้องการ คือ ลดอัตราการขัดข้องเสียหายที่ 6,250 รอบการฉีดต่อครั้ง เป็น 50,000 รอบการฉีดต่อครั้ง ดังสรุปได้ตามตารางที่ ฉ.2

ตารางที่ ฉ.2 วิธีการแก้ไขปัญหาแม่พิมพ์ระบบปัจจุบันตามแนวทาง R&M

ปัญหา	สาเหตุ	วิธีการแก้ไข
1. ปัญหาการเกิดครีบของชิ้นงานพลาสติก	• ตัวเบ้าวางระดับการติดตั้งที่ไม่ถูกต้องตามการออกแบบ • เกิดการเสียรูปของตัวเดือยที่ยื่นออกมา	• ทำการวิเคราะห์ค่าเผื่อของแรงที่เกิดขึ้นในแต่ละรอบการฉีด และเพิ่ม Safety of Factor โดยเพิ่มเกรดของวัสดุหรือเพิ่มกระบวนการชุบ/เคลือบผิว • ทำการออกแบบตัวรับเพื่อลดการกระแทกและทำให้เกิดการเสียรูป • ทำการทดสอบและตัวสอบจุดที่น่าจะเกิดโอกาสของความคลาดเคลื่อนจากการผลิตและการประกอบ
2. ปัญหาการติดขัดของก้านกระทุ้ง	• เกิดการเบียดของแนวก้านกระทุ้ง • ก้านกระทุ้งเสียรูปจากการใช้งาน	• ทำการออกแบบระยะ Clearance ให้เพิ่มขึ้น • ใช้ก้านกระทุ้งที่มีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นด้วยการเพิ่มเกรดวัสดุหรือเพิ่มกระบวนการชุบ/เคลือบผิว • เพิ่มจำนวนสปริง หรือความแกร่งของสปริง • จัดทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันโดยทำความสะอาด และเปลี่ยนก้านกระทุ้งก่อนการเสียรูป
3. ปัญหาการเสียรูปของตัวเบ้าฝั่งตัวเมีย	• การปรับตั้งค่าการฉีดเกินขีดจำกัดของวัสดุแม่พิมพ์จากพนักงานปรับฉีด • เกิดการเสียดสีของคราบสกปรกบริเวณผิวของเบ้า	• สร้างคู่มือแม่พิมพ์เพื่อระบุวิธีการใช้งานที่ถูกต้องและขีดจำกัดของเงื่อนไขการปรับฉีด • กำหนดให้มีการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อทำความสะอาดหน้าสัมผัสและป้องกันการเกิดปัญหาที่ร้ายแรง

หมายเหตุ : *การจัดทำคู่มือแม่พิมพ์ รวมไปถึงการเก็บประวัติการใช้งานและการซ่อมบำรุง เพื่อง่ายต่อการวินิจฉัยสาเหตุและลดเวลาในการซ่อมคืนสภาพ*

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นาย ศรีสิทธิ์ เจียรบุตร เกิดวันเสาร์ที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2518 ที่จังหวัดยะลา ศึกษาระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ที่โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สำเร็จการศึกษา ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ในปีการศึกษา 2540 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปีการศึกษา 2543 ปัจจุบันทำงานที่สถาบันค้นคว้าและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตทางอุตสาหกรรม (RDiPT) คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย