



การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบ
และพัฒนาแม่พิมพ์อัดยาง

โดย

นางสาวธิดา เกษมศรีรัตน์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและ
พัฒนาแม่พิมพ์อัดยาง

โดย

นางสาวธิดา เกษมศรีรัตน์



การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
ปีการศึกษา 2558
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์



APPLICATION OF FMEA TECHNIQUE FOR RUBBER COMPRESSION
MOLD DESIGN AND DEVELOPMENT

BY

MISS THIDA KASAMESRIRAT



AN INDEPENDENT STUDY SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF THE
REQUIREMENTS FOR THE DEGREE OF MASTER OF ENGINEERING
IN INDUSTRIAL DEVELOPMENT

DEPARTMENT OF INDUSTRIAL ENGINEERING
FACULTY OF ENGINEERING
THAMMASAT UNIVERSITY
ACADEMIC YEAR 2015

COPYRIGHT OF THAMMASAT UNIVERSITY

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์

คณะวิศวกรรมศาสตร์

การค้นคว้าอิสระ

ของ

นางสาวธิดา เกษมศรีรัตน์

เรื่อง

การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์อัดยาง

ได้รับการตรวจสอบและอนุมัติ ให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

เมื่อ วันที่ 6 มิถุนายน พ.ศ. 2559

ประธานกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ)

กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ



(รองศาสตราจารย์ ดร. มณฑล ศาสนนันท์)

กรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ



(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรัตน์ กังสัมฤทธิ์)

คณบดี



(รองศาสตราจารย์ ดร. ประสิทธิ์ วังศกาญจน์)

| | |
|---------------------------------|--|
| หัวข้อการค้นคว้าอิสระ | การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์อัดยาง |
| ชื่อผู้เขียน | นางสาวธิดา เกษมศรีรัตน์ |
| ชื่อปริญญา | วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต |
| สาขาวิชา/คณะ/มหาวิทยาลัย | สาขาวิชาการพัฒนางานอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระ | รองศาสตราจารย์ ดร. มณฑล ศาสนนันทน์ |
| ปีการศึกษา | 2558 |

บทคัดย่อ

จากปัญหาที่เกิดขึ้นในธุรกิจแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูปของพื้นที่กรณีศึกษาโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบพบว่า ปัญหาหลักคือการออกแบบแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสมทั้งขนาด รูปร่าง และส่วนประกอบอันนำไปสู่ขั้นตอนการประกอบที่สิ้นเปลืองเวลาและพลังงาน ดังนั้นจึงนำปัญหาที่พบมาเข้าสู่หลักการออกแบบเพื่อการผลิตและการประกอบโดยออกแบบแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูปใหม่ ผลการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่พบว่า ผลการประเมินชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางภายหลังการออกแบบใหม่เป็นดังนี้คือ 1) จำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ก่อนการปรับปรุงแม่พิมพ์อัดยางมีจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด 5 ชิ้นส่วน สามารถลดจำนวนชิ้นส่วนลงเหลือ 4 ชิ้นส่วน 2) ผลการประเมินขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางก่อนการปรับปรุงมีทั้งหมด 15 ขั้นตอนสามารถลดขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางลงเหลือ 6 ขั้นตอน 3) ผลการประเมินเวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางก่อนการปรับปรุงใช้เวลาในการถอดและประกอบแม่พิมพ์ 96.98 วินาที สามารถลดเวลาในการถอดและประกอบแม่พิมพ์ลงเหลือ 50 วินาที 4) ผลการประเมินดัชนีการประกอบก่อนการปรับปรุงประเมินได้ 9.28% แต่หลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 18% จึงสรุปว่าการปรับปรุงกระบวนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางมีประสิทธิภาพมากขึ้นเมื่อเทียบกับของเดิม

คำสำคัญ: แม่พิมพ์อัดยาง, หลักการออกแบบเพื่อการผลิตและการประกอบ

| | |
|-------------------------------|---|
| Independent Study Title | APPLICATION OF FMEA TECHNIQUE FOR RUBBER COMPRESSION MOLD DESIGN AND DEVELOPMENT |
| Author | Miss Thida Kasamesrirat |
| Degree | Master of Engineering |
| Department/Faculty/University | Industrial Development Faculty of Engineering Thammasat University |
| Independent Study Advisor | Assoc. Prof. Dr. Montalee Sasananan |
| Academic Years | 2015 |

ABSTRACT

This paper is a case study of rubber compression molding. Failure mode and effects analysis (FMEA) is applied in order to explore the problems concerning mold design. The results indicated that the main problem in the original mold design was inappropriate use of size and shape of the molding components which led to inefficient use of materials and longer operation time for manufacturing the rubber parts. This paper aims to redesign the rubber mold to help reducing the problems by applying design for assembly (DFA) techniques and 4 key performance indices (KPI). The redesigned mold has achieved the following results: 1) the number of assembly parts used has reduced from 5 to 4 parts, 2) the number of assembly operations has reduced from 15 to 6 steps, 3) Assembly cycle time has reduced from 96.98 to 50 seconds and 4) Assembly index has increased from 9.28% to 18%. As a consequence, the redesign mold is more efficient compared to the original design.

Keywords: rubber compression molding, design for assembly

กิตติกรรมประกาศ

การค้นคว้าอิสระฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความอนุเคราะห์จาก รองศาสตราจารย์ ดร. มณฑล ศาสนนันท์ อาจารย์ที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำถึงแนวทางในการศึกษาช่องทางการเข้าถึง แหล่งความรู้ และสละเวลาอันมีค่าในการให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ต่อผู้วิจัยในทุกๆ ด้าน เพื่อ มุ่งหวังให้งานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้อย่างสมบูรณ์

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบ ซึ่งประกอบด้วย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อภิวัฒน์ มุตตามระ และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วรรัตน์ กังสัมฤทธิ์ สำหรับคำแนะนำในการปรับปรุง งานวิจัยอันเป็นประโยชน์ ทำให้การค้นคว้าอิสระมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

สุดท้ายนี้ผู้วิจัยหวังว่า การค้นคว้าอิสระฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อผู้ที่สนใจ เพื่อนำไป ประยุกต์ใช้งาน หรือเป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมต่อไป

นางสาวธิดา เกษมศรีรัตน์

สารบัญ

| | หน้า |
|--|------|
| บทคัดย่อภาษาไทย | (1) |
| บทคัดย่อภาษาอังกฤษ | (2) |
| กิตติกรรมประกาศ | (3) |
| สารบัญตาราง | (7) |
| สารบัญภาพ | (8) |
| บทที่ 1 บทนำ | 1 |
| 1.1 ความสำคัญของปัญหา | 1 |
| 1.2 วัตถุประสงค์ | 1 |
| 1.3 ขอบเขตการศึกษา | 2 |
| 1.4 วิธีการดำเนินงาน | 2 |
| 1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน | 3 |
| 1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ | 4 |
| บทที่ 2 วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 6 |
| 2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ | 5 |
| 2.1.1 เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly, DFA) | 5 |
| 2.1.2 เทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ | 13 |
| 2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง | 20 |
| 2.3 บทสรุป | 23 |

| | |
|--|----|
| บทที่ 3 วิธีดำเนินงานวิจัย | 24 |
| 3.1 ศึกษารูปแบบและข้อกำหนดของแม่พิมพ์อัดยาง | 24 |
| 3.2 การกำหนดตัวชี้วัดสำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์ | 25 |
| 3.3 ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบ | 25 |
| 3.4 วิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอด และประกอบของแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบ | 25 |
| 3.5 ออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ | 30 |
| 3.6 ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ | 34 |
| 3.7 เปรียบเทียบผลการประเมินตัวชี้วัดก่อนและหลังปรับปรุง | 34 |
| 3.8 สรุปผลการวิจัย | 35 |
| 3.9 บทสรุปวิธีดำเนินงานวิจัย | 35 |
| บทที่ 4 ผลการดำเนินงานวิจัย | 37 |
| 4.1 รูปแบบและข้อกำหนดของแม่พิมพ์ อัดยางขึ้นรูป | 37 |
| 4.1.1 ลักษณะและหน้าที่ขึ้นส่วนของแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูปแม่พิมพ์ | 37 |
| 4.1.2 ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง | 38 |
| 4.2 ค่าตัววัดก่อนการปรับปรุง | 39 |
| 4.3 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางเดิม | 41 |
| 4.4 การปรับปรุงแม่พิมพ์อัดยางใหม่ | 42 |
| 4.5 ค่าตัวชี้วัดหลังการปรับปรุง | 47 |
| บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ | 50 |
| 5.1 ผลการประเมินจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง | 50 |
| 5.2 ผลการประเมินขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์ | 51 |
| 5.3 ผลการประเมินเวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง | 51 |
| 5.4 ผลการประเมินดัชนีการประกอบ | 51 |

(6)

รายการอ้างอิง

53

ประวัติผู้เขียน

56



สารบัญตาราง

| ตารางที่ | | หน้า |
|----------|---|------|
| 1.1 | ระยะเวลาในการดำเนินการทำงานวิจัย | 3 |
| 2.1 | การแบ่งรหัสชิ้นส่วน และฐานข้อมูลของลักษณะชิ้นส่วนที่มีผลต่อเวลาการหยิบจับ | 9 |
| 2.2 | เวลายามาตรฐานที่ใช้ในการสวมใส่และการจับยึด | 10 |
| 2.3 | กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity-S) | 16 |
| 2.4 | กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (Occurrence-O) | 17 |
| 2.5 | กฎเกณฑ์การประเมินผลตรวจจับ (Detection-D) | 19 |
| 3.1 | ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้สำหรับการออกแบบแม่พิมพ์ | 24 |
| 3.2 | ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในธุรกิจอัดยางขึ้นรูป โดยใช้เทคนิค FMEA | 26 |
| 3.3 | ค่า FMEA ก่อนทำการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ | 29 |
| 3.4 | เกณฑ์การออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ | 30 |
| 3.5 | เปรียบเทียบค่า FMEA ก่อนและหลังออกแบบแม่พิมพ์ | 35 |
| 4.1 | ประเมินการถอดประกอบของแม่พิมพ์อัดยาง | 41 |
| 4.2 | อัตราการนำความร้อนของแม่พิมพ์เดิม และแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ | 43 |
| 4.3 | ประเมินการถอดประกอบของแม่พิมพ์อัดยางหลังการปรับปรุง | 48 |
| 4.4 | เวลาการปฏิบัติงานทั้งหมดในการปฏิบัติงานจริงภายหลังการปรับปรุงแม่พิมพ์ | 49 |
| 5.1 | เปรียบเทียบผลการประเมินตามตัวชี้วัดก่อนและหลังการปรับปรุง | 52 |

สารบัญภาพ

| ภาพที่ | | หน้า |
|--------|---|------|
| 2.1 | ความสมมาตรของชิ้นส่วนที่มีต่อเวลาการหยิบจับ | 7 |
| 2.2 | แบบฟอร์ม FMEA สำหรับการออกแบบ | 14 |
| 3.1 | ขั้นตอนของวิธีดำเนินงานวิจัย | 36 |
| 4.1 | แม่พิมพ์อัดยาง (Rubber Compression Mold) | 37 |
| 4.2 | ส่วนประกอบของแม่พิมพ์ | 37 |
| 4.3 | ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง | 39 |
| 4.4 | แม่พิมพ์อัดยางก่อนแยกชิ้นส่วนประกอบ | 40 |
| 4.5 | แม่พิมพ์อัดยางหลังแยกชิ้นส่วนประกอบและแสดงทิศทางการประกอบ | 40 |
| 4.6 | ขนาดของแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ | 43 |
| 4.7 | แม่พิมพ์แผ่นบนก่อนและหลังออกแบบใหม่ | 44 |
| 4.8 | แม่พิมพ์แผ่นกลางก่อนและหลังออกแบบใหม่ | 45 |
| 4.9 | หุยกชิ้นงานที่ออกแบบใหม่ | 45 |
| 4.10 | แม่พิมพ์แผ่นล่างก่อนและหลังออกแบบใหม่ | 46 |
| 4.11 | การแยกส่วนประกอบของแม่พิมพ์ก่อนและหลังออกแบบใหม่ | 46 |
| 4.12 | แม่พิมพ์อัดยางแบบใหม่ ก่อนแยกชิ้นส่วนประกอบ | 47 |
| 4.13 | แม่พิมพ์อัดยางแบบใหม่ หลังแยกชิ้นส่วนประกอบ | 48 |

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันธุรกิจเกี่ยวกับการแปรรูปวัตถุดิบจากยางภายในประเทศถูกผลักดันจากรัฐบาล เนื่องจากวัตถุดิบยางในประเทศไทยมีราคาถูก จึงทำให้ธุรกิจแปรรูปยางดิบมีตลาดที่ขยายกว้างและเป็นที่ต้องการของกลุ่มลูกค้าหลายกลุ่มอาชีพ แต่ด้วยบุคคลากรที่มีความรู้ในการทำแม่พิมพ์อัดยางมีน้อยอีกทั้งส่วนใหญ่เป็นแรงงานที่มีอายุมากแล้ว ทำให้การออกแบบและปรับปรุงแม่พิมพ์อัดยางมีการเปลี่ยนแปลงไม่มากเมื่อเทียบกับเมื่อก่อน เพราะแรงงานสมัยใหม่จะทำแม่พิมพ์ตามแบบดั้งเดิมที่ถ่ายทอดมาจากแรงงานรุ่นก่อน ทำให้แม่พิมพ์อัดยางที่ใช้กันส่วนใหญ่ มีขนาดและรูปร่างที่ไม่เหมาะสม อาทิเช่น มีน้ำหนักมากเกินไปหรือออกแบบชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็น และสิ้นเปลือง อันนำไปสู่ประสิทธิภาพการทำงานที่ลดลงในขณะที่ค่าจ้างแรงงานเพิ่มสูงขึ้น

ธุรกิจโรงงานอัดยางขึ้นรูปเป็นธุรกิจที่มีต้นทุนที่สูงเมื่อเทียบกับการขึ้นรูปยางด้วยวิธีอื่น อีกทั้งปริมาณสินค้าที่ผลิตได้ในแต่ละวันจะน้อยกว่าการฉีดขึ้นรูป ดังนั้นถ้าสามารถลดระยะเวลาการทำงานจากการถอดประกอบชิ้นส่วนแม่พิมพ์ลงได้จะทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้มากขึ้นจึงเป็นที่มาของการออกแบบแม่พิมพ์ให้ใช้งานง่ายและตัดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นออก ซึ่งจะส่งผลให้ธุรกิจมีกำไรมากขึ้นจากต้นทุนที่ลดลงทั้งด้านต้นทุนวัตถุดิบ และต้นทุนด้านแรงงาน อีกทั้งเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับลูกจ้าง

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้นในการทำธุรกิจแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูป แล้วประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการออกแบบตั้งแต่ขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์ การขึ้นรูปแม่พิมพ์ และการอัดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง

1.2.2 นำหลักการออกแบบเพื่อการผลิตและการประกอบ (DFA) มาใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูป เพื่อลดความซับซ้อน และชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นของแม่พิมพ์

1.3 ขอบเขตการศึกษา

ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแม่พิมพ์สามส่วน ด้วยกรรมวิธีอัดยางขึ้นรูป โดยเครื่องอัดมีกำลังอัดสูงสุด 400 bar อุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการขึ้นรูปยางอยู่ที่ 150 องศาเซลเซียส และงานวิจัยเป็นข้อมูลในพื้นที่กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1.4.1 ค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้นของธุรกิจโรงงานอัดยางภายในพื้นที่กรณีศึกษา แล้วทำการรวบรวมข้อมูลเพื่อวิเคราะห์หาข้อบกพร่องโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์หาสาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ(Failure Mode and Effects Analysis, FMEA) เพื่อวางแผนแนวทางแก้ไขอันนำไปสู่การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในพื้นที่กรณีศึกษา

1.4.2 กำหนดตัวชี้วัดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการออกแบบแม่พิมพ์ ดังนี้

- 1) จำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดประกอบแม่พิมพ์อัดยาง
- 2) ขั้นตอนการถอด และประกอบแม่พิมพ์อัดยาง
- 3) เวลาที่ใช้ในการถอด และประกอบแม่พิมพ์อัดยาง

4) ดัชนีการประกอบ (Assembly Index) โดยใช้วิธีประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์-ดีวเฮอรัสต์ (Boothroyd-Dew Hurst Assembly Evaluation Method)

1.4.3 ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบ โดยใช้วิธีการประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์-ดีวเฮอรัสต์ (Boothroyd-Dew Hurst Assembly Evaluation Method)

1.4.4 วิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอด และประกอบของแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบ

1.4.5 ออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ โดยใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly, DFA)

1.4.6 ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ โดยใช้วิธีการประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์-ดีวเฮอรัสต์ (Boothroyd-Dew Hurst Assembly Evaluation Method)

1.4.7 เปรียบเทียบผลการประเมินตัวชี้วัดก่อนและหลังปรับปรุง

1.4.8 สรุปผลการวิจัย

1.5 ระยะเวลาการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1

ระยะเวลาในการดำเนินการทำงานวิจัย

| กิจกรรม | พ.ย. | ธ.ค. | ม.ค. | ก.พ. | มี.ค. |
|---|------|------|------|------|-------|
| | 58 | 58 | 58 | 58 | 58 |
| 1. ค้นหาปัญหาที่เกิดขึ้นของธุรกิจโรงงานอัดยางโดยใช้เทคนิค FMEA เพื่อวางแผนการแก้ไขปัญหาดังกล่าวแล้วทำการแก้ไข | | | | | |
| 2. กำหนดตัวชี้วัดสำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกแบบ | | | | | |
| 3. ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบของแม่พิมพ์ต้นแบบ โดยใช้วิธีการประเมินแบบบูธทรอยด์-ดิวิเฮอร์ส | | | | | |
| 4. วิเคราะห์ข้อบกพร่องในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบ | | | | | |
| 5. ออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ โดยใช้เทคนิค DFA | | | | | |
| 6. ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่โดยใช้วิธีการประเมินการประกอบบูธทรอยด์-ดิวิเฮอร์ส | | | | | |
| 7. เปรียบเทียบผลการประเมินตัวชี้วัดก่อนและหลังปรับปรุง | | | | | |
| 8. สรุปผลการวิจัย | | | | | |

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.6.1 สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการประกอบธุรกิจอย่างขึ้นรูปจากการวิเคราะห์หาสาเหตุ และข้อบกพร่องของผลกระทบที่เกิดขึ้น แล้วทำการแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยสามารถลดต้นทุนการผลิตลงได้

1.6.2 ผลที่ได้จากการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ โดยใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (DFA) มีค่าสูงขึ้นเมื่อเทียบกับแม่พิมพ์ต้นแบบ นอกจากนี้สามารถลดระยะเวลาการผลิตชิ้นงานลง และลดความล่าช้าจากกระบวนการทำงานได้



บทที่ 2

วรรณกรรมและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับการออกแบบ

2.1.1 เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly, DFA)

สำหรับการออกแบบเพื่อการประกอบนั้นจะมีวัตถุประสงค์เพื่อลดจำนวนชิ้นส่วน และระยะเวลาในการประกอบ โดยจะเน้นการออกแบบให้ง่ายขึ้นจากการกำจัดชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็น ออกแล้วใช้หลักเกณฑ์ของการมีชิ้นส่วนแยกจากกันมาพิจารณา (บุรรอยด์และดิวิเซอร์ส, 1994) ซึ่งจะมีเกณฑ์สำหรับพิจารณา 3 ข้อดังนี้

1. ในสภาพการทำงานปกติของผลิตภัณฑ์สุดท้ายนั้น ชิ้นส่วนนั้นมีความจำเป็นที่จะต้องเคลื่อนที่สัมพันธ์กับชิ้นส่วนอื่นทั้งหมดที่ทำการประกอบแล้วหรือไม่
2. ชิ้นส่วนนั้นจำเป็นจะต้องทำด้วยวัสดุที่ต่างชนิดจากส่วนอื่นหรือไม่ อาทิเช่น เพื่อเป็นฉนวนทางไฟฟ้า ฉนวนกันความร้อน หรือเพื่อลดความสั่นสะเทือน เป็นต้น
3. ชิ้นส่วนนั้นจำเป็นจะต้องแยกออกจากส่วนอื่น ไม่เช่นนั้นจะทำให้ไม่สามารถที่จะทำการประกอบผลิตภัณฑ์ได้หรือไม่

ซึ่งชิ้นส่วนที่จำเป็นจะต้องมีอยู่ในตัวผลิตภัณฑ์ เป็นชิ้นส่วนที่ตอบว่า “ใช่” ให้มีค่าเป็น “1” จากคำถามข้อใดข้อหนึ่งจาก 3 หลักเกณฑ์ที่กล่าวมาข้างต้น และหากเป็นชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็นต้องมีอยู่ในตัวของผลิตภัณฑ์ ซึ่งถูกตอบว่า “ไม่” โดยให้มีค่าเป็น “0” สำหรับคำถามในข้อใดข้อหนึ่งจาก 3 ข้อที่ได้กล่าวมาข้างต้น

นอกจากนี้วิธีการลดจำนวนชิ้นส่วนสำหรับการประกอบทำได้โดยการกำจัดสิ่งที่ไม่ใช้ชั้นแนบแบบแยกส่วน อาทิเช่น สกรู ให้เปลี่ยนมาเป็นวิธีการกดยึด (Snap Fits) ระหว่างชิ้นส่วนแทน หรือทำการออกแบบชิ้นส่วนให้ทำงานได้หลากหลายด้านโดยชิ้นส่วนชิ้นเดียวกันสามารถทำงานได้หลากหลายผลิตภัณฑ์

ถ้าพิจารณาจากกลไกการทำงานหลักของชิ้นส่วนในผลิตภัณฑ์ อย่างน้อย 3 อย่างจะมีลักษณะดังนี้คือ

- 1) การจับ (Grasping) คือ การจับยึดชิ้นส่วนเมื่อถึงเวลาที่จะต้องประกอบ ซึ่งอาจจะใช้มือหรือเครื่องมือการจับอัตโนมัติสำหรับการจับชิ้นงานไว้
- 2) การเคลื่อนไหว (Moving) คือ การเคลื่อนย้ายชิ้นส่วนจากจุดเดิมไปยังอีกจุด อาจเคลื่อนที่ด้วยมือผู้ประกอบหรือใช้เครื่องมืออัตโนมัติสำหรับการประกอบชิ้นงาน

3) การสอดใส่ (Inserting) คือ การสอดใส่ชิ้นส่วนหนึ่งกับอีกชิ้นส่วนอื่นๆ ซึ่งจะเคลื่อนที่โดยผู้ที่ทำการประกอบหรือการใช้เครื่องมืออัตโนมัติเข้ามาช่วย

การลดจำนวนการทำงานที่กล่าวไว้เบื้องต้นสามารถทำได้ด้วยการลดจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการประกอบ ซึ่งจะส่งผลดี เช่น ช่วยในการลดกระบวนการในการทำงาน ลดระยะเวลาการปรับตั้ง หรือลดจำนวนอุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการจับยึด

การวัดความสามารถในการประกอบนั้น แบ่งออกได้เป็น 2 วิธี คือ การใช้ตัวชี้วัดเชิงคุณภาพ (Qualitative Measures) และการใช้ตัวชี้วัดเชิงปริมาณ (Quantitative Measures) ซึ่งตัวชี้วัดเชิงคุณภาพจะเป็นการประเมินความสามารถในการประกอบจากการใช้ประสบการณ์หรือความชำนาญโดยไม่ต้องอาศัยการคำนวณต้นทุน และระยะเวลาในการประกอบ ส่วนตัวชี้วัดเชิงปริมาณ จะประเมินความสามารถในการประกอบ โดยการใช้อย่างหนึ่งในการประกอบ ซึ่งจะบ่งบอกความยากง่ายในการประกอบ วิธีที่ใช้นั้นมีด้วยกัน 2 วิธี คือ การประเมินแบบบูธรอยด์ และดิวเฮอร์สในการประเมินประสิทธิภาพการออกแบบ

1) การประเมินแบบบูธรอยด์และดิวเฮอร์ส (Boothroyd-Dewhurst Assembly Evaluation Method)

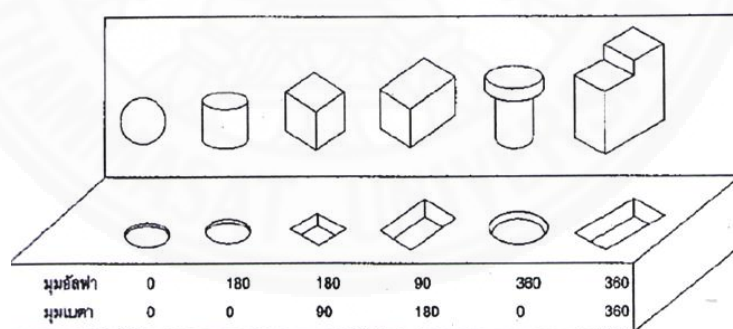
การประเมินการประกอบแบบบูธรอยด์และดิวเฮอร์สสามารถวัดประสิทธิภาพในการประกอบจากกิจกรรมการหยิบจับ การสอดใส่ชิ้นส่วน (Handling and Inserting) และการจับยึด (Fastening) ซึ่งจะหาจากความยากในการหยิบจับ (Handling Difficulties) โดยความยากในการหยิบจับจะต้องอยู่ในทิศทางที่ต้องการ แล้วจึงใช้วิธีเดียวกันหาความยากในการสอดใส่ (Inserting Difficulties) รวมทั้งความผิดพลาดต่างๆ ซึ่งต้องใช้เวลาเพิ่มขึ้น จากนั้นจึงทำการคำนวณประสิทธิภาพในการประกอบ (Assembly Efficiency) หรือ DFA index

ประสิทธิภาพในการประกอบ หรือ DFA index เป็นการเวลาที่น้อยที่สุดสำหรับการประกอบทางอุดมคติส่วนด้วยเวลาในการประกอบจริงตามสมการ 2.1

$$\frac{\text{ประสิทธิภาพในการประกอบ}}{\text{DFA Index}} = \frac{\text{เวลาการประกอบตามอุดมคติ}}{\text{เวลาการประกอบที่ใช้จริง}} = \frac{3xN_{min}}{t_{ma}} \quad (2.1)$$

เวลาการประกอบในอุดมคติ เท่ากับ $3 \times N_{\min}$ ซึ่ง N_{\min} หมายถึง จำนวนที่น้อยที่สุดที่ควรจะมีในทางทฤษฎี และ 3 วินาที คือ เวลาเฉลี่ยในการประกอบชิ้นส่วน มาจากการสมมติฐานที่ว่า การประกอบชิ้นส่วนในอุดมคติด้วยมือจะใช้เวลา 1.50 วินาทีสำหรับการหยิบจับ และ 1.50 วินาทีสำหรับการสอดใส่ หรือการยึดติดเข้าด้วยกัน ส่วนเวลาการประกอบที่ใช้จริงแทนค่าด้วย t_{ma} โดยเป็นเวลาที่ใช้ในการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์สุดท้าย ค่าประสิทธิภาพในการประกอบ (DFA Index) ซึ่งได้จากการคำนวณในสมการที่ (2.1) บ่งบอกว่าถ้ายังมีค่าสูงแบบของผลิตภัณฑ์ดังกล่าวจะมีความเหมาะสมมากสำหรับการประกอบในขั้นสุดท้าย

บุรทรอยด์ และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาถึงผลกระทบของลักษณะชิ้นงานรูปแบบต่างๆ ซึ่งมีผลต่อเวลาการประกอบด้วยมือ อาทิเช่น ผลกระทบจากความหนาและขนาดของชิ้นงาน ผลกระทบจากน้ำหนักชิ้นงาน ผลกระทบจากความสมมาตร เป็นต้น เพื่อให้การคำนวณเวลาที่ใช้ในการประกอบผลกระทบจากความสมมาตรของชิ้นส่วนที่มีต่อระยะเวลาการหยิบจับ สามารถแบ่งได้ 2 วิธี คือ (1) ความสมมาตรแบบอัลฟา (Alpha symmetry, α) คือมุมที่ชิ้นส่วนจะต้องหมุนให้กลับมาที่ตำแหน่งเดิม พิจารณาจากการหมุนรอบแกนตั้งฉากกับแกนสอดใส่ (2) ความสมมาตรแบบเบตา (Beta Symmetry, β) คือมุมที่ชิ้นส่วนจะต้องหมุนเพื่อมายังตำแหน่งเริ่มต้น ซึ่งพิจารณาการหมุนรอบแกนสอดใส่ดังภาพที่ 2.1 และเมื่อนำความสมมาตรแบบอัลฟาเข้ามารวมกับแบบเบตา จะได้มุมสมมาตรรวม (Total Angle of Symmetry, $\alpha + \beta$)



ภาพที่ 2.1 ความสมมาตรของชิ้นส่วนที่มีต่อเวลาการหยิบจับ

ที่มา: บุรทรอยด์ และคณะ (1994) อ้างโดย มณฑลลี ศาสสนันท์ (2550) หน้า 205

บุรทรอยด์ และคณะ (1994) ทำการศึกษาถึงผลกระทบทางลักษณะชิ้นงานในรูปแบบต่างๆ ที่ส่งผลต่อเวลาการหยิบจับด้วยมือ โดยแบ่งลักษณะชิ้นงานออกเป็นรหัสตัวเลข 2 หน่วย ซึ่งเลขหน่วยแรกจะใช้ตัวเลข 0-9 และตัวเลขในหน่วยที่สองจะใช้ 0-9 เช่นกัน ซึ่งแสดงในตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1

การแบ่งรหัสชิ้นส่วน และฐานข้อมูลของลักษณะชิ้นส่วนที่มีผลต่อเวลาการหยิบจับด้วยมือ (หน่วยเป็น วินาที)

| ชิ้นส่วนสามารถหยิบจับด้วยมือเดียว โดยไม่ต้องอาศัยเครื่องมือช่วย | | ชิ้นส่วนง่ายต่อการหยิบจับ | | | | | ชิ้นส่วนยากต่อการหยิบจับ | | | | |
|--|---|---------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|--------------------------|-----------------------|-----------------|--------------|--------------|
| | | ความหนา > 2 มม. | | ความหนา ≤ 2 มม. | | | ความหนา > 2 มม. | | ความหนา ≤ 2 มม. | | |
| | | ขนาด > 15 มม. | 6 มม. ≤ ขนาด ≤ 15 มม. | ขนาด < 6 มม. | ขนาด > 6 มม. | ขนาด ≤ 6 มม. | ขนาด > 15 มม. | 6 มม. ≤ ขนาด ≤ 15 มม. | ขนาด < 6 มม. | ขนาด > 6 มม. | ขนาด ≤ 6 มม. |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $(\alpha + \beta) < 360^\circ$ | 0 | 1.13 | 1.43 | 1.88 | 1.69 | 2.18 | 1.84 | 2.17 | 2.65 | 2.45 | 2.98 |
| $360^\circ \leq (\alpha + \beta) < 540^\circ$ | 1 | 1.5 | 1.8 | 2.25 | 2.06 | 2.55 | 2.25 | 2.57 | 3.06 | 3 | 3.38 |
| $540^\circ \leq (\alpha + \beta) < 720^\circ$ | 2 | 1.8 | 2.1 | 2.55 | 2.36 | 2.85 | 2.57 | 2.9 | 3.38 | 3.18 | 3.7 |
| $(\alpha + \beta) = 720^\circ$ | 3 | 1.95 | 2.25 | 2.7 | 2.51 | 3 | 2.73 | 3.06 | 3.55 | 3.34 | 4 |

| ชิ้นส่วนสามารถหยิบจับด้วยมือเดียว แต่ต้องอาศัยเครื่องมือช่วย | | | การหยิบจับชิ้นส่วนจำเป็นต้องอาศัยคีมคีบช่วย | | | | | | | | การหยิบจับต้องใช้เครื่องมือที่ไม่ใช่คีมคีบ | การหยิบจับต้องใช้เครื่องมือพิเศษ |
|---|-------------------------------|---|---|-----------------|--------------------|-----------------|---------------------------------------|-----------------|--------------------|-----------------|--|----------------------------------|
| | | | ชิ้นส่วนสามารถหยิบจับโดยไม่ต้องใช้แว่นขยาย | | | | การหยิบจับชิ้นส่วนต้องใช้แว่นขยายช่วย | | | | | |
| | | | ชิ้นส่วนหยิบจับง่าย | | ชิ้นส่วนหยิบจับยาก | | ชิ้นส่วนหยิบจับง่าย | | ชิ้นส่วนหยิบจับยาก | | | |
| | | | ขนาด > 0.25 มม. | ขนาด ≤ 0.25 มม. | ขนาด > 0.25 มม. | ขนาด ≤ 0.25 มม. | ขนาด > 0.25 มม. | ขนาด ≤ 0.25 มม. | ขนาด > 0.25 มม. | ขนาด ≤ 0.25 มม. | | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| $\alpha \leq 180^\circ$ | $0 \leq \beta \leq 180^\circ$ | 4 | 3.6 | 6.85 | 4.35 | 7.6 | 5.6 | 8.35 | 6.35 | 8.6 | 7 | 7 |
| | $\beta = 360^\circ$ | 5 | 4 | 7.25 | 4.75 | 8 | 6 | 8.75 | 6.75 | 9 | 8 | 8 |
| $\alpha = 360^\circ$ | $0 \leq \beta \leq 180^\circ$ | 6 | 4.8 | 8.05 | 5.55 | 8.8 | 6.8 | 9.55 | 7.55 | 9.8 | 8 | 9 |
| | $\beta = 360^\circ$ | 7 | 5.1 | 8.35 | 5.85 | 9.1 | 7.1 | 9.55 | 7.85 | 10.1 | 9 | 10 |

| ชิ้นส่วนเกี่ยวพันหรือซ้อนทับกันหรือยึดหยุ่นแต่สามารถหยิบจับหรือยกได้ด้วยมือเดียว (โดยอาศัยเครื่องมือช่วยถ้าจำเป็น) | | ชิ้นส่วนไม่มีความยากเพิ่มเติมต่อการหยิบจับ | | | | | ชิ้นส่วนยากขึ้นในการหยิบจับ (เช่น เหนียว บอบบาง ลื่น) | | | | | |
|--|--|--|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|---|-----------------------|--------------|----------------------|--------------|---|
| | | $\alpha \leq 180^\circ$ | | | $\alpha = 360^\circ$ | | $\alpha \leq 180^\circ$ | | | $\alpha = 360^\circ$ | | |
| | | ขนาด > 15 มม. | 6 มม. ≤ ขนาด ≤ 15 มม. | ขนาด < 6 มม. | ขนาด > 6 มม. | ขนาด ≤ 6 มม. | ขนาด > 15 มม. | 6 มม. ≤ ขนาด ≤ 15 มม. | ขนาด < 6 มม. | ขนาด > 6 มม. | ขนาด ≤ 6 มม. | |
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| | | 8 | 4.1 | 4.5 | 5.1 | 5.6 | 6.75 | 5 | 5.25 | 5.85 | 6.35 | 7 |

| การหยิบจับหรือขนย้าย ชิ้นส่วนต้องอาศัยสอง มือหรือสองคนหรือ เครื่องช่วย | ชิ้นส่วนสามารถหยิบจับได้โดยคนหนึ่งและไม่ต้องใช้เครื่องช่วย | | | | | | | | ชิ้นส่วนเกี่ยวพันหรือซ้อนทับกัน หรือยึดหยุ่น | การหยิบจับชิ้นส่วนต้องอาศัยสองคน หรือเครื่องแยกตัวช่วย |
|---|--|----------------------|-------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------|---|---|
| | ชิ้นส่วนไม่เกี่ยวพันหรือซ้อนทับกันและไม่ยึดหยุ่น | | | | | | | | | |
| | น้ำหนักชิ้นส่วน น้อยกว่า 4.5 กก. | | | | น้ำหนักชิ้นส่วน มากกว่า 4.5 กก. | | | | | |
| | ชิ้นส่วนหยิบจับ ง่าย | | ชิ้นส่วนหยิบจับยาก | | ชิ้นส่วนหยิบจับง่าย | | ชิ้นส่วนหยิบจับ ยาก | | | |
| | $\alpha \leq 180^\circ$ | $\alpha = 360^\circ$ | $\alpha \leq 180^\circ$ | $\alpha = 360^\circ$ | $\alpha \leq 180^\circ$ | $\alpha = 360^\circ$ | $\alpha \leq 180^\circ$ | $\alpha = 360^\circ$ | | |
| | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | | |
| 9 | 2 | 3 | 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 7 | 9 |

ที่มา: มณฑลีส คาสอนันท์, 2550

ตัวเลขหน่วยแรก (ตัวเลข 0-9 แนวตั้ง)

- ตัวเลข 0-3 แทนค่ามุมสมมาตรรวม ($\alpha + \beta$) โดยลักษณะชิ้นส่วนสามารถหยิบจับได้ด้วยมือเดียวโดยไม่ต้องใช้เครื่องมือช่วย
- ตัวเลข 4-7 แทนค่ามุมสมมาตรแบบเบตา (β) โดยลักษณะชิ้นส่วนสามารถหยิบจับด้วยมือเดียวซึ่งไม่ต้องใช้เครื่องมือในการช่วยหยิบเพราะชิ้นงานมีขนาดเล็ก
- ตัวเลข 8 แทนชิ้นส่วนที่มีการซ้อนทับหรือเกี่ยวพันกันง่ายหรือยึดหยุ่นเมื่อเก็บรวมกันเนื่องจากความเหนียวของเนื้อวัสดุ ความบางของวัสดุ และความให้ตัว ลื่นไหลได้ง่าย แต่สามารถหยิบจับหรือยกได้ด้วยมือเดียว
- ตัวเลข 9 แทนชิ้นส่วนที่ต้องใช้สองมือหรือคนสองคนหรือใช้เครื่องมือช่วยสำหรับการหยิบจับ

ตัวเลขหน่วยที่สอง (ตัวเลข 0-9 แนวนอน)

ตัวเลขหน่วยที่สองนี้จะขึ้นอยู่กับเลขหน่วยแรก ดังนี้

- ตัวเลข 0-3 ตัวเลขหน่วยที่สอง ทำการแบ่งตามขนาด และความหนาของชิ้นส่วน
- ตัวเลข 4-7 ตัวเลขหน่วยที่สอง ทำการแบ่งตามความหนาของชิ้นส่วน ชนิดของเครื่องมือที่ใช้ หนีบจับ และความจำเป็นในการใช้เว้นขยายระหว่างการหนีบจับ
- ตัวเลข 8 ตัวเลขหน่วยที่สอง ทำการแบ่งตามขนาด และความสมมาตรของชิ้นส่วน
- ตัวเลข 9 ตัวเลขหน่วยที่สอง ทำการแบ่งตามความสมมาตร น้ำหนัก และความเกี่ยวพันกัน หรือซ้อนทับหรือยึดหยุ่นเมื่อเก็บรวมกัน

นอกจากนั้นบุรุษทรอยด์ และคณะ (1994) ได้ทำการศึกษาทดลองถึงผลกระทบของลักษณะชิ้นงานในรูปแบบต่างกันว่าส่งผลต่อเวลาการสวมใส่และจับยึดอย่างไร โดยทำการแบ่งลักษณะของชิ้นงานออกเป็นรหัสตัวเลข 2 หน่วย เลขหน่วยแรก จะใช้ตัวเลข 0-5 และ 9 ส่วนเลขหน่วยที่สองใช้ตัวเลข 0-9 ดังแสดงในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2

เวลามาตรฐานที่ใช้ในการสวมใส่และการจับยึด (หน่วยเป็นวินาที)

| | | | ภายหลังการประกอบไม่จำเป็นต้องใช้มือตรงให้อยู่กับที่เพื่อรักษาตำแหน่งเดิม | | | | ภายหลังการประกอบจะต้องใช้มือตรงให้อยู่กับที่เพื่อรักษาตำแหน่งเดิม | | | | |
|--|--|--|--|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|---|--------------------|------|
| | | | จัดวางตำแหน่งได้ง่ายในระหว่างการประกอบ | | ไม่สามารถจัดวางตำแหน่งได้ง่ายในระหว่างการประกอบ | | จัดวางตำแหน่งได้ง่ายในระหว่างการประกอบ | | ไม่สามารถจัดวางตำแหน่งได้ง่ายในระหว่างการประกอบ | | |
| | | | ไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | มีแรงต้านการสอดใส่ | ไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | มีแรงต้านการสอดใส่ | ไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | มีแรงต้านการสอดใส่ | ไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | มีแรงต้านการสอดใส่ | |
| | | | 0 | 1 | 2 | 3 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| การประกอบชิ้นส่วนเพิ่มเติมโดยที่ไม่สามารถยึดติดกันได้นั้นที่ | ชิ้นส่วนและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง (รวมทั้งมือ) สามารถเอื้อมถึงตำแหน่งที่ต้องการได้ง่าย | | 0 | 1.5 | 2.5 | 2.5 | 3.5 | 5.5 | 6.5 | 6.5 | 7.5 |
| | ชิ้นส่วนและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง (รวมทั้งมือ) ไม่สามารถเอื้อมถึงตำแหน่งที่ต้องการได้ง่าย | เนื่องจากการกีดขวางทางเข้าหรือกีดขวางสายตา | 1 | 4 | 5 | 5 | 6 | 8 | 9 | 9 | 10 |
| | | เนื่องจากการกีดขวางทางเข้าและกีดขวางสายตา | 2 | 5.5 | 6.5 | 6.5 | 7.5 | 9.5 | 10.5 | 10.5 | 11.5 |

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

เวลามาตรฐานที่ใช้ในการสวมใส่และการจับยึด (หน่วยเป็นวินาที)

| | ไม่ต้องขึ้นสกรูหรือเสียบรูอย่างถาวรทันทีที่ภายหลังการสอดใส่ (เช่น ใช้การเข้าล็อค snap fit) | | มีการเสียบรูอย่างถาวรหลังการสอดใส่ชิ้นงาน | | | | | | | ขึ้นสกรูทันทีที่ภายหลังการสอดใส่ | | | |
|---|---|--|---|---|--------------------------------------|-------------------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------|----------------------------------|------|---|--|
| | | | มีการเสียบรูอย่างถาวรหรือบิดตัว | | | ใช้หมุดย้ำหรือชิ้นตอนที่คล้ายกัน | | | | | | | |
| | | | จัดวางตำแหน่งได้ยากและไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | จัดวางตำแหน่งได้ยากและ/หรือมีแรงต้านการสอดใส่ | จัดวางตำแหน่งได้ง่ายระหว่างการประกอบ | จัดวางตำแหน่งได้ยากระหว่างการประกอบ | | จัดวางตำแหน่งได้ง่ายระหว่างการประกอบ | | | | จัดวางตำแหน่งได้ง่ายและไม่มีแรงต้านการบิด | จัดวางตำแหน่งได้ยากและ/หรือมีแรงต้านการบิด |
| | | | | | | ไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | มีแรงต้านการสอดใส่ | ไม่มีแรงต้านการสอดใส่ | มีแรงต้านการสอดใส่ | | | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | | | | |
| การประกอบชิ้นส่วนเพิ่มเติมโดยสามารถยึดให้ติดกันได้ทันที | ชิ้นส่วนและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง (รวมทั้งมือ) สามารถเอื้อมถึงตำแหน่งที่ต้องการได้ง่าย | | 3 | 2 | 5 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 8 | 9 |
| | ชิ้นส่วนและเครื่องมือที่เกี่ยวข้อง (รวมทั้งมือ) สามารถเอื้อมถึงตำแหน่งที่ต้องการได้ง่ายหรือไม่สามารถเอื้อมถึงตำแหน่งที่ต้องการได้ง่าย | เนื่องจากการกีดขวางทางเข้าหรือกีดขวางสายตา | 4 | 4.5 | 7.5 | 6.5 | 7.5 | 8.5 | 9.5 | 10.5 | 11.5 | 8.5 | 10.5 |
| | | เนื่องจากการกีดขวางทางเข้าและกีดขวางสายตา | 5 | 6 | 9 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 10 | 12 |

ที่มา: มณฑล ศาลาสนันท์, 2550

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

เวลามาตรฐานที่ใช้ในการสวมใส่และการจับยึด (หน่วยเป็นวินาที)

| กระบวนการประกอบชิ้นส่วนทั้งหมดเข้าที่แล้ว | กระบวนการยึดทางกล (ชิ้นส่วนเข้าที่แล้ว แต่ไม่ยึดแน่นทันทีหลังการสอดใส่) | | | | กระบวนการยึดที่ไม่ใช่ทางกล (ชิ้นส่วนเข้าที่แล้ว แต่ไม่ยึดแน่นทันทีหลังการสอดใส่) | | | กระบวนการอื่นที่ไม่ใช่การยึด | | |
|---|---|----------------------------------|-----------------------------|---------------------------|--|-----------|-----------------|------------------------------|-------------------|---------------------------|
| | ไม่มีการเสียบรูอย่างถาวร | | | | กระบวนการทางโลหะวิทยา | | | การปรับตำแหน่งหรือปรับแต่ง | การใส่ด้วยของเหลว | |
| | | | | | | | | | | ต้องใช้วัสดุอื่นเพิ่มเติม |
| | การตัดหรือกระบวนการอื่นที่คล้ายกัน | การใช้หมุดย้ำหรืออื่นที่คล้ายกัน | การขันสกรูหรือกระบวนการอื่น | การเสียบรูถาวรในปริมาณมาก | ไม่ต้องใช้วัสดุอื่นเพิ่มเติม | การบีบอัด | กระบวนการเชื่อม | กระบวนการทางเคมี | | |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 9 | 4 | 7 | 5 | 3.5 | 7 | 8 | 12 | 12 | 9 | 12 |

ที่มา: มณฑล ศาลสนันท์, 2550

ตัวเลขหน่วยแรก (ตัวเลขในแนวตั้ง)

- ตัวเลข 0-2 ทำการพิจารณากับชิ้นส่วนที่ไม่สามารถยึดติดกันได้ทันทีหลังจากการสวมใส่
- ตัวเลข 3-5 ทำการพิจารณากับชิ้นส่วนที่สามารถยึดติดกันได้ทันทีหลังจากการสวมใส่
- ตัวเลข 9 ทำการพิจารณากับกระบวนการประกอบชิ้นส่วนซึ่งอยู่กับที่

ตัวเลขหน่วยที่สอง (ตัวเลข 0-9 แนวนอน)

- ตัวเลข 0-2 ตัวเลขหน่วยที่สอง สามารถแบ่งตามแนวโน้มที่ชิ้นงานติดกันเอง และความจำเป็นในการยึดให้อยู่กับที่เพื่อรักษาตำแหน่งหรือทิศทางสำหรับการสวมใส่
- ตัวเลข 3-5 ตัวเลขหน่วยที่สองนั้น สามารถแบ่งตามแนวโน้มที่ชิ้นงานติดกันเอง และลักษณะการยึดให้ติดกัน อาทิเช่น การเข้าล็อค การใช้สกรูขัน หรือการเสียบรูถาวร
- ตัวเลข 9 ตัวเลขหน่วยที่สอง จะแบ่งตามประเภทของกระบวนการประกอบ

2.1.2 เทคนิคการวิเคราะห์สาเหตุของลักษณะข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effects Analysis, FMEA)

การออกแบบที่ใช้ในการเพื่อประเมินลักษณะข้อบกพร่องที่มีแนวโน้มจะเกิดขึ้น รวมถึงสาเหตุ และกลไกที่อาจจะทำให้เกิดข้อบกพร่องโดยการพิจารณาถึงสิ่งที่จะทำการออกแบบในเชิงสัมพันธ์กับเรื่องที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงองค์ประกอบต่างๆ ดังนั้น FMEA สำหรับการออกแบบนี้จึงเป็นเสมือนบทสรุปของความคิดที่มีต่อองค์ประกอบต่างๆ (กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, 2551)

1) ลำดับขั้นตอนสำหรับการสร้าง FMEA เพื่อการออกแบบ

จากตารางที่ 2.3 ซึ่งใช้เป็นแบบฟอร์มในการสร้าง FMEA สำหรับการออกแบบ จะมีลำดับขั้นตอนการสร้างดังนี้

หมายเลข 1: ใส่หมายเลขเอกสารเพื่อใส่ FMEA ลงไป

หมายเลข 2: ในช่องสี่เหลี่ยมให้ใส่เครื่องหมาย **X** ลงไปในระดับที่ต้องการวิเคราะห์ โดยอาจจะเป็นระบบ ระบบย่อย หรือชิ้นส่วนประกอบ พร้อมทั้งระบุชื่อลงไป

หมายเลข 3: ใส่ชื่อผู้ผลิต ฝ่ายงานหรือกลุ่มงาน และรวมไปถึงชื่อผู้ส่งมอบด้วย

หมายเลข 4: ใส่ชื่อ หมายเลขโทรศัพท์สำหรับการติดต่อ และชื่อของบริษัทที่
สังกัดของผู้ที่ทำหน้าที่รับผิดชอบในการจัดเตรียม FMEA

หมายเลข 5: ใส่ชื่อรุ่นของผลิตภัณฑ์ ที่ทำการวิเคราะห์

หมายเลข 6: ใส่ วัน เดือน ปี ที่ควรกำหนดจะเสร็จสิ้น โดยไม่ควรจะเกินกำหนด
ที่ต้องส่งมอบแบบสำหรับการผลิต

หมายเลข 7: ใส่ วัน เดือน ปี ที่เริ่มจัดทำ และ วัน เดือน ปี ที่ต้องทบทวนครั้ง
ล่าสุด

หมายเลข 8: ใส่ชื่อบุคคลที่ต้องรับผิดชอบหรือฝ่ายที่มีอำนาจสำหรับการบ่งชี้
หรือดำเนินงาน

หมายเลข 9: ใส่ชื่อของหัวข้อที่ต้องการจะวิเคราะห์โดยใช้ชื่อ รวมถึงระดับของ
การออกแบบที่ได้มีการระบุไว้ตามแบบทางวิศวกรรม จากนั้นให้ระบุหน้าที่การใช้งานของหัวข้อ ทั้งนี้
อาจรวมถึงสิ่งที่เกี่ยวข้องกับสิ่งแวดล้อมที่ระบบจะมีการทำงาน

หมายเลข 10: แนวโน้มของลักษณะข้อบกพร่อง คือ ลักษณะทางกายภาพที่
ระบบ ระบบย่อย และชิ้นส่วนประกอบไม่สามารถที่จะทำหน้าที่ได้ตามที่กำหนดไว้

หมายเลข 11: แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง คือ ผลมาจากข้อบกพร่องของ
หน้าที่ที่กระทบต่อผลิตภัณฑ์ ชิ้นส่วน หรือกระบวนการถัดไป จนนำไปถึงลูกค้าที่เป็นผู้ใช้คนสุดท้าย

หมายเลข 12: ระดับความรุนแรงของผลกระทบ (Severity-S) โดยจะพิจารณา
ภายใต้ของขอบเขต FMEA ในแต่ละกรณีทีวิเคราะห์

ตารางที่ 2.3

กฎเกณฑ์การประเมินผลความรุนแรงของผลกระทบ (Severity-S)

| ผลกระทบข้อบกพร่อง | ความรุนแรงของผลกระทบที่เกิดขึ้น | คะแนน |
|-----------------------------------|---|-------|
| เกิดอันตรายโดยไม่มีอาการแจ้งเตือน | มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้โดยไม่มีอาการเตือนล่วงหน้า | 10 |
| เกิดอันตรายโดยมีอาการแจ้งเตือน | มีผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้ใช้โดยมีอาการเตือนล่วงหน้า | 9 |
| ส่งผลกระทบสูงมาก | ผลิตภัณฑ์นั้นไม่สามารถใช้งานได้ (จากความสูญเสียของหน้าที่หลัก) | 8 |
| ส่งผลกระทบสูง | ผลิตภัณฑ์นั้นสามารถใช้งานได้ แต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงทำให้ลูกค้าเกิดความไม่พอใจมาก | 7 |
| ส่งผลกระทบปานกลาง | ผลิตภัณฑ์นั้นสามารถใช้งานได้ แต่ไม่มีความสะดวกทำให้ลูกค้าไม่พอใจ | 6 |
| ส่งผลกระทบต่ำ | ผลิตภัณฑ์นั้นสามารถใช้งานได้สะดวกแต่ระดับของสมรรถนะจะลดลงทำให้ลูกค้าไม่พอใจ | 5 |
| ส่งผลกระทบต่ำมาก | ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์นั้นไม่ดี อาจจะมีเสียงดังอยู่จนลูกค้าส่วนใหญ่มากกว่า 75% สามารถสังเกตเห็นลักษณะข้อบกพร่องได้ | 4 |
| ส่งผลกระทบเล็กน้อย | ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์นั้นไม่มากนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่จนลูกค้าครึ่งหนึ่งสามารถสังเกตเห็นลักษณะข้อบกพร่องได้ | 3 |
| เกือบจะไม่มีผลกระทบ | ความเรียบร้อยของผลิตภัณฑ์นั้นไม่มากนัก อาจจะมีเสียงดังอยู่จนลูกค้าส่วนน้อยต่ำกว่า 25% สามารถสังเกตเห็นลักษณะข้อบกพร่องได้ | 2 |
| ไม่มีผลกระทบให้เห็น | ไม่มีผลกระทบที่สามารถสังเกตเห็นได้ | 1 |

ที่มา: AIAG(2001) อ้างโดยกิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) หน้า 104

หมายเลข 13: การจำแนกกลุ่มประเภท อาจพิจารณาตามคุณลักษณะของผลิตภัณฑ์หรือกระบวนการ

หมายเลข 14: แนวโน้มของสาเหตุและกลไกของข้อบกพร่อง จะบ่งบอกถึงจุดอ่อนของแบบที่ทำการออกแบบไว้

หมายเลข 15: โอกาสเกิดขึ้น (Occurrence-O) คือ ความเป็นไปได้ที่สาเหตุหรือกลไกหนึ่งจะเกิดขึ้นระหว่างช่วงของอายุการใช้งาน ดังแสดงตามตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4

กฎเกณฑ์การประเมินผลโอกาสการเกิดขึ้นของข้อบกพร่อง (Occurrence-O)

| โอกาสการเกิดขึ้นของลักษณะข้อบกพร่อง | อัตราข้อบกพร่องที่อาจจะเป็นไปได้ (ppm/รายการ) | คะแนน |
|--|---|-------|
| สูงมาก คือเกิดข้อบกพร่องเป็นประจำ | ≥ 100,000 | 10 |
| | 50,000 | 9 |
| สูง คือเกิดข้อบกพร่องน้อย | 20,000 | 8 |
| | 10,000 | 7 |
| ปานกลาง คือเกิดข้อบกพร่องเป็นครั้งคราว | 5,000 | 6 |
| | 2,000 | 5 |
| | 1,000 | 4 |
| ต่ำ คือเกิดข้อบกพร่องค่อนข้างน้อย | 500 | 3 |
| | 100 | 2 |
| ห่างไกล คือเกือบไม่มีโอกาสเกิดข้อบกพร่อง | 0 | 1 |

ที่มา: AIAG (2001) อ้างโดยกิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) หน้า 105

หมายเลข 16: ให้ใส่ในรายการของการป้องกันการตรวจสอบความถูกต้องของการออกแบบหรือกิจกรรมอื่นๆ ที่อาจทำให้เกิดความมั่นใจว่ามีการออกแบบที่เพียงพอ ทัวไปแล้วการควบคุมการออกแบบจะมีอยู่ 2 ประการ คือ การป้องกัน และการตรวจจับ

หมายเลข 17: การตรวจจับ (Detection-D) ให้ใส่คะแนนตามลำดับการควบคุม
ดังแสดงในตารางที่ 2.6 การจะทำให้คะแนนของการตรวจจับที่ได้นี้มีค่าต่ำกว่าเดิมจะต้องปรับปรุง
การควบคุมการออกแบบตามที่ได้วางทำการแผนไว้

หมายเลข 18: ตัวเลขแสดงลำดับความเสี่ยง (RPN-Risk Priority Number) ใน
ช่องนี้ให้ทำการใส่ตัวเลขที่แสดงถึงลำดับความเสี่ยง ซึ่งจะได้จากผลคูณของความรุนแรง (S) โอกาส
เกิด (O) และการตรวจจับ (D) ดังแสดงในสมการที่ 2.2

$$RPN = S \times O \times D \quad (2.2)$$

ค่า RPN จะใช้สื่อถึงลำดับในการกำหนดความเสี่ยงของลักษณะข้อบกพร่องจาก
ที่ออกแบบไว้ เพื่อให้ผู้วิเคราะห์สามารถให้คะแนนตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ได้แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ
โดยผู้วิเคราะห์ FMEA สามารถนำค่า RPN ไปวิเคราะห์บนแผนภาพพาเรโต โดยหากมีการให้คะแนน
แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญแล้วจะพบว่า ลักษณะของข้อบกพร่องที่ให้ความสำคัญมากนั้นจะมีจำนวน
เพียงเล็กน้อย ส่วนลักษณะของข้อบกพร่องที่ให้ความสำคัญน้อยจะมีจำนวนมากตามหลักการพาเรโต
มีฉะนั้นก็ต้องทำการทบทวนเกณฑ์การให้คะแนนใหม่

ตารางที่ 2.5

กฎเกณฑ์การประเมินผลตรวจจับ (Detection-D)

| การตรวจจับ | ความเป็นไปได้ของการตรวจจับโดยการทำการควบคุมออกแบบ | คะแนน |
|-------------------------------------|--|-------|
| ไม่มีความ แน่นอนเกือบ ทั้งหมด | ระบบการควบคุมการออกแบบจะไม่สามารถตรวจจับสาเหตุหรือกลไก ตลอดจนลักษณะของข้อบกพร่องได้ | 10 |
| ห่างไกลมาก | มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นสามารถตรวจ จับสาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 9 |
| ห่างไกล | มีโอกาสน้อยมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นจะสามารถ ตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 8 |
| ต่ำมากๆ | มีโอกาสต่ำมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นจะสามารถ ตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 7 |
| ต่ำ | มีโอกาสต่ำที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นจะสามารถตรวจจับ สาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 6 |
| ปานกลาง | มีโอกาสปานกลางที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นสามารถ ตรวจจับสาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 5 |
| ค่อนข้างสูง | มีโอกาสค่อนข้างสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นสามารถตรวจจับ สาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 4 |
| สูง | มีโอกาสสูงที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นสามารถตรวจจับ สาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 3 |
| สูงมาก | มีโอกาสสูงมากที่ระบบการควบคุมการออกแบบนั้นสามารถตรวจจับ สาเหตุหรือกลไกของลักษณะข้อบกพร่องได้ | 2 |
| เกือบจะมีความ แน่นอน | ระบบการควบคุมสามารถตรวจจับได้ค่อนข้างแน่นอนถึงสาเหตุหรือ กลไกของลักษณะข้อบกพร่อง | 1 |

ที่มา: AIAG(2001) อ้างโดยกิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ (2551) หน้า 107

หมายเลข 19: วิธีการปฏิบัติการแก้ไขสำหรับประเมินผลทางวิศวกรรมเพื่อการ
ปฏิบัติป้องกันหรือทำการแก้ไขควรจะทำกับข้อบกพร่องที่มีความรุนแรงสูงสุดก่อนโดยมีลักษณะ
ข้อบกพร่องที่มีค่า RPN สูง

หมายเลข 20: ใส่ชื่อขององค์กรหรือบุคคลที่มีความรับผิดชอบสำหรับการปฏิบัติการแก้ไขครั้งนี้

หมายเลข 21: ทำการแก้ไขภายหลังจากการปฏิบัติการแก้ไขให้ได้สมบูรณ์แล้วทำการสรุปถึงการปฏิบัติการแก้ไข

หมายเลข 22: ผลการแก้ไขภายหลังจากการมาตรการแก้ไขและป้องกัน ให้ทำการประเมินค่าแล้วบันทึกผลการประเมินความรุนแรง โอกาสที่อาจจะเกิด และการตรวจจับพร้อมคำนวณค่า RPN อีกครั้ง แต่ถ้าไม่มีการกำหนดมาตรการใดไว้ให้เว้นคอลัมน์นี้

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชาญวิทย์ ปงอุทธา (2553) เป็นงานวิจัยที่ใช้ทฤษฎีการออกแบบเพื่อการประกอบสำหรับการปรับปรุงและพัฒนากระบวนการถอดและการประกอบเครื่องตัดชิ้นงานทั้งหมด 28 ชิ้น ให้เหลือจำนวนชิ้นลดลง นั่นคือ 16 ชิ้นส่วน อีกทั้งได้มีการกำหนดตัวชี้วัดสำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกแบบ 4 วิธี คือ จำนวนชิ้นที่ใช้ในการถอดและประกอบ ขั้นตอนในการถอดและประกอบ เวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบ และดัชนีการประกอบ ซึ่งสรุปได้ว่าเมื่อออกแบบเครื่องตัดชิ้นงานใหม่แล้วกระบวนการถอดและประกอบเครื่องตัดชิ้นงานมีประสิทธิภาพมากขึ้น

มงคล จันทร์ศฤหาสน์ (2552) กล่าวถึงกระบวนการออกแบบ และปรับปรุงพัฒนาผลิตภัณฑ์ซึ่งเป็นบรรจุกฎสำหรับใส่มอเตอร์ฮาร์ดดิสก์ โดยทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการออกแบบในอดีตกับปัจจุบันจากการใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ ซึ่งมีตัวชี้วัดสำหรับการประเมินประสิทธิภาพในออกแบบ 5 ส่วน ได้แก่ จำนวนชิ้นของผลิตภัณฑ์ ขั้นตอนการประกอบ เวลาที่ใช้ในการประกอบ ค่าต้นทุนแรงงาน และการประเมินการประกอบผลิตภัณฑ์ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ แบบอีตาซี แบบบูธทรายด์-ดิเวฮอร์ส และแบบลูคัส ซึ่งจากผลการวิจัยพบว่าประสิทธิภาพหลังออกแบบจะมีค่ามากกว่าในอดีต

เสกสรรค์ วิทยาค์กุล (2558) ได้กล่าวถึงกระบวนการแปรรูปยางได้แก่ แบบอัด แบบกึ่งอัด และแบบฉีด แม่พิมพ์อัดนั้นนิยมใช้กันมากเนื่องจากแม่พิมพ์มีราคาถูก เหมาะกับงานที่มีรูปร่างไม่ซับซ้อน ถ้ารูปร่างซับซ้อนจะใช้แม่พิมพ์ฉีดหรือกึ่งฉีดมากกว่าแต่ราคาแม่พิมพ์จะสูงเมื่อเทียบกับแม่พิมพ์แบบอัด ในปัจจุบันต้องนำเทคโนโลยีเข้าไปช่วยทำงานแทนคน ซึ่งสมัยก่อนจะควบคุมการทำงานผ่านพนักงานที่มีความชำนาญ และการออกแบบแม่พิมพ์จะเป็นแบบลองผิดลองถูก จึงเกิดปัญหาด้านคุณภาพและต้นทุนที่สูง ชิ้นงานอาจมีรูปร่างและขนาดไม่ตรงตามที่ต้องการอันมาจากการออกแบบแม่พิมพ์ผิดพลาด การเลือกใช้วัสดุทำแม่พิมพ์ที่ไม่เหมาะสมกับการใช้งานแม่พิมพ์เมื่อใช้งานต่อเนื่องแม่พิมพ์จะเสียหายเร็ว และเปลี่ยนรูปหลังการใช้งานด้วยระยะเวลาที่เร็วขึ้น รวมไปถึงเกิดการ

เสียเวลาในการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ที่เกิดความล่าช้าสูญเสียโอกาสทางการผลิต ไม่สามารถตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้

กาญจนา รอดน้อย และ ธัญลักษณ์ รุ่งวิริยะวณิช (2553) ได้นำเสนอถึงวิธีการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตัวอย่าง โดยใช้โปรแกรม CAD และ CAM เพื่อศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นจากการออกแบบแม่พิมพ์ โดยจะมีการจำลองลักษณะการไหลของวัสดุในแม่พิมพ์แล้วนำปัญหาที่เกิดขึ้นมาปรับแก้แม่พิมพ์ก่อนที่จะทำการสร้างแม่พิมพ์จริงขึ้นจากการรายงานจะกล่าวถึงความสำคัญของชิ้นส่วนที่นำมาทำแม่พิมพ์ และวัสดุที่ควรนำมาใช้ ในที่นี้จะใช้เหล็ก SKD61 ทำแม่พิมพ์ฝาบและล่าง

พงษ์ธร แซ่ฮุย และ เสวียง เกื้อนบุญ (2556) กล่าวถึงคุณสมบัติของยางที่ใช้ในทางอุตสาหกรรม ซึ่งคุณสมบัติของยางแต่ละประเภทจะมีลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน โดยจะมีผลโดยตรงต่อการออกแบบแม่พิมพ์เป็นรูปร่างต่างๆ เช่น ความหนาของแม่พิมพ์ รูปร่างส่วนเว้าโค้ง วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ จะเห็นได้ว่าคุณสมบัติของยางมีความสัมพันธ์กับรูปร่างของแม่พิมพ์ และหากว่ามีการออกแบบรูปร่างของแม่พิมพ์ไม่เหมาะสมจะทำให้ชิ้นงานที่ได้มีอายุการใช้งานที่สั้นลง

ณัฐพร บุญเลิศเจริญศักดิ์ และคณะ (2552) ได้กล่าวถึงการขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบกลวงด้านในด้วยวิธีการขึ้นรูปทีละชั้น เป็นขึ้นรูปทีละชั้นด้วยวิธีเชื่อมพอก และการนำเครื่อง CNC มาสร้างชิ้นงาน กระบวนการนี้สามารถลดต้นทุนเนื่องจากปริมาณเนื้อวัสดุที่ใช้ลดลง และแม่พิมพ์จะมีน้ำหนักเบา เนื่องจากแม่พิมพ์มีลักษณะกลวงด้านในดังนั้นจึงเหมาะกับแม่พิมพ์ที่มีขนาดใหญ่ซึ่งจะทำให้การติดตั้งแม่พิมพ์บนเครื่องอัดและการตั้งศูนย์ทำได้ง่าย อีกทั้งลดระยะเวลาในการผลิตแม่พิมพ์เนื่องจากปริมาณเนื้อวัสดุที่ต้องทำการกัดออกมีปริมาณที่น้อยกว่าการทำแม่พิมพ์ทั่วไป และมีความแข็งแรงเทียบเท่ากับแม่พิมพ์ปกติ

ชุกรี แดสา (2551) ได้นำเสนอกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์อัด สำหรับขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางตั้งแต่เริ่มต้นไปถึงสิ้นสุดการออกแบบ เพื่อเป็นแนวทางมาตรฐานในการออกแบบแม่พิมพ์ด้วยการใช้ฟังก์ชันพิเศษใน Solid work ที่เรียกว่า API ซึ่งจะช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ โดย API จะเชื่อมโยงฐานข้อมูลด้านวัสดุยางและเครื่องจักรทำให้ออกแบบแม่พิมพ์ได้สะดวกขึ้น

นุชนาฏ ณ ระยอง (2548) ได้กล่าวถึงการทดสอบสมบัติทางกายภาพของยางและขั้นตอนการบดผสม และอัดยางเข้าเบ้าพิมพ์ ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิกับเวลาเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ยางคงรูป ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการเปิดปิดเบ้าพิมพ์ควรจะสั้นที่สุด และอุณหภูมิไม่ควรเปลี่ยนแปลงเกิน 0.5 องศาเซลเซียส ดังนั้นการออกแบบแม่พิมพ์ควรคำนึงถึงปัจจัยด้านเครื่องมือที่ใช้ เวลาอุณหภูมิ และวิธีการเป็นสำคัญ

จรัสศรี พันธุ์ไม้ (2548) เป็นการนำเสนอเกี่ยวกับกระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางแท่ง ในที่นี้จะเน้นเรื่องการผลิตขึ้นรูปยาง โดยการใส่เบ้าพิมพ์อัดผ่านตาย ใช้เครื่องรีดกลิ้ง และการเคลือบ

สารละลายยางบนผ้า ซึ่งจำแนกการขึ้นรูปยางแบบใช้เข้าพิมพ์ได้อีก 3 แบบ ได้แก่ พิมพ์แบบอัด แบบ กึ่งฉีด และแบบฉีด ซึ่งจะมีลักษณะการทำแม่พิมพ์แตกต่างกันตามวิธีการขึ้นรูป และการใช้งาน

คุณยุต เอี่ยมสะอาด และ กิตตินาถ วรณิสสร (2558) กล่าวถึงเทคโนโลยีที่ใช้ในการขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็ว (Rapid Tooling –RT) เป็นเทคนิคการขึ้นรูปที่ละชั้น โดยงานวิจัยจะใช้วัสดุที่เป็นกระดาษมายึดเข้าด้วยกันด้วยกาว ในรูปแบบ 3 มิติแล้วถูกสร้างเป็นภาพตัดขวางตามแนวแกน Z จากนั้นวัสดุแต่ละชั้นจะถูกนำเข้าสู่เครื่องอัดร้อนเพื่อให้ติดกันจากชั้นล่างขึ้นชั้นบนได้เป็นงานต้นแบบ แล้วนำแม่พิมพ์ที่ได้ไปหล่อขึ้นรูปใหม่ได้เนื้อวัสดุตามที่ต้องการ

รุ่งธรรม ปัญญาวิภาต และ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ (2555) กล่าวถึงแนวโน้มของอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ และการฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยางในอนาคตที่มีความต้องการเพิ่มมากขึ้น จึงต้องอาศัยองค์ความรู้และเทคโนโลยีขั้นสูงในการวิเคราะห์ลักษณะการไหลของยางในแม่พิมพ์ โดยจะมีการจำลองการไหลของยางในแม่พิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์เพื่อออกแบบทางวิ่งที่เหมาะสม ซึ่งผลจากการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมช่วยให้รู้ว่า รูปร่างของแม่พิมพ์ที่เข้าด้านข้างที่มีลักษณะแบบเฉียงเข้า จะช่วยลดแรงดันฉีดและความเร็วฉีดลงได้ร้อยละ 20 และ 23 ตามลำดับ

ศักรินทร์ ชูดวง (2549) กล่าวถึงการออกแบบและพัฒนารถโดยสาร 2 ชั้น 8 ล้อ ที่มีการพัฒนาและออกแบบการประกอบรถโดยสารใหม่ โดยมีขั้นตอนศึกษาถึงกระบวนการผลิต การประกอบ และวัสดุที่ใช้ในการผลิต จะพบว่าวัตถุดิบหลักคือเหล็กตัวซีนั้นมีปัญหาเรื่องธาตุแมงกานีสต่ำทำให้เกิดสนิม จึงต้องพ่นสีกันสนิม อีกทั้งบริเวณรอยต่อที่มีความลึกของการเชื่อมที่ไม่เพียงพอจากการออกแบบและพัฒนาใหม่โดยใช้หลักการออกแบบเพื่อการประกอบพบว่า ภายหลังจากการวิเคราะห์โครงสร้างคัสซีด้วยโปรแกรมไฟไนต์เอลิเมนต์แล้วพบว่าแบบที่พัฒนาขึ้นใหม่นั้นจะมีความแข็งแรงในการรับแรงรูปแบบต่างๆ ได้มากกว่าเดิม 3-9 เท่า และความปลอดภัยในการใช้งานเพิ่มขึ้น ต้นทุนด้านวัสดุลดลงร้อยละ 9 และต้นทุนค่าแรงลดลงร้อยละ 18

นลิน นิลผึ้ง และ อรรถกร เก่งพล (2556) ได้กล่าวถึงการเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตยางฉีดผงในพื้นที่โรงงานกรณีศึกษาแล้วพบว่า ปริมาณการผลิตไม่ตอบสนองต่อปริมาณการสั่งซื้อของลูกค้า โดยปริมาณการผลิตรองรับประมาณ 89% ของปริมาณการสั่งซื้อ ซึ่งจะมีค่าเสียโอกาส 2.9 ล้านบาทต่อเดือน ผู้วิจัยจึงเกิดความสนใจที่จะลดขั้นตอน และรอบเวลาการผลิตโดยมีแนวคิดที่จะประยุกต์ใช้การศึกษาการทำงาน และวิธีการออกแบบเพื่อประกอบเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิต โดยทำการหาเวลามาตรฐานในการทำงานและลดขั้นตอนที่ไม่จำเป็นซึ่งผลจากการศึกษาสามารถลดเวลาที่ใช้ในการผลิตลง 34.62% สามารถรองรับปริมาณการสั่งซื้อได้เพิ่มขึ้นเป็น 95%

ทฤษฎี สุวภาพ และ ภัทรพร กมลเพ็ชร (2550) ศึกษาการประกอบโดยใช้สแน็ปฟิตเป็น ในการประกอบชิ้นส่วนของพลาสติกชนิดเบย์โอเนตและฟิงเกอร์โดยมีการวิเคราะห์เปรียบเทียบ ระหว่างผลจากการทดลองและผลที่ได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์ ซึ่งจากแรงประกอบและแรงยึดพบว่าค่าที่ได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์จะมีค่าน้อยกว่าค่าที่ได้จากการทดสอบ ส่วนการแอ่นตัวนั้นพบว่าค่าที่ได้จากไฟไนต์เอลิเมนต์มีแนวโน้มสูงกว่าซึ่งเป็นผลที่มาจากการใช้พารามิเตอร์ในการวิเคราะห์ที่ไม่เหมาะสม เมื่อออกแบบให้ส่วนคานของสแน็ปฟิตมีลักษณะเรียวลง การแอ่นตัวของเบย์โอเนตมีค่าลดลงและ หลุดออกจากฟิงเกอร์จะเร็วขึ้น

เพ็ญจันทร์ จริงจิตร (2556) นำเสนอสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียในกระบวนการผลิต Flange B และปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อทำการลดของเสีย โดยใช้แผนบันทึกข้อมูลสำหรับเก็บ รวบรวมข้อมูลแล้ววิเคราะห์หาสาเหตุของเสียด้วยแผนภาพพาเรโต แผนภาพก้างปลา โดยพบว่าของ เสียหลักที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตจะมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 7.5 มม. เกิดรอยระเบิดลึกซึ่งสาเหตุหลัก เกิดจากการสึกหรอของแม่พิมพ์ จากผลการปรับปรุงโดยการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่นั้นพบว่ารอย ระเบิดลึกจะมีจำนวนลดลง 1.74%

เกษม เลิศรัตน์ และ มัทลีโอะ มียากาวา (2527) กล่าวถึงการทำแม่พิมพ์อัดโลหะ ซึ่ง แม่พิมพ์ที่ใช้ในการผลิตจะเป็นตัวกำหนดคุณภาพและปริมาณการผลิตของผลิตภัณฑ์ โดยข้อมูล ที่นำเสนอจะเน้นความรู้พื้นฐานในการทำแม่พิมพ์ อันได้แก่ กระบวนการทำแม่พิมพ์ โครงสร้างและ การทำงานของชิ้นส่วนแม่พิมพ์ เครื่องกลที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์ และความรู้พื้นฐานใน การทำแม่พิมพ์เพื่อให้สามารถนำความรู้ที่ได้ไปออกแบบแม่พิมพ์ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

สุทัศน์ ทิพย์ปรีกมาศ (2554) กล่าวถึงเทคโนโลยีตัดที่มีความเที่ยงตรงมากขึ้น เพราะ ความเที่ยงตรงจะเพิ่มประสิทธิภาพการออกแบบแม่พิมพ์ และการวิเคราะห์แก้ไขปัญหาในการผลิต ดังนั้นจึงควรมีแผนในการออกแบบแม่พิมพ์ตัดที่มีความเที่ยงตรงในกระบวนการตัดโลหะ

2.3 บทสรุป

การศึกษาวิจัยนี้จะมุ่งเน้นการประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบเป็นหลัก ซึ่งกระบวนการประกอบนั้นจะขึ้นกับขั้นตอนการออกแบบแม่พิมพ์เป็นสำคัญ ถ้าออกแบบไม่ดีจะ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการประกอบแต่ถ้าทำการปรับปรุงแม่พิมพ์ใหม่ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จะ ส่งผลให้ผู้ผลิตสามารถลดต้นทุนในการผลิตและลดระยะเวลาในการผลิตลงได้ เทคนิคการออกแบบ เพื่อการประกอบจะเป็นแนวทางสำคัญในการออกแบบแม่พิมพ์ให้ประกอบขึ้นส่วนได้ง่ายขึ้น มีจำนวน ชิ้นส่วนและใช้เวลาในการประกอบน้อยลง

บทที่ 3

วิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อออกแบบและพัฒนากระบวนการถอดประกอบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ โดยใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly, DFA) ซึ่งได้อธิบายไว้แล้วในบทที่ 2 และนำทฤษฎีทางแก้ปัญหาสิ่งประดิษฐ์ โดยใช้หลักการประดิษฐ์คิดค้น มาประยุกต์ใช้ในการออกแบบแม่พิมพ์ ซึ่งมีขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย ดังนี้

3.1 ศึกษาารูปแบบและข้อกำหนดของแม่พิมพ์อัดยาง

หลังจากที่ผู้วิจัยได้ศึกษาหลักการทางทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบเพื่อการประกอบแล้ว ผู้วิจัยทำการศึกษารูปแบบและข้อกำหนดของแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูป เพื่อให้ทราบลักษณะชิ้นส่วนและกระบวนการทำงานของแม่พิมพ์อัดยางทั้งหมด รวมทั้งกระบวนการถอดและประกอบชิ้นส่วนของแม่พิมพ์อัดยาง

ตารางที่ 3.1

ข้อมูลเบื้องต้นที่ใช้สำหรับการออกแบบแม่พิมพ์

| ข้อมูล | ความสัมพันธ์กับกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ |
|--|---|
| ผลิตภัณฑ์ รูปร่าง , ขนาด (OD.54XID.30xT20xH.10 mm) | ชนิดของแม่พิมพ์อัด , ขนาดของเบ้า ขนาดของแม่พิมพ์ , จำนวนเบ้า |
| วัสดุ ชนิดของยาง (EPDM40) ค่าการหดตัวของยาง (2.4%) ความแข็งของยาง (40 SHORE) | ขนาดของเบ้า การสร้างร่องระบาย |
| ข้อมูลการผลิต ปริมาณชิ้นงานที่ต้องการ (100 EA) ระยะเวลาการผลิต (7 DAYS) | จำนวนเบ้า |
| เครื่องอัด กำลังอัด (<400 BAR) ขนาดของเครื่อง (ระยะเปิดปิด < 500 mm) | ขนาดแม่พิมพ์ ตำแหน่งการจับยึดส่วนประกอบของแม่พิมพ์ |

3.2 การกำหนดตัวชี้วัดสำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์

ผู้วิจัยทำการกำหนดตัวชี้วัดสำหรับเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์ เพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการถอดและประกอบแม่พิมพ์ ตัวชี้วัดที่ใช้ คือ

1. จำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดประกอบแม่พิมพ์อัตโนมัติ
2. ขั้นตอนการถอด และประกอบแม่พิมพ์อัตโนมัติ
3. เวลาที่ใช้ในการถอด และประกอบแม่พิมพ์อัตโนมัติ

4. ดัชนีการประกอบ (Assembly Index) โดยใช้วิธีประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์-ดีวเฮอรัสต์ (Boothroyd-Dew Hurst Assembly Evaluation Method)

3.3 ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัตโนมัติต้นแบบ

เมื่อได้กำหนดตัวชี้วัดเพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการออกแบบแล้ว จะทำการประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัตโนมัติต้นแบบ โดยใช้วิธีการประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์-ดีวเฮอรัสต์ (Boothroyd-Dew Hurst Assembly Evaluation Method) เพื่อเก็บข้อมูลไว้เปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัตโนมัติใหม่

3.4 วิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอด และประกอบของแม่พิมพ์อัตโนมัติต้นแบบ

หลังจากผู้วิจัยทราบประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัตโนมัติเดิมแล้วจากนั้นจึงใช้เทคนิคการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) วิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอดและประกอบของแม่พิมพ์อัตโนมัติแบบเดิม เพื่อเป็นการบ่งชี้ลักษณะของข้อบกพร่อง แนวโน้ม ระดับความรุนแรงจากผลกระทบที่เกิดขึ้น เพื่อใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาและปรับปรุงกระบวนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัตโนมัติต่อไป

ตารางที่ 3.2

ปัญหาหลักที่เกิดขึ้นในธุรกิจอัดยางขึ้นรูป โดยใช้เทคนิค FMEA (ปัญหาหลักจะต้องมีค่า RPN>150 บริษัทถึงจะถือว่าเป็นปัญหาสำคัญที่ต้องได้รับการแก้ไข)

| ลำดับ | ลักษณะข้อบกพร่อง | แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง | แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก | วิธีการแก้ไข |
|-------|---|---|--|---|
| 1 | แม่พิมพ์ไม่ได้ขนาดหรือใช้งานไม่ได้ (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) RPN=360 | เสียเวลาในการทำแม่พิมพ์ให้ต้นทุนด้านแรงงาน ต้นทุนวัตถุดิบและต้นทุนการขนส่งสูงขึ้น | 1. ช่างขาดความรู้ในเรื่องการออกแบบแม่พิมพ์ที่ถูกต้อง 2. ออกแบบไม่ตรงกับชนิดวัสดุ (ยางมี สปส. การหดตัวต่างกัน) 3. เอาแม่พิมพ์ออกจากกันไม่ได้เพราะทำตัวล็อคแน่นเกินไป หรือน็อตขาดในรู | 1. ตรวจสอบขนาดแม่พิมพ์ทุกครั้งก่อนทำการส่งไปใช้งาน 2. เปลี่ยนรูปแบบการยึดล็อคแม่พิมพ์ใหม่ โดยลดการใช้เนื้อ สกรู |
| 2 | ใช้เวลาในการผลิตนาน สามารถผลิตขึ้นงานได้น้อย (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) RPN= 288 | คนงานเคลื่อนไหวได้ช้าหรือดำเนินกิจกรรมลำบาก | 1. จำนวนเข้าอัดไม่เหมาะสม 2. ออกแบบแม่พิมพ์ผิด เช่น มีความหนาเกินไป 3. แม่พิมพ์มีรูปร่างไม่อำนวยความสะดวกการใช้งาน เช่น ตำแหน่งของหูจับ และชนิดหูจับกีดขวางการใช้งาน 4. เสียเวลาในการถอดประกอบแม่พิมพ์ จึงเกิดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจึงต้องเสียเวลาในการอุ่นแม่พิมพ์เพิ่ม 5. ไม่รู้เวลาที่แน่นอนที่ยางสุก 6. แม่พิมพ์มีความซับซ้อน ทำให้ใช้เวลานานในการประกอบชิ้นส่วน 7. วางแผนการใส่ยางในตำแหน่งต่างๆได้ยากเนื่องจากออกแบบแม่พิมพ์ซับซ้อน 8. เสียเวลาในการจัดหาอุปกรณ์มาจัดแม่พิมพ์ เช่น ประแจ หรืออุปกรณ์ไม่เพียงพอ 9. พนักงานเกิดความล้าจากการทำงาน 10. คนงานขาดความตั้งใจในการทำงาน | 1. เพิ่มจำนวนเข้าอัดหรือออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ 2. ออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ทั้งขนาด รูปร่าง และรูปแบบของแม่พิมพ์ 3. หาแรงจูงใจให้คนงาน เช่น ให้โบนัสพิเศษถ้าคนงานผลิตชิ้นงานเสร็จก่อนเวลาที่กำหนดทำให้สามารถผลิตชิ้นงานได้เยอะขึ้น |

| ลำดับ | ลักษณะข้อบกพร่อง | แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง | แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก | วิธีการแก้ไข |
|-------|---|---|---|--|
| 3 | เคลื่อนย้ายยาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) RPN=192 | เกิดความล่าช้าจากการทำงาน | 1. ใช้เหล็กขนาดใหญ่เกินไป เพราะขาดความรู้เรื่องการทำงานแม่พิมพ์ 2. เพื่อระยะความสูงกรณีต้องแก้ไขถ้างานไม่ได้ขนาด ทำให้แม่พิมพ์หนาเกินไป | เมื่อทำการอัดยางแล้วพบว่าขนาดของงานถูกต้องแล้ว ให้นำแม่พิมพ์มาปาดความหนาออกให้เหมาะสม |
| 4 | การเคลื่อนย้ายลำบาก (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) RPN=192 | เกิดความล่าช้าจากการทำงาน | 1. ชิ้นส่วนขวางการเคลื่อนย้าย เช่น หูจับอยู่ผิดตำแหน่ง 2. แม่พิมพ์มีความร้อนทำให้ต้องใส่อุปกรณ์ป้องกันซึ่งยากต่อการหยิบจับ 3. แม่พิมพ์มีน้ำหนักรวมเคลื่อนย้ายลำบาก | 1. จัดทำบอร์ดเกี่ยวกับอันตรายจากการทำงาน แล้วบรรจุใส่อุปกรณ์ป้องกันความร้อนจากการทำงาน 2. ออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ทั้งขนาดรูปร่างและรูปแบบของแม่พิมพ์รวมถึงหูจับ |
| 5 | แม่พิมพ์มีความซับซ้อนใช้งานยาก (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) RPN=180 | ใช้เวลานานในการทำชิ้นส่วน | 1. ข้อจำกัดของวิธีขึ้นรูปแบบอัดยางขึ้นรูป ในการออกแบบแม่พิมพ์ที่ซับซ้อน 2. ขาดความเข้าใจในการออกแบบแม่พิมพ์ | เปลี่ยนรูปแบบการขึ้นรูปยาง ถ้าชิ้นงานมีความซับซ้อนไม่เหมาะสมกับการขึ้นรูปยางด้วยวิธีอัดขึ้นรูป หรือออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ให้ง่ายขึ้น |
| 6 | แม่พิมพ์เสียหายบ่อย (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) RPN=168 | เสียเงินในการทำแม่พิมพ์ใหม่และเสียเวลาในการผลิตสินค้า | 1. การออกแบบรูปร่างของแม่พิมพ์ไม่ดี เช่น ตำแหน่งจัดเข้าออกของชิ้นงานทำให้แม่พิมพ์บิ่นหรือแตกร้าว 2. แม่พิมพ์ที่ใช้ราคาถูกจึงเสียหายเร็วกว่ากำหนด 3. แม่พิมพ์มีการเสียดสีกันบ่อยทำให้สึกหรอ โดยเฉพาะบริเวณที่มีการใช้สลักหรือน็อตขันล๊อค | 1. ออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ทั้งขนาดรูปร่างและรูปแบบของแม่พิมพ์รวมถึงหูจับ 2. เลือกวัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์เป็นเหล็กเกรด SCM440 แทน S45C 3. เปลี่ยนรูปแบบการยึดจากการใช้สลักเป็นทำบานั่ง |

| ลำดับ | ลักษณะข้อบกพร่อง | แนวโน้มของผลจากข้อบกพร่อง | แนวโน้มของสาเหตุ/กลไก | วิธีการแก้ไข |
|-------|--|---|--|---|
| | | | 4. หูของแม่พิมพ์ขาดจากตัวแม่พิมพ์เนื่องจากใช้งานเป็นเวลานาน 5. เก็บรักษาไม่ดี ไม่มีการทาน้ำมันลงบนผิวของแม่พิมพ์ 6. เกิดจากการกระแทกของคองงานเพื่อต้องการเปิดปิดแม่พิมพ์ทำให้แม่พิมพ์บิ่น | 4. ทำความสะอาดแม่พิมพ์แล้วทาน้ำมันทุกครั้งหลังจากใช้งานแม่พิมพ์เสร็จ |
| 7 | มีชิ้นส่วนมาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) RPN=160 | ใช้เวลานานในการทำชิ้นส่วนนาน เช่น หูจับ, น็อตสกรู | ขาดการดัดแปลงหรือประยุกต์หรือไม่ได้เสริมความรู้เกี่ยวกับแนวคิดการทำแม่พิมพ์แบบใหม่ | 1. ซื่อชิ้นส่วนสำเร็จรูปแทนการกลึง เช่น หูจับ 2. เปลี่ยนรูปแบบการจับยึดใหม่ |
| 8 | แม่พิมพ์ขึ้นรูปยาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) RPN=160 | ใช้เวลาในการขึ้นรูปนาน | 1. ออกแบบแม่พิมพ์ซับซ้อนหลายชิ้น 2. ตัวอย่างชิ้นงานมีความยาก 3. ข้อจำกัดของการทำแม่พิมพ์ชนิดอัดขึ้นรูป 4. ออกแบบตำแหน่งวางสลักและน็อตชิ้นต่างๆ 5. ข้อจำกัดของเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการกลึง | 1. เปลี่ยนวิธีการขึ้นรูป 2. ใช้โปรแกรม CAD/CAM ช่วยในการออกแบบ 3. ออกแบบแม่พิมพ์ให้ช่างแทนการให้ช่างออกแบบเอง 4. ลงทุนซื้อเครื่องมือเครื่องจักรที่ทันสมัยและมีความจำเป็นต้องใช้งาน |

จากค่า RPN ที่กล่าวมาข้างต้นเป็นปัญหาหลักที่ส่งผลกระทบต่อธุรกิจแม่พิมพ์อัดยางในพื้นที่กรณีศึกษา โดยทางคณะผู้จัดทำได้นำปัญหาหลักที่เกิดขึ้นทั้ง 8 ลำดับมาวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหาแล้วพบว่าถ้าต้องการแก้ไขปัญหาดังกล่าวการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่โดยเปลี่ยนรูปแบบการจับยึด และรูปร่างของแม่พิมพ์ใหม่ให้มีความหนาน้อยลงหรือเพิ่มจำนวนเบาจะเป็นวิธีแก้ไขปัญหาที่ต้นเหตุ ดังนั้นจึงทำการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ให้มีประสิทธิภาพการทำงานที่สูงขึ้นโดยวัดผลจากเปอร์เซ็นต์ของประสิทธิภาพการประกอบที่จะกล่าวต่อไป

ตารางที่ 3.3

ค่า FMEA ก่อนทำการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่

| ลำดับ | ลักษณะข้อบกพร่อง | การตรวจจับ | ก่อนออกแบบแม่พิมพ์ | | | |
|-------|---|---|--------------------|----|---|-----|
| | | | S | O | D | RPN |
| 1 | แม่พิมพ์ไม่ได้ขนาดหรือใช้งานไม่ได้ (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | ตรวจสอบด้วยอุปกรณ์วัด ขนาดมาตรฐาน | 9 | 8 | 5 | 360 |
| 2 | ใช้เวลาในการผลิตนาน สามารถผลิตชิ้นงานได้น้อย (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | กำหนดวันส่งงาน ว่าตรง ตามใบสั่งงานหรือไม่ | 8 | 9 | 4 | 288 |
| 3 | เคลื่อนย้ายยาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | สอบถามพนักงาน | 6 | 8 | 4 | 192 |
| 4 | การเคลื่อนย้ายลำบาก (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | สอบถามข้อมูลกับ พนักงานที่อัดยางทุกสิ้น เดือน | 6 | 8 | 4 | 192 |
| 5 | แม่พิมพ์มีความ ซับซ้อนใช้งานยาก (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | จากการสอบถาม พนักงาน และเวลาต่อ รอบของการอัดยาง | 9 | 10 | 2 | 180 |
| 6 | แม่พิมพ์เสียหายบ่อย (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | จำนวนรอบของการส่ง ซ่อมแม่พิมพ์ | 8 | 7 | 3 | 168 |
| 7 | มีชิ้นส่วนมาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | วัดจากจำนวนวันที่ ออกแบบแม่พิมพ์ | 4 | 8 | 5 | 160 |
| 8 | แม่พิมพ์ขึ้นรูปยาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | วัดจากจำนวนวันที่ทำ แม่พิมพ์ | 4 | 8 | 5 | 160 |

3.5 ออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่

ตารางที่ 3.4

เกณฑ์การออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่

| ข้อมูล | ความสัมพันธ์กับกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ | เกณฑ์การออกแบบ |
|--|---|--|
| ผลิตภัณฑ์ รูปร่าง ขนาด (OD.54XID.30xT20xH.10 mm) | ชนิดของแม่พิมพ์อัด ขนาดของเบ้า รูปแบบของเบ้า ขนาดของแม่พิมพ์ | <ol style="list-style-type: none"> 1. การประมาณขนาดของแม่พิมพ์มาตรฐานเนื่องจากเหล็กแผ่นแม่พิมพ์มาตรฐาน ถ้าหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจะมีขนาดความกว้างและความยาวต่างกันอย่างน้อย 10 มม.เช่น ขนาด 100x130 , 150x200 แต่ถ้าหน้าตัดเป็นรูปวงกลม จะมีความโตเพิ่มทีละ 5 มม. โดยจะซื้อแผ่นเหล็กที่โตกว่าขนาดของชิ้นงาน ข้างละ 25-30 ซม. และความหนาจะเท่ากับความสูงของชิ้นงานบวกกับระยะเผื่ออีกประมาณ 10 มม. โดยเหล็กเพลากลมจะมีราคาต่ำกว่าเหล็กเพลเหลี่ยม 2. การถ่ายเทความร้อนมีผลต่อการออกแบบรูปร่างของแม่พิมพ์ทั้งด้านของขนาดความกว้าง ยาว และความหนา 3. ตำแหน่งเบ้าตัวผู้และตัวเมีย |
| วัสดุ ชนิดของยาง (EPDM40) ค่าการหดตัวของยาง (2.4%) ความแข็งของยาง (40 SHORE) | ขนาดของเบ้า การสร้างร่องระบาย การสร้างร่องตัดขอบ | <ol style="list-style-type: none"> 1. ค่าความแข็งของยางเกี่ยวข้องกับกระบวนการออกแบบแม่พิมพ์โดยถ้ายางมีความแข็งมากกว่า 60 จะต้องสร้างร่องระบายให้กับแม่พิมพ์ 2. การคำนวณขนาดของเบ้าจะใช้เปอร์เซ็นต์การหดตัวของยางมาเกี่ยวข้อง |

| ข้อมูล | ความสัมพันธ์กับ กระบวนการออกแบบ แม่พิมพ์ | เกณฑ์การออกแบบ |
|--|---|--|
| | | 3. การสร้างร่องสำหรับตัดครีบบางออกจาก ชิ้นส่วนที่เป็นชิ้นงาน ควรจะออกแบบเป็น ร่องสามเหลี่ยม เพราะการลับมีดสำหรับกัด ร่องดังกล่าวสามารถทำได้ง่ายกว่าร่องโค้ง |
| ข้อมูลการผลิต ปริมาณชิ้นงานที่ต้องการ (100 EA) ระยะเวลาการผลิต (7 DAYS) | จำนวนเบา | เนื่องจากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ คือ 100 ชิ้น ภายใน 7 วัน โดยเวลาที่ใช้ใน การอัดต่อรอบการอัดของแม่พิมพ์เดิมอยู่ที่ 23 นาที และเวลาการผลิตคือ 8 ชั่วโมงต่อ วัน ในขณะที่จำนวนแม่พิมพ์ที่ลูกค้าต้องการ คือ 1 ชุด |
| เครื่องอัด กำลังอัด (<400 BAR) ขนาดของเครื่อง (ระยะเปิดปิด < 500 mm) | ขนาดแม่พิมพ์ ตำแหน่งการจับยึด ชุดประกอบแม่พิมพ์ | 1. ระยะเปิดปิดแม่พิมพ์จะเท่ากับระยะเปิด สูงสุดของเครื่อง ดังนั้นแม่พิมพ์ที่ใช้ต้องมี ความหนาไม่เกินระยะเปิดแม่พิมพ์ดังกล่าว ซึ่งเครื่องอัดทั่วไปจะมีระยะอยู่ที่ 500 mm 2. ชุดประกอบแม่พิมพ์ จะเป็นอุปกรณ์ที่ ประกอบกับแม่พิมพ์เพื่อให้สามารถจับยึด แม่พิมพ์บนเครื่องอัดหรือเพื่อให้สามารถ เคลื่อนย้ายแม่พิมพ์ได้สะดวก 3. การเลือกสลักแม่พิมพ์ สลักประกอบด้วย ตัวผู้และตัวเมีย ทำหน้าที่เป็นตัวนำให้ แม่พิมพ์สามารถประกบกันได้ตรงตาม ตำแหน่งที่ต้องการ |

3.5.1 การออกแบบจำนวนเบ้าตามปริมาณการผลิต

เมื่อพบข้อบกพร่องในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบแล้ว จะทำการปรับปรุงข้อบกพร่องข้างต้น โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ (Design for Assembly, DFA) ในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ ซึ่งจะใช้กับเครื่องอัดที่มีกำลังอัดสูงสุด 400 bar ผู้วิจัยจึงต้องคำนวณจำนวนเบ้าตามปริมาณการผลิต จากสมการที่ 3.1

$$N_{cavity} = \frac{Q_P}{N_D T_C N_M T_W} \quad (3.1)$$

| | |
|--------------|--|
| Q_P | คือ ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ (ชิ้น) |
| N_D | คือ จำนวนวันที่ใช้ในการผลิตชิ้นงาน (วัน) |
| T_C | คือ เวลาที่ใช้ต่อรอบการอัด (นาที/รอบ) |
| N_M | คือ จำนวนแม่พิมพ์ที่ต้องการ (ชุด) |
| T_W | คือ เวลาการผลิตต่อวัน (ชม./วัน) |
| N_{cavity} | คือ จำนวนเบ้าต่อแม่พิมพ์ (หลุม/แม่พิมพ์) |

การคำนวณหาจำนวนเบ้าด้วยวิธีนี้จะใช้ในกรณีที่ลูกค้าเป็นผู้กำหนดปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ต้องการและระยะเวลาที่ใช้ในการส่งมอบสินค้า ซึ่งระยะเวลาที่ลูกค้ากำหนดนั้นจะเป็นเวลาที่นับเริ่มตั้งแต่กระบวนการออกแบบแม่พิมพ์ กระบวนการผลิตแม่พิมพ์ กระบวนการทดสอบและติดตั้งแม่พิมพ์ และกระบวนการผลิตชิ้นงาน แต่ในการคำนวณหาจำนวนเบ้าตามสมการที่ 3.1 จะพิจารณาเฉพาะเวลาที่ใช้ในกระบวนการผลิตชิ้นงานจริงๆ เท่านั้น ดังนั้นจำนวนวันที่ใช้ในการผลิตชิ้นงานจะไม่รวมถึงเวลาในการออกแบบผลิต ทดสอบ และติดตั้งแม่พิมพ์ และเวลาที่ใช้ในการผลิตต่อวันจะพิจารณาเฉพาะเวลาในการทำงานจริง (ไม่รวมเวลาว่างหรือเวลาพักงาน) ซึ่งหากจำนวนเบ้าที่คำนวณได้นั้นมีผลทำให้ขนาดของแม่พิมพ์ใหญ่เกินกว่าขนาดของแท่นรองแม่พิมพ์บนเครื่องอัดที่จะใช้ในการขึ้นรูปก็จำเป็นต้องปรับให้เหมาะสมอีกครั้ง ซึ่งในที่นี้แม่พิมพ์ที่จะทำการออกแบบใหม่จะต้องมีจำนวนเบ้า 1 หลุม (เนื่องจากปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ คือ 100 ชิ้น ภายใน 7 วัน โดยเวลาที่ใช้ในการอัดต่อรอบการอัดของแม่พิมพ์เดิมอยู่ที่ 23 นาที และเวลาการผลิต คือ 8 ชั่วโมงต่อวัน ในขณะที่จำนวนแม่พิมพ์ที่ลูกค้าต้องการ คือ 1 ชุด)

เมื่อได้จำนวนเบ้าแล้วให้นำมาคำนวณหาแรงดันที่กระทำต่อเบ้า เพื่อดูว่าเครื่องอัดที่ใช้เพียงพอสำหรับการอัดแม่พิมพ์หรือไม่ จากสมการ

$$P = \frac{F}{A} \times N_{cavity} \quad (3.2)$$

P คือ แรงดันสูงสุดของเครื่องอัด (kgf/cm^2)

A คือ พื้นที่หน้าตัดของเบ้า 1 หลุม

N_{cavity} คือ จำนวนเบ้า

F คือ แรงปฏิกิริยาของเบ้า 1 หลุม

โดยที่ $F = 100 \text{ kgf}$ กรณีที่ยางมีความแข็งน้อยกว่า 60

$F = 200 \text{ kgf}$ กรณีที่ยางมีความแข็งมากกว่า 60

ในที่นี้เครื่องอัดมีกำลังอัดอยู่ที่ 400 bar หรือ 5,800 psi ที่ความแข็งยาง 40 โดยในการอัดจริงแม่พิมพ์เดิมใช้แรงอัดอยู่ที่ 120 bar ดังนั้นการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่จะใช้แรงอัดน้อยลงเนื่องจากมีจำนวนเบ้าลดลงจึงสามารถออกแบบแม่พิมพ์ให้มีจำนวน 1 เบ้าได้

3.5.2 การออกแบบขนาดของแม่พิมพ์

การคำนวณขนาดของแม่พิมพ์จะพิจารณาจากความโตสุดของชิ้นงาน การวางตำแหน่งสลัก และจำนวนเบ้า จากนั้นนำขนาดของแม่พิมพ์ที่คำนวณได้มาตรวจสอบกับขนาดของเหล็กมาตรฐานที่มีอยู่ ซึ่งสามารถคำนวณได้ดังนี้ หาขนาดของแผ่นแม่พิมพ์ที่วางสลักในแนวแกน x นั้นโดยมีการวางเบ้าไม่เกิน 2 แถว ได้ดังนี้

$$\text{ขนาดของแม่พิมพ์ด้านยาว} = [(D+a)N_x + b] \quad (3.3)$$

$$\text{ขนาดของแม่พิมพ์ด้านกว้าง} = [(D+a)N_y + b] \quad (3.4)$$

ความหนาของแม่พิมพ์แผ่นบนและล่างจะเท่ากัน โดยถ้ามีการใส่สลัก ความหนาของแม่พิมพ์จะต้องมีระยะเผื่อ 3-5 mm จากสลักเป็นอย่างน้อย

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางที่ใหญ่ที่สุดของชิ้นงาน

a คือ ระยะห่างระหว่างเบ้า มีค่าประมาณ 5-8 mm

b คือ ระยะห่างระหว่างเบ้ากับขอบแม่พิมพ์ = 60 mm

N_x คือ จำนวนเบ้าที่วางในด้านยาว

N_y คือ จำนวนเบ้าที่วางในด้านกว้าง

H คือ ความหนาของชิ้นงาน

3.5.3 การถ่ายเทความร้อน

การเคลื่อนที่ของพลังงานเนื่องจากความแตกต่างของอุณหภูมิ สามารถเกิดการถ่ายเทความร้อนได้ก็ต่อเมื่อมีความแตกต่างของอุณหภูมิเท่านั้น ซึ่งชนิดของการถ่ายเทความร้อน เป็นแบบ Steady state นั่นคือ สมบัติของระบบไม่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลา อุณหภูมิของระบบจะคงที่ แม้ว่าเวลาจะเปลี่ยนแปลงไป แต่อาจแตกต่างเมื่อตำแหน่งเปลี่ยนแปลง โดยปัจจัยที่มีผลต่อการถ่ายเทความร้อนมีดังนี้ ความแตกต่างของอุณหภูมิ, ความหนาของวัสดุ, พื้นที่ที่ความร้อนถ่ายเทผ่าน และความต้านทานของวัสดุต่อการถ่ายเทความร้อน การถ่ายเทความร้อนตามกฎของ Fourier's law แสดงได้ดังนี้

$$q = -kA \frac{dT}{dx} = -kA \frac{T_2 - T_1}{\Delta x} \quad (3.5)$$

q คือ อัตราการนำความร้อน, W

A คือ พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน, m²

ΔT คือ ความแตกต่างของอุณหภูมิ, °C

Δx คือ ระยะทางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน, m

K คือ ค่าการนำความร้อน thermal conductivity, w/m°C

3.6 ประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่

เมื่อผู้วิจัยออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่แล้ว ผู้วิจัยจะประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ โดยใช้วิธีการประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์-ดีวเฮอริส (Boothroyd-Dew Hurst Assembly Evaluation Method) เช่นเดียวกับการประเมินประสิทธิภาพการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางต้นแบบ เมื่อทำการประเมินแล้วสามารถปรับปรุงกระบวนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางให้ดีขึ้นแล้วจึงทำการสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบหนึ่งชุด

3.7 เปรียบเทียบผลการประเมินตัวชี้วัดก่อนและหลังปรับปรุง

ผู้วิจัยประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่แล้วทำการสร้างแม่พิมพ์ต้นแบบมาทดสอบ เพื่อเก็บผลการทดสอบตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ พร้อมทั้งเปรียบเทียบผลการประเมินตัวชี้วัดก่อน และหลังการปรับปรุง ดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5

เปรียบเทียบค่า FMEA ก่อนและหลังออกแบบแม่พิมพ์

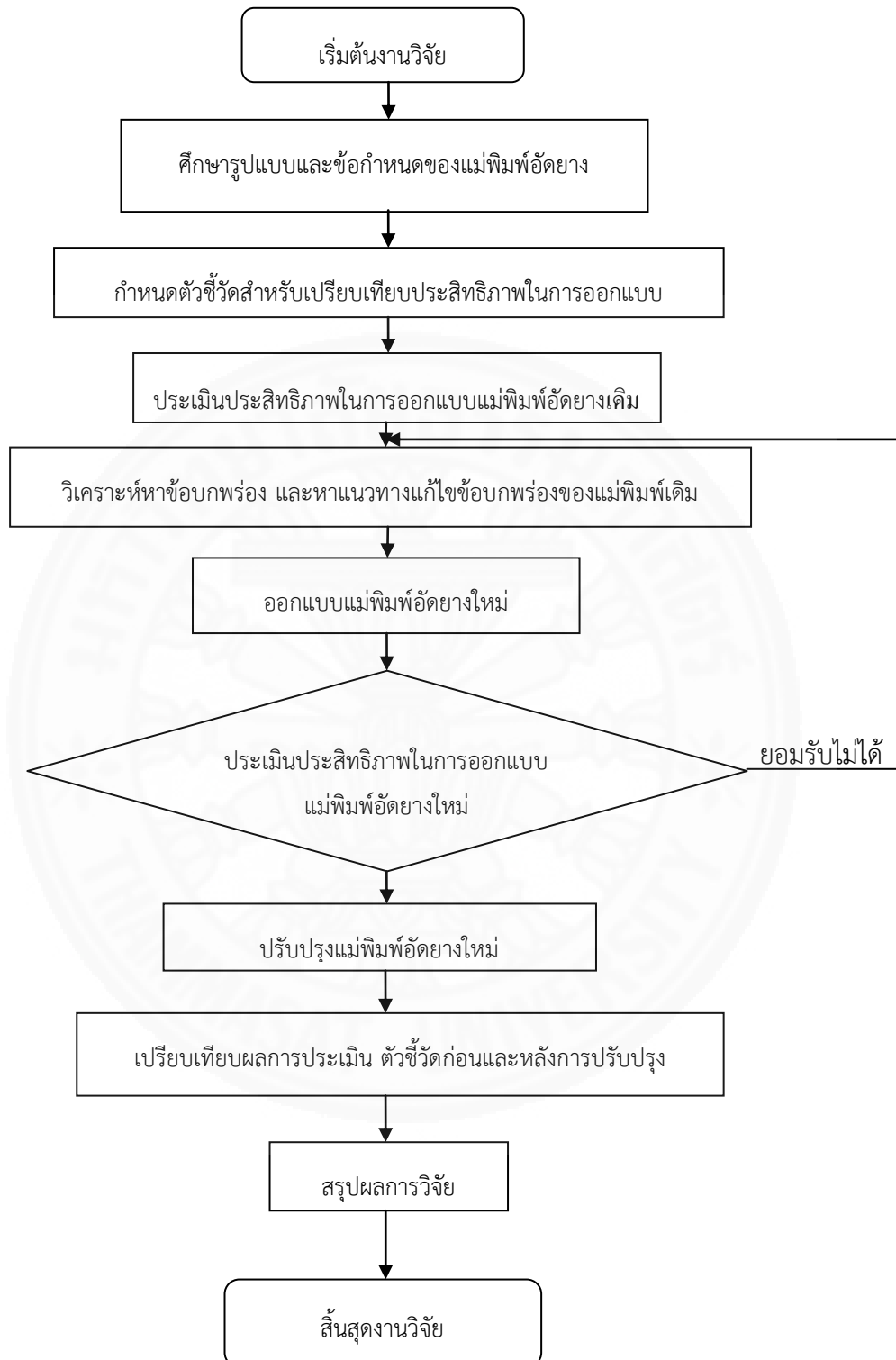
| ลำดับ | ลักษณะข้อบกพร่อง | ก่อนออกแบบแม่พิมพ์ | | | | หลังออกแบบแม่พิมพ์ | | | |
|-------|---|--------------------|----|---|-----|--------------------|---|---|-----|
| | | S | O | D | RPN | S | O | D | RPN |
| 1 | แม่พิมพ์ไม่ได้ขนาดหรือใช้งานไม่ได้ (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | 9 | 8 | 5 | 360 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 2 | ใช้เวลาในการผลิตนาน สามารถผลิตชิ้นงานได้น้อย (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | 8 | 9 | 4 | 288 | 2 | 2 | 3 | 12 |
| 3 | เคลื่อนย้ายยาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | 6 | 8 | 4 | 192 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 4 | การเคลื่อนย้ายลำบาก (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | 6 | 8 | 4 | 192 | 1 | 1 | 2 | 2 |
| 5 | แม่พิมพ์มีความ ซับซ้อนใช้งานยาก (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | 9 | 10 | 2 | 180 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 6 | แม่พิมพ์เสียหายบ่อย (ขั้นตอนการอัดยางขึ้นรูป) | 8 | 7 | 3 | 168 | 3 | 2 | 3 | 18 |
| 7 | มีชิ้นส่วนมาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | 4 | 8 | 5 | 160 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 8 | แม่พิมพ์ขึ้นรูปยาก (ขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์) | 4 | 8 | 5 | 160 | 1 | 1 | 1 | 1 |

3.8 สรุปผลการวิจัย

สรุปผลของการใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบว่าให้ผลลัพธ์เป็นอย่างไรกับงานวิจัยนี้ แล้วนำผลการวิจัยไปใช้กับแม่พิมพ์อัดยางต่อไป

3.9 บทสรุปวิธีดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้ ทำขึ้นเพื่อประเมินประสิทธิภาพในการออกแบบแม่พิมพ์ โดยมีขั้นตอนของวิธีดำเนินงานวิจัย ดังแผนภาพที่ 3.1 ส่วนผลของการศึกษาวิจัยนี้จะนำเสนอในบทที่ 4



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนของวิธีดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

ผลการดำเนินงานวิจัย

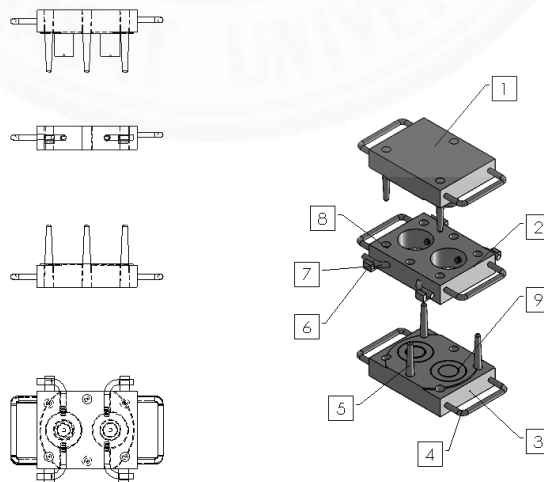
การดำเนินงานวิจัยเรื่อง การประยุกต์ใช้เทคนิค FMEA ในการปรับปรุงกระบวนการ ออกแบบและพัฒนาแม่พิมพ์อัดยาง ได้ดำเนินการตามวิธีการดำเนินงานวิจัยดังกล่าวมาแล้วในบทที่ 3 ซึ่งได้ผลของการดำเนินงานวิจัยในแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 รูปแบบและข้อกำหนดของแม่พิมพ์ อัดยางขึ้นรูป

4.1.1 ลักษณะและหน้าที่ชิ้นส่วนของแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูปแม่พิมพ์ มีลักษณะตามภาพที่ 4.1



ภาพที่ 4.1 แม่พิมพ์อัดยาง (Rubber Compression Mold)



ภาพที่ 4.2 ส่วนประกอบของแม่พิมพ์

โดยชั้นส่วนของแม่พิมพ์ มีความถี่ในการถอดและประกอบสูง สามารถแบ่งออกเป็น 9 ชั้นส่วน ดังต่อไปนี้

หมายเลข 1 แม่พิมพ์แผ่นบน (Top plate) มีหน้าที่กำหนดรูปร่างของชิ้นงานยางในขณะที่ทำการอัดยางขึ้นรูป โดยจะถ่ายเทความร้อนและจำกัดขอบเขตที่ยางไหล

หมายเลข 2 แม่พิมพ์แผ่นกลาง (Middle plate) ทำหน้าที่กำหนดรูปร่างที่มีลักษณะพิเศษกว่าแม่พิมพ์สองชั้น กล่าวคือชั้นกลางอาจมีรูทะลุ หรือ ต้องเสริมส่วนประกอบอื่นลงในแม่พิมพ์เพื่ออัดยางขึ้นรูปพร้อมกัน

หมายเลข 3 แม่พิมพ์แผ่นล่าง (Bottom plate) มีหน้าที่กำหนดรูปร่างของชิ้นงานยางในขณะที่ทำการอัดยางขึ้นรูป รวมถึงเป็นที่วางของเบ้าพิมพ์และจำกัดขอบเขตที่ยางไหล

หมายเลข 4 หุยกแม่พิมพ์ มีหน้าที่ช่วยเพิ่มความสะดวกในการเคลื่อนย้ายแม่พิมพ์และหยิบใช้งาน

หมายเลข 5 สลักตัวผู้ (Leader pin) ใช้สำหรับล็อกแม่พิมพ์ให้ตั้งตรงอยู่กับที่

หมายเลข 6 หุยัดแม่พิมพ์ ใช้สำหรับล็อกสลักที่ขันติดกับแม่พิมพ์ให้ตั้งตรงอยู่กับที่

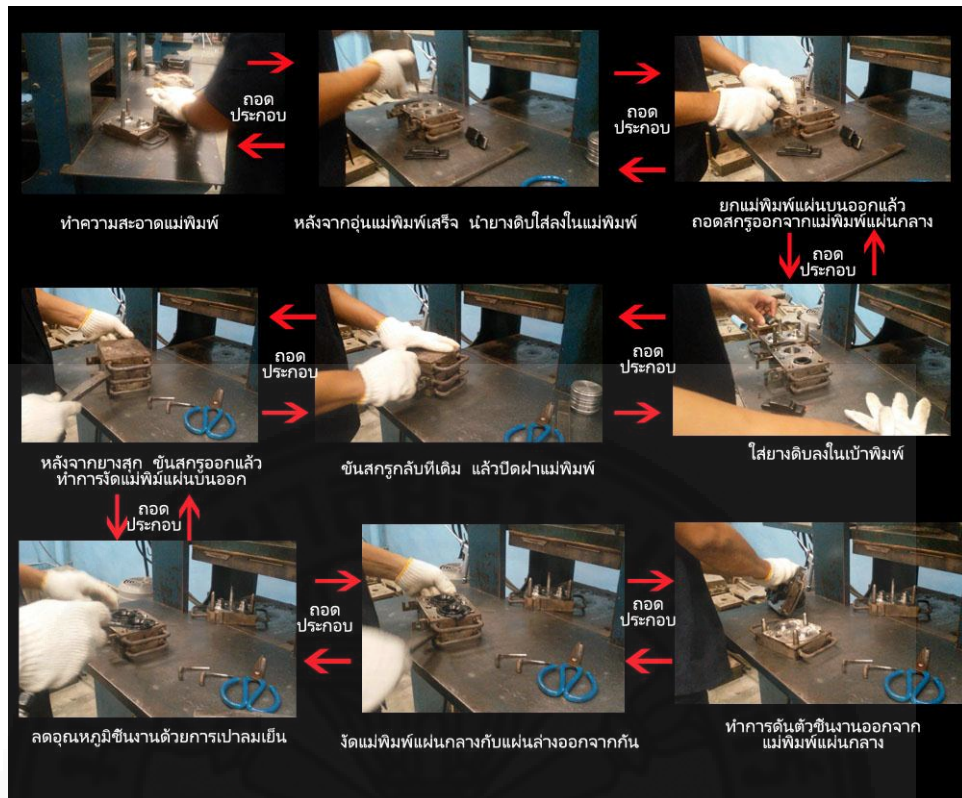
หมายเลข 7 สกรู (Screw) ใช้สำหรับกำหนดรูให้กับชิ้นงาน

หมายเลข 8 สลักตัวเมีย (Leader bush) เป็นตัวสวมล็อกให้กับสลักตัวผู้

หมายเลข 9 เบ้า (Cavity) ตัวกำหนดจำนวนหลุมของชิ้นงาน

4.1.2 ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง

เมื่อมีการใส่เนื้อยางดิบหรือนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์แล้วจะมีขั้นตอนการถอดประกอบแม่พิมพ์อัดยาง ดังภาพที่ 4.3



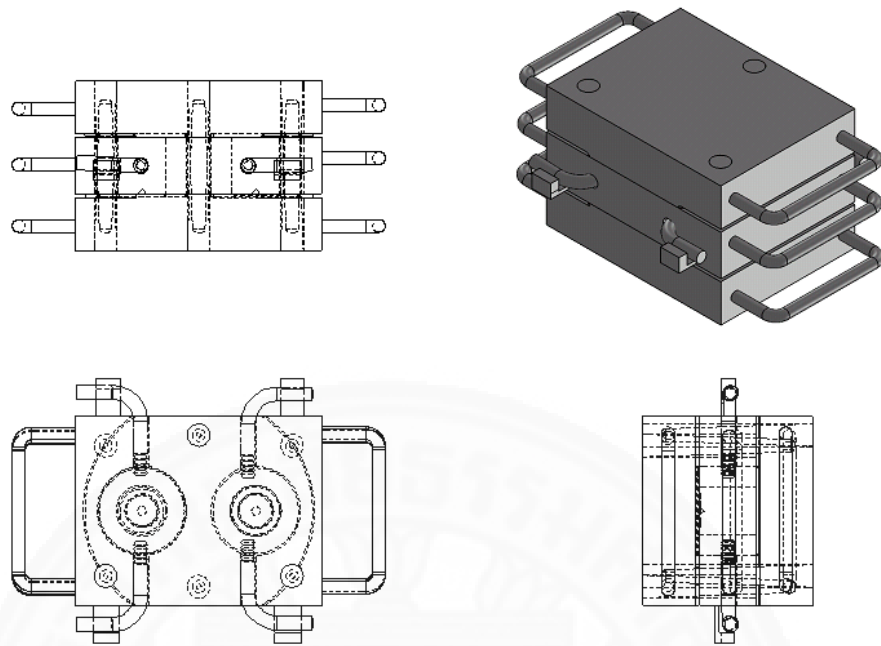
ภาพที่ 4.3 ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง

4.2 ค่าตัววัดก่อนการปรับปรุง

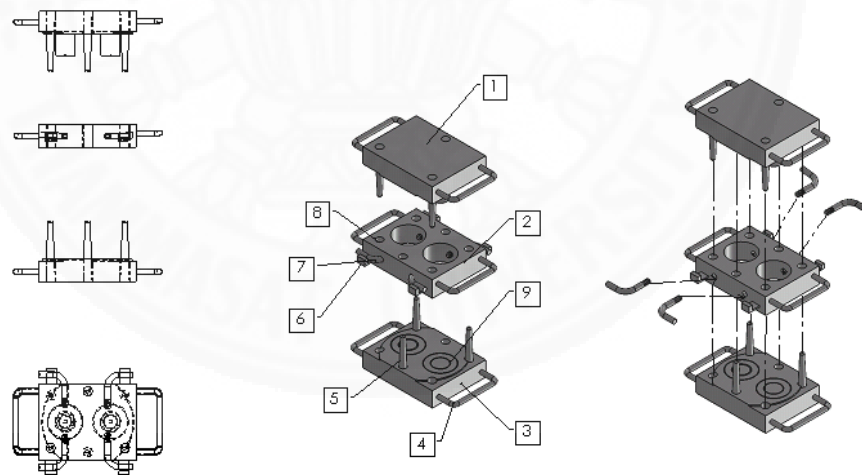
ผู้วิจัยได้ประเมินประสิทธิภาพของแม่พิมพ์อัดยางแบบเดิม ตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ โดยขึ้นส่วนประกอบที่ใช้ในการประเมินมีลักษณะดังภาพที่ 4.4 และ 4.5 แล้วใช้การประเมินการประกอบแบบบูรณาการและตัวแฮร์ส โดยพิจารณาเฉพาะขึ้นส่วนหลักที่มีการถอดและประกอบเท่านั้น ซึ่งมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.1

การประเมินประสิทธิภาพในการประกอบ สามารถคำนวณด้วยสมการที่ 2.1 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned}
 \text{ประสิทธิภาพในการประกอบ} &= \frac{\text{เวลาในการประกอบในอุดมคติ}}{\text{เวลาในการประกอบที่ใช้จริงในการประกอบ}} = \frac{3xN_{min}}{t_{ma}} \quad (2.1) \\
 &= \frac{3 \times 3}{96.98} = 9.28\%
 \end{aligned}$$



ภาพที่ 4.4 แม่พิมพ์อัดอย่างก่อนแยกชิ้นส่วนประกอบ



ภาพที่ 4.5 แม่พิมพ์อัดอย่างหลังแยกชิ้นส่วนประกอบและแสดงทิศทางการประกอบ

ตารางที่ 4.1

ประเมินการถอดประกอบของแม่พิมพ์อัดยาง (ตั้งแต่กระบวนการใส่ยางดิบถึงกระบวนการนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์)

| ลำดับ | ชื่อชิ้นส่วนประกอบ | จำนวนชิ้นหรือกิจกรรม | รหัสการหยิบจับด้วยมือ | เวลาการหยิบจับต่อชิ้น (วินาที) | รหัสการใส่ด้วยมือ | เวลาการสวมใส่ต่อชิ้น (วินาที) | เวลาการปฏิบัติงานทั้งหมด (วินาที) | ต้นทุนการปฏิบัติงานทั้งหมด (บาท) | จำนวนชิ้นส่วนต่ำสุด (ชิ้น) | คำอธิบายการประกอบ |
|-------|---------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | แม่พิมพ์แผ่นบน | 1 | 98 | 7 | 09 | 2.98 | 9.980 | 0.104 | 1 | ถอดเข้าออกและตรงกับที่ |
| 2 | (การใส่สลัก) | (2) | | | 92 | 5 | 10.000 | 0.104 | | ตรงกับที่ |
| 3 | แม่พิมพ์แผ่นกลาง | 1 | 98 | 7 | 01 | 2.5 | 9.500 | 0.099 | 1 | ถอดเข้าออกและตรงกับที่ |
| 4 | (การใส่สลัก) | (2) | | | 92 | 5 | 10.000 | 0.104 | | ตรงกับที่ |
| 5 | แม่พิมพ์แผ่นล่าง | 1 | 98 | 7 | 00 | 1.5 | 8.500 | 0.089 | 1 | ถอดเข้าออกและตรงกับที่ |
| 6 | (การใส่สลัก) | (2) | | | 92 | 5 | 10.000 | 0.104 | | ตรงกับที่ |
| 7 | สกรู | 2 | 10 | 1.5 | 39 | 8 | 19.000 | 0.198 | 0 | ถอดเข้าออกและตรงกับที่ |
| 8 | (การขันสกรูให้แน่น) | (4) | | | 92 | 5 | 20.000 | 0.208 | | ขันสกรู |
| | ผลรวม | 5 | | | | | 96.98 | | 3 | |
| | | | | | | | t_{ma} | | N_{min} | |

หมายเหตุ : ในที่นี้คิดอัตราค่าจ้าง 300 บาท/8ชั่วโมง

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปค่าตัวชีวิตก่อนการปรับปรุงได้ดังนี้

- 1) จำนวนกิจกรรมที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง = 5 ชิ้นส่วน
- 2) ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง = 15 ขั้นตอน
- 3) เวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง = 96.98 วินาที
- 4) ต้นทุนการประกอบ = 9.28%

4.3 ผลการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางเดิม

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการทำธุรกิจแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูป โดยผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังแสดงในตารางการวิเคราะห์ข้อบกพร่องและผลกระทบ (Failure Mode and Effect Analysis, FMEA) ในบทที่ 3 และภาคผนวกของงานวิจัยนี้จากข้อมูลดังกล่าวผู้วิจัยจะนำ

ข้อบกพร่องที่พบมาดำเนินการแก้ไขต่อไป ส่วนวิธีการแก้ไขจะสรุปต่อท้ายตารางการวิเคราะห์ ข้อบกพร่องและผลกระทบสำหรับการออกแบบในภาคผนวกของงานวิจัยนี้เช่นกัน

การออกแบบแม่พิมพ์ ผู้วิจัยวิเคราะห์หาข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากแม่พิมพ์เดิมแล้วทำการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางในแต่ละชิ้นส่วนประกอบใหม่รวมไปถึงการลดขั้นตอนการประกอบ เพื่อให้สามารถลดต้นทุนจากการผลิตได้

4.4 การปรับปรุงแม่พิมพ์อัดยางใหม่

ผู้วิจัยทำการออกแบบแม่พิมพ์อัดยางใหม่ โดยทำการปรับปรุงจุดบกพร่องที่ได้จากการวิเคราะห์หาข้อบกพร่องในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางเดิมในแต่ละชิ้นส่วนประกอบดังนี้

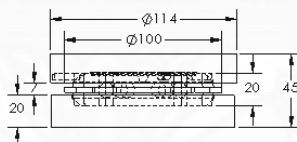
4.4.1 จำนวนเบ้า

จากการคำนวณจำนวนเบ้าตามปริมาณการผลิตในบทที่ 3 พบว่า จำนวนเบ้าที่ ต้องการ คือ 1 หลุม จึงทำการลดปริมาณเบ้าลงสำหรับการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ ทั้งนี้เนื่องจาก ปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ลูกค้าต้องการ คือ 100 ชิ้น ภายใน 7 วัน โดยเวลาที่ใช้ในการอัดต่อรอบการอัด ของแม่พิมพ์เดิมอยู่ที่ 23 นาที และเวลาการผลิตคือ 8 ชั่วโมงต่อวัน ในขณะที่จำนวนแม่พิมพ์ที่ลูกค้า ต้องการคือ 1 ชุด ดังนั้น การออกแบบจำนวนเบ้า 1 หลุม สามารถผลิตชิ้นงานได้ทันตามเป้าหมาย อีกทั้งกลยุทธ์ที่สำคัญในการทำธุรกิจแม่พิมพ์อัดยางขึ้นรูป คือ การทำแม่พิมพ์ให้มีราคาต้นทุนต่ำที่สุดแต่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อตอบสนองความต้องการของลูกค้าได้ ดังนั้น แม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่จึงมี จำนวนเบ้า 1 หลุม

4.4.2 ขนาดแม่พิมพ์

แม่พิมพ์เดิมมีรูปร่างหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ขนาด 100x130xT90 mm ต้องการออกแบบใหม่เป็นรูปหน้าตัดวงกลม เพื่อกำจัดมุมเหลี่ยมของแม่พิมพ์และช่วยให้พนักงาน สามารถทำงานได้สะดวกขึ้นทั้งขั้นตอนการขึ้นรูปแม่พิมพ์ตลอดจนอัดยางขึ้นรูป รวมถึงขั้นตอนการ ถอดประกอบ และการหยิบจับ นอกจากนี้ราคาต้นทุนของเหล็กเพลากลมจะมีราคาต่ำกว่าเหล็ก เพลาที่มีหน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยม ดังนั้น การออกแบบแม่พิมพ์ที่มีหน้าตัดเป็นรูปวงกลมจึงเหมาะแก่ การนำมากำหนดรูปร่างของแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่ ซึ่งขนาดของแม่พิมพ์ที่ได้จากกาคำนวณใน สมการที่ 3.2 และ 3.3 ในเนื้อหาบทที่ 3 แม่พิมพ์จะต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของแม่พิมพ์แผ่น กลาง 100 มิลลิเมตร ส่วนแม่พิมพ์แผ่นบนและล่างต้องมีเส้นผ่านศูนย์กลางแม่พิมพ์มากกว่าแผ่นกลาง

เพื่อให้ง่ายต่อการสวมประกอบ ในที่นี้แม่พิมพ์แผ่นบนและล่างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่ 114 มิลลิเมตร ความหนาของแม่พิมพ์แผ่นกลางเท่ากับ 20 มิลลิเมตร ความหนาของแม่พิมพ์แผ่นบนและแผ่นล่างต้องมีความหนามากกว่า 3 มิลลิเมตร ในที่นี้ต้องการให้แม่พิมพ์แผ่นกลางสวมเข้าไปในแม่พิมพ์แผ่นบนและล่างด้านละ 6.5 มิลลิเมตร และต้องการให้มีระยะจัดที่ 7 มิลลิเมตร แต่ต้องการให้ความหนารวมของแม่พิมพ์ลดลงเป็นครึ่งหนึ่งของแม่พิมพ์เดิม นั่นคือ ความหนารวมต้องเท่ากับ 45 มิลลิเมตร อีกทั้งความหนารวมจะต้องน้อยกว่าระยะเปิดปิดแม่พิมพ์ซึ่งมีระยะอยู่ที่ 500 mm (แผ่นเหล็กข้อ 2 ขนาด คือ เหล็กกลม $\varnothing 105 \times$ หนา 20 มิลลิเมตร จำนวน 1 ชั้น และ เหล็กกลม $\varnothing 120 \times$ หนา 20 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชั้น) โดยราคาต้นทุนค่าเหล็กของแม่พิมพ์แบบเดิมจะสูงกว่าต้นทุนค่าเหล็กของแม่พิมพ์แบบใหม่อยู่ 3 เท่าตัว และน้ำหนักของแม่พิมพ์เดิมคือ 7.67 กิโลกรัม แม่พิมพ์ใหม่ 3.19 กิโลกรัม



ภาพที่ 4.6 ขนาดของแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่

4.4.3 การถ่ายเทความร้อนของแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่เทียบกับของเดิม

ตารางที่ 4.2

อัตราการนำความร้อนของแม่พิมพ์เดิม และแม่พิมพ์ที่ออกแบบใหม่

| รายละเอียด | ค่าที่ได้จากการทำแม่พิมพ์ | |
|--|--------------------------------|-------------------------------|
| | ก่อนทำการปรับปรุง | หลังทำการปรับปรุง |
| พื้นที่ในการถ่ายโอนความร้อน, A (m ²) | 0.013 (ขนาด 130x100xT90 mm) | 0.010 (ขนาด OD.114xT45 mm) |
| ความแตกต่างของอุณหภูมิ, ΔT (°C) | 25-150 = -125 | 25-150 = -125 |
| ระยะทางที่ความร้อนเคลื่อนที่ผ่าน, ΔX (m) | 90 | 45 |
| ค่าการนำความร้อน, k (w/m ⁰ C) | 17 | 17 |
| อัตราการนำความร้อน, q (W) | 0.3069 | 0.4722 |

4.4.4 การออกแบบขนาดของเบ้า

จะใช้เปอร์เซ็นต์การหดตัวของยางมาช่วยในการออกแบบความกว้างของเบ้า โดยยางที่ใช้เป็น Epdm ที่ความแข็ง 40 ดังนั้นเปอร์เซ็นต์การหดตัวของยาง คือ 2.4% ชิ้นงานที่ต้องการมีขนาดดังนี้ OD.54XID.30xT20xH.10 mm ดังนั้น ขนาดของเบ้าจะเปลี่ยนเป็น OD. 55.296x29.976xT20xH9.976 mm

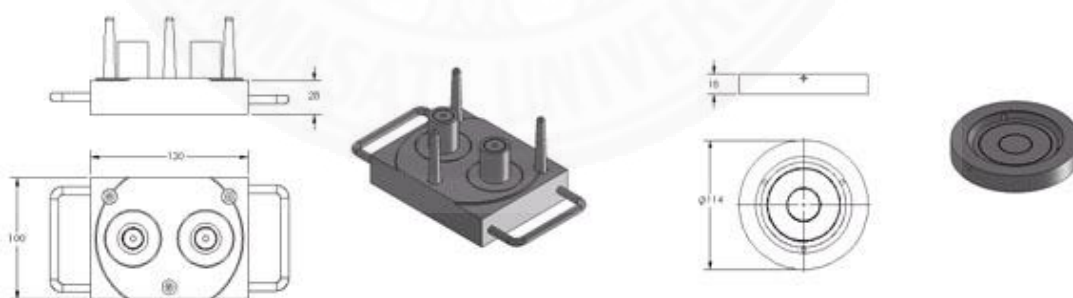
4.4.5 การออกแบบเบ้าตัวผู้ และเบ้าตัวเมีย

การเปลี่ยนตำแหน่งเบ้าตัวผู้จากแม่พิมพ์แผ่นบนมาไว้ที่แม่พิมพ์แผ่นล่าง เนื่องจากเมื่อทำการถอดประกอบแม่พิมพ์เดิมจะพบว่าชิ้นงานยางจะไปติดกับเบ้าตัวผู้ที่ติดอยู่กับแม่พิมพ์ส่วนบนทำให้ยากต่อการถอดประกอบแม่พิมพ์และการดึงชิ้นงานออก

4.4.6 การออกแบบชุดประกอบแม่พิมพ์ และรูปแบบการจับยึด

1) แม่พิมพ์แผ่นบน

แม่พิมพ์แผ่นบนเป็นตัวปิดชิ้นงาน เพื่อให้ยางมีรูปร่างเป็นไปตามรูปแบบที่กำหนดจึงเป็นส่วนชิ้นส่วนหลักในการทำแม่พิมพ์ แต่เนื่องจากความยากลำบากในการถอดประกอบแม่พิมพ์ส่วนบนเนื่องจากมีชิ้นส่วนที่ไม่สะดวกต่อการใช้งานและเพิ่มระยะเวลาการสวมประกอบ เพราะต้องใส่สลักตัวผู้ให้ตรงกับสลักตัวเมียตามตำแหน่งในแม่พิมพ์ ผู้วิจัยจึงทำการออกแบบแม่พิมพ์ส่วนบนใหม่ ดังภาพที่ 4.7 นั่นคือ การเปลี่ยนจากการล็อคแม่พิมพ์แบบสลักมาเป็นแบบบานพับของแม่พิมพ์



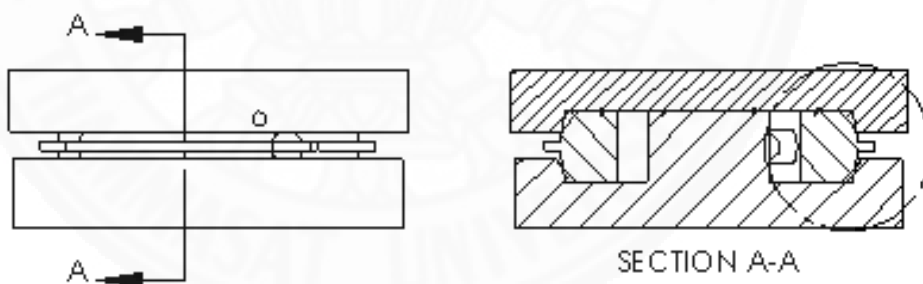
ภาพที่ 4.7 แม่พิมพ์แผ่นบนก่อนและหลังออกแบบใหม่

2) แม่พิมพ์แผ่นกลาง สกรุกำหนดรูและหุ้ยัด

ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์จะพบว่าชิ้นส่วนที่มีการถอดประกอบมากที่สุดคือบริเวณสกรูที่ขันติดกับแม่พิมพ์แผ่นกลาง เพื่อกำหนดรูปร่างหรือรูให้กับตัวชิ้นงาน ผู้วิจัยเห็นว่าเป็นการทำงานที่ไม่เหมาะสมและสิ้นเปลืองเวลาในการผลิตต่อชิ้น จึงได้ทำการออกแบบสกรูใหม่ โดยให้เป็นชิ้นเดียวกันกับแม่พิมพ์แผ่นกลาง อีกทั้งต้องการลดแรงในการนำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ผู้วิจัยจึงได้แบ่งแม่พิมพ์แผ่นกลางออกเป็นสองชิ้นส่วน แล้วทำบาน้ำงเพื่อสวมเข้ากับแม่พิมพ์ส่วนอื่น ดังแสดงในภาพที่ 4.8



ภาพที่ 4.8 แม่พิมพ์แผ่นกลางก่อนและหลังออกแบบใหม่



ภาพที่ 4.9 หุยกชิ้นงานที่ออกแบบใหม่

3) แม่พิมพ์แผ่นล่าง

แม่พิมพ์แผ่นล่างจะตั้งอยู่กับที่เพื่อเป็นฐานล็อคแม่พิมพ์แผ่นกลาง อีกทั้งเป็นตัวกำหนดรูปร่างของชิ้นงาน และเป็นที่วางเข้าพิมพ์ จึงถือเป็นชิ้นส่วนหลักในการทำแม่พิมพ์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงออกแบบที่ลอคแม่พิมพ์แผ่นล่างใหม่โดยทำบาน้ำงที่แม่พิมพ์แผ่นล่างเพื่อให้แม่พิมพ์

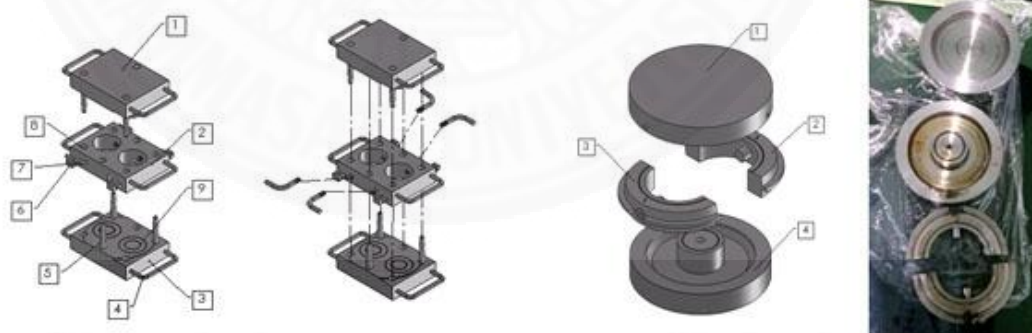
แผ่นกลางมานั่งอยู่บนบ่านั่ง เพื่อถอดแม่พิมพ์แผ่นกลางกับแผ่นล่างไว้แทนการใช้สลักตัวผู้และตัวเมีย ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 แม่พิมพ์แผ่นล่างก่อนและหลังออกแบบใหม่

4.4.7 หุยก

บริเวณหุยกของแม่พิมพ์ผู้วิจัยเห็นว่าสามารถออกแบบในลักษณะอื่นที่สะดวกต่อการใช้งานมากกว่าจึงได้ทำการออกแบบหุยกแม่พิมพ์ใหม่ นั่นคือ การเปลี่ยนจากหุยกแบบเดิมมาเป็นการกำหนดความโตของแม่พิมพ์แผ่นกลางให้มีขนาดเล็กลง เพื่อเพิ่มช่องว่างหรือพื้นที่ในการถอดประกอบแม่พิมพ์ อีกทั้งเปลี่ยนรูปแบบการถอดแบบแม่พิมพ์ในการใช้สลักตัวผู้และตัวเมีย มาเป็นการทำบ่านั่งให้กับแม่พิมพ์แต่ละชั้นดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.11 การแยกส่วนประกอบของแม่พิมพ์ก่อนและหลังออกแบบใหม่

4.4.8 การสร้างร่องระบายยางและร่องตัดขอบ

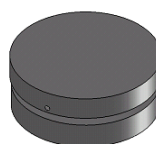
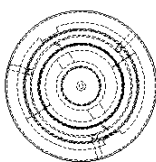
จากค่าความแข็งของยางที่ใช้มีค่าความแข็ง น้อยกว่า 60 จึงไม่จำเป็นต้องสร้างร่องระบายยาง แต่ให้มีรูทำลึ 2 ฟัน ที่แม่พิมพ์ส่วนบนแทน เพื่อให้น้ำยางส่วนเกินสามารถระบายออกจากแม่พิมพ์ได้ ส่วนการสร้างร่องสำหรับตัดครีบบาง จะออกแบบเป็นร่องสามเหลี่ยมเพราะการลับมีดสำหรับกัดร่องดังกล่าวสามารถทำได้ง่ายกว่าร่องโค้ง

4.5 ค่าตัวชี้วัดหลังการปรับปรุง

หลังจากผู้วิจัยทำการปรับปรุงแบบของแม่พิมพ์ดังที่กล่าวมาในหัวข้อ 4.4 และเมื่อประกอบชิ้นส่วนประกอบ จะได้แม่พิมพ์อัดยางที่มีลักษณะดังภาพที่ 4.12 และ 4.13 จากนั้นจึงทำการประเมินประสิทธิภาพของแม่พิมพ์อัดยางใหม่ ตามตัวชี้วัดที่กำหนดไว้ โดยทำการประเมินการประกอบแบบบูธทรอยด์และดีวีเอส ทั้งนี้จะพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนหลักที่มีผลต่อการถอดและประกอบเท่านั้น ซึ่งจะมีรายละเอียดดังตารางที่ 4.2

สำหรับการประเมินประสิทธิภาพในการประกอบของแม่พิมพ์อัดยางภายหลังการปรับปรุง สามารถคำนวณด้วยสมการที่ 2.1 ได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{ประสิทธิภาพในการประกอบ (DFA Index)} &= \frac{\text{เวลาในการประกอบในอุดมคติ}}{\text{เวลาในการประกอบที่ใช้จริงในการประกอบ}} \quad (2.1) \\ &= \frac{3xN_{min}}{t_{ma}} = \frac{3x3}{50} = 18\% \end{aligned}$$



ภาพที่ 4.12 แม่พิมพ์อัดยางแบบใหม่ ก่อนแยกชิ้นส่วนประกอบ



ภาพที่ 4.13 แม่พิมพ์อัดยางแบบใหม่ หลังแยกชิ้นส่วนประกอบ

ตารางที่ 4.3

ประเมินการถอดประกอบของแม่พิมพ์อัดยางหลังการปรับปรุง

| ลำดับ | ชื่อชิ้นส่วนประกอบ | จำนวนชิ้นหรือกิจกรรม | รหัสการหยิบจับด้วยมือ | เวลาการหยิบจับต่อชิ้น (วินาที) | รหัสการใส่ด้วยมือ | เวลาการสวมใส่ต่อชิ้น (วินาที) | เวลาการปฏิบัติงานทั้งหมด (วินาที) | ต้นทุนการปฏิบัติงานทั้งหมด (บาท) | จำนวนชิ้นส่วนต่ำสุด (ชิ้น) | คำอธิบายการประกอบ |
|-------|--------------------|----------------------|-----------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|-----------------------------------|----------------------------------|----------------------------|------------------------|
| 1 | แม่พิมพ์แผ่นบน | 1 | 10 | 1.5 | 07 | 6.5 | 8.000 | 0.083 | 1 | ถอดเข้าออกและตรงกับที่ |
| 2 | แม่พิมพ์แผ่นกลาง | 2 | 98 | 7 | 03 | 3.5 | 21.000 | 0.219 | 1 | ถอดเข้าออกและตรงกับที่ |
| 3 | (การจัดวางตำแหน่ง) | (2) | | | 98 | 9 | 18.000 | 0.188 | - | จัดวางตำแหน่งและปรับ |
| 4 | แม่พิมพ์แผ่นล่าง | 1 | 10 | 1.5 | 00 | 1.5 | 3.000 | 0.031 | 1 | ตรงกับที่ |
| | ผลรวม | 4 | | | | | 50.000 | 0.521 | 3 | |
| | | | | | | | t_{ma} | | N_{min} | |

จากข้อมูลข้างต้นสามารถสรุปค่าตัวชี้วัดหลังการปรับปรุงได้ดังนี้

- 1) จำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง = 4 ชิ้นส่วน
- 2) ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง = 6 ขั้นตอน
- 3) เวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง = 50 วินาที
- 4) ดัชนีการประกอบ = 18%

จากการอัดขึ้นรูปยางพบว่าระยะเวลาที่ใช้ในงานถอดประกอบแม่พิมพ์อัดยางในการผลิตยาง 1 ครั้ง ใช้เวลาการปฏิบัติงานทั้งหมดดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4

เวลาการปฏิบัติงานทั้งหมดในการปฏิบัติงานจริง (ที่อุณหภูมิ=150 องศาเซลเซียส)

| ลำดับ | ชื่อกิจกรรม | ค่าเฉลี่ยเวลาการปฏิบัติงานทั้งหมดในการปฏิบัติงานจริง (วินาที) | |
|-------|---|---|-----------------|
| | | ก่อนการปรับปรุง | หลังการปรับปรุง |
| 1 | การถอดประกอบเข้าเมื่อนำ ยางใส่แม่พิมพ์ | 90 | 35 |
| 2 | การอบยางดิบ | 1,200 (20 นาที) | 480 (8 นาที) |
| 3 | การถอดประกอบออกเมื่อนำ ชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ | 46 | 20 |
| ผลรวม | | 1,336 | 535 |

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าใน 1 วัน เวลาทำงาน 8 ชั่วโมง ถ้าใช้แม่พิมพ์ก่อน
ปรับปรุงจะผลิตชิ้นงานได้จำนวน 43 ชิ้นต่อวัน ส่วนถ้าใช้แม่พิมพ์หลังการปรับปรุงจะผลิตชิ้นงานได้
53 ชิ้นต่อวัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยในบทที่ 4 ได้อธิบายเกี่ยวกับการประเมินการประกอบแม่พิมพ์อัดยาง ทั้งก่อนและหลังการปรับปรุง ซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญเพื่อใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงกระบวนการ ถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางโดยพิจารณาเฉพาะชิ้นส่วนหลักที่มีการถอดและประกอบเท่านั้น ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

5.1 ผลการประเมินจำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง

ก่อนการปรับปรุงแม่พิมพ์อัดยางมีจำนวนชิ้นส่วนทั้งหมด 5 ชิ้นส่วน โดยสามารถลดจำนวนชิ้นส่วนลงได้ 1 ชิ้นส่วน ดังต่อไปนี้

1) เปลี่ยนรูปแบบการจับยึดของแม่พิมพ์แผ่นบน ก่อนการปรับปรุง แม่พิมพ์ส่วนบนมีการจับยึดกับแม่พิมพ์ส่วนอื่นโดยใช้สลักตัวผู้และตัวเมีย จึงทำการเปลี่ยนจากการใช้สลักเป็นการทำบ่านั่งให้กับแม่พิมพ์ เพื่อลดระยะเวลาการสวมประกอบ

2) เปลี่ยนรูปแบบการจับยึดของแม่พิมพ์แผ่นกลาง และกำจัดสกรูรวมทั้งหูยึดแม่พิมพ์ออก ก่อนการปรับปรุงแม่พิมพ์การจับยึดของแม่พิมพ์ส่วนกลางเป็นการใช้สลัก เปลี่ยนมาเป็นการทำบ่านั่งอีกทั้งสกรูที่ใช้กำหนดรูให้กับชิ้นงานถูกทำเป็นชิ้นเดียวกันกับแม่พิมพ์ส่วนกลางและลดแรงจากการถอดประกอบแม่พิมพ์โดยเปลี่ยนจากการยกแม่พิมพ์แต่ละชิ้นด้วยการทำแม่พิมพ์แผ่นกลางแยกส่วนเพื่อให้สะดวกต่อการประกอบมากยิ่งขึ้น

3) เปลี่ยนรูปแบบการจับยึดของแม่พิมพ์แผ่นล่าง ก่อนการปรับปรุง แม่พิมพ์ส่วนล่างมีการจับยึดกับแม่พิมพ์ส่วนอื่นโดยใช้สลักตัวผู้และตัวเมีย จึงทำการเปลี่ยนจากการใช้สลักเป็นการทำบ่านั่งให้กับแม่พิมพ์ เพื่อลดระยะเวลาการสวมประกอบ

4) กำจัดหูยกของแม่พิมพ์ และสลักออก ก่อนการปรับปรุงแม่พิมพ์ หูยกของแม่พิมพ์ใช้งานไม่สะดวกเนื่องจากมีขนาดหูยกที่ไม่เหมาะสมและมีสลักที่ยากต่อการถอดประกอบแม่พิมพ์ทั้งสามแผ่น จึงใช้การลดขนาดความโตของแม่พิมพ์ส่วนกลางลงแล้วให้ยกแม่พิมพ์ส่วนบนจากพื้นที่ส่วนต่าง อีกทั้งเปลี่ยนวิธีการถือแม่พิมพ์จากการใช้สลักที่ต้องเสียเวลาในการประกอบมากมาเป็นการวางบนบ่าของแม่พิมพ์แทน

5) ลดจำนวนเข้าตามปริมาณการผลิต ในการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ผู้วิจัยได้ทำการลดจำนวนเข้าลงเพื่อให้สอดคล้องกับความต้องการของลูกค้าและผู้ผลิตในด้านต้นทุนแม่พิมพ์ และราคาสินค้าที่ถูกลง แต่สามารถผลิตสินค้าได้ทันตามกำหนดภายใต้ต้นทุนที่ต่ำ

5.2 ผลการประเมินขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์

ขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง ก่อนการปรับปรุงมีทั้งหมด 15 ขั้นตอน แต่หลังการปรับปรุงสามารถลดขั้นตอนการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางลงเหลือ 6 ขั้นตอน โดยสามารถลดขั้นตอนการถอดและประกอบลงได้ 9 ขั้นตอน ดังนี้

- 1) ลดขั้นตอนการจับยึดแม่พิมพ์ส่วนบน จำนวน 2 ขั้นตอน
- 2) เพิ่มขั้นตอนการจัดวางแม่พิมพ์ส่วนกลาง 1 ขั้นตอน
- 3) ลดขั้นตอนการจับยึดแม่พิมพ์ส่วนล่าง จำนวน 2 ขั้นตอน
- 4) ลดขั้นตอนการสอดใส่สกรู จำนวน 2 ขั้นตอน
- 5) ลดขั้นตอนการขันสกรู จำนวน 4 ขั้นตอน

5.3 ผลการประเมินเวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยาง

ก่อนการปรับปรุงใช้เวลาในการถอดและประกอบแม่พิมพ์ 96.98 วินาที หรือ 1.62 นาที แต่ภายหลังการปรับปรุงสามารถลดเวลาในการถอดและประกอบแม่พิมพ์ลงเหลือ 50 วินาทีหรือ 0.83 นาที โดยสามารถลดเวลาในการถอดและประกอบแม่พิมพ์ลง 46.98 วินาทีหรือ 0.78 นาที

5.4 ผลการประเมินดัชนีการประกอบ

ดัชนีการประกอบของแม่พิมพ์อัดยาง ก่อนการปรับปรุงประเมินได้ 9.28 % แต่ภายหลังการปรับปรุงเพิ่มขึ้นเป็น 18% โดยค่าดัชนีการประกอบเพิ่มขึ้นจากเดิมอีก 8.72% จากผลการวิจัยที่กล่าวมาข้างต้น สรุปได้ว่าการปรับปรุงกระบวนการถอดและประกอบแม่พิมพ์โดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบทำให้สามารถลดจำนวนชิ้นส่วนประกอบและขั้นตอนในการถอดและประกอบแม่พิมพ์อัดยางลง ส่งผลให้เวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบแม่พิมพ์ลดลง รวมทั้งทำให้ค่าดัชนีการประกอบเพิ่มขึ้นด้วยนั้นแสดงว่ากระบวนการถอดและประกอบแม่พิมพ์

อัตรามีประสิทธิภาพมากขึ้น ซึ่งสามารถสรุปผลการประเมินเปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง ได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1

เปรียบเทียบผลการประเมินตามตัวชี้วัดก่อนและหลังการปรับปรุง

| ตัวชี้วัด | ผลที่ได้ | | ผลต่าง | |
|---|--------------|--------------|-----------|-----------------|
| | ก่อนปรับปรุง | หลังปรับปรุง | ค่าที่ได้ | เปอร์เซ็นต์ (%) |
| 1.จำนวนชิ้นส่วนที่ใช้ในการถอดและประกอบ (ชิ้น) | 5 | 4 | -1 | -20 |
| 2. ขั้นตอนการถอดและประกอบ (ขั้นตอน) | 15 | 6 | -9 | -60 |
| 3.เวลาที่ใช้ในการถอดและประกอบ (วินาที) | 96.98 | 50 | -46.98 | -48.44 |
| 4.ดัชนีการประกอบ (Assembly Index),(%) | 9.28 | 18 | 8.72 | 93.97 |

หมายเหตุ : เครื่องหมาย +/- หมายถึง การเปลี่ยนแปลงมีค่าเพิ่มขึ้นหรือลดลงตามลำดับ

จากการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ที่มาจากการวิเคราะห์ FMEA พบว่าสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นด้วยการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่โดยใช้ DFA ดังนั้น คือ แก้ไขปัญหาแม่พิมพ์ใช้งานไม่ได้โดยการเปลี่ยนรูปแบบการยึดแม่พิมพ์ใหม่จากการใช้สกรูและสลักมาเป็นการทำบาน้องของแม่พิมพ์ทำให้ลดความเสียหายจากการการถอดประกอบแม่พิมพ์ อีกทั้งเพิ่มพื้นที่ในการเปิดปิดแม่พิมพ์ และเปลี่ยนตำแหน่งเข้าตัวผู้ทำให้สามารถเปิดปิดแม่พิมพ์ได้ง่ายขึ้น รวมไปถึงเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตโดยการออกแบบแม่พิมพ์ใหม่ทั้งขนาด รูปร่างและรูปแบบ เพื่อให้ใช้งานได้ง่าย ลดความซับซ้อน ลดจำนวนชิ้นส่วนที่ไม่จำเป็น และลดขั้นตอนการถอดประกอบชิ้นส่วนส่งผลให้แม่พิมพ์เคลื่อนย้ายได้สะดวกขึ้นหยิบจับง่ายขึ้น อีกทั้งสามารถลดระยะเวลาการผลิตได้จากการลดขนาดของแม่พิมพ์ให้มีความหนาแน่นลงทำให้ขึ้นรูปชิ้นงานได้เร็วขึ้นเมื่อเทียบกับแม่พิมพ์เดิม

รายการอ้างอิง

หนังสือและบทความในหนังสือ

- กิตติศักดิ์ พลอยพานิชเจริญ, (2551), FMEA การวิเคราะห์หาการขัดข้องและผลกระทบ, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ ส.ส.ท.
- เกษม เลิศรัตน์ และมัทลีโอะ มียากาวา. (2527). การทำแม่พิมพ์อัดโลหะ. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ดวงกมล.
- จรัสศรี พันธุ์ไม้. (2548). กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางแห้ง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยียางแห้ง: สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.
- นุชนาฏ ณ ระยอง. (2548). การทดสอบสมบัติทางกายภาพของยาง. เอกสารประกอบการฝึกอบรมหลักสูตรเทคโนโลยียางแห้ง: สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร.
- มณฑลี ศาสนนันท์, (2550), การออกแบบผลิตภัณฑ์เพื่อการสร้างสรรค์นวัตกรรมและวิศวกรรมย้อนรอย, กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- สุทัศน์ ทิพย์ปรักมาศ. (2554). เทคโนโลยีแม่พิมพ์ตัดความเที่ยงตรง. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Automotive Industry Action Group (AIAG), (2001), Potential Failure Mode and Effects Analysis (3rd ed.), Southfield, MI.
- Boothroyd G., Dewhurst P. And Knight W., (1994), Product Design for Manufacture and Assembly (1st ed.), New York: Marcel Dekker.

บทความวารสาร

- ณัฐพร บุญเลิศเจริญศักดิ์ และคณะ. (2552). การขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบกลวงด้านในโดยวิธีการขึ้นรูปที่ละชั้น. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23, จังหวัดเชียงใหม่.
- ดอกเตอร์ พงษ์ธร แซ่ฮุย และ นาวาตรี เสวียง เลื่อนบุญ. (2556). ยางกับการประยุกต์ใช้งาน. วารสารกรมอุทกหารเรือ, 147.

ทภูณ สุภาพ และ ภัทรพร กมลเพชร. (2550). การวิเคราะห์การออกแบบเพื่อการประกอบของสแน็ปไฟตพลาสติกแบบเรียบ. การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 21, จังหวัดชลบุรี.

นลิน นิลผึ้ง และ อรรถกร เก่งพล. (2013). การพัฒนาประสิทธิภาพการผลิตโดยการลดรอบเวลากรณีศึกษา โรงงานผลิตยา. Graduate Research Conference, Khon Kaen University 2013, 161.

เพียงจันทร์ จรุงจิตร. (2013). การลดของเสียในกระบวนการขึ้นรูปชิ้นส่วนรถยนต์กรณีศึกษาชิ้นส่วน Flange B. RSU JET, 1.

รุ่งธรรม ปัญญาวิภาต และ ศุภสิทธิ์ รอดขวัญ. (2555). การพัฒนาการออกแบบรูเข้าและทางวิ่งของแม่พิมพ์สำหรับผลิตภัณฑ์ยางหุ้มมอเตอร์ในโทรศัพท์เคลื่อนที่. วิศวกรรมสาร มก. (ฉบับที่ 80 ปีที่ 25 เมษายน - มิถุนายน 2555), 71.

การค้นคว้าอิสระ

ชาญวิทย์ ปงอุตทา. (2553). การปรับปรุงกระบวนการถอดและประกอบเครื่องตัดชิ้นงานโดยประยุกต์ใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

ชุกีร์ แดสา. (2551). การพัฒนาซอฟต์แวร์ช่วยในการออกแบบแม่พิมพ์ชนิดอัดขึ้นรูปสำหรับผลิตภัณฑ์ยาง. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

กาญจนา รอดน้อย และ ธัญลักษณ์ รุ่งวิริยะวณิช. (2553). การออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ตีขึ้นรูปร้อน. รายงานโครงการหมายเลข IE2010_27. มหาวิทยาลัยขอนแก่น, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

มงคล จันทร์คุณหาสน์. (2552). การปรับปรุงแบบบรรจุภัณฑ์สำหรับใส่มอเตอร์ฮาร์ดดิสก์โดยใช้เทคนิคการออกแบบเพื่อการประกอบ. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

ศักรินทร์ ชูดวง. (2549). การออกแบบและพัฒนามาตรฐานการผลิตรถโดยสาร 2 ชั้น (มาตรฐาน 4). (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

คุณยุต เอี่ยมสะอาด และ กิตตินาถ วรรณิสสร. (2 กันยายน 2558). การขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็ว
ด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้น. สืบค้นจาก

<http://kucon.lib.ku.ac.th/Fulltext/KC4811025.pdf>

เสกสรรค์ วินยางค์กุล. (1 กันยายน 2558). การออกแบบแม่พิมพ์ฉีดขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ยาง. สืบค้นจาก

<http://www.ind.crru.ac.th/articleind/7.pdf>.



ประวัติผู้เขียน

| | |
|-------------------|--|
| ชื่อ | นางสาวธิดา เกษมศรีรัตน์ |
| วัน/เดือน/ปี เกิด | 29 ธันวาคม 2534 |
| วุฒิการศึกษา | ปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต ปีการศึกษา 2553 ภาควิชาวิศวกรรมโยธา และการบริหารการก่อสร้าง คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ |
| ประสบการณ์ทำงาน | วิศวกรรมโรงงาน |

