การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

STUDY AND DEVELOPMENT OF METAL-BENDING MACHINE

ประสพ เพชรนพสกุล

PRASOP PHETNOPSAKUL

ห้องสมุด คณะครุศาสตร์ฯ สจล.
AB00883

ดพ.
เลขหมู่ ป 393 ก 2551
เลขทะเบียน 00883
วัน เดือน ปี 24 ส.ค. 51

สาระนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

บัณฑิตวิทยาลัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2551

STUDY AND DEVELOPMENT OF METAL- BENDING MACHINE

PRASOP PHETNOPSAKUL

A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT

OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF

MASTER OF INDUSTRIAL EDUCATION IN

INDUSTRIAL DESIGN TECHNOLOGY

SCHOOL OF GRADUATE STUDIES

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2008

หัวข้อสาระนิพนธ์	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ
ชื่อนักศึกษา	นายประสพ เพชรนพสกุล
รหัสประจำตัว	49063671
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2551
อาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์	รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อการพัฒนาเครื่องพับโลหะ เพื่อประเมินเครื่องพับโลหะ 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมเพื่อประเมินความพึงพอใจของเครื่องพับโลหะ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย กลุ่มผู้ผลิต ประเมิน การใช้ของเครื่องพับโลหะ จำนวน 30 ท่าน เป็นการประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการในงาน ด้านความปลอดภัย และการบำรุงรักษา โดยเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูลเป็นการประเมินความคิดเห็น การวิเคราะห์ข้อมูลของแบบการประความคิดเห็น โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์รายข้อเฉพาะด้าน และรวมทุกด้าน และคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ ทำการยื่นการจดสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลการประเมิน อยู่ในเกณฑ์ดี ($\overline{X}$ = 4.32) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี ($\overline{X}$ = 4.43) และผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี ($\overline{X}$ = 4.43) และคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ได้ทำการขอรับและทำการจดสิทธิบัตร เพื่อรับสิทธิในการออกแบบผลิตภัณฑ์ เลขที่คำขอ 0802003096

Thematic Paper Title	Study And Development Of Metal-Bending Machine
Student	Mr. Prasop Phetnopsakul
Student ID.	49063671
Degree	Master of Science in Industrial Education
Program	Industrial Design Technology
Year	2008
Thematic Paper Advisor	Assoc. Prof. Sataporn Deeboonmee Na - Chumph

ABSTRACT

The case study has a purpose for the development of metal - bending machine for forming metal to perform them 2 sections are divided: first the design production and second the industrial engineer, in order to survey the metal – bending machine

The material for research conducted 30 persons and based on the performance using machine for forming metal, the analysis has conducted 4 types: first – easy to use second – safety and maintenance (that is the specific sample group) third - the equipment to keep and record (the opinion) fourth - analyze the opinions (average ($\overline{X}$) specific analysis and all of them the quality of technology of product about invention and the design has to registered)

The result of research has been found that the industrial product design specialist performance recommends that this design has a good level ($\overline{X}$ = 4.32) and the engineer specialist performance says ($\overline{X}$ = 4.43) is a good level ($\overline{X}$ = 4.43) and quality of technology of product design application no. 0802003096 to registered the copy right.

กิตติกรรมประกาศ

สาระนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากท่าน รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ.ชุมแพ อาจารย์ผู้ควบคุมสาระนิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำในการทำสาระนิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้สาระนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างยิ่ง

ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบสาระนิพนธ์ รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร และอาจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสง ที่เสียสละเวลามาทำการสอบสาระนิพนธ์และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา อาจารย์ ดร.อภิสักก์ สินธุภัค ที่ให้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไขเครื่องมือในการทำวิจัย แก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้สาระนิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญและผู้มีประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาให้คำแนะนำตรวจและประเมินรูปแบบ พร้อมทั้งเสนอแนะสิ่งที่ข้อคิดอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณกรรมการผู้จัดการ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด ท่านสุรชัย ชัยตระกูลทอง และกรรมการรองผู้จัดการ ท่านสุรชาติ ชัยตระกูลทอง ที่สนับสนุนทุนวิจัย พร้อมเอื้อเฟื้อสถานที่และพี่ๆเพื่อนๆที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อมูลหลังทดลองใช้เครื่องพับโลหะ ที่ให้ความช่วยเหลือและเป็นกำลังในการจัดทำสาระนิพนธ์

ท้ายสุดคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากสาระนิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นแนวทางเพื่อพัฒนาเครื่องพับโลหะต่อไป

ประสพ เพชรนพสกุล

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....I

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....II

กิตติกรรมประกาศ.....III

สารบัญ.....IV

สารบัญตาราง.....VI

สารบัญรูป.....VII

บทที่ 1 บทนำ.....1

1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....1

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....2

1.3 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....2

1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....3

1.5 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....3

บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....5

2.1 กรรมวิธีการผลิต.....5

2.2 ทฤษฎีกระบวนการลากขึ้นรูป.....17

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานพับ.....20

2.4 การออกแบบเครื่องจักรกล.....31

2.5 การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์.....36

2.6 วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์.....47

2.7 ระบบไฮดรอลิค.....55

2.8 ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า.....59

2.9 อิทธิพลของสีที่มีความรู้สึก.....64

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....66

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....69

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....69

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง.....70

3.3 การเก็บและรวบรวมข้อมูล.....75

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล....76
3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย....76

บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล....77
4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ....77
4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์....85
4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจการใช้งานของเครื่องพับโลหะ....85

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ....88
5.1 สรุปผลการวิจัย....88
5.2 อภิปรายผลการวิจัย....89
5.3 ข้อเสนอแนะ....90

บรรณานุกรม....92

ภาคผนวก....93
ภาคผนวก ก....94
ภาคผนวก ข....116
ภาคผนวก ค....128
ภาคผนวก ง....139
ภาคผนวก จ....147

ประวัติผู้เขียน....184

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรอเนกประสงค์กับเครื่องจักรเฉพาะประสงค์.....9

2.2 ตารางแสดงความเสียหายที่เกิดในการลากขึ้นรูป.....19

2.3 ค่ารัศมีในการพับที่น้อยที่สุด (r min) ของโลหะชนิดต่างๆ.....22

2.4 แรงของการพับรูปตัว V แบบเปิดโล่ง (Air Band).....25

2.5 ค่า r_i ของ Mild Steelในการพับแบบ V ซึ่งมุมพับ = 90° และ L = 8t.....27

2.6 มุมของการเกิด spring back ในการพับแบบ V 29

2.7 การแสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย.....39

2.8 การแสดงส่วนต่างๆ ของร่างกาย.....40

2.9 การแสดงค่าตัวเลขความสูงยืนในการปฏิบัติงาน.....41

2.10 การแสดงตัวเลขขนาดรัศมีการเอื้อมในระยะต่างๆ.....41

2.11 การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือ.....54

4.1 แสดงชื่อวัสดุ..... 80

4.2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (N = 3).....82

4.3 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านวิศวกรรม (N = 3).....84

4.4 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะสำหรับชิ้นส่วนงานพับโลหะแผ่น (N=30).....85

ก.1 แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....97

ก.2 แบบประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม.....101

ก.3 แบบประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ 105

ก.4 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม..108

ก.5 ความสอดคล้องของแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....110

ก.6 แบบประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม.....111

ก.7 ความสอดคล้องของแบบประเมินด้านวิศวกรรม.....112

ก.8 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน.....113

ก.9 ความสอดคล้องของแบบประเมินด้าน ความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ.....115

บทที่1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันรัฐบาลได้มีนโยบายส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตรถยนต์และชิ้นรูปชิ้นส่วนให้มีการพัฒนาและเติบโตอย่าง รวดเร็ว จึงมีความจำเป็นต้องเพิ่มประสิทธิภาพของผลิตภัณฑ์และขบวนการผลิตให้ทันสมัยเท่าเทียมกับนานาประเทศ ประเทศไทยต้องจำเป็นในการนำเข้าเครื่องจักรในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมต่าง ๆ มากมาย ส่งผลให้เกิดการสูญเสียเงินตราให้กับต่างประเทศเป็นจำนวนมาก อีกทั้งการประดิษฐ์ วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรบางอย่างต้องใช้ระยะเวลาและเงินทุนในการทำวิจัยจำนวนมาก ดังนั้นเพื่อเป็นการสนับสนุนภาคอุตสาหกรรมไทยให้สามารถพึ่งพาตนเองได้รวดเร็วขึ้น จึงทำให้อุตสาหกรรมการออกแบบและสร้างเครื่องพับโลหะมีบทบาทสำคัญในการเพิ่มผลผลิต เพื่อผลิตชิ้นงานป้อนขบวนการผลิตในสายการประกอบ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ และอุตสาหกรรมชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ที่ใช้เกี่ยวกับอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ ปัญหาที่เกิดขึ้นจากการนำเข้าเครื่องจักรจากต่างประเทศที่มีราคาสูง

สำหรับงานขึ้นรูปโลหะ(Press working) ผลิตภัณฑ์หลักที่สำคัญของ[illegible]นี้ คือ ชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลในอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ และการทำภาชนะบรรจุอาห[illegible] ส่วนใหญ่เป็นโรงงานขนาดย่อมและขนาดกลาง สามารถรับงานขึ้นรูปโลหะแบบง่ายๆ ไม่ส[illegible] รับงานที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนได้ เพราะไม่สามารถทำแม่พิมพ์ที่ยุ่งยากได้ เนื่องจากขาดเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ทันสมัยสำหรับใช้ทำแม่พิมพ์

จากการศึกษาเบื้องต้นของผู้วิจัยพบว่าปัญหาการผลิตชิ้นส่วนยานยนต์ในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลางล้วนแต่คำนึงถึง ขบวนการผลิตที่ประหยัดเวลา, ต้นทุน และต้องได้คุณภาพเทคโนโลยีที่ทันสมัย รวมทั้งผลิตเพื่อขายจำหน่ายในท้องตลาดในราคาที่เหมาะสม ฉะนั้นผู้วิจัยจึงเห็นความสำคัญของการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ เพื่อสนับสนุนอุตสาหกรรมเครื่องมือกลและเครื่องจักรกล สำหรับอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลางได้มีเครื่องจักรใช้ในการทำงานและสามารถใช้ได้ ประเด็นปัญหาการใช้เครื่องพับโลหะขนาดใหญ่เกินไปซึ่งทำให้สิ้นเปลืองทั้งเวลา ต้นทุน ในการผลิต และไม่สะดวกในการปฏิบัติงานกับชิ้นงานเล็กๆ ฉะนั้นทางผู้วิจัยได้มีความคิดที่จะพัฒนาเครื่องพับโลหะขนาดเล็กขึ้น ซึ่งได้ศึกษาถึงหลักการทำงานของเครื่องและหลักการออกแบบในการสร้างเครื่องเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ กับงานพับขึ้นรูปโลหะ เพื่อที่จะพับขึ้นรูปโลหะแผ่นหนาไม่เกิน 3 มม. สามารถพับขึ้นรูปตัววี (V) ซึ่งมุมพับเท่ากับ 90 องศา พับขึ้นและลง สำหรับการพับชิ้นงานขึ้นรูปขนาดเล็ก หรือขึ้นรูปกล่องสี่เหลี่ยม

ซึ่งสามารถผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่โดยที่ไม่เปลืองเวลา สมารถเพิ่มผลผลิตลดต้นทุนการผลิตและเพิ่มความสามารถในการผลิตด้วยการทำงานอย่างต่อเนื่อง เป็นการพับแบบอัด และสามารถขึ้นรูปโลหะได้ตามแบบที่ต้องการ จากการสร้างและการออกแบบจะเหมาะ กับการพับชิ้นงานที่มีขนาดเล็กซึ่งเป็นการเตรียมชิ้นงานเชื่อมกับส่วนประกอบของงาน การทำงานทำอย่างง่ายๆและใช้เวลาในการพับน้อย ส่วนชุดโครงเครื่องพับโลหะ มีสองส่วนคือ ส่วนโครงเครื่องและส่วนเคลื่อนที่ซึ่งจะเคลื่อนที่โดยใช้แม่พิมพ์ตัวบน (Punch) และตัวล่าง (Die)

จากความเป็นมาและความสำคัญตลอดจนถึงสภาพปัญหาดังกล่าวทำให้ข้าพเจ้า มีความตั้งใจที่จะศึกษาทำการพัฒนาเครื่องพับโลหะขึ้นมาเพื่อให้สะดวกในการปฏิบัติงานกับชิ้นงานเล็กๆ ซึ่งคิดว่าน่าจะเป็นโครงการที่น่าสนใจอย่างยิ่งในการศึกษาและพัฒนา เพื่อประโยชน์ในการขึ้นรูปโลหะ ที่เหมาะกับอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลางหรือหน่วยงานต่างๆที่เกี่ยวข้องในการผลิตชิ้นส่วนขึ้นรูปโลหะ

1.2 วัตถุประสงค์งานวิจัย

1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

1.2.2 เพื่อประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์

1.2.3 เพื่อหาความพึงพอใจในการใช้งานของเครื่องพับโลหะ

1.3 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ นี้เป็นการออกแบบเครื่องจักรกล โดยยึดแนวทางในการออกแบบที่เรียบง่าย โดยผู้วิจัยได้มีกรอบแนวคิดในการออกแบบเพื่อเป็นแนวทางในการกระบวนการออกแบบเครื่องจักรกลโดยใช้กรอบแนวคิดด้านการออกแบบของ วริทธิ์ อึ้งภากรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน (2544: 12-17) ซึ่งกล่าวไว้ 3 ด้านดังนี้

1. ด้านความปลอดภัย
2. ด้านการใช้งาน
3. ด้านการซ่อมบำรุงรักษา

ส่วนด้านคุณภาพ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ วิฑูรย์ สิมะโชคดี (2541:2-8) ได้รวบรวมความหมายของคุณภาพ หมายถึง ความเหมาะสมกับการใช้งาน (คำจำกัดความของจูรัน)

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการพัฒนาเครื่องพับโลหะ โดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยโดยมีตัวแปร ประชากร และกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษาดังนี้

1.4.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

1.4.1.1 ตัวแปรต้นได้แก่

- เครื่องพับโลหะ

1.4.1.2 ตัวแปรตามได้แก่

- ความพึงพอใจ ของผู้ผลิตชิ้นส่วนที่มีผลต่อเครื่องพับโลหะ

1.4.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยได้แก่

1.4.2.1 ประชากรที่ศึกษา ได้แก่ ผู้ที่ใช้ในการประเมินเครื่องพับโลหะ โดยเป็นกลุ่มผู้ผลิตแผนกชิ้นส่วน

1. ผู้ประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องพับโลหะ

1.4.2.2 กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้เครื่องพับโลหะ มี 2 กลุ่มได้แก่ ผู้ประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานของเครื่องพับโลหะ ในแผนกผลิตชิ้นส่วนภายใน จังหวัดชลบุรี

1.ผู้ประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องพับโลหะในแผนกผลิตชิ้นส่วน จำนวน 30 ท่าน

1.1 ผู้ประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องพับโลหะบริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานศรีราชา 15/19 ม.4 ต. สุรศักดิ์ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี จำนวน 15 คน

1.2 ผู้ประเมินความพึงพอใจในการใช้เครื่องพับโลหะ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานคลองตำหรุ 555 ม.5 ต. คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี จำนวน 15 คน

1.5 นิยามศัพท์

การพัฒนา หมายถึง การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านรูปแบบ และวัสดุ รวมไปถึงด้านการใช้งานให้เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค

เครื่องพับโลหะ หมายถึง เครื่องพับโลหะนี้ มีต้นกำลังเป็นแรงกด ทำหน้าที่ในการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยการกดใช้ระบบกลไก

การพับ หมายถึง การออกแรงเพื่อทำให้โลหะซึ่งส่วนมากจะเป็นแผ่นเรียบ หมุนรอบแนวแกนซึ่งอยู่ในระนาบที่ขนานกับแผ่นโลหะ โลหะจะเกิดการไหลตัวจนอยู่ในช่วงของ Plastic Range และคงสภาพอยู่เช่นนั้น แม้จะเอาแรงที่มากระทำออกไปแล้วก็ตาม

โลหะแผ่น หมายถึง โลหะที่ผ่านกระบวนการจนกระทั่งเป็นแผ่นบาง มีความหนาไม่เกิน 3 ม ม.มาตรฐาน JIS G 3101 SS400 (Japanese Industrial Standards) คือ มาตรฐานประเทศญี่ปุ่น

การทำอุตสาหกรรม หมายถึง การผลิตสินค้าอันเนื่องมาจาก การนำเอาวัสดุ หรือสินค้าบางชนิดมาแปรสภาพให้เกิดประโยชน์ต่อผู้ใช้มากขึ้น

อุตสาหกรรมขนาดกลาง หมายถึง อุตสาหกรรมที่มีการจ้างคนงานมากกว่า 50 คน แต่ไม่เกิน 200 คน ใช้เงินทุนดำเนินการมากกว่า 10 ล้านบาท แต่ไม่เกิน 100 ล้านบาท อุตสาหกรรมขนาดกลางได้แก่ อุตสาหกรรมทอกระสอบ อุตสาหกรรมเสื้อผ้าสำเร็จรูป เป็นต้น การดำเนินงานของอุตสาหกรรมขนาดกลางต้องมีการจัดการที่ดี แรงงานที่ใช้ ต้องมีทักษะ ความรู้ ความสามารถในกระบวนการผลิตเป็นอย่างดี เพื่อที่จะได้สินค้า ที่มีคุณภาพระดับเดียวกัน

คุณภาพ หมายถึง ความเหมาะสมกับการใช้งาน (คำจำกัดความของจูรัน)

เทคโนโลยี หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับเครื่องจักรกล สิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ทางอุตสาหกรรม ถ้าในแง่ของความรู้ เทคโนโลยีจะหมายถึง ความรู้หรือศาสตร์ที่เกี่ยวกับเทคนิคการผลิตในอุตสาหกรรม และกิจกรรมอื่น ๆ ที่จะเอื้ออำนวยต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ หรืออาจสรุปว่าเทคโนโลยี คือ ความรู้ที่มนุษย์ใช้ทรัพยากรต่าง ๆ ให้เกิดประโยชน์แก่มนุษย์เอง ทั้งในแง่ความเป็นอยู่และการควบคุมสิ่งแวดล้อม (ผดุงยศ ดวงมาลา.2523: 16)

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง อาจารย์หรือผู้ที่มีชำนาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจจะอยู่ในส่วนภาคอุตสาหกรรม ของรัฐหรือเอกชน

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม หมายถึง อาจารย์ , วิศวกร หรือ ผู้ชำนาญการในส่วนภาคอุตสาหกรรม ของรัฐหรือเอกชน ที่มีความชำนาญด้านการออกแบบเครื่องมือ หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

สิทธิบัตร หมายถึง หนังสือสำคัญที่รัฐออกให้เพื่อคุ้มครองการประดิษฐ์ การออกแบบผลิตภัณฑ์ หรือผลิตภัณฑ์อรรถประโยชน์ที่มีลักษณะกฎหมายกำหนดไว้ (กรมทรัพย์สินทางปัญญา , 2545)

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ สิ่งหนึ่งที่จะขาดเสียมิได้ก็คือ ศิลปะในการออกแบบ ผู้ออกแบบที่ดีควรมีศิลปะในการออกแบบด้วย ศิลปะการออกแบบอาจอธิบายได้ดังนี้คือ "ผู้ออกแบบใช้ความสามารถในการประยุกต์ ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สร้างแบบที่สามารถผลิตได้โดยวิธีการทางด้านวิศวกรรมซึ่งไม่เพียงแต่จะทำงานได้เท่านั้นแต่จะต้องผลิตได้โดยวิธีที่ประหยัดที่สุด และทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพที่สุด" และผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าข้อมูลต่างๆ ทั้งจาก หน่วยงานและห้องสมุดโดยดำเนินงานไปตามลำดับ ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดเกี่ยวกับทฤษฎี หลักการและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องซึ่งจะเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยครั้งนี้ให้เป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้โดยแยกเป็นหัวข้อดังนี้

2.1 กรรมวิธีการผลิต
2.2 ทฤษฎีกระบวนการลากขึ้นรูป
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานพับ
2.4 การออกแบบเครื่องจักรกล
2.5 การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์
2.6 วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์
2.7 ระบบไอดรอลิค
2.8 ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า
2.9 อิทธิพลของสีที่มีความรู้สึก
2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 กรรมวิธีการผลิต

การเริ่มต้นกรรมวิธีการผลิตสมัยใหม่ เกิดขึ้นเมื่อนายเอลี วิทนีย์ (Eli Whitney) ได้ใช้เครื่องปั่นฝ้ายแปรรูปเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ใหม่ก่อน ค.ศ. 1800 ขณะเดียวกันก็ได้มีการพัฒนาทางด้านนี้เกิดขึ้นทั่วโลก สมัยสงครามกลางเมือง ความรุนแรงทำให้เกิดกำลังกระตุ้นในกรรมวิธีการผลิตของสหรัฐอเมริกา จุดเริ่มต้นของการทดลองและวิเคราะห์ในกรรมวิธีการผลิตได้เกิดขึ้นครั้งใหญ่เมื่อนายเฟรด ดับบิว เทเลอร์ (Fred W. Taylor) พิมพ์รายงานของเขาเกี่ยวกับศิลปะการตัดโลหะ ซึ่งให้พื้นฐานทางด้านวิทยาศาสตร์หลังจากสมัยของนายเอลี วิทนีย์ (Eli Whitney) ต่อมานายเมร่อน แอล บีซีแมน (Myron L. Begeman) ซึ่งเป็นนักสังเกตและวิจัยได้รายงานการพัฒนาใหม่ๆ ในกรรมวิธีการผลิตเกี่ยวกับวัสดุในอุตสาหกรรมแต่ก็ยังไม่แพร่หลายในสมัยนั้น

การผลิตเครื่องจักรที่ใช้ในการแปรรูปพลังงานเช่น กังหันน้ำ เครื่องจักรไอน้ำ มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นต้น ได้แพร่หลายมาใช้แทนการใช้กำลังคน การพัฒนาวัสดุพวกโลหะและอโลหะได้นำมาใช้ผลิตชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์โดยเทคโนโลยีที่ยุ่งยากซับซ้อน ในที่สุดได้มีการพัฒนาใช้เครื่องมือที่สามารถควบคุมการทำงานของเครื่องจักรโดยใช้เครื่องมือทางอิเล็กทรอนิกส์และระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาช่วยในปัจจุบันนี้

2.1.1 ความหมายของการผลิต

คำว่าการผลิตในภาษาอังกฤษใช้กันอยู่ 2 คำ คือ ขบวนการผลิต(Production) และ กรรมวิธีการผลิต (Manufacturing) ซึ่งมีความหมายที่ต่างกันดังนี้

ขบวนการผลิต(Production) หมายถึง กิจกรรมต่างๆที่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มขึ้นทั้งในรูปของสินค้าเพื่อการอุปโภคบริโภค สินค้ากึ่งสำเร็จรูปหรือในด้านบริการต่างๆ ด้วย เช่น การผลิตยารักษาโรค การผลิตอาหารกระป๋อง การฟอกหนัง บริการที่ได้รับจากโรงพยาบาล บริษัทประกันภัย มหาวิทยาลัยและบริษัทเดินรถประจำทาง เป็นต้น

กรรมวิธีการผลิต(Manufacturing) หมายถึงการผลิตสินค้าที่สามารถจับต้องได้ เช่น รถยนต์ เครื่องใช้ไฟฟ้า อาหารกระป๋องและอื่นๆ ผลผลิตที่ได้แบ่งออกเป็น

1. สินค้าเพื่อการอุปโภคบริโภค (Consumer Goods) เช่น วิทยุ ทีวี เครื่องเรือน ยารักษาโรคและอื่นๆ
2. สินค้ากึ่งสำเร็จรูป (Producer Goods) คือสินค้าที่จะต้องนำไปผลิตต่อ เช่น เหล็กแผ่น เหล็กเส้น ยางแผ่น หนังสัตว์ที่ฟอกแล้วและอื่นๆ

ฉะนั้นในการศึกษาวิชานี้จะใช้คำว่า Production เป็นหลักเพราะมีความหมายกว้างกว่า ซึ่งรวมถึงการผลิตสินค้าและบริการด้วย

ความหมาย อุตสาหกรรม

คำว่าอุตสาหกรรม หมายถึงการทำสิ่งของเพื่อให้เป็นสินค้าหรือทำอะไรก็ตาม อันทำให้ผลที่ออกมามีมูลค่าเพิ่มในทางด้านเศรษฐกิจ

อุตสาหกรรมในโลกอาจจำแนกได้เป็น 3 กลุ่มใหญ่ๆคือ

1. อุตสาหกรรมที่นำหรือสกัดทรัพยากรธรรมชาติมาใช้ เช่น การเพาะปลูก การป่าไม้ การเลี้ยงสัตว์ การประมง การทำเหมืองแร่ เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมการผลิต เป็นการนำเอาวัตถุดิบมาปรุงแต่งดัดแปลง แปรสภาพด้วยแรงมนุษย์หรือเครื่องจักรก็ตามเพื่อเปลี่ยนสภาพมาเป็นเครื่องอุปโภคบริโภค เช่นการผลิตอาหาร การผลิตรองเท้า การผลิตรถยนต์ การผลิตยา เป็นต้น

3. อุตสาหกรรมบริการ เป็นการดำเนินการในลักษณะการให้บริการ เช่น การค้าขาย การขนส่ง การท่องเที่ยว การธนาคารและโรงแรมเป็นต้น

2.1.2 ประเภทของอุตสาหกรรมแบ่งตามขนาดออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆ คือ

1. อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ได้แก่ อุตสาหกรรมถลุงเหล็ก อุตสาหกรรมเคมี อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมผลิตเครื่องมือเครื่องจักร และอุตสาหกรรมผลิตต้นกำเนิดกำลัง เป็นต้น

2. อุตสาหกรรมขนาดกลางได้แก่ อุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ อุตสาหกรรมประกอบหรือผลิตเครื่องรับวิทยุโทรทัศน์ อุตสาหกรรมผลิตหรือประกอบเครื่องปรับอากาศ ตู้เย็น เครื่องไฟฟ้า เป็นต้น

3.อุตสาหกรรมขนาดย่อม เป็นอุตสาหกรรมในครอบครัวหรืออุตสาหกรรมหัตถกรรม ได้แก่อุตสาหกรรมเครื่องปั้นดินเผา อุตสาหกรรมเครื่องจักรสาน การประดิษฐ์ของชำร่วย การประดิษฐ์ผลิตภัณฑ์เครื่องหนัง เป็นต้น

นอกจากนี้แล้วอุตสาหกรรมการผลิตยังจำแนกตามจำนวนการผลิตได้ดังนี้

1. การผลิตจำนวนมาก (Mass Production) อาจพูดได้ว่าเป็นการผลิตอย่างต่อเนื่องเป็นจำนวนมากในช่วงระยะเวลาหนึ่ง ซึ่งผลผลิตเกินกว่า 100,000 ชิ้นต่อปี โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้นั้นมีคุณภาพ ในกรณีนี้การผลิตขึ้นกับการสั่งซื้อโดยเฉพาะ จะต้องมีการเลือกใช้เครื่องจักรที่เหมาะสมกับการผลิตชิ้นงาน ปกติแล้วเครื่องจักรต้องมีความสามารถทำงานอื่นได้ด้วยทำให้ต้นทุนการผลิตต่ำสุด ตัวอย่างง่ายๆของการผลิตแบบนี้ ได้แก่ผลิตไม้ขีด ขวด หมวก ดินสอ รถยนต์ นอต สลัก แหวนสปริง สายไฟและลวดเป็นต้น

2. การผลิตพอประมาณ (Moderate Production) เป็นการผลิตปริมาณมากและบางครั้งก็อาจผลิตอย่างต่อเนื่อง แต่ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความผันแปรมากกว่าการผลิตแบบ Mass Production และบ่อยครั้งผลผลิตขึ้นอยู่กับการสั่งซื้อ เครื่องจักรที่ใช้เป็นแบบอเนกประสงค์ แม้ว่าในโรงงานผลิตจริงๆแล้วอาจจะใช้แบบเฉพาะอย่างซึ่งขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิต ผลผลิตที่ได้จะน้อยกว่าการผลิตแบบ Mass Production จำนวนผลิตอยู่ระหว่าง 2,500 ชิ้น ถึง 100,000 ชิ้นต่อปี ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แบบนี้ได้แก่ การพิมพ์หนังสือ เครื่องส่งวิทยุ เข็มทิศเครื่องบิน เป็นต้น

3. การผลิตแบบรับงานย่อยเป็นช่วง (Job Lot Production) เป็นการผลิตที่มีความผันแปรมากและจำนวนการผลิตจะถูกจำกัดด้วยจำนวนขายมาก เครื่องจักรที่ผลิตเป็นแบบอเนกประสงค์สามารถทำได้หลายอย่าง โดยที่ผู้ใช้เครื่องจักรจะต้องมีความชำนาญสูง การผลิตจะขึ้นกับชิ้นส่วนที่มาประกอบ การผลิตแต่ละครั้งอยู่ระหว่าง 10 ถึง 500 ชิ้นต่อรุ่น ปกติแต่ละบริษัทจะผลิตผลิตภัณฑ์สามชนิดหรือมากกว่านี้ ส่วนปริมาณการผลิตขึ้นอยู่ความต้องการ ตัวอย่างผลิตภัณฑ์แบบนี้ได้แก่ เครื่องบิน ชิ้นส่วนรถยนต์ ลิ้นปิดเปิดน้ำมันเครื่องวัดไฟฟ้า มือเทียม เป็นต้น

การจำแนกผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมีดังนี้

1. อาหารและกรรมวิธีการผลิตอาหาร
2. เครื่องไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์

3. เครื่องยนต์และอุปกรณ์การขนส่ง
4. อุปกรณ์สุขภัณฑ์ เครื่องปั้น อุปกรณ์ความร้อน ความเย็น
5. สิ่งก่อสร้าง
6. เครื่องเรือนและงานไม้
7. ผลิตภัณฑ์เครื่องหิน หอย ดินเหนียวและแก้ว
8. ผลิตภัณฑ์โลหะเบื้องต้นและอื่นๆ

2.1.3 การเลือกเครื่องจักรและกรรมวิธีการผลิต

กรรมวิธีการผลิตที่ดีนั้นต้องการเครื่องมือเครื่องจักรที่สามารถผลิตได้คุ้มค่าทางเศรษฐกิจและมีความแน่นอนเที่ยงตรง ซึ่งขึ้นอยู่กับการเลือกใช้เครื่องจักรและกรรมวิธีการผลิตที่เหมาะสม การเลือกนั้นจะต้องมุ่งถึงปริมาณในการผลิต ปกติเครื่องจักรชนิดหนึ่งๆ จะเหมาะสมกับการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดหนึ่งๆ ในโรงงานเล็กๆหรือการผลิตเป็นรายชิ้นก็จะใช้เครื่องจักรแบบอเนกประสงค์เช่น เครื่องกลึง เครื่องเจาะ และเครื่องไส เป็นต้น เครื่องมือแบบนี้ราคาถูก ซ่อมบำรุงรักษาง่าย นอกจากนี้แล้วก็ยังสามารถดัดแปลงใช้กับงานได้หลายอย่าง ส่วนเครื่องจักรที่ใช้กับงานเฉพาะอย่าง เช่น เครื่องเจียระไนลูกสูบหรือเจียระไนกระบอกสูบ เครื่องจักรประเภทนี้จะผลิตงานได้รวดเร็วมีคุณภาพ ราคาผลิตภัณฑ์ต่ำ และผู้ปฏิบัติงานก็ไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญสูง

ส่วนเครื่องจักรแบบอเนกประสงค์ผู้ปฏิบัติงานจะต้องมีความชำนาญ ตัวอย่างการกลึงสลักนั้นอาจจะใช้เครื่องกลึงหรือเครื่องกลึงเกลียวอัตโนมัติ ผู้ปฏิบัติงานจะต้องรู้เกี่ยวกับงานที่ทำและต้องมีความชำนาญด้วย สำหรับเครื่องจักรแบบอัตโนมัติการทำงานจะเป็นแบบต่อเนื่อง ในกรณีนี้ผู้ปฏิบัติงานไม่จำเป็นต้องมีความชำนาญสูง เพราะจะมีผู้ควบคุมที่มีความชำนาญคอยติดตั้งเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพของการทำงานได้ เครื่องจักรประเภทนี้ไม่ค่อยคุ้มค่าทางเศรษฐกิจนัก เพราะว่ามีราคาแพง การซ่อมบำรุงรักษาราคาก็สูง

การเลือกเครื่องจักรและกระบวนการผลิตให้ดีที่สุดเพื่อการผลิตสินค้า ควรจะรู้วิธีการผลิตหลายวิธี ข้อที่ควรจะพิจารณาคือ ปริมาณของผลิตภัณฑ์ คุณภาพ ประโยชน์ใช้สอยและขีดจำกัดในการทำงานของเครื่องจักร จากที่กล่าวมาแล้วนั้นเราจะเห็นได้ว่าผลิตภัณฑ์ชิ้นหนึ่งๆ นั้นมีหลายวิธีการที่จะทำการผลิต แต่ก็จะมีเพียงวิธีการหนึ่งเท่านั้นถ้าเราเลือกใช้ได้ถูกต้องจะให้ผลทางเศรษฐกิจมากที่สุด

ตารางที่ 2.1 แสดงความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรอเนกประสงค์ กับเครื่องจักรเฉพาะประสงค์

เครื่องจักรอเนกประสงค์	เครื่องจักรเฉพาะประสงค์
1. สามารถปฏิบัติงานกับวัสดุได้หลายชนิด	1. สามารถปฏิบัติงานกับวัสดุได้เฉพาะอย่าง
2. สามารถปรับเครื่องให้ทำการผลิตได้อย่างยืดหยุ่น รับชิ้นงานได้หลายแบบ	2. ผลิตงานได้น้อยแบบ เพราะออกแบบมาให้ผลิตได้เฉพาะอย่าง
3. ใช้ในกิจการผลิตแบบไม่ต่อเนื่อง	3. ใช้ในกิจการผลิตแบบต่อเนื่อง
4. ผลิตสินค้าได้มากชนิด แต่ได้ปริมาณน้อย	4. ผลิตสินค้าได้น้อยชนิด แต่ได้ปริมาณมาก
5. ใช้คนงานจำนวนมาก และต้องมีทักษะสูง	5. ใช้คนงานน้อย และทักษะไม่สูง
6. ราคาถูก	6. ราคาแพง
7. หาซื้อง่าย	7. หาซื้อยาก
8. ซ่อมแซ่มง่าย	8. ซ่อมแซมยาก
9. ไม่ล้าสมัย ขายต่อราคาไม่ตก	9. ล้าสมัยง่าย ขายต่อราคาตก

2.1.4 กรรมวิธีการเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ

ผลิตภัณฑ์ทางอุตสาหกรรมมาเกี่ยวกับโลหะ ส่วนมากจะมีต้นกำเนิดสืบเนื่องมาจากการหล่อหลอมหรือการถลุงสินแร่ แล้วเทลงในแบบโลหะหรือแกรไฟต์ที่มีขนาดและรูปร่างตามต้องการ ซึ่งเราเรียวกว่าโลหะแท่ง (Imgot) เพื่อที่จะนำไปแปรรูปในขั้นต่อไป

กรรมวิธีการใช้เครื่องจักรผลิตชิ้นส่วนให้ได้ขนาดตามต้องการ

1. การหล่อ(Casting) หมายถึงการนำวัสดุมาหล่อหลอมให้เป็นของเหลวโดยใช้ความร้อน แล้วเทลงในแบบหรือใช้วิธีการอัด เพื่อจะได้ชิ้นงานตามแบบที่ต้องการ

2. การตี(Forging) หมายถึงการนำวัสดุมาแปรรูปร่างให้ได้ตามแบบที่ต้องการโดยการตี เช่น ช่างตีเหล็ก ตีเหล็กจากเหล็กเส้นกลมให้แบน หรือการให้ความร้อนแก่วัสดุอยู่ในสภาวะกึ่งละลายแล้วมาตีอัดให้เป็นเนื้อเดียวกัน

3. การอัดขึ้นรูป(Extruding) หมายถึงกรรมวิธีการอัดโลหะ ซึ่งอยู่ในสภาพเป็นกึ่งละลาย ให้ไหลผ่านแบบแม่พิมพ์ ซึ่งจะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีรูปร่างหน้าตัดเหมือนกันตลอด (Uniform-cross-section) หลักการคล้ายๆกับการบีบยาสีฟันออกจากหลอดนั่นเอง

4. การม้วน(Rolling) หมายถึงกรรมวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานโดยวิธีการม้วน เช่น การม้วนโลหะแผ่นเป็นรูปทรงกระบอก ทรงกรวย เป็นต้น

5. การดึงขึ้นรูป(Drawing)หมายถึงกรรมวิธีการดึงวัสดุชิ้นงานเพื่อให้ยืดออกจากเดิมในลักษณะความยาวเพิ่มขึ้น แต่ขนาดชิ้นงานจะเล็กลง เช่น การผลิตลวด เป็นต้น

6. การอัดขึ้นรูปแบบแม่พิมพ์(Squeezing) หมายถึงการอัดขึ้นรูปแบบแม่พิมพ์ทรายโดยใช้แรงกระแทกทรายให้ได้รูปร่างและขนาดตามแบบเช่น การทำแบบแม่พิมพ์ทราย เป็นต้น

7. การบด(Crushing) หมายถึงกรรมวิธีการทำผิวชิ้นงานให้เรียบโดยวิธีการบด เช่น การบดหน้าวาวดีไอเสีย เป็นต้น การบดนี้จะประกอบด้วยแรงกดและแรงหมุน

8. การเจาะอัดขึ้นรูป(Piercing) หมายถึงกรรมวิธีผลิตท่อไม่มีตะเข็บ แท่งเหล็กถูกใส่เข้าไประหว่างลูกกลิ้งสองลูก ซึ่งเป็นกรวยหมุนอยู่ในทิศทางเดียวกัน ขณะลูกกลิ้งหมุนอยู่จะมีแกนเจาะสำหรับเจาะชิ้นงานเพื่อให้เกิดรู เช่น การผลิตท่อ เป็นต้น

9. การตีหรือการอัด(Swaging) หมายถึงการแปรรูปชิ้นงานโดยการตีหรืออัดกระแทก เพื่อให้ได้ชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์ เช่น การผลิตสลัก หมุดย้ำ เป็นต้น

10. การดัด(Bending) หมายถึงกรรมวิธีการขึ้นรูปชิ้นงานโดยวิธีการดัด อาจจะดัดชิ้นงานที่อยู่ในสภาพร้อนหรือเย็น ความยากง่ายในการดัดขึ้นอยู่กับชนิดของวัสดุ ขนาดความหนาและรัศมี เช่น การดัดเหล็กฉากตัวยู เป็นต้น

11. การตัด(Shearing) หมายถึงกรรมวิธีการตัดเฉือนวัสดุชิ้นงานเพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ เช่น การตัดโลหะแผ่น เป็นต้น

12. การหมุนขึ้นรูป(Spinning) หมายถึง กรรมวิธีการหมุนขึ้นรูป งานที่จะทำต้องเป็นโลหะแผ่นและต้องผ่านการขึ้นรูปมาก่อน เช่น รูปถ้วย แต่ปากของถ้วยไม่โค้งงอ เราสามารถนำมาทำการหมุนขึ้นรูปให้ปากถ้วยโค้งงอได้ โดยใช้เครื่อง Spinning Machine

13. การดันขึ้นรูป(Stretch forming) หมายถึง การดันหรืออัดวัสดุชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานตามขนาดและรูปร่างตามแบบแม่พิมพ์ เช่น การผลิตลอนสังกะสีมุงหลังคา เป็นต้น

14. การรีดม้วนขึ้นรูป (Roll forming) หมายถึงการรีดม้วนขึ้นรูปวัสดุชิ้นงานเพื่อให้ได้ขนาดและรูปร่างตามแบบโดยใช้ลูกกลิ้ง เช่น การผลิตท่อแป๊ป เป็นต้น

15. การตัดด้วยหัวตัดแก๊ส (Torch cutting) หมายถึงการตัดวัสดุชิ้นงานเพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ โดยการตัดด้วยหัวตัดแก๊ส เช่น การตัดเหล็กแผ่นหนาด้วยแก๊สอะเซทิลีน

16. การใช้พลังงานอัดขึ้นรูป (Explosive forming) หมายถึง การขึ้นรูปวัสดุชิ้นงานให้ได้ขนาดและรูปร่างตามแบบที่ต้องการ โดยการใช้พลังงานของน้ำหรือแก๊สอัดขึ้นรูป เช่นการผลิตปลอกกระสุนปืน เป็นต้น

17. การใช้กระแสไฟฟ้าและไฮโดรลิค ขึ้นรูป (Electric Current Hydraulic forming) หมายถึง การกัดโลหะโดยวิธีการใช้กระแสไฟฟ้าเป็นตัวอาร์คพร้อมกับมีไฮโดรลิคเป็นตัวอัดแบบเข้ากับชิ้นงานเพื่อให้เกิดรูปร่างและขนาดตามที่ต้องการ

18. การใช้อำนาจแม่เหล็กขึ้นรูป(Magnetic forming) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างวัสดุชิ้นงานให้ได้ตามแบบที่ต้องการ โดยใช้อำนาจแม่เหล็ก

19. การเคลือบผิวชิ้นงานโดยใช้กระแสไฟฟ้า(Electro forming) หมายถึงการเปลี่ยนแปลงผิวชิ้นงานโดยการใช้กระแสไฟฟ้า ความหนาของผิวชิ้นงานจะเพิ่มขึ้นและ สามารถควบคุม ขนาดความหนาได้ เช่นการชุบโครเมียม ทองแดง นิกเกิล เป็นต้น

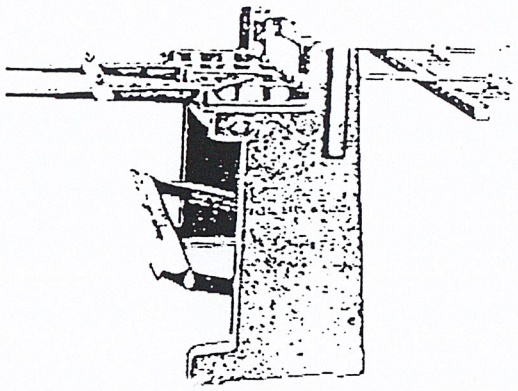
20. การขึ้นรูปโดยใช้ผงโลหะ (Powder metal forming) หมายถึง การใช้ผงโลหะมาเทลงในแบบแม่พิมพ์แล้วใช้แรงอัดสูง เพื่อให้ผงโลหะเกิดความร้อนหลอมละลายติดกัน ซึ่งจะได้ชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์

21. แบบแม่พิมพ์พลาสติก(Plastic molding) หมายถึง กรรมวิธีที่ใช้ความร้อนและแรงกดหรืออัดขึ้นรูปวัสดุชิ้นงานเพื่อให้ได้ชิ้นงานตามแบบแม่พิมพ์ การผลิตขึ้นต้นนี้วัสดุจะถูกนำมาแปรรูปเป็นลักษณะต่างๆ ให้มีขนาดและรูปร่างเหมาะสมกับการใช้ประโยชน์ทางด้านการค้า กรรมวิธีการขั้นนี้เป็นการเตรียมวัสดุชิ้นงานเพื่อผลิตในขั้นต่อไปเป็นส่วนใหญ่เช่น การหล่อ การรีดเหล็กเส้น การดึง เป็นต้น ซึ่งผลผลิตที่ได้จะไม่นำไปใช้งานโดยตรง โดยมากจะต้องผ่านกรรมวิธีขั้นต่อไปอีกแล้วจึงจะนำไปใช้งานจริง ดังนั้นกรรมวิธีการผลิตบางอย่างจึงไม่ต้องคำนึงถึงขนาดและความเรียบร้อยของผิวชิ้นงานมากนัก

2.1.5 เครื่องจักรที่ใช้ในงานโลหะแผ่น (Machine in Sheet Metal)

ปัจจุบันในงานโลหะแผ่นได้มีการนำเครื่องจักรต่าง ๆ มาช่วยในการทำงาน ซึ่งเครื่องจักรเหล่านี้สามารถทำงานได้เที่ยงตรง เหมาะสำหรับงานที่ต้องใช้แรงมาก มีความรวดเร็วในการทำงาน นับว่าได้ช่วยผ่อนแรงแก่ผู้ปฏิบัติได้เป็นอย่างมาก การที่มีเครื่องจักรที่ทันสมัยจะช่วยเพิ่มผลผลิตในด้านโลหะแผ่นให้กับผลิตได้มาก เครื่องจักรที่ใช้ในงานโลหะแผ่นมีหลายชนิด ซึ่งจะขอกล่าวพอสังเขปดังนี้คือ

2.1.5.1 เครื่องตัดตรงชนิดป้อนแรงด้วยเท้า (Square Shear) เครื่องตัดชนิดนี้ใช้ตัดเป็นเส้นตรงเท่านั้น เพราะมีใบมีดบน และใบมีดล่างจะอยู่คู่กันเป็นแนวตรง ใบมีดจะเอียงทำมุมกันประมาณ 10-15 องศา เพื่อให้ใบมีดค่อย ๆ กินงานในลักษณะตัดเฉือนเหมือนกรรไกร ช่วยไม่ให้ใบตัดรับแรงดันสะท้อนคืนจากการกดตัดมากเกินไป เครื่องตัดชนิดนี้มีใช้กันอยู่ทั่วไป จะบอกเป็นขนาดของความยาว ใบตัด คือ 3 ฟุต 90 ซม.และ 4 ฟุต 120 ซม. ส่วนความหนาของโลหะแผ่นขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะ ซึ่งบริษัทผู้ผลิตจะกำหนดไว้ในคู่มือการใช้งาน ดังนั้นก่อนใช้งานผู้ปฏิบัติงานจะต้องศึกษาข้อมูลในการใช้งานจากคู่มือ เพื่อไม่ให้เกิดความผิดพลาดอันจะก่อให้เกิดความเสียหายกับงาน และเครื่องตัดได้ ดังรูปที่ 2.1

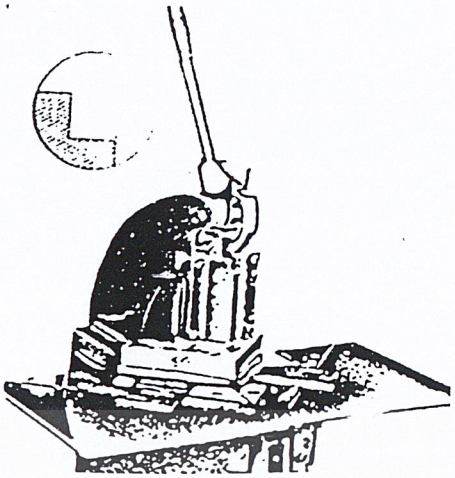


รูปที่ 2.1 เครื่องตัดตรง

2.1.5.2 เครื่องตัดตรงขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า (Power Squaring Shear) เป็นเครื่องจักรตัดชนิดตัด ตรงเช่นเดียวกับแบบใช้เท้าเหยียบ เพียงแต่เครื่องตัดชนิดนี้จะใช้พลังงานไฟฟ้า ที่ให้มอเตอร์หมุนส่งกำลังไปขับกลไก ทำให้ใบมีดกดตัดลงตามต้องการ ในการตัดโลหะแผ่นด้วยเครื่องตัด ผู้ปฏิบัติงานต้องระวัง เป็นอย่างมาก ต้องยืนและวางมือในตำแหน่งที่ถูกต้อง มิฉะนั้นอาจจะเกิดอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานได้ โดยเฉพาะนิ้วต้องระวังเป็นพิเศษ ดังรูปที่ 2.2

รูปที่ 2.2 เครื่องตัด

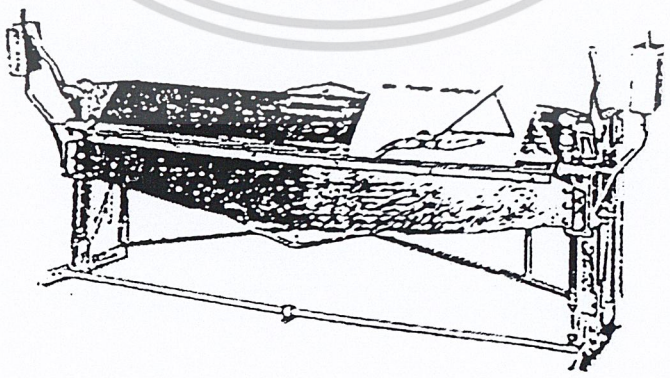
2.1.5.3 เครื่องตัดมุม (Botcher Machine) เป็นเครื่องจักรที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการตัดมุมโดยเฉพาะ ส่วนใหญ่แล้วจะกำหนดไว้เป็นมุมฉาก 90 องศา มีชนิดการโยกตัดด้วยมือ (Hand Operated) และการตัดด้วยเครื่อง (Power – Operated Machine) การทำงานของเครื่องตัดมุมนี้จะตัดมุม ฉากเพื่อพับเป็นกล่อง กระทะ หรือหีบ เป็นต้น ช่วยให้สามารถตัดมุมได้เร็วกว่าการใช้กรรไกร



รูปที่ 2.3 เครื่องตัดมุม

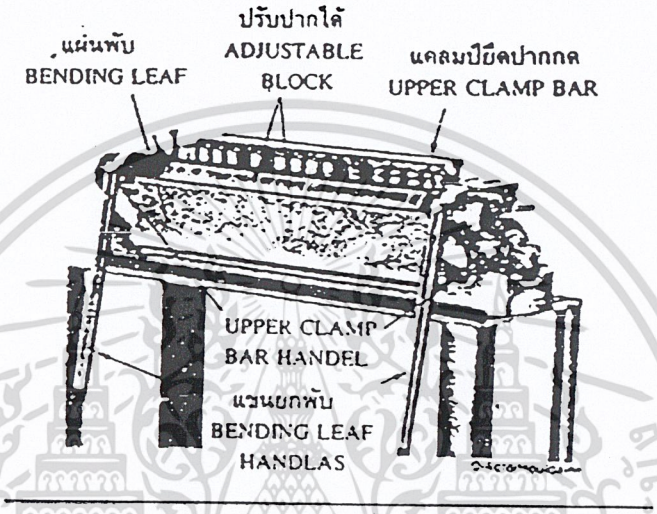
2.1.5.4 เครื่องพับโลหะแผ่น (Bending Shear Machine) เป็นเครื่องจักรกลที่ออกแบบขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับพับโลหะแผ่นได้ดี แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ แบบ Brake และแบบ Folder เครื่องพับแบบ Brake เป็นเครื่องพับที่สามารถพับขอบของโลหะแผ่นไม่จำกัดความลึกในการพับ เพราะสามารถสอดแผ่นโลหะผ่านไปด้านหลังได้ ส่วนมากแล้วจะใช้พับโลหะแผ่นที่มีความลึกมากๆ เครื่องพับแบบ Folder เป็นเครื่องพับที่พับขอบได้ลึกไม่มากนัก เพราะด้านหลังจะมีตัวปรับระยะพับติดตั้งและกั้นอยู่ใช้สำหรับพับขอบแผ่นโลหะที่มีความลึกไม่มากนัก

2.1.5.4.1 เครื่องพับ (Cornice Brake) เป็นเครื่องพับที่สามารถพับแผ่นโลหะได้โดยไม่จำกัดความลึก ปากกดพับ (TopNosebar) จะทำเป็นชิ้นๆ มีความกว้างแตกต่างกันเพื่อนำมาประกอบใช้ในการพับกล่องขนาดใหญ่หรือพับแผ่นโลหะที่มีความหนามากและงานยาว ๆ ได้ดี เช่นรางน้ำ ท่อ พับเข้าตะเข็บ หรือพับเข้าขอบ

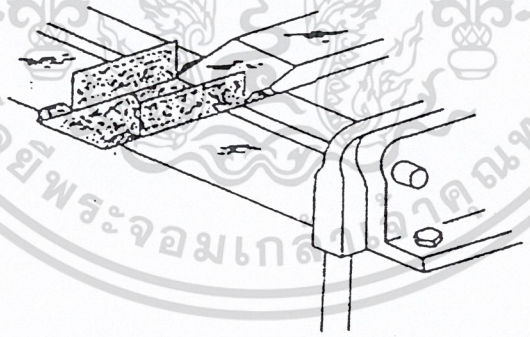


รูปที่ 2.4 เครื่องพับแบบ (Cornice Brake)

2.1.5.4.2 เครื่องพับกล่อง และกระทะ (Box and Pan Brake Bending Machine) มีส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องคล้ายกับเครื่องพับแบบ Cornice Brake เพียงแต่ใบกดพับ (Top Noseber) ของเครื่องพับกล่องจะแยกออกเป็นชิ้น ๆ ได้ มีจำนวนหลายชิ้นให้เลือกใช้งาน เช่น มีความกว้างของปากตั้งแต่ 1" ,2" , 3" , 4", 5", และ 6" ตามลำดับ เราเรียกปากที่แยกออกเป็นชิ้นเหล่านี้ว่า Finger ในการพับกล่องหรือหีบ ต้องเลือกปากให้ดีกับความกว้างของกล่องหรือหีบทำให้สามารถพับขึ้นรูปกล่องทั้ง 4 ด้านได้ ดังรูป



รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องพับกล่อง หรือกระทะ

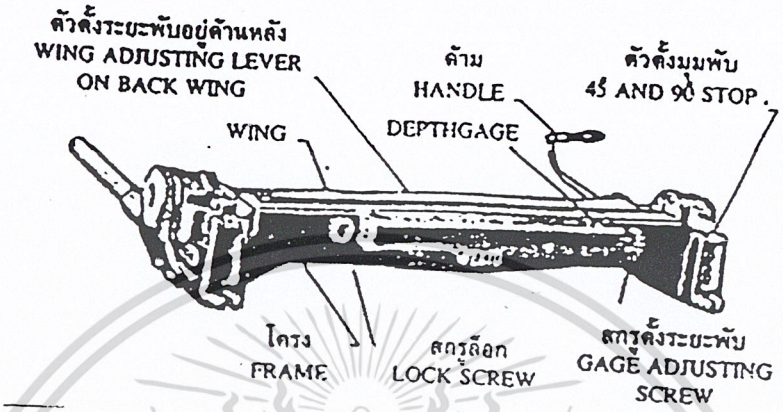


รูปที่ 2.6 แสดงการพับกล่องทั้ง 4 ด้าน ของเครื่องพับ

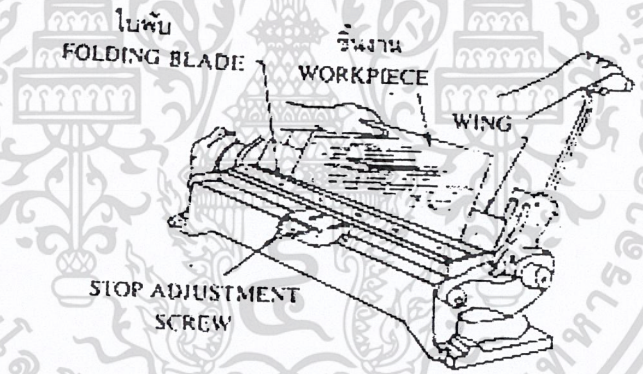
2.1.5.4.3 เครื่องพับโลหะแผ่นแบบบาร์โฟลเดอร์ (Bending Sheet Metal on a Bar Folder) เป็นเครื่องพับทำงานได้โดยง่ายสะดวกและรวดเร็ว ด้านหลังจะมีตัวตั้งระยะสามารถพับงาจำนวนมาก ๆ ได้โดยไม่ต้องร่างแบบ อาศัยตัวปรับระยะพับของเครื่อง ทำให้ไม่สามารถพับขอบงานลึก ๆ ได้เนื่องจากไม่สามารถสอดแผ่นโลหะทะลุออกด้านหลังได้ จึงเหมาะสำหรับพับขอบงานแคบๆ เครื่องพับ Bar Folder แบบธรรมดาที่ใช้ในวิทยาลัยส่วนใหญ่จะใช้ขนาด

ศพ. ป 393 ก 2551
ห้องสมุดกลาง วิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

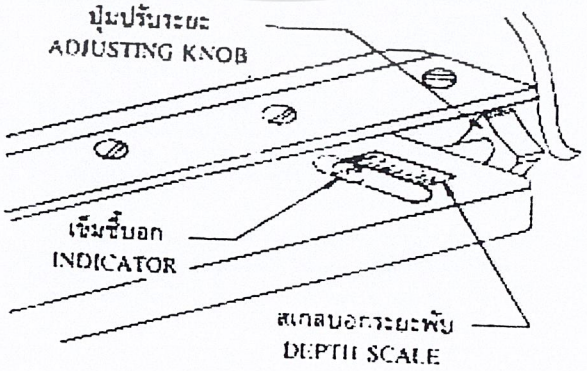
762 มม หรือ 30 นิ้วปากของเครื่องจะเปิดเมื่อแขนตกลง แลชะจะปิดเมื่อยกพับโดยปากจะอ้าได้กว้าง 3.2 มม. ถึง 25.4 มม. สามารถพับแผ่นโลหะได้หนาถึงเบอร์ 22 หรือ 0.65 มม. ด้านบนจะมีสเกลบอกความลึกของการพับ หลังจากตั้งระยะเรียบร้อยแล้ว สามารถล็อกสเกลโดยหมุนที่สกรูล็อก เมื่อพับแล้วจะได้รอยพับที่มีความคมสูง หรือรัศมีรอยพับน้อย ดังรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะของเครื่องพับแบบ Bar Folder



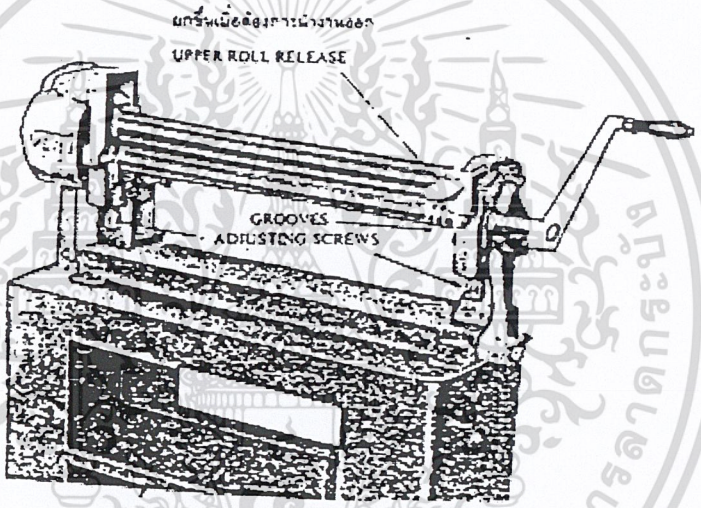
รูปที่ 2.8 การพับด้วยเครื่องพับแบบ Bar Folder



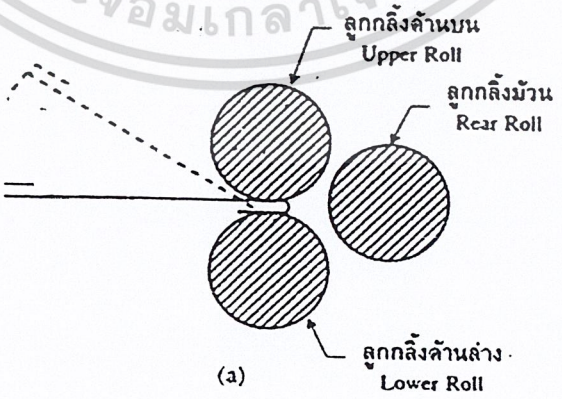
รูปที่ 2.9 แสดงส่วนขอบการปรับตั้งความลึกในการพับ

00883

2.1.5.4.4 เครื่องม้วนขึ้นรูปโลหะแผ่น(Slip–Roll Forming Machine) เป็นเครื่องสำหรับม้วนโลหะแผ่น บริเวณขวามือของลูกกลิ้งจะทำร่องไว้หลายขนาดเพื่อใช้สำหรับ ม้วนลวด หรือเหล็กเส้นกลม เครื่องม้วนนี้จะมีลูกกลิ้งจำนวน 3 ลูก คือ ลูกกลิ้งบน (Upper Roll) ลูกกลิ้งล่าง (Lower Roll)และลูกกลิ้งดัดให้เงย (Rear Roll) ประกอบอยู่บนโครงเหล็กหล่อ (Housing) ในการทำงานใช้มือหมุน ลูกกลิ้งด้านสองลูกจะหมุนไปด้วยกันด้วยเฟือง (Gear) ซึ่งอยู่ในโครงที่ปิดอยู่ทางซ้ายมือ ขณะที่ลูกกลิ้ง 2 ลูก ด้านหน้าหมุน ในขณะเดียวกับมันก็จะจับพาให้ชิ้นงานเคลื่อนไปด้วย และเมื่อถึงลูกกลิ้งที่ 3 มันจะดันให้โลหะแผ่นเงยขึ้นเกิดการม้วนงอ การที่จะให้เกิดการม้วนมากหรือน้อยนั้น ต้องปรับที่สกรูสองตัวที่ด้านหลังของลูกกลิ้งตัวที่ 3 ส่วนลูกกลิ้ง 2 ตัวแรกสามารถปรับให้พาชิ้นงานไปได้ด้วยสกรู 2 ตัว อยู่ด้านใต้ของโครงลูกกลิ้งด้านบนสามารถยกขึ้นได้เมื่อต้องการนำชิ้นงานออก

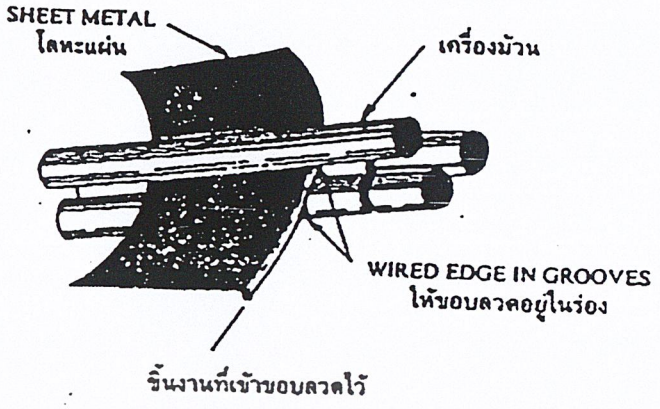


รูปที่ 2.10 แสดงลักษณะของเครื่องม้วน



ลูกกลิ้งสองลูกด้านหน้าจะหมุนพาแผ่นโลหะเข้าไป

รูปที่ 2.11 แสดงการม้วนแผ่นโลหะ

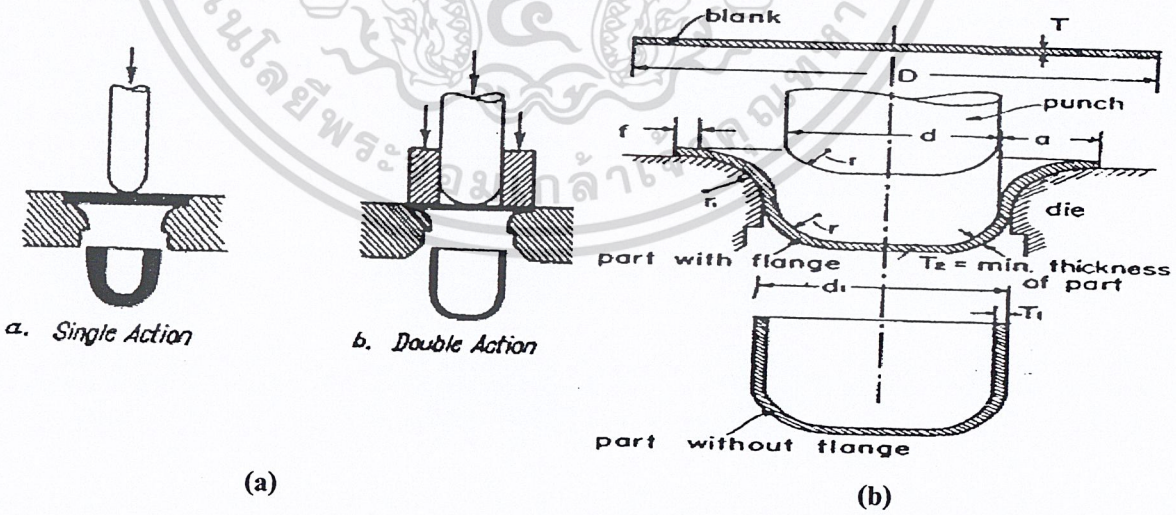


รูปที่ 2.12 แสดงการม้วนโลหะแผ่นที่เข้าขอบลวด

2.2 ทฤษฎีกระบวนการลากขึ้นรูป

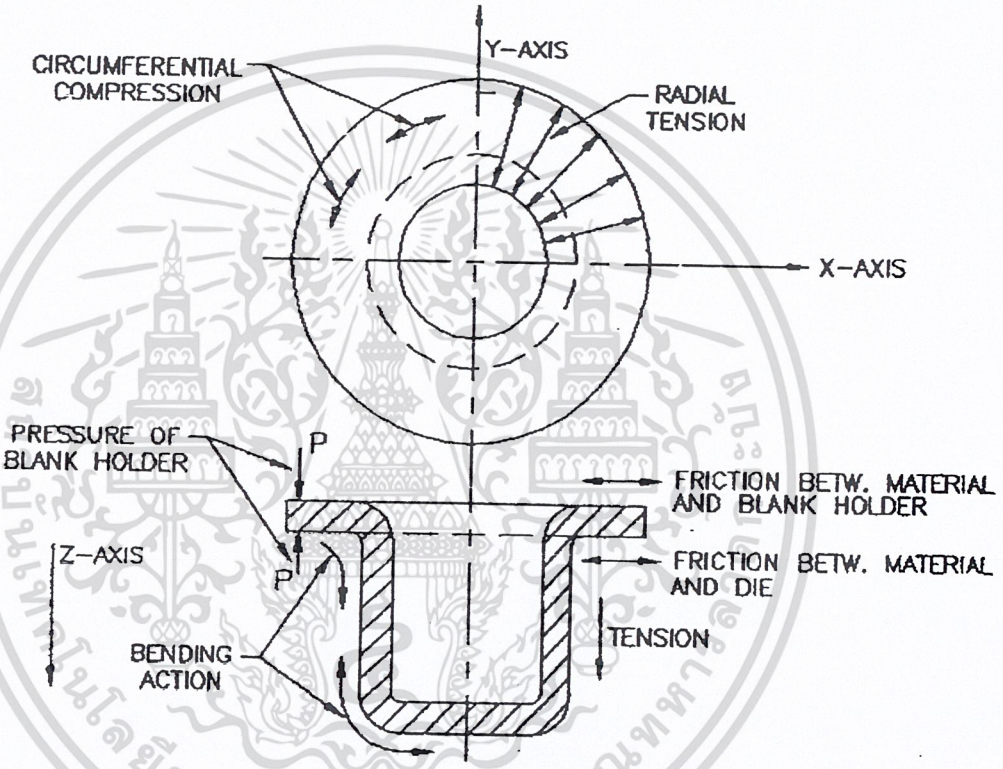
2.2.1 กระบวนการลากขึ้นรูป (Deep Drawing) เป็นการลากขึ้นรูปจากโลหะแผ่นโดยการกดแผ่นเปล่า (Blank) ด้วยแม่พิมพ์ตัวผู้ (Punch) ผ่านปากแม่พิมพ์ตัวเมีย (Lip of Die) ซึ่งจะทำให้มีรูปร่างของผลิตภัณฑ์ตามแม่พิมพ์ ส่วนลักษณะการลากขึ้นรูปมี 2 ลักษณะคือ

1. Single Action เป็นการลากขึ้นรูปโดยไม่ใช้แผ่นกด
2. Double Action เป็นการลากขึ้นรูปโดยใช้แผ่นกดในการสร้างแรงกด โดยการใช้แผ่นกด
3. เพื่อลดการย่น (Wrinkle) ที่เกิดที่ปากถ้วย



รูปที่ 2.13 แสดง cupping (a) และ ขั้นตอนการทำ cupping (b)

ระหว่างการลากขึ้นรูป แม่พิมพ์ตัวผู้ (Punch) กดแผ่นเปล่า (Blank) ผ่านปากแม่พิมพ์ตัวเมีย ทำให้แม่พิมพ์เกิดการดัด (Bending) และดัดกลับ (Unbending) เนื้อโลหะที่อยู่ระหว่างแผ่นกดจะมีความเค้นดึงตามแนวการกดของแม่พิมพ์ตัวผู้ และความเค้นอัดตามแนวเส้นรอบวง (Hoop compression stress) เนื้อโลหะที่ผนังถ้วยได้รับความเค้นดึง แนวแกน (Axial tension) ส่วนที่ก้นถ้วย เนื้อโลหะเกิดสภาวะความเค้นดึงทั้งสองแนวแกน สภาวะความเค้นที่กล่าวมาจะมีผลต่อแรงในการขึ้นรูปและความหมายของถ้วยกลมอย่างมาก



รูปที่ 2.14 แสดงกลไกการลากขึ้นรูป

ความเสียหายที่เกิดขึ้นในงานลากขึ้นรูป เช่นการเกิดการย่น การฉีกขาด (Tear) ซึ่งทำให้ชิ้นงานได้รับความเสียหายจนใช้การไม่ได้ แสดงในตารางที่ 2.14 ส่วนตัวแปรในการลากขึ้นรูปสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ ตัวแปรที่เกิดจากขบวนการขึ้นรูป และ ตัวแปรที่เกิดจากแผ่นชิ้นงาน

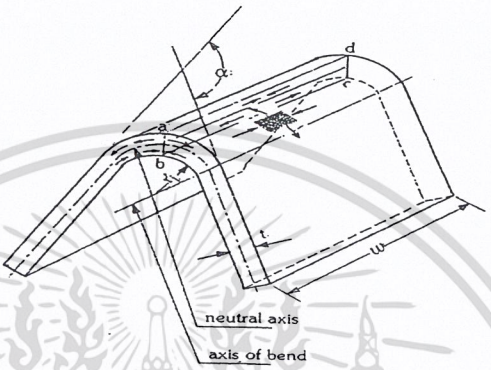
ตารางที่ 2.2 ตารางแสดงความเสียหายที่เกิดในการลากขึ้นรูป

ลักษณะรูปร่างที่ปรากฏบนชิ้นงาน	ความเสียหายที่เกิดขึ้น	สาเหตุที่เกิดความเสียหาย	แนวทางการแก้ไขความเสียหาย
	การแตก ขาด ที่บริเวณใกล้ก้นถ้วย	มี Drawing ratio สูงเกินไปต่อวัสดุชิ้นงานและรูปร่างแม่พิมพ์	ลด Drawing ลง
	การฉีดขาดที่บริเวณใกล้ก้นถ้วย	1. รัศมี Die น้อยเกินไป 2. Die clearance น้อยเกินไป 3. ความเร็วของ Punch สูงเกินไป 4. Blank Holder Pressure สูงเกินไป	แก้ไข 1. รัศมี Die และ Punch 2. Die clearance 3. ความเร็วของ Punch 4. Blank Holder Pressure ให้เหมาะสม
	การเกิดรอยย่นบริเวณขอบชิ้นงาน (Wrinkles in the flange)	1. Blank Holder Pressure น้อยเกินไป 2.Die clearance น้อยเกินไป 3.Die Radius มากเกินไป	1.เพิ่ม Blank Holder Pressure 2. เพิ่ม Die clearance 3. ลด Die Radius
	การเกิดรอยย่นบริเวณผนังชิ้นงาน (Wrinkles in the wall)	1. Die clearance กว้างเกินไป 2. Die Radius มากเกินไป 3. Blank Holder Pressure น้อยเกินไป	แก้ไข 1. Die clearance 2. Die Radius 3. Blank Holder Pressure ให้เหมาะสม
	การเกิดคลื่นที่ขอบชิ้นงาน (Earring)	คุณสมบัติทางกลในแต่ละทิศทางการรีดมีค่าไม่เท่ากัน	ใช้โลหะแผ่นที่มี Planer Anisotropy ต่ำ

2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับงานพับ

2.3.1 การพับ (Bending)

เป็นการออกแรงเพื่อทำให้โลหะซึ่งส่วนมากจะเป็นแผ่นเรียบ หมุนรอบแนวแกนซึ่งอยู่ในระนาบที่ขนานกับแผ่นโลหะ โลหะจะเกิดการไหลตัวจนอยู่ในช่วงของ Plastic Range และคงสภาพอยู่เช่นนั้น แม้จะเอาแรงที่มากระทำออกไปแล้วก็ตาม



รูปที่ 2.15

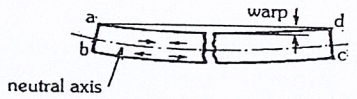
A = มุมพับ (Bend Angle)

r_i = รัศมีของการพับ (Bend Radius)

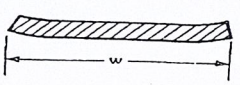
w = ความยาวของการพับ (Bend Length)

ในการพับผิวด้านในจะได้รับแรงกด (Compression) จึงหดตัว ส่วนผิวด้านนอกได้รับแรงดึง (Tension) จึงยืดตัวออก

สำหรับการพับแบบ Free Bend มักจะเกิดปัญหาที่แนวกลางของส่วนโค้ง มักจะเว้าลงดังรูปที่ 2.15 (a) ซึ่งแสดงให้เห็นดังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า a b c d ซึ่งอยู่ตรงแนวกลางของส่วนโค้ง จะเว้าลงเนื่องจากผิวด้านนอกยืดตัวออกตามแนวที่ตั้งฉากกับความยาวของการพับ (Bend Length) จึงทำให้เนื้อโลหะซึ่งอยู่ในแนวสันของการพับหดตัวเข้ามา



(a) กรณีที่ Bend Length น้อย



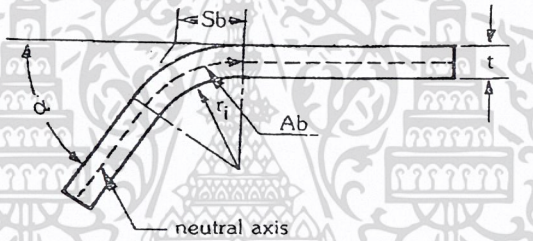
(b) กรณีที่ Bend Length มาก

รูปที่ 2.16 การเกิดรอยเว้าตรงแนวสันของการพับ

การเกิดรอยเว้าที่สันของการพับนี้ มีสาเหตุมาจากอัตราส่วนระหว่าง r_i/t มีค่ามาก รอยเว้านี้ก็จะเกิดขึ้นน้อย นอกจากนี้ความยาวของการพับ (Bend Length) ก็มีผลด้วย คือถ้า w มีค่ามากรอยเว้านี้จะเกิดน้อยมาก ดูรูปที่ 2.16 (b) จะเห็นว่าเมื่อ w มีค่ามาก ตรงกลางของส่วนตัดตรงเส้นโค้งนี้จะตรง และที่ปลายทั้งสองข้างจะโค้งขึ้นเล็กน้อย แต่ถ้า w มีค่าน้อย รอยเว้าก็จะมีมากเหมือนกับในรูปที่2.16 (b)

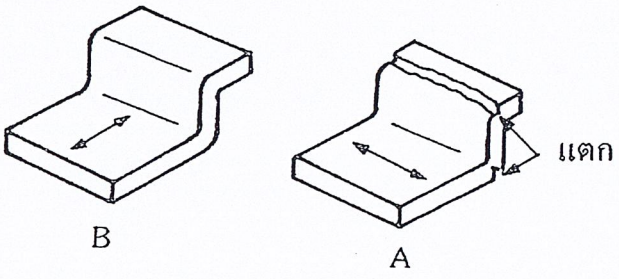
2.3.2 รัศมีของการพับ (Bend Radii)

ในการออกแบบแม่พิมพ์พับโลหะนั้น ผู้ออกแบบจะต้องทราบถึงค่าจำกัดของรัศมีของการพับโลหะด้วยเพราะโลหะแต่ละชนิดมีค่าจำกัดของรัศมีของการพับที่น้อยที่สุดต่างกัน หากไม่คำนึงถึงค่าเหล่านี้แล้ว อาจทำให้เกิดปัญหาในการพับโลหะได้ ค่ารัศมีของการพับนี้จะบอกเป็นค่ารัศมีทางด้านในของส่วนโค้ง ดังรูปที่ 2.17 โดยทั่ว ๆไป รัศมีของการพับไม่ควรต่ำกว่า 1 เท่าของความหนาของโลหะที่จะพับ



r_i = รัศมีของการพับ
Sb = set back
Ab = bend allowance
α = มุมพับ
t = ความหนาโลหะ

รูปที่ 2.17 คำศัพท์เกี่ยวกับงานพับ



รูปที่ 2.17 ทิศทางของ Grain

ตารางที่ 2.3 ค่ารัศมีในการพับที่น้อยที่สุด (r min) ของโลหะชนิดต่าง

	คุณสมบัติของโลหะ		ชนิดของโลหะ	I		II	
				I_{min}		I_{min}	
				A	B	A	B
เหล็ก	สำหรับการขึ้นรูปลึกๆ		SPCE	0	0.2t	0.2t	0.5t
	0.06-0.12%C หรือ St = 28 kg/ mm^2		SPCE,SPCD	0	0.4t	0.4t	0.8t
	0.12-0.22%C หรือ St = 37-42 kg/ mm^2			0.1t	0.5t	0.5t	1.0t
	0.22-0.32%C หรือ St = 42-50 kg/ mm^2			0.2t	0.6t	0.6t	1.2t
	0.32-0.42%C หรือ St = 50-60 kg/ mm^2		S35C	0.3t	0.8t	0.8t	1.5t
	0.42-0.52%C หรือ St = 60-72 kg/ mm^2		S45C,S50C	0.5t	1.0t	1.0t	1.7t
	0.52-0.60%C หรือ St = 70-82 kg/ mm^2		S55C,S60C	0.7t	1.3t	1.3t	2.0t
	0.8-1.0%C		SK4	1.2t	2.0t	2.0t	3.0t
สแตนเลส	18Cr-8Ni St = 67 kg/ mm^2	temper	SUS304	0.5t	1.0t	1.0t	1.8t
		(1/2H)		3.0t	4.5t	4.5t	-
	18Cr-8Ni St = 67 kg/ mm^2	temper	SUS410	0.7t	1.5t	1.5t	2.5t
		(1/2H)		3.0t	5.0t	5.0t	-
อลูมิเนียม	อลูมิเนียม St = 8-15 kg/ mm^2		A1100	0	0.2t	0.3t	0.8t
	อลูมิเนียม St = 20-25 kg/ mm^2		A2024	t<3 0 t<3 0.5t	t<3 0.2t t<3 1.0t	1.5t	2.5t
	อลูมิเนียม St = 25-50 kg/ mm^2		A2024,A7035	2.0t	3.0t	3.0t	4.0t

St = Tensile Strength

A: ทิศทางในการพับตั้งฉากกับทิศทางของ Grain ของโลหะ

B: ทิศทางในการพับ ขนานกับ ทิศทางของ Grain

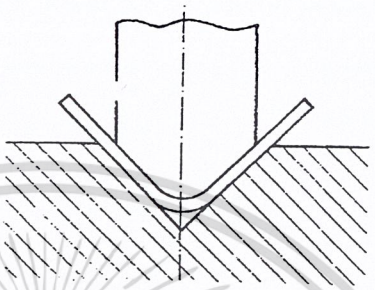
I: โลหะที่ผ่านขบวนการ Heat Treatmant เพื่อทำให้อ่อนตัวลง

II: โลหะที่ไม่ผ่านขบวนการ Heat Treatmant

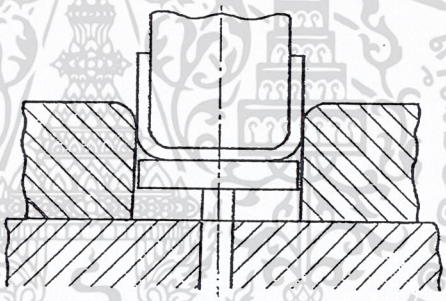
2.3.3 ประเภทของงานพับ

ลักษณะโคย ทั่วๆไป ของงานพับจะมีอยู่ 3 ลักษณะคือ

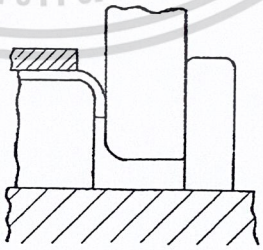
1. การพับแบบรูปตัว V
2. การพับแบบรูปตัว U
3. การพับแบบรูปตัว L



(a) แบบ V



(b) แบบ U



(c) แบบ L

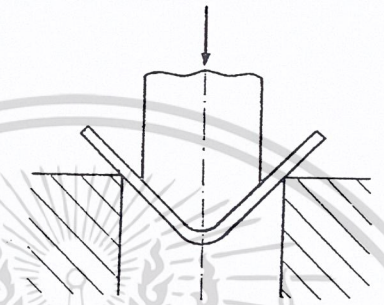
รูปที่ 2.18 การพับแบบต่างๆ

2.3.4 การพับแบบรูปตัว V (V-Bend)

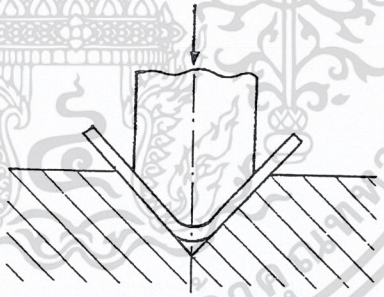
สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1. การพับแบบเปิดโล่ง (Air Bend) คือ ชิ้นงานจะขึ้นรูปตามรูปร่างของ Punch ที่ Die จะมีลักษณะแบบเปิดโล่ง โดยมีส่วนที่รองรับชิ้นงานอยู่ 2 จุดเท่านั้น ดูรูปที่ 2.19 a

2. การพับแบบอัดตัว คือ ชิ้นงานจะมีรูปร่างตามรูปร่างของ Punch และ Dei จะเป็นแบบตัน จะช่วยให้ผิวด้านล่างของโลหะได้รับแรงกระทำอย่างทั่วถึง ดูรูปที่ 2.19 b



(a) การพับแบบเปิดโล่ง



(b)การพับแบบอัดตัว

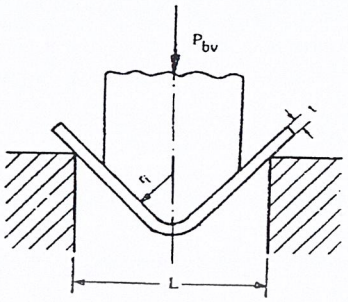
รูปที่ 2.19 เปรียบเทียบลักษณะของการพับแบบเปิดโล่งและแบบอัดตัว

ตารางที่ 2.4 แรงของการพับรูปตัว V แบบเปิดโล่ง (Air Band)

ความกว้างของ Die Opening

T		5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	1 1/8	1 1/4	1 1/2	1 3/4	1 7/8	2	2 1/4	2 1/2	2 5/8	2 3/4	3	3 1/4	3 1/2	3 3/4	4	4 1/2	5	5 1/4	5 1/2	6	6 1/2	7	7 1/2	8	8 1/2	9	12	16
GAGE	in																																		
20	0.0359	1.96	1.65	1.13	0.89																														
18	0.0478		2.8	2.04	1.63	1.32																													
16	0.0598		5.6	3.75	2.64	2.14	1.79	1.53																											
14	0.0747			5.62	4.61	3.37	2.85	2.48	2.16	192																									
13	0.0897				6.42	5.15	4.24	3.65	3.19	2.79																									
12	0.1046				9.83	7.0	5.93	4.8	4.2	3.8	3.1																								
11	0.1196					11.1	8.1	6.8	5.9	5.25	4.2	3.5	3.3	3.0																					
10	0.1345						10.5	8.8	7.6	6.7	5.4	4.5	4.2	3.9																					
9	0.1495						15.0	11.8	9.6	8.5	6.8	5.7	5.3	4.9	4.3	3.8																			
3/16	0.187								18.6	14.0	11.2	9.4	8.6	8.0	6.9	6.3	5.9	5.6	5.0															
7/32	0.218									22.4	15.8	13.1	12.4	11.3	9.8	8.6	8.1	7.7	7.0	6.4	5.9														
1/4	0.250										24.4	17.8	16.2	14.9	13.0	11.5	10.9	10.3	9.3	8.5	7.8	7.3	6.7												
9/32	0.281											26.5	21.0	19.7	16.9	14.8	14.0	13.3	12.0	11.0	10.5	9.36	8.7	7.6											
5/16	0.312												30.4	26.2	21.5	18.6	18.0	16.5	15.0	13.7	12.6	11.6	10.8	9.5	8.4									
11/32	0.343													34.5	28.1	23.3	21.7	20.6	18.3	16.8	15.6	14.2	13.2	11.5	10.3	9.8	9.2							
3/8	0.375														36.6	28.4	26.5	24.8	22.5	20.2	18.6	17.2	16.1	13.9	12.5	11.7	11.1	10.1						
13/32	0.406															38.7	33.8	30.2	26.6	24.2	22.2	20.5	19.0	16.5	14.7	13.9	13.2	12.0	11.0					
7/10	0.437																42.8	41.0	31.7	28.7	26.3	24.2	22.4	19.6	17.2	16.3	15.5	14.1	12.9	11.8				
15/32	0.468																	47.0	39.5	33.6	30.4	28.0	26.0	22.6	20.0	19.0	17.9	16.2	14.8	13.7	12.6			
1/2	0.500																		49.0	41.6	35.5	32.5	29.9	26.0	23.0	21.8	20.6	18.6	17.0	15.7	14.5	13.5			
17/32	0.531																			51.2	43.7	37.5	34.3	29.7	26.2	24.8	23.6	21.4	19.4	17.9	16.5	15.4	14.4		
5/8	0.625																					61.3	52.8	43.2	37.3	35.2	33.2	30.1	27.7	25.3	23.2	21.6	20.3	19.0	
11/16	0.687																						69.2	55.5	46.8	43.5	41.0	37.1	33.7	31.0	28.5	26.5	24.9	23.3	
3/4	0.750																							73.5	60.8	53.2	49.7	44.8	41.0	37.4	34.6	32.2	30.0	28.0	20.2	
13/16	0.812																								77.5	68.0	60.5	5 5	48.6	44.5	41.2	38.0	35.6	33.3	24.0	
1	1.000																											97.8	83.0	71.0	64.8	59.8	55.8	51.9	37.2	27.0

2.3.5 การหาค่าแรงพับของการพับแบบเปิดโล่ง



รูปที่ 2.20 Air Bend Die

สูตร การคำนวณหาค่าแรงพับ มุมพับ = 90°

$P_{bv} = \frac{C_1 \acute{o}_b w t^2}{1000L}$

P_{bv} = แรงพับ (bending force) ตัน

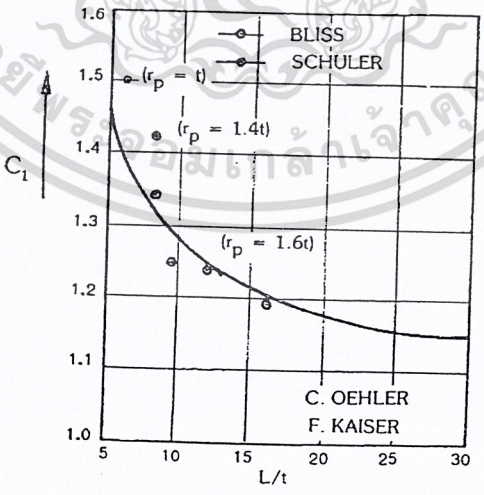
C_1 = ค่าคงที่

$\acute{o}_b$ = tensilc strength ของโลหะ กก./มม.^{2}

w = ความยาวของการพับ (bend length) มม.

t = ความหนาของโลหะ มม.

L = die opening มม.



รูปที่ 2.21 ค่าของ C_1 จะเปลี่ยนไปตามอัตราส่วนของ L/t

นอกจากนี้ยังสามารถหาค่าของแรงพับได้จากตารางที่ 2.5 นี้ ค่าที่ได้จากตารางนี้เป็นค่าต่อความยาวของการพับ 1 ฟุต ของ Mild Steel

a) สำหรับการพับโลหะชนิดอื่นๆค่าของแรงพับจะเปลี่ยนไปดังนี้

ทองเหลือง (อ่อน)	มีค่า	=	50%	ของค่าในตาราง
อลูมิเนียม (อ่อน)	"	=	50%	"
โลหะผสมอลูมิเนียม	"	=	100%	"
สเตนเลส	"	=	150%	"
Chrome Molybdenum	"	=	200%	"

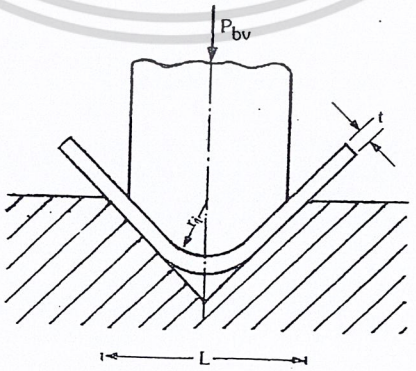
b) ค่าในตารางนี้มีหน่วยเป็นตันของอเมริกาหากจะเปลี่ยนเป็นเมตริกตันให้คูณด้วย 0.907

c) ค่าในตารางนี้ใช้ได้กับการพับแบบเปิดโล่ง (Air Bend) ที่มีค่า r_i = .t, L. = 8t และมุมของการพับ = 90°

ตารางที่ 2.5 ค่า r_i ของ Mild Steel ในการพับแบบ V ซึ่งมุมพับ = 90° และ L = 8t

ความหนา (t)	r_i
3	1.0t
3 - 6	1.2t
6 - 9	1.3t
9 - 12	1.4t
12 - 15	1.5t

2.3.6 การค่าแรงพับของการพับแบบอัดตัว



รูปที่ 2.22 แรงพับ

สูตร การคำนวณหาค่าแรงพับ มุมพับ = 90°

$$P_{bv} = \frac{k_l \acute{O}_b w t^2}{1000\ L}$$

P_{bv} = แรงพับ ตัน

$\acute{O}_b$ = tensile strength ของโลหะ กก./มม.^{2}

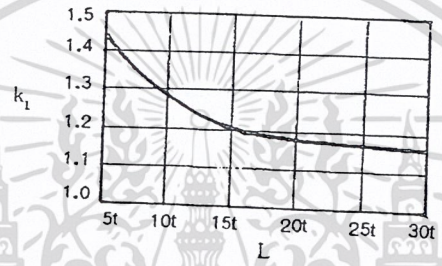
w = ความยาวของการพับ (bend length) มม.

t = ความหนาของโลหะ มม.

L = die opening มม.

k_l = ค่าคงที่ (ดูจากรูปที่ 2.23)

สูตรนี้ใช้กับการที่มีมุมพับ = 90°



รูปที่ 2.23 ค่าคงที่

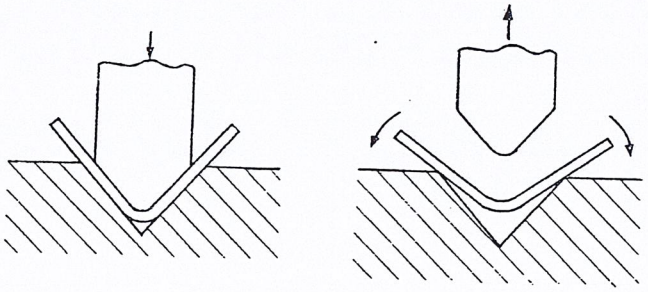
เมื่อ L = 8t, k_l = 1.33

L = 12t, k_l = 1.24

L = 16t, k_l = 1.2

2.3.7 Spring Back

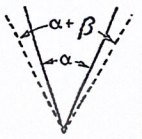
ปรากฏการณ์อย่างหนึ่งที่มักจะเกิดขึ้นเสมอในการพับโลหะก็คือ การที่โลหะคืดตัวกลับหลังจากที่ Punch ถอนตัวออกจากชิ้นงานแล้ว โดยที่มุมของการพับ (bend angle) จะลดลง และรัศมีด้านในของส่วนโค้งของโลหะจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากโลหะยังมีความยืดหยุ่นเหลืออยู่ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นเรียกว่า การเกิด “spring back”

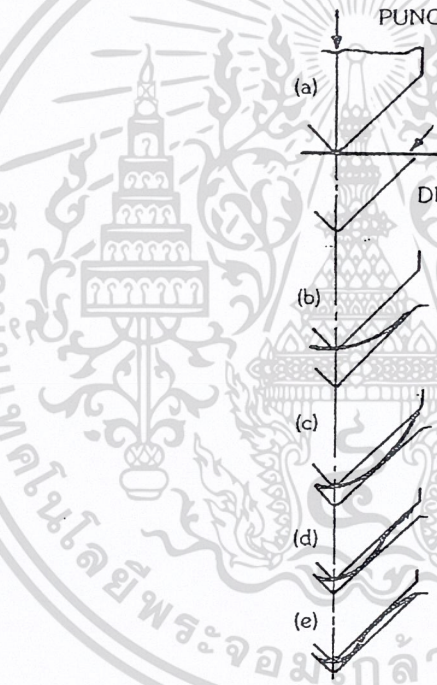


รูปที่ 2.24 การเกิด spring back

การเกิด Spring back จะเกิดขึ้นมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของ I_1/I_2 และชนิดของโลหะ ค่าของ Spring back factor สามารถหาได้จากสมการ

ตารางที่ 2.6 มุมของการเกิด spring back ในการพับแบบ V

มุมพับ α	steel				
	0.10%C	0.15 – 0.20%C	0.25 – 0.30%C	0.35%C	
30°	$\beta = 0.75\frac{r}{t} - 0.39$	$\beta = 0.69\frac{r}{t} - 0.23$	$\beta = 1.59\frac{r}{t} - 1.03$	$\beta = 1.51\frac{r}{t} - 1.48$	
60°	$\beta = 0.58\frac{R}{T} - 0.80$	$\beta = 0.64\frac{r}{t} - 0.65$	$\beta = 0.95\frac{r}{t} - 0.94$	$\beta = 0.84\frac{r}{t}$ 0.76	
80°	$\beta = 0.43\frac{r}{t} - 0.61$	$\beta = 0.434\frac{r}{t} - 0.36$	$\beta = 0.78\frac{r}{t} - 0.79$	$\beta = 0.79\frac{r}{t} - 1.62$	
120°	$\beta = 0.36\frac{r}{t} - 1.26$	$\beta = 0.37\frac{r}{t} - 0.58$	$\beta = 0.46\frac{r}{t} - 1.36$	$\beta = 0.51\frac{r}{t} - 1.71$	



(a) การพับแบบ 90° V

รูปที่ 2.25 สภาพของการเกิด spring back ในการพับแบบ V

$k_s = \frac{t}{2} + r_1 = l_2$

$r_2 + \frac{t}{2} = l_1$

k_s = spring back factor

l_1 = มุมของชิ้นงานที่ต้องการ

l_2 = มุมพับของชิ้นงานเมื่อเกิด spring back

r_1 = รัศมีของ punch

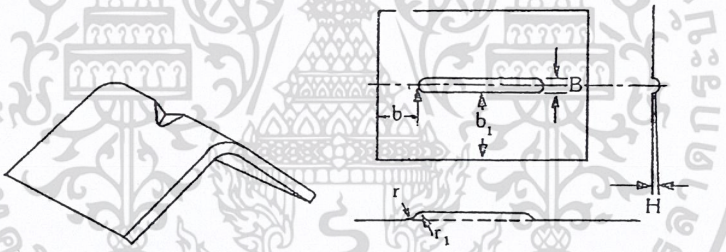
r_2 = รัศมีของชิ้นงานเมื่อเกิด spring back

t = ความหนาของชิ้นงาน

2.3.8 วิธีป้องกันไม่ให้เกิด spring back

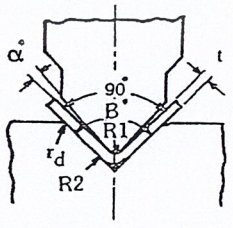
ในการพับแบบ V มีวิธีป้องกันไม่ให้เกิด spring back ได้ดังนี้ คือ

1. เพิ่ม rib ที่ส่วนโค้งของชิ้นงาน ในการเพิ่ม rib ที่ส่วนโค้งของชิ้นงานนี้จะทำให้บริเวณส่วนโค้งมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้นและโอกาสที่จะเกิด spring back มีน้อยมาก เช่น ที่ H=2t จะเกิดการ spring back ไม่เกิน ±20'



รูปที่ 2.26 การเพิ่ม rib ที่ชิ้นงาน

2. แต่งมุมของ Punch เพื่อให้เกิดแรงกดบริเวณ R มากๆ



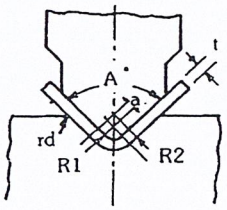
(a) ลดมุมของ punch

B = 90°

α = 2 – 5°

R_2 = R_1 + t

r_d = (2 – 4)t



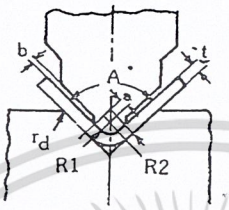
(b) ให้ die มีส่วนโค้งรับชิ้นงาน

$A = 90^{\circ}$

$R_2 = R_1 + t + a$

$a = (2 - 5\%)t$

$r_d = (2 - 4)t$



(c) ออกแบบ punch ให้กดเฉพาะปลาย

$A = 90^{\circ}$

$R_2 = R_1 + t + a$

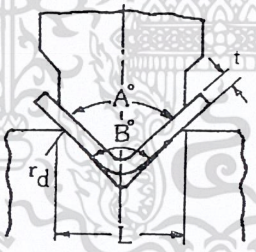
$a = (5 - 10\%)t$

$b = (5 - 8\%)t$

$r_d = (2 - 4)\,t$

รูปที่ 2.27 ลักษณะของการออกแบบ punch เพื่อลด spring back

3. ลดมุมของ Die เพื่อให้เกิดแรงกดตรงบริเวณไหล่ของ die



$A > B$

$A = 90^{\circ}$ $B = 88^{\circ}$

เมื่อ $L = 5t$, $r_p = t/2$

$L = 8t$, $r_p > t$

รูปที่ 2.28 การลดมุมของ die เพื่อลด spring back

2.4 การออกแบบเครื่องจักรกล

2.4.1 พื้นฐานของผู้ออกแบบเครื่องกล

ผู้ออกแบบเครื่องจักรกลที่ดีควรจะต้องมีพื้นฐานความรู้ต่อไปนี้เป็นอย่างดี

1 . มีพื้นฐานความรู้ทางด้านความแข็งแรงของวัสดุเป็นอย่างดี เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ความเค้นชิ้นส่วนของเครื่องจักรกลจะต้องแข็งแรง และแข็งแกร่งเพียงพอที่จะรับแรงต่างๆที่เกิดขึ้น

2. มีพื้นความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติของวัสดุวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องจักรกลเป็นอย่างดี ทั้งทางด้านโลหะวิทยา กรรมวิธีทางความร้อนต่างๆ และติดตามการพัฒนาทางด้านวัสดุอยู่ตลอดเวลา เพื่อจะไดนำวัสดุที่เหมาะสมที่สุดมาใช้

3. มีความทางด้านกรรมวิธีการผลิตต่างๆหลักเศรษฐศาสตร์ของวิธีการผลิต เพราะชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ผลิตขึ้นมาจะต้องแข่งขันกันทางด้านราคา บางครั้งการออกแบบชิ้นส่วนชิ้นหนึ่งอาจเหมาะกับโรงงานผลิตแห่งหนึ่ง แต่ไม่เหมาะกับโรงงานผลิตอีกแห่งหนึ่งก็ได้ เช่น โรงงานผลิตที่มีแผนกเชื่อมที่ดี แต่ไม่มีแผนกหล่อ จะพบว่าการผลิตโดยวิธีเชื่อมจะประหยัดที่สุด แต่ในขณะเดียวกันโรงงานอีกแห่งหนึ่งอาจตัดสินใจใช้วิธีหล่อเพราะมีแผนกหล่อที่ดีอยู่ (และอาจมีแผนกเชื่อมหรือไม่มีก็ได้)

4. มีความรู้พิเศษเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมต่างๆ ที่จะมีผลต่อคุณสมบัติของวัสดุ เช่น บรรยากาศที่ทำให้เกิดการกัดกร่อน อุณหภูมิต่ำมากๆหรือสูงมากๆ เป็นต้น

5. เตรียมพร้อมการตัดสินใจอย่างฉลาดได้ว่า

1. ควรเลือกใช้ชิ้นส่วนที่มีจำหน่ายอยู่แล้วหรือต้องการออกแบบใหม่
2. ควรใช้สูตรสำเร็จที่ได้จากประสบการณ์ในการออกแบบชิ้นส่วนหรือไม่
3. ควรทดสอบชิ้นงานก่อนการผลิตหรือไม่
4. ต้องออกแบบเป็นพิเศษเพื่อควบคุมการสั่นสะเทือน ระดับเสียงดัง และอื่นๆ หรือไม่

6. มีความเข้าใจถึงความสวยงามบางประการ ซึ่งจะทำให้ผลิตผลจูงใจและดึงดูดใจผู้คน

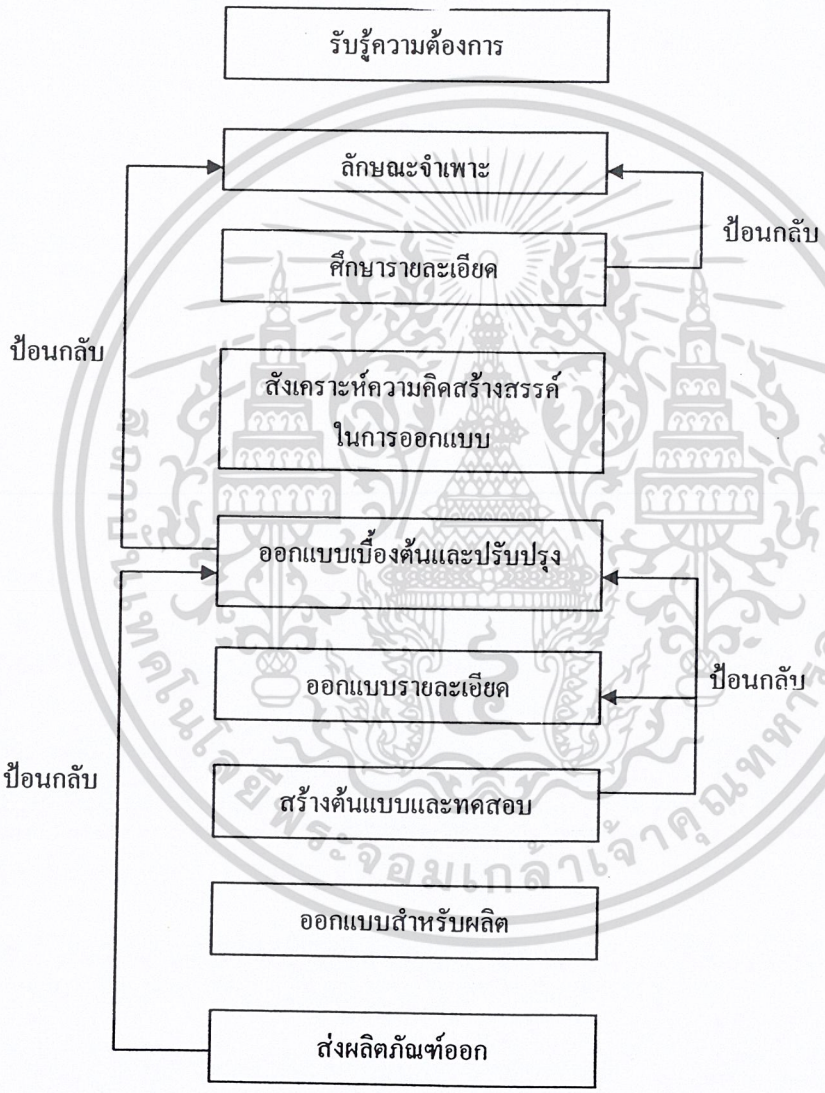
7. มีความรู้ทางด้านเศรษฐศาสตร์และการแข่งขันทางด้านราคา เพราะเหตุว่าวิศวกรมีหน้าที่ในการประหยัดเงินของผู้ว่าจ้าง การจะเพิ่มราคาสินค้าได้จะต้องมีการปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เช่น เพิ่มสมรรถนะ เพิ่มสิ่งดึงดูดใจ หรือเพิ่มความทนทานให้มากขึ้น

8. มีสัญชาตญาณในการเป็นการเป็นนักประดิษฐ์และสร้างสรรค์ สิ่งสำคัญที่สุดก็คือจะต้องทำให้เกิดประสิทธิผลสูงสุด ความคิดสร้างสรรค์อาจเกิดขึ้นเพราะมรความขยันขันแข็งที่จะแก้ไขสิ่งที่ไม่ถูกใจ และมีความเต็มใจที่จะทำ

ตามปกติแล้วยังมีอีกหลายสิ่งหลายอย่างที่จะพิจารณาโดยละเอียดอีก เช่น เครื่องจักรกลจะใช้งานได้อย่างปลอดภัยหรือไม่ มีอะไรป้องกันการเผอเรอ ขณะใช้งานของผู้ใช้เครื่องจักรหรือไม่ มีการสั่นสะเทือนจนอาจเกิดอันตรายหรือไม่ การประกอบชิ้นส่วนหรือการซ่อมบำรุงทำได้ยากหรือง่ายเป็นต้น เป็นสิ่งที่แน่นอนที่สุดว่า ไม่มีวิศวกรคนใดที่จะมีความรู้เป็นพิเศษเกี่ยวกับสิ่งที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดและตัดสินใจในการแก้ปัญหาได้อย่างดีที่สุด องค์กรขนาดใหญ่ขึ้นย่อมจะมีผู้ชำนาญพิเศษในด้านต่างๆ มากขึ้นซึ่งจะช่วยในการเป็นที่ปรึกษาได้อย่างดีที่สุด วิศวกรส่วนมากจะรู้ขั้นตอนการออกแบบแล้วเป็นอย่างดี และจะดียิ่งขึ้นถ้าได้ใช้บุคคลหลายฝ่ายที่มีความชำนาญพิเศษต่างกันมาร่วมมือกันออกแบบ การออกแบบเป็นงานอาชีพอย่างหนึ่งซึ่งมีเสน่ห์ดึงดูดใจผู้ออกแบบ เพราะต้องใช้พื้นความรู้อย่างกว้างขวางทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ งานวิศวกรรมก็คืองานออกแบบ

2.4.2 ขั้นตอนของการออกแบบ

การออกแบบเป็นกระบวนการที่น่าสนใจมากว่าควรจะเริ่มต้นอย่างไร ควรจะเริ่มต้นจากกระดาษเปล่าแผ่นหนึ่ง แล้วเริ่มลงมือแสดงความคิดเห็นลงไป ต่อไปจะเกิดอะไรขึ้น มีอะไรบ้างที่เป็นตัวควบคุมหรือมีผลต่อการตัดสินใจ และสุดท้ายงานออกแบบจะสิ้นสุดลงที่ใด ดังนั้นจึงจะกล่าวถึงขั้นตอนในการออกแบบทั่วไปซึ่งงานบางประเภทอาจไม่เป็นตามขั้นตอนดังกล่าวนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและกรรมวิธีในการออกแบบ ดังจะเขียนเป็นแผนภาพได้ดังรูปที่ 2.29



รูปที่ 2.29 แผนภาพของการออกแบบที่มีวงป้อนกลับ

1. รับรู้ความต้องการ การออกแบบ อาจเริ่มต้นขึ้นจากการที่วิศวกรได้รับรู้ความต้องการและตัดสินใจที่จะทำอะไรบางสิ่งบางอย่างขึ้น หรืออาจได้รับข้อมูลจากลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ใน

ด้านการใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้นได้ การแข่งขันกันทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการในการออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการ และเครื่องจักรกลใหม่ๆ สิ่งสำคัญก็คือ ต้องยอมรับรู้ว่าเกิดความต้องการขึ้นแล้ว ใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ ทำความเข้าใจกับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

2. ลักษณะจำเพาะ รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งอาจประกอบไปด้วย คุณลักษณะ ขนาด จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิใช้งาน ความเชื่อถือได้ และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น น้ำหนัก ขนาดต่างๆพร้อมทั้งบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่าง และการแข่งขันทางด้านตลาด เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามเกณฑ์ (Code) เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดัน ก็จำเป็นจะต้องศึกษาเกณฑ์นั้นให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่างๆ ที่เป็นข้อควรระมัดระวังและปฏิบัติตาม

3. ศึกษารายละเอียด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่างๆแล้วขั้นต่อไปก็คือศึกษารายละเอียดทั้งนี้ก็เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือความล้มเหลว ทั้งทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยปกติแล้วผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นวิศวกรที่ผ่านงานออกแบบมาแล้วอย่างมาก มีพื้นความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่างๆเป็นอย่างดี รู้วิธีการเลือกใช้วัสดุ รู้วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกการขาย ผู้ที่ทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งหมด มีบ่อยครั้งที่ผลจากการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาต้องดเปลี่ยนไปเพื่อความสำเร็จของโครงการจึงทำให้มีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะดังรูป 2.29

4. สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เมื่อศึกษารายละเอียดแล้ว ต่อไปก็ถึงขั้นการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ท้าทายและหน้าสนใจที่สุดในการออกแบบ เพราะถ้าไม่มีสิ่งขีดจำกัดอันใดแล้ว ผู้ออกแบบจะทำหน้าที่เป็นวิศวกร นักประดิษฐ์ และจิตรกรในเวลาเดียวกัน ซึ่งในขณะนี้เขาจะเป็นนักสร้างสรรค์ การสังเคราะห์คือการวิเคราะห์และทำให้อำนวยประโยชน์ที่สุด ในขั้นนี้จะต้องสังเคราะห์ความคิดใหม่กับความคิดเก่าเพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สั่งสอนกันไม่ได้ แม้ว่าจะใช้วิธีกระตุ้นก็ตาม แต่ก็เชื่อได้ว่าการศึกษาที่เหมาะสมทำให้มนุษย์มีกระบวนการคิดสร้างสรรค์กว้างขวางมากขึ้น

5. ออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแล้ว อาจจะมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะและความต้องการหลายวิธี จึงจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบต่อไป

ในขั้นนี้จำเป็นจะต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรกลหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทั้งหมด แบบควรมีขนาดสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบ รูปด้านข้างอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาทางด้านคิเนมาติก (Kinematic) ของระบบด้วยเพื่อความมั่นใจว่าจะทำงานได้

โดยปกติแล้วในขั้นนี้จะยังไม่ได้ผลสมบูรณ์ จึงต้องมีวงป้อนกลับไปยังลักษณะจำเพาะดังรูปที่ 2.29 เพื่อให้มีความสมบูรณ์ครบถ้วน พร้อมกันนั้นก็จะมีการเปลี่ยนแปลง เพื่อพิสูจน์ให้เห็นถึงแนวความคิด เพื่อหาวัสดุที่มีคุณสมบัติเหมาะสม เพื่อประเมินผลของอุปกรณ์ หรือค้นหาสิ่งที่ยังไม่แน่ชัดจากข้อมูลทางเทคนิคและประสบการณ์ที่ผ่านมา ดังนั้นช่วงการออกแบบเบื้องต้นนี้อาจจะช้าหรือเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลที่ได้ อันที่จริงแล้วการปรับปรุงจะเกิดขึ้นในขั้นตอนต่อไปขดงแผนภาพในรูปที่ 2.29

6. ออกแบบรายละเอียด การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริง และขนาดของส่วนประกอบอื่นๆ ทั้งหมดทั้งที่จะผลิตขึ้นเอง หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่จะซื้อมาใช้ ซงจะประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้น แสดงรูปด้านต่างๆเท่าที่จำเป็นโดยต้องกำหนดทั้งขนาด พิกัดความเผื่อไว้ให้ครบถ้วน วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีทางด้านความร้อน (ถ้ามี) จำนวนชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วน และบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นงานสำเร็จด้วย

โดยปกติช่างเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกร เพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกรจะต้องให้ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรควรจะร่างขึ้นมาก่อน จะต้องให้ขนาด ชนิดของวัสดุโดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ ความแข็งแรงของวัสดุ กลศาสตร์ของไหล การสั่นสะเทือน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยที่วิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญพิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

7. สร้างต้นแบบและทดสอบ หลังจากที่มีรายละเอียดต่างๆสมบูรณ์ มีแบบแยกชิ้น แบบประกอบ รวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่างๆ แล้ว จึงส่งแบบที่สมบูรณ์ทั้งหมดไปยังโรงงานเพื่อสร้างต้นแบบ

เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยก็เตรียมประเมินผลและทดสอบ ผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้น หรือแบบรายละเอียดบางประการ ซึ่งแสดงไว้เป็นวงป้อนกลับดังรูปที่ 2.29 หลังการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนบางชิ้นแล้วจะทดสอบและประเมินผลใหม่อีกครั้ง หรืออาจต้องทำอีกหลายครั้ง จนกระทั่งวิศวกรผู้ออกแบบพึงพอใจที่งานของเขามีสมรรถนะตามต้องการ เมื่อถึงขั้นนี้แล้วจะส่งแบบชิ้นส่วนและรายการวัสดุไปยังแผนกวิศวกรรมการผลิตเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไปเบื้องต้นและปรับปรุงยังแผนกวิศวกรรมการผลิตเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไป

8. ออกแบบกำลังการผลิต ในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสม (โดยมากพิจารณาจากหลักเศรษฐศาสตร์) ของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นงานน้อยชิ้นกับชิ้นงานมากชิ้นอาจต้องใช้วิธีการผลิตต่างกัน จึงต้องหาวิธีการผลิตที่ประหยัดที่สุด

บางครั้งอาจรวมชิ้นงานหลายชิ้นเข้าเป็นชิ้นเดียวกัน หรือเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนที่มีในท้องตลาดแทนอีกประการหนึ่งวิศวกรการผลิตอาจเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ราคาถูกกว่าก็ได้ จากนั้นจึงเขียนแบบแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยแล้วจึงส่งฝ่ายผลิต เพื่อผลิตและส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

9. ส่งผลิตภัณฑ์ออก โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบแล้วทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีปัญหาที่แก้ไขไม่ได้ก็จะส่งไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หรืออาจเสนอแนะข้อคิดเห็นไปได้ดังที่ได้แสดงโดยวงป้อนกลับในรูปที่ 2.29

ที่กล่าวมาแล้วทั้งหมดนี้อาจไม่สมบูรณ์ทางด้านรายละเอียดต่างๆ หรืออาจใช้ได้กับกระบวนการผลิตบางอย่าง บางระบบเท่านั้น เพราะการที่จะรู้รายละเอียดถึงกรรมวิธีการออกแบบในงานต่างๆจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องศึกษาเข้าไปมีส่วนร่วมในงานนั้นๆ

2.5 การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์

ในการออกแบบโดยทั่วไป คือ การสร้างสรรค์สิ่งต่างๆ รวมทั้งสภาพแวดล้อมเพื่อสนองความต้องการมนุษย์เพิ่ม ความสะดวกสบายในการทำงาน เป็นการออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Ergonomic Design)

ความหมายสั้นๆ ของ Ergonomic คือ "Fitting the job to the worker" หรือเรียกอีกอย่างว่า Human Factors สามารถดัดแปลงนำไปใช้กับอะไรก็ได้ที่มนุษย์เป็นผู้ใช้สอยเป็นคำมาจากภาษากรีก

Ergon = การทำงาน (Work)

Nomas = กฎเกณฑ์ (Law)

2.5.1 การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Ergonomic Design)

การออกแบบที่ดีจะต้องมีข้อมูลที่สัมพันธ์กับมนุษย์และความเป็นอยู่โดยเกี่ยวข้องกับพื้นฐานทางร่างกายมนุษย์และสังคมสำหรับนำไปสู่ขั้นตอนการออกแบบอย่างมีหลักเกณฑ์

จุดเริ่มต้นของการออกแบบจะต้องศึกษาวิชาการที่เกี่ยวข้องดังนี้

มานุษยวิทยา (Anthropology) คือ การศึกษาขนาดสัดส่วนต่างๆ ของมนุษย์

สรีรศาสตร์ (Physiology) คือ วิชาว่าด้วยความสามารถในการทำงานของอวัยวะต่างๆของร่างกาย

จิตวิทยา (Psychology) เกี่ยวข้องกับความคิด ความรู้สึก (Mental) และอารมณ์ (Emotional Area) ซึ่งรวมเรียกว่าพฤติกรรมของมนุษย์ (Human Behaviour) พัฒนาการ (Development) และการแสดงออก (Performance) เกี่ยวกับการตองสนองต่อสิ่งแวดล้อม

สังคมวิทยา (Sociology) ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสังคมของมนุษย์ การออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Ergonomic) เริ่มใช้ในอังกฤษเป็นครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ. 1949 โดยจัดตั้งสมาคม The Ergonomic Research Society

2.5.2 การทรงตัวของมนุษย์

โลกที่เราอาศัยอยู่นี้มีปรากฏการณ์ตามธรรมชาติอย่างหนึ่ง คือ มีแรงดึงดูดพิเศษชนิดหนึ่งที่จะดึงดูดเอาวัตถุทั้งหลายบนผิวโลกเข้าสู่แกนกลางของโลก ซึ่งดึงดูดนี้ทำให้วัตถุทั้งหลายบนโลกมีน้ำหนักซึ่งจุดกึ่งกลางของน้ำหนักของวัตถุนั้นเราเรียกว่า "จุดศูนย์ถ่วง" และจุดศูนย์ถ่วงนี้เป็นจุดสมติที่ใช้แทนจุดกึ่งกลางของวัตถุนั้นๆ โดยถือว่าน้ำหนักของวัตถุนั้นทั้งหมดจะไปสะสมอยู่เป็นจุดที่ทำให้วัตถุนั้นสมดุล เช่น วัตถุรูปกลม จุดศูนย์ถ่วงอยู่ที่จุดศูนย์กลาง เป็นต้น ส่วนเส้นตรงที่ลากผ่านศูนย์ถ่วงของวัตถุในแนวดิ่งสู่พื้นฐาน เรียกว่า "เส้นศูนย์ถ่วง" ดังนั้นเส้นตรงนี้จะอยู่ตรงไหนแล้วแต่ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วง ซึ่งเส้นนี้ทำให้ทราบว่าจุดศูนย์ถ่วงอยู่ในฐานหรือไม่

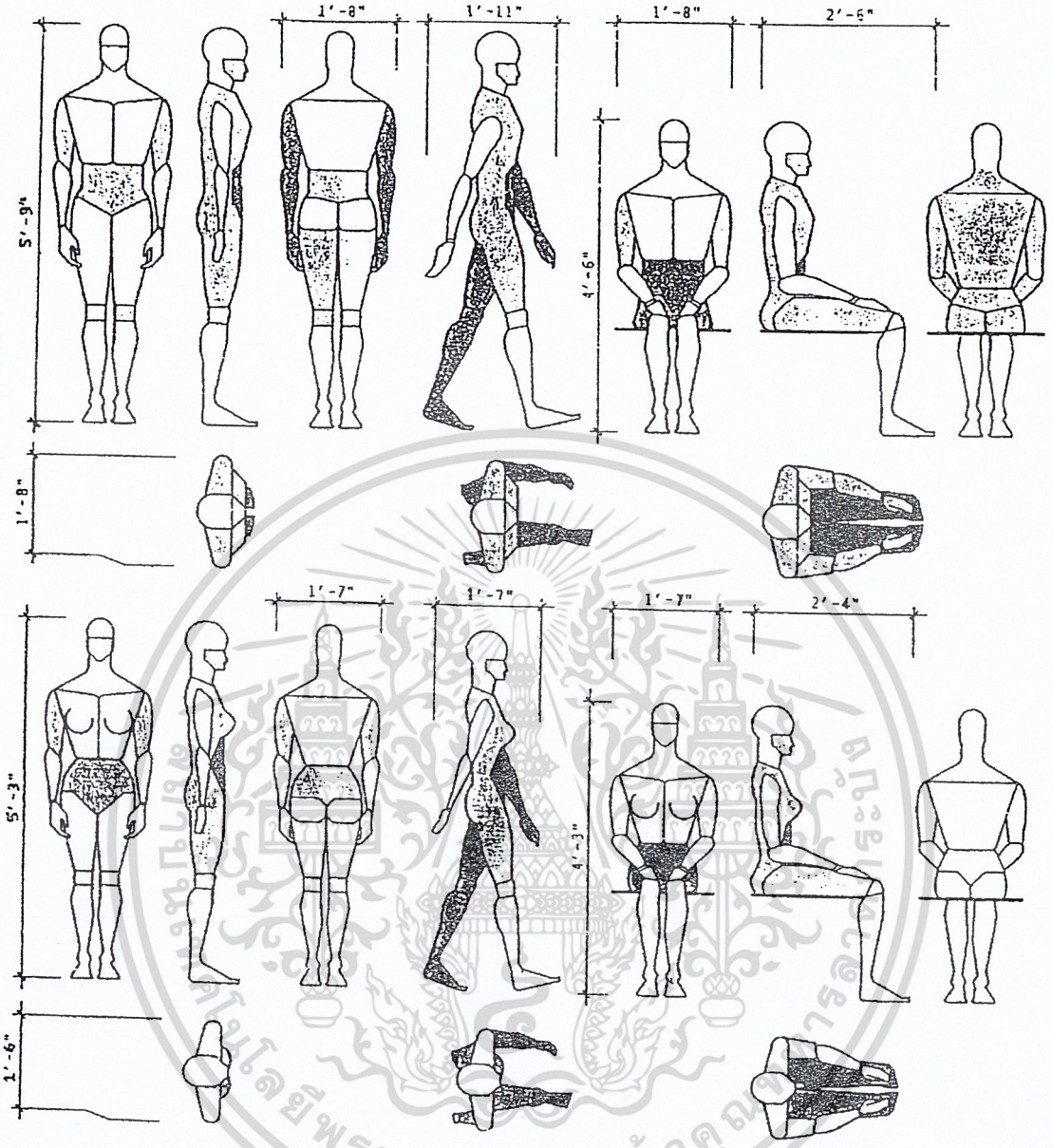
จุดศูนย์ถ่วงของร่างกายคนจะขึ้นอยู่กับโครงสร้างในท่ายืน หรือจะกล่าวได้ว่า " จุดใดจุดหนึ่งในร่างกายที่ทำให้ส่วนอื่นๆ ทุกส่วนของร่างกายอยู่ในลักษณะสมดุลกันพอดี " สำหรับคนที่มีโครงสร้างปกติยืนในท่าปกติ จุดศูนย์ถ่วงอยู่ภายในอุ้งเชิงกรานบริเวณด้านหน้าต่อกระดูกก้นกบที่ 2 หรือกระดูกสะโพก สำหรับผู้หญิงจุดดังกล่าวจะอยู่ต่ำกว่าชายเล็กน้อย เนื่องจากผู้หญิงมีสะโพกผายโคนขาใหญ่ และขาสั้นกว่าชาย

จุดศูนย์ถ่วงของชายและหญิงสามารถเปลี่ยนตำแหน่งได้แล้วแต่ขนาด รูปร่าง ทรวดทรง อิริยาบถ และการทรงตัว น้ำหนักส่วนใหญ่ของร่างกายคนเราขณะยืนในท่าธรรมดาจะตกลงที่ฐานของฝ่าเท้าทั้งหมด เราจึงสมดมติเส้นตรงเส้นหนึ่งทิ้งดิ่งลงจากศีรษะถึงฝ่าเท้าเป็นส้นที่สมมติ ตำแหน่งของน้ำหนักรวมตกลงทางด้านล่าง โดยผ่านจุดศูนย์ถ่วงของร่างกาย โดยปลายสมมติให้เป็นที่น้ำหนักถ่ายลงพื้นล่าง ลักษณะเช่นนี้ปลายเส้นจะตกลงที่กึ่งกลางของฝ่าเท้าพอดี แสดงว่าน้ำหนักทั้งหมดของร่างกายจะตกลงกึ่งกลางฝ่าเท้าในท่ายืนปกติ

กล้ามเนื้อเป็นส่วนให้เกิดพลังงานในการเคลื่อนไหวของร่างกาย และการเคลื่อนไหวที่ดีนั้นย่อมอยู่ภายใต้อิทธิพลของการทรงตัวไปพร้อมๆ กัน อวัยวะส่วนต่างๆ มีส่วนในการช่วยในการทรงตัวนั้นด้วย เช่น เวลาเดินหรือวิ่ง จะแกว่งแขนให้สัมพันธ์กับเท้าที่ก้าวเดินหรือวิ่งด้วย ส่วนทรวงอกและสะโพกก็จะบิดไปในทางตรงกันข้ามเช่น

2.5.3 การเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย

สัดส่วนทางด้านกายวิภาค (Anatomy) ของมนุษย์เป็นปัจจัยสำคัญในการออกแบบ การออกแบบที่ดีจะได้ผลดีจะต้องแน่ใจว่าเหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายอย่างแท้จริง การคำนึงถึงสัดส่วนใช้สอยส่วนตัว ได้แก่ เกี่ยวกับมือซึ่งเป็นเครื่องมือชั้นแรกของมนุษย์ใช้สัมผัส ทำ หยิบ อุ้ม บิด และ กอบ ทำนองเดียวกันแขนที่ช่วยในการยก อุ้ม ดึง วัตถุต่างๆ หรือแม้กระทั่งขาก็ช่วยในการเคลื่อนไหวร่างกายเคลื่อนที่ไป



รูปที่ 2.30 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวส่วนต่างๆ ของร่างกาย

แสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกายต่อความสูงยืนและมิติวิกฤต

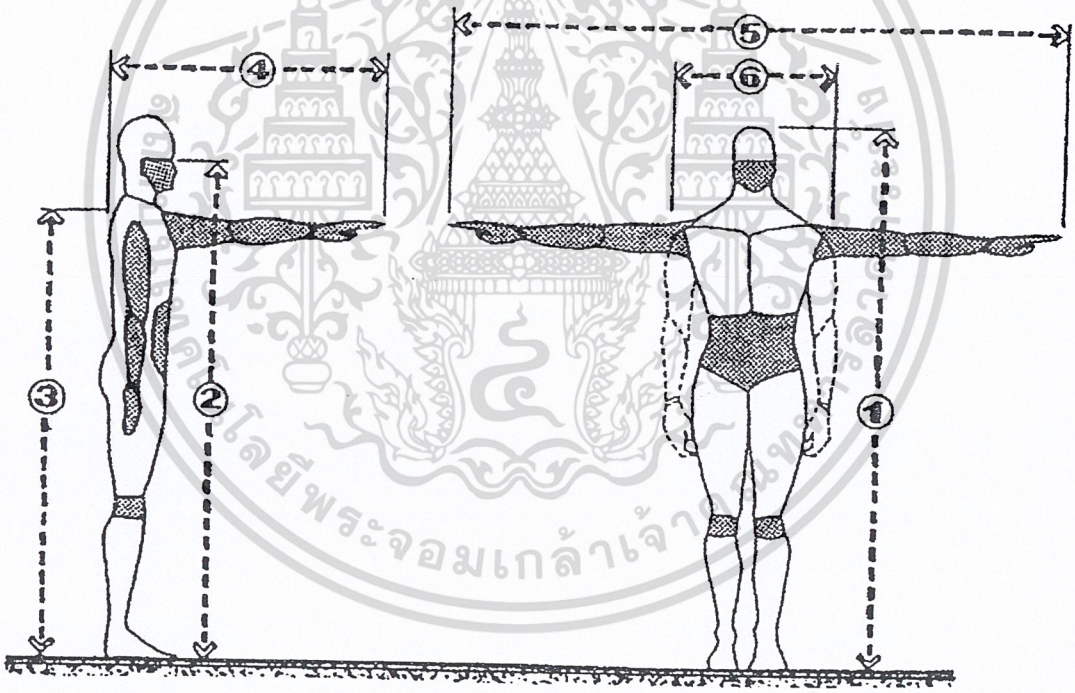
(Critical Bady Dimension)

ตารางที่ 2.7 การแสดงตัวเลขอัตราส่วนระหว่างมิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย

หมายเลข	มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย	อัตราส่วน	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูงยืน	1.000	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับ	0.933	138.36	146.60	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	0.827	122.64	132.81	143.29
4	ความสูงระดับมือ	0.437	64.80	70.18	75.71
5	ความสูงเอื้อมมือขึ้นบน	1.255	186.11	201.55	217.45
6	ความสูงนั่ง	0.523	77.56	83.99	90.62
7	ความสูงระดับตา	0.460	68.21	73.87	97.70
8	ความสูงที่นั่งถึงระดับไหล่	0.354	52.49	56.85	61.33
9	ความสูงจากที่นั่งถึงข้อศอก	0.143	21.20	22.96	24.77
10	ความสูงจากที่นั่งถึงตอนบนของขาอ่อน	0.082	12.16	13.16	14.20
11	ความสูงจากพื้นถึงตอนบนของเข่า	0.303	44.93	48.66	52.50
12	ระยะจากหน้าท้องถึงเข่า	0.223	33.07	38.81	38.63
13	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน	0.254	37.66	40.79	44.01
14	ระยะจากก้นถึงระดับน่องตอนบน	0.218	32.32	35.01	37.77
15	ระยะก้นถึงเข่า	0.329	48.79	52.83	57.00
16	ความยาวของขาที่นั่ง	0.626	92.83	100.53	108.46
17	ความกว้างของที่นั่ง	0.226	33.51	36.29	39.15
18	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	0.491	72.81	78.85	85.07
19	ความกว้างกางแขน	1.022	151.56	164.13	177.08
20	ความกว้างระหว่างศอก	0.262	37.85	42.13	45.37
21	ความกว้างของไหล่	0.253	37.51	40.63	43.83

ตารางที่ 2.8 การแสดงส่วนต่างๆ ของร่างกาย

หมายเลข	มิติส่วนต่างๆ ของร่างกาย	ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
1	ความสูง	148.30	160.60	173.27
2	ความสูงระดับสายตา	138.36	149.63	161.66
3	ความสูงระดับไหล่	122.64	132.81	143.29
4	ระยะเอื้อมแขนไปข้างหน้า	72.81	78.85	85.07
5	ความกว้างกางแขน	151.56	164.13	177.08
6	ความกว้างของไหล่	37.51	40.63	43.83

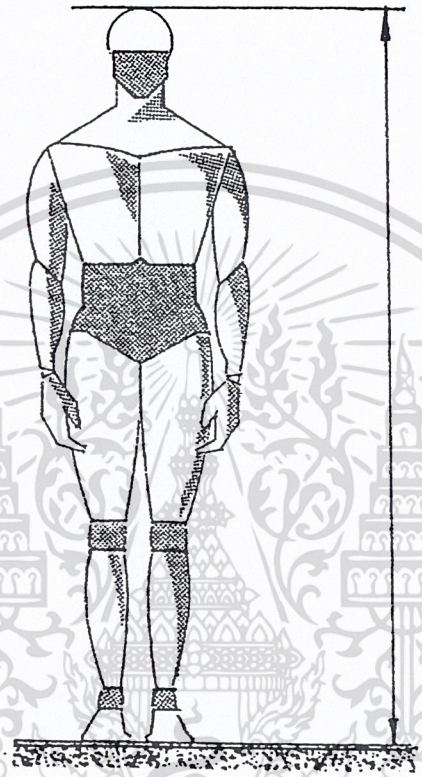


รูปที่ 2.31 การแสดงภาพส่วนต่างๆ ของร่างกาย

แสดงค่าตัวเลขความสูงยืนในการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 2.9 การแสดงค่าตัวเลขความสูงยืนในการปฏิบัติงาน

อายุ	ความสูง (เซนติเมตร) ต่ำสุด	เฉลี่ย	สูงสุด
25-34	148.30	160.60	170.27

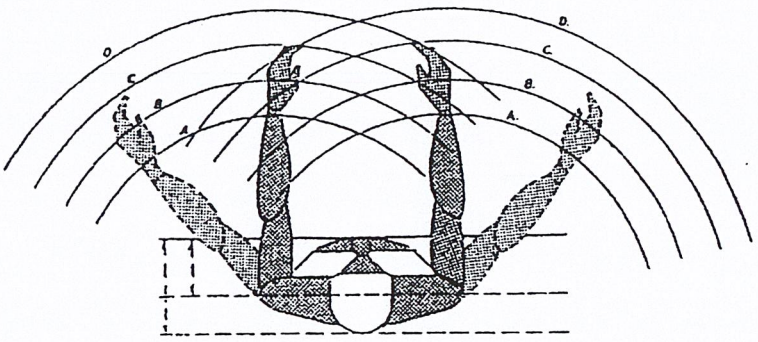


รูปที่ 2.32 การแสดงภาพสัดส่วนความสูงยืน

แสดงตัวเลขขนาดรัศมีการเอื้อมในระยะต่างๆ (หน่วยเป็นมิลลิเมตร)

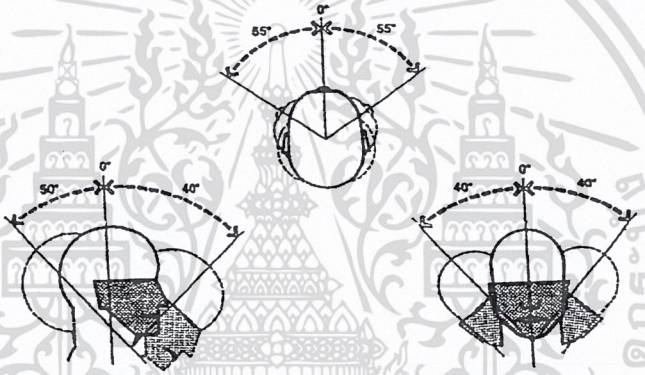
ตารางที่ 2.10 การแสดงตัวเลขขนาดรัศมีการเอื้อมในระยะต่างๆ

	รัศมีเอื้อม		ระยะกว้าง		ระยะไกล		ระยะห่าง	ระยะเอื้อมห่างตา	
	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	ชาย	หญิง	จากตัวรถ	ชาย	หญิง
A	600	656	1530	1450	650	500	20	630	480
B	650	615	1530	1450	700	615	20	780	480
C	600	565	1530	1450	850	705	20	830	685
D	650	615	1630	1550	1000	815	20	800	795



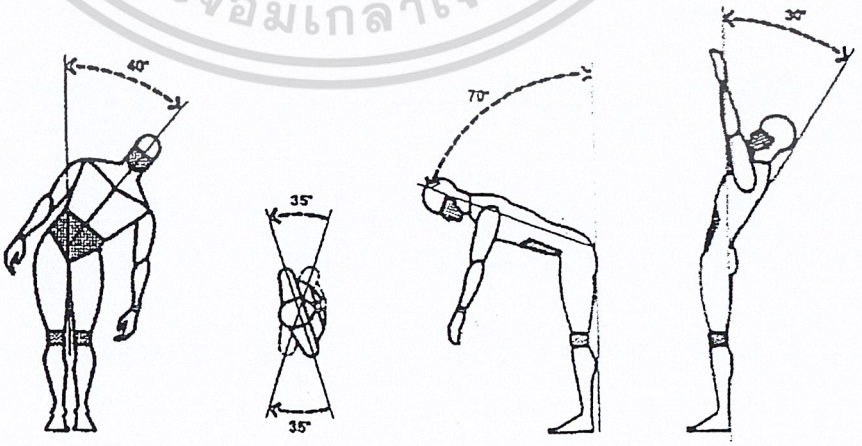
รูปที่ 2.33 การแสดงภาพขนาดสัดส่วนที่เกี่ยวข้องในการออกแบบของรัศมีการเอื้อมในลักษณะต่างๆ

การเคลื่อนไหวช่วงคอ (Neck)



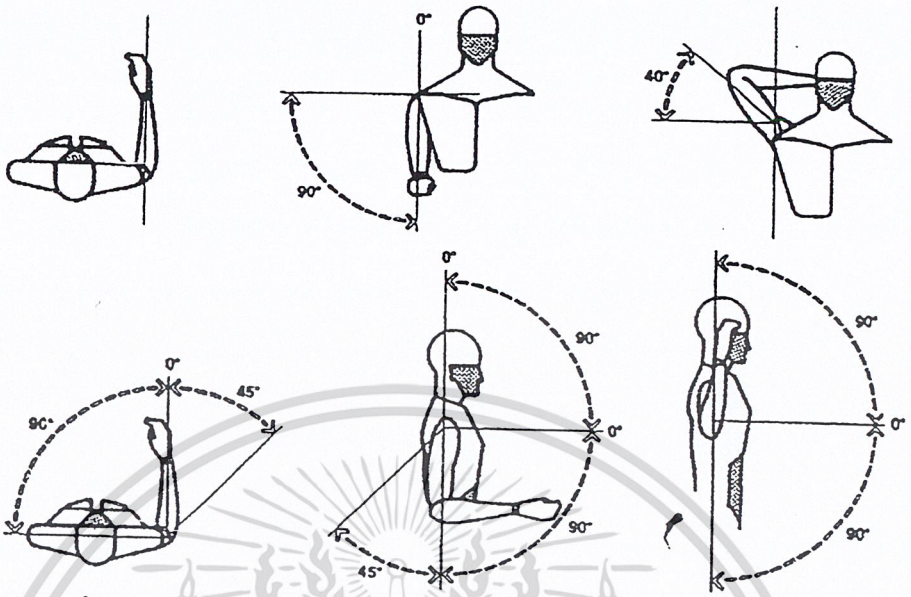
รูปที่ 2.34 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวช่วงคอ (Neck)

การเคลื่อนไหวกระดูกสันหลัง (Spine



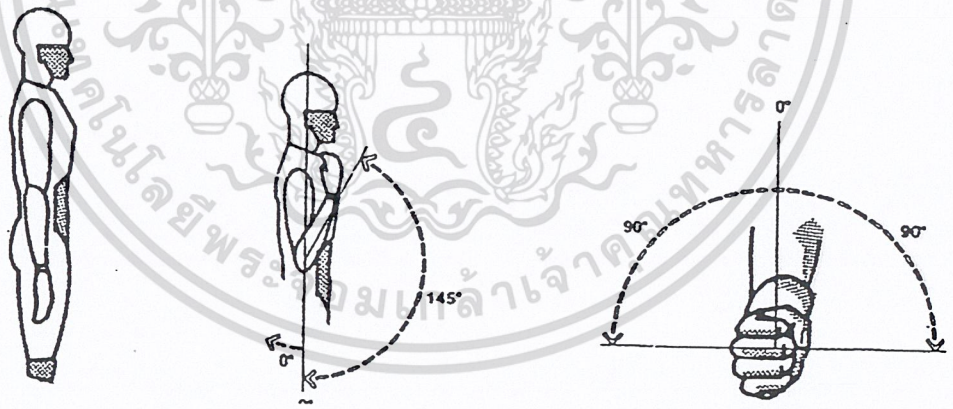
รูปที่ 2.35 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวกระดูกสันหลัง (Spine)

การเคลื่อนไหวส่วนไหล่ (Shoulder)



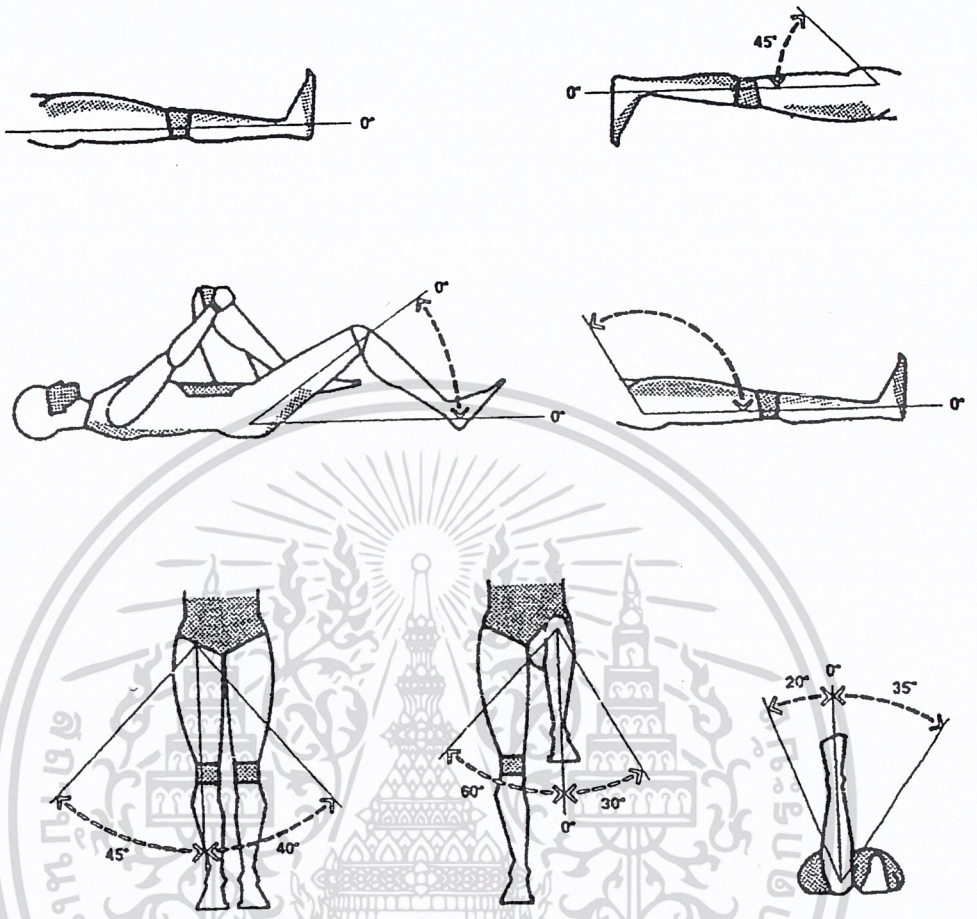
รูปที่ 2.36 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวส่วนไหล่ (Shoulder)

การเคลื่อนไหวข้อศอก (Elbow/Forearm)



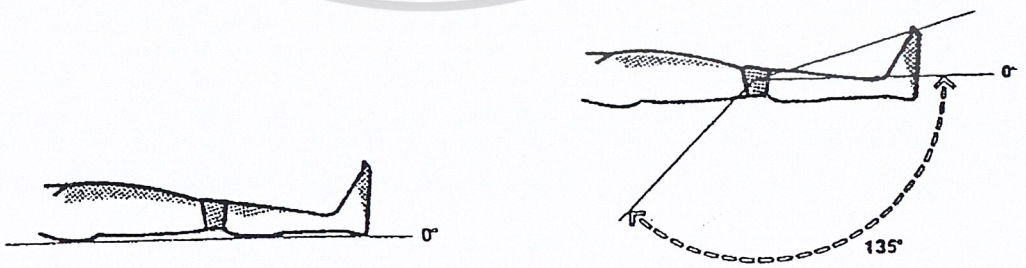
รูปที่ 2.37 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวข้อศอก (Elbow/Forearm)

การเคลื่อนไหวส่วนสะโพก (Hip)



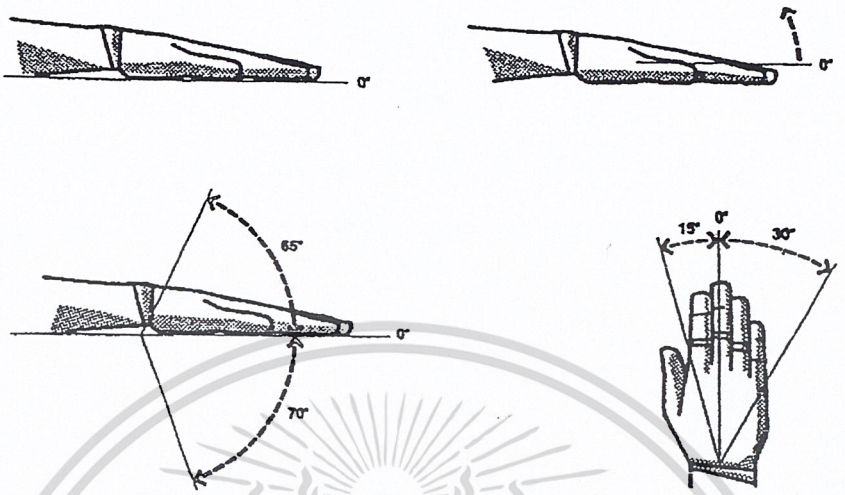
รูปที่ 2.38 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวส่วนสะโพก (Hip)

การเคลื่อนไหวส่วนเข่า (Knee)



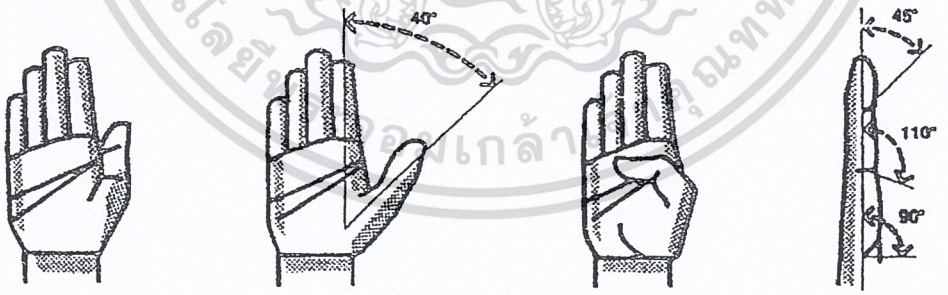
รูปที่ 2.39 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวส่วนเข่า (Knee)

การเคลื่อนไหวข้อมือ (Wrist)



รูปที่ 2.40 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวข้อมือ (Wrist)

การเคลื่อนไหวนิ้วมือ (Fingers)



รูปที่ 2.41 การแสดงภาพการเคลื่อนไหวนิ้วมือ (fingers)

2.5.4 ประโยชน์ของการออกแบบตามสัดส่วนร่างกายมนุษย์ (Ergonomic Design) ที่มีต่อระบบอุตสาหกรรม

1. การจัดระบบการทำงาน (Lay out of Work) ได้แก่ การจัดเวลาและขั้นตอนการทำงานเพื่อลดเวลาที่จะเสียไปและเพิ่มผลงาน

2. การผ่อนคลายความตึงเครียด (Repetition Injuries) การทำงานในระบบการผลิตจำนวนมากคนงานแต่ละคนจะทำงานอย่างเดียวซ้ำๆ ซากๆ เพื่อให้เกิดความอ่อนเพลียเมื่อยล้า เป็นสาเหตุให้เกิดอันตรายได้ง่าย ควรแก้โดยการเปลี่ยนแปลงงาน เพื่อผ่อนคลายความตึงเครียดของกล้ามเนื้อ

3. การขจัดความร้อน (Heat Stress) ในสถานที่ที่มีความร้อน ผู้ทำงานจะทำงานด้วยอารมณ์ที่ไม่เป็นสุข ไม่มีสมาธิ ควรแก้โดยใช้วัสดุกันความร้อน ใช้วัสดุสะท้อนความร้อน ระบบการระบายอากาศ เป็นต้น

4. การให้ความสว่าง (Factory and Office Lighting) ปริมาณและความร้อนของแสงมีผลต่อการทำงานมาก งานต่างชนิดกันมีความต้องการแสงแตกต่างกันไป การให้แสงโดยตรงกับแสงสะท้อนก็ควรนำไปใช้ให้เหมาะสมกับชนิดของงานด้วย

5. การลดเสียง (Noise) ในโรงงานอุตสาหกรรมหรือในสำนักงานย่อมมีเสียงรบกวนอันเกิดจากภายในหรือจากภายนอก ระบบการกำจุดเสียง เช่น การปลูกต้นไม้รอบโรงงาน เพื่อป้องกันเสียงจากภายนอก การแขวนแผ่นดูดเสียงในโรงงาน การใช้วัสดุเป็นรูพรุนหรืออ่อนนุ่มทำเป็นผนัง การใช้ผ้าม่านในสำนักงานจะช่วยลดเสียงรบกวนได้มาก

6. สัญญาณหรือเครื่องหมาย (Visual Information) เครื่องหมายบอกทิศทาง บอกสัญญาณต่างๆ อาจทำขึ้นในรูปเป็นตัวหนังสือใช้สี แสง หรือสัญลักษณ์ช่วยลดอุบัติเหตุในโรงงานได้มาก

7. ขนาดสัดส่วน (Anthropometrics) การรู้ขนาดสัดส่วนต่างๆ ของคนช่วยให้การออกแบบได้ผลตามความต้องการของผู้ใช้

8. สรีรศาสตร์ (Physiology) การศึกษาสรีรศาสตร์จะทำให้ทราบถึงขีดจำกัดความสามารถของอวัยวะส่วนต่างๆ เพื่อใช้ประกอบการออกแบบให้มีประโยชน์ใช้สอยดียิ่งขึ้น

สรุป สรีรศาสตร์ (Physiology) หมายถึง การศึกษาเกี่ยวกับหน้าที่ของอวัยวะต่างๆในร่างกายมนุษย์ ซึ่งมุ่งเน้นการศึกษาอวัยวะการรับสัมผัสที่ทำหน้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์โดยตรง เช่น ตา ผิวหนัง และหู เป็นต้น ซึ่งอวัยวะรับสัมผัสแต่ละส่วนมีหน้าที่และขีดความสามารถในการรับรู้ที่แตกต่างกันออกไป มนุษย์มีความสามารถในการรับรู้แตกต่างกัน เนื่องจากอายุ พันธุ์กรรม เพศ และโครงสร้างทางร่างกายตามชาติพันธุ์ ความบกพร่องของร่างกาย เช่น ความพิการต่างๆ สภาวะทางร่างกาย และความพร้อมของร่างกายขณะใช้ผลิตภัณฑ์ เช่น ความหิว ความเหนื่อย หรือความเจ็บป่วยและอุณหภูมิ ดั้งนั้นในหลักการใช้ข้อมูลสรีรศาสตร์เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ถูกต้องและเหมาะสมจะต้องพิจารณาข้อมูลสรีรศาสตร์ของมนุษย์ที่เป็นกลุ่มประชากรที่จะต้องใช้ผลิตภัณฑ์อย่างชัดเจนก่อนจึงจะสามารถออกแบบผลิตภัณฑ์อย่างสอดคล้องกับขีดจำกัดของอวัยวะรับสัมผัสของกลุ่มประชากร

2.6 วัสดุที่ใช้ทำแม่พิมพ์

2.6.1 วัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตแม่พิมพ์และเครื่องมือสำหรับงานแม่พิมพ์

คือ เหล็กโดยเหล็กที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์จะอยู่ในกลุ่มของเหล็กกล้าเครื่องมือ ซึ่งเหล็กกล้าเครื่องมือจัดเป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนและธาตุผสมอื่นๆในปริมาณสูง เพื่อให้มีความสามารถในการชุบแข็งสูงเหมาะสำหรับการปรับปรุงคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอ คุณสมบัติที่สำคัญของเหล็กกล้าเครื่องมือ ได้แก่

1. ความสามารถในการชุบแข็ง (Harden ability) คือคุณสมบัติที่เหล็กกล้าที่บ่งถึงความยากง่ายในการชุบแข็งและความลึกของเหล็กที่แข็งขึ้นจากการชุบแข็ง คุณสมบัตินี้จะขึ้นอยู่กับส่วนผสมทางเคมีและขนาดของเกรนของเหล็กกล้า โดยเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูง จะสามารถทำการชุบแข็งได้ง่ายด้วยลม แต่ถ้าเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งต่ำ การชุบแข็งด้วยลมจะไม่สามารถทำให้ได้เฟสมาร์เทนไซต์ จึงอาจต้องทำการชุบแข็งด้วยน้ำหรือของเหลวอื่น ซึ่งจะมีผลต่อการบิดตัวของชิ้นงานที่ทำการชุบ คุณสมบัตินี้เพิ่มขึ้นตามปริมาณธาตุผสม ดังนั้นการทำให้ได้ชิ้นงานที่มีความแข็งสูงตลอดชิ้น หรือสามารถชุบแข็งได้ลึก จึงควรเลือกใช้เหล็กกล้าที่มีธาตุผสมสูง โดยโคบอลต์เป็นเพียงธาตุเดียวที่ลดคุณสมบัตินี้

2. ความเหนียว (Toughness) คือ ความสามารถในการรับพลังงานของวัสดุก่อนที่จะเกิดการแตกหัก เหล็กกล้าเครื่องมือที่ถือว่ามีคุณสมบัติด้านความเหนียวที่ดี คือ กลุ่มที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ หรือปานกลาง คุณสมบัตินี้จำเป็นสำหรับการใช้งานในสภาวะที่ต้องรับแรงกระแทก

3. ความทนต่อการเสียดสี (Wear resistance) คือ ความสามารถทนต่อการถูกขัดสี ซึ่งรวมถึงการเสียดสีของคมตัดด้วย คุณสมบัตินี้จะเกี่ยวข้องกับความแข็งของเหล็ก และปริมาณคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย (คาร์ไบด์ที่ไม่สลายตัว เมื่อมีการใช้งานในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูง) โดยหากเหล็กกล้าเครื่องมือมีความแข็งสูงก็จะทนการเสียดสีได้ดี หรือหากมีคาร์ไบด์ที่ไม่ละลาย (แม้อุณหภูมิสูง) ก็จะทำให้ทนการเสียดสีได้ดีขึ้นเช่นกัน เนื่องจากคาร์ไบด์จะมีความแข็งสูง

4. การรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง (Red-hardness) เป็นคุณสมบัติที่จำเป็นสำหรับการใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือที่ต้องได้รับความร้อนจนมีอุณหภูมิสูงกว่า 480 °C โดยธาตุผสมที่ทำให้เกิดคาร์ไบด์ที่เสถียรจะช่วยปรับปรุงคุณสมบัตินี้ ซึ่งจะทำให้เหล็กกล้าเครื่องมือไม่อ่อนลง (ความแข็งลดลง) อันเนื่องมาจากผลของความร้อนในขณะใช้งานที่อุณหภูมิสูง หรือในขณะทำการอบคืนตัว (Tempering)

5. ความสามารถในการตัดเฉือน (Machinability) คือ ความสามารถของโลหะที่ถูกตัดเฉือน ตกแต่งได้ง่าย และมีผิวที่เรียบภายหลังการตัดเฉือน

6. ความต้านทานการสูญเสียคาร์บอน (Resistance to decarburization) การสูญเสียคาร์บอนซึ่งจะเกิดเมื่ออบเหล็กที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 °C (1300°F) เป็นผลให้ความแข็งที่ได้ภายหลังการ

ชุบแข็ง ต่ำลง เหล็กกล้าเครื่องมือที่มีคุณสมบัตินี้ต่ำจะต้องมีวิธีป้องกัน/ควบคุมบรรยากาศในการอบชุบความร้อนเพื่อไม่ให้ชิ้นงานสูญเสียคาร์บอนโดยเฉพาะที่ผิว สำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีคาร์บอนเป็นส่วนผสมหลักจะสามารถต้านทานการสูญเสียคาร์บอนได้ดี

7. การไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือขนาด (Non deformation properties) คุณสมบัตินี้สัมพันธ์กับความสามารถในการชุบแข็ง โดยทั่วไปเหล็กกล้าที่สามารถชุบแข็งได้ด้วยลมจะมีการบิดตัวน้อยที่สุด เหล็กกล้าที่ทำการชุบแข็งด้วยน้ำมันทำให้เกิดการบิดตัวปานกลาง และเหล็กกล้าที่ทำการชุบแข็งด้วยน้ำทำให้เกิดการบิดตัวสูงที่สุด ดังนั้นในการออกแบบเลือกเหล็กกล้าเครื่องมือจะต้องคำนึงถึงคุณสมบัติด้านนี้ด้วย

2.6.2 เหล็กกล้าเครื่องมือที่นำมาใช้ในการผลิตแม่พิมพ์และเครื่องมือ สามารถแบ่งออกได้ตามลักษณะการใช้งานได้ 6 ประเภทดังนี้

1. เหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ เป็นเหล็กกล้าคาร์บอน (Plain carbon) ที่ผสมคาร์บอน ตั้งแต่ 0.60-1.40% ดังนั้นคุณสมบัติด้านการชุบแข็ง หรือความลึกของผิวชุบแข็งจึงต่ำ และจำเป็นต้องชุบแข็งด้วยน้ำ ในบางเกรดอาจมีการผสมโครเมียมหรือวานาเดียมลงไปเล็กน้อยเพื่อเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และทนต่อการเสียดสี เหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีราคาถูกกว่ากลุ่มอื่น และมีจุดเด่น คือ สามารถกลึงไสเพื่อตกแต่งชิ้นงานได้ง่าย สูญเสียคาร์บอนที่ผิวยาก จุดด้อยของเหล็กกลุ่มนี้คือ การชุบแข็งด้วยน้ำอาจมีผลทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวได้ง่าย และไม่สามารถทนต่อความร้อนได้ จึงไม่สามารถใช้สำหรับงานตัดที่รุนแรงหรือใช้งานซ้ำๆ กันจนเกิดความร้อนได้ ดังนั้นโดยทั่วไปจึงไม่นิยมใช้งานกัน อาจมีการใช้งานบ้างสำหรับทำเครื่องมือตัดที่ใช้ความเร็วต่ำและตัดด้วยแรงเบาๆ เช่น ไม้ อะลูมิเนียม แม่พิมพ์สำหรับทุบขึ้นรูปเย็น (Cold heading) เป็นต้น ตัวอย่างการใช้งานของเหล็กกลุ่มนี้ เช่น W1 W2 และ W5

2. เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น (Cold work tool steels) เป็นกลุ่มที่ใช้ผลิตเครื่องมือสำหรับนำไปใช้ในงานแปรรูปโลหะที่ไม่ได้ให้ความร้อนก่อนการแปรรูป เช่น แม่พิมพ์ตัดแผ่นโลหะเย็น ใบมีดตัดกระดาษ คัดเตอร์ เป็นต้น คุณสมบัติสำคัญที่ต้องการสำหรับเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการกลึงไสดี เปลี่ยนแปลงขนาดน้อยหลังการชุบแข็ง (เนื่องจากการชุบแข็งจะทำโดยการชุบน้ำมันหรือให้เย็นตัวในอากาศ) ต้านทานการสึกหรอสูง และมีความเหนียวทนแรงอัดกระแทกได้ดี เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็น สามารถจำแนกออกได้เป็น

2.1 เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยน้ำมัน เป็นกลุ่มที่มีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอสูง และมีความแข็งสูง ซึ่งเป็นผลมาจากมีปริมาณคาร์บอนสูง และคาร์ไบด์ขนาดเล็กที่มีอยู่อย่างกระจัดกระจาย ธาตุผสมเพียงเล็กน้อยของโครเมียม โมลิบดินั่ม และทังสเตน ทำให้สามารถชุบแข็งได้ด้วยน้ำมัน ซึ่งมีข้อดีกว่าเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ เนื่องจากการชุบแข็งด้วย

น้ำมันจะทำให้ชิ้นงานบิดตัว และมีโอกาสแตกน้อยกว่าการชุบแข็งด้วยน้ำอย่างมาก ตัวอย่างการใช้งานเหล็กกล้ากลุ่มนี้ ได้แก่ เครื่องทำเกลียวใน (Taps) ดอกคว้าน (Reamers) ใบตัด (Circular cutters) มีดแทงขึ้นรูป (Broaches) ดอกเจาะ (Drills) แม่พิมพ์เจาะรู (Blanking dies) หัวกด (Punches) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Forming dies) แม่พิมพ์สำหรับงานตัดขอบเย็น (Cold-trimming dies) ใบมีดตัดขนาดเล็ก (Small shear blades) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (Deep draw dies) รวมถึงแม่พิมพ์สำหรับพลาสติกหรือยาง เป็นต้น

โดยทั่วไปเกรดที่มีการใช้งานกันมาก ได้แก่ O1 เนื่องจากมีความสามารถในการชุบแข็งสูง และเกรนขยายตัวช้าที่อุณหภูมิสูง นอกจากนี้ยังมีความเหนียวเหนือกว่าเกรดอื่นๆ เล็กน้อย สำหรับเกรด O6 จะมีคุณสมบัติกลึงไสที่ดีในสภาพการอบอ่อน เนื่องจากมีการฟอร์มตัวของเกล็ดกราไฟต์ แต่คุณสมบัติการรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงยังต่ำพอๆ กับเหล็กกล้าเครื่องมือชุบแข็งด้วยน้ำ สำหรับการใช้ในงานที่ต้องการอายุการใช้งานที่นานขึ้นอาจใช้เกรด O7 ซึ่งมีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอสูงที่สุด

2.2 เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยลม เป็นกลุ่มที่มีธาตุผสมมากกว่าเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทชุบด้วยน้ำมัน โดยมีปริมาณคาร์บอนสูงและธาตุผสมสูงปานกลาง ซึ่งจากปริมาณธาตุผสมที่สูงทำให้เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้มีความสามารถในการชุบแข็งสูงซึ่งเพียงพอที่จะชุบแข็งให้ได้โครงสร้างมาร์เทนไซต์ด้วยลม การเย็นตัวในอัตราที่ต่ำจะทำให้ชิ้นงานบิดเบี้ยวน้อย ลดโอกาสที่ชิ้นงานจะแตกได้ และมีคุณสมบัติการไม่เปลี่ยนรูปร่างหรือขนาดได้เยี่ยมมากในระหว่างการอบชุบความร้อน นอกจากนี้ปริมาณคาร์ไบด์จำนวนมากทำให้มีคุณสมบัติทนต่อการเสียดสีที่ดี อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะมีธาตุผสมที่สูง แต่ก็ยังไม่เพียงพอที่จะทำให้เหล็กกล้ากลุ่มนี้มีคุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงได้สูงพอที่จะใช้กับงานร้อน หรืองานตัดความเร็วสูง ดังนั้นส่วนใหญ่เหล็กกลุ่มนี้จึงเหมาะกับงานเย็นเท่านั้น การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้สามารถใช้งานได้ประเภทเดียวกับกลุ่มที่ชุบด้วยน้ำมัน แต่คุณสมบัติที่เหนือกว่า คือ ความสามารถในการชุบแข็งซึ่งจะมีข้อได้เปรียบด้านการบิดเบี้ยวของชิ้นงานที่น้อยกว่า และเพิ่มความปลอดภัยในระหว่างการชุบแข็ง เกรดที่นิยมใช้งานกันมาก ได้แก่ A2 สำหรับเกรดอื่นที่มีการใช้งานอยู่บ้าง ได้แก่ A6 A8 และ A10 (มีกราไฟต์อิสระในโครงสร้าง เพื่อเพิ่มความสามารถในการกลึงไส)

2.3 เหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นประเภทคาร์บอนสูงและโครเมียมสูง เป็นกลุ่มที่มีการใช้งานกันมากที่สุดในกลุ่มเหล็กกล้าเครื่องมือเย็น ธาตุผสมหลัก คือ คาร์บอน โครเมียม และโมลิบดินั่ม โดยมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอ และการเสียดสีที่ดีเยี่ยม ทำให้สามารถรักษาคมตัดไว้ได้นาน ซึ่งเป็นผลมาจากการมีปริมาณคาร์ไบด์ในระดับสูง และโครงสร้างเทมเปอร์มาร์เทนไซต์ภายหลังการชุบแข็งและอบคืนตัว (Tempering) อย่างไรก็ตามข้อจำกัดประการสำคัญของเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการกลึงไสที่ต่ำมาก และมีความเหนียวที่ลดต่ำลงเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าเครื่องมืองานเย็นในกลุ่มอื่น

การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้สามารถใช้กับงานเย็นได้ทุกประเภท เช่น แม่พิมพ์เจาะรู (Blanking dies) ใบมีดตัด (Slitting cutters) แม่พิมพ์ขึ้นรูป (Forming dies) แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (Deep

draw die) แม่พิมพ์ดึงลวด (Wire draw dies) แม่พิมพ์อัดขึ้นรูปเย็น (Cold-extrusion dies) ลูกรีดสำหรับดัดโค้งและขึ้นรูป (Bending and forming rolls) ใบมีด (Shear blades) ชิ้นส่วนต่างๆ ที่ทนต่อการสึกหรอ เป็นต้น โดยส่วนใหญ่นิยมใช้งานสำหรับงานแม่พิมพ์และหัวกดของงานขึ้นรูปเย็น งานเจาะรู (Blanking) เหล็กเกรด D2 จะหาซื้อได้ง่ายและมีการใช้งานมาก สำหรับการใช้งานที่ต้องการอายุยาวนานขึ้นอาจเลือกใช้กลุ่มที่มีคาร์บอนสูงกว่า ได้แก่ D3 D4 และ D7 ซึ่งจะมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่า D2 แต่จะมีข้อจำกัด คือ การกลึงไสทำได้ยากขึ้น

2.6.3 เหล็กกล้าเครื่องมือทนต่อแรงกระแทก (Shock resisting tool steels) เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือ ที่พัฒนาให้มีความเหนียว ความแข็งแรง และความต้านทานการสึกหรอสูง เพื่อใช้สำหรับงานที่ต้องรับแรงกระแทกซ้ำๆกัน เช่น สิ่ว (Chisel) หัวกด (Punch) และแม่พิมพ์โลหะ (die) เป็นต้น โดยความเหนียวสูงเป็นผลจากปริมาณคาร์บอนในระดับปานกลาง และทำให้ภายหลังการอบความร้อนที่เป็นโครงสร้างมาร์เทนไซต์ และมีคาร์ไบด์ละเอียดที่กระจัดกระจาย นอกจากนี้ธาตุแมงกานีส โครเมียม โมลิบดินั่ม จะช่วยเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และช่วยให้คงความแข็งไว้ได้ดีในขณะอบคืนตัว (Tempering) ซิลิกอนจะเพิ่มความแข็งให้กับเฟอไรท์ และช่วยให้คงความแข็งไว้ได้ดีในขณะอบคืนตัวด้วย แต่ข้อเสียของเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้เป็นผลจากปริมาณซิลิกอน ซึ่งจะเร่งให้เกิดการสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ง่าย ทำให้ความต้านทานต่อการสึกหรอ และความต้านทานต่อความล้าต่ำลง ดังนั้นในการอบชุบความร้อนจะต้องระวังเรื่องนี้ให้มาก เกรดที่นิยมใช้งาน เช่น S1 S2 S5 และ S7 โดย S1 เป็นเกรดที่นิยมใช้งานมาก เพราะจะมีส่วนผสมของทังสเตนด้วย ซึ่งจะเพิ่มคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอ เพิ่มความเหนียว และเพิ่มความสามารถในการรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงให้ดีกว่าเกรด S อื่นๆ จึงสามารถใช้ในงานที่ต้องทนต่อความร้อนได้ การใช้งาน เช่น สิ่ว ใบมีดตัดแม่พิมพ์ขึ้นรูป ดอกเจาะหิน เป็นต้น

2.6.4 เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อน (Hot work tool steels) ในงานบางประเภทที่ต้องใช้อาศัยอุณหภูมิสูงในการแปรรูป เช่น งานตีขึ้นรูปร้อน (Hot forging) งานฉีดหล่อ (Die casting) งานรีดร้อน (Hot extrusion) งานตัดร้อน (Hot shear blade) งานอัดร้อน (Hot press) สิ่งสำคัญ คือ เหล็กกล้าเครื่องมือจะต้องรักษาคุณสมบัติความแข็งที่อุณหภูมิสูงได้ดี (Red hardness) ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal shock) ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง และมีความเหนียวที่ดี ธาตุผสมที่จะทำให้ได้คุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ โครเมียม โมลิบดินั่ม และทังสเตน ซึ่งผลรวมของธาตุเหล่านี้จะต้องมีปริมาณอย่างน้อย 5% เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีการใช้งาน สามารถจำแนกออกได้เป็น

1. เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก จะมีโครเมียมตั้งแต่ 3.25% ขึ้นไป และธาตุผสมอื่นอีกเล็กน้อย เช่น วานาเดียม ทังสเตน โมลิบดินั่ม ปริมาณคาร์บอนปานกลางจะช่วยส่งเสริมให้มีคุณสมบัติความเหนียวที่ดี คาร์ไบด์ของโครเมียมและธาตุผสมอื่นที่กระจัดกระจาย ละเอียดและขยายตัวช้าในขณะใช้งาน ทำให้ได้คงความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง ซึ่งคุณสมบัติที่ดี

เหล่านี้ทำให้เหมาะสำหรับใช้ในงานตีขึ้นรูปร้อน และงานฉีดหล่อ (Die casting) นอกจากนี้ยังสามารถชุบแข็งได้ด้วยลมแม้ชิ้นงานจะมีขนาดใหญ่ก็ตาม เหล็กกล้ากลุ่มนี้เป็นกลุ่มที่นิยมใช้งานกันมากที่สุด

2. เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีทังสเตนเป็นส่วนผสมหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้จะต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่ากลุ่มที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก การใช้งาน เช่น แมนเดรลสำหรับแม่พิมพ์งานอัดขึ้นรูปทองเหลือง โลหะนิเกิลผสม และเหล็กกล้าสำหรับเกรดที่มีการใช้งาน คือ H21 อย่างไรก็ตาม เหล็กเกรดนี้มีความเหนียวที่อุณหภูมิห้องจะต่ำกว่ากลุ่มที่มีโครเมียมเป็นส่วนผสมหลัก และจะมีราคาแพง เนื่องจากทังสเตนเป็นส่วนผสมที่มีราคาสูง การใช้งานจึงไม่นิยมใช้ โดยจะสามารถเลือกใช้เป็นกลุ่มที่ผสมโมลิบดินั่มแทน ซึ่งจะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกัน

3. เหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนที่มีโมลิบดินั่มเป็นส่วนผสมหลัก เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มที่มีทังสเตนเป็นส่วนผสมหลัก จึงทำให้กลุ่มมีข้อได้เปรียบมากกว่าทั้งในด้านราคาที่ถูกกว่า และความต้านทานต่อการแตกร้าว (Heat cracking) ในขณะใช้งานลักษณะร้อนเย็นสลับกัน แต่ข้อควรระวัง คือ ในการอบชุบจะสูญเสียคาร์บอนที่ผิวได้ง่าย จึงต้องใช้เตาที่ควบคุมบรรยากาศ เกรด

2.6.5 เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูง (High speed tool steels) เป็นเหล็กกล้าเครื่องมือที่มีจุดมุ่งหมายหลัก สำหรับใช้เป็นวัสดุในการตัดโลหะด้วยความเร็วสูง เช่น ใบเลื่อย (Saws) ใบตัด (Milling cutters) เป็นต้น คุณสมบัติสำคัญของเหล็กกล้ากลุ่มนี้ คือ ความสามารถในการรักษาความแข็งของคมตัดที่อุณหภูมิสูงกว่าปกติไว้ได้ (ความแข็งของคมตัดยังคงสภาพเดิม แม้จะเกิดความร้อนจนร้อนจัดเป็นสีแดง) ซึ่งเหล็กกล้าเครื่องมืองานร้อนจะรักษาความแข็งไว้ไม่ได้ เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีการใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม คือ

1. เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีทังสเตนเป็นส่วนผสมหลัก ปริมาณทังสเตนที่สูงมาก (12-20%) จะเพิ่มคุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ปริมาณคาร์บอนกับธาตุผสมที่สูงมีผลทำให้ความสามารถในการชุบแข็งสูง และมีปริมาณคาร์ไบด์ที่มีเสถียรภาพสูง (ไม่สลายตัวที่อุณหภูมิสูง) ซึ่งจะมีผลทำให้ต้านทานการสึกหรอดีเยี่ยม นอกจากนี้ส่วนผสมของวานาเดียมซึ่งฟอร์มตัวเป็นคาร์ไบด์ที่มีเสถียรภาพสูงและกระจายตัว จะช่วยป้องกันการขยายตัวของเกรนได้ในช่วงที่อุณหภูมิสูง และทำให้เกรนมีความละเอียดซึ่งส่งผลถึงความเหนียวของเหล็กด้วย เกรดที่นิยมใช้งาน คือ T1

2. เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีโมลิบดินั่มเป็นส่วนผสมหลัก เป็นกลุ่มที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับเหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงที่มีทังสเตนเป็นส่วนผสมหลัก เนื่องจากโมลิบดินั่มส่งผลให้คุณสมบัติคล้ายคลึงกับการผสมทังสเตน โดยพบว่าคุณสมบัติที่สำคัญ เช่น

ความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง การทนต่อการเสียดสี หรือความเหนียวจะใกล้เคียงกัน โดยโมลิบดินั่ม 1% จะแทนทังสเตนประมาณ 1.6-2.0% สำหรับข้อแตกต่างมีเพียงเล็กน้อย คือ กลุ่มที่ผสมโมลิบดินั่มจะต้องระวังการสูญเสียคาร์บอนในการอบชุบ เนื่องจากทังสเตนมีราคาสูงกว่าโมลิบดินั่มมาก ปัจจุบันการใช้งานส่วนใหญ่จึงนิยมกลุ่มที่ผสมโมลิบดินั่ม เกรดที่นิยมใช้งาน เช่น M2 M4 และ M42

นอกจากนี้ยังได้มีการพัฒนาเติมธาตุโคบอลต์มากกว่า 10% เพื่อให้ได้คุณสมบัติความสามารถรักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูงได้ดีกว่า 2 กลุ่มแรก ทำให้ได้เหล็กกล้าเครื่องมือความเร็วสูงประเภทซุปเปอร์ (Super high speed tool steels) แต่สิ่งที่ต้องระวัง คือ การสูญเสียคาร์บอนในระหว่างการอบชุบและการสั่นและกระแทกแรงๆ เนื่องจากเป็นเกรดที่เปราะมาก

2.6.6 เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติก (Plastic mold steels) เหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มนี้ส่วนใหญ่จะใช้งานที่ช่วงอุณหภูมิ 175-200°C ภายใต้ความดันสูง มีการกัดกร่อนจากสารเคมี และต้องรับแรงเสียดสีกับผงพลาสติกด้วย ดังนั้นคุณสมบัติสำคัญจะต่างไปจากเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มอื่น โดยมีปัจจัยที่ต้องพิจารณาถึงได้แก่ ความสามารถในการกลึงไส ความต้านทานแรงอัด ความแข็งที่ผิวสูง ความแข็งแรงที่แกนสูง ความแน่นอนของขนาดภายหลังการชุบแข็ง ความสามารถในการขัดผิวให้เรียบ ความต้านทานการกัดกร่อนที่ผิว ซึ่งจากคุณสมบัติข้างต้นหากนำเหล็กกล้าเครื่องมือกลุ่มทำงานเย็นหรือทำงานร้อนมาใช้ก็อาจจะไม่ได้ผลดีเท่ากับการใช้งานเหล็กกล้าที่ใช้งานเฉพาะสำหรับกลุ่มนี้เท่านั้น อย่างไรก็ตาม เหล็กกล้ากลุ่มนี้สามารถใช้ผลิตแม่พิมพ์งานหล่อแบบฉีดสำหรับโลหะผสมที่มีอุณหภูมิจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น สังกะสี และตะกั่วได้เช่นกัน เหล็กกล้าแม่พิมพ์ที่มีการใช้งานสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติกกลุ่ม Pre-hardened steels เป็นกลุ่มที่มีคาร์บอนระดับ 0.20-0.30% มีโครเมียม นิเกิล และโมลิบดินั่มผสมในระดับปานกลาง เหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีคุณสมบัติการกลึงไสดีมาก โดยในการผลิตแม่พิมพ์จะนำเหล็กมาชุบแข็งก่อนการเจาะหรือตัดให้เป็นช่องว่าง และภายหลังทำเป็นแม่พิมพ์แล้วก็ไม่จำเป็นต้องชุบแข็งอีกสามารถใช้งานได้เลย หรืออาจทำการชุบแข็งผิวด้วยวิธีคาร์บูไรซิ่งเพื่อเพิ่มความแข็ง และการต้านทานต่อการสึกหรอ เกรดที่มีนิยมนำมาใช้งาน ได้แก่ P20 ซึ่งเป็นเกรดที่มีธาตุผสมต่ำ ทำให้การใช้งานมีข้อจำกัดสำหรับชิ้นงานขนาดใหญ่ P20 ยังเหมาะสมสำหรับนำไปใช้ทำแม่พิมพ์งานฉีดหล่อ (Die casting) โลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ เช่น สังกะสี ตะกั่ว และดีบุก อีกเกรดที่นิยม ได้แก่ P21 ซึ่งผสมนิเกิล และอะลูมิเนียม ทำให้ในระหว่างการอบชุบความร้อนจะเกิดการตกตะกอนของสารประกอบนิเกิล-อะลูมิเนียมที่ช่วยเพิ่มความแข็งให้กับโครงสร้างชิ้นงานได้ ดังนั้นเกรดนี้จึงมีคุณสมบัติทนต่อการสึกหรอ และมีความเหนียวมากกว่า P20 ที่ความแข็งเดียวกัน สำหรับการชุบแข็งผิวเหล็กกล้าเกรดนี้จะไม่สามารถทำได้ด้วยวิธีคาร์บูไรซิ่ง แต่จะใช้วิธีไนตรายดิ้งแทน

2. เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติกกลุ่ม Case hardening steels เป็นกลุ่มที่มีคาร์บอนต่ำระดับ 0.07-0.10% ดังนั้นจึงมีคุณสมบัติที่เหมาะสมต่อการผลิตแม่พิมพ์ด้วยการกัด โดยการผลิตจะนำเหล็กกล้ามาทำการอบอ่อนก่อนการกัด แล้วจึงนำไปชุบผิวแข็ง ซึ่งอาจทำด้วยกระบวนการคาร์บูไรซิ่ง หรือไนตรายดิ้ง (เนื่องจากเหล็กกลุ่มนี้ไม่สามารถทำการชุบแข็งได้) สุดท้ายจึงนำไปขัดผิวให้เรียบหรืออาจนำไปเคลือบผิวด้วยโครเมียมแข็งเพื่อเพิ่มคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน เกรดที่นิยมใช้ได้แก่ P4 และ P6

3. เหล็กกล้าเครื่องมือสำหรับทำแม่พิมพ์พลาสติกที่ทนการกัดกร่อนสูง ในการใช้งานแม่พิมพ์ที่ต้องการคุณสมบัติทนต่อการกัดกร่อนสูงสามารถทำได้โดยการชุบผิวด้วยโครเมียม แต่ก็จะมีปัญหาที่เกิดจากการแตกร่อนของชั้นเคลือบเมื่อนำไปใช้งาน ดังนั้นจึงมีการใช้เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดมาร์เทนซิติกเช่น เกรด 420 440C เป็นต้น โดยจะใช้ในสภาวะที่ต้องการคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนสูง เช่น การฉีดพลาสติกในกลุ่มพีวีซี อะซิเตท (ซึ่งอาจทำให้เกิด HCl ในระหว่างกระบวนการฉีดพลาสติก) หรือการงานที่มีความชื้นสูง หรือต้องการผิวงานที่สวยงาม โดยเหล็กกล้ากลุ่มนี้จะมีความสามารถในการชุบแข็งสูง ต้านทานการกัดกร่อนได้ดีเยี่ยม ต้านทานการเกิดออกซิเดชั่นที่อุณหภูมิสูง และมีคุณสมบัติคงรูปจากการอบชุบความร้อนได้ดี นอกจากนี้ยังมีการใช้งานสำหรับทำแม่พิมพ์ฉีดแก้วด้วย เช่น แผ่นกระจกบนทีวี และคอมพิวเตอร์ ซึ่งในกระบวนการผลิตแก้วจะต้องการแม่พิมพ์ที่ต้านทานต่อการสึกหรอสูง ต้านทานต่อการเกิดสเกลที่อุณหภูมิสูง ความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง และความสามารถในการขัดผิวให้เรียบได้

สรุป การออกแบบเลือกวัสดุ เป็นการเลือกวัสดุโดยคำนึงถึงความแข็งแรง และราคา ในส่วนที่มีการสัมผัสโลหะชิ้นงานด้วยกัน แม่พิมพ์ตัวบน(Punch)และแม่พิมพ์ส่วนล่าง(Die)ที่ทำการรับการอัด (Compression) ใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือชิ้นส่วน เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม,พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทานการเสียดสีสูง บริเวณที่ต้องการความแข็งแรงจะเลือกใช้วัสดุที่เป็นเหล็กโครงสร้างโดยใช้เหล็ก SS400 (JIS) ที่ใช้ผลิตเครื่องพับโลหะเพื่อให้น้ำหนักเบา

ตารางที่ 2.11 การใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือ

กระบวนการ	คุณสมบัติที่ต้องการ
งานฉีดหล่อ (Die casting)	รักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal shock) ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง การบิดเบี้ยวต่ำ ความสามารถในการกลึงไสสูง ความแน่นอนของขนาดภายหลังการชุบแข็ง
แม่พิมพ์สำหรับพลาสติกและยาง (Plastic mould and Rubber mould)	ความต้านทานแรงอัด ความแข็งที่ผิวสูง ความแข็งแรงที่แกนสูง ความสามารถในการกลึงไส ความแน่นอนของขนาดภายหลังการชุบแข็ง ความสามารถในการขัดผิวให้เรียบ ความต้านทานการกัดกร่อนที่ผิว (เฉพาะกรณีที่ใช้งานในสภาวะที่มีกัดกร่อนสูง)
งานตีขึ้นรูปร้อน (Hot forging)	ความเหนียว รักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal shock) ทนการสึกหรอ
งานรีดขึ้นรูปร้อน (Hot extrusion)	ความเหนียว รักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal shock) ทนการสึกหรอ
งานทุบหัวเย็น (Cold heading)	ความเหนียว ความแข็ง ทนการสึกหรอ รักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง จากการแปรรูป ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง
หัวกดรีดขึ้นรูปเย็น (Cold extrusion punch)	ความแข็ง ทนการสึกหรอ ทนการเสียดสี รักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง (ถ้ามีการใช้งานที่อุณหภูมิสูง) ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูงจากการแปรรูป
แม่พิมพ์รีดขึ้นรูปเย็น (Cold extrusion die)	ความเหนียว ทนการสึกหรอ
งานตัดโลหะร้อน (Hot shearing)	ความเหนียว สามารถรักษาคมตัดได้ดี รักษาความแข็งไว้ได้ที่อุณหภูมิสูง ต้านทานต่อการอ่อนตัวที่อุณหภูมิสูง สามารถรับแรงกระแทกซ้ำๆ ได้ ทนการสึกหรอ ต้านทานต่อการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิ (Thermal shock)
งานตัดโลหะเย็น (Cold shearing)	ความแข็ง ความเหนียว สามารถรักษาคมตัดได้ดี สามารถรับแรงกระแทกซ้ำๆ ได้
แม่พิมพ์ดึงขึ้นรูปลึก (Deep draw die)	ความแข็ง ความเหนียว ทนต่อการสึกหรอ

2.7 ระบบไฮโดรลิค

คำว่า Hydraulic มาจากคำในภาษา กรีก 2 คือ hydro หมายถึงน้ำ และ Aulis ซึ่งหมายถึงท่อ (pipe) เดิมคำว่า hydraulic จึงหมายถึงเฉพาะการไหลของน้ำในท่อเท่านั้น แต่ปัจจุบันคำนี้หมายถึงการไหลของของเหลวทุกชนิดที่ใช้ในระบบเพื่อเป็นตัวกลางการถ่ายทอดกำลังงานในการเปลี่ยนแปลงกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล คือ ทำให้กระบอกสูบไฮโดรลิค ทำงาน ตัวอย่างงาน เช่น ระบบเบรกในรถยนต์ แม่แรงไฮโดรลิค ทำงาน เครื่องอัด เกียร์อัตโนมัติ เครน กว้าน รถแทรกเตอร์ และเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ ระบบไฮโดรลิคทำงานจะต้องมีอุปกรณ์พื้นฐานในการทำงานดังนี้

1. อุปกรณ์เก็บและปรับปรุงคุณภาพน้ำมันไฮโดรลิค ทำงาน (storage and treatment component) ทำหน้าที่เป็นที่พักของน้ำมันขจัดสิ่งสกปรก ขจัดฟองอากาศ และระบายความร้อนของน้ำมันไฮโดรลิคทำงานประกอบด้วยถังพักน้ำมันไฮโดรลิคทำงาน ไส้กรองน้ำมันไฮโดรลิคทำงาน และอุปกรณ์ประกอบอื่นๆที่ใช้กับถังพักน้ำมัน

2. อุปกรณ์สร้างการไหล (transferring component) ทำหน้าที่สร้างอัตราการไหลประกอบด้วยปั๊มไฮโดรลิค ทำงานชนิดต่างๆ

3. อุปกรณ์ควบคุมการทำงาน (controlling component) หมายถึงวาล์วควบคุมชนิดต่างๆ ในระบบไฮโดรลิคทำงาน เช่น วาล์วควบคุมทิศทางการไหลใช้ควบคุมทิศทางการเคลื่อนที่ของก้านสูบ วาล์วควบคุมอัตราการไหลใช้จำกัดปริมาณน้ำมันที่เข้าลูกสูบเพื่อควบคุมความรวดเร็วของก้านสูบ วาล์วควบคุมความดันใช้ควบคุมความดันในระบบ

4. อุปกรณ์การทำงาน (actuator or working component) ทำหน้าที่เปลี่ยนกำลังงานของไหลให้เป็นกำลังงานกล เช่น กระบอกสูบไฮโดรลิคทำงาน

5. อุปกรณ์ในระบบท่อทาง (piping system) ทำหน้าที่เป็นท่อทางการไหลของน้ำมันไฮโดรลิคทำงานในระบบ ประกอบด้วยแป๊ป (pipe) ท่อ (tube) สายน้ำไฮโดรลิคทำงาน (hoses) ข้องอ (bending) และข้อต่อชนิดต่างๆ (fittings)

6. อุปกรณ์ต้นกำลังไฮโดรลิคทำงาน ทำหน้าที่เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนปั๊มน้ำมันไฮโดรลิคทำงาน เพื่อส่งจ่ายให้แก่ระบบไฮโดรลิคทำงาน ประกอบด้วยเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้า

2.7.1 ประเภทของระบบไฮโดรลิค

แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. ระบบวงจรเปิด (Open-Center System)
2. ระบบวงจรปิด (Closed-Center System)

2.7.2 ระบบวงจรเปิด (Open-Center System)

ระบบวงจรเปิดเป็นระบบที่แกนของวาล์วควบคุมเปิดตรงกลางเพื่อให้น้ำมันจากปั๊มไหลผ่านวาล์วกลับถังได้ หรืออีกนัยหนึ่งระบบวงจรเปิดเป็นระบบที่ปั๊มทำงานคงที่และจะต้องมีทางให้น้ำมันไหลกลับถังได้เมื่อไม่ต้องการใช้งานในกรณีที่ต้องการทำงานหลายๆ หน้าที่พร้อมกันระบบวงจรเปิดอาจจะถูกต่อได้ดังนี้

1. ระบบวงจรเปิดแบบอนุกรม (Open-center System with Series Connection)
2. ระบบวงจรเปิดแบบอนุกรม-ขนาน (Open-center System withSeries Paralel Connection)
3. ระบบวงจรเปิดแบบแบ่ง (Open-Center System with Flow Divider)

2.7.3 ระบบวงจรปิด (Closed-Center System)

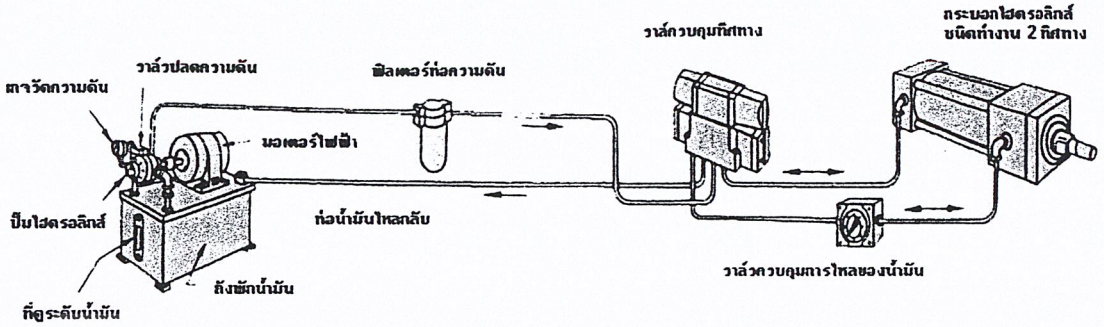
ระบบวงจรปิดเป็นระบบที่แกนของวาล์วควบคุมปิดตรงกลางเมื่อวาล์วอยู่ในตำแหน่งว่างน้ำมันไม่สามารถไหลกลับถังโดยผ่านวาล์วได้ ระบบนี้เปิดโอกาสให้ปั๊มหยุดพักได้ กล่าวคือปั๊มไม่ต้องทำงานเมื่อไม่มีการใช้งานในระบบ

2.7.4 อุปกรณ์ต่างๆ ในระบบไฮโดรลิค

1. ข้อต่อท่อ (tube fitting) ใช้เชื่อมต่อท่อไฮโดรลิค และเชื่อมต่อระหว่างอุปกรณ์กับท่อมีหลายประเภทในการเลือกใช้ จึงต้องพิจารณาความดันที่ปลอดภัยในการทำงานซึ่งจะทราบได้จากบริษัทผู้ผลิต
2. สายไฮโดรลิค (Flexible Hoses) เป็นส่วนประกอบในระบบท่อทางที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีประโยชน์หลายประการคือ
    1. ป้องกันเสียงดังและการสั่นสะเทือน
    2. เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่างท่อทางกับอุปกรณ์ทั้งที่เคลื่อนไหวและไม่เคลื่อนไหว
    3. ใช้เป็นตัวเชื่อมต่อระหว่าง แป๊ป และท่อในบริเวณที่มีเนื้อที่จำกัด
    4. ใช้เป็นข้อต่อแบบชั่วคราวได้

ถึงแม้ว่าสายไฮโดรลิคจะมีประโยชน์หลายอย่างดังกล่าวแต่ก็มีข้อจำกัดในการใช้ กล่าวคือไม่ค่อยมีความทนทานเนื่องจากการทำด้วยยางจึงเก่าและชำรุดง่าย

อุปกรณ์พื้นฐานของระบบไฮโดรลิค



รูปที่ 2.42 ระบบไฮโดรลิค

2.7.5 วาล์วควบคุมระบบไฮโดรลิค

วาล์วเป็นอุปกรณ์ควบคุมการไหลของน้ำมันไฮโดรลิคในท่อภายใต้ความดันให้เป็นไปตามสภาพงานที่ต้องการทำงานด้วยวงจรไฮโดรลิค เช่น ใช้ควบคุมให้อุปกรณ์การทำงานเริ่มทำงาน หยุดทำงานและให้เคลื่อนที่ด้วยความเร็วตามที่ต้องการโดยควบคุมอัตราการไหลและให้วงจรทำงานได้ตามสภาพงานด้วยการควบคุมความดัน ซึ่งสามารถแบ่งวาล์วควบคุมชนิดต่างๆ ที่ใช้ในระบบไฮโดรลิค ตามหน้าที่การทำงานได้ 3กลุ่มคือ

1. วาล์วควบคุมทิศทาง
2. วาล์วควบคุมความดัน
3. วาล์วควบคุมการไหล

ก่อนที่จะอธิบายถึงลักษณะ หน้าที่และการทำงานของวาล์วประเภทต่างๆ ขอกล่าวถึงสัญลักษณ์ที่ใช้เขียนแทนอุปกรณ์วาล์วประเภทต่างๆ และสัญลักษณ์รูอุปกรณ์เพื่อแสดงตำแหน่ง และทิศทางของวาล์วในวงจรดังนี้

2.7.6 ปั๊มไฮโดรลิค

ปั๊ม คือ อุปกรณ์สร้างการไหล (Flow) เมื่อการไหลถูกกีดขวางทำให้เกิดความดัน ถ้าการกีดขวางการไหลมากก็เกิดความดันมาก ทำนองเดียวกัน ถ้าสิ่งกีดขวางการไหลน้อยก็เกิดความดันน้อย เมื่อปั๊มดูดน้ำมันจากถังน้ำมันจะส่งเข้าไปในระบบโดยผ่านอุปกรณ์ต่างๆ ของระบบ เช่น วาล์วควบคุมทิศทาง(Directional Control Value) และที่จุดนี้ น้ำมันสามารถไหลกลับลงถังน้ำมันหรือไหลเข้าไปในระบบได้ ถ้าให้น้ำมันไหลเข้าไปในระบบเพื่อนำไปใช้งานนั้น จะทำให้น้ำมันมีความดันเพิ่มสูงขึ้น

(ขึ้นอยู่กับการกีดขวางมากหรือน้อย) เมื่อความดันขึ้นสูงถึงค่าๆ หนึ่งที่ปรับตั้งไว้ที่วาล์วนิรภัย หรือที่เรียกกันติดปากว่ารีลีฟวาล์ว(Relief Value) ทำให้ความดันนั้นคงที่ (ไม่สูงขึ้นอีกต่อไป

2.7.7 ข้อดีของระบบไฮโดรลิค

1. ง่ายต่อการควบคุม โดยปกติแล้วการส่งกำลังโดยกลไกจะมีความยุ่งยากเกี่ยวกับโครงสร้างที่จะควบคุมให้เกิดการเคลื่อนที่ทำงานทั้งแบบหมุนหรือในแนวตรง แต่ระบบไฮโดรลิคทำงานได้ง่ายและดีทั้งในแนวตรงและหมุนเพียงแต่ใช้พลังงานจากของไหลไปเปลี่ยนเป็นพลังงานกลเพื่อทำงานที่ต้องการแรงผลักดันหรือแรงบิดมากๆได้

2. การปรับเปลี่ยนความเร็วของลูกสูบหรือมอเตอร์ไฮโดรลิคกระทำได้ง่าย สามารถปรับเปลี่ยนความเร็วได้ทุกระดับ โดยปรับที่วาล์วควบคุมอัตราการไหลของน้ำมัน

3. แรงทวีคูณ ในระบบกลไก เราจะเพิ่มแรงแล้วส่งผ่านชุดเกียร์ รอก คาน และอื่นๆ ทำให้พลังงานจำนวนมากต้องสูญเสียไปกับแรงต้านทานในส่วนต่างๆ แต่ในระบบไฮโดรลิคเราสามารถเพิ่มแรงเป็นทวีคูณได้โดยไม่มีข้อจำกัด และใช้ส่วนที่เคลื่อนที่เพียงเล็กน้อย

4. แรงคงที่ระบบไฮโดรลิค สามารถจะให้แรงคงที่ได้โดยไม่จำกัดความเร็วและยังให้ประสิทธิภาพสูง ถึงแม้ในระบบจะมีการรั่วไหลแต่ความดันก็ยังคงที่

5. ตั้งขนาดของแรงที่ต้องการใช้งานได้ เพราะปริมาณน้ำมันที่ความดันส่วนเกินจะไหลออกไปทางวาล์วจำกัดความดันหมด

6. การทำงานกลับทิศทางไปมา กระบอกสูบและมอเตอร์ไฮโดรลิค สามารถทำงานกลับทิศได้ไปมาโดยไม่ต้องรอให้หยุด โดยอาศัยวาล์วควบคุมทิศทางการไหล ส่วนปัญหาการโหลดขณะทำงานกลับทิศจะไม่มี เช่น ก้านสูบเลื่อนออกจนสุดระยะชักแล้ว แต่ปั๊มยังคงส่งอัตราการไหลไปในระบบ

7. เมื่อเปรียบเทียบกับขนาดกำลังเดียวกัน เช่น ปั๊มหรือขนาดมอเตอร์ไฮโดรลิคขนาด 9 แรงม้าจะมีน้ำหนักเพียง 5 กิโลกรัมเท่านั้น ในขณะที่มอเตอร์ไฟฟ้าขนาด 10 แรงม้าจะหนักกว่าหลายสิกิโลกรัม และในบริเวณที่ไม่เหมะสมก็สามารถติดตั้งได้เพียงแต่ให้มีที่วางท่อเท่านั้น

8. สามารถหยดชะงัก เนื่องจากการโอเวอร์โหลดได้นาน เมื่อโหลดลดลงก็ทำงานต่อไปได้โดยทันที ไม่มีปัญหาเนื่องจากฟิวส์ขาดเหมือนมอเตอร์ไฟฟ้า เมื่อรับโอเวอร์โหลดนานๆ ระบบก็ยังคงทำงานอยู่ต่อไปได้ เพียงแต่ความดัน น้ำมัน ส่วนเกินจะไหลออกไปทางวาล์วจำกัดความดัน

9. ปลอดภัย ระบบไฮโดรลิค จะมีความปลอดภัยสูง แม้ว่าจะรับภาระโหลดนานๆ ไม่มีปัญหาเนื่องจากไฟฟ้าช็อกเหมือนระบบไฟฟ้า จึงทำให้เป็นที่สนใจและนำไปใช้ในโรงงานได้ดีกว่าระบบอื่นๆ

สรุป ปัจจุบันนี้เครื่องมือและเครื่องจักรต่างๆได้พัฒนาขึ้นอย่างกว้างขวาง อีกทั้งทำงานได้ละเอียดอ่อนและทำงานเป็นไปโดยการควบคุมแบบอัตโนมัติ ระบบไฮดรอลิคเป็นระบบหนึ่งที่ใช้ใน

การนี้อย่างกว้างขวาง กับเครื่องจักรและสายงานในระบบโรงงาน เหตุผลมีอยู่ว่าระบบไฮดรอลิคเป็นระบบที่มีคุณสมบัติกว่าเช่น เปรียบเทียบกับระบบกลไกหรือระบบไฟฟ้าควบคุม ระบบไฮดรอลิดจะยืดหยุ่นได้ดีกว่าในการดัดแปลงไปใช้งาน อีกทั้งมีขนาดให้เลือกได้หลายขนาด การติดตั้งในที่แคบๆ ก็ทำได้ดีกว่าเช่นกัน จากคุณสมบัติข้างต้นนี้ อุตสาหกรรมต่างๆ เช่น เครื่องมือกล ยานยนต์ การตีเหล็ก การอัด เครื่องจักรในการก่อสร้าง การฉีดในแม่พิมพ์ เครื่องบิน หรืออุปกรณ์ในวงการแพทย์ เหล่านี้นิยมใช้ระบบไฮดรอลิดทั้งสิ้น

2.8 ระบบมอเตอร์ไฟฟ้า

ส่ง สุตานนท์ (2533 : 50 - 58) กล่าวว่าอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สามารถทำงานได้รวดเร็วและมีประสิทธิ์สูงผ่อนแรงให้ผู้ใช้ได้มากนั้น จะต้องมีตัวที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าให้เป็นพลังงานกลนั้นคือมอเตอร์

2.8.1 มอเตอร์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

- มอเตอร์กระแสไฟสลับ (AC. Motor)
- มอเตอร์กระแสไฟตรง (DC. Motor)

แต่ในที่นี้จะแสดงรายละเอียดเฉพาะมอเตอร์กระแสไฟสลับ ระบบ Dingle Phase ซึ่งเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในงานออกแบบนี้

1. Split - Phase Induction Motor มอเตอร์เป็นแบบสปลิตเฟสเป็นมอเตอร์ที่เก่าแก่ที่สุดแบบหนึ่ง ทุกวันนี้ยังมีความสำคัญอยู่มาก เพราะแพร่หลายใช้งานได้กว้างขวาง ตัวอย่างงานได้แก่ เครื่องซักผ้าไฟฟ้า เตาน้ำมัน เครื่องเป่าลม เครื่องสูบหมุนเหวียง เครื่องมือกลงานไม้ เครื่องจักรธุรกิจ เครื่องล้างขวด เครื่องคนตรีอัตโนมัติ เครื่องขัดเงา มอเตอร์หินเจียระไน เครื่องมือกลขนาดเล็ก ฯลฯ ขนาดที่ใช้กันมากที่สุดคือ 40-250 วัตต์ (1/2 – 1/3 แรงม้า)

ข้อสังเกตอื่น ๆ ในการใช้มอเตอร์ ชนิดนี้ได้แก่

1. ขณะหยุดนิ่ง อาจตั้งให้มอเตอร์หมุนกลับทางได้ โดยการกลับขั้วสายที่ลวดอันใดอันหนึ่ง

2. เหมาะที่จะใช้กับงานที่โหลดต้องการทอดคงที่เริ่มหมุน และเร่งรอบด้วยทอดต่างๆ แต่ไมเหมาะกับงานที่ต้องหมุนสตาร์ทบ่อยๆ เพราะแต่ละครั้งนั้นมีความเฉื่อยมากและไม่เหมาะกับงานที่ใช้ระยะเวลาสั้นๆ ด้วย

2. Capacitor – Start Motor มอเตอร์ชนิดนี้ใช้คอนเดนเซอร์ช่วยสตาร์ทเหมาะกับการใช้งานหนักทั่วไปที่ต้องการ การทอดสตาร์ท และทอดหมุนค่าสูง ๆ ปัจจุบันนิยมใช้กันอยู่ทั่วไป ขนาดตั้งแต่ 100 วัตต์ หรือ 1/8 แรงม้า ขึ้นไป

มอเตอร์ชนิดแคแปซิเตอร์ จำแนกได้ 3 ชนิด แต่ละชนิดมีคุณลักษณะที่แตกต่างกัน แต่มีสิ่งที่เหมือนกัน คือ ขดสเตเตอร์ 2 ชุด ขดหลักชุดหนึ่ง และขดประกอบอีกชุดหนึ่งขดประกอบจะต้องจัดวางให้ทำมุมไฟฟ้า 90 กับขดหลัก และจะต้องต่อเป็นอนุกรมกับคอนเกนเซอร์ หรือ แคแปซิเตอร์เสมอ

ประเภทที่ 1 Capacitor – Start Motor ได้แก่ มอเตอร์แคแปซิเตอร์ ที่ใช้ขดประกอบกับตัวแคแปซิเตอร์เฉพาะตอนหมุนสตาร์ทเท่านั้น

ประเภทที่ 2 Ferment – Split Capacitor Motor ได้แก่มอเตอร์แคแปซิเตอร์ที่ใช้ขอประกอบกับตัวแคแปซิเตอร์อยู่ในวงจรตลอดเวลาที่หมุน ใช้งานโดยไม่เปลี่ยนค่าความจุของแคแปซิเตอร์แต่อย่างใด

ประเภทที่ 3 Two – Value Capacitor Motor หมายถึงมอเตอร์แคแปซิเตอร์ที่ใช้ค่าแคแปซิเตอร์ขณะหมุนสตาร์ทค่าหนึ่ง และขณะหมุนทำงานปกติอีกค่าหนึ่ง รวมใช้ค่าแคแปซิเตอร์ทำงาน 2 ค่า

แคแปซิเตอร์ที่ใช้ต่อในวงจรขดประกอบตลอดเวลาที่มอเตอร์หมุนใช้งานอยู่นั้นช่วยให้มอเตอร์ลดรอบใช้งานต่ำลงมาจากความเร็วรอบซิงโคนัสได้ถึง 50% ซึ่งมอเตอร์เหนี่ยวนำได้ธรรมดากระทำไม่ได้ หรือหากจะทำได้จะลดลงมาถึง 70% ของความเร็วรอบซิงโคนัสไม่ได้เป็นอันขาด

3. Repulsion – Start Induction Motor มอเตอร์ชนิดนี้เคยเป็นที่นิยมแพร่หลายมาตั้งแต่สมัยที่มีกำลังงานไฟฟ้า ปัจจุบันมอเตอร์ใหม่ๆ มิได้ใช้ประเภทนี้นี้มากนัก โดยย้ายไปใช้แคแปซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ และแบบมอเตอร์แคแปซิเตอร์ 2 ค่าแทนเป็นส่วนใหญ่ อย่างไรก็มีมอเตอร์แบบรีพัลชั่นสตาร์ทก็ยังมีการใช้แพร่หลายอยู่ดี แม้ว่าจะมีการใช้งานมานานแล้วก็ตาม

วิธีหมุนสตาร์ทแบบรีพัลสตาร์ท เมื่อความเร็วรอบถึงขั้น ขดลวดในโรเตอร์จะถูกลัดวงจรกลายเป็นประหนึ่งโรเตอร์ทรงกระบอก หมุนทำงานเป็นมอเตอร์เหนี่ยวนำแบบธรรมดา ให้ความเร็วรอบที่คงที่มาก

รีพัลชั่นสตาร์ทมอเตอร์เหมาะที่จะใช้งานกับ เครื่องสูบ เครื่องอัดลม และเครื่องจักรกลอื่นๆ ที่ต้องใช้ทอดสตาร์ทสูง และกระแสสตาร์ทต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับงานที่ขับที่โรเตอร์ต้องล็อคแน่นเข้ากับเครื่องจักร ในลักษณะงานเช่นเดียวกันกับแคแปซิเตอร์สตาร์ทมอเตอร์ ข้อดีกว่าก็คือ แม้จะให้ทอดสตาร์ทสูงเท่ากันจะกินกระแสไฟน้อยกว่า

ลักษณะโครงสร้างของรีพัลชั่นสตาร์ทมอเตอร์นั้นคล้ายกับมอเตอร์อนุกรมไฟตรง ประกอบด้วยขดหลัก หรือขดแมนฟิลด์ ขอโรเตอร์ คอมมิวเตเตอร์ และแปรง (แปรงนั้นมีหน้าที่ลัดวงจรขดลวดในอเมเจอร์) นอกจานั้นยังมีขดลวดที่เหนี่ยวนำ (Induction Winding) อีกชุดหนึ่งวางไว้ ณ มุมไฟฟ้าฟ้า 90 องศา กับขดฟิลด์

ขดเหนี่ยวนำชุดที่สองนี้มีหน้าที่เหนี่ยวนำกระแสไฟไหลในโรเตอร์ในทิศทางเดียวกับโรเตอร์ของมอเตอร์อนุกรมกระแสไฟตรง ทำให้เกิดทอดสตาร์ทสูง

4. Repulsion & Repulsion Induction Motor มอเตอร์ชนิดนี้เป็นรีพัลชั่นมอเตอร์ (ผิดกับหัวข้อที่ 3 เพราะไม่ได้เป็นรีพัลชั่นมอเตอร์ แต่เป็นมอเตอร์ที่สตาร์ทด้วยแรงรีพัลชั่นกับเดินด้วยวิธีมอเตอร์เหนี่ยวนำธรรมดา) ใช้มากกับงานที่ต้องการปรับค่าความเร็วรอบขณะใช้งานได้ดี โดยการปรับมุมเอียงของแปรงที่จะกดลงเพื่อลัดวงจรในโรเตอร์ การใช้งานรีพัลชั่นมอเตอร์เป็นงานที่ต้องปรับค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ในขั้นต่างๆ ได้เป็นพิเศษนั่นเอง

ขดสเตเตอร์ของมอเตอร์ชนิดนี้ยังต่อตรงเข้ากับวงจรไฟฟ้ากำลังอย่างเดิม ขดโรเตอร์นั้นต่อเข้ากับคอมมิวเตเตอร์ และมีแปรงกดลงลัดวงจรโรเตอร์ได้ในลักษณะที่ทำให้แกนแม่เหล็กของโรเตอร์กระทำเอียงเป็นมุมกับสนามแม่เหล็กในขดสเตเตอร์ ค่ามุมเอียงต่างกัน ทำให้ความเร็วรอบของมอเตอร์เปลี่ยนแปลงได้

ส่วนรีพัลชั่นอินดั๊กชั่นมอเตอร์นั้นมีลักษณะทางโครงสร้างแตกต่างออกไปบ้าง คือ ในโรเตอร์จะมีขดลวดแบบโรเตอร์รูปทรงกระบอบเพิ่มขึ้นอีกส่วนหนึ่ง นอกเหนือจากชดรีพัลชั่นมอเตอร์ตามปกติ ทำให้สามารถใช้งานได้ทั้งความเร็วรอบคงที่ และปรับค่าความเร็วรอบ

5. Shaded - Pole Induction Motor มอเตอร์เชดเดด โพล เป็นที่ใช้งานกันอย่างแพร่หลายมาก ปกติเป็นมอเตอร์ขนาดเล็กไม่โตกว่า 200 วัตต์ หรือ ¼ แรงม้าเลย ใช้เป็นมอเตอร์อเนกประสงค์ที่มีความเร็วรอบคงที่ สร้างได้ง่าย ราคาถูก ทั้งทนทานได้งานได้ดี อายุการใช้งานนาน ไม่ต้องมีคอมมิเตอร์สวิทช์ แหวนเก็บไฟ แปรง กัลวานา หรือขั้วสัมผัสใดๆ เลย ปริมาณทอดสตาร์ทเท่าๆ กับเพอร์มาแนตแคแปซิเตอร์มอเตอร์ คือ ไม่มีมากนัก ประสิทธิภาพต่ำมาก แต่โดยที่เป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก ค่าประสิทธิ์ก็ดีหรือค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์ไม่เป็นเรื่องสำคัญเลย พบใช้งานที่ใช้มอเตอร์ขนาดเล็ก บางครั้งสร้างติดมากับตัวเกียรถเพื่อใช้ขับสิ่งของตั้งโชว์ด้วยความเร็วรอบต่ำก็มี

มอเตอร์ชนิดนี้หมุนได้ทางเดียว กลับทางไม่ได้ เหตุที่เป็นเช่นนั้นเพราะขดลวดประกอบถูกลัดวงจรตลอดเวลา แต่การวางขดประกอบนั้นทำมุมไฟฟ้ากับสนามแม่เหล็กจากขดหลักมุมไฟฟ้าที่กระทำต่อกันจะมีค่ามุมใดมุมหนึ่งไม่เกิน 90 องศา การที่เกิดมุมเอียงเช่นนี้ว่าทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า เหนี่ยวนำขึ้นในขดลวดประกอบที่เยื้องเฟสกันกับแรงดันในขดหลัก เกิดเป็นทอดเบาๆ หมุนขับมอเตอร์ให้หมุนได้

6. Uuniversal Motor ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ เป็นมอเตอร์อนุกรมเฟสเดียวใช้ได้กับทั้งไฟสลับและไฟตรงขนาดที่สร้างมักเป็นขนาดเล็กไม่โตกว่า 350 วัตต์ หรือ ½ แรงม้า สาเหตุที่สร้างโตไม่ได้เพราะมีปัญญาเกี่ยวกับคอมมิวเตอร์ขณะใช้กับกระแสสลับ ไฟสลับที่ใช้ด้วยได้กับทุกความถี่ แต่ไม่เกิน 60 เฮร์ท มอเตอร์ชนิดนี้เรียกว่าให้อัตราส่วนสมรถนะกำลังต่อจำนวนมอเตอร์มากที่สุด เพราะหมุนด้วยความเร็วรอบสูง ความเร็วรอบขณะไร้ภาระสูงมาก บางครั้งถึง 20,000 รอบ/นาทีก็มี แต่เรามักออกแบบสร้างโรเตอร์ไม่ให้หมุนได้ถึงความเร็วรอบสูงๆ ปกติพิสัยความเร็วรอบสูงของมอเตอร์ชนิดนี้คือ ระหว่าง 4,000 -16,000 รอบ/วินาที

ยูนิเวอร์แซลมอเตอร์ไม่ใช่บริษัทที่สร้างมอเตอร์สำเร็จรูปขึ้นคอยจำหน่าย แต่

มักจะสร้างจำหน่ายเป็นชิ้นส่วนของกลไก ที่นิยมมากเป็นเครื่องมือกลไฟฟ้าขนาดเล็ก เช่น สว่านมือไฟฟ้า เลื่อยมือกล จักรเย็บผ้า เป็นต้น

2.8.2 การบำรุงรักษามอเตอร์

เพื่อให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานนาน และใช้งานได้ดี ต้องคอยหมั่นตรวจสอบบำรุงรักษาเป็นระยะ ช่วงเวลาที่จะบำรุงรักษาจะเป็นเดือนหรือเป็นปีขึ้นอยู่กับการใช้งานของมอเตอร์

การตรวจสอบบำรุงรักษาเป็นระยะ จะปฏิบัติดังนี้

1. รักษาภายใน และนอกของมอเตอร์ให้สะอาด ปราศจากน้ำมัน ฝุ่นละอองน้ำสำหรับมอเตอร์ที่ตั้งในที่ที่มีฝุ่นมาก ต้องถอดออกมาทำความสะอาดเดือนละครั้ง

2. ต้องการให้อายุการใช้งานของมอเตอร์นาน ควรนำมอเตอร์มาชุบน้ำมันวานิชปีละครั้ง หรือ 2 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับการใช้งานของมอเตอร์

3. ส่วนหมุน และคอมมิวเตอร์ ต้องสะอาดและปราศจากน้ำมันใด ๆ ทั้งสิ้นผิวหน้าจะต้องขึ้นมันโดยใช้สำลีเช็ดเป็นการเพียงพอแล้ว

4. แปรงถ่านจะต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงในที่ยึด แปรงถ่านจะต้องสัมผัสกับซี่คอมมิวเตเตอร์ได้ดี ปกติต้องมีแรงสปริงดัน 2 – 2.5 ปอนด์ / ตารางนิ้ว เมื่อเปลี่ยนแปรงขัดใหม่ต้องใช้กระดาษทรายขัดแปรงสัมผัสกับซี่คอมมิวเตอร์ดี และควรมีอะไหล่สำหรับเปลี่ยนไว้

5. ตรวจสอบอุณหภูมิที่อ่านได้จากมอเตอร์ไม่เกิน 90 องศาเซนติเกรด หรือ 194 องศาฟาเรนไฮน์

6. ที่สำคัญที่สุดก็ต้องตรวจดูว่า ตลับลูกปืนสกปรก หรือสึกหรอใช้การไม่ได้ ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำ

ปกติมอเตอร์ที่ซ่อมใหม่ ๆ จะหยอดน้ำมันมาจากโรงงานแล้ว แต่เมื่อใช้ไปนาน ๆ ระยะเวลาที่ต้องหยอดน้ำมันขึ้นอยู่กับการใช้งานของมอเตอร์ ถ้าใช้งานหนักแทนที่จะหยอดเดือนละครั้ง ก็อาจหยอดเดือนละ 2 ครั้ง น้ำมันไขที่หยอดในตลับลูกปืนต้องเป็นชนิดที่ดี และมีคุณภาพสูง

2.8.3 ข้อแนะนำสำหรับเลือกมอเตอร์

ในการเลือกมอเตอร์ใช้งาน จะต้องคำนึงถึงสมบัติต่างๆ ของเครื่องจักรโหลดว่าเป็นชนิดประเภทใดมีรายละเอียดอย่างไร มีความต้องการทางเทคนิคอย่างไร เพื่อจะให้เลือกมอเตอร์ได้เหมาะสมสภาพใช้งาน เพื่อป้องกันปัญหาต่างๆ ที่จะเกิดขึ้นกับมอเตอร์ ดังนั้นด้านเครื่องจักรโหลดจะต้องพิจารณาสิ่งต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ชนิดของเครื่องจักรโหลดมีสภาพเคลื่อนไหวหรือเปล่า

2. สมบัติความเร็วรอบ – แรงบิดของเครื่องจักรโหลด

3. ลักษณะการทำงานของเครื่องจักรโหลด (เดินเครื่องใช้งานตลอดเวลา ใช้งานในระยะสั้นๆ เปลี่ยนแปลงโหลด ใช้งานโหลดเป็นช่วงๆ ฯลฯ)

4. จำนวนการสตาร์ทเครื่องจักร

5. ดูว่าจะมีความต้องการควบคุมความเร็วรอบหรือเปล่า เมื่อต้องการควบคุมความเร็วรอบ ต้องพิจารณาว่าความเร็วรอบต้องการเปลี่ยนแปลงต่อเนื่องกัน (ซึ่งในลักษณะดังกล่าวช่วงความเร็วรอบที่ต้องการต้องกำหนดไว้แน่นอน) หรือเปลี่ยนแปลงในช่วงค่าหรือต้องการความเร็วรอบคงตัว

6. ค่าโมเมนต์จากความเฉื่อยของโหลด

7. ความเร็วรอบหรือความเร็วของโหลด

8. กำลังที่ต้องการใช้งานของโหลด

9. กรรมวิธีการสตาร์ท (สตาร์ทด้วยมือ หรืออัตโนมัติและต้องการการควบคุมจากระยะห่างจากภายนอกหรือเปล่า)

10. กรรมวิธีการเบรก (ดูว่าต้องการเบรก กะทันหัน หรือเปล่า)

11. ดูว่าต้องการเดินถอยหลังหรือเปล่า

12. ตำแหน่งที่ต้องการติดตั้งมอเตอร์ (โดยเฉพาะสภาพตำแหน่งที่เกี่ยวข้องกับ อุณภูมิ และความชื้น)

13. สภาพแวดล้อมภายนอกบริเวณที่ต้องการใช้มอเตอร์ (พิจาณาว่าก๊าซไวไฟ, หรือระเบิด, หรือสภาพกรดกัดกร่อนของก๊าซ และของเหลว ความชื้นสูงหรือมีน้ำหยด หรือมีฝุ่นละอองภายนอกมากหรือต้องการติดตั้งภายใน หรือภายนอกอาคาร หรือต้องการคำนึงถึงสภาพมลภาวะเสียงดัง

14. กรรมวิธีการต่อส่งกำลังของมอเตอร์ (ต่อประกบเพลาโดยตรงเกียร์หรือสายพาน)

2.8.4 การออกแบบทำแทนรับตัวมอเตอร์ที่จะนำมาใช้งาน

มอเตอร์อาจถูกติดตั้งในสภาพต่างๆ กัน เช่น บนพื้นบนเสา กำแพง ที่เครื่องจักรโหลด ฯลฯ ซึ่งสภาพกรณีต่าง ๆ เหล่านี้ ถ้าสภาพติดตั้งมอเตอร์บนฐานที่ไม่แข็งแรงเพียงพอหรือติดตั้งไม่ดี พอการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจะเป็นสาเหตุทำให้รองลื่น และแปรงถ่านสึกหรอเร็วกว่ากำหนด หรือเพลาหัก หรือคดได้

1. ขณะติดเสาหรือกำแพง จะต้องตรวจสอบความแข็งแรงของเสา หรือกำแพงที่จะติดตั้งอย่างละเอียด โดยอาศัยฉากเหล็กโครงเหล็ก ฯลฯ ที่ไม่ทำให้เกิดบริเวณไม่สมดุลหรือระวังไม่สกรูยึดหลวมเป็นอันขาด

2. ติดตั้งบนเครื่องจักรโหลดโดยตรง จะต้องตรวจสอบยืนยันสภาพโครงสร้างและความแข็งแรงของเครื่องจักรโหลดก่อน และจะต้องพิจารณาตำแหน่งยืนยันว่ามอเตอร์จะสามารถทำงานได้ไม่มีข้อบกพร่องจากสภาพความชื้น อุณหภูมิ ฝุ่นละออง การสั่นสะเทือน ฯลฯ แล้วจึงติดตั้งมอเตอร์อย่างแน่นหนา ถ้าพิจารณาแล้วเห็นว่าจะมีผลเสียหายเกิดขึ้นได้จากอิทธิพลของความชื้น อุณหภูมิ ฝุ่นละออง การสั่นสะเทือน ฯลฯ จะต้องแก้ไขให้หมดสิ้นเรียบร้อยก่อน โดยที่จะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานของเครื่องจักรโหลดเป็นสำคัญ

3. เมื่อติดตั้งมอเตอร์บนพื้นที่มีฐานไม่แข็งแรงอาจทำให้เกิดเสียงดัง และสะเทือนในขณะเดินมอเตอร์ใช้งาน ดังนั้นฐานคอนกรีตที่แข็งแรงจึงเหมาะสมกับการติดตั้งมอเตอร์แต่ในกรณีมอเตอร์ขนาดเล็ก ไม่เกิน 2.2 กิโลวัตต์ (3 แรงม้า) อาจใช้ฐานแผ่นไม้หนาๆ ก็เป็นการเพียงพอในการทำฐานรับมอเตอร์ต้องยกระดับสูงขึ้นจากพื้นห้องเล็กน้อย ทั้งนี้เพื่อกันมิให้มอเตอร์เปียกน้ำฝุ่นเข้า สกปรก ฯลฯ จากพื้นห้อง

สรุป ว่าอายุของมอเตอร์ถ้าใช้งานปกติควรมีอายุเกิน 10 ปีขึ้นไป ส่วนถ้าการใช้งานแล้วมีอายุสั้นกว่า ต้องดูที่จุดประสงค์ของผู้ออกแบบที่ทำให้มอเตอร์บางตัวอายุสั้นลง เช่น ความต้องการลดต้นทุน ความจำเป็นทางด้านความสะดวกที่จะใช้งานในช่วงเวลาสั้นๆ แล้วน้ำหนักเบาเพื่อรูปร่างที่สวยงาม หรืออะไรก็แล้วแต่ ทุกอย่างก็เป็นเหตุผลของการออกแบบไม่สามารถชี้ชัดลงไปว่าออกแบบผิดหรือถูก ซึ่งผู้ที่จะสามารถสรุปได้ว่าการออกแบบให้อายุใช้งานได้เท่านั้นเท่านี้ควรจะเป็นผู้ผลิตและผู้ใช้มอเตอร์ไฟฟ้า เลือกขนาดและชนิดมอเตอร์มาใช้ให้เหมาะสมกับงาน

2.9 อิทธิพลของสีที่มีความรู้สึก

ต่อไปนี้เป็นลักษณะของสีที่เกี่ยวกับความรู้สึก โดยแบ่งสีออกเป็นสกุลใหญ่ ๆ คือ สีแดงจัดอยู่ในพวงสีร้อน ไม่เพียงแต่ให้ความรู้สึกตื่นเต้น เร้าใจในทางโบราณถือว่าเป็นสีที่เกี่ยวข้องกับอันตราย เป็นสีต้องห้าม การระมัดระวังการใช้พวงสีแดงสำหรับผลิตภัณฑ์เพียงเล็กน้อย อาจทำให้ผลิตภัณฑ์เด่นขึ้นมาก็ได้ แต่ถ้าใช้มากเกินจำเป็นก็จะมีผลทางจิตวิทยาได้เช่นกัน

สีส้ม เป็นสีสด มองเห็นไดไกล แสดงความรู้สึกเตือนภัยอยู่ตลอดเวลาเมื่อใช้กับผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดความรู้สึกสะอาด ดูเบาขึ้น

สีเหลือง เป็นสีที่อยู่ได้ทั้ง 2 วรรณะ คือ สามารถเป็นได้ทั้งสีร้อน และสีเย็น แต่ขึ้นอยู่กับว่าสีเหลือง ความเข้ม และความแรงของสี มีความสว่าง แต่ถ้ามีความเข้มของสีมากจะทำให้เกิดหงุดหงิดได้ สีเหลืองที่ค่อนไปทางสีส้ม จะคล้ายเล่นทางวิทยาศาสตร์สมัยใหม่

สีเหลืองเนย ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูสว่างขึ้น

สีเหลืองขาว ช่วยในด้านความเย็น แต่อย่างไรก็ตาม สีเหลืองทำให้ดูว่าสกปรกง่ายแต่ถ้าเบรกสีสักเล็กน้อยก็จะทำให้ช่วยได้บ้าง แต่ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่ใช้ด้วย

สีม่วง เป็นสีที่อยู่ได้ทั้ง 2 วรรณะ เช่นกัน โดยทั่วไปให้ความรู้สึกเศร้า ทำให้ง่วง บางครั้งอาจแสดงว่าเป็นสีแห่งความเศร้าลึกลับแต่สีม่วงก็ยังมีลักษณะของความงาม ทำให้ดูมีค่า

สีน้ำเงิน จัดอยู่ในพวกสีเย็น สีน้ำเงินเข้มทำให้ความรู้สึกสงบลึกลับ ทำให้เกิดสมาธิ เป็นสีที่บอกถึงความสุภาพ ความหนักแน่น สีน้ำเงินอ่อน เช่น สีน้ำทะเล หรือสีฟ้า จะมีความสดใส ถ้าอมเขียวเล็กน้อยสามารถให้ความรู้สึกตื่นเต้นได้

สีเขียว ให้ความรู้สึกสดชื่นกระชุ่มกระชวย ใช้ช่วยพักสายตาได้ สีเขียวใบไม้ หรือเขียวเข้มใช้ได้ในการเน้นส่วนพื้น หรือฐานแสดงกับความสงบเยือกเย็นก็ได้

สีเทา ให้ความรู้สึกภูมิฐาน เคร่งขรึม สุภาพเรียบร้อย สามารถลดความลึกของสีขาวและความลึกลับของสีดำสามารถใช้เป็นสื่อกลางได้กับทุกสี เพราะสามารถทำให้เกิดความกลมกลืนระหว่างสีอุ่นดูสบายตา

สีดำ โดยปกติสีดำเป็นสีที่ให้ความรู้สึกหดหู่ แต่ให้ความรู้สึกหนักแน่น มั่นคง การใช้สีดำสลับขาว ใช้พื้นที่ร่วมกับสีอื่น จะทำให้เกิดความกระปรี้กระเปร่ามีชีวิตชีวา ถ้าใช้สีดำผลิตภัณฑ์จะแสดงให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรง และไม่สกปรกง่าย

สีขาว ให้ความรู้สึกสะอาดบริสุทธิ์ ถ้าใช้โดเดี่ยวจะให้ความรู้สึกเย็น สามารถใช้เป็นสีของฐาน หรือส่วนที่อยู่ต่ำกว่า เพื่อเน้นให้เด่นชัดขึ้น

สีที่กล่าว ๆ มาแล้วนี้ เป็นสีทางด้านความงามที่เราตกแต่งลงบนพื้นผิววัสดุ แต่ยังมีสีของวัสดุต่าง ๆ ที่ให้ความรู้สึกของมันออกมา เช่น สีของอลูมิเนียม จะออกเป็นสีเทาเงิน ซึ่งแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะของตัวมันเอง อันได้แก่ ความอ่อนนุ่ม ความเรียบเบา และไม่เป็นอันตราย เป็นต้น

อิทธิพลของสีที่มีต่อผลิตภัณฑ์

1) ทางด้านสี

สีอ่อน (Light Value) ทำให้ผลิตภัณฑ์แลดูใหญ่ขึ้น

สีเข้ม (Dark Value) ทำให้ผลิตภัณฑ์แลดูเล็กลง

2) ทางด้านน้ำหนัก

สีอ่อน หรือสีร้อน (Warm Value) ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูเบา

สีเข้ม หรือสีเย็น (Cool Value) ทำให้ผลิตภัณฑ์ดูหนัก

3) ทางด้านความแข็งแรง

สีร้อน ทำให้เกิดความรู้สึกว่าแข็งแรงมาก

สีเย็น ทำให้เกิดความรู้สึกแข็งแรงน้อยกว่า

4) ทางด้านความสะอาด

สีขาว เป็นสีให้ความรู้สึกสะอาดที่สุด

สีอ่อน หรือสีงาช้าง สีเหลืองอ่อน สีฟ้าอ่อน และสีเขียวอ่อน ให้ความรู้สึกนุ่มนวลสะอาดตา ถูกสุขลักษณะ

สรุป การใช้สีเพื่อการออกแบบ

การตกแต่งผิวภายนอกเพื่อเกิดความสวยงามตามลักษณะของสุนทรียภาพและเพื่อชักจูงใจ การขาย และความชอบนั้น ส่วนใหญ่มีการตกแต่งผลิตภัณฑ์ทุกชนิดด้วยสี การตกแต่งผิวเพื่อการชักนำให้โน้มน้าวให้เกิดผลทั้งการขาย ความสะดุดตา และความงามทั้งหลายแล้ว

นอกจากนี้ยังมีประโยชน์คือ เป็นสีกันสนิม กันน้ำ หรือต่อต้านสภาวะการทำลายจากภายนอกสำหรับวัตถุหรือผลิตภัณฑ์นั้นด้วย แต่การที่จะตกแต่งสีสำหรับผลิตภัณฑ์แต่ละชนิด นอกจากผลิตภัณฑ์นั้นจะต้องการความงดงามในแง่ตกแต่งแล้ว สียังเป็นสัญลักษณ์บอกเป้าหมายสำหรับการทำงาน หรือเตือนในสำหรับผลิตภัณฑ์ในด้านประโยชน์ใช้สอยแต่ละอย่างด้วยโดยมีการกำหนดความหมายของสีความรู้สึกและการกำหนดจากมาตรฐานสากลเพื่อบ่งบอกสำหรับผลิตภัณฑ์ใช้งานตามประโยชน์ใช้สอย นอกเหนือจากผลิตภัณฑ์ตกแต่งซึ่งอาจจะใช้สีใด ๆ ก็ตามความต้องการของผู้ออกแบบ และความนิยมของตลาด แต่สำหรับผลิตภัณฑ์เพื่อประโยชน์ใช้สอยรวมถึงเครื่องจักรต่าง ๆ ย่อมต้องมีสัญลักษณ์ของสีบอกมาตรฐานสากลเพื่อความเข้าใจความหมายของส่วนต่าง ๆ ซึ่งอาจจะมีอันตรายหรือเตือนใจไว้ เช่น

- เครื่องจักรที่เคลื่อนช้า เช่น เครื่องบรรทุกหนัก หรือสกูดสเตอร์ ควรใช้สีเหลืองหรืออาจจะเป็นสีเหลืองบริเวณส่วนท้าย หรือกันชน และสีเหลืองทำให้รู้สึกเบาสะอาด รวมถึงการซ่อมสีก็ทำได้ง่าย หรือยกตัวอย่างรถนักเรียนตามมาตรฐานสากลนั้นจะใช้กลุ่มสีเหลือง หรือสีแสด
- เครื่องจักรทางไฟฟ้า อาจจะใช้สีกล่องน้ำเงิน โดยใช้สีกล่องน้ำเงิน โดยสีภายนอกเป็นสีแสด เพื่อเตือนถึงอันตราย หรือบริเวณที่มีกระแสไฟฟ้าแรงสูงก็ใช้สีแสดเตือนไว้เช่นกัน สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการรักษาพยาบาล กล่อง หรือสิ่งต่าง ๆ ใช้ กากบาทสีเขียวบนพื้นขาว เป็นต้น

2.10 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.10.1 วารุณี เปรมานนท์ (2548) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น ความสำคัญและที่มาของการวิจัย นับตั้งแต่เศรษฐกิจเข้าสู่ภาวะตกต่ำเป็นต้นมา กลุ่มอุตสาหกรรมหลักได้รับผลกระทบในแง่ลบโดยตรงก็คือ อุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ ที่จะนำไปสู่การผลิตที่สำคัญอื่นๆ อีกหลายประเภท การทำงานกับโลหะแผ่น (Sheet metal working) ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ การตัด (Blanking) และการขึ้นรูป (Forming) สาเหตุสำคัญที่ต้องตบแต่งหลังจากการตัด คือ การเกิดรอยแตก (Fracture surface) และครีบ (Burr)ที่ขอบของรอยตัด งานวิจัยในส่วนนี้มีเป้าหมายที่จะลดขั้นตอนการตบแต่งดังกล่าว การปรับปรุงกระบวนการตัดเพื่อที่จะกำจัดรอยแตกสามารถใช้วิธีไฟน์แบลงค์ (Fine Blanking) แต่วิธีนี้ไม่แพร่หลายในประเทศ เนื่องจากขาดความรู้ความเข้าใจในหลักการ แต่วิธีดังกล่าวจะเป็นที่แพร่หลายในต่างประเทศ ถึงแม้ว่าจะมีปัญหาอยู่บ้าง ในส่วนของการปรับปรุงการตัดเพื่อกำจัดครีบนั้น กรรมวิธีที่เรียกกันว่า Push back blanking เป็นวิธีหาค่าคงที่เริ่มมีการศึกษาเพื่อใช้งานจริงมาบ้างในต่างประเทศ แต่ก็จำกัดเฉพาะงานที่รูปร่างกลมเท่านั้น งานวิจัยในส่วนนี้จึงมุ่งเน้นในการพัฒนา

ต่อการวิจัยที่มีอยู่ในต่างประเทศ ในส่วนการขึ้นรูปโลหะแผ่น (Forming) ปัญหาที่พบมากคือเวลาที่ใช้ในขั้นตอน Tryout ใช้เวลานาน และบางกรณีต้องเสียเวลาเพิ่มในการตบแต่งผิวชิ้นงานหลังการขึ้นรูปอีกด้วย งานวิจัยในส่วนนี้จึงมุ่งเน้นถึงการวิเคราะห์เพื่อที่จะสามารถเลือกใช้สารหล่อลื่น และกำหนดเงื่อนไขของกระบวนการขึ้นรูปที่เหมาะสม การผลิตในกลุ่มอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่นของประเทศไทยให้เทียบเคียงกับคู่แข่งในระดับสากล วัตถุประสงค์ของโครงการ 1) เพื่อกระตุ้นให้อุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะแผ่น ได้หันมาใช้เทคนิคการผลิตสมัยใหม่ สำหรับการนำไปปรับปรุงกระบวนการ/กรรมวิธี ให้ได้ผลผลิต ที่มีความเที่ยงตรง 2) เพื่อพัฒนาขีดความสามารถของกระบวนการตัดและ/หรือขึ้นรูปโลหะแผ่น ให้มีความเที่ยงตรงอย่างยิ่งยวด โดยลดขั้นตอนการตบแต่งให้น้อยลง 3) เพื่อเป็นศูนย์กลางการวิจัยเชิงวิเคราะห์ เพื่อยกระดับศักยภาพของกลุ่มอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะ 4) เพื่อให้เกิดความร่วมมืออันดีระหว่างภาครัฐและเอกชน ในการที่ร่วมช่วยเหลือกันในการทำการวิจัยอันจะก่อให้เกิดผลดีทั้งทางด้านการค้าและการศึกษา 5)เพื่อให้เกิดเทคโนโลยีการผลิตใหม่ๆ ให้ทันต่อความต้องการของอุตสาหกรรมโดยไม่ต้องพึ่งพาหรือลดการนำเข้าเทคโนโลยีจากต่างประเทศ ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 1.) ความรู้ที่ได้จากการวิจัยจะช่วยกระตุ้นให้ภาคอุตสาหกรรม หันมาให้ความสนใจในการพัฒนาเทคนิคการผลิต เพื่อให้ได้ผลผลิตที่มีคุณภาพอย่างจริงจัง 2.) สามารถเผยแพร่ผลการวิจัยในรูปฐานข้อมูลที่ถูกต้องทั้งทางด้านแม่พิมพ์และวัสดุ ตลอดจนเป็นรากฐานแห่งการพัฒนาอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะในประเทศ 3.) ลดการนำเข้าเทคโนโลยีและสามารถผลักดันให้ผู้ ประกอบการ ให้มีพลังและศักยภาพในอันที่จะรองรับการเติบโตของตลาดกลุ่มอุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะ ในอนาคตอันใกล้ต่อไป 4.) เผยแพร่ชื่อเสียงของประเทศในด้านการทำวิจัย ทั้งเชิงวิชาการและพาณิชย์ ด้วยการตีพิมพ์ในวารสารนานาชาติ 5.) มีโอกาสในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ตลอดจนการสร้างบุคลากรที่ชำนาญงานไปพร้อมกัน

2.10.2 ชัยณรงค์ เชาว์เชี่ยวชาญ (2548) การปรับปรุงกระบวนการควบคุมคุณภาพสำหรับชิ้นส่วนงานปั๊มขึ้นรูปโลหะในรถยนต์ วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการศึกษาแนวทางการลดของเสียที่เป็นงานที่ผลิตแล้วต้องนำกลับมาแก้ไขใหม่ (Rework) ในกระบวนการผลิตงานปั๊มขึ้นรูปโลหะสำหรับชิ้นส่วนรถยนต์ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและเสนอแนะแนวทางการป้องกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียงาน Rework ในกระบวนการผลิตลง จากการศึกษาพบว่าโรงงานตัวอย่างมีปริมาณงานเสียที่ต้อง Rework ในกระบวนการผลิตสูงมากซึ่งในกระบวนงานปั๊มจะเห็นว่ามีงานเสียที่ต้อง Rework สูงถึง 35.80% ใน 3 สถานีงานจาก 8 สถานีงาน ที่งานต้องผ่านเครื่องปั๊ม (8 แม่พิมพ์ 8 เครื่องปั๊ม ขนาดเครื่อง 600 ตัน) ซึ่งจากการใช้ PFMEA วิเคราะห์เพื่อ ปรับปรุงเครื่องจักรและแม่พิมพ์ให้ความสามารถของเครื่องจัก Cp>1.33 ของจุดงานที่มีปัญหาพบว่าของเสียลดลงในช่วงเดียวกันค่อนข้างมาก หลักการปรับปรุงจากข้อเสนอแนะให้เพิ่มการตรวจสอบก่อนการผลิต (FPA) และเพิ่ม มาตรฐานการบำรุงรักษาแม่พิมพ์ตามจำนวนชิ้นที่ปั๊มรวมถึงการใช้ X bar-R chart ในจุดงานที่มีปัญหาอย่างต่อเนื่อง ซึ่งผล

หลัง ปรับปรุงงานคือ งานเสียที่ต้อง Rework พบเพียง 7.50% คิด เป็นของเสียลดลงกว่า 28.30% และในขณะเดียวกันของเสียงาน Rework งานปั๊มนอกกระบวนการมีมากถึง 48.30% (LH) ,23.91%(RH) และหลังการปรับปรุงกระบวนการลดลงเหลือ 8.06%(LH) , 7.30% (RH) และในขณะที่งานการประกอบ Lower Arm ซึ่งใช้อ้างอิงเป็นสายการผลิตเพื่อ แสดงผลกระทบจากงานปั๊มที่มีปัญหาเรื่องงาน Rework ทั้งในและนอกกระบวนการงานปั๊มพบว่า มีงานเสียในกระบวนการ ก่อนการปรับปรุงที่ 7.30%(LR,RH) หลังการปรับปรุงพบของเสียในกระบวนการประกอบที่ 1.36 %(LR,RH) และงานเสียที่ส่วนงานประกอบ ที่ไม่สามารถมารถ Rework ได้ 3,900 ppm (LH), 1,000 ppm (RH) แต่หลังจากการลดของเสีย Rework ของงานปั๊มลงเหลือ 8.06% (LH), 7.30 (RH) พบว่าของเสีย ที่ส่งผลด้านการประกอบลดลง เช่นกันเหลือเพียง1.30% ซึ่งเทียบกับก่อนปรับปรุงลดลงถึง6.00% และในส่วนลูกค้าเคลมลดลงจากเดิม 2,600 ppm เป็น 200 ppm ผลการศึกษาวิจัยในครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการตรวจสอบกระบวนการผลิต ด้วยการคำนวณ Cp ของจุดงานที่ต้องควบคุมมาตีความในการนำไปปรับปรุงตามจุดที่ควรต้องปรับ ตาม PFMEA และกำหนดมาตรฐานการวัด และควบคุม ในจุดงานที่มีปัญหาแบบตรงจุดก่อนให้เกิดการแก้ปัญหา ได้ ดี ระดับหนึ่งทำให้หน่วยงานปั๊ม ขึ้นรูปสายการผลิตตัวอย่างของ บริษัท ได้ถูก กำหนดเป็นแนวทางในการขยายผลนำไปใช้ในทาง ปฏิบัติ กับสายการผลิตงานปั๊มในส่วนรถจักรยานยนต์ของโรงงานตัวอย่างและงานที่ปั๊มโลหะส่วน นี้ ที่ ยังพบปัญหา ลักษณะนี้ ซึ่งจากการวิจัยใน ครั้งนี้แสดงให้เห็นว่าการลดงานของเสียที่ต้อง Rework ในงานปั๊มขึ้นรูปสามารถลดปัญหาด้านคุณภาพต่อกระบวนการถัดไปได้

จากการศึกษางานวิจัย ผู้วิจัยพบว่า การวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตสำหรับอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่นของ วารุณี เปรมานนท์ ที่กล่าวถึง อุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น นับตั้งแต่เศรษฐกิจเข้าสู่ภาวะตกต่ำเป็นต้นมา กลุ่มอุตสาหกรรมหลักได้รับผลกระทบในแง่ลบโดยตรงก็คือ อุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่น ซึ่งถือว่าเป็นอุตสาหกรรมต้นน้ำ ที่จะนำไปสู่การผลิตที่สำคัญอื่นๆ อีกหลายประเภท การทำงานกับโลหะแผ่น (Sheet metal working) ที่ใช้กันอยู่ทั่วไป คือ การตัด (Blanking) และการขึ้นรูป (Forming) การผลิตในกลุ่มอุตสาหกรรมขึ้นรูปโลหะแผ่นของประเทศไทยให้เทียบเคียงกับคู่แข่งในระดับสากล เพื่อกระตุ้นให้อุตสาหกรรมการขึ้นรูปโลหะแผ่น ได้หันมาใช้เทคนิคการผลิตสมัยใหม่สำหรับการนำไปปรับปรุงกระบวนการ/กรรมวิธี ให้ได้ผลผลิต ที่มีความเที่ยงตรง ส่วนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ชัยณรงค์ เชาว์เชี่ยวชาญ การศึกษาแนวทางการลดของเสียที่เป็นงานที่ผลิตแล้วต้องนำกลับมาแก้ไขใหม่ (Rework) ในกระบวนการผลิตงานปั๊มขึ้นรูปโลหะสำหรับชิ้นส่วนรถยนต์ เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงและเสนอแนะแนวทางการป้องกัน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียงาน Rework ในกระบวนการผลิตลง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ เป็นการมุ่งศึกษาเอกสารและผลงานที่เกี่ยวข้องเพื่อรวบรวมแนวความคิด รูปแบบผลิตภัณฑ์เดิม ปัญหาที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์เดิม เพื่อเป็นแนวทางในการพัฒนาและสร้างผลิตภัณฑ์ตัวใหม่ให้ดีขึ้น

ดังนั้นในการศึกษาเพื่อให้บรรลุตามวัตถุประสงค์ของการวิจัย ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามหัวข้อดังต่อไปนี้

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

3.2 .1 การสร้างเครื่องมือ

3.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.2.3 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องพับโลหะ

3.2.4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่างโดยแบ่งออกดังนี้

3.1.1 ประชากร คือ กลุ่มผู้ใช้เครื่องพับโลหะได้แก่ ผู้ประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานของเครื่องพับโลหะ

3.1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ กลุ่มผู้ใช้เครื่องพับโลหะ มี 2 กลุ่มได้แก่ ผู้ประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานของเครื่องพับโลหะ ในแผนกผลิตชิ้นส่วนโลหะภายในจังหวัดชลบุรี

3.1.2.1 กลุ่มผู้ใช้เครื่องพับโลหะบริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานศรีราชา 15/19 ม.4 ต. สุรศักดิ์ อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี จำนวน 15 คน

- นายสุรชัย ชัยตระกูลทอง กรรมการผู้จัดการ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่ง เจริญ จำกัด โรงงานศรีราชา

3.1.2.2 กลุ่มผู้ใช้เครื่องพับโลหะ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานคลองตำหรุ 555 ม.5 ต. คลองตำหรุ อ.เมือง จ.ชลบุรี จำนวน 15 คน

- นายสุรชาติ ชัยตระกูลทอง กรรมการรองผู้จัดการ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่ง เจริญ จำกัด โรงงานคลองตำหรุ

3.2 การออกแบบและสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อประกอบการศึกษาวิจัย ผู้วิจัยได้สร้างเครื่องมือในการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยมีขั้นตอนในการสร้างเครื่องมือ ดังนี้

3.2.1 การสร้างเครื่องมือ

3.2.1.1 การสร้างแบบประเมินผล ทั้ง 2 ชุด ใช้กับผู้เชี่ยวชาญและผู้ใช้เครื่องพับโลหะ

1. แบบประเมินผลด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและด้านวิศวกรรม

2. แบบประเมินผลความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ครั้งนี้เป็นการประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) สร้างขึ้นใช้กลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม เพื่อประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญและประเมินความพึงพอใจแบ่งออก 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1. แบบสอบถามข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินมีลักษณะเป็นแบบเติมคำตอบตามคำถามที่กำหนดให้

ตอนที่ 2. แบบสอบถามข้อมูลแสดงความคิดเห็นประเมินความพึงพอใจด้านต่างๆ ของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 3. แบบประเมินผลแบบปลายเปิดเพื่อให้ผู้ตอบแบบประเมินแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเพื่อใช้เป็นแนวทางในการวิจัย

โดยแบบประเมินมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) ผู้วิจัยได้กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนนน้ำหนักเป็นตัวเลือก 5 ระดับตั้งแต่ระดับ 1-5 คะแนน ดังนี้

5	หมายถึง	ระดับดีมาก
4	หมายถึง	ระดับดี
3	หมายถึง	ระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ระดับน้อย
1	หมายถึง	ระดับน้อยที่สุด

3.2.1.2 การประเมินคุณภาพทางเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์

คุณภาพทางเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ โดยทำการค้นรับรองเกี่ยวกับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร การออกแบบผลิตภัณฑ์ เครื่องพับโลหะ จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา

3.2.2 การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ

3.2.2.1 ผู้วิจัยนำแบบ เพื่อปรึกษาผู้เชียวชาญ ด้านการออกแบบและด้านวิศวกรรมเพื่อขอคำชี้แนะ โดยแบ่งผู้เชียวชาญออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่

กลุ่มที่ 1 คือ ผู้เชี่ยวชาญการประเมิน ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 3 ท่าน ดังนี้

1. อาจารย์ ดร. อภิสักก์ สินธุภัค
   หัวหน้าสาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นายอาทิตย์ เพคยางกูร
   วิศวกรขายเครื่องตัดและพับ
   บริษัท แอลวีดี จำกัด
   45 ซอยพัฒนเวศม์ ถนนสุขุมวิท 71 แขวงคลองตันเหนือ เขตวัฒนา 10119 จังหวัดกรุงเทพฯ
3. นายสุภัรทรชัย แก้วคำ
   วิศวกรวิจัยและออกแบบพัฒนาผลิตภัณฑ์
   บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานศรีราชา

กลุ่มที่ 2 คือ ผู้เชี่ยวชาญการประเมิน ด้านวิศวกรรม 3 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
   คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. นายสมพร เพ็ชรยิ้ม
   ผู้ช่วยผู้จัดการฝ่ายผลิต
   บริษัท อยุธยา เอช ซี แอล จำกัด นิคมอุตสาหกรรมอมตะ
3. นายสุนทร เนื่องอุตม์
   ผู้ช่วยผู้จัดการโรงงานฝ่ายวิศวกรรมออกแบบ
   บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานศรีราชา

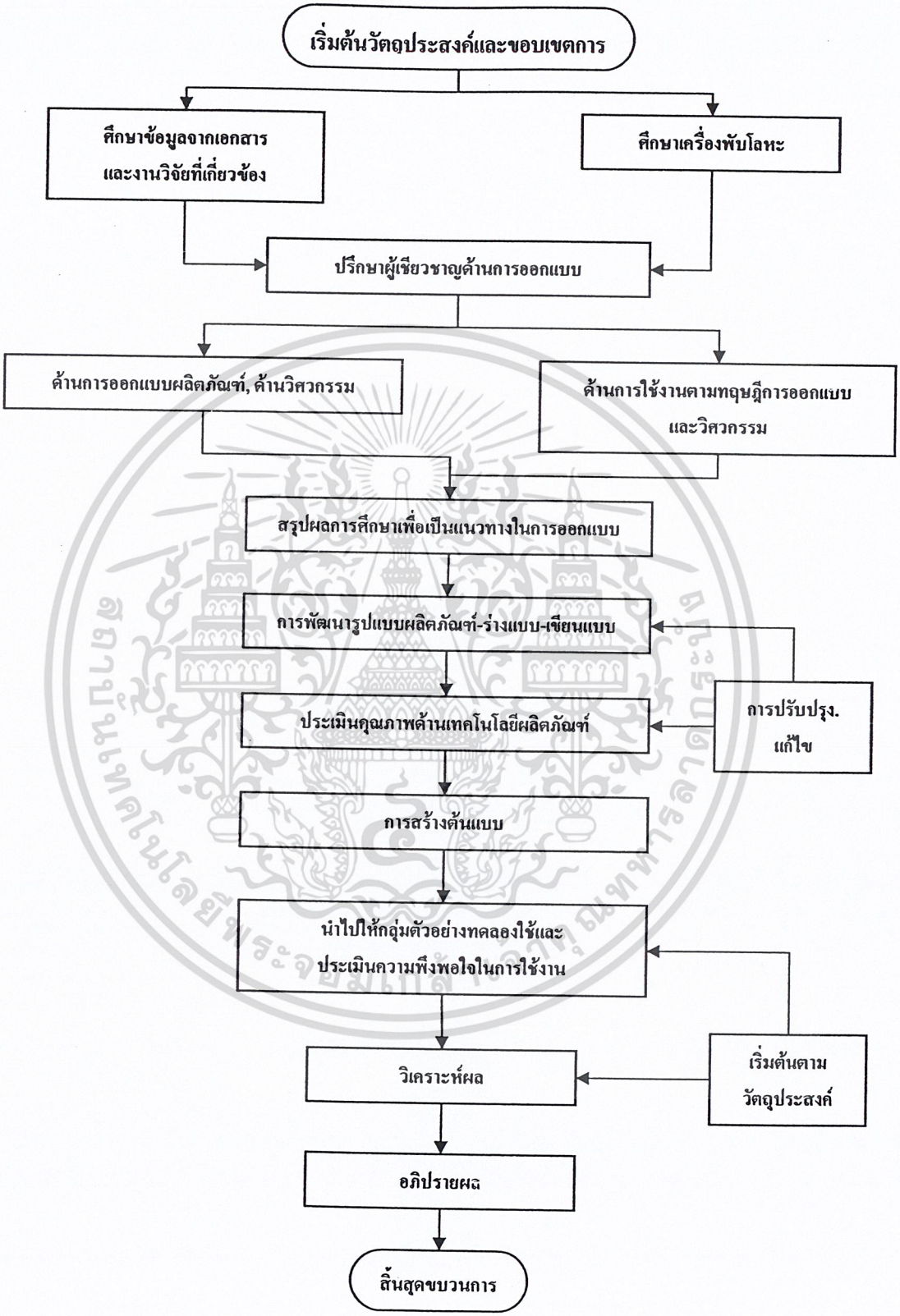
3.2.2.2 ผู้วิจัยนำแบบประเมิน เครื่องโลหะ ที่สร้างเสร็จแล้วนำเสนอต่ออาจารย์ ควบคุมสาระนิพนธ์ทำการตรวจสอบและแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหาและความเหมาะสมของถ้อยคำ สำนวนภาษาและความชัดเจนของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

3.2.2.3 ผู้วิจัยนำแบบประเมินความพึงพอใจที่จะแก้ไขแล้ว ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบความเที่ยงตรงของเนื้อหา (IOC) ความถูกต้องของภาษา และแนะนำกระบวนการในการสร้างแบบประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน

1. ผู้ทรงคุณวุฒิทางการวิจัยการศึกษา ได้แก่
   - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม
     ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
     คณะครุสาสตร์อุตสาหกรรม
     สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผู้ทรงคุณวุฒิทางการวิจัยทางด้านวิศวกรรม ได้แก่
   - ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
     คณะครุสาสตร์อุตสาหกรรม
     สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. ผู้ทรงคุณวุฒิทางการวิจัยด้านการออกแบบ ได้แก่
   - อาจารย์ ดร.อภิสักก์ สินธุภัค
     หัวหน้าสาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม
     คณะครุสาสตร์อุตสาหกรรม
     สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

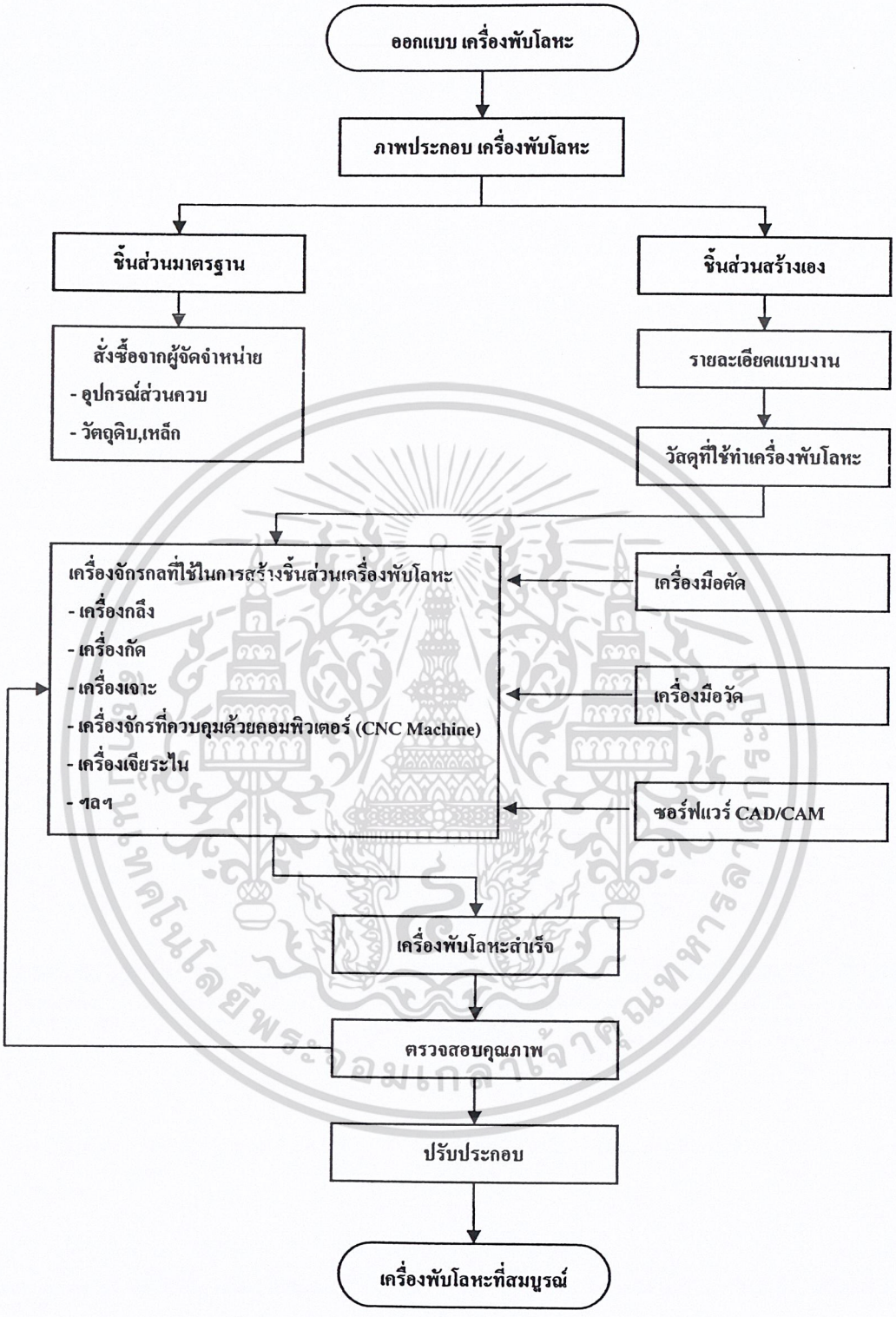
3.2.2.4 หลังจากนั้นผู้วิจัยจึงได้รวบรวมคำแนะนำจากผู้ทรงคุณวุฒิมาพิจารณาดำเนินการแก้ไขแบบประเมินหาประสิทธิภาพ ร่วมกับอาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์ ก่อนนำแบบประเมินประสิทธิภาพ ไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.2.3 ขั้นตอนการพัฒนาเครื่องพับโลหะ



รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการพัฒนาเครื่องพับโลหะ

ขั้นตอนการผลิตเครื่องพับโลหะ



รูปที่ 3.2 แสดงขั้นตอนการผลิตเครื่องพับโลหะ

การพิจารณาเครื่องพับโลหะผู้วิจัยได้ทำการศึกษาจากเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งได้ดำเนินการรวบรวมข้อมูล และศึกษาถึงสภาพปัญหาของผลิตภัณฑ์เดิมโดยได้ไปสอบถามถึงความต้องการ เพื่อนำข้อมูลมา สรุป วิเคราะห์ และพัฒนาโดยมีขั้นตอนดังนี้

1. การออกแบบร่าง นำแบบร่างปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ
2. การนำแบบร่างมาปรับปรุงแก้ไข
3. การนำแบบร่างที่ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วนำไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ
4. ดำเนินการเขียนแบบนำแบบไปปรึกษาผู้เชี่ยวชาญ
5. ดำเนินการตรวจสอบความซ้ำซ้อนทางด้านการออกแบบ
6. สร้างต้นแบบเพื่อไปประเมินความพึงพอใจ

3.2.4 อุปกรณ์และขั้นตอนการทดสอบ

1. ตัดเหล็กแผ่นหนา 3 มม. กว้าง 25 มม. ยาว 94 มม.
2. เครื่องมือวัด
3. แบบแม่พิมพ์ตัวบน (Punch) และแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)

โดยผู้วิจัยได้นำเครื่องพับโลหะ ไปให้กลุ่มผลิตชิ้นส่วนในแผนกผลิตชิ้นส่วน ทำการพับตามแบบรูปตัววี (V) มุมพับเท่ากับ 90 องศา

- กลุ่มผู้ใช้ผลิตชิ้นส่วนแผนกผลิตชิ้นส่วน โรงงานศรีราชา บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด จังหวัดชลบุรี
- กลุ่มผู้ใช้ผลิตชิ้นส่วนแผนกผลิตชิ้นส่วน โรงงานคลองตำหรุ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด จังหวัดชลบุรี

3.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยได้ดำเนินการติดต่อทำหนังสือราชการจากงานบัณฑิตศึกษา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บข้อมูล โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูล ดังนี้

3.3.1 เก็บจากการสอบถามสภาพปัญหาของผลิตภัณฑ์จากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนงานพับโลหะ และจากผู้เชี่ยวชาญโดยการจดบันทึก

3.3.2 เก็บจากแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3.3.3 เก็บจากแบบประเมินด้านวิศวกรรม

3.3.4 เก็บจากแบบประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งาน ของเครื่องพับโลหะ

3.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูลจากเอกสาร และ งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับเครื่องพับโลหะ การวิเคราะห์ปัญหาข้อมูล จากการพิจารณาสภาพปัญหาเดิม

3.4.2 การวิเคราะห์ข้อมูลหาค่าความสอดคล้อง IOC จากผู้เชี่ยวชาญ

3.4.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

3.4.4 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินด้านวิศวกรรม

3.4.5 การวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานของเครื่องพับโลหะ

3.5 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

3.5.1 แบบประเมิน ประสิทธิภาพของผู้เชี่ยวชาญ และแบบประเมินความพึงพอใจด้านการใช้งานของ เครื่องพับโลหะ ซึ่งเป็นการแสดง ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยการหาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์รายข้อเฉพาะด้าน และรวมทุกด้าน โดยการนำเสนอในรูปแบบตาราง พร้อมกับคำอธิบายประกอบ

โดยเกณฑ์ในการวิเคราะห์พิจารณาประเมินจากช่วงค่าเฉลี่ยดังนี้

4.50-5.00	หมายถึง	ระดับดีมาก
3.50-4.49	หมายถึง	ระดับดี
2.50-3.49	หมายถึง	ระดับปานกลาง
1.50-2.49	หมายถึง	ระดับน้อย
0.00-1.49	หมายถึง	น้อยที่สุด

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร แนวคิดทางวิชาการและการทดลอง ศึกษาสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นเพื่อนำสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นมาเป็นข้อมูลในการพัฒนาเครื่องพับโลหะ โดยผู้ศึกษาได้นำมาการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

4.1.1 ด้านการเตรียมวัตถุดิบและแสดงขั้นตอนการพับขึ้นรูปโลหะ

4.1.2 ด้านระบบส่งกำลัง

4.1.3 ด้านโครงสร้างและวัสดุการผลิต

4.1.4 ด้านการพัฒนา

4.1.5 ผลการประเมิน ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านวิศวกรรม

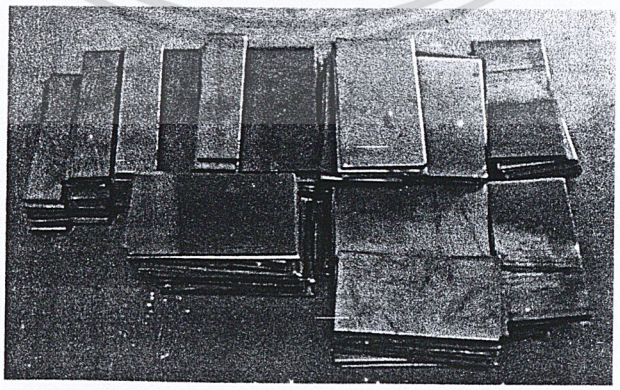
4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์

4.3 ผลการประเมินความพึงพอใจในการใช้งานของเครื่องพับโลหะ

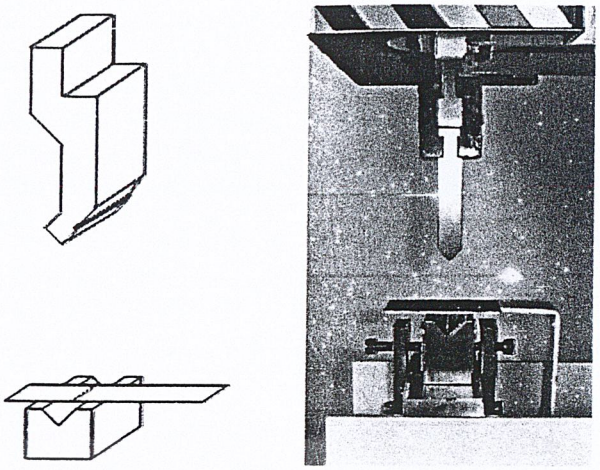
4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

4.1.1 ด้านการเตรียมวัตถุดิบแสดงขั้นตอนการพับขึ้นรูปโลหะ

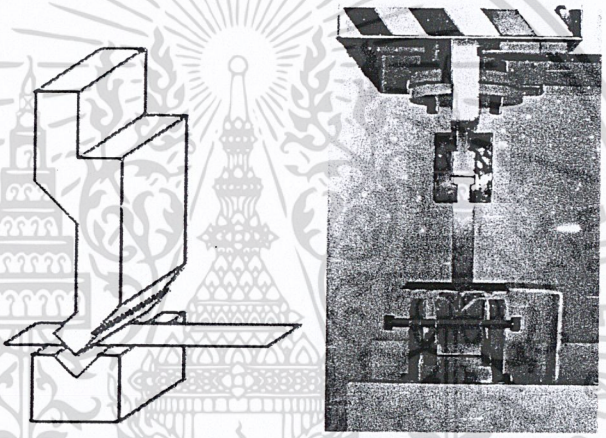
โลหะที่ใช้จะเป็นโลหะแผ่นโลหะที่ผ่านกระบวนการจนกระทั่งเป็นแผ่นบาง มีขนาดหนา 3 x 25 x 94 มม. ดังรูปที่ 4.1 มาตรฐาน JIS G 3101 SS400 (Japanese Industrial Standards) คือ มาตรฐานประเทศญี่ปุ่นจะทำการพับขึ้นรูปให้ได้เป็นรูปตัววี (V) มุมเท่ากับ 90 องศา ตามแบบแม่พิมพ์ตัวบน (Punch) และแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)



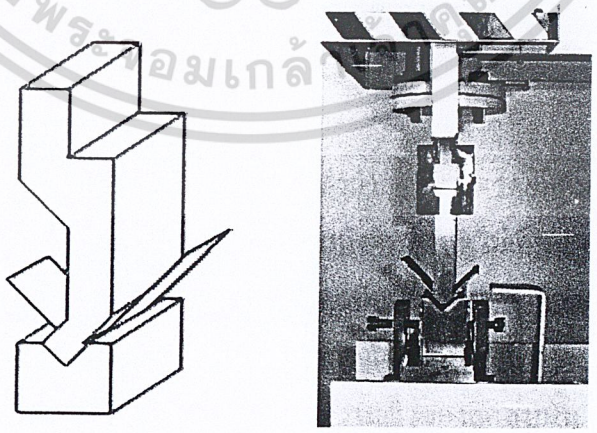
รูปที่ 4.1 เหล็กแผ่นหนา 3tx25x94 มม.



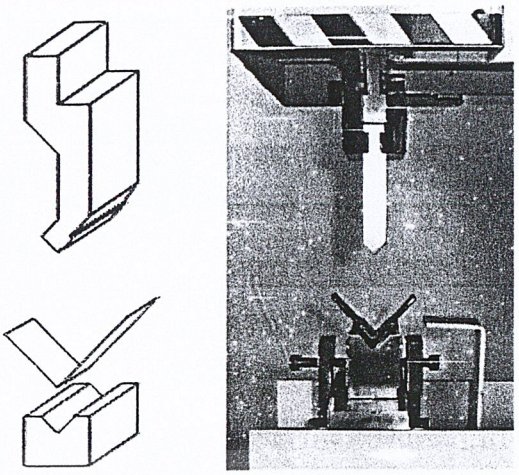
รูปที่ 4.2 ขั้นตอนที่ 1 ตำแหน่งชิ้นงานบนแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 2 ตำแหน่งแม่พิมพ์ตัวบน (Punch) บนชิ้นงาน

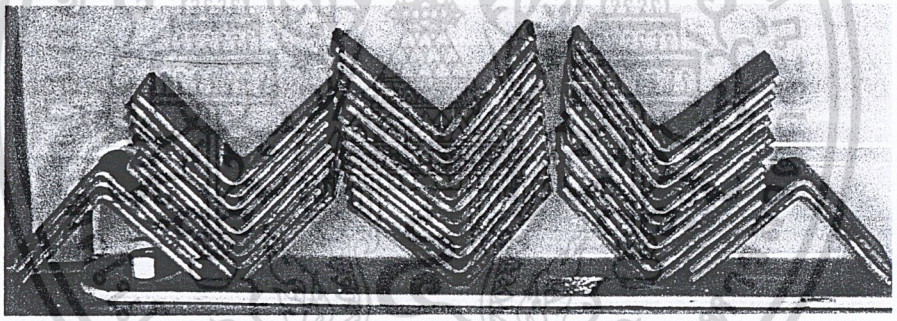


รูปที่ 4.4 ขั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติการพับ



รูปที่ 4.5 ขั้นตอนที่ 4 ชิ้นงานออก

ได้ทำการทดลองพับชิ้นงานที่ได้เตรียมไว้ ตามขั้นตอนการพับขึ้นรูปโลหะ ดังรูปที่ 4.6 ผลปรากฏเมื่อพับชิ้นงานเป็นรูปตัววี (V) มุมเท่ากับ 90 องศา เหล็กพับฉาก L-50x50x3tx25 มม. ได้ตามขนาดที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.6



รูปที่ 4.6 แสดงชิ้นงานพับ

4.1.2 ด้านระบบส่งกำลัง

ด้านระบบส่งกำลัง เป็นระบบส่งกำลังการกดโดยมีต้นกำลังเป็นชุด Power Pack Motor 1 ph 220 V/AC /50 Hz เป็นตัวขับมีกำลังดันสูงสุดไม่เกิน 140 Bar. ในชุดอุปกรณ์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ถังน้ำมัน วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วควบคุมความดัน วาล์วควบคุมอัตราการไหล กระบอกสูบ และอื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกพัฒนาให้มาประกอบอยู่ในชุดเดียวกัน ที่ใช้ควบคุมแรง ทิศทาง ตำแหน่ง และความเร็วของลูกสูบนั้น เพื่อให้ทำงานได้โดยปลอดภัย ทำงานได้เรียบสม่ำเสมอ ใช้พลังงานน้อย เกิดความร้อนน้อย ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และขณะใช้งานการบำรุงรักษาได้ง่าย

การทำงานเครื่องพับโลหะ เมื่อกดสวิทช์สตาร์ทให้โซลีนอยด์ทำงานและลูกสูบวิ่งออก เมื่อสุดจังหวะแล้ว ก้านสูบจะแตะ Limit Switch ทำให้โซลีนอยด์ไม่มีไฟเข้าไปเลี้ยงขดลวด Fet Field Coil สปริงจึงดันวาล์วโซลีนอยด์ตัวนี้กลับตำแหน่งเดิม แต่ในจังหวะกลับนั้นก่อนที่จะถึงจุดกลับสุด ก้านสูบจะไปแตะวาล์วตัวหนึ่ง (Deceleration Valve) ทำให้เปิดน้ำมันไหลลงถัง ซึ่งเป็นผลให้ปั๊มทำงานโดยไม่มี Load ในการให้ ลูกสูบหยุดวิ่ง

4.1.3 ด้านโครงสร้าง และวัสดุในการผลิต ด้านโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้ในการผลิต แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้

4.1.3.1 ส่วนโครงสร้างของเครื่องพับโลหะเป็นส่วนที่ทำการขึ้นรูปเป็นรูปตัววี (V) 90 องศา โดยการอัด (Compression) ขึ้นรูป

4.1.3.1.1 แม่พิมพ์ส่วนบน (Punch) ที่ทำการอัด (Compression) ใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือชิ้นส่วน เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม, พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทานการเสียดสีสูง

4.1.3.1.2 แม่พิมพ์ส่วนล่าง (Die) ที่ทำการรับการอัด (Compression) ใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือชิ้นส่วน เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม, พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทานการเสียดสีสูง

4.1.3.2 ส่วนโครงสร้างของเครื่องพับโลหะ เป็นการเลือกวัสดุให้เหมาะสมกับการทำงานและ การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล โดยมีส่วนประกอบภายใน ดังนี้

ตารางที่ 4.1 แสดงชื่อวัสดุ

No.	ชื่อ	วัสดุ	หมายเหตุ
1	เหล็กเพรท - 450x515x9t mm.	SS400	โครงสร้างเครื่องพับ
2	เหล็กพับฉาก L- 40x40x4tx400 mm.	SS400	ยึดฐานข้างซ้าย/ขวา
3	เหล็กเพรท - 95x160x9t mm.	SS400	คานขวาง
4	เหล็กแป๊บดำ OD - 48x2.55x160 mm.	SS400	คานขวาง
5	เหล็กพับฉาก L-150x80x9tx160 mm.	SS400	คานขวาง
6	เหล็กพับฉาก L-220x60x6tx160 mm.	SS400	คานขวาง
7	เหล็กเพรท - 110x160x15t mm.	SS400	คานขวางรองแม่พิมพ์ตัวล่าง
8	เหล็กพับ [-150x30x4tx160 mm.	SS400	คานขวางรองชุด Power pack
9	เหล็กเพรท - 180x180x13t mm.	SS400	หน้าแปลนแท่นไฮดรอลิค

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

No.	ชื่อ	วัสดุ	หมายเหตุ
10	เหล็กเพรท - 205x280x18t mm.	SS400	ถ่วงน้ำหนักยึดแม่พิมพ์ตัวบน
11	เหล็กเพรท - 60x100x18t mm.	SKD11	ปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวบน
12	เหล็กเพรท - 100x100x18t mm.	SKD11	แม่พิมพ์ตัวบน
13	เหล็กเพรท - 18x120x18t mm.	SKD11	บังคับร่องแม่พิมพ์ตัวบน
14	เหล็กเพรท - 18x90x18t mm.	SKD11	บังคับร่องแม่พิมพ์ตัวบน
15	เหล็กเพรท - 50x100x38t mm.	SKD11	แม่พิมพ์ตัวล่าง
16	เหล็กเพรท - 40x40x4t mm.	SKD11	ยึดแม่พิมพ์ตัวล่างให้เที่ยงตรง
17	เหล็กเพรท - 38x83x12t mm.	SKD11	ยึดสลักเกลียวแม่พิมพ์ตัวล่าง
18	เหล็กเพรท - 60x180x18t mm.	SKD11	แผ่นรองบนแม่พิมพ์ตัวล่าง
19	เหล็กเพรท - 60x162x30t mm.	SKD11	แผ่นรองล่างแม่พิมพ์ตัวล่าง
20	เหล็กพับ [- 50x30x3tx 140 mm.	SS400	ร่องวัดระยะตามยาว
21	เหล็กพับฉาก L - 40x20x3tx160 mm.	SS400	คำวัดระยะตามยาว
22	เหล็กพับฉาก L - 150x30x4tx 43 mm.	SS400	ฉากวัดระยะ
23	สลักเกลียวให้ขนาดวัด OD 60x60 mm.	SS400	ให้ขนาดวัด
24	เพลาเกลียว M10x211 mm.	SS400	ให้ขนาดวัด
25	ปี่นล็อค M10x211 mm.	SKD11	ล็อคเกลียว M10
26	บูชรูใน 7x โตนอก 22x3t mm	SS400	ชุดล็อคเกลียววัดขนาด
27	บูชรองเพลารูใน 22x โตนอก 22x9t mm	SS400	ชุดล็อคเกลียววัดขนาด
28	ตลับลูกปืนรูใน 7x โตนอก 22x6t mm	-	ชุดล็อคเกลียววัดขนาด
29	หน้าแปลนคัปปลิง M38x60 mm.	SS400	ยึดแกนไฮดรอลิค
30	กระบอกไฮดรอลิคขนาด 80x50x100 mm.	-	สำเร็จรูป
31	Power Pack Motor 1ph 220V/AC/50 Hz	-	สำเร็จรูป

4.1.4 ด้านการพัฒนา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลด้านการออกแบบ ดังนี้

ลักษณะของการอัด (Compression) ได้แยกลักษณะการใช้งาน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

4.1.4.1 การพับแบบอัดตัว คือ ชิ้นงานจะมีรูปร่างตามรูปร่างของแม่พิมพ์ตัวบน (Punch) เป็นรูปเป็นรูปตัววี (V) 90 องศา ซึ่งที่แม่พิมพ์ตัวบน (Punch) จะเป็นแบบตัน จะช่วยให้ผิว

ด้านล่างของโลหะได้รับแรงกระทำอย่างทั่วถึง ก่อนที่ปฏิบัติงานพับควรหาขนาดความยาวแผ่นโลหะก่อนการพับ แล้วจะได้ขนาดของชิ้นงานที่ถูกต้องตามต้องการ

4.1.4.2 ส่วนของการดันโลหะแผ่นออก เป็นการออกแบบแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die) เป็นรูปตัววี (V) 90 องศา เพื่อที่รองรับการอัดแผ่นโลหะจะสามารถหลุดออกจากแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die) ได้ง่าย ซึ่งที่แม่พิมพ์ตัวล่าง (Die) จะเป็นแบบตัน จะช่วยให้ผิวด้านล่างของโลหะได้รับแรงกระทำอย่างทั่วถึง

4.1.4.3 การเลือกวัสดุ เป็นการเลือกวัสดุโดยคำนึงถึงความแข็งแรง และราคา ในส่วนที่มีการสัมผัสโลหะชิ้นงานด้วยกัน แม่พิมพ์ตัวบน(Punch)และแม่พิมพ์ส่วนล่าง(Die)ที่ทำการรับการอัด (Compression) ใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือชิ้นส่วน เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม,พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียว ทนทานการเสียดสีสูง บริเวณที่ต้องการความแข็งแรงจะเลือกใช้วัสดุที่เป็นเหล็กโครงสร้างใช้เหล็ก SS400 (JIS) ที่ใช้ผลิตเครื่องพับโลหะเพื่อให้น้ำหนักเบา

4.1.4 ผลการประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและด้านวิศวกรรม

4.1.5.1 ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (N = 3)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
1.	ด้านหน้าที่ใช้สอย			
	1.1เครื่องพับโลหะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้	4.33	0.01	ระดับดี
	1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน	4.00	0	ระดับดี
	1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง	4.00	0	ระดับดี
	1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา	4.33	0.01	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.17**	**0.02**	ระดับดี
2.	**ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน**			
	2.1 เครื่องพับโลหะมีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน	4.33	0.01	ระดับดี

ตารางที่ 4.2 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
	2.2 เครื่องพับโลหะมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	2.3 เครื่องพับโลหะมีความเหมาะสมกับชิ้นงาน	4.33	0.01	ระดับดี
	2.4 เครื่องพับโลหะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	3.67	0.29	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.25**	**0.3**	ระดับดี
3.	**ด้านความปลอดภัย**			
	3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย	4.33	0.01	ระดับดี
	3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.00	0.99	ระดับดี
	3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.42**	**1**	ระดับดี
4.	**ด้านการบำรุงรักษา**			
	4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว	4.33	0.01	ระดับดี
	4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย	4.33	0.01	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.44**	**0.01**	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ย	**4.32**	**1.33**	ระดับดี

จากตารางที่ 4.2 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม อยู่ในระดับดี รวมค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.32) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านที่มีค่าสูงสุด คือ ด้านที่ 4 ด้านการบำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ($\overline{X}$ = 4.44) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่ามีการประเมินสูงสุดเท่ากัน 4 ข้อ โดยเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.67) ในด้านที่ 2 ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ของข้อที่ 2.2 เครื่องพับโลหะมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา ในด้านที่ 3 ด้านความปลอดภัย ของข้อที่ 3.3 มีความปลอดภัยจากการ

เคลื่อนย้าย และของข้อที่ 3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย และในด้านที่ 4 ของข้อที่ 4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย

4.1.5.2 ด้านวิศวกรรม

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้เชี่ยวชาญประเมินด้านวิศวกรรม (N = 3)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
1.	**ด้านความแข็งแรง**			
	1.1 ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง	5.00	0	ระดับดีมาก
	1.2 การยึดและการเชื่อมต่อมีความเหมาะสม	4.33	0.01	ระดับดี
	1.3 ขนาดของชุดอัด (Compression) มีความแข็งแรง	4.00	0	ระดับดี
	1.4 การจับยึดมีความแข็งแรงและเที่ยงตรง	4.33	0.01	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.42**	**0.02**	ระดับดี
2.	**ด้านวัสดุที่ใช้ในการผลิต**			
	2.1 วัสดุเหมาะสมกับประเภทของเครื่องพับโลหะ	4.00	0	ระดับดี
	2.2 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง	4.33	0.01	ระดับดี
	2.3 วัสดุที่นำมาใช้ง่ายต่อการผลิต ประกอบชิ้นงาน	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	2.4 วัสดุที่ใช้ได้มาตรฐานความสะดวก และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.42**	**0.01**	ระดับดี
3.	**ด้านระบบกลไก**			
	3.1 ทำความสะอาดระบบกลไกสะดวก	4.00	0	ระดับดี
	3.2 กลไกมีความเหมาะสมในด้านต้นทุนการผลิต	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	3.3 มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุจากการระบบกลไกของเครื่อง	3.67	0.01	ระดับดีมาก
	3.4 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกได้อย่างเหมาะสม	5.00	0	ระดับดีมาก
	3.5 การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบกลไกเป็นแบบง่ายไม่ซับซ้อน	4.67	0.01	ระดับดีมาก
	3.6 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกของอุปกรณ์ตั้งระยะได้อย่างเหมาะสม	4.67	0.01	ระดับดีมาก

ตารางที่ 4.3 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.44**	**0.04**	**ระดับดี**
	รวมค่าเฉลี่ย	**4.43**	**0.07**	**ระดับดี**

จากตารางที่ 4.3 พบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านวิศวกรรม อยู่ในระดับดี รวมค่าเฉลี่เท่ากับ($\overline{X} = 4.43$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านที่มีค่าสูงสุด คือ ด้านที่ 3 ด้านระบบกลไก เท่ากับ ($\overline{X} = 4.44$) และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่ามีการประเมินสูงสุดเท่ากัน 2 ข้อ พบว่ามีค่าเฉลี่ยสูงสุด โดยค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X} = 5.00$) ในด้านที่ 1 ด้านความแข็งแรง ของข้อที่ 1.1 ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง และในด้านที่ 3 ด้านระบบกลไก ของข้อที่ 3.4 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกได้อย่างเหมาะสม

4.2 ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์

ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตรจาก กรมทรัพย์สินทางปัญญา กระทรวงพานิชย์ เพื่อทำการตรวจสอบ และจดสิทธิบัตร/ อนุสิทธิบัตร จากกรมทรัพย์สินทางปัญญา ทางด้าน การออกแบบผลิตภัณฑ์ตามเลขที่คำขอ 0802003096

4.3 ผลของการประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของ ประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ (N = 30)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
1.	**ด้านหน้าที่ใช้สอย**			
	1.1 เครื่องพับโลหะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้	4.50	0.00	ระดับดีมาก
	1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน	4.33	0.10	ระดับดี
	1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง	4.23	0.10	ระดับดี
	1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา	4.50	0.00	ระดับดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.39**	**0.20**	**ระดับดี**

ตารางที่ 4.4 (ต่อ)

ข้อที่	รายการประเมิน	$\overline{X}$	S.D.	ผลการประเมิน
2.	**ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน**			
	2.1 เครื่องพับโลหะ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน	4.23	0.10	ระดับดี
	2.2 เครื่องพับโลหะมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา	4.27	0.10	ระดับดี
	2.3 เครื่องพับโลหะมีความเหมาะสมกับชิ้นงาน	4.20	0.00	ระดับดี
	2.4 เครื่องพับโลหะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.37	0.10	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.27**	**0.10**	ระดับดี
3.	**ด้านความปลอดภัย**			ระดับดี
	3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย	4.27	0.10	ระดับดี
	3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน	4.20	0.00	ระดับดี
	3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย	4.20	0.00	ระดับดี
	3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย	4.23	1.10	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.23**	1.00	ระดับดี
4.	**ด้านการบำรุงรักษา**			ระดับดี
	4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว	4.47	0.10	ระดับดี
	4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย	4.37	0.10	ระดับดี
	4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย	4.57	0.10	ระดับดีมาก
	รวมค่าเฉลี่ยเฉพาะด้าน	**4.47**	**0.30**	ระดับดี
	รวมค่าเฉลี่ย	**4.43**	**0.35**	ระดับดี

จากตารางที่ 4.4 พบว่า ผู้ผลิตชิ้นส่วนโลหะแผ่น ประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ อยู่ในระดับดี รวมค่าเฉลี่ย เท่ากับ($\overline{X} = 4.43$) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน ด้านที่มีความพึงพอใจสูงสุด คือ ด้านที่ 4 ด้านการบำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ($\overline{X} = 4.47$)

และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายข้อ พบว่ามีความพึงพอใจสูงสุด คือ ด้านที่ 4 ด้านการบำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ($\overline{X} = 4.57$) ของข้อที่ 4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย และ ด้านที่ 1 ด้านหน้าที่ใช้สอย ของข้อที่ 1.1 เครื่องพับโลหะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ ($\overline{X} = 4.50$) และข้อที่ 1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษาโดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ($\overline{X} = 4.50$)

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ ในบทนี้เป็นการสรุปผลการวิจัยวัตถุประสงค์ของการวิจัย ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ ทั้งนี้ยังประกอบด้วยข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้ และข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัยในครั้งต่อไปดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ
2. เพื่อประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์
3. เพื่อหาความพึงพอใจในการใช้งานของเครื่องพับโลหะ

5.1.2 ผลการวิจัย

ผลสรุปของการวิจัย เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินประสิทธิภาพ และประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานของเครื่องพับโลหะ ได้สรุปผล ดังนี้

1. ผลการประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.32) และด้านวิศวกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.43)

2. ผลการประเมินคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์

ได้ทำการขอรับและทำการจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เพื่อรับสิทธิในการออกแบบผลิตภัณฑ์ ตามเลขที่คำขอ 0802003096

3. ผลการประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานพับโลหะ โดยผู้ผลิตชิ้นส่วน อยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.43)

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยของการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ ผู้วิจัยได้นำประเด็นที่สำคัญของการวิจัย โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

ในการศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ ผู้วิจัยได้ใช้หลักการพัฒนาด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ซึ่งทั้งนี้เป็นเพราะผลิตภัณฑ์ที่ดีควรต้องมีหน้าที่ใช้สอยที่ดี ต้องออกแบบผลิตภัณฑ์ให้มีรูปแบบ ตรงตามเป้าหมายสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ โดยมีการใช้งานที่ง่าย สะดวกสบาย ดูแลรักษาทำความสะอาดง่าย ความปลอดภัยในการใช้เครื่อง เมื่อใช้ผลิตภัณฑ์แล้ว ไม่เกิดอันตรายจากเครื่องจักรรวมทั้งการเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างที่จะไม่เกิดสารพิษทำอันตรายแก่ร่างกายได้ ความคงทนแข็งแรงของตัวผลิตภัณฑ์ การคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมกับสัดส่วนผู้ใช้งาน เคลื่อนย้ายสะดวกและการจัดวางตำแหน่งระบบกลไกได้เหมาะสม ส่วนด้านวิศวกรรมผู้วิจัยได้ใช้หลักในการศึกษาและพัฒนาการออกแบบเครื่องจักรกลของ วริทธิ์ อึ๊งภากรณ์ และชาญ ถนัดงาน (2540:12-13) ที่กล่าวว่า ในการออกแบบเครื่องจักรกล อุปกรณ์และภาชนะที่ใช้ในกระบวนการผลิตโลหะนั้นต้องมีการศึกษารายละเอียดทางด้านความแข็งแรงคุณสมบัติของวัสดุที่ใช้ในการผลิต รวมทั้งระบบต่างๆ ของเครื่องจักรกล เพื่อให้การออกแบบเครื่องจักรกล มีความเหมาะสมกับการใช้งาน และเกิดความปลอดภัย ส่วนด้านคุณภาพ ผู้วิจัยได้นำแนวคิดของ วิฑูรย์ สิมะโชคดี (2541:2-8) ได้รวบรวมความหมายของคุณภาพดังนี้ ความเหมาะสมกับการใช้งานเป็นไปตามที่ต้องการ หรือเป็นไปตามที่กำหนดไว้ ความพึงพอใจของ คุณลักษณะต่าง ๆ ทั้งหมดของผลิตภัณฑ์ (สินค้า) หรือบริการซึ่งแสดงถึงความสามารถในการสนองความต้องการที่กำหนดไว้ ความสามารถในการลดความสูญเสียต่าง ๆ ขององค์กรลงได้ไม่ว่าจะเป็น การลดจำนวนของเสีย การลดงานที่ต้องแก้ไข หรือทำใหม่ การลดปัญหา การร้องเรียนจากลูกค้า ลดการสูญเสียลดต้นทุน

- การประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.32) ทั้งนี้เพราะเครื่องพับโลหะ มีลักษณะการออกแบบโครงสร้างแข็งแรง ทนทาน การเลือกใช้วัสดุในการผลิตมีความเหมาะสม แข็งแรง ด้านหน้าที่ใช้สอย มีการใช้งานที่ง่าย สะดวกสบาย มีความปลอดภัย การคำนึงถึงสัดส่วนที่เหมาะสมกับสัดส่วนของผู้ใช้งาน การเคลื่อนย้ายสะดวก

- การประเมินด้านวิศวกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ ผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.43) ทั้งนี้เพราะ เครื่องพับโลหะ มีโครงสร้างที่แข็งแรง ปลอดภัย

ง่ายต่อการใช้งาน ทางการออกแบบซึ่งทำการจดสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เพื่อรับสิทธิใน การออกแบบผลิตภัณฑ์ เลขที่คำขอ 0802003096

- การประมินความพึงพอใจทาง ด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ โดยผลการประเมินในภาพรวมอยู่ในเกณฑ์ที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ ($\overline{X}$ = 4.43) เพราะผู้ใช้งานของเครื่องพับโลหะต้องการความสะดวกสบายสำหรับการใช้งานรวมทั้งมี ความปลอดภัย การบำรุงรักษา ราคาประหยัด การจัดวางตำแหน่งต่างๆ ของระบบกลไก และสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

จากผลการวิจัยสามารถนำผลไปเป็นข้อเสนอแนะและนำไปใช้ ดังนี้

1. ด้านการศึกษาเครื่องพับโละนอกจากจุดประสงค์เพื่อใช้พับโลหะในโรงงานแล้ว อาจนำไปประยุกต์ใช้กับงานในโรงงานอุตสาหกรรมขนาดย่อมและขนาดกลางล้วนแต่คำนึงถึงขบวนการผลิตที่ประหยัดเวลา, ต้นทุน และต้องได้คุณภาพเทคโนโลยีที่ทันสมัย รวมทั้งผลิตเพื่อขายจำหน่ายในท้องตลาดในราคาที่เหมาะสม

2. เครื่องพับโลหะ มีขนาดเล็ก สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และมีขนาดเบาสามารถนำไปติดตั้งตามไซค์งานที่ต่างๆ

3. ขั้นตอนในการพับ 2 หรือ 3 ขั้นตอน อยู่ในชุดเดียวกันไม่ซับซ้อน อัตราการทำงานจะใช้ระยะเวลาประมาณ 20 วินาที /1 แผ่น 1 ชั่วโมงจะได้ 180 แผ่น

4. ด้านระบบส่งกำลัง เพื่อให้เกิดการผ่อนแรง เป็นระบบส่งกำลังการกดโดยมีต้นกำลังเป็นชุด Power Pack Motor 1 ph 220 V/AC /50 Hz เป็นตัวขับมีกำลังดันสูงสุดไม่เกิน 140 Bar. ในชุดอุปกรณ์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น ถังน้ำมัน วาล์วควบคุมทิศทาง วาล์วควบคุมความดัน วาล์วควบคุมอัตราการไหล กระบอกสูบ และอื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกพัฒนาให้มาประกอบอยู่ในชุดเดียวกัน ที่ใช้ควบคุมแรง ทิศทาง ตำแหน่ง และความเร็วของลูกสูบนั้น เพื่อให้ทำงานได้โดยปลอดภัย ทำงานได้เรียบสม่ำเสมอ ใช้พลังงานน้อย เกิดความร้อนน้อย ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและขณะใช้งานการบำรุงรักษาได้ง่าย

5. สามารถนำ เครื่องพับโลหะ ขนาดเล็กไปใช้แทนเครื่องพับโลหะ ขนาดใหญ่ได้

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จากผลการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำผลของข้อเสนอแนะจากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญและการประเมินความพึงพอใจของผู้ผลิตชิ้นส่วน ได้ดังนี้

1. ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

- การถอดอุปกรณ์เพื่อทำความสะอาด ควรจะออกแบบการถอดและการจับยึดแบบง่าย เพื่อให้สะดวกในการบำรุงรักษา
- ควรควบคุมปริมาณให้มีน้ำหนักของแผ่นโลหะให้เท่ากันทุกแผ่น
- ปรับปรุงรูปทรงของเครื่องโลหะที่ยังแข็งกระด้าง
- ควรเลือกใช้วัสดุที่ผลิตง่าย และราคาที่เหมาะสม
- ชุดต้นกำลังเปลี่ยนเป็น Hand Pump ได้โดยไม่มีระบบมอเตอร์ไฟฟ้า
- เปลี่ยนรูปทรงแม่พิมพ์ส่วนบน (Punch) และ แม่พิมพ์ส่วนล่าง (Die) ได้

2. ด้านวิศวกรรม

- ปรับปรุงฐานให้มีความแข็งแรงมากขึ้น
- โครงสร้างคู่ขนานของเครื่องพับโลหะเปลี่ยนวัสดุใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือชิ้นส่วน และลดความหนาเหล็กได้น้ำหนักเบา

3. ด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน

- ระบบมอเตอร์ไฟฟ้าการเปิด/ปิดมีปลั๊กที่สะดวก
- ระบบชุดต้นกำลังและอุปกรณ์
- ชุดเกลียวเร่งเข้าออกให้ระยะขนาดวัดในการวางชิ้นงานก่อนการพับ
- การบำรุงรักษา

ในการของการประเมินทางด้านๆต่างๆ ควรจะหาข้อมูลและสอบถามความต้องการของผู้ใช้ก่อนเป็นลำดับแรก จากนั้นจึงนำข้อมูลมาสรุปเพื่อที่จะได้ข้อมูลมาใช้ในการสร้างเครื่องมือในการพัฒนาเครื่องพับโลหะ และ ทุกคำถามจากแบบประเมินจะต้องศึกษามาจากนิยามศัพท์และวัตถุประสงค์เพื่อที่จะให้ตอบสนองกับวัตถุประสงค์และนิยามศัพท์ จากนั้นวิเคราะห์เครื่องมือในแต่ละรายการ

บรรณานุกรม

ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์ และ ปานเพชร ชินินทร. 2544.**ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม.**กรุงเทพฯ ซีเอ็ดยูเคชั่น.

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม. 2542. **คู่มือเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา.**กรุงเทพฯ: สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าขุนทหารลาดกระบัง

จุลศิริ ศรีงามผ่อง. 2539. **วิศวกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นเบื้องต้น.** มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, พิมพ์ครั้งที่ 8.

ชาญ ถนัดงาน และคณะ. 2533. **คู่มือการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ราคาถูกสำหรับงานเพรส.** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

ชาญชัย ทรัพยากร และคณะ.2538. **การออกแบบแม่พิมพ์.**กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), พิมพ์ครั้งที่ 10.

บรรเลง ศรนิล และประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. 2524. **ตารางงานโลหะ.** กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

มานพ ตันตระบัณฑิตย์.2539.**เขียนแบบวิศวกรรม (ระบบ ISO และเมตริก).**กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), พิมพ์ครั้งที่ 2.

วริทธิ์ อึ๊งอาภรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน. 2544. **การออกแบบเครื่องจักรกล.** กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วชิระ มีทอง.2529.การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์.กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 259หน้า, พิมพ์ครั้งที่ 1.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี. 2541.**คุณภาพคือความอยู่รอด.**กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 281หน้า, พิมพ์ครั้งที่ 1.

สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ.2550.**การศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.**กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สาคร คันธโชติ.2528.**กรรมวิธีการผลิต.** กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ส่ง สุตานนท์. 2533.**ไฟฟ้าเบื้องต้น.** กรุงเทพฯ: สัมพันธ์พาณิชย์.

http://www.bssteel.co.th/product_th.hthl

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและผลการวิเคราะห์การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC

ภาคผนวก ข หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือในการวิจัย
หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย
หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้ทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย

ภาคผนวก ค คำขอสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร การออกแบบผลิตภัณฑ์

ภาคผนวก ง ภาพแสดงผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ
ภาพแสดงการทดสอบและประเมินประสิทธิภาพเครื่องมือในการวิจัยของกลุ่มตัวอย่าง

ภาคผนวก จ ผลการออกแบบ เขียนแบบเครื่องพับโลหะ

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

และผลการวิเคราะห์การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC

การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1. ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2. แบบประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตอนที่ 3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้กับเครื่องพับโลหะ ซึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว ณ. โอกาสนี้

นายประสพ เพชรนพสกุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

ตอนที่ 1. **ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม**

1. ชื่อ นาย / นาง / นางสาว .....
2. ระดับการศึกษา.

   ปริญญาตรี.....

   ปริญญาโท.....

   ปริญญาเอก.....

   อื่นๆ (ระบุ).....
3. ประสบการณ์ในการทำงาน.....ปี
4. ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งบริหารและหน้าที่ประจำ.

   4.1 .....

   4.2 .....

   4.3 .....

   4.4 .....

   4.5 .....
5. สถานที่ทำงาน.

.....

.....

.....

ตอนที่ 2. **แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม โดยผู้เชี่ยวชาญ.**

<u>คำชี้แจง</u> โปรดทำเครื่องหมาย√ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ในระดับดี
3	หมายถึง	ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ในระดับน้อย
1	หมายถึง	ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ก.1 แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1.ด้านหน้าที่ใช้สอย					
1.1 เครื่องพับโลหะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้					
1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน					
1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง					
1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา					
2.ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน					
2.1 เครื่องพับโลหะ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน					
2.2 เครื่องพับโลหะ มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา					
2.3 การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม					
2.4 เครื่องพับโลหะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก					
3.ด้านความปลอดภัย					
3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย					
3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย					
3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย					
4.ด้านการบำรุงรักษา					
4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว					
4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย					
4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย					

ตอนที่3 **ข้อเสนอแนะอื่นๆ**

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินความคิดเห็น ของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม
การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1. ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2. แบบประเมินด้านวิศวกรรม

ตอนที่ 3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินด้านวิศวกรรมที่ใช้กับเครื่องพับโลหะ ซึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินด้านวิศวกรรมดังกล่าว ณ. โอกาสนี้

นายประสพ เพชรนพสกุล

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม
การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

<u>ตอนที่ 1.</u> **ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม**

1. ชื่อ นาย / นาง / นางสาว.....
2. ระดับการศึกษา.
   ปริญญาตรี.....
   ปริญญาโท.....
   ปริญญาเอก.....
   อื่นๆ (ระบุ).....
3. ประสบการณ์ในการทำงาน.....ปี
4. ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งบริหารและหน้าที่ประจำ.
   4.1 .....
   4.2 .....
   4.3 .....
   4.4 .....
   4.5 .....
5. สถานที่ทำงาน.

.....

.....

.....

ตอนที่ 2. **แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม**

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5 หมายถึง ในระดับดีมาก

4 หมายถึง ในระดับดี

3 หมายถึง ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง ในระดับน้อย

1 หมายถึง ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ก.2 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1.ด้านความแข็งแรง					
1.1 ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง					
1.2 การยึดและการเชื่อมต่อมีความเหมาะสม					
1.3 ขนาดของชุดกดมีความแข็งแรง					
1.4 การจับยึดมีความแข็งแรง					
2.วัสดุที่ใช้ในการผลิต					
2.1 วัสดุเหมาะสมกับประเภทของอาคาร					
2.2 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง					
2.3 วัสดุที่นำมาใช้ง่ายต่อการผลิต ประกอบชิ้นงาน					
2.4 วัสดุที่ใช้มีความสะดวก และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย					
3.ระบบกลไก					
3.1 ทำความสะอาดระบบกลไกสะดวก					
3.2 กลไกมีความเหมาะสมในด้านต้นทุนการผลิต					
3.3 มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุจากการระบบกลไกของเครื่อง					
3.4 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกของได้อย่างเหมาะสม					
3.5 การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบกลไกเป็นแบบง่ายไม่ซับซ้อน					
3.6 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกของอุปกรณ์ตั้งระยะได้					
อย่างเหมาะสม					

ตอนที่3 **ข้อเสนอแนะอื่นๆ**

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ
การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

<u>คำชี้แจง</u> แบบสอบถามนี้ สร้างขึ้นเพื่อศึกษาข้อมูลผู้ผลิตเครื่องพับโลหะ โดยผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการพัฒนาเครื่องพับโลหะ โดยการศึกษาครั้งนี้จะสำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือของท่านในการตอบแบบสอบถามของท่าน ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดให้ข้อมูลครบถ้วนทุกข้อตามความเป็นจริงมากที่สุด

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1. ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2. แบบประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตอนที่ 3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานที่ใช้กับเครื่องพับโลหะ ซึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานที่ใช้กับเครื่องพับโลหะดังกล่าว ณ. โอกาสนี้

นายประสพ เพชรนพสกุล

แบบประเมินความคิดเห็นความพึงพอใจด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ
การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

<u>ตอนที่ 1.</u> **ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม**

1. ชื่อ นาย / นาง / นางสาว.....
2. ระดับการศึกษา.
   ปริญญาตรี.....
   ปริญญาโท.....
   ปริญญาเอก.....
   อื่นๆ (ระบุ).....
3. ประสบการณ์ในการทำงาน.....ปี
4. ตำแหน่งทางวิชาการ ตำแหน่งบริหารและหน้าที่ประจำ.
   4.1 .....
   4.2 .....
   4.3 .....
   4.4 .....
   4.5 .....
5. สถานที่ทำงาน.

.....
.....
.....

ตอนที่ 2. **แบบประเมินด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ**

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย √ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ในระดับดี
3	หมายถึง	ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ในระดับน้อย
1	หมายถึง	ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ก.3 แบบประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ

รายการ	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1.ด้านหน้าที่ใช้สอย					
1.1 เครื่องพับโลหะ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้					
1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน					
1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง					
1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา					
2.ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน					
2.1 เครื่องพับโลหะ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน					
2.2 เครื่องพับโลหะ มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำ ความสะอาด บำรุงรักษา					
2.3 การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม					
2.4 เครื่องฯ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก					
3.ด้านความปลอดภัย					
3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย					
3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย					
3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย					
4.ด้านการบำรุงรักษา					
4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว					
4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย					
4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย					

<u>ตอนที่ 3</u> **ข้อเสนอแนะอื่นๆ**

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการวิเคราะห์การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC

เป็นการนำแบบสอบถาม แบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม แบบประเมินความคิดเห็นด้านวิศวกรรม และแบบประเมินความคิดเห็นด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน มาทำการวิเคราะห์หาค่าความตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามแต่ละข้อให้ตรงกับจุดประสงค์ (IOC) จากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน ดังนี้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม
   ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
   คณะครุสาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา
   คณะครุสาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. อาจารย์ ดร.อภิสักก์ สินธุภัค
   หัวหน้าสาขาวิชาศิลปอุตสาหกรรม
   คณะครุสาสตร์อุตสาหกรรม
   สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1. แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดพิจารณาข้อคำถามในแต่ละข้อที่แนบมาว่าตรงกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่โดยให้กาจงกาเครื่องหมาย✓ลง ในช่อง +1 ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง 0 ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง -1 ข้อคำถามมีไม่ความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย หมายถึง เครื่องพับโลหะ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งานลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลงง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา

2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หมายถึง เครื่องพับโลหะมีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำ ความสะอาด บำรุงรักษา การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3. ด้านความปลอดภัย หมายถึง การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัยในการใช้งานการเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย

4. ด้านการบำรุงรักษา หมายถึง การประกอบติดตั้งชิ้นส่วนเครื่องสะดวก และรวดเร็ว ถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่ายทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย

ตารางที่ ก.4 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็นด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย			
1.1เครื่องพับโลหะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้			
1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน			
1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง			
1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา			
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
2.1 เครื่องพับโลหะมีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน			
2.2 เครื่องพับโลหะมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา			
2.3 เครื่องพับโลหะมีความเหมาะสมกับชิ้นงาน			

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
2.4 เครื่องพับโลหะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก			
3. ด้านความปลอดภัย			
3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย			
3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย			
3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย			
4. ด้านการบำรุงรักษา			
4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว			
4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย			
4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ก.5 ความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็น ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลของการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย						
1.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน						
2.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.4	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
3. ด้านความปลอดภัย						
3.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4. ด้านการบำรุงรักษา						
4.1	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
4.2	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
4.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

2. แบบประเมินด้านวิศวกรรม

<u>คำชี้แจง</u> โปรดพิจารณาข้อคำถามในแต่ละข้อที่แนบมาว่าตรงกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่โดยให้กาจงกาเครื่องหมาย√ลง ในช่อง +1 ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง 0 ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง -1 ข้อคำถามมีไม่ความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์

1. ด้านความแข็งแรง หมายถึง ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง การยึดและการเชื่อมต่อความเหมาะสม ขนาดของชุดอัดและการจับยึดมีความแข็งแรง

2. วัสดุที่ใช้ในการผลิต หมายถึง วัสดุเหมาะสมกับประเภทของเครื่องพับโลหะการเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรงนำมาใช้ง่ายต่อการผลิต ประกอบชิ้นงานที่ใช้มีความสะดวก และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย

3. ระบบกลไก หมายถึง ทำความสะอาดระบบกลไกสะดวกมีความเหมาะสมในด้านต้นทุนการผลิตปลอดภัยจากอุบัติเหตุจากการระบบกลไกของเครื่องจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกได้อย่างง่ายไม่ซับซ้อนวางตำแหน่งของระบบกลไกของอุปกรณ์ตั้งระยะได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ ก.6 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็นด้านวิศวกรรม สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
1. ด้านความแข็งแรง			
1.1 ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง			
1.2 การยึดและการเชื่อมต่อมีความเหมาะสม			
1.3 ขนาดของชุดอัด (Compression) มีความแข็งแรง			
1.4 การจับยึดมีความแข็งแรงและเที่ยงตรง			
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิต			
2.1 วัสดุเหมาะสมกับประเภทของเครื่องพับโลหะ			
2.2 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง			
2.3 วัสดุที่นำมาใช้ง่ายต่อการผลิต ประกอบชิ้นงาน			
2.4 วัสดุที่ใช้ได้มาตรฐานความสะดวก และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย			
3. ระบบกลไก			
3.1 ทำความสะอาดระบบกลไกสะดวก			

ตารางที่ ก 6 (ต่อ)

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
3.2 กลไกมีความเหมาะสมในด้านต้นทุนการผลิต			
3.3 มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุจากการระบบกลไกของเครื่อง			
3.4 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกได้อย่างเหมาะสม			
3.5 การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบกลไกเป็นแบบง่ายไม่ซับซ้อน			
3.6 การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกของอุปกรณ์ตั้งระยะได้อย่างเหมาะสม			

ตารางที่ ก.7 ความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็นด้านวิศวกรรม สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลของการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ด้านความแข็งแรง						
1.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิต						
2.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.4	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
3. ระบบกลไก						
3.1	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
3.2	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
3.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.6	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

3. แบบประเมินด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้งานเครื่องพับโลหะ

<u>คำชี้แจง</u> **โปรดพิจารณาข้อคำถามในแต่ละข้อที่แนบมาว่าตรงกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่โดยให้กาจงกาเครื่องหมาย√ลง ในช่อง +1 ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย**

ในช่อง 0 ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง -1 ข้อคำถามมีไม่ความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์

1. ด้านหน้าที่ใช้สอย หมายถึง เครื่องพับโลหะ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งานลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลงง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา

2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน หมายถึง เครื่องพับโลหะ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำ ความสะอาด บำรุงรักษา มีความเหมาะสมกับชิ้นงาน สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

3. ด้านความปลอดภัย หมายถึง การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัยในการใช้งานการเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย

4. ด้านการบำรุงรักษา หมายถึง การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว ถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่ายทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย

ตารางที่ ก.8 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินคิดเห็นด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้ งานเครื่องพับโลหะสำหรับผู้ใช้งาน

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย			
1.1เครื่องพับโลหะมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้			
1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน			
1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง			
1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา			
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
2.1 เครื่องพับโลหะ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน			
2.2 เครื่องพับโลหะมีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา			
2.3 เครื่องพับโลหะมีความเหมาะสมกับชิ้นงาน			
2.4 เครื่องพับโลหะสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก			

ตารางที่ ก.8 (ต่อ)

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
3. ด้านความปลอดภัย			
3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย			
3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย			
3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย			
4. ด้านการบำรุงรักษา			
4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว			
4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย			
4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย			

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ตารางที่ ก.9 ความสอดคล้องของแบบประเมินคิดเห็นด้านความพึงพอใจทางด้านการใช้ งานเครื่องพับโลหะสำหรับผู้ใช้งาน

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลของการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย						
1.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
1.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน						
2.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.2	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
2.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3. ด้านความปลอดภัย						
3.1	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
3.2	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
3.3	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
3.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4. ด้านการบำรุงรักษา						
4.1	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
4.2	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
4.3	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

ภาคผนวก ข

หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือในการวิจัย

หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือในการวิจัย

หนังสือขอความอนุเคราะห์ให้ทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2416 วันที่ 30 มิถุนายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.เลิศลักษณ์ กลิ่นหอม

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ได้ทาง เตรียมไว้ให้แล้ว

7/7/51

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2416 วันที่ 30 มิถุนายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

25 ก.ย. 51

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2416 วันที่ 30 มิถุนายน 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.อภิสักก์ สินธุภัค

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมพิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบประเมินดังที่แนบมาพร้อมนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้องและเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ยินดีให้ทำตามข้อเสนอแนะ

15/7/51

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2613 วันที่ 18 กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ธีระพล เทพหัสดิน ณ อยุธยา

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

18/7/2008

ที่ ศธ 0524.04/ [illegible]

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน นายสมพร เพ็ชรยิ้ม

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

13/8/08

ที่ ศธ 0524.04/ 2513

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน นายสุนทร เนื่องอุตม์

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านวิศวกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ยินดีให้ความร่วมมือด้านวิศวกรรม

(นายสุนทร เนื่องอุตม์)
14/8/2551

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม หน่วยบัณฑิตศึกษา งานทะเบียน โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 2613 วันที่ 16 กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.อภิสักก์ สินธุภัค

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล พร้อมกันนี้ได้แนบแบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

ที่ ศธ 0524.04/ 2613

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

15 กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน นายอาทิตย์ เพคยางกูร

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

15/07/08

ที่ ศธ 0524.04/ ๒๐๒๓

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

16 กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

เรียน นายสุภัทรชัย แก้วคำ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมเพื่อการวิจัย

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ"

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในด้านดังกล่าวเพื่อการวิจัยของ นายประสพ เพชรนพสกุล

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ติดต่อ ว่าที่ ร.ต. ประสพ เพชรนพสกุล

(สุภัทรชัย แก้วคำ)

16/07/51

ที่ ศธ 0524.04/ ๒๕๖๖

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบั
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๒๒ กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นายสุรชัย ชัยตระกูลทอง (กรรมการผู้จัดการ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานศรีราชา)

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายประสพ เพชรนพสกุล ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัยภายในสถานประกอบการท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

อนุมัติให้ทำการศึกษาและทดลองเครื่องพับโลหะ

18 ส.ค. 51

ที่ ศธ 0524.04/ 2853

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระ
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

๑๕ กรกฎาคม 2551

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้นักศึกษาทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน นายสุรชาติ ชัยตระกูลทอง (กรรมการผู้จัดการ บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด โรงงานคลองตำหรุ)

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบประเมินเพื่อการวิจัย

ด้วย นายประสพ เพชรนพสกุล นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กำลังจัดทำสาระนิพนธ์ เรื่อง "การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ" คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดอนุญาตให้ นายประสพ เพชรนพสกุล ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัยภายในสถานประกอบการท่านได้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุญาตและขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์จิระเสกข์ ตรีเมธสุนทร)
รองคณบดีกำกับดูแลงานด้านบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติราชการแทนคณบดี

เรียน รองคณบดี ผศ.จิระเสกข์
ขอเรียนชี้แจงเพิ่มเติมว่า
ขอเรียนตามนี้ครับ

หน่วยบัณฑิตศึกษา
โทร. 02-737-3000 ต่อ 3692
โทรสาร. 02- 326-4325

ภาคผนวก ค

คำขอสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร การออกแบบผลิตภัณฑ์

แบบ สป/สผอสป/001-ก(พ)

คำรับรองเกี่ยวกับสิทธิขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

เขียนที่ กรมทรัพย์สินทางปัญญา

วันที่ 13 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2551

เรียน อธิการบดีกรมทรัพย์สินทางปัญญา

ข้าพเจ้า นายสถาพร ศิริบูมี และพวก

ที่อยู่ 291/1 ซอยเชื้อเพลิง (อรรถ) แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120 และ

ข้าพเจ้า นายประสพ เพชรานพสกุล

ที่อยู่ 88/63 ม.1 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110 และ

ข้าพเจ้า .....

ที่อยู่ ..... และ

ขอรับรองและยืนยันเกี่ยวกับสิทธิของข้าพเจ้าในการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ คือ

(ระบุชื่อการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์) เครื่องพับโลหะ

ซึ่ง ข้าพเจ้าขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ดังนี้

1. ข้าพเจ้าเป็นผู้ประดิษฐ์สิ่งที่ขอรับสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร/ผู้ออกแบบสิ่งที่ขอรับสิทธิบัตร ดังกล่าว

2. ไม่มีบุคคลหรือหน่วยงานใดมีสิทธิขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร สำหรับการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์ ที่ขอรับสิทธิบัตร

3. ข้าพเจ้ายังไม่ได้โอนสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรที่ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร แก่บุคคลอื่นใด

4. รายละเอียดต่างๆ ที่ข้าพเจ้าระบุถึงในคำรับรองนี้ ตลอดจนข้อเท็จจริงทั้งปวงที่ระบุในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ถูกต้องและเป็นความจริงทุกประการ

(ลงชื่อ) .....

(นายสถาพร ศิริบูมี และพวก)

.....

(นายประสพ เพชรานพสกุล)

.....

(.....)

หมายเหตุ 1. ให้ยื่นคำรับรองนี้ในกรณีที่ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร เป็นผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบเอง

2. ให้ยื่นคำรับรองนี้พร้อมกับคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

แบบสป/สผอสป/001-ก

ตัวอย่าง

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

- ☐ การประดิษฐ์
- ☑ การออกแบบผลิตภัณฑ์
- ☐ อนุสิทธิบัตร

ข้าพเจ้าผู้ลงลายมือชื่อในคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ตามพระราชบัญญัติสิทธิบัตร พ.ศ. 2522 แก้ไขเพิ่มเติมโดยพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2535 และพระราชบัญญัติสิทธิบัตร (ฉบับที่ 3) พ.ศ. 2542

สำหรับเจ้าหน้าที่

วันรับคำขอ 13 มี.ค. 2551	เลขที่คำขอ
วันยื่นคำขอ 13/10/2551	0802003090

สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ

ใช้กับแบบผลิตภัณฑ์

ประเภทผลิตภัณฑ์

วันประกาศโฆษณา	เลขที่ประกาศโฆษณา
วันออกสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร	เลขที่สิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร

ลายมือชื่อเจ้าหน้าที่

1. ชื่อที่แสดงถึงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
   เครื่องพับโลหะ

2. คำขอรับสิทธิบัตรการออกแบบผลิตภัณฑ์นี้เป็นคำขอสำหรับแบบผลิตภัณฑ์อย่างเดียวกันและเป็นคำขอลำดับที่
   ในจำนวน คำขอ ที่ยื่นในคราวเดียวกัน

3. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร และที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด ประเทศ)
   นายสถาพร ดีบุญมี อ. ชุมแพ 291/1 ซอยเชื้อเพลิง(อรม) แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120
   นายประสพ เพชรนพสกุล
   88/63 ม.1 ต.หนองขาม อ.เสรีราชา จ.ชลบุรี 20110

   3.1 สัญชาติ
   3.2 โทรศัพท์ 089-4444-527,081-793-4977
   3.2 โทรสาร
   3.3 อีเมล์

4. สิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
   ☑ ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบ ☐ ผู้รับโอน ☐ ผู้ขอรับสิทธิโดยเหตุอื่น

5. ตัวแทน (ถ้ามี) ที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด ประเทศ รหัสไปรษณีย์)

   5.1 ตัวแทนเลขที่
   5.2 โทรศัพท์
   5.3 โทรสาร
   5.4 อีเมล์

6. ผู้ประดิษฐ์/ผู้ออกแบบผลิตภัณฑ์ และที่อยู่ (เลขที่ ถนน จังหวัด ประเทศ)
   1. นายสถาพร ดีบุญมี อ. ชุมแพ ที่อยู่ 291/1 ซ.เชื้อเพลิง (อรม) แขวงช่องนนทรี เขตยานนาวา กรุงเทพมหานคร 10120
   2. นายประสพ เพชรนพสกุล ที่อยู่ 88/63 ม.1 ต.หนองขาม อ.เสรีราชา จ.ชลบุรี 20110
   3.

7. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิม
   ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ถือว่าได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ไว้ในวันเดียวกับคำขอรับสิทธิบัตรเลขที่
   วันยื่น เพราะคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้แยกจากหรือเกี่ยวข้องกับคำขอเดิมเพราะ
   ☐ คำขอเดิมมีการประดิษฐ์หลายอย่าง ☐ ถูกคัดค้านเนื่องจากผู้ขอไม่มีสิทธิ ☐ ขอเปลี่ยนแปลงประเภทของสิทธิ

หมายเหตุ ในกรณีที่ไม่อาจระบุรายละเอียดได้ครบถ้วน ให้จัดทำเป็นเอกสารแนบท้ายแบบพิมพ์นี้โดยระบุหมายเลขกำกับข้อและหัวข้อที่แสดงรายละเอียดเพิ่มเติมดังกล่าวด้วย

แบบ สป/สผอสป/001-ก
หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า

8. การยื่นคำขอนอกราชอาณาจักร

วันยื่นคำขอ	เลขที่คำขอ	ประเทศ	สัญลักษณ์จำแนกการประดิษฐ์ระหว่างประเทศ	สถานะคำขอ
8.1				
8.2				
8.3				

8.4 ☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอสิทธิให้ถือว่าได้ยื่นคำขอนี้ในวันที่ได้ยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรในต่างประเทศเป็นครั้งแรก
☐ โดย ☐
ได้ยื่นเอกสารหลักฐานพร้อมคำขอนี้ ขอยื่นเอกสารหลักฐานหลังจากวันยื่นคำขอนี้

9. การแสดงการประดิษฐ์หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรได้แสดงการประดิษฐ์ที่หน่วยงานของรัฐเป็นผู้จัด
วันแสดง วันเปิดงานแสดง ผู้จัด

10. การประดิษฐ์เกี่ยวกับจุลชีพ

10.1 เลขทะเบียนฝากเก็บ	10.2 วันที่ฝากเก็บ	10.3 สถาบันฝากเก็บ

11. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ขอยื่นเอกสารภาษาต่างประเทศก่อนในวันยื่นคำขอนี้และจะจัดยื่นคำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ที่จัดทำเป็นภาษาไทยภายใน 90 วัน นับจากวันยื่นคำขอนี้ โดยขอยื่นเป็นภาษา
☐ อังกฤษ ☐ ฝรั่งเศส ☐ เยอรมัน ☐ ญี่ปุ่น ☐ อื่น ๆ

12. ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้สิทธิลดประกาศโฆษณาคำขอรับสิทธิบัตร หรือรับจดทะเบียนและประกาศโฆษณาอนุสิทธิบัตรนี้ หลังจากวันที่ เดือน พ.ศ.
☐ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรขอให้ใช้รูปเขียนหมายเลข ในการประกาศโฆษณา

13. คำขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรนี้ประกอบด้วย

ก. แบบพิมพ์คำขอ	2	หน้า
ข. รายละเอียดการประดิษฐ์ หรือคำพรรณนาแบบผลิตภัณฑ์		หน้า
ค. ข้อถือสิทธิ	1	หน้า
ง. รูปเขียน	รูป	หน้า
จ. ภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์		
☑ รูปเขียน	6 รูป	3 หน้า
☑ ภาพถ่าย	6 รูป	3 หน้า
ฉ. บทสรุปการประดิษฐ์		หน้า

14. เอกสารประกอบคำขอ
☐ เอกสารแสดงสิทธิในการขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร
☐ หนังสือรับรองการแสดงการประดิษฐ์/การออกแบบผลิตภัณฑ์
☐ หนังสือมอบอำนาจ
☐ เอกสารรายละเอียดเกี่ยวกับจุลชีพ
☐ เอกสารการรับวันยื่นคำขอในต่างประเทศเป็นวันยื่นคำขอในประเทศไทย
☐ เอกสารของเปลี่ยนแปลงประมาทของสิทธิ
☐ เอกสารอื่น ๆ หนังสือโอนสิทธิขอรับสิทธิบัตร
☐

15. ข้าพเจ้าขอรับรองว่า
☐ การประดิษฐ์นี้ไม่เคยยื่นขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตรมาก่อน
☐ การประดิษฐ์นี้ได้พัฒนาปรับปรุงมาจาก .....

16. ลายมือชื่อ (☑ ผู้ขอรับสิทธิบัตร/อนุสิทธิบัตร ☐ ตัวแทน)

(นายธฤทพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ) (นายประสพ เพชรบุลสกุล)

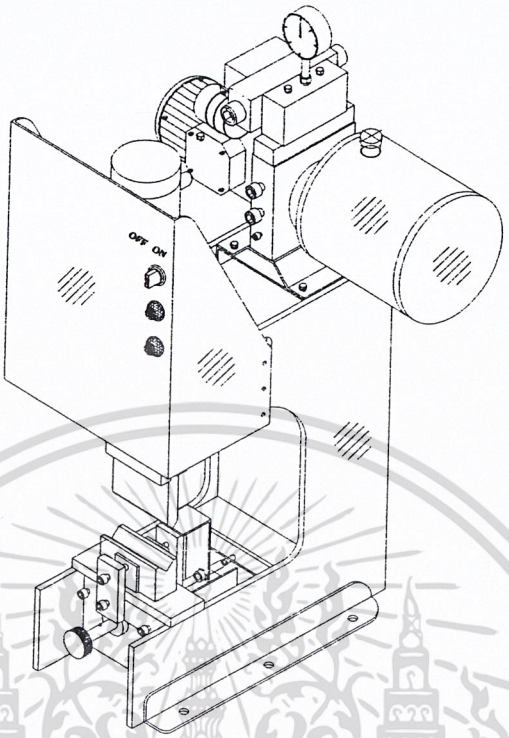
หมายเหตุ บุคคลใดยื่นขอรับสิทธิบัตรการประดิษฐ์ หรือการออกแบบผลิตภัณฑ์ หรืออนุสิทธิบัตร โดยแสดงข้อความอันเป็นเท็จแก่พนักงานเจ้าหน้าที่เพื่อให้ได้ไปซึ่งสิทธิบัตรหรืออนุสิทธิบัตร ต้องระวางโทษจำคุกไม่เกิน 6 เดือน หรือปรับไม่เกินห้าพันบาท หรือทั้งจำทั้งปรับ

หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

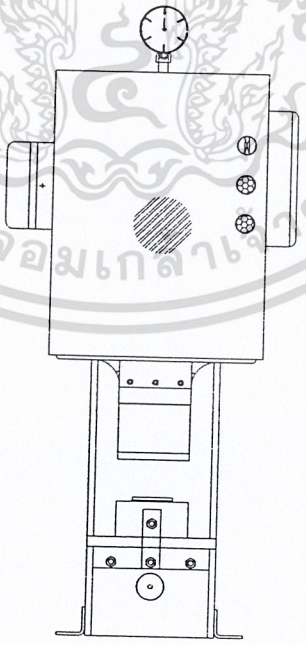
ข้อถือสิทธิ

ขอถือสิทธิในแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งได้แก่ รูปร่าง ลักษณะของ เครื่องพับโลหะ ดังมีรายละเอียดตามที่ปรากฏในภาพแสดงแบบผลิตภัณฑ์ที่ได้ยื่นมาพร้อมนี้

รูปเขียน หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

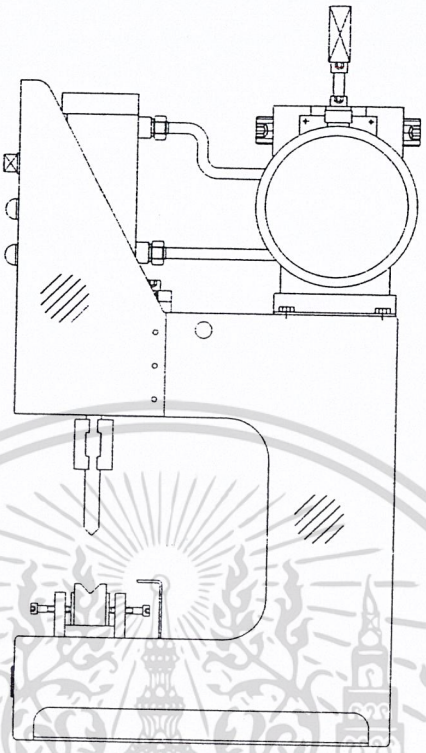


รูปเขียนที่ 1

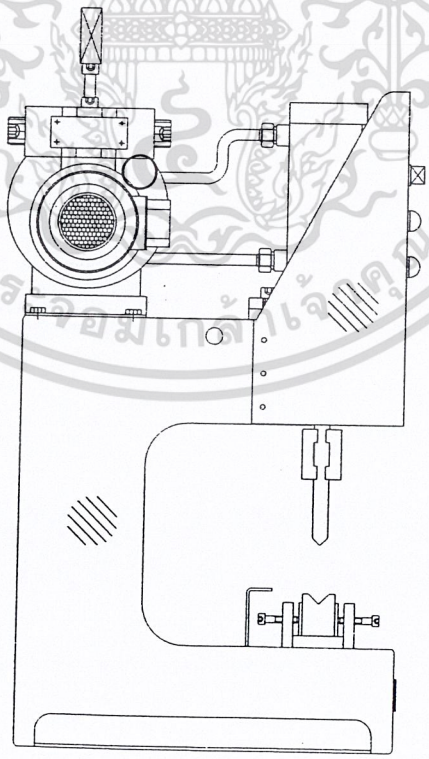


รูปเขียนที่ 2

รูปเขียน หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า

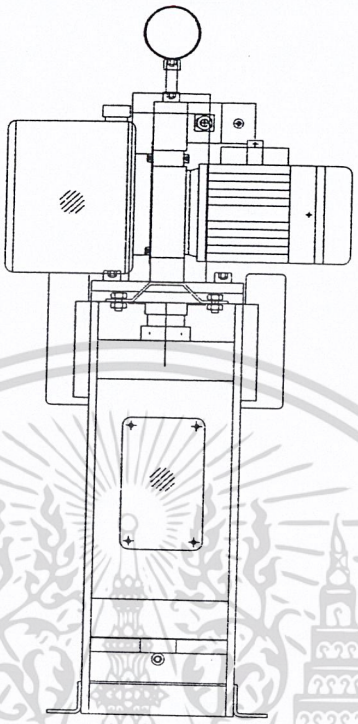


รูปเขียนที่ 3 ภาพ

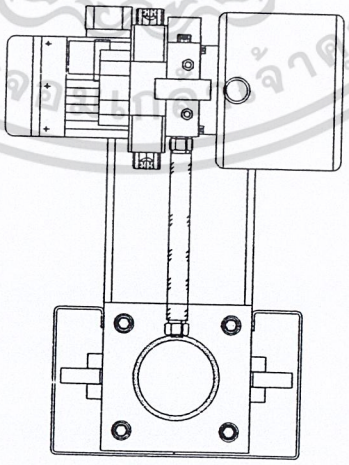


รูปเขียนที่ 4

รูปเขียน หน้า 3 ของจำนวน 3 หน้า

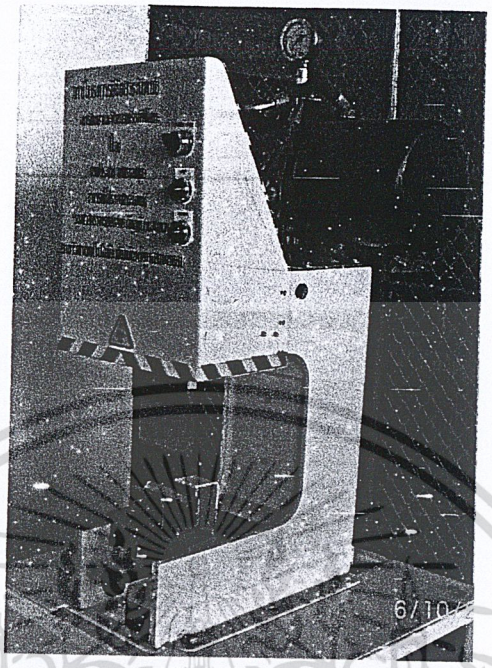


รูปเขียนที่ 5

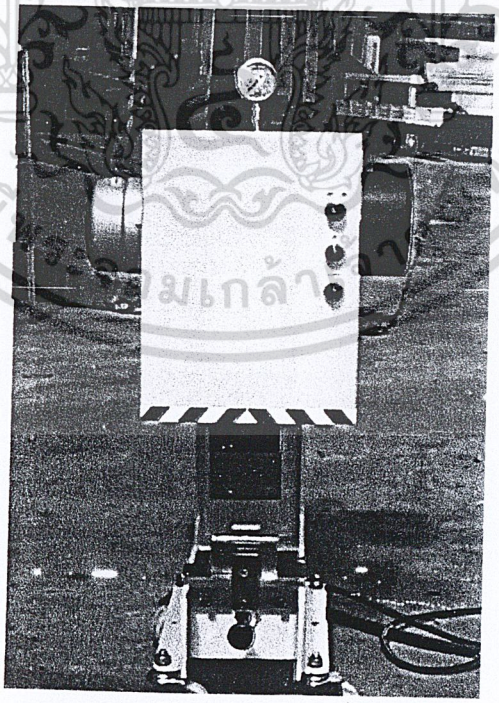


รูปเขียนที่ 6

ภาพถ่าย หน้า 1 ของจำนวน 3 หน้า

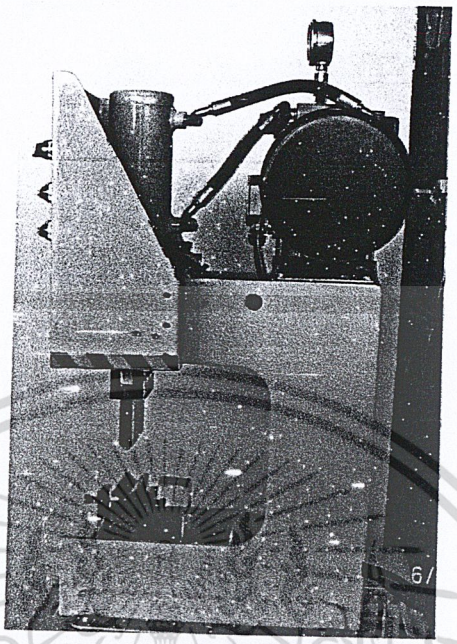


ภาพถ่ายที่ 1

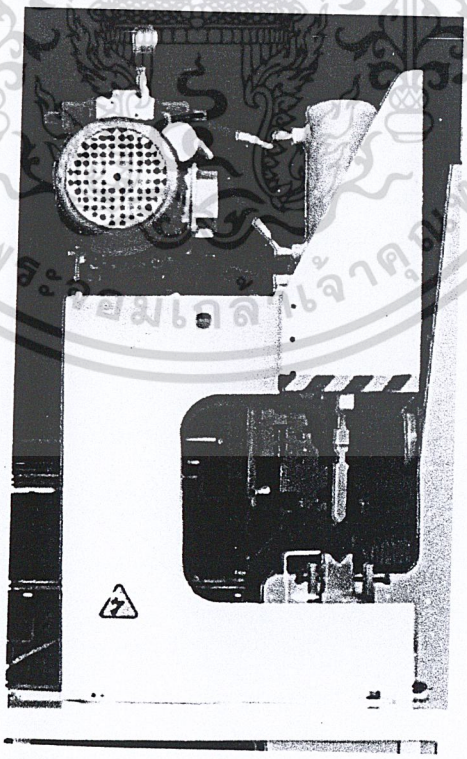


ภาพถ่ายที่ 2

ภาพถ่าย หน้า 2 ของจำนวน 3 หน้า

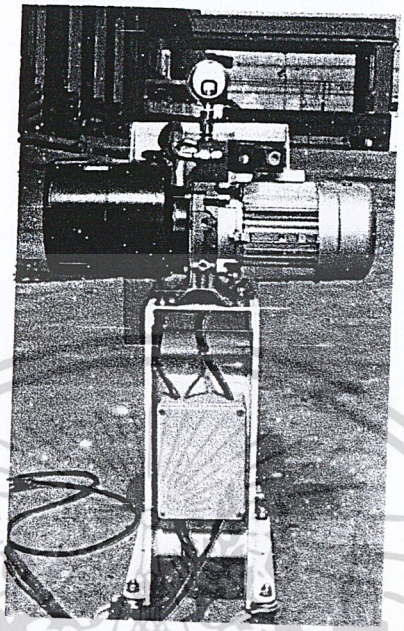


ภาพถ่ายที่ 3

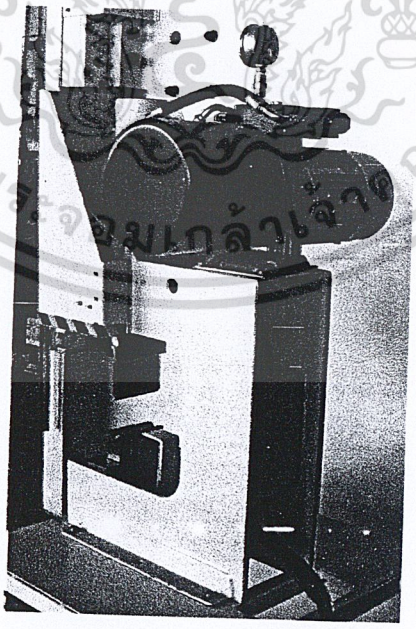


ภาพถ่ายที่ 4

ภาพถ่าย หน้า 3 ของจำนวน 3 หน้า



ภาพถ่ายที่ 5



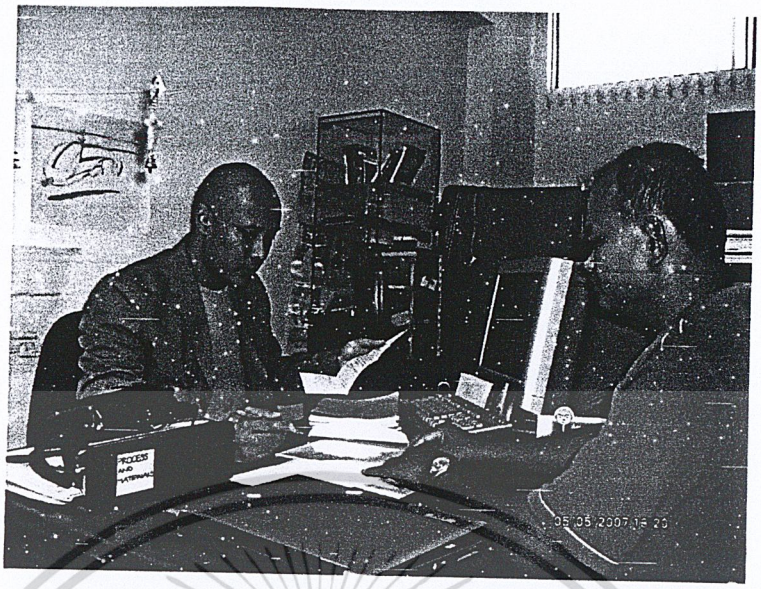
ภาพถ่ายที่ 6

ภาคผนวก ง

ภาพแสดงผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ

ภาพแสดงการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพ

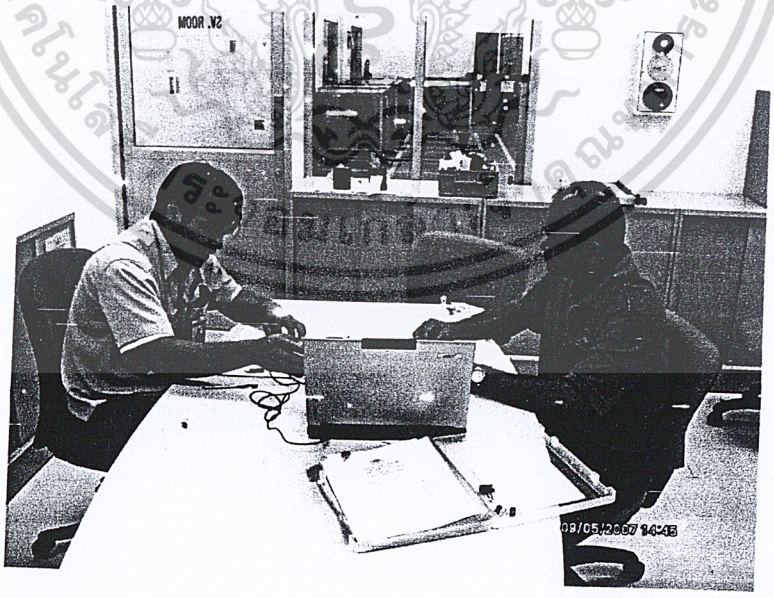
เครื่องมือในการวิจัยของกลุ่มตัวอย่าง



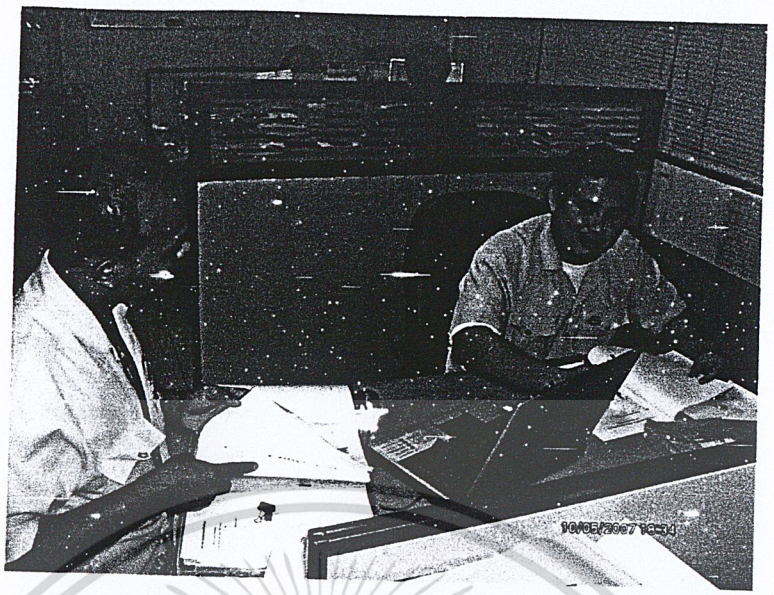
รูปที่ ง 1 อาจารย์ ดร.อภิสักก์ สินธุภัค
ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

รูปที่ ง 2 นายอาทิตย์ เพคยางกูร
ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

รูปที่ ง 3 นายสุภัรทรชัย แก้วคำ
ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



รูปที่ ง 4 นายสมพร เพ็ชรยิ้ม
ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านวิศวกรรม



รูปที่ ง 5 นายสุนทร เนื่องอุตม์

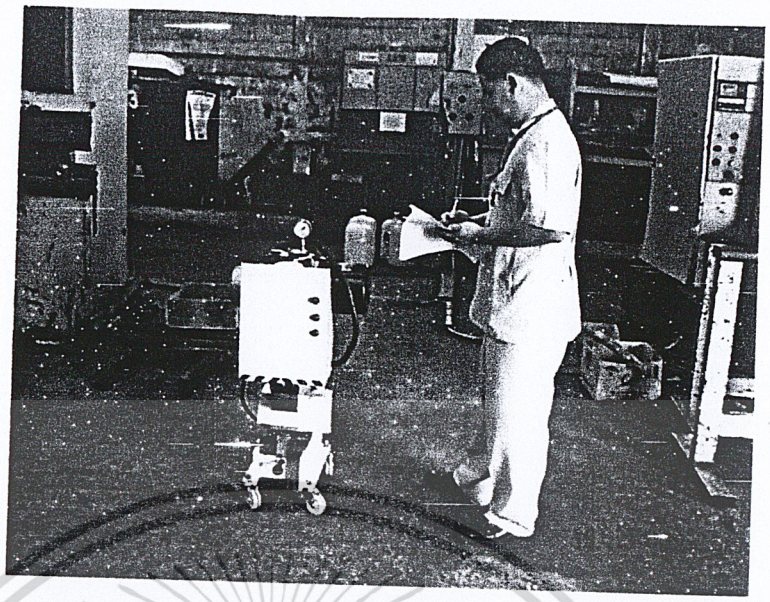
ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านวิศวกรรม

รูปที่ ง 6 นายสุรชัย ชัยตระกูลทอง กรรมการผู้จัดการ

อนุเคราะห์ให้ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย โรงงานศรีราชา

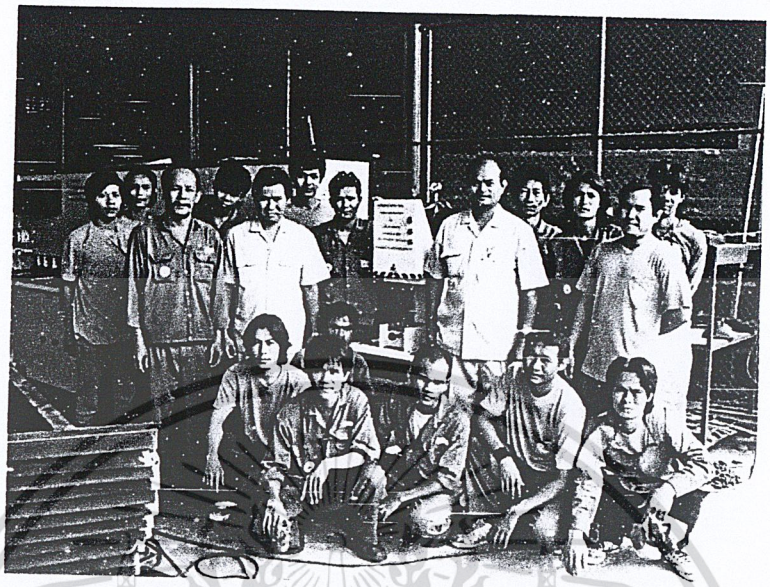
รูปที่ ง 7 นายสุรชาติ ชัยตระกูลทอง กรรมการรองผู้จัดการ
อนุเคราะห์ให้ทดลองใช้เครื่องมือเพื่อการวิจัย โรงงานคลองตำหรุ

รูปที่ ง 8 กลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตชิ้นส่วนโรงงานศรีราชา



รูปที่ ง 9 ผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน โรงงานศรีราชา

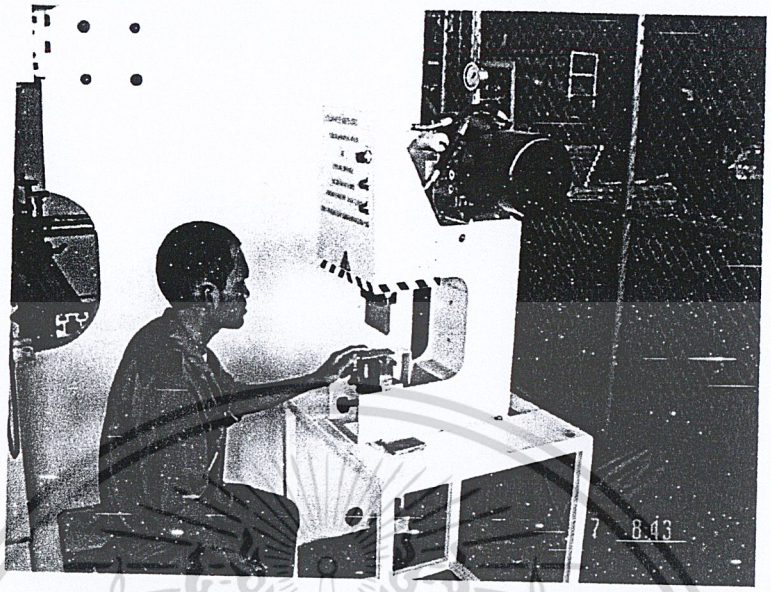
รูปที่ ง 10 ผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการใช้งานโรงงานศรีราชา



รูปที่ ง 11 กลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตชิ้นส่วนโรงงานคลองตำหรุ

รูปที่ ง 12 กลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน

โรงงานคลองตำหรุ



รูปที่ ง 13 กลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน

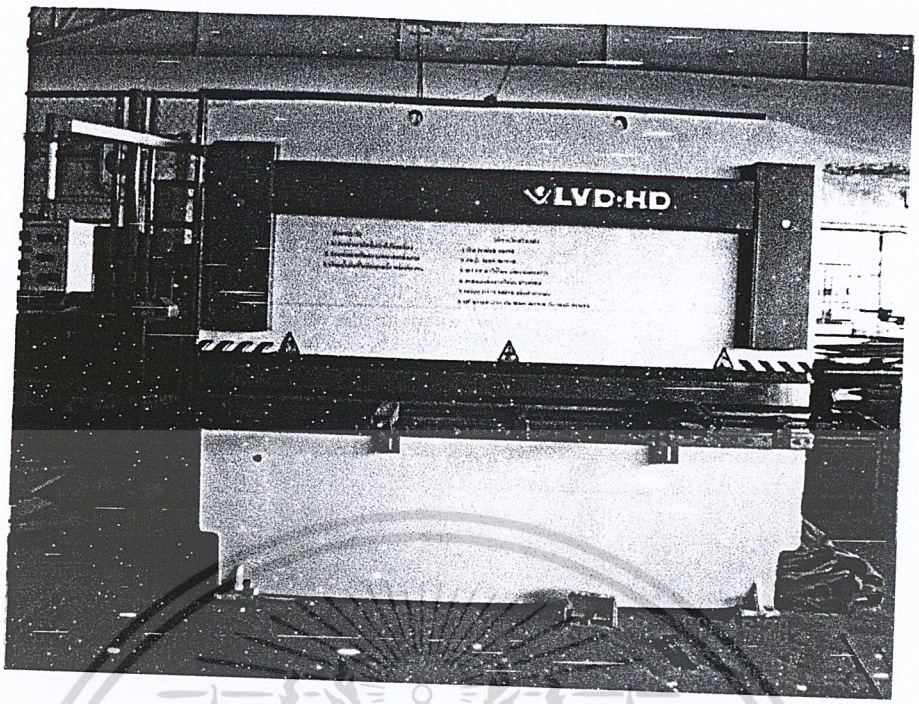
โรงงานคลองตำหรุ

รูปที่ ง 14 กลุ่มตัวอย่างผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินหาความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน

โรงงานศรีราชา

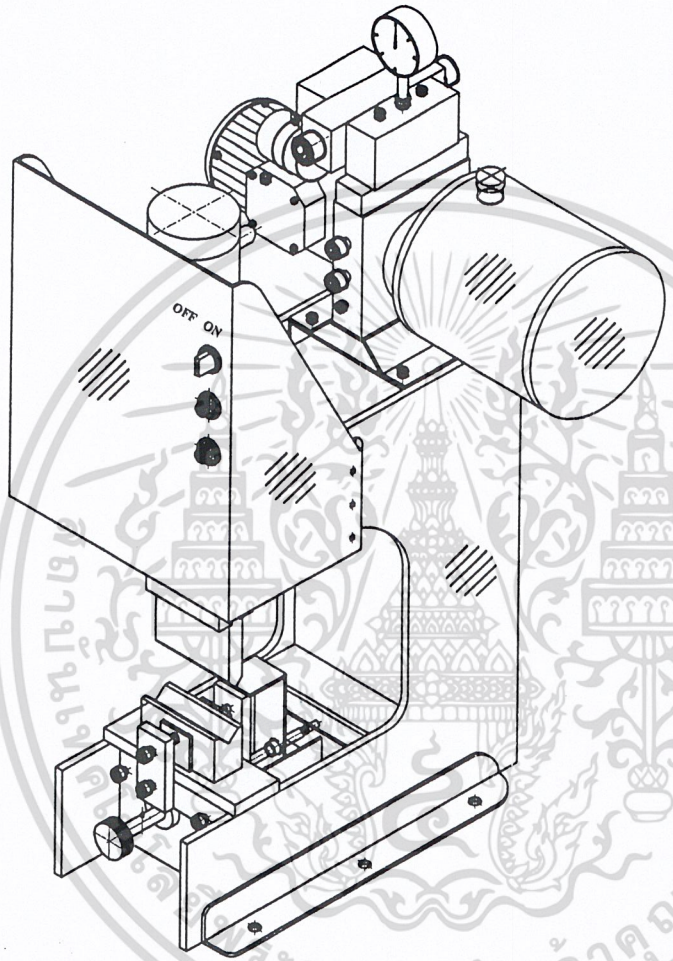
ภาคผนวก จ

การออกแบบ เขียนแบบเครื่องพับโลหะ



รูปที่ จ 1 เครื่องพับโลหะก่อนการพัฒนา 1

รูปที่ จ 2 เครื่องพับโลหะหลังการพัฒนา



ISOMETRIC

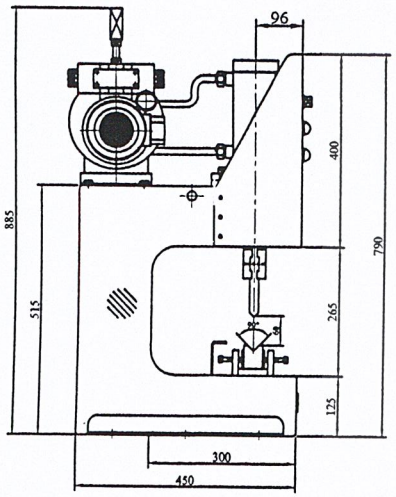
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
1	METAL-BENDING MACHINE		95 Kg.	1	สำเร็จรูป

PART LIST

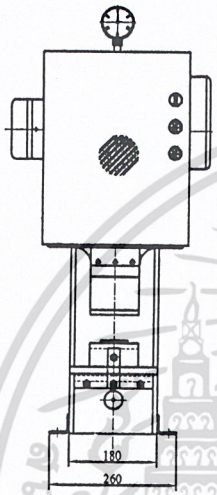
TITLE ISOMETRIC

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

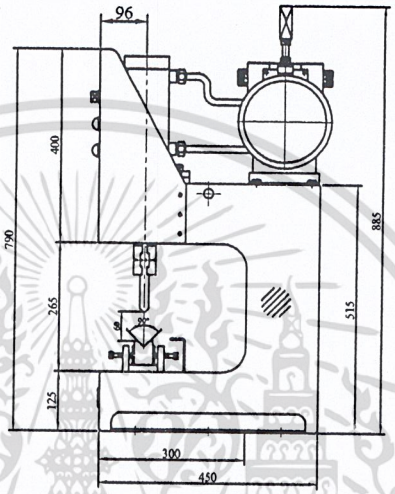
CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไลทะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:8.924
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-01



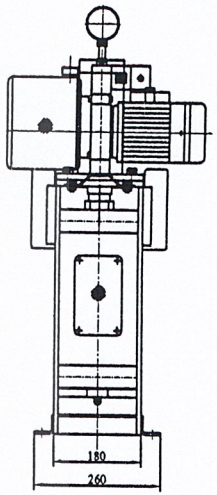
Sied View - Left



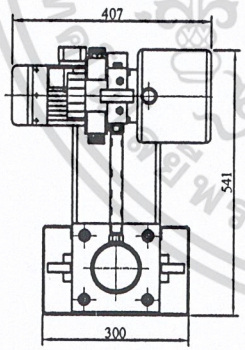
Front View



Sied View - Right



Back View



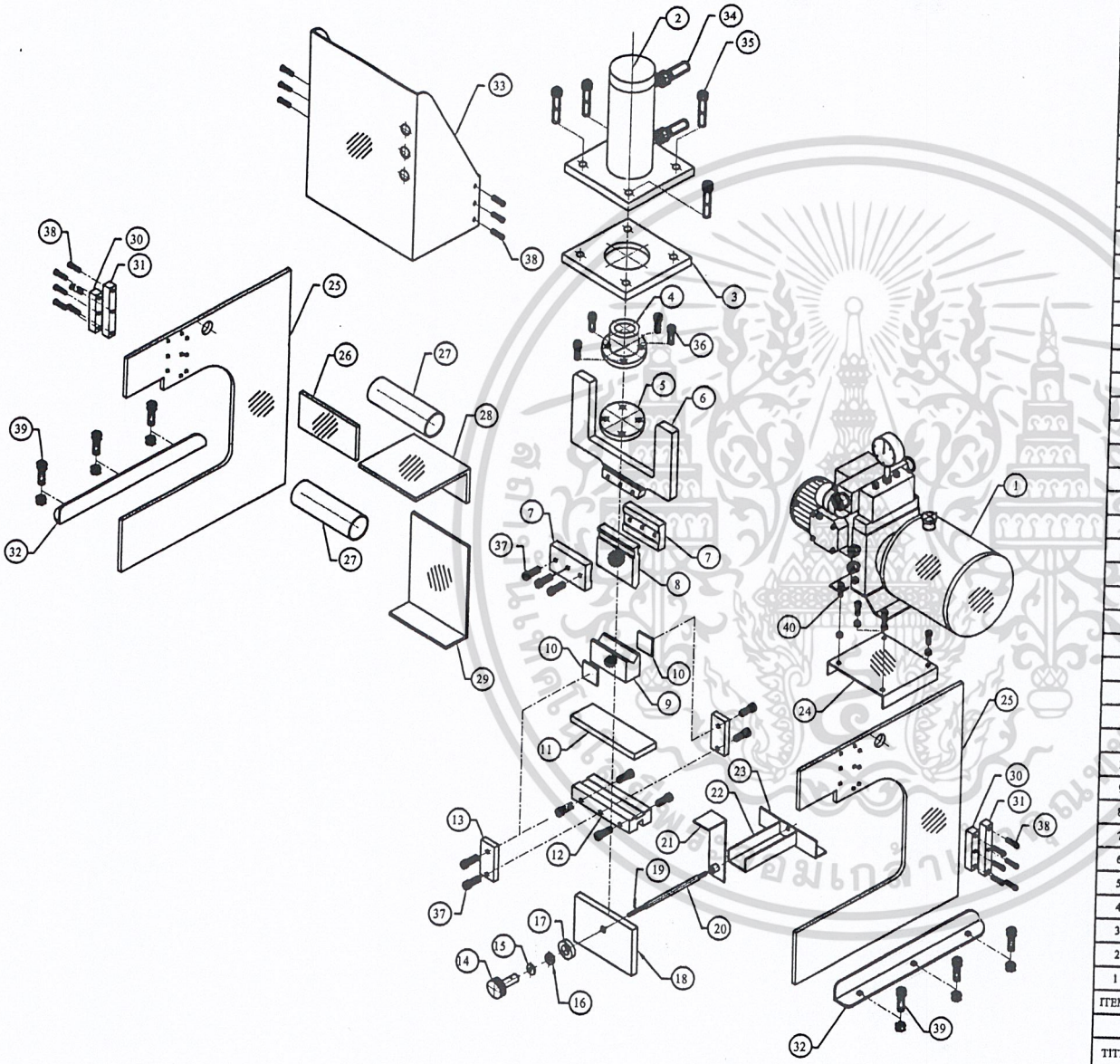
Top View

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	METAL - BENDING MACHINE		95 Kg.	1	สำเร็จรูป

PART LIST

TITLE: ELEVVATION

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE 27/07/2008
	PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ		DRAWN BY	P.Prasop	SCALE 1:15.5
			CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO. 1/2551
			APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO. P-02



	TOTAL WEIGHT		95 Kg.	1	
40	สกรูหัวหกเหลี่ยม M8x12 mm.	8.8	0.50 Kg.	6	สำเร็จรูป
39	สกรูหัวหกเหลี่ยม M12x25 mm.	8.8	0.50 Kg.	3	สำเร็จรูป
38	สกรูหัวหกเหลี่ยม M4x25 mm.	8.8	0.50 Kg.	18	สำเร็จรูป
37	สกรูหัวหกเหลี่ยม M8x25 mm.	8.8	0.50 Kg.	11	สำเร็จรูป
36	สกรูหัวหกเหลี่ยม M10x25 mm.	8.8	0.20 Kg.	4	สำเร็จรูป
35	สกรูหัวหกเหลี่ยม M16x25 mm.	8.8	0.40 Kg.	4	สำเร็จรูป
34	สายไฮดรอลิค 3/8"	DIN	0.50 Kg.	2	สำเร็จรูป
33	เหล็กพับการ์ดป้องกัน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-23
32	เหล็กพับฉากยึดแท่น	SS400	2 Kg.	2	Dwg.P-22
31	เหล็กบังคับแม่พิมพ์ตัวบนให้เที่ยงตรงด้านขวา	SKD11	0.50 Kg.	2	Dwg.P-21
30	เหล็กบังคับแม่พิมพ์ตัวบนให้เที่ยงตรงด้านซ้าย	SKD11	0.50 Kg.	2	Dwg.P-21
29	เหล็กพับฉากค้ำขวางส่วนล่าง	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-20
28	เหล็กพับฉากค้ำขวางส่วนบน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-20
27	เหล็กแป๊ปค้ำขวาง	SS400	0.50 Kg.	2	Dwg.P-19
26	เหล็กแผ่นตั้งค้ำขวางส่วนบน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-19
25	เหล็กโครงสร้างเครื่องพับไฮดรอ	SS400	30 Kg.	2	Dwg.P-18
24	เหล็กพับแท่นรอง Power Pack	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-17
23	เหล็กพับฉากค้ำร่องวัดระยะความยาว	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-16
22	เหล็กพับร่องวัดระยะความยาว	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-16
21	เหล็กพับฉากเพื่อวัดระยะความยาว	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-16
20	เพลาเกลียว M10x211 mm.	SS400	0.01 Kg.	1	Dwg.P-13
19	ปิ้นล็อก 1/8"x25 mm.	ST60K	- Kg.	1	Dwg.P-13
18	แท่นตั้งรองแม่พิมพ์ตัวล่าง(Die)	SS400	2 Kg.	1	Dwg.P-15
17	บูชรองเพลา,ใน 22 mm.โตนอก 38 mm. หนา 9 mm.	SS400	0.01 Kg.	1	Dwg.P-14
16	คลับดูกปืนใน 7 mm.โตนอก 22 mm.หนา 6 mm.	SKD11		1	สำเร็จรูป
15	บูชใน 7 mm.โตนอก 22 mm. หนา 3 mm.	SS400	0.50 Kg.	3	Dwg.P-14
14	สลักเกลียวเข้า-ออก เพื่อวัดระยะความยาว M10x60mm.	SS400	0.25 Kg.	1	Dwg.P-13
13	เหล็กแผ่นยึดสลักเกลียวบังคับปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวล่าง(Die)	SKD11	1.50 Kg.	2	Dwg.P-10
12	แผ่นรองส่วนล่างแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)	SKD11	2 Kg.	1	Dwg.P-12
11	แผ่นรองส่วนบนแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)	SKD11	1.20 Kg.	1	Dwg.P-11
10	ปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)ให้เที่ยงตรง ซ้าย/ขวา	SS400	0.20 Kg.	2	Dwg.P-10
9	แม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)	SKD11	1.17 Kg.	1	Dwg.P-09
8	แม่พิมพ์ตัวบน (Punch)	SKD11	1.06 Kg.	1	Dwg.P-08
7	ปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวบน(Punch)	SKD11	1.50 Kg.	2	Dwg.P-07
6	เหล็กถ่วงน้ำหนักยึดติดแม่พิมพ์ตัวบน	SS400	4.50 Kg.	1	Dwg.P-06
5	หน้าแปลนเชื่อมยึดติดเหล็กถ่วงแม่พิมพ์ตัวบน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-04
4	หน้าแปลนกัปปลิง รูสำหรับสลักเกนไฮดรอลิค M38	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-04
3	หน้าแปลนเชื่อมรองแท่นไฮดรอลิค	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-05
2	กระบอกไฮดรอลิคขนาด 80x50xST 100 mm.		15 Kg.	1	Dwg.P-04
1	Power Pack 220 V / AC / 50 Hz Oil Tank Capacity 3 Liter.		25 Kg.	1	สำเร็จรูป
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK

PART LIST

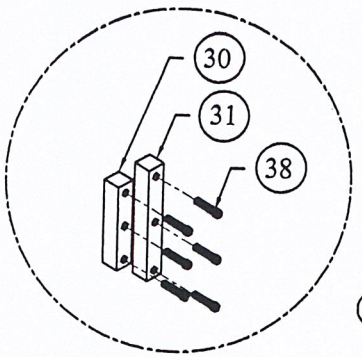
TITLE

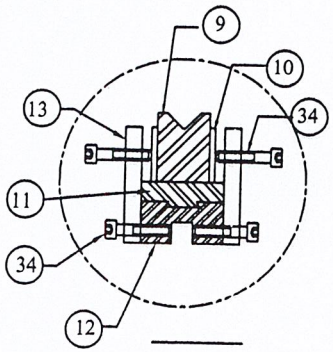
ASSEMBLY DRAWING METAL-BENDING MACHINE

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

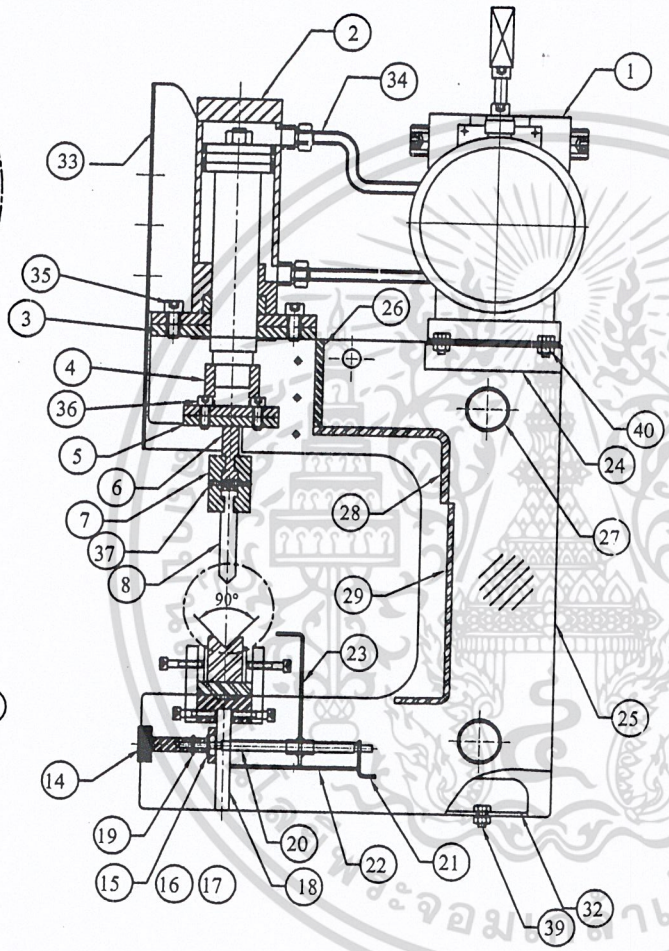
CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	: การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไฮดรอ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:16.5
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-03

UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
MM
FINISH :





Detail



Section

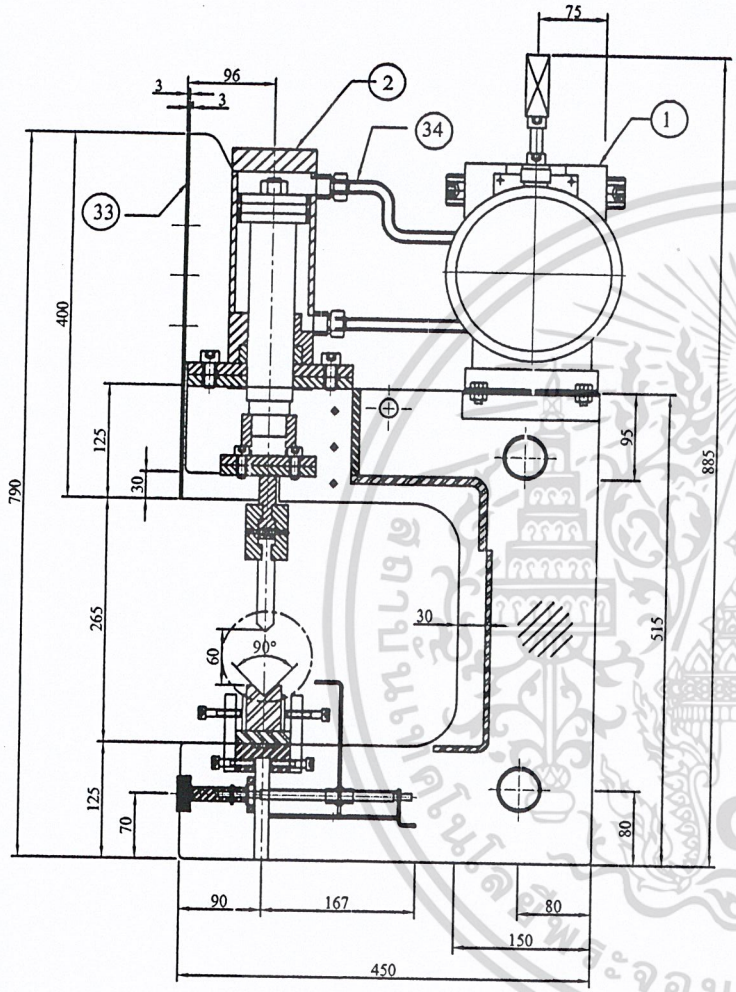
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
	TOTAL WEIGHT		95 Kg.	1	
40	สกรูหัวหกเหลี่ยม M8x12 mm.	8.8	0.50 Kg.	6	สำเร็จรูป
39	สกรูหัวหกเหลี่ยม M12x25 mm.	8.8	0.50 Kg.	3	สำเร็จรูป
38	สกรูหัวหกเหลี่ยม M4x25 mm.	8.8	0.50 Kg.	18	สำเร็จรูป
37	สกรูหัวหกเหลี่ยม M8x25 mm.	8.8	0.50 Kg.	11	สำเร็จรูป
36	สกรูหัวหกเหลี่ยม M10x25 mm.	8.8	0.20 Kg.	4	สำเร็จรูป
35	สกรูหัวหกเหลี่ยม M16x25 mm.	8.8	0.40 Kg.	4	สำเร็จรูป
34	สายไฮดรอลิค 3 / 8"	DIN	0.50 Kg.	2	สำเร็จรูป
33	เหล็กพับการ์ดป้องกัน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-23
32	เหล็กพับฉากยึดแท่น	SS400	2 Kg.	2	Dwg.P-22
31	เหล็กบังคับแม่พิมพ์ด้วบนให้เที่ยงตรงด้วยาวขวา	SKD11	0.50 Kg.	2	Dwg.P-21
30	เหล็กบังคับแม่พิมพ์ด้วบนให้เที่ยงตรงด้วสั้นซ้าย	SKD11	0.50 Kg.	2	Dwg.P-21
29	เหล็กพับฉากค้ำขวางส่วนล่าง	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-20
28	เหล็กพับฉากค้ำขวางส่วนบน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-20
27	เหล็กแป๊ปค้ำค้ำขวาง	SS400	0.50 Kg.	2	Dwg.P-19
26	เหล็กแผ่นตั้งค้ำขวางส่วนบน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-19
25	เหล็กโครงสร้างเครื่องพับไฮหะ	SS400	30 Kg.	2	Dwg.P-18
24	เหล็กพับแท่นรอง Power Pack	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-17
23	เหล็กพับฉากค้ำร่องวัดระยะความยาว	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-16
22	เหล็กพับร่องวัดระยะความยาว	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-16
21	เหล็กพับฉากเพื่อวัดระยะความยาว	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-16
20	เพลาเกลียว M10x211 mm.	SS400	0.01 Kg.	1	Dwg.P-13
19	ปิ้นล็อค 1 / 8"x25 mm.	ST60K	- Kg.	1	Dwg.P-13
18	แท่นตั้งรองแม่พิมพ์ด้วล่าง(Die)	SS400	2 Kg.	1	Dwg.P-15
17	บูชรองเพลา,รูใน 22 mm. โตนอก 38 mm. หนา 9 mm.	SS400	0.01 Kg.	1	Dwg P-14
16	คลับดูกปืนรูใน 7 mm. โตนอก 22 mm.หนา 6 mm.			1	สำเร็จรูป
15	บูช,รูใน 7 mm.โตนอก 22 mm. หนา 3 mm.	SS400	0.50 Kg.	3	Dwg.P-14
14	สลักเกลียวเร่ง เข้า-ออก เพื่อวัดระยะความยาว M10x60mm.	SS400	0.25 Kg.	1	Dwg.P-13
13	เหล็กแผ่นยึดสลักเกลียวบังคับปะกับยึดแม่พิมพ์ด้วล่าง(Die)	SKD11	1.50 Kg.	2	Dwg.P-10
12	แผ่นรองส่วนล่างแม่พิมพ์ด้วล่าง (Die)	SKD11	2 Kg.	1	Dwg.P-12
11	แผ่นรองส่วนบนแม่พิมพ์ด้วล่าง (Die)	SKD11	1.20 Kg.	1	Dwg.P-11
10	ปะกับยึดแม่พิมพ์ด้วล่าง (Die)ให้เที่ยงตรง ซ้าย/ขวา	SS400	0.20 Kg.	2	Dwg.P-10
9	แม่พิมพ์ด้วล่าง (Die)	SKD11	1.17 Kg.	1	Dwg.P-09
8	แม่พิมพ์ด้วบน (Punch)	SKD11	1.06 Kg.	1	Dwg.P-08
7	ปะกับยึดแม่พิมพ์ด้วบน(Punch)	SKD11	1.50 Kg.	2	Dwg.P-07
6	เหล็กถ่วงน้ำหนักยึดติดแม่พิมพ์ด้วบน	SS400	4.50 Kg.	1	Dwg.P-06
5	หน้าแปลนเชื่อมยึดติดเหล็กถ่วงแม่พิมพ์ด้วบน	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-04
4	หน้าแปลนดับปปลิง รูสำหรับสลักแกนไฮดรอลิค M38	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-04
3	หน้าแปลนเชื่อมรองแท่นไฮดรอลิค	SS400	0.50 Kg.	1	Dwg.P-05
2	กระบอกไฮดรอลิคขนาด 80x50xST 100 mm.		15 Kg.	1	Dwg.P-04
1	Power Pack 220 V / AC / 50 Hz Oil Tank Capacity 3 Liter.		25 Kg.	1	สำเร็จรูป

PART LIST

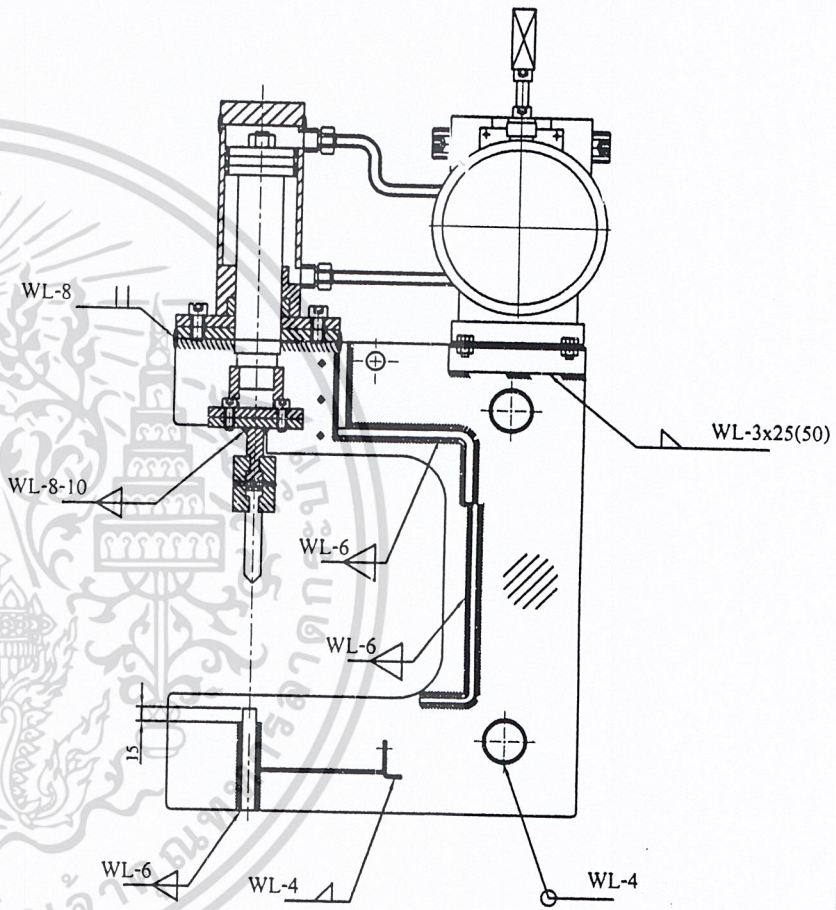
TITLE: SECTION METAL-BENDING MACHINE

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไฮหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:8.28
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-03/1



Section



Section Welding

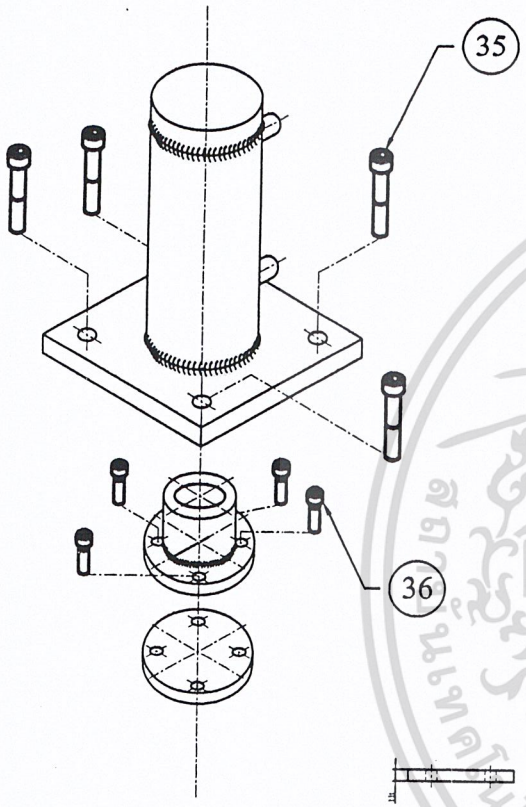
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	METAL-BENDING MACHINE		95 Kg.	1	สำเร็จรูป

PART LIST

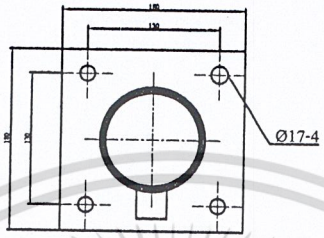
TITLE: SECTION DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

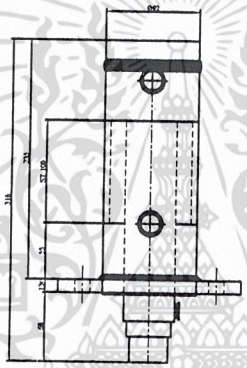
CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	: การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:8.28
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-03/2

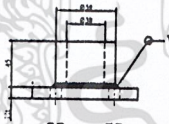


Isometric

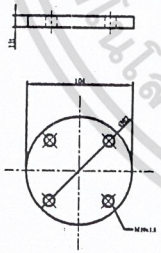


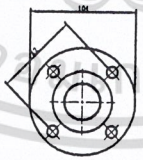
No.2 กระบอกไฮดรอลิคขนาด 80x50xST 100 mm.





No.4 หน้าแปลนคัปปลิง รูสำหรับสลักแกนไฮดรอลิค M38





No.5 หน้าแปลนเชื่อมรองแท่นไฮดรอลิค ODØ104x11t mm.

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	สกรูหัวหกเหลี่ยม M10x25 mm.		- Kg.	1	No.36
1	สกรูหัวหกเหลี่ยม M16x25 mm.		- Kg.	1	No.35
3	หน้าแปลนเชื่อมรองแท่นไฮดรอลิค ODØ104x11t mm.		0.5 Kg.	1	No.5
2	หน้าแปลนคัปปลิง รูสำหรับสลักแกนไฮดรอลิค M38		0.5 Kg.	1	No.4
1	กระบอกไฮดรอลิคขนาด 80x50xST 100 mm.		15 Kg.	1	No.2

PART LIST

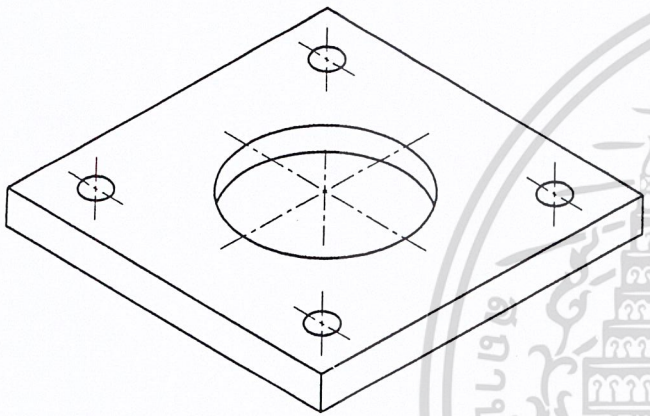
TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

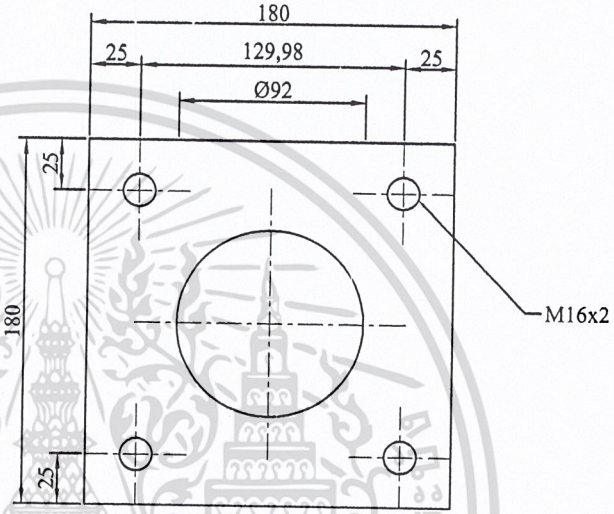
CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:7.4	
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-04	

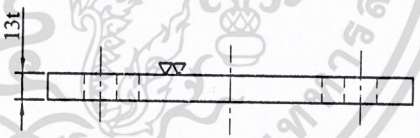
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES:
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
UNIT: MM
FINISH :



Isometric



Sied View



Front View

No.3 หน้าแปลนเชื่อมรองแท่นไฮดรอลิค

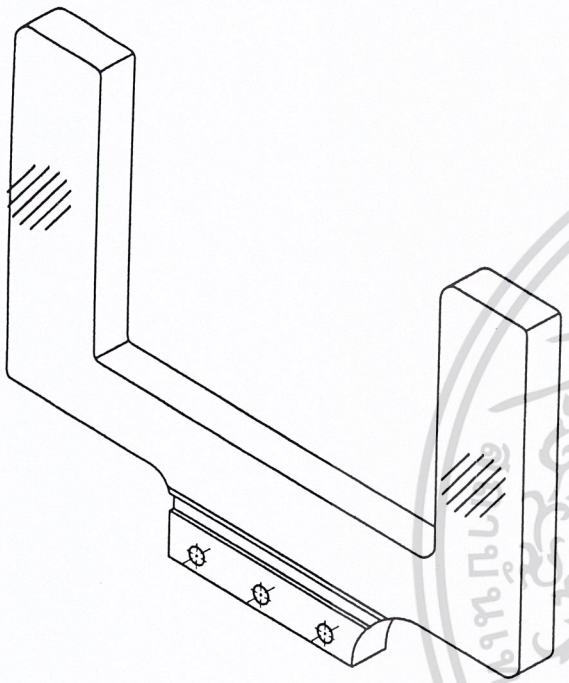
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กแทรก 180x180x.13t mm.		3 Kg.	1	No.3

PART LIST

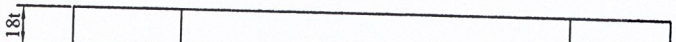
TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE 27/07/2008
	PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE 1:3.716
			CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO. 1/2551
			APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO. P-05

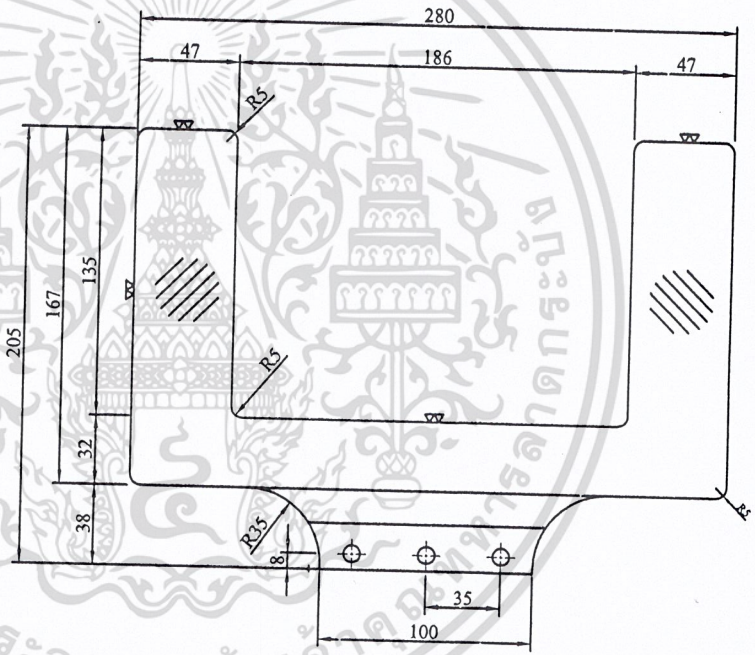
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES.
LINEAR :
ANGULAR :
DRAWING STANDARD
MM
FINISH :



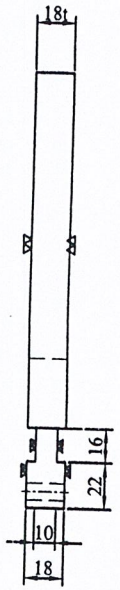
Isometric



Top View



Front View



Sied View

No.6 เหล็กถ่วงน้ำหนักยึดติดแม่พิมพ์ตัวบน (Punch)

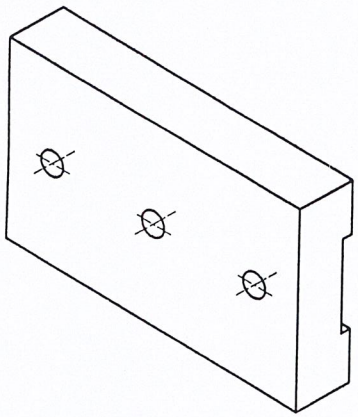
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กแทรท - 205x280x18t mm.	ST52	4.50 Kg.	1	No.6

PART LIST

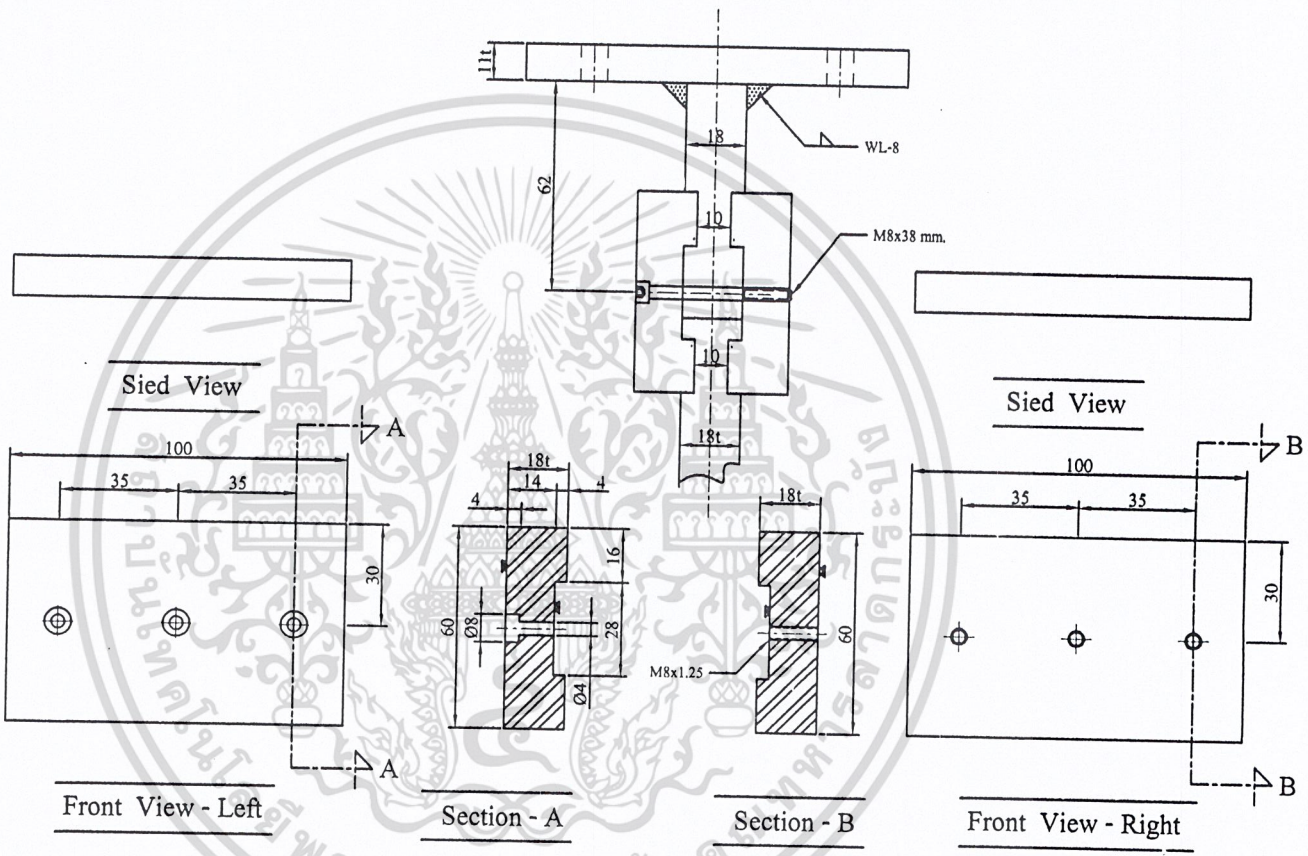
TITLE PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:3.54
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-06



Isometric



No.7 ปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวบน(Punch)

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
1	เหล็กเพรท - 60x100x18t mm.	SKD11	1.13 Kg.	2	No.7

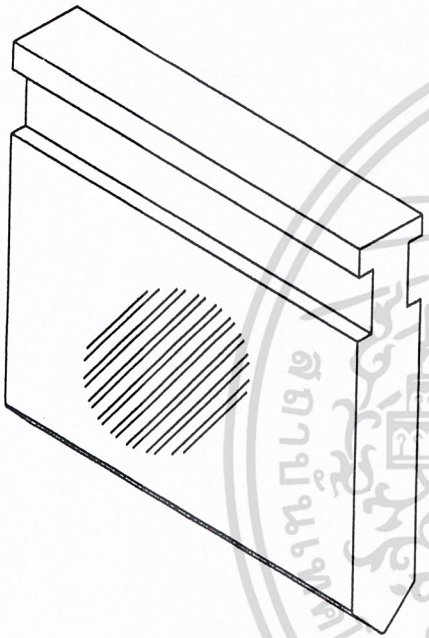
PART LIST

TITLE: PART DRAWING

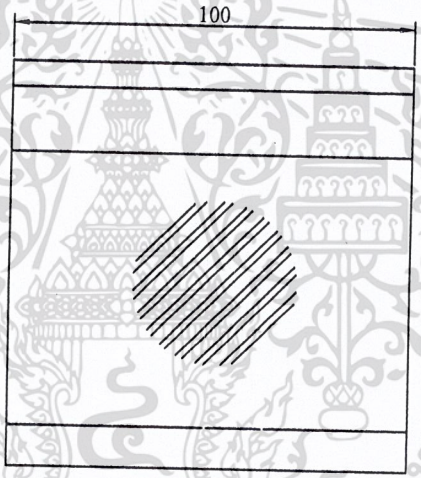
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไกทะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:2.25
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-07

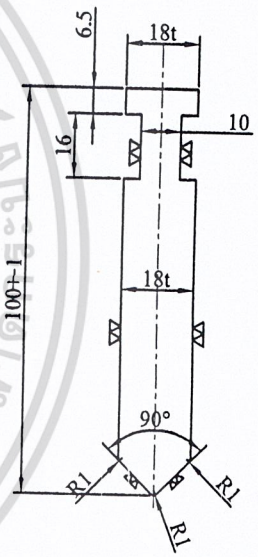
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
FINISH :
mm



Isometric



Front View



Sied View

Sied View

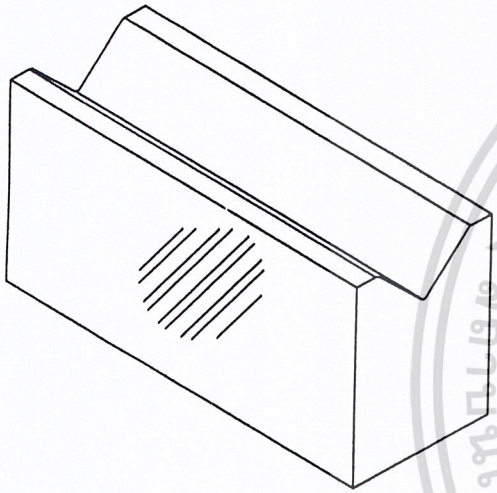
No.8 แม่พิมพ์ตัวบน (Punch)

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กเพรท - 100x100118t mm. มุม 90°	SKD11	1.40 Kg.	1	No.8

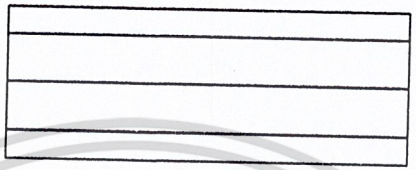
PART LIST

TITLE: PART DRAWING

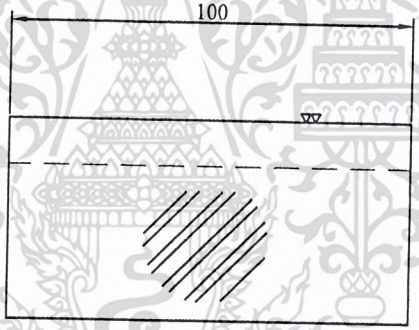
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
	PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:1.87
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-08



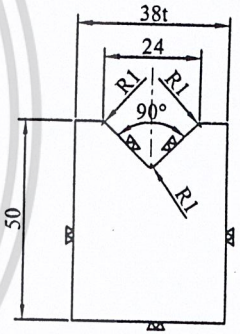
Isometric



Sied View



Front View



Sied View

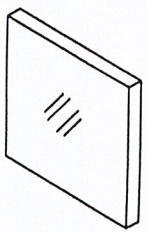
No.9 แม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กเพรท - 50x100x38t mm. มุม 90°	SKD11	1.17 Kg.	1	No.9

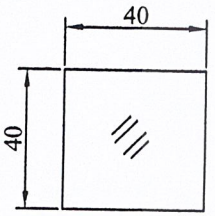
PART LIST

TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE 27/07/2008
	PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE 1:1.8
			CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO. 1/2551
			APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO. P-09



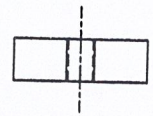
Isometric



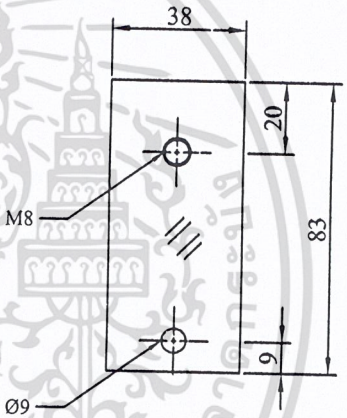
Front View

Sied View

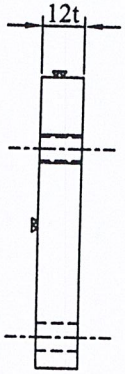
Isometric



Top View



Front View



Sied View

No.10 ปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)ให้เที่ยงตรง ซ้าย/ขวา

No.13 เหล็กแผ่นยึดสลักเกลียวบังคับปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวล่าง(Die)

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
2	เหล็กเพรท - 38x83x12t mm.	SKD11	0.59 Kg.	2	No.13
1	เหล็กเพรท - 40x40x4t mm.	SKD11	0.10 Kg.	2	No.10

PART LIST

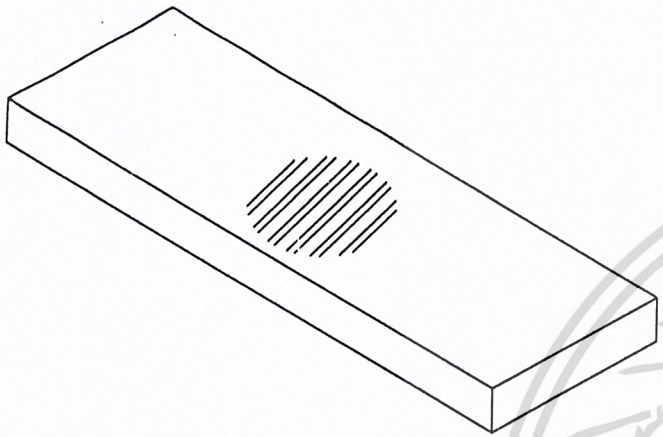
TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

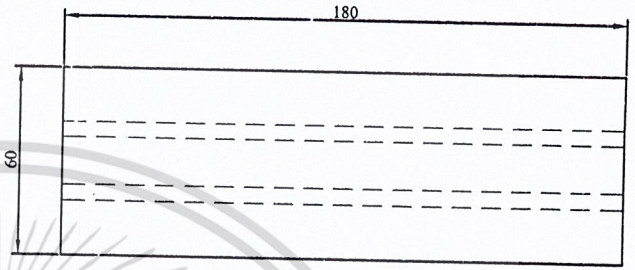
CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
PROJECT	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:2.14	
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-10	

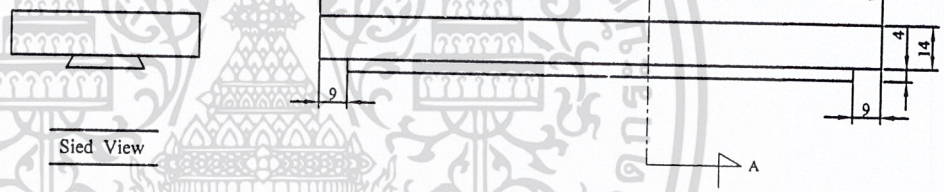
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS TOLERANCES:
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
MM
FINISH :



Isometric

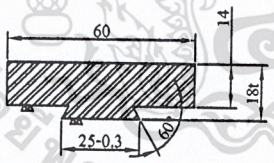


Top View



Sied View

Front View



Section A-A

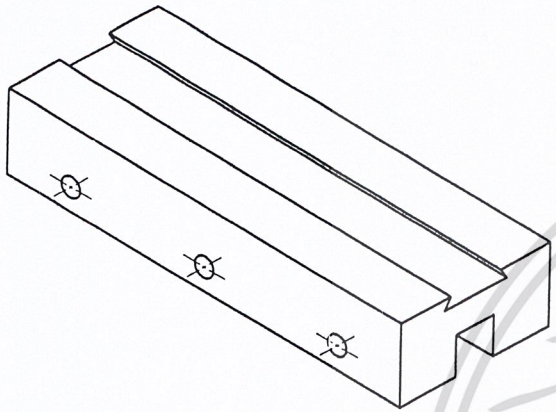
No.11 แผ่นรองส่วนบนแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
1	เหล็กแผ่น - 60x180x18t mm.	SKD11	1.2 Kg.	1	No.11

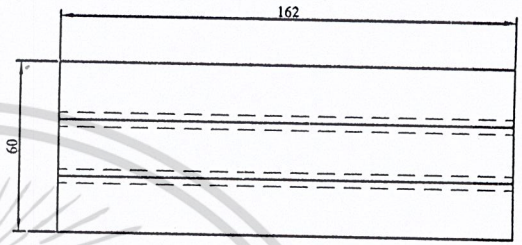
PART LIST

TITLE: PART DRAWING

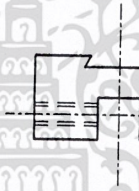
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE 27/07/2008
	PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE 1:2.419
			CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO. 1/2551
			APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO. P-11



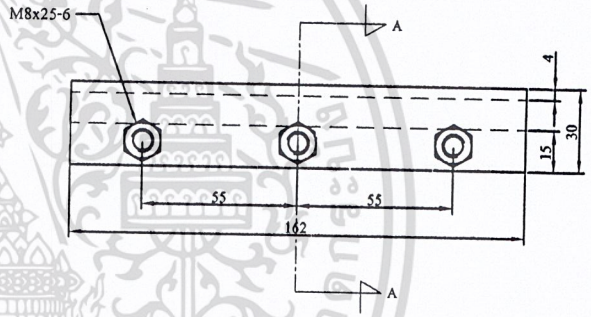
Isometric



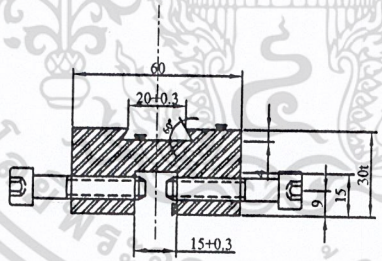
Top View



Sied View



Front View



Section A-A

No.12 แผ่นรองส่วนล่างแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)

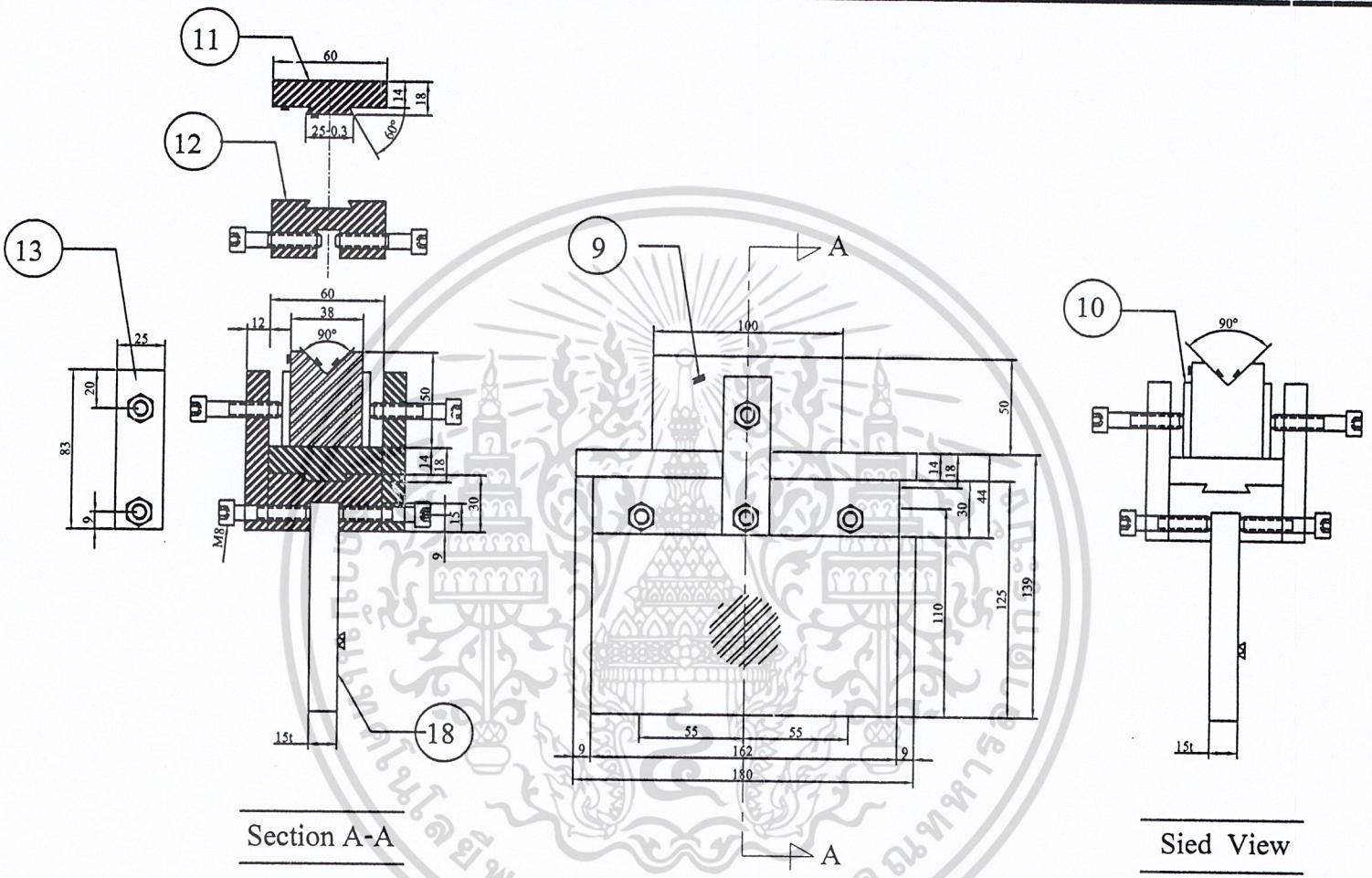
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
1	เหล็กแผ่น - 60x162x30t mm.	SKD11	2 Kg.	1	No.12

PART LIST

TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	: การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:2.688
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-12



Section A-A

Front View

Sied View

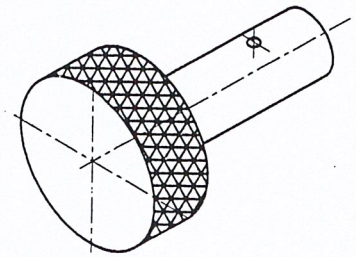
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
6	แท่นตั้งรองแม่พิมพ์ตัวล่าง(Die)	SS400	2 Kg.	1	No.18
5	เหล็กแผ่นยึดสลักเกลียวบังคับปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวล่าง(Die)	ST52	2 Kg.	1	No.13
4	แผ่นรองส่วนล่างแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)	ST52	1.50 Kg.	1	No.12
3	แผ่นรองส่วนบนแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)	ST52	1.20 Kg.	1	No.11
2	ปะกับยึดแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)ให้เที่ยงตรง ซ้าย/ขวา	SS400	0.20 Kg.	1	No.10
1	แม่พิมพ์ตัวล่าง (Die)	ST52	1.17 Kg.	1	No.9

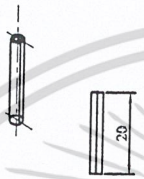
PART LIST

TITLE: SEEDTAIL SET DIE PART DRAWING

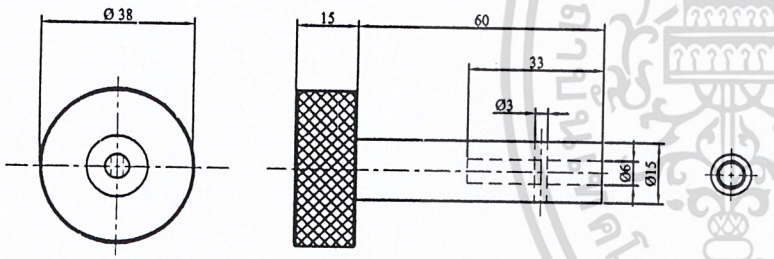
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	: การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:3.64
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satuporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satuporn	DRAWING NO.	P-12/1

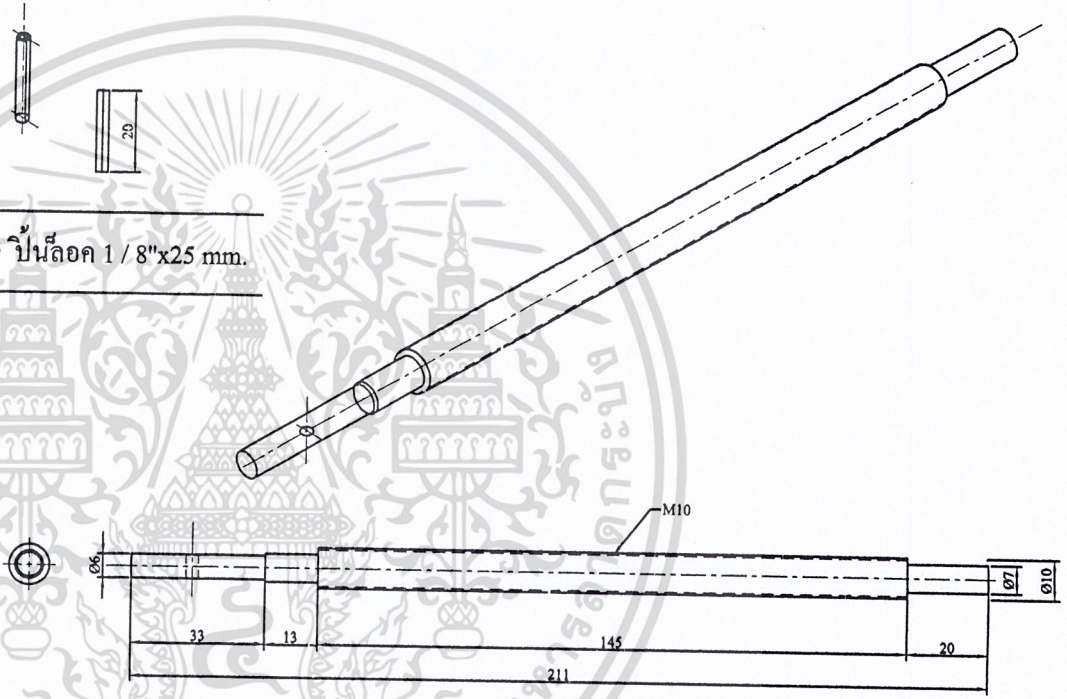




No.19 ปิ้นล็อค 1 / 8"x25 mm.



No.14 สลักเกลียวเร่ง เข้า-ออก เพื่อวัดระยะความยาว Ø 15x60 mm.



No.20 เพลาเกลียว M10x211 mm.

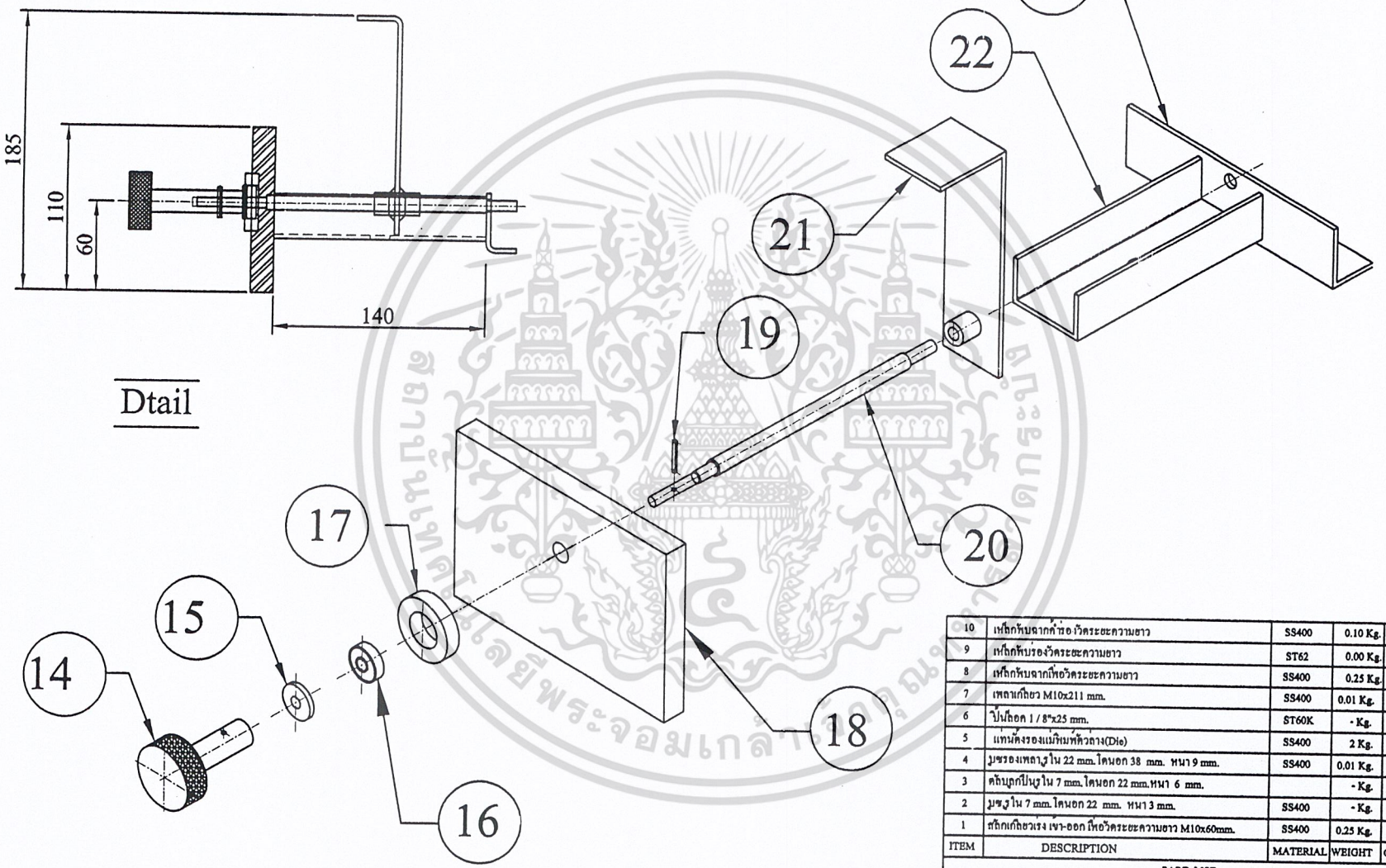
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
3	เพลาเกลียว M10x211 mm.	SS400	0.50 Kg.	1	No.20
2	ปิ้นล็อค 1 / 8"x25 mm.	ST52	0.00 Kg.	1	No.19
1	สลักเกลียวเร่ง เข้า-ออก เพื่อวัดระยะความยาว M10x60mm.	SS400	0.25 Kg.	1	No.14

PART LIST

TITLE PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:1.857
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-13



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
10	เหล็กฉากค้ำยัน วัดระยะความยาว	SS400	0.10 Kg.	1	No.23
9	เหล็กทับร่องวัดระยะความยาว	ST62	0.00 Kg.	1	No.22
8	เหล็กทับฉากเพื่อวัดระยะความยาว	SS400	0.25 Kg.	1	No.21
7	เพลาเกลียว M10x211 mm.	SS400	0.01 Kg.	1	No.20
6	ปั๊มโอก 1 / 8"x25 mm.	ST60K	- Kg.	1	No.19
5	แท่นตั้งรองแม่พิมพ์หัวตาย(Die)	SS400	2 Kg.	1	No.18
4	บูชรองเพลา,ใน 22 mm. โตนอก 38 mm. หนา 9 mm.	SS400	0.01 Kg.	1	No.17
3	คลัปยึดปีนูใน 7 mm. โตนอก 22 mm.หนา 6 mm.		- Kg.	1	No.16
2	บูชใน 7 mm. โตนอก 22 mm. หนา 3 mm.	SS400	- Kg.	3	No.15
1	สลักเกลียวเร่ง เข้า-ออก เพื่อวัดระยะความยาว M10x60mm.	SS400	0.25 Kg.	1	No.14

PART LIST

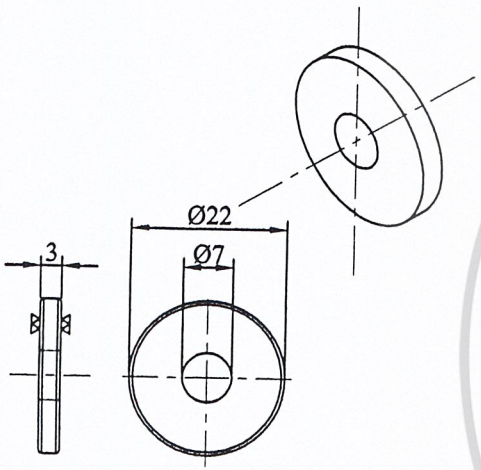
TITLE: DETAIL ASSEMBLY DRAWING METAL-BENDING MACHINE

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

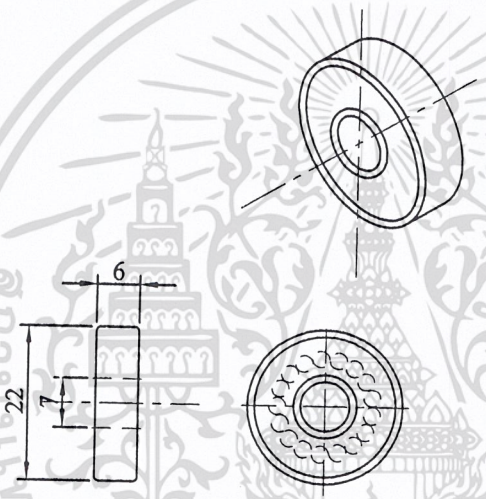
CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรดุลสาหกรรมมหาบัณฑิต
PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:4.144	
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-13/1	

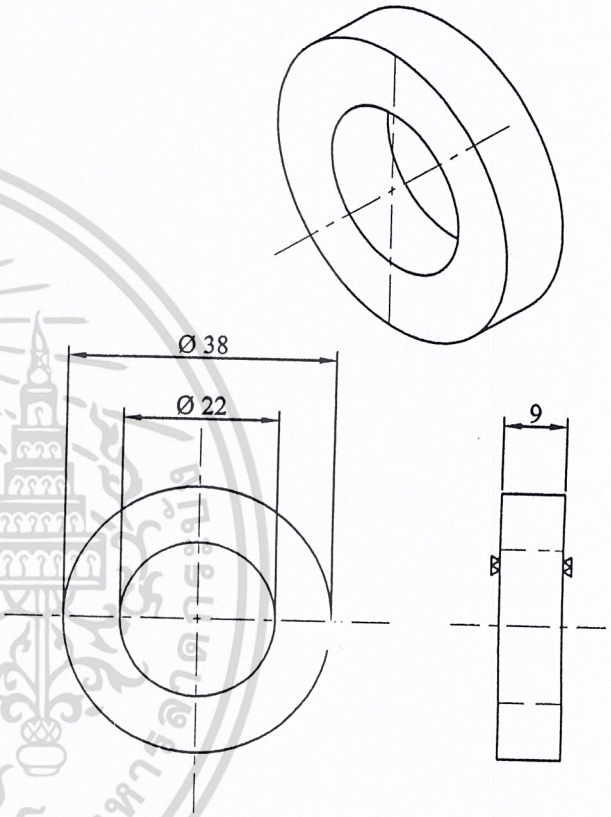
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES.
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
mm
FINISH :



No.15 บูชรูใน 7 mm. โตนอก 22 mm. หนา 3 mm.



No.16 ตลับลูกปืนรูใน 7 mm. โตนอก 22 mm. หนา 6 mm.



No.17 บูชรองเพลารูใน 22 mm. โตนอก 38 mm. หนา 9 mm.

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
3	บูชรองเพลารูใน 22 mm. โตนอก 38 mm. หนา 9 mm.	SS400	0.10 Kg.	1	No.17
2	ตลับลูกปืนรูใน 7 mm. โตนอก 22 mm. หนา 6 mm.	ST62	0.00 Kg.	1	No.16
1	บูชรูใน 7 mm. โตนอก 22 mm. หนา 3 mm.	SS400	0.25 Kg.	1	No.15

PART LIST

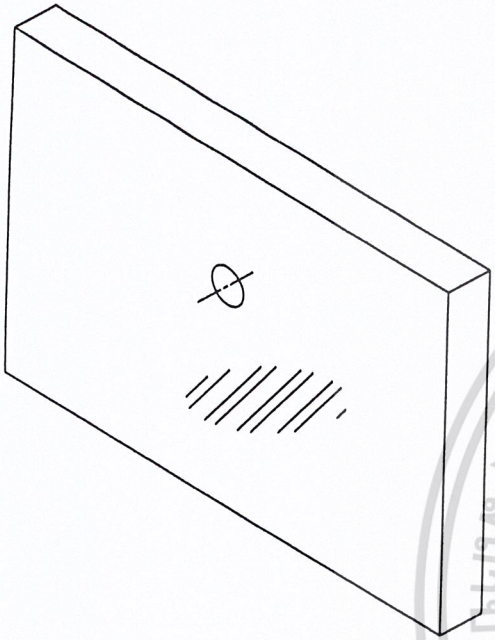
TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

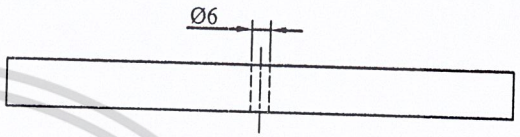
CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไลหะ

DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:1.07
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-14

UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES:
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
MM
FINISH :

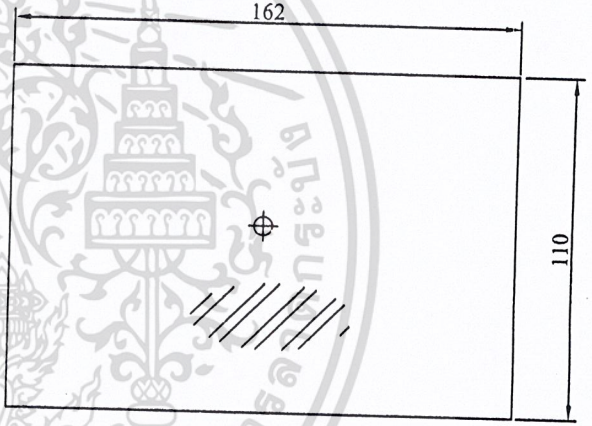


Isometric



Top View

Sied View



Front View

No.18 แท่นตั้งรองแม่พิมพ์ตัวล่าง(Die)

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กแผ่น - 110x162x15t mm.	ST52	2 Kg.	1	No.18

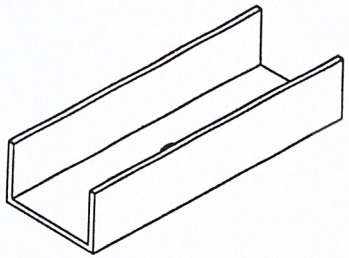
PART LIST

TITLE: PART DRAWING

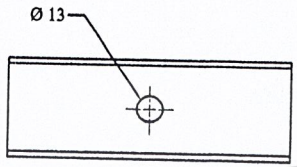
CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE 27/07/2008
PROJECT :	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับไกหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE 1:2.419
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO. 1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO. P-15

UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES
LINEAR :
ANGULAR :
MATING EDGES
FINISH :

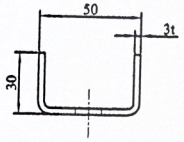
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang



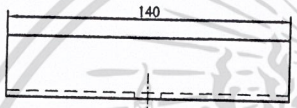
Isometric



Top View

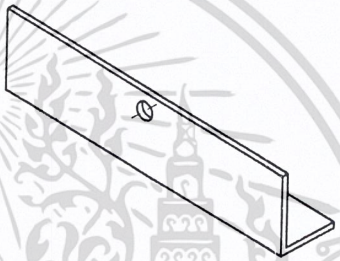


Front View



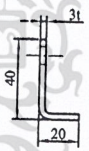
Sied View

No.22 เหล็กพับร่องวัดระยะความยาว

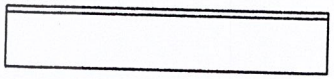


Isometric

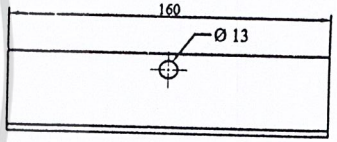
Top View



Front View

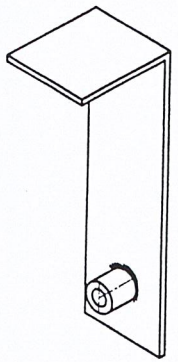


Top View

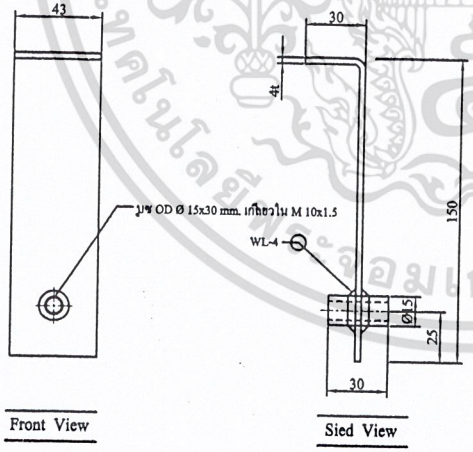


Sied View

No.23 เหล็กพับฉากค้ำร่องวัดระยะความยาว



Isometric



No.21 เหล็กพับฉากค้ำร่องวัดระยะความยาว

Front View

Sied View

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
3	เหล็กพับฉากค้ำร่องวัดระยะความยาว	SS400	0.10 Kg.	1	No.23
2	เหล็กพับร่องวัดระยะความยาว	ST62	0.00 Kg.	1	No.22
1	เหล็กพับฉากพื้องวัดระยะความยาว	SS400	0.25 Kg.	1	No.21

PART LIST

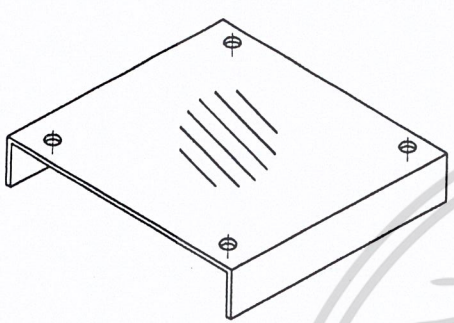
TITLE PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

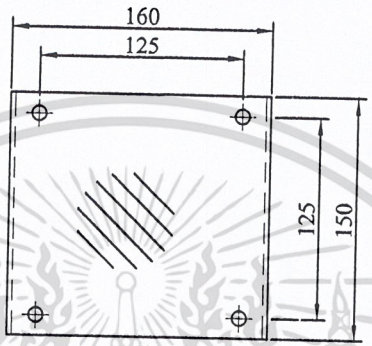
CLIENT การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ หลักสูตรครุศาสตรอุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES: LINEAR : ANGULAR :
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	3.75	MM
CHECKED BY	Assoc.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	FINISH :
APPROVED BY	Assoc.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-16	

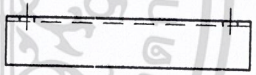


Isometric



Top View

Front View



Sied View

No. 24 เหล็กพับแท่นรอง Power Pack

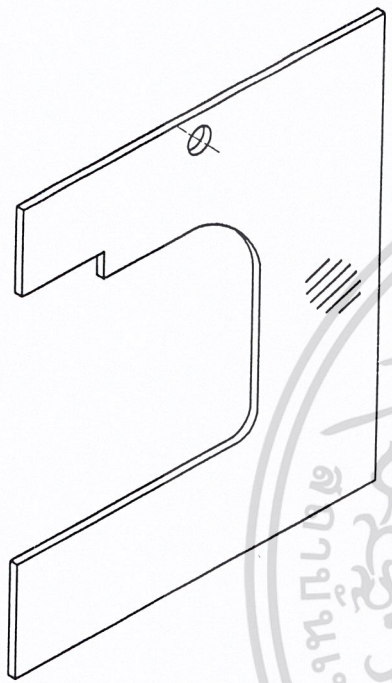
ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กพับ [- 150x30x3tx160 mm.	SS400	0.77 Kg.	1	No.24

PART LIST

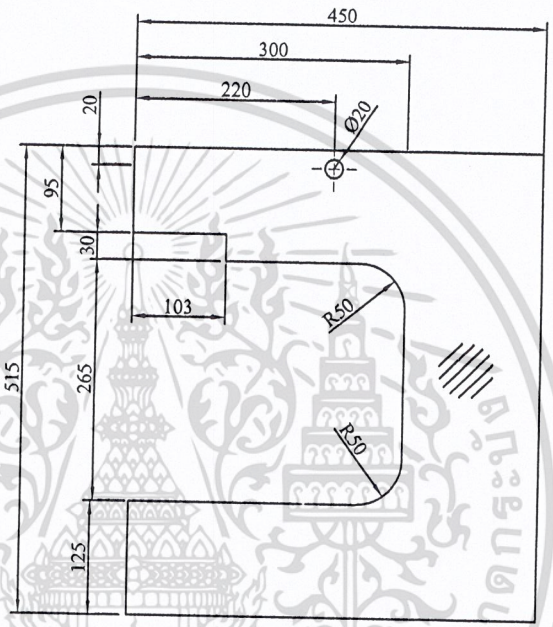
TITLE: Part Drawing

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
	PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ		DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:4.64
			CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551
			APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-17

UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES
LINEAR :
ANGULAR :
SURFACE ROUGHNESS
FINISH :



Isometric



Sied View - Left

Front View

No. 25 เหล็กโครงสร้างเครื่องพับโลหะ

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
1	Steel Plate 450x515x9t mm.	SS400	30 Kg.	2	No.25

PART LIST

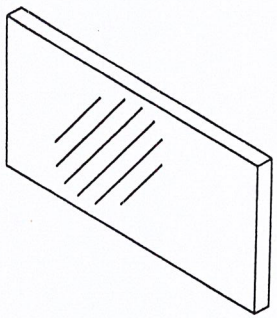
TITLE: Part Drawing

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

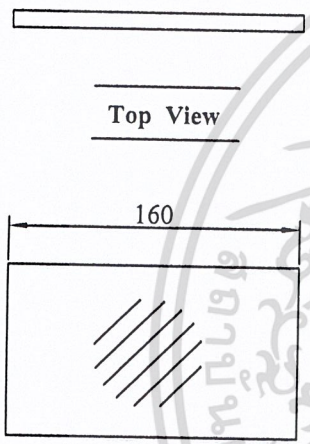
CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

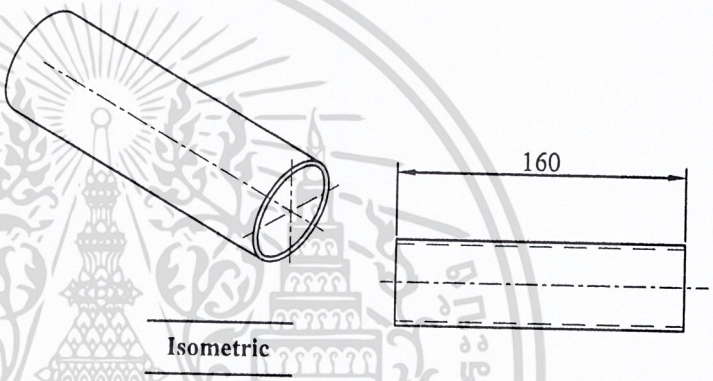
DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES: LINEAR : ANGULAR :
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:8.28	
CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551	DRAFTING STANDARD:
APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-18	FINISH :



Isometric



No. 26 เหล็กแผ่นตั้งค้ำขวางส่วนบน



No. 27 เหล็กแป๊ปดำค้ำขวาง

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
2	เหล็กแป๊ปดำ Ø48x2.55tx160 mm.	SS400	0.67 Kg.	2	No.27
1	เหล็กแผ่น I- 95x160x9t mm.	SS400	1.07 Kg.	1	No.26

PART LIST

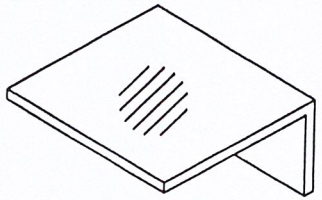
TITLE: Part Drwing

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

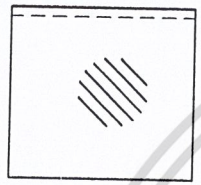
CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:4.177	
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-19	

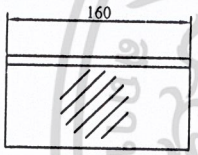
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES:
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
FINISH :



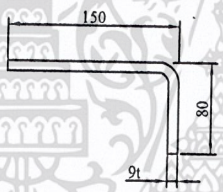
Isometric



Top View



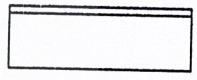
Front View



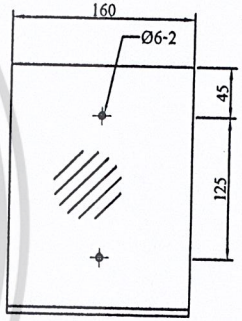
Sied View

No. 28 เหล็กพับฉากค้ำขวางส่วนบน

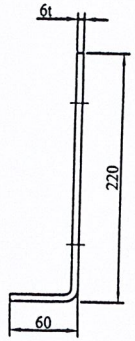
Isometric



Top View



Front View



Sied View

No. 29 เหล็กพับฉากค้ำขวางส่วนล่าง

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
2	เหล็กพับฉาก L-60x220x6tx160 mm.	SS400	2.11 Kg.	1	No.29
1	เหล็กพับฉาก L-80x150x9tx160 mm.	SS400	2.60 Kg.	1	No.28

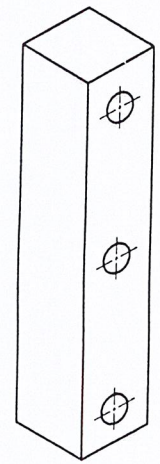
PART LIST

TITLE Part Drawing

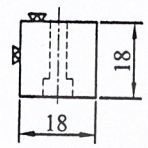
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	: การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	6.633
		CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-20

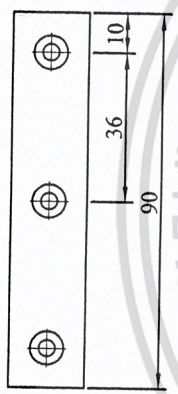
UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES.
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
mm
FINISH :



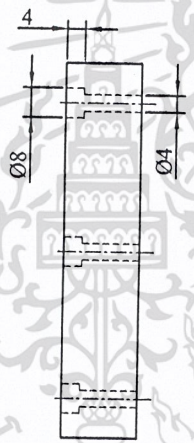
Isometric



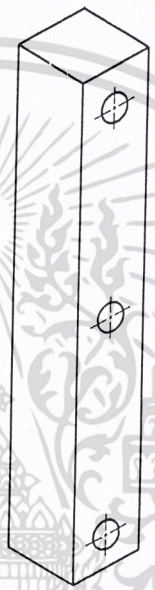
Top View



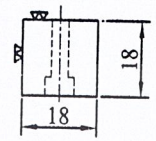
Front View



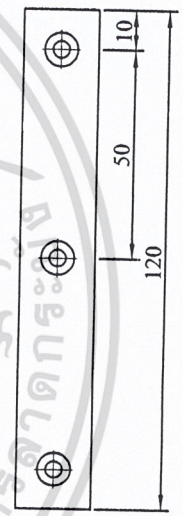
Sied View



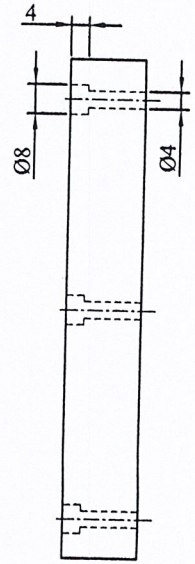
Isometric



Top View



Front View



Sied View

No.30 เหล็กบังคับแม่พิมพ์ตัวบนให้เที่ยงตรงตัวสั้นซ้าย

No.31 เหล็กบังคับแม่พิมพ์ตัวบนให้เที่ยงตรงตัวยาวขวา

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กเพรท - 18x120x18t mm.	SKD11	0.50 Kg.	2	No.31
1	เหล็กเพรท - 18x90x18t mm.	SKD11	0.40 Kg.	2	No.30

PART LIST

TITLE PART DRAWING

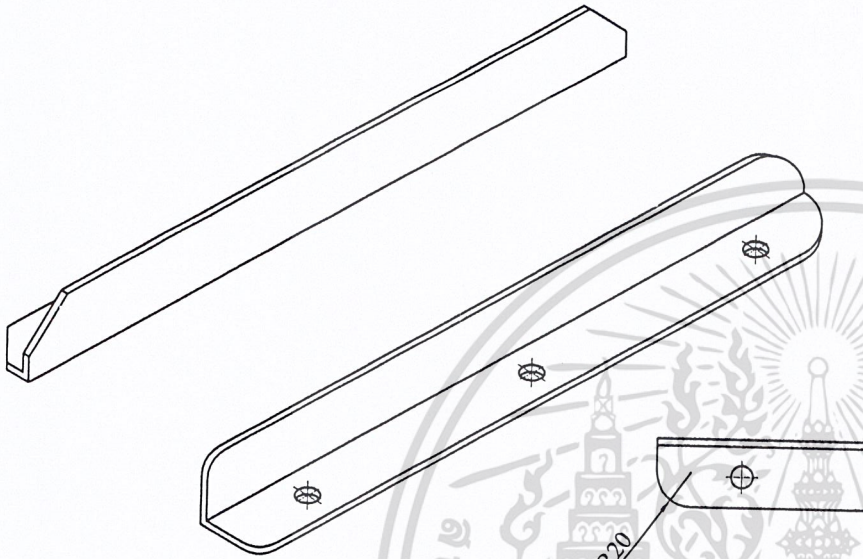
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

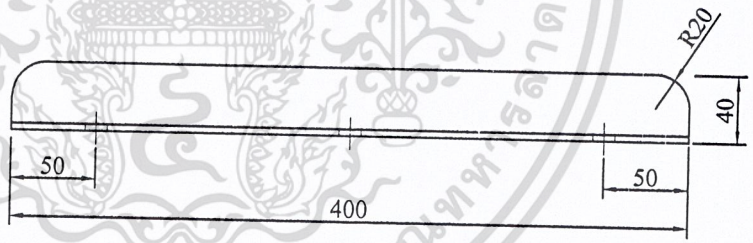
DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:1.8	
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-21	

UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES:
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
MATERIAL
FINISH :

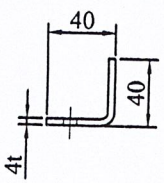


Isometric

Top View



Front View



Sied View

No.32 เหล็กพับฉากยึดแท่น

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กพับฉาก L- 40x40x4x400 mm.	SS400	3 Kg.	2	No.3

PART LIST

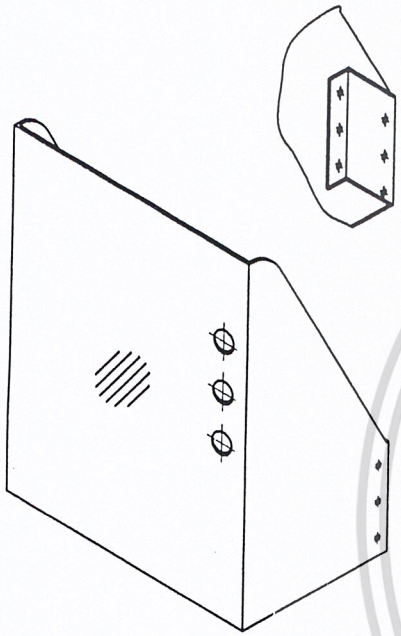
TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

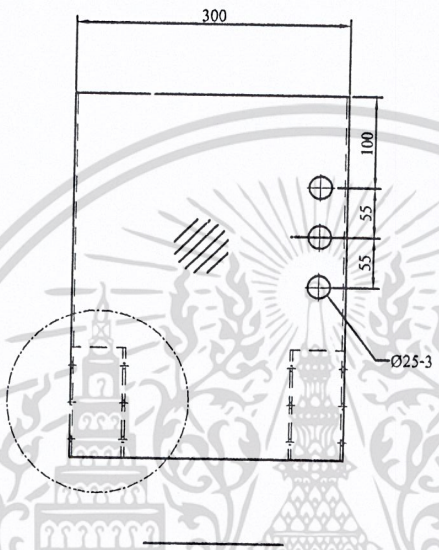
CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ

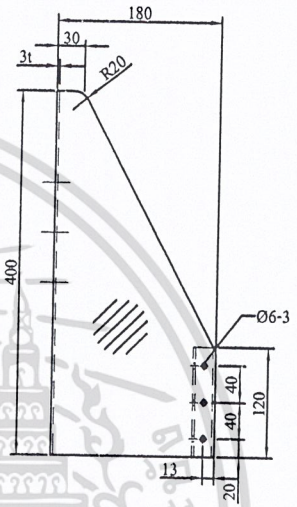
DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008	UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETRES TOLERANCES: LINEAR : ANGULAR : DRAFTING STANDARD
DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:4.45	MM
CHECKED BY	Assos.Prof.Sataporn	PROJECT NO.	1/2551	FINISH :
APPROVED BY	Assos.Prof.Sataporn	DRAWING NO.	P-22	



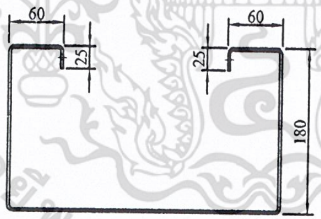
Isometric



Front View



Sied View



Top View

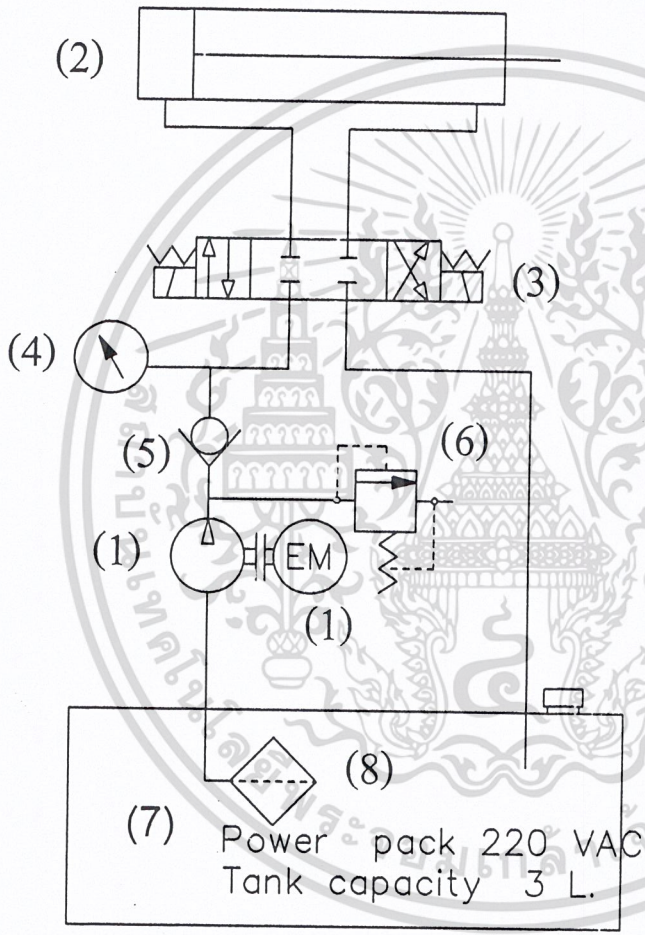
No.33 เหล็กพับการ์ดป้องกัน

ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
1	เหล็กพับ C-300x180x60x25x3tx400 mm.	SS400	5.50 Kg.	1	No.33

PART LIST

TITLE: PART DRAWING

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang	CLIENT: การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
	PROJECT : การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	1:8.28
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satsporn	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satsporn	DRAWING NO.	P-23



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	Q'TY	REMARK
8	ตัวกรอง			1	No.8
7	ถังน้ำมัน ขนาด 3 ลิตร			1	No.7
6	รีลีปวาล์ว			1	No.6
5	เช็ควาล์ว			1	No.5
4	เกจวัดความดัน			1	No.4
3	วาล์วบังคับทิศทาง 4 ทาง แบบโพรอตบังคับด้วยไซลินอยด์วาล์ว			1	No.3
2	Hydraulic Bore 80x50xST85 mm.		15 Kg.	1	No.2
1	Power Pack 220 VAC/50Hz Max.		25 Kg.	1	No.1

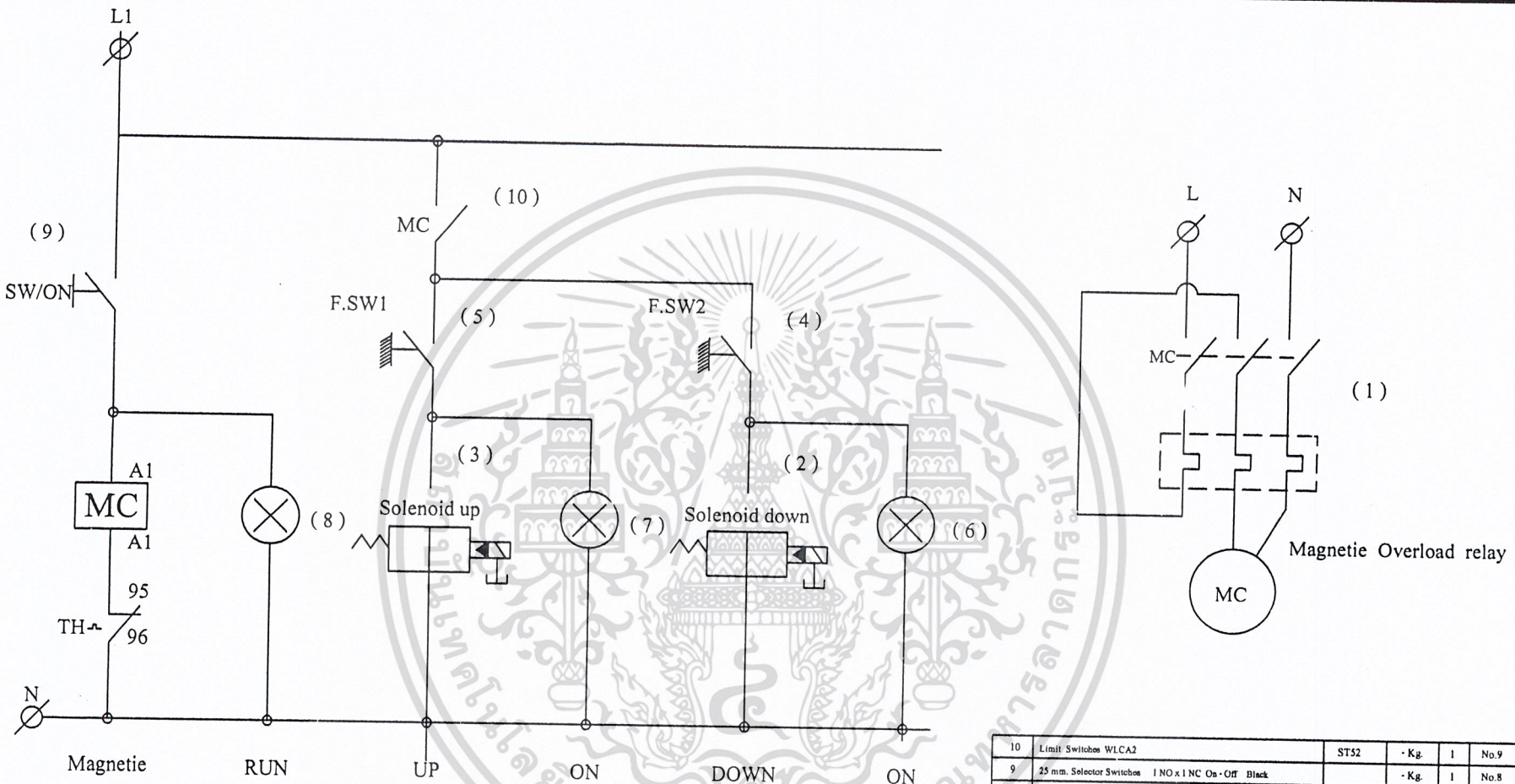
PART LIST

TITLE: Hydraulic Circuits

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	การศึกษาและพัฒนาเครื่องพับโลหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	NTS.
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-24

UNLESS OTHERWISE STATED ALL DIMENSIONS IN MILLIMETERS TOLERANCES:
LINEAR :
ANGULAR :
DRAFTING STANDARD
MATERIAL
FINISH :



ITEM	DESCRIPTION	MATERIAL	WEIGHT	QTY	REMARK
10	Limit Switches WLCA2	ST52	- Kg.	1	No.9
9	25 mm. Selector Switches 1 NO x 1 NC On - Off Black		- Kg.	1	No.8
8	25 mm. Pilot Lights With Transformer 220V/6.3V Green (On/Off)		- Kg.	1	No.7
7	25 mm. Pilot Lights With Transformer 220V/6.3V Yellow (Up)		- Kg.	1	No.7
6	25 mm. Pilot Lights With Transformer 220V/6.3V Yellow (Down)		- Kg.	1	No.6
5	Foot Switches Ac2 50V 6A Up		- Kg.	1	No.5
4	Foot Switches Ac2 50V 6A Down		- Kg.	1	No.4
3	Solenoid Valve Up		- Kg.	1	No.3
2	Solenoid Valve Down		- Kg.	1	No.2
1	Magnetic And Overload Relays S-K10 220V		- Kg.	1	No.1

PART LIST

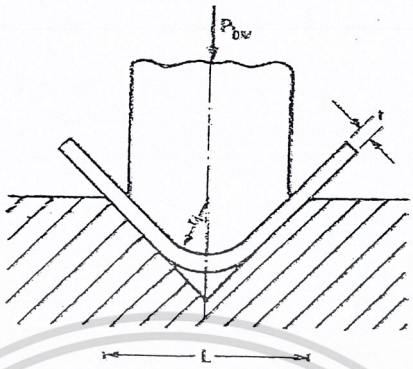
TITLE: Hydrauic power packs and pump motor Circuits Control System

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

CLIENT	การศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต	DESIGN BY	P.Prasop	DATE	27/07/2008
PROJECT	: การศึกษาและพัฒนาเครื่องทับใกหะ	DRAWN BY	P.Prasop	SCALE	NTS.
		CHECKED BY	Assos.Prof.Satapom	PROJECT NO.	1/2551
		APPROVED BY	Assos.Prof.Satapom	DRAWING NO.	P-25

รายการคำนวณการออกแบบเครื่องพับโลหะ

1. การหาค่าแรงพับของการพับแบบอัดตัว



สูตร การคำนวณหาค่าแรงพับ มุมพับ = 90°

$$P_{bv} = \frac{k_1 \acute{O}_b w t^2}{1000\ L}$$

P_{bv} = แรงพับ ตัน

$\acute{O}_b$ = tensile strength ของโลหะ กก./มม.^{2}

w = ความยาวของการพับ (bend length) มม.

t = ความหนาของโลหะ มม.

L = die opening มม.

k_1 = ค่าคงที่ (ดูจากรูปที่ 2.10)

สูตรนี้ใช้กับการที่มีมุมพับ = 90°

ตัวอย่าง

เมื่อ L = 8t, k_1 = 1.33

Die opening = 8x3 = 24 มม.

1.33 = ค่าคงที่

$$\frac{1.33 \times 41 \times 25 \times 3^2}{1000 \times 24} = 0.511 \textbf{ Ton}$$

ฉะนั้นสมรรถนะของชุดต้นกำลังสามารถรับแรงได้

รายการคำนวณการออกแบบเครื่องพับโลหะ

2. หาความยาวของ Die =100 มม.

เมื่อ L = 8t, k_1 = 1.33

Die opening = 8x3 = 24 มม.

1.33 = ค่าคงที่

$$\frac{1.33 \times 41 \times 100 \times 3^2}{1000 \times 24} = \mathbf{2.044\ Ton}$$

ฉะนั้นสมรรถนะของชุดต้นกำลังสามารถรับแรงได้

3. หาความยาวของ Die 2'' = 50 มม.

เมื่อ L = 8t, k_1 = 1.33

Die opening = 8x3 = 24 มม.

1.33 = ค่าคงที่

$$\frac{1.33 \times 41 \times 50 \times 3^2}{1000 \times 24} = \mathbf{1.022\ Ton}$$

ฉะนั้นสมรรถนะของชุดต้นกำลังสามารถรับแรงได้

4. หาความยาวของ Die 3''= 75 มม.

เมื่อ L = 8t, k_1 = 1.33

Die opening = 8x3 = 24 มม.

1.33 = ค่าคงที่

$$\frac{1.33 \times 41 \times 75 \times 3^2}{1000 \times 24} = \mathbf{1.533\ Ton}$$

ฉะนั้นสมรรถนะของชุดต้นกำลังสามารถรับแรงได้

5. หาความยาวของ Die = 180 มม.

เมื่อ L = 8t, k_1 = 1.33

Die opening = 8x3 = 24 มม.

1.33 = ค่าคงที่

$$\frac{1.33 \times 41 \times 180 \times 3^2}{1000 \times 24} = \mathbf{3.680\ Ton}$$

ฉะนั้นสมรรถนะของชุดต้นกำลังสามารถรับแรงได้

รายการคำนวณการออกแบบเครื่องพับโลหะ

2 ออกแบบกระบอกไฮดรอลิกดัน

* ขนาดแรงกด ของ Hydraulic. B 80x50 ได้แรงกระทำ

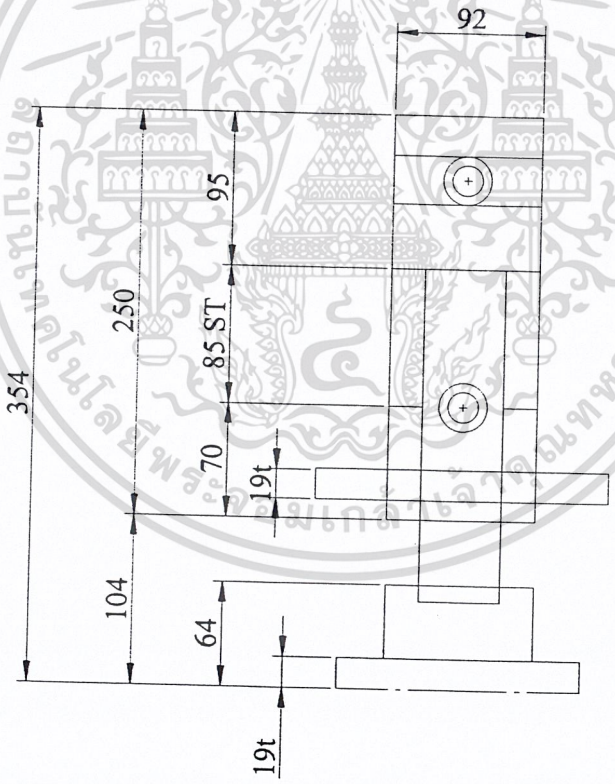
$$P = \frac{F}{A} \qquad F = \frac{PxA}{4}$$

$$= \frac{140 kg/cm^2 x (\pi x 8^2)}{4}$$

$$= \frac{140x (\pi x 8^2)}{4}$$

$$= 7037 \text{ kg.}$$

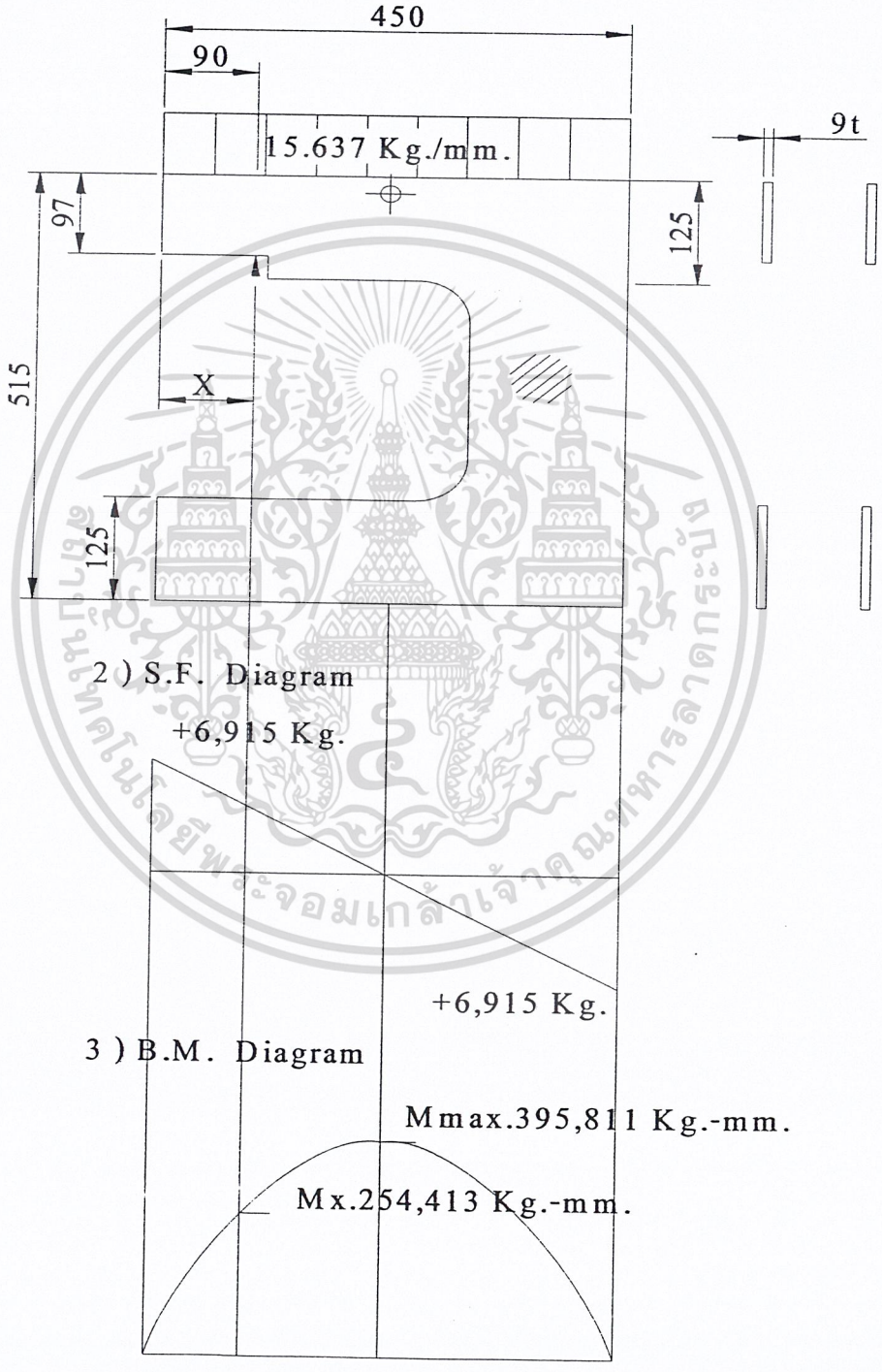
F = 7 Ton @ 140 bar



รายการคำนวณการออกแบบเครื่องพับโลหะ

3. ออกแบบหาความแข็งแรงโครงสร้าง

1) Simple Beam



2) S.F. Diagram

3) B.M. Diagram

\

รายการคำนวณการออกแบบเครื่องพับโลหะ

1) simple beam

$$R_1 = \frac{WL}{2} = \frac{15.637 \times 450}{2} = 6{,}915 \text{ กก.มม}$$

$$R_2 = \frac{WL}{2} = \frac{15.637 \times 480}{2} = 6{,}915 \text{ กก.มม}$$

2) S.R Diagram

$$\frac{WL}{2} = + 6{,}915 \text{ kg.}$$

$$\frac{WL}{2} = - 6{,}915 \text{ kg.}$$

3) B.M Diagram

$$\text{ระยะ } X = \frac{WLX}{2} - \frac{WX^2}{2} = \frac{15.637 \times 450 \times 90}{2} - \frac{15.367 \times 90^2}{2}$$

$$= 316{,}649\text{-}62236$$

$$M.x = 254{,}413 \text{ กก-มม.}$$

$$M.max = \frac{WL}{8} = \frac{15.637 \times 450}{8}$$

$$M.max = 395{,}811 \text{ กก-มม.}$$

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายการคำนวณการออกแบบเครื่องพับโลหะ

3.1 หาค่าความปลอดภัยโครงสร้างคู่ขนาน

ระยะ 90 มม. และ M.max.

Tensile Strength = 40 กก/มม^2

Bending Moment M. x = 90 มม. = 254,413 กก.มม

Bending Moment M.max = 395,811 กก.มม

Section Modulus = 28,227 มม^3

$$Zx = \frac{bh^2}{6} \times 2 = \frac{9 \times 97^2}{6} \times 2 + \frac{9 \times 125^2}{6} \times 2$$

Section Modulus = 75,102 มม^3

Working stress = 90 มม. $= \frac{254,413}{75,102}$

$= 3.38$ กก.มม^2.

Safety Factor $= \frac{41}{3.38}$

$=$ **11.83 เท่า**

Working Stress = M.max $= \frac{395,811}{75,102}$

$= 5.27$

Safety Factor $= \frac{40}{5.27}$

$=$ **7.59 เท่า**

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ - นามสกุล	นายประสพ เพชรนพสกุล
วัน เดือน ปีเกิด	1 ตุลาคม 2509
สถานที่เกิด	อำเภอ เมือง จังหวัด บุรีรัมย์
ที่อยู่ปัจจุบัน	234/21 หมู่ 11หมู่บ้านฟอเรสต้า 5 ต.หนองขาม อ.ศรีราชา จ.ชลบุรี 20110
สถานที่ทำงาน	บริษัท อาร์ ซี เค รุ่งเจริญ จำกัด สาขาโรงงานคลองตำหรุ 555 หมู่ 5 ต.คลองตำหรุ อ. เมือง จ.ชลบุรี 20000
ตำแหน่ง	ผู้จัดการโรงงาน
	ประกาศนียบัตรใบอนุญาตประกอบวิชาชีพวิศวกรรมควบคุม
	สาขาวิศวกรรมเครื่องกล เลขทะเบียนพก.401
	สภาวิศวกร
ประวัติการศึกษา	ปีการศึกษา 2530
	สำเร็จการศึกษาระดับอนุปริญญาวิทยาศาสตร์(อ.ว.ท.)
	สาขาวิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
	ปีการศึกษา 2532
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี
	ครุศาสตร์บัณฑิต (ค.บ.)
	สาขาวิชา อุตสาหกรรมศิลป์ (ช่างก่อสร้าง-เขียนแบบ)
	มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์
	ปีการศึกษา 2551
	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท
	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.)
	สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย
	คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง