

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

STUDY AND DEVELOPMENT METAL PRODUCT FORMING EQUIPMENT



T128735

มงคล สารระพางค์
MONGKOL SARAPHANG

CPN.
ม115ก
2055

ที่ id

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน... 128735
รับ. เดือน. ปี. 12 มี.ค. 2556

.b. 125522gx
.i.

สารนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
พ.ศ. 2555

STUDY AND DEVELOPMENT METAL PRODUCT FORMING EQUIPMENT

MONGKOL SARAPHANG

A THEMATIC PAPER SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT
OF THE REQUIREMENT FOR THE DEGREE OF
MASTER FOR OF SCIENCE IN INDUSTRIAL EDUCATION
IN TECHNOLOGY OF INDUSTRIAL PRODUCT DESIGN
FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

2012

COPYRIGHT 2012

FACULTY OF INDUSTRIAL EDUCATION

KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

หัวข้อสารนิพนธ์	การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ
ชื่อนักศึกษา	นายมงคล สาระพวงค์
รหัสประจำตัว	53630823
ปริญญา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชา	เทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
พ.ศ.	2555
อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์	รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร

บทคัดย่อ

การศึกษาโครงการครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะเพื่อประเมินประสิทธิภาพชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้รูปทรงมีพื้นผิวเรียบและตามขนาดที่กำหนดไว้ มี 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมเพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย กลุ่มผู้ผลิตงานโลหะประเภทเครื่องถม กลุ่มคณะครูผู้สอนงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะและงานช่างทองหลวงประเมินการใช้ของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์งานโลหะ จำนวน 15 ท่าน เป็นการประเมินประสิทธิภาพทางการใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น 5 ด้านด้านหน้าที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัย ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมและ ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป โดยเป็นกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูลเป็นการประเมินความคิดเห็นการวิเคราะห์ข้อมูลของแบบประเมินความคิดเห็นโดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์รายข้อเฉพาะด้าน และรวมทุกด้าน

ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลการประเมิน อยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 3.80$) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 3.96$) ครูผู้สอนและสถานประกอบการประเมินประสิทธิภาพในการใช้งานของอุปกรณ์ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะอยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 3.86$)

Thematic Paper Title	Study and Development Metal Product Forming Equipment to use in metal
Student	Mr. Mongkol Saraphang
Student ID.	53630823
Degree	Master of Industrial Education
Program	Technology of Industrial Product Design
Year	2012
Thematic Paper Advisor	Associate Professor Udomsak Saributr

ABSTRACT

The purpose of this study was to develop a set of equipment for use in metal forming. To evaluate the device, forming a molded part shape. A flat surface and size as determined with two aspects of product design and industrial engineering. To evaluate the performance of the devices forming.

The sample used in this study. The metal filling machine manufacturers. Group of teachers I work with metal and goldsmith. Evaluate the use of kits for use in metal forming of 15 members to evaluate the performance of the equipment used. Divided into five functional areas at the front. The ease of use. Security. Consistency with the production technology in the industry and the performance of the devices forming. A random sampling. Tools used to collect and compile information on the assessment. Analysis of the data are evaluated by finding the average (\bar{X}), which analyze the specific request. And includes all aspects.

The results showed that Industry experts estimate the product design evaluation. In a good ($\bar{X} = 3.80$) for the engineering evaluation is satisfactory ($\bar{X} = 3.96$), teachers and the establishment of effective use of the equipment up to the metal remained. good ($\bar{X} = 3.86$)

กิตติกรรมประกาศ

สาระนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยความอนุเคราะห์จากท่าน รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร อาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์ ซึ่งได้ให้คำแนะนำในการทำสาระนิพนธ์ และปรับปรุงแก้ไข ข้อบกพร่องต่างๆ ทำให้สาระนิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้อย่างสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณไว้เป็นอย่างยิ่ง ขอขอบพระคุณคณะกรรมการสอบสาระนิพนธ์ รองศาสตราจารย์สถาพร ดีบุญมี ณ ชุมแพ รองศาสตราจารย์อุดมศักดิ์ สาริบุตร และอาจารย์ ดร.จตุรงค์ เลาหะเพ็ญแสงที่เสียสละเวลามาทำการ สอบสาระนิพนธ์และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์แก่ข้าพเจ้า

ขอขอบพระคุณท่าน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อภิศักดิ์ สินธุ์ศักดิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิมิงศา และท่านผู้อำนวยการนวนอนงค์ ธรรมเจริญ ที่ได้คำแนะนำตรวจสอบแก้ไข เครื่องมือในการทำวิจัยแก้ไขข้อบกพร่องเพื่อให้สาระนิพนธ์เล่มนี้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบรองศาสตราจารย์ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล อาจารย์นายมนตรี จันทพันธ์ ผู้เชี่ยวชาญงานเครื่องถม อาจารย์สง่า อนุศิลป์ หัวหน้า สาขารูปพรรณอันมณีและเครื่องประดับ วิทยาลัยเพาะช่าง นายธีรชัย จันทรงชินักวิชาการชำนาญ การพิเศษ สำนักช่างสิบหมู่ กรมศิลปากรและผู้มีประสบการณ์ในด้านที่เกี่ยวข้องทุกท่านที่ได้กรุณาให้ คำแนะนำตรวจสอบและประเมินรูปแบบ พร้อมทั้งเสนอแนะสิ่งที่ข้อคิดอันเป็นประโยชน์ต่อการวิจัยใน ครั้งนี้

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการกาญจนาภิเษกวิทยาลัยช่างทองหลวงท่านนวนอนงค์ ธรรมเจริญ และรองผู้อำนวยการทุกท่านที่ช่วยสนับสนุนให้ได้รับทุนsp2จนสำเร็จการศึกษา พร้อมเอื้อเฟื้อสถานที่ ในการทดสอบและคณะครูที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ให้ข้อมูลหลังทดลองใช้ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปที่ให้ความ ช่วยเหลือและเป็นกำลังในการจัดทำสาระนิพนธ์

ท้ายสุดคุณค่าและประโยชน์อันพึงมีจากสาระนิพนธ์เล่มนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นแนวทางเพื่อ พัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในผลิตภัณฑ์โลหะต่อไป

มงคล สาระพวงค์

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VIII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	2
1.4 นิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย.....	3
บทที่ 2 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
2.1 การทำเครื่องถมในประเทศไทย.....	4
2.2 การออกแบบและกระบวนการผลิตเครื่องประดับ.....	10
2.3 โลหะที่ใช้ในการทำเครื่องประดับ.....	25
2.4 ขั้นตอนการผลิตเครื่องถมไทย.....	28
2.5 การขึ้นรูปด้วยมือ.....	33
2.6 กระบวนการหมุนรีดขึ้นรูปโลหะ.....	37
2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์.....	41
2.8 หลักการระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกล.....	43
2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	52
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	59
3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	59
3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	59
3.3 วิธีการสร้างเครื่องมือ.....	60
3.4 การตรวจสอบและทดสอบเครื่องมือ.....	61
3.5 ขั้นตอนการดำเนินการออกแบบ.....	61
3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล.....	62
3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล.....	62

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	64
4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ.....	64
4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านวิศวกรรมในการ ใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป.....	67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ.....	74
5.1 สรุปผลการวิจัย.....	74
5.2 อภิปรายผลการวิจัย.....	78
5.3 ข้อเสนอแนะ.....	78
บรรณานุกรม.....	79
ภาคผนวก.....	80
ภาคผนวก ก.....	88
ภาคผนวก ข.....	106
ภาคผนวก ค.....	115
ประวัติผู้เขียน.....	122

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 ตารางแสดงค่าของโลหะ.....	28
4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุด อุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ในด้านประโยชน์ใช้สอย.....	68
4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุด อุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ในด้านความสะดวกในการใช้งาน.....	69
4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุด อุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ในด้านความปลอดภัย.....	70
4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุด อุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ในด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยี การผลิตในระบบอุตสาหกรรม.....	71
4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุดอุปกรณ์ เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป.....	72

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ชั้นหลอมโลหะ.....	29
2.2 ชั้นขึ้นรูป.....	30
2.3 ชั้นแกะสลักลาย.....	30
2.4 ภูมิที่ทำโดยวิธีที่เรียกว่า "ถมตะทอง".....	31
2.5 การเตรียมเนื้อทอง (ทองเปียก).....	32
2.6 การทาทองหรือตะทอง.....	32
2.7 การหลอมตีแม่โลหะด้วยมือ.....	33
2.8 การรีดแผ่นด้วยเครื่องจักร.....	33
2.9 การวัดขนาดของขีดและตัดแผ่นโลหะเงิน.....	33
2.10 การขึ้นรูปชั้นกับรางไอไม้.....	34
2.11 การเคาะให้แผ่นโลหะห่อตัว.....	34
2.12 การกำหนดระยะการเคาะขึ้นรูป.....	34
2.13 การเคาะขึ้นรูป.....	35
2.14 การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำกรด.....	35
2.15 การกำหนดระยะการเคาะและการเก็บรูปทรง.....	35
2.16 การเคาะขยายขอบกันชั้นให้ได้รูปทรง.....	36
2.17 การเก็บผิวให้เรียบตึง.....	36
2.18 ชิ้นงานชั้น ขนาด 5 นิ้ว.....	36
2.19 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปโลหะ (Spinning of Metals).....	37
2.20 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปธรรมดา (Conventional Spinning).....	37
2.21 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปแบบเฉือน (Shear Spinning).....	38
2.22 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปท่อ.....	39
2.23 แสดงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานหมุนรีดขึ้นรูป.....	39
2.24 แสดงค่าอัตราการหมุนรีดสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้.....	40
2.25 แสดงตัวอย่างของชิ้นงานจากการหมุนรีดขึ้นรูป.....	41
2.26 การส่งกำลังด้วยเฟืองต่างๆ.....	43
2.27 การส่งกำลังด้วยโซ่.....	43
2.28 การส่งกำลังด้วยสายพาน.....	44
2.29 การส่งกำลังคัปปลิง.....	44
2.30 การส่งกำลังด้วยคัสตซ์.....	44
2.31 การส่งกำลังด้วยเพลลา.....	45
2.32 การส่งกำลังด้วยลูกเบี้ยว.....	45
2.33 สวานมือไฟฟ้าแบบเพอร์เทเบิล.....	45
2.34 ระบบการส่งกำลังที่เป็นชั้นความเร็วของเฟือง.....	46
2.35 ระบบการส่งกำลังที่เป็นชั้นความเร็วของพลูเลย์.....	46

สารบัญญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
2.36 การทำงานของระบบไฮดรอลิกส์.....	47
2.37 โบลต์ชนิดต่างๆตามมาตรฐานเยอรมัน.....	47
2.38 นัตชนิดต่างๆ.....	48
2.39 เพลาธรรมดาทั่วไป.....	48
2.40 เพลาข้อเหวี่ยง.....	48
2.41 ลิ้มและส่วนประกอบอื่น.....	49
2.42 ร่องเพลาและส่วนประกอบอื่น.....	49
2.43 เฟืองส่งกำลังต่างๆ.....	50
2.44 สายพานส่งกำลัง.....	50
2.45 พลูเลย์.....	51
2.46 ลักษณะของลูกเบี้ยว.....	51
2.47 คัตสซ์และส่วนประกอบ.....	52
2.48 เบรกและส่วนประกอบ.....	52
3.1 แผนผังแสดงวิธีดำเนินการวิจัย.....	63
4.1 ทองแดงแผ่นหนา 0.8 x 130 x 130 มม.....	64
4.2 ชั้นตอนที่ 1 ใส่แผ่นชิ้นงานบนแม่พิมพ์ตัวล่าง.....	65
4.3 ชั้นตอนที่ 2 ล็อคกดแผ่นโลหะเข้ากับแม่พิมพ์.....	65
4.4 ชั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติการโยกกดขึ้นรูป.....	65
4.5 ชั้นตอนที่ 4 ชิ้นงานสำเร็จหลังขึ้นรูป.....	66
ค.1 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเครื่องมือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	116
ค.2 ผู้ทรงคุณวุฒิประเมินเครื่องมือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	116
ค.3 ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านเครื่องมือกล เพื่อการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.....	117
ค.4 ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านการขึ้นรูปโลหะและรูปพรรณ.....	117
ค.5 ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านการขึ้นรูปงานโลหะประเภทเครื่องถม.....	118
ค.6 ผู้เชี่ยวชาญประเมินเครื่องมือ ด้านวิศวกรรม	118
ค.7 ผู้สอนและผู้ปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชิ้นขนาด 3 นิ้ว.....	119
ค.8 ผู้สอนและผู้ปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชิ้นขนาด 3 นิ้ว.....	119
ค. 9 ผู้ปฏิบัติงาน ผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชิ้นขนาด 3 นิ้ว.....	120
ค.10 ผู้ผลิตและสถานประกอบการประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชิ้นขนาด 3 นิ้ว.....	120
ค.11 ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะหลังการพัฒนา.....	121
ค.12 ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะหลังการพัฒนา	121

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมโลหะนับเป็นอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาของประเทศเป็นอย่างยิ่ง เนื่องจากเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมที่ทำหน้าที่ผลิตวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่างๆ โดยในแต่ละปีการผลิตและการบริโภคโลหะของประเทศไทยมีมูลค่าหลายแสนล้านบาท ดังนั้นจึงเป็นหนึ่งในกลไกที่สำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจมหภาคของประเทศ (กิตติพันธ์ บายยังชัน, 2551) การผลิตโลหะโดยทั่วไปจะใช้วัตถุดิบที่มีแหล่งกำเนิดจาก 2 แหล่ง คือ แหล่งธรรมชาติหรือแร่โลหะและแหล่งทรัพยากรหมุนเวียนหรือเศษโลหะ โดยการผลิตโลหะสามารถทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของโลหะ เช่น การใช้ความร้อน การสกัดโดยใช้สารละลายเคมี การแยกด้วยกระแสไฟฟ้า และการกลั่น เป็นต้น สำหรับอุตสาหกรรมการโลหะหรืออุตสาหกรรมการผลิตโลหะสามารถแบ่งกลุ่มตามกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

- 1) อุตสาหกรรมโลหะขั้นต้น เป็นการผลิตโลหะโดยใช้กระบวนการถลุงโลหะจากสินแร่โดยกรรมวิธีใช้ความร้อนหรือใช้สารเคมี
- 2) อุตสาหกรรมโลหะขั้นกลาง เป็นกระบวนการนำโลหะมาปรับปรุงส่วนผสมหรือการนำเอาเศษโลหะกลับมาหลอมใหม่ โดยผลิตภัณฑ์ที่ได้จากอุตสาหกรรมขั้นนี้ถือเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูปที่ใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ
- 3) อุตสาหกรรมขั้นปลาย เป็นการแปรรูปผลิตภัณฑ์โลหะจนได้เป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เช่น ท่อ ลวด ภาชนะบรรจุภัณฑ์ ชิ้นส่วนยานยนต์ และเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆ เป็นต้น

ปัจจุบันมีเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตอุตสาหกรรมโลหะมากมาย เช่น งานเครื่องมือกล การทุบขึ้นรูปโลหะ การอบชุบโลหะด้วยความร้อน งานโลหะแผ่นและการเคลือบผิวโลหะ การปั๊มขึ้นรูปโลหะ การประกอบเครื่องจักร การใช้ระบบอัตโนมัติ เป็นต้น ซึ่งเทคโนโลยีงานโลหะนี้ ใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์ประเภทต่างๆ และมีโรงงานที่ใช้เทคโนโลยีเฉพาะด้าน ทำการผลิตชิ้นส่วน ผลิตภัณฑ์รับจ้าง รวมทั้งใช้ในการเรียนการสอนในสถาบันการศึกษา ซึ่งงานเครื่องมือไทยเป็นส่วนหนึ่งของงานโลหะ และได้มีการพัฒนาการทำงานขึ้นอย่างต่อเนื่อง เครื่องมือไทยจึงเป็นศิลปหัตถกรรมอย่างหนึ่งที่เชิดหน้าชูตาศิลปะและวัฒนธรรม ของไทย ส่งออกไปขายต่างประเทศและนักท่องเที่ยวนิยมซื้อมากขึ้น วิชาเครื่องมือเป็นวิชาชีพชั้นสูง เนื่องจากต้องใช้ความประณีตถือเป็นศิลปหัตถกรรมที่เชิดหน้าชูตาของชาวไทย เป็นสัญลักษณ์ที่แสดงถึงความเป็นไทยด้วยลวดลายที่วิจิตรงดงามหาที่เปรียบมิได้ พระบาทสมเด็จพระปรมินทรมหาภูมิพลอดุลยเดช เมื่อมีการเสด็จประพาสนานาประเทศก็ดี ของขวัญของกำนัลที่ทรงพระราชทานแก่ประมุขของประเทศหรือบุคคลสำคัญๆ ส่วนใหญ่ก็จะเป็นเครื่องมือแทบทั้งสิ้น ปัจจุบันเครื่องมือเป็นที่แพร่หลายและเป็นที่รู้จักกันทั่วไปทั้งชาวไทยและชาวต่างชาติ

ได้มีการอนุรักษ์ไว้เป็นศิลปหัตถกรรมหมู่บ้านคูเมือง (จารุวรรณ. 2544) ได้รับการเผยแพร่โดยมีการสอนในศูนย์ศิลปาชีพบางไทรในสมเด็จพระนางเจ้าพระบรมราชินีนาถ อบรมระยะสั้นตามหน่วยงานต่างๆ และเรียนภาคปกติในสถานศึกษาของรัฐประกอบด้วย วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยศิลปหัตถกรรมนครศรีธรรมราช และกาญจนามิเชกวิทยาลัย ช่างทองหลวง จัดให้มีหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จุดมุ่งหมายเพื่อผลิตช่างและกำลังคนสนองความต้องการของสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระในระดับเทคนิค และระดับเทคโนโลยี ซึ่งในโครงสร้างหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรชั้นสูงได้จัดรายวิชาทางขึ้นรูป 2 เพื่อฝึกทักษะในคำอธิบายรายวิชาให้นักศึกษาปฏิบัติการขึ้นรูปเครื่องใช้ประเภทขึ้นน้ำพานรองขนาด 3 นิ้วจำนวน 1 ชุด ด้วยฉ้อนและทั้ง จากการสอนรายวิชาดังกล่าวพบสภาพปัญหาในด้านการขึ้นรูปทรงที่เกิดขึ้นกับผลิตภัณฑ์โดยแบ่งเป็นปัญหาด้านต่างๆ ดังนี้

1. ปัญหาในด้านการควบคุมรูปทรงได้ยาก
2. ปัญหาในด้านของการยืดขยายตัวโลหะไม่เท่ากัน
3. ใช้ระยะเวลาในการขึ้นรูป

จากปัญหาดังกล่าว ผู้วิจัยจึงสนใจศึกษางานวิจัยที่นำไปสู่แนวทางในการใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมกับงานพัฒนาชุดอุปกรณ์ขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะให้เกิดประโยชน์ต่อการเรียนการสอน การสร้างอาชีพให้ชุมชน สร้างรายได้ให้กับอุตสาหกรรมขนาดกลางและขนาดย่อมรวมถึงอุตสาหกรรมในครัวเรือนให้เกิดความยั่งยืนในสังคมต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.2.1 เพื่อศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ
- 1.2.2 เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้รูปทรงมีพื้นผิวเรียบและตามขนาดที่กำหนดไว้

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะโดยผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยโดยมีตัวแปร ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่จะทำการศึกษาดังนี้

1.3.1 ตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบด้วย

ตัวแปรต้น ได้แก่ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

ตัวแปรตาม ได้แก่ ประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

1.3.2 ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะประเภทผลิตภัณฑ์เครื่องมขนาดย่อมภายในกรุงเทพ และปริมณฑล และผู้ประเมินประสิทธิภาพในการใช้ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา ได้แก่ กลุ่มผู้ใช้ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ ได้แก่ ครู-อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยช่างทองหลวง วิทยาลัยเพาะช่างมหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี และผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องมขนาดย่อมภายในเขตกรุงเทพและปริมณฑล จำนวน 15 คน

1.4 นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย

การศึกษา หมายถึง การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องซึ่งสามารถใช้ในการผลิตชุดอุปกรณ์ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ

การพัฒนา หมายถึง การปรับปรุงเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านรูปแบบและวัสดุรวมถึงด้านการใช้งานให้เป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภค

ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป หมายถึง ชุดอุปกรณ์ที่สามารถขึ้นรูปทรงผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องม ขนาด 3-5 นิ้วโดยการโยกกดและใช้ระบบกลไก

ผลิตภัณฑ์ หมายถึง สิ่งที่ทำขึ้นเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทเครื่องม

งานโลหะ หมายถึง ธาตุที่ถลุงจากแร่แล้วนำมาขึ้นรูปเป็นภาชนะเครื่องใช้และเครื่องประดับ เช่น ทองแดง เงิน ทองคำ

ประสิทธิภาพ หมายถึง การใช้ทรัพยากรในการดำเนินการใดๆ ก็ตามโดยมีสิ่งมุ่งหวังถึงผลสำเร็จ และผลสำเร็จนั้นได้มาโดยการใช้ทรัพยากรน้อยที่สุด และการดำเนินการเป็นไปอย่างประหยัด ไม่ว่าจะ เป็นระยะเวลา ทรัพยากร แรงงาน รวมทั้งสิ่งต่างๆ ที่ต้องใช้ในการดำเนินการนั้นๆ ให้เป็นผลสำเร็จ และถูกต้อง

ผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ หมายถึง อาจารย์หรือผู้ที่มีความชำนาญด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์ ซึ่งอาจอยู่ในส่วนภาคอุตสาหกรรมของรัฐหรือเอกชน

ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือกล หมายถึง อาจารย์ วิศวกรหรือผู้ที่มีความชำนาญด้านการออกแบบเครื่องมือ หรือ ชิ้นส่วนอุปกรณ์การขึ้นรูป ซึ่งอาจอยู่ในส่วนภาคอุตสาหกรรมของรัฐหรือเอกชน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การดำเนินการวิจัยเรื่อง การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ ผู้วิจัย ได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้เป็น ข้อมูลพื้นฐานการวิจัยดังนี้

- 2.1 การทำเครื่องถลุงในประเทศไทย
- 2.2 การออกแบบและกระบวนการผลิตเครื่องประดับ
- 2.3 โลหะที่ใช้ในการทำเครื่องประดับ
- 2.4 ขั้นตอนการผลิตเครื่องถลุงไทย
- 2.5 การขึ้นรูปด้วยมือ
- 2.6 กระบวนการหมุนรีดขึ้นรูป
- 2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์
- 2.8 หลักการระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกล
- 2.9 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 การทำเครื่องถลุงในประเทศไทย

ประเทศไทยได้คิดกรรมวิธีทำเครื่องถลุงขึ้นเอง หรือได้มาจากทางใดแต่เมื่อไรนั้นยังหาหลักฐานที่แน่นอนชัดเจนไม่พบ อนุมานจากหลักฐานที่ระบุเกี่ยวข้องหรือคำบอกเล่าที่สืบทอดกันมาแต่โบราณ ในกฎมณเฑียรบาล ซึ่งตราขึ้นครั้งสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถ มีแห่งหนึ่งกล่าวว่า “ขุนนางศักดินา 1000 กินเมือง กินเจียดเงินถมยาดำรองตะลุ่ม” จึงทำให้คิดว่า เครื่องถลุงดำเนินเป็นของไทยเราคิดทำได้ ตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้น คือระหว่างปี พ.ศ. 1991-2031 ต่อมาในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช (พ.ศ. 2199-2231) มีหลักฐานยืนยันว่าได้โปรดรับสั่งให้เจ้าเมืองนครศรีธรรมราชจัดหาช่างถลุงชาวเมืองนครศรีธรรมราชที่มีฝีมือทำเครื่องถลุงส่งไปบรรณาการแต่พระเจ้าหลุยส์ที่ 14 แห่งประเทศฝรั่งเศสเป็นเครื่องถลุงทำลายอรหันต์ ซึ่งปรากฏในจดหมายเหตุของฝรั่งเศสว่า เจ้าพระยาวิชาเยนทร์ เป็นผู้ออกแบบ และในรัชกาลนี้ได้ส่งทูตตามุสยัม ไปถวายบรรณาการ คือ กางเขนถลุง ฝีมือช่างชาวนคร พร้อมด้วยพระราชสาส์นต่อ โป๊ป ณ กรุงโรม และในการถวายพระราชสาส์น “ราชทูตเชิญพานแว่นฟ้าทองคำรับราชสาส์น ราชสาส์น ม้วนบรรจงไว้ในผอบทองคำลงยาราชาวดีอย่างใหญ่ลงผอบนั้น ตั้งอยู่ในหีบถลุงตะทอง หีบถลุงตะทองตั้งอยู่บนพานแว่นฟ้าทองคำ อุบุทูตเชิญเครื่องมงคลราชบรรณาการ...ตรีทูตเชิญของถวาย (ของ) เจ้าพระยาวิชาเยนทร์... มีถลุงเข็มขาบพื้นเขียวหุ้ม 1 ถลุง เมื่อท่านโกศปานผู้เป็นทูตไปเฝ้าพระเจ้าหลุยส์ที่ 14 นั้น บาทหลวงเดอวิเซบันทิกไว้ว่า “ที่โรงเรียนช่างทองนั้น ท่านราชทูตก็เข้าไปดูบ้างเหมือนกัน แต่ดูอยู่ไม่นาน เพราะการช่างทองท่านเข้าใจดิบตีมาแต่กรุงสยามเสียแล้ว”

โรงเรียนช่างถมของนครศรีธรรมราช

ผู้ให้กำเนิดโรงเรียนช่างถมนี้ คือ พระภิกษุ ขาวนครศรีธรรมราชรูปหนึ่ง ท่านได้รับพระราชทานสมณศักดิ์ครั้งสุดท้ายเป็น พระรัตนรัชมุนีศรีธรรมราช (ม่วง รัตนธัชโชปรีชญ) 2396-2477 เมื่อครั้งดำรงสมณศักดิ์เป็นพระสิริธรรมมุนี สถิต ณ วัดท่าโพธิ์ ขาวนครฯเรียกท่านว่า “เจ้าคุณวัดท่าโพธิ์” ทางด้านศาสนาท่านเป็นเจ้าของมณฑลนครศรีธรรมราช แต่อีกทางหนึ่งท่านเป็นผู้จัดการการศึกษาของกฤษฎา กุลธิดา ขาวมณฑลนครศรีธรรมราช และมณฑลปัตตานี ซึ่งเกือบจะเรียกได้ว่าของชาวบักขีได้ เมื่อพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัวมีพระราชดำริให้จัดการศึกษาขึ้นในประเทศไทยในปี พ.ศ. 2421 เป็นครั้งแรกนั้น ได้ทรงแต่งตั้งพระเจ้าน้อยยาเธอกรมหมื่นวชิรญาณวโรรส เป็นองค์ประธานอำนวยการศึกษาและการพระศาสนาในหัวเมืองมณฑลกรุงเทพฯ ในมณฑลหัวเมืองและ ตลอดทั่วพระราชอาณาจักร กรมหมื่นวชิรญาณวโรรส ได้ทรงเลือกพระรัตนธัชมนี เมื่อครั้งดำรงสมณศักดิ์เป็นพระสิริธรรมมุนี นำความ ขึ้นถวายพระบาทสมเด็จพระจุลจอมเกล้าเจ้าอยู่หัว ให้ทรงกรุณาพระราชทานแต่งตั้งท่านเจ้าคุณเป็นผู้อำนวยการศึกษาและการพระศาสนา มณฑลนครศรีธรรมราชกับมณฑลปัตตานี การจัดการศึกษาครั้งนี้ มิใช่เป็นเรื่องที่ทำได้ง่าย ๆ ด้วยเหตุประการแรก คือ การคมนาคมไปมาไม่สะดวกอย่างยิ่ง ประการที่สอง เป็นการปฏิวัติเปลี่ยนแปลงจิตใจของคนเปลี่ยนแปลงแบบแผนขนบธรรมเนียมประเพณีเดิมและต้องฟันฝ่าอุปสรรคจากบุคคลหม่มากที่มีอยู่ด้วยประการต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในมณฑลปัตตานีซึ่งพลเมืองส่วนใหญ่นับถือศาสนาอิสลาม มีลัทธิประเพณีต่างกับชาวพุทธ การจัดการศึกษาย่อมยากยิ่งขึ้นเป็นอันมาก แต่ท่านเจ้าคุณพระรัตนธัชมนี ได้ดำเนินการนั้นด้วยสติปัญญาอันสุขุมเป็นผลลุล่วงได้ด้วยความราบรื่นสมพระประสงค์ทุกประการ ท่านเป็นผู้วางรากฐานการศึกษาให้แก่ชาวบักขีได้ แก่ขาวนครศรีธรรมราช มิใช่แต่วิชาสามัญเท่านั้น วิชาสามัญ ยังรวมทั้งวิชาชีพโดยเฉพาะ ท่านได้จัดตั้งโรงเรียนสอนวิชาช่างถมขึ้นในวัดท่าโพธิ์ขึ้นในปี พ.ศ. 2456 หลังจากการทำเครื่องถมนคร ได้ซบเซาตกต่ำลงไปมาก ท่านเจ้าคุณได้สละเงินนิตยภัต ที่ท่านได้รับพระราชทานจ่ายเป็นเงินเดือนแก่ครูผู้สอนกิจการของโรงเรียนนี้ได้ดำเนินการมาหลายปีจนในที่สุดกระทรวงศึกษาธิการ ได้เล็งเห็นความสำคัญของศิลปหัตถกรรมประเภทเครื่องถม และได้รับเอาโรงเรียนนี้เป็นโรงเรียนของรัฐจนถึงปัจจุบัน โรงเรียนได้เจริญเติบโตเป็นโรงเรียนช่างโลหะรูปพรรณของจังหวัดนครศรีธรรมราช และต่อมาได้ยกฐานะเป็นวิทยาลัยเทคโนโลยี และอาชีวศึกษานครศรีธรรมราช เป็นสถานศึกษาแห่งแรกของชาติไทยที่สอนวิชาช่างถม ทำเครื่องถม ศิลปหัตถกรรมประจำชาติไทย และนักศึกษาที่จบจากโรงเรียนนี้จะเป็นผู้ดำรงไว้ซึ่งศิลปหัตถกรรมอันนี้ของชาติเป็นผู้สร้างเกียรติและศักดิ์ศรีแก่ขาวนครศรีธรรมราชสืบต่อไป

เครื่องถมไทยเป็นประณีตศิลป์ มีความวิจิตรงดงาม สะท้อนถึงศิลปวัฒนธรรมของชาติ ตามพจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2525 ให้คำนิยามคำว่า “ถม” ใช้เรียกภาชนะ หรือเครื่องประดับที่ทำโดยใช้ผงยาถมผสมน้ำประสานทองถมลงบนลวดลายที่แกะสลักบนภาชนะ หรือเครื่องประดับนั้นแล้วขัดผิวให้เป็นเงางามว่า “เครื่องถม” หรือ “ถม”

เครื่องถม ในภาษาอังกฤษใช้คำว่า Niello และ ในเอ็นไซโคพีเดียบริแตนนิกา อธิบายว่าเป็นคำอิตาลี่ มาจากคำลาตินว่า Ingellum แผลงมาจากคำว่า Niger ซึ่งแปลว่า คำและความรู้ต่างๆ ที่เกี่ยวกับการทำเครื่องถมในตะวันตก กล่าวกันว่านำมาจากตำราของ อีแควคลิอุส ชาวโรมัน อาจอยู่ในพุทธศตวรรษที่ 16 แม้ในปัจจุบันยังหาข้อสรุปเกี่ยวกับความเป็นมาของเครื่องถมในประเทศไทยได้ อย่างไม่แน่ชัด ว่าได้รับอิทธิพลหรือความรู้มาจากที่ใด แต่จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์นั้นทำให้นักวิชาการมี 2 ข้อสันนิษฐาน คือ

อิทธิพลที่มาจากอินเดีย ต้นแบบของการทำเครื่องถมได้มีการวิเคราะห์จากหลักฐานทางประวัติศาสตร์ว่า ไทยอาจได้รับอิทธิพลจากอินเดียโดยผ่านพ่อค้าที่เดินทางมาติดต่อค้าขายกับประเทศทางเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ ซึ่งมี มลายู ชวา และไทยทางภาคใต้ได้นำศิลปหัตถกรรม เครื่องถมมาเผยแพร่ โดยเฉพาะทางภาคใต้ของไทย คือ เมืองนครศรีธรรมราช ซึ่งในสมัยโบราณเป็นเมืองท่าที่สำคัญทางแหลมมลายู และเครื่องถมได้ริเริ่มทำกันที่เมืองนครศรีธรรมราชแล้วแพร่เข้าสู่กรุงศรีอยุธยาในเวลาต่อมา อิทธิพลมาจากโปรตุเกส นักวิชาการบางท่านได้ให้ข้อสันนิษฐานอีกว่า ไทยได้รับความรู้เรื่องการทำเครื่องถมมาจากโปรตุเกส โดย พระเจ้ามานูเอล แห่งโปรตุเกส ซึ่งส่งทูตมาเจริญทางพระราชไมตรีกับไทยในสมัยสมเด็จพระรามาธิบดีที่ 2 สมัยกรุงศรีอยุธยา และทรงอนุญาตให้ชาวโปรตุเกสเข้ามาทำการค้าครั้งแรก ในราชอาณาจักรไทยตามหัวเมืองใหญ่ 4 หัวเมือง คือ นครศรีธรรมราช ปัตตานี มะริด และกรุงศรีอยุธยา ซึ่งทำให้คนไทยรับเอาขนบประเพณี และศิลปวิทยาหลายอย่างมาจากชาวโปรตุเกส โดยเฉพาะเมืองนครศรีธรรมราชได้รับเอาวิธีการทำเครื่องถมไว้และต่อมาวิธีการทำเครื่องถมก็ได้แพร่หลายเข้ามายังกรุงศรีอยุธยา

แม้มีข้อสันนิษฐานที่แตกต่างกันออกไปว่าเครื่องถมนครศรีธรรมราชได้รับอิทธิพลมาจากอินเดีย หรือโปรตุเกสก็ตาม แต่ยังมีข้อสันนิษฐานอีกว่า การทำเครื่องถมอาจเกิดที่กรุงศรีอยุธยาก่อนแล้วค่อยเผยแพร่ไปตามหัวเมืองต่างๆโดยวิเคราะห์ได้จากลักษณะรูปพรรณและลวดลายไทยจนยากที่จะแยกได้ว่า ได้รับอิทธิพลมาจากชาติอื่นๆและชาวไทยเราเองมีความเข้าใจว่าเครื่องถมไทยเป็นศิลปะของไทย

จากหลักฐานเกี่ยวกับเครื่องถมไทยแม้ว่าเครื่องถมจะกำเนิดในประเทศไทยหรือได้มาจากชาติใดยังไม่ชัดเจนนัก แต่ปราชญ์หลายท่านได้วิเคราะห์และอนุมานหลักฐานข้อมูลจากหนังสือกฎหมายตราสามดวงว่าสมัยกรุงศรีอยุธยาตอนต้นตรงกับสมัยสมเด็จพระบรมไตรโลกนาถระหว่าง พ.ศ. 1991-2031 ตามกฎหมายตราสามดวง ได้ระบุไว้ว่า “ขุนนางศักดินา 1,000 กินเมือง กินเจียด เงินถมยาดำรองตะลุ่ม” ซึ่งเป็นการกำหนดเครื่องยศของขุนนางชั้นสูง แสดงว่าในสมัยนั้นไทยได้ทำเครื่องถมแล้วอีกหลักฐานหนึ่งในสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช พ.ศ. 2199-2231 ได้ส่งเครื่องถมเป็นเครื่องราชบรรณาการแก่พระเจ้าหลุยส์ที่ 14 ของฝรั่งเศส เป็นเครื่องถมด้ายลงหินตามหลักฐานปรากฏในจดหมายเหตุฝรั่งเศสว่า เจ้าพระยาวิชาเยนทร์ เป็นผู้ออกแบบ

จากหนังสือชุด ประชุมพงศาวดารภาคที่ 18 เรื่อง จดหมายเหตุสมเด็จพระนารายณ์มหาราช ระบุว่าราชทูตที่ไปฝรั่งเศสนั้น ได้เดินทางไปกรุงโรมเพื่อถวายราชสาส์น ต่อสันตะปาปาที่กรุงโรมด้วย ข้อความว่า

ราชทูตเชิญพาน แว่นฟ้าทองคำรับสาส์นส์ม้วนบรรจุไว้ในผอบทองคำลงยาราชาชาติอย่างใหญ่ลง ผอบนั้นตั้งอยู่ในหีบถมตะทอง หีบถมตะทองตั้งอยู่บนพานแว่นฟ้าทองคำ อุบุทูตเชิญเครื่องมงคลราชบรรณาการรีทูตเชิญของถวาย (ของ) เจ้าพระยาวิชาวินทร... มีถุงเข็มขาบพื้นเขียวหุ้ม 1 ถุง ตั้งบนพานถมตะทองสำหรับถวาย โป๊ป

ช่างถมที่มีฝีมือดีที่สุดในยุคสมัยสมเด็จพระนารายณ์มหาราช เราจึงมักได้ยินชื่อเสียงของเครื่องถมนาม “ถมนคร” ชาวนครเป็นผู้ที่มีพรสวรรค์และจินตนาการในด้านการผลิตเครื่องถมจนมีชื่อเสียงไปทั่วเมืองไทย ซึ่งในขณะนั้นสมเด็จพระนารายณ์มหาราชทรงทราบจึงโปรดรับสั่งให้ช่างถมที่มีฝีมือเข้าถวายงานประจำในวัง เครื่องถมทั้งหลายที่เป็นเครื่องราชูปโภครวมถึงของใช้ ชั้นสูงจึงล้วนมาจากฝีมือช่างเมืองนครทั้งสิ้น หลังจากนั้นประวัติของเครื่องถมก็เริ่มเลือนราง จนในสมัยสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย รัชกาลที่ 2 แห่งกรุงรัตนโกสินทร์ ได้มีการฟื้นฟูศิลปวัฒนธรรมและหัตถกรรมของเครื่องถมไทยเครื่องถมจึงกลับมาเจริญรุ่งเรืองอีกครั้ง และมีการถ่ายทอดเรื่อยมาจนถึงรัชกาลปัจจุบัน

จากการทบทวนวรรณกรรมข้างต้น ทำให้ทราบถึงวัตถุประสงค์ของการสร้างเครื่องถมนคร ว่าเครื่องถมนครเป็นของดีมีค่าเป็นศิลป์แผ่นดินที่ควรค่าการสืบทอดถวายแด่พระมหากษัตริย์และราชวงศ์ซึ่งแสดงให้เห็นว่างานเครื่องถมควรเป็นงานชั้นสูง ที่ใช้กันในเฉพาะราชวังและยังใช้เครื่องถมนครเป็นเครื่องราชบรรณาการแก่แขกบ้านแขกเมืองของประเทศรวมถึงเพื่อสานสัมพันธ์กับประเทศคู่ค้าที่สำคัญต่อประเทศอีกด้วย หรือใช้เพื่อแสดงถึงยศและตำแหน่งซึ่งได้รับการแต่งตั้งจากพระมหากษัตริย์ ซึ่งสะท้อนความเจริญรุ่งเรืองของชาติไทยที่ได้ติดต่อกับชาติตะวันตกมาช้านาน

จากการทบทวนวรรณกรรมเบื้องต้นทำให้ทราบว่า มีผู้แบ่งเครื่องถมตามประโยชน์การใช้สอย ดังนี้ รัตนะ อุทัยพล (2523) ได้กล่าว ถึงการนำประโยชน์เครื่องถมมาใช้ประโยชน์ไว้ว่า เครื่องถมสามารถนำมาสร้างเป็นสิ่งของได้หลายชนิด โดยอาศัยการขึ้นรูปที่หลากหลายโดยใช้การเคาะดุนเป็นรูปทรงต่างๆตามต้องการส่วนใหญ่เป็นเครื่องใช้ของ พระมหากษัตริย์หรือขุนนางในสมัยก่อน เช่น กระจง โถง ปลี โถงใบบัว กาน้ำลูกแก้ว หม้อน้ำ เขียนหมาก ซึ่งเป็นเครื่องใช้ตามประเพณีและเครื่องยศ ไสว สุทธิพิทักษ์ (2521) ได้กล่าวถึงรูปแบบของเครื่องถมนครไว้ว่ารูปแบบหมายถึง การออกแบบ หรือการกำหนดรูปทรงได้ตามความต้องการของผู้ใช้สอย เพราะฉะนั้นรูปแบบของเครื่องถมจึงหมายถึง การออกแบบ หรือ การกำหนดรูปทรงของเครื่องถมนครตามความต้องการของผู้ใช้สอย โดยได้จำแนกเครื่องถมที่เป็นเครื่องใช้ตามประเภทของการใช้งานไว้ดังนี้

- 1) เครื่องประดับตกแต่งอาคารของบุคคล ได้แก่ แหวน กำไล สร้อย ต่างหู เข็มกลัด กระจง หม้อ ปิ่นปักผม เป็นต้น
- 2) เครื่องใช้สอยทั่วไป ได้แก่ ถาด ชันน้ำ พานรอง ชันใส่ข้าว ทัพพี กระจง โถง ที่เขี่ยบุหรี่ ที่จุดไฟบุหรี ด้ามมีด หัวไม้ถือ ที่ติดกระดาดขกรอบรูป เป็นต้น

3) เครื่องราชูปโภค ได้แก่ พระที่นั่งพุทธทานกาญจนสิงหาสน์ถม พระราชยานถม เครื่องนมัสการพระกระระถม เป็นต้น

สมศักดิ์ เทพพิทักษ์ (2538) ได้ให้ข้อสังเกตในการแบ่งเครื่องถมนครตามรูปทรงไว้ว่า รูปแบบของเครื่องถมนครมี 6 รูปแบบด้วยกันคือ

1) เครื่องถมนครมีทรงกลม คือ เครื่องถมนครที่ออกแบบหรือกำหนดรูปแบบเป็นทรงกลมหรือบางส่วนเป็นทรงกลม เช่น ชันลูกลอย ตลับแป้ง

2) เครื่องถมที่มีรูปทรงเหลี่ยม คือ เครื่องถมที่ออกแบบหรือกำหนดรูปแบบเป็นรูปทรงเหลี่ยม เช่น กระเป่าถ้อ กรอบรูป เป็นต้น

3) เครื่องถมนครที่มีรูปทรงเป็นทรงกระบอก คือ เครื่องถมที่ออกแบบหรือกำหนดรูปแบบเป็นรูปทรงกระบอก เช่น ถ้ายาถม แก้วน้ำ ตลับแป้ง เป็นต้น

4) เครื่องถมนครที่เป็นรูปทรงรี คือ เครื่องถมที่ออกแบบหรือกำหนดรูปแบบเป็นทรงรี มีส่วนเรียวและโค้งมนนิ้วขึ้นงาน เช่น ถาดรอยแก้วหรือถาดใส่ผลไม้ เป็นต้น

5) เครื่องถมนครที่มีรูปแบบผสม คือ เครื่องถมที่ออกแบบหรือกำหนดรูปแบบให้มีลักษณะผสมผสานกันหลายรูปทรง โดยการเอารูปทรงต่างๆมาออกแบบรวมเข้าด้วยกัน เช่น ที่กรอดน้ำ กาน้ำ ชันน้ำ พานรอง ช้อน ทัพพี เป็นต้น

6) เครื่องถมนครที่มีรูปทรงอื่น คือ เครื่องถมที่ออกแบบหรือกำหนดรูปแบบแตกต่างจากรูปทรงที่กล่าวมาแล้วข้างต้น โดยอาจเป็นแบบเฉพาะของช่างผู้ผลิตเครื่องถมเองหรือรูปแบบที่กำหนดขึ้นตามความต้องการของผู้ใช้สอยเอง เช่น เครื่องประดับ สร้อยคอ สร้อยข้อมือ แหวน กำไลข้อมือ กำไลข้อมือ เป็นต้น

ทั้งนี้รูปแบบหรือรูปทรงของเครื่องถมนคร อาจมีรูปแบบอื่นอีกที่ช่างถมนครคิดและผลิตขึ้นโดยใช้ภูมิปัญญาของช่างถมเอง หรือผลิตตามความต้องการของผู้ใช้สอยที่สั่งทำขึ้นมาเฉพาะซึ่งแต่ละชิ้นก็จะเป็นเอกลักษณ์เฉพาะชิ้นงานนั้นๆหรืออาจเกิดจากการผลิตที่ผสมผสานกับรูปแบบอื่นๆที่หลากหลายก็ได้ ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่ารูปทรงของเครื่องถมจังหวัดนครศรีธรรมราชถูกกำหนดโดยประโยชน์การใช้สอยเป็นหลัก (สมศักดิ์ เทพพิทักษ์. 2538)

ลวดลาย หมายถึง ลายต่างๆที่เขียนขึ้นหรือสลักลงบนชิ้นงาน จากการศึกษาของ สมศักดิ์ เทพพิทักษ์ (2538) กล่าวได้ว่าเอกลักษณ์ของเครื่องถมนครในอดีตมีลักษณะเฉพาะที่เป็นเอกลักษณ์ คือ การเขียนลวดลายหรือการแกะสลักลงบนชิ้นงาน มีการเว้นช่องไฟระหว่างลวดลายอย่างสวยงาม การใช้ลวดลายนิยมใช้ลวดลายหลายชนิดมาผสมผสานกัน นอกจากนี้ในลวดลายจะมีการใช้ภาพประกอบที่หลากหลาย ส่วนเครื่องถมนครในปัจจุบัน การใช้ลวดลายนิยมเขียนลายหรือสลักลายบนชิ้นงานมาก โดยมีช่องไฟระหว่างลวดลายน้อย ส่วนมากจะนิยมใช้ลวดลายใดลวดลายหนึ่งเท่านั้นไม่มีการผสมผสานลวดลายอื่นเลย หรือถ้ามีก็น้อยมาก ภาพประกอบก็มีน้อยลง โดยมักจะใช้ในชิ้นงานเฉพาะอย่างตามความต้องการของผู้ใช้สอยเท่านั้น

สมศักดิ์ เทพพิทักษ์ (2538) กล่าวถึงลวดลายของเครื่องถมนครในปัจจุบันสามารถจำแนกลวดลายออกได้ 9 ลวดลาย คือ

- 1) ลายกนกเปลว มีลักษณะเป็น กอ กาบ กิ่ง ก้าน ใบ ประกอบอยู่ในรูปสามเหลี่ยมมุมแหลม มีลักษณะลวดลายเลียนแบบจากเปลวไฟ ปรากฏอยู่ในภาชนะเครื่องถม เช่น ชั้นน้ำพานรอง เขียนหมาก ถาดใส่ผลไม้ ชุดชา-กาแฟ เป็นต้น
- 2) ลายใบเทศ มีลักษณะเป็นช่อมีก้าน กาบ ดอก ใบ อยู่ในช่อหนึ่งๆลายใบเทศสามารถนำมาต่อลายใช้เป็นลายหลักโดยไม่ต้องนำลายอื่นมาประกอบเลยก็ได้ หรือจะนำมาประกอบลวดลายมาด้วยก็ได้
- 3) ลายประจายาม มีลักษณะลายเป็นรูปสี่เหลี่ยมด้านเท่า ภายในแบ่งเป็น 4 กลีบ มีเกสรอยู่ตรงกลางดอก สามารถเขียนลายในกลีบดอกไม่ให้มีรายละเอียดมากขึ้นได้นิยมใช้เป็นจุดศูนย์กลางของลวดลายบนรูปพรรณของเครื่องถม หรือเป็นจุดแบ่งลวดลายออกเป็นสองส่วน ปรากฏในชิ้นงาน เช่น ชั้นน้ำพานรอง ถาด กระเป่า กำไล เป็นต้น
- 4) ลายพุ่มข้าวบิณฑ์ มีลักษณะเป็นทรงพุ่มคล้ายกับหยดน้ำ ภายในอาจใช้ลายหรือภาพอื่นประกอบ เช่น รูปเทพพนม หน้าขบ เป็นต้น ปรากฏในภาชนะเครื่องใช้หรือเครื่องประดับ เช่น ตลับแป้ง กระเป่า ผอบน้ำหอม จานรองแก้ว
- 5) ลายกระจัง มีลักษณะลายเป็นรูปสามเหลี่ยมหน้าจั่ว ภายในอาจสอดไส้ลวดลายเพื่อเพิ่มความละเอียดของลวดลายยิ่งขึ้น มักใช้สลักตามขอบหรือฐานของชิ้นงาน ปรากฏในภาชนะเครื่องใช้หรือเครื่องประดับ เช่น ชั้นน้ำพานรอง ถาด กระเป่า กำไล เป็นต้น
- 6) ลายก้านขด มีลักษณะของลายที่เป็นการนำลวดลายต่างๆ เช่น กนกเปลว กรกใบเทศ กระจังมาเขียนต่อลายให้เกิดความต่อเนื่องกันให้เป็นแถวขดไปตามรูปพรรณ ปรากฏในภาชนะเครื่องใช้หรือเครื่องประดับ เช่น ตลับแป้ง กระเป่าผอบน้ำหอม จานรองแก้ว กำไล
- 7) ลายบัวคว่ำ-บัวหงาย มีลักษณะลายเป็นรูปกลีบบัว การให้รายละเอียดของกลีบบัวโดยใช้ลายต่างๆ สอดไส้เพื่อความสวยงาม การใช้มักใช้สลักตามขอบหรือฐานของชิ้นงาน ปรากฏในภาชนะเครื่องใช้หรือเครื่องประดับ เช่น ชั้นน้ำพานรอง ถาด ชุดกรวดน้ำ กระเป่า กำไล เป็นต้น
- 8) ลวดลายเม็ดบัว มีลักษณะหลายแบบ เช่น กลม รี ส่วนมากนิยมใช้ต่อเนื่องกันเป็นเส้นตรงหรือโค้งเป็นวงกลม ใช้กันระหว่างลวดลายต่างๆหรือบริเวณขอบภาชนะหรือรูปพรรณ ปรากฏในภาชนะเครื่องใช้หรือเครื่องประดับ เช่น ตลับแป้ง กระเป่า ผอบน้ำหอม จานรองแก้ว กำไล เป็นต้น
- 9) ภาพประกอบลาย มีลักษณะเป็นภาพต่างๆ เช่น รูปเทพพนม หน้าขบ นางฟ้า เทวดา เมขลา พระราม พระลักษมณ์ ยักษ์ หรือภาพสัตว์ป่าหิมพานต์ นำมาประกอบกับลวดลายเพื่อเพิ่มความสวยงามและเพิ่มรายละเอียดให้กับลวดลาย ปรากฏในภาชนะเครื่องใช้หรือเครื่องประดับ เช่น ตลับแป้ง กระเป่า ผอบน้ำหอม จานรองแก้ว กำไล

2.2 การออกแบบและกระบวนการผลิตเครื่องประดับ

2.2.1 การออกแบบเครื่องประดับ

การออกแบบ หมายถึง การใช้ความรู้ความสามารถและประสบการณ์นำมาประมวลเพื่อสร้างสรรค์ผลงานในรูปแบบต่างๆ เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค การออกแบบจะต่างจากการลอกแบบ เพราะการออกแบบ คือ การคัดลอกให้เหมือนต้นแบบทุกอย่าง โดยไม่ผิดเพี้ยนจากต้นแบบ

ในทางศิลปะให้คำจำกัดความของการออกแบบว่า “การรวมมูลฐานทางศิลปะทั้งหลายเข้าด้วยกัน ด้วยการเลือกหรือการจัด ไม่ว่าจะจัดด้วยวัสดุอะไร ผู้ออกแบบจะต้องนำเอาสิ่งนั้นไปใช้ คือ เส้น รูปร่าง รูปทรง สี ช่องว่าง และความงามของพื้นผิว”

การออกแบบเครื่องประดับก็เหมือนกับการออกแบบงานชนิดอื่นๆ ที่ผู้ออกแบบจะต้องประยุกต์หลักเกณฑ์พื้นฐานทางศิลปะมาเป็นชิ้นงานที่มีความสวยงาม เพื่อเสริมบุคลิกภาพของผู้สวมใส่ ซึ่งการออกแบบเครื่องประดับชิ้นหนึ่งๆ นั้น นอกจากจะต้องใช้จินตนาการทางการออกแบบแล้ว ผู้ออกแบบยังต้องมีความรอบรู้ในเรื่องโครงสร้างของชิ้นงาน ที่ต้องการจะออกแบบด้วย โดยการศึกษาเรื่องของลักษณะรูปร่าง ช่องว่าง เนื้อวัสดุ น้ำหนักของวัสดุที่จะใช้มาตราส่วน และขนาด เพื่อให้ชิ้นงานมีความสัมพันธ์กันระหว่างรูปแบบและวัสดุที่ใช้ โดยตั้งแต่ขั้นตอนของการออกแบบเครื่องประดับ จนถึงขั้นตอนของการประดิษฐ์ชิ้นงาน เครื่องประดับแต่ละชิ้นช่างจะใช้เวลาประณีตละเอียดอ่อนเป็นอย่างมากในการสร้างสรรค์งานแต่ละชิ้นเพื่อให้สอดคล้องตามผู้พบเห็น (วิวัฒนะ จุฑะวิภาต: 2545)

คำว่าเครื่องประดับนั้น ก็ระบุอยู่แล้วว่าเป็นสิ่งที่ใช้ประดับร่างกาย การตกแต่งร่างกายด้วยเครื่องประดับ ถือได้ว่าเป็นสิ่งสำคัญอย่างหนึ่ง เพราะนอกจากจะทำให้ผู้สวมใส่เองรู้สึกมั่นใจ และภาคภูมิใจแล้ว ยังจะทำให้ผู้ที่ได้พบเห็นรู้สึกชื่นชมอีกด้วย อย่างไรก็ตามเครื่องประดับจะต้องมีทั้งลักษณะที่ดีและสมบัติที่ดีเสียก่อน

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วว่า เครื่องประดับที่มีคุณภาพและคุณค่านั้น อาจพิจารณาได้จากคุณภาพด้านต่างๆ อาทิ ด้านวัสดุ ด้านเทคนิค ด้านวัฒนธรรม และค่านิยม ด้านตามความต้องการของลูกค้า และด้านความงาม แต่ในบทนี้จะกล่าวถึงคุณภาพโดยรวม เครื่องประดับ (ในเชิงอุตสาหกรรม) ที่มีคุณภาพนั้นจะต้องมีการออกแบบที่สามารถนำไปใช้ได้ (Function) หรือเป็นงานออกแบบ (Design) ที่สวมใส่ได้ (Wearable) อย่างคงทน (Durable) นั่นเอง เพื่อให้ผู้ที่สวมใส่จะได้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการตกแต่งร่างกาย (Purpose)

การออกแบบเครื่องประดับที่ดี คือ ต้องคำนึงถึงด้านประโยชน์ใช้สอย และต้องคำนึงถึงคุณค่าทางด้านความงาม

การออกแบบเครื่องประดับที่ดี นอกจากการยึดหลักเกณฑ์ต่างๆ ไป ของการออกแบบ แล้วนักออกแบบต้องคำนึงถึงความสวยงาม เหมาะสมเป็นประการสำคัญ เพราะงานเครื่องประดับเกิดขึ้นด้วยจุดประสงค์ของการเสริมสร้างความมั่นใจให้ผู้สวมใส่ ฉะนั้นงานทุกชิ้นจะต้องมีความเด่นในตัวเอง และ

ก่อนขึ้นตอนของการร่างแบบ นักออกแบบต้องตอบตัวเองก่อนเสมอว่า เครื่องประดับชิ้นนั้นๆ ออกแบบมาเพื่อใคร นั่นคือ ต้องมีความชัดเจนของกลุ่มเป้าหมาย เมื่อรู้เป้าหมายก็จะทำให้ความคิดไม่กระจัดกระจาย เพราะกลุ่มเป้าหมายแต่ละกลุ่มมีบุคลิกเฉพาะกลุ่มอยู่แล้ว เช่น กลุ่มสภาพสตรีวัยทำงาน ต้องการเครื่องประดับที่เรียบ แต่เด่นด้วยแบบและลวดลาย กลุ่มสภาพสตรีที่ออกงานสังคมบ่อย จะชอบเครื่องประดับที่เน้นความใหญ่โต หรือมีลวดลายวิจิตรบรรจง มองดูถึงการ ส่วนเด็กกลุ่มวัยรุ่นจะชอบอะไรที่เล็กๆ ดูน่าเอ็นดูสมวัย สำหรับสุภาพบุรุษ มีอยู่สองแบบ คือ แบบที่ชอบเรียบๆ และแบบที่เน้นขนาด

ความงามของตัวเครื่องประดับจึงเป็นเรื่องมุมมองของแต่ละคน อย่างไรก็ตามมีหลักการที่นักออกแบบเครื่องประดับควรคำนึงอยู่ 3 ประการ คือ ความเป็นเอกภาพ ความสมดุล และความสัมพันธ์ทางศิลปะ

1) ความเป็นเอกภาพ การออกแบบเครื่องประดับก็เป็นเช่นเดียวกับงานออกแบบอื่นๆ ที่มองเฉพาะรายละเอียดส่วนย่อยไม่ได้ แต่นักออกแบบต้องคำนึงถึงภาพรวมของชิ้นงานอย่างเป็นเอกภาพ หรือเป็นกลุ่มก้อน มองทุกอย่างให้สัมพันธ์กัน แล้วจึงพิจารณาส่วนย่อยและคำนึงถึงความสอดคล้องของรูปแบบ เช่น จะออกแบบสร้อยคอหนึ่งเส้นหากมีจี้ประกอบ จะต้องคิดสัมพันธ์กันหมดทั้งตัวสร้อย และจี้ให้สอดคล้องกัน แล้วจึงลงรายละเอียด ตัวสร้อย แบบ-ลาย-ขนาด จะต้องไปด้วยกัน หากมีจี้ต้องสัมพันธ์กับตัวสร้อย คือ ทุกอย่างต้องสอดคล้องกันเพื่อแสดงความเป็นเอกภาพ จึงจะเกิดความสวยงาม

2) ความสมดุล เป็นหลักการขั้นพื้นฐานของการออกแบบทุกประเภทอยู่แล้ว แต่เมื่อพูดถึงการออกแบบเครื่องประดับ ความสมดุลเป็นสิ่งแรกที่สัมพันธ์กับจุดประสงค์ในเรื่องความงาม เพราะความงามของเครื่องประดับอยู่ที่ความพอดีไม่มากหรือน้อยเกินไป เป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นในส่วนของความคิดที่ดำเนินควบคู่ไปกับความสมดุลในการออกแบบ ซึ่งดุลยภาพหรือความสมดุล (Balance) หมายถึง การจัดองค์ประกอบที่มีน้ำหนักหรือความสมดุลกันไม่เอนเอียงไม่ข้างใดข้างหนึ่ง โดยความสมดุลแบ่งเป็น 2 ลักษณะ คือ สมดุลแบบสมมาตร คือน้ำหนักซ้ายขวาเท่ากัน รูปทรง ลวดลาย สีและรายละเอียดเหมือนกัน และสมดุลแบบสมมาตร คือน้ำหนักซ้ายขวาเท่ากัน เป็นการสมดุลที่แตกต่างกัน ด้านรูปทรง ลวดลาย สี และรายละเอียด แต่ดูแล้วรู้สึกน้ำหนักสมดุลกัน

ความรู้สึกทางสมดุลซึ่งมีอยู่ 2 แบบ คือ ความสมดุลแบบสมมาตรหรือสมดุลแบบเท่ากันและเหมือนกันทั้งสองด้าน ตัวอย่างเช่น การออกแบบตุ้มหูต้องคำนึงถึงสมดุลแบบเท่ากัน ในภาพรวมเพื่อเวลามองดูจะได้ไม่รู้สึกผิดส่วนผิดมาตรฐาน ถ้าออกแบบสร้อยคอ ก็อาจนำหลักความสมดุลแบบสมมาตรหรือสมดุลแต่รายละเอียดไม่เหมือนกันทั้งสองด้านมาใช้ เพราะความสมดุลในลักษณะนี้หมายถึงรายละเอียดส่วยย่อยของงานไม่เหมือนกัน แต่ให้ความรู้สึกที่มีความสมดุลกัน ซึ่งลักษณะดังกล่าวนี้ จะเกิดขึ้นได้ก็ด้วยการใช้องค์ประกอบอื่นเข้ามาช่วย เช่น อาจสมดุลกันด้วยผิวด้วยสีของอัญมณี หรือด้วยแสงเงาของวัสดุที่ใช้เครื่องประดับนั้นๆ

การออกแบบเครื่องประดับเป็นการออกแบบ 3 มิติ ซึ่งถ้าออกแบบไม่มีความสมดุลจะเห็นว่าน้ำหนักเอียงไปข้างใดข้างหนึ่งได้อย่างชัดเจน วิธีการแก้ปัญหาเรื่องความสมดุลในเครื่องประดับอาจ

แก้ปัญหาได้ดังนี้ สมดุลด้วยรูปทรง แก้ปัญหาด้วยการออกแบบให้แต่ละส่วนมีขนาดรูปทรงเท่ากัน สมดุลด้วยสี แก้ปัญหาด้วยการใช้สีให้กลมกลืนกัน และสมดุลด้วยลักษณะผิว แก้ปัญหาด้วยการสร้างให้เกิดลักษณะของผิวที่แตกต่างกัน

3) ความสัมพันธ์ ทางศิลปะ หมายถึง การวางองค์ประกอบทางการออกแบบอย่างเหมาะสม เพราะเครื่องประดับมีจุดขายที่ความสวยงามและลักษณะเด่นเฉพาะอย่าง นักออกแบบจึงต้องออกแบบให้เห็นส่วนดีของงานอย่างชัดเจน เพื่อสร้างความรู้สึกประทับใจให้เกิดขึ้นแก่ผู้พบเห็น ซึ่งไม่จำเป็นเสมอไปว่าจะต้องมี จุดเด่นเพียงหนึ่งเดียว อาจมีมากกว่าหนึ่ง เพียงแต่ว่าเมื่อดูโดยรวมแล้ว จุดเด่นที่สองยังด้อยกว่าจุดแรก นั้นในเรื่องของการแสวงหาจุดเด่นให้กับเครื่องประดับนั้น นักออกแบบควรคิดเผื่อไว้สองชั้น เช่น จะออกแบบกำไลข้อมือ ก็อาจจะเน้นจุดสนใจที่แบบความทันสมัยคลาสสิก ขณะเดียวกันก็ไม่ลืมเผื่อถึงลักษณะผิวเน้นความแตกต่างของเนื้อวัสดุ เพื่อให้เกิดมิติในด้านความงามด้วย

นอกจากจุดเด่นหรือจุดสนใจแล้ว ความสัมพันธ์กันในทางศิลปะยังหมายรวมถึงจังหวะและระยะหรือความถี่ห่างในตัวเอง กล่าวสำหรับงานเครื่องประดับแล้ว จังหวะในตัวชิ้นงานเครื่องประดับ นับว่ามีความสำคัญไม่น้อย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง งานเครื่องประดับที่มีลวดลายมาก เช่น การออกแบบเครื่องประดับโดยใช้ลายไทย ความงามก็จะอยู่ที่ระยะช่องไฟ และการวางลายอย่างเหมาะสมกับตัวโครงสร้างของเครื่องประดับนั้นๆหรือการออกแบบสร้อยข้อมือแบบมีตุ้มตุ้มห้อยรอบๆหากนักออกแบบวางโครงสร้างของขนาดตุ้มตุ้มไม่สัมพันธ์กับสร้อย และระยะเวลาความถี่ห่างผิดพลาดแล้ว สร้อยข้อมือเส้นนั้นก็จะมีจุดเด่น ธรรมชาติของงานศิลปะที่สัมพันธ์กับงานเครื่องประดับอีกประการก็คือ หลักการเรื่องความแตกต่างและความกลมกลืน ความรู้สึกในเรื่อง ความกลมกลืนและความแตกต่าง เป็นสิ่งที่นักออกแบบทุกคนได้หยิบใช้ โดยความกลมกลืนที่ว่านี้ หมายถึงความกลมกลืนในภาพรวม ถึงแม้โดยส่วนย่อยจะมีความขัดกัน ทั้งจากแบบลวดลาย พื้นผิว หรือเส้น หากพิจารณาในส่วนรวมทั้งหมดแล้ว ไม่เกิดความรู้สึกขัดแย้งกันคือว่างานเครื่องประดับชิ้นนั้นบรรลุถึงองค์ประกอบศิลป์อย่างใดก็ตาม การที่นักออกแบบเลือกใช้ความแตกต่างในส่วนใหญ่เพื่อดึงดูดความสนใจ ก็สามารถสร้างความประทับใจได้เช่นกัน

แม้ว่าลักษณะเด่นของงานการออกแบบเครื่องประดับจะเน้นที่ความสวยงามเป็นประการแรก หากแต่เรื่องหน้าที่ใช้สอย ความทนทาน ก็เป็นสิ่งที่นักออกแบบควรคำนึงถึงด้วยเช่นกัน การออกแบบที่ดีจึงต้องว่าโครงสร้างของงานอย่างพอดี เลือกใช้วัสดุให้ตรงกับแบบและลวดลาย รวมไปถึงคำนึงถึงหน้าที่ใช้สอยและความทนทานของวัสดุที่ใช้ให้สัมพันธ์กัน จึงถือได้ว่าการออกแบบนั้นประสบความสำเร็จ (วัฒนธรรม จุฑะวิภาต. 2545)

เครื่องประดับที่มีคุณภาพจะต้องมีการออกแบบเสียก่อน โดยทั่วไปแล้วการออกแบบจะหมายถึงวิธีการนำวัสดุที่มีอยู่แล้วในธรรมชาติมาดัดแปลงให้มีรูปทรงใหม่เพื่อจะได้บรรลุตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่ได้วางไว้ดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงสิ่งที่เกี่ยวข้อง 4 ประการคือ วัสดุ (Materials) กระบวนการผลิต (Processes) รูปทรง (Forms) และเป้าหมาย (Purposes) วัสดุที่

สามารถนำมาทำเครื่องประดับได้จะมีอยู่อย่างมากมายตามธรรมชาติและการผลิตในเชิงอุตสาหกรรมนั้น ส่วนใหญ่จะเป็นวัสดุมีค่า เช่น ทองคำ ทองคำขาว เงิน และอัญมณีประเภทต่างๆ กระบวนการผลิตก็มีอยู่หลากหลายกรรมวิธี ไม่ว่าจะเป็นการหล่อ (Casting) การแสตมป์ (Stamping) แบนคิง (Blanking) และอื่นๆ เมื่อนำวัสดุตามธรรมชาติเหล่านั้นมาดัดแปลงด้วยกระบวนการผลิตกระบวนการหนึ่งหรือหลายกระบวนการแล้วก็จะได้วัสดุชิ้นใหม่ที่รูปทรงต่างไปจากเดิม เพื่อผู้สวมใส่จะได้บรรลุเป้าหมายที่ต้องการจะตกแต่งร่างกาย

สำหรับหลักการออกแบบนั้นจะต้องประกอบขึ้นด้วยองค์ประกอบของการออกแบบ (Elements of Design) วิธีการจัดองค์ประกอบ (Means) สัดส่วนและดุลยภาพ (Proportion and Balance) และเอกภาพ (Unity) องค์ประกอบของการออกแบบก็จะแบ่งย่อยออกไปอีกเป็นองค์ประกอบทางมโนทัศน์ Conceptual Element หรือ (จุด เส้น ระนาบและปริมาตร) องค์ประกอบที่มองเห็นหรือทัศนธาตุหรือ Visual Element (รูปร่างหรือรูปทรง ขนาด สี และผิว) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับอัญมณีและเครื่องประดับ 77 องค์ประกอบสัมพันธ์หรือ Relational Element (ทิศทาง ตำแหน่ง ที่ว่างและน้ำหนัก) และองค์ประกอบนำไปใช้หรือ Practical Element (รูปลักษณ์ ความหมายและหน้าที่) อันที่จริงนั้นองค์ประกอบของการออกแบบเหล่านี้จะไม่สามารถแยกออกจากกันได้ แต่เพื่อที่จะได้เข้าใจถึงเรื่องของการออกแบบอย่างลึกซึ้ง จึงจำเป็นต้องทำการแยกวิเคราะห์ทีละองค์ประกอบ องค์ประกอบทางมโนทัศน์นั้นจะไม่ปรากฏขึ้นจริง เป็นเพียงมโนภาพของนักออกแบบเท่านั้น แต่องค์ประกอบที่มองเห็นนั้นย่อมจะปรากฏขึ้นจริง คือ เป็นองค์ประกอบที่ก่อให้เกิดเป็นโครงสร้างขึ้นและสัมผัสได้ด้วยตาเป็นที่น่าสังเกตว่ารูปร่างกับรูปทรงนั้นจะแตกต่างกัน รูปร่างมีเพียงสองมิติเท่านั้น แต่รูปทรงมีสามมิติ ทั้งรูปร่างและรูปทรงก็อาจแบ่งแยกออกเป็นรูปร่าง รูปทรง ของนามธรรม และรูปร่าง รูปทรง ของรูปธรรม อันได้แก่ รูปร่าง รูปทรง ของธรรมชาติ รูปร่าง รูปทรงของเรขาคณิต และรูปร่าง รูปทรงของรูปประดิษฐ์ สีก็จะขึ้นอยู่กับวัสดุที่นำมาใช้อย่างสีธรรมชาติของโลหะและสีของอัญมณี หรืออาจได้มาจากเทคนิคการประดิษฐ์ เช่น การผสมอัลลอยด์ การสร้างสีโลหะด้วยสารเคมีหรือไฟฟ้า การเผาอัญมณีหรืออื่นๆ ลักษณะผิวก็อาจแบ่งได้เป็น 2 ชนิด คือ ผิวที่จับต้องได้ ทั้งผิวเรียบและผิวหยาบ เช่น ผิวมันวาว ผิวพ่นทรายและเรติคูเรชั่น หรือผิวเทียมที่ก่อให้เกิดความรู้สึกอย่างไรอย่างหนึ่ง เช่น เรียบหรือหยาบ แต่เมื่อสัมผัสกลับมีผิวเรียบ เช่น โมกโกเมะ น้ำหนักก็ต้องให้เหมาะสมคือไม่หนักจนน่ารำคาญ ส่วนองค์ประกอบสัมพันธ์ อันได้แก่ ทิศทาง ตำแหน่งที่ว่างและน้ำหนักนั้นจะทำหน้าที่ควบคุมความสัมพันธ์ของรูปร่างต่างๆ ในแต่ละงานออกแบบและท้ายที่สุดองค์ประกอบนำไปใช้จะเป็นตัวบ่งชี้ถึงเนื้อหาและขอบเขตของการออกแบบ เช่น งานออกแบบนั้นมีรูปลักษณะเป็นอย่างไร มีความหมายอะไร และมีหน้าที่อะไร (สวมใส่หรือเป็นเพียงสัญลักษณ์) สำหรับงานที่เป็นศิลปะจริงๆ นั้น อาจแฝงความหมายอย่างไรอย่างหนึ่งไว้ด้วย แต่การผลิตเครื่องประดับในเชิงอุตสาหกรรมส่วนใหญ่แล้ว ความหมายกลับไม่มีความสำคัญอันใดเลย แต่ที่สำคัญจะต้องสวมใส่ได้อย่างคงทน น่าสังเกตว่าหน้าที่ (Function) และเป้าหมาย (Purpose) ของเครื่องประดับนั้นมีความแตกต่างกัน เป้าหมายคือ การตอบสนองความต้องการของผู้สวมใส่ที่จะตกแต่งร่างกาย

วิธีการจัดองค์ประกอบของการออกแบบนั้น หมายถึง การนำเอาองค์ประกอบของการออกแบบมาจัดวางอย่างมีระบบ ซึ่งโดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 วิธีการใหญ่ๆ คือ การขัดแย้ง (Contrast) และการประสาน (Harmony) หรืออาจผสมผสานทั้งสองวิธีการเข้าด้วยกัน สร้างจุดเด่น (Dominance) หรือแปรเปลี่ยน (Variation) แต่ไม่ว่าจะเลือกวิธีการใดก็ตาม การจัดองค์ประกอบจะต้องได้สัดส่วนที่ดี และมีคุณภาพ ซึ่งผลที่ตามมาก็คืองานออกแบบจะมีเอกภาพ คือองค์ประกอบของการออกแบบทั้งหมดจะมีความเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน

2.2.2 หลักการออกแบบเครื่องประดับ

การออกแบบเครื่องประดับต้องคำนึงถึงความสวยงามเหมาะสม เป็นประการสำคัญเพราะงานเครื่องประดับถูกสร้างสรรค์ขึ้นด้วยจุดประสงค์ของการส่งเสริมความมั่นใจให้ผู้สวมใส่ งานจึงต้องมีความโดดเด่นและเป็นเอกลักษณ์ของตัวเอง

แนวคิดที่ควรคำนึงถึงในการออกแบบเครื่องประดับขั้นพื้นฐาน

1. พื้นฐานความงามทางศิลปะด้านการออกแบบ
2. ความเรียบง่ายของรูปทรงและมีความสมบูรณ์ในตัวเอง
3. ความคิดสร้างสรรค์ทั้งด้านการออกแบบและวัสดุ
4. เทคนิคทางการผลิตที่ไม่ซ้ำของเดิม
5. รักษาคุณสมบัติของโลหะ หิน และวัสดุ

2.2.3 การออกแบบให้สัมพันธ์กับวัสดุ

การเลือกวัสดุมาใช้ให้สัมพันธ์กับการออกแบบ เป็นปัญหาสำคัญมากสำหรับผู้ที่ยังไม่เคยมีประสบการณ์ในการออกแบบและการทำเครื่องประดับมาก่อน ดังนั้น จึงขอให้พิจารณาจากข้อเสนอแนะต่อไปนี้

1. พิจารณาจากวัสดุที่มีอยู่ก่อนเป็นสำคัญ เช่น จากหินสีอะไร รูปทรงแบบใด โลหะชนิด และสีอะไร เป็นต้น
2. การออกแบบให้สัมพันธ์กับวัสดุที่มีอยู่ การออกแบบควรเริ่มจากการสังเกตต่างๆ ก่อน และเมื่อได้แบบที่ดีแล้วจึงเขียนแบบจริง
3. พิจารณาถึงกระบวนการผลิตเป็นอันดับสุดท้ายว่าจะมีขั้นตอนการผลิตอย่างไรถ้าออกแบบไว้ก่อน แล้วหาวัสดุที่จะนำมาใช้ให้เหมาะสมกับแบบก็ได้ แต่ที่ไม่นิยมเพราะการหาวัสดุให้ตรงกับแบบเป็นเรื่องยุ่งยาก และเสียเวลากว่าหาวัสดุได้เหมือนกับแบบ การเตรียมวัสดุ เช่น หิน โลหะ หรือวัสดุอื่นๆ ไว้ก่อน แล้วจึงออกแบบให้สัมพันธ์กับวัสดุ จึงเป็นวิธีที่นิยมและสะดวกกว่า

2.2.4 แนวคิดทฤษฎีของการออกแบบ

การออกแบบเครื่องประดับในปัจจุบันและลักษณะเครื่องประดับที่ดี สามารถสังเกตได้ดังนี้

- 1) พื้นฐานความงามทางศิลปะด้านการออกแบบ

2) ความเรียบง่ายของรูปทรงและมีความสมบูรณ์ในตัวเอง ซึ่งสามารถดัดแปลงเพื่อการนำไปใช้ได้หลายโอกาส

3) เทคนิคทางการผลิตที่ไม่ซ้ำของเดิมและรักษาคุณสมบัติของวัสดุที่นำไปใช้ มีอายุการใช้งานยาวนาน (วัฒน์ะ จุฑะวิภาต. 2545)

การออกแบบเครื่องประดับในปัจจุบันต่างจากการออกแบบเครื่องประดับในอดีต คือ ด้านรูปทรงและวัสดุที่นำมาใช้ การออกแบบในปัจจุบันเน้นที่ความเรียบง่ายของรูปทรงมากกว่าใช้ลวดลายได้มาก มีรูปแบบที่สัมพันธ์กับวัสดุ เน้นที่โครงสร้าง ใช้วัสดุที่แปลกใหม่ มีประโยชน์ใช้สอยมากขึ้น สาเหตุที่การออกแบบเครื่องประดับในปัจจุบันมีความเรียบง่ายทางด้านรูปแบบ มีปัจจัยอันเนื่องมาจากการผลิตในระบบอุตสาหกรรมมากขึ้น การใช้เครื่องจักรอัตโนมัติช่วยในการออกแบบ และการผลิต อีกทั้งเน้นการผลิตจำนวนมากในระยะเวลาที่รวดเร็วเพื่อให้ตอบสนองความต้องการของผู้บริโภคมากขึ้น สภาพสังคมที่เปลี่ยนแปลงไปทำให้ค่านิยมและรสนิยมของคนในสังคมเปลี่ยน อีกทั้งทำให้เกิดเสรีภาพทางความคิดที่หลากหลาย

ลักษณะเครื่องประดับที่ดี มีข้อสังเกตดังนี้

- 1) มีความสัมพันธ์กันระหว่างแบบและวัสดุ
- 2) มีความสวยงามและนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง สามารถดัดแปลงไปใช้กรณีอื่นๆ ได้ตามความเหมาะสม
- 3) แบบเรียบง่าย ไม่รุงรังเกะกะ ไม่เกะเกี้ยวเสื่อผ้า ใช้สบาย ไม่เป็นอันตรายต่อผู้ใช้
- 4) ราคาไม่สูงจนเกินไป
- 5) สร้างความสง่าภาคภูมิใจให้กับผู้ใช้เสริมบุคลิกภาพของผู้ใช้ให้ดีขึ้น
- 6) ทำความสะอาดง่าย วัสดุที่ใช้ทำมีความทนทาน ทนต่อดินฟ้าอากาศที่เปลี่ยนแปลงและไม่เปลี่ยนสภาพได้ง่ายเมื่อเปลี่ยนอุณหภูมิ
- 7) มีความสมดุลกันในรูปทรง สีสันกลมกลืน มีจุดเร้าความสนใจที่ดี การเลือกวัสดุมาใช้ทำเครื่องประดับ

คุณสมบัติของนักออกแบบเครื่องประดับที่มีคุณภาพ ดังนี้

- 1) ศึกษาพื้นฐานทักษะทางด้านกราฟิก การลงสี การสร้างงานสองมิติและสามมิติ
- 2) ศึกษาพื้นฐานการทดลองการออกแบบเพื่อกลุ่มเป้าหมาย
- 3) ศึกษาพื้นฐานการแสวงหาประสบการณ์ทางศิลปะเพื่อสร้างความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ทั้งที่เป็นภาคเอกสารและข้อมูลที่เป็นเนื้อหา
- 4) ศึกษาพื้นฐานการวิเคราะห์แบบเพื่อการผลิตเครื่องประดับจริง
- 5) ศึกษาพื้นฐานทางประวัติศาสตร์และการแสวงหาข้อมูลลวดลาย และรูปทรงจากศิลปกรรมต่างๆ ในประวัติศาสตร์ศิลป์

พื้นฐานการออกแบบเครื่องประดับ ประกอบด้วย

- 1) แนวความคิดของนักออกแบบ 20%
- 2) ความคิดของลูกค้า 20%

3) เทรนด์

60%

ปัจจุบันเครื่องประดับกลายเป็นส่วนหนึ่งของชีวิต เช่น สร้อยคอ ต่างหู สร้อยข้อมือหรือ กำไล แหวน เข็มกลัด เป็นต้น โดยเฉพาะสร้อยคอจะนิยมคล้องสิ่งศักดิ์สิทธิ์ เพื่อบำรุงขวัญกำลังใจ บางคนใส่เพื่อความสวยงามหรือแสดงถึงฐานะ ส่วนเครื่องประดับส่วนอื่นก็เช่นเดียวกัน อย่างเช่น เข็มกลัด ก็ใช้ประดับบนเสื้อผ้าเพื่อเสริมความงามของเสื้อผ้านั้นด้วย

สำหรับวัยรุ่นนิยมเครื่องประดับเพื่อความสวยงาม ความเก๋ตามสมัยนิยมซึ่งไม่มีราคามากมาย และเปลี่ยนง่าย ซึ่งเครื่องประดับเหล่านี้มีขายทั่วไป ราคาย่อมเยา บางคนทำใช้เองสร้างความภาคภูมิใจให้กับตนเองในสถานศึกษาจึงจัดวิชานี้ไว้ในหลักสูตร โดยเน้นทางด้านการออกแบบและการประดิษฐ์เครื่องประดับเพื่อใช้เองได้ด้วยวิธีง่ายๆ และรู้จักเลือกวัสดุมาใช้ในการประดิษฐ์ นอกจากนี้ยังเน้นในการออกแบบและหลักการเครื่องประดับนักออกแบบที่ดีจะต้องออกแบบให้ทันสมัยตามสังคมนิยมและรู้จักการเลือกใช้วัสดุเพื่อการผลิตด้วย (เกสร ธิตะจारी. 2543)

2.2.5 การผลิตเครื่องประดับ (Jewelry Manufacturing)

ในปัจจุบันสามารถแยกวิธีการผลิตเครื่องประดับอัญมณีได้ 2 แบบ คือ

1) การผลิตตัวเรือนด้วยมือ เป็นวิธีการผลิตเครื่องประดับที่มีราคาสูง เน้นความละเอียดของงานที่มีการออกแบบตัวเรือนเป็นพิเศษ และมีการผลิตในปริมาณน้อย ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการผลิตได้ดังนี้

- 1) การขึ้นรูป
- 2) การแต่งตัวเรือน
- 3) การฝัง
- 4) การชุบ
- 5) การตรวจสอบ

2) การผลิตด้วยเครื่องมือหรือเครื่องจักร เหมาะสำหรับการผลิตในปริมาณมาก โดยมีรูปแบบของสินค้าที่ไม่ซับซ้อนมากนัก ส่วนใหญ่เป็นการผลิตในลักษณะของอุตสาหกรรม การผลิตในลักษณะนี้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำ สินค้าที่ผลิตไม่เน้นรูปแบบที่พิเศษ ซึ่งสามารถสรุปขั้นตอนการผลิตได้ดังนี้

- 1) การเตรียมงานตัวอย่าง
- 2) การทำต้นแบบ
- 3) แม่พิมพ์ยาง
- 4) การฉีดเทียน
- 5) การทำต้นเทียนขึ้นงาน
- 6) การทำแม่พิมพ์ปูน
- 7) การหล่อตัวเรือนโลหะ
- 8) การอบแม่พิมพ์ปูน
- 9) การตัดชิ้นงาน

- 10) การตกแต่งตัวเรือน
- 11) การขัดอัญมณี
- 12) การฝังอัญมณี
- 13) การชุบและขัดตัวเรือน
- 14) การตรวจสอบ

2.2.6 การขึ้นรูปโลหะสำหรับทำเครื่องประดับ

ในการผลิตชิ้นส่วนเครื่องประดับ ขั้นตอนการผลิตที่เป็นพื้นฐานสำหรับช่างเครื่องประดับ โดยทั่วไปนิยมทำกันมี 3 แนวทางคือ

1. งานขึ้นรูปเย็น (cold working) เป็นการทำให้โลหะให้มีรูปทรงต่างๆ ขณะที่โลหะมีอุณหภูมิต่ำ ต่ำกว่าอุณหภูมิการเรียงรูปผลึกใหม่ (recrystallization) เช่น งานตัด (cut) งานเลื่อย (sawed) งานดัด (bent) งานตะไบ (filed) ทุบด้วยค้อน งานปั๊ม (stamp) งานตี (forged) งานอัด (pressed) งานดึงลวด (drawn) ฯลฯ

2. งานหล่อโลหะเป็นการขึ้นรูปโลหะโดยการให้ความร้อนแก่โลหะจนหลอมเหลวแล้วเทน้ำโลหะลงในแม่พิมพ์ ซึ่งทำจากวัสดุที่มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าโลหะ เช่น ทราย (sand) ปูนหล่อ (clay) วัสดุทนไฟ (refractory investment)

3. งานขึ้นรูปโดยการนำชิ้นงานโลหะหลายๆ ชิ้นมาประกอบกันเป็นเครื่องประดับ โดยต่อเชื่อมโลหะกับโลหะด้วยโลหะเชื่อมประสาน ใช้การเชื่อมประสาน (solder) หรืออาจต่อด้วยหมุดย้ำ (revets) เช่น สร้อย (links) ส่วนมากจะเป็นเครื่องประดับที่มีชิ้นส่วนต่อกันอย่างสลับซับซ้อนก่อนที่จะต่อชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน อาจจะมีการสลักลวดลายหรือทำลวดลาย กัดกรดให้มีลวดลายและเมื่อต่อประกอบเป็นเครื่องประดับแล้ว อาจมีการตกแต่งโดยเคลือบด้วยอีนาเมล อบด้วยไฟฟ้าหรือทำอิเล็กทรอนิกส์ โตรפורมมิง ฝังพลอย เป็นต้น

อย่างไรก็ตามไม่ว่าจะทำเครื่องประดับโดยขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีใด สิ่งสำคัญที่สุด คือ ต้องเริ่มต้นจากแบบ ช่างเครื่องประดับต้องวินิจฉัยแบบโดยพยายามที่จะสร้างจินตนาการถอดแบบเครื่องประดับออกเป็นส่วนๆ ต้องมีการสังเกตภาพชิ้นส่วนจากแบบที่ซับซ้อนออกเป็นหลายๆ ชิ้นและจินตนาการให้ได้ว่าเมื่อนำชิ้นส่วนเหล่านั้นมาประกอบกัน จะได้เครื่องประดับตามแบบ แบบเครื่องประดับที่ซับซ้อนและต้องการความประณีตสวยงาม อาจต้องใช้ดินน้ำมันปั้นจำลองแบบให้เหมือนของจริงมากที่สุด ซึ่งนอกจากจะสามารถแก้ไขแบบตรงจุดบกพร่องต่างๆ แล้ว ยังทำให้ช่างสามารถวินิจฉัยแบบได้ง่ายขึ้น

2.2.7 ขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับในระบบอุตสาหกรรม (Processes Industrial Manufactory)

ในกระบวนการผลิตเครื่องประดับจะเริ่มจากการถ่ายแบบชิ้นส่วนที่ได้จากการวินิจฉัยแบบลงบนแผ่นโลหะ ตัดโลหะตามแบบร่าง เคาะ ตะไบ ขัดตกแต่ง เชื่อมประสาน ในบางขั้นตอนอาจเริ่มด้วยการปั๊ม (stamp) บางชิ้นส่วนอาจต้องใช้การหล่อ และขั้นตอนสุดท้ายคือการทำทำความสะอาด ขัดเงาโลหะ ฝังพลอยในตัวเรือน เป็นต้น

การทำต้นแบบเครื่องประดับ

การทำต้นแบบเครื่องประดับเป็นกระบวนการต่อจากการออกแบบเครื่องประดับ เมื่อช่างผลิตเครื่องประดับได้แบบมาแล้ว จะทำการผลิตเป็นเครื่องประดับโดยการเริ่มทำต้นแบบก่อน อันดับแรกช่างฝีมือต้องทำการวินิจฉัยแบบก่อน หลังจากนั้นจึงถึงขั้นตอนการปั้นดินน้ำมัน การทำต้นแบบและการทำพิมพ์ยาง ตามลำดับ

1. การวินิจฉัยต้นแบบ เป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและต้องอาศัยช่างที่มีความเชี่ยวชาญเป็นอย่างมาก เนื่องจากช่างผู้วินิจฉัยแบบต้องสามารถทำความเข้าใจรูปแบบเครื่องประดับเป็นอย่างดี จึงจะสามารถทำการแกะชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องประดับจากแบบที่รับมาอย่างถูกต้อง ทั้งในเรื่องของขนาด ความหนาของชิ้นงาน รวมไปถึงกำหนดแผนการผลิตสำหรับเครื่องประดับชิ้นนั้นๆ

2. การทำต้นแบบจำลองด้วยดินน้ำมัน แบบจำลองดินน้ำมันเป็นแบบจำลองนูนต่ำ ซึ่งตั้งอยู่บนฐาน การปั้นแบบจำลองเครื่องประดับด้วยดินน้ำมันจะช่วยช่างผู้ผลิตในเรื่องสัดส่วนและรูปทรงของชิ้นส่วนเครื่องประดับนั้นๆ ซึ่งขนาดและสีสันของแบบจำลองจะต้องเหมือนแบบจริง วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการปั้นแบบจำลอง ได้แก่ ดินน้ำมันสีต่างๆ สีโปสเตอร์ และฟู่กันสำหรับลงสี เริ่มจากการลอกลาย แบบลงบนกระดาษลอกลายเพื่อที่จะนำไปลอกลงบนดินน้ำมันอีกครั้ง ในขั้นตอนนี้จะมีการวัดขนาดและอาจปรับเปลี่ยนขนาดให้เหมาะสมกับเครื่องประดับ หลังจากนั้นจึงเริ่มการขึ้นรูปปั้น และลงสีด้วยสีโปสเตอร์เป็นขั้นตอนสุดท้าย

3. การทำต้นแบบ เป็นการพัฒนาขั้นตอนการผลิตเครื่องประดับสำหรับใช้ในการผลิตชิ้นอุตสาหกรรม เนื่องจากเมื่อผลิตต้นแบบขึ้นมาแล้ว สามารถนำต้นแบบไปทำแม่พิมพ์ได้อีกเป็นจำนวนมาก โดยไม่จำเป็นต้องขึ้นฝีมือใหม่อีก การทำต้นแบบเครื่องประดับมี 2 ประเภท ได้แก่

3.1 การทำต้นแบบเทียน

เป็นการทำต้นแบบที่เสียค่าใช้จ่ายน้อย สะดวกและรวดเร็ว แต่ข้อเสียคือเมื่อเทียนถูกความร้อนจะอ่อนตัวทำให้ยากต่อการขึ้นรูป และรูปทรงของต้นแบบไม่มีความคงที่ มีขั้นตอนการทำต้นแบบเทียนดังนี้

3.1.1 การเลือกใช้เทียน

เทียนที่ใช้ในการผลิตต้นแบบมีความแตกต่างจากเทียนที่ใช้กันอยู่ทั่วไป โดยเทียนที่นำมาใช้ทำต้นแบบเป็นเทียนที่มีส่วนผสมของพลาสติก จึงมีความแข็งและเหนียวกว่า เทียนที่นิยมใช้ในการทำต้นแบบ ได้แก่ เทียนสีน้ำเงินและเทียนสีเขียว เทียนทั้งสองชนิดมีลักษณะที่แตกต่างกัน ดังนี้

- เทียนสีน้ำเงิน เนื้อเทียนจะมีความเหนียว จึงทำให้ยากต่อการตะไบและการขัดด้วยกระดาษทราย จึงนิยมใช้เทียนชนิดนี้ในการทำต้นแบบที่บอบบาง

- เทียนสีเขียว นิยมใช้ผลิตต้นแบบมากกว่าเทียนสีน้ำเงิน เนื่องจากเทียนชนิดนี้มีความแข็งแรงและหักง่าย ซึ่งสะดวกต่อการตะไบและขัดด้วยกระดาษทราย

ในการทำต้นแบบด้วยเทียนต้องอาศัยการแกะเทียน ซึ่งเทียนทั้งสองชนิดที่กล่าวข้างต้นมีหลายรูปทรง ซึ่งการเลือกใช้งานจะแตกต่างกันไปตามความเหมาะสม ดังนี้

- ทรงแท่งหลอดกลมตรงกลางมีรูกลวง เหมาะสำหรับการทำต้นแบบแหวนที่มีน้ำหนักเบา หน้าแหวนไม่สูงและหนามากนัก เทียนรูปทรงนี้มีความหนาประมาณ 6 มิลลิเมตร

- ทรงแท่งหน้าตัดรูปตัวยูและมีรูกลวงตรงส่วนกลาง เหมาะสำหรับการทำต้นแบบแหวนหน้าสูง

- ทรงสี่เหลี่ยมหนาใช้ในการทำต้นแบบเครื่องประดับที่มีหน้างานราบและผิวหน้างานมีความสูงต่ำ เช่น จี้ สร้อย และต่างหู เป็นต้น

3.1.2 การแกะเทียน

แบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

ก. การเตรียม ประกอบไปด้วย การพิจารณาแบบ การลอกแบบ การเตรียมอุปกรณ์ และการคำนวณน้ำหนักต้นแบบเทียน

ข. การขึ้นรูป คือ การตกแต่งรูปทรงภายนอก (ความกว้างและความหนาของเครื่องประดับ) เพื่อให้ได้ขนาดตามที่ต้องการ และง่ายต่อการแกะสลักรายละเอียดภายหลัง

ค. การแกะสลัก คือ การแกะลายตามต้นแบบ

3.2 การทำต้นแบบโลหะ

เหมาะสำหรับการผลิตเครื่องประดับที่มีรายละเอียดซับซ้อน นอกจากนี้ต้นแบบโลหะสามารถนำไปใช้ทำแม่พิมพ์ยาง หรือหากต้องการชิ้นงานเพียงชิ้นเดียวก็สามารถใช้โลหะที่ต้องการขึ้นตัวเรือนได้ทันที

ขั้นตอนการทำต้นแบบโลหะ

ในการทำต้นแบบโลหะ สามารถใช้โลหะที่ต้องการมาใช้ทำต้นแบบได้เลย แต่เนื่องจากโลหะบางชนิดมีราคาสูงมาก ดังนั้นหากต้องการผลิตเครื่องประดับจำนวนมาก ผู้ผลิตส่วนใหญ่จึงใช้เงินมาทำต้นแบบโลหะ ซึ่งทำให้การพิจารณาคำนวณรูปทรงและความหนาของเครื่องประดับเป็นสิ่งสำคัญ เนื่องจากใช้โลหะต่างชนิดกันจะทำให้ได้น้ำหนักที่ต่างกัน ผู้ผลิตจึงต้องทำการคำนวณความต่างของน้ำหนักและรูปทรงของต้นแบบอย่างถี่ถ้วน มีขั้นตอนดังนี้

3.2.1 เตรียมโลหะ ในขั้นตอนนี้เป็นการคำนวณน้ำหนักของโลหะที่จะใช้ทำต้นแบบ โดยต้องเปรียบเทียบกับโลหะที่จะใช้หล่อเครื่องประดับ เมื่อได้น้ำหนักที่เหมาะสมจะต้องเพิ่มน้ำหนักอีกเล็กน้อยสำหรับการตะไบและขัดออก ทั้งนี้การพิจารณาเพิ่มน้ำหนักโลหะต้นแบบยังต้องคำนึงถึงรูปแบบของเครื่องประดับด้วยเช่นกัน เนื่องจากเครื่องประดับที่มีรูปแบบซับซ้อนและมีชิ้นส่วนมากจะใช้โลหะในปริมาณมากกว่า

3.2.2 ปรับแต่งขนาดและรูปทรงตามต้องการด้วยวิธีต่างๆ เช่น รีด ดึง ตัด ตะไบ และขัด

3.2.3 ประกอบชิ้นส่วนตัวเรือน ในการประกอบชิ้นส่วนตัวเรือนจะใช้น้ำประปาน หากเครื่องประดับมีชิ้นส่วนขนาดเล็กหลายชิ้นต้องใช้ดินน้ำมันในการประสาน โดยนำชิ้นส่วนทั้งหมดมาเรียงประกอบบนดินน้ำมัน แล้วจึงนำดินน้ำมันมาประกอบรอบนอกและเทปูนพลาสติกเพื่อให้ได้แม่พิมพ์ด้านหน้างาน เมื่อปูนแห้งจึงคว่ำเอาด้านที่เป็นดินน้ำมันไว้ด้านบนก่อนที่จะเอาดินน้ำมันออก แล้วเช็ดทำความสะอาดแม่พิมพ์ด้วยน้ำมันเบนซิน นำน้ำประปานมาเชื่อมโลหะที่อยู่บนปูนพลาสติก

ทิ้งไว้จนน้ำประสานเชื่อมต่อโลหะกันสนิทแล้วจึงแกะเอาปูนปลาสเตอร์ออก จะได้โลหะที่เชื่อมต่อกันตามต้องการ

3.2.4 ชัดแต่งพื้นผิว

3.2.5 ลดเหลี่ยมมุมต่างๆ

3.2.6 ตรวจสอบความเรียบร้อยของรายละเอียด

4. การทำแม่พิมพ์ยาง

หลังจากได้ต้นแบบโลหะซึ่งมีจุดหลอมเหลวตั้งแต่ 150 องศาฟาเรนไฮต์ขึ้นไป หากผู้ผลิตต้องการผลิตชิ้นงานเครื่องประดับนั้นจำนวนมาก ต้นแบบโลหะก็จะถูกนำไปใช้ทำแม่พิมพ์ยาง แม่พิมพ์ยางส่วนใหญ่จะผลิตมาจากวัสดุ 2 ชนิด ได้แก่ ยางพาราและยางซิลิโคน

- แม่พิมพ์ยางพารา หากเก็บรักษาอย่างถูกวิธีห่างจากความร้อนและแสงสว่าง จะสามารถใช้ได้นานกว่า 10 ปี โดยที่แม่พิมพ์จะคงรูปเดิม

- แม่พิมพ์ยางซิลิโคนเป็นวัสดุที่มีราคาสูง อายุการใช้งานน้อยกว่าแม่พิมพ์ยางพารา ข้อดีคือมีความยืดหยุ่นสูงเหมาะสำหรับเครื่องประดับที่มีรูปแบบซับซ้อน และไม่ติดวัสดุที่นำมาหล่อ จึงช่วยประหยัดเวลา นอกจากนี้ยังทนต่อสารเคมีและล้างได้ดี

แม่พิมพ์ยางที่สร้างขึ้นเพื่อใช้ในการผลิตเครื่องประดับมี 2 แบบ ได้แก่

4.1 แม่พิมพ์บล็อก

เป็นแม่พิมพ์ยางที่เมื่อผ่านการอบร้อนแล้วสามารถฉีกแม่พิมพ์ออกเป็น 2 ส่วนได้ทันที โดยไม่ต้องผ่า เนื่องจากมีเดือยแทรกอยู่ระหว่างแม่พิมพ์ การฉีกแม่พิมพ์แทนการผ่าจึงทำให้มีชื่อเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า “แม่พิมพ์ฉีก” มีข้อเสียตรงที่ไม่เหมาะสำหรับนำมาใช้ทำแม่พิมพ์สำหรับเครื่องประดับที่มีความซับซ้อนและมีรายละเอียดมาก

4.2 แม่พิมพ์ตัด

เป็นแม่พิมพ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลาย ด้วยคุณสมบัติที่สามารถเก็บรายละเอียดของเครื่องประดับได้อย่างดี อย่างไรก็ตามการผลิตแม่พิมพ์ยางต้องทำให้ได้ขนาดแม่พิมพ์ใหญ่กว่าสัดส่วนของชิ้นงานจริง ประมาณร้อยละ 2-3 สำหรับส่วนที่ถูกตะไบและขัดออก

ขั้นตอนในการทำแม่พิมพ์ยาง

1: คัดเลือกขนาดบล็อก บล็อกที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์ยางมี 2 ชนิด ได้แก่ บล็อกเดี่ยวและบล็อกคู่ ในอดีตนิยมใช้บล็อกคู่ บล็อกเป็นอุปกรณ์ที่ช่างสามารถทำขึ้นเองได้เพื่อความเหมาะสมของขนาดแม่พิมพ์ยาง

2: ตัดแผ่นยาง การตัดแผ่นยางใช้บล็อกในการตัด โดยต้องตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า

3: วางยางและแม่พิมพ์ลงในบล็อก โดยวางแผ่นยางเรียงซ้อนกันจนกระทั่งหนาประมาณครึ่งหนึ่งของบล็อก จากนั้นจึงวางต้นแบบแล้วให้จุดทองเหลืองหรือก้าน (Spure Former) ให้อยู่ด้านล่างลงในบล็อกและวางแผ่นยางซ้อนทับต้นแบบเต็มบล็อก ในการวางแผ่นยางลงในบล็อกนี้หากต้องการแม่พิมพ์ยางแบบฉีกต้องติดแผ่นยางสำหรับทำบล็อก ซึ่งมีขนาด 0.5x0.5 เซนติเมตร จำนวน

ประมาณ 6-8 ชั้น โดยติดลงบนแม่พิมพ์ส่วนล่างห่างจากขอบของแม่พิมพ์ 0.5 เซนติเมตรขึ้นไป ในตำแหน่งต่างๆ ได้แก่ มุมทั้ง 4 ของแม่พิมพ์และรอบๆ ต้นฉบับ นอกจากนี้แผ่นยางที่ติดบล็อกแล้วยังต้องนำมาฉีดเคลือบสเปรย์ซิลิโคนและแป้งฝุ่น เพื่อสร้างฟิล์มป้องกันไม่ให้แม่พิมพ์ส่วนบนและล่างติดกัน

4. บรรจุแผ่นยางลงในบล็อก ก่อนบรรจุยางต้องทำความสะอาดแผ่นยางเสียก่อน จากนั้นจึงอัดแผ่นยางให้เต็มบล็อกและไม่ให้เกิดรอยแยกในบล็อก หากใส่ยางน้อยเกินไปจะทำให้เกิดฟองอากาศในแม่พิมพ์ยาง

5. อบยาง ในต่างประเทศจะใช้เตาอบอัตโนมัติ ซึ่งควบคุมอุณหภูมิอัตโนมัติ แต่ในประเทศไทยส่วนใหญ่ช่างจะกำหนดเวลา อุณหภูมิ และแรงกดอัดตัวเองตามประสบการณ์

6. การตัดแม่พิมพ์ยาง ในการผ่าแม่พิมพ์ยางต้องอาศัยมีดซึ่งมีความคม โดยผ่าจากส่วนบนไปส่วนล่างของยาง จนกระทั่งถึงต้นแบบ ทั้งนี้เพื่อความสะดวก ในขณะที่ผ่ายางให้ใช้เหล็กสำหรับยึดการผ่าในการจางยางออกให้กว้าง

การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับ

หลังจากที่ได้แม่พิมพ์ยางแล้วจะเข้าสู่ขั้นตอนการหล่อเครื่องประดับ ซึ่งในปัจจุบันการผลิตเครื่องประดับระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้วิธีเผาไล่ขี้ผึ้ง (Lost wax)

1. การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับโดยวิธีเผาไล่ขี้ผึ้ง

การหล่อตัวเรือนเครื่องประดับโดยวิธีเผาไล่ขี้ผึ้ง จะได้ชิ้นงานที่มีมาตรฐานเดียวกัน ประหยัดเวลา สามารถผลิตเครื่องประดับได้คราวละมากๆ มีขั้นตอนดังนี้

1.1 คุณสมบัติของขี้ผึ้งที่ใช้ในการหล่อตัวแบบ เป็นขี้ผึ้งคุณภาพสูงปราศจากสิ่งเจือปนอื่นที่อาจหลงเหลืออยู่ในโพรงแบบ หลังจากการเผาไหม้ของขี้ผึ้ง เนื่องจากเศษสิ่งเจือปนที่ตกค้างอยู่ในโพรงแบบจะทำให้ตัวแบบเกิดความเสียหาย

1.2 กระบวนการหล่อขี้ผึ้ง ในขั้นตอนนี้เป็นการผลิตตัวแบบขี้ผึ้ง ประกอบด้วย การหลอมขี้ผึ้งและฉีดขี้ผึ้ง ขั้นตอนการหลอมมีดังนี้

1.2.1 การหลอมขี้ผึ้ง จะทำก่อนการนำขี้ผึ้งบรรจุลงเครื่องฉีดขี้ผึ้ง เนื่องจากขี้ผึ้งไม่สามารถหลอมละลายได้ดีนัก แม้ว่าเครื่องฉีดจะสามารถให้ความร้อน หลังจากนั้นจึงนำไปเทลงในเครื่องฉีดขี้ผึ้ง

1.2.2 การฉีดขี้ผึ้ง เมื่อเทขี้ผึ้งเหลวลงในเครื่องแล้วปรับอุณหภูมิของเครื่องให้อยู่ระหว่าง 70-75 องศาเซลเซียส จากนั้นปิดฝาเครื่องและปรับความดันจากปั๊มลมเข้าเครื่องโดยพิจารณาระดับแรงดันในการฉีดขี้ผึ้ง จากขนาดของแม่พิมพ์ยาง พร้อมกับฉีดซิลิโคนสเปรย์ที่ลวดลายของแม่พิมพ์ยาง รอจนแม่พิมพ์แห้งแล้วตบผงแป้งลงในพิมพ์ และเอาเศษแป้งส่วนเกินออกโดยการเป่าเบาๆ เสียก่อน จากนั้นใช้แผ่นโลหะหรือวัสดุอื่นๆ เช่น ไม้ พลาสติก ขนาดเท่ากับแม่พิมพ์ยางประกอบทั้งด้านบนและล่าง บีบให้แน่น นำส่วนที่เป็นหลุมหรือปากทางเข้าของแม่พิมพ์กดลงบนหัวฉีดของ

เครื่องฉีดซีเมนต์ ให้ซีเมนต์ไหลเข้ามาในโพรงแบบในแม่พิมพ์ รอจนซีเมนต์แข็งตัวแล้วแกะตัวแบบซีเมนต์ออกจากแม่พิมพ์

2. การติดต้นซีเมนต์หรือการติดต้นเทียน

เป็นวิธีการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เนื่องจากการใช้กรรมวิธีจะทำให้สามารถผลิตเครื่องประดับได้คราวละมากๆ การติดต้นเทียน คือ การนำตัวแบบซีเมนต์ที่ได้จากการฉีดซีเมนต์ที่ได้ฉีดซีเมนต์ลงในพิมพ์อย่างจำนวนมากมาติดรวมกันบนแกน

2.1 อุปกรณ์ในการติดต้นเทียน

2.1.1 ฐานยาง (Vulcanized Rubber Bottoms) โดยทั่วไปมีลักษณะเป็นฐานมีขอบและจุดกึ่งกลางเป็นส่วนสำหรับประกอบตัวแบบซีเมนต์ ฐานยางมีหลายรูปแบบและหลายขนาด ผู้ผลิตสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของรูปแบบชิ้นงานเครื่องประดับ

2.1.2 กระจกบอกล่อ เป็นกระจกโลหะมีเส้นผ่าศูนย์กลางและความยาวหลายขนาดในการติดต้นซีเมนต์นิยมใช้แบบที่ทำจากเหล็กเหนียวหรือสแตนเลส ซึ่งไม่เป็นสนิมและมีอายุการใช้งานนานกว่า

2.1.3 อุปกรณ์ในการเชื่อมตัวแบบซีเมนต์ (Electric Wax Welder) ประกอบด้วยหัวแรงไฟฟ้าและเครื่องควบคุมอุณหภูมิ

2.2 ทางเดินน้ำโลหะ (Spruing) คือ ช่องทางที่น้ำโลหะเข้าไปสู่โพรงแบบในแม่พิมพ์ ปูนหล่อและช่องทางออกจากโพรงแบบของซีเมนต์ที่หลอมละลายแล้ว ทางเดินน้ำโลหะต้องมีลักษณะดังนี้

- มีขนาดกว้างพอที่น้ำสามารถไหลไปยังส่วนต่างๆ ของโพรงแบบได้อย่างทั่วถึงและรวดเร็ว ทางเดินน้ำโลหะที่มีขนาดแคบเกินไปจะทำให้การหล่อเกิดความเสียหาย เนื่องจากน้ำโลหะที่ไหลเข้าไปในโพรงแบบก่อนจะเริ่มแข็งตัว จากนั้นจะสกัดกั้นทางเดินน้ำโลหะไม่ให้น้ำโลหะไหลตามเข้าไปยังโพรงแบบได้

- ไม่มีเหลี่ยมมุมซึ่งจะทำให้น้ำโลหะหมุนวน เป็นสาเหตุให้เกิดแก๊สที่สามารถแทรกเข้าไปในน้ำโลหะและก่อให้เกิดความเสียหายเมื่อเนื้อโลหะแข็งตัว

- ไม่มีขอบหรือเหลี่ยมมุมที่มีโอกาสหลุดหรือแตกหากได้รับแรงกระแทกจากน้ำโลหะ เนื่องจากเศษที่หลุดเข้ามาจะทำให้เกิดรูพรุนในเนื้อโลหะ

- มุมบนของทางเดินน้ำโลหะที่ติดกับก้านแบบมีความโค้งเล็กน้อยเพื่อให้น้ำโลหะเข้าไปในโพรงแบบได้สะดวก

- ในงานที่มีรายละเอียดหรือขอบบางมาก ควรเพิ่มทางเดินน้ำโลหะที่ติดตัวแบบซีเมนต์ โดยให้มีความยาวระหว่าง $\frac{1}{4}$ - $\frac{3}{4}$ นิ้ว

- หากใช้วิธีการหล่อแบบสูญญากาศทางเดินน้ำโลหะต้องมีขนาดใหญ่กว่าที่ใช้หล่อแบบหล่อเหวี่ยง

2.3 รูปแบบการติดตัวแบบซี่ผึ้ง

2.3.1 การติดเป็นกลุ่ม (Bush Method) การติดแบบซี่ผึ้งในรูปแบบนี้เป็นที่นิยมในสหรัฐอเมริกาและใช้ในการหล่อวัสดุที่ต้องการความพิถีพิถัน โดยเฉพาะแพลททินัมและแพลเลเดียม การติดตัวแบบซี่ผึ้งแบบนี้จะติดโดยตรงกับฐานยาง จะติดได้มากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของตัวแบบซี่ผึ้ง วิธีการติดจะทำการหยอดหรือเทซี่ผึ้งหลอมละลายลงในหลุมของฐานยางให้เต็ม จากนั้นใช้หัวแร้งไฟฟ้าเจาะซี่ผึ้งให้ละลายจนเป็นรู แล้วจึงนำตัวแบบซี่ผึ้งเสียบลงไป รอจนซี่ผึ้งที่หลอมละลายนั้นแข็งตัว และตัวแบบซี่ผึ้งติดแน่นอยู่กับฐานยาง

ข้อดี - ระยะทางเดินของน้ำโลหะสั้น น้ำโลหะจึงยังไม่แข็งตัวก่อนที่จะเข้าไปทั่วโพรงแบบชิ้นงานที่ได้จึงมีความสมบูรณ์

ข้อเสีย - ติดได้จำนวนน้อยโดยเฉพาะอย่างยิ่งหากใช้ในการผลิตชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่มากๆ ไม่สามารถให้ผลผลิตมากนักในการหล่อแต่ละครั้ง

- เนื่องจากการติดตัวแบบซี่ผึ้งแบบกลุ่มเป็นการติดแบบกับฐานยางโดยตรง ดังนั้นทางเดินน้ำโลหะจึงมีระยะสั้น ทำให้อาจเกิดการหมุนวนของน้ำโลหะในโพรงแบบซึ่งจะทำให้เกิดความเสียหายต่อชิ้นงาน

2.3.2 การติดแบบต้นไม้ (Tree Method) เป็นแบบที่ผู้ประกอบการส่วนใหญ่เลือกใช้ เนื่องจากสามารถติดตัวแบบซี่ผึ้งได้เป็นจำนวนมากในการหล่อแต่ละครั้ง การติดตัวแบบซี่ผึ้งแบบนี้โดยทั่วไปจะเลือกใช้ซี่ผึ้งก้านกลมที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 1/4 นิ้ว เป็นทางเดินหลักของน้ำโลหะ โดยให้ปลายด้านหนึ่งติดแน่นอยู่กับฐานยาง ติดตัวแบบซี่ผึ้งรอบๆ ต้นให้เอียง 45 หรือ 60 องศา จากฐานเรียงกันเป็นชั้นด้านล่าง

ข้อดี - ติดแบบซี่ผึ้งได้ครั้งละหลายๆ

ข้อเสีย - ทางเดินน้ำโลหะมีระยะทางยาว น้ำโลหะอาจแข็งตัวก่อนที่จะเข้าไปถึงโพรงแบบทั้งหมดหากอุณหภูมิขณะหล่อต่ำเกินไป

- การติดตัวแบบซี่ผึ้งเป็นจำนวนมากๆ มีโอกาสทำให้เกิดขอบหรือเหลี่ยมมุมขึ้นในทางเดินน้ำโลหะ ส่วนที่เป็นขอบหรือมุมนี้อาจถูกแรงกระแทกจากน้ำโลหะ ทำให้หลุดหรือแตกเป็นเศษเล็กๆ ได้

3. การทำแม่พิมพ์ปูนหล่อ

3.1 วัสดุและอุปกรณ์

3.1.1 ปูนหล่อแบบ (Investment) ปูนที่นำมาใช้หล่อแบบเป็นปูนพลาสติกที่ผลิตขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการพิมพ์โดยตรง มีคุณสมบัติทนความร้อนระหว่าง 7000-9000 องศาเซลเซียส ทนต่อแรงอัดของโลหะเหลวได้โดยไม่แตกหรือร้าว แต่ต้องง่ายต่อการทุบทำลาย ผิวละเอียด

3.1.2 เครื่องผสมปูนหล่อ ใช้ตีส่วนผสมระหว่างปูนหลอกับน้ำให้เข้ากัน

3.1.3 เครื่องดูดอากาศ (Vacuuming Machine) เป็นเครื่องจักรที่มีลักษณะเป็นห้องรูปประฆังคว่ำที่สามารถผนึกแน่นกับพื้น โดยมีช่องต่อกับปั๊มอากาศ ดูดอากาศออกจากภายในจนเกือบเป็นสุญญากาศ แล้วนำภาชนะที่ผสมปูนหล่อแบบซึ่งโดยทั่วไปใช้ขามอ่างวางไปวางในห้อง จากนั้นจะดูดอากาศออกจากโดมนั้น ทำให้ส่วนผสมของปูนหล่อแบบมีเนื้อแน่น ไม่มีฟองอากาศแทรกอยู่ภายในอีก นอกจากนี้เครื่องดูดอากาศยังมีระบบสันสะเทือนที่ห้องดูดอากาศ เพื่อให้ฟองอากาศที่แทรกอยู่ภายในเนื้อปูนหล่อขึ้นมานบนผิวหน้าของส่วนผสมและถูกดูดออกไป

3.2 ขั้นตอนการผสมและหล่อปูน

การคำนวณอัตราส่วนผสม ควรศึกษาและปฏิบัติตามคู่มือและคำแนะนำของผู้ผลิตปูนหล่อนั้นๆ การผสมปูนหล่ออาจทำด้วยมือหรือเครื่องผสมปูนหล่อ ซึ่งจะมีตัวควบคุมอัตราความเร็วปูนหล่อแบบจะอยู่ในรูปของแผงละเอียดแห่ง เมื่อใช้งานจะผสมกับน้ำสะอาดตาม สัดส่วนแล้วจะได้ปูนที่มีลักษณะเป็นโคลนข้น เรียกว่า “Slurry” การหล่อแบบปูน ให้เทพูนหล่อที่ผสมแล้วลงในกระบอกล่อโดยเทลงบริเวณด้านข้างตัวแบบซีดี ดูดอากาศออกจากกระบอกล่อ ทิ้งไว้ประมาณ 1-2 ชั่วโมงให้ปูนหล่อแห้ง

4. การอบเผาแม่พิมพ์ปูนหล่อ

เมื่อปูนหล่อแข็งตัวดีแล้วจึงแกะฐานยางออก จากนั้นเข้าสู่ขั้นตอนการอบพิมพ์ปูนหล่อ มีวัตถุประสงค์เพื่อเผาไล่ซีดีและกำจัดน้ำให้เกิดโพรงแบบภายในพิมพ์ปูนหล่อ ต้องใช้ความร้อนประมาณ 700-750 องศาเซลเซียส เพื่อหลอมซีดีและปล่อยให้ซีดีละลายไหลออกมาจากแบบปูน

5. การหลอมโลหะ

การหลอมโลหะ คือ การทำให้โลหะละลายเป็นของเหลว สามารถทำได้ คือ

5.1 การหลอมโลหะโดยใช้เปลวไฟโดยตรง เป็นการเปลวไฟที่ได้จากแก๊สเชื้อเพลิงต่างๆ เช่น แก๊สอะเซทิลีน แก๊สโพรเพน เป็นต้น ก่อนที่จะทำการหลอมโลหะต้องเผาเข้าหลอมให้ขยายตัวมากพอก่อนที่จะทำการหลอมโลหะ เนื่องจากอุณหภูมิในการหลอมโลหะจะสูงมาก หากตัวเข้าหลอมไม่สามารถขยายตัวได้ทัน อาจจะทำให้แตกร้าวและทำให้สูญเสียโลหะมีค่าไปด้วย โดยทั่วไปหากผิวหน้าของโลหะที่หลอมละลายใสเหมือนกระจกถือว่าใช้ได้

5.2 การหลอมโลหะโดยใช้การเหนี่ยวนำ เป็นวิธีการหลอมที่ได้รับความนิยมอย่างมาก โดยจะอาศัยการเหนี่ยวนำจากแม่เหล็กไฟฟ้า โดยนำโลหะใส่ลงในเข้าหลอมที่มีขดลวดตัวนำไฟฟ้าล้อมรอบไว้ กระแสเหนี่ยวนำของแม่เหล็กไฟฟ้าจะเกิดขึ้นเมื่อมีการผ่านกระแสไฟฟ้าเข้าไปในขดลวด ตัวนำทำให้เกิดความร้อนสูงจนสามารถละลายหรือหลอมเหลวโลหะได้อย่างรวดเร็ว นอกจากนี้เพื่อป้องกันการเกิดออกซิเดชันของน้ำโลหะ ยังนำระบบแก๊สเฉื่อยมาใช้ในการหลอมโลหะลักษณะนี้เพื่อคุมผิวหน้าของโลหะระหว่างการหลอมละลาย

6. การหล่อโลหะ

วิธีการหล่อโลหะที่ใช้ในการทำเครื่องประดับ ได้แก่

6.1 การหล่อโดยใช้สุญญากาศ (Vacuum Casting) เป็นการพัฒนามาจากวิธีการหล่อโลหะแบบดั้งเดิมที่อาศัยแรงดึงดูดของโลก การหล่อแบบดั้งเดิมไม่ให้ผลที่ตึงนั้กในการผลิตเครื่องประดับที่มีรูปแบบซับซ้อน จึงมีการพัฒนาวิธีหล่อขึ้นใหม่โดยคล้ายแบบดั้งเดิม ต่างกันเพียงการหล่อโลหะแบบใหม่จะมีการดูดอากาศออกจากโพรงปูนหล่อให้หมดก่อนที่จะเทน้ำโลหะลงไป

6.2 การหล่อโดยใช้แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal Casting Process) อาศัยหลักการแรงเหวี่ยงศูนย์กลางมาใช้เพื่อให้น้ำโลหะเข้าสู่โพรงแบบได้อย่างทั่วถึง ใช้เวลาประมาณ 1-1.5 นาที เครื่องหล่อก็มีลักษณะเป็นคานที่ฝั่งหนึ่งติดตั้งแม่พิมพ์และเข้าสำหรับใส่โลหะหลอม อีกฝั่งติดเหล็กถ่วงน้ำหนัก เริ่มต้นโดยการหมุนคานโดยอาศัยแรงหมุนจากกลไก คือ สปริงที่อยู่ใต้แกนของคานนั้น แรงเหวี่ยงจะทำให้ น้ำโลหะไหลเข้าไปยังแม่พิมพ์ในรอบแรกของการหมุนและคงตัวอยู่เช่นนั้นจนกระทั่งหยุดหมุน

หลังจากหล่อตัวเรือนเสร็จสิ้นและนำแม่พิมพ์ออกจากเครื่องหล่อแล้ว ทิ้งไว้จนกว่าโลหะจะแข็งและเย็นลง จากนั้นจึงใช้น้ำฉีดเพื่อให้ปูนหล่อแบบแตกออกและทำความสะอาดปูนหล่อที่ติดชิ้นงานออกให้หมด เมื่อทำความสะอาดแล้วจึงนำชิ้นงานไปแช่สารละลายประเภทกรด เพื่อทำความสะอาดผิวชิ้นงาน

2.3 โลหะที่ใช้ที่ใช้ในการทำเครื่องประดับ

2.3.1 คุณสมบัติของเงิน Silver (Ag)

เงินเป็นโลหะที่เสถียรมากโลหะหนึ่ง มีราคาแพงพอสมควร มีสมบัติอยู่ระหว่างกลางของทองแดง (Cu) และทองคำ (Au) ติเป็นแผ่นและดึงเป็นเส้นลวดได้ตรงมาจากทองคำ และแพลทินัม เงินบริสุทธิ์สามารถนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่สุด เงินก็เช่นเดียวกับทองคำ สามารถทำเป็นรูปต่างๆ ได้ง่ายและสึกกร่อนได้ยากมาก แต่สำหรับเครื่องใช้ที่ทำด้วยเงินที่อยู่ในเมือง ผิวเงินจะกลายเป็นสีดำได้ง่ายเนื่องจากมีกำมะถัน (sulphur) อยู่ในอากาศมาก เงินเป็นตัวนำไฟฟ้าและความร้อนได้ดีที่สุด

ในสมัยก่อน เคยนิยมทำเหรียญกษาปณ์ ด้วยเงินล้วนๆแต่ในปัจจุบันทำด้วยโลหะผสม ของทองแดงและนิกเกิล เครื่องใช้ประจำโต๊ะส่วนมากใช้เคลือบด้วยเงินเพื่อให้มีราคาถูกลงในการทำเครื่องเพชรนิลจินดาจะผสมทองแดงไปด้วยเพื่อให้เนื้อเงินมีความแข็งมากขึ้น ปัจจุบันนี้ เงินได้ถูกนำไปใช้ในการทำสารประกอบทางเคมี (chemical compound) มากที่สุด สารประกอบที่ประกอบด้วยเงินมีความไวแสงดีมาก จึงถูกนำมาใช้ในการทำฟิล์มถ่ายรูปเป็นจำนวนมาก

การค้นพบ

มนุษย์รู้จักเงินครั้งแรกตั้งแต่สมัยโบราณ มีหลักฐานปรากฏว่ามีการค้นพบโลหะเงินหลังทองคำและทองแดงไม่นาน มีการกล่าวถึงในพระคัมภีร์เก่า ชาวอียิปต์ให้สัญลักษณ์เครื่องวงกลมแก่ทองคำ หมายถึง เป็นโลหะสมบูรณ์แบบ ส่วนโลหะเงินใช้สัญลักษณ์เครื่องวงกลมเพื่อแสดงว่าเป็นโลหะที่

สมบัติของทองแดงมาจากทองคำ ต่อมาเครื่องวงกลมนี้หมายถึงดวงจันทร์ด้วย เพราะโลหะเงินมีความแวววาวมากหรือสว่างทำนองเดียวกับดวงจันทร์ ชาวโรมันเรียกโลหะเงินว่า Argentum ซึ่งเป็นที่มาของสัญลักษณ์เงิน (Ag) ส่วนภาษาอังกฤษ Silver มาจาก Assyrians

สมบัติทางกายภาพ

โลหะเงินมีสีขาวแวววาวสูง สามารถดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ดีมากรองจากทองคำและแพลเลเดียม โลหะเงินบริสุทธิ์สามารถนำไฟฟ้าได้ดีที่สุดในบรรดาโลหะทั้งหมดและมี contact resistance ต่ำที่สุด ณ จุดหลอมเหลวของโลหะ เงินสามารถดูดกลืน (absorb) ได้ดีที่สุดกล่าวคือสามารถดูดกลืนออกซิเจนได้โดยประมาณ 20 เท่า

2.3.2 คุณสมบัติของทองแดง Copper (Cu)

ทองแดงเป็นโลหะที่ใช้กันมากในรูปของโลหะอิสระ เพราะมีคุณสมบัติดีเยี่ยมหลายประการ เช่น สมบัติการนำไฟฟ้าและนำความร้อนดีเยี่ยมทนต่อการผุกร่อน แข็งแรง ดึงเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นบางๆ ได้

การค้นพบ

โลหะทองแดงรู้จักกันตั้งแต่ก่อนประวัติศาสตร์ และได้มีการนำมาใช้ประโยชน์มากกว่า 6,000 ปีแล้ว ถึงแม้จะมีหลักฐานค่อนข้างแน่ชัดว่ามนุษย์เรารู้จักเอาทองคำ และเหล็กมาใช้ก่อนทองแดง แต่ก็เป็นที่มั่นใจได้ว่าทองแดงมีส่วนสำคัญอย่างยิ่งในการช่วยพัฒนาวัฒนธรรมในสมัยโบราณ

สมบัติทางกายภาพ

ทองแดงบริสุทธิ์มีสีแดงมีความแวววาว มีความแข็งและเหนียว สามารถดึงออกเป็นเส้นและตีเป็นแผ่นบางๆ ได้ มีสมบัติการนำไฟฟ้าและความร้อนดีเยี่ยม (เป็นที่สองรองจากโลหะเงิน)

คุณสมบัติทางกายภาพอื่นๆ ของทองแดง มีดังนี้

- จุดหลอมเหลว 1083 องศาเซลเซียส
- ความหนาแน่น 8.94 g/cc ที่ 20 องศาเซลเซียส
- โครงสร้างของผลึก Face-centered cubic

การใช้ประโยชน์ของทองแดง

ใช้ทำโลหะผสมทองเหลือง (Brass) โลหะผสมทองแดง (700%) กับสังกะสี (300%) ทองสัมฤทธิ์ (Bronze) คือ โลหะผสมทองแดงกับดีบุกและสังกะสีเล็กน้อย เหยี่ยงทั่วไปที่เราใช้กันอยู่ทั่วไปเป็นโลหะเจือที่มีทองแดงเป็นองค์ประกอบอยู่ด้วย

2.3.3 ทองคำ มีความแวววาวอยู่เสมอ ทองคำไม่ทำปฏิกิริยากับออกซิเจนดังนั้น เมื่อสัมผัส

ถูกอากาศสีของทองจะไม่หมองและไม่เกิดสนิม มีความอ่อนตัว ทองคำเป็นโลหะที่มีความอ่อนตัวมากที่สุด ด้วยทองเพียงประมาณ 2 บาท เราสามารถยัดออกเป็นเส้นลวดได้ยาวถึง 8 กิโลเมตร หรืออาจตีเป็นแผ่นบางได้ถึง 100 ตารางฟุต เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี ทองคำเป็นโลหะชนิดหนึ่งที่สามารถนำไฟฟ้าได้ดี สะท้อนความร้อนได้ดี ทองคำสามารถสะท้อนความร้อนได้ดี ได้มีการนำทองคำไปฉาบไว้ที่หน้าากอวกาศของนักบินอวกาศ เพื่อป้องกันรังสีอินฟราเรด

มนุษย์รู้จักทองคำมาตั้งแต่ประมาณ 5,000 ปี เป็นความหมายแห่งความมั่งคั่ง จุดหลอมเหลว 1064 และจุดเดือด 2970 องศาเซลเซียส เป็นโลหะที่มีค่าที่มีความเหนียว (Ductility) และความสามารถในการขึ้นรูป (Malleability) คือจะยืดขยาย (Extend) เมื่อถูกตีหรือรีดในทุกทิศทาง โดยไม่เกิดการปริแตกได้สูงสุด ทองคำบริสุทธิ์หนัก 1 ออนซ์สามารถดึงเป็นเส้นลวดยาวได้ถึง 80 กิโลเมตร ถ้าตีเป็นแผ่นก็จะได้บางเกินกว่า 1/300,000 นิ้ว ส่วนความกว้างจะได้ถึง 9 ตารางเมตร ทองคำบริสุทธิ์ไม่ไวต่อการเกิดปฏิกิริยาเคมี จึงทนต่อการผุกร่อนและไม่เกิดสนิมกับอากาศ แต่ทำปฏิกิริยากับสารเคมีบางชนิด เช่น คลอรีน ฟลูออรีน น้ำประสานทอง

คุณสมบัติเหล่านี้ประกอบกับลักษณะภายนอกที่เป็นประกายจึงทำให้ทองคำเป็นที่หมายปองของมนุษย์มาเป็นเวลานานนับพันปี โดยนำมาตีมูลค่าสำหรับการแลกเปลี่ยนระหว่างประเทศและใช้เป็นวัตถุดิบที่สำคัญสำหรับวงการเครื่องประดับ

ทองคำได้รับความนิยมนอย่างสูงสุดในวงการเครื่องประดับทองคำ เพราะเป็นโลหะมีค่าชนิดเดียวที่มีคุณสมบัติพื้นฐาน 4 ประการซึ่งทำให้ทองคำโดดเด่น และเป็นที่ต้องการเหนือบรรดาโลหะมีค่าทุกชนิดในโลก คือดงามมันวาว (lustre) สีที่สวยงามตามธรรมชาติผสมกับความมันวาวก่อให้เกิดความงามอันเป็นอมตะ ทองคำสามารถเปลี่ยนเฉดสีทองโดยการนำทองคำไปผสมกับโลหะมีค่าอื่นๆ ช่วยเพิ่มความงามให้แก่ทองคำได้อีกทางหนึ่งคงทน (durable) ทองคำไม่ขึ้นสนิม ไม่หมอง และไม่ผุกร่อน แม้ว่ากาลเวลาจะผ่านไป 3000 ปีก็ตามหายาก (rarity) ทองเป็นแร่ที่หายาก กว่าจะได้ทองคำมาหนึ่งออนซ์ (31.167 gram) ต้องถลุงก้อนแร่ที่มีทองคำอยู่เป็นจำนวนหลายตัน และต้องขุดเหมืองลึกลงไปหลายสิบลเมตร จึงทำให้มีค่าใช้จ่ายที่สูง เป็นเหตุให้ทองคำมีราคาแพงตามต้นทุนในการผลิตนำกลับไปใช้ได้ (reuseable) ทองคำเหมาะสมที่สุดต่อการนำมาทำเป็นเครื่องประดับเพราะมีความเหนียวและอ่อนนุ่มสามารถนำมาทำขึ้นรูปได้ง่าย อีกทั้งยังสามารถนำกลับมาใช้ใหม่โดยการทำให้บริสุทธิ์ (purified) ด้วยการหลอมได้อีกโดยนับครั้งไม่ถ้วน

วัตถุดิบในการผลิตตัวเรือนของเครื่องประดับที่ใช้ในปัจจุบัน ส่วนมากจะผลิตจากวัตถุดิบซึ่งได้มาจากโลหะต่างๆ เช่น ทองคำ เงิน แพลทินัม เป็นต้น โลหะมีค่าต่างๆเหล่านี้ ล้วนแต่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวแตกต่างกันออกไปทั้งกายภาพและทางเคมีจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ช่างรูปพรรณจะต้องมีความรู้และความเข้าใจในคุณสมบัติเฉพาะของโลหะมีค่าชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตตัวเรือนเพราะหน้าที่ของช่างรูปพรรณจะต้องนำโลหะมีค่าต่างๆ เหล่านี้มาใช้ในการ ทำขึ้นตัวเรือนของเครื่องประดับด้วยวิธีการต่างๆ ช่างรูปพรรณต้องรู้ว่าจุดหลอมเหลวของโลหะมีความต่างกันและจะต้องรู้ว่าจุดหลอมเหลวของโลหะต่าง ๆ นั้นอยู่ที่กึ่งกลางเพื่อประโยชน์ในการเชื่อมประสาน เป็นต้น

2.3.4 คุณสมบัติของโลหะผสม

โลหะผสม คือ การนำเอาโลหะ 2 ชนิดมาหลอมผสมเข้าด้วยกัน เพื่อให้ได้เนื้อโลหะผสมที่มีค่าอ่อนลงหรือค่าความบริสุทธิ์ต่ำลง ซึ่งค่าความบริสุทธิ์ก็จะขึ้นอยู่กับโลหะที่ผสมว่าต้องการให้ค่าความบริสุทธิ์ของโลหะชนิดไหนมีค่ามากกว่า ก็ต้องใส่ปริมาณของโลหะนั้นมากกว่า ซึ่งอัตราส่วนก็จะขึ้นอยู่กับ การนำไปใช้งานด้วยว่าโลหะผสมนี้จะนำไปใช้ทำอะไร เช่น การผสมทองคำบริสุทธิ์หรือทอง 24K ให้

เป็นทองคำ 18K เพื่อนำไปใช้ทำตัวเครื่องประดับ ส่วนผสมที่ใช้ก็ต้องเป็นทองคำบริสุทธิ์ผสมกับโลหะอื่น ซึ่งโลหะที่จะต้องใส่ปริมาณหลักก็ต้องเป็นทองคำนั่นเอง อัตราส่วนผสมที่ต้องใช้ คือ ทองคำบริสุทธิ์ 75% ผสมกับเงินบริสุทธิ์ 15%

การผสมเงินบริสุทธิ์ 100 เปอร์เซ็นต์ ให้เป็นเงินสเตอร์ริงเพื่อใช้ทำเครื่องประดับ ส่วนผสมที่ใช้ก็ต้องใช้เนื้อเงินบริสุทธิ์ผสมกับโลหะอื่น ซึ่งโลหะที่นิยมนำมาใช้ผสมมากที่สุด คือ ทองแดง เพราะคุณสมบัติของทองแดงนั้น มีความเหนียวและมันวาวสูง ส่วนสีของโลหะที่ได้ก็จะสวยงามกว่าการนำไปผสมกับโลหะอื่น อัตราส่วนผสมของเงินสเตอร์ริง คือ

- เงินบริสุทธิ์ 92.5%
- ทองแดงบริสุทธิ์ 7.5%

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงค่าของโลหะ

ชนิดโลหะ	อุณหภูมิจุดหลอมเหลว (องศาเซลเซียส)	ความถ่วงจำเพาะ
ทอง 24 K	1064	19.36
ทอง 22 K	977	17.7
ทอง 18 K	882	15.58
ทอง 14 K	802	13.4
ทอง 10 K	876	11.3
เงิน 100%	961	10.6
เงิน 92.5	920	10.4
ทองแดง	1083	8.9
ทองเหลือง	954	8.8
แพลตทินัม	1774	21.4
ไททาเนียม	1800	4.5

2.4 ขั้นตอนการผลิตเครื่องถมไทย

2.4.1 ขั้นแรก การทำน้ำยาถม สำหรับน้ำยาถม มีวิธีทำคือ ขั้นแรกช่างถมจะต้องหลอมน้ำยาหรือที่ช่างถมเรียกกันว่า "กุ่มน้ำยา" ขึ้นก่อน ตัวยาถม มีส่วนผสมของโลหะ 3 ชนิด คือ ทองแดงบริสุทธิ์ 1 ตะกั่วอย่างดี 1 และเงินแท้ อีก 1 นำโลหะทั้ง 3 อย่างมาผสมกันตามส่วน ใส่ในแก้วที่มีฝาปิด ใส่ในเตาสุบ หลอมจนเนื้อโลหะผสมเข้ากันดี คือละลายเข้าเป็นเนื้อเดียวกันใช้ความร้อนประมาณ 3 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 4 ชั่วโมง อัตราส่วนผสมและเวลาที่หลอมของช่างแต่ละคน จะแตกต่างกันไปตามสูตรลับที่เป็นมรดกตกทอด หรือได้จากตำราโบราณที่จะต้องตีความหมายเอาเอง เช่น

"วัว 5 ม้า 6 บริสุทธิ์ 4 ผสมกันแล้วขัดด้วยกำมะถัน ได้ยาถมแล" เมื่อใช้เวลาหลอมพอสมควร แล้วเปิดฝาเข้า ขัดด้วยน้ำกำมะถันเหลืองจนเห็น ว่าน้ำยาขึ้นสีดำใส มีคุณสมบัติพิเศษ ไม่มีฟอง ไม่มีฝ้า

ขั้นที่ 2 การทำรูปพรรณ การทำรูปพรรณ คือการนำแผ่นเงินมาทำเป็นรูปร่างตามต้องการ อาจเป็นภาชนะ เช่น ชั้นน้ำ พานใส่ของ หรือเครื่องประดับ เช่น กำไล เข็มกลัด ทรวดทรงจะงดงามเพียงไร อยู่ที่ฝีมือของช่างผู้ออกแบบให้เป็นรูปร่างอย่างไร

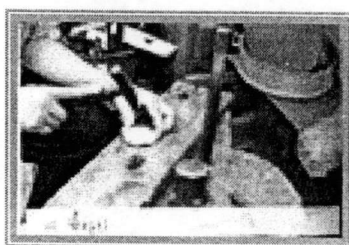
ขั้นที่ 3 การแกะสลักลวดลาย

การแกะสลักลวดลาย เริ่มด้วยการใช้หมึกจีนเขียนลวดลายลงบนพื้นเงิน แล้วแกะสลักเป็นลวดลายต่างๆ ให้อ่อนช้อยงดงาม

2.4.2 การทำถม ได้แก่ การลงยาถม ลงไปบนพื้นที่เป็นร่องหรือราบต่ำ สีดำมันของยาถมที่ชั้นทำให้ลวดลายเด่นงามตระการตา รายละเอียดที่ช่างถมนครศรีธรรมราชยึดถือปฏิบัติ

ขั้นที่ 1 ชั้นผสมโลหะที่จะใช้เป็นพื้นภาชนะชั่งเงิน 95 ส่วน ทองแดง 5 ส่วน สำหรับหลอมเป็นโลหะผสมทำเครื่องถม

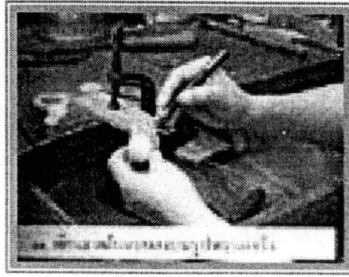
ขั้นที่ 2 ชั้นหลอมโลหะ ถ้าเป็นงานขนาดเล็กๆ จะใช้จอกหลอม ถ้าเป็นงานขนาดใหญ่ที่โลหะมีน้ำหนักตั้งแต่ 20 บาทขึ้นไปจะใช้เข้าหลอมใช้ เตาถ่านหรือใช้เตาไฟฟ้าก็ได้ แต่เตาไฟฟ้าหลอมได้สะดวกกว่า การหลอมจะดีหรือใช้ได้เพียงใดนั้น ใช้วิธีการสังเกตสีของโลหะว่าละลายผสมเข้ากัน ดีหรือไม่ ในการหลอมต้องใช้น้ำประสานทองใส่ผสมลงไปในขณะที่หลอมด้วย และใช้ถ่านไฟคนหรือกวาน ถ้าโลหะผสมกันดีแล้วจะเป็นสีม่วง และผิวเรียบเกลี้ยง เป็นเงามัน แล้วเทลงราง ออกรูปเป็นแผ่นเงิน



ภาพที่ 2.1 ชั้นหลอมโลหะ

ที่มา : สารานุกรมไทย (ออนไลน์)

ขั้นที่ 3 ชั้นขึ้นรูป การทำโลหะให้เป็นแผ่นใช้พะเนิน (ค้อนใหญ่) หรือค้อน ทบแผ่ด้วยแรงคน แล้วนำแผ่นเงินมาดัดหรือตีแผ่ให้เป็นรูปภาชนะ ต่างๆ หรือรูปพรรณต่างๆ ตามที่ต้องการ ให้ความหนาพอสมควร ในขั้นนี้ต้องใช้เวลานานมากกว่าขั้นอื่นๆ เพราะโลหะแข็งมากและใช้มือทำตลอด เครื่อง ถมนครแท้จะไม่ใช้เครื่องจักรช่วยเลย



ภาพที่ 2.2 ขั้นขึ้นรูป

ที่มา : สารานุกรมไทย (ออนไลน์)

ขั้นที่ 4 ขั้นเขียนลาย เมื่อสร้างรูปพรรณต่างๆ เรียบร้อยแล้วก็เขียนลวดลายตามต้องการลงไปบนภาชนะหรือรูปพรรณ (ด้วยหมึกพิเศษ หรือ หมึกจีน) หลักการเขียนลวดลายนั้นใช้วิธีแบ่งส่วนทั้งซ้ายและขวาให้เท่าๆ กัน โดยใช้วงเวียนแบ่งเส้น แบ่งช่วงและแบ่งครึ่ง เขียนไปเรื่อยๆ เช่น แบ่ง 1 เป็น 2, แบ่ง 2 เป็น 4 ฯลฯ จนได้ลวดลายละเอียดตามความเหมาะสม

ขั้นที่ 5 ขั้นแกะสลักลาย ก่อนแกะสลักลาย ช่างจะทำความสะอาดและแต่งผิวรูปพรรณให้เรียบแล้วใช้สิ่วแบบต่างๆ สลักลวดลายด้วยมือ ตอกเป็นรอย ลึกลงไปตามลวดลายที่เขียนไว้ โดยไม่ให้ผิวโลหะหลุดออกเป็นชิ้น และสลักให้มีรอยนูนนูนออกไปอีกด้านหนึ่ง ส่วนที่สลักลวดลายนี้เป็นพื้นที่ที่จะถูกเคลือบด้วยยาถมต่อไปจนเต็ม



ภาพที่ 2.3 ขั้นแกะสลักลาย

ที่มา : สารานุกรมไทย (ออนไลน์)

ขั้นที่ 6 ขั้นเก็บผิวรูปพรรณ ในขั้นสลักรูปร่างและผิวรูปพรรณอาจจะมีตำหนิบ้าง เมื่อสลักเสร็จจึงต้องแต่งผิวให้เรียบร้อย แต่ทรงรูปพรรณ ให้ได้ศูนย์หรือสมดุลเหมือนเดิม จากนั้นก็ทำความสะอาดอีกครั้งหนึ่ง โดยขัดด้วยกระดาษอ่อนๆ ใช้กระดาษผสมกับน้ำ อัตราส่วน 1:4 ต้องขัดส่วนที่จะลงยา ถมให้สะอาดเป็นพิเศษ ขัดจนขาวเป็นเงามันไม่มีคราบสีน้ำตาลเจือปนอยู่เลย

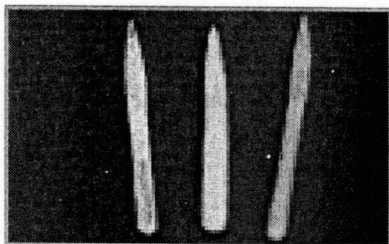
ขั้นที่ 7 ขั้นลงถม ต้องใช้น้ำยาถมที่เตรียมไว้แล้วละลายด้วยความร้อนสูงพอสมควร โดยให้สังเกตว่าน้ำยาถมนั้นมีลักษณะเกือบแดงแล้วใช้น้ำยาถมที่ละลายแล้วนั้นแปะลงไปบนร่องลวดลายที่แกะสลักไว้ น้ำยาถมจะ "เล่น" (วิ่ง) หรือไหลไปตามร่องนั้นจนทั่ว โดยการใช้ไฟ "เป่าเล่น" การลง ถมที่ตีนั้นไม่ได้ลงครั้งเดียว ต้องลงถมถึง 2-4 ครั้ง ครั้งแรกลงแต่พอประมาณ

ขั้นที่ 8 ขั้นตักแต่งถม เมื่อลงยาถมกระจายเต็มลวดลายทั่วทุกส่วนดีแล้ว ก็ทิ้งรูปพรรณนั้นให้เย็น แต่ห้ามนำไปแช่น้ำ เพราะโลหะจะหดตัว และ อาจจะแตกได้ หรือถมหลุดออกเป็นชั้นๆ ได้ เมื่อเย็นดีแล้ว ก็ใช้ตะไบถูหรือใช้เหล็กขัดแต่งยาถมที่ไหลลอะบนส่วนที่ไม่ต้องการ ให้มียาถมออกให้หมด แต่งผิวให้เรียบด้วยกระดาษทราย จนกระทั่งเห็นลวดลายหรือภาพปรากฏขึ้นชัดเจนดีหมดทุกส่วน และผิวของส่วนถม จะไม่มีรูพรุนหรือจุดที่เรียกว่า "ตามด" ต้องมีถมอยู่เต็มสนิท ไม่มีช่องที่จะมองเห็นเนื้อโลหะพื้นซึ่งเรียกว่า "พื้นชั้น"

ขั้นที่ 9 ขั้นปรับแต่งรูปทรง ในขณะที่ลงยาถมนั้น รูปพรรณหรือภาชนะต้องถูกความร้อนสูง เผาอยู่เป็นเวลานานพอสมควร จนกว่าจะเสร็จจากการลงยาถม แต่ละครั้ง ดังนั้นรูปลักษณะของรูปพรรณอาจบิดเบี้ยวคดงอไปจากเดิมไม่มากก็น้อย ด้วยเหตุนี้เมื่อเสร็จจากการลงยาถมแล้วต้องมีการปรับแต่งรูปใหม่ให้มีรูปลักษณะคืนสภาพเดิม

ขั้นที่ 10 ขั้นขัดผิวและแกะแระ เมื่อปรับแต่งรูปแล้วพื้นผิวยังคงหยาบกร้านและด้าน ต้องขัดผิวด้วยกระดาษทรายละเอียดและถูด้วยถ่านไม้เนื้ออ่อนจนผิวเกลี้ยง ขัดผิวอีกครั้งด้วยฝ้ายและยาขัดโลหะถ่านไม้ที่ใช้ถูเป็นถ่านไม้สุกคล้ายถ่านหุงข้าวแต่เนื้ออ่อน ส่วนมากต้องสั่งซื้อจากต่างประเทศ แต่ถ้าไม่มีช่างจะใช้ถ่านไม้สนแทนเมื่อเกลี้ยงได้ที่แล้วก็ขัดผิวทั่วไปทั้งหมดด้วยเครื่องขัดและยาขัดโลหะอีกครั้งหนึ่ง แล้วล้างให้สะอาดเช็ดให้แห้ง

2.4.3 เครื่องถมที่ทำโดยวิธีที่เรียกว่า "ถมตะทอง" มีวิธีทำ ดังนี้

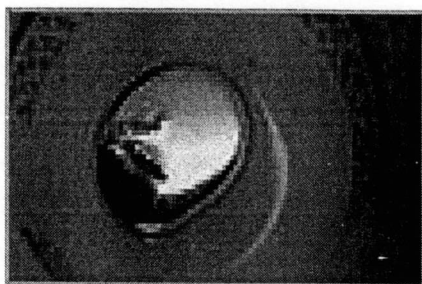


ภาพที่ 2.4 ถมที่ทำโดยวิธีที่เรียกว่า "ถมตะทอง"

ที่มา : สารานุกรมไทย (ออนไลน์)

ขั้นตอนที่ 1 การเตรียมวัสดุถมตะทอง ใช้วัสดุเงินซึ่งขัดไว้เรียบร้อยแล้ว แต่ยังไม่แกะแระเตรียมเฉพาะถึงขั้นตอนทำความสะอาดผิวตามกระบวนการของถมเงิน

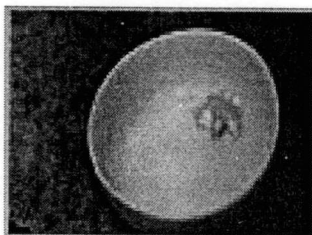
ขั้นตอนที่ 2 การเตรียมเนื้อทอง (ทองเปียก) ใช้ทองคำบริสุทธิ์อย่างน้อย 99% กะจำนวนที่จะใช้แต่ละครั้งให้พอดี ริดหรือทุบให้บางที่สุดเท่าที่จะทำได้ หั่นให้เป็นฝอย ละเอียด แล้วเอาเข้าเครื่องบดจนเกือบเป็นผงทรายล้างให้สะอาด เทปรอทบริสุทธิ์ลงไปคลุกเคล้ากับผงทองนี้ในครกหินที่ได้เตรียมไว้ บดจนจนผงทองกับปรอทละลายเป็น เนื้อเดียวกัน ถ้าได้ที่ดีแล้วจะมีลักษณะชั้นและเหนียว ซึ่งเรียกว่า "ทองเปียก" เก็บไว้ใช้ในขั้นต่อไป



ภาพที่ 2.5 การเตรียมเนื้อทอง (ทองเปียก)

ที่มา : สารานุกรมไทย (ออนไลน์)

ขั้นตอนที่ 3 การทาทองหรือตะทอง นำผลิตภัณฑ์ถมเงินที่เตรียมไว้ในข้อ 1 มาเช็ดดูให้สะอาดด้วยน้ำมะกรูดหรือมะนาว ทั้งนี้เพื่อเป็นการขจัดไขมันและฝุ่นต่างๆ บนผิวเงิน ให้หมดไป เพราะถ้ามีไขมันหรือฝุ่นสกปรกแล้ว เนื้อทองและปรอทจะจับผิวเงินไม่สะดวก ต่อไปใช้สำลีชุบทองเปียกที่เตรียมไว้ ถูหาวัตถุถมเงินนั้นเฉพาะที่ตรงเป็นเส้น เงินหรือภาพเงินให้ทั่วแล้วนำวัตถุนั้นไปตากแดดหรืออบความร้อนอ่อนๆ บนเตาผิง ทิ้งไว้ประมาณ 6 ชั่วโมง ปรอทซึ่งละลายปนกับเนื้อทองนั้น เมื่อถูกความร้อนก็ระเหย กลายเป็นไอไปที่ละน้อย แล้วก็เหลือแต่เนื้อทองจับติดแน่นบนผิวเงินนั้น อย่างเดียว ทำอยู่เช่นนี้ประมาณ 3-4 ครั้ง



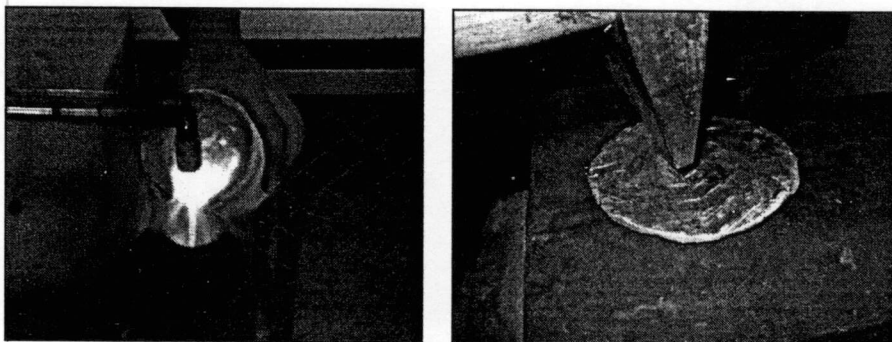
ภาพที่ 2.6 การทาทองหรือตะทอง

ที่มา : สารานุกรมไทย (ออนไลน์)

ขั้นตอนที่ 4 การสลักหรือเพลาลอย วัตถุถมทองหรือถมตะทองดังกล่าวมาแล้วนั้น ภาพหรือลวดลายต่างๆ ยังไม่สมบูรณ์ เพราะภาพหรือลวดลายต่างๆ ไม่มีลายเส้น ยังไม่ชัดเจนสวย งาม ช่างจึงต้องใช้ฝีมือสลักลวดลายเพิ่มเติม ใช้สิ่วสลักเพื่อให้ปรากฏลายเส้นเป็นส่วนประกอบต่างๆ ตามความเหมาะสมของภาพหรือลวดลายเหล่านั้น วิธีการนี้เรียกว่า "การสลักหรือเพลาลาย" ก็ตรงกับ "แกะแร" ในการทำถมเงินนั่นเอง เมื่อเสร็จจากการสลักหรือเพลาลายแล้ว จึงไปทำความสะอาดและชักเงาอีกครั้งหนึ่งจึงเสร็จขั้น ตอนสำหรับการประดิษฐ์เครื่องถมตะทองโดยเรียบร้อยสมบูรณ์

2.5 การขึ้นรูปด้วยมือ

หลอม ดีแฟหรือรีดโลหะเงินให้เป็นแผ่นหนา 0.8 มม. ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว จำนวน
หนึ่งแผ่น



ภาพที่ 2.7 การหลอมดีแฟโลหะด้วยมือ

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์



ภาพที่ 2.8 การรีดแผ่นด้วยเครื่องจักร

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

ใช้วงเวียนเหล็กขีดวงแผ่นโลหะเงิน เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 นิ้ว แล้วตัดตามเส้นที่วงกำหนดไว้



ภาพที่ 2.9 การวัดขนาดของขีดและตัดแผ่นโลหะเงิน

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

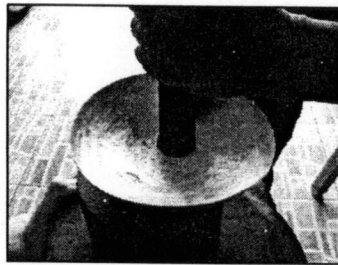
นำโลหะมาเคาะขึ้นรูป โดยเคาะไล่จากตรงกลาง และสลับกับการให้ความร้อน เพื่อให้แผ่นเงินยึดตัวง่ายต่อการเคาะขึ้นรูป (หากไม่ให้ความร้อนเลย โลหะเงินจะแข็งและขาดได้)



ภาพที่ 2.10 การขึ้นรูปขึ้นกับรางไอไม้

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

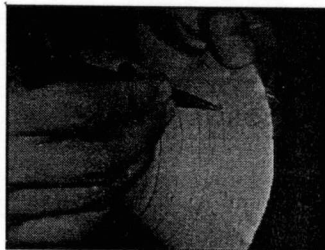
ใช้ท่อนเหล็กกลมๆ (หรือภาษาช่างเรียกว่า เหล็กทิม) เคาะบริเวณตรงกลางส่วนที่เป็นฐานขึ้นเพื่อให้บริเวณรอบข้างของฐานห่อตัวขึ้นมา



ภาพที่ 2.11 การเคาะให้แผ่นโลหะห่อตัว

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

ใช้วงเวียนเหล็กวงเส้นรอบขึ้น เพื่อดูเป็นแนวในการเคาะ เคาะขึ้นรูปขึ้นงานโดยให้หัวทังเป็นตัวรองรับขึ้นงาน เคาะขึ้นงานตามแนวเส้นที่วงไว้ กดกันขึ้นลงเล็กน้อยใช้ค้อนหน้าหวีเคาะจากวงในออกมาถึงวงนอก ถัดออกมาครั้งละ 1 ระยะจนสุดขอบขึ้นงาน แล้วนำไปเผาให้ขึ้นงานอ่อนตัวทำซ้ำกันอย่างนี้จนผิวขึ้นเรียบและได้ขนาดของปากขึ้น 5 นิ้ว



ภาพที่ 2.12 การกำหนดระยะการเคาะขึ้นรูป

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

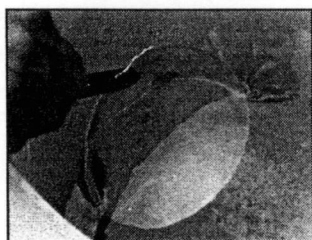
นำชิ้นงานมาเคาะขึ้นรูป จากกันชั้นไปปากชั้น โดยสลับกับการให้ความร้อน เพื่อให้แผ่นเงินยึดตัวง่ายต่อการเคาะขึ้นรูป (หากไม่ให้ความร้อนเลย โลหะเงินจะแข็งและขาดได้)



ภาพที่ 2.13 การเคาะขึ้นรูป

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

นำชิ้นงานไปเผาให้ความร้อนแก่กรดทำความสะอาด



ภาพที่ 2.14 การทำความสะอาดชิ้นงานด้วยน้ำกรด

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

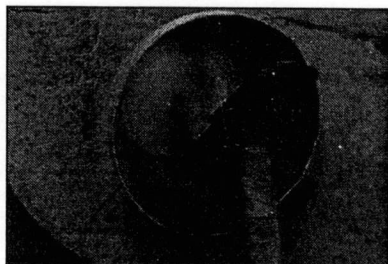
ใช้วงเวียนขีดเส้นรอบวงกำหนดระยะห่างการเคาะ จากนั้นเคาะเก็บรูปทรงและผิวตามที่กำหนดระยะไว้



ภาพที่ 2.15 การกำหนดระยะการเคาะและการเก็บรูปทรง

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

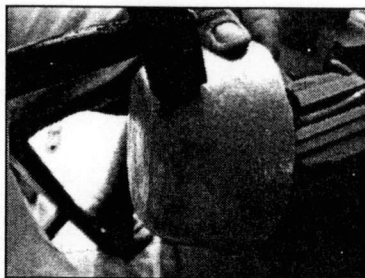
ใช้ค้อนหัวมนเคาะด้านในของขอบกันชั้นเพื่อให้ขอบกันขยายออกตามรูปทรงชั้น



ภาพที่ 2.16 การเคาะขยายขอบกันชั้นให้ได้รูปทรง

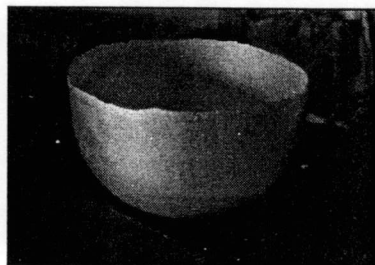
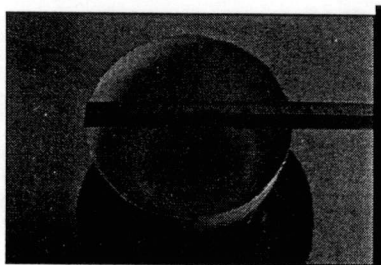
ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

ใช้ค้อนเก็บรูปหน้าเรียบเคาะเก็บผิวชิ้นงานให้เรียบตึง



ภาพที่ 2.17 การเก็บผิวให้เรียบตึง

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

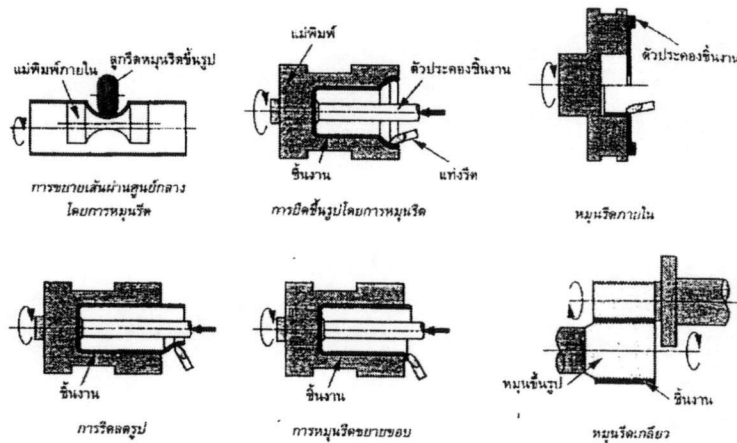


ภาพที่ 2.18 ชิ้นงานชั้น เสร็จเรียบร้อย ขนาด 5 นิ้ว

ที่มา : ถ่ายภาพโดย มงคล สาระพวงค์

2.6 กระบวนการหมุนรีดขึ้นรูปโลหะ (Spinning of Metals)

การหมุนรีดขึ้นรูปเป็นกรรมวิธีการขึ้นรูปขึ้นงานรูปทรงสมมาตร ประกอบด้วยแกนหมุน (Mandrel) ซึ่งแกนหมุนเป็นตัวกำหนดรูปทรงภายในชิ้นงาน ส่วนรูปทรงภายนอกขึ้นอยู่กับลูกรีด (Pressure Roller) สามารถแบ่งกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปได้เป็น 3 ประเภท คือ การหมุนรีดขึ้นรูปธรรมดา (Conventional Spinning), การหมุนรีดขึ้นรูปแบบเฉือน (Shear Spinning) และการหมุนรีดขึ้นรูปท่อ (Tube Spinning)

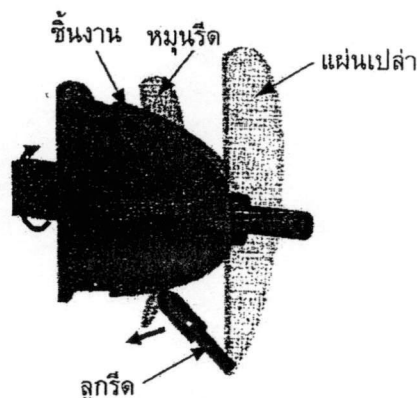


ภาพที่ 2.19 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปโลหะ (Spinning of Metals)

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.6.1 การหมุนรีดขึ้นรูปธรรมดา (Conventional Spinning)

การหมุนรีดขึ้นรูปธรรมดา เป็นกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปโลหะแผ่นภายใต้แรงดึง (Tensile Force) และแรงอัด (Compressive Force) เริ่มต้นจากการยึดชิ้นงานให้แน่น จากนั้นแกนหมุนเคลื่อนที่เข้าปะทะชิ้นงาน พร้อมกับหมุน Tool (Pressure Roller) ควบคุมระบบด้วยคอมพิวเตอร์ทำการรีดขึ้นรูปชิ้นงาน การหมุนรีดขึ้นรูปชนิดนี้ทำให้ได้ขนาดความหนาชิ้นงานไม่มีการเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูปที่ 2.20

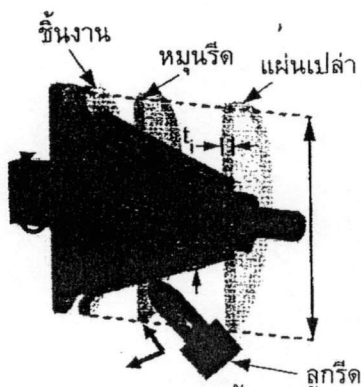


ภาพที่ 2.20 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปธรรมดา (Conventional Spinning)

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.6.2 การหมุนรีดขึ้นรูปแบบเฉือน (Shear Spinning)

การหมุนรีดขึ้นรูปแบบเฉือน เป็นกรรมวิธีหมุนรีดขึ้นรูปทรงสมมาตร เช่น รูปทรงกรวยและรูปทรงเว้าข้างใน ขณะขึ้นรูปความหนาชิ้นงานจะลดลง และได้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานเพิ่มขึ้น ลักษณะการขึ้นรูปดังแสดงในรูปที่ 5.53 สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้เส้นผ่านศูนย์กลางสูงถึง 3 เมตร เกิดเป็นเศษวัสดุเล็กๆ และสามารถหมุนขึ้นรูปได้ในเวลาสั้น



ภาพที่ 2.21 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปแบบเฉือน (Shear Spinning)

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

สามารถคำนวณหาความหนาของผนังชิ้นงานหลังจากการหมุนขึ้นรูปได้จากสมการดังนี้

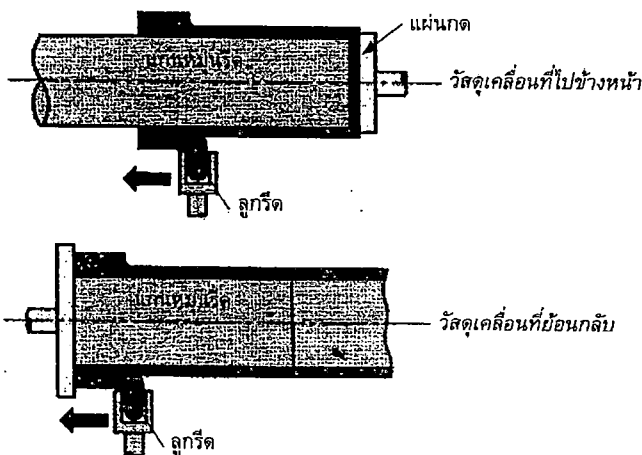
$$s_1 = s_0 \sin \alpha$$

เมื่อ	s_1	คือความหนาของชิ้นงานหลังจากขึ้นรูป (mm)
	s_0	คือความหนาของชิ้นงานก่อนการขึ้นรูป (mm)
	α	คือมุมของชิ้นงาน (สำหรับงานกรวย : $12^\circ < \alpha < 85^\circ$)

2.6.3 การหมุนรีดขึ้นรูปท่อ (Tube Spinning)

การหมุนรีดขึ้นรูปท่อ เป็นกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปทรงกระบอก ความหนาชิ้นงานลดลง เช่นเดียวกับการหมุนรีดขึ้นรูปแบบเฉือน แตกต่างตรงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานสำหรับการหมุนรีดขึ้นรูปท่อมีขนาดคงที่ไม่เปลี่ยนแปลง ส่วนความสูงในการหมุนรีดขึ้นรูปนั้น สัมพันธ์กับความหนาของชิ้นงานโดยตรง เนื่องจากปริมาตรของชิ้นงานเริ่มต้นกับหลังขึ้นรูปไม่เปลี่ยนแปลง การหมุนรีดขึ้นรูปท่อสามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท ดังแสดงในรูปที่ 5.54 คือ

1. วัสดุเคลื่อนที่ไปข้างหน้า (Forward Material Movement) การหมุนรีดขึ้นรูปโดยชิ้นงานไหลตามทิศทางเดียวกับทิศทางการหมุนรีด
2. วัสดุเคลื่อนที่ย้อนกลับ (Backward Material Movement) การหมุนรีดขึ้นรูปชิ้นงานโดยชิ้นงานไหลย้อนกลับตรงข้ามกับทิศทางการหมุนรีด

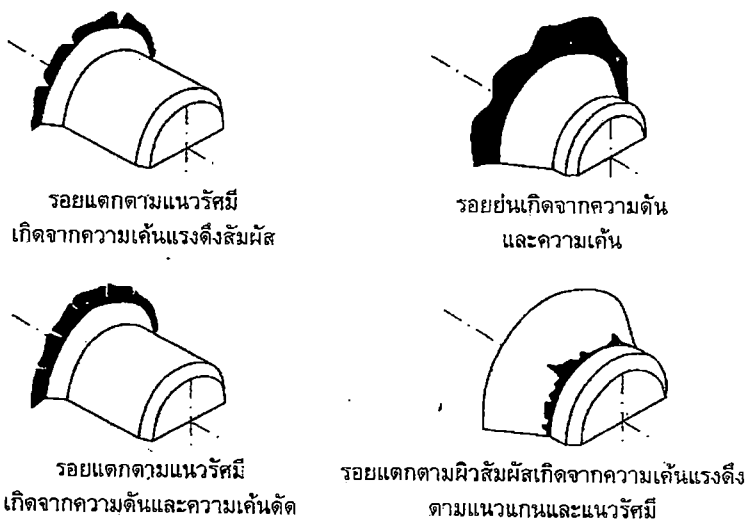


ภาพที่ 2.22 แสดงกรรมวิธีการหมุนรีดขึ้นรูปท่อ

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.6.4 ข้อบกพร่องในงานหมุนรีดขึ้นรูป (Spinning)

แรงกระทำที่เกิดขึ้นในชิ้นงานหมุนรีดขึ้นรูป คือ แรงดึงแนวแกน แรงดึงแนวรัศมี และแรงดึงแนวเส้นสัมผัสวงกลม ทำให้เกิดความเค้นในระหว่างการขึ้นรูป หากระดับการเปลี่ยนรูป (Deformation) เพิ่มขึ้น เกิดความเค้นเพิ่มขึ้น ทำให้ความเครียดแข็ง (Strain Hardening) ซึ่งส่งผลให้เกิดข้อบกพร่องต่างๆ ในงานหมุนรีดขึ้นรูปได้ ดังแสดงในรูปที่ 5.55



ภาพที่ 2.23 แสดงข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นในงานหมุนรีดขึ้นรูป

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

1. การเกิดรอยย่น (Wrinkling) เกิดจากแผ่นชิ้นงานไม่ได้ถูกรองรับจากแผ่นประกบระหว่าง การรีดขึ้นรูป และสามารถเกิดความเครียดอัดตามแนวเส้นวงกลม

2. การฉีกขาดตามแนวรัศมี (Radial Crack) สาเหตุเกิดจากความเค้นอัดตามแนวเส้นสัมผัส วงกลม และความเค้นดัดและความเค้นดึงตามแนวเส้นสัมผัสวงกลม

3. การฉีกขาดตามแนวเส้นสัมผัสวงกลม (Tangential Crack) สาเหตุเกิดจากมีความเค้นแรง ดึงตามแนวแกนสูงเกินไป

เพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดข้อบกพร่องดังกล่าวข้างต้น สามารถคำนวณหาอัตราส่วนการขึ้นรูปแบบ หมุนรีด (Spinning) ได้จากสมการดังนี้

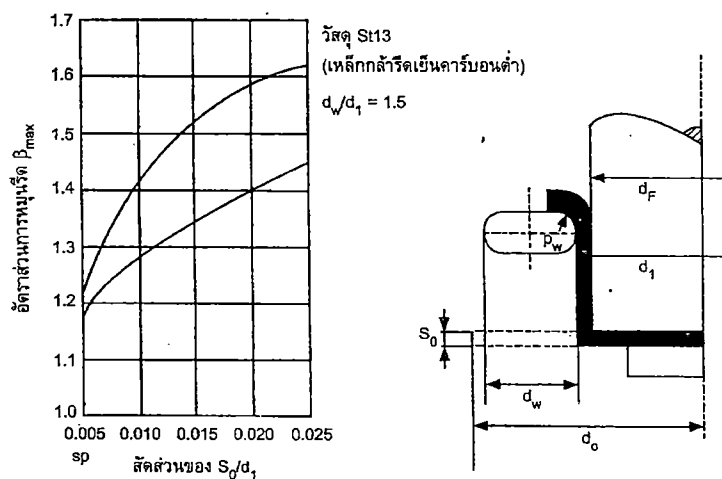
$$\beta = \frac{d_0}{d_1}$$

เมื่อ β คืออัตราส่วนการรีดขึ้นรูป

D_0 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานก่อนการขึ้นรูป (mm)

d_1 คือเส้นผ่านศูนย์กลางของชิ้นงานหลังการขึ้นรูป (mm)

สำหรับค่า β_{max} สามารถพิจารณาจากกราฟ ดังแสดงในรูปที่ 5.56 เป็นวัสดุ St13 ซึ่งเป็น เหล็กกล้ารีดเย็นคาร์บอนต่ำ ทั้งนี้ค่า β_{max} ขึ้นอยู่กับความหนาของชิ้นงาน ชนิดของวัสดุ อัตราการ ป้อน และรูปทรงของลูกรีด ซึ่งต้องนำมาเป็นส่วนประกอบในการพิจารณา



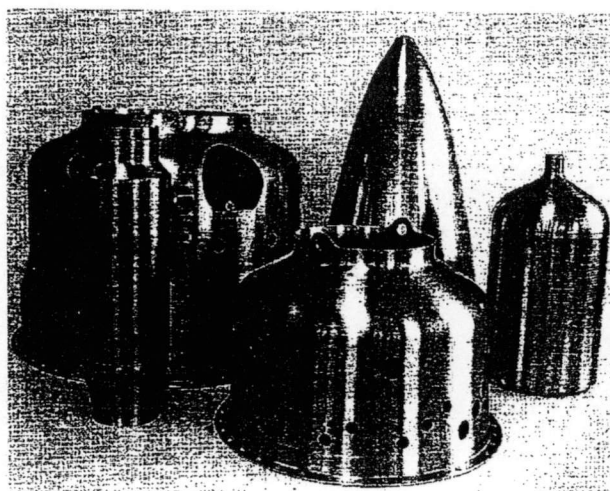
ภาพที่ 2.24 แสดงค่าอัตราการหมุนรีดสูงสุดที่อนุญาตให้ใช้ได้

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.6.5 ตัวอย่างในงานหมุนรีดขึ้นรูป (Spinning)

สำหรับตัวอย่างผลิตภัณฑ์ผ่านการขึ้นรูปแบบหมุนรีดขึ้นรูป (Spinning) มีดังนี้

- กระทะและหม้อ
- เครื่องตวง
- ดุมล้อรถ
- โคมไฟ
- พูลเต้และร่องรูปตัววี
- ภาชนะบรรจุของ
- กระจบอกไฮดรอลิกส์
- ท่อรูปทรงพิเศษ
- หัวท่อเครื่องยนต์



ภาพที่ 2.25 แสดงตัวอย่างของชิ้นงานจากการหมุนรีดขึ้นรูป

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.7 หลักการทำงานของมอเตอร์

2.7.1 ส่วนประกอบของมอเตอร์ไฟฟ้า

ภาพข้างบนนี้ คุณจะเห็นเป็นแท่งแม่เหล็ก 2 แท่ง โดยแท่งในเป็นแม่เหล็กไฟฟ้า เรียกว่า อาร์มาเจอร์ (Armature) ขณะที่แม่เหล็กด้านนอกเป็นแม่เหล็กถาวรรูปเกือกม้า (หรือจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้าก็ได้สำหรับมอเตอร์ขนาดใหญ่ แต่ถ้าเป็นมอเตอร์ขนาดเล็ก จะใช้แม่เหล็กถาวรเพื่อประหยัดพลังงาน) อาร์มาเจอร์จะหมุนไปได้เนื่องจากการผลักของแม่เหล็ก และต้องมีการกลับขั้วของแม่เหล็กขณะที่หมุนไปครึ่งรอบ ทำให้เกิดแรงผลักอย่างต่อเนื่อง ส่วนที่ใช้ในการกลับขั้วของแม่เหล็กคือ คอมมิวเตเตอร์ (Commutator) และแปรง (Brush)

2.7.2 มอเตอร์ เป็นเครื่องกลเพื่อเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล โดยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า ด้วยส่วนหมุนได้ที่พันด้วยขดลวด

เป็นกระบวนการย้อนกลับของ ไดนาโม หรือ เครื่องกำเนิดไฟฟ้ามักเป็นส่วนประกอบสำคัญในเครื่องกล เครื่องจักรกลอุตสาหกรรม เครื่องใช้ไฟฟ้าในครัวเรือน เช่น เครื่องสูบน้ำ เครื่องอัดลม พัดลม เครื่องลำเลียง เครื่องเล่นแผ่นดิสก์ ฯลฯ

มอเตอร์ลากจูง (Traction motor) ซึ่งใช้ในยานยนต์และรถไฟ สามารถหมุนได้ทั้งสองทิศทาง มอเตอร์ ต้องต่อวงจรไฟฟ้าเข้ากับ แหล่งกำเนิดไฟฟ้า เช่น แบตเตอรี่ (สำหรับ มอเตอร์กระแสตรง ในเครื่องกลหรือยานยนต์) หรือการจ่ายกระแสไฟฟ้าจาก โรงงานไฟฟ้า (สำหรับ มอเตอร์กระแสสลับ ในเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน)

มอเตอร์ขนาดเล็กที่สุด ที่ใช้งานได้จริงในปัจจุบัน ได้แก่ มอเตอร์ใน นาฬิกาข้อมือไฟฟ้า มอเตอร์ขนาดเล็กที่สุด ที่อยู่ระหว่างพัฒนา ได้แก่ มอเตอร์นาโน (เล็กกว่าเส้นผม 300 เท่า) มอเตอร์ขนาดกลางมาตรฐานสูง มักเป็นส่วนประกอบในเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม มอเตอร์ขนาดใหญ่ที่สุด ได้แก่ มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ในตู้แช่ประวางของเรือเดินสมุทร (ใช้กำลังไฟนับพัน กิโลวัตต์)

หลักการทางฟิสิกส์ ในการผลิตพลังงานกลด้วยการเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นที่รู้จักกันเมื่อตอนต้น ค.ศ. 1821

มอเตอร์ ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของมนุษย์มาตลอด คริสต์ศตวรรษที่ 19 แต่เมื่อเครื่องกลใช้มอเตอร์มากขึ้น ปริมาณความต้องการพลังงานไฟฟ้าก็เพิ่มขึ้นเช่นกัน

2.7.3 ประเภท

มอเตอร์อาจแบ่งประเภทหลากหลายตาม แหล่งกำเนิดไฟฟ้า โครงสร้างการทำงาน และการประยุกต์ใช้

2.7.3.1 มอเตอร์กระแสตรง

- มอเตอร์ซันด์
- มอเตอร์ซีรี
- คอมเปาน์มอเตอร์
- ซอร์ทซันท์คอมเปาน์
- ลองซันด์คอมเปาน์

2.7.3.2 มอเตอร์กระแสสลับ

- มอเตอร์เฟสเดียว ใช้กับแรงดัน 220 โวลต์ มีสายไฟเข้าไปยังตัวมอเตอร์ 2 เส้น มีแรงม้าไม่สูงมากนัก
1. มอเตอร์เซตโพล
 2. มอเตอร์สปิตเฟส
 3. คาพาซิเตอร์
 4. มอเตอร์ยูนิเวอร์แซล

5. มอเตอร์รีฟลซัน

- มอเตอร์ 3 เฟส ใช้กับแรงดันอย่างต่ำ 380 โวลต์ สายไฟเข้า 3 เส้น สามารถสร้างกำลังแรงม้าสูงได้

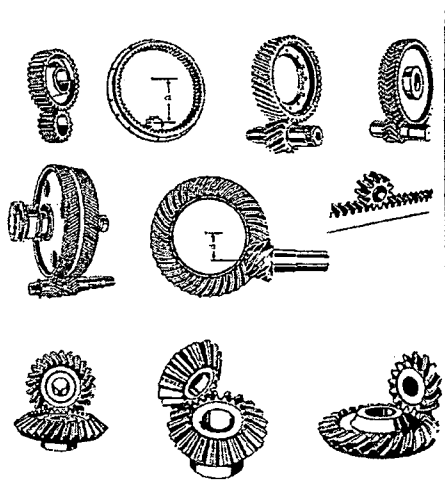
6. ซิงโครนัสมอเตอร์ (ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปมักเป็นประเภทนี้)

7. อะซิงโครนัสมอเตอร์

2.8 หลักการระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกล

ระบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลที่ใช้ตามโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปมีหลายอย่างแล้วแต่ความเหมาะสมของแต่ละประเภทงานที่ทำ ซึ่งหลักการส่งกำลังของเครื่องจักรกล คือ การส่งกำลังจากต้นกำลังหรือสามารถเรียกได้อีกอย่างว่า เพลาขับ ส่งกำลังไปยังจุดที่ต้องการ เพื่อจะใช้กำลังงานไปใช้งานเรียกว่า เพลาตาม หรือ เพลางาน ระบบการส่งกำลังของเครื่องจักรกลได้แก่ การส่งกำลังด้วยเฟือง โซ่ สายพาน คัปปลิ่ง (Coupling) เพลา และลูกเบี้ยว เป็นต้น

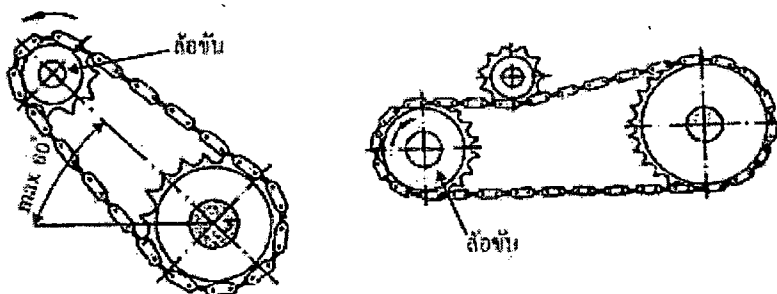
การส่งกำลังด้วยเฟือง (GEARS) มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพเฟืองต่างๆ GEARS) มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพเฟืองต่างๆ



ภาพที่ 2.26 การส่งกำลังด้วยเฟืองต่างๆ

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

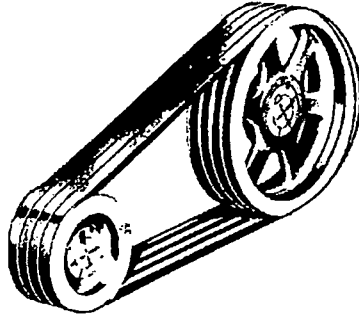
การส่งกำลังด้วยโซ่ (CHAIN DRIVES) มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพ



ภาพที่ 2.27 การส่งกำลังด้วยโซ่

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

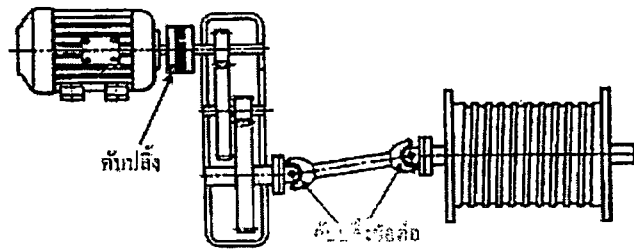
การส่งกำลังด้วยสายพาน(BELTS)มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพ



ภาพที่ 2.28 การส่งกำลังด้วยสายพาน

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

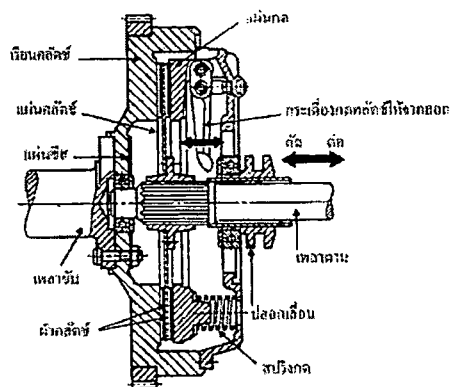
การส่งกำลังด้วยคัปปลิง(COUPLING)มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพ



ภาพที่ 2.29 การส่งกำลังคัปปลิง

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

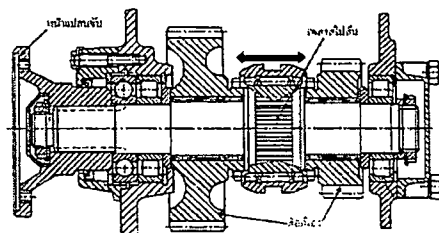
การส่งด้วยคลัตช์(CLUTCH)มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพ



ภาพที่ 2.30 การส่งกำลังด้วยคลัตช์

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

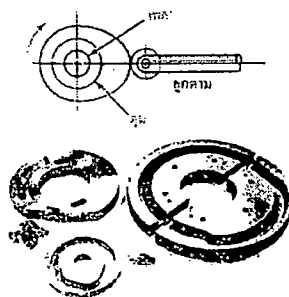
การส่งกำลังด้วยเพลา(SHAFT)มีลักษณะการส่งกำลัง ดังภาพ



ภาพที่ 2.31 การส่งกำลังด้วยเพลา

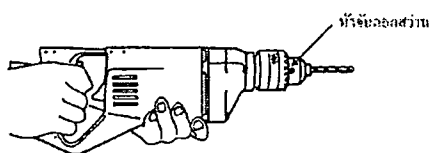
ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

การส่งกำลังด้วยลูกเบี้ยว (CAM) มีลักษณะการส่งกำลัง



ภาพที่ 2.32 การส่งกำลังด้วยลูกเบี้ยว

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)



ภาพที่ 2.33 สว่านมือไฟฟ้าแบบเพอร์เทเบิล

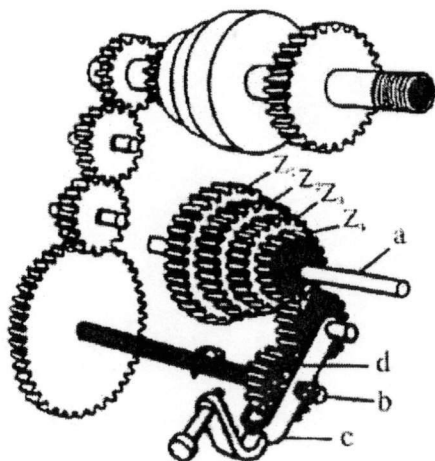
ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.8.1 ระบบการส่งกำลังเครื่องจักรกล

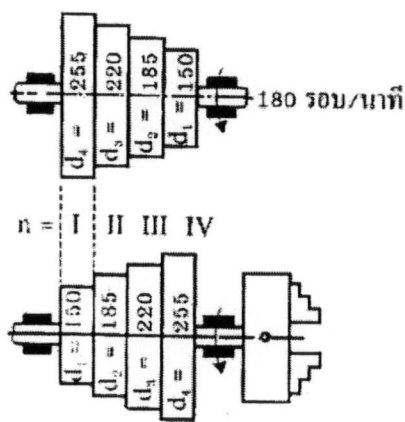
ระบบส่งกำลังของเครื่องจักรที่ใช้กันตามโรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปสามารถแยกออก ได้เป็น 3 ระบบใหญ่ ดังต่อไปนี้

1) ระบบการส่งกำลังโดยตรง คือ ระบบการส่งกำลังที่ออกจากแหล่งกำเนิด ซึ่งส่วนมากแล้ว แหล่งกำเนิดของเครื่องจักรที่ใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมาจากมอเตอร์ไฟฟ้า ระบบการส่งกำลังโดยตรงจะไม่มีชุดอัตราทดความเร็วรอบของต้นกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้า หากต้นกำลังมอเตอร์ไฟฟ้ามีความเร็วเท่าใดก็จะได้ความเร็วออกมาเท่านั้น เช่น ระบบส่งกำลังของสว่านมือไฟฟ้าที่ใช้ทั่วไปแบบเพอร์เทเบิล หินเจียรระโนมือ เป็นต้น ซึ่งเครื่องมือเหล่านี้ไม่สามารถปรับความเร็วได้ ดังภาพ

2) ระบบส่งกำลังที่เป็นขั้นความเร็วคือระบบส่งกำลังของเครื่องจักรกลที่สามารถปรับความเร็วได้ พร้อมทั้งสามารถที่จะเลือกใช้ความเร็วรอบตามต้องการ ยังสามารถปรับความเร็วรอบให้ช้าหรือเร็วก็ได้ โดยการปรับความเร็วตามตารางต้องการที่กำหนดมาให้ที่เครื่องจักรกลนั้นๆ ดังภาพ

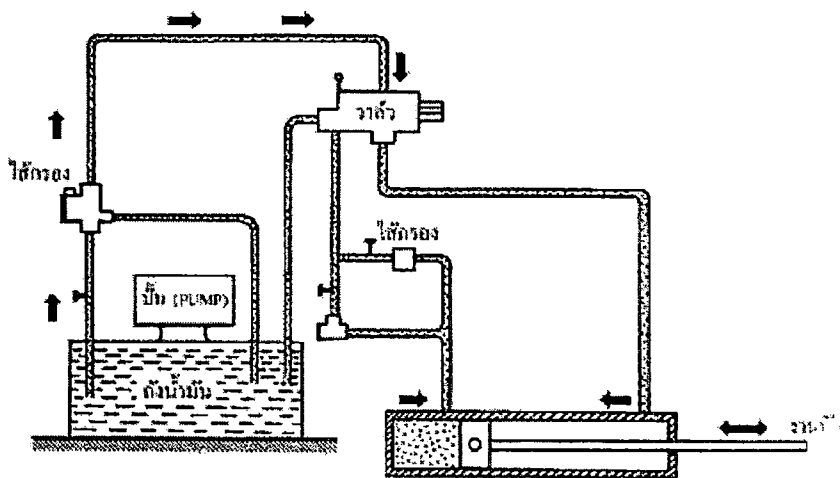


ภาพที่ 2.34 ระบบการส่งกำลังที่เป็นขั้นความเร็วของเฟือง
ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)



ภาพที่ 2.35 ระบบการส่งกำลังที่เป็นขั้นความเร็วของพลาญเลย์
ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

3) ระบบส่งกำลังที่ไม่เป็นขั้นความเร็ว คือ ระบบส่งกำลังที่สามารถเปลี่ยนความเร็วรอบได้ แต่ความเร็วที่เปลี่ยนนั้นจะไม่ใช่เป็นขั้นความเร็ว โดยความเร็วได้ละเอียดกว่าสองระบบที่กล่าวมาแล้ว โดยอาศัยการใช้อุปกรณ์กลในระบบไฮดรอลิกส์ และระบบไฟฟ้าเข้ามาช่วย เช่น การเคลื่อนที่ของโต๊ะงานเจียระไนผิวเรียบ หรือการเคลื่อนที่ของเพลลาเครื่องปั๊มระบบไฮดรอลิกส์ เป็นต้น



ภาพที่ 2.36 การทำงานของระบบไฮดรอลิกส์

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.8.2 ชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังของเครื่องจักรกล

ชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังของเครื่องจักรกลที่ใช้กันทั่วไปมีหลายอย่างประกอบด้วย โบลต์ นัต เพลา ลิม รอกเส้น ตลับลูกปืน เฟือง สายพาน พลูเพลย์ ลูกเบี้ยว คลัตช์ แต่ละอย่างทำหน้าที่ใช้ในการส่งกำลังแตกต่างกัน ดังรายละเอียด

โบลต์(BOLT) โบลต์เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ในการส่งกำลัง มีทั้งชนิดที่มีหัวและไม่มีหัว สามารถใส่แหวนรอง ปีนล็อก หรือใส่แหวนล็อกที่ลำตัวโบลต์ ดังภาพ

โบลต์ไม่มีหัวตาม DIN 1443

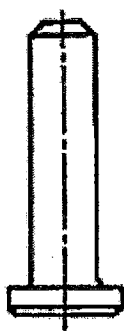


ไม่มีหัวลักษณะ A

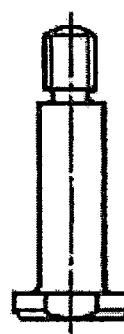


มีรูในลักษณะ B

โบลต์มีหัวตาม DIN 1444



ไม่มีรูในลักษณะ A

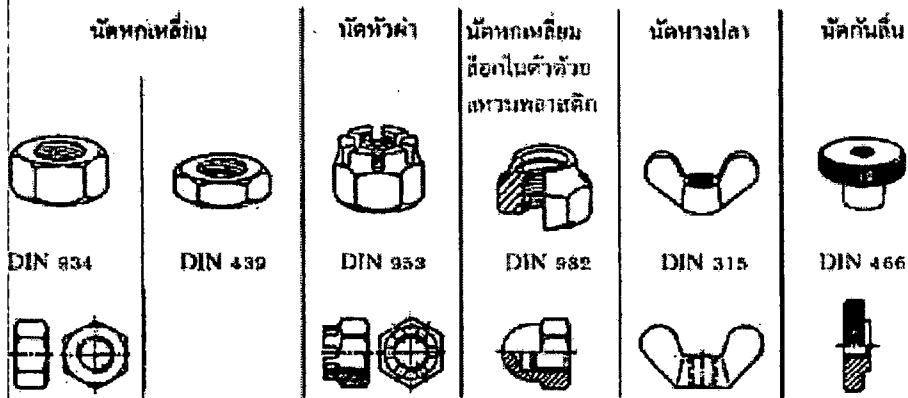


มีแหวนล็อกตาม DIN 1445

ภาพที่ 2.37 โบลต์ชนิดต่างๆตามมาตรฐานเยอรมัน

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

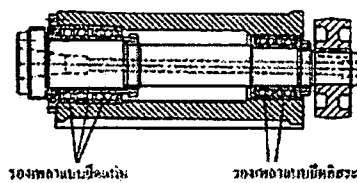
นัต (NUT) เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ส่งกำลังคู่กับโบลต์ นัตต่างๆ มีลักษณะดังภาพ



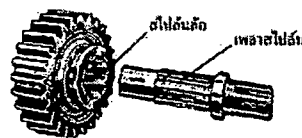
ภาพที่ 2.38 นัตชนิดต่างๆ

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

เพลลา (SHAFT) เพลลาเป็นชิ้นส่วนที่ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง มีทั้งเพลลาธรรมดา หัวไป เพลลาสไปลัน เพลลาสไปลัน เพลลาข้อเหวี่ยง ดังภาพ



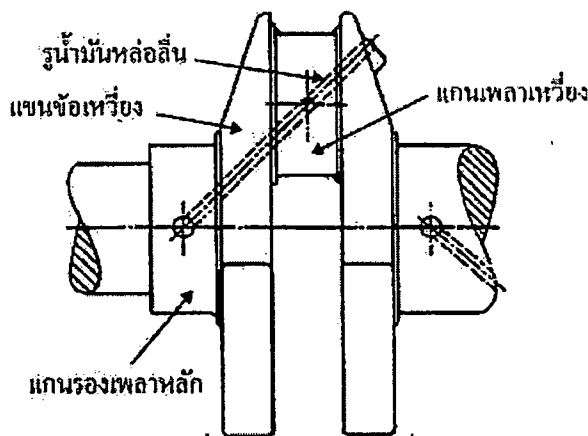
รูปที่ 4.13 เพลลาธรรมดาหัวไป



รูปที่ 1.16 เพลลาสไปลัน

ภาพที่ 2.39 เพลลาธรรมดาหัวไป และ เพลลาสไปลัน

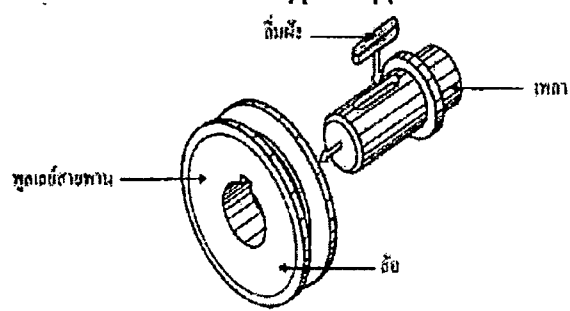
ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)



ภาพที่ 2.40 เพลลาข้อเหวี่ยง

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

ลิ้ม(KEYS) ลิ้มเป็นชิ้นส่วนประกอบในการส่งกำลังคู่กับเพลา จะมีร่องใส่ติดกับเพลา ดังภาพ

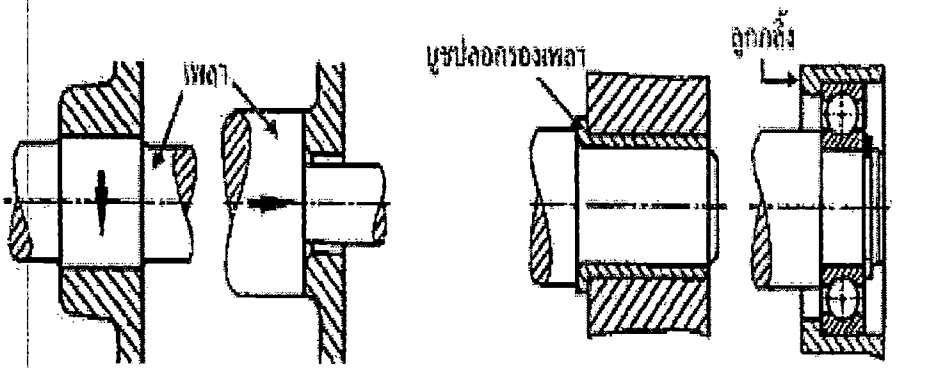


รูปที่ 1.13 ลิ้มและส่วนประกอบอื่น

ภาพที่ 2.41 ลิ้มและส่วนประกอบอื่น

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

รองเพลา (BEARING) รองเพลาเป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ส่งกำลังคู่กับเพลา รองเพลาที่ใช้กัน
อยู่มีลักษณะรูปร่างต่างๆดังภาพ

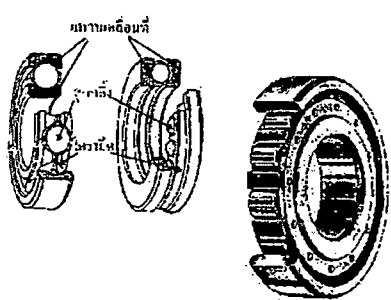


(ก) รางเพลาแนวรัศมี (ข) รางเพลาแนวแกน (ค) ปรอทรองเพลา (ง) รางเพลาลูกกลิ้ง

ภาพที่ 2.42 รองเพลาและส่วนประกอบอื่น

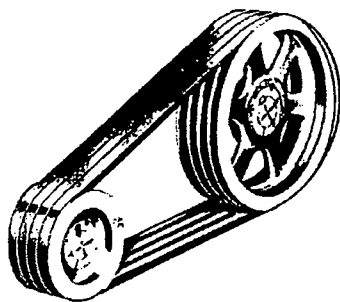
ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

ตลับ (ROLLING BEARINGS) ตลับลูกปืนชิ้นส่วนประกอบคู่กับเพลา มีลักษณะ ดังภาพ



ภาพที่ 2.42 ตลับลูกปืน

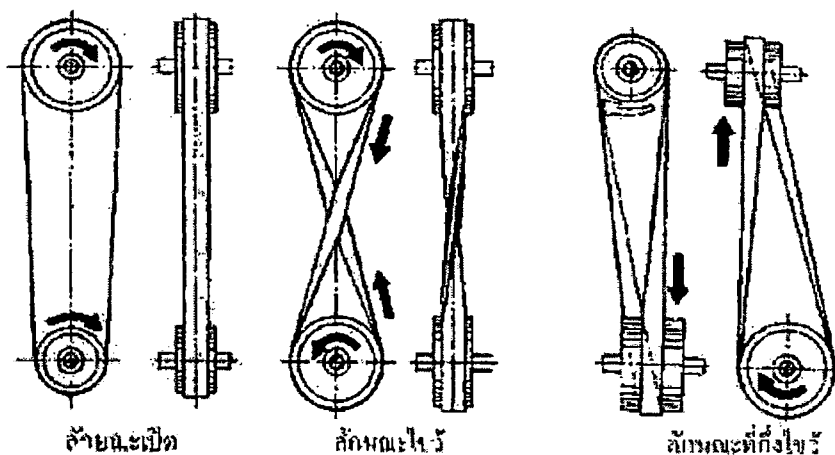
เฟือง (GEARS)เฟืองเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง และยังสามารถส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางได้ด้วยมีลักษณะ ดังภาพ



ภาพที่ 2.43 เฟืองส่งกำลังต่างๆ

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

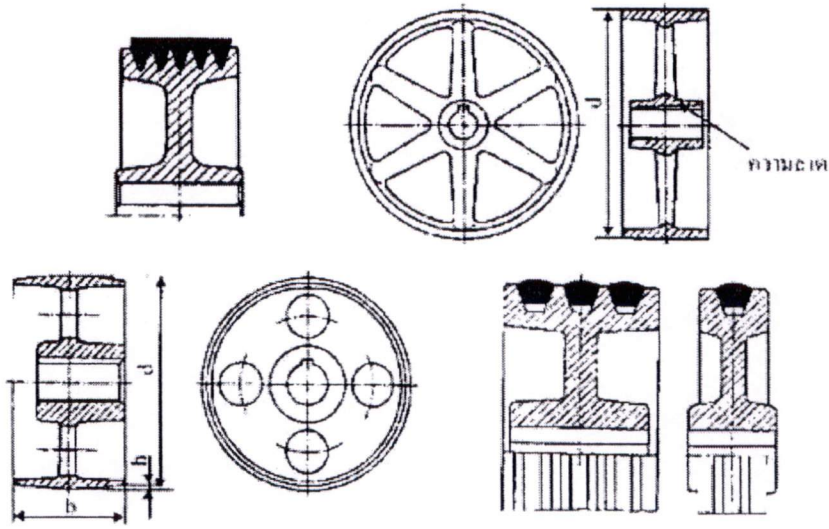
3.8 สายพาน (BEKTS)สายพานเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้ส่งกำลังจากจุดหนึ่งไปอีกจุดหนึ่ง เช่นเดียวกับเฟือง และยังสามารถส่งกำลังเพื่อเปลี่ยนทิศทางได้ด้วย ดังภาพ



ภาพที่ 2.44 สายพานส่งกำลัง

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

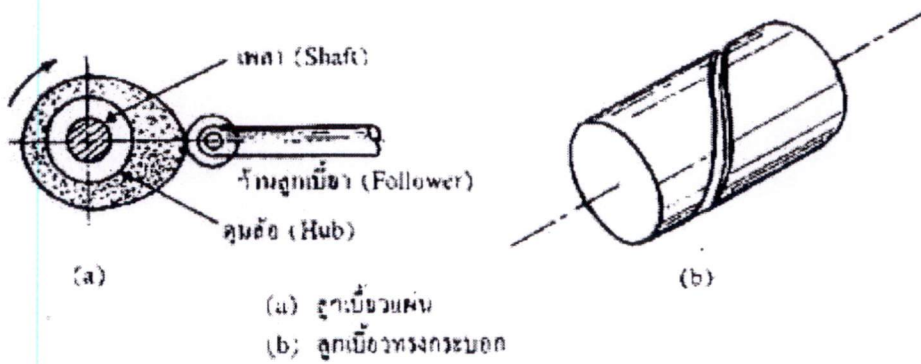
พูลเลย์ (PULLEY) เป็นชิ้นส่วนประกอบที่ใช้ส่งกำลังกับสายพาน พูลเลย์มีรูปร่างเป็นไปตามลักษณะของสายพาน ดังภาพ



ภาพที่ 2.45 พูลเลย์

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

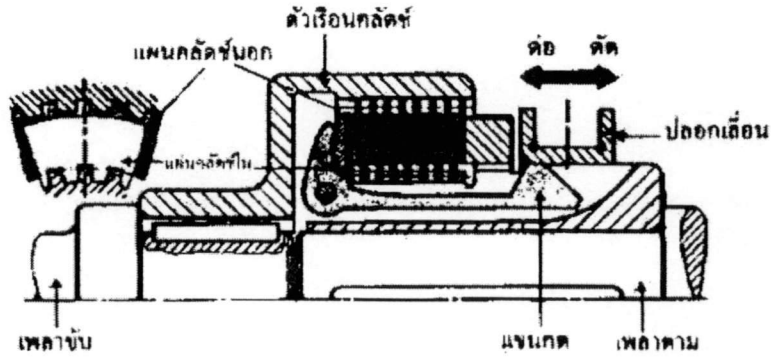
ลูกเบี้ยว (ROTARY CAMS) เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้ส่งกำลังคู่กับเฟลา ลูกเบี้ยวมีลักษณะ ดังภาพ



ภาพที่ 2.46 ลักษณะของลูกเบี้ยว

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

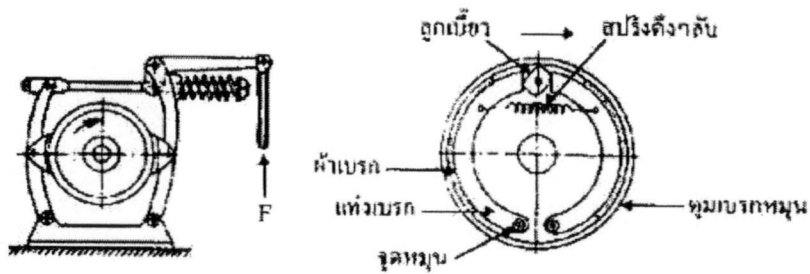
คลัตช์ (CLUTCH) คลัตช์เป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ใช้ส่งกำลังกับเพลาคลัตช์ชุดมี ส่วนประกอบหลายอย่าง ดังภาพ



ภาพที่ 2.47 คัตสซ์และส่วนประกอบ

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

เบรก (BRAKES) เบรกเป็นชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ใช้ในการหยุดการส่งกำลังของ เครื่องจักรกล ซึ่งเป็นคลัตช์ชนิดหนึ่ง ดังภาพ



ภาพที่ 2.48 เบรกและส่วนประกอบ

ที่มา : ประสพ เพชรนพสกุล (2551)

2.9 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จารุวรรณ รัตนโกคา (2544 : บทคัดย่อ) ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความชอบ จากการสอนด้วยวิธีทัศน์แบบสถานการณ์จำลองกับการสอนปกติ วิชาทฤษฎีงานถม-ลงยา วัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความชอบ จากการสอนด้วยวิธีทัศน์แบบ สถานการณ์จำลองกับการสอนปกติ วิชาทฤษฎีงานถม-ลงยา ผลจากการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนจากการสอนด้วยวิธีทัศน์แบบสถานการณ์จำลอง แตกต่างจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จากการสอบแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มของนักศึกษาที่เรียนด้วย วิธีทัศน์แบบสถานการณ์จำลอง มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มของนักศึกษาที่เรียนแบบปกติ 2) ผลความชอบ

จากการสอนด้วยวิธีทัศน์แบบสถานการณ์จำลอง แตกต่างจากการสอนปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยกลุ่มที่สอนด้วยวิธีทัศน์แบบสถานการณ์จำลองมีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มที่สอนปกติ

วิจักขณ์ นิลพานิช (2548 : บทคัดย่อ) สํารวจสถานะความสามารถทางเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะแผ่นของประเทศไทย มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสถานะและความสามารถทางเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะแผ่นในประเทศไทยและต่างประเทศ เพื่อใช้เป็นข้อสนเทศในการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่นของประเทศไทยต่อไปในอนาคต เครื่องมือที่ใช้ในการรวบรวมข้อมูลคือ แบบสอบถามซึ่งนำมาสรุปผลของข้อมูลโดยใช้หลักสถิติ ได้แก่ ค่าร้อยละ กราฟแท่ง และนำข้อมูลมาวิเคราะห์เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดสถานะและความสามารถทางเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะแผ่น ซึ่งได้จัดระดับการวัดเป็น 6 ระดับ และมี 8 หัวข้อในการตรวจวัด คือ 1) ความเชื่อถือในการส่งมอบงาน 2) เทคโนโลยีที่ใช้ในการออกแบบและการผลิต 3) การเลือกใช้วัสดุและชิ้นส่วนมาตรฐาน 4) ความสามารถในการรับงาน 5) อุปกรณ์การผลิตและเครื่องจักร 6) คุณสมบัติของพนักงาน 7) ระบบคุณภาพของแม่พิมพ์ 8) ระดับความเที่ยงตรงแม่พิมพ์ ระดับที่ 6 เป็นดัชนีชี้วัดสถานะและความสามารถทางเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะแผ่นในประเทศไทยที่พัฒนาแล้ว เช่น ประเทศญี่ปุ่นและประเทศเยอรมัน ซึ่งสถานะและความสามารถทางเทคโนโลยีขึ้นรูปโลหะแผ่นของประเทศไทยอยู่ในระดับเฉลี่ยที่ 2.75 โดยได้เสนอแนะวิธีการแก้ปัญหาในการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ไทยไว้ 3 ประการ คือ 1) การสร้างกลไกการเชื่อมโยงสำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่น 2) การเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน และ 3) การสร้างสภาพแวดล้อมในการดำเนินธุรกิจให้กับอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่น นอกจากนี้ยังได้วางแนวทางการทำโครงการวิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมแม่พิมพ์ขึ้นรูปโลหะแผ่น ในเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้อง จำนวน 8 หัวข้อ คือ 1) วัสดุ 2) การพัฒนามาตรฐาน 3) ความเข้าใจเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องมือ 4) การทำต้นแบบที่รวดเร็วและเครื่องมือ 5) กระบวนการอัตโนมัติ 6) สารหล่อลื่นและการเคลือบผิว 7) โมเดลกระบวนการและการจำลองสถานการณ์ และ 8) นวัตกรรมของเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะแผ่น โดยหัวข้อวิจัยและพัฒนาจะดำเนินงานตามกลุ่มได้ดังนี้ 1) เครื่องมือและวัสดุ 2) พลังงานและสิ่งแวดล้อม 3) คุณภาพและผลิตภาพ

วิไลศรี ข่านาญกิจ (2549 : บทคัดย่อ) ศึกษา อาชีพการทำเครื่องถม ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอาชีพการทำเครื่องถมในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอาชีพการทำเครื่องถม และหาแนวทางการอนุรักษ์อาชีพการทำเครื่องถมของชาวอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้ 1) อาชีพการทำเครื่องถม ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีกำเนิดมาตั้งแต่ครั้งกรุงศรีอยุธยาเป็นราชธานี สมัยพระรามาธิบดีที่ 2 ตั้งแต่ พ.ศ. 2061 อาชีพการทำเครื่องถมเมืองนครมีการสืบทอดความรู้จากบรรพบุรุษมากกว่า 500 ปี ปัจจุบันเครื่องถมเมืองนครเป็นผลิตภัณฑ์ที่ขึ้นชื่อของจังหวัดนครศรีธรรมราช แหล่งผลิตและจำหน่ายเครื่องถมเมืองนครที่มีชื่อเสียงมากที่สุดมี 2 แห่ง คือ หลังสนามหน้าเมือง ตั้งอยู่ที่ถนนท่าช้าง ตำบลคลัง อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช แหล่งที่สองคือ บริเวณหน้าและในวัดพระมหาธาตุวรมหาวิหาร จังหวัดนครศรีธรรมราช ปัจจุบันร้านจำหน่าย

เครื่องถมเมืองนครได้ลดน้อยลงจากเดิม คือ เหลือเพียงประมาณ 30 ร้าน ช่างถมเมืองนครมีขั้นตอนและวิธีการทำด้วยมือทุกขั้นตอน ชาวนครศรีธรรมราชได้สั่งสมและสืบทอดวิชาความรู้เชิงช่าง รวมทั้งงานด้านหัตถกรรม โดยมีการแทรกซึมเข้าไปในวิถีชีวิตประจำวัน 2) ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของอาชีพการทำเครื่องถม ในอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราชมากที่สุด ได้แก่ ปัจจัยด้านการผลิตคือ ประโยชน์ใช้สอยของเครื่องถมเมืองนครได้เปลี่ยนแปลงไป ในอดีตเครื่องถมเมืองนครผลิตเพื่อประโยชน์ใช้สอยในครัวเรือนและผลิตเป็นเครื่องใช้ของเจ้าขุนมูลนายหรือบ้านของผู้มีฐานะดี แต่ปัจจุบันได้ผลิตโดยเน้นหนักไปเป็นของที่ระลึกของตกแต่งบ้านหรือเป็นเครื่องประดับ มีการใช้วัสดุปลอมแปลงมาผสมในเครื่องถมเมืองนคร และนำเครื่องจักรมาใช้ในการผลิต ทำให้เครื่องถมเมืองนครด้อยคุณภาพ รongลงมา คือ ปัจจัยด้านช่างฝีมือ ในปัจจุบันช่างฝีมือได้ลดจำนวนลงจากเดิมมาก เนื่องจากมีอาชีพที่น่าสนใจหลายสาขา ทำให้ช่างถมเมืองนครหันไปสนใจในอาชีพอื่นมากกว่า และปัจจัยด้านการแข่งขันทางการตลาด เครื่องถมเมืองนครมีการแข่งขันด้านการตลาดสูง แข่งขันในกลุ่มผู้ผลิตเครื่องถมกันเองและแข่งขันกับสินค้าอื่น สำหรับปัจจัยด้านผู้บริโภค ปัจจุบันผู้บริโภคลดลง ทางร้านจึงสร้างกลยุทธ์เพื่อดึงดูดลูกค้าให้มีความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ เช่น มีบริการหลังการขาย อีกทั้งปัจจัยด้านการประกอบอาชีพ เยาวชนได้รับความรู้ที่หลากหลาย จึงมีโอกาสเลือกอาชีพได้ แม้ว่ามีสถานศึกษาที่สอนด้านการทำเครื่องถมเมืองนคร แต่เมื่อนักศึกษาจบไปส่วนใหญ่จะประกอบอาชีพอื่นที่ไม่ใช่อาชีพนี้ นอกจากนี้ยังมีปัจจัยที่มีผลด้านสังคม เศรษฐกิจ วัฒนธรรม การเมือง การศึกษานับเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงทั้งสิ้น 3) แนวทางด้าน การอนุรักษ์ในอาชีพการทำเครื่องถมของชาวอำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มี 3 แนวทาง คือ ด้านการถ่ายทอดทางภูมิปัญญา เครื่องถมเมืองนครมีการถ่ายทอดหลายรูปแบบ ได้แก่ การได้รับการถ่ายทอดมาจากบรรพบุรุษโดยตรง คือ พ่อแม่ เครือญาติ รับการถ่ายทอดมาจากสถานศึกษาในลักษณะอาจารย์ถ่ายทอดให้แก่ศิษย์ การถ่ายทอดในลักษณะของความสัมพันธ์แบบเพื่อนบ้านและเป็นแบบสมาชิกที่มีการรวมกลุ่ม การได้รับการถ่ายทอดโดยไม่ตั้งใจเกิดจากกระบวนการซึมซับด้านการรับรู้ การได้ยินได้ฟังทุกวัน ตั้งแต่เด็ก ด้านการสนับสนุนและส่งเสริมของหน่วยงานในอาชีพการทำเครื่องถมเมืองนคร ทั้งภาครัฐและภาคเอกชน ได้แก่ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทยภาคใต้ เขต 2 วิทยาลัยศิลปหัตถกรรม ศูนย์ OTOP CITY อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีการสนับสนุนในรูปแบบต่างๆ อาทิ มีการเรียนการสอนจากสถานศึกษาโดยตรง และการเผยแพร่ด้านเอกสารและตำรา การประชาสัมพันธ์ การส่งเสริมด้านการจัดจำหน่าย การรวมกลุ่มเพื่อฝึกหัดอาชีพ และการเผยแพร่ด้านเอกสาร และตำรา ด้านการอนุรักษ์อาชีพการทำเครื่องถมเมืองนครให้คงอยู่ โดยมีการพัฒนารูปแบบของผลงานให้ช่างถมเมืองนครมีแรงจูงใจในการประกอบอาชีพ สร้างความภาคภูมิใจในผลงานที่ตนเองสร้างขึ้น ขั้นตอนการผลิตมีเอกลักษณ์เฉพาะ สามารถสร้างรายได้ที่สูงให้กับช่างถมเมืองนคร

จากรูธรรม รัตนโกศา (2551 : บทคัดย่อ) ศึกษาสภาพการจัดการความรู้หลักสูตรฐานสมรรถนะวิชาชีพหัตถกรรมที่เป็นภูมิปัญญาไทย เพื่อพัฒนารูปแบบการจัดการความรู้หลักสูตรสมรรถนะในวิชาชีพหัตถกรรมโดยภูมิปัญญาไทยในสภาพที่เป็นจริงและสภาพที่คาดหวัง เพื่อพัฒนา

หลักสูตรฐานสมรรถนะวิชาชีพหัตถกรรม มีวิธีดำเนินการวิจัย 5 ขั้นตอน 1) ศึกษาความคิดรวบยอด การพัฒนารูปแบบการจัดการความรู้ ทำการศึกษาค้นคว้าโดยวิเคราะห์บริบททางทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับ หัวข้อการวิจัย นำมาสังเคราะห์กำหนดประเด็นการพัฒนารูปแบบการจัดการความรู้ 2) ศึกษาสภาพ การจัดการความรู้วิชาชีพหัตถกรรมในสภาพที่เป็นจริงและสภาพที่คาดหวัง จากหัวหน้าสาขา ศิลปกรรม ในสถานศึกษาสังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา จำนวน 48 แห่ง 3) การ พัฒนารูปแบบการจัดการความรู้วิชาชีพหัตถกรรม โดยรวบรวมข้อมูลจากผู้ปฏิบัติงานในกลุ่มอาชีพ เพื่อ ร่างรูปแบบการจัดการความรู้วิชาชีพหัตถกรรมและประเมินรูปแบบการจัดการความรู้วิชาชีพ หัตถกรรมโดยผู้เชี่ยวชาญ 4) พัฒนาหลักสูตรสมรรถนะวิชาชีพหัตถกรรม และทำการประเมินผลการใช้หลักสูตร ปรับปรุง ตามรูปแบบการจัดการความรู้หลักสูตรสมรรถนะวิชาชีพโดยภูมิปัญญาไทย 5) ประเมินรูปแบบโดยวิธีการสัมมนากลุ่ม (Focus Group Discussion) และใช้วิธีการอิงผู้ทรงคุณวุฒิ (Connoisseurship Model) เป็นเครื่องมือในการตรวจสอบคุณภาพของรูปแบบการจัดการความรู้ หลักสูตรฐานสมรรถนะวิชาชีพ โดยภูมิปัญญาไทยที่พัฒนาขึ้นโดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวนทั้งหมด 7 ท่าน ประกอบด้วย ด้านการจัดการความรู้ 3 ท่าน และด้านวิชาชีพหัตถกรรม 4 ท่าน เพื่อให้ได้รูปแบบการ จัดการความรู้หลักสูตรฐานสมรรถนะวิชาชีพหัตถกรรมเครื่องถมโดยภูมิปัญญาไทย ผลการวิจัยพบว่า มีรูปแบบการจัดการความรู้หลักสูตรฐานสมรรถนะวิชาชีพหัตถกรรมโดยภูมิปัญญาไทยที่ผู้วิจัยพัฒนา ขึ้น 6 รูปแบบ ได้แก่ 1) รูปแบบการจัดการความรู้วิชาชีพหัตถกรรม 2) รูปแบบปฏิสัมพันธ์การจัดการ ความรู้วิชาชีพหัตถกรรม 3) รูปแบบการจัดการความรู้ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพหัตถกรรม 4) รูปแบบ การจัดการความรู้การสร้างชุดฝึกอบรมวิชาชีพหัตถกรรม 5) รูปแบบการพัฒนาหลักสูตรฐานสมรรถนะ วิชาชีพงานเครื่องถม 6) รูปแบบความสัมพันธ์การจัดการความรู้หลักสูตรฐานสมรรถนะ (Competency-based Learning : CBL) วิชาชีพหัตถกรรมซึ่งหลักสูตรฐานสมรรถนะวิชาชีพ หัตถกรรม ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นตามแนวทางของรูปแบบการจัดการความรู้มีความเป็นไปได้และเหมาะสม ในการนำไปใช้ในการจัดหลักสูตรวิชาชีพระยะสั้น สอดคล้องกับความต้องการของตลาด สามารถสร้าง อาชีพสร้างรายได้ให้กับชุมชน องค์กรและประเทศ

ประสพ เพชรนพสกุล (2551 : บทคัดย่อ) พัฒนาเครื่องพับโลหะ เพื่อประเมินเครื่องพับ โลหะ 2 ด้าน คือ ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมและวิศวกรรมเพื่อประเมินความพึงพอใจ ของเครื่องพับโลหะ กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย กลุ่มผู้ผลิต ประเมิน การใช้ของเครื่องพับโลหะ จำนวน 30 ท่าน เป็นการประเมินความพึงพอใจทางการใช้งาน โดยแบ่งออกเป็น 4 ด้านด้านหน้า ที่ใช้สอย ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน ด้านความปลอดภัย และการบำรุงรักษา โดยเป็นกลุ่ม ตัวอย่างแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บและรวบรวมข้อมูลเป็นการประเมินความคิดเห็น การ วิเคราะห์ข้อมูลของแบบการประเมินความคิดเห็น โดยการหาค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ซึ่งเป็นการวิเคราะห์รายข้อ เฉพาะด้าน และรวมทุกด้าน และคุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์ ทำการยื่นการจดสิทธิบัตรการ ออกแบบผลิตภัณฑ์ ผลการวิจัยพบว่า ผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านการออกแบบ ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลการประเมิน อยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 4.32$) ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมผลการ

ประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 4.43$) และผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินความพึงพอใจทางการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี ($\bar{X} = 4.43$)

รุ่งนภา ผลพฤษยา (2552 : บทคัดย่อ) ศึกษาและออกแบบผลิตภัณฑ์หัตถกรรมเครื่องถมเงินลวดลาย 12 นักษัตร จังหวัดนครศรีธรรมราช การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาและออกแบบผลิตภัณฑ์หัตถกรรมเครื่องถมเงินลวดลาย 12 นักษัตร จังหวัดนครศรีธรรมราช 2) เพื่อประเมินความต้องการและความพึงพอใจที่มีต่อผลิตภัณฑ์หัตถกรรมเครื่องถมเงิน ลวดลาย 12 นักษัตร จังหวัดนครศรีธรรมราช ผลการวิจัยด้านการออกแบบพบว่า 1) ด้านการออกแบบรูปร่างเครื่องประดับรูปแบบเรขาคณิต รูปร่างของวงกลม สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบรูปร่างเครื่องประดับได้มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.68$) 2) ด้านการออกแบบรูปลักษณะของ 12 นักษัตร บนผลิตภัณฑ์หัตถกรรมเครื่องถมเงินรูปร่างจากธรรมชาติสามารถนำไปออกแบบรูปลักษณะ 12 นักษัตร ได้มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$) 3) ด้านการออกแบบลวดลายประกอบตัว 12 นักษัตร ได้มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยสูงสุด อยู่ในระดับความคิดเห็นมากที่สุด ($\bar{X} = 4.44$)

ทรงพันธ์ จันทร์ทอง (2552 : บทคัดย่อ) ศึกษาเรื่อง ศิลปหัตถกรรมเครื่องถมนครเพื่อประยุกต์สู่การออกแบบเครื่องประดับ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศิลปหัตถกรรมเครื่องถมนครเพื่อประยุกต์สู่การออกแบบเครื่องประดับให้สอดคล้องกับความพึงพอใจด้านรูปแบบของกลุ่มลูกค้า โดยจากการสัมภาษณ์ช่างถมนคร พบว่า เอกลักษณ์ของเครื่องถมนครสามารถประยุกต์ใช้ในการออกแบบได้ 3 แนวทาง คือ 1) การออกแบบที่มุ่งเน้นลวดลาย 2) การออกแบบที่มุ่งเน้นรูปร่าง 3) การออกแบบที่มุ่งเน้นเทคนิคถมนคร การสำรวจความพึงพอใจด้านรูปแบบจากกลุ่มลูกค้าเครื่องถมนคร จำนวน 230 คน โดยใช้การวิเคราะห์ทางสถิติเป็นค่าร้อยละ ค่าเฉลี่ย (\bar{X}) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) รวมถึงการทดสอบเปรียบเทียบค่าความเบี่ยงเบนจากศูนย์กลางของค่าเฉลี่ยความพึงพอใจในรูปแบบเครื่องประดับ (ANOVA) พบว่า กลุ่มตัวอย่างพึงพอใจในรูปแบบที่โดดเด่นด้านเทคนิคถมนคร โดยมีค่าเฉลี่ยความพึงพอใจเท่ากับ 3.71 จากระดับคะแนนสูงสุด 5 และหากต้องการออกแบบเพื่อกลุ่มผู้บริโภควัยผู้ใหญ่ อายุ 41 ปีขึ้นไป ซึ่งเป็นกลุ่มลูกค้าในช่วงอายุที่มีจำนวนเปอร์เซ็นต์การซื้อมากที่สุด (42.7%) ควรออกแบบให้มีความโดดเด่นด้านเทคนิคถมนคร โดยพบว่ามีค่าความพึงพอใจในรูปแบบที่โดดเด่นด้านเทคนิคถมนคร มากกว่าจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% confidence interval เท่ากับ .043 ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำผลงานออกแบบสร้างเป็นชิ้นงานต้นแบบ และถ้าต้องการออกแบบเพื่อกลุ่มผู้บริโภควัยรุ่น อายุต่ำกว่า 30 ปี ควรออกแบบให้มีความโดดเด่นด้านรูปร่างมากกว่าจากกลุ่มอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% confidence interval เท่ากับ .010 โดยเพื่อเป็นทางเลือกในการออกแบบให้กับกลุ่มลูกค้าในแต่ละวัยและเป็นแนวทางศึกษาและพัฒนาให้ช่างผู้ผลิต ผู้ประกอบการ และผู้ที่สนใจนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบต่อไป

ยงยุทธ ผันแปรจิตร (2554 : บทคัดย่อ) ศึกษาและพัฒนาเครื่องถมจังหวัดนครศรีธรรมราช เพื่อการออกแบบเครื่องประดับที่ทำจากโลหะผสม วัตถุประสงค์ประการแรก เพื่อศึกษาลักษณะเฉพาะของเครื่องถมนครศรีธรรมราช ในประเด็นรูปแบบและลวดลาย การเลือกวัสดุและวัตถุดิบ และเทคนิคการสร้างสรรคผลงาน ประการที่สอง เพื่อนำผลวิจัยที่ได้มาประยุกต์ ออกแบบเครื่องประดับถมจังหวัดนครศรีธรรมราชที่ทำจากโลหะผสม และประการที่สาม เพื่อเป็นแนวทางเลือกการสร้างรายได้เพิ่มแก่ชุมชน ซึ่งงานนี้ได้รวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ การวิเคราะห์ข้อมูลงานเครื่องถมประเภทเครื่องประดับ เพื่อนำมาออกแบบเครื่องประดับ แล้วสร้างแบบประเมินด้านรูปแบบเพื่อนำไปผลิตเป็นต้นแบบเครื่องประดับจริงและประเมินความพึงพอใจ ผลการวิจัยพบว่า เครื่องถมจังหวัดนครศรีธรรมราชประเภทเครื่องประดับ มีรูปแบบเป็นรูปทรงกลมมากที่สุด ส่วนลวดลายที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นลายเถาที่ได้จากการประยุกต์ระหว่างลายกนกเปลวและลายใบเทศ โดยมีลายประจำยามเป็นตัวออกลาย และกั้นลายด้วยเส้นคู่ขนานสลับกับลายเม็ดบัว วัสดุและวัตถุดิบที่ใช้ในการทำตัวเรือนจะใช้โลหะเงิน (Silver) ทั้งหมด แต่ถ้าเป็นถมทองก็จะใช้วิธีการทาทองเคลือบตัวเรือนอีกครั้งหนึ่ง ด้านเทคนิคการสร้างสรรคผลงานพบว่า งานเครื่องถมส่วนใหญ่จะใช้กรรมวิธีการทำด้วยมือทุกขั้นตอน ตั้งแต่การเคาะขึ้นรูปชิ้นงาน การสลักลวดลายด้วยสิ่วสลัก การย่ำพื้นลวดลายด้วยสิ่วย่ำพื้น การลงยาถมตลอดจนการขัดตกแต่งชิ้นงานสำเร็จ ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวจึงนำมาสู่การออกแบบเพื่อพัฒนารูปแบบให้มีความร่วมสมัย

วิทยา เมฆขำ และรวี อุดมธนิทร์ (2550 : บทคัดย่อ) ศึกษา ผลกระทบการถ่ายทอดเทคโนโลยีภูมิปัญญาท้องถิ่น งานศิลปหัตถกรรมโลหะ การผลิตเครื่องถม ชุมชนบ้านพานถม แขวงบ้านพานถม เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร มีวัตถุประสงค์เพื่อสำรวจลักษณะวิถีชีวิตของชุมชนกลุ่มพื้นบ้านที่ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ตลอดจนค้นหาขั้นตอนการผลิตและหาผลกระทบที่มีต่อวิถีชีวิตในสภาพเศรษฐกิจที่มีการเปลี่ยนแปลงของชุมชนกลุ่มพื้นบ้านที่ใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่น ผลการวิจัยพบว่า 1) ด้านข้อมูลทั่วไปและสภาพแวดล้อมพบว่า ลักษณะวิถีชีวิตของชุมชนกลุ่มพื้นบ้านนั้น เครื่องถมนับเป็นของสูง เป็นสมบัติของผู้สูงศักดิ์โดยช่างส่วนใหญ่เป็นชาวนคร แม้ที่อพยพไปตั้งที่บ้านช่างถมที่กรุงเทพฯ แต่คุณภาพก็ยังสู้ถมเมืองนครไม่ได้ สมัยสมเด็จพระพุทธเลิศหล้านภาลัย ซึ่งมีการฟื้นฟูศิลปวัฒนธรรมและหัตถกรรมนั้น เครื่องถมนครก็รุ่งเรืองมาก ถึงรัชกาลที่ 3 เครื่องราชูปโภคทั้งหลาย ล้วนแต่เป็นเครื่องถม ได้แก่ พระแท่นที่เสด็จออกขุนนางกับพระเสลี่ยงในรัชกาลที่ 4 มีพระที่นั่งภัทรบิฐ และพนักเรือพระที่นั่งกราบด้วยถม ครั้นรัชกาลที่ 5 เมื่อสร้างพระที่นั่งพุทธานุภาพกาญจนสิงหาสน์ ประดิษฐานไว้ในท้องพระโรงกลางภายในตมพดลมหาศาลจักร และยังมีพระที่นั่งถมทองขนาดใหญ่ที่เจ้าพระยานครให้ช่างทำขึ้นเพื่อทูลเกล้าถวายอีกด้วย เครื่องถมนครปัจจุบัน เนื่องจากทองและเงินมีราคาสูงขึ้น ประกอบกับการทำต้องอาศัยเวลาและมีมือชั้นสูง จึงมีราคาสูง สามารถหาซื้อได้ทั่วไป โดยชิ้นเล็กๆ เช่น ลอกเค็ด สายสร้อย หัวโม มีขายตามร้านสินค้าที่ระลึก ในขณะที่เครื่องถมชิ้นใหญ่ตั้งแต่หีบถมตลับถม ชั้นถม ถาดถม กรอบรูปถม ฯลฯ ซึ่งมีราคาตั้งแต่พันบาท หมื่นบาทถึงแสนบาท สามารถหาซื้อได้ที่ร้านจำหน่ายผลงาน วิทยาลัยศิลปหัตถกรรมนครศรีธรรมราช ช่างวัดบูรณาราม ร้านสุพจน์ ผู้ผลิต

เครื่องถมส่งสำนักพระราชวังและสำนักนายกรัฐมนตรี เพื่อเป็นของขวัญระดับชาติและร้านทองรูปพรรณแทบทุกร้าน 2) ด้านขั้นตอนการผลิต พบว่า กระบวนการผลิตเครื่องถม แบ่งเป็น 8 ขั้นตอน ดังนี้ 2.1) นำเนื้อเงินบริสุทธิ์มาผสมกับทองแดง 2.2) นำเนื้อเงินที่หลอมแล้วไปรีด 2.3) ขึ้นรูป 2.4) เขียนลวดลาย 2.5) นำเนื้อถมไปลงไฟ 2.6) ขัดด้วยเครื่องขัด 2.7) นำไปแรลลาย (แรลลายคือการแกะให้ลวดลายต่างๆ ชัดเจนยิ่งขึ้น) 2.8) ขัดเงาอีกครั้งเป็นเสร็จการทำเครื่องถม 3) ด้านสภาพปัญหาและผลกระทบ พบว่า ปัญหาที่มีดังนี้ 3.1) การผิดรูปร่างของชิ้นงานเมื่อทำการขึ้นงานแล้วเนื้อถมเกิดการไม่สม่ำเสมอ เมื่อเขียนลายแล้วชิ้นงานจะออกมาไม่สวย 3.2) การกัดกรุด การใช้ น้ำกรดมาผสมน้ำให้ได้ค่ากรดประมาณ 65% กรดอาจทำให้ผิวหนังที่ถูกกรดนั้นเป็นอันตรายได้ 3.3) ความร้อน การใช้ไฟลงเนื้อถม ความร้อนจากไฟอาจเป็นอันตรายกับผู้ปฏิบัติงานได้ทุกเมื่อ 3.4) ฝุ่นละออง การขัดลายเนื้อถมจะก่อให้เกิดฝุ่นละอองเป็นจำนวนมาก 3.5) การขึ้นรูป การใช้ค้อนตีชิ้นงานบางประเภท ซึ่งพบว่าบ่อยครั้งที่ค้อนทุบโดนมือผู้ปฏิบัติงาน 3.6) ขัดลาย การใช้แรงกดที่แขนในการขัดชิ้นงานซึ่งเป็นเวลานานอาจทำให้ปวดเมื่อยได้ 3.7) การแกะลาย คือการแกะลวดลายลงบนเนื้อถม ซึ่งต้องใช้อุปกรณ์สายตาและสมาธิสูง 4) ด้านข้อเสนอแนะ พบว่า สังคมมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา บางสังคมก็เปลี่ยนแปลงช้า บางสังคมก็เปลี่ยนไปอย่างรวดเร็ว ปัจจัยที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางสังคมมีอยู่มากมาย ทำให้งานเครื่องถมไม่เป็นที่น่าสนใจ ประกอบกับการเปลี่ยนแปลงทางเทคโนโลยีหรือความก้าวหน้าทางวิทยาการ เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งปัจจัยหนึ่ง ที่ทำให้สังคมเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว การเปลี่ยนแปลงเทคโนโลยีทำให้เกิดการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม ในเวลาเดียวกันการเปลี่ยนแปลงทางเศรษฐกิจและสังคมก็ช่วยสนับสนุนให้เกิดความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาเรื่องนี้เป็นการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถม ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าทฤษฎี เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ โดยผู้วิจัยมีการดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

- 3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
- 3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
- 3.3 วิธีการสร้างเครื่องมือ
- 3.4 การตรวจสอบและทดสอบเครื่องมือ
- 3.5 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบ
- 3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล
- 3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

3.1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบจำเพาะเจาะจง (Purposive sampling) ได้แก่ อาจารย์ผู้สอน นักเรียนและผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์งานเครื่องถมในกรุงเทพมหานครและปริมณฑล จำนวน 15 คน

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ แบบประเมินประสิทธิภาพชุดเครื่องขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องถม โดยมีกระบวนการดังนี้

1. ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สร้างแบบสอบถาม โดยผู้วิจัยได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อนำมาเป็นแนวทางและประยุกต์ใช้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัยในครั้งนี้
3. นำแบบสอบถามที่สร้างเสร็จ เสนอต่ออาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ทำการตรวจสอบแก้ไขความถูกต้องของเนื้อหา ความเหมาะสมของรูปแบบชนิดคำถาม ถ้อยคำและเนื้อหา จากนั้นนำมาให้ผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบ เพื่อให้มีความสอดคล้องเที่ยงตรงในเนื้อหาของแบบสอบถามที่ได้สร้างขึ้น (Index of Item Objective Congruent : IOC)

3.3 วิธีการสร้างเครื่องมือ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีวิธีการสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ดำเนินการวิจัยดังนี้

3.3.1 ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือเพื่อใช้เป็นแบบประเมินงานวิจัยในครั้งนี้ ตรวจสอบค่าความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับวัตถุประสงค์ หรือเนื้อหา (Index of Consistency, IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน คือ

- 1) ผศ.ดร.อภิศักดิ์ สีนธฤกษ์ อาจารย์ประจำสาขาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) ดร. ทรงวุฒิ เอกวุฒิมังศา อาจารย์ประจำสาขาครุศาสตร์สถาปัตยกรรมและการออกแบบ คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 3) นางนวลอนงค์ ธรรมเจริญ ผู้อำนวยการกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ช่างทองหลวง อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

3.3.2 ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือเพื่อใช้เป็นแบบประเมินประสิทธิภาพด้านวิศวกรรมการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน จำนวน 5 ท่าน ได้แก่

- 1) รศ. ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล รองคณบดีคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
- 2) นายมนตรี จันทพันธ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถม ที่ตั้งหมู่บ้านป.ผาสูก ถนนปิ่นเกล้า-นครชัยศรี เขตตลิ่งชัน
- 3) นายธวัช ศรีเพชรพันธ์ ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือกล รองผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ กาญจนาภิเษกวิทยาลัย ช่างทองหลวง อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม
- 4) นายสง่า อนุศิลป์ ผู้เชี่ยวชาญด้านการขึ้นรูปโลหะและรูปพรรณอัญมณี หัวหน้าสาขาวิชาเครื่องโลหะรูปพรรณอัญมณี วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยราชชมงคลรัตนโกสินทร์ แขวงวังบูรพา เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร
 - 5) นายธีรชัย จันทรังษี ผู้เชี่ยวชาญด้านขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถม นักวิชาการชำนาญพิเศษ หัวหน้างานช่างโลหะและช่างศิริภรณ์ และช่างศิริภรณ์ สำนักช่างสิบหมู่ กรมศิลปากร อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม

3.3.3 ลักษณะของแบบสอบถาม แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

คือ แบบประเมินประสิทธิภาพด้านวิศวกรรมการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้งานขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องถม

ตอนที่ 1 แบบประเมินประสิทธิภาพด้านวิศวกรรมการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้งานขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องถมของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นสำคัญ 5 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านหน้าที่ใช้สอย 2) ด้านความสะดวกในการใช้งาน 3) ด้านความปลอดภัย 4) ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม 5) ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป โดยให้คะแนนระดับความคิดเห็นในแต่ละข้อเป็น 5 ระดับ คือ

5	หมายถึง	เหมาะสมมากที่สุด
4	หมายถึง	เหมาะสมมาก
3	หมายถึง	เหมาะสมปานกลาง
2	หมายถึง	เหมาะสมน้อย
1	หมายถึง	เหมาะสมน้อยที่สุด

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะจากท่านผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับชุดเครื่องขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องถม ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด (Open End) เพื่อเป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปประกอบเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์เพื่อการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

3.4 การตรวจสอบและทดสอบเครื่องมือ

ผู้วิจัยมีวิธีการตรวจสอบและทดสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย โดยนำแบบสอบถามที่ปรับปรุงจนสมบูรณ์แล้วมานำเสนอต่อผู้ทรงคุณวุฒิทำการตรวจสอบแบบสอบถามเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของคำถามในแต่ละข้อเพื่อให้มีความสอดคล้องเที่ยงตรงถูกต้องกับวัตถุประสงค์ในแต่ละข้อระหว่างข้อคำถามกับสิ่งที่ต้องการชี้วัดในการวิจัย (Index Item of Congruent : IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ

3.5 ขั้นตอนดำเนินการออกแบบ

ผู้วิจัยมีขั้นตอนดำเนินการออกแบบ ดังนี้

3.5.1 ผลวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามทำการหาข้อมูลและความต้องการพร้อมทั้งแบบร่าง (Sketch Design) ที่ผ่านการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน นำมาปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

3.5.2 เขียนแบบเข้าขนาดสัดส่วนจริง

3.5.3 นำแบบเข้าสู่การผลิตชุดเครื่องขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องถมในระบบอุตสาหกรรม

3.6 การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการรวบรวมข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

3.6.1 นำหนังสือจากคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าคุณทหารลาดกระบัง เพื่อขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล และทดลองใช้ชุดเครื่องขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์เครื่องถม จากนั้นประสานงานกับบุคลากรที่เกี่ยวข้อง คือ อาจารย์ผู้สอน และผู้ประกอบการเกี่ยวกับวิธีการใช้ชุดเครื่องขึ้นรูป

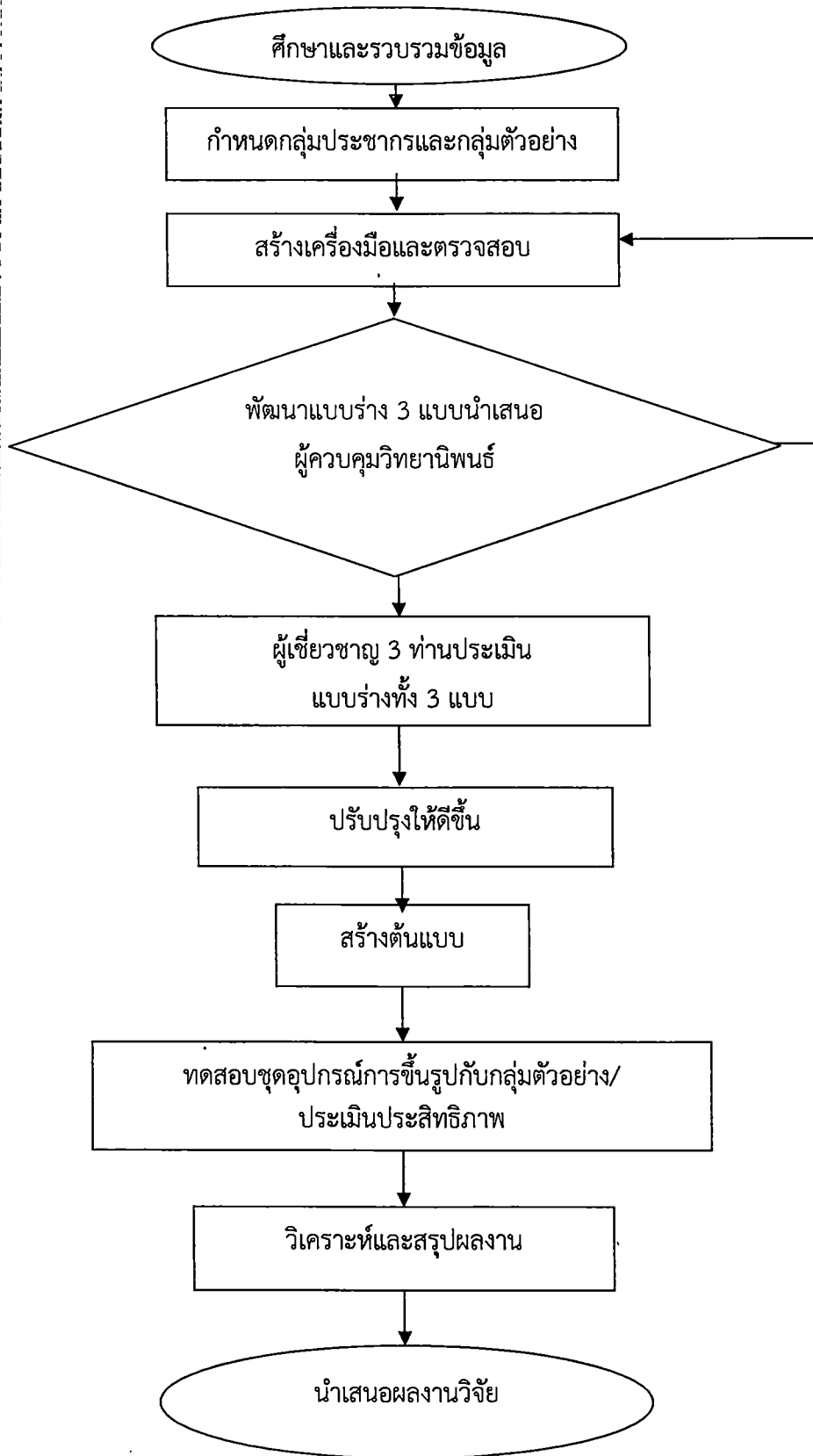
3.6.2 ดำเนินการขั้นพัฒนา ผู้วิจัยใช้แบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบ (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ที่ปรับปรุงจนสมบูรณ์พร้อมทั้งแบบร่าง (Sketch Design) นำไปให้ผู้เชี่ยวชาญด้านงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ จากนั้นผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ มาทำการวิเคราะห์สรุป และปรับปรุงสู่กระบวนการใช้ทดสอบจริงกับกลุ่มตัวอย่าง

3.6.3 ดำเนินการขั้นหาประสิทธิภาพ โดยให้ อาจารย์ผู้สอน 10 ท่าน และผู้ประกอบการเครื่องถม 5ท่าน เป็นจำนวนรวมทั้งหมด 15 ท่าน ทำการตรวจสอบ และทดลองใช้งานชุดเครื่องขึ้นรูป ขึ้นน้ำขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ด้วยโลหะ เงิน ทองแดง ทองเหลือง แผ่นโลหะหนา 0.8 มิล อย่างละ 3 ใบเพื่อประเมินประสิทธิภาพ จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลไว้ เพื่อนำไปอธิบายผลของการวิจัย

3.7 การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ศึกษาได้นำแบบสอบถามที่รวบรวมจากกลุ่มตัวอย่างมาดำเนินการดังนี้ การตรวจสอบข้อมูล (Editing) ผู้ศึกษาตรวจสอบความสมบูรณ์ของการตอบแบบสอบถามข้อมูลทางประชากรศาสตร์นำข้อมูลมาแจกแจงความถี่ ค่าร้อยละ และค่าเฉลี่ย โดยการหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน วิเคราะห์เป็นรายข้อ เฉพาะด้าน และภาพรวมทุกด้านโดยนำเสนอในรูปแบบของตารางพร้อมคำบรรยายประกอบ โดยมีเกณฑ์ในการวิเคราะห์พิจารณาประเมินจากช่วงของค่าเฉลี่ยเลขคณิต ดังนี้

5	หมายถึง	เห็นด้วยมากที่สุด
4	หมายถึง	เห็นด้วยมาก
3	หมายถึง	เห็นด้วยปานกลาง
2	หมายถึง	เห็นด้วยน้อย
1	หมายถึง	เห็นด้วยน้อยที่สุด



ภาพที่ 3.1 แผนผังแสดงวิธีการดำเนินงานวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสาร แนวคิดทางวิชาการและการทดลอง ศึกษาสภาพปัญหาการขึ้นรูปด้วยมือและพบสาเหตุที่เกิดขึ้น เพื่อนำสภาพปัญหาเป็นข้อมูลในการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป โดยผู้ศึกษาได้นำมาการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

4.1 ผลการศึกษาและการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

4.1.1 ด้านการเตรียมวัตถุดิบและแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะ

4.1.2 ด้านระบบส่งกำลัง

4.1.3 ด้านโครงสร้างและวัสดุการผลิต

4.1.4 ด้านการพัฒนา

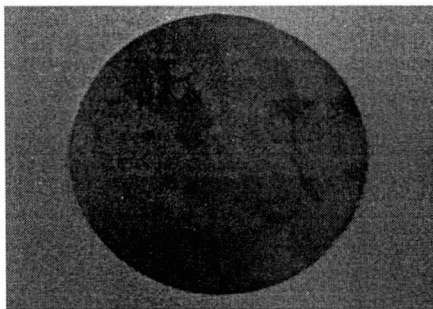
4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านวิศวกรรมในการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

4.1 ผลการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

จากผลการศึกษาการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางในการสร้างและพัฒนาชุดอุปกรณ์ขึ้นรูป โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ด้านการเตรียมวัตถุดิบและแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะ ด้านระบบส่งกำลัง ด้านโครงสร้างและวัสดุการผลิต และด้านการพัฒนา โดยได้อธิบายรายละเอียดดังนี้

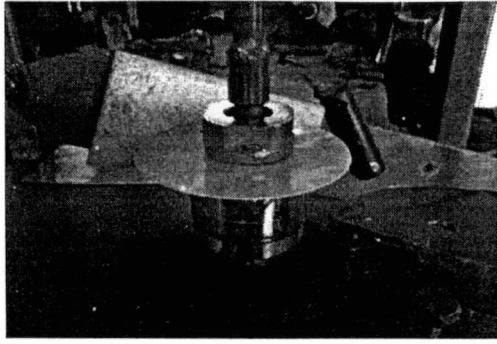
4.1.1 ด้านการเตรียมวัตถุดิบแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะประเภทชิ้น

การเตรียมวัตถุดิบแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะชิ้นขนาด 3 นิ้ว โลหะที่ใช้จะเป็นโลหะทองแดง เป็นแผ่นโลหะหนา 0.8 มิล เป็นโลหะที่ผ่านกระบวนการรีดด้วยเครื่องจักรจนเป็นแผ่นบาง มีขนาดหนา $0.8 \times 130 \times 130$ มม. ดังรูปที่ 4.1 จะทำการโยกกดขึ้นรูปให้ได้เป็นรูปทรงขั้นโค้งมน ตามแบบแม่พิมพ์ตัวล่าง ซึ่งติดตั้งอยู่กับชุดอุปกรณ์

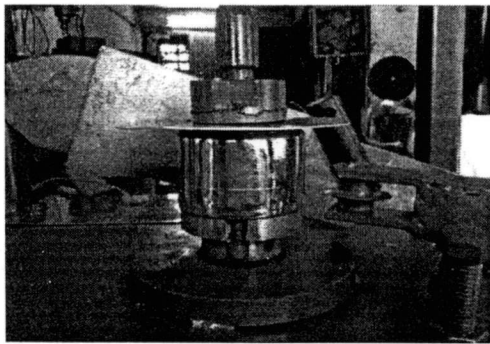


ภาพที่ 4.1 ทองแดงแผ่นหนา $0.8 \times 130 \times 130$ มม.

ที่มา : ภาพถ่ายโดยมงคล สาระพวงค์



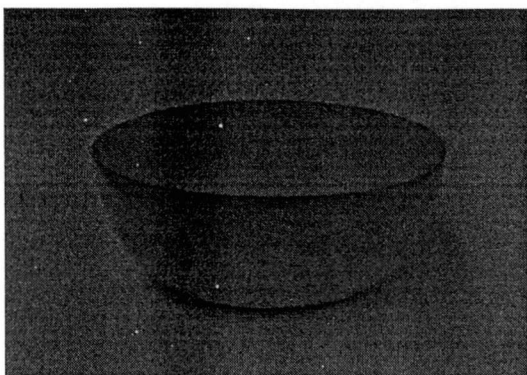
ภาพที่ 4.2 ขั้นตอนที่ 1 ใส่แผ่นชิ้นงานบนแม่พิมพ์ตัวล่าง
ที่มา : ภาพถ่ายโดยมงคล สาระพวงค์



ภาพที่ 4.3 ขั้นตอนที่ 2 ล็อคกดแผ่นโลหะเข้ากับแม่พิมพ์
ที่มา : ภาพถ่ายโดยมงคล สาระพวงค์



ภาพที่ 4.4 ขั้นตอนที่ 3 ปฏิบัติการโยกกดขึ้นรูป
ที่มา : ภาพถ่ายโดยมงคล สาระพวงค์



ภาพที่ 4.5 ขั้นตอนที่ 4 ชิ้นงานสำเร็จหลังขึ้นรูป

ที่มา : ภาพถ่ายโดยมงคล สาระพวงค์

ได้ทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานขนาด 3 นิ้ว ที่ได้เตรียมไว้ ตามขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะ ดังรูปที่ 4.4 ผลปรากฏเมื่อโยกกดขึ้นรูปชิ้นงานขนาด 3 นิ้วรูปทรงโค้งมน ได้ตามขนาดที่ต้องการ ดังรูปที่ 4.5

4.1.2 ด้านระบบส่งกำลัง

ระบบส่งกำลังเป็นระบบส่งกำลังโดยมีต้นกำลังเป็นชุด Motor 1/4 ph 220 V/AC /50 Hz เป็นตัวขับเคลื่อนต้นชุดสายพาน ในชุดอุปกรณ์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เกียร์ทดรอบทำให้รอบช้าลงเพื่อป้องกันโลหะหลุดออกจากแม่พิมพ์ คันโยกกดรูปทรง ใบมีดตัดขนาด ศูนย์หลังยันกดแผ่นโลหะ ตัวควบคุมระบบไฟฟ้าการทำงานของเครื่อง สวิตช์ควบคุม เปิด - ปิดการทำงานของชุดอุปกรณ์ขึ้นรูป และอื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกพัฒนาให้มาประกอบอยู่ในชุดเดียวกัน ที่ใช้ควบคุมแรง ทิศทาง ตำแหน่ง และความเร็วของแม่พิมพ์ที่หมุนติดกับแผ่นนั้น เพื่อให้ทำงานได้โดยปลอดภัย ทำงานได้เรียบสม่ำเสมอ ใช้พลังงานน้อย เกิดความร้อนน้อย ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้งและขณะใช้งานการบำรุงรักษาได้ง่าย

การทำงานชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเมื่อกดสวิตช์สตาร์ททำให้มอเตอร์ทำงานและสายพานชุดลากไปยังเกียร์ทดรอบ แกนต่อแม่พิมพ์หมุน เมื่อแม่พิมพ์หมุน เริ่มโยกกดให้แผ่นโลหะแนบกับแม่พิมพ์ จนได้รูปทรงขั้น วัดขนาดความสูงแล้วใช้ใบมีดตัดขนาด นำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เผาให้ความร้อน ทำความสะอาด ตกแต่งชิ้นงานด้วยกระดาษทราย

4.1.3 ด้านโครงสร้าง และวัสดุในการผลิต

ด้านโครงสร้าง และวัสดุที่ใช้ในการผลิต แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ

- 1) ส่วนโครงสร้างของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปโลหะเป็นส่วนที่ทำขึ้นเป็นรูปคันโยกมีสปริงดันกดแผ่น โดยการล๊อคกับคานด้านบน
- 2) แม่พิมพ์ส่วนล่าง ที่ทำการรองโยกกดเป็นรูปทรงขั้นใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือ เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม, พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทานการเสียดสีสูง

4.1.4 ด้านการพัฒนา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลด้านการออกแบบ ดังนี้ ลักษณะของการโยกกดขึ้นรูป ได้แยกลักษณะการใช้งาน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

- 1) การโยกกดอัดบีบรูปทรง คือ ชิ้นงานจะมีรูปร่างตามรูปร่างของแม่พิมพ์ตัวล่าง เป็นรูปชั้นขนาด 3 นิ้ว กั้นชั้นเป็นรูปโค้งมน ซึ่งคันโยกกดจะบีบรูปทรงให้เข้ากับแม่พิมพ์ตามกำลังแรงกด จะช่วยให้ผิวของโลหะได้รับแรงกระทำอย่างทั่วถึง ก่อนที่จะปฏิบัติการขึ้นรูปควรวางขนาดความกว้างของแผ่นโลหะทองแดงก่อน แล้วจะได้ขนาดของชิ้นงานที่ถูกต้องตามต้องการ โลหะมีผิวเรียบไม่มีรอยย่น
- 2) ส่วนของการตัดขนาดรูปทรง เป็นการออกแบบมีดตัดแบบโยกกด เป็นรูปวงกลมหมุนตามมอเตอร์ เพื่อตัดแผ่นโลหะให้ขาดหลุดออกจากแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die) ได้ง่าย
- 3) การเลือกวัสดุ เป็นการเลือกวัสดุโดยคำนึงถึงความแข็งแรง และราคา แม่พิมพ์ตัวส่วนล่าง (Die) ที่ทำการรองรับการอัดขึ้นรูป ใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือขึ้นส่วน เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม, พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทาน การเสียดสีสูง

4.2 ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านวิศวกรรมในการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

การประเมินประสิทธิภาพด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์และด้านวิศวกรรมในการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป โดยผู้วิจัยได้จัดทำชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ และส่งมอบกาญจนานิกะวิทยาลัย ช่างทองหลวง ตั้งอยู่ที่ศาลายา พุทธมณฑล จังหวัด นครปฐม วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยราชชมงคลรัตนโกสินทร์และผู้ประกอบการงานเครื่องถม จำนวน 1 ชุด เพื่อทำการทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป ที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้รูปทรงมีพื้นผิวเรียบและตามขนาดที่กำหนดไว้ ก่อนที่จะทำการทดสอบโดยการเปรียบเทียบกับอุปกรณ์การขึ้นรูปด้วยมือที่มีใช้อยู่เพื่อดูผลการเปรียบเทียบและ ค่าออกมา มีรูปทรง การยึดตัวของตัวโลหะและระยะเวลาในการขึ้นรูปทรงที่ต่างกันในทุกด้าน ซึ่งวิธีทดสอบประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ โดยได้ทำการทดสอบชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะที่มีความเสถียรภาพของเครื่อง โดยทำการติดตั้งเครื่องชุดอุปกรณ์ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ แล้วพร้อมกับเริ่มทำการทดสอบ และสังเกตว่าเครื่องทดสอบมีความแข็งแรง คงทน สมดุล และไม่โยกเหยก จากนั้นผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือในการวิจัยอัน ได้แก่แบบสอบถามถามผู้ใช้งานได้แก่ ครูอาจารย์ กาญจนานิกะวิทยาลัย ช่างทองหลวง วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยราชชมงคลรัตนโกสินทร์ และ ผู้ผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ ประเภทเครื่องถมขนาดย่อมภายในเขตกรุงเทพและปริมณฑล เพื่อศึกษาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ

ผู้วิจัยสร้างเครื่องมือเพื่อใช้เป็นแบบประเมินด้านวิศวกรรมการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ทำการประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิต และด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป ข้อมูลที่ได้ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ ซึ่งสามารถแปลผลของการวิเคราะห์ อธิบายได้ดังต่อไปนี้

1) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประโยชน์ใช้สอย

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะในด้านประโยชน์ใช้สอย

ข้อที่	รายการประเมินด้านการใช้สอย	ผู้เชี่ยวชาญ		กลุ่มตัวอย่าง	
		\bar{X}	S.D.	\bar{X}	S.D.
1	ด้านหน้าที่ใช้สอย				
	1.1 ชุดอุปกรณ์มีความสอดคล้อง กับวัตถุประสงค์	4.33	0.00	3.67	0.58
	1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอย สะดวก และง่าย	4.00	0.00	4.00	0.58
	1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลา ในการทำงาน	4.67	0.58	4.33	0.00
	1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา	3.67	0.58	4.00	1.00
	1.5 สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกด และเหล็กบีบรัดรูป	4.00	0.00	3.67	0.58
	สรุปความคิดเห็นเฉพาะด้าน	4.13	0.23	3.93	0.55

จากตารางที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประโยชน์ใช้สอยของผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 และจากผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประโยชน์ใช้สอยของกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.93

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงาน ใช้งานกับชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ มีค่าเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวกและง่าย สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบรัดรูป และง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย 4.33 , 4.00, 4.00 และ 3.67 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงาน ใช้งานกับชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวกและง่าย ง่ายต่อการทำความสะอาด ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบรัดรูป บำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 , 4.00, 3.67 และ 3.67 ตามลำดับ

จากข้อมูลสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะในด้านประโยชน์ใช้สอย ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามค่าในตารางที่ 4.1 โดยค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จะเห็นว่าให้ความสำคัญในด้านประโยชน์ใช้สอยมากกว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง

2) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสะดวกในการใช้งาน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะในด้านความสะดวกในการใช้งาน

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ		กลุ่มตัวอย่าง	
		\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
2	ด้านความสะดวกในการใช้ งาน				
	2.1ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสม กับ การใช้งาน	3.67	0.58	4.00	0.00
	2.2ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีความ สะดวกในการถอด อุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาดบำรุงรักษา	4.00	0.00	4.00	0.00
	2.3 การป้อนวัตถุดิบมีความ เหมาะสม	4.00	0.00	4.67	0.58
	2.4 ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก	4.33	0.58	3.67	0.58
	2.5 ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภท เช่น เงิน ทองแดง ทองเหลือง	4.00	0.00	4.00	0.00
	สรุปความคิดเห็นเฉพาะด้าน	4.00	0.23	4.00	0.23

จากตารางที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสะดวกในการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และจากผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสะดวกในการใช้งานของกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสะดวกในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาดบำรุงรักษา การป้อนวัตถุดิบมีความเหมาะสม ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดง ทองเหลือง และชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 , 4.00, 4.00 และ 3.67 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม มีค่าเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีความสะดวกในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดง ทองเหลือง และชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 , 4.00, 3.00 และ 3.67 ตามลำดับ

จากข้อมูลสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะในด้านความสะดวกในการใช้งานปรากฏผลการวิเคราะห์ตามค่าใน

ตารางที่ 4.2 โดยค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ จะเห็นว่าให้ความสำคัญในด้านความสะดวกในการใช้งานเท่ากับค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง

3) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะในด้านความปลอดภัย

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ		กลุ่มตัวอย่าง	
		\bar{x}	S.D.	\bar{x}	S.D.
3	ด้านความปลอดภัย				
	3.1 การวางตำแหน่งของกลไกมีความปลอดภัย	4.00	0.58	4.33	0.58
	3.2 ความปลอดภัยในการใช้งาน	4.33	0.58	3.33	0.58
	3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย	3.33	0.58	4.33	0.58
	3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิต โครงสร้างมีความปลอดภัย	4.00	0.00	3.33	0.58
	3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน	3.33	0.58	4.00	0.00
	สรุปความคิดเห็นเฉพาะด้าน	3.80	0.46	3.86	0.46

จากตารางที่ 4.3 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยในการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และจากผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยในการใช้งานของกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ การวางตำแหน่งของกลไกมีความปลอดภัย การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 และ 4.00 ตามลำดับ และด้านการมีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการวางตำแหน่งของกลไกมีความปลอดภัย และการมีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย มีค่าเท่ากับ 4.33 และ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน มีค่าเท่ากับ 4.00 และมีความเหมาะสมในระดับปานกลางในด้านความปลอดภัยในการใช้งาน และการเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

จากข้อมูลสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะในด้านความปลอดภัยในการใช้งานปรากฏผลการวิเคราะห์ตามค่าในตารางที่ 4.3 โดยค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง จะเห็นว่าให้ความสำคัญในด้านความปลอดภัยในการใช้งานเท่ากับค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ

4) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ		กลุ่มตัวอย่าง	
		\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D.
4	ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม				
	4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว	4.33	0.58	3.33	0.58
	4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย	3.33	0.58	4.00	1.00
	4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย	4.00	0.58	3.67	1.15
	4.4 ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานได้นาน	3.33	0.58	4.33	1.00
	4.5 เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย	4.00	0.58	3.00	0.66
	สรุปความคิดเห็นเฉพาะด้าน	3.80	0.58	3.67	0.88

จากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมด้านการซ่อมบำรุงของผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และจากผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมด้านการซ่อมบำรุงของกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.67

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 และ 4.00 ตามลำดับ และด้านการถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย ด้านความทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนานเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนานเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย และด้านการทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย มีค่าเท่ากับ 4.00 และ 3.67 ตามลำดับ และมีความเหมาะสมในระดับปานกลางในด้านการประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว ด้านการเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.00 ตามลำดับ

จากข้อมูลสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะในด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ด้านการซ่อมบำรุง ปรากฏผลการวิเคราะห์ตามค่าในตารางที่ 4.4 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญจะเห็นว่าให้ความสำคัญในด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม ด้านการซ่อมบำรุงมากกว่าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่าง

5) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

ตารางที่ 4.5 แสดงค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบประเมินประสิทธิภาพการใช้ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

ข้อที่	รายการประเมิน	ผู้เชี่ยวชาญ		กลุ่มตัวอย่าง	
		\bar{X}	S.D	\bar{X}	S.D.
5	ด้านความประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป				
	5.1ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้น รูปทรงชิ้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้	4.00	0.58	4.33	0.58
	5.2 ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยม กับโลหะเงินที่มี ส่วนผสม 92.5 เปอร์เซนต์ได้	4.33	0.58	3.33	0.58
	5.3 ชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด	3.33	0.58	4.33	0.58
	5.4 สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้	4.00	0.00	3.33	0.58
	5.5 ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้	3.33	0.58	4.00	0.00
	สรุปความคิดเห็นเฉพาะด้าน	3.80	0.46	3.86	0.46
	รวมค่าเฉลี่ย	3.90	0.39	3.86	0.51

จากตารางที่ 4.5 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปของผู้เชี่ยวชาญ โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และจากผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปของกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.86

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าจะมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ ด้านการขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้ มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้ ด้านความสามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 และ 4.00 ตามลำดับ และด้านการ ชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด ด้านการขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้ มีความคิดเห็นว่าจะมีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์ โลหะการประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่าจะมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้ ด้านชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมี ผิวเรียบไม่ฉีกขาด มีค่าเท่ากับ 4.33 และ 4.33 ตามลำดับ อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้ มีค่าเท่ากับ 4.00 และมีความเหมาะสมในระดับปานกลางใน ด้านการขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้ ด้านความสามารถ ตัดขนาดตามที่กำหนดได้ โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.00 ตามลำดับ

จากข้อมูลสรุปความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างที่ทำการประเมินชุดอุปกรณ์การ ขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะในด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปปรากฏผลการ วิเคราะห์ตามค่าในตารางที่ 4.5 โดยพบว่า ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของกลุ่มตัวอย่างจะเห็นว่าให้ ความสำคัญในด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมากกว่าค่าเฉลี่ยความคิดเห็นของ ผู้เชี่ยวชาญ

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาคั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ 2) เพื่อประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป โดยทำการศึกษาคณาจารย์ในสถานศึกษาของรัฐซึ่งประกอบด้วย วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยศิลปหัตถกรรมนครศรีธรรมราช และกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ช่างทองหลวง จัดให้มีในหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ และประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง จุดมุ่งหมายเพื่อผลิตช่างและกำลังคนสนองความต้องการของสถานประกอบการและประกอบอาชีพอิสระในระดับเทคนิค และระดับเทคโนโลยี ซึ่งในโครงสร้างหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรชั้นสูงได้จัดรายวิชางานขึ้นรูป 2 โดยมีกลุ่มตัวอย่าง 15 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาเป็นเครื่องมือที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้นเองประกอบด้วยชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปโลหะ และ แบบสอบถามประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์ขึ้นรูปโลหะ จากนั้นได้รวบรวมข้อมูลและนำข้อมูลมาวิเคราะห์หาค่าแจกแจงความถี่และบรรยายความ ดังต่อไปนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

จากผลการศึกษาการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ ผู้วิจัยได้สรุปแนวทางในการสร้างและพัฒนาชุดอุปกรณ์ขึ้นรูป โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ด้านการเตรียมวัตถุดิบ และแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะ ด้านระบบส่งกำลัง ด้านโครงสร้างและวัสดุการผลิต และด้านการพัฒนา โดยได้อธิบายรายละเอียดดังนี้

1. ด้านการเตรียมวัตถุดิบแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะขั้น การเตรียมวัตถุดิบแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะขั้นขนาด 3 นิ้ว โลหะที่ใช้เป็นโลหะ ทองแดง แผ่นโลหะหนา 0.8 มิล เป็นโลหะที่ผ่านกระบวนการรีดด้วยเครื่องจักรจนเป็นแผ่นบาง มีขนาดหนา $0.8 \times 130 \times 130$ มม. จากนั้นได้ทำการทดลองขึ้นรูปชิ้นงานขึ้นขนาด 3 นิ้ว ที่ได้เตรียมไว้ ตามขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะ

2. ด้านระบบส่งกำลัง ระบบส่งกำลังเป็นระบบส่งกำลังโดยมีต้นกำลังเป็นชุด Motor 1/4 ph 220 V/AC /50 Hz เป็นตัวขับเคลื่อนชุดสายพาน ในชุดอุปกรณ์จะประกอบด้วยอุปกรณ์ต่างๆ เช่น เกียร์ทดรอบทำให้รอบช้าลงเพื่อป้องกันแผ่นโลหะหลุดออกจากแม่พิมพ์ คันโยกกดรูปทรงใบมีดตัดขนาด ศูนย์หลังยันกดแผ่นโลหะ ตู้ควบคุมระบบไฟฟ้าการทำงานของเครื่อง สวิตช์ควบคุม เปิด - ปิดการทำงานของชุดอุปกรณ์ขึ้นรูป และอื่นๆ ซึ่งอุปกรณ์เหล่านี้จะถูกพัฒนาให้มาประกอบอยู่ในชุดเดียวกัน ที่ใช้ควบคุมแรง ทิศทาง ตำแหน่ง และความเร็วของแม่พิมพ์ที่หมุนติดกับแผ่นนั้น เพื่อให้ทำงานได้โดยปลอดภัย ทำงานได้เรียบสม่ำเสมอ ใช้พลังงานน้อย เกิดความร้อนน้อย ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และขณะใช้งานการบำรุงรักษาได้ง่าย

การทำงานชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเมื่อกดสวิตช์สตาร์ททำให้มอเตอร์ทำงานและสายพานฉุดลากไปยังเกียร์ทดรอบ แกนต่อแม่พิมพ์หมุน เมื่อแม่พิมพ์หมุน เริ่มโยกกดให้แผ่นโลหะแนบกับแม่พิมพ์ จนได้รูปทรงขั้น วัดขนาดความสูงแล้วใช้ใบมีดตัดขนาด นำชิ้นงานออกจากแม่พิมพ์ เผาให้ความร้อน ทำความสะอาด ตกแต่งชิ้นงานด้วยกระดาษทราย

3. **ด้านโครงสร้าง และวัสดุในการผลิต** แบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ คือ 1) ส่วนโครงสร้างของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปโลหะเป็นส่วนที่ทำการขึ้นรูปคั่นโยกมีสปริงดันกดแผ่น โดยการล๊อคกับคานด้านบน 2) แม่พิมพ์ส่วนล่าง ที่ทำการรองโยกกดเป็นรูปทรงขั้นใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือ เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม, พิมพ์ตัดอัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทานการเสียดสีสูง

4. **ด้านการพัฒนา** ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลด้านการออกแบบ ดังนี้ ลักษณะของการโยกกดขึ้นรูป ได้แก่แยกลักษณะการใช้งาน แบ่งออกเป็น 3 ส่วน ดังนี้

1) การโยกกดอัดบีบรูปทรง คือ ชิ้นงานจะมีรูปร่างตามรูปร่างของแม่พิมพ์ตัวล่างเป็นรูปขั้นขนาด 3 นิ้ว กั้นขั้นเป็นรูปโค้งมน ซึ่งคั่นโยกกดจะบีบรูปทรงให้เข้ากับแม่พิมพ์ตามกำลังแรงกด จะช่วยให้ผิวของโลหะได้รับแรงกระทำอย่างทั่วถึง ก่อนที่จะปฏิบัติการขึ้นรูปควรหาขนาดความกว้างของแผ่นโลหะทองแดงก่อน แล้วจะได้ขนาดของชิ้นงานที่ถูกต้องตามต้องการ โลหะมีผิวเรียบไม่มีรอยย่น

2) ส่วนของการตัดขนาดรูปทรง เป็นการออกแบบมีดตัดแบบโยกกดเป็นรูปวงกลมหมุนตามมอเตอร์ เพื่อตัดแผ่นโลหะให้ขาดหลุดออกจากแม่พิมพ์ตัวล่าง (Die) ได้ง่าย

3) การเลือกวัสดุ เป็นการเลือกวัสดุโดยคำนึงถึงความแข็งแรง และราคา แม่พิมพ์ตัวส่วนล่าง(Die)ที่ทำการรองรับการอัดขึ้นรูป ใช้เหล็ก เกรด SKD11 (JIS) ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นเหล็กที่ใช้ผลิตเครื่องมือขึ้นรูป เป็นเหล็กแม่พิมพ์งานเย็น สำหรับพิมพ์ปั๊ม, พิมพ์ตัด อัดขึ้นรูปมีความเหนียวทนทานการเสียดสีสูง

2. **ผลการประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป ที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้รูปทรงมีพื้นผิวเรียบและตามขนาดที่กำหนดไว้**

ผลการประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความปลอดภัย และด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิต และด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

1. ด้านประโยชน์ใช้สอย

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประโยชน์ใช้สอยของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่าง มีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.13 และ 3.93

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงาน ใช้งานกับชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ มีค่าเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวกและง่าย สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบรัดรูป และง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย 4.33 , 4.00, 4.00 และ 3.67 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงาน ใช้งานกับชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวกและง่ายต่อการทำความสะอาด ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ และสามารถ

เลือกการทำงานได้โดยค้นโยกกดและเหล็กปีบริตรูป บำรุงรักษา โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 , 4.00, 3.67 และ 3.67 ตามลำดับ

2) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสะดวกในการใช้งาน

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสะดวกในการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.00 และ 4.00

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ ด้านชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก มาก รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสะดวกในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา การป้อนวัตถุดิบมีความเหมาะสม ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดง ทองเหลือง และชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 , 4.00, 4.00 และ 3.67 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม มีค่าเท่ากับ 4.67 อยู่ในระดับเหมาะสมมากที่สุด รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีความสะดวกในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดง ทองเหลือง และชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปสามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 , 4.00, 3.00 และ 3.67 ตามลำดับ

3) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัย

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความปลอดภัยในการใช้งานของผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และ 3.86

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ ด้านความปลอดภัยในการใช้งาน มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ การวาง ตำแหน่งของกลไกมีความปลอดภัย การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 และ 4.00 ตามลำดับ และด้านการมีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการวางตำแหน่งของกลไกมีความปลอดภัย และการมีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย มีค่าเท่ากับ 4.33 และ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีอุปกรณ์ป้องกันอันตรายขณะใช้งาน มีค่าเท่ากับ 4.00 และมีความเหมาะสมในระดับปานกลางในด้านความปลอดภัยในการใช้งาน และการเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

4) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่างโดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่เหมาะสมมาก โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และ 3.67

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีค่าเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 และ 4.00 ตามลำดับ และด้านการถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย ด้านความทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนานเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย มีความคิดเห็นว่ามีค่าเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีค่าเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านความทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนานเลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย และด้านการทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย มีค่าเท่ากับ 4.00 และ 3.67 ตามลำดับ และมีความเหมาะสมในระดับปานกลางในด้านการประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว ด้านการเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.00 ตามลำดับ

5) ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

ผลการประเมินประสิทธิภาพด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่าง โดยรวมมีความคิดเห็นว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับที่ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.80 และ 3.86

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีค่าเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านการขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้ มีค่าเท่ากับ 4.33 อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้ ด้านความสามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้ โดยมีค่าเฉลี่ย 4.00 และ 4.00 ตามลำดับ และด้านการชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด ด้านการขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้ มีความคิดเห็นว่ามีค่าเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.33 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาในแต่ละข้อของรูปแบบของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในการผลิตภัณฑ์โลหะ การประเมินจากกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่ามีค่าเหมาะสมอยู่ในระดับมาก โดยให้ด้านชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้ ด้านชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด มีค่าเท่ากับ 4.33 และ 4.33 ตามลำดับ อยู่ในระดับเหมาะสมมาก รองลงมา คือ ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้ มีค่าเท่ากับ 4.00 และมีความเหมาะสมในระดับปานกลางในด้านการขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้ ด้านความสามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้ โดยมีค่าเฉลี่ย 3.33 และ 3.00 ตามลำดับ

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยของการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ ผู้วิจัยได้นำประเด็นที่สำคัญของการวิจัย โดยสามารถอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ผลการศึกษาและพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

จากผลการศึกษาการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะผู้วิจัยได้สรุปแนวทางในการสร้างและพัฒนาชุดอุปกรณ์ขึ้นรูป โดยแบ่งเป็น 4 ขั้นตอน คือ ด้านการเตรียมวัตถุดิบ และแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะ ด้านระบบส่งกำลัง ด้านโครงสร้างและวัสดุการผลิต และด้านการพัฒนา ซึ่งสอดคล้องกับ วัฒนะ จุฑะวิภาต (2545) โดยย่อบางกระบวนการจากการทำเครื่องถลุงเพื่อเป็นการประหยัดเวลา อีกทั้งยังได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพ ซึ่งยังคงเหลือขั้นตอนที่สำคัญๆ จากการเตรียมวัสดุอุปกรณ์เตรียมวัตถุดิบแสดงขั้นตอนการโยกกดขึ้นรูปโลหะชั้นขนาด 3 นิ้ว มีระบบส่งกำลังที่ใช้ควบคุมแรง ทิศทาง ตำแหน่ง และความเร็วของแม่พิมพ์ที่หมุนติดกับแผ่นนั้น เพื่อให้ทำงานได้โดยปลอดภัย ทำงานได้เรียบสม่ำเสมอ ใช้พลังงานน้อย เกิดความร้อนน้อย ลดค่าใช้จ่ายในการติดตั้ง และขณะใช้งานการบำรุงรักษาได้ง่าย อีกทั้งยังเพิ่มให้มีการกำหนดโครงสร้าง และวัสดุในการผลิต และพัฒนาผลิตภัณฑ์ โดยคำนึงถึงลักษณะการใช้งานเป็นสำคัญ

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป ที่สามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้รูปทรงมีพื้นผิวเรียบและตามขนาดที่กำหนดไว้

ผลการประเมินความคิดเห็นที่มีต่อชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในงานขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะ ทั้ง 5 ด้าน คือ ด้านประโยชน์ใช้สอย ด้านความสะดวกในการใช้งาน ด้านความปลอดภัย ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรมด้านการซ่อมบำรุง และด้านความประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปของผู้เชี่ยวชาญ และกลุ่มตัวอย่าง พบว่า ประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 3.90 และ 3.86 ซึ่งสอดคล้องกับ ประสพ เพชรนพสกุล (2551) ที่ได้ทำการศึกษาเรื่องการพัฒนาเครื่องปั๊มโลหะ โดยผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์จากผู้เชี่ยวชาญประเมินทางด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลการประเมิน อยู่ในเกณฑ์ดี ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี และผู้ผลิตชิ้นส่วนประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ดี

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัยครั้งนี้

1. ควรพัฒนาชุดอุปกรณ์ขึ้นรูปให้ใช้ได้ในทุกรูปแบบที่จะสร้าง ไม่ว่าจะเป็น ชิ้น เครื่อง ถ้วย ชาม ต่างๆ เป็นต้น
2. ควรนำชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปไปปรับใช้กับการเรียนการสอนในสถานศึกษาและปรับใช้กับงานภูมิปัญญาท้องถิ่น ช่วยเพิ่มรายได้และพัฒนาเทคโนโลยีให้เข้ากับบริบทท้องถิ่น

5.3.2 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ควรมีการสร้างและพัฒนาเพิ่มเติมเกี่ยวกับอุปกรณ์ให้มีความง่ายต่อการทำความสะอาด และควรจะออกแบบการถอดและการจับยึดแบบง่าย เพื่อให้สะดวกในการบำรุงรักษา

บรรณานุกรม

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม.2542. คู่มือเรียบเรียงวิทยานิพนธ์ระดับบัณฑิตศึกษา.กรุงเทพฯ:

สถาบัน เทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าขุนทหารลาดกระบัง

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

บรรเลง ศรนิล และประเสริฐ ก๊วยสมบูรณ์. 2524. ตารางงานโลหะ. กรุงเทพฯ:

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชาญ ถนัดงาน และคณะ. 2533. คู่มือการออกแบบและสร้างแม่พิมพ์ราคาถูกลำหรับงานเพรส, กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

วริทธิ์ อิงอาภรณ์ และ ชาญ ถนัดงาน.2544.การออกแบบเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2544.386 หน้า

บรรเลง ศรนิล และกิติ นิงสานนท์ . การคำนวณและออกแบบชิ้นส่วนเครื่องกล.กรุงเทพฯ :

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

สาคร คันธโชติ.2528.กรรมวิธีการผลิต. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์

ชาญชัย ทริพยากร และคณะ.2538. การออกแบบแม่พิมพ์.กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น),พิมพ์ครั้งที่10

สถาพร ตีบุญมี ณ ชุมแพ.การศึกษาการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์, 2550.144 หน้า

วิฑูรย์ สิมะโชคดี. 2541. คุณภาพคือความอยู่รอด.กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 281หน้า, พิมพ์ครั้งที่1

วชิระ มีทอง 2529. การออกแบบจิ๊กและฟิกซ์เจอร์.กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 259หน้า, พิมพ์ครั้งที่1

ขวัญชัย สันทิพย์สมบูรณ์ และ ปานเพชร ชินินทร.ไฮดรอลิกอุตสาหกรรม.กรุงเทพฯ ซี เอ็ดดูเคชั่น, 2544. 608 หน้า

สง สุตานนท์.2533.ไฟฟ้าเบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สัมพันธ์พาณิชย์.

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

ภาคผนวก

- ภาคผนวก ก เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและผลการวิเคราะห์
การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC
- ภาคผนวก ข หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือในการวิจัย
หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย
- ภาคผนวก ค ภาพแสดงผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านต่าง ๆ
ภาพแสดงการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพ
เครื่องมือในการวิจัยของกลุ่มตัวอย่าง

ภาคผนวก ก

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
ผลการวิเคราะห์การหาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC

การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

คำชี้แจง

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

ตอนที่ 1. ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2. แบบประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ตอนที่ 3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินด้านออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมที่ใช้กับชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะซึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยสาระนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมดังกล่าว ณ. โอกาสนี้

นายมงคล สาระพวงค์

แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม
การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

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.

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย □ ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนด
ตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อย
1	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ก.1 แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ด้านหน้าที่ใช้สอย					
	1.1 เครื่องฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้					
	1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน					
	1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง					
	1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา					
	1.5 สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบ รัศรูป					
2.	ด้านความสะดวกในการใช้งาน					
	2.1 เครื่องฯ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน					
	2.2 เครื่องฯ มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อนำไปทำ ความสะอาด บำรุงรักษา					
	2.3 การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม					
	2.4 เครื่องฯ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก					
	2.5 ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดงทองเหลือง					
3.	ด้านความปลอดภัย					
	3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย					
	3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
	3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย					
	3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย					
	3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย					

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
4.	ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม					
	4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สดวก และรวดเร็ว					
	4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย					
	4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย					
	4.4 ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนาน					
	4.5 เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย					
5.	ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป					
	5.1 ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชิ้นเงินเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้ว ได้					
	5.2 ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สัน เหลี่ยม กับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้					
	5.3 ชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด					
	5.4 สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้					
	5.5 ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตร ได้					

ตอนที่3

ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม
การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

ตอนที่ 1. ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. ชื่อ นาย / นาง / นางสาว.....
2. ระดับการศึกษา.
ปริญญาตรี.....
ปริญญาโท.....
ปริญญาเอก.....
อื่นๆ (ระบุ).....
3. อาชีพ.....
4. ประสบการณ์ในการทำงาน () 1 - 2 ปี () 3 - 5 ปี () 6 - 10 ปี () 11 ปีขึ้นไป
5. อายุ () 25 - 30 ปี () 31 - 40 ปี () 41 - 50 ปี () 51 ปีขึ้นไป
6. สถานที่ทำงาน.
.....
.....
.....

ตอนที่ 2 **แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม**

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อย
1	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ก.2 แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม

	รายการ	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.ด้านความแข็งแรง						
1.1	ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง					
1.2	การยึดและการเชื่อมต้อมีความเหมาะสม					
1.3	ขนาดของชุดกตมีความแข็งแรง					
1.4	การจับยึดมีความแข็งแรง					
2. วัสดุที่ใช้ในการผลิต						
2.1	วัสดุ อุปกรณ์เหมาะสมกับประเภทของงาน					
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					

แบบประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

คำชี้แจง แบบสอบถามนี้ สร้างขึ้นเพื่อศึกษาข้อมูลชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปโดยผู้วิจัยจะได้นำไปใช้ในการพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะโดยการศึกษาครั้งนี้จะสำเร็จลงได้ด้วยความร่วมมือของท่านในการตอบแบบสอบถามของท่าน ซึ่งผู้วิจัยใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านโปรดให้ข้อมูลครบถ้วนทุกข้อตามความเป็นจริงมากที่สุด

แบบสอบถามแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย

- ตอนที่ 1. ข้อมูลสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม
- ตอนที่ 2. แบบประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป
- ตอนที่ 3. ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

แบบประเมินชุดนี้ เป็นแบบประเมินทางด้านประสิทธิภาพการใช้งานที่ใช้กับชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะซึ่งเป็นการศึกษางานวิจัยสารนิพนธ์ หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้วิจัยใคร่ขอขอบคุณท่านที่ให้ความอนุเคราะห์ในการประเมินความพึงพอใจทางด้านการใช้งานที่ใช้กับเครื่องพับโลหะดังกล่าว ณ โอกาสนี้

นายมงคล สาระพวงศ์

แบบประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป
การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ

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. แบบประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ลงในช่องระดับความคิดเห็นของท่าน โดยผู้วิจัยได้กำหนดตัวเลขระดับความคิดเห็นดังนี้

5	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
4	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
3	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับปานกลาง
2	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อย
1	หมายถึง	ผลการประเมินอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ตารางที่ ก.3 แบบประเมินประสิทธิภาพทางด้านการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
		5	4	3	2	1
1.	ด้านหน้าที่ใช้สอย					
	1.1 เครื่องฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้					
	1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน					
	1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง					
	1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา					
	1.5 สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบ รีดรูป					
2.	ด้านความสะดวกในการใช้งาน					
	2.1 เครื่องฯ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน					
	2.2 เครื่องฯ มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อ นำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา					
	2.3 การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม					
	2.4 เครื่องฯ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก					
	2.5 ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดงทองเหลือง					
3.	ด้านความปลอดภัย					
	3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย					
	3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน					
	3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย					

ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
	3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย					
	3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย					
4.	ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบ อุตสาหกรรม	5	4	3	2	1
	4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว					
	4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย					
	4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย					
	4.4 ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนาน					
	4.5 เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้ง่าย					
ข้อที่	รายละเอียด	ระดับความคิดเห็น				
5.	ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป	5	4	3	2	1
	5.1 ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเงินเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้					
	5.2 ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้					
	5.3 ชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด					
	5.4 สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้					
	5.5 ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

.....

.....

ผลการวิเคราะห์การหาค่าความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา IOC

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

1. อาจารย์ ดร.อภิศักดิ์ สินธุ์ศักดิ์
กรรมการหลักสูตร ค.อ.ม. (เทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม)
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
2. ดร. ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา
ภาควิชาครุศาสตร์อุตสาหกรรม
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
3. นางนวลอนงค์ ธรรมเจริญ
ผู้อำนวยการกาญจนาภิเษกวิทยาลัย ช่างทองหลวง
(วิทยาเขตศาลายา) จังหวัดนครปฐม

1.แบบประเมินด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อคำถามในแต่ละข้อที่แนบมาว่าตรงกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่โดยให้กา
จกกาเครื่องหมาย ลง ในช่อง +1 ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง 0 ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง -1 ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์

- 1.ด้านหน้าที่ใช้สอย หมายถึง ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้ มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน ลดกระบวนการระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษาสามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบรัดรูป
- 2.ด้านความสะดวกในการใช้งาน หมายถึง ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อ นำไปทำความสะอาด บำรุงรักษาการ ป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ขึ้นรูปได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดงทองเหลือง
- 3.ด้านความปลอดภัย หมายถึง การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย มีความปลอดภัยในการใช้งาน มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย
- 4.ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม หมายถึง การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย
- 5.ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเงินเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้ ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้ ชุดอุปกรณ์ชุดขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้ ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้

ตารางที่ 4 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินคิดเห็นทางด้านการออกแบบ
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สำหรับผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย			
1.1 เครื่องฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้			
1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน			
1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง			
1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา			
1.5 สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบ รัดรูป			
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
2.1 เครื่องฯ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน			
2.2 เครื่องฯ มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อ นำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา			
2.3 การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม			
2.4 เครื่องฯ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก			
2.5 ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดงทองเหลือง			
3. ด้านความปลอดภัย			
3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย			
3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย			
3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย			
3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย			
4. ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม			
4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว			
4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย			
4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย			
4.4 ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนาน			
4.5 เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย			

ตารางที่ ก.4 (ต่อ)

	รายการ	ผลของการพิจารณา		
		+1	0	-1
	5.ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป			
	5.1 ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเงินเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้			
	5.2 ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้			
	5.3 ชุดอุปกรณ์รูดขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด			
	5.4 สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้			
	5.5 ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้			

ตารางที่ ก.5 ความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็น ด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์
อุตสาหกรรม 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
1.5	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	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2.5	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
3.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4. ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม						
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
4.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
5.ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป						
5.1	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
5.2	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลของการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5.3	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
5.4	1	1	0	2	0.66	มีความเที่ยงตรง
5.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

2.แบบประเมินความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรม

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อคำถามในแต่ละข้อที่แนบมาว่าตรงกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่โดยให้กา
กาเครื่องหมาย ลง ในช่อง +1 ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง 0 ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

ในช่อง -1 ข้อคำถามมีไม่ความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์

1. ด้านความแข็งแรง หมายถึง ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง การยึดและการ
เชื่อมต่อความเหมาะสม ขนาดของชุดกตมีความแข็งแรงและ การจับยึดแผ่นโลหะมีลือคปลอดภัย

2. วัสดุที่ใช้ในการผลิต หมายถึง วัสดุเหมาะสมกับประเภทของการเลือกใช้วัสดุใน
การผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรงนำมาใช้ง่ายต่อการผลิต ประกอบชิ้นงานที่ใช้มีความสะดวก และ
ง่ายต่อการเคลื่อนย้าย

3. ระบบกลไก หมายถึง ทำความสะอาดระบบกลไกสะดวกมีความเหมาะสมในด้าน
ต้นทุนการผลิต ปลอดภัยจากอุบัติเหตุจากการระบบกลไกของเครื่องจัดวางตำแหน่งของระบบกลไก
ได้อย่างง่ายไม่ซับซ้อนวางตำแหน่งของระบบกลไกของอุปกรณ์ตั้งระยะได้อย่างเหมาะสม

ตารางที่ ก.6 แบบตรวจสอบความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็นด้านวิศวกรรม สำหรับ
ผู้เชี่ยวชาญ

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
1.ด้านความแข็งแรง			
1.1 ขนาดโครงสร้างมีความแข็งแรง			
1.2 การยึดและการเชื่อมต่อมีความเหมาะสม			
1.3 ขนาดของชุดกตมีความแข็งแรง			
1.4 การจับยึดแผ่นโลหะมีลือคปลอดภัย			
2.วัสดุที่ใช้ในการผลิต			
2.1 วัสดุ อุปกรณ์เหมาะสมกับประเภทของงาน			
2.2 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความแข็งแรง			
2.3 วัสดุที่นำมาใช้ง่ายต่อการผลิต ประกอบชิ้นงาน			
2.4 วัสดุที่ใช้มีความสะดวก และง่ายต่อการเคลื่อนย้าย			
3.ระบบกลไก			
3.1 ทำความสะอาดระบบกลไกสะดวก			
3.2 กลไกมีความเหมาะสมในด้านต้นทุนการผลิต			

ตารางที่ ก.5 (ต่อ)

	รายการ	ผลของการพิจารณา		
		+1	0	-1
3.3	มีความปลอดภัยจากอุบัติเหตุจากการระบบกลไกของเครื่อง			
3.4	การเลือกใช้อุปกรณ์และระบบกลไกเป็นแบบง่ายไม่ซับซ้อน			
3.5	การจัดวางตำแหน่งของระบบกลไกของอุปกรณ์ตั้งระยะได้			

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.แบบประเมินด้านประสิทธิภาพการใช้งานของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป

คำชี้แจง โปรดพิจารณาข้อความในแต่ละข้อที่แนบมาว่าตรงกับนิยามศัพท์เฉพาะหรือไม่โดยให้กา
 จงกาเครื่องหมาย ลง ในช่อง +1 ข้อคำถามมีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
 ในช่อง 0 ข้อคำถามที่ไม่แน่ใจว่าสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย
 ในช่อง -1 ข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับนิยามศัพท์ที่ใช้ในการวิจัย

นิยามศัพท์

1.ด้านหน้าที่ใช้สอย หมายถึง ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปมีความสอดคล้องกับ
 วัตถุประสงค์ของผู้ใช้ มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน ลดกระบวนการ
 ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษาสามารถเลือกการทำงานได้
 โดยคั่นโยกกดและเหล็กปีบริตรูป

2.ด้านความสะดวกในการใช้งาน หมายถึง ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป มีขนาดสัดส่วน
 ที่เหมาะสมกับการใช้งาน มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อ นำไปทำความสะอาด
 บำรุงรักษาการ ป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก ใช้ขึ้นรูปได้กับวัสดุ
 หลากประเภทเช่น เงิน ทองแดงทองเหลือง

3.ด้านความปลอดภัย หมายถึง การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย มีความ
 ปลอดภัยในการใช้งาน มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมี
 ความปลอดภัย มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย

4.ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม หมายถึง การ
 ประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้
 ง่าย ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนาน เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่หาได้
 ง่าย

5.ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเงิน
 เส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้ ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สันเหลี่ยมกับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้
 ชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้ ขึ้นรูปโลหะเงินหนา
 0.8 มิลลิเมตรได้

ตารางที่ ก.6 แบบตรวจสอบความสอดคล้องด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป
สำหรับครูผู้สอน และตัวแทนสถานประกอบการใช้งาน

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
1. ด้านหน้าที่ใช้สอย			
1.1 เครื่องฯ มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของผู้ใช้			
1.2 มีรูปแบบหน้าที่ใช้สอยสะดวก และง่ายต่อการใช้งาน			
1.3 ลดกระบวนการ ระยะเวลาในการทำงานให้สั้นลง			
1.4 ง่ายต่อการทำความสะอาด บำรุงรักษา			
1.5 สามารถเลือกการทำงานได้โดยคั่นโยกกดและเหล็กบีบ รัตรูป			
2. ด้านความสะดวกสบายในการใช้งาน			
2.1 เครื่องฯ มีขนาดสัดส่วนที่เหมาะสมกับการใช้งาน			
2.2 เครื่องฯ มีความสะดวกสบายในการถอดอุปกรณ์เพื่อ นำไปทำความสะอาด บำรุงรักษา			
2.3 การป้อนวัตถุดิบ มีความเหมาะสม			
2.4 เครื่องฯ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก			
2.5 ใช้ได้กับวัสดุหลายประเภทเช่น เงิน ทองแดงทองเหลือง			
3. ด้านความปลอดภัย			
3.1 การวางตำแหน่งของกลไก มีความปลอดภัย			
3.2 มีความปลอดภัยในการใช้งาน			
3.3 มีความปลอดภัยจากการเคลื่อนย้าย			
3.4 การเลือกใช้วัสดุในการผลิตโครงสร้างมีความปลอดภัย			
3.5 มีอุปกรณ์ป้องกันอันตราย			
4. ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม			
4.1 การประกอบ ติดตั้งชิ้นส่วนเครื่อง สะดวก และรวดเร็ว			
4.2 การถอดชิ้นส่วนอุปกรณ์เพื่อการบำรุงรักษาทำได้ง่าย			
4.3 ทำความสะอาดเครื่องได้ง่าย			
4.4 ทนทาน แข็งแรง อายุการใช้งานนาน			
4.5 เลือกใช้วัสดุ อุปกรณ์ที่ทำได้ง่าย			

ตารางที่ ก.6 (ต่อ)

รายการ	ผลของการพิจารณา		
	+1	0	-1
5.ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป			
5.1 ชุดอุปกรณ์สามารถขึ้นรูปทรงชั้นเงินเส้นผ่าศูนย์กลาง 3 นิ้วได้			
5.2 ขึ้นรูปทรงโค้ง เว้า สั้นเหลี่ยม กับโลหะเงินที่มีส่วนผสม 92.5 เปอร์เซ็นต์ได้			
5.3 ชุดอุปกรณ์รูตขึ้นรูปโลหะมีผิวเรียบไม่ฉีกขาด			
5.4 สามารถตัดขนาดตามที่กำหนดได้			
5.5 ขึ้นรูปโลหะเงินหนา 0.8 มิลลิเมตรได้			

ตารางที่ ก.7 ความสอดคล้องของแบบประเมินความคิดเห็นด้านประสิทธิภาพทางการ
ใช้งานชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปสำหรับครูผู้สอน และตัวแทนสถานประกอบการใช้งาน

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
1.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
2. ด้านความสะดวกในการใช้งาน						
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
2.5	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
3.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4. ด้านความสอดคล้องกับเทคโนโลยีการผลิตในระบบอุตสาหกรรม						
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
4.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

ตารางที่ ก.7 (ต่อ)

ข้อคำถาม (ข้อที่)	ความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ			รวมคะแนน	IOC	ผลของการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3			
5. ด้านประสิทธิภาพของชุดอุปกรณ์การขึ้นรูป						
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
4.4	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง
4.5	1	1	1	3	1	มีความเที่ยงตรง

ภาคผนวก ข

หนังสือเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือในการวิจัย

หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือการวิจัย



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692

ที่ ศร 0524.04 / 1333

วันที่ ๖๕ มีนาคม 2555

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ผศ.ดร.อภิสิทธิ์ สินธุภาค

ด้วย นายมงคล สารพะวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา

ปฏิบัติการแทนคณบดี

บันทึกโดยผู้ทรงคุณวุฒิ
หรือแทนคณบดี
นางอภัย
อภัยสิทธิ์



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนสนับสนุนวิชาการ โทร.3692

ที่ ศธ 0524.04 / 1333

วันที่ ๒๕ มีนาคม 2555

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา

ด้วย นายมงคล สารพะวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ พร้อมกันนี้ได้แนบบแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

อาจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา
สาขาสถาปัตยกรรมและการออกแบบ
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 1333

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

๒๗ มีนาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัย

เรียน นางนวลอนงค์ ธรรมเจริญ

สิ่งที่ส่งมาด้วย แบบสอบถามเพื่อการวิจัย

ด้วย นายมงคล สารพะวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับ
เรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามนี้ว่ามีเนื้อหาถูกต้อง
และเหมาะสมมากน้อยเพียงใด ซึ่งผลการตรวจของท่านจะช่วยให้งานวิจัยของนายมงคล สารพะวงค์
มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและขอขอบคุณ
เป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๓-๐๔๐-๒๐๔๖



บันทึกข้อความ

หน่วยงาน คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สจล. ส่วนบริหารงานทั่วไป โทร.๓๖๙๒
ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔ / 1335 วันที่ ๙๗ มีนาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ

เรียน รศ.ว่าที่ร้อยโทพิชัย สดภิบาล

ด้วย นายมงคล สาระพวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี รศ.
อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการออกแบบ ของนายมงคล สาระพวงค์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ผศ.ดร.วิมลทิพย์ ใจดี
คณบดีโรงเรียนวิศวกรรม
1๐๖๖๖๖

๑๐ มี.ค. ๕๕

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/1335



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

พ.ศ. มีนาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการทำเครื่องถมและการขึ้นรูปโลหะ

เรียน นายมนตรี จันทพันธ์

ด้วย นายมงคล สาระพวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสารนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการทำเครื่องถมและการขึ้นรูปโลหะ ของ
นายมงคล สาระพวงค์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๔๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๔๙-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๖-๐๔๐-๒๐๔๖



ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 1335

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า
เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

มีนาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล

เรียน นายวิช ศรีเพชรพันธ์

ด้วย นายมงคล สาระพวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์

คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่อง
ดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องกล ของ นายมงคล สาระพวงค์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๕-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๕๒

โทรสาร. ๐๒-๓๒๕-๘๔๓๖

ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๓-๐๔๐-๒๐๔๖

ณ ๕ มีนาคม ๒๕๕๕

ดร. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์
(โดย ดร. วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)
๕ มีนาคม ๒๕๕๕

ที่ ศธ ๐๕๒๔.๐๔/ 1335



คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง
ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง
กรุงเทพฯ ๑๐๕๒๐

มีนาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการขึ้นรูปโลหะและรูปพรรณอัญมณี

เรียน นายสง่า อนุศิลป์

ด้วย นายมงคล สาระพวงค์ นักศึกษาระดับปริญญาโท หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหาร
ลาดกระบัง กำลังทำสาระนิพนธ์ เรื่อง “การพัฒนาชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้งานโลหะ” โดยมี
รศ.อุดมศักดิ์ สาริบุตร เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสาระนิพนธ์
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถในเรื่องดังกล่าวเป็น
อย่างดี จึงขอเชิญท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านการขึ้นรูปโลหะและรูปพรรณอัญมณี ของ นายมงคล
สาระพวงค์

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาและหวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดีและ
ขอขอบคุณเป็นอย่างยิ่งมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์วิสุทธิ์ สุนทรกนกพงศ์)

รองคณบดี กำกับดูแลงานด้านวิชาการและบัณฑิตศึกษา
ปฏิบัติการแทนคณบดี

ส่วนสนับสนุนวิชาการ

โทร. ๐๒-๓๒๙-๘๐๐๐ ต่อ ๓๖๙๒

โทรสาร. ๐๒- ๓๒๙-๘๔๓๖

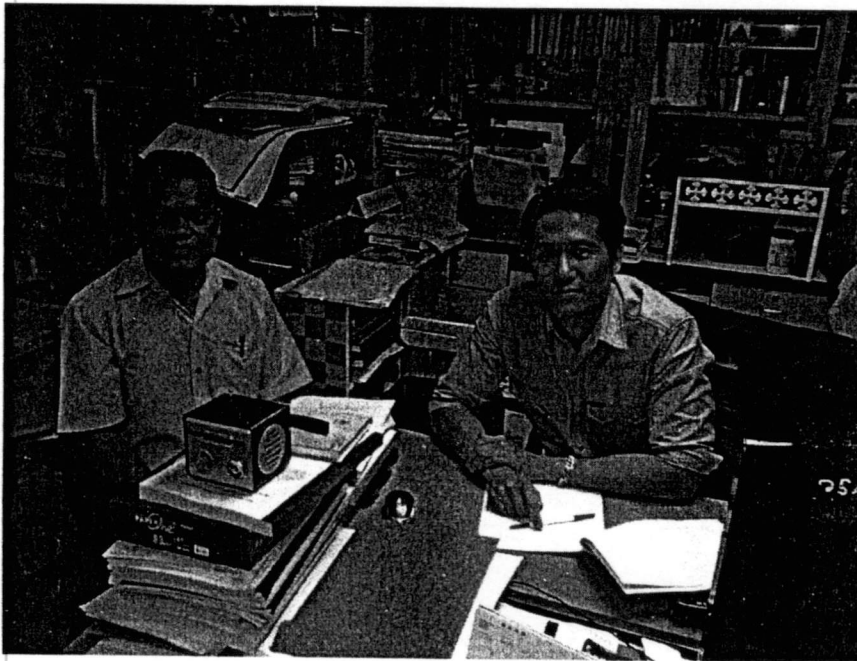
ติดต่อนักศึกษา โทร.๐๘๓-๐๔๐-๒๐๔๖

ยินดี วัฒนไพโรจน์

(สง่า อนุศิลป์)

ภาคผนวก ค

ภาพแสดงผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ
ภาพแสดงการทดสอบและประเมินผลประสิทธิภาพ
เครื่องมือในการวิจัยของกลุ่มตัวอย่าง



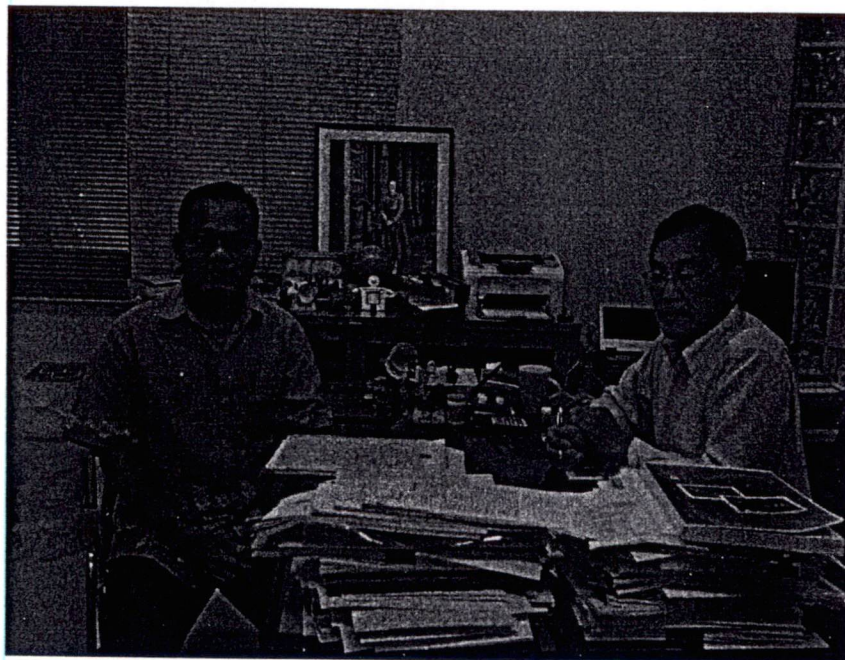
รูปที่ ค 1 ดร.ทรงวุฒิ เอกวงศา

ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



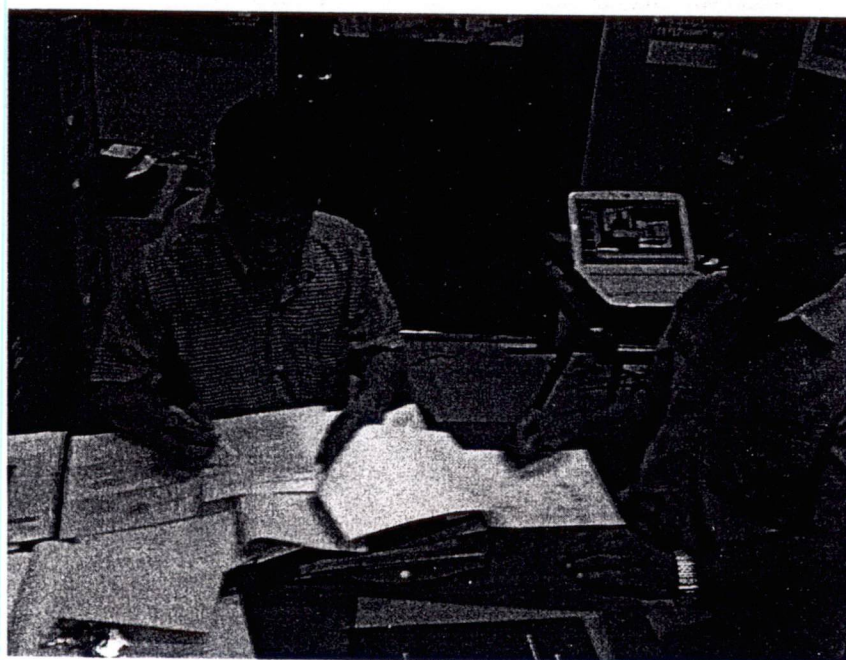
รูปที่ ค 2 นางนวลอนงค์ ธรรมเจริญ

ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



รูปที่ ค 3 นายอวิช ศรีเพชรพันธุ์

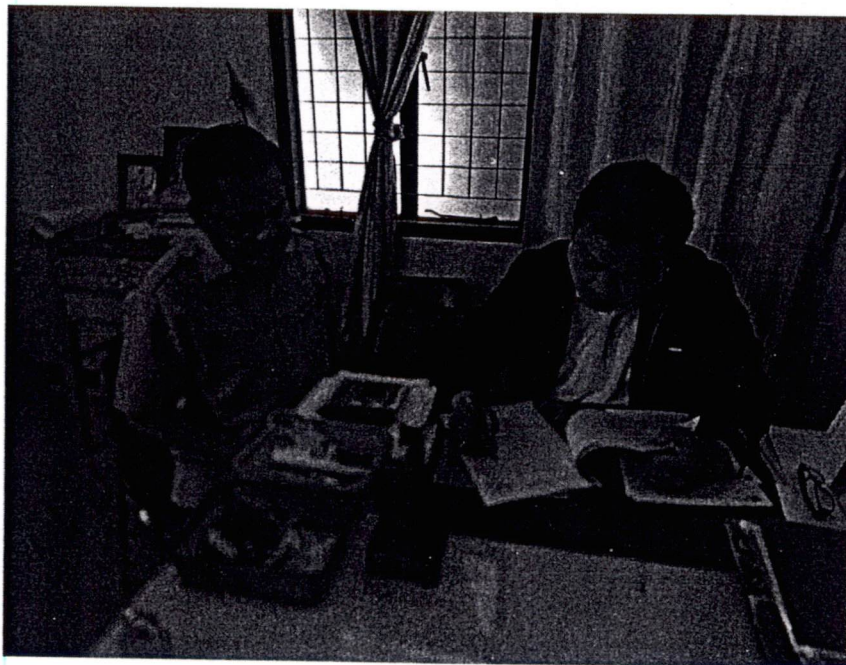
ผู้เชี่ยวชาญด้านเครื่องมือกลตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัยด้านการออกแบบผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



รูปที่ ค 4 นายสง่า อนุศิลป์

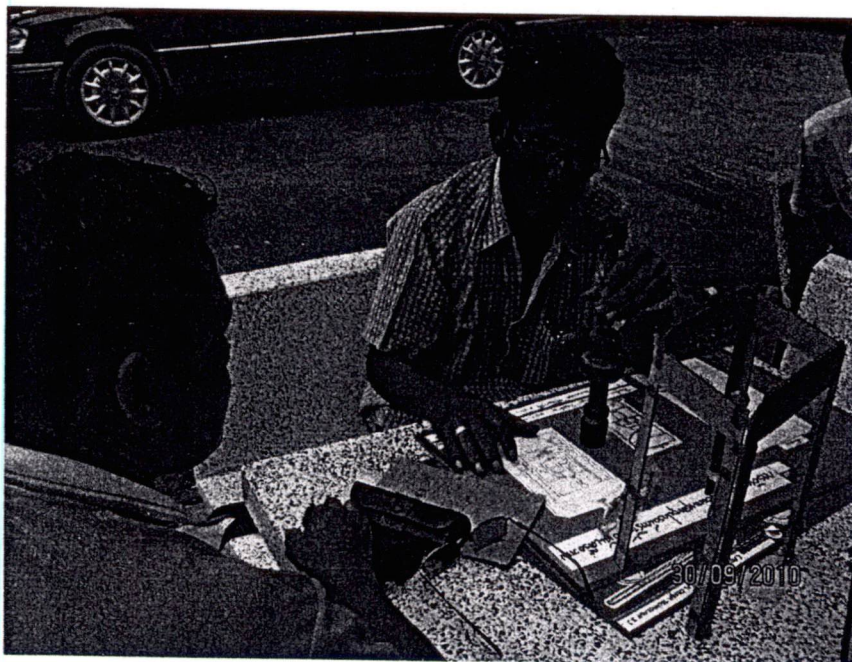
ผู้เชี่ยวชาญด้านการขึ้นรูปโลหะและรูปพรรณตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัยด้านการออกแบบ

ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



รูปที่ ค5 นายธีรชัย จันทรงษ์

ผู้เชี่ยวชาญด้านการขึ้นรูปงานโลหะประเภทเครื่องตรวจแบบสอบถามเพื่อการวิจัยด้านการออกแบบ
ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม



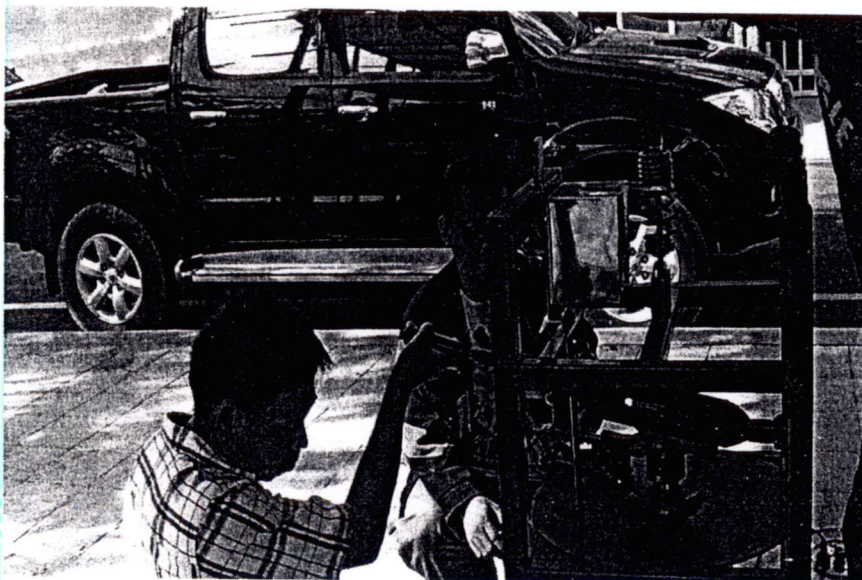
รูปที่ ค 6 นายสมศักดิ์ จันทรงษ์

ผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมตรวจต้นแบบเพื่อการผลิตชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปเพื่อใช้ในงานผลิตภัณฑ์โลหะ



รูปที่ ค 7

ผู้สอนและผู้ปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชั้นขนาด 3 นิ้ว



รูปที่ ค 8

ผู้สอนและผู้ปฏิบัติงานผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชั้นขนาด 3 นิ้ว



รูปที่ ค 9

ผู้ผลิตงาน ผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชั้นขนาด 3 นิ้ว



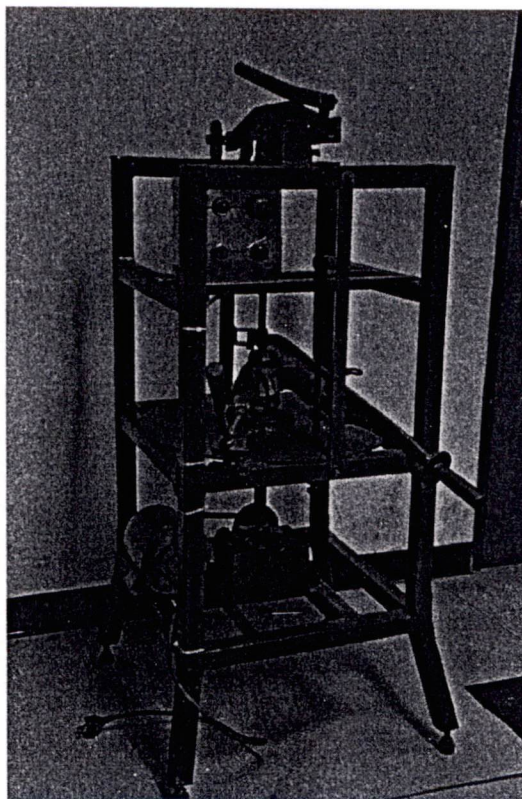
รูปที่ ค10

ผู้ผลิตและสถานประกอบการผลิตภัณฑ์โลหะประเภทเครื่องถมประเมินประสิทธิภาพการขึ้นรูปชั้นขนาด 3 นิ้ว



รูปที่ ค 11

ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะก่อนการพัฒนา



รูปที่ ค 12

ชุดอุปกรณ์การขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะหลังการพัฒนา

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ สกุล	นายมงคล สาระพวงค์
วัน เดือน ปีเกิด	23 สิงหาคม 2513
สถานที่เกิด	อำเภอชะอวด จังหวัดนครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	122/29 หมู่ 5 ตำบลมหาสวัสดิ์ อำเภอบางกรวย จังหวัดนนทบุรี 11130
สถานที่ทำงาน	กาญจนภิเษกวิทยาลัย ช่างทองหลวง 299/1 หมู่ที่ 5 ต.ศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม 73170
ตำแหน่ง	ครู วิทยฐานะชำนาญการ
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2539	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี ศึกษาศาสตรบัณฑิต (ศษ.บ) สาขาวิชาเอกหัตถกรรม(เครื่องโลหะ) ศูนย์กลางสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล จังหวัดพระทุมธานี
พ.ศ. 2553	สำเร็จการศึกษาระดับประกาศนียบัตรบัณฑิต (การบริหารการศึกษา) มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา
พ.ศ. 2554	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต (ค.อ.ม.) สาขาเทคโนโลยีผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม บัณฑิตวิทยาลัย คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง