การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่

โดย

สุรัฐ บุญทรง

สนับสนุนงบประมาณโดย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ประจำปีงบประมาณ 2561

The study of alternative materials of Soapstone.

By

Surat Boonthrong

Granted by

Rajamangala University of Technology Rattanakosin

Fiscal year 2018

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงดวยดี เนื่องจากได้รับการสนับสนุนจากบุคคลหลายฝ่าย ซึ่งผูวิจัยต้องขอขอบพระคุณ คือ

คณะผูบริหารมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ผู้บริหารวิทยาลัยเพาะช่าง และขอขอบคุณอาจารย์ เจ้าหน้าที่ ของวิทยาลัยเพาะช่างทุกทาน ที่ไดอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานใหกับผูวิจัย

คณะผู้เชี่ยวชาญ ผู้ให้คำปรึกษาและคำแนะนำ อันเป็นประโยชน์ในการทำงานวิจัย รวมถึงขอขอบคุณผูให้ข้อมูลและผู้ช่วยเก็บรวบรวมขอมูลทุกท่าน ซึ่งผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความเมตตาอย่างยิ่ง

สำหรับด้านกำลังใจ ผู้วิจัยขอกราบระลึกถึงพระคุณของบิดา มารดา ครู อาจารย์ ที่ได้อบรมสั่งสอนและประสิทธิ์ประสาทวิชาความรู้ ตลอดจนครอบครัว ญาติ มิตร ที่กล่าวให้กำลังใจและสนับสนุนให้ผู้วิจัยมีพลังในการทำงานจนบรรลุผลเสมอมา

ท้ายที่สุดนี้ ผู้มีคุณูปการยิ่ง คือมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ผู้ให้การสนับสนุนทุนการทำวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณอย่างยิ่งมา ณ ที่นี้

สุรัฐ บุญทรง
สุวิทย์ วิทยาจักษุ์
30 สิงหาคม 2562

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ : A-50 / 2561
ชื่อโครงการ : การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่
ชื่อนักวิจัย : ผศ. สุรัฐ บุญทรง และ รศ. สุวิทย์ วิทยาจักษ์

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการใช้วัสดุที่สามารถทำเป็นแม่พิมพ์แทนหินสบู่ด้วยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการแกะลวดลายในวัสดุทดแทน เป็นการทดลองสร้างชิ้นงานนวัตกรรมที่เริ่มจากการสร้างไฟล์โปรแกรมลวดลายศิลปะสำหรับงานศิลป์ไทยแบบ 3 มิติ เพื่อใช้เป็นต้นแบบแล้วนำไปแกะลงบนวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก ด้วยเครื่อง CNC (Computer Numerical Control) เป็นแม่พิมพ์สำเร็จรูป แล้วทำการทดสอบว่า แม่พิมพ์ที่ได้แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC เสร็จแล้วนั้น นำไปใช้งานสำหรับกดลายในวัสดุที่ใช้ประดับบนหัวโขนและเครื่องศิราภรณ์ มีมิติถูกต้อง สามารถนำไปใช้ในทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ซึ่งหาได้ยากในปัจจุบันตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน

การวิจัยเชิงทดลองนี้ ได้นำแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่จัดทำแล้วเสร็จ คือ อะคริลิก เหล็ก และทองเหลือง ไปให้ผู้เชี่ยวชาญในงานช่างหัตถศิลป์ไทยทดลองใช้ อภิปรายความเห็นเกี่ยวกับคุณภาพของชิ้นงาน และให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก เพื่อสำรวจความพึงพอใจ โดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพของชิ้นงาน และแบบวัดความพึงพอใจที่จัดให้ผู้เข้าร่วมงานงานสัมมนาเชิงปฏิบัติการได้มีการทดลองจริงและตอบแบบสอบถาม เพื่อสรุปผล

ผลการวิจัยพบว่า เทคโนโลยีเครื่อง CNC สามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูปบนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้ทั้ง 3 ประเภท ได้ตรงตามความต้องการ และมีมาตรฐานแบบเดียวกัน ทั้งนี้ แม่พิมพ์ที่เหมาะสมที่สุดในการทดลองครั้งนี้คือ แม่พิมพ์อะคริลิก เนื่องจากมีต้นทุนต่ำ ในการผลิตและนำไปใช้ทำได้ง่ายกว่า สะดวกกว่า รวดเร็วกว่า และมีคุณภาพเทียบเท่าแม่พิมพ์หินสบู่ โดยมีผลความพึงพอใจอยู่ที่ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.49 หรือ ร้อยละ 89.77

คำสำคัญ : หินสบู่ เครื่อง CNC

E-mail Address : Surat.b@rmutr.ac.th

ระยะเวลาโครงการ : ตุลาคม 2560 – สิงหาคม 2562

Abstract

Code of project : A-50 / 2561

Project name : The study of alternative materials of Soapstone.

Researcher name : Asst. Prof. Surat Boonthrong and Assoc. Prof. Suwit Vidhyachak

The purpose of this research is to study the alternative materials which can be used instead of Soapstone, by using technology in carving other materials. Starting with the process of creating 3 dimensions files of Thai Art Pattern in order to build a mold set for carving on 3 materials; Acrylic, Brass and Iron. In carving process, the CNC (Computer Numerical Control) is used for creating the molds. In decorating process, materials for Khon Mask and Sirapon are to be pressed inside the molds to create patterns and to test if the materials can be used instead of Soapstones, which are currently rare, also to find out if they can fit in right dimensions and meet the needs of Thai artisans.

The experiment is performed by the experts. Three kinds of mold are tested. The results are discussed under the topic of quality of the molds. Some control group tested with the Acrylic mold. Questionnaires on the workshop day provided us data and details in conclusion that related to the satisfaction from the result.

The result illustrated that the CNC can provide standard quality molds of 3 materials. The Acrylic mold is said to be the best material among 3. The reasons are the lower cost, the easier and quicker with more convenient of the use, and the same quality compared to Soapstones. The average of satisfaction is 4.49 or 89.77 %.

Keywords: Soapstone, CNC Equipment

E-mail Address : Surat.b@rmutr.ac.th

Period of project : October 2017 – August 2019

สารบัญ

หน้า

กิตติกรรมประกาศ		ก
บทคัดย่อภาษาไทย		ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		ค
สารบัญ		ง
สารบัญตาราง		ช
สารบัญภาพ		ซ
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
	3. คำถามการวิจัย/สมมติฐานการวิจัย	2
	4. ขอบเขตการวิจัย	2
	5. นิยามคำศัพท์	3
	6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2	**เอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย**	**4**
	1. หินสบู่และวัสดุทดแทน (อะคริลิค ทองเหลือง และเหล็ก)	4
	2. การประดับลวดลายในการสร้างหัวโขน	11
	3. เครื่อง CNC	24
	4. การสร้างแม่พิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์	33
	5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	45
	6. กรอบแนวคิดการวิจัย	47
บทที่ 3	**ระเบียบวิธีการวิจัย**	**48**
	1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	48
	2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	48
	3. วิธีการดำเนินการวิจัย	48
	4. การเก็บรวบรวมข้อมูล	54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

5. การวิเคราะห์ข้อมูล 55
6. สถิติที่ใช้ในการวิจัย 55

บทที่ 4 การสร้างนวัตกรรม (การทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นทดแทนการใช้หินสบู่) 56

1. การคัดลอกลวดลายบนหัวโขน 56
2. การใช้ Software CAD/CAM จัดทำไฟล์ลวดลาย 3 มิติ 68
3. การนำวัสดุมาแกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC 74
4. การตรวจสอบคุณภาพแม่พิมพ์ 77
5. การนำแม่พิมพ์ไปใช้งาน 77

บทที่ 5 ผลการวิจัย/ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 85

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการศึกษา 85
2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย 89
3. ผลการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ 92

บทที่ 6 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 98

1. สรุปผลการวิจัย 98
2. การอภิปรายผล 101
3. ข้อเสนอแนะ 102

บรรณานุกรม 103

ภาคผนวก ก แบบสอบถามเรื่องการศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่ **105**

ภาคผนวก ข หนังสือเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาวิชาการ เรื่องการศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่ **112**

ภาคผนวก ค ภาพถ่ายกิจกรรมวันสัมมนาวิชาการ เรื่องการศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่ **119**

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ประวัติผู้วิจัย 122

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1	แบบสอบถามคุณภาพแม่พิมพ์	51
2	แบบสอบถามคุณภาพแม่พิมพ์จากวัสดุ 3 ชนิด คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก	53
3	แบบสอบถามความพึงพอใจต่อต้นแบบแม่พิมพ์อะคริลิก	54
4	ผลการประเมินคุณภาพของการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะด้วยการใช้เทคโนโลยีเครื่อง CNC	88
5	ผลการประเมินคุณภาพการใช้เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูป บนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก	90
6	ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก	96
7	แสดงการดำเนินการทดลองจากแม่พิมพ์ 3 ประเภท	98

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

ภาพที่		หน้า
1	การเอาปูนกดลงบนแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ลวดลายตามต้องการ	19
2	การแกะชิ้นส่วนที่กดลายออกมาโดยใช้เข็มหมุด	20
3	ตัวอย่างของลายไทยบนแม่พิมพ์หินสบู่	21
4	ดินน้ำมันวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการกดลาย	22
5	การตีลายบนหัวโขน	22
6	ลวดลายบนแม่พิมพ์หินสบู่ที่ใช้ในการกดลาย	23
7	เครื่อง CNC Router with AC Servo motor, Dual motor on Y axis	29
8	เครื่อง CNC Router with stepping motor	29
9	เครื่อง CNC engraving	30
10	เครื่อง CNC EnMilling	31
11	เครื่อง CNC Shaping foam	31
12	ชิ้นงานโฟมแบบเหล็กหล่อ	32
13	เครื่อง CNC Plasma	33
14	แสดงทิศทางของผิวด้านนอกและการเรียงลำดับจุดยอดของสามเหลี่ยม	38
15	ตัวอย่างเครื่อง CNC	40
16	ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม CAM ในเครื่อง CNC	41
17	ตัวอย่างเทียนหรือขี้ผึ้งจากเครื่อง CNC (Model Master (Thailand)	45
18	แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง การศึกษาวัสดุทดแทนหินสบู่	47
19	แสดงขั้นตอนการจัดทำแม่พิมพ์ด้วยวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่	50
20	หัวโขน ณ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ	56
21	หัวโขน ณ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ	57
22	หัวโขน ณ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ	58
23	หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา	58
24	หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา	59
25	หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา	60
26	หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา	61

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่

27 หัวโขน ณ กองการสังคีต กรมศิลปากร โรงละครแห่งชาติ... 62
28 หัวโขน ผลงานของอาจารย์วรวินัย หิรัญมาศ ครูศิลป์แผ่นดิน (งานหัวโขน ปี 2559)..... 62
29 หัวโขน ผลงานของอาจารย์วรวินัย หิรัญมาศ ครูศิลป์แผ่นดิน (งานหัวโขน ปี 2559)..... 63
30 ลายเส้นลวดลาย “กระจังตาอ้อย” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน 64
31 ลายเส้นลวดลาย “แข้งสิงห์” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน 65
32 ลายเส้นลวดลาย “หยดน้ำ” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน 65
33 ลายเส้นลวดลาย “ลายกนกทรงต่าง ๆ” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน 66
34 ลายเส้นลวดลาย “ลายผ้าจีบ” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน 66
35 ลายเส้นลวดลาย “ลายต่อเนื่อง (ร่องเลื่อม) และลายไข่ปลา” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน....... 67
36 ลายเส้นลวดลาย “ลายดอกไม้” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน... 67
37 ลายเส้นลวดลาย “ลายดาว” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน 67
38 ลายเส้นลวดลาย “ลายก้านขด และ ลายกลีบขนุน” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน........... 68
39 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ 68
40 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ 69
41 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ 70
42 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ 71
43 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ 72
44 ตัวอย่างผลงานลวดลายจากไฟล์ 3 มิติ.. 73
45 แม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC 74
46 แม่พิมพ์ทองเหลืองที่แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC 75
47 แม่พิมพ์เหล็กที่แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC 76
48 การกดลายบนแม่พิมพ์อะคริลิก 78
49 การกดลายบนแม่พิมพ์ทองเหลือง 80
50 การกดลายบนแม่พิมพ์เหล็ก 82
51 การกดลายบนแม่พิมพ์เหล็ก 83

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

งานหัตถศิลป์-ประณีตศิลป์ต่างๆ ประกอบไปด้วยงานพื้นฐานที่รู้จักโดยทั่วไป เช่น งานหัวโขน งานบุษบก งานเครื่องสูง งานเครื่องทรง เป็นต้น ล้วนแต่ใช้การประดับตกแต่งลวดลายซึ่งเป็นกรรมวิธีที่สำคัญ และจำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างสรรค์งานให้เกิดความวิจิตรงดงามตามพื้นฐานงานหัตถศิลป์ กระบวนการประดับลวดลายนี้ ต้องมีอุปกรณ์ที่สำคัญ คือ แม่พิมพ์ และแม่พิมพ์สำหรับงานหัวโขนที่นิยมนำมาใช้กันมากคือ “แม่พิมพ์หินสบู่” เนื่องจากหินสบู่เป็นหินที่มีคุณสมบัติพิเศษคือ ทนไฟและอ่อนพอให้ใช้มีดแกะลวดลายมาทำเป็นแม่พิมพ์ได้ ทำนองเดียวกับการแกะหยกหรือหินอ่อนที่เป็นตราประทับชื่อของชาวจีนนั่นเอง

แม่พิมพ์หินสบู่ได้ถูกมานำมาแกะเป็นแม่พิมพ์ "เครื่องศิราภรณ์" เพื่อใช้ขึ้นลายประดับหัวโขน โดยช่างหลวงสำนักต่างๆ ที่เป็นช่างที่มีฝีมือชั้นเยี่ยม โดยเป็นแบบลวดลายไทยที่นิยมใช้กันมีทั้งลวดลายกระจังแบบต่างๆ ลวดลายดอกไม้ทั้งเหลี่ยมและกลม หรือ ปลายกนก แต่เนื่องจากช่างฝีมือแกะแม่พิมพ์หินสบู่มีจำนวนน้อยประกอบกับแหล่งหินสบู่ ที่ จ.นครนายก ได้ปิดเหมืองหินลง ไม่สามารถหาแหล่งหินสบู่ใหม่ๆ มาใช้งานได้ ที่ยังพอมีขายในท้องตลาดจะเป็นหินสบู่ที่มีคุณสมบัติยากแก่การแกะลวดลาย เนื่องจากมีเม็ดทรายปนอยู่ในหินจำนวนมาก

ปัจจุบันช่างรุ่นใหม่ไม่มีความถนัดในการแกะแม่พิมพ์ลวดลายหินสบู่ใช้เอง จึงมีการนำลวดลายแม่พิมพ์หินสบู่มาทำการถอดพิมพ์เป็นยางซิลิโคน แล้วหล่อเป็นแม่พิมพ์เรซิ่นออกมาใช้เพิ่มความสะดวกยิ่งขึ้น แต่ยังคงจำหน่ายในราคาค่อนข้างสูง และลวดลายอาจไม่ครบเพียงพอที่จะสามารถทำงานให้ได้หลากหลายชนิด นอกจากนี้ เมื่อใช้ไปนานๆ แม่พิมพ์เรซิ่นก็เกิดจะเกิดการสึกกร่อนเร็ว ลวดลายเลือนรางไม่ชัดเจน ทำให้ผลงานที่ทำออกมามีลวดลายไม่คมชัด ไม่คงทนแข็งแรง ทำให้ลดโอกาสของงานช่างหัวโขนในการพัฒนารูปแบบงานให้วิจิตรงดงาม และสร้างความแตกต่างที่โดดเด่นได้ รวมถึงนักศึกษาหรือบุคคลทั่วไปที่มีใจรักในการศึกษาในการทำงานประดับตกแต่งแบบโบราณ มีความต้องการใช้แม่พิมพ์สำเร็จรูป ถ้าไม่มีแม่พิมพ์หินสบู่ก็ต้องใช้แม่พิมพ์เรซิ่น เนื่องจากยังไม่มีแม่พิมพ์สำเร็จรูปแบบอื่นให้เป็นทางเลือกในการใช้งานได้

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยมีแนวคิดในการทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นทดแทนหินสบู่ซึ่งเกิดจากการได้ไปพบแม่พิมพ์ทองเหลืองที่สำนักช่างสิบหมู่ตั้งแสดงไว้ เป็นแม่พิมพ์**ทองเหลือง**รุ่นเก่ามีลวดลายที่ใช้ในการประดับหัวโขนขนาดเล็ก แต่ใช้งานไม่ได้แล้ว เพราะเกิดการสึกกร่อนจนเป็นแอ่งกระทะ

และในปัจจุบันนี้ก็ไม่มีการทำแม่พิมพ์ทองเหลืองอีก เพราะการแกะแม่พิมพ์ทองเหลืองต้องอาศัยทักษะของช่างแกะที่มีความสามารถมาก จึงจะแกะลงบนพื้นผิวทองเหลืองหรือเหล็กได้ ดังนั้น จึงเกิดความสนใจใน*การศึกษาการทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นขึ้นทดแทนการใช้หินสบู่ในการแกะลวดลายสำหรับงานประดับลวดลายและงานทำหัวโขน* โดยนำเทคโนโลยีการแกะด้วยระบบ CNC (Computer Numerical Control) ที่มีอยู่ทั่วไป มาใช้ร่วมการสร้างลวดลายและแกะแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ลักษณะลวดลายที่มีน้ำหนัก ความหนา และมีมิติตามแบบลวดลายของงานหัตถศิลป์ไทย

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

2.1 เพื่อศึกษาการใช้วัสดุที่สามารถทำเป็นแม่พิมพ์หินสบู่ โดยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการแกะลวดลายที่ใช้ประดับบนหัวโขนและเครื่องศิราภรณ์

2.2 เพื่อสร้างไฟล์โปรแกรมลวดลายสำหรับงานศิลป์ไทย แบบ 3 มิติ ในการใช้เป็นต้นแบบในการแกะแม่พิมพ์สำเร็จรูป

2.3 เพื่อให้ได้แม่พิมพ์จากวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้

3. คำถามการวิจัย / สมมติฐานการวิจัย (ถ้ามี)

เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูป บนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก โดยมีไฟล์ลวดลาย 3 มิติ แบบงานช่างศิลป์ไทยที่นำมาใช้สร้างแม่พิมพ์ซ้ำ ๆ ได้ตามต้องการให้มีมาตรฐานแบบเดียวกันได้

4. ขอบเขตการวิจัย

การศึกษาลวดลายที่ใช้ประดับงานหัวโขนจากแม่พิมพ์หินสบู่เป็นการพิจารณาแบบลวดลายเพื่อนำไปเป็นแบบในการเขียนไฟล์ 3 มิติ และแกะเป็นแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ทำจากอะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก โดยใช้เครื่อง CNC แล้วทำการตรวจสอบแม่พิมพ์ที่แกะลวดลายว่า มีมิติที่ถูกต้องสามารถนำไปใช้ในงานประดับตกแต่งได้จริง จากนั้นจึงสรุปผลงานวิจัยและเผยแพร่ผลงาน

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา เรื่อง การศึกษาวัสดุที่สามารถนำมาทำแม่พิมพ์ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ เนื่องจากปัจจุบันหินสบู่มีราคาแพง และช่างแกะหินสบู่ที่มีฝีมือชั้นเลิศมีจำนวนน้อยลง ผู้ทำการวิจัยประสบปัญหาในการใช้แม่พิมพ์หินสบู่ในการทำลวดลายของศิราภรณ์บนหัวโขนสำหรับการสอนวิชาการทำหัวโขน จึงได้คิดหาวัสดุทดแทนหินสบู่และวิธีการแกะ

แม่พิมพ์โดยนำเทคโนโลยี (เครื่อง CNC) มาใช้เพื่อให้เกิดความสะดวก ทำได้ง่าย ประหยัด รวดเร็ว แต่มีคุณภาพเทียบเท่าแม่พิมพ์หินสบู่

ทั้งนี้ ผู้วิจัยไม่มีความรู้ทางคอมพิวเตอร์ในการเขียนโปรแกรมและการแกะแม่พิมพ์ด้วยเครื่อง CNC ซึ่งเป็นความสามารถเฉพาะทางงานคอมพิวเตอร์ จึงต้องอาศัยความร่วมมือจากบุคลากรหลายด้าน โดยเฉพาะด้านเทคโนโลยีเข้ามาช่วยในการทำวิจัยครั้งนี้ แล้วรับการถ่ายทอดการใช้เทคโนโลยีผสานกับความรู้ด้านศิลปะไทยเพื่อนำมาจัดทำผลงานให้เป็นไปตามลักษณะงาน รูปแบบ มิติ ความหนา ความลึกของแม่พิมพ์ที่นำไปใช้ เมื่อได้ลวดลายของแม่พิมพ์แล้ว ผู้วิจัยจะเป็นผู้เริ่มต้นในการทดลองนำมาใช้งาน และให้ช่างอื่นๆ ที่มีความชำนาญในงานหัตถศิลป์และปราณีตศิลป์นำไปทดลองใช้งานด้วยเพื่อนำมาสรุปผลวิจัยครั้งนี้

ผลที่ได้จากการวิจัยนี้ ซึ่งเป็นการวิจัยเชิงทดลอง อาจยังไม่เป็นไปตามความต้องการได้ครบถ้วน สมบูรณ์ แต่เชื่อมั่นว่า ผลงานจากการวิจัยครั้งนี้ จะเป็นแนวทางในการปรับปรุงต่อยอดให้กับผู้วิจัยและผู้วิจัยท่านอื่นหรือผู้สนใจในการพัฒนางานช่างไทย ในการนำองค์ความรู้ไปถ่ายทอดสู่นักศึกษา สถานศึกษางานช่างไทย ช่วยให้งานช่างไทย สามารถพัฒนาผลงานต่อไปได้

5. นิยามศัพท์

หินสบู่ หมายถึง หินเนื้ออ่อนที่เป็นแร่ดิกไคต์ ช่างนำมาแกะลวดลายเพื่อใช้ทำเป็นแม่พิมพ์เครื่องประดับในงานหัตถศิลป์

เครื่อง CNC (Computer Numerical Control) หมายถึง เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติที่มีการทำงานด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

6. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

6.1 ได้แม่พิมพ์จากวัสดุอื่นที่สามารถทำเป็นแม่พิมพ์ลวดลายทดแทนหินสบู่

6.2 สามารถสร้างไฟล์โปรแกรมลวดลายสำหรับงานศิลป์ไทย แบบ 3 มิติ ในการใช้เป็นต้นแบบในการแกะแม่พิมพ์สำเร็จรูป

6.3 มีองค์ความรู้ในการนำเทคโนโลยีจากเครื่อง CNC มาใช้ในงานแกะแม่พิมพ์ลวดลายบนวัสดุทดแทนหินสบู่

บทที่ 2
เอกสารและข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับงานวิจัย

การจัดทำแม่พิมพ์ด้วยวัสดุทดแทนหินสบู่โดยใช้เครื่อง CNC ผู้วิจัยได้ทำการรวบรวม หลักการ แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเป็นพื้นฐานเพื่อนำมากำหนดกรอบแนวคิดในการศึกษาโดยมีรายละเอียดของประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. หินสบู่ และวัสดุทดแทน คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก
2. การประดับลวดลายในการสร้างหัวโขน
3. เครื่อง CNC
4. การสร้างต้นแบบเครื่องประดับ
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
6. กรอบแนวคิดในการวิจัย

1. หินสบู่ และวัสดุทดแทน (อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก)

แม่พิมพ์ที่นิยมนำมาแกะลวดลายเพื่อใช้ในการทำเครื่องประดับหัวโขน ได้แก่แม่พิมพ์หินสบู่ แต่เนื่องจากปัจจุบันหินสบู่คุณภาพมีจำนวนลดลงประกอบกับช่างแกะที่มีฝีมือเป็นเลิศก็มีจำนวนไม่มาก ทำให้ผู้วิจัยเกิดความสนใจในการทำแม่พิมพ์จากวัสดุทดแทนอื่นๆ ได้ แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก

1.1 หินสบู่

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2554: 1337) ให้คำจำกัดความ “หินสบู่” ว่า เป็นหินแปรชนิดหนึ่ง ซึ่งเนื้อสารประกอบด้วยแร่ทัลก์เป็นส่วนใหญ่ มีเนื้ออ่อน เอาเล็บขูดเป็นรอยได้ง่าย และลื่นมือคล้ายสบู่

“หินสบู่” เป็นชื่อที่ชาวบ้านเรียกกัน ชื่อที่เป็นทางการคือ คือ แร่ดิคไคท์ (Dickite) มีสูตรทางเคมีว่า Al4Si4O10 (OH) 8 อยู่กลุ่มเดียวกับแร่ดินเหนียวเคโอลิไนท์ (Kaolinite) เป็นแร่ที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจมาก สามารถใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ สารเคลือบเซรามิค อิฐทนไฟ และวัตถุดิบงานหัตถกรรม

กรมธรณีวิทยา, (2550) กล่าวถึง ลักษณะและแหล่งแร่เกี่ยวกับแร่ดิกไคต์ (Dickite) ว่าเป็นแร่ดินชนิดหนึ่งในกลุ่มเคโอลิไนต์ ซึ่งมีองค์ประกอบทางเคมีเหมือนกัน แต่มีโครงสร้างผลึกต่างกัน พบเป็นหินแข็งมีสีได้ตั้งแต่เทาอ่อน น้ำตาลอ่อน ไปจนถึงสีเขียวตองอ่อน การกำเนิดดิกไคต์เกิดจาก

การที่น้ำแร่ร้อนและแก๊สซึมผ่านรอยแตกของหินเดิมที่เป็นหินไรโอไลต์ (Ryolite) และทัลก์ (Talc) แล้วเปลี่ยนสภาพ แร่ประกอบหินเดิมให้เป็นแร่ดิกไคต์หรือเกิดจากการที่น้ำแร่ไหลเข้าไปบรรจุในรอยแตกที่มีอยู่ในหิน (Fracture filling) การแพร่กระจายของแร่จึงสัมพันธ์กับแนวโครงสร้างธรณีวิทยาของบริเวณแหล่งในประเทศ แหล่งดิกไคต์ ในไทยพบที่บริเวณเขตติดต่อของอำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก และอำเภอแก่งคอย จังหวัดสระบุรี ประโยชน์ขึ้นอยู่กับคุณภาพแร่ การแบ่งคุณภาพแร่อาศัยปริมาณของอะลูมินา คือ

เกรด A มีอะลูมินาในช่วงร้อยละ 28-32 ส่วนมากใช้ทำเครื่องประดับหรืองานแกะสลัก

เกรด B มีอะลูมินาร้อยละ 11-28 ใช้ในอุตสาหกรรมเซรามิก

เกรด C องค์ประกอบยังไม่เปลี่ยนแปลงไปจากหินเดิมมากนัก ใช้ผสมทำปูนซีเมนต์ขาว

1.2 อะคริลิก

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์ (ม.ป.ป.) ให้คำอธิบายและความรู้เกี่ยวกับ “อะคริลิก” ไว้ ดังนี้

อะคริลิก บางคนเรียก อะคริลิกพลาสติก (Acrylic plastic) หรือพลาสติกอะคริลิก ขณะที่อีกหลายคนเรียกว่า กระจกอะคริลิก (Acrylic glass) หรือเรียกย่อๆ แค่แผ่นอะคริลิก แต่ไม่ว่าจะเรียกชื่อแตกต่างกันอย่างไรก็ตาม ทั้งหมดก็หมายถึงพลาสติกชนิดเดียวกันคือ โพลิเมทิลเมทาไครเลต หรือ พีเอ็มเอ็มเอ (Poly methyl Methacrylate, PMMA) และสูตรเคมีของพลาสติกชนิดนี้คือ C5H8O2

อะคริลิกพลาสติก หรือ โพลิเมทิลเมทาไครเลต เป็นเทอร์โมพลาสติกชนิดหนึ่ง มีชื่อทางการค้าหลายชื่อด้วยกัน เช่น Plexiglas, Lucite, Perspex เป็นต้น พลาสติกชนิดนี้ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่าง เช่น กระจกใสบนเครื่องบิน ป้ายโฆษณา กระจกตู้ปลา วัสดุทางการแพทย์ เป็นต้น เนื่องจากเป็นวัสดุที่มีคุณสมบัติโดดเด่นในเรื่องความเหนียว (Toughness) ความโปร่งใส (Transparent) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย และเมื่อผนวกกับการมีความหนาแน่นต่ำ ซึ่งเป็นคุณสมบัติประจำตัวของวัสดุประเภทพลาสติก อะคริลิกพลาสติกจึงเป็นวัสดุชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้แทนแก้วในงานหลายอย่างได้

การพัฒนาอะคริลิก

อะคริลิกพลาสติกเป็นพลาสติกที่ได้จากการนำโมโนเมอร์ของเมทิลเมทาไครเลต (Methyl methacrylate, MMA) มาทำปฏิกิริยาการเกิดโพลิเมอร์ (Polymerization) โดย 2 นักเคมีชาวเยอรมัน คือ ฟิททิจ (Fittig) และพอล (Paul) สามารถสังเคราะห์โพลิเมทิลเมทาไครเลตได้ตั้งแต่ปี ค.ศ. 1877 แล้ว แต่การพัฒนาวิธีผลิตให้ได้แผ่นอะคริลิกพลาสติกออกมาต้องรอถึงปี ค.ศ. 1933 เมื่อออทโท เริห์ม (Otto RÖhm) นักเคมีชาวเยอรมันขอจดสิทธิบัตรวิธีผลิตแผ่นพลาสติกใสจากโพลิเมทิลเมทาไครเลต

ในชื่อทางการค้า Plexiglas หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1936 จึงมีการผลิตแผ่น Plexiglas ออกจำหน่ายในเชิงพาณิชย์

คุณสมบัติที่สำคัญของอะคริลิกพลาสติก

- มีความหนาแน่นประมาณ 1.15-1.19 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร
- มีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 130-140 องศาเซลเซียส และจุดเดือดที่อุณหภูมิ 200 องศาเซลเซียส
- มีความทนทานต่อการกระแทก (impact strength) สูงกว่าแก้วและโพลิสไตรีน แต่ต่ำกว่าโพลิคาร์บอเนตและพลาสติกวิศวกรรมชนิดอื่น
- มีเนื้ออ่อนจึงเกิดรอยขูดขีดได้ง่าย
- แสงสว่างสามารถส่องผ่านเนื้อพลาสติกได้ถึงร้อยละ 92 และมีการสะท้อนกลับที่ผิวประมาณร้อยละ 4
- มีความทนทานต่อสภาพแวดล้อมดีกว่าพลาสติกชนิดอื่นเช่น โพลิคาร์บอเนต จึงนิยมใช้อะคริลิกพลาสติกกับงานกลางแจ้งด้วย
- ไม่ทนทานต่อตัวทำละลายหลายชนิด

ปัจจุบันอะคริลิกพลาสติกถูกประยุกต์ใช้ในงานหลายอย่างไม่ว่าจะเป็นเครื่องประดับ อุปกรณ์สำนักงาน อุปกรณ์ในห้องน้ำ สีทาบ้าน ป้ายโฆษณาหรือป้ายชื่อร้าน และอื่นๆ อีกมากมาย เนื่องจากมีน้ำหนักเบา ทนแต่แรงกระแทกได้ดี มีความเป็นฉนวนความร้อน แต่ข้อด้อย คือ เกิดรอยขูดขีดง่าย ราคาแพง

1.3 ทองเหลือง

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2554: 551) ให้คำจำกัดความ “ทองเหลือง” ว่า เป็นโลหะเจือชนิดหนึ่ง ประกอบด้วยทองแดงและสังกะสี ลักษณะเป็นโลหะสีเหลือง

วิกิพีเดีย (2560) อธิบาย “ทองเหลือง” (Brass) ไว้ ดังนี้

เป็นโลหะผสมที่มีทองแดงและสังกะสีเป็นส่วนประกอบหลัก ปริมาณของสังกะสีนั้นแปรเปลี่ยนไปประหว่าง 5 - 45 เปอร์เซนต์ ทำให้ได้ทองเหลืองที่มีคุณสมบัติเฉพาะตัวที่แตกต่างกันไป ทองเหลืองแตกต่างจากสำริดตรงที่ สำริดมีส่วนประกอบของทองแดงและดีบุกเป็นหลัก แต่ทองเหลืองบางชนิดก็ถูกเรียกว่า "สำริด" ก็มี

ทองเหลืองนั้นมีสีเหลือง จึงมีลักษณะบางส่วนคล้ายทองคำ มีความต้านทานต่อการเกิดสนิมได้ดีพอสมควร จึงนิยมนำมาทำเป็นเครื่องประดับตกแต่งภายในบ้านเรือน มนุษย์รู้จักทองเหลืองมาตั้งแต่ยุคก่อนประวัติศาสตร์ และนานก่อนที่จะค้นพบธาตุสังกะสีด้วยซ้ำ การผลิตทองเหลืองนั้น อาศัยการหลอมละลายทองแดง กับ แร่คาลาไมน์ ซึ่งเป็นสินแร่สังกะสีชนิดหนึ่ง ในกระบวนการนี้ สังกะสีจะ

ถูกดูดออกมาจาก คาลาไมน์ และผสมเข้ากับทองแดง สำหรับสังกะสีบริสุทธิ์นั้นไม่สามารถผลิตด้วยเทคนิคงานโลหะสมัยโบราณได้

ในปัจจุบันยังมีเครื่องทองเหลืองให้พบเห็นในหลายรูปแบบ ไม่ว่าจะเป็นขันทองเหลือง พานทองเหลือง แจกันทองเหลือง กระทะทองเหลือง และ เครื่องใช้ เครื่องตกแต่งทำด้วยทองเหลืองอีกมากมาย ในอุตสาหกรรมผลิตทองเหลืองทั่วๆ ไป จะแบ่งทองเหลือง ออกเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ ทองเหลืองประเภทรีดเป็นแท่งหรือทองเหลืองประเภทรีดเป็นแผ่น และทองเหลืองประเภทหล่อ ทองเหลืองทั้งสองประเภทนี้สามารถแยกคุณภาพและคุณสมบัติเชิงกลออกได้ตามรายละเอียดคู่มือ ASTM (American Society for Testing and Materials) หรือ JIS (Japanese Industrial-Standards) ที่เป็นมาตรฐานภายใต้ข้อกำหนดที่ตกลงร่วมกันระหว่างผู้ผลิตทองเหลืองภายในประเทศและต่างประเทศเพื่อเป็นการสร้างความเข้าใจให้ตรงกัน ทั้งเรื่องคุณภาพ รูปร่าง น้ำหนัก ฯลฯ และมักจะกล่าวถึงชื่อทองเหลืองที่รู้จักและใช้งานกันอยู่เป็นประจำซึ่งมีอยู่ไม่มากนัก คือ

ทองเหลืองที่ผสมสังกะสีไม่เกิน 5% มีชื่อเรียกทางการค้าว่า Gilding metal ใช้ทำเหรียญ

ทองเหลืองที่ผสมสังกะสี 10% เรียก Commercial bronze หรือ บรอนซ์ทางการค้า คุณสมบัติใช้งานคล้ายคลึงกับ Gilding metal

ทองแดงผสมสังกะสี 12.5% เรียก Jewelry bronze หรือทองเหลืองทำเครื่องประดับ

ทองแดงผสมสังกะสี 15% เรียก Red Brasses หรือ ทองเหลืองแดง

ทองแดงผสมสังกะสี 30% เรียก Cartridge brass หมายถึงทองเหลืองที่ใช้ทำปลอกกระสุนปืนทำท่อที่ต้องอาศัยการอัดขึ้นรูป (Extrusion)

ทองแดงผสมสังกะสี 35% เรียก Yellow brass หมายถึงทองเหลืองที่มีสีค่อนข้างเหลืองจัด คุณสมบัติและการใช้งานใกล้เคียงกับ Cartridge brass

ทองแดงผสมสังกะสี 40% เรียก Munts Metal คำว่า Muntz เป็นชื่อทางการค้า

โดยสรุป ทองเหลือง ก็คือ โลหะที่มีการผสมระหว่างทองแดงและสังกะสีเข้าด้วยกัน ทั้งนี้ก็เพราะสังกะสีสามารถละลายในทองแดงได้ ซึ่งปริมาณของสังกะสีที่ใส่ลงไปในทองแดงนั้นจะมากหรือน้อยก็ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ผลิตเอง โดยจะทำให้ทองเหลืองที่ได้ มักมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันไป ไม่สามารถกำหนดคุณสมบัติอย่างตายตัวได้ แต่สำหรับคุณสมบัติที่ดีของทองเหลืองนั้น จะต้องมีคุณสมบัติหลักๆ ดังนี้ คือ

- ผิวแวววาว
- มีความแข็งสูง
- ทนต่อแรงกระแทกได้ดี
- ทนต่อการกัดกร่อนได้สูง

– มีจุดหลอมเหลวไม่สูง

– สามารถทำขึ้นได้ในระดับครัวเรือนที่ไม่ต้องใช้เทคโนโลยีที่ซับซ้อน

– การใช้งานทนทาน

ทองเหลืองมีความเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมค่อนข้างสูง โดยผ่านกระบวนการที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพที่สุด ไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม และยังสามารถใช้งานควบคู่ไปกับธรรมชาติได้เป็นอย่างดีอีกด้วย นอกจากนี้ ทองเหลืองยังสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ใหม่ได้อย่างไม่เปล่าประโยชน์ ด้วยการนำมาหลอมและขึ้นรูปใหม่เพื่อใช้งานต่อไปได้

1.4 เหล็ก

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2554: 1348) ให้คำจำกัดความ “เหล็ก” ว่า เป็นลำดับที่ 26 สัญลักษณ์ Fe เป็นโลหะที่มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาวเป็นเงาคล้ายเงิน หลอมละลายที่ 1836 องศาเซลเซียส

วิกิพีเดีย (2560) อธิบาย “เหล็ก” (Iron) ไว้ ดังนี้

ธาตุเหล็กนั้นมีชื่อทางวิทยาศาสตร์คือ Fe เหล็กนั้นมีประโยชน์อย่างมากในปัจจุบันเป็นธาตุที่พบเห็นได้ในทุกวัน โดยเฉพาะในการก่อสร้าง ในโรงงานอุตสาหกรรมอีกทั้งยังเป็นสิ่งสำคัญที่ต้องใช้ในการสร้างบ้าน อาคารต่างๆ เหล็กจึงเป็นธาตุที่มีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้แล้วยังใช้ในการทำเป็นวัสดุต่างๆ ทำเป็นชิ้นส่วนของเครื่องจักร และอื่น ๆ อีกมากมาย

เหล็ก เป็นแร่ธาตุที่มีบทบาทกับการนำมาใช้งานในชีวิตประจำวันมากที่สุด และเป็นที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย โดยเหล็กจะแบ่งออกเป็น 2 ประเภทด้วยกัน คือเหล็ก (iron) และ เหล็กกล้า (steel) ซึ่งทั้งสองประเภทนี้ มีคุณสมบัติที่ต่างกันหลายประการ แต่ส่วนใหญ่ก็มักจะถูกเรียกอย่างเหมารวมกันว่า “เหล็ก” นั่นเอง

เหล็กที่พบได้มากในธรรมชาติ จะมีลักษณะเป็นสีแดงอมน้ำตาล เมื่อนำเข้าใกล้กับแม่เหล็ก จะดูดติดกัน ส่วนพื้นที่ที่ค้นพบเหล็กได้มากที่สุด ก็คือ ตามชั้นหินใต้ดินที่อยู่บริเวณที่ราบสูงและภูเขา โดยจะอยู่ในรูปของสินแร่เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งก็ต้องใช้วิธีถลุงออกมา เพื่อให้ได้เป็นแร่เหล็ก บริสุทธิ์และสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้

เหล็กกล้า เป็นโลหะผสม ที่มีการผสมระหว่าง เหล็ก ซิลิคอน แมงกานีส คาร์บอนและธาตุอื่นๆ อีกเล็กน้อย ทำให้มีคุณสมบัติในการยืดหยุ่นสูง ทั้งมีความทนทาน แข็งแรง และสามารถต้านทานต่อแรงกระแทกและภาวะทางธรรมชาติได้อย่างดีเยี่ยม ที่สำคัญคือเหล็กกล้าไม่สามารถค้นพบได้ตามธรรมชาติเหมือนกับเหล็ก เนื่องจากเป็นเหล็กที่สร้างขึ้นมาโดยการประยุกต์ของมนุษย์ แต่ในปัจจุบันก็

มีการนำเหล็กกล้ามาใช้งานอย่างแพร่หลาย เพราะมีต้นทุนต่ำ จึงช่วยลดต้นทุนได้เป็นอย่างมาก และมีคุณสมบัติที่โดดเด่นไม่แพ้เหล็ก

วัสดุเหล็กและเหล็กกล้าสามารถทำการผลิตด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้ด้วยการเจือวัสดุอื่นๆ ลงไป และการผ่านกรรมวิธีทางความร้อน (Heat Treatment) เพื่อให้ได้คุณสมบัติที่จะนำไปใช้งานตามสภาพหรือสภาวะของงาน โดยทั่วไป เหล็กดิบแบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

- *เหล็กดิบขาว* มีแมงกานีสอยู่ทำให้มีการก่อตัวของคาร์บอนขึ้น ปกติจะมีคาร์บอนประมาณ 3–4 % คาร์บอนนี้จะทำปฏิกิริยาทางเคมีรวมตัวกับเนื้อเหล็ก (ผลึกเม็ดเกร็นของเหล็ก) กลายเป็น Fe3 C (เหล็กคาร์บอน) ดังนั้นจึงไม่มีแกรไฟต์รวมอยู่ด้วย ทำให้มีลักษณะแข็งเปราะ มีเม็ดละเอียดสีขาวเหมือนเงิน เหล็กชนิดนี้จะนำไปทำเป็นเหล็กกล้า เหล็กหล่อเหนียวขาว และเหล็กกล้าหล่อ

- *เหล็กดิบเทา* มีซิลิคอนปนอยู่ ซิลิคอนจะผลักคาร์บอนออกจากผลึกเม็ดเกร็นของเหล็กให้อยู่ในรูปแกรไฟต์ (Graphite) ซึ่งจะแทรกตัวอยู่ระหว่างผลึกเม็ดเกร็นของเหล็ก (เพราะคาร์บอนไม่ทำปฏิกิริยารวมกับเนื้อเหล็ก) เหล็กชนิดนี้จะนำไปทำเป็นเหล็กหล่อ (Cast Iron) และเหล็กหล่อเหนียวดำ เหล็กดิบเทาหรือเหล็กดิบขาวที่ถลุงจากเตาสูงจะไม่สามารถนำมาผลิตเป็นวัสดุกึ่งสำเร็จรูปหรือชิ้นส่วนสำเร็จรูปได้ เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนสูง มีสารมลทินอื่นๆปนอยู่ และยังขาดตัวประสมเพิ่มทำให้ขาดคุณสมบัติที่ต้องการ จึงต้องทำการหลอมเหล็กดิบนี้ใหม่เพื่อให้ความร้อนในเตาเผาไหม้คาร์บอนฟอสฟอรัส กำมะถันให้น้อยลง

มาตรฐานเหล็กเป็นระบบในการแบ่งประเภท, การประเมิน, การกำหนดทางเคมี และทางกลคุณสมบัติทางโลหะของเหล็กชนิดต่างๆ และอัลลอยด์ผสมเหล็ก ที่ใช้ในการผลิตส่วนประกอบต่างๆ ผลิตเครื่องจักรกล และใช้ในการก่อสร้าง ทั้งนี้มาตรฐานเหล็กจะมีประโยชน์อย่างมากในการควบคุมการทำงานในห้องปฏิบัติการ กระบวนการผลิต หลังการผลิต การประมวลผล และการนำไปใช้งาน

เหล็กสามารถจำแนกได้หลากหลายรูปแบบ เช่น :

- ส่วนประกอบ เช่น คาร์บอน อัลลอยด์ต่ำ หรือเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นต้น
- วิธีการผลิต เช่น โอเพนฮาร์ท เบสิกออกซิเจน หรือ วิธีอิเล็คตริกเฟอแนนซ์ เป็นต้น
- วิธีการรีดละเอียด เช่น รีดร้อน รีดเย็น การตกแต่งผิว และเทคนิคการชุบ เป็นต้น
- รูปแบบผลิตภัณฑ์ เช่น สลัก แผ่น แผ่นบาง ท่อ หรือรูปแบบโครงสร้าง เป็นต้น
- การทำดีอ๊อกซิเดชั่น เช่น คีล เซมิคีล เป็นต้น
- โรงสร้างจุลภาค เช่น เฟอริติก เพิร์ลไลท์ และมาร์เตนซิติก เป็นต้น
- การอบร้อน เช่น การหล่อ การชุบแข็ง และการคืนตัว เป็นต้น

โดยทั่วไปมาตรฐานเหล็กจะมีประโยชน์อย่างมากในการควบคุมการทำงานในห้องปฏิบัติการ กระบวนการผลิตและหลังการผลิต การประมวลผลและการนำไปใช้งาน ระบบมาตรฐานเหล็กที่ใช้กันปัจจุบันมี ดังนี้

มาตรฐานเหล็กของ AISI (American Iron and Steel Institute) ได้รับการใช้งานมาเป็นระยะเวลานานในสหรัฐอเมริการวมถึงประเทศอื่นๆ แต่มาตรฐานชนิดนี้ไม่ได้รับการปรับปรุงมาเป็นระยะเวลานาน จึงถูกแทนที่ด้วย SAE, ASTM และมาตรฐานอื่นๆ

EN (Euro norm) เป็นระบบมาตรฐานที่กลมกลืนกับกลุ่มประเทศในยุโรป และถูกใช้จากทุกประเทศในยุโรป ส่วนรายละเอียดโลหะที่ล้าสมัยของประเทศต่างๆ เช่น German DIN, British BS, French AFNOR และ Italian UNI เป็นต้น ยังสามารถพบได้ในเอกสารและรายละเอียดทั่วไป

มาตรฐาน Japanese JIS ถูกใช้อย่างกว้างขวางในเอเชีย และแถบมหาสมุทรแปซิฟิก และมาตรฐานของ JIS ยังถูกใช้เป็นพื้นฐานของระบบมาตรฐานจากชาติอื่นๆ เช่น เกาหลี, จีน และไต้หวัน เป็นต้น

มาตรฐานเหล็กจากประเทศอุตสาหกรรมใหม่ เช่น จีน GB และ YB, อินเดีย IS และ บราซิล NBR เป็นต้น ซึ่งในบางครั้งก็ไม่ได้รับการพัฒนา และข้อมูลส่วนใหญ่ก็ใช้จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่มีอยู่แล้วในโลก และกรณีเกิดขึ้นเช่นเดียวกับของรัสเซีย GOST ซึ่งเป็นจริงในทางปฏิบัติสำหรับผู้ที่ใช้งานอย่างอิสระ

มาตรฐานเหล็ก SAE สำหรับยานยนต์ เครื่องบิน และอื่นๆ

มาตรฐานเหล็ก ASME สำหรับถังความดัน และอุปกรณ์ใช้งานอื่นๆ

AWS สำหรับการเชื่อมเครื่องอุปโภคบริโภค และวัสดุอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง

ตัวอย่างมาตรฐานเหล็กที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่

- เหล็ก SS400 คุณสมบัติ เหล็กแผ่นรีดร้อน สำหรับงานโครงสร้างทั่วๆ ไป
- เหล็ก SKD11 คุณสมบัติ ทำลูกรีดเกลียว ลูกรีดแป๊ป ใบมีดตัดเหล็กแม่พิมพ์ปั้มขึ้นรูป แม่พิมพ์กรรไกร แม่พิมพ์กระดาษ ทนแรงตึงสูง
- เหล็ก SKS3 คุณสมบัติ เหล็กทำแม่พิมพ์งานเย็น พิมพ์ตัด โลหะแผ่นบางและกระดาษ มีความสามารถในการชุบแข็งสูง ทนแรงเสียดสีได้ดี
- เหล็ก SKD61 คุณสมบัติ เหล็กสำหรับทำแม่พิมพ์งานร้อน มีความแข็งแรงที่อุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูง ๆ ทนการสึกหรอดีมาก ทนแรงกระแทกสูง รักษาความแข็งแรงที่สูงได้ดี ใช้ทำแม่พิมพ์อัดขึ้นรูปโลหะได้ดี
- เหล็ก P20 คุณสมบัติเหล็กแม่พิมพ์พลาสติกคุณภาพสูง ขัดผิวขึ้นเงาได้ดีมาก ทำงานง่าย ทนแรงดัน

- เหล็ก S45C คุณสมบัติ เหล็กคาร์บอนปานกลางเหมาะสำหรับงานพื้นฐานทั่วไป โครงสร้างแม่พิมพ์ และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ชุบแข็งได้ง่าย ทนการเสียดสีได้ดี มีความแข็งแรงสูง เหมาะสำหรับทำชิ้นส่วนพื้นฐาน หรือโครงสร้างของแม่พิมพ์และงานทั่วๆ ไป
- เหล็ก S50C คุณสมบัติ เหล็กคาร์บอนปานกลางเหมาะสำหรับงานพื้นฐานทั่วไป โครงสร้างแม่พิมพ์ และแม่พิมพ์ฉีดพลาสติก ชุบแข็งได้ง่าย ทนการเสียดสีได้ดี มีความแข็งแรงสูง เหมาะสำหรับทำชิ้นส่วนพื้นฐาน หรือโครงสร้างของแม่พิมพ์และงานทั่วๆ ไป
- เหล็ก SCM440 คุณสมบัติ เหล็กเครื่องมือมีคาร์บอนปานกลาง มีความเหนียว ทนแรงตึงสูง เหมาะสำหรับทำเครื่องมือ น็อต สกรู เพลา ก้านสูบและชิ้นส่วนรถยนต์

2. การประดับลวดลายในการสร้างหัวโขน

2.1 ที่มาและความสำคัญของหัวโขน

ทนงศักดิ์ กลิ่นธรรม (2557: 1-3) กล่าวถึงที่มาและความสำคัญของหัวโขนไว้ ดังนี้

โขนเป็นนาฏศิลป์ชั้นสูงที่มีเอกลักษณ์โดดเด่น มีระเบียบแบบแผนเป็นศิลปะและมหรสพประจำชาติซึ่งบรรพชนไทยได้สร้างสรรค์หล่อหลอมและสืบทอดมาจนถึงปัจจุบัน และเป็นการแสดงที่แสดงถึงขนบจารีตประเพณีพิธีกรรมอันละเอียดอ่อนลึกซึ้งและศักดิ์สิทธิ์ จัดเป็นมหรสพหลวงที่แสดงในพระราชพิธีสำคัญๆ มาตั้งแต่สมัยกรุงศรีอยุธยาที่ถือเป็นเครื่องประกอบราชอิสริยยศอย่างหนึ่งของพระมหากษัตริย์

ทั้งนี้ โขนมีการแต่งกายที่มีลักษณะเฉพาะ เห็นได้จากหัวโขนที่สวมศีรษะจะมีรูปทรงเป็นเทวดา ยักษ์ ลิง อันเป็นศิลปะชั้นสูง หรืองานประณีตศิลป์ ซึ่งใช้ในการละเล่นชักนาคดึกดำบรรพ์และในพิธีกรรมต่างๆ ของการละเล่นชั้นสูงของไทยแต่โบราณ ดังนั้น การสร้างหัวโขนนอกจากสร้างขึ้นเพื่อใช้แสดงโขนแล้วยังถูกสร้างขึ้นเพื่อสักการะบูชา (เศียรครูเทพเจ้า) อันหมายถึง ศีรษะเทพเจ้าต่างๆ เช่น พระอิศวร พระนารายณ์ พระพรหม พระฤาษี และพระคเณศ เป็นต้น โขนนิยมเล่นเรื่องรามเกียรติ์ ซึ่งเป็นวรรณคดีที่มีเค้าโครงมาจากเรื่องรามายณะของอินเดีย ตัวโขนที่แสดงออกจึงมีจำนวนมาก และต้องสวมใส่หัวโขนต่างๆ กัน จำแนกใบหน้าได้เป็น 4 จำพวก ได้แก่ หน้ามนุษย์ เทพยดา อมนุษย์ ลิง และสัตว์ต่างๆ โดยจะเห็นได้ว่า สิ่งสำคัญที่บ่งบอกถึงฐานะของโขนแต่ละตัว คือ เครื่องประดับหัวโขน หรือลักษณะศิราภรณ์ ซึ่งลดหลั่นกันตามฐานะและความสำคัญของตัวโขน โดยเอาแบบอย่างของเครื่องราชูปโภคของพระมหากษัตริย์ ทำให้หัวโขนมีการแบ่งประเภทตลอดจนลักษณะต่างๆ หลายประเภท เช่น หัวโขนฝ่ายพระ ฝ่ายยักษ์ ฝ่ายลิง และเศียรเทพเจ้าต่างๆ ดังนั้น ผู้สร้างหัวโขนต้องรู้รูปแบบและคติความเชื่อที่ครูช่างท่านได้กำหนดไว้ จึงจะทำให้สร้างหัวโขนอันวิจิตร พิศดาร งดงามได้สมวัตถุประสงค์หรือตรงตามความต้องการ

ปัจจุบัน ยังคงมีการถ่ายทอดและอนุรักษ์การทำหัวโขนในหลายกลุ่มช่าง เช่น ที่สำนักช่างสิบหมู่ กรมศิลปากร, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตเพาะช่าง, โรงเรียนช่างฝี มือในวัง (ชาย) ใน พระบรมมหาราชวัง และครูตาบทิพย์ แก้วดวงใหญ่ โดยตลอดเวลาระยะเวลากว่า 50 ปีที่วิชาช่างหัวโขนมีการถ่ายทอดและมีการสืบสานการทำอย่างต่อเนื่องนี้ ช่างแต่ละสำนักหรือตามสถาบันที่เปิดสอนอบรมมีหลักในการถ่ายทอดที่แตกต่างกัน อย่างไรก็ดี การสร้างหัวโขนในปัจจุบันยังมีจุดมุ่งหมายในเชิงธุรกิจที่ตอบสนองนโยบายการค้าด้วย นอกเหนือจากการสื่อสารและสืบทอดวัฒนธรรมให้คงอยู่ ซึ่งเป็นการสร้างอาชีพและทำให้เกิดรายได้ ด้วยเหตุนี้การทำหัวโขนจึงได้มีการเปลี่ยนแปลงไปตามสภาพปัจจุบันของโลกและมีวิวัฒนาการทั้งรูปแบบ เทคนิค วัสดุ และวิธีการหรือขั้นตอน เพื่อให้ตรงกับความต้องการของกลุ่มเป้าหมายในการนำไปใช้งานในแต่ละประเภท แต่ละด้าน และเหมาะสมกับบริบทสังคมปัจจุบัน

2.2 ลักษณะของหัวโขน

เกื้อกมล ศรีสำอางค์ (2556: 6-9) ได้กล่าวว่า หัวโขนที่ใช้ในการแสดงโขนอาจจำแนกเพื่อความเข้าใจ และรู้เรื่องราวของโขนได้ชัดเจนขึ้นตามลักษณะที่ผู้รู้แต่ก่อนท่านได้กำหนดหลักเกณฑ์ไว้ด้วยลักษณะต่างๆ ดังนี้

2.2.1 จำแนกตามลักษณะใบหน้า

1) หน้ามนุษย์และหน้าเทพยดา

ลักษณะหน้าโขนประเภทนี้ปั้นหน้าเป็นหุ่นที่มีลักษณะคล้ายมนุษย์ทั่วไป แต่ปั้นเครื่องหน้าให้มีลักษณะกลางๆ ไม่อิงลักษณะใบหน้าคนจริงๆ คนใดคนหนึ่ง ดังนั้นหน้าหุ่นประเภทนี้จึงมีเค้าหน้าเหมือนกันทุกๆ หัว และยังนิยมปั้นหน้าหุ่นและเขียนระบายใบหน้าให้แสดงอารมณ์ร่าเริง ด้วยอาการยิ้มแย้มน้อยๆ ซึ่งจะสังเกตได้ชัดในใบหน้าฤาษี

2) หน้าอมนุษย์

ส่วนใหญ่เป็นหน้ายักษ์ อมนุษย์ตนอื่นนั้นก็มีบ้างแต่ไม่มาก ใช้โครงหน้าจากมนุษย์ทั่วไปเช่นเดียวกัน แต่ภูมิหลังของยักษ์ตามท้องเรื่องเป็นพวกที่มีนิสัยดุร้าย โกรธง่าย นายช่างจึงคิดประดิษฐ์นำเอาลักษณะความโกรธมาปรากฏให้เห็นเด่นชัดบนใบหน้าหัวหุ่นยักษ์

3) หน้าลิงและหน้าสัตว์ต่างๆ

แบ่งการทำออกเป็น 2 แบบ กล่าวคือ อย่างแรกทำเป็นชนิดครอบสวมคลุมศรีษะและปิดใบหน้าทั้งหมด เช่น หน้าชามพูวราชจอมหมี หน้าพระพิฆเนศวร เป็นต้น ส่วนอย่างที่สองทำเป็นหัวของสัตว์และชนิดตัดแต่คอออกแล้วสวมบนศรีษะผู้แสดง บางทีก็แหวะเป็นกรอบหน้า เช่น หัวม้า หัวราชสีห์ หัวนางแมว เป็นต้น ในส่วนของหัวลิงซึ่งทำมากในการแสดงโขนนั้นทำอย่างครอบสวม

ศีรษะและปิดหน้าทั้งหมด ช่างสรรให้สวยงามกว่าหน้าลิงตามธรรมชาติ เป็นศิลปะแบบอุดมคติ แต่ไม่ได้คิดได้ตามอำเภอใจ เพราะเส้นแต่ละเส้นที่ปรากฏนั้นคิดขึ้นจากสิ่งที่มีอยู่จริงบนหน้าลิงทั้งสิ้น

2.2.2 จำแนกตามลักษณะศิราภรณ์ คือเครื่องประดับหัวโขน

เครื่องประดับหัวโขนมีไว้เพื่อบอกความสำคัญสถานะของตัวโขน โดยนำแบบอย่างมาจากเครื่องราชูปโภคของพระมหากษัตริย์ เครื่องศิราภณ์อย่างมงกุฎหรือชฎาของหัวพระใหญ่พระน้อยนั้นเอาอย่างพระมหาพิชัยมงกุฎ และพระชฎาในเครื่องราชกกุธภัณฑ์ ส่วนเครื่องประดับหัวโขนของพวกท้าวต่างแดนนั้น ได้แก้ไขให้ยอดของเครื่องประดับหัวมีลักษณะต่างกันออกไปตามฐานะ ดังนี้

1) ฝ่ายพลับพลา มีวานรลำดับชั้นต่างกันหลายชั้น จำแนกได้ มงกุฎยอดชัย มงกุฎยอดบัดหรือมงกุฎยอดเดินหน มงกุฎยอดสามกลีบ เกี้ยวรักร้อยดอกไม้ประดับกรรเจียก เตียวเพชร จังเกียงและผ้าโพก

2) ฝ่ายลงกา หรือฝ่ายยักษ์มีตัวแสดงมากกว่าตัวลิง ยอดต่างๆ จึงมีลักษณะแบ่งอกเป็นหลายพวก ได้แก่ มงกุฎกาบไผ่ มงกุฎหางไหล มงกุฎยอดจีบ มงกุฎยอดหางไก่ มงกุฎยอดกระหนก มงกุฎยอดน้ำเต้ากลม มงกุฎยอดน้ำเต้า มงกุฎยอดน้ำเตาเฟือง มงกุฎยอดสามกลีบ มงกุฎยอดนาค มงกุฎหลายยอด มงกุฎหลายหน้า กรอบหน้าหรืออุณหิศ หัวโล้น หัวโขนยักษ์ และหัวตลกฝ่ายยักษ์

2.2.3 จำแนกตามสีหน้าหัวโขน

แม้จะมีการจำแนกหัวโขนตามเครื่องประดับหัวโขนแล้ว แต่ตัวโขนก็ยังมีจำนวนมากกว่าแบบที่คิดได้ หัวโขนซึ่งทำยอดหมือนกันจึงยังมีอยู่มากหัว เมื่อเป็นเช่นนี้ช่างจึงคิดวิธีแก้ปัญหาโดยการเขียนระบายสีพื้นส่วนใบหน้าหัวโขนให้เป็นสีต่างๆ กันออกไป และกำหนดสีเบญจรงค์ ได้แก่ สีดำ สีขาว สีแดง สีคราม และสีเหลือง ไว้เป็นสีหลัก นำมาใช้ผสมกันให้กลายเป็นสีต่างๆ หลายโทนจำนวนมากเท่าที่ปรากฏและสามารถรวบรวมไว้ได้

พวกสีแดง ได้แก่	สีแดง สีแดงชาด สีแดงเสน สีดินแดง สีลิ้นจี่ สีหงสบาท สีหงดิน สีหงชาด สีหงเสน สีแสด สีดอกชบา และสีฟ้าแลบ
พวกสีเหลือง ได้แก่	สีเหลืองรง สีเหลืองดิน สีเหลืองอ่อน สีเหลืองเทา สีเลื่อมเหลือง สีเลื่อมประภัสสร และสีจันทร์
พวกสีคราม ได้แก่	สีตรา สีขาบ สีครามอ่อน สีดอกตะแบก และสีมอคราม
พวกสีม่วง ได้แก่	สีม่วง สีบัวโรย ม่วงแก่ และสีม่วงอ่อน
พวกสีเขียว ได้แก่	สีเขียว สีก้ามปู สีน้ำไหล สีเขียวใยแค และสีเขียวตังแซ
พวกสีดำ ได้แก่	สีดำ สีดำหมึก สีผ่านดำ และสีมอหมึก
พวกสีเทา ได้แก่	สีเทา สีผ่านขาว และสีเมฆ

พวกสีน้ำตาล ได้แก่ สีน้ำรัก และสีผ่านแดง

แต่ถึงแม้จะมีสีอยู่มากสีแล้วนั้นก็ยังไม่มีเพียงพอที่จะผสมระบายให้แก่จำนวนหัวโขนที่มีกำหนดในเรื่องหัวโขน จึงยังมีที่เขียนสีบนใบหน้าพ้องกันอยู่หลายตัวทั้งฝ่ายลิงและยักษ์ มีส่วนของยักษ์นั้นมีซ้ำกันทั้งเครื่องประดับยอดหัวโขนและสีของหน้าหัวโขน ช่างจึงต้องมีการกำหนดอาวุธและพาหนะประจำตัวโขนควบคู่ไปด้วย

2.2.4 จำแนกตามลักษณ์พิเศษของใบหน้า

ตัวอย่างลักษณะของใบหน้าหัวโขนวานรฝ่ายพลับพลาที่มีใบหน้าพ้องกัน ช่างได้แก้ไขด้วยวิธีทำให้อ้าปาก และหุบปาก ยกตัวอย่างเช่นพวกที่เขียนระบายหน้าเป็นสีขาว ได้แก่หนุมานและสัตพลี จะแก้ไขสัตพลีทำเป็นลิงหุบปาก ส่วนหนุมานให้อ้าปาก เป็นต้น

1) ตัวอย่างลักษณะของใบหน้าหัวโขนฝ่ายยักษ์ที่มีใบหน้าพ้องกัน ช่างได้ประดิษฐ์ใบหน้าให้พิเศษแตกต่างกันด้วยตาและปาก ดังนี้

- ลักษณะนัยน์ตายักษ์ ทำเป็น 2 แบบ คือลืมตาเบิกกว้างหรือตาโพลง (ทศกัณฐ์, อินทรชิต) และตาหลบต่ำหรือตาจระเข้ (หน้าโขน,พระพิราพ)

2) ลักษณะของปากยักษ์ ทำเป็น 2 แบบเช่นกัน คือ ปากแสยะหรือการแสยะปาก และปากขบ

3) ยิงฟันแลเห็นเขี้ยว (หน้าโขน, พระพิราพ, ทศกัณฐ์) และปากขบหรือการทำในลักษณะฟันบนข่มริมฝีปากล่าง (ตรีเศียร, อินทรชิต, รามสูร)

2.3 งานทำหัวโขน

ธรรมรัตน์ โถวสกุล อาคม เสงี่ยมวิบูล และวุฒิพงษ์ โรจนเขษมศรี (2560: 92-97) ได้สรุปขั้นตอนการทำหัวโขนไว้ ดังนี้

ผู้สร้างต้องใช้องค์ความรู้และภูมิปัญญาจากวัสดุท้องถิ่น และกรรมวิธีการผลิตที่สืบสายกันมาของแต่ละสกุลช่างจะมีกรรมวิธีเฉพาะและเป็นความลับในสายสุกลนั้น การทำหัวโขนในอดีตเป็นงานที่ทำขึ้นเฉพาะบุคคลสำหรับสวมใส่หรือแสดง ใช้ระยะเวลาในการทำมาก แต่ละขั้นตอนแสดงถึงภูมิปัญญาของช่างทำหัวโขนไทย มีขั้นตอนสำคัญทั้งเทคนิค และวิธีการ สรุปได้เป็น 12 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นตอนการปั้นหุ่น ช่างทำหัวโขนไทยจะปั้นหุ่นต้นแบบ โดยใช้ดินเหนียวปั้น ให้ขนาดของหุ่นมีขนาดใหญ่กว่าขนาดศรีษะที่วัดเอาไว้ 2- 3 นิ้ว แล้วนำดินเหนียวที่ปั้นได้ขนาดมาเผาให้สุกใช้เทคนิคเดียวกับงานเครื่องปั้นดินเผา ต้องอาศัยความชำนาญของช่างปั้น เมื่อหุ่นดินเหนียวผ่านการเผาให้แข็งตัว ขนาดจะลดลงมาเนื่องจากความชื้นในดินเหนียวหายไป ขั้นตอนนี้จะได้ลักษณะภายนอก

ของศีรษะ ยังไม่ได้มีรายละเอียดแต่อย่างใด ต่อมามีการพัฒนาการปั้นหุ่นด้วยการหล่อจากปูนปลาสเตอร์ ทำให้สะดวกในการทำและมีความคงทนถาวร

2) ขั้นตอนการพอกหุ่นหรือปิดหุ่นด้วยกระดาษ ช่างทำหัวโขนนิยมใช้กระดาษมาสร้างเป็นโครงศรีษะภายนอกเพื่อให้มีน้ำหนักเบาในการสวมใส่ ทั่วไปแล้วช่างทำหัวโขนโบราณจะใช้กระดาษข่อยที่มีเส้นใยให้ความเหนียวนุ่มมาปิดหุ่นหัวโขน เมื่อแห้งจะมีน้ำหนักเบา ปัจจุบันใช้กระดาษสาซึ่งหาง่ายมาทดแทน ในการปิดกระดาษจะใช้กาวแป้งเปียก ทำจากแป้งหมี่ผสมจุนสีบดให้เป็นผงผสมน้ำจะช่วยรักษากระดาษให้คงทนและป้องกันแมลง

3) ขั้นตอนการถอดหุ่นด้วยกระดาษ เมื่อหุ่นที่พอกด้วยกระดาษแห้งสนิทแล้ว จะทำการถอดหุ่นหรือผ่าหุ่นจะกรีดด้านหลังของหุ่นกระดาษเป็นเส้นตรงตั้งแต่ด้านบนของศีรษะจนถึงขอบด้านล่างของศีรษะ แต่ถ้าเป็นศีรษะลิงโล้น จะกรีดตามแนวของร่องของศีรษะสองเส้น แล้วผ่าลงมาตามแนวเส้นตรงจนถึงขอบด้านล่างของศีรษะ จากนั้นค่อยๆ ขยับหรือง้างหุ่นกระดาษออกจากหุ่นปูนจนหลุดออกมา

4) ขั้นตอนการเย็บหุ่น เมื่อถอดหุ่นกระดาษออกจากหุ่นดินเผาแล้ว จะต้องทำการปิดรอยผ่าด้วยการเย็บด้วยด้ายเป็นลักษณะไขว้สลับฟันปลา ตลอดแนวและใช้กระดาษสาปิดทับรอยเย็บให้เป็นเนื้อเดียวกัน

5) ขั้นตอนการปั้นหน้า การปั้นหัวโขนและประดับลวดลาย ช่างทำหัวโขนโบราณจะใช้ยางรักเป็นวัสดุสำคัญเรียกว่า “รักตีลาย” ซึ่งเป็นส่วนผสมของยางรัก ผงสมุกใบตองแห้ง น้ำมันยาง และปูนแดง โดยนำส่วนผสมทั้งหมดมาผสมกันในภาชนะแล้วตั้งกวนบนไฟอ่อน ๆ จนส่วนผสมทั้งหมดเหนียวเข้ากันดีใช้เวลาประมาณ 3 ชั่วโมง และต้องมีการทดสอบคุณสมบัติการใช้งาน ซึ่งเป็นเคล็ดลับของช่างผู้ทำ ไม่มีสัดส่วนการผสมแน่นอน ก่อนใช้ต้องนำรักตีลายนั้นมาทุบด้วยค้อนให้เนื้อรักแน่นแล้วจึงนำมาคลึงเป็นเส้นกลมแล้วจึงใช้ปั้นหน้า หรือนำมากระแหนะลาย คือการกดลายในแม่พิมพ์หินสบู่ โดยใช้รักเทือก (คือรักตีลายผสมน้ำมันยางให้มีความเหลวมากกว่ารักตีลาย) เป็นกาวสำหรับติดลวดลาย

6) ขั้นตอนการปิดผิว ขั้นตอนนี้จะใช้ดินสอพองผสมกับน้ำให้มีความข้น ทาลงบนหน้าโขนที่ปั้นเสร็จแล้วประมาณ 2-3 ชั้นรอจนแห้งสนิทแล้วใช้กระดาษทรายละเอียดขัดหน้าโขนให้มีความเรียบเนียนเสมอกัน ดินสอพองจะเข้าไปปิดร่องขนาดเล็กหรือรูฟองอากาศขนาดเล็กที่เกิดจากการปั้นหน้าด้วยรักตีลาย

7) ขั้นตอนการทำเครื่องประกอบหัวโขน เช่นจอนหู ยอดของหัวโขน ช่างทำหัวโขนจะใช้วัสดุจากธรรมชาติเป็นหลักในการทำ ได้แก่ จอนหูทำจากหนังวัดหรือหนังควาย ซึ่งเป็นวัสดุที่มีความยืดหยุ่นดัดโค้งงอได้ แตกหักยาก นอกจากนี้ยังใช้ไม้ที่มีน้ำหนักเบามากลึงเป็นยอดประกอบหัวโขน ซึ่งขั้นตอนนี้

นอกจากจะใช้ความละเอียดของฝีมือในการทำแล้ว ยังต้องใช้ระยะเวลากับประสบการณ์ความชำนาญของช่างทำหัวโขน ในการประดับลวดลายชิ้นเล็กๆ ลงบนจอนหูและยอดของหัวโขน

8) ขั้นตอนการประดับลวดลาย ลวดลายของหัวโขน ช่างทำหัวโขนต้องมีฝีมือในการแกะแม่พิมพ์ลวดลายด้วยหินสบู่ เป็นลวดลายต่างๆ ตามขนบที่สืบทอดตามแบบที่กำหนดมาแต่โบราณ ลวดลายที่เป็นแม่ลายสำคัญที่ใช้กันมาก เช่น ลายกระจังตาอ้อยขนาดต่างๆ ลายแข้งสิงห์ ลายดอกดาวล้อมเดือน ลายกนก ลายขอก้ามปู เป็นต้น ช่างทำหัวโขนจะใช้รักตีลายดอกลงในแม่พิมพ์หินสบู่แล้วนำไปติดประดับตามส่วนที่เป็นมงกุฎ จอนหู ของหัวโขน โดยใช้เทือกทาเป็นกาวเชื่อมลวดลาย

9) ขั้นตอนการปิดทอง งานหัวโขนของไทยส่วนหนึ่งจะมีทองคำเป็นส่วนประกอบในการตกแต่ง อันเป็นเอกลักษณ์ของงานช่างไทย ซึ่งช่างทำหัวโขนโบราณจะใช้ยางรักน้ำเกลี้ยงในการทาก่อนการปิดทอง ซึ่งการปิดทองให้มีความแวววาว หรือภาษาช่างทำหัวโขนเรียกว่า ทองสุก จะต้องปิดทองในวันที่อากาศแห้ง มีแดด ถ้าปิดทองวันที่อากาศครึ้มฝนตก หัวโขนที่ปิดทองจะไม่มีความแวววาวของทอง เนื่องจากทองคำเปลวมีความบางเมื่อสัมผัสกับอากาศชื้น โมเลกุลของทองคำเปลวจะจับตัวไม่เกิดการสะท้อนของแสง ดังนั้นบางครั้งช่างทำหัวโขนต้องรอวันที่ท้องฟ้าโปร่งมีแดดแรง จึงจะทำการปิดทอง ซึ่งช่วงฤดูฝนช่างทำหัวโขนต้องรอให้อากาศและท้องฟ้าโปร่งก่อน จึงทำให้ระยะเวลาในการทำหัวโขนนานขึ้นกว่าเดิม

10) ขั้นตอนการเขียนหน้า หลังจากปิดทองแล้วจะมาสู่ขั้นตอนการเขียนหน้า ตามลักษณะของตัวละคร ขั้นตอนนี้จะต้องนำสีซึ่งส่วนใหญ่ได้มาจากธรรมชาติมาบดให้ละเอียดเป็นส่วนผสมหลักเรียกว่าสีฝุ่น โดยจะใช้สีฝุ่นผสมกับกาวจากยางมะขวิดหรือกาวกระถิน ผสมบดสีให้ละเอียดในกะลามะพร้าว การเลือกสีต่างๆ จากธรรมชาติ ช่างทำหัวโขนจะต้องทราบวิธีการนำวัสดุจากธรรมชาติมาใช้ ซึ่งมักจะเป็นการถ่ายทอดกันภายในสกุลแต่ละช่าง อีกทั้งคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่ผสมกันก็จะให้สีต่างๆ กัน

11) ขั้นตอนการประดับแววหรือพลอย วัสดุที่ให้ความแววกับหัวโขนตั้งแต่โบราณที่ใช้กันมาคือกระจกเกรียบ เป็นการนำเอาวัสดุธรรมชาติมาใช้ด้วยกรรมวิธีภูมิปัญญาไทย ข้อดีของกระจกเกรียบคือ สามารถตัดได้ด้วยกรรไกร เป็นชิ้นเล็กได้ และมีข้อเสียที่กรรมวิธีในการทำมีความยุ่งยาก และไม่มีการสืบทอดทำให้กรรมวิธีการทำกระจกเกรียบได้สูญหายไป ในปัจจุบันมีการใช้วัสดุอื่นทดแทน

12) ขั้นตอนการประกอบตา ฟัน และเขี้ยว เป็นขั้นสุดท้ายของการทำหัวโขน จะใช้เปลือกหอยมุกเป็นวัสดุหลักโดยนำมาฉลุให้เป็นรูปตา ฟัน และเขี้ยว ติดลงบนหัวโขนและใช้สีฝุ่นหรือสีสังเคราะห์เขียนตกแต่งตามลักษณะของตัวละครแต่ละตัว

วิธีการสร้างหัวโขนในแบบเก่าหรือแบบโบราณข้างต้น จะเห็นได้ว่าช่างทำหัวโขนได้นำวัสดุธรรมชาติมาใช้ในการสร้างหัวโขนทั้งสิ้น ประกอบกับกรรมวิธีการสร้างก็เป็นเทคนิคเฉพาะที่ได้รับการถ่ายทอดกันภายในครอบครัว แต่ปัจจุบันการสร้างหัวโขนได้มีการพัฒนาปรับเปลี่ยนวัสดุ ตลอดจน

เทคนิคที่นำมาใช้ในกระบวนการสร้างหัวโขนของช่างทำหัวโขน ทั้งยังคงสร้างงานในลักษณะการอนุรักษ์ แต่ก็ควบคู่ไปกับการพัฒนาด้วย ทำให้เกิดความสะดวกและรวดเร็ว รวมถึงลดขั้นตอนและระยะเวลาการสร้างให้น้อยลงได้ วัสดุทดแทนที่พบว่าช่างหัวโขนได้นำมาใช้ในกระบวนการสร้างหัวโขน ปัจจุบันมีดังนี้

1) วัสดุการปั้นหุ่นหัวโขน จากดินเหนียวมาเป็น ดินน้ำมัน เนื่องจากวัสดุไม่มีการหดตัวและหาซื้อง่าย

2) การขึ้นหุ่นด้วยกระดาษ จากการใช้กระดาษสา ที่ราคาค่อนข้างสูง มาใช้กระดาษอื่นๆ ได้แก่ กระดาษฟาง หรือกระดาษถุงปูน ที่นิยมที่สุดในปัจจุบันคือกระดาษถุงปูน เนื่องจากหาซื้อไม่ยากหรืออาจไม่ต้องหาซื้อ ใช้วิธีขอจากพื้นที่ที่มีการก่อสร้าง กระดาษมีความเหนียวและใช้ปิดหุ่นแค่ 8 ชั้น ส่วนกระดาษฟาง ราคาถูกแต่เนื้อกระดาษบางต้องปิดหุ่นมากขึ้นเป็น 15 ชั้น จึงจะได้ความแข็งแรงของหุ่นหัวโขน

3) การปั้นหน้า ขัดหน้า ในปัจจุบันช่างทำหัวโขนนิยมใช้วัสดุที่มีราคาถูก หาได้ง่าย ได้แก่ ขี้เลื่อยผสมกาวลาเท็กซ์ มาใช้สำหรับการปั้นหน้า แทนวัสดุที่ทำจากยางรักหรือรักสมุก ซึ่งมีราคาแพงและมีขั้นตอนการทำที่ยุ่งยาก ขี้เลื่อยผสมกาวลาเท็กซ์มีคุณสมบัติที่เบา นำมาปั้นแตกแต่งเป็นรูปร่างบนใบหน้าหัวโขนได้ แต่จะเก็บได้ไม่นานเพราะฉะนั้นจะผสมขี้เลื่อยใช้เฉพาะการปั้นแต่ละครั้งเท่านั้น

4) การประดับลวดลาย มีการพัฒนาวัสดุที่ใช้แทนการใช้ยางรักหรือรักกระแหนะจากการศึกษาจะมีวัสดุที่นำมาใช้อยู่ 5 ชนิด ได้แก่ ปูนแคลเซียมผสมเยื่อกระดาษ ขี้ผึ้งชัน กาวอีพ็อกซี่ ดินญี่ปุ่น และสีโป๊ว ที่นิยมคือ สีโป๊ว และปูนแคลเซียมผสมเยื่อกระดาษ เนื่องจากแคลเซียมผสมเยื่อกระดาษมีต้นทุนต่ำ ทำได้ครั้งละจำนวนมาก คุณสมบัติแข็งเมื่อแห้ง แต่จะเก็บได้ระยะหนึ่ง ส่วนสีโป๊วใช้ง่ายเพียงแค่เปิดฝาผึ่งลมให้สีเกือบแห้งก็นำมาใช้ได้ และสามารถเก็บไว้ใช้งานได้หลายครั้งโดยปิดฝาให้สนิท แต่จะมีกลิ่นค่อนข้างฉุน

5) การลงรักปิดทอง ปัจจุบันมีการปรับเปลี่ยนวัสดุที่ใช้ในการลงรัก ที่นิยมกันได้แก่ แชลเล็คและสีเฟล็ค (สีน้ำมัน) ซึ่งหาซื้อได้ตามร้านขายสีทั่วไป มีคุณสมบัติแห้งไว

6) การทำส่วนประกอบของหัวโขน ได้แก่ จอนหู ยอดหัวโขนในปัจจุบัน จะใช้วัสดุทดแทนโดยเฉพาะเครื่องหนัง นิยมใช้กระดาษอัดผสมใยเซลลูโลส ที่เรียกว่า “ปะเก็น” ซึ่งมีราคาถูกกว่าเครื่องหนังตัดฉลุง่าย แต่อาจมีความเหนียวไม่เท่าหนังสัตว์

7) การระบายสีเขียนหน้า จากการผสมและใช้สีธรรมชาติ ปัจจุบันมีสีสังเคราะห์มากมายที่ขายในท้องตลาด มีคุณสมบัติกันน้ำ ไม่หลุดลอกง่าย ราคาไม่แพง มีสีสันที่สดมากกว่าสีตามธรรมชาติ ซึ่งช่างทำหัวโขนต้องมีความชำนาญในการผสมสีให้ใกล้เคียงกับสีตามธรรมชาติ

8) การประดับแววของหัวโขน ช่างในปัจจุบันมีการใช้วัสดุอื่นทดแทนวัสดุกระจกเกรียบมาใช้ พลอยสังเคราะห์ที่ให้ความแวววาวมากกว่ากระจกเกรียบ คุณภาพตามราคา สามารถนำมาใช้งานได้รวดเร็ว

2.4 การประดับลวดลายบนหัวโขน

งานวิจัยในครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะขั้นตอนที่ต้องใช้อุปกรณ์ที่นำมาใช้เป็นแม่พิมพ์เพื่อทำการประดับลวดลายหรือเครื่องศิราภรณ์ เพื่อประดับลวดลายบนหัวโขนเท่านั้น ซึ่งหากเป็นวิธีโบราณ เมื่อได้หุ่นกระดาษแล้วผู้วิจัยจะดำเนินการ ดังต่อไปนี้

1) นำหุ่นกระดาษมาตกแต่งให้สัดส่วนต่างๆ บนใบหน้านูนเด่นขึ้น โดยใช้รักปั้นทับตามรูปหน้า คิ้ว ตา ริมฝีปาก จมูก ไพรปาก แล้วปิดกระดาษสาทับ ส่วนใดที่ไม่เรียบใช้มีดตกแต่งและขัดด้วยกระดาษทรายให้เรียบร้อยจะได้หุ่นที่คมชัดเพื่อทำการติดลวดลาย ลวดลายเป็นส่วนประกอบที่สำคัญที่ทำให้หน้าโขนนั้นๆ มองดูมีชีวิตชีวา การติดลวดลายเริ่มจากการใช้รักกระแหนะลายออกจากพิมพ์หินสบู่ที่แกะไว้จนได้เป็นลายเส้นและลายกระจัง

2) นำลายรักมาติดบนกะโหลกให้ครบ ซึ่งต้องใช้รักเทือก (ยางรักผสมกับน้ำมันยาง ก่อนใช้จะต้องนำมาให้ความร้อนเพื่อทำให้รักเทือกอ่อนตัว) เป็นตัวเชื่อมให้ลายเหล่านั้นติดแน่นอยู่กับกะโหลก การวางลวดลายจำเป็นต้องศึกษาลักษณะของหัวโขนในแต่ละแบบซึ่งไม่เหมือนกันและเป็นไปตามแบบแผนโบราณซึ่งอาจดูได้จากภาพรามเกียรติ์ หรือภาพลายเส้นลวดลายหน้าเกี่ยวกับหัวโขน

สำหรับหน้าโขนที่มีมงกุฎจะต้องเตรียมส่วนยอดไว้ด้วย ยอดของมงกุฎมีหลายชนิด เช่น ยอดชัย ยอดเดินหน ยอดหางไก่ ยอดน้ำเต้า เป็นต้น ยอดเหล่านี้เองเป็นลักษณะเฉพาะตัวของหัวโขน เช่น วิรุญจำบัง เป็นหน้ายักษ์ที่มีมงกุฎยอดหางไก่ หรือแม้แต่หัวโขนหน้าเดียวกันยังอาจใช้ยอดแตกต่างกันไปตามโอกาส เช่น พระรามเมื่ออยู่ในเมืองจะใช้ยอดชัย แต่เมื่อเดินป่าหรือออกนอกเมืองจะใช้ยอดเดินหน ดังนั้นช่างที่ทำหัวโขนจึงจำเป็นจะต้องมีความรู้ในเรื่องดังกล่าวเพื่อให้ทำหัวโขนออกมาได้อย่างถูกต้อง ยอดของมงกุฎนี้อาจทำจากกระดาษสาหรือกลึงจากไม้ก็ได้ ต่อจากนั้นจึงติดลายรักลงไปบนยอด

การแกะพิมพ์หินหรือพิมพ์กระแหนะเป็นงานที่ต้องอาศัยความสามารถในการสลักเป็นอย่างมากเพราะต้องใช้สิ่วเล็กๆ ค่อยๆ สกัดหินออกให้เป็นลวดลายต่างๆ เช่น การทำกะบัง การทำมงกุฎพระ มงกุฎนาง ชฎาพระ ชฎานาง และอื่นๆ ความยากในการทำหัวโขนอยู่ที่การแกะพิมพ์นี่เอง เพราะการทำพิมพ์นี้ขึ้นอยู่กับวิธีการและฝีมือของช่างแต่ละคน ซึ่งไม่อาจถ่ายทอดกันได้และแบบพิมพ์เช่นนี้ก็ไม่มีขาย จึงมีหัวโขนที่เป็นประณีตศิลป์ปรากฏออกมาไม่มากนัก

นอกจากนี้ ในการประดับลวดลายหัวโขนนั้น เมื่อใช้รักสมุกที่กวนดีแล้วกดลงบนแบบลวดลายที่แกะพิมพ์ด้วยหินสบู่ แล้วนำมาติดประดับบนบริเวณที่ต้องการแล้วเสร็จ ให้ใช้รักน้ำเกลี้ยงทาเพื่อยึดตัวกระจังและลวดลายต่างๆ กับตัวหุ่นจนทั่วแล้วทิ้งให้แห้ง

รักกระแหนะ คือยางรักที่ผสมกับสมุกใบตอง ชัน ปูนขาว ปูนแดง และน้ำมันยาง เคี่ยวไฟอ่อนๆ ให้เหนียวค่อนข้างแข็งจนปั้นได้ไม่คลายตัว ใช้สำหรับกระแหนะ (คือ กดลงบนแม่พิมพ์) ลวดลายต่างๆ หรือคลึงเป็นเส้นลวด ปัจจุบันอาจใช้ปูนชนิดเดียวกันกับที่ใช้ปั้นหน้าก็ได้

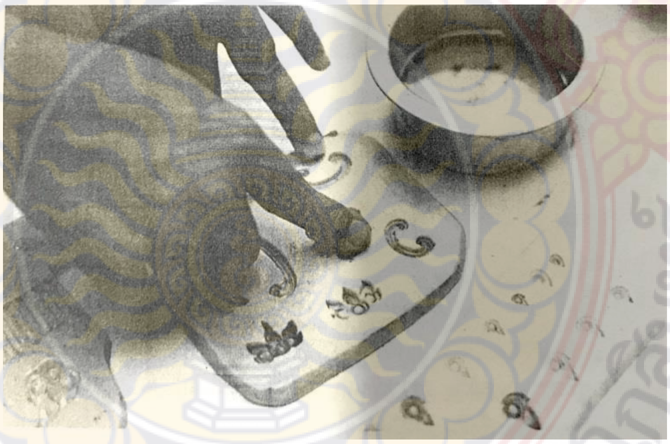
โดยสรุป ความสำคัญของขั้นตอนการทำหัวโขนในขั้นตอนการประดับลวดลาย หรือการกดลาย เพื่อให้ได้ลวดลาย วิจิตร งดงาม สมเป็นงานปราณีตศิลป์ จึงขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของแม่พิมพ์และลวดลายที่แกะออกมา

2.4.1 การกดลายเพื่อประดับลวดลายบนหัวโขน

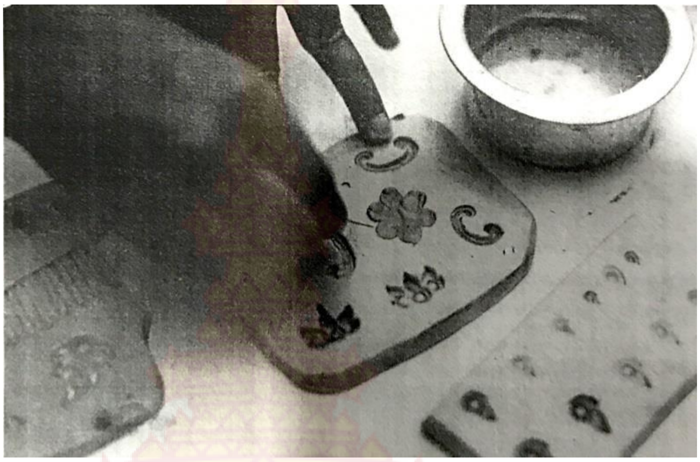
อัจฉรา ก้อนแก้ว. (2539: 33-36) อธิบายการกดลายเพื่อประดับหัวโขนไว้ ดังนี้

การกดลาย เป็นการทำลวดลายเพื่อประดิษฐ์ตกแต่งหัวโขนให้สวยงาม ลวดลายบางอย่างเป็นลักษณะเฉพาะใช้สำหรับตัวละครแต่ละตัว ทำให้ผู้ดูสามารถสังเกตหรือจดจำตัวละครจากลักษณะต่างๆ ที่เป็นลักษณะพิเศษเฉพาะตัวที่ต่างจากตัวละครอื่นๆ ได้ง่ายและแม่นยำขึ้น

วิธีในการกดลายนั้นใช้ปูนชนิดเดียวกันกับที่ใช้ปั้นหน้า แบ่งออกเป็นก้อนเล็กๆ ให้มีขนาดพอเหมาะกับขนาดของลายที่ต้องการใช้ วางปูนลงในแม่พิมพ์กดลาย ใช้นิ้วกดปูนลงไปให้แน่น เกลี่ยผิวด้านที่กดให้เรียบร้อยใช้เข็มหมุดจิ้มลงไปแล้วค่อย ๆ ดึงปูนขึ้นมา ก็จะได้ออกมาเป็นลวดลายต่างๆ ตามที่ต้องการ



ภาพที่ 1 การเอาปูนกดลงบนแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ลวดลายตามต้องการ
ที่มา: อัจฉรา ก้อนแก้ว (2539: 33)



ภาพที่ 2 การแกะชิ้นส่วนที่กดลายออกมาโดยใช้เข็มหมุด

ที่มา: อัจฉรา ก้อนแก้ว (2539: 34)

วัสดุที่ใช้ในการทำแม่พิมพ์กดลายมีอยู่ 2 ชนิด ซึ่งสามารถเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมคือ

1) หินสบู่ เป็นหินที่ได้จากการระเบิดภูเขาหินอ่อน แล้วคัดแยกเอาส่วนที่เป็นหินสบู่ออกมา ลักษณะพิเศษของหินสบู่ คือ เป็นหินเนื้อนิ่มสามารถใช้เครื่องมือแกะสลักเล็กๆ เช่น สิ่ว ค่อยๆ บรรจง แกะสลักให้เป็นลวดลายต่างๆ ได้ เมื่อแกะสลักเสร็จแล้วสามารถนำมาใช้กดลายได้ทันที แต่การใช้หินสบู่มีข้อยุ่งยากอยู่ที่การแกะสลัก เพราะหินสบู่แม้จะเป็นหินเนื้ออ่อนแต่ก็ยังคงมีความแข็งอยู่ ช่างแกะสลักจึงต้องมีฝีมือและใจเย็นพอสมควร

ลักษณะของหินสบู่เป็นหินเนื้อนิ่มที่มีสีสันและลวดลายสวยงามคล้ายหินอ่อน มีจำหน่ายที่จังหวัดนครนายกเพียงแห่งเดียว สามารถนำมาแกะสลักให้เป็นลวดลายต่างๆ ได้ด้วยเครื่องมือแกะสลัก ใช้ทำเป็นแม่พิมพ์กดลาย นิยมใช้ในหมู่ช่างทำหัวโขนช่วงก่อนที่ยังไม่มีการนำเรซิ่นมาหล่อเป็นแม่พิมพ์ ซึ่งในปัจจุบันนี้ยังมีการใช้หินสบู่ทำเป็นแม่พิมพ์กันอยู่บ้างจากของเดิมที่มีอยู่ เนื่องจากหินสบู่มีอายุการใช้งานนาน เมื่อยังไม่เปราะหักพังหรือลายยังไม่เว้าแหว่งก็สามารถนำมาใช้กดลายได้ตามเดิม

ทั้งนี้ ในการเตรียมแม่พิมพ์หินสบู่ ช่างทำหัวโขน ต้องเข้าใจเรื่องลายไทย เข้าใจที่มาของลาย ประเภทของลายไทย และการนำไปใช้ให้ถูกต้อง ส่วนการเลือกซื้อหินสบู่ อย่าให้มีสินแร่อยู่ในเนื้อหิน เพราะหินจะแข็งมากไม่สามารถแกะได้ การเลือกหินไม่ให้มีสินแร่นั้น ให้ใช้แท่งเหล็กขูดที่ผิวหิน ถ้าไม่ติดขัดลื่นดีเป็นอันใช้ได้ แล้วจึงให้ผู้ขายตัดเป็นแผ่นตามต้องการ ก่อนทำการแกะแม่พิมพ์ต้องขัดให้ผิวหน้าหินเรียบเนียนเสียก่อน แล้วจึงเขียนลายด้วยเหล็กแหลม ทำการแกะด้วยเหล็กสปิง หรือเหล็กอย่างดี (สามารถหาซื้อเครื่องมือแกะได้ตามร้านเครื่องมือทำจิวเวลรี่) หรือช่างบางคนอาจทำเครื่องมือแกะหินใช้เองตามความถนัดก็ได้ การแกะหินลาย ต้องหมั่นใช้ดินน้ำมันปั้มลายดู เครื่องมือแกะหินต้องหมั่นลับให้คมอยู่เสมอจึงจะได้ลายที่สวย คม และชัดเจน

การเก็บรักษา หลังจากใช้งานแล้วนำมาล้างเอาเศษปูนจากการกดลายที่เหลือติดอยู่ออกให้หมด แล้วผึ่งให้แห้งก่อนนำไปเก็บในที่หยิบใช้ได้สะดวก

ภาพที่ 3 ตัวอย่างของลายไทยบนแม่พิมพ์หินสบู่

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

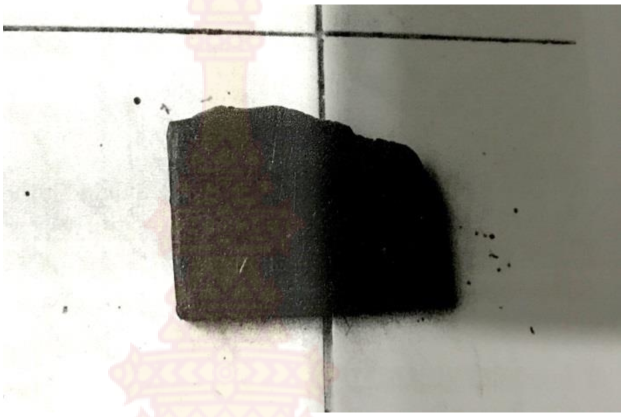
2) ดินน้ำมันวิทยาศาสตร์หรือเรซิ่น เป็นดินน้ำมันที่ใช้สำหรับปั้นหรือแกะลายโดยเฉพาะ สามารถใช้เครื่องมือทำการแกะสลักให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้โดยง่าย ด้วยมีคุณสมบัติของเนื้อดินน้ำมันที่มีความนิ่ม ทำให้แกะสลักได้รวดเร็วและประหยัดเวลา แต่เมื่อแกะเสร็จแล้วยังไม่สามารถนำมาใช้เป็นแม่พิมพ์กดลายได้ทันทีต้องนำมาหล่ออีกครั้งด้วยเรซิ่น โดยนำดินน้ำมันวิทยาศาสตร์ที่แกะแล้วมาปั้นกรอบสี่เหลี่ยมเพิ่มเติมให้มีลักษณะคล้ายกล่องปิดฝา ผสมเรซิ่นตามอัตราส่วนที่ระบุไว้ข้างขวดเทหล่อลงไป รอจนแข็งค่อยแกะออกจากกัน จะได้แม่พิมพ์เรซิ่นที่มีลวดลายหลากหลายตามจินตนาการ

ข้อดีของแม่พิมพ์ดินน้ำมันวิทยาศาสตร์และเรซิ่น คือ สามารถแกะสลักได้โดยง่าย และลวดลายที่ได้มีความคมชัดเท่ากัน หรืออาจมากกว่าลวดลายที่ได้จากหินสบู่ แต่มีข้อเสียที่การทำแม่พิมพ์จะมีขั้นตอนยุ่งยากเพิ่มมากขึ้นเท่านั้น

ในการกดลายแต่ละครั้งอาจกดเผื่อไว้เพิ่มเติมสำหรับทำสำรอง ในกรณีที่ตีลายแล้วเกิดเสียหรือหลุดหาย ก็สามารถใช้ตัวลายที่ทำเผื่อไว้มาซ่อมแซมได้โดยไม่จำเป็นจะต้องเสียเวลากลับมากดลายใหม่ วิธีการกดลายสำรองนั้นทำเหมือนกันกับวิธีการกดลายตัวจริง เสร็จแล้วนำไปติดกาวเก็บไว้บนกระดาษ เมื่อต้องการใช้ก็สมารถแกะออกมาใช้ได้ทันที

การเก็บรักษา ดินน้ำมันวิทยาศาสตร์ให้เก็บไว้ในตู้เย็นเมื่อยังไม่ใช้จะทำให้ดินน้ำมันแข็งตัวพร้อมที่จะนำไปใช้งานได้ตลอดเวลา

สำหรับเรซิ่น นำมาใช้หล่อแบบแม่พิมพ์ดินน้ำมันวิทยาศาสตร์เพื่อทำเป็นแม่พิมพ์กดลายเรซิ่น ซึ่งหลังจากผสมเรซิ่นแล้วต้องใช้ให้หมดในครั้งเดียว ส่วนที่เหลือจะไม่สามารถนำกลับมาใช้ได้อีก จึงควรกะปริมาณในการผสมให้พอดีกับความต้องการใช้



ภาพที่ 4 ดินน้ำมันวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการกดลาย

ที่มา: อัจฉรา ก้อนแก้ว (2539: 65)

การเก็บรักษา เมื่อใช้เสร็จแล้วควรปิดฝาจุกให้สนิท แล้วเก็บไว้ให้เป็นที่รียบร้อยเพื่อป้องกันเด็กนำมาเล่น หรือการทำพลัดตกแตกได้

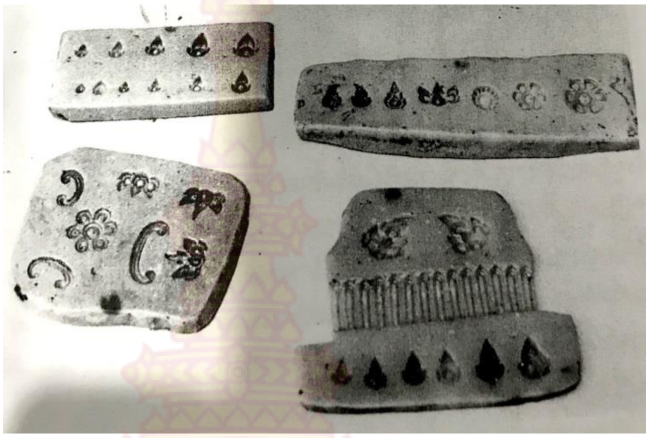
2.4.2 การตีลายบนหัวโขน

อัจฉรา ก้อนแก้ว. (2539: 33 - 36) อธิบายการตีลายเพื่อประดับหัวโขนไว้ ดังนี้

เมื่อเสร็จจากการกดลาย ก็ถึงขั้นตอนที่จะต้องนำตัวลายที่กดไว้มาตีลายโดยทากาวลาเท็กซ์ลงบนหัวโขน หรือด้านหลังของลาย แล้วติดลงไปบนหัวโขนในตำแหน่งที่ต้องการ เสร็จแล้วนำไปตากแดดให้แห้งสนิท ใช้ระยะเวลาในการตากแดดประมาณ 1-2 วัน

ภาพที่ 5 การตีลายบนหัวโขน

ที่มา: อัจฉรา ก้อนแก้ว (2539: 36)



ภาพที่ 6 ลวดลายบนแม่พิมพ์หินสบู่ที่ใช้ในการกดลาย

ที่มา: อัจฉรา ก้อนแก้ว (2539: 64)

นิติรัฐ พึ่งเดช และผกากรอง กันทะเขียว (ออนไลน์, 2011) ได้สรุปเกี่ยวกับการทำแม่พิมพ์หินสบู่หรือหินอ่อนไว้ โดยมีวิธีการ คือ นำหินสบู่ หรือหินอ่อนมาตัดเป็นแผ่นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าหนาประมาณ 1 นิ้ว ขนาดกว้างและยาวขึ้นอยู่กับความประสงค์ของช่างในการทำขึ้นเพื่อใช้งานแต่ละอย่าง หินแต่ละแผ่นที่จะใช้แกะทำเป็นแม่พิมพ์นี้จะต้องขัดแต่งผิวหน้าให้เกลี้ยงเรียบเสมอกัน ทั้งด้านหน้าและด้านหลัง การแกะทำแม่พิมพ์หิน จะต้องจัดการเขียนลวดลายที่เป็นต้นแบบขึ้นก่อน ในชั้นต้นช่างแกะมักเอาสีรงมาทาลงบนหน้าแผ่นหิน รอให้สีแห้งแล้วจึงเขียนลายต้นแบบลงบนพื้นที่ได้ทาสีตรงนั้น การเขียนลวดลายเป็นต้นแบบสำหรับแกะแม่พิมพ์นี้ ต้องเขียนขนาดเท่าจริงของขนาดตัวลายแต่ละตัวที่จะทำขึ้นจากแม่พิมพ์ เมื่อเขียนต้นแบบลวดลายขึ้นบนแผ่นหินเป็นที่เรียบร้อยชัดเจนแล้ว จึงลงมือแกะด้วยเหล็กแกะโดยค่อยๆ แกะ แคะ ควักเนื้อหินให้เป็นร่องลึกลงไปตามขนาดตัวลาย โดยใช้หลักการว่า ส่วนใดในตัวลายหรือลวดลายชุดนั้นๆ เมื่อทำขึ้นจากแม่พิมพ์แล้ว มีลักษณะนูนหรือเป็นสันสูง ก็จะต้องแกะ แคะ แม่พิมพ์ให้เป็นร่องลึกในเนื้อหินเข้าไว้ แต่ในทางตรงกันข้าม ส่วนใดในตัวลายหรือลวดลายชุดนั้น มีลักษณะเป็นเบ้าหรือแบนบาง ก็จะแกะแคะพื้นนั้นเพียงตื้นๆ หรือเว้นส่วนนั้นให้ต่ำกว่าผิวพื้นหรือเสมอผิวหน้าแผ่นหิน

การแกะแม่พิมพ์สำหรับตีพิมพ์ทำเป็นลวดลายนี้ ระหว่างแกะทำแม่พิมพ์ ช่างแกะมักใช้ขี้ผึ้งหรือดินเหนียวกดลงในร่องรอยที่กำลังแกะอยู่ เพื่อตรวจดูว่าตัวลายหรือลวดลายที่เกิดขึ้นจากร่องรอยแกะนั้น ถูกต้องตามแบบ ได้ขนาดพอดี ได้ลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจหรือยัง ทำเช่นนี้จนได้ร่องรอยแกะเป็นลวดลายสำเร็จสมบูรณ์เป็นที่พอใจ และสามารถถอดถอนวัสดุที่นำมากดลายออกจากแม่พิมพ์ที่ทำขึ้นนั้นได้ง่าย จึงเป็นอันว่าเสร็จการแกะแม่พิมพ์

3. เครื่อง CNC

อธิพงษ์ ชิตทอง (2555) ได้อธิบายเกี่ยวกับประเภทของเครื่องจักร CNC ไว้ ดังนี้

3.1 เครื่อง CNC (Computer Numerical Control)

เครื่อง CNC คือ เครื่องจักรกลแบบอัตโนมัติที่มีการทำงานด้วยระบบโปรแกรมคอมพิวเตอร์ โดยตัวเครื่องจะทำงานตามแบบที่เราได้จัดใส่โปรแกรมการทำงานเข้าไป และสามารถใช้ได้หลายภาษา ซึ่งส่วนใหญ่จะใช้เครื่องจักรชนิดนี้กับงานโลหะที่ต้องการความละเอียดและแม่นยำ หรือมีความซับซ้อนสูง โดยมีจุดประสงค์ในการสร้างเครื่อง CNC ขึ้นมาเพื่อให้สามารถทำงานได้โดยอัตโนมัติในแบบรวดเร็ว แม่นยำ และสามารถทำงานในแบบที่ซับซ้อนได้ดี ด้วยระบบมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ระบบคอมพิวเตอร์ในการควบคุมมุมต่างๆ ได้อย่างละเอียด ทำให้ชิ้นงานออกมาสวยงาม

ผลิตภัณฑ์ที่สามารถใช้กับเครื่อง CNC ได้แก่

– งานเฟอร์นิเจอร์
– งานอุตสาหกรรมรองเท้า
– งานอุตสาหกรรมยานยนต์
– งานสถาปนิก หรือการออกแบบโมเด็มต่างๆ
– งานผลิตอัญมณี
– งานหล่อพระ, พระพิมพ์ หรืองานประติมากรรมต่างๆ
– งานตกแต่ง หรือเครื่องแกะสลัก
– งานผลิตชิ้นส่วนเครื่องจักร
– งานตกแต่งรถยนต์ หรือรถประเภทต่างๆ

3.2 ข้อดีของการใช้เครื่อง CNC

- มีความละเอียดในงาน ทำให้งานต่างๆ ออกมาได้มาตรฐาน
- งานมีคุณภาพและเท่ากันทุกชิ้น เนื่องจากเป็นการสั่งงานโดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในเครื่องจักรทำให้งานที่ได้เกิดความผิดพลาดได้น้อยมากๆ หรือแทบไม่มีผิดพลาดเลย
- สามารถผลิตงานออกมาได้อย่างรวดเร็ว และใช้พื้นที่ในการทำงานน้อย ประหยัดพื้นที่ในการเก็บชิ้นงาน
- ทำงานได้ดีแม้ว่าชิ้นงานจะมีความยากและซับซ้อนสูง
- ช่วยลดเวลาในการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานลง และลดแรงงานในการผลิตลง
- มีความยืดหยุ่นในการทำงานสูง การเปลี่ยนงานใหม่จะแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงเฉพาะโปรแกรมเท่านั้น

- มีความเที่ยงตรง (Accuracy) ช่วงความเร็วรอบ/อัตราป้อนที่ใช้ทำการผลิตจะอยู่ระดับเดียวกันตลอด
- ใช้เวลาในการผลิต (Production Time) สั้นกว่า
- สามารถใช้ผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้ง่าย
- การปรับตั้งเครื่องจักรสามารถทำได้ง่าย ใช้เวลาน้อยกว่ากว่าการผลิตด้วยวิธีอื่น
- หลีกเลี่ยงความจำเป็นที่ต้องใช้ช่างควบคุมที่มีทักษะและประสบการณ์สูง
- ช่างควบคุมเครื่องมีเวลาว่างจากการควบคุมเครื่อง สามารถที่จัดเตรียมงานอื่นๆ ไว้ล่วงหน้าได้
- การตรวจสอบคุณภาพไม่จำเป็นต้องกระทำทุกขั้นตอนและทุกชิ้น

3.3 ข้อเสียของการใช้เครื่อง CNC

- เครื่องจักรมีราคาค่อนข้างสูงมาก จำเป็นต้องนำเข้าจากต่างประเทศ เพราะในประเทศไทยยังไม่สามารถผลิตเครื่องจักรชนิดนี้ได้ และค่าบำรุงรักษาเครื่องจักรมีราคาสูงมากเช่นกัน

- หากเครื่องมีปัญหาต้องส่งซ่อมซึ่งมีราคาค่าซ่อมสูงมาก เนื่องจากต้องใช้ผู้มีความรู้และเชี่ยวชาญในเรื่องการแก้ไขโปรแกรมพอสมควร

- ต้องใช้งานเครื่องจักรเป็นประจำ หากปล่อยทิ้งไว้ในบางช่วงที่ไม่มีงานอาจทำให้เครื่องเสื่อมสภาพได้

- จำเป็นต้องใช้ช่างเขียนโปรแกรม (Part programmer) ที่มีทักษะสูงและฝึกอบรมมาโดยเฉพาะรวมถึงต้องมีพื้นที่และสิ่งอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้เขียนโปรแกรม

- ไม่เหมาะกับงานจำนวนน้อยๆ เนื่องจากค่าใช้จ่ายสูง

- การควบคุมของเครื่องเป็นภาษาอังกฤษ ซึ่งต้องได้ผู้เขียนโปรแกรมที่ฝึกอบรมและมีความรู้เป็นอย่างดี ไม่อย่างนั้นเครื่องจะเปิดไม่ได้เลย

- พื้นที่ติดตั้งเครื่องจักร จะต้องควบคุมระดับอุณหภูมิ ความชื้นและฝุ่นละออง

เครื่องจักร CNC แต่ละแบบแต่ละรุ่นจะมีลักษณะเฉพาะ และการประยุกต์ใช้งานที่ต่างกันออกไป แต่จะเห็นได้ว่า เครื่องจักรกลซีเอ็นซีทั้งหมดอำนวยความสะดวกให้แก่ผู้ใช้งาน ดังนี้

- เครื่องจักรกล CNC ทุกเครื่องได้รับการปรับปรุงให้มีการทำงานอัตโนมัติทำให้ลดความวุ่นวายของผู้ควบคุมเครื่องจักรในการผลิตชิ้นงาน เครื่องจักร CNC หลายเครื่องสามารถทำงานโดยที่ผู้ควบคุมไม่ต้องคอยนั่งเฝ้าในระหว่างวัฎจักรการทำงานของเครื่อง (Machining cycle) และผู้ควบคุมสามารถไปทำงานอย่างอื่นได้ สิ่งนี้ทำให้ผู้ใช้เครื่องจักรซีเอ็นซีได้ประโยชน์หลายอย่างรวมทั้งลดความเหนื่อยล้าของผู้ปฏิบัติงาน ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นจากคนมีน้อยมากมีความคงเส้นคงวาในการผลิตและสามารถทำนายเวลาในการผลิตแต่ละชิ้นได้

- เทคโนโลยี CNC มีความคงเส้นคงวาและความถูกต้องแม่นยำของชิ้นงาน หมายความว่า เมื่อโปรแกรมที่เขียนทำงานอย่างถูกต้องแล้ว การผลิตชิ้นงาน 2 ชิ้น 10 ชิ้น หรือ 1000 ชิ้นให้เหมือนกันทุกประการสามารถทำได้อย่างง่ายดายด้วยความสม่ำเสมอ

- ความยืดหยุ่นในการทำงาน เนื่องจากเครื่องจักรกลเหล่านี้ทำงานตามโปรแกรม การทำงานที่ต่างกันก็ง่ายเหมือนกับการโหลดโปรแกรมที่ต่างกัน เมื่อโปรแกรมประมวลผลและทำการผลิตชิ้นงานแล้ว เราสามารถเรียกโปรแกรมนั้นกลับมาใช้ใหม่ในครั้งต่อไปเมื่อต้องทำงานชิ้นนั้นอีก

ในตอนเริ่มแรกการควบคุมเครื่องจักรกล CNC ใช้โปรแกรมรหัส G เป็นชุดคำสั่งควบคุมการขับเครื่องมือตัดเฉือน (Tool) จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งหนึ่ง หรือเปิด-ปิดสารหล่อเย็นหรือเปลี่ยนเครื่องมือตัดเฉือน เราไม่สามารถแยกเครื่องจักร CNC และรหัส G ออกจากกันได้ ถ้าเราต้องการให้เครื่องจักร CNC ทำงานเราต้องเรียนรู้รหัส G เพื่อที่เราจะได้พูดภาษาเดียวกับตัวควบคุมครื่อง CNC ได้ภายหลังโปรแกรม CAD/CAM ได้รับการพัฒนาขึ้นมา การนำ CAD/CAM มาใช้งานร่วมกับ CNC ก็เริ่มขึ้น ความเข้าใจเรื่องการรวม CNC กับ CAD/CAM จะช่วยให้เข้าใจวิธีการโปรแกรมรหัส G เพื่อให้เครื่องจักร CNC ทำงาน หลักการของรหัส G ในช่วง 50 ปีที่ผ่านมาทุกอย่างยังเหมือนเดิม คนส่วนใหญ่ใช้ระบบ CAM สำหรับสร้างรหัส G แต่ก็ยังคงมีคนอีกจำนวนไม่น้อยยังคงส่งรหัส G ไปยังตัวควบคุม CNC เพื่อให้คนควบคุมเครื่องแก้ไข รหัส G ไม่เพียงแต่มีความยุ่งยากในการใช้งานเท่านั้นเครื่องยังไม่สามารถรวมกับระบบ CAD/CAM ได้ หมายความว่าการเปลี่ยนแปลงรหัส G โดยตัวควบคุมที่เครื่องจักร CNC ไม่สามารถส่งกลับไปที่ระบบ CAM ได้ ซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาขึ้น ยกตัวอย่างเช่น เมื่อผู้ควบคุมเครื่องจักรซีเอ็นซีต้องเปลี่ยนแปลงรหัส G ที่ได้รับจากระบบ CAM เพื่อปรับเงื่อนไขการกัดขึ้นรูปให้ถูกต้อง หลังจากนั้นก็ไปใช้โปรแกรมอื่นแล้วกลับมาใช้โปรแกรมเดิม ผู้ควบคุมเครื่องก็ต้องแก้ไขโปรแกรมรหัส G อีก จะเกิดอะไรขึ้นถ้าผู้ควบคุมเครื่องลืมแก้ไขเงื่อนไขการกัด สิ่งนี้ทำให้เสียเวลาและเงินทองเป็นจำนวนมาก

3.4 หลักการและเทคโนโลยี CNC

ในปัจจุบันวงการอุตสาหกรรมต่างๆ ได้มีการพัฒนาและขยายตัวอย่างรวดเร็วมีการนำเข้าเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ที่ทันสมัยจากต่างประเทศ เพื่อช่วยเพิ่มการผลิตให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ซึ่งก็เป็นไปตามการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ ที่มีอัตราการขยายตัวที่สูงมาก ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตขึ้นมามีทั้งจำหน่ายภายในประเทศ และส่งออกไปต่างประเทศทำให้ผลิตภัณฑ์ต้องได้ตามมาตรฐานที่ที่กำหนดไว้ เช่น มาตรฐานสากล ISO (International Standardization Organization) หรือ ตามมาตรฐานของเยอรมัน DIN (Deutsche Industries Norm) แต่ในความเป็นจริงเรายังขาดบุคลากรที่มีความรู้ความสามารถ ที่จะรองรับเทคโนโลยีใหม่ๆ ที่นำมาใช้ในระบบการผลิต การพัฒนาทางด้านอุปกรณ์

อิเล็กทรอนิกส์ได้พัฒนาไปอย่างมาก การผลิตไมโครชิพสามารถผลิต ให้มีขนาดเล็กลง แต่ประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น การนำไมโครชิพไปใช้งานที่สำคัญอย่างหนึ่ง ได้แก่ การใช้เป็นส่วนประกอบสำคัญของเครื่องคอมพิวเตอร์ เช่น ใช้เป็นหน่วยประมวลผลกลาง (CPU) เป็นหน่วยความจำ (RAM & ROM) ยุคแรกที่มีการนำคอมพิวเตอร์จะเน้นหนักไปทางด้านการจัดเก็บและบันทึกข้อมูล และการคำนวณขั้นพื้นฐาน ในระยะหลังได้มีการพัฒนาขีดความสามารถในการทำงานของเครื่องคอมพิวเตอร์ให้ดีขึ้น มีความเร็วในการประมวลผลสูงขึ้น เช่น การออกแบบชิ้นส่วนและสร้างโปรแกรมสำหรับผลิตชิ้นงาน ในภายหลังได้มีการเขียนโปรแกรมสำหรับช่วยในการผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรที่ควบคุมด้วยระบบเชิงตัวเลขขึ้นมา

เครื่องจักรที่ใช้ระบบการควบคุมแบบเชิงตัวเลขนี้เรียกกันทั่วๆ ไปว่า "เครื่องจักรซีเอ็นซี" (CNC Machine) เครื่องจักร CNC เป็นเครื่องจักรที่ทำงานอย่างอัตโนมัติ สามารถผลิตชิ้นงานที่มีการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือรูปทรงบ่อยๆ ได้ดี เพราะสามารถแก้ไขข้อมูลต่างๆ โดยตรงที่โปรแกรม ดังนั้นจึงเหมาะกับการผลิตชิ้นงานต้นแบบ (Prototype) หรือผลิตชิ้นงานในระบบสายงานการผลิตที่มีกำลังการผลิตปานกลาง ซึ่งเหมาะสมกับอุตสาหกรรมขนาดกลาง

การรับส่งข้อมูลสำหรับการทำงานของเครื่องจักร สามารถผ่านตัวกลางส่งสัญญาณต่างๆ เช่น แถบกระดาษเจาะรู (Paper Punched Tape) เทปแม่เหล็ก (Magnetic Tape) และแผ่น Micro Floppy Disk หรือจะป้อนข้อมูลโดยตรงที่แป้นพิมพ์ของแผงควบคุม (Key Board) ก็ได้ แต่ก่อนที่จะส่งข้อมูลเพื่อให้เครื่องจักรทำงาน จำเป็นต้องมีการสร้างโปรแกรมการทำงานตามลำดับมาก่อน แล้วทำการตรวจสอบข้อผิดพลาดที่เกิดขึ้นพร้อมกับแก้ไขให้ถูกต้อง ทำให้ลดความผิดพลาดที่เกิดขึ้นกับเครื่องจักรลงเครื่องจักร CNC แต่ละเครื่องนั้นผลิตมาจากหลายบริษัท ซึ่งก็ใช้เทคโนโลยีที่บริษัทนั้นๆ คิดขึ้นมา ทำให้มีลักษณะการสั่งงานเป็นแบบเฉพาะนอกเหนือไปจากคำสั่งมาตราฐานทั่วไป

3.5 ความแตกต่างระหว่างเครื่องจักรกลทั่วไปกับเครื่องจักรกล CNC

เครื่องจักรทั่วไป แท่นเลื่อนที่ทำหน้าที่นำชิ้นงานหรือเครื่องมือตัดให้เคลื่อนที่ไปตามรางเลื่อน โดยการหมุนมือหมุน (Hand Wheel) หรือโดยการใช้กลไกป้อนอัตโนมัติ เช่น ลูกเบี้ยวในเครื่องกลึงอัตโนมัติ ซึ่งในขณะเดียวกันนั้นช่างควบคุมเครื่องจะต้องทำหน้าที่อื่นๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการตัดเฉือนชิ้นงานด้วย เช่น เปิดและปิดสวิทย์ควบคุมการหมุนของเพลาหัวเครื่องเปิดและปิดปุ่มสารหล่อเย็น เป็นต้น ช่างควบคุมต้องใช้วิจารณญานและการตัดสินใจร่วมกัน การทำงานจะมีข้อผิดพลาดเกิดขึ้นได้ทุกเวลา ไม่ว่าจะเป็นสาเหตุที่มาจากตัวบุคคล หรือสาเหตุที่เกิดจากเครื่องจักร การผลิตชิ้นงานที่มีรูปร่างเดียวกันจำนวนมากๆ จะเกิดค่าพิกัดของชิ้นงานที่แตกต่างกันออกไป แต่ถ้าหากใช้เครื่องจักร CNC ในการผลิตชิ้นงานจำนวนมาก จะลดเวลาของการผลิตชิ้นงานและ

รูปทรงที่ได้จะเหมือนกันโดยตลอดการทำงานต่างๆ จะถูกกำหนดไว้ และยังสามารถนำโปรแกรมนั้นมาใช้ใหม่ได้อีกเมื่อมีการผลิตชิ้นต่อๆ ไปได้อีก

สำหรับเครื่องจักร CNC การเคลื่อนที่ต่างๆ ที่จำเป็นในการผลิตชิ้นงานจะทำงานโดยอัตโนมัติ ด้วยตัวเครื่องจักรเอง โดยอาศัยข้อมูลจากชุดควบคุม เครื่องจักรจะทำงานตามข้อมูตัวเลข (Numerical Information) ที่ป้อนให้กับชุดควบคุมของเครื่องจักร CNC ในรูปแบบของรหัส (Code) ที่ชุดควบคุมสามารถเข้าใจได้

ในระบบการขับเคลื่อน จะต้องมีการออกแบบให้รับกับการทำงานอย่างมีประสิทธิภาพของเครื่องจักรที่ควบคุมระบบเชิงตัวเลข เช่น ระบบเฟืองทด เพลาหมุน พร้อมแบริ่งที่มีความเที่ยงตรงสูง ระบบการหล่อลื่น พร้อมกับการระบายความร้อน เป็นต้น นอกจากนั้นยังมีระบบการจับยึดเครื่องมือที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานซึ่งจะแตกต่างจากการจับยึดเครื่องมือของเครื่องจักรทั่วไป

ความแตกต่างในการใช้เครื่องจักร CNC เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องจักรที่ใช้ทั่วไปคือการตัดสินใจในการกำหนดขั้นตอนการทำงานต่างๆ จะกระทำเพียงครั้งเดียว กล่าวคือ จะกระทำในขั้นตอนของการวางแผน และสร้างโปรแกรมสำหรับควบคุมเครื่องจักรเท่านั้น หลังจากนั้นโปรแกรมจะถูกนำไปใช้ในการทำงานของเครื่องจักร สำหรับผลิตชิ้นงานที่ต้องการ โดยสามารถทำการผลิตซ้ำๆ กันกี่ครั้งก็ได้ตามต้องการนอกเหนือจากโปรแกรมการทำงาน ซึ่งเปรียบเสมือนการวางแผนการทำงานที่ได้จัดเตรียมขั้นตอนการทำงานทุกขั้นตอน เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ การผลิตชิ้นงานด้วยเครื่องจักรซีเอ็นซียังช่วยลดเวลาในการทำงานอื่นๆ ที่จำเป็นด้วย เช่น ลดเวลาการตรวจสอบขนาดของชิ้นงาน ลดเวลาในการปรับความเร็วรอบของ Spindle เป็นต้น

3.6 ประเภทของเครื่อง CNC

ในแต่ละอุตสาหกรรมก็จะใช้เครื่องจักรที่แตกต่างกันออกไปขึ้นกับการใช้งาน วัสดุ เป็นต้น ดังนั้น จึงมีการผลิตเครื่องจักรต่างๆ กัน เครื่องจักรที่ผลิตอยู่ในช่วงปี 2010-2012 มี ดังนี้

1) เครื่องจักร เร้าเตอร์ (CNC Router)

เครื่อง CNC Router เป็นเครื่องสำหรับตัด เจาะ ฉลุ เซาะร่อง ไม้ พลาสติก อะคลีลิค เป็นต้น มีขนาดพื้นที่ทำงานตั้งแต่ 1200x1200x120 mm., 1200x2400x120mm, 2000x3000x120 mm.

ภาพที่ 7 เครื่อง CNC Router with AC Servo motor, Dual motor on Y axis.
ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com-03.blogspot.com/2012/08/cnc.html

ภาพที่ 8 เครื่อง CNC Router with stepping motor.
ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com-03.blogspot.com/2012/08/cnc.html

เครื่อง CNC router ST1224 เป็นรุ่นที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเราสามารถทำงานบนไม้แผ่นขนาด 4'x8' หรือ 1200x2400 มม. ซึ่งเป็นแผ่นไม้อัดมาตรฐาน วัสดุที่ทำได้ เช่น ไม้ MDF Plywood ไม้อัด ไม้จริงทุกชนิด พลาสติก อะคลีลิค และแผ่นแผ่นอลูคาร์บอน (Aluminum composite) เป็นต้น มีหลายๆ บริษัท ที่นำมาใช้งานต่างๆ เช่น งานตกแต่งรถตู้ ตัดไม้อัดสำหรับวางลำโพง งานเฟอร์นิเจอร์ ทำชิ้นส่วนเครื่องจักร งานตกแต่งภายใน และงานทำป้ายโฆษณา เป็นต้น

2) เครื่องแกะสลัก (CNC Engraving)

ภาพที่ 9 เครื่อง CNC engraving

ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com-03.blogspot.com/2012/08/cnc.html

เครื่อง CNC engraving เป็นรุ่นที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลายอีกโมเด็ลหนึ่ง มีพื้นที่ทำงานตั้งแต่ 300x300x120 mm. 600x600x120 mm. 600x900x120 mm.

วัสดุที่ทำได้ เช่น ไม้ MDF Plywood ไม้อัด ไม้จริงทุกชนิด พลาสติก อะครีลิก แผ่นอลูคาร์บอน (Aluminum composite) อลูมิเนียม ทองเหลือง เป็นต้น มีหลายๆ บริษัท ที่นำมาใช้ในงานต่างๆ เช่น ทำพิมพ์สำหรับงานหยอดเรซิ่น งานอัญมณี (Jewelry) ทำชิ้นงานต่างๆ ทำพิมพ์พระ เป็นต้น

3) เครื่องจักรเอ็นมิลลิ่ง (CNC EnMilling)

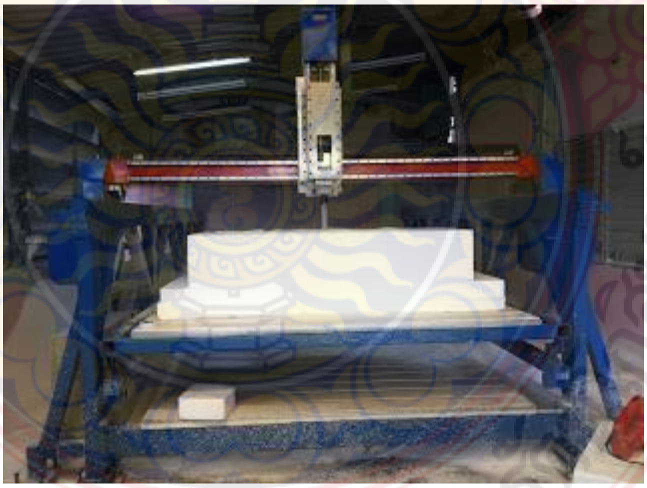
เครื่อง CNC EnMilling เป็นรุ่นมีการใช้งานอย่างแพร่หลายอีกโมเด็ลหนึ่งเช่นกัน มีพื้นที่ทำงานตั้งแต่ 300x300x200 mm. 00x600x300 mm. 600x900x300 mm. แตกต่างกับ CNC Engraving ตรงที่แกน Z จะสูงกว่า เหมาะสำหรับงานที่ต้องการ ความสูงของชิ้นงานมากๆ

ภาพที่ 10 เครื่อง CNC EnMilling

ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com-03.blogspot.com/2012/08/cnc.html

4) เครื่องซี เอ็น ซี กัดโฟมสำหรับงานแม่พิมพ์ (CNC Shaping Foam for mold)

เป็นเครื่องที่ออกแบบสำหรับกัดโฟมทำแม่พิมพ์ ส่วนใหญ่จะเป็นพิมพ์สำหรับชิ้นส่วนรถยนต์ ขนาดของเครื่องจะค่อนข้างใหญ่ ตั้งแต่ 2000 x 4000 x 700mm. ระบบขับเคลื่อนจะใช้ AC Servo motor งานที่กัด จะเป็นแบบ PS Foam เหมาะสำหรับการทำแบบเหล็กหล่อ เพื่อทำเป็นแม่พิมพ์ปั้มชิ้นส่วนของรถยนต์ เช่น แผ่นกระโปรงหน้า ประตู เป็นต้น ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้มักจะมีขนาดใหญ่ เครื่องจักรรุ่นนี้ จึงออกแบบให้มีขนาดใหญ่เพื่อรองรับงานทั้งหมด



ภาพที่ 11 เครื่อง CNC Shaping foam

ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com-03.blogspot.com/2012/08/cnc

5) เครื่องซี เอ็น ซี กัดโฟมสำหรับงานประติมากรรม (CNC Shaping Foam for sculpture)

เป็นเครื่องกัดโฟมรุ่นใหม่ล่าสุดขนาดพื้นที่ทำงาน 1200 x 2400 x 500 mm. ขับเคลื่อนด้วยระบบ Stepping motor เหมาะสำหรับงานกัดโฟม เพื่อทำงานหล่อประติมากรรม ทั้งแบบไทย สากล เช่น งานหล่อพระพุทธรูป หรืองานทำต้นแบบ โมเด็ลเพื่อหล่อไฟเบอร์กลาส เป็นต้น นอกจากนี้ยังเหมาะสำหรับงานตกแต่งรถยนต์ เช่น ทำกันชนรถ ตัวถัง สปอยเลอร์ เป็นต้น

ภาพที่ 12 ชิ้นงานโฟมแบบเหล็กหล่อ

ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com03.blogspot.com/2012/08/cnc.html

6) เครื่อง CNC Plasma

ใช้สำหรับงานโลหะแผ่น เครื่อง Plasma มีขนาด 4'x8' และ 5'x11' CNC Plasma Machine PF Series เป็นเครื่องรุ่นใหม่ที่ได้ออกแบบให้กระทัดรัด แข็งแรง ทนทาน การขับเคลื่อนด้วย Stepping motor แกน Y ใช้เป็นแบบ Linear guide การขับเคลื่อนเป็นแบบ Rack กับ Pinion ส่วนแกน X, Z ขับด้วยเพลากลม โครงสร้างเครื่องทำด้วยเหล็กจึงมีความแข็งแรง สามารถตัดงานที่เป็น เหล็ก สเตนเลส อลูมิเนียม ได้ตั้งแต่ 0.5 - 20 mm. (ขึ้นอยู่กับขนาดของหัวพลาสม่าด้วย) ตัวโต๊ะออกแบบให้เป็นซี่ ๆ ฟันปลา สามารถถอดเปลี่ยนได้เมื่อสึกหมดแล้ว

ภาพที่ 13 เครื่อง CNC Plasma

ที่มา: อธิพงษ์ ชิตทอง, (2555) เข้าถึงได้จาก http://com03.blogspot.com/2012/08/cnc.html

7) เครื่อง CNC เฉพาะงาน

การออกแบบและผลิตเครื่อง CNC เฉพาะงาน เพื่อให้เหมาะสมกับงานนั้น เป็นการออกแบบตามวัตถุประสงค์การใช้งาน เช่น เครื่องหยอดกาวอัตโนมัติ เครื่องกัดเลนส์แว่นตาอัตโนมัติ เครื่องตัดขอบ หรือขัดแผ่นอะคลีลิคขนาดใหญ่ และเครื่องขัดล้อมอเตอร์ไซด์ เป็นต้น

4. การสร้างแม่พิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์

อมรมาศ กีรติสิน, พากร ประยูรเทพ, โกสินทร์ ภูเดช และกวินทร์ โตวิศิษฐชัย (2549: 79-87) ได้อธิบายเกี่ยวกับการสร้างต้นแบบเครื่องประดับและเทคนิคการสร้างแม่พิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์ไว้ดังต่อไปนี้

4.1 กระบวนการทำต้นแบบเครื่องประดับ

ในบรรดากระบวนการจัดทำเครื่องประดับจะเริ่มต้นจากการสร้างต้นแบบจากภาพ ยิ่งต้นแบบมีความละเอียดประณีต มีคุณภาพดีเท่าไร ยิ่งทำให้ชิ้นงานมีคุณภาพและมีปัญหาน้อยลง อุตสาหกรรมเครื่องประดับทั่วโลกจึงให้ความสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพของวัสดุและเทคนิคในการผลิตต้นแบบเครื่องประดับอย่างมาก ในยุคแรกเริ่มของการผลิตเครื่องประดับเป็นจำนวนมากเพื่อเป็นสินค้าอุตสาหกรรม ต้นแบบเครื่องประดับจะผลิตด้วยมือซึ่งต้องอาศัยความชำนาญเฉพาะบุคคล การควบคุมคุณภาพชิ้นงานและเวลาในการผลิตไม่สม่ำเสมอ ก่อให้เกิดปัญหาต่อกระบวนการผลิตทั้งหมด ผู้ผลิตในอุตสาหกรรมเครื่องประดับจึงได้หยิบยืมเอาเทคโนโลยีของอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น

อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมการบิน อุตสาหกรรมเหล็กมาดัดแปลงใช้กับอุตสาหกรรมเครื่องประดับ จนถึงปัจจุบันนี้ผู้ผลิตมีทางเลือกเพิ่มขึ้นในการสร้างต้นแบบเครื่องประดับที่มีคุณภาพนอกเหนือจากการใช้ฝีมือของช่างทำต้นแบบด้วยการนำวิทยาการต่างๆ เช่น โปรแกรมคอมพิวเตอร์ เครื่องขี้ผึ้ง (Wax) เข้ามาใช้ในกระบวนการผลิตต้นแบบ ซึ่งสามารถช่วยประหยัดเวลา และสามารถควบคุมคุณภาพและต้นทุนการผลิตได้เป็นอย่างดี

ความเป็นมาในการทำต้นแบบเครื่องประดับ แต่เดิมจนถึงปัจจุบันนี้คือ การอาศัยใช้ช่างทำต้นแบบเครื่องประดับที่มีฝีมือและทักษะเป็นอย่างดี ช่างจะต้องมีความเข้าใจในแบบ มีความสามารถในการพิจารณารูปแบบเครื่องประดับ ทำความเข้าใจรูปทรง ขนาด น้ำหนัก โลหะที่ใช้ ตลอดจนถึงรูปทรงของอัญมณีที่ใช้ในเครื่องประดับ เพื่อจะได้คำนวณขนาดของช่องและรูปแบบการฝังอัญมณี ทั้งนี้เพื่อให้ผลิตต้นแบบที่ถูกต้องลดปัญหาในการแก้ไขซ่อมแซมงานเมื่อนำไปผ่านกระบวนการผลิตขั้นตอนต่อๆ ไป กรรมวิธีที่ใช้ในการทำต้นแบบเครื่องประดับ (Modeling) แบบดั้งเดิม ตั้งแต่เริ่มมีการผลิตเครื่องประดับระดับอุตสาหกรรม (ผลิตจำนวนมากๆ ในครั้งเดียว) มีกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องดังนี้

1) การอ่านหรือการวินิจฉัยแบบ

การอ่านแบบหรือการวินิจฉัยแบบเป็นขั้นตอนแรกของกระบวนการผลิตเครื่องประดับ ผู้อ่านแบบจะต้องเข้าใจแบบเป็นอย่างดี สามารถถอดแบบได้ หมายถึง ผู้ทำต้นแบบสามารถแยกแบบเครื่องประดับออกเป็นส่วนย่อยๆ เพื่อเลือกกรรมวิธีและวัสดุที่ใช้ในการสร้างต้นแบบ เข้าใจแบบและเจตนารมณ์ของผู้ออกแบบ ในการนำเครื่องประดับไปใช้ สามารถมองแบบในมุมมองต่างๆ (ด้านหน้า ด้านบน ด้านล่าง หรือ 3 มิติ) และต้องเข้าใจกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างดี

เพื่อป้องกันความเสียหายในกระบวนการผลิตเนื่องจากการวินิจฉัยผิดพลาด การวินิจฉัยแบบจะต้องคำนึงถึงสาระสำคัญดังนี้

- ดูแบบและคำสั่งการผลิต (ข้อมูลต่างๆ) ตามที่ผู้สั่งต้องการ เช่น ประเภท จำนวน และขนาดเครื่องประดับ ประเภทและน้ำหนักโลหะ ชนิดอัญมณีที่ใช้ ระยะเวลาการผลิต เป็นต้น
- เลือกกระบวนการผลิตที่เหมาะสมกับรูปแบบชิ้นงานและจำนวนชิ้นที่ผลิต
- เลือกใช้วัตถุดิบที่ใช้ทำต้นแบบชิ้นส่วนเครื่องประดับอย่างเหมาะสม
- เลือกวิธีขึ้นรูปที่เหมาะสม

2) การปั้นดินน้ำมัน

เป็นกระบวนการทำต้นแบบอย่างง่ายและรวดเร็ว สามารถมองเห็นรูปร่างของชิ้นงานและแก้ไขได้ง่าย แบบจำลองดินน้ำมันจะช่วยในการสั่งงานแก่งานต่างๆ ที่แยกกันทำชิ้นส่วนเครื่องประดับ

แต่ละส่วนได้อย่างดี นอกจากนี้ยังสามารถกำหนดปริมาณวัสดุที่ใช้ผลิตได้อย่างแน่นอนและไม่ผิดรูปร่าง กระบวนการขึ้นรูปดินน้ำมัน มี 2 แบบ คือรูปจากบนลงล่าง และจากล่างขึ้นบน หมายถึงการขึ้นรูปจากส่วนบน หรือส่วนล่างของชิ้นงาน

3) การทำต้นแบบด้วยขี้ผึ้ง (Wax)

เป็นการทำต้นแบบด้วยขี้ผึ้งพิเศษ ซึ่งทำให้มีความแข็งพอจะทำเป็นต้นแบบในกระบวนการหล่อได้ ต้นแบบขี้ผึ้งนี้มีชื่อเรียกในอุตสาหกรรมว่า “ต้นแบบขี้ผึ้ง” (Wax Pattern) แต่ต้นแบบขี้ผึ้งที่ได้จากการฉีดเทียนในแม่พิมพ์ยาง เพื่อจะนำมาติดต้นเทียนใช้ในกระบวนการหล่อ นั้นจะเรียกว่า “ต้นแบบเทียน” ซึ่งเป็นคนละชนิดกัน การทำต้นแบบขี้ผึ้ง (Wax) นี้ กระบวนการแบบปกติดั้งเดิม (Tradition Way) จะอาศัยอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแกะสลัก การคว้านเนื้อ การตัด การเลื่อย การเจาะรู การเชื่อมหรือการเพิ่มเนื้อขี้ผึ้ง (wax) ด้วยความร้อน การดัดขึ้นรูปสำหรับขี้ผึ้งอ่อน ตลอดจนการขัดตกแต่งผิวขี้ผึ้ง (Wax) อย่างหยาบและละเอียด เพื่อแกะต้นแบบขี้ผึ้ง (Wax) ที่มีมิติสัดส่วน ขนาดตรงตามแบบในกระดาษให้มากที่สุด การทำต้นแบบเครื่องประดับด้วยขี้ผึ้ง (Wax) ที่มีคุณภาพ จึงมีความสำคัญมาก ทั้งนี้เพื่อป้องกันปัญหาที่อาจจะเกิดขึ้นต่อไปในกระบวนการหล่อ อย่างไรก็ตามเทคนิคการทำต้นแบบเครื่องประดับด้วยขี้ผึ้งได้มีพัฒนาการอย่างมากในปัจจุบันนี้ ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับขนาดใหญ่ได้นำวิทยากรใหม่ๆ เข้ามาใช้สร้างต้นแบบ โดยอุปกรณ์แบบดั้งเดิมถูกลดความสำคัญลงเหลือเพียงเพื่อเก็บรายละเอียดเล็กๆ น้อยๆ ของชิ้นงานเท่านั้น

ข้อดีของต้นแบบด้วยขี้ผึ้งแบบดั้งเดิม คือขึ้นรูปง่ายกว่าต้นแบบที่ทำจากโลหะ สามารถแกะสลักและเกลาให้เป็นรูปร่างต่างๆ ได้ง่ายและรวดเร็ว หากต้องการปรับแต่ง เพิ่ม ลดขนาดก็ทำได้ง่ายเช่นกัน แต่ต้นแบบชนิดนี้มีข้อจำกัดคือ ไม่มีความคงทน แตกหักง่ายกว่าโลหะ ดังนั้น หากชิ้นงานมีชิ้นส่วนเล็กมากๆ อาจมีปัญหาในกระบวนการผลิตได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้หล่อโลหะได้เพียงชิ้นเดียว หากต้องการปริมาณงานมากๆ ต้องนำต้นแบบเทียนหรือขี้ผึ้งไปอัดพิมพ์ยางเพื่อทำต้นแบบก่อนจึงนำไปฉีดเทียนเพื่อหล่อชิ้นงานอีกที ถ้าหากต้องการนำต้นแบบขี้ผึ้งไปหล่อโลหะเลยก็สามารถทำได้ แต่ทำได้เพียงแค่ครั้งเดียวหากชิ้นงานที่ได้จากการหล่อมีปัญหาจะต้องทำต้นแบบขี้ผึ้งใหม่ อย่างไรก็ตาม ขี้ผึ้งรุ่นใหม่ที่ใช้กับเครื่องผลิตต้นแบบขี้ผึ้งได้มีการพัฒนาให้มีความแข็งแรง ความเหนียวเป็นพิเศษ ทำให้สามารถเก็บรายละเอียดของชิ้นงานได้อย่างดี (เครื่องจักรบางรุ่นสามารถเก็บรายละเอียดได้ถึง 0.2 ไมครอน) และขี้ผึ้งบางชนิดยังสามารถนำไปหล่อได้ทันที ทำให้ประหยัดเวลาและต้นทุนในการผลิต กล่าวคือ ไม่ต้องนำต้นแบบขี้ผึ้งที่ได้ไปทำต้นแบบโลหะเพื่อฉีดเทียน ทำต้นเทียน ก่อนจะนำไปหล่อตามปกติ

ขี้ผึ้งที่ใช้ในแกะต้นแบบขี้ผึ้งแบบดั้งเดิม ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับมีหลากหลายชนิดและหลายรูปทรง เช่น เป็นรูปเกือกม้ากลวงตรงกลาง (ทรงแหวน) เป็นแผ่นแบน เป็นแท่ง เป็นต้น แต่ละชนิดก็มีคุณสมบัติที่เหมาะกับงานแต่ละชนิด อาทิ

เทียนหรือขี้ผึ้งสีเขียว (Green Wax) เป็นชนิดที่ได้รับความนิยมมากที่สุด มีความแข็งสูง ไม่หักหรือแตกง่าย แต่ก็มีความยืดหยุ่นต่ำ มีจุดหลอมเหลวที่ประมาณ 230 ฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 110 องศาเซลเซียส เมื่อหลอมเหลวจะกลายเป็นของเหลวใส (ไม่หนืด) เมื่อเย็นจะแข็งตัวได้เร็วและยืดหยุ่นมากกว่าก่อนหลอมละลาย ขี้ผึ้งชนิดนี้สามารถเก็บรายละเอียดของงานได้ดี ขัดตกแต่งผิวงานให้เรียบขึ้นเงาได้ สามารถใช้ขึ้นชิ้นงานได้ทั้งงานที่มีขนาดเล็ก (ประมาณ 0.2 มิลลิเมตร) และขนาดใหญ่ สามารถใช้กับอุปกรณ์แกะขี้ผึ้งได้ทุกประเภทเช่น มีด ใบเลื่อยชนิดต่างๆ หรือหัวขัด หัวตัดที่ใช้กับสว่าน (Folder)

เทียนหรือขี้ผึ้งสีม่วง (Purple Wax) เป็นเทียนหรือขี้ผึ้งสีชมพูหรือสีม่วง มีคุณภาพระดับกลาง นำมาใช้งานได้หลายรูปแบบ มีความแข็งแรงน้อยกว่าแต่ยืดหยุ่นมากกว่าแบบสีเขียว มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าเทียนหรือขี้ผึ้งสีเขียวเล็กน้อย (ประมาณ 225 ฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 104.4 เซลเซียส) เมื่อหลอมจะมีลักษณะเหนียวหนืดก่อนเหลว เมื่อเย็นตัวอีกครั้งจะยืดหยุ่นตัวมากจนไม่สามารถคงรูปได้ ดังนั้น การซ่อมงานของเทียนหรือขี้ผึ้งจึงมักใช้ขี้ผึ้งเขียวซ่อม ปกติขี้ผึ้งสีม่วงสามารถนำมาแกะสลักด้วยมีดขึ้นชิ้นงานเล็ก (ไม่น้อยกว่า 0.5 มิลิเมตร) หรือชิ้นใหญ่ที่มีรายละเอียดไม่มากได้ และสามารถบิดงอได้โดยไม่แตกหัก แต่การเก็บรายละเอียดเล็กๆ ไม่ดีเท่าสีเขียว เศษผงของขี้ผึ้งชนิดนี้จะมีขนาดเล็กและละเอียดกว่าสีเขียว จึงควรระวังการอุดตันของเครื่องมือ

เทียนหรือขี้ผึ้งสีน้ำเงิน (Blue Wax) มีจุดหลอมเหลวต่ำและอ่อนกว่าขี้ผึ้งสีอื่น (ประมาณ 200 ฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 93.3 เซลเซียส) เมื่อหลอมจะกลายเป็นของเหลวหนืด จึงสามารถนำมาใช้ทำเป็นเส้นเล็กๆ ติดบนเทียนหรือขี้ผึ้งอื่นๆ ได้ เนื่องจากขี้ผึ้งชนิดนี้มีความยืดหยุ่นสูงจึงสามารถดัดโค้งได้เมื่อจุ่มในน้ำเดือด (1-2 วินาที) ไม่แตกหักง่าย สามารถนำมารีดเป็นแผ่นบางๆ เพื่อฉลุลายได้ ทนแรงตะไบได้โดยไม่หัก แต่ไม่เหมาะกับงานที่ต้องการความแม่นยำสูงๆ หรืองานเน้นการขัดแต่งมากๆ เพราะเศษขี้ผึ้งจะอุดรอยฟันของตะไบเหมือนขี้ผึ้งสีม่วง

4) การทำต้นแบบด้วยโลหะ

เนื่องจากต้นแบบเครื่องประดับด้วยโลหะมีความคงทนถาวร จึงเหมาะที่จะนำไปใช้อัดในยางเพื่อสร้างแม่พิมพ์สำหรับผลิตเครื่องประดับแบบเดียวกันเป็นจำนวนมากๆ นอกจากนี้ยังสามารถนำมาใช้เป็นต้นแบบของงานที่ซับซ้อนได้เพราะสามารถเก็บรายละเอียดได้ดี ถ้าหากผู้ผลิตเริ่มต้นจากการทำต้นแบบด้วยโลหะ จะช่วยลดขั้นตอนในการผลิตได้เพราะสามารถนำต้นแบบโลหะนี้ไปอัดพิมพ์ยาง ฉีดเทียน และติดต้นเทียนได้เลยโดยไม่ต้องผ่านกระบวนการสร้างต้นแบบเทียนหรือขี้ผึ้ง (Wax)

ก่อน และพื้นผิวที่ได้จากต้นแบบโลหะก็ยังสามารถขัดเงาได้ดีกว่า เก็บรายละเอียดบนผิวงานได้ดีกว่าอีกด้วย แต่การทำต้นแบบเครื่องประดับด้วยโลหะนี้ต้องใช้ต้นทุนสูงกว่าต้นแบบเทียนหรือขี้ผึ้งและค่อนข้างจะยากกว่างานประเภทที่มีความโค้งเว้าหรือนูนสูงจากพื้นผิว ประกอบกับกระบวนการทำต้นแบบด้วยโลหะนี้ในการทำให้โลหะเปลี่ยนรูปถาวร อาจจะด้วยการหลอม การรีด การดึง การตี การตอก การเคาะ การดัด การตัด หรือการอบอ่อน เป็นต้น ดังนั้นโลหะที่นำมาใช้จึงควรมีทั้งคุณสมบัติด้านความแข็งและความเหนียวที่ดี และควรมีคุณสมบัติที่เหมาะสมกับชิ้นงานแต่ละประเภท โลหะที่นิยมใช้ เช่น

ทองแดง (Copper) มีความอ่อน จึงสามารถสร้างต้นแบบได้สะดวกรวดเร็ว แต่อาจเสียรูปได้ง่าย

ทองเหลือง (Brass) เป็นโลหะผสมระหว่างทองแดงและสังกะสี (87.5/12.5) มีความแข็งมากกว่า แต่ก็เปราะกว่าและอาจจะทำปฏิกิริยากับบางทำแม่พิมพ์ให้เสียหายได้

เงิน (Silver) เป็นโลหะที่นิยมใช้ทำต้นแบบเครื่องประดับมากที่สุด แม้ว่าอาจจะเสียทรงไปบ้างเมื่อทำแม่พิมพ์ยาง จึงอาจมีการผสมโลหะอื่นๆ ลงไปด้วยเพื่อแก้ไขปัญหานี้ เช่น ผสมนิเกิล เป็นนิเกิลซิลเวอร์ เป็นต้น

โลหะมีค่าอื่นๆ เช่น ทองคำ หรือแพลตินัม แม้ว่าคุณสมบัติจะเหมาะสมกว่าแต่ว่าราคาสูงจึงไม่ค่อยได้รับความนิยม

ในปัจจุบัน เทคโนโลยีในการสร้างต้นแบบโลหะนั้น มีการประยุกต์เครื่องกัดโลหะในอุตสาหกรรมหนัก เช่น อุตสาหกรรมเหล็ก อุตสาหกรรมยานยนต์และอากาศยาน มาใช้เป็นเครื่องกัดโลหะขนาดเล็กสร้างต้นแบบเครื่องประดับได้ อย่างไรก็ตามพบว่า มีข้อจำกัดอีกหลายประการที่ทำให้ไม่นิยมใช้เท่ากับการกัดหรือฉีดต้นแบบเทียนหรือขี้ผึ้งด้วยเครื่องจักร

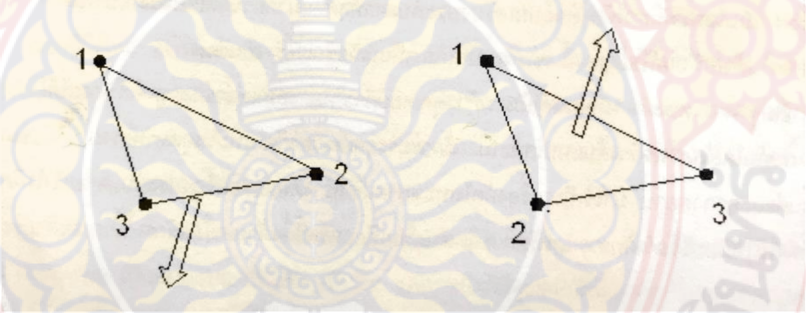
โดยสรุป วิทยาการการสร้างต้นแบบเครื่องประดับจากอดีตถึงปัจจุบันได้มีการพัฒนาไปอย่างมาก จากเดิมที่มีแต่การใช้ฝีมือมนุษย์ ปัจจุบันได้มีการเสริมสร้างจุดอ่อนของการใช้ฝีมือมนุษย์ด้วยการนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาใช้สร้างแบบ เพื่อจะนำไปต่อเข้ากับเครื่องจักรสำหรับกัดหรือฉีดเทียนหรือขี้ผึ้งต้นแบบช่วยประหยัดเวลาและงบประมาณได้มาก สามารถควบคุมคุณภาพ เวลาและต้นทุนได้อย่างดี อย่างไรก็ตาม เทคโนโลยีในการผลิตต้นแบบเครื่องประดับก็ยังมีข้อจำกัดอยู่บางประการ เนื่องจากต้องอาศัยการลงทุนในระยะแรกค่อนข้างสูง ผู้ประกอบการส่วนมากจึงยังไม่พร้อมจะลงทุนเองต้องอาศัยหน่วยงานอื่นที่ให้บริการด้านอุปกรณ์และเครื่องมือขั้นสูงเหล่านี้ ส่วนผลงานที่ได้ออกมาจากเครื่องจักรแม้จะมีคุณภาพค่อยข้างดีมาก แต่ยังต้องอาศัยฝีมือมนุษย์ในการขัดตกแต่งงานให้เรียบร้อย (ไม่เกินร้อยละ 30 บางกรณีอาจจะไม่ถึงร้อยละ10) ทั้งนี้หากมองในภาพรวมแล้วผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมเครื่องประดับทั่วโลกกำลังตื่นตัวอย่างมากในการนำ

เทคโนโลยีเข้ามาใช้ในกระบวนการผลิต และพร้อมที่จะพัฒนาให้มีศักยภาพสูงสุด เพื่อสามารถแข่งขันกับคู่แข่งและความต้องการของตลาดได้นั่นเอง

4.2 ชนิดของเครื่องผลิตกับต้นแบบเครื่องประดับ และหลักการทำงาน

กระบวนการสร้างต้นแบบเครื่องประดับด้วยเครื่องสร้างต้นแบบให้รวดเร็วนั้น ประกอบด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำหรับการออกแบบเครื่องประดับแบบ 3 มิติ (Computer Aided Design : CAD) จากนั้น นำไฟล์กลาง (ไฟล์นามสกุล .STL ที่ได้จาก CAD มาแปลงให้เป็นไฟล์สำหรับสั่งโปรแกรมการสร้างต้นแบบ (Computer-Aided Manufacturing : CAM) ของเครื่องสร้างต้นแบบให้ทำการแกะหรือฉีดต้นแบบเทียนหรือขี้ผึ้งออกมา

สำหรับ ไฟล์ .STL เป็นไฟล์ที่เกิดจากการเขียนในโปรแกรมการออกแบบเครื่องประดับ (CAD) นั้นสามารถบันทึก (SAVE) เก็บได้หลายรูปแบบ แต่ถ้าหากจะนำไปสร้างต้นแบบด้วยเครื่องจำเป็นต้องแปลงเป็น .STL ซึ่งถือเป็นไฟล์กลางที่จะสามารถนำไปเชื่อมต่อกับระบบ CAM ไฟล์ STL ย่อมาจาก Stereo Lithography ซึ่งเป็นไฟล์ที่เก็บพื้นผิว (จาก CAD) ในรูปสามเหลี่ยมเล็กๆ หลายๆ รูปประกอบกัน โดยสามเหลี่ยมแต่ละรูปจะมีข้อมูลของทิศทาง (เวคเตอร์ vector) ของผิวด้านนอกของวัตถุ (Facet Normal) และตำแหน่ง (Coordinate) ของจุดยอดทั้งสามของรูปสามเหลี่ยม (Vertex) ซึ่งเรียงทวนเข็มนาฬิกา และรูปสามเหลี่ยมที่มีด้านติดกันต้องใช้จุดยอดของสามเหลี่ยมร่วมกัน 2 จุด ดังภาพที่



ภาพที่ 14 แสดงทิศทางของผิวด้านนอกและการเรียงลำดับจุดยอดของสามเหลี่ยม

ที่มา: อมรมาศ กีรติสิน, พากร ประยูรเทพ, โกสินทร์ ภูเดช และกวินทร์ โตวิศิษฐชัย (2549: 82)

การแทนพื้นผิวภายนอกของวัตถุด้วยรูปสามเหลี่ยม จะแม่นยำที่สุดในกรณีที่ผิววัตถุเป็นระนาบและขอบเป็นเส้นตรง เช่น รูปทรงลูกบาศก์ หรือกล่องสี่เหลี่ยม เป็นต้น แต่ในงานเครื่องประดับนั้นผิวงานส่วนใหญ่มักไม่เป็นระนาบ แต่เป็นงานโค้งมน และขอบไม่เป็นเส้นตรง เช่น ทรงแหวน หรือกำไล เป็นต้น ดังนั้นการจะทำงานให้ได้ผิวงานที่เรียบดี จะต้องสร้างไฟล์ .STL ที่

ประกอบด้วยสามเหลี่ยมจำนวนมาก ยิ่งไฟล์ประกอบด้วยรูปสามเหลี่ยมมีจำนวนมากเท่าไรก็จะยิ่งได้ผิวงานที่ดีเท่านั้น

เทคโนโลยีของเครื่องสร้างต้นแบบที่รวดเร็วนั้น มีเทคโนโลยี 3 ประเภท ได้แก่ (1) เทคโนโลยีการหักออก (Subtractive Process) อันเป็นการนำก้อนวัสดุที่จะทำเป็นต้นแบบมากัด เฉือน แกะ เอาเนื้อออกให้ได้รูปร่าง เครื่องสร้างต้นแบบด้วยกรรมวิธีนี้ เรียกว่า เครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้ง (wax) หรือเครื่อง CNC (2) เทคโนโลยีการเพิ่มเข้า (Additive Process) เป็นการเติมวัสดุที่จะใช้ทำต้นแบบลงบนพื้นที่ภาคตัดขวางในแนวนอนของต้นแบบทีละชั้น โดยเริ่มจากชั้นล่างสุด เครื่องที่ใช้สร้างต้นแบบด้วยวิธีนี้เรียกว่า เครื่องสร้างต้นแบบรวดเร็ว (Rapid Prototype: RP) หรือเครื่องฉีดเทียนหรือขี้ผึ้ง (Wax) สุดท้าย (3) คือเทคโนโลยีการอัดขึ้นรูป (Compressive Process) เป็นกรรมวิธีการทำต้นแบบโดยการหล่อ การทุบ หรือการปั๊มขึ้นรูปวัสดุ โดยใช้แม่พิมพ์เป็นแบบ เช่น การอัดพิมพ์ยางในกระบวนการทำเครื่องประดับ เป็นต้น

ในที่นี้จะกล่าวเฉพาะเทคโนโลยีการสร้างต้นแบบที่ใช้เครื่อง CNC ในการแกะเทียนหรือขี้ผึ้งเท่านั้น ซึ่งเป็นกรรมวิธีที่กำลังความนิยมอย่างมากในอุตสาหกรรมเครื่องประดับทั่วโลก

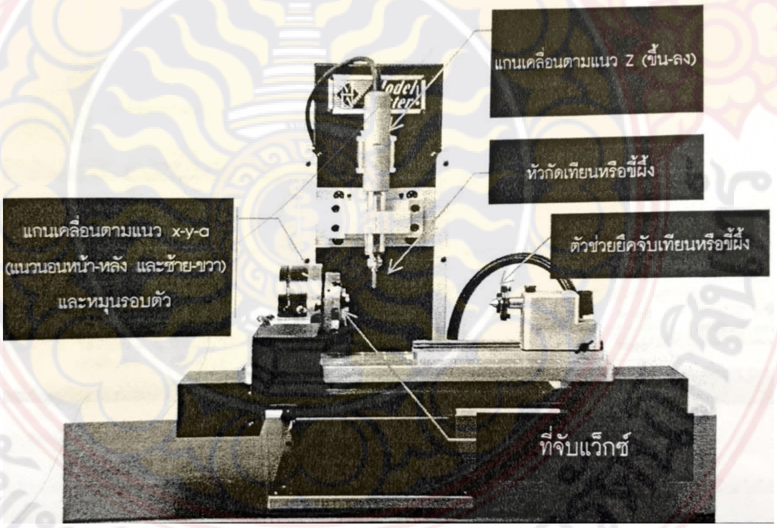
เครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้ง (CNC) ย่อมาจาก Computerized Numerical Control เป็นระบบที่ได้รับการพัฒนามานานกว่า 50 ปี จากอุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น ยานยนต์ เครื่องหนัง รองเท้า เหล็ก เป็นต้น ต่อมาได้พัฒนาประยุกต์ให้สามารถใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับได้ด้วย โดยทั่วไปเวลากล่าวถึง CNC จะหมายถึงระบบกัดเจาะ (CNC Milling) ที่กัดเจาะชิ้นงานไม่ว่าจะเป็นชิ้นงานเบา (อ่อน) หรืองานหนัก (แข็ง) ให้เป็นรูปร่างตามต้องการ แต่ความหมายของเครื่อง CNC ในอุตสาหกรรมทั่วไปยังมี 2 ระบบ ได้แก่ เครื่อง CNC ที่ตัวชิ้นงานเป็นตัวหมุนรอบ (เคลื่อนที่) แต่รหัสตัดจะตรึงยึดอยู่กับที่เรียกว่า CNC Lathe และเครื่อง CNC Router ตัวแกนของ Router สามารถหมุนได้ด้วยความเร็วสูง เหมาะกับงานไม้ พลาสติก เทียนหรือขี้ผึ้ง โฟม หรือโลหะประเภทอลูมินัม แต่ไม่แข็งแรงเท่ากับระบบ Mill การทำงานของ Router อาจจะเป็นแบบที่ส่วนหน้าโต๊ะ Router (วางชิ้นงาน) ถูกยึดติดขณะที่แกนหมุน (ยึดหัวตัด) เคลื่อนที่ตามแนวแกน x หรือตัวแกนอาจจะถูกยึดขณะที่ส่วนหน้าโต๊ะเป็นตัวเคลื่อนที่ตามแกน X หรือตัวแกนอาจจะถูกยึดขณะที่ส่วนหน้าโต๊ะเป็นตัวเคลื่อนที่ของแกน X แทน แต่การเคลื่อนที่ของแกน Z จะค่อนข้างน้อยเทียบกับระยะการเคลื่อนที่ของแกน X และ Y

แต่เดิมระบบที่ใช้เรียกว่า NC (Numerical Control) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการควบคุมการทำงานอัตโนมัติ เมื่อนำระบบคอมพิวเตอร์เข้ามาควบคุมการทำงานของเครื่องจักรจึงเรียนกว่า CNC (Computerized Numerical Control) ทำให้ต้องมีโปรแกรมคอมพิวเตอร์เข้ามาทำหน้าที่ถ่ายโอนถอดรหัสจากภาพ 3 มิติในโปรแกรม ออกแบบมาเป็นคำสั่งในการทำงานของแกนหมุนของหัวกัดเทียน

หรือขี้ผึ้ง ระบบคอมพิวเตอร์นี้ช่วยให้การควบคุมและการปรับใช้เครื่องมือมีความง่ายและสะดวกมากขึ้น หัวกัดชิ้นงานจะทำงานตามแนวแกน X, Y, Z ซึ่งจะเคลื่อนไปในทิศ + และ - (เคลื่อนไปข้างหน้าหรือข้างหลัง หรือขวาซ้าย) ระบบนี้เรียกว่าระบบ 3 แกน ทำให้สามารถแกะชิ้นงานได้ทั้งสามทิศทาง (สามมิติ) ต่อมาได้มีการพัฒนาให้แกนทั้งสามสามารถหมุนได้ตามแนวแกนที่เพิ่มขึ้นมา คือ a b c (แกน X หมุนตามแกน a แกน Y หมุนตามแกน b และแกน Z หมุนตามแกน c) เกิดเป็นแกนหมุนระบบ 4-6 ระบบแกนหมุนยิ่งมากก็ยิ่งสามารถแกะงานซับซ้อนได้ดี ขึ้นรูปผิวโค้งได้ดีขึ้น ชิ้นงานที่ได้ก็มีคุณภาพดีขึ้นด้วย

เครื่อง CNC ที่นิยมอยู่ในท้องตลาดสำหรับอุตสาหกรรมเครื่องประดับมีหลายยี่ห้อ หลายรุ่น ซึ่งล้วนแต่มีหลักการทำงานพื้นๆ คล้ายกันกล่าวคือ

1) ส่วน “สมอง” หรือส่วนที่เป็นระบบ CNCหรือส่วนโปรแกรมคอมพิวเตอร์นั่นเอง ส่วนนี้จะทำหน้าที่ควบคุมการแกะเทียนหรือขี้ผึ้งทั้งหมด โดยการแปลงไฟล์จากโปรแกรมสร้างภาพ 3 มิติมาเป็นคำสั่งที่ทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของเครื่อง โดยทั่วไปจากไฟล์ตระกูล .STL ตระกูลของไฟล์ที่ใช้งานง่ายที่สุดกับเครื่องทุกรุ่น ทุกประเภท) มาเป็นระบบ G-Code ซึ่งเป็นตัวกำหนดพิกัดการวางตำแหน่งของหัวกัดเพื่อกัดชิ้นงานให้ได้รูปร่างตามต้องการ ตามแกน X, Y, Z และแกนหมุน a, b, c ขึ้นอยู่กับระบบของเครื่อง CNC ว่าเป็นระบบกี่แกน

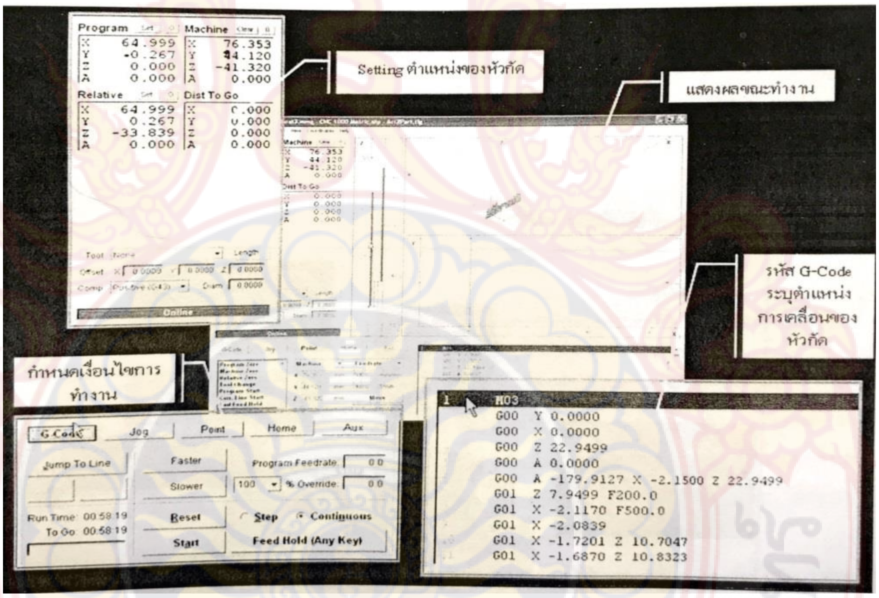


ภาพที่ 15 ตัวอย่างเครื่อง CNC

ที่มา: อมรมาศ กีรติสิน, พากร ประยูรเทพ, โกสินทร์ ภูเดช และกวินทร์ โตวิศิษฐชัย (2549,น.83)

2) อีกส่วนของเครื่องคือส่วนของเครื่องจักรทำหน้าที่กัดชิ้นงานตามคำสั่งของส่วนสมองในส่วนนี้จะประกอบไปด้วย

- ส่วนที่ยึดจับเทียนหรือขี้ผึ้ง ขึ้นอยู่กับประเภทและขนาดของชิ้นงาน
- ส่วนควบคุมการป้อนงาน ทำหน้าที่บังคับชิ้นงานให้วิ่งเข้าหาคมตัดตามตำแหน่ง
- ส่วนควบคุมการเคลื่อนที่ของหัวกัด (ตามแกน X, Y, Z) จำนวนแกนหมุนขึ้นอยู่กับรุ่นและยี่ห้อของเครื่อง มีได้ตั้งแต่ 2 แกนจนถึง 6 แกนในปัจจุบัน
- มอเตอร์ ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วรอบของการกัด อัตราการป้อนชิ้นงานสู่คมตัด
- ระบบวัดขนาด (ตำแหน่งของชิ้นงานกับหัวกัด) ซึ่งมีได้หลายวิธี เช่น การวัดโดยตรง วัดทางอ้อม วัดแบบต่อเนื่องของการทำงาน เป็นต้น
- ชุดกัด ตัด เฉือน (หัวกัดชนิดต่างๆ) และตัวจับหัวกัด



ภาพที่ 16 ตัวอย่างหน้าจอโปรแกรม CAM ในเครื่อง CNC

ที่มา: อมรมาศ กีรติสิน, พากร ประยูรเทพ, โกสินทร์ ภูเดช และกวินทร์ โตวิศิษฐชัย (2549, น.84)

ลักษณะเด่นของเครื่อง CNC หรือเครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้ง สามารถสรุปได้ดังนี้

- วัสดุที่ใช้ทำชิ้นงานนี้สามารถเป็นวัสดุใดๆ ก็ได้ ขึ้นอยู่กับแรงกัดและหัวกัดของเครื่องที่จะรับได้ แต่ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับวัสดุที่ใช้ส่วนใหญ่จะเป็นเทียนหรือขี้ผึ้งซึ่งสามารถใช้เทียนหรือขี้ผึ้งทุกประเภท (แต่อาจจะเป็นโลหะหรือไม้ก็ได้ แล้วแต่ผู้ผลิต)

- สามารถแกะเทียนหรือขี้ผึ้งได้อย่างรวดเร็วและมีรายละเอียดตรงตามความต้องการของผู้ผลิตได้ทุกประการ
- สามารถแกะชิ้นงานแบบ โค้ง เป็นเส้นตรง กัดขอบงาน เจาะรู หรืองานสลับซับซ้อนในระดับหนึ่งได้ (ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับระบบแกนของเครื่อง)
- แสดงภาพจำลองการทำงานตามโปรแกรมที่ป้อนเข้า ทำให้สามารถสื่อสารระหว่างผู้ออกแบบและผู้ผลิต
- สามารถแก้ไขหรือลบโดยตรงกับเครื่องจักร
- ประหยัดทั้งเวลาและเงินในการผลิตชิ้นงาน
- มีพื้นที่การทำงานตั้งแต่ 5 x 5 เซนติเมตร ถึงสูงกว่า 10 x 10 เซนติเมตร
- ระบบความปลอดภัยเพิ่มมากขึ้น
- มีการชดเชยค่าความผิดพลาดในการทำงาน
- มีโปรแกรมสำเร็จในการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น ความเร็วรอบ เป็นต้น
- ปัจจุบันมีการพัฒนาให้สามารถแกะเทียนหรือขี้ผึ้งได้ครบทุกด้าน (แกนหมุนได้)
- ราคาไม่สูงเกินไปเมื่อเทียบกับเครื่องฉีดเทียนหรือขี้ผึ้ง
- การดูแลรักษาเครื่องหลังจากการซื้อนั้น ค่อนข้างจะง่ายและสะดวกกว่าเครื่อง RP ที่ต้องคำนึงถึงคือคุณภาพของหัวกัดที่ใช้ต้องเหมาะสมเทียบกับเทียนหรือขี้ผึ้งหรือวัสดุที่นำมาใช้กัด ควรตรวจสอบสภาพการสึกหรอ หรือความคมของหัวกัด เพราะจะมีผลกับผิวของต้นแบบ นอกจากนี้ ยังต้องคำนึงถึงการหล่อลื่นแกนหมุนและตัวป้อนแวกซ์ให้อยู่ในสภาพดี ควรทำความสะอาดเทียนหลังการใช้เสมิ เพื่อไม่ให้ไปอุดตันการทำงานของเครื่อง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ ผู้ใช้สามารถดูแลได้เองไม่จำเป็นต้องจ่ายค่าดูแลเครื่องเป็นรายปี

ข้อจำกัดบางประการของเครื่อง CNC

- ทำงานได้ทีละชิ้น และใช้เวลาค่อนข้างนานหากเทียบกับเครื่องฉีดเทียนหรือขี้ผึ้ง (ขึ้นอยู่กับลวดลาย ขนาดและประเภทของงาน)
- ชิ้นงานที่สำเร็จแล้วยังต้องมีการตกแต่งเพิ่มเติม เพื่อให้ได้ผิวงานที่มีความละเอียดเรียบเนียน และต้องกำจัดเศษเทียนหรือขี้ผึ้งที่เกิดจากการกัดเจาะออก
- ความคมชัดของงานขึ้นอยู่กับคุณภาพของหัวกัดที่ต้องดูแลรักษาอย่างดี
- เครื่องระบบ 5 หรือ 6 แกน ซึ่งสามารถแกะผิวงานด้านในได้นั้น มีราคาค่อนข้างสูง ปัจจุบันพบว่ายังไม่คุ้มกับการลงทุน แต่ถ้าเป็นเครื่องระบบ 4 หรือ 3 แกน ก็จะไม่สามารถแกะชิ้นงานด้านในตัวเรือนได้ อย่างไรก็ตาม การย้ายชิ้นงานเพื่อให้มาแกะผิวบริเวณด้านข้างหรือด้านในตัวเรือน ของระบบ 3 หรือ 4 แกนนั้น จำเป็นต้องระมัดระวัง

ในเรื่องของตำแหน่งของแกน X, Y, Z ให้มีความแม่นยำที่สุด ไม่เช่นนั้นจะไม่สามารถกัดที่จุดเดิมได้ (ปกติในส่วนนี้ เครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้งจะมีโปรแกรมมาคู่กัน)

ข้อควรระวังในการบำรุงรักษาเครื่อง CNC

- ควรมีการศึกษาชิ้นงานเป็นอย่างดี ทั้งในเรื่องรายละเอียด รูปทรง และความประณีตของชิ้นงานแต่ละแบบที่ต้องการ เพื่อเลือกชนิดของวัสดุแกะ วิธีการจับวัสดุแกะ ความเร็ว ระยะเวลา และเครื่องมือตัดให้เหมาะสม เช่น ชิ้นงานที่เล็กและยาวอาจจะต้องหาตัวช่วยค้ำยันกันหักหรือโก่งงอ งานตัดขอบมุมต้องใช้ความเร็วต่ำสุด แต่งานขัดผิวควรใช้ความเร็วสูงแต่อัตราป้อนชิ้นงานต่ำ เป็นต้น
- การระวังรักษาความคมของหัวกัด เนื่องจากหากหัวกัดไม่คมหรือมีปัญหาใด ๆ จะทำให้เกิดความเสียหายแก่ชิ้นงานที่แกะได้ เช่นทำให้ผิวไม่เรียบ เก็บรายละเอียดได้ไม่ดี ทำให้การทำงานล่าช้า (ความฝืด ความดัน และความเร็วในการตัด)
- การรักษาระบบสารหล่อเย็นของเครื่อง เพื่อลดความร้อนที่เกิดขึ้นที่จุดปลายของเครื่องมือตัด ลดความผิดพลาดและการสึกหรอของเครื่องมือตัด และช่วยไล่เศษเทียนหรือขี้ผึ้งออกจากบริเวณตัด ทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณภาพ สารหล่อเย็น เช่น สารละลายเกลือผสมน้ำ อีมัลชั่น (น้ำมันผสมแร่ต่างๆ) น้ำมันตัดผสมไข เป็นต้น
- ความคงที่ของกระแสไฟฟ้าที่ไหลเข้าเครื่อง หากกระแสไฟตกหรือดับ อาจจะมีผลกับหัวกัดและระบบทำงานของเครื่องได้ จึงควรมีตัวสำรองไฟเพื่อรักษาข้อมูลในระหว่างขั้นตอนการกัดชิ้นงาน

การเลือกเครื่อง CNC ในท้องตลาด

เครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้งหรือเครื่อง CNC ในท้องตลาดนั้นมีมากมายหลายยี่ห้อ ผลิตจากหลายๆ ประเทศ ทั้งจากประเทศสหรัฐอเมริกา และประเทศจากทวีปยุโรป ตลอดถึงหลายประเทศในเอเชีย เช่น จีน ไต้หวัน ญี่ปุ่น ซึ่งเครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้งจากประเทศต่างๆ จะมีคุณสมบัติพื้นฐานที่คล้ายกัน จะต่างกันบ้างในเรื่องของความละเอียด โปรแกรมที่ใช้ประกอบ และราคา เป็นต้น ดังนั้นสิ่งที่ต้องคำนึงถึงในการเลือกซื้อเครื่องในท้องตลาด มีปัจจัยหลักดังนี้

1) ระบบของเครื่อง เป็นชนิดกี่แกน ปัจจุบันนี้เครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้งที่ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องประดับได้พัฒนาไปถึงระบบ 6 แกน เพื่อให้สามารถแกะด้านในของตัวเรือนได้ และเพื่อให้แข่งขันกับระบบเครื่องฉีดเทียนหรือขี้ผึ้ง (เครื่อง Rapid Prototyping) แต่หากจะใช้ในงานปกติเครื่องระบบ 4 แกน ก็มีความสามารถที่ดีเพียงพอแล้ว เพราะสามารถแกะงานแบบ 3 มิติ ได้และยังสามารถแกะชิ้นงานด้านข้างได้ด้วย

2) ระยะการเคลื่อนที่ของแกนหมุน ควรมีระยะการเคลื่อนที่ยืดหยุ่นได้มาก เพื่อให้สามารถครอบคลุมรายละเอียดได้อย่างครบถ้วน ระยะการเคลื่อนที่ของแกน X, Y และ Z นั้นจะมีค่าเท่าใดขึ้นอยู่กับผู้ผลิตแต่ละราย

3) พื้นที่การทำงาน หรือพื้นที่ที่ใช้สำหรับการตั้งเครื่อง ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมและต้องการของผู้ใช้ ปกติเครื่อง CNC สำหรับงานเครื่องประดับจะใช้พื้นที่ไม่มาก เพราะโดยเนื้องานไม่ต้องใช้ขนาดใหญ่ นอกจากนี้สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

4) อัตราเร็วรอบการหมุนของแกนหมุน (หัวกัด) และอัตราเร็วของการป้อนชิ้นงาน มีผลกับความละเอียดเรียบเนียนของหน้าและความเร็วในการผลิตต้นแบบต่อชิ้น

5) ความละเอียดและความแม่นยำของหัวกัด มีผลกับการกัดให้ได้รายละเอียดเล็กๆ ของชิ้นงาน ปัจจุบันเครื่อง CNC สำหรับเครื่องประดับสามารถกัดได้งานได้ละเอียดถึง 5-10 ไมครอน (0.005-0.01 มม.)

6) ราคาของเครื่อง CNC ในท้องตลาดนั้น ถ้าเทียบกับเครื่องฉีดเทียนหรือขี้ผึ้ง หรือเครื่อง Rapid Prototyping (RP) ถือว่าถูกกว่ากันอย่างมาก แต่ถ้าเทียบกันเองระหว่างเครื่อง CNC ที่ผลิตจากที่ต่างๆ ก็อาจจะมีความหลากหลายมากพอสมควร ตั้งแต่ราคาแสนต้นๆ จนถึงหลักล้าน ทั้งนี้ราคาขึ้นอยู่กับประสิทธิภาพการใช้งานของเครื่องแต่ละรุ่น

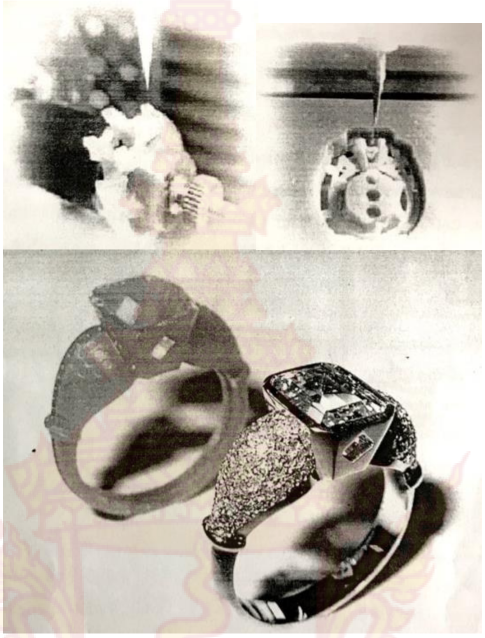
ตัวอย่างขั้นตอนการกัดชิ้นงานด้วยเครื่อง CNC

1) แปลงไฟล์จากโปรแกรมการสร้างต้นแบบด้วยคอมพิวเตอร์ ให้เป็นไฟล์กลาง (.STL) โปรแกรมของเครื่องแกะเทียนหรือขี้ผึ้งจะแปลงไฟล์ดังกล่าวให้เป็นระบบ G-Code ซึ่งเป็นการตั้งค่าตำแหน่งของแกนหมุน X, Y ,Z เป็นตัวเลข ตลอดโปรแกรมการแกะชิ้นงานชิ้นนั้น

2) การใส่เทียนหรือขี้ผึ้ง

3) การตั้ง (Set) เครื่องและการตั้งศูนย์แกนหมุน

4) การแกะและการนำชิ้นงานออกจากเครื่อง



ภาพที่ 17 ตัวอย่างเทียนหรือขี้ผึ้งจากเครื่อง CNC (Model Master (Thailand)
ที่มา: อมรมาศ กีรติสิน, พากร ประยูรเทพ, โกสินทร์ ภูเดช และกวินทร์ โตวิศิษฐชัย (2549,น.87)

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ศาสตราจารย์ศิลป พีระศรี ผู้ก่อตั้งมหาวิทยาลัยศิลปากรกล่าวว่า "ชีวิตสลาย อาณาจักรพินาศ ผลประโยชน์ของบุคคลมลายหายสิ้นไป แต่ศิลปะเท่านั้นที่ยังคงเหลือ เป็นพยานแห่งความเป็นอัจฉริยะของมนุษย์อยู่ตลอดกาล" อย่างไรก็ตาม ศิลปะพื้นบ้าน หรือวัฒนธรรมท้องถิ่นบางแห่งสูญหายไปพร้อมกับศิลปินหรือไม่สามารถหาผู้สืบทอดได้

ดังนั้น ในอดีตศิลปะทุกแขนงจึงถูกสร้างสรรค์ด้วย"มือ"และจินตนาการของศิลปินทั้งสิ้น เนื่องจาก คอมพิวเตอร์ยังไม่มีบทบาทในวงการศิลปะ พัฒนาการของคอมพิวเตอร์ก็ยังไม่สามารถทำงานได้แบบทุกวันนี้ ปัจจุบันคอมพิวเตอร์สามารถพัฒนาระบบทำงานต่างๆ จนสามารถทำงานศิลปะในรูปแบบต่างๆ ผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ได้ อุตสาหกรรมศิลปะจึงมีการพัฒนาตามมา ไม่เว้นแม้แต่งานแนวพุทธศิลป์ จิตรกรรมไทย ประติมากรรม และหัตถศิลป์ ที่สามารถประยุกต์การทำงานกับคอมพิวเตอร์ได้มากมาย เห็นได้จากพัฒนาการของวัสดุและอุปกรณ์ในการประดับ และออกแบบที่หลากหลายมากขึ้น เช่น งานสแตนเลส งานเลเซอร์ งานแกะหิน ที่เราสามารถสร้างลวดลาย และสั่งผลิตงานผ่านคำสั่งจากคอมพิวเตอร์ได้เลย ลวดลายที่สร้างขึ้นนั้นเป็นผลงานการสร้างผ่านโปรแกรมประเภทเวกเตอร์ และประเภท CAD CAM และ CNC ต่างๆ ซึ่งการสร้างลวดลายประเภทลายไทย ไม่ว่าจะเป็นงานร่างแบบ หรืองานออกแบบลวดลายขึ้นใหม่

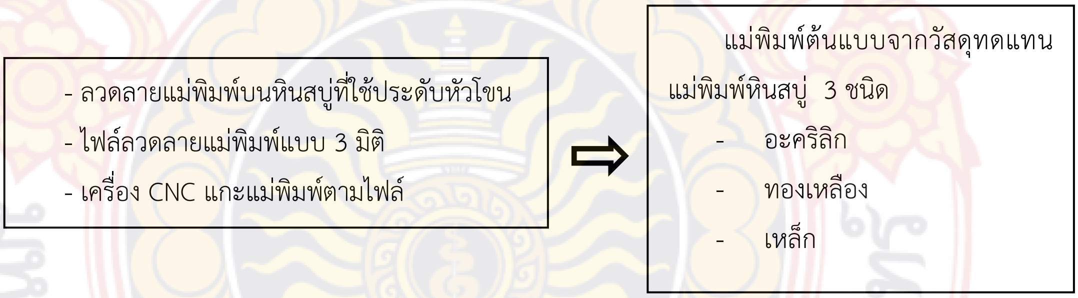
ความรู้ทางเทคโนโลยีสมัยใหม่ในปัจจุบัน ไม่ว่าจะเป็น เรื่อง Computer Vision, Machine Learning, Robotics, Multimedia นอกจากจะนำมาช่วยในงานอุตสหากรรมและธุรกิจหลักโดยทั่วไปแล้ว ยังมีนักประดิษฐ์ หลายๆ ท่านนำมาใช้ในงานศิลปะด้วย โดยมักจะใช้ในการแสดงผลงานศิลปะในรูปแบบใหม่ๆ ที่อาจจะไม่เคยทำได้มาก่อน เช่น การที่ผลงานนั้นสามารถมีปฏิสัมพันธ์กับผู้ชมได้มากกว่าเดิม การช่วยให้กระบวนการทำงานบางขั้นตอนง่ายขึ้น ประหยัดเวลา ลดต้นทุนในระยะยาว และคงคุณค่าศิลปะไว้ได้ยาวนาน

งานวิจัยที่ผู้ศึกษาได้ศึกษาครั้งนี้ เป็นงานวิจัยประเภทการพัฒนานวัตกรรม โดยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการทำแม่พิมพ์ที่ใช้ในการประดับลวดลายหัวโขน ผู้วิจัยในฐานะอาจารย์ผู้สอนการทำหัวโขน พบปัญหาในการทำแม่พิมพ์ลวดลายประดับหัวโขน จึงเกิดความคิดในการทำแม่พิมพ์แนวใหม่ทดแทนหินสบู่ โดยแนวคิดนี้เกิดจากการพบแม่พิมพ์ทองเหลืองที่สำนักช่างสิบหมู่ตั้งแสดงไว้เป็นแม่พิมพ์ทองเหลืองรุ่นเก่ามีลวดลายที่ใช้ในการประดับหัวโขนขนาดเล็ก แต่ใช้งานไม่ได้แล้วเนื่องจากสึกกร่อนจนเป็นแอ่งกระทะ และปัจจุบันยังไม่มีการทำแม่พิมพ์ทองเหลืองเพราะการแกะแม่พิมพ์ทองเหลืองต้องอาศัยทักษะของช่างแกะที่มีความสามารถมาก ถึงจะแกะลงบนพื้นผิวทองเหลืองหรือเหล็กได้ ดังนั้น จึงเกิดความสนใจในการศึกษาการทำแม่พิมพ์รูปแบบใหม่ขึ้นทดแทนการใช้หินสบู่ในการแกะลวดลายสำหรับงานประดับลวดลายและงานทำหัวโขน โดยนำเทคโนโลยีการแกะด้วยระบบ CNC (Computer Numerical Control) ที่มีอยู่ทั่วไปมาใช้ร่วมการสร้างลวดลายและแกะแม่พิมพ์ อย่างไรก็ตาม งานวิจัยประเภทพัฒนานวัตกรรมด้านนี้ยังมีจำนวนน้อยมาก ทำให้ไม่สามารถหางานวิจัยที่เกี่ยวข้องมาสนับสนุนได้โดยตรง เท่าที่ผู้วิจัยได้สืบค้น พบว่า มีงานวิจัยที่น่าสนใจและพอจะสนับสนุนการทำนวัตกรรมของผู้วิจัยครั้งนี้ คือ

กิตตินาถ วรรณิสสร, คุณยุต เอี่ยมสอาด (2012) อธิบายถึงการสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นไว้ดังนี้ อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันมีความต้องการ เทคนิคที่ช่วยในการออกแบบและผลิตชิ้นงานต้นแบบเพื่อใช้ในการพิจารณารูปลักษณ์ภายนอก การประกอบติดตั้ง การใช้งาน และการทดสอบทางกล การสร้างต้นแบบแบบรวดเร็ว (Rapid Prototyping – RP) นั้นเป็นทางเลือกหนึ่งในอุตสาหกรรมการผลิต อย่างไรก็ตาม RP เป็นการสร้างชิ้นงานต้นแบบโดยใช้วัสดุจากผู้ผลิตซึ่งมีราคาแพงมากรวมทั้งราคาเครื่องที่สูงเกินไปสำหรับอุตสาหกรรมในประเทศ นอกจากนั้นวัสดุที่ใช้ทำชิ้นงานโดยส่วนใหญ่ทำมาจากพลาสติกซึ่งไม่สามารถนำมาประกอบเพื่อทดลองใช้งานจริงและไม่สามารถนำมาทดสอบทางกลได้ เทคโนโลยีการขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็ว (Rapid Tooling – RT) ด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นเป็นทางเลือกใหม่ของอุตสาหกรรมการผลิตที่คณะผู้วิจัยนำเสนอในบทความนี้ หลักการโดยย่อของเครื่องขึ้นรูปแม่พิมพ์

แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้นนี้คือใช้วัสดุที่หาได้ง่ายในประเทศและราคาถูก ด้านล่างของแผ่นวัสดุจะมีวัสดุที่ทำให้เหนียวเพื่อให้สามารถยึดเกาะกับแผ่นวัสดุชั้นก่อนหน้าได้ดี ไฟล์สามมิติของชิ้นงานต้นแบบที่ต้องการผลิตจะถูกนำมา ใช้ทำการสร้างแม่พิมพ์เป็นสามมิติในคอมพิวเตอร์ หลังจากนั้นไฟล์สามมิติของแม่พิมพ์จะถูกนำไปสร้างเป็นภาพตัดขวาง โดยความสูงของภาพตัดขวางในแต่ละชั้นคือ ความหนาของแผ่นวัสดุที่ใช้ ภาพตัดขวางแต่ละชั้นของแม่พิมพ์จะถูกตัดด้วยเครื่องต้นแบบเฉพาะขอบของภาพตัดขวาง เมื่อได้แผ่นวัสดุเป็นรูปตัดขวางแต่ละชั้นของแม่พิมพ์แล้ว แผ่นวัสดุแต่ละชั้นจะถูกนำเข้าเครื่องรีดร้อน โดยมีตัวกดทับและรีดด้วยความร้อนเพื่อให้ติดกัน เมื่ออัดแผ่นวัสดุให้ติดกันจนหมดจะได้แม่พิมพ์ที่ใช้ผลิตชิ้นงานต้นแบบตามต้องการ ซึ่งแม่พิมพ์ที่ได้นั้นสามารถนำไปหล่อขึ้นรูปให้ได้เนื้อวัสดุที่ไม่ใช้ความร้อนสูงหลากหลายตรงตามความต้องการของผู้ผลิตและสามารถทำซ้ำได้ด้วยต้นทุนที่ต่ำ วิธีการสร้างแม่พิมพ์รวดเร็วนี้นอกจากจะสามารถลดต้นทุนการผลิตยังลดเวลาในการผลิตแม่พิมพ์ลงด้วย ในการศึกษาเพื่อผลิตเครื่องต้นแบบนี้ คณะผู้วิจัยใช้กระดาษเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์ แต่อย่างไรก็ตามเราสามารถใช้แผ่นโลหะหรือวัสดุชนิดอื่นที่เหมาะสมแทนได้ เช่น โฟมแผ่นปูน แผ่นอะคลิลิค เป็นต้น

6. กรอบแนวคิดการวิจัย



ภาพที่ 18 แสดงกรอบแนวคิดการวิจัย เรื่อง การศึกษาวัสดุทดแทนหินสบู่

บทที่ 3
ระเบียบวิธีการวิจัย

งานวิจัยในครั้งนี้ใช้กระบวนการออกแบบงานวิจัย ในลักษณะงานวิจัยและพัฒนา (R and D: Research and Development) เชิงทดลอง (Experimental Research) โดยเลือกวัสดุที่นำมาทดลองสร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูปทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ 3 ชนิด ได้แก่ อะคริลิก เหล็ก และทองเหลือง โดยใช้เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์มาสร้างไฟล์ลวดลาย 3 มิติ แล้วนำไปแกะลวดลายบนวัสดุทั้ง 3 ชนิดข้างต้น ด้วยเครื่อง CNC จากนั้นจึงทำการทดลองตรวจสอบคุณภาพของแม่พิมพ์ก่อนนำไปใช้ในสภาพจริง กล่าวคือ เป็นการพัฒนาต้นแบบแม่พิมพ์สำเร็จรูปที่ใช้ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ แล้วนำนวัตกรรมนี้ไปทดลองใช้ก่อนการสรุปผลการทดลองและเขียนรายงาน

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ผู้วิจัยเลือกในครั้งนี้ เป็นกลุ่มตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับการทำหัวโขน หรือ เครื่องศิราภรณ์ จำนวน 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ/ผู้รู้เรื่องการทำหัวโขน และ กลุ่มผู้ปฏิบัติ

- กลุ่มผู้เชี่ยวชาญ/กลุ่มผู้รู้เรื่องการทำหัวโขน เป็นกลุ่มบุคคลระดับวิชาชีพ ได้แก่ ครูช่าง หรือ ศิลปินด้านหัตถศิลป์
- กลุ่มผู้ปฏิบัติ ได้แก่ นักศึกษาสาขาที่เกี่ยวข้องกับงานศิลปะไทย ช่างทำหัวโขน ช่างทำศิราภรณ์

2. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเชิงทดลอง ซึ่งตั้งบนสมมุติฐานของการใช้วัสดุทดแทน ในเรื่องของคุณภาพ ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบเครื่องมือที่ทำการวิจัย ดังนี้

- แบบสอบถามเกี่ยวกับคุณภาพของชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่
- แบบสอบถามผู้เชี่ยวชาญและผู้ปฏิบัติเกี่ยวกับคุณภาพของชิ้นงาน ข้อดีข้อเสียของวัสดุแต่ละประเภท และข้อเสนอแนะอื่นๆ โดยการจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อให้เกิดการทดลองจริงก่อนตอบแบบสอบถาม

3. วิธีการดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยจึงมีกระบวนการทำงานตามกระบวนการวิธีวิจัยในการสร้างนวัตกรรม คือ การสร้างต้นแบบชิ้นงาน การตรวจสอบ และการปรับปรุงนวัตกรรม สำหรับแนวทางในการดำเนินการตาม

ลักษณะของการวิจัยเชิงพัฒนาเพื่อให้ได้นวัตกรรมที่เป็นผลมาจากการทดลอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

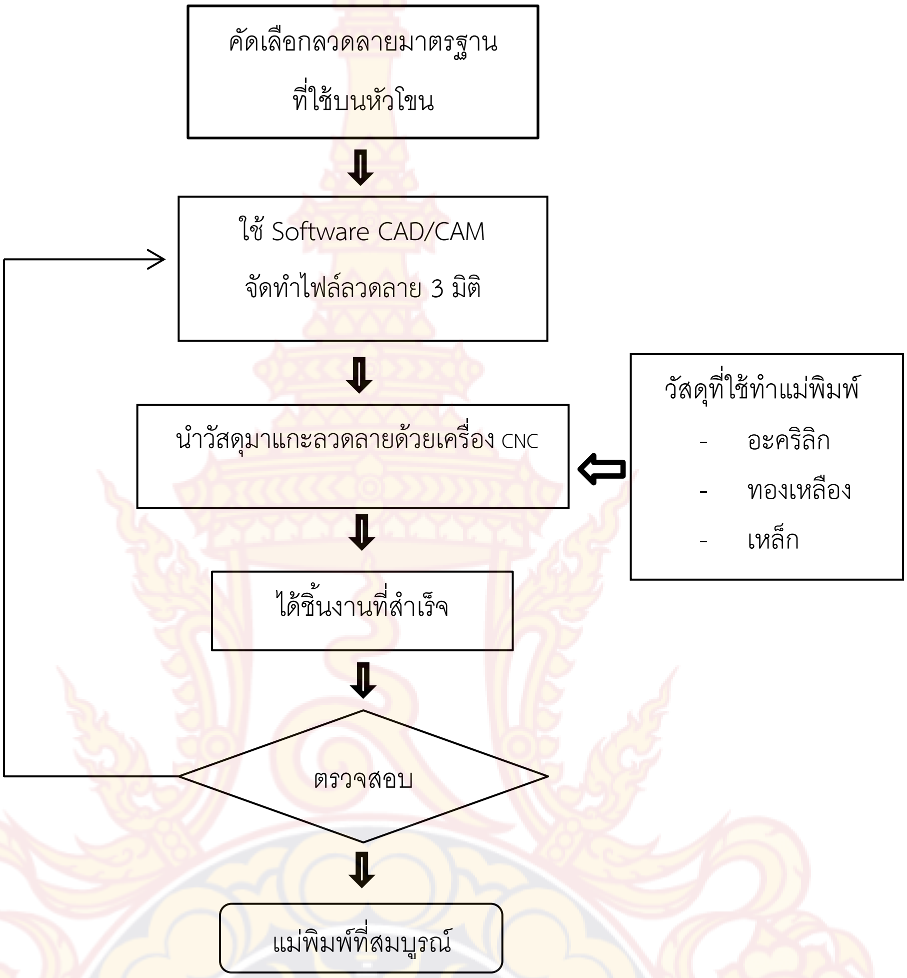
1) ศึกษาสภาพปัญหา และเอกสาร/ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่
2) สร้างต้นแบบนวัตกรรม (แม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่) โดยนำเทคโนโลยีมาใช้
3) นำต้นแบบไปใช้ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเพื่อตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ
4) ปรับปรุงต้นแบบ (แม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่)
5) ทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
6) ดำเนินการจนได้ต้นแบบแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่ 3 ประเภท (อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก) ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด
7) จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์เกี่ยวกับผลการทดลองใช้แม่พิมพ์ทั้ง 3 ประเภท แล้วสรุปผลการทดลอง
8) การถ่ายทอดเทคโนโลยีและการนำไปเผยแพร่
9) จัดทำรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

1) ศึกษาสภาพปัญหา และเอกสาร/ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา เรื่อง การทำแม่พิมพ์ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ เนื่องจากปัจจุบันหินสบู่อันเป็นหินธรรมชาติมีน้อยลงและราคาแพง และช่างแกะหินสบู่ที่มีฝีมือชั้นเลิศมีจำนวนน้อยลง ผู้ทำการวิจัยประสบปัญหาในการใช้แม่พิมพ์หินสบู่ในการทำลวดลายของศิราภรณ์บนหัวโขนสำหรับการสอนวิชาการทำหัวโขน จึงได้คิดหาวัสดุทดแทนหินสบู่และวิธีการแกะแม่พิมพ์โดยนำเทคโนโลยี (เครื่อง CNC) มาใช้เพื่อให้เกิดความสะดวก ง่าย ประหยัด เร็ว แต่มีคุณภาพเทียบเท่าแม่พิมพ์หินสบู่โดยได้ศึกษาแนวคิด ทฤษฎี ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่ 3 ประเภท คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวมาแล้วในบทที่ 1 และ บทที่ 2

2) สร้างต้นแบบนวัตกรรม (แม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่) โดยนำเทคโนโลยีมาใช้

ในการสร้างต้นแบบแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่จะเริ่มจากการนำอะคริลิกมาใช้ทดลองเป็นลำดับแรก เนื่องจากราคาถูก ทำได้ง่าย และมีน้ำหนักเบากว่าทองเหลืองและเหล็ก โดยเริ่มจากการนำลวดลายจากลวดลายที่นิยมใช้กันในการทำหัวโขนระดับชั้นครูมาคัดเลือกลวดลายต่างๆ เพื่อจัดทำเป็นไฟล์ 3 มิติ โดยใช้ Software CAD/CAM และนำไปแกะลายโดยใช้เครื่อง CNC (Computer Numerical Control) แล้วนำไปทดลองคุณภาพการใช้งานว่า มีความลึก กว้าง หนา สวยงามและใช้ได้ดีกับวัสดุที่จะนำมากดลายอย่างไร เพื่อให้ทราบถึงประสิทธิผลของไฟล์ 3 มิติ ก่อน จึงดำเนินการใช้วัสดุประเภทเหล็กและทองเหลืองต่อไป ทั้งนี้ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้



ภาพที่ 19 แสดงขั้นตอนการจัดทำแม่พิมพ์ด้วยวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่

3) นำต้นแบบไปใช้ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเพื่อตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ

แม่พิมพ์ที่ทำจากวัสดุอะคริลิกจะถูกนำไปทดลองใช้โดยผู้วิจัย กลุ่มนักศึกษา จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพ ให้เป็นไปตามเกณฑ์ 5 ประการ คือ

- แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่
- การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)
- วัสดุต่างๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอด ถอน หรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม
- มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง
- คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ นำมาใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่าการใช้แม่พิมพ์หินสบู่

ทั้งนี้ ผู้วิจัยและนักศึกษาจะทำการบันทึกชิ้นงานที่ได้ว่ามีคุณภาพตาม 5 ประการข้างต้นอย่างไรบ้าง ในแต่ละครั้งของการทดลอง เพื่อนำไปปรับปรุงแม่พิมพ์ต้นแบบให้ได้มาตรฐานคุณภาพตามความต้องการ

4) ปรับปรุงต้นแบบ (แม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่)

นำผลการทดลองจากข้อ 3) มาทำการปรับปรุงไฟล์ 3 มิติ และนำไปจัดทำแม่พิมพ์ใหม่อีกครั้งหนึ่ง แล้วนำไปทดลองใช้ตามกลุ่มบุคคลข้อ 3) หากยังไม่ได้ประสิทธิผลและคุณภาพตามที่ต้องการจะต้องปรับปรุงอย่างต่อเนื่องจนกว่าจะได้ไฟล์ 3 มิติที่เป็นต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐานและเป็นที่น่าพอใจแล้วจึงนำไปทดลองใช้กับผู้ทำหัวโขนอื่นๆ ว่าเป็นไปตามคุณภาพที่ต้องการจริงหรือไม่

5) ทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น

นำแม่พิมพ์ที่ปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ที่จัดทำหัวโขน ได้แก่ ช่างศิลปกรรม และช่างทำหัวโขน จำนวน 20 คน สอบถามคุณภาพ 5 ประการ และความพอใจของผู้ใช้ตามแบบสอบถามในประเด็นหัวข้อต่อไปนี้

ตารางที่ 1 แบบสอบถามคุณภาพแม่พิมพ์

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	**ระดับคะแนนคุณภาพแม่พิมพ์**				
		1	2	3	4	5
1	แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ					
2	การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)					
3	วัสดุต่างๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม					
4	แม่พิมพ์มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง					
5	คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่					
6	ระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์นี้					

การแปรผลระดับคะแนนคุณภาพของแม่พิมพ์จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มบุคคลที่ทดลองนำไปใช้งาน กำหนดไว้ ดังนี้

ระดับคะแนนที่ 1.00 – 2.00 หมายความว่า ยังต้องปรับปรุงอีกมาก

ระดับคะแนนที่ 2.01 - 3.00 หมายความว่า ควรต้องปรับปรุงเล็กน้อย

ระดับคะแนนที่ 3.01 - 4.00 หมายความว่า สามารถนำไปใช้งานได้

ระดับคะแนนที่ 4.01 - 5.00 หมายความว่า เป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ

ทั้งนี้ ผู้วิจัยจะต้องทำการทดลองจนกว่าผลการทดลองจะได้คะแนนในระดับที่น่าพอใจจึงจะดำเนินการจัดทำแม่พิมพ์ทองเหลือง และแม่พิมพ์เหล็ก

6) ดำเนินการจนได้ต้นแบบแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่ 3 ประเภท (อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก) ให้มีคุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนด

จัดทำแม่พิมพ์จากวัสดุ 3 ประเภท ได้แก่ เหล็ก ทองเหลือง และอะคริลิกให้ได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ตามวิธีการใน ข้อ 2) เพื่อนำไปทดลองใช้ในกลุ่มบุคคลผู้เชี่ยวชาญ/ครูช่าง และผู้ทำหัวโขน

7) จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อวิเคราะห์ แลกเปลี่ยนความรู้ ประสบการณ์เกี่ยวกับผลการทดลองใช้แม่พิมพ์ทั้ง 3 ประเภท แล้วสรุปผลการทดลอง

จัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อการทดลองใช้แม่พิมพ์ 3 ประเภทที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ ได้แก่ แม่พิมพ์อะคริลิก แม่พิมพ์ทองเหลือง และแม่พิมพ์เหล็ก โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญ ครูช่างและผู้ทำหัวโขน ทดลองใช้แม่พิมพ์ต่างๆ วิเคราะห์ผลการทดลอง แลกเปลี่ยนความคิดเห็น และสรุปผลการทดลอง และตอบคำถาม ดังนี้

ตารางที่ 2 แบบสอบถามคุณภาพแม่พิมพ์จากวัสดุ 3 ชนิด คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก
ข้อ 1. ให้ใส่ค่าคะแนนระดับ 1- 5 ลงในช่องของแม่พิมพ์แต่ละประเภท

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	**ชนิดของแม่พิมพ์ (กำหนดค่าคะแนน 1-5)**		
		อะคริลิก	**ทองเหลือง**	**เหล็ก**
1	แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ			
2	การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)			
3	วัสดุต่างๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม			
4	แม่พิมพ์มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง			
5	คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่			
6	ระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์แต่ละประเภท			

ข้อ 2 ต้นแบบแม่พิมพ์ทั้งสามประเภท พบว่ามี ข้อดี ข้อเสีย อย่างไร

ชนิดของแม่พิมพ์	**ข้อดี**	**ข้อเสีย**
อะคริลิก	....	....
ทองเหลือง	....	....
เหล็ก	....	....

ข้อ 3 นอกจากอะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก แล้วคิดว่ามีวัสดุใดที่จะสามารถนำมาทดแทนหินสบู่ได้บ้าง

ข้อ 4 ให้เสนอความเห็น และข้อเสนอแนะอื่นๆ

จากนั้นนำข้อมูลจากข้อคำถามทั้ง 4 ข้อ มาสรุปผลการทดลองเพื่อนำไปวิเคราะห์ผล

8) การนำไปเผยแพร่และใช้ประโยชน์

- เมื่อได้ผลจากการวิจัยครั้งนี้แล้ว จะนำแม่พิมพ์จากวัสดุทดแทนหินสบู่ที่ได้ข้อสรุปแล้วว่ามีคุณภาพ ต้นทุน ความประหยัด และการใช้ประโยชน์ได้ตามวัตถุประสงค์ ไปให้แก่บุคคลทั่วไปที่สนใจในงานทำหัวโขน/เครื่องศิราภรณ์ ทดลองใช้จำนวน 20 ชุด เพื่อศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้และความเป็นไปได้ในการใช้นวัตกรรมนี้อย่างแพร่หลาย โดยมีประเด็นหัวข้อ ดังนี้

ตารางที่ 3 แบบสอบถามความพึงพอใจต่อต้นแบบแม่พิมพ์อะคริลิก

	ประเด็นพิจารณาความพึงพอใจต่อต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	**ระดับคะแนนความพึงพอใจ**				
		1	2	3	4	5
1	ท่านพึงพอใจต่อคุณภาพผลงานที่ใช้แม่พิมพ์อะคริลิก					
2	ท่านพึงพอต่อความสะดวกในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก และสามารถเลือกลวดลายได้หลากหลายยิ่งขึ้น					
3	ท่านพึงพอใจต่อความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง และสามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้งของแม่พิมพ์อะคริลิก					
4	เมื่อเทียบต้นทุนของแม่พิมพ์อะคริลิกกับแม่พิมพ์วัสดุอื่น ท่านมีความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกอะคริลิกว่าเป็นตัวเลือกที่ดี คือ ประหยัด ใช้งานได้ดี					
5	ท่านคิดว่าจะใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แน่นอน					
6	กรุณาระบุระดับคะแนนความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกที่ได้ทดลองใช้แล้ว					

ระดับคะแนนที่ 1.01 - 2.00 หมายความว่า ไม่พึงพอใจ
ระดับคะแนนที่ 2.01 - 3.00 หมายความว่า พึงพอใจน้อย
ระดับคะแนนที่ 3.01 - 4.00 หมายความว่า พึงพอใจปานกลาง
ระดับคะแนนที่ 4.01 – 5.00 หมายความว่า พึงพอใจมาก

4. การเก็บรวบรวมข้อมูล

ในการเก็บรวบรวมข้อมูลดำเนินการในขั้นตอน ดังนี้

- ขั้นตอนการทดลองใช้วัสดุทดแทนเป็นการเก็บบันทึกผลของชิ้นงานแล้วนำไปพัฒนาจนได้เกณฑ์หรือมาตรฐานที่กำหนดทั้งชิ้นงานและตัวแม่พิมพ์ที่พัฒนาจนได้ผลลัพธ์สุดท้ายที่น่าพอใจ

- ขั้นตอนการสัมมนาเชิงปฏิบัติการ ใช้การสังเกต สัมภาษณ์ ผ่านแบบสอบถาม แล้วรวบรวมเพื่อนำไปใช้ในการวิเคราะห์ผลต่อไป

- ขั้นตอนการเผยแพร่และนำไปใช้ประโยชน์ ใช้การเก็บข้อมูลจากผู้นำนวัตกรรมไปทดลองใช้เพื่อสรุปผลความพึงพอใจ

5 การวิเคราะห์ข้อมูล

- การวิเคราะห์ข้อมูลของนวัตกรรมหรือชิ้นงานเป็นการศึกษาถึงคุณภาพของแม่พิมพ์จากวัสดุทดแทนหินสบู่ในการนำไปใช้ทำลวดลายบนหัวโขน/เครื่องศิราภรณ์ และเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียของวัสดุแต่ละประเภท
- การนำไปใช้ ศึกษาถึงความพึงพอใจของผู้ใช้ และแนวทางในการพัฒนาต่อไป

6 สถิติที่ใช้ในการวิจัย

สถิติที่ใช้ในการแสดงในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

- อัตราส่วนร้อยละ
- ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (MEAN)
- ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Division)

บทที่ 4
การสร้างนวัตกรรม (การทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นขึ้นทดแทนการใช้หินสบู่)

การวิจัยเรื่องการศึกษาถึงการทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นขึ้นทดแทนการใช้หินสบู่ในการแกะลวดลายสำหรับงานประดับลวดลายและงานทำหัวโขน โดยนำเทคโนโลยีการแกะด้วยระบบ CNC (Computer Numerical Control) มีผังขั้นตอนการดำเนินการ ดังภาพที่ 20 (บทที่ 3) โดยมีรายละเอียดของกระบวนการจัดทำแม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ ดังนี้

1. การคัดลอกลวดลายบนหัวโขน

ในการคัดลอกลวดลายบนหัวโขน เริ่มจาก

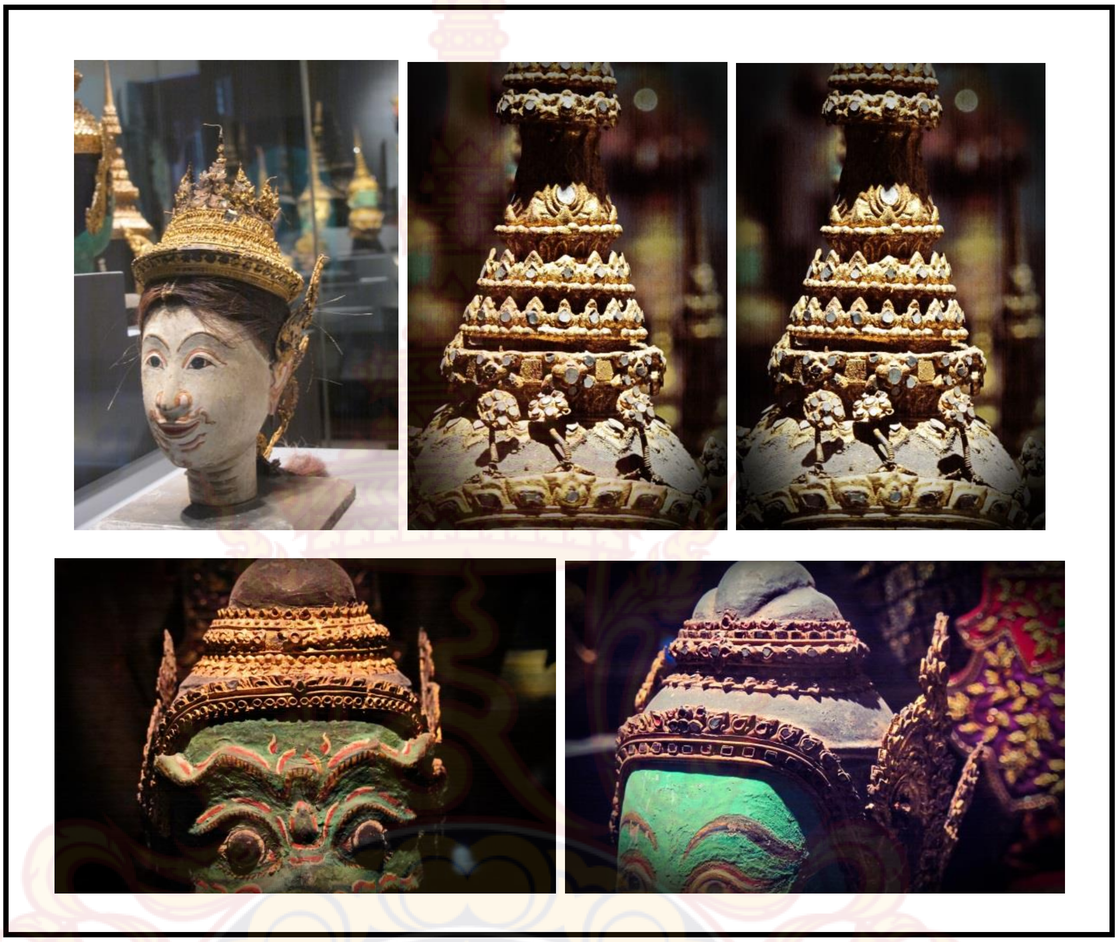
(1) ศึกษาลวดลายบนหัวโขนจากแหล่งเรียนรู้ที่สำคัญ ได้แก่ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ สำนักช่างสิบหมู่ บ้านครูช่าง กองการสังคีต กรมศิลปากร โดยทำการถ่ายภาพแล้วนำมาวิเคราะห์รูปแบบ ขนาดและมิติ ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย

ภาพที่ 20 หัวโขน ณ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 21 หัวโขน ณ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 22 หัวโขน ณ พิพิธภัณฑ์สถานแห่งชาติ

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 23 หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 24 หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา

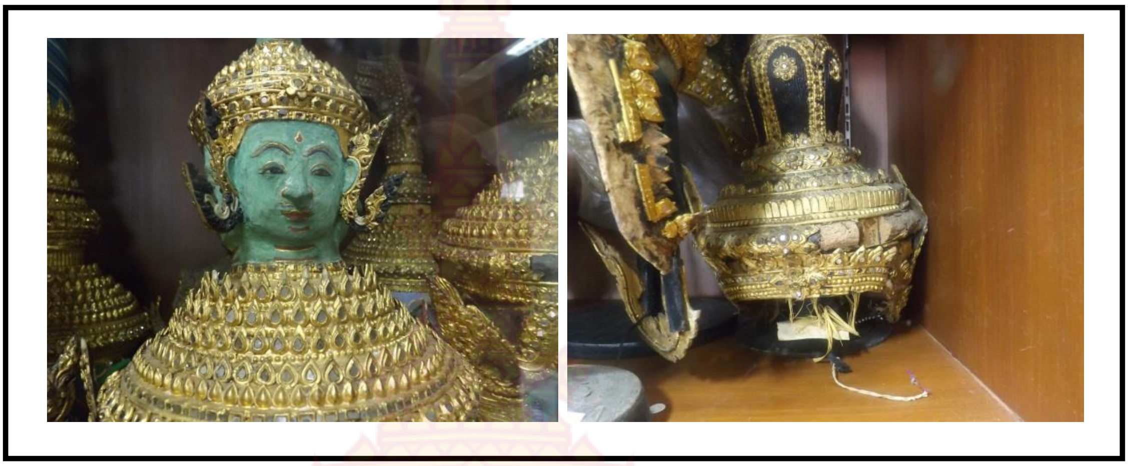
ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 25 หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 26 หัวโขน ณ สำนักช่างสิบหมู่ ศาลายา

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 27 หัวโขน ณ กองการสังคีต กรมศิลปากร โรงละครแห่งชาติ

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 28 หัวโขน ผลงานของอาจารย์วรวินัย หิรัญมาศ ครูศิลป์แผ่นดิน (งานหัวโขน ปี 2559)

ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 29 หัวโขน ผลงานของอาจารย์วรวินัย หิรัญมาศ ครูศิลป์แผ่นดิน (งานหัวโขน ปี 2559)
ที่มา: ภาพถ่ายโดย สุรัฐ บุญทรง (2561).

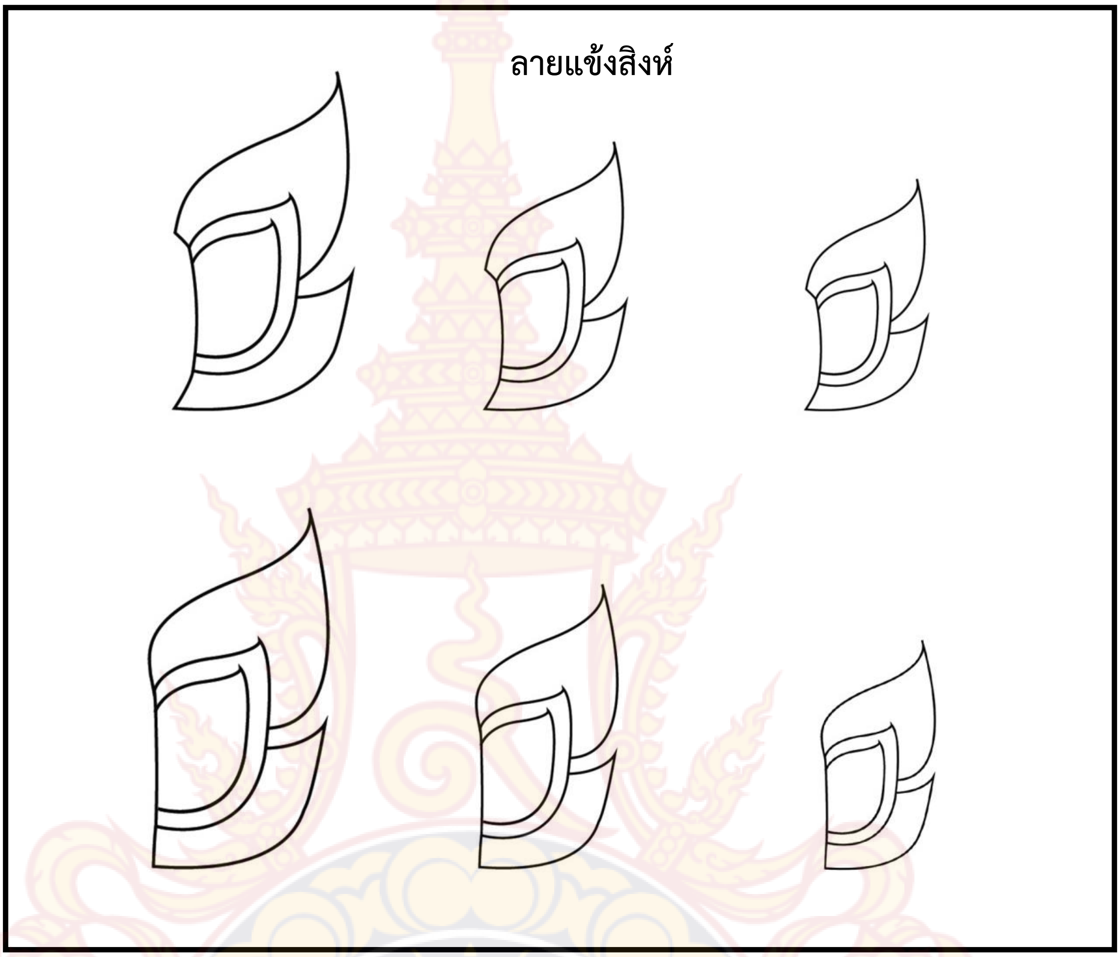
(2) นำลวดลายที่ศึกษาไว้ มาเขียนเป็นลายเส้น ขนาดต่างๆ ซึ่งสามารถเขียนด้วยมือก่อนหรือใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียนเลยในคราวเดียวก็ได้ รูปแบบลวดลายต่างๆ บนงานหัวโขน จากการศึกษาครั้งนี้ ได้แก่

- ลายกระจังตาอ้อย
- ลายแข้งสิงห์
- ลายหยดน้ำ
- ลายกนกทรงต่างๆ
- ลายผ้าจีบ
- ลายต่อเนื่อง (ร่องเลื่อม) และไข่ปลา
- ลายดอกไม้
- ลายดาว
- ลายกลีบขนุน
- ลายก้านขด

(3) เอกสารลวดลายที่ได้หากเขียนด้วยมือก่อน ควรเลือกใช้กระดาษที่มีคุณภาพ และเก็บรวมในที่เดียวกันกับไฟล์งาน เพื่อความพร้อมในการใช้งาน

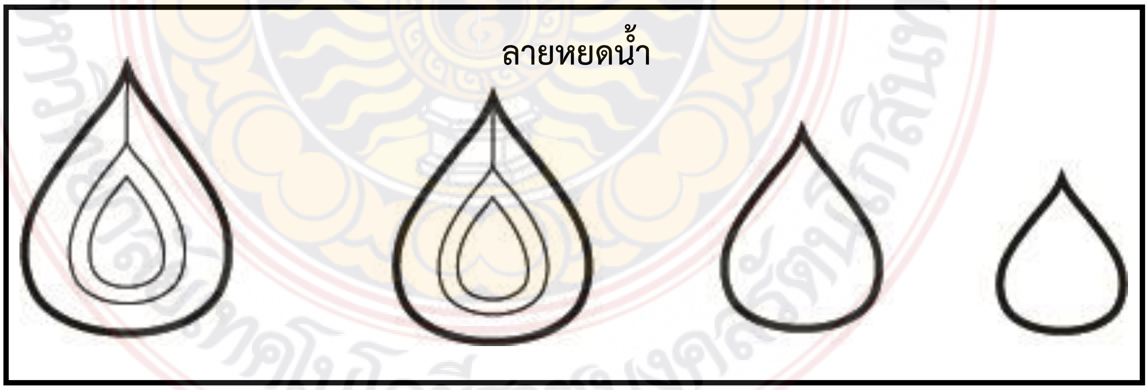
ภาพที่ 30 ลายเส้นลวดลาย “กระจังตาอ้อย” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 31 ลายเส้นลวดลาย “แข้งสิงห์” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

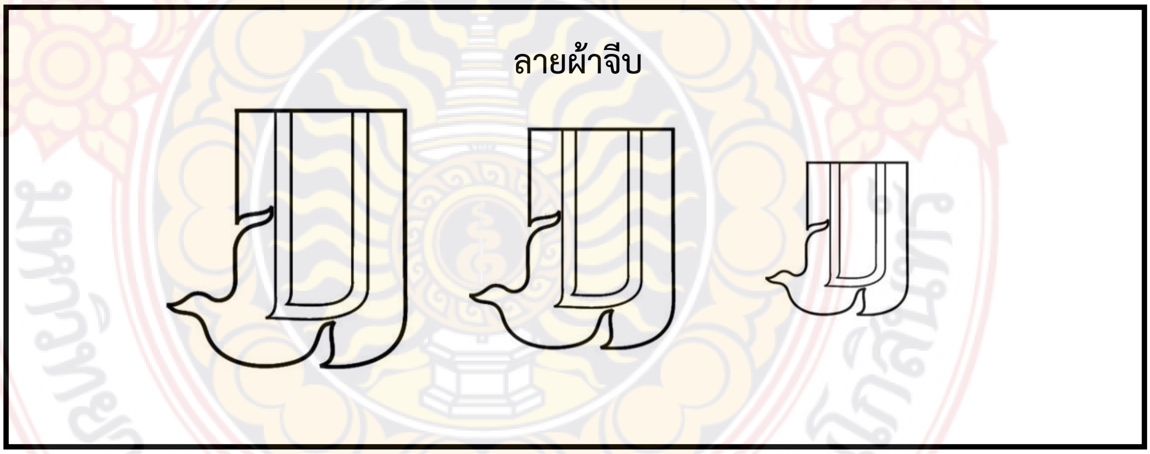


ภาพที่ 32 ลายเส้นลวดลาย “หยดน้ำ” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

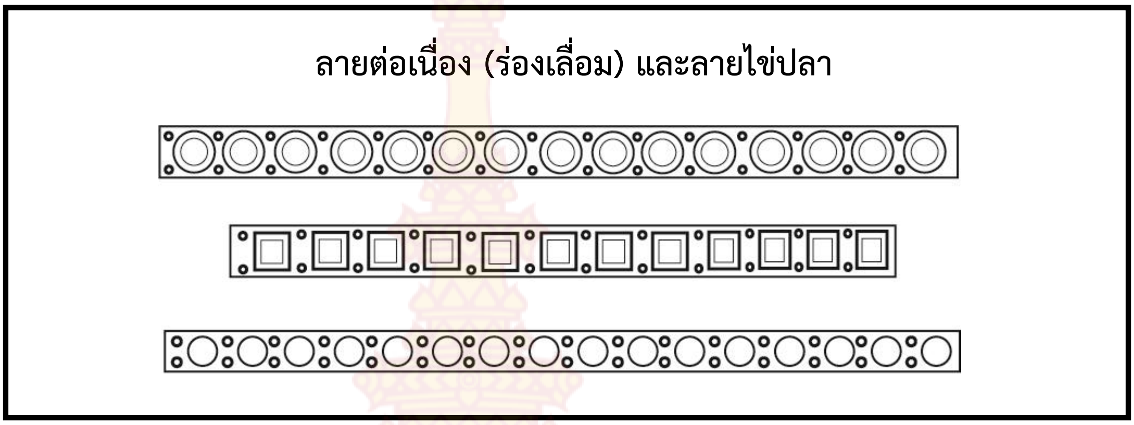
ภาพที่ 33 ลายเส้นลวดลาย “ลายกนกทรงต่างๆ” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



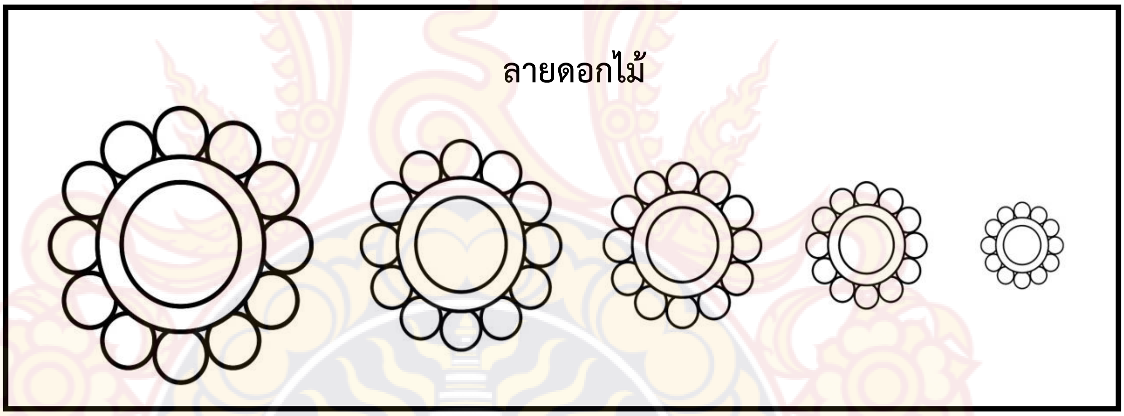
ภาพที่ 34 ลายเส้นลวดลาย “ลายผ้าจีบ” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



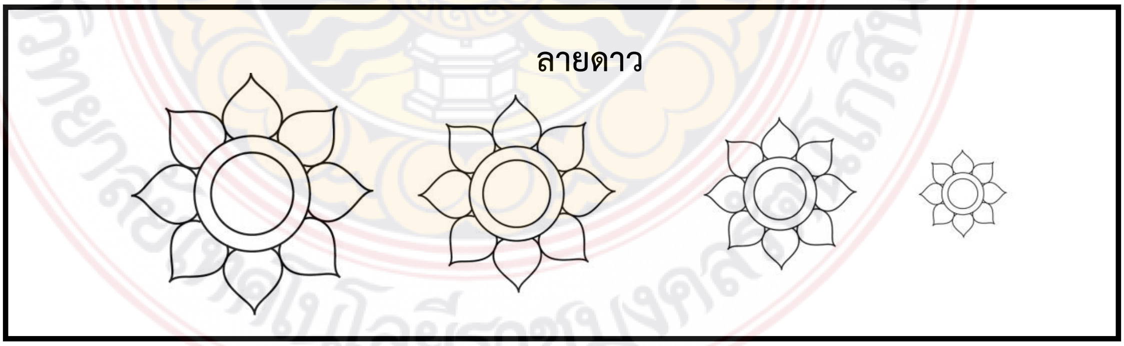
ภาพที่ 35 ลายเส้นลวดลาย “ลายต่อเนื่อง (ร่องเลื่อม) และลายไข่ปลา” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



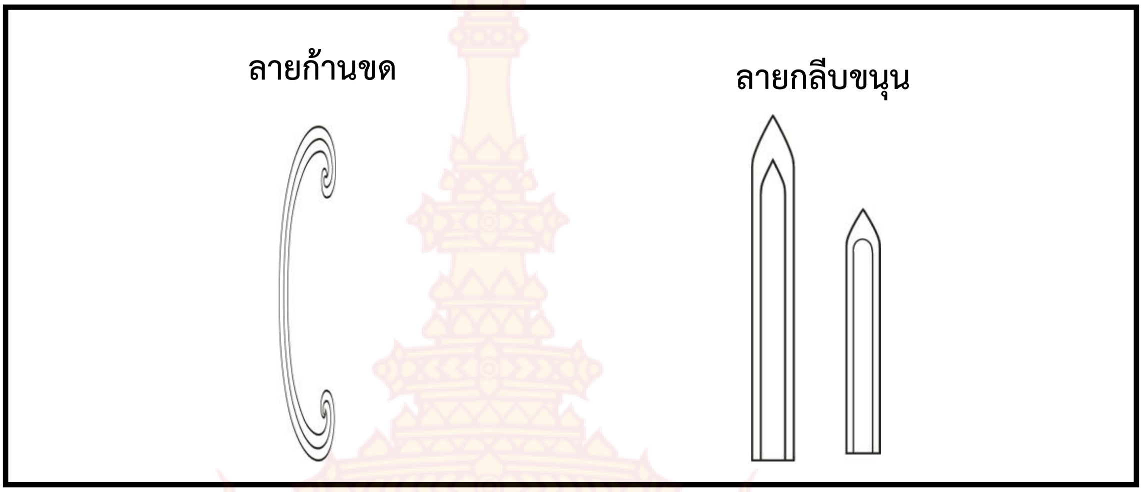
ภาพที่ 36 ลายเส้นลวดลาย “ลายดอกไม้” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 37 ลายเส้นลวดลาย “ลายดาว” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

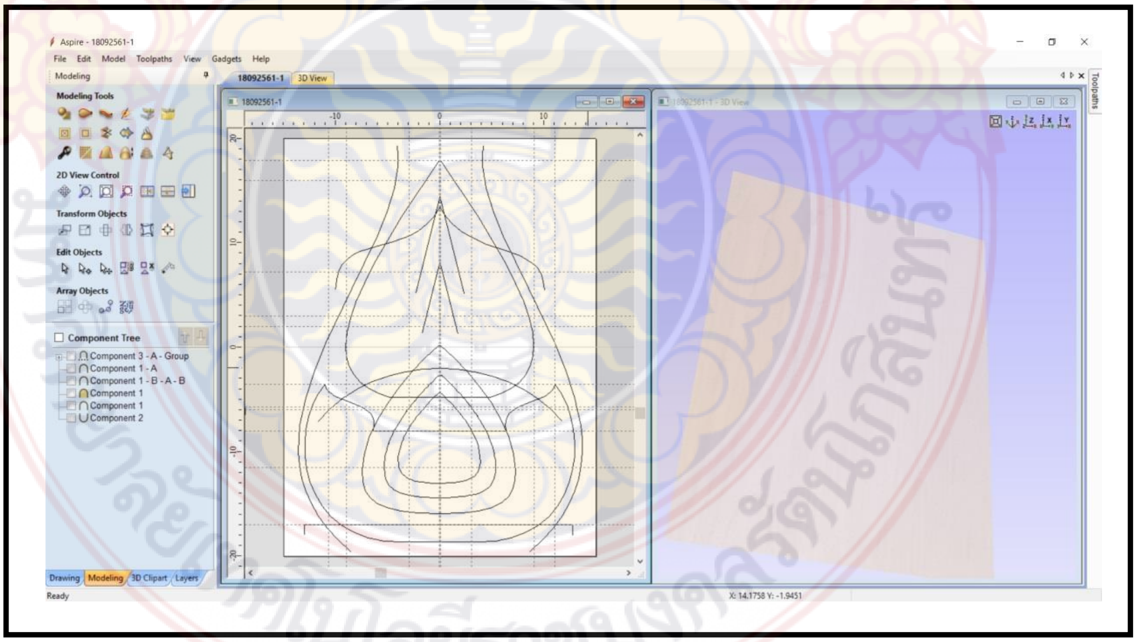


ภาพที่ 38 ลายเส้นลวดลาย “ลายก้านขด และ ลายกลีบขนุน” ที่ใช้คอมพิวเตอร์ช่วยเขียน

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

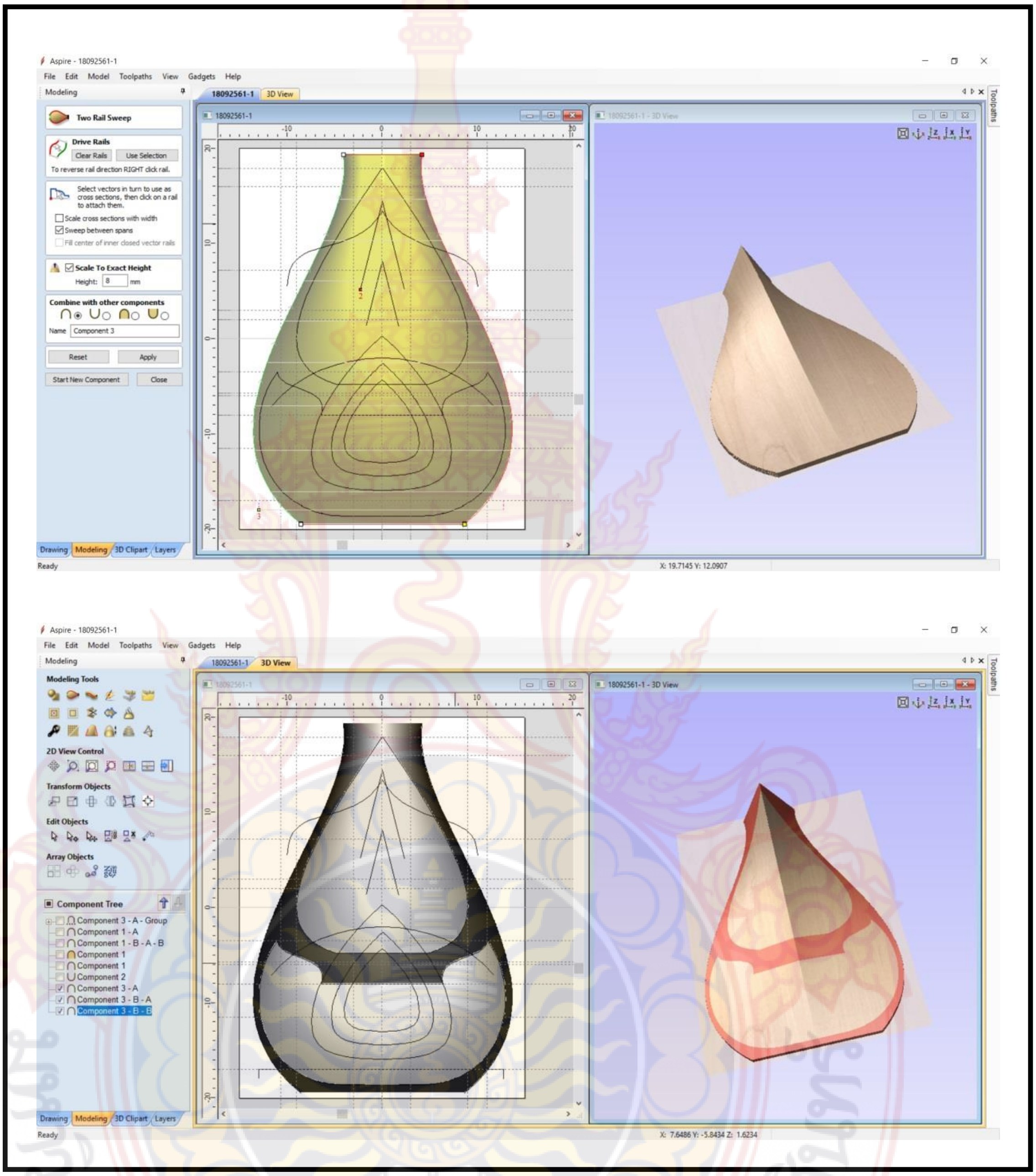
2. การใช้ Software CAD/CAM จัดทำไฟล์ลวดลาย 3 มิติ

จัดทำไฟล์ลวดลายที่ได้มาให้จัดเก็บเป็นไฟล์ภาพ เพื่อนำไปใช้ในโปรแกรมทำภาพ 3 มิติ (เช่น Art Cam, Aspire, Zbrush เป็นต้น) เพื่อให้ได้ลวดลายที่มีมิติ คือ มีความลึก มีระนาบลาดเอียง ได้รูปทรงตามแบบหัวโขนที่ศึกษา



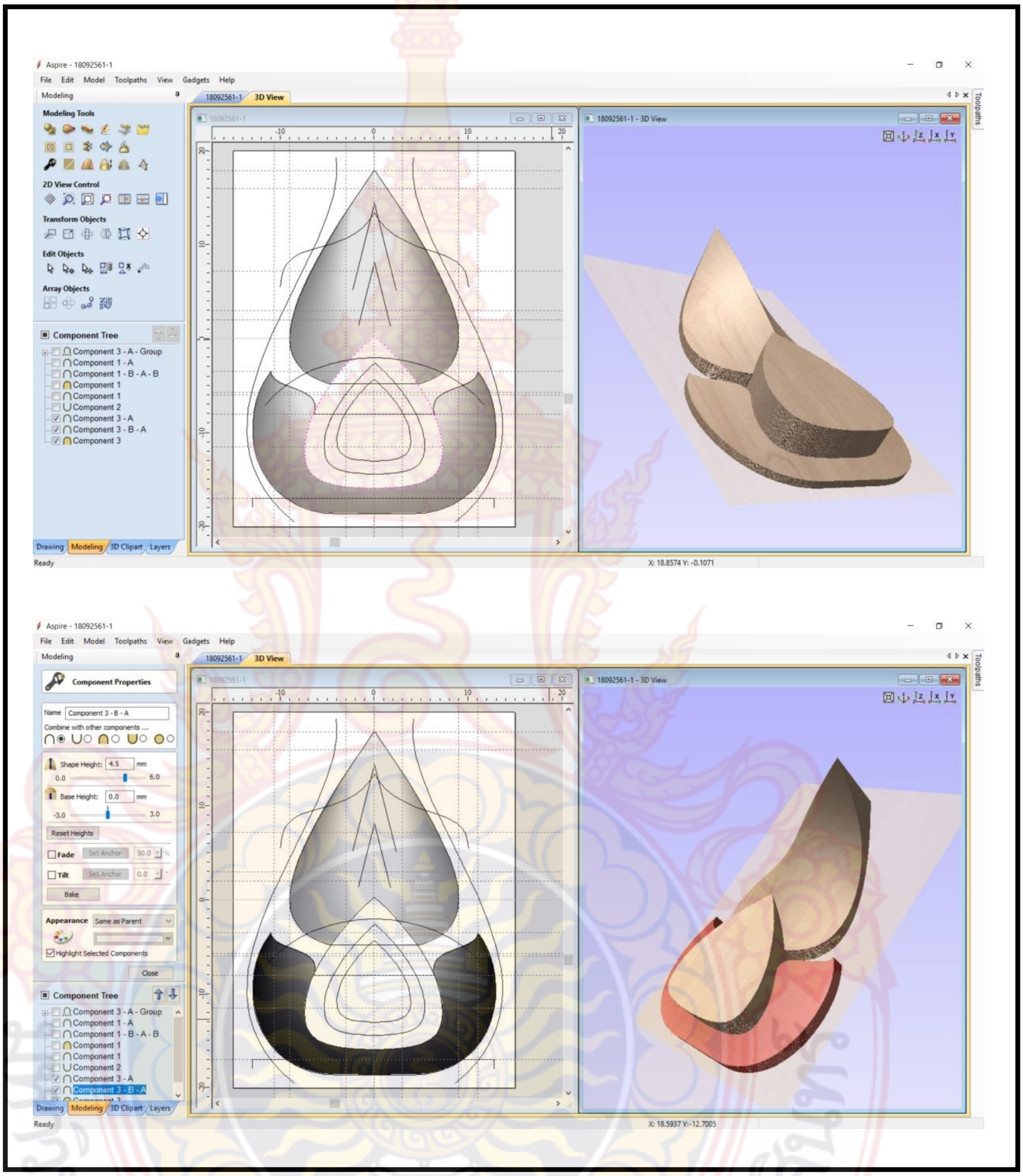
ภาพที่ 39 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



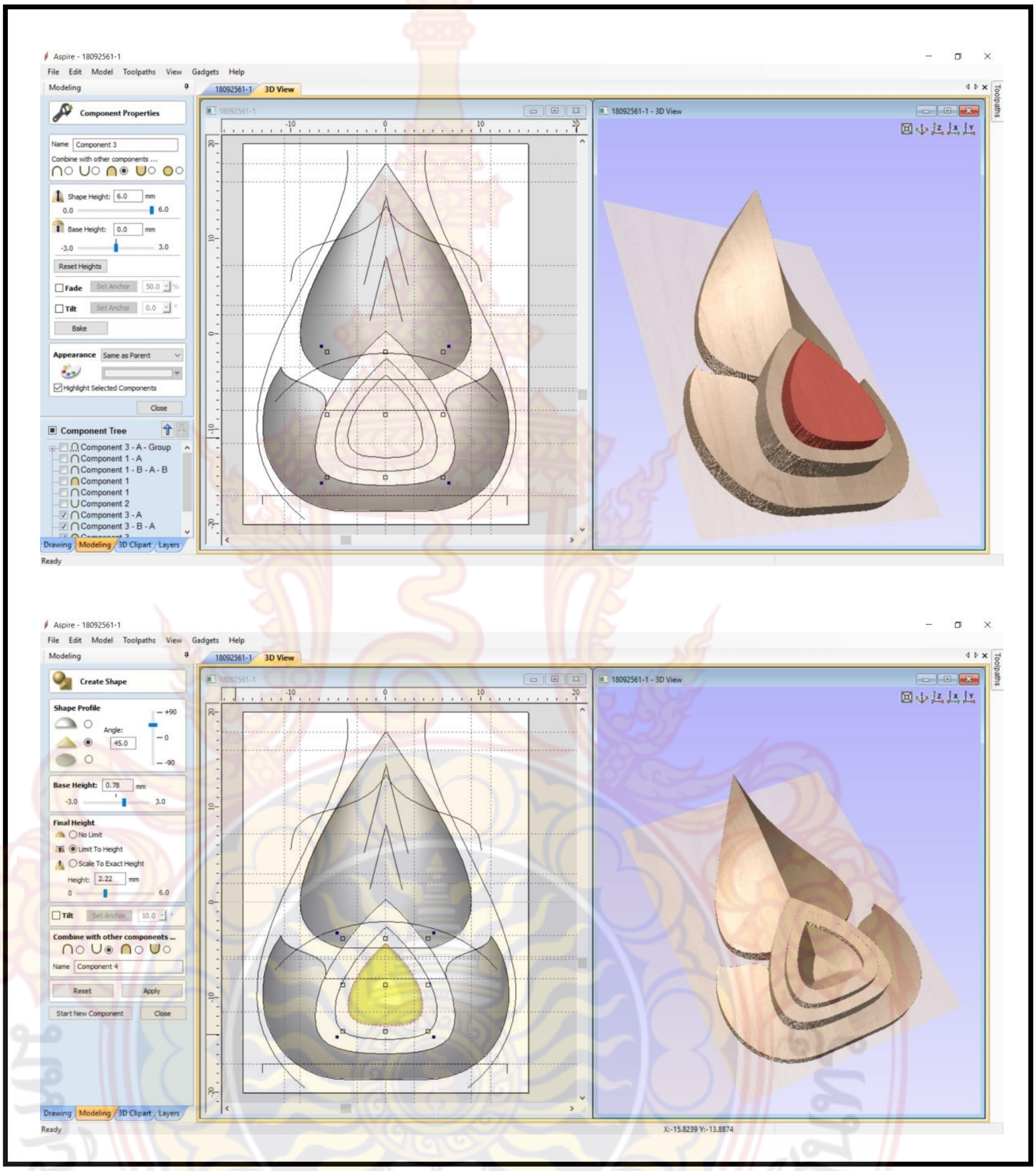
ภาพที่ 40 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



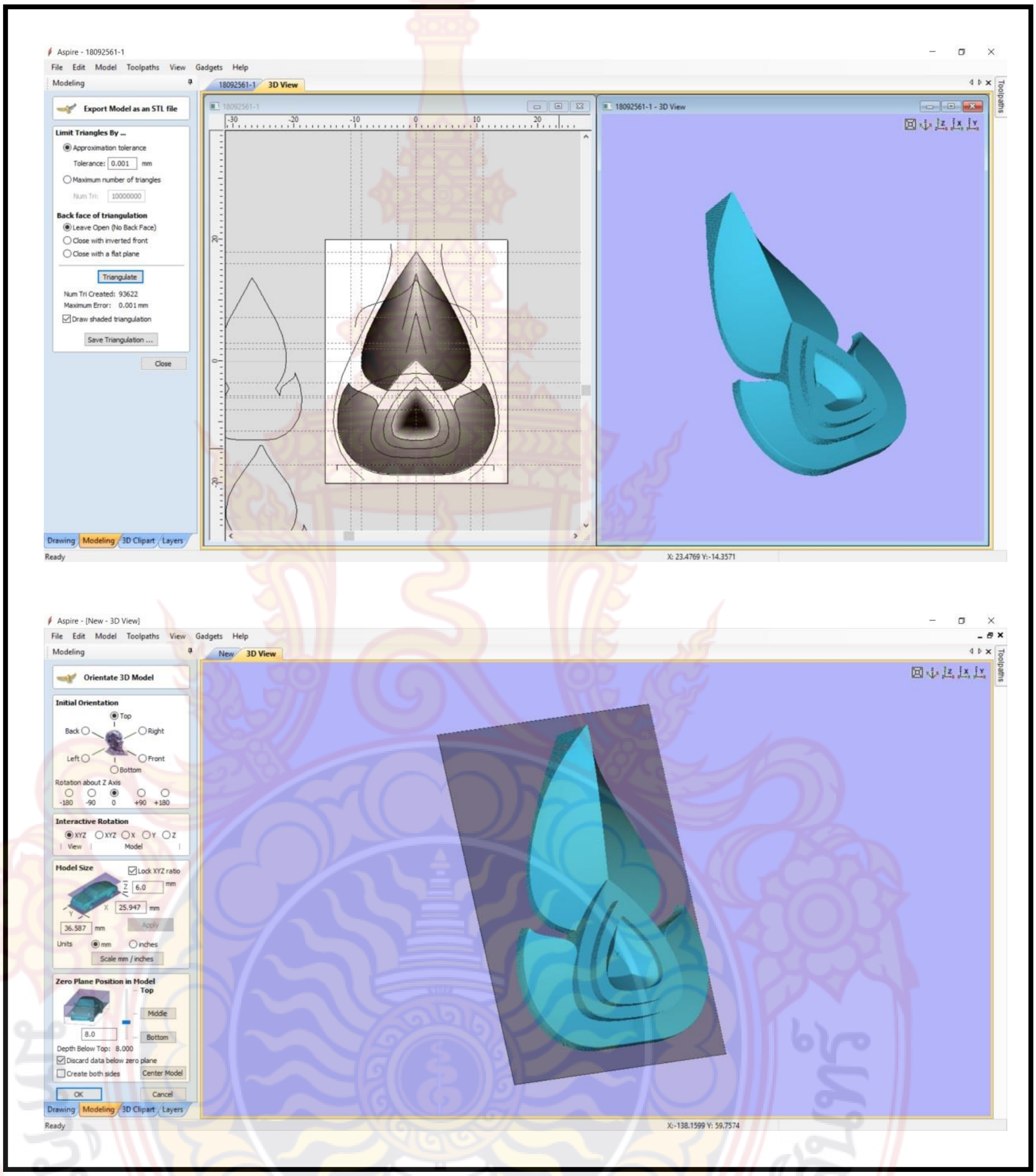
ภาพที่ 41 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 42 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

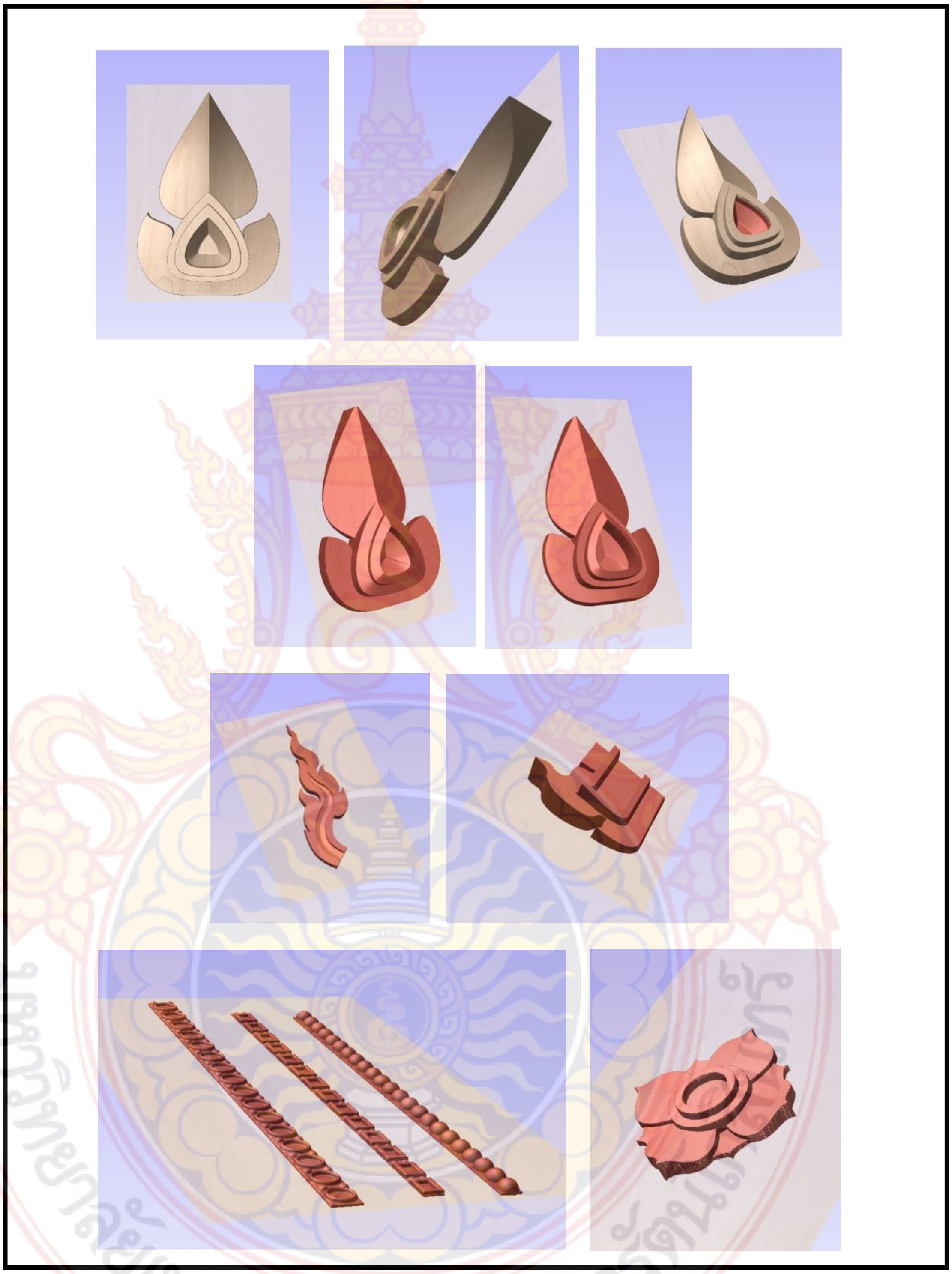


ภาพที่ 43 ตัวอย่างการใช้โปรแกรมเขียนลวดลาย 3 มิติ

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 44 ตัวอย่างผลงานลวดลายจากไฟล์ 3 มิติ

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



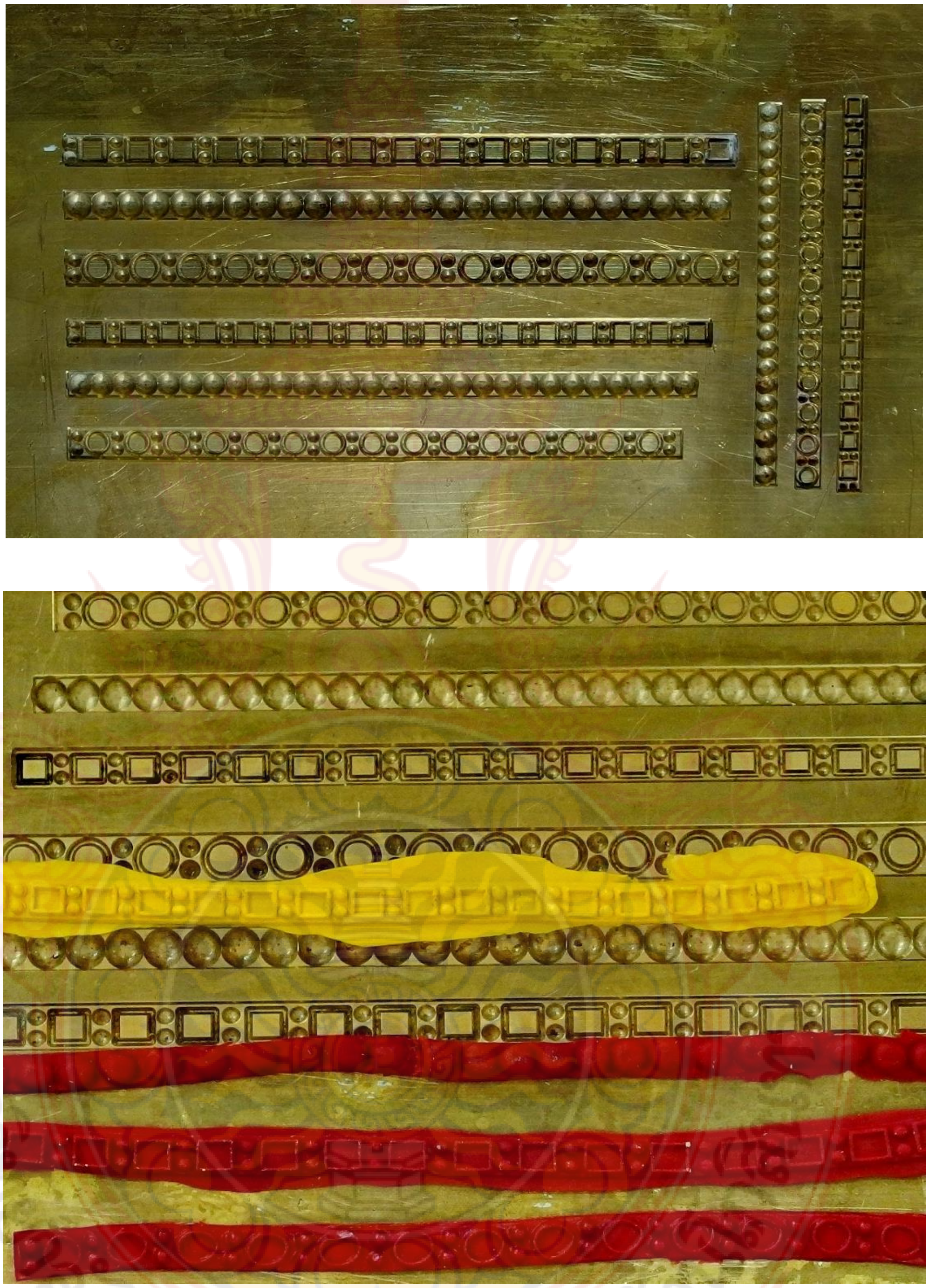
หลังจากได้ไฟล์ลวดลาย 3 มิติ ที่สมบูรณ์แล้วให้จัดเก็บไฟล์เป็นไฟล์นามสกุล .STL

3. การนำวัสดุมาแกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC

นำไฟล์ลวดลาย (.STL File) มาแปลงให้เป็นไฟล์สำหรับสั่งโปรแกรมการสร้างต้นแบบของเครื่องแกะ CNC (Computerized Numerical Control) ให้ทำการแกะลวดลายในวัสดุที่ทดลองครั้งนี้ ได้แก่ วัสดุอะคริลิก วัสดุทองเหลือง วัสดุเหล็ก เพื่อให้ได้ต้นแบบที่เป็นแม่พิมพ์

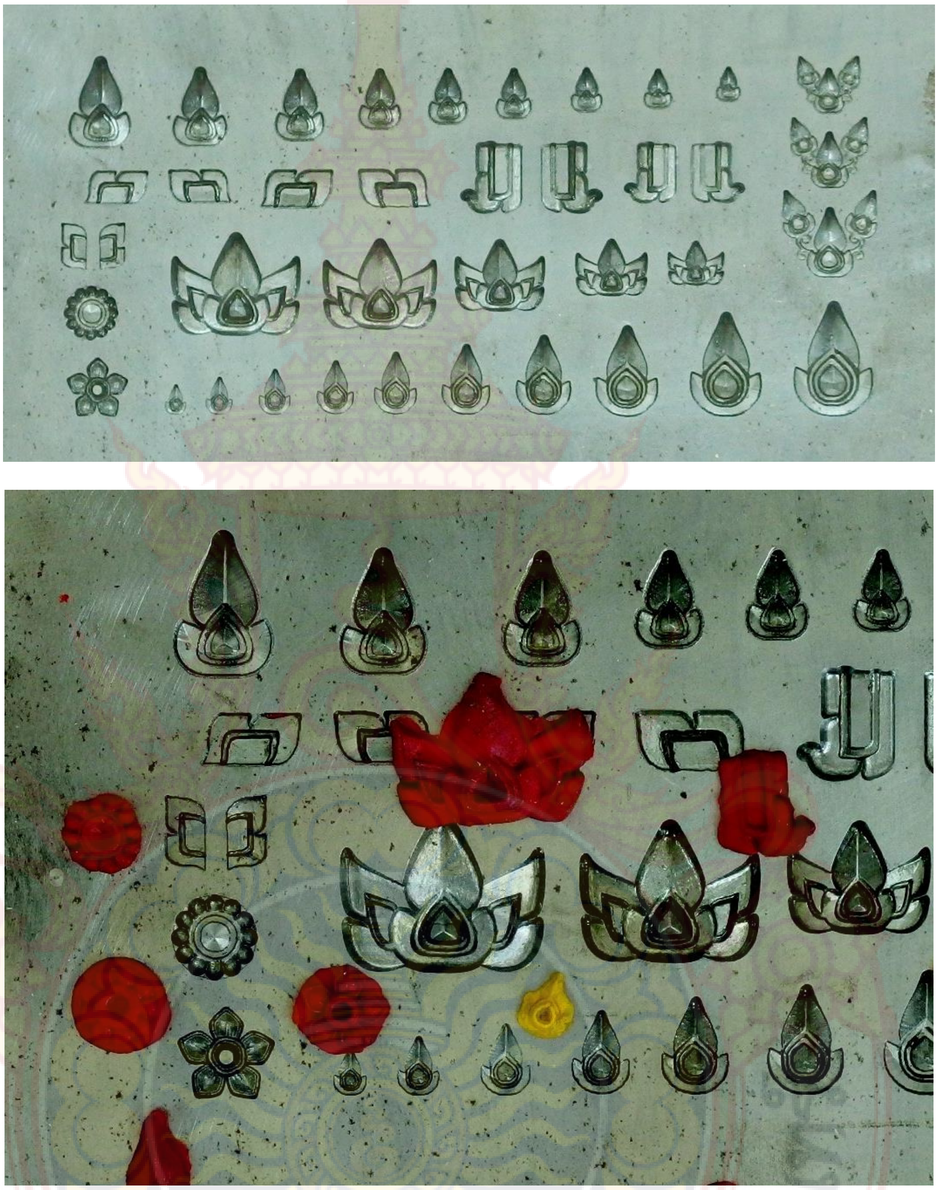
ภาพที่ 45 แม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 46 แม่พิมพ์ทองเหลืองที่แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).



ภาพที่ 47 แม่พิมพ์เหล็กที่แกะลวดลายด้วยเครื่อง CNC

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

4. การตรวจสอบคุณภาพแม่พิมพ์

นำแม่พิมพ์ที่แกะเสร็จแล้ว มาทำการทดลองกดลาย โดยใช้ดินน้ำมัน เพื่อตรวจดูว่าลวดลายที่ได้มีความคม ชัด ลึก ตามที่ต้องการหรือไม่ หากดินน้ำมันที่กดลงบนแม่พิมพ์แล้วเมื่อถอนออกมายังขาดความคม ชัด ลึกตามต้องการ หรือมีรอยตะเข็บใบมีดตามขอบลวดลาย อย่างใดอย่างหนึ่ง ต้องกลับไปปรับปรุงไฟล์ 3 มิติ แล้วจัดเก็บเป็นไฟล์ .STL อีกครั้ง เพื่อนำไปแกะด้วยเครื่อง CNC ใหม่จนกว่าจะได้ผลลัพธ์ตามต้องการ

5. การนำแม่พิมพ์ไปใช้งาน

การนำแม่พิมพ์ไปใช้งาน เริ่มจากการเตรียมวัสดุที่จะนำมาใช้กดลายบนแม่พิมพ์ (เช่น ดินไทย สีโป๊ว รักสมุก เป็นต้น) ก่อนนำแม่พิมพ์ไปใช้ควรทาน้ำมันหล่อลื่น เช่น น้ำมันแก้ว น้ำมันมะกอก เป็นต้น เพราะเมื่อต้องการถอนลวดลายออกจากแม่พิมพ์ วัสดุจะไม่ยึดเกาะแม่พิมพ์จนทำให้เสียรูปทรง เมื่อใช้งานเสร็จแล้ว การทำควรสะอาดให้ใช้แปรงขนอ่อนปัดถู และใช้ผ้าเช็ด ไม่ควรล้างน้ำเพราะอาจมีผลเสียต่อวัสดุที่เป็นแม่พิมพ์ เช่น อาจขึ้นสนิม หรือขึ้นเชื้อราได้) นอกจากนี้เมื่อเช็ดสะอาดให้ใช้น้ำมันหล่อลื่นทาบางๆ ลงบนแม่พิมพ์ก่อนจัดเก็บในที่ไม่อับชื้น

ทั้งนี้ วัสดุที่ผู้วิจัยได้นำมาใช้ในการทดลองกดลวดลาย ได้แก่

(1) ดินไทย ที่ช่างทำหัวโขนนิยมใช้ในงานกดลวดลาย

(2) น้ำมันแก้ว หรือจะใช้น้ำมันหล่อลื่นทั่วไป (*ห้ามใช้น้ำมันพืชชนิดต่างๆ โดยเด็ดขาด*)

(3) เข็มต่อที่จับ

ผลการทดลองจากการนำแม่พิมพ์ไปใช้งาน มีดังนี้

5.1 แม่พิมพ์อะคริลิก

ในการแกะแม่พิมพ์แผ่นอะคริลิก ใช้เวลาน้อยที่สุด เนื่องจากแผ่นอะคริลิกมีเนื้ออ่อน มีวิธีการ ดังนี้

(1) เริ่มแกะแบบเปิดพื้นลวดลาย 1 ครั้ง ใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง

(2) แกะเก็บรายละเอียดของลวดลาย โดยใช้ดอกแกะขนาดเล็ก 0.1 มิลลิเมตร ในการแกะเก็บลวดลายใช้เวลาประมาณ 5 ชั่วโมง จะได้ลวดลายที่คมชัด

(3) ในการแกะแต่ละครั้งใช้ดอกแกะเก็บรายละเอียดครั้งเดียว ก็จะได้ลวดลายที่คมชัดและสวยงามแล้ว

(4) ทำการล้างแม่พิมพ์แผ่นอะคริลิกด้วยน้ำยาเพื่อให้แม่พิมพ์แผ่นอะคริลิกใสขึ้น พื้นผิวของลวดลายจะเรียบสวยงาม พร้อมใช้งาน

เมื่อได้แม่พิมพ์อะคริลิกแล้วจึงนำมากดลายตามภาพที่ 48

ภาพที่ 48 การกดลายบนแม่พิมพ์อะคริลิก

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

การกดด้วยดินไทยลงแม่พิมพ์แผ่นอะคริลิก สามารถกดเนื้อดินไทยลงไปในแม่พิมพ์ได้เต็มในช่องลวดลายพอดี ลวดลายออกมาคมชัด ไม่มีการติดบนแม่พิมพ์ สามารถร่อนออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายๆ สามารถใช้งานได้

ข้อสังเกต

- แม่พิมพ์แผ่นอะคริลิกเป็นวัสดุที่แตกหักได้ง่าย ต้องดูแลและระมัดระวังในการใช้งาน
- การแกะแม่พิมพ์ใช้เวลาไม่นานมากเพราะแผ่นอะคริลิกเนื้ออ่อนมาก และการแกะแม่พิมพ์ใช้ดอกแกะไม่มาก ดอกไม่หักบ่อยเท่ากับการแกะแม่พิมพ์ทองเหลืองหรือแม่พิมพ์เหล็ก
- การเปิดพื้นทำเพียงแค่ 1 รอบ สามารถแกะเก็บรายละเอียดได้เลย ไม่ต้องเสียเวลามาก
- การแกะแม่พิมพ์แผ่นอะคริลิกด้วยเครื่อง CNC ใช้เวลาน้อย แต่ต้องเดินเครื่องแกะอย่างช้าๆ จะได้ลวดลายที่คมชัด สวยงาม ตามที่ต้องการใช้งาน
- แผ่นอะคริลิกมีราคาถูกกว่าเหล็ก และทองเหลือง ราคาแกะถูกกว่าเหล็กและทองเหลือง จึงเป็นแม่พิมพ์ที่มีต้นทุนต่ำที่สุด ในงานวิจัยครั้งนี้
- ได้แม่พิมพ์ในการใช้งานเร็ว และสวยงาม พอที่คนทั่วไปหรือช่างสามารถนำไปใช้งานได้ดี

5.2 แม่พิมพ์ทองเหลือง

ในการแกะแม่พิมพ์ทองเหลืองนี้ใช้ลวดลายที่เป็นเส้นแบบลายต่อเนื่อง (ร่องเลื่อม) ซึ่งใช้ในการประดับหัวโขน มีวิธีการ ดังนี้

(1) เริ่มแกะแบบเปิดพื้นลวดลาย 2 ครั้งๆ ละ 10 ชั่วโมง เพื่อเปิดพื้นลวดลาย โดยใช้ดอกแกะหลายขนาด

(2) แกะเก็บรายละเอียดของลวดลาย ต้องใช้ดอกแกะขนาดเล็ก 0.1 มิลลิเมตร ในการแกะเก็บลวดลายใช้เวลาประมาณ 20 ชั่วโมง โดยการแกะแบบช้าๆ จึงจะได้ลวดลายที่คมชัด

เมื่อได้แม่พิมพ์ทองเหลืองแล้วจึงนำมากดลายตามภาพที่ 49

ภาพที่ 49 การกดลายบนแม่พิมพ์ทองเหลือง

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

การกดลายลงแม่พิมพ์ทองเหลืองโดยใช้เนื้อดินไทยกดลงไปในแม่พิมพ์ได้เนื้อของดินไทยลงเต็มในช่องลวดลายพอดี ดินที่ใช้ในการกดแม่พิมพ์ทองเหลือง ไม่ติดบนแม่พิมพ์ สามารถร่อนออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย ลวดลายออกมาคมชัด เต็มลายไม่มีส่วนใดขาดหายไป ส่วนที่เกินสามารถตัดออกได้ง่าย สามารถนำไปใช้งานได้

ข้อสังเกตที่พบ

- แม่พิมพ์ทองเหลืองมีน้ำหนักมากกว่าอะคริลิกแต่หนักน้อยกว่าแม่พิมพ์เหล็ก
- การเปิดพื้น 2 รอบ ก็สามารถแกะเก็บรายละเอียดได้ ทำให้เสียเวลาไม่มาก
- การแกะแม่พิมพ์ทองเหลืองด้วยเครื่อง CNC ช่างต้องรู้จักเนื้อโลหะและชำนาญในการแกะเนื่องจากเป็นลวดลายไทยมีความละเอียด อ่อนช้อย
- ทองเหลืองมีราคาถูกกว่าเหล็ก แพงกว่าอะคริลิก
- คุณสมบัติของทองเหลือง คือการต่อต้านการเกิดสนิมได้ดีกว่าเหล็ก แต่การสึกกร่อนก็จะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าเหล็ก

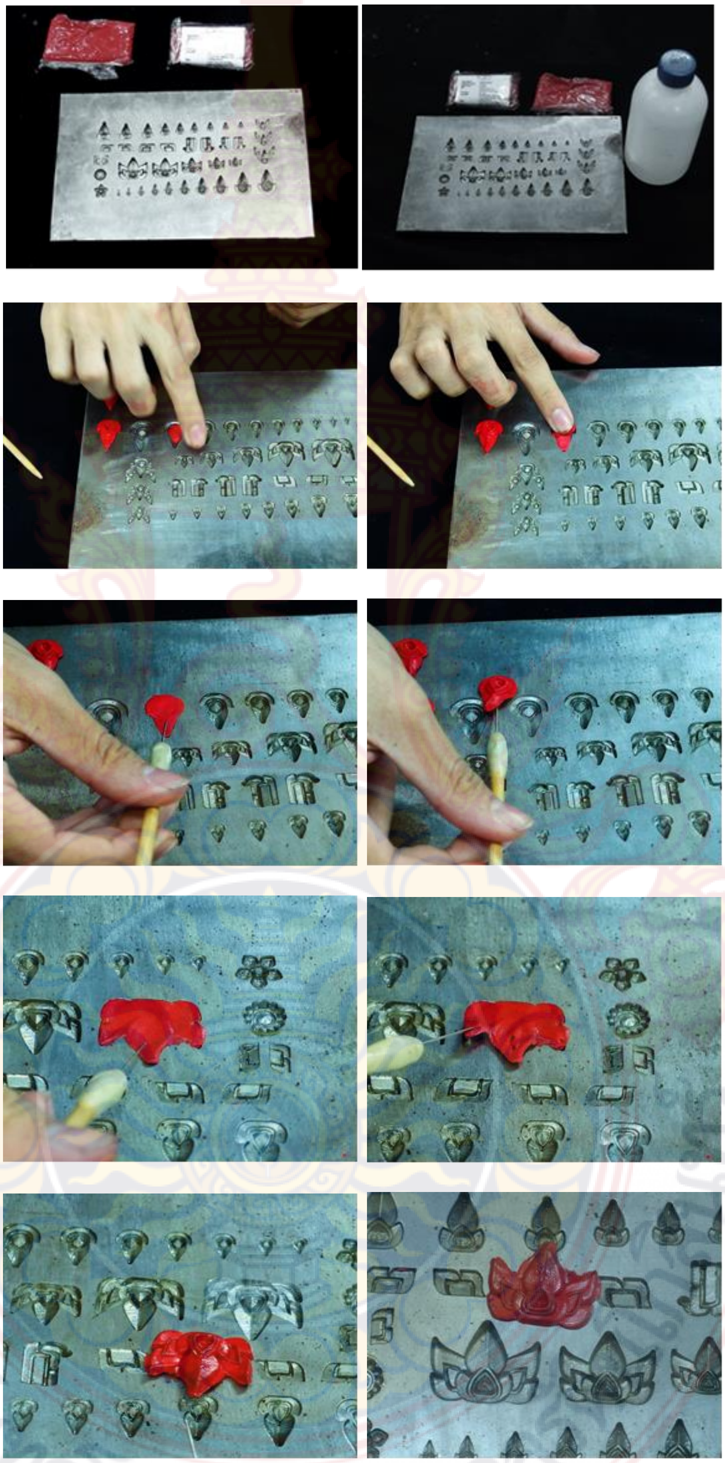
5.3 แม่พิมพ์เหล็ก

การแกะแม่พิมพ์เหล็กใช้เวลานานกว่าแม่พิมพ์ชนิดอื่น เนื่องจากมีคุณสมบัติที่แข็งกว่าวัสดุอื่นและการแกะต้องใช้ดอกแกะหลายขนาด

(1) เริ่มแกะแบบเปิดพื้นลวดลาย 3 ครั้งๆ ละ 15 ชั่วโมง เพื่อเปิดพื้นลวดลาย

(2) แกะเก็บรายละเอียดของลวดลาย โดยใช้ดอกแกะขนาดเล็ก 0.1 มิลลิเมตร และใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ต้องแกะแบบช้าๆ จึงจะทำให้ได้ลวดลายที่คมชัด

เมื่อได้แม่พิมพ์เหล็กแล้วจึงนำมากดลายตามภาพที่ 50 -51



ภาพที่ 50 การกดลายบนแม่พิมพ์เหล็ก

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

ภาพที่ 51 การกดลายบนแม่พิมพ์เหล็ก

ที่มา: สุรัฐ บุญทรง (2561).

การกดด้วยดินไทยลงแม่พิมพ์เหล็กแบบเต็มในช่องลวดลาย ลวดลายออกมาอย่างคมชัด ทั้งลวดลายที่มีขนาดใหญ่ ลวดลายที่ติดต่อกันเป็นช่อ ลวดลายขนาดเล็ก การกดด้วยดินไทยออกมาก็สามารถได้ลวดลายออกมาคมชัด เต็มลายไม่มีส่วนใดขาดหายไป สามารถนำไปใช้งานได้

ข้อสังเกต

- แม่พิมพ์เหล็กมีน้ำหนักมากกว่าอะคริลิกและทองเหลือง

- การแกะแม่พิมพ์ ใช้เวลานาน ดอกที่ใช้ในการแกะต้องคม และในการแกะมักเจออุปสรรคของดอกแกะหักบ่อยมาก ต้องเปิดพื้นหลายรอบ กว่าจะแกะเก็บรายละเอียดได้ บางครั้งเมื่อแกะไปได้ไประยะหนึ่งหากดอกแกะหัก ต้องเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด การแกะแม่พิมพ์เหล็กด้วยเครื่อง CNC ต้องใช้ช่างที่ชำนาญในการแกะ และใจเย็น

- การแกะแม่พิมพ์เหล็ก มีราคาแพงมาก กว่าจะได้ชิ้นงานออกมา สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ต้องแกะใหม่บนแผ่นเหล็กถึง 6 ชิ้น จึงจะได้ชิ้นงานที่สามารถใช้งานได้จริง ราคาแกะเหล็กจึงเป็นแม่พิมพ์ที่มีราคาแพงมาก เนื่องจากในการแกะแต่ละครั้ง ดอกแกะหักบ่อยมาก และต้องเริ่มต้นการแกะใหม่ทุกครั้ง เกิดจากการต้องแกะแบบมุม 90 องศาตรงลงไปดอกแกะเกิดการหักง่าย (แม้ใช้ดอกแกะอย่างดี) ทำให้ในการแกะแม่พิมพ์เหล็กเสียเวลานานมาก และเสียดอกแกะจำนวนมาก

บทที่ 5
ผลการวิจัย/ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาถึงการทำแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นขึ้นทดแทนการใช้หินสบู่ในการแกะลวดลายสำหรับงานประดับลวดลายและงานทำหัวโขน โดยนำเทคโนโลยีการแกะด้วยระบบ CNC (Computer Numerical Control) ที่มีอยู่ทั่วไป มาใช้ร่วมการสร้างลวดลายและแกะแม่พิมพ์ เพื่อให้ได้ลักษณะลวดลายที่มีน้ำหนัก ความหนา และมีมิติตามแบบลวดลายของงานหัตถศิลป์ไทย ซึ่งผู้วิจัยได้นำเสนอการวิเคราะห์ข้อมูลโดยแบ่งเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการศึกษา

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย

ตอนที่ 3 ผลการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่

1. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบวัตถุประสงค์ของการศึกษา

วัตถุประสงค์ในการวิจัยครั้งนี้ คือ การใช้วัสดุที่สามารถทำเป็นแม่พิมพ์ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ โดยการนำเทคโนโลยีมาช่วยในการแกะลวดลายที่ใช้ประดับบนหัวโขนและเครื่องศิราภรณ์ ด้วยการสร้างไฟล์โปรแกรมลวดลายสำหรับงานศิลป์ไทยแบบ 3 มิติแล้วนำไปแกะบนวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้

ผู้วิจัยได้ดำเนินการ ดังนี้

- การพิจารณาคัดเลือกวัสดุที่มีความเป็นไปได้มาทดลองใช้เป็นแม่พิมพ์ ซึ่งพิจารณาจากเนื้อวัสดุที่สามารถนำมาแกะลวดลายได้ และคาดว่าจะทำให้ได้ผลงานเทียบเท่าหินสบู่ รวมถึงพิจารณาน้ำหนัก ราคา ความสะดวกในการใช้งานประกอบ แล้วนำมาสร้างต้นแบบนวัตกรรม (แม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่) โดยนำเทคโนโลยี CNC มาใช้ แล้วกำหนดเกณฑ์การประเมินคุณภาพขึ้นตามที่ได้แสดงรายละเอียดไว้ในบทที่ 3 แล้ว
- นำต้นแบบไปใช้ในกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็กเพื่อตรวจสอบคุณภาพและประสิทธิภาพ
- ปรับปรุงต้นแบบ (แม่พิมพ์ที่ใช้วัสดุทดแทนหินสบู่)
- ทดลองในกลุ่มตัวอย่างที่มีขนาดใหญ่ขึ้น
- สรุปผลการทดลอง

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

(1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองของกลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก

กลุ่มตัวอย่างขนาดเล็ก จำนวน 5 คน ได้ร่วมทำการทดลองและพัฒนาปรับปรุงในช่วงเวลาการทดลองโดยใช้วัสดุอะคริลิกอย่างเดียวก่อน เพื่อใช้ในการทดสอบโปรแกรมและปรับปรุงไฟล์ โดยพิจารณาคุณภาพตามเกณฑ์ 5 ประการ ได้แก่

- แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่
- การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)
- วัสดุต่างๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถแงะหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม
- มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง
- คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมาใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่าการใช้แม่พิมพ์หินสบู่

ผลการทดลอง กลุ่มตัวอย่างได้ตรวจสอบคุณภาพชิ้นงาน พบว่าเป็นตามเกณฑ์ทั้ง 5 ประการ โดยมีมติเอกฉันท์ร่วมกันในการทดลองใช้แม่พิมพ์ที่ได้ ทั้งนี้ ในระหว่างการทดลองเมื่อพบว่า แม่พิมพ์ที่ได้ยังผลิตชิ้นงานไม่ได้ดี เช่น บางชิ้นลวดลายตื้นไป หรือ บางไป บางชิ้นระนาบของความโค้ง ความนูนยังไม่เป็นไปตามที่ต้องการ บางชิ้นขนาดไม่เหมาะสม บางลวดลายไม่คมชัด เป็นต้น ผู้วิจัยจึงได้ทำการปรับปรุงครั้งแล้วครั้งเล่าจนเชื่อมั่นในชิ้นงานที่ได้ตามเกณฑ์อันแสดงถึงไฟล์ที่นำมาใช้แกะสลักสามารถแกะให้ได้แม่พิมพ์เป็นไปตามที่ต้องการแล้วโดยทดลองใช้งานจนเป็นที่น่าพอใจแล้ว จึงนำไปทดสอบในกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่ขึ้น

(2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่

ในการทดลองของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จำนวน 26 คน ได้ใช้เกณฑ์การประเมินผลระดับคุณภาพของแม่พิมพ์จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มบุคคลที่นำแม่พิมพ์ไปทดลองใช้ มีดังนี้

ระดับคะแนนที่ 1.00 – 2.00 หมายความว่า ยังต้องปรับปรุงอีกมาก

ระดับคะแนนที่ 2.01 - 3.00 หมายความว่า ควรต้องปรับปรุงเล็กน้อย

ระดับคะแนนที่ 3.01 - 4.00 หมายความว่า สามารถนำไปใช้งานได้

ระดับคะแนนที่ 4.01 - 5.00 หมายความว่า เป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ

ผลการทดลอง ปรากฎ ดังนี้

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

- **อาชีพ** ประกอบด้วย

  ผู้เชี่ยวชาญ/อาจารย์สาขา จำนวน 11 คน (ร้อยละ 42.31)

  ช่างทำหัวโขน จำนวน 12 คน (ร้อยละ 46.15)

  อื่น ๆ (นักวิชาการ ภิกษุสามเณร) จำนวน 3 คน (ร้อยละ 11.54)

- **เพศ**

  เพศชาย จำนวน 18 คน (ร้อยละ 69.23)

  เพศหญิง จำนวน 8 คน (ร้อยละ 30.77)

- **อายุ**

  ต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 4 คน (ร้อยละ 15.38)

  30 - 40 ปี จำนวน 8 คน (ร้อยละ 30.77)

  40 - 50 ปี จำนวน 10 คน (ร้อยละ 38.46)

  มากกว่า 50 ปีขึ้นไป จำนวน 4 คน (ร้อยละ 15.38)

- **ระดับการศึกษาขั้นสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว**

  ต่ำกว่าปริญญาตรี จำนวน 6 คน (ร้อยละ 23.08)

  ปริญญาตรี จำนวน 19 คน (ร้อยละ 73.08)

  ปริญญาโท จำนวน 1 คน (ร้อยละ 3.85)

  ปริญญาเอก จำนวน - คน (ร้อยละ 0)

- **ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่**

  ผู้มีประสบการณ์ 1- 5 ปี จำนวน 4 คน (ร้อยละ 15.38)

  ผู้มีประสบการณ์ 6-10 ปี จำนวน 10 คน (ร้อยละ 38.46)

  ผู้มีประสบการณ์ 10 ปีขึ้นไปจำนวน 12 คน (ร้อยละ 46.15)

  ผู้ไม่มีประสบการณ์ จำนวน - คน (ร้อยละ 0)

- **ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์อื่น ๆ**

  ผู้มีประสบการณ์ใช้แม่พิมพ์อื่น (เรซิ่น ปูน ยางซิลิโคน)

  จำนวน 19 คน (ร้อยละ 73.08)

  ผู้ไม่มีประสบการณ์ จำนวน 7 คน (ร้อยละ 26.92)

2) ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะด้วยการใช้เทคโนโลยีเครื่อง CNC

ในการทดลองของกลุ่มตัวอย่างขนาดใหญ่จำนวน 26 คน ได้ใช้เกณฑ์การประเมินผลระดับคุณภาพของแม่พิมพ์จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มบุคคลที่นำแม่พิมพ์ไปทดลองใช้ ดังนี้

ระดับคะแนนที่ 1.00 – 2.00 หมายความว่า ยังต้องปรับปรุงอีกมาก

ระดับคะแนนที่ 2.01 - 3.00 หมายความว่า ควรต้องปรับปรุงเล็กน้อย

ระดับคะแนนที่ 3.01 - 4.00 หมายความว่า สามารถนำไปใช้งานได้

ระดับคะแนนที่ 4.01 - 5.00 หมายความว่า เป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ

ตารางที่ 4 ผลการประเมินคุณภาพของการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะด้วยการใช้เทคโนโลยีเครื่อง CNC

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	ระดับคุณภาพคะแนน		
		ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.
1	แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ	90.77	4.54	0.58
2	การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)	90.00	4.50	0.51
3	วัสดุต่าง ๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม	89.23	4.46	0.58
4	แม่พิมพ์มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง	89.23	4.46	0.65
5	คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่	91.54	4.58	0.70
6	ระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์นี้	90.77	4.54	0.71
	ภาพรวม	90.13	4.51	0.62

ผลการประเมินคุณภาพของชิ้นงานพบว่า การกดลายจากแม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะลายด้วยเครื่อง CNC มีผลประเมินคุณภาพอยู่ที่ระดับเป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการทั้ง 5 เกณฑ์ โดยมีภาพรวมของความพึงพอใจอยู่ที่ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.51 หรือร้อยละ 90.13 คุณภาพของชิ้นงาน

โดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมาใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์ และ สวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่ มีค่าประเมินตามเกณฑ์สูงสุด คือ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 หรือร้อยละ 91.54 รองลงมาคือ แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 หรือร้อยละ 90.77

3) ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม

- ให้เพิ่มลวดลายอื่นๆ เช่น ลายดอกไม้ และกระจังที่มีลักษณะตัวอ้วน ตัวสูงเรียว เป็นต้น
- ลายของชิ้นงานไม่ได้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มาทดแทน แต่น่าจะขึ้นอยู่กับลายที่กัดให้ลึกและชัด รวมถึงให้มีมิติมากกว่า
- ลวดลายคมชัดดี แต่ส่วนนูน ส่วนลึกยังยกลายไม่ชัดเจนสวยงามอย่างที่ต้องการจากการใช้เครื่อง CNC เชื่อว่า สามารถจะแกะยกลายให้สูงขึ้นได้อีก

2. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย

สมมติฐานการวิจัยครั้งนี้ คือ *“เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูป บนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก โดยมีไฟล์ลวดลาย 3 มิติแบบงานช่างศิลป์ไทยที่นำมาใช้สร้างแม่พิมพ์ซ้ำๆ ได้ตามต้องการให้มีมาตรฐานแบบเดียวกันได้”*

ผู้วิจัยได้ สร้างแม่พิมพ์จากวัสดุ 3 ชนิด คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก แล้วจัดสัมมนาเชิงปฏิบัติการเพื่อการทดลองใช้แม่พิมพ์ทั้ง 3 ประเภท ในวันที่ 20 กรกฎาคม 2561 โดยเชิญผู้เชี่ยวชาญและผู้สร้างหัวโขน จำนวน 7 ท่าน มาทดลองใช้แม่พิมพ์ต่างๆ ได้แก่

1. อาจารย์สนั่น รัตนะ ครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยช่างศิลป์ สถาบันบัณฑิตพัฒนศิลป์
2. อาจารย์วรวินัย หิรัญมาศ ครูศิลป์แผ่นดิน (งานหัวโขน ปี พ.ศ. 2559)
3. นายอำพล สัมมาวุฒธิ นักวิชาการช่างศิลป์เชี่ยวชาญ สำนักช่างสิบหมู่
4. นางสุภาภรณ์ สายประสิทธิ์ นายช่างศิลปกรรมอาวุโส (งานเครื่องรัก)
5. นางรุ่งทิพย์ นางาม นักวิชาการช่างศิลป์ปฏิบัติการ (งานหัวโขน)
6. นางบุปผา ล้วนวิลัย ครูช่างหัตถศิลป์ พ.ศ. 2555 (แมวบ้านโขนไทย)
7. นางสุนิสา ศุภลักษณ์อำไพพร นายช่างศิลปกรรมอาวุโส

ในการทดลองของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ครูช่าง และผู้ทำหัวโขน จำนวน 7 คน ได้ใช้เกณฑ์การประเมินผลระดับคุณภาพของแม่พิมพ์จากค่าเฉลี่ยของกลุ่มบุคคลที่ทดลองใช้แม่พิมพ์ ได้แสดงความคิดเห็นต่อการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก ดังนี้

ตารางที่ 5 ผลการประเมินคุณภาพการใช้เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูปบนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	คะแนนเฉลี่ยของแม่พิมพ์แต่ละประเภท		
		อะคริลิก	ทองเหลือง	เหล็ก
1	แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบและส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ	4.43	4.14	4.00
2	การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคมชัด)	4.43	4.43	4.14
3	วัสดุต่าง ๆ (เช่น ปูน ดินแหนียว ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายคงรูป และสวยงาม	4.57	4.57	4.43
4	มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรงใช้ซ้ำได้หลายครั้ง	4.29	4.43	4.43
5	คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่	4.57	4.43	4.43
6	ระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์แต่ละประเภท	4.43	4.43	4.29

สรุปผลการทดลองที่ได้จากชิ้นงานของแม่พิมพ์ทั้ง 3 ประเภท พบว่า ในภาพรวมระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์นั้น อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก อยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ โดยอะคริลิก และทองเหลืองมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43 เท่ากัน ส่วนเหล็กมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย คือ อยู่ที่ 4.29

ในหัวข้อที่ 1 แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบและส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ นั้น อะคริลิกมีค่าคะแนนมากที่สุด คือ 4.43 ตามด้วยทองเหลือง คือ 4.14 และเหล็ก คือ 4.00

ในหัวข้อที่ 2 การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคมชัด) นั้น อะคริลิกและทองเหลืองมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43 และเหล็กอยู่ที่ 4.14

ในหัวข้อที่ 3 วัสดุต่างๆ (เช่น ปูน ดินแหนียว ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม นั้น อะคริลิกและทองเหลืองมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.57 และเหล็กอยู่ที่ 4.43

ในหัวข้อที่ 4 มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง นั้น ทองเหลืองและเหล็ก มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43 และอะคริลิก อยู่ที่ 4.29

ในหัวข้อที่ 5 คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่ นั้น อะคริลิกมีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.57 ส่วนทองเหลือง และเหล็กอยู่ที่ 4.43

ดังนั้น ผลการทดลองนี้จึงเป็นไปตามสมมติฐานที่ว่า *“เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูป บนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก โดยมีไฟล์ลวดลาย 3 มิติแบบงานช่างศิลป์ไทยที่นำมาใช้สร้างแม่พิมพ์ซ้ำๆ ได้ตามต้องการให้มีมาตรฐานแบบเดียวกันได้”*

ข้อดี ข้อเสีย ของต้นแบบแม่พิมพ์ทั้งสามประเภท

ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างได้แสดงความคิดเห็นถึงข้อดี ข้อเสีย สรุปได้ ดังนี้

ชนิดของแม่พิมพ์	ข้อดี	ข้อเสีย
อะคริลิก	หาง่าย ราคาถูก น้ำหนักเบา สะดวกต่อการพกพา แกะลายง่าย ลายคมชัด ทดแทนหินสบู่ได้ดีระดับหนึ่ง	แตกหัก และสึกกร่อนได้
ทองเหลือง	ทนทาน เก็บรักษาและทำความสะอาด ง่าย ลวดลายคมชัด	ราคาแพง แกะยาก ใช้เวลามาก
เหล็ก	ทนทาน ลายลายคมชัด มีน้ำหนักเหมาะแก่การกดลาย	ราคาแพง แกะยาก เก็บรักษายาก เป็นสนิมได้

นอกจากนี้ มีผู้แสดงความคิดเห็นว่า วัสดุอื่นที่สามารถนำมาทดแทนหินสบู่ได้ คือ เรซิ่น แว็คเขียวแผ่นที่ใช้ทำเครื่องประดับ ซิเมนต์หล่อพิมพ์ ไม้เนื้อละเอียดและแข็ง หินลับมีด อะลูมิเนียม สแตนเลส

ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม

1. ประยุกต์ในการประดับลวดลาย การเกิดชิ้นงานกับวัสดุประเภทต่างๆ
2. อาจเพิ่มลวดลายให้ทันสมัย ตามแนวศิลปะสมัยใหม่

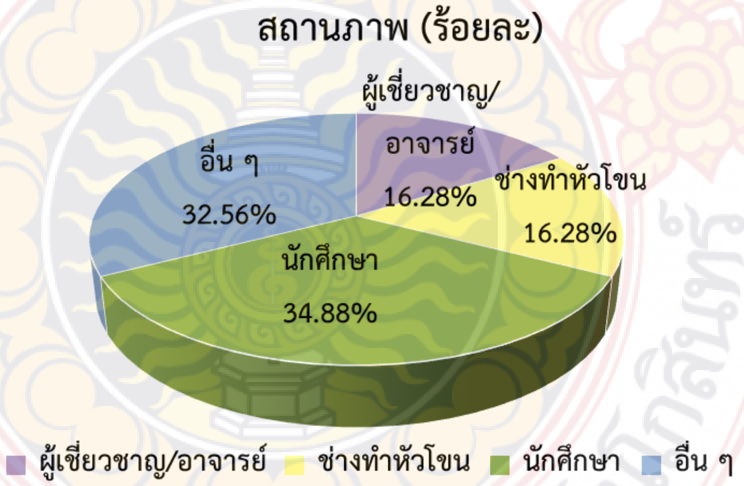
3. ผลการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่

จากการสัมมนาเมื่อวันที่ 18-19 สิงหาคม 2561 ผู้วิจัยได้แจกแม่พิมพ์อะคริลิกให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาไปทดลองใช้ พร้อมทั้งติดตามสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ ซึ่งผลการสำรวจความพึงพอใจจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 43 คน มีดังนี้

1) ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

- **อาชีพ** ประกอบด้วย

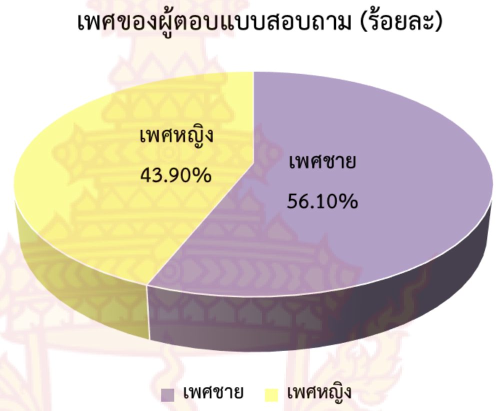
ผู้เชี่ยวชาญ/อาจารย์สาขา	จำนวน	7	คน (ร้อยละ 16.28)
ช่างทำหัวโขน	จำนวน	7	คน (ร้อยละ 16.28)
นักศึกษา	จำนวน	15	คน (ร้อยละ 34.88)
อื่น ๆ (นักวิชาการ ภิกษุสามเณร)	จำนวน	14	คน (ร้อยละ 32.56)



- **เพศ**

เพศชาย จำนวน 23 คน (ร้อยละ 56.10)

เพศหญิง จำนวน 18 คน (ร้อยละ 43.90)



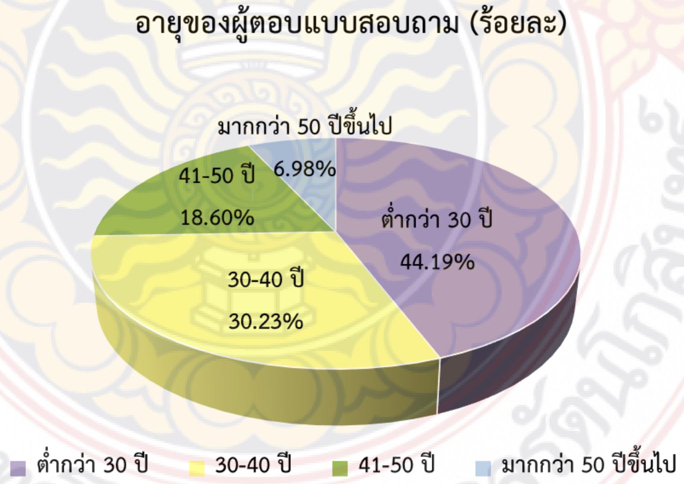
- **อายุ**

ต่ำกว่า 30 ปี จำนวน 19 คน (ร้อยละ 44.19)

30 - 40 ปี จำนวน 13 คน (ร้อยละ 30.23)

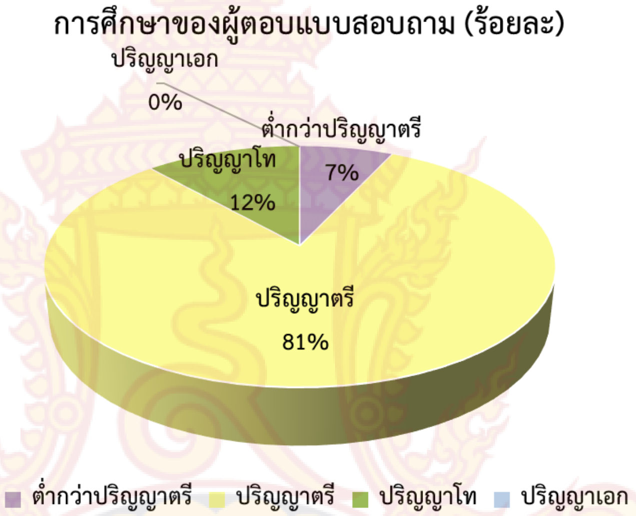
41 - 50 ปี จำนวน 8 คน (ร้อยละ 18.60)

มากกว่า 50 ปีขึ้นไป จำนวน 3 คน (ร้อยละ 6.98)



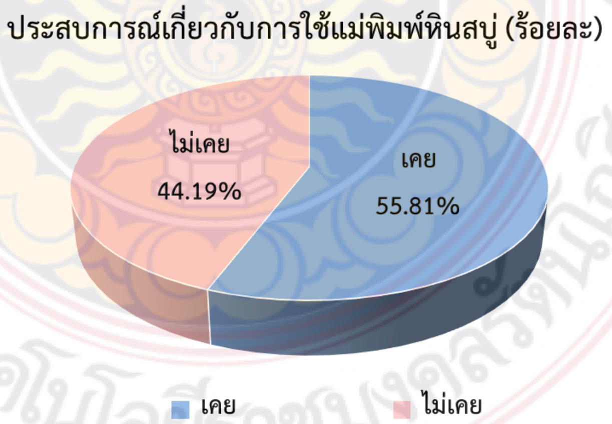
- **ระดับการศึกษาขั้นสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว**

ต่ำกว่าปริญญาตรี	จำนวน 3 คน	(ร้อยละ 6.98)
ปริญญาตรี	จำนวน 39 คน	(ร้อยละ 81.40)
ปริญญาโท	จำนวน 5 คน	(ร้อยละ 11.63)
ปริญญาเอก	จำนวน - คน	(ร้อยละ 0)



- **ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่**

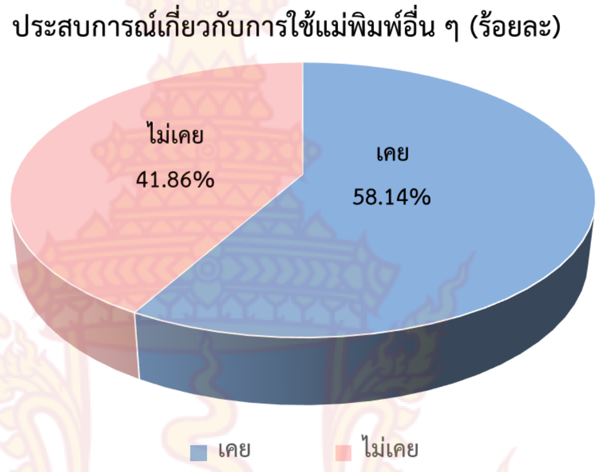
เคย	จำนวน 24 คน	(ร้อยละ 55.81)
ไม่เคย	จำนวน 19 คน	(ร้อยละ 44.19)



- **ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์อื่นๆ**

เคย จำนวน 25 คน (ร้อยละ 58.14)

ไม่เคย จำนวน 18 คน (ร้อยละ 41.86)



2) ความพึงพอใจต่อการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก

ภายหลังจากการได้ทดลองนำแม่พิมพ์ที่แกะด้วยเครื่อง CNC ไปใช้ แล้ว ผู้วิจัยพบว่า แม่พิมพ์อะคริลิกเป็นแม่พิมพ์ที่เหมาะสมกับการนำมาผลิตชิ้นงานที่สุด เนื่องจากมีราคาถูกกว่าทองเหลืองและเหล็กถึงอย่างน้อย 5 เท่า จึงได้ทำการเผยแพร่ให้กลุ่มช่างทำหัวโขนและผู้สนใจทดลองนำไปใช้ระยะหนึ่ง หลังจากนั้น ผู้วิจัยจึงได้จัดทำแบบสอบถามความพึงพอใจต่อชิ้นงาน หรือผลงานที่เกิดจากแม่พิมพ์อะคริลิกนี้ โดยมีกลุ่มเป้าหมายทั้งช่าง และบุคคลที่ไม่ใช่ช่าง แต่ชื่นชมศิลปะด้านหัวโขน โดยได้กำหนดเกณฑ์ความพึงพอใจไว้ ดังนี้

ระดับคะแนนที่ 1.01 - 2.00 หมายความว่า ไม่พึงพอใจ

ระดับคะแนนที่ 2.01 - 3.00 หมายความว่า พึงพอใจน้อย

ระดับคะแนนที่ 3.01 - 4.00 หมายความว่า พึงพอใจปานกลาง

ระดับคะแนนที่ 4.01 – 5.00 หมายความว่า พึงพอใจมาก

ตารางที่ 6 ผลประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	ระดับคุณภาพคะแนน		
		ร้อยละ	$\bar{X}$	S.D.
1	ท่านพึงพอใจต่อคุณภาพผลงานที่ใช้แม่พิมพ์อะคริลิก	88.84	4.44	0.55
2	ท่านพึงพอต่อความสะดวกในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก และสามารถเลือกลวดลายได้หลากหลายยิ่งขึ้น	87.91	4.40	0.62
3	ท่านพึงพอใจต่อความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง และสามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้งของแม่พิมพ์อะคริลิก	84.19	4.21	0.71
4	เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของแม่พิมพ์อะคริลิกกับแม่พิมพ์วัสดุอื่น ท่านมีความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกอะคริลิกว่าเป็นตัวเลือกที่ดี คือ ประหยัด ใช้งานได้ดี	90.23	4.51	0.59
5	ท่านคิดว่าจะใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แน่นอน	90.23	4.51	0.51
6	กรุณาระบุระดับคะแนนความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกที่ได้ทดลองใช้แล้ว	89.77	4.49	0.51

ผลการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับคะแนนความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกอยู่ที่ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.49 หรือร้อยละ 89.77 โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดของข้อ: เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของแม่พิมพ์อะคริลิกกับแม่พิมพ์วัสดุอื่น ท่านมีความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกว่าเป็นตัวเลือกที่ดี คือ ประหยัด ใช้งานได้ดี และข้อ: ท่านคิดว่าจะใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แน่นอนอยู่ที่ 4.51 หรือร้อยละ 90.23 เท่ากัน รองลงมาคือ ท่านพึงพอใจต่อคุณภาพผลงานที่ใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.44 หรือร้อยละ 88.84 และท่านพึงพอใจต่อความสะดวกในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก และสามารถเลือกลวดลายได้หลากหลายยิ่งขึ้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 หรือร้อยละ 87.91

3) ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

- ควรมีแม่พิมพ์จากวัสดุอื่นให้ทดลองใช้เพื่อเปรียบเทียบ
- ควรมีการแสดงหัวโขน หรือเครื่องศิราภรณ์ที่ทำลวดลายจากแม่พิมพ์อะคริลิก และแม่พิมพ์ต่างๆ ให้ผู้เข้าร่วมสัมมนาศึกษาเปรียบเทียบ เพื่อความชัดเจนยิ่งขึ้น

- แม่พิมพ์อะคริลิกเมื่อเปรียบเทียบกับแม่พิมพ์อื่นๆ มีข้อได้เปรียบ คือต้นทุนต่ำ ควรมีการศึกษาต่อยอดในการแกะลวดลายพิเศษต่างๆ ที่มีขนาดเล็กมากและมีความยากเพิ่มขึ้น เพื่อให้สะดวกในการนำไปใช้งานได้ต่อไปอีก

บทที่ 6
สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การงานวิจัยครั้งนี้ มีวัตุประสงค์เพื่อให้ได้แม่พิมพ์จากวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ตามความต้องการของผู้ใช้ เป็นการศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา เรื่อง การศึกษาวัสดุที่สามารถนำมาทำแม่พิมพ์ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ เนื่องจากปัจจุบันหินสบู่มีราคาแพงและช่างแกะหินสบู่ที่มีฝีมือชั้นเลิศมีจำนวนน้อยลง ผู้ทำการวิจัยประสบปัญหาในการใช้แม่พิมพ์หินสบู่ในการทำลวดลายของศิราภรณ์บนหัวโขนสำหรับการสอนวิชาการทำหัวโขน จึงได้คิดหาวัสดุทดแทนหินสบู่และวิธีการแกะแม่พิมพ์โดยนำเทคโนโลยี (เครื่อง CNC) มาใช้เพื่อให้เกิดความสะดวก ทำได้ง่าย ประหยัด รวดเร็ว แต่มีคุณภาพเทียบเท่าแม่พิมพ์หินสบู่

1 สรุปผลการวิจัย

1.1. ผลของการทดลอง

ผลของการทดลองพบว่า เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูป บนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก โดยมีไฟล์ลวดลาย 3 มิติ แบบงานช่างศิลป์ไทยที่นำมาใช้สร้างแม่พิมพ์ซ้ำๆ ได้ตามต้องการ และมีมาตรฐานแบบเดียวกัน เป็นไปตามสมมติฐาน สรุปได้ตามตารางที่ 7 ดังนี้

ตารางที่ 7 แสดงการดำเนินการทดลองจากแม่พิมพ์ 3 ประเภท

การทดลอง	แม่พิมพ์อะคริลิค	แม่พิมพ์ทองเหลือง	แม่พิมพ์เหล็ก
1. ระยะเวลาการแกะ	- ใช้เวลาน้อยที่สุด เนื่องจากเนื้อวัสดุอ่อน	- ใช้เวลามากกว่าอะคริลิค แต่น้อยกว่าเหล็ก	ใช้เวลามากที่สุดเนื่องจาก เนื้อวัสดุแข็งมาก
2. จำนวนครั้งที่แกะเปิดพื้นลวดลาย และจำนวนชั่วโมงที่ใช้	- แกะแบบเปิดพื้น ลวดลาย 1 ครั้งๆ ละ5 ชั่วโมง	- แกะแบบเปิดพื้น ลวดลาย 2 ครั้งๆ ละ 10 ชั่วโมง	- แกะแบบเปิดพื้นลวดลาย 3 ครั้งๆ ละ 15 ชั่วโมง
3. การแกะรายละเอียดของลวดลาย	- ใช้ดอกแกะขนาดเล็ก 0.1 มิลลิเมตร เวลา 5 ชั่วโมง - ใช้ดอกแกะเก็บรายละเอียดเพียงครั้งเดียว	- ใช้ดอกแกะขนาดเล็ก 0.1 มิลลิเมตร ใช้เวลาประมาณ 20 ชั่วโมง ต้องแกะแบบช้าๆ	- ใช้ดอกแกะขนาดเล็ก 0.1 มิลลิเมตร และใช้เวลาประมาณ 24 ชั่วโมง ต้องแกะแบบช้าๆ

การทดลอง	แม่พิมพ์อะคริลิค	แม่พิมพ์ทองเหลือง	แม่พิมพ์เหล็ก
4. ความพร้อมในการนำไปใช้	- ต้องล้างแม่พิมพ์แผ่นอะคริลิกด้วยน้ำยาแผ่นอะคริลิกจะใสขึ้น พื้นผิวของลวดลายจะเรียบสวยงาม พร้อมใช้งาน	- ทำความสะอาดทั่วไปแล้วนำไปใช้งานได้เลย	- ทำความสะอาดทั่วไปแล้วนำไปใช้ได้เลย
5. การนำไปกดลาย	- สามารถกดเนื้อดินไทยลงไปในแม่พิมพ์ได้เต็มในช่องลวดลายพอดี - ลวดลายออกมาคมชัด ไม่มีการติดบนแม่พิมพ์ - สามารถร่อนออกจากแม่พิมพ์ได้ง่ายๆ		

ทั้งนี้ ได้**ข้อสังเกต**ระหว่างการทดลอง ดังนี้

(1) การแกะแม่พิมพ์อะคริลิคใช้เวลาน้อยที่สุด ใช้ดอกแกะน้อยที่สุด รองลงมาเป็นทองเหลือง ส่วนเหล็กใช้เวลานานที่สุด และใช้ดอกแกะมากที่สุด แกะยากที่สุด

(2) แม่พิมพ์อะคริลิคการแกะเปิดพื้นทำเพียงแค่ 1 รอบ สามารถแกะเก็บรายละเอียดได้เลย แต่แม่พิมพ์ทองเหลืองการแกะเปิดพื้นต้องทำ 2 รอบ สำหรับแม่พิมพ์เหล็กต้องทำอย่างน้อย 3 รอบ ดอกที่ใช้ในการแกะต้องคม และมักเจออุปสรรคของดอกแกะหักบ่อยมาก ทำให้ต้องเปิดพื้นหลายรอบกว่าจะแกะเก็บรายละเอียดได้ บางครั้งเมื่อแกะไปได้ไประยะหนึ่งหากดอกแกะหัก ต้องเริ่มต้นใหม่ทั้งหมด ดังนั้น การแกะแม่พิมพ์เหล็กด้วยเครื่อง CNC ต้องใช้ช่างที่ชำนาญในการแกะและใจเย็นมาก

(3) การแกะแม่พิมพ์อะคริลิคด้วยเครื่อง CNC ใช้เวลาน้อย แต่ต้องเดินเครื่องแกะอย่างช้า ๆ จะได้ลวดลายที่คมชัด สวยงาม ตามที่ต้องการใช้งาน การแกะแม่พิมพ์ทองเหลืองด้วยเครื่อง CNC ช่างต้องรู้จักเนื้อโลหะและชำนาญในการแกะเนื่องจากเป็นลวดลายไทยมีความละเอียด อ่อนช้อย การแกะแม่พิมพ์เหล็ก มีราคาแพงมาก กว่าจะได้ชิ้นงานออกมา สำหรับงานวิจัยครั้งนี้ ต้องแกะใหม่บนแผ่นเหล็กถึง 6 ชิ้น จึงจะได้ชิ้นงานที่สามารถใช้งานได้จริง ราคาแกะเหล็กจึงเป็นแม่พิมพ์ที่มีราคาแพงมาก เนื่องจากในการแกะแต่ละครั้ง ดอกแกะหักบ่อยมาก และต้องเริ่มต้นการแกะใหม่ทุกครั้งเกิดจากการต้องแกะแบบมุม 90 องศาตรงลงไปดอกแกะเกิดการหักง่าย (แม้ใช้ดอกแกะอย่างดี) ทำให้ในการแกะแม่พิมพ์เหล็กเสียเวลานานมาก และเสียดอกแกะจำนวนมาก

(4) แผ่นอะคริลิคมีราคาถูกที่สุด ทองเหลืองถูกกว่าเหล็ก และเหล็กราคาแพงที่สุด

(5) แม่พิมพ์อะคริลิคได้แม่พิมพ์ในการใช้งานเร็ว และสวยงาม คนทั่วไปหรือช่างสามารถนำไปใช้งานได้ดี แต่แตกหักง่าย ต้องระมัดระวังในการใช้งานและดูแลรักษา แม่พิมพ์ทองเหลืองมีคุณสมบัติต่อต้านการเกิดสนิมได้ดีกว่าเหล็ก แต่การสึกกร่อนก็จะเกิดขึ้นได้ง่ายกว่าเหล็ก ส่วนเหล็กมีคุณสมบัติคงทน สึกกร่อนช้า แต่เป็นสนิมได้ง่าย

1.2 ผลของการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นการศึกษาถึงคุณภาพชิ้นงานซึ่งได้มีการกำหนดเกณฑ์คุณภาพชิ้นงานไว้ 5 ประการ คือ (1) แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (2) การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด) (3) วัสดุต่าง ๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถแงะหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม (4) มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง (5) คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมาใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่าการใช้แม่พิมพ์หินสบู่

(1) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง

ผลการทดลองจากกลุ่มตัวอย่างในการการประเมินคุณภาพของชิ้นงานพบว่า การกดลายจากแม่พิมพ์อะคริลิกที่แกะลายด้วยเครื่อง CNC มีผลประเมินคุณภาพอยู่ที่ระดับเป็นที่น่าพอใจตรงตามคุณภาพ มีภาพรวมของความพึงพอใจอยู่ที่ค่าเฉลี่ยอยู่ที่ 4.51 หรือร้อยละ 90.13 สำหรับเกณฑ์คุณภาพพบว่า (1) คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมาใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่ มีค่าประเมินตามเกณฑ์สูงสุด คือ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.58 หรือร้อยละ 91.54 ซึ่งเป็นค่าสูงสุด รองลงมาคือ (2) แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดที่พอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.54 หรือร้อยละ 90.77 และ (3) การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.50 หรือร้อยละ 90.00

ทั้งนี้ กลุ่มตัวอย่างที่ตอบแบบสอบถามให้ความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า ควรเพิ่มลวดลายอื่น ๆ เช่น ลายดอกไม้ และกระจังที่มีลักษณะตัวอ้วน ตัวสูงเรียว เป็นต้น และลายของชิ้นงานไม่ได้ขึ้นอยู่กับวัสดุที่มาทดแทนแต่น่าจะขึ้นอยู่กับลายที่กัดให้ลึกและชัด รวมถึงให้มีมิติมากกว่า สำหรับชิ้นงานที่ออกมานี้มีลวดลายคมชัดดี แต่ส่วนนูน ส่วนลึกยังยกลายไม่ชัดเจนสวยงามอย่างที่ต้องการ จากการใช้เครื่อง CNC เชื่อว่า สามารถจะแกะยกลายให้สูงขึ้นได้อีก

(2) ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบสมมติฐานการวิจัย

ในการทดลองของกลุ่มผู้เชี่ยวชาญ ครูช่าง และผู้ทำหัวโขน จำนวน 7 คน ได้ใช้เกณฑ์การประเมินผลระดับคุณภาพของแม่พิมพ์ตามที่กำหนด พบว่า ความคิดเห็นต่อการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก ในภาพรวมระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์นั้น อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก อยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ โดยอะคริลิก และทองเหลือง มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.43 เท่ากัน ส่วนเหล็กมีค่าคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าเล็กน้อย

คือ อยู่ที่ 4.29 โดยอะคริลิกจะมีค่าเฉลี่ยคะแนนสูงสุดตามเกณฑ์ถึง 4 ข้อ ยกเว้น ความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง นั้นเหล็กและทองเหลืองจะมีคุณสมบัติดีกว่า แสดงให้เห็นว่าการทดลองเป็นไปตามสมติฐานที่ว่า “เทคโนโลยีจากเครื่อง CNC สามารถใช้สร้างแม่พิมพ์ลวดลายสำเร็จรูป บนวัสดุทดแทนหินสบู่ ได้แก่ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก โดยมีไฟล์ลวดลาย 3 มิติแบบงานช่างศิลป์ไทยที่นำมาใช้สร้างแม่พิมพ์ซ้ำๆ ได้ตามต้องการให้มีมาตรฐานแบบเดียวกันได้”

นอกจากนี้ ยังว่าความคิดเห็นเพิ่มเติมว่า อาจมีวัสดุอื่นที่สามารถนำมาทดแทนหินสบู่ได้ คือ เรซิ่น แว็คเขียวแผ่นที่ใช้ทำเครื่องประดับ ซิเมนต์หล่อพิมพ์ ไม้เนื้อละเอียดและแข็ง หินลับมีด อะลูมิเนียม สแตนเลส และควรมีการประยุกต์ในการประดับลวดลาย การเกิดชิ้นงานกับวัสดุประเภทต่าง ๆ หรืออาจเพิ่มลวดลายให้ทันสมัย ตามแนวศิลปะสมัยใหม่

(3) ผลการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะเกี่ยวกับความพึงพอใจในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่

ผลการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมสัมมนาจำนวน 43 คน ได้ให้ทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก พร้อมทั้งติดตามสอบถามความพึงพอใจของผู้ใช้ พบว่า กลุ่มตัวอย่างมีระดับคะแนนความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกอยู่ที่ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.49 หรือร้อยละ 89.77 โดยมีค่าคะแนนเฉลี่ยสูงสุดของข้อ: เมื่อเปรียบเทียบต้นทุนของแม่พิมพ์อะคริลิกกับแม่พิมพ์วัสดุอื่น ท่านมีความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกอะคริลิกว่าเป็นตัวเลือกที่ดี คือ ประหยัด ใช้งานได้ดี และข้อ: ท่านคิดว่าจะใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แน่นอนอยู่ที่ 4.51 หรือร้อยละ 90.23 เท่ากัน รองลงมาคือ ท่านพึงพอใจต่อคุณภาพผลงานที่ใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.44 หรือร้อยละ 88.84 และท่านพึงพอต่อความสะดวกในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก และสามารถเลือกลวดลายได้หลากหลายยิ่งขึ้น มีค่าคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 4.40 หรือร้อยละ 87.91

2. การอภิปรายผล

จากผลทดลองที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถอภิปรายผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้รับจากการทดลอง และจากการทดลองใช้แม่พิมพ์ของผู้เชี่ยวชาญและกลุ่มตัวอย่าง มีดังนี้

(1) ในการทดลองแกะแม่พิมพ์อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็กด้วยเครื่องเทคโนโลยี CNC นั้น เป็นไปตามคุณสมบัติของเนื้อวัสดุ โดยจะเห็นได้ว่าเนื้อวัสดุอะคริลิกมีลักษณะอ่อน แกะง่าย ใช้เวลาน้อยที่สุด ใช้หัวแกะไม่มาก ราคาถูก จึงเหมาะกับการนำมาใช้งานมากที่สุดด แม้ว่าทองเหลืองและเห,กสามารถจะนำมาใช้งานได้เช่นเดียวกันแต่ใช้เวลาในการแกะมาก สิ้นเปลืองหัวแกะและวัสดุเมื่อเกิดข้อผิดพลาด ประการสำคัญมีราคาสูง จึงพบว่า อะคริลิกมีความเหมาะสมมากที่สุด แม้จะมีข้อด้อย

ในเรื่องความแข็งแรง ทนทาน แต่เป็นข้อด้อยที่ยอมรับได้ เนื่องจากราคาถูก แกะง่ายกว่า ประหยัดเวลาและการสิ้นเปลืองวัสดุที่ใช้มากกว่า

(2) กลุ่มผู้เชี่ยวชาญที่ได้ทดลองใช้แม่พิมพ์มีความคิดเห็นต่อการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก อยู่ในระดับเป็นที่น่าพอใจ ตรงตามคุณภาพที่ต้องการ นั้น อาจเนื่องจากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญ ผู้มีทั้งความรู้ ความชำนาญ จึงมีความสามารถในการใช้แม่พิมพ์ได้ทุกประเภท อย่างไรก็ตาม ความคิดเห็นของท่านผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อแม่พิมพ์ยังคงให้คะแนนแม่พิมพ์อะคริลิกสูงกว่าในการนำไปใช้งาน เนื่องจากความแตกต่างของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์ทั้ง 3 ประเภท ไม่แตกต่างกันอย่างชัดเจน และการนำเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้รวมถึงการใช้วัสดุทดแทน เป็นการแก้ปัญหาที่ช่วยรักษาองค์ความรู้ และงานศิลปะไว้ให้คงอยู่ต่อไป รวมถึงการแก้ปัญหาวัสดุขาดแคลนอย่างเช่น การลดน้อยลงของหินสบู่ได้ดี

(3) ผลการศึกษาความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของกลุ่มตัวอย่างที่ทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก มีระดับคะแนนความพึงพอใจอยู่ที่ร้อยละ 89.77 โดยมีความพึงพอใจมากที่สุดในเรื่องต้นทุนต่ำ และสามารถทดแทนหินสบู่ได้ดี รวมถึงความสะดวกในการใช้ การเคลื่อนย้ายและการเก็บรักษา ซึ่งจัดเป็นประเด็นสำคัญในการใช้งานที่ตอบสนองความต้องการของผู้ใช้ คือ ใช้ง่าย สะดวก ราคาไม่แพง

3. ข้อเสนอแนะ

3.1 ข้อเสนอแนะเพื่อการนำผลการวิจัยไปใช้

- ขยายผลของชิ้นงานที่ทำด้วยแม่พิมพ์อะคริลิกให้แพร่หลายและต่อยอดในการทำลวดลายประยุกต์ต่างๆ หรือนำไปใช้ในศิลปะแขนงอื่นๆ

3.2 ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

- ควรวิจัยเปรียบเทียบผลงานที่สำเร็จแล้วระหว่างชิ้นงานที่ได้จากแม่พิมพ์หินสบู่และชิ้นงานที่ได้จากวัสดุทดแทนว่าเป็นอย่างไรบ้าง
- การนำเทคโนโลยี 3D Printer มาใช้ในการสร้างแม่พิมพ์ลวดลาย (โดยไม่ต้องใช้เครื่อง CNC แกะลวดลาย)
- การนำเทคโนโลยี 3D Printer มาใช้ในการสร้างลวดลาย (โดยไม่ต้องใช้กรรมวิธีในการกดลายจากแม่พิมพ์)

บรรณานุกรม

กรมทรัพยากรธรณีวิทยา. (2550). **แร่ดิกไคต์.** [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 6 เมษายน 2561. จาก http://www.dmr.go.th/ewt_news.php?nid=623&filename=m

กิตตินาถ วรรณิสสร, คุณยุต เอี่ยมสอาด. (2552). **การสร้างเครื่องต้นแบบเพื่อขึ้นรูปแม่พิมพ์แบบรวดเร็วด้วยเทคโนโลยีการขึ้นรูปทีละชั้น.** การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 23 วันที่ 4 – 7 พฤศจิกายน 2552 จังหวัดเชียงใหม่ [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 7 พฤษภาคม 2561. จาก http://www.me.psu.ac.th/tsme/ME_NETT23/topic/file/142.pdf

เกื้อกมล ศรีสำอาง. (2556). **รูปแบบหัวโขนจากอดีตจนถึงปัจจุบัน สกุลช่างครูชิต แก้วดวงใหญ่.** สารนิพนธ์ ระดับปริญญาศิลปศาสตร์บัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม.

ทะนงศักดิ์ กลิ่นธรรม. (2557). **ศิลปะการสร้างหัวโขนยุครัตนโกสินทร์รัชกาลที่ 9**. การค้นคว้าอิสระ ระดับปริญญามหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยศิลปากร นครปฐม.

ธรรมรัตน์ โถวสกุล, อาคม เสงี่ยมวิลูล, วุฒิพงษ์ โรจนเขษมศรี. (2560, 22 มิถุนายน). **ศิลปะอุตสาหกรรมและนวัตกรรมการสร้างหัวโขน.** วารสารอารยธรรมศึกษาโขง-สาระวิน. คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 79-108

นิติรัฐ พึ่งเดช และผกากรอง กันทะเขียว. (2554). ช่างแกะ: **การแกะแม่พิมพ์หิน.** [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 30 เมษายน 2561. จาก http://www.thaigoodview.com/node/89409?page=0,2

บุญรักษ์ กาญจนวรวณิชย์. ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. (ม.ป.ป.). **อะคริลิก**. [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 6 เมษายน 2561. จาก https://mtec.or.th/academic-services/mtec-knowledge/577-

พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 เฉลิมพระเกียรติพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัว เนื่องในโอกาสพระราชพิธีมหามงคลเฉลิมพระชนมพรรษา 7 รอบ 5 ธันวาคม 2554. (2554). กรุงเทพฯ: ศิริวัฒนาอินเตอร์พริ้นท์.

พิพิธภัณฑ์ศิลปะไทยร่วมสมัน. (2555). **หัวโขน: สมบัติศิลป์ แผ่นดินไทย**. กรุงเทพฯ: เบญจจินดา โฮลดิ้ง.

วิกิพีเดีย. (2560). **ทองเหลือง** [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 1 เมษายน 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/ทองเหลือง

วิกิพีเดีย. (2560). **เหล็ก** [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 1 เมษายน 2561. จาก https://th.wikipedia.org/wiki/เหล็ก

อธิพงษ์ ชิดทอง. (2555). **CNC คืออะไร.** [ออนไลน์] วันที่ค้นข้อมูล 6 เมษายน 2561. จาก http://com-03.blogspot.com/2012/08/cnc.html.

อมรมาศ กีรติสิน, พากร ประยูรเทพ, โกสินทร์ ภูเดช, และ กวินทร์ โตวิศิษฐชัย. (2549). **เทคนิคการสร้างแม่พิมพ์เครื่องประดับด้วยคอมพิวเตอร์**. โครงการเพิ่มขีดความสามารถการแข่งขันธุรกิจแฟชั่น สาขาอุตสาหกรรมอัญมณีและเครื่องประดับ. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

อัจฉรา ก้อนแก้ว. (2539). **ช่างทำหัวโขน.** กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภาคผนวก ก

แบบสอบถาม เรื่อง การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยเพาะช่าง

แบบสอบถาม เรื่อง "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"

คำชี้แจงสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา เรื่อง การทำแม่พิมพ์ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ โดยใช้วัสดุทดแทนหินสบู่ 3 ประเภท คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำแม่พิมพ์จากวัสดุอะคริลิกขึ้นมาทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แล้วให้ช่างศิลป์และผู้ฝึกฝนทดลองใช้ และตอบแบบสอบถามนี้ เพื่อนำไปพัฒนาแม่พิมพ์ให้ดีขึ้นต่อไป

แบบสอบถามมี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น ตำแหน่ง เพศ อายุ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เพื่อพิจารณาประเด็นปัญหาที่พบและสิ่งที่ควรปรับปรุง

ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถประเมินผลการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิกในฐานะผู้เชี่ยวชาญช่างทำหัวโขน หรือนักศึกษา โดยกรอกข้อมูลแสดงความคิดเห็น ความพึงพอใจ/ข้อเสนอแนะ จำนวน 1 ชุด เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมแม่พิมพ์ต่อไป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ❍ หน้าข้อความที่ตรงกับสถานะความเป็นจริงของท่าน

1. สถานภาพ ❍ นายช่างศิลปกรรม ❍ ช่างทำหัวโขน
   ❍ อื่น ๆ (ระบุ) ....

2. เพศ ❍ ชาย ❍ หญิง

3. อายุ ❍ ต่ำกว่า 30 ปี ❍ มากกว่า 30-40 ปี
   ❍ มากกว่า 40-50 ปี ❍ มากกว่า 50 ปีขึ้นไป

4. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว
   ❍ ต่ำกว่าปริญญาตรี ❍ ปริญญาตรี ❍ ปริญญาโท ❍ ปริญญาเอก

5. ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่
   ❍ เคย (โปรดระบุระยะเวลา .... ปี) ❍ ไม่เคย

6. ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์อื่นๆ
   ❍ เคย (โปรดระบุชนิดวัสดุ ....) ❍ ไม่เคย

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ❍ หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์ที่ดีมาก เป็นไปตามความประสงค์ผู้ใช้งาน

ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถนำมาใช้งานได้ดี

ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ สามารถนำมาใช้งานทดแทนได้

ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง

ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้/วัสดุไม่เหมาะสมกับการทำแม่พิมพ์

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	ระดับคะแนน คุณภาพแม่พิมพ์				
		1	2	3	4	5
1	แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบ ในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ					
2	การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)					
3	วัสดุต่าง ๆ (เช่น ปูน ดินไทย ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม					
4	แม่พิมพ์มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง					
5	คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่					
6	ระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์นี้					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม

....

....

....

....

ขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้
เพื่อการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมในงานวิจัยครั้งนี้ อันจะเป็นประโยชน์สืบไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยเพาะช่าง

แบบสอบถาม เรื่อง "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"

คำชี้แจงสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาแนวทางการแก้ปัญหา เรื่อง การทำแม่พิมพ์ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่ โดยใช้วัสดุทดแทนหินสบู่ 3 ประเภท คือ อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก ซึ่งผู้วิจัยได้ทำแม่พิมพ์จากวัสดุอะคริลิกขึ้นมาทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แล้วให้ช่างศิลป์และผู้ฝึกฝนทดลองใช้และตอบแบบสอบถามนี้เพื่อนำไปพัฒนาแม่พิมพ์ให้ดีขึ้นต่อไป

แบบสอบถามมี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น ตำแหน่ง เพศ อายุ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นและความพึงพอใจของผู้ทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ทองเหลืองและเหล็ก

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ เพื่อพิจารณาประเด็นปัญหาที่พบและสิ่งที่ควรปรับปรุง

ผู้ตอบแบบสอบถามสามารถประเมินผลการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิกในฐานะผู้เชี่ยวชาญ ช่างทำหัวโขน หรือนักศึกษา โดยกรอกข้อมูลแสดงความคิดเห็น ความพึงพอใจ/ข้อเสนอแนะ จำนวน 1 ชุด เพื่อเป็นข้อมูลในการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมแม่พิมพ์ต่อไป

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ❍ หน้าข้อความที่ตรงกับสถานะความเป็นจริงของท่าน

1. สถานภาพ ❍ ผู้เชี่ยวชาญ/อาจารย์สาขา.................. ❍ ช่างทำหัวโขน/เครื่องศิราภรณ์
   ❍ อื่น ๆ (ระบุ) ....

2. เพศ ❍ ชาย ❍ หญิง

3. อายุ ❍ ต่ำกว่า 30 ปี ❍ มากกว่า 30-40 ปี
   ❍ มากกว่า 40-50 ปี ❍ มากกว่า 50 ปีขึ้นไป

4. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว
   ❍ ต่ำกว่าปริญญาตรี ❍ ปริญญาตรี ❍ ปริญญาโท ❍ ปริญญาเอก

5. ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่
   ❍ เคย (โปรดระบุระยะเวลา .... ปี) ❍ ไม่เคย

6. ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์อื่นๆ
   ❍ เคย (โปรดระบุชนิดวัสดุ ....) ❍ ไม่เคย

ส่วนที่ 2 ความคิดเห็นของผู้ตอบแบบสอบถามต่อการทดลองใช้แม่พิมพ์อะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก
คำชี้แจง
ข้อ 1 โปรดใส่ค่าคะแนนระดับ 1- 5 ลงในช่องของแม่พิมพ์แต่ละประเภทตามความหมายดังนี้

ระดับ 5 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์ที่ดีมาก เป็นไปตามความประสงค์ผู้ใช้งาน
ระดับ 4 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี สามารถนำมาใช้งานได้ดี
ระดับ 3 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์อยู่ในเกณฑ์พอใช้ได้ สามารถนำมาใช้งานทดแทนได้
ระดับ 2 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์อยู่ในเกณฑ์ที่ต้องปรับปรุง
ระดับ 1 หมายถึง คุณภาพแม่พิมพ์ไม่อยู่ในเกณฑ์ยอมรับได้/วัสดุไม่เหมาะสมกับการทำแม่พิมพ์

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	**ชนิดของแม่พิมพ์ (กำหนดค่าคะแนน 1-5)**		
		อะคริลิก	**ทองเหลือง**	**เหล็ก**
1	แม่พิมพ์สามารถนำมาใช้งานได้ง่าย สะดวกเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ กล่าวคือ ได้ชิ้นงานที่ถูกต้องตามแบบในขนาดพอดี มีลักษณะสูงต่ำตามแบบ และส่วนละเอียดชัดเจนเป็นที่พอใจ			
2	การกดลายจากแม่พิมพ์ได้ลายคมชัดเช่นเดียวกับแม่พิมพ์หินสบู่ (มีขนาดความหนาพอดี ได้ลวดลายคม ชัด)			
3	วัสดุต่างๆ (เช่น ปูน ดินแหนียว ฯลฯ) ที่นำมาใช้ทำศิราภรณ์สามารถถอดถอนหรือแกะออกจากแม่พิมพ์ได้ง่าย คงรูป และสวยงาม			
4	มีความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง ใช้ซ้ำได้หลายครั้ง			
5	คุณภาพของชิ้นงานโดยรวมที่ได้จากการกดลายของแม่พิมพ์ที่ทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่นำมา ใช้งานได้ดีตามวัตถุประสงค์ และสวยงามเทียบเท่ากับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่			
6	ระดับคะแนนความพึงพอใจของผลงานที่ได้จากแม่พิมพ์แต่ละประเภท			

ข้อ 2 ต้นแบบแม่พิมพ์ทั้งสามประเภท พบว่ามี ข้อดี ข้อเสีย อย่างไร
โปรดกรอกความคิดเห็นเกี่ยวกับชนิดของแม่พิมพ์ลงในช่องข้อดี ข้อเสีย

ชนิดของแม่พิมพ์	ข้อดี	ข้อเสีย
อะคริลิก		
ทองเหลือง		
เหล็ก		

ข้อ 3 นอกจากอะคริลิก ทองเหลือง และเหล็ก แล้วคิดว่ามีวัสดุใดที่จะสามารถนำมาทดแทนหินสบู่ได้บ้าง

....

....

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ/ความคิดเห็นเพิ่มเติม

....

....

....

....

....

....

....

ขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้
เพื่อการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมในงานวิจัยครั้งนี้ อันจะเป็นประโยชน์สืบไป

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยเพาะช่าง

แบบสอบถาม ความพึงพอใจในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่

คำชี้แจงสำหรับผู้ตอบแบบสอบถาม

การใช้อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่เกิดจากงานวิจัยในการใช้วัสดุทดแทนมาทำแม่พิมพ์แทนหินสบู่โดยใช้เครื่องแกะ CNC ซึ่งผู้วิจัยได้ให้ช่างทำหัวโขน ช่างทำเครื่องศิราภรณี นักศึกษา และผู้สนใจได้นำแม่พิมพ์อะคริลิกไปทดลองใช้งานดู ดังนั้นภายหลังการการทดลองใช้งานผ่านไประยะเวลาหนึ่ง ผู้วิจัยจึงมีความประสงค์จะศึกษาความพึงพอใจของผู้ใช้และความเป็นไปได้ในการใช้นวัตกรรมนี้อย่างแพร่หลาย จึงต้องขอความร่วมมือให้ท่านที่ได้นำแม่พิมพ์อะคริลิกนี้ไปใช้แล้ว กรุณาตอบแบบสอบถามนี้เพื่อนำไปพัฒนาต่อไป

แบบสอบถามมี 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม เช่น ตำแหน่ง เพศ อายุ เป็นต้น

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะ

ส่วนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถาม

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ❍ หน้าข้อความที่ตรงกับสถานะความเป็นจริงของท่าน

1. สถานภาพ ❍ ผู้เชียวชาญ/อาจารย์สาขา.................. ❍ ช่างทำหัวโขน
   ❍ นักศึกษา ❍ อื่นๆ ระบุ) ....

2. เพศ ❍ ชาย ❍ หญิง

3. อายุ ❍ ต่ำกว่า 30 ปี ❍ มากกว่า 30-40 ปี
   ❍ มากกว่า 40-50 ปี ❍ มากกว่า 50 ปีขึ้นไป

4. ระดับการศึกษาขั้นสูงสุดที่สำเร็จการศึกษาแล้ว
   ❍ ต่ำกว่าปริญญาตรี ❍ ปริญญาตรี ❍ ปริญญาโท ❍ ปริญญาเอก

5. ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์หินสบู่
   ❍ เคย (โปรดระบุระยะเวลา .... ปี) ❍ ไม่เคย

6. ประสบการณ์เกี่ยวกับการใช้แม่พิมพ์อื่น ๆ
   ❍ เคย (โปรดระบุชนิดวัสดุ ....) ❍ ไม่เคย

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจต่อการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่อง ❍ หน้าข้อความที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน

ระดับ 5 หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด

ระดับ 4 หมายถึง พึงพอใจมาก

ระดับ 3 หมายถึง พึงพอใจ

ระดับ 2 หมายถึง ไม่พึงพอใจ

ระดับ 1 หมายถึง ไม่พึงพอใจอย่างมาก

	ประเด็นพิจารณาต้นแบบแม่พิมพ์มาตรฐาน	**ระดับคะแนน คุณภาพแม่พิมพ์**				
		1	2	3	4	5
1	ท่านพึงพอใจต่อคุณภาพผลงานที่ใช้แม่พิมพ์อะคริลิก					
2	ท่านพึงพอต่อความสะดวกในการใช้แม่พิมพ์อะคริลิก และสามารถเลือกลวดลายได้หลากหลายยิ่งขึ้น					
3	ท่านพึงพอใจต่อความแข็งแรงทนทาน เก็บได้นาน ไม่เปลี่ยนรูปทรง และสามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้งของแม่พิมพ์อะคริลิก					
4	เมื่อเทียบต้นทุนของแม่พิมพ์อะคริลิกกับแม่พิมพ์วัสดุอื่น ท่านคิดว่าแม่พิมพ์อะคริลิกเป็นตัวเลือกที่ดี คือ ประหยัด ใช้งานได้ดี					
5	ท่านคิดว่าจะใช้แม่พิมพ์อะคริลิกทดแทนแม่พิมพ์หินสบู่แน่นอน					
6	กรุณาระบุระดับคะแนนความพึงพอใจต่อแม่พิมพ์อะคริลิกที่ได้ทดลองใช้แล้ว					

ส่วนที่ 3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

....

....

....

....

....

ขอขอบพระคุณท่านเป็นอย่างสูงที่ท่านกรุณาให้ความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามนี้
เพื่อการปรับปรุงและพัฒนานวัตกรรมในงานวิจัยครั้งนี้ อันจะเป็นประโยชน์สืบไป

ภาคผนวก ข

หนังสือเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ
เรื่อง การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน อาจารย์ สนั่น รัตนะ ผู้เชี่ยวชาญด้านศิลปหัตถกรรมไทย ภาคีสมาชิกประเภทวิชาวิจิตรศิลป์ สาขาจิตรกรรม สำนักศิลปกรรม ราชบัณฑิตยสภา

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่”
(The study altemative materials Soapst)
๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่”

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่” (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน อาจารย์ วรวินัย หิรัญมาศ ครูศิลป์ของแผ่นดิน งานหัตถกรรมเครื่องรัก "หัวโขน"

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่”
(The study altemative materials Soapst)
๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่”

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่” (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน นักวิชาการช่างศิลป์เชี่ยวชาญ (นายอำพล สัมมาวุฒธิ)

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"
(The study altemative materials Soapst)
๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่" (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน นายช่างศิลปกรรมอาวุโส (นางสุภาภรณ์ สายประสิทธิ์)

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"
(The study altemative materials Soapst)
๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่" (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน นักวิชาการช่างศิลป์ปฏิบัติการ (นางรุ่งทิพย์ นางาม)

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"
(The study altemative materials Soapst)
๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่" (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน คุณบุปผา ล้วนวิลัย บ้านโขนไทย

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่” (The study altemative materials Soapst)

๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่”

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ “การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่” (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

ที่ ศธ ๐๕๘๒.๑๒/ว๑๓๐๑

วิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
๘๖ ถ. ตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ ๑๐๒๐๐

๑๖ กรกฎาคม ๒๕๖๑

เรื่อง ขอเรียนเชิญเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ

เรียน นายช่างศิลปกรรมอาวุโส (นางสุนิสา ศุภลักษณ์อำไพพร)

สิ่งที่ส่งมาด้วย ๑. โครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"
(The study altemative materials Soapst)
๒. กำหนดการโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่"

ด้วยสาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ได้ดำเนินการจัดโครงการสัมมนาเชิงวิชาการ "การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่" (The study altemative materials Soapst) เพื่อนำเสนองานวิจัย เพื่อนำเสนอรูปแบบและการใช้เทคโนโลยี CNC และเพื่อประสานความร่วมมือกับนักเขียนโปรแกรม ๓ มิติ

ในการนี้ สาขาวิชาหัตถศิลป์ วิทยาลัยเพาะช่าง จึงขอเชิญท่านเข้าร่วมโครงการสัมมนาเชิงวิชาการฯ ดังกล่าว **ในวันศุกร์ที่ ๒๐ กรกฎาคม ๒๕๖๑ ณ วิทยาลัยเพาะช่าง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์** ตามโครงการฯ และกำหนดการที่ส่งมาด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา และขอกราบขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

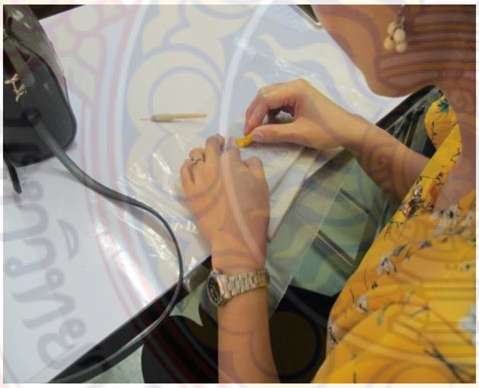
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์บรรลุ วิริยาภรณ์ประภาส)
ผู้อำนวยการวิทยาลัยเพาะช่าง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

สาขาวิชาหัตถศิลป์ อาจารย์สุรัฐ บุญทรง
หัวหน้าโครงการวิจัย โทร. ๐๘๑-๘๓๓-๑๒๓๑

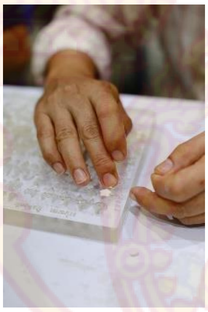
ภาคผนวก ค

ภาพถ่ายกิจกรรมวันสัมมนาวิชาการ
เรื่อง การศึกษาวัสดุทดแทนแม่พิมพ์แทนหินสบู่

สัมมนาวิชาการ วันที่ 20 กรกฎาคม 2561



สัมมนาวิชาการ วันที่ 18 -19 สิงหาคม 2561



ประวัติผู้วิจัย

ประวัติผู้วิจัย

1. **ชื่อ สกุล** ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรัฐ บุญทรง

2. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ประจำสาขาวิชาหัตถศิลป์ ภาควิชาศิลปประจำชาติ

3. **หน่วยงานที่สามารถที่ติดต่อได้**

   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยเพาะช่าง สาขาวิชาหัตถศิลป์
   86 ถนนตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
   โทร : 026238790 ต่อ 6008
   e-mail : Surat.b@rmutr.ac.th
   Sboonthrong@gmail.com

4. **ประวัติการศึกษา**
   - ปริญญาตรี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเพาะช่าง
     ศึกษาศาสตร์บัณฑิต (ศิลปกรรม) สาขาวิชาเอกหัตถศิลป์ ปี พ.ศ. 2529

5. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ**
   - หัวโขน
   - ลายรดน้ำ
   - เครื่องถ้วยเบญจรงค์
   - คอมพิวเตอร์

6. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย**
   - การเปรียบเทียบสีปิดทอง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์
     ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2554
   - การศึกษาเทคนิคและการเขียนลวดลายบนหลังผ้าสำหรับงานทำหัวโขน (ผ้าโพก)
     ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2556
   - การศึกษาวัสดุทดแทนรักตีลาย
     ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2557
   - การสร้างสรรค์ม่านน้ำเทคนิคไฟเบอร์กลาส
     ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2559 (ผู้ร่วมวิจัย)

ประวัติผู้วิจัย

1. **ชื่อ สกุล** รองศาสตราจารย์สุวิทย์ วิทยาจักษุ์

2. **ตำแหน่งปัจจุบัน** อาจารย์ประจำสาขาวิชาออกแบบศิลปหัตถกรรม ภาควิชาออกแบบ

3. **หน่วยงานที่สามารถที่ติดต่อได้**

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ วิทยาลัยเพาะช่าง สาขาวิชาหัตถศิลป์
86 ถนนตรีเพชร เขตพระนคร กรุงเทพฯ 10200
โทร : 026238790 ต่อ 6008
e-mail : ajan.suwit!@windowslive.com

4. **ประวัติการศึกษา**

ปริญญาตรี มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
การศึกษาบัณฑิต (ศิลปศึกษา) ปี พ.ศ. 2530

5. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ**

- สาขาวิชาจิตรกรรม
- สาขาวิชาออกแบบศิลปหัตถกรรม (เครื่องหล่อ)

6. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัย**

- การศึกษารูปแบบของที่ระลึกจากแหล่งท่องเที่ยวสุพรรณบุรี กรณีศึกษาบึงฉวากเฉลิมพระเกียรติ
  ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2550
- การถ่ายทอดเทคโนโลยีการผลิตหินเทียมเชิงพาณิชย์
  ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2553
- การสร้างสรรค์น้ำตกจำลองไฟเบอร์กลาส
  ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2557
- การสร้างสรรค์ม่านน้ำเทคนิคไฟเบอร์กลาส
  ทุนมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์ ปีงบประมาณ 2559