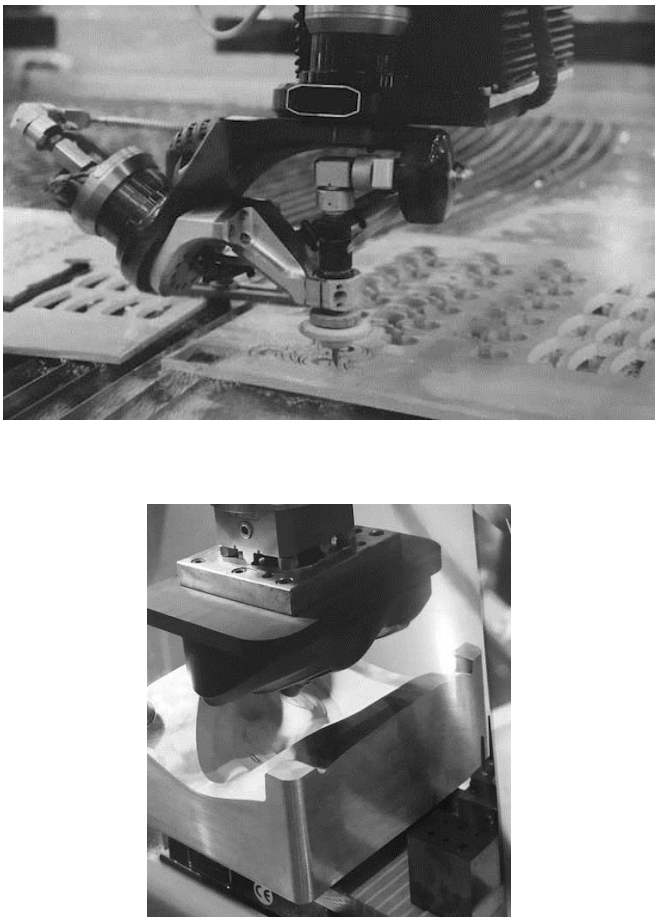
# บทที่ 4 ผลการวิจัย

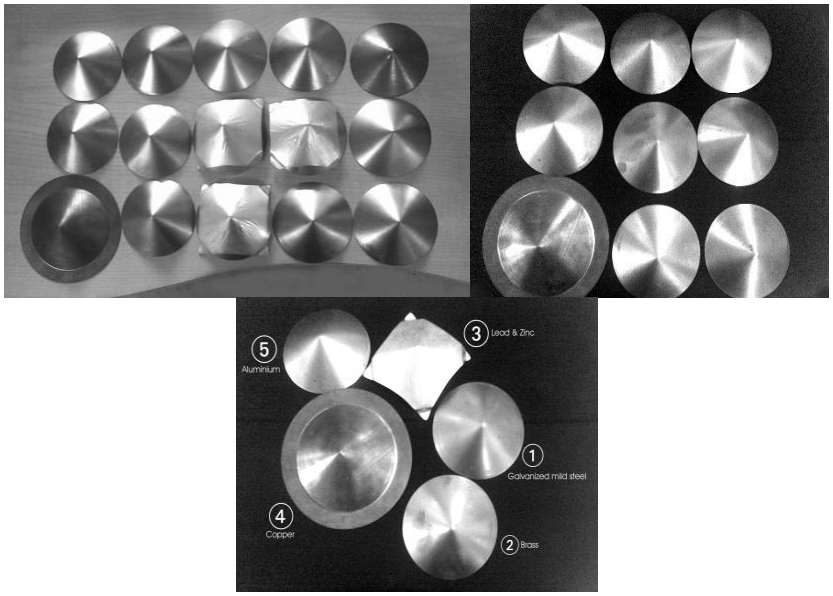
**4.1 ผลการวิเคราะห์ปริมาตรการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และการสร้างรูปทรงทดสอบ**

การสร้างรูปทรงทดสอบทรงกรวย (Conical) โดยใช้เครื่องขึ้นรูปโลหะแผ่น ตามรูป 2 ที่มีความหลากหลายวัสดุทั้ง 5 ชนิด คือ 1) เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) 2) ทองเหลือง (Brass) 3) ตะกั่ว และสังกะสี (Lead & Zinc) 4) ทองแดง (Copper) และ 5) อะลูมิเนียม (Aluminium) ตามรูปที่ 4.1



**รูปที่ 4.1** แสดงการสร้างรูปทรงทดสอบด้วยเครื่องขึ้นรูปโลหะแผ่น
ที่มา: ผู้วิจัย (2556)

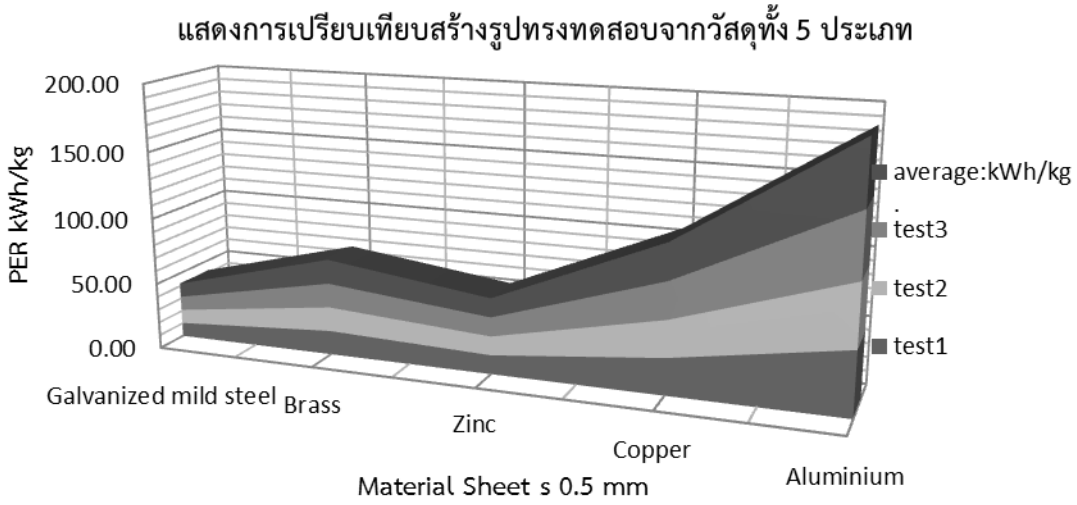
เพื่อวัดค่าพลังงานตลอดกระบวนการ PER (Process Energy Requirement) เป็นวัดปริมาณการปล่อยคาร์บอนในทางอ้อม (Energy Indirect Emission) เพื่อรวบรวม เป็นข้อมูลทางสถิตินั้น ใช้การทดลองทำซ้ำ 3 ครั้ง และนำมาค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) ตามตารางที่ 4.1




**รูปที่ 4.2** แสดงผลการสร้างรูปทรงทดสอบทรงกรวย (Conical) ที่มีความหลากหลายวัสดุ
ที่มา: ผู้วิจัย (2556)

**ตารางที่ 4.1** แสดงการสร้างรูปทรงทดสอบโดยวัดค่าพลังงานตลอดกระบวนการ (Process Energy Requirement: PER)

| รูปทรงทดสอบความหนา 0.5 มม. | | ทดสอบ 1 | ทดสอบ 2 | ทดสอบ 3 | ค่าเฉลี่ย kWh/kg |
|---|---|---|---|---|---|
| 1. | เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) | 10.45 | 10.60 | 10.50 | **10.52** |
| 2. | ทองเหลือง (Brass) | 18.15 | 18.30 | 18.28 | **18.24** |
| 3. | ตะกั่ว และ สังกะสี (Lead & Zinc) | 14.20 | 14.15 | 14.18 | **14.18** |
| 4. | ทองแดง (Copper) | 27.30 | 27.25 | 27.28 | **27.28** |
| 5. | อะลูมิเนียม (Aluminium) | 48.00 | 46.50 | 47.50 | **47.33** |




ที่มา: ผู้วิจัย (2556)

จากตารางที่ 4.1 แสดงการสร้างรูปทรงทดสอบโดยวัดค่าพลังงานตลอดกระบวนการ (Process Energy Requirement: PER)องวัสดุตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด นั้นสามารถแบ่งเป็น 2 กลุ่ม ดังต่อไปนี้ กลุ่มที่มีค่าพลังงานตลอดกระบวนการ (PER) มีค่าต่ำ ช่วง10.00 – 20.00kWh/kg มี 3 วัสดุ คือ เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) ตะกั่วและสังกะสี (Lead & Zinc) ทองเหลือง (Brass) กลุ่ มที่มีค่าพลังงานตลอดกระบวนการ (PER) มีค่าสูง ช่วง 25.00 – 50.00 kWh/kg มี 2 วัสดุ คือ ทองแดง (Copper) อะลูมิเนียม (Aluminium)

### 4.2 ผลการวิเคราะห์การออกแบบงานโลหะภัณฑ์ชุมชนระดับท้องถิ่นที่เกี่ยวข้อง

ผลการรับฟังความต้องการจาก 3 กลุ่มชุมชนเป้าหมาย ที่เป็นช่างพื้นบ้านโดยใช้แบบสอบถามที่ผ่านการวิเคราะห์ความสอดคล้องของคำถาม ในแบบสอบถามนั้นมีความเข้าใจในการปรับลดปริมาณการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (ก๊าซเรือนกระจก) โดยใช้แบบสอบถามทั้งหมด 40 ชุด เมื่อคำนวณ จำนวนน้อยสุดที่ยอมรับได้ควรเป็น 37 ตัวอย่าง ที่ความคาดเคลื่อนเท่ากับ 0.05

$$n = \frac{40}{1+40(0.05)^2} = 36.3636$$

แต่จากการตอบกลับจากกลุ่มช่างมีทั้งหมด 38 ตัวอย่าง ดังนี้ 1) ผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 20 ตัวอย่าง 2) ผลิตภัณฑ์พานดุนกลีบบัวถมเงิน สถานที่ กลุ่มเครื่องถมถนนชลวิถี จังหวัดนครศรีธรรมราช 4 ตัวอย่าง 3) ผลิตภัณฑ์หล่อทองเหลือง สถานที่ กลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลือง จังหวัดลพบุรี 14 ตัวอย่าง ซึ่งเป็นจำนวนการตอบกลับที่มากกว่าขนาดตัวอย่างน้อยสุดที่ยอมรับได้ และสามารถนำมาหาค่า ความเชื่อมั่นของแบบสอบถามดังนี้

$$38 = \frac{40}{1+40(e)^2} \quad ; e = 0.0363$$

จากจำนวนแบบสอบถามที่ตอบกลับ มีระดับความเชื่อมั่น 0.9637 (ความคลาดเคลื่อน 0.0363) ดั้งนั้นข้อมูลจากการตอบแบบสอบถามสามารถไปอธิบายในการทำวิธีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ QFD (Quality Function Deployment) มาเป็นวิธีเลือกวัสดุที่เหมาะสม ดังตารางที่ 2

**ตารางที่ 4.2** แสดงความถี่ ความเหมาะสมของโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา 20 ตัวอย่าง

| ความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน | | ทองเหลือง (Brass) | เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) | ตะกั่ว และ สังกะสี (Lead & Zinc) | ทองแดง (Copper) | อะลูมิเนียม (Aluminium) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | การนำมาเป็นวัตถุดิบ | 12 | 9 | 4 | **6** | **14** |
| 2. | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | 8 | 7 | 4 | **2** | **2** |
| 3. | พลังงานที่ต้องใช้ไป | 4 | 9 | 4 | **3** | **2** |
| 4. | ความกว้างของช่วงวงชีวิตผลิตภัณฑ์ | 15 | 14 | 12 | **18** | **16** |
| 5. | ความง่ายในการบำรุงรักษา | 14 | 12 | 16 | **17** | **12** |
| 6. | ศักยภาพการนำกลับมาใช้ซ้ำ | 11 | 11 | 2 | **2** | **4** |
| 7. | เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนใช้ใหม่ | 15 | 9 | 16 | **17** | **14** |

**ตารางที่ 4.3** แสดงความถี่ ความเหมาะสมของโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน กลุ่มผลิตภัณฑ์พานดุนกลีบบัวถมเงิน สถานที่ กลุ่มเครื่องถม ถนนชลวิถี จังหวัดนครศรีธรรมราช 4 ตัวอย่าง

| ความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน | | ทองเหลือง (Brass) | เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) | ตะกั่ว และ สังกะสี (Lead & Zinc) | ทองแดง (Copper) | อะลูมิเนียม (Aluminium) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | การนำมาเป็นวัตถุดิบ | **4** | **1** | **1** | **0** | **2** |
| 2. | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | **1** | **1** | **1** | **0** | **1** |
| 3. | พลังงานที่ต้องใช้ไป | **1** | **1** | **1** | **1** | **0** |
| 4. | ความกว้างของช่วงวงชีวิตผลิตภัณฑ์ | **3** | **1** | **3** | **2** | **3** |
| 5. | ความง่ายในการบำรุงรักษา | **0** | **3** | **2** | **2** | **2** |
| 6. | ศักยภาพการนำกลับมาใช้ซ้ำ | **2** | **1** | **0** | **0** | **1** |
| 7. | เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนใช้ใหม่ | 5 | 0 | 2 | **3** | **1** |

**ตารางที่ 4.4** แสดงความถี่ ความเหมาะสมของโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน กลุ่มผลิตภัณฑ์หล่อทองเหลือง สถานที่ กลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลือง จังหวัดลพบุรี 14 ตัวอย่าง

| ความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน | | ทองเหลือง (Brass) | เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) | ตะกั่ว และ สังกะสี (Lead & Zinc) | ทองแดง (Copper) | อะลูมิเนียม (Aluminium) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | การนำมาเป็นวัตถุดิบ | **11** | **6** | **2** | **2** | **8** |
| 2. | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | 7 | 7 | 2 | **2** | **2** |
| 3. | พลังงานที่ต้องใช้ไป | 3 | 5 | 3 | **3** | **1** |
| 4. | ความกว้างของช่วงวงชีวิตผลิตภัณฑ์ | 13 | 9 | 9 | **13** | **12** |
| 5. | ความง่ายในการบำรุงรักษา | 10 | 9 | 14 | **13** | **9** |
| 6. | ศักยภาพการนำกลับมาใช้ซ้ำ | 12 | 6 | 2 | **3** | **3** |
| 7. | เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนใช้ใหม่ | 12 | 7 | 13 | **11** | **9** |

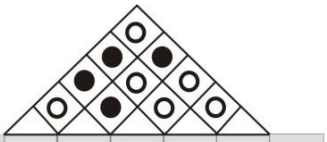
**ตารางที่ 4.5** แสดงความถี่รวม ความเหมาะสมของโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน กลุ่มผลิตภัณฑ์หล่อทองเหลือง สถานที่ กลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลือง 38 ตัวอย่าง

| ความเหมาะสมในการนำมาใช้งาน | | ทองเหลือง (Brass) | เหล็กเคลือบ (Galvanized Mild Steel) | ตะกั่ว และ สังกะสี (Lead & Zinc) | ทองแดง (Copper) | อะลูมิเนียม (Aluminium) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 1. | การนำมาเป็นวัตถุดิบ | 27 | 16 | 7 | 8 | 24 |
| 2. | ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม | 16 | 15 | 7 | 4 | 5 |
| 3. | พลังงานที่ต้องใช้ไป | 8 | 15 | 8 | 7 | 3 |
| 4. | ความกว้างของช่วงวงชีวิตผลิตภัณฑ์ | 31 | 24 | 24 | 33 | 31 |
| 5. | ความง่ายในการบำรุงรักษา | 24 | 24 | 32 | 32 | 23 |
| 6. | ศักยภาพการนำกลับมาใช้ซ้ำ | 25 | 18 | 4 | 5 | 8 |
| 7. | เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนใช้ใหม่ | 32 | 16 | 31 | 31 | 24 |

จากตารางที่5 แสดงความถี่รวมของทั้ง3พื้นที่ 1)กลุ่มผลิตภัณฑ์เครื่องใช้บนโต๊ะอาหาร อำเภอนครหลวง จังหวัดพระนครศรีอยุธยา2) กลุ่มเครื่องถม ถนนชลวิถี จังหวัดนครศรีธรรมราช และ 3)กลุ่มหัตถกรรมเครื่องทองเหลือง จังหวัดลพบุรี เพื่อหา ความเหมาะสมของโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน สามารถแปลเป็นระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชนได้ 5ระดับ ดังต่อไปนี้

ช่วงความถี่ 38-31 มีระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน อยู่ในระดับ5 ค่ามากที่สุด
ช่วงความถี่ 30-23 มีระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน อยู่ในระดับ4 ค่ามาก
ช่วงความถี่ 22-15 มีระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน อยู่ในระดับ3 ค่าปานกลาง
ช่วงความถี่ 14-7 มีระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน อยู่ในระดับ2 ค่าน้อย
ช่วงความถี่ 6-1 มีระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน อยู่ในระดับ1 ค่าน้อยที่สุด

**ตารางที่ 4.6** แสดงความเหมาะสมของโลหะแผ่นเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน



| ประเภทโลหะหนา0.50mm / เงื่อนไข | Bra. | Gal. | L&Z. | Cop. | Alu. | ระดับความสำคัญ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| การนำมาเป็นวัตถุดิบ Raw material availability | 4 | 3 | 2 | 2 | 4 | 1. |
| ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม Environmental impact | 3 | 3 | 2 | 1 | 1 | 2. |
| พลังงานที่ต้องใช้ไป Embodied energy | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 | 2. |
| ความกว้างช่วงวงชีวิตผลิตภัณฑ์ Product life span | 5 | 4 | 4 | 5 | 5 | 1. |
| ความง่ายในการบำรุงรักษา Freedom from maintenance | 4 | 4 | 5 | 5 | 4 | 2. |
| ศักยภาพการนำกลับมาใช้ซ้ำ Product re-use potential | 4 | 3 | 1 | 1 | 2 | 1. |
| เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนใช้ใหม่ Material recyclability | 5 | 3 | 5 | 5 | 4 | 1. |
| | 36 | 33 | 31 | 29 | 27 | |

**ความสัมพันธ์ระหว่างประเภทโลหะ**
- ● สัมพันธ์ (Relation)
- ○ ไม่สัมพันธ์ (Non-relation)

**ประเภทโลหะหนา0.50mm**
Bra. ทองเหลือง (Brass)
Gal. เหล็กเคลือบผิว (Galvanized mild steel)
L&Z. ตะกั่ว และ สังกะสี (Lead and Zinc)
Cop. ทองแดง (Copper)
Alu. อะลูมิเนียม (Aluminium)

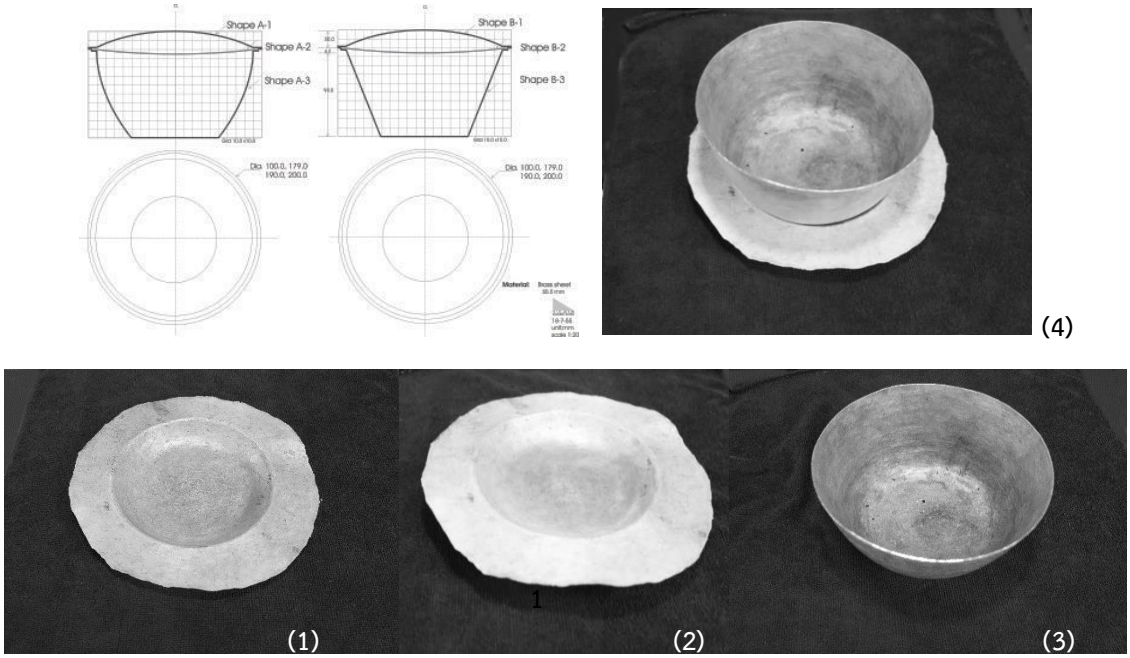
**ระดับความสำคัญ**
1. ระดับปกติ
2. ระดับพิเศษ

**ระดับค่าความเหมาะสมเพื่อเป็นโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน**
5 มากที่สุด
4 มาก
3 ปานกลาง
2 น้อย
1 น้อยที่สุด

ที่มา: ผู้วิจัย (2556)

เมื่อพิจารณาถึงความเหมาะสมในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นภาชนะโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน โดยการคัดเลือกด้วยวิธีการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment: QFD)มาเป็นวิธีเลือกวัสดุที่เหมาะสมตามตารางที่ 2 เพื่อนำมาพัฒนาสร้างต้นแบบที่สามารถต่อยอดสู่เชิงพาณิชย์ โดยพิจารณา 7 ด้าน ดังนี้ 1) การนำมาเป็นวัตถุดิบ 2) ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม 3) พลังงานที่ต้องใช้ไป 4) ความกว้างของช่วงวงชีวิตผลิตภัณฑ์ 5) ความง่ายในการบำรุงรักษา 6) ศักยภาพการนำกลับมาใช้ซ้ำ 7) เป็นวัตถุดิบหมุนเวียนใช้ใหม่ จากการพิจารณา พบว่าวัตถุดิบจากแผ่นทองเหลือง (Brass) มีความเหมาะสมในการผลิตโลหะภัณฑ์เกื้อกูลชุมชน จากวัตถุดิบโลหะทั้ง 5 ชนิด

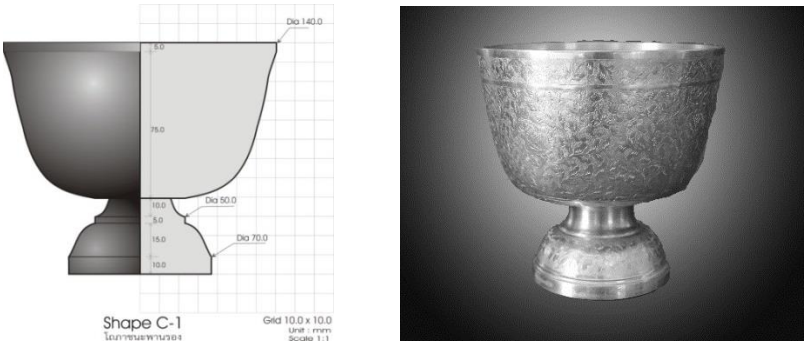
### 4.3 ผลการจัดทำต้นแบบโลหะภัณฑ์




**รูปที่ 4.3** แสดงกระบวนผลิตชิ้นงานต้นแบบโลหะภัณฑ์
ที่มา: ผู้วิจัย (2556)

การขึ้นรูปชิ้นงานต้นแบบโลหะภัณฑ์ ตามรูปที่ 4.3 เพื่อเป็นโถภาชนะพานรองโลหะภัณฑ์ทองเหลือง 1) เริ่มขึ้นรูปทรงสูงจากแผ่นทองเหลือง หนา 5.0 มิลเมตร โดยการใช้ฆ้อนหัวกลมตีไล่เม็ดบนทั่งโลหะ 2) ตีแผ่ขอบแผ่นทองเหลืองด้วยฆ้อนหัวแบนเพื่อขยายขอบให้กว้างขึ้น 3) นำชิ้นงานเข้าเครื่องขึ้นรูปหมุนเพื่อให้ได้ทรงสูง (Deep Draw) 4) ชิ้นส่วนฐานทำเช่นเดียวกับชิ้นโถบน แต่ลดขนาดตามส่วนของแบบตามรูปประกอบ

การดำเนินการจัดทำต้นแบบโลหะภัณฑ์ ตามรูปที่ 4 โดยควบคุม 4 ปัจจัย ดังนี้ 1) ควบคุมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการหลอมละลายของวัตถุดิบ 2) ควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วงระหว่างการดำเนินการ 3) ควบคุมการขนส่ง การแจกจ่าย และ 4) การจัดการซากและของเสียของระบบ โดย คณะทำงานกำหนดแบบและออกแบบชิ้นงานโดยลดจำนวนชิ้นส่วนของโลหะภัณฑ์จากต้นแบบทำโถภาชนะโลหะภัณฑ์ที่รวมส่วนฐานและตัวโถตามข้อเสนอแนะของกลุ่มช่างพื้นบ้าน (ช่วงวิเคราะห์ปรับลดก๊าซเรือนกระจก) เป็นชิ้นงานเดียวกันตามรูปที่ 5 โถภาชนะพานรองโลหะภัณฑ์ต้นแบบ




**รูปที่ 4.4** โถภาชนะพานรองโลหะภัณฑ์ต้นแบบ
ที่มา: ผู้วิจัย (2556)

การดำเนินการจัดทำต้นแบบโลหะภัณฑ์ ตามรูปที่4.4 โดยควบคุม4ปัจจัย ดังนี้ 1)ควบคุมการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในการหลอมละลายของวัตถุดิบ 2)ควบคุมการใช้ไฟฟ้าในช่วงระหว่างการดำเนินการ 3)ควบคุมการขนส่งการแจกจ่าย และ 4)การจัดการซากและของเสียของระบบ โดย คณะทำงานกำหนดแบบและออกแบบชิ้นงานโดยลดจำนวนชิ้นส่วนของโลหะภัณฑ์จากต้นแบบทำโถภาชนะโลหะภัณฑ์ที่รวมส่วนฐานและตัวโถ เป็นชิ้นงานเดียวกัน ตามรูปที่4.5

**รูปที่4.5 โถ**ภาชนะ**พานรอง**โลหะภัณฑ์ต้นแบบ