# บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย

## 3.1 ข้อมูลการผลิตในปัจจุบัน

ฝ่ายผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนปั๊มที่ผู้วิจัยศึกษานั้น สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 แผนกหลักๆ ได้แก่

- แผนกไส้แบบ (Sand Core)
- แผนกหล่อ (Foundry Shop)
- แผนกกลึง (Machining)

### 3.1.1 ขั้นตอนการผลิต

กระบวนการหล่อชิ้นส่วนในแผนกหล่อที่สนใจจะทำการปรับปรุงนั้นมีขั้นตอนการผลิตดังต่อไปนี้

#### 3.1.1.1 การหลอมโลหะ (Melting)

เริ่มจากใส่ Pig Iron และ Return Scrap (Sprue & Riser) ลงในเตาเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Induction Furnace) ขนาด 500 กิโลกรัม ปรับกำลังไฟไว้ที่ 400 kW จากนั้นเติมส่วนผสมต่างๆ เช่น Copper, Nickel, Steel scrap, Carbon รวมทั้ง Scrap และ Chip ตามสัดส่วนที่กำหนด รอจนหลอมละลายหมด

#### 3.1.1.2 ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี (Check Chemical Composition)

หลังจากโลหะหลอมละลายแล้ว ทางฝ่ายผลิตจะตักน้ำโลหะขึ้นมาเทลงเบ้าตัวอย่าง เพื่อให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี โดยฝ่ายผลิตจะต้องรอผลการตรวจสอบจากฝ่ายควบคุมคุณภาพก่อนที่จะดำเนินการในขั้นตอนต่อไป (ถ้าส่วนผสมทางเคมีไม่ผ่านต้องเติมส่วนผสมใหม่ ที่ขาดตามที่ฝ่ายควบคุมคุณภาพกำหนดและนำไปให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบอีกครั้ง จนกว่าจะได้ตามมาตรฐานที่กำหนดไว้)

#### 3.1.1.3 ตรวจสอบอุณหภูมิของน้ำโลหะ

จากนั้นจะทำการตรวจสอบอุณหภูมิน้ำโลหะ ให้ได้ตามที่กำหนด (สูงกว่าอุณหภูมิเทประมาณ $100^{O}C$) ปกติจะอยู่ที่ประมาณ $1,600^{O}C$ - $1,620^{O}C$

#### 3.1.1.4 เทน้ำโลหะลงเบ้าลำเลียง (Tapping)

เมื่อน้ำโลหะพร้อมแล้ว ทำการเตรียมเบ้าลำเลียง (Ladle) โดยการใส่ Inoculant (Cabonloy) ลงไป 0.4% ในเบ้าก่อนเทน้ำโลหะ จากนั้นทำการกำจัด Slag อีกครั้ง แล้วเคลื่อนย้ายเบ้าไปเตรียมเทลงแบบ

**3.1.1.5 เทน้ำโลหะลงแบบ (Pouring)**

วัดอุณหภูมิน้ำโลหะ เมื่อได้ตามที่กำหนดแล้ว (1,520$^{O}$C สำหรับรุ่น 400 I) เทลงในแบบหล่อทรายที่จัดเตรียมไว้

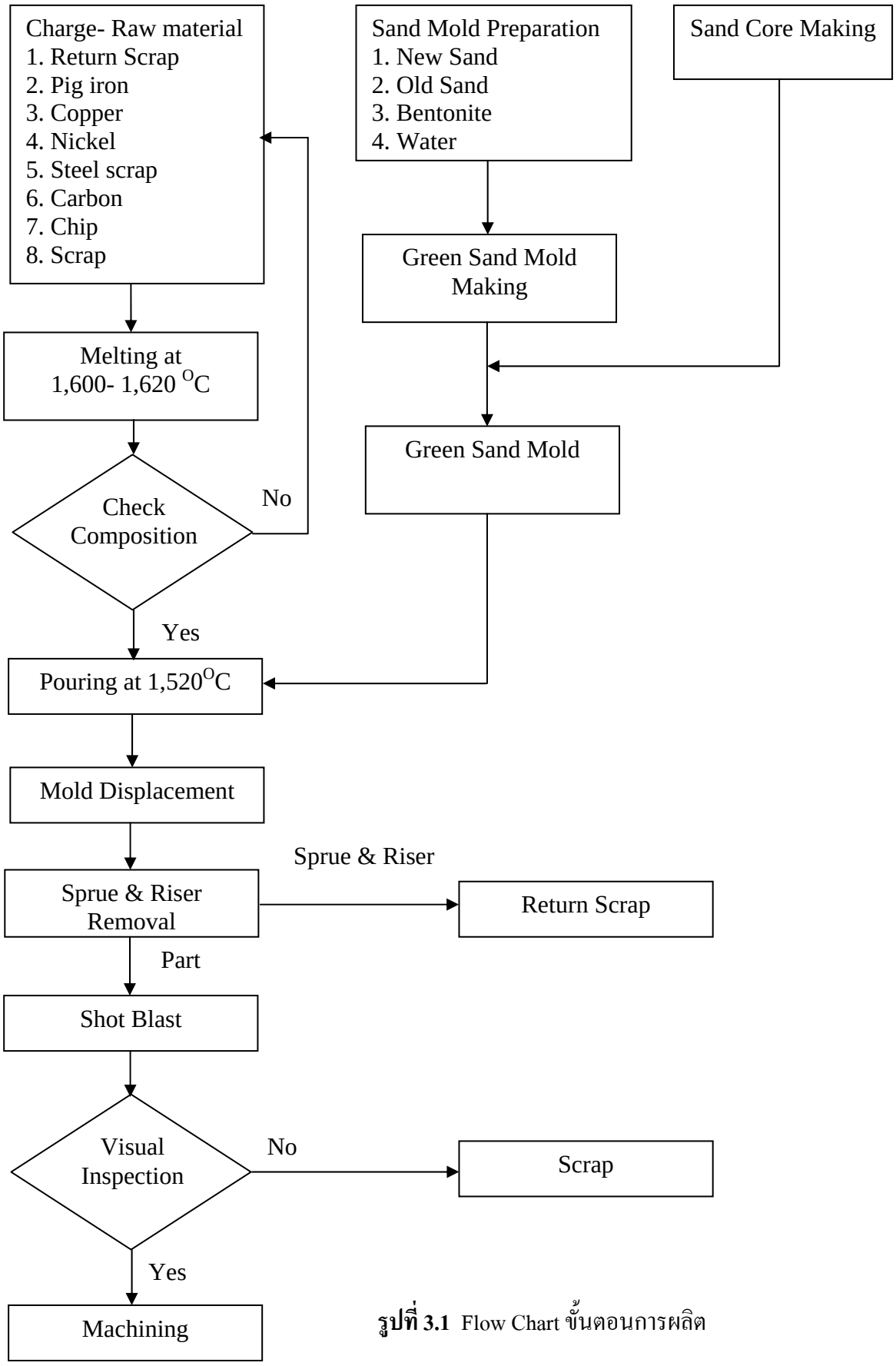
**3.1.1.6 แกะแบบและตัดทางเดินน้ำ/รูเท**

ปล่อยน้ำโลหะให้เย็นในแบบทรายชื้น ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที จากนั้นนำไปแกะออกจากแบบและตัดทางเดินน้ำ/รูเท

**3.1.1.7 ยิงทราย**

นำชิ้นงานหลังจากตัดทางเดินน้ำและรูเท มาทำความสะอาดด้วยการยิงทราย และให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบก่อนจะส่งไปกระบวนการกลึงต่อไป

ขั้นตอนการผลิตทั้งหมดที่กล่าวไปแล้วนั้นสามารถเขียนเป็น Flowchart ได้ดังรูปที่ 3.1




**รูปที่ 3.1** Flow Chart ขั้นตอนการผลิต

### 3.1.2 วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัย

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย มีดังต่อไปนี้

3.1.2.1 เตาหลอม (Oven)

ใช้สำหรับหลอมวัตถุดิบ เตาหลอมที่ในงานวิจัยนี้เป็นเตาเหนี่ยวนำไฟฟ้าขนาด 500 กิโลกรัม ใช้กำลังไฟฟ้า 400 kW แสดงดังรูปที่ 3.2

**รูปที่ 3.2** ตัวอย่างเตาหลอมโลหะ (Induction Furnace)

3.1.2.2 เบ้า (Ladle)

ใช้สำหรับรับน้ำเหล็กที่หลอมสมบูรณ์แล้ว ลำเลียงไปสู่บริเวณเทแบบหล่อ โดยเบ้าที่ใช้มีขนาด 100 กิโลกรัม แสดงดังรูปที่ 3.3

**รูปที่ 3.3** ตัวอย่างเบ้ารับน้ำโลหะ (Ladle)

3.1.2.3 เทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

เทอร์โมคัปเปิลใช้สำหรับวัดอุณหภูมิของน้ำเหล็กทั้งในเตาและในเบ้าก่อนเทลงแบบหล่อ โดยเทอร์โมคัปเปิลที่ใช้เป็น

3.1.2.4 สเปคโตรมิเตอร์ (Spectrometer)

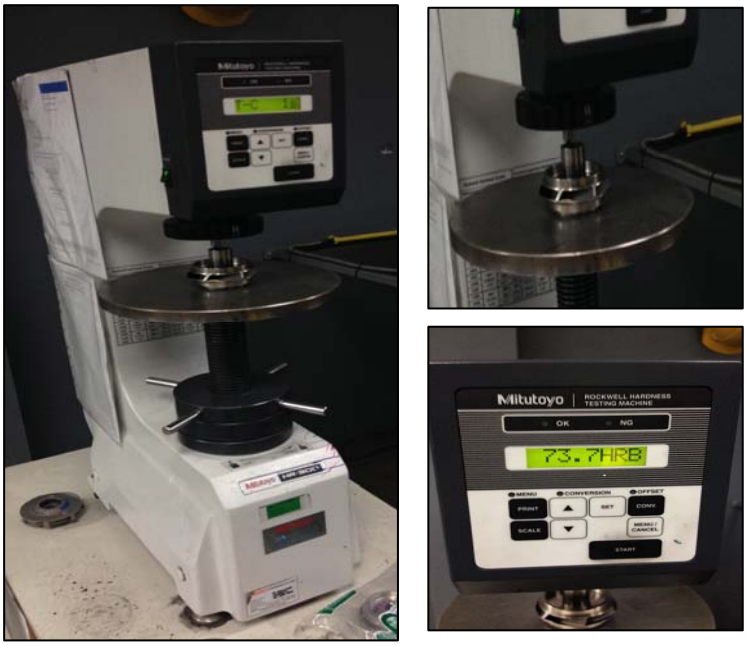
สเปคโตรมิเตอร์ใช้สำหรับวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของโลหะ เพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ งานวิจัยนี้จะใช้สเปคโตรมิเตอร์ยี่ห้อ Amatek รุ่น LAB LAVM 11 ในการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี แสดงดังรูปที่ 3.4

**รูปที่ 3.4** Amatek Spectrometer รุ่น LAB LAVM 11

3.1.2.5 เครื่องทดสอบความแข็ง (Hardness Test)

การทดสอบค่าความแข็งของชิ้นงานหลังหล่อขึ้นรูปเพื่อเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่กำหนดไว้ ด้วยเครื่อง Hardness Test ยี่ห้อ Mitutoyo HR-300 ด้วยหัวกดบอล (Ball) ขนาด 1.5875 มิลลิเมตร ด้วยแรง 980.7 นิวตัน (100 kgf) ซึ่งหน่วยการวัดที่ได้คือ HRB

เครื่องวัดความแข็งแสดงดังรูปที่ 3.5




**รูปที่ 3.5** การวัดค่าความแข็งจากเครื่อง Hardness Test ยี่ห้อ Mitutoyo HR-300

3.1.2.6 กล้องจุลทรรศน์ (Optical Microstructure)

ใช้สำหรับตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของโลหะ ซึ่งงานวิจัยนี้ใช้สำหรับส่องดูโครงสร้างของจุลภาคภายหลังการหล่อ โดยใช้กล้อง Optical Microscope รุ่น Olympus GX51 ดังแสดงในรูปที่ 3.6

**รูปที่ 3.6** Optical Microscope รุ่น Olympus GX51

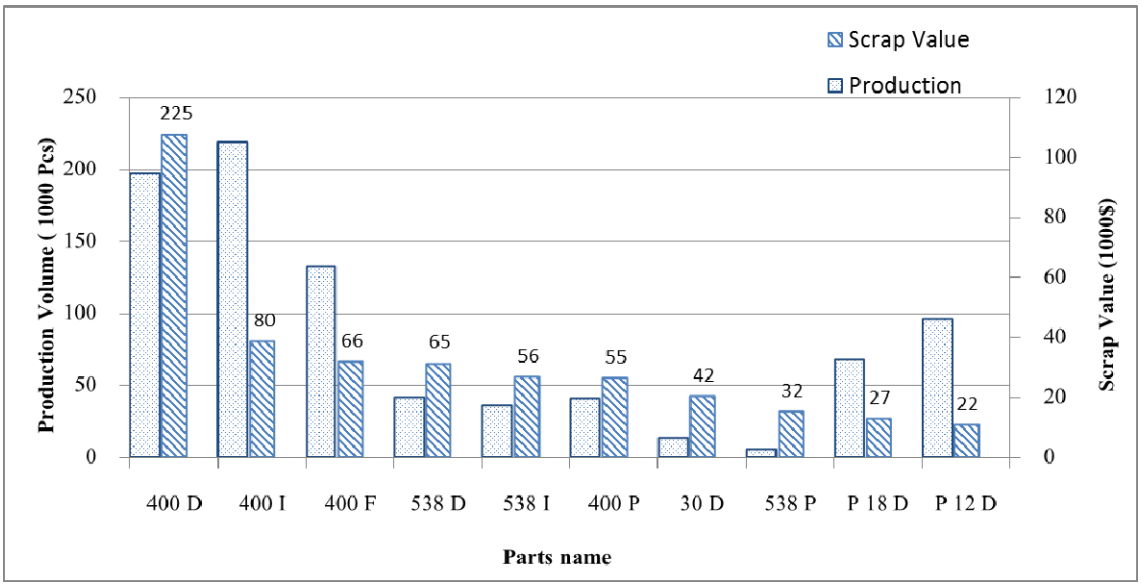
3.1.2.7 เครื่องทำแบบทราย

ใช้สำหรับทำแบบหล่อทรายชื้นที่ใช้ในสายการผลิตแบบ Manual โดยในงานวิจัยจะใช้เครื่องอัดทรายชนิดกระแทกอัด (Jolt-Squeeze Molding Machine) ดังแสดงในรูปที่ 3.7

**รูปที่ 3.7** เครื่องทำแบบหล่อทรายเครื่องอัดทรายชนิดกระแทกอัด

## 3.2 ระบุปัญหา

จากการพิจารณาปริมาณและมูลค่าความเสียหายของงานเสียทั้งหมดภายในบริษัทผลิตชิ้นส่วนปั๊มแห่งนี้ พบว่า ผลิตภัณฑ์รุ่น 400 I เป็นงานที่มีปริมาณการผลิตมากที่สุดในบริษัทคิดเป็น 8.5% ของการผลิตทั้งหมด และมีมูลค่าความเสียหายเป็นอันดับที่สองประมาณ 80,000 ดอลลาร์ต่อปี (อ้างอิงปี 2013) แสดงดังรูปที่ 3.8 ดังนั้นเพื่อสนองต่อนโยบายการลดต้นทุน (Cost Reduction) ของทางบริษัท ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะแก้ไขปัญหางานเสียที่เกิดขึ้นสำหรับผลิตภัณฑ์รุ่นนี้



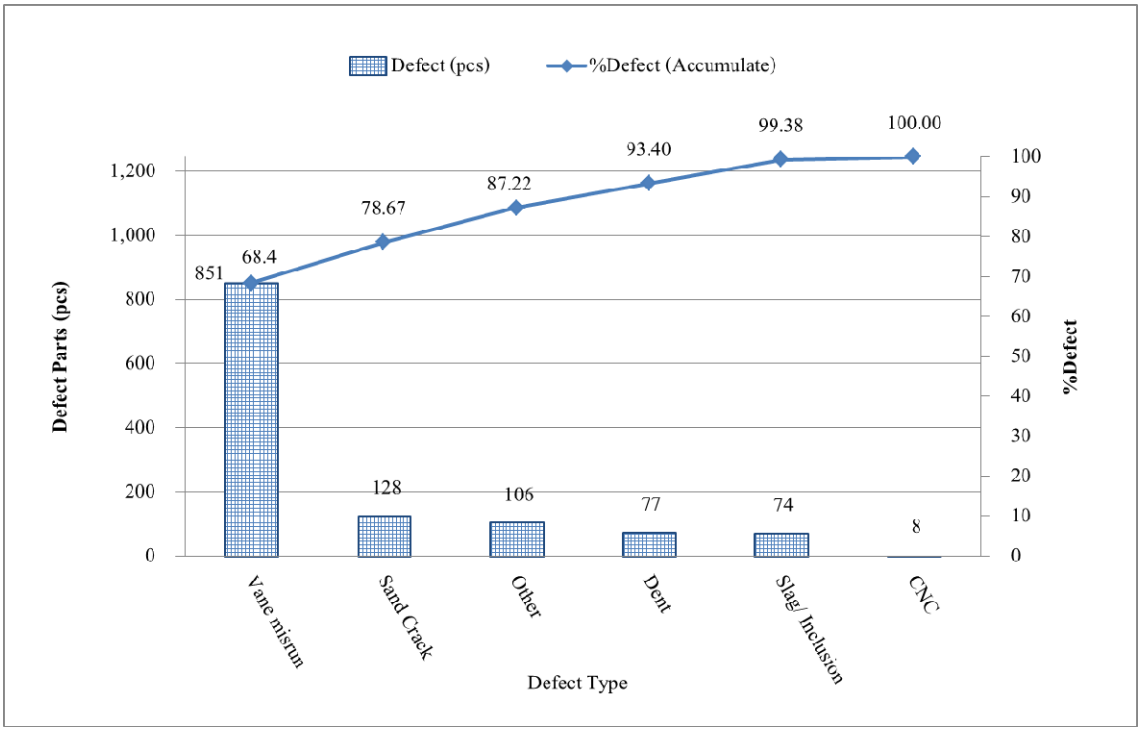

**รูปที่ 3.8** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างผลิตภัณฑ์รุ่นต่างๆกับปริมาณการผลิตและมูลค่าความเสียหายจากชิ้นงานเสียของผลิตภัณฑ์ 10 อันดับแรกของบริษัท

การตรวจสอบงานเสีย โดยปกติจะทำการตรวจสอบด้วยตาเปล่าเป็นหลัก ซึ่งจะมีขั้นตอนการตรวจสอบชิ้นงานเสียหลักๆอยู่ 2 ขั้นตอน คือ การตรวจสอบหลังการหล่อ (As-cast) และการตรวจสอบหลังจากกลึง โดยหากตรวจพบปัญหางานเสียที่เกิดจากงานหล่อในกระบวนการกลึงนั้น ทางแผนกกลึงจะแจ้งกลับมาทางแผนกหล่อเพื่อเก็บเป็นข้อมูลงานเสียจากการหล่อด้วย ซึ่งตามมาตรฐานของแผนกหล่อจะมีการฝึกอบรมพนักงาน ให้มีความรู้ความเข้าใจในงานเสียแต่ละประเภท เพื่อความถูกต้องในการแยกประเภทของงานเสียที่เกิดขึ้น และยังเป็นประโยชน์มากสำหรับการวิเคราะห์หาสาเหตุของงานเสียเพื่อนำไปสู่การแก้ไขต่อไป

เมื่อนำปัญหาชิ้นงานเสียรุ่น 400 I ที่ผลิตด้วยแบบหล่อทรายชื้นโดยเครื่องอัดทรายชนิดกระแทกอัด มาแยกประเภทความเสียหาย ได้ผลดังตารางที่ 3.1 เมื่อนำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์จะได้กราฟความสัมพันธ์ดังรูปที่ 3.9

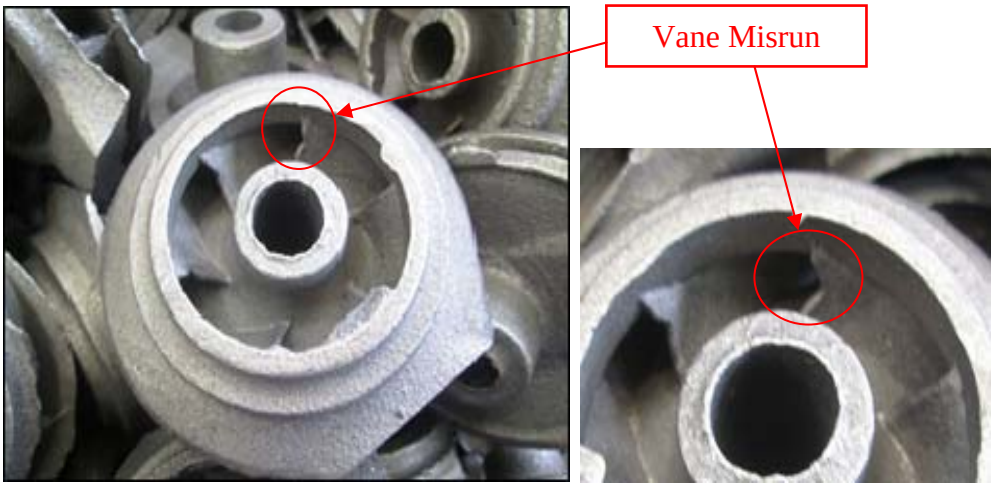
**ตารางที่ 3.1** ตารางจำแนกประเภทชิ้นงานเสียจากการผลิตชิ้นส่วนปั๊มรุ่น 400 I

| Problem | Defect (pcs) | % Defect |
|---|---|---|
| Vane misrun | 851 | 68.37 |
| Sand Crack | 128 | 10.30 |
| Other | 106 | 8.55 |
| Dent | 77 | 6.18 |
| Slag/ Inclusion | 74 | 5.98 |
| CNC | 8 | 0.62 |
| Total | 1,245 | 100.00 |




**รูปที่ 3.9** กราฟความสัมพันธ์ระหว่างชิ้นงานเสียประเภทต่างๆกับปริมาณชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้น(ชิ้น) และเปอร์เซ็นต์สะสมของชิ้นงานเสียจากกระบวนการหล่อชิ้นส่วนปั๊มรุ่น 400 I

จากการผลิตชิ้นส่วนปั๊มรุ่น 400 I พบว่า ปัญหาที่มีสัดส่วนสูงที่สุดของรุ่นนี้คือ ปัญหาใบพัดไม่เต็มแบบ (Vane Misrun) คิดเป็น 68.4% ของปริมาณชิ้นงานเสียทั้งหมด ดังนั้นงานวิจัยนี้จะมุ่งศึกษาการลดปริมาณงานเสียประเภทวิ่งไม่เต็มแบบในกระบวนการหล่อชิ้นส่วนปั๊ม รุ่น 400 I ด้วยแบบหล่อทรายชื้น ที่ทำแบบด้วยเครื่องทำแบบทรายชนิดกระแทกอัด ซึ่งตัวอย่างชิ้นงานเสียประเภทวิ่งไม่เต็มแบบ แสดงดังรูปที่ 3.10




**รูปที่ 3.10** ตัวอย่างชิ้นงานเสียประเภทวิ่งไม่เต็มแบบ (Misrun)

## 3.3 วิเคราะห์ปัจจัยที่น่าจะส่งผลต่องานเสียประเภทวิ่งไม่เต็มแบบในกระบวนการหล่อโลหะ

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หาปัจจัยที่เกี่ยวข้องและอาจจะก่อให้เกิดปัญหาประเภทวิ่งไม่เต็มแบบ ซึ่งจากปัจจัยต่างๆที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ผู้วิจัยได้คัดเลือกปัจจัยหลักๆที่มองว่าจะส่งผลต่อการเกิดปัญหาประเภทวิ่งไม่เต็มแบบออกมาทั้งหมด 3 ปัจจัยหลักด้วยกัน คือ

3.3.1 ส่วนผสมทางเคมีของน้ำโลหะ (Chemical Composition)

3.3.2 ประสิทธิภาพของระบบทางเดินน้ำโลหะ (Gating System)

3.3.3 อุณหภูมิการเทน้ำโลหะ (Pouring Temperature)

## 3.4 ตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี (Chemical Composition)

ส่วนผสมทางเคมีในน้ำโลหะมีผลต่อความสามารถในการไหลของน้ำโลหะด้วยเช่นกัน[3] ซึ่งความสามารถในการไหลนั้นเองอาจส่งผลทำให้เกิดปัญหาชิ้นงานเสียหายในกระบวนการหล่อได้ จากตารางที่ 3.2 แสดงตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีในโรงหล่อ โดยฝ่ายผลิตจะเก็บตัวอย่างเพื่อส่งมาให้ฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบด้วยเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ ในทุกเตาที่ผลิต ทั้งนี้ในกรณีที่ส่วนผสมยังไม่ได้ค่าตามมาตรฐานที่กำหนด ฝ่ายผลิตจะต้องทำการเติมส่วนผสมต่างๆตามคำแนะนำจากฝ่ายควบคุมคุณภาพ และต้องส่งตัวอย่างให้ทางฝ่ายควบคุมคุณภาพตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีอีกครั้ง จนกว่าจะได้ส่วนผสมตามมาตรฐาน จึงจะนำไปใช้ในกระบวนการผลิตต่อไปได้ โดยจะทำการเก็บข้อมูลของเตาที่นำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์รุ่น 400 I จำนวน 10 เตา

ซึ่งวิธีการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีจะมีขั้นตอนดังนี้ ตักน้ำโลหะที่หลอมละลายสมบูรณ์แล้ว ก่อนทำการเทลงแบบ จะนำมาเทใส่แม่พิมพ์ทองแดง จากนั้นปล่อยให้เย็นตัว เมื่อได้ตัวอย่างมาแล้วจะนำไปเจียร์เปิดผิวและปรับระนาบของตัวอย่าง และนำไปทดสอบหาส่วนผสมทางเคมีด้วยเครื่องสเปคโตรมิเตอร์ เครื่องจะทำการวิเคราะห์และแสดงส่วนผสมของธาตุออกมาในรูปแบบของเปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ตัวอย่างการเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบแสดงดังรูปที่ 3.11

**ตารางที่ 3.2** ตัวอย่างตารางการเก็บข้อมูลส่วนผสมน้ำโลหะ โดยจะเก็บข้อมูลของเตาที่นำไปขึ้นรูปผลิตภัณฑ์รุ่น 400 I จำนวน 10 เตา

| No. | Composition % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | %C | %Si | %Mn | %Ni | %Cr | %Cu | %S | %Nb | %P |
| *Upper* | *3* | *2.8* | *1.5* | *17.5* | *2.5* | *7.5* | *0.12* | | |
| *Lower* | | *1.5* | *0.5* | *13.5* | *1.5* | *5.5* | | | |
| Sample 1 | | | | | | | | | |
| Sample 2 | | | | | | | | | |
| Sample 3 | | | | | | | | | |
| Sample 4 | | | | | | | | | |
| Sample 5 | | | | | | | | | |
| Sample 6 | | | | | | | | | |
| Sample 7 | | | | | | | | | |
| Sample 8 | | | | | | | | | |
| Sample 9 | | | | | | | | | |
| Sample 10 | | | | | | | | | |

**รูปที่ 3.11** การเตรียมชิ้นงานตัวอย่างเพื่อตรวจสอบส่วนผสมทางเคมี

## 3.5 ตรวจสอบประสิทธิภาพระบบทางเดินน้ำโลหะ (Gating System)

ปัญหาน้ำโลหะวิ่งไม่เต็มแบบในกระบวนการหล่อนั้น สิ่งหนึ่งที่ต้องคำนึงถึงก็คือความเหมาะสมของระบบทางเดินน้ำโลหะ ซึ่งถ้าออกแบบระบบทางเดินน้ำโลหะไม่เหมาะสมจะทำให้น้ำโลหะไหลเข้าไปไม่ถึงหรือเข้าไปได้ไม่เต็มในบางพื้นที่ โดยปัญหาที่พบกรณีที่ออกแบบไม่เหมาะสมนั้น งานเสียจะเกิดซ้ำๆที่จุดเดิม

ขั้นตอนการดำเนินงานมีดังนี้

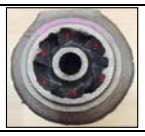
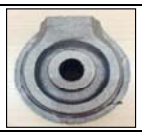
1. ติดหมายเลขในแพทเทิล เพื่อระบุตำแหน่งของชิ้นงานในแบบหล่อโดยจะกำหนดเป็นชิ้นงาน A ถึง ชิ้นงาน F

2. นำแพทเทิลที่ติดหมายเลขเข้าสู่กระบวนการผลิต

3. เก็บข้อมูลตำแหน่งงานเสียที่เกิดขึ้น รวมทั้งระบุตำแหน่งของใบพัดที่เกิดปัญหาวิ่งไม่เต็มแบบด้วย ตัวอย่างตารางบันทึกผลแสดงดังตารางที่ 3.3

**ตารางที่ 3.3** ตัวอย่างตารางบันทึกผลชิ้นงานเสียของงานรุ่น 400 I

***Daily Inspection Check Sheet***

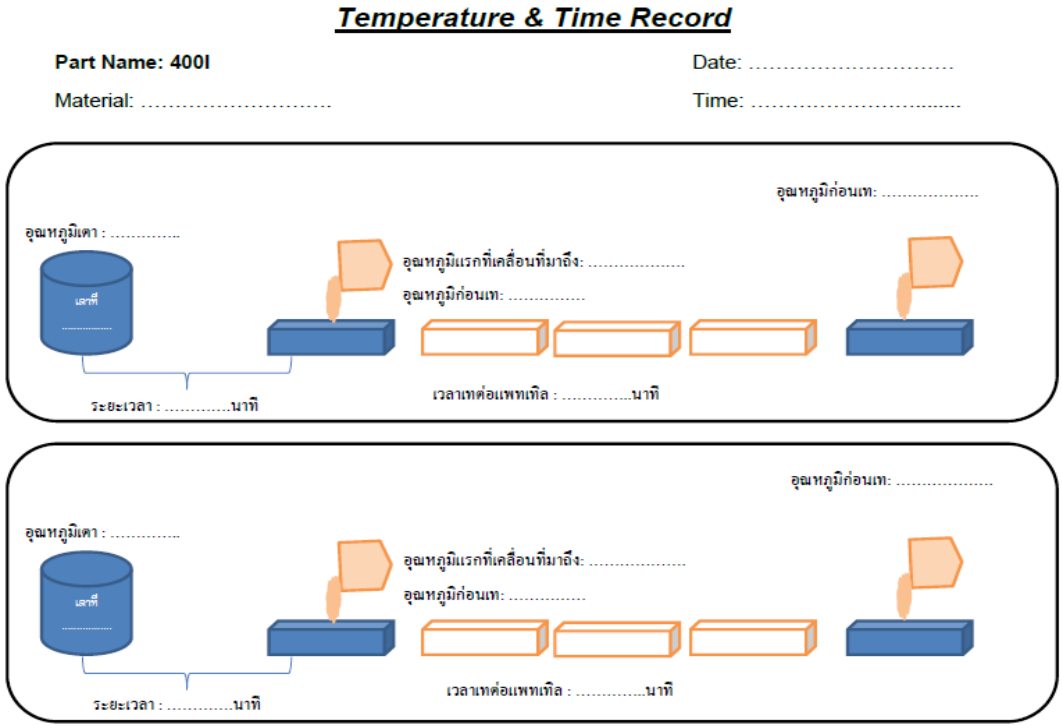
| | | |
|---|---|---|
| **Part Name : 400I**<br>**Process :** _____<br>**Inspector :** _____ |   | **Date :** _____<br>**Shift :** _____<br>**Production Date :** _____<br>**Total Q'ty(Pcs) :** _____ |

| Problem | Sample | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 |
| Location No. | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Cold shut (เทไม่เต็ม) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Gas (รูแก๊ส) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Slag /Inclusion (แสลิก/สิ่งสกปรก) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Dent (บุ๋ม) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Sand crack (ทรายพัง) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| *Vane Misrun (ใบพัดไม่เต็ม)* | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Vane No.1 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Vane No.2 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Vane No.3 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Vane No.4 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Vane No.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| - Vane No.6 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Other (อื่นๆ) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

## 3.6 ตรวจสอบผลของอุณหภูมิเทน้ำโลหะ (Pouring Temperature)

การตรวจสอบอุณหภูมิเทน้ำโลหะถือเป็นปัจจัยหลักที่จะต้องนำมาพิจารณาสำหรับปัญหางานหล่อวิ่งไม่เต็มแบบ งานวิจัยนี้จะทำการตรวจสอบโดยการวัดอุณหภูมิของน้ำโลหะก่อนเทลงแบบหล่อโมลด์แรกและโมลด์สุดท้าย เพื่อเปรียบเทียบปริมาณชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิเทน้ำโลหะแตกต่างกัน แผนผังการบันทึกอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในกระบวนการหล่อโลหะแสดงดังรูปที่ 3.12

สำหรับผลิตภัณฑ์รุ่น 400 I นี้ ในการผลิตงาน 1 เบ้า (Ladle) จะเทได้ทั้งหมด 5 โมลด์ ซึ่ง 1 โมลด์จะมีชิ้นงานทั้งหมด 6 ชิ้น การเก็บข้อมูลในครั้งนี้จะทำทั้งหมด 3 เบ้า โดยจะบันทึกอุณหภูมิเทน้ำโลหะที่วัดด้วยเทอร์โมคับเปิล เวลาที่ใช้ในการเท และผลของชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้น ทั้งนี้จะทำการระบุตำแหน่งการวางของชิ้นงานในแบบหล่อและตำแหน่งของใบพัดที่เกิดปัญหาด้วย ตารางบันทึกผลชิ้นงานเสียจะใช้ตารางที่ 3.3 เช่นกัน ตัวอย่างการวัดอุณหภูมิน้ำโลหะก่อนเทลงแบบหล่อทรายแสดงดังรูปที่ 3.13



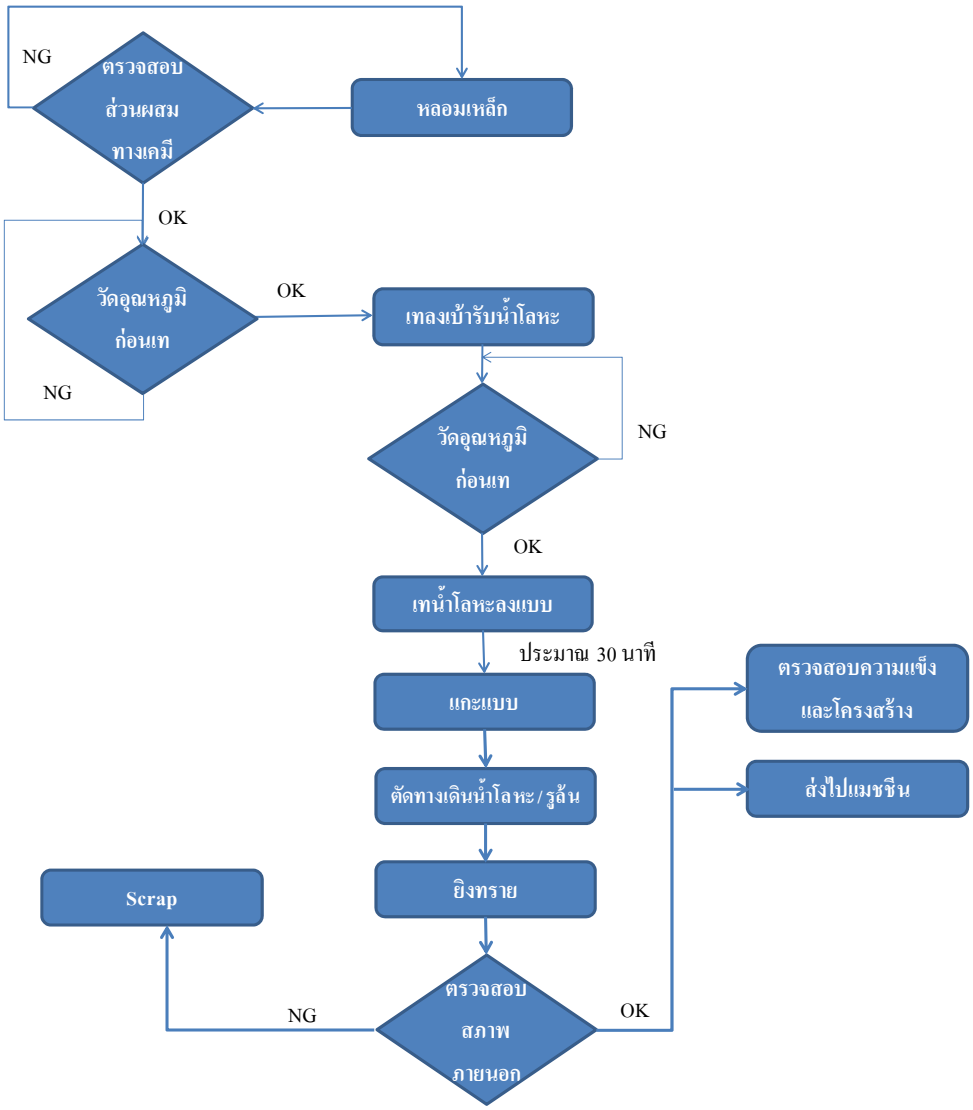

**รูปที่ 3.12** แผนผังการบันทึกอุณหภูมิและเวลาที่ใช้ในการเทน้ำโลหะ

**รูปที่ 3.13** การวัดอุณหภูมิน้ำโลหะก่อนเทลงแบบหล่อทรายด้วยเทอร์โมคัปเปิล (Thermocouple)

## 3.7 ดำเนินการทดลอง

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากสภาวะการทำงานในปัจจุบันพบว่า อุณหภูมิการเทน้ำโลหะส่งผลต่อปริมาณงานเสียประเภทวิ่งไม่เต็มแบบโดยที่อุณหภูมิเทน้ำโลหะสูงจะมีชิ้นงานเสียน้อยกว่าการเทน้ำโลหะที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งเป็นไปได้ว่าอุณหภูมิเทน้ำโลหะอาจจะสูงไม่เพียงพอทำให้น้ำโลหะเย็นตัวก่อนจะวิ่งเต็มแบบ

การทดลองนี้จะทำการเพิ่มอุณหภูมิเทน้ำโลหะที่โมลด์แรกเป็น 1,530$^{O}$C จากเดิม 1,520$^{O}$C และตรวจสอบอุณหภูมิก่อนเทน้ำโลหะที่โมลด์สุดท้าย จากนั้นติดตามผลของปริมาณชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้นและเวลาที่ใช้เทน้ำโลหะ ทั้งนี้จะทำการทดสอบทั้งหมด 15 โมลด์ รวมชิ้นงานทั้งหมด 90 ชิ้น โดยขั้นตอนการทดลอง แสดงดังรูปที่ 3.14




**รูปที่ 3.14** แผนผังขั้นตอนการทดลอง

## 3.8 ตรวจสอบค่าความแข็งและโครงสร้างจุลภาค

เพื่อเป็นการตรวจสอบว่าอุณหภูมิการเทน้ำโลหะที่เปลี่ยนไปนั้นไม่ส่งผลเสียต่อสมบัติทางโลหะวิทยาของชิ้นงาน จึงทำการทดสอบโดยนำชิ้นงานที่มีอุณหภูมิการเทก่อนและหลังปรับปรุง มาตรวจสอบสมบัติต่างๆ ดังนี้

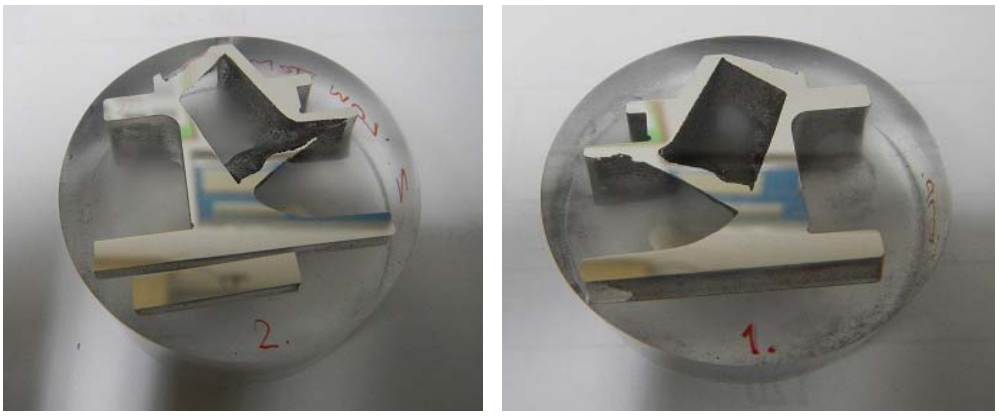
### 3.8.1 ตรวจสอบค่าความแข็ง (Hardness Test)

เพื่อวิเคราะห์หาค่าความแข็งของชิ้นงานระหว่างก่อนและหลังการปรับอุณหภูมิเทน้ำโลหะ ด้วยการนำชิ้นงานหล่อที่ได้ (As-cast) มาเจียร์เพื่อปรับความเรียบผิวและนำมาวัดความแข็งด้วยเครื่องวัดความแข็ง Mitutoyo รุ่น HR-300 จำนวน 3 จุด ด้วยหัวกดบอล (Ball) ขนาด 1.5875 มิลลิเมตร และแรง 980.7 นิวตัน (100 kgf) ซึ่งหน่วยการวัดที่ได้คือ HRB จากนั้นนำมาเปรียบเทียบกับมาตรฐานที่ทางโรงงานกำหนดไว้

### 3.8.2 ตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค (Micro Structure)

เพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานทั้งสองอุณหภูมิเทน้ำโลหะ (1,520$^{O}$C & 1,530$^{O}$C) ว่าเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร เป็นไปตามมาตรฐานที่กำหนดหรือไม่

การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค ทำได้โดยนำชิ้นงานมาตัดให้ได้ขนาดตามต้องการแล้ว นำชิ้นงานนั้นไปขึ้นเรือน (Mount) แล้วนำไปขัดด้วยกระดาษทราย เริ่มจากเบอร์หยาบไปหาเบอร์ละเอียด จะใช้กระดาษทรายเบอร์ 100, 400, 600, 1000 และขัดมัน (Polishing) ด้วย ผงอลูมิน่าบนผ้าสักหลาด จากนั้นเมื่อขัดเสร็จแล้วนำชิ้นงานที่ได้ ไปตรวจสอบโครงสร้างด้วยกล้องจุลทรรศน์รุ่น GX51 ด้วยกำลังขยาย 100 เท่าและบันทึกภาพโครงสร้าง ตัวอย่างชิ้นงานที่เตรียมพร้อมสำหรับไปตรวจสอบโครงสร้างแสดงดังรูปที่ 3.15




**รูปที่ 3.15** ตัวอย่างชิ้นงานที่เตรียมพร้อมสำหรับไปตรวจสอบโครงสร้าง

## 3.9 ยืนยันผลการทดลองและหาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสม

เพื่อเป็นการยืนยันผลการทดลองและหาช่วงอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับฝ่ายผลิตใช้งานในกระบวนการผลิตจริง ผู้วิจัยจึงทำการทดลองหล่อโลหะที่อุณหภูมิเทน้ำโลหะดังนี้ 1,525$^{O}$C 1,530$^{O}$C และ 1,535$^{O}$C โดยจะทำการทดสอบอุณหภูมิละ 10 โมลด์ และบันทึกผลชิ้นงานเสียที่ได้

## 3.10 ทดลองใช้ในการผลิตจริง

จากการผลทดลองที่ได้จะนำสภาวะที่เหมาะสมไปทดลองใช้จริงในกระบวนการผลิตอย่างต่อเนื่องและติดตามผลของชิ้นงานเสียที่เกิดขึ้น และวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบกับสภาวะปัจจุบัน