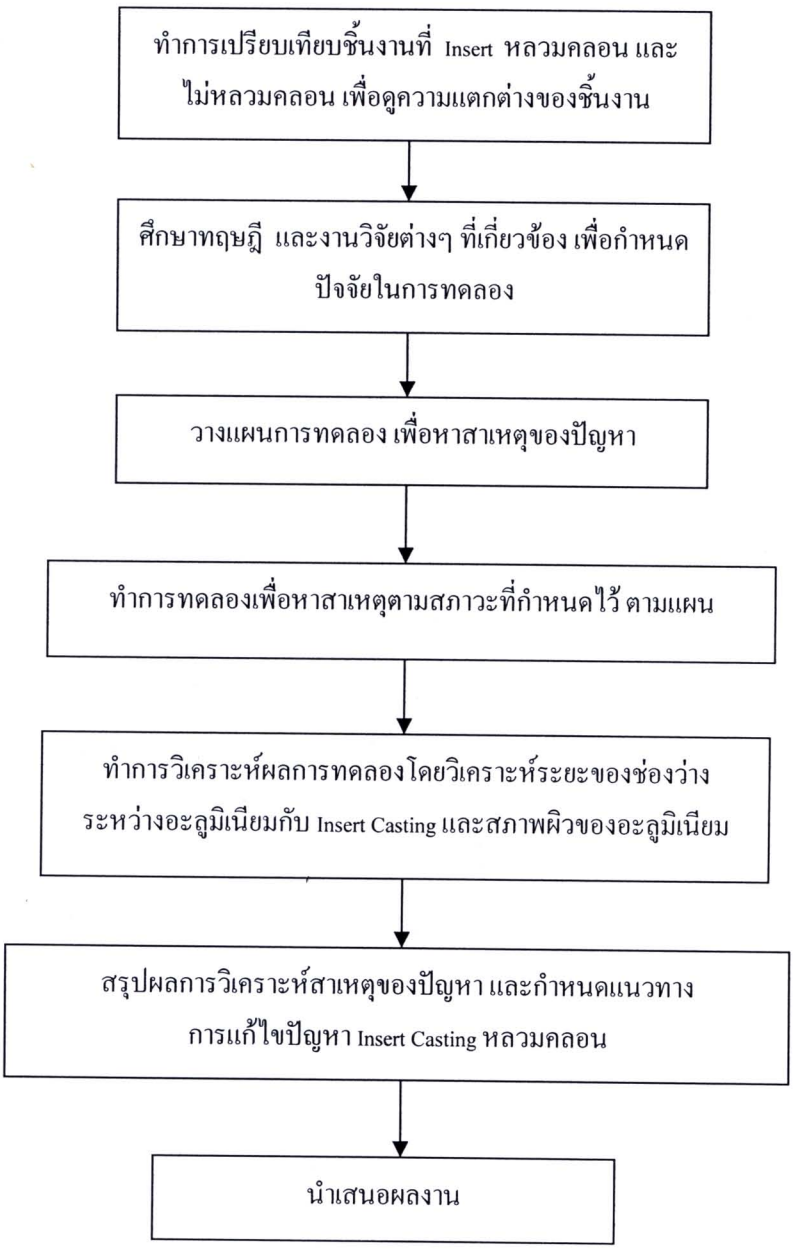
บทที่ 3 การดำเนินงานวิจัย

เนื้อหาของบทนี้กล่าวถึง วิธีการดำเนินการวิจัย, วัสดุที่ใช้ในการทดลอง, เครื่องมือ และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการเตรียมชิ้นงาน และวิเคราะห์ชิ้นงานทดสอบ ขั้นตอนการหล่อชิ้นงาน และวิธีการวิเคราะห์ชิ้นงาน เช่น การวัดช่องว่างของชิ้นงาน และการตรวจสอบสภาพของผิวของอะลูมิเนียม กับ Insert เหล็กหล่อ

3.1 วิธีการดำเนินงานวิจัย

เพื่อให้การดำเนินงานวิจัย เป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผล ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอน และวิธีการดำเนินงานวิจัยดังต่อไปนี้



3.2 วัสดุที่ใช้ในงานวิจัย

3.2.1 ตัวล้ออะลูมิเนียม

วัสดุที่เป็นตัวล้อจักรยานยนต์เป็นอะลูมิเนียมหล่อผสมเกรด A356 ที่มีโลหะผสมหลักคือ อะลูมิเนียม-ซิลิคอน-แมกนีเซียม ซึ่งอะลูมิเนียมผสมดังกล่าวจะถูกปรับปรุงสภาพเกรนของซิลิคอน โดยการเติม Sr ในกระบวนการหลอม โดยมีการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีที่ได้จากเครื่อง Chemical Emission Spectrometer ดังแสดงในตารางที่ 3.1

Element	Si	Fe	Cu	Mg	Ti	Ca	Mn	S	Sr
A356	6.869	0.095	0.005	0.316	0.110	0.001	0.003	0.012	52.193

ตารางที่ 3.1 ส่วนผสมทางเคมีของโลหะผสมอะลูมิเนียม-ซิลิคอน-แมกนีเซียม หล่อเกรด A356 ในการทดลอง (น้ำหนักคิดเป็นร้อยละ)

3.2.2 Insert Casting

วัสดุที่เป็นดุมล้อเป็นเหล็กหล่อกราไฟต์ก้อนกลมเกรด FCD450 ที่มีธาตุหลักคือ เหล็ก-ซิลิคอน-คาร์บอน-แมงกานีส ซึ่งผ่านกระบวนการหล่อโดยใช้แบบหล่อทราย และมีการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีที่ได้จากเครื่อง Chemical Emission Spectrometer ดังแสดงในตารางที่ 3.2

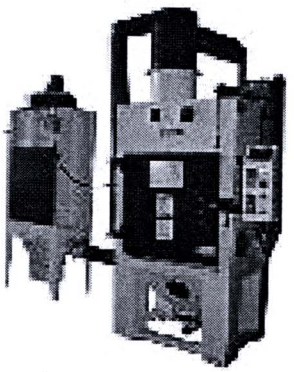
Element	Si	Fe	Cu	Mg	Ti	Mn	C	S
FCD450	2.730	93.030	< 0.010	0.035	0.012	0.297	3.730	0.012

ตารางที่ 3.2 ส่วนผสมทางเคมีของดุมล้อเหล็กหล่อกราไฟต์ก้อนกลม เหล็ก-ซิลิกอน-คาร์บอน-แมงกานีส เกรด FCD450 ในการทดลอง (น้ำหนักคิดเป็นร้อยละ)

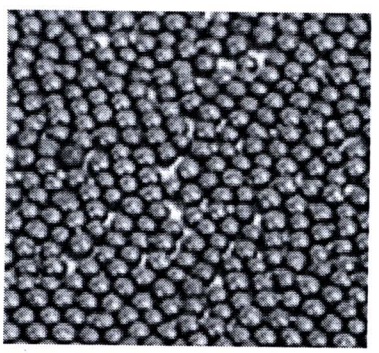
3.3 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.3.1 เครื่องยิงเม็ดเหล็ก (Shot Peening)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการยิงเม็ดเหล็กเพื่อทำความสะอาดผิว และเพิ่มความหยาบผิวของดุมล้อเหล็กหล่อ FCD450 ซึ่งมีอุปกรณ์ส่วนประกอบดังรูปที่ 3.1 และเม็ดเหล็กที่ใช้การยิงทำจากเหล็กกล้ามีขนาด 0.3 มิลลิเมตร ดังรูปที่ 3.2



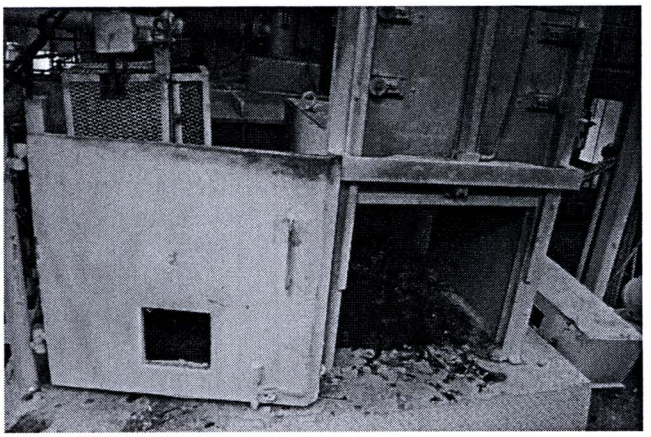
รูปที่ 3.1 เครื่องยิงเม็ดเหล็ก (Shot Peening)



รูปที่ 3.2 เม็ดเหล็กกล้าที่ใช้ยิง (Steel Ball)

3.3.2 เตาหลอมอะลูมิเนียม

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการหลอมแท่งอะลูมิเนียม และรักษาอุณหภูมิของน้ำอะลูมิเนียม ดังรูปที่ 3.3 ซึ่งเตาหลอมที่ใช้ในการทดลองนี้จะมีการติดตั้งเครื่องปล่อยแก๊ส Argon แบบ Rotation เพื่อไล่แก๊สไฮโดรเจนออกจากน้ำอะลูมิเนียม ก่อนส่งมายังบ่อพักน้ำอะลูมิเนียม



รูปที่ 3.3 เตาหลอมอะลูมิเนียม

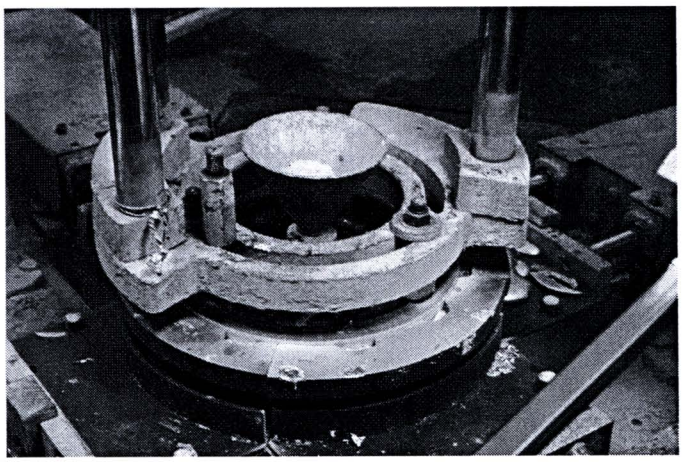
3.3.3 เบ้าไฟฟ้าชนิดขดลวดต้านทาน

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการอุ่นดุมล้อเหล็กหล่อ FCD 450 ให้ได้ตามที่ต้องการคือ ที่อุณหภูมิ 100, 200, 300, 400, 500 และ 550 ^{o}C ก่อนนำมาวางลงในแบบหล่อ ซึ่งขดลวดไฟฟ้าจะทำงานตามคำสั่งของแผงควบคุมซึ่งแผงควบคุมนี้จะรับสัญญาณอุณหภูมิจากระบบ Sensor วัดอุณหภูมิที่ Insert Casting ดังรูปที่ 3.4

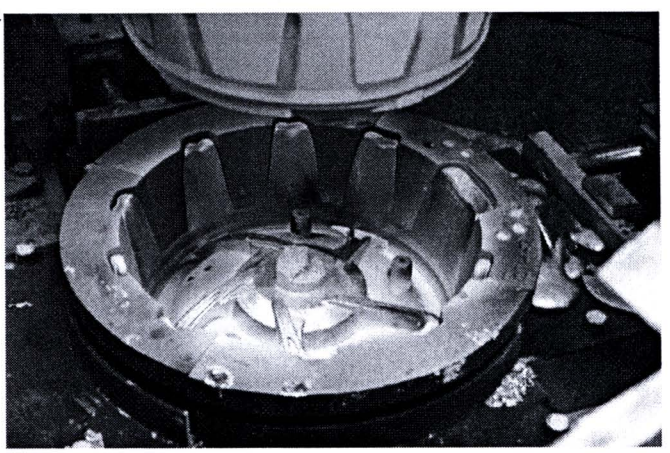
รูปที่ 3.4 เบ้าไฟฟ้าชนิดขดลวดต้านทาน

3.3.4 เครื่องหล่อแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง (Gravity)

เป็นเครื่องหล่อแบบอาศัยแรงโน้มถ่วงที่ใช้ระบบไฮดรอลิคในการควบคุมการเปิดปิดของแบบหล่อ ซึ่งเป็นแบบหล่อที่ทำจากเหล็ก SKD มีระบบในการหล่อเย็นด้วยน้ำที่ด้านล่าง และด้านข้างของแบบหล่อ โดยด้านข้างของแบบหล่อมีการติดตั้งสายวัดอุณหภูมิ เพื่อใช้ควบคุมอุณหภูมิของแบบหล่อ ดังรูปที่ 3.5 และแบบหล่อเป็นการออกแบบทางเข้าของน้ำอะลูมิเนียมแบบทางเข้าด้านบนดังรูปที่ 3.6



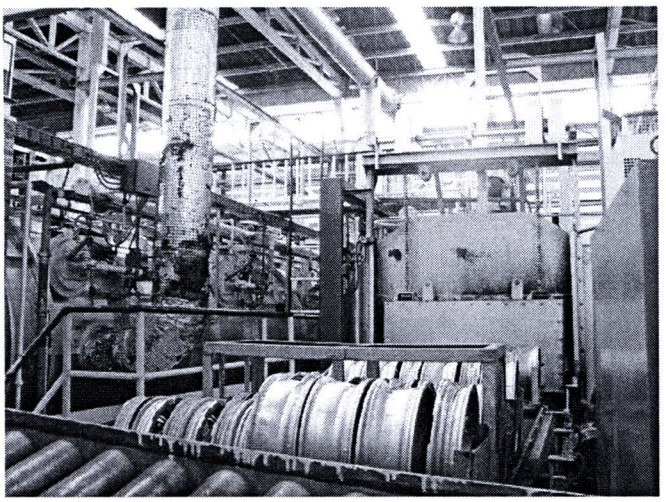
รูปที่ 3.5 เครื่องหล่อแบบอาศัยแรงโน้มถ่วง



รูปที่ 3.6 แบบหล่อทำจากเหล็ก SKD

3.3.5 เตาอบ Precipitation Hardening (Solution + Quench + Artificial Aging)

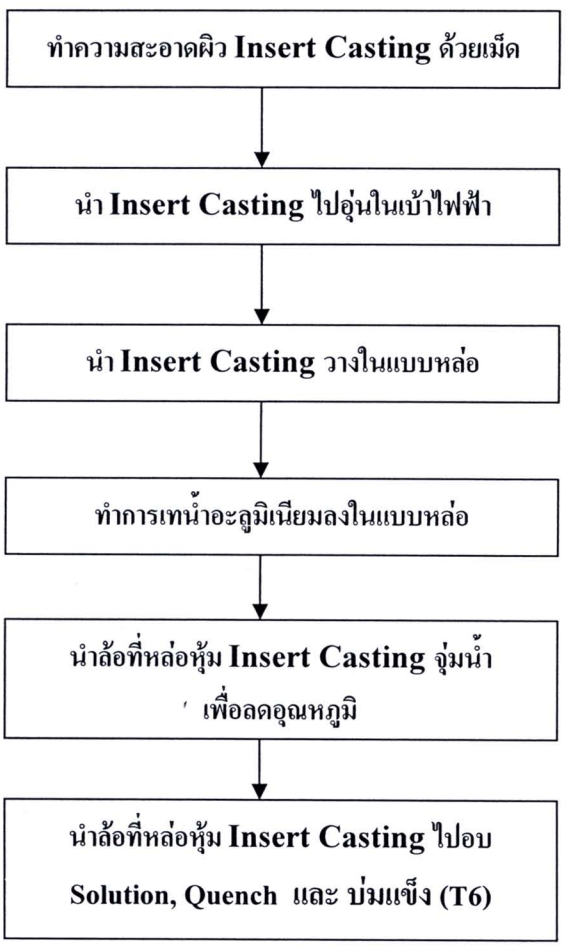
เป็นเตาที่ใช้โซ่ และระบบ PLC เป็นตัวควบคุมเวลาในการอบแต่ละเตา ดังรูปที่ 3.7 สำหรับอบละลายเฟสของ Mg และ Si ที่อุณหภูมิ 535 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 51 นาที แล้วทำการจุ่มน้ำที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C อย่างรวดเร็วภายใน 30 วินาที เพื่อให้ได้โครงสร้างที่เป็นสารละลายของแข็งที่อิ่มตัวอย่างยิ่งยวด (Super Saturated Solid Solution) แล้วจึงนำมาบ่มแข็งที่อุณหภูมิ 190 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 8 นาที เพื่อให้อะลูมิเนียมอยู่ในช่วง GP Zone และเกิด Second Phase ของ Mg_2Si ที่มีขนาดที่พอดี เพื่อให้ได้ความแข็งของอะลูมิเนียมตามที่กำหนดคือ 67 – 83 HB



รูปที่ 3.7 เตาอบ Precipitation Hardening

3.3.6 ภาพรวมของกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตล้อจักรยานยนต์ที่หล่อหุ้ม Insert Casting ด้วยอะลูมิเนียม มีกระบวนการผลิตตามแผนผังที่ 3.8



แผนผังที่ 3.8 แสดงภาพรวมของกระบวนการผลิต

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

3.4 เครื่องมือ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์

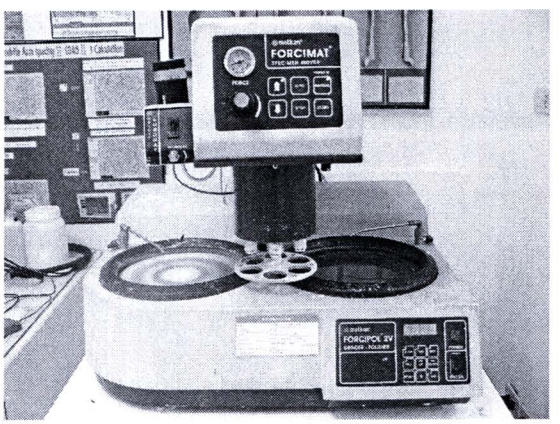
3.4.1 อุปกรณ์ในการโยกเพื่อตรวจสอบการคลอนของดุมล้อ

อุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบการโยกคลอนของดุมล้อมีดังรูปที่ 3.9 ซึ่งจะทำการตรวจสอบโดยการใช้น้ำมันหล่อเย็นเทใส่ลงบนรอยต่อระหว่างดุมล้อ และอะลูมิเนียม แล้วใช้ผ้าเช็ดน้ำมันหล่อเย็นออก หลังจากนั้นจึงทำการสวมแกนเพลาในดุมล้อ แล้วทำการโยกเพื่อดูการหลวมคลอน โดยสังเกตุจากฟองของน้ำมันหล่อเย็นที่เกิดขึ้นมาเมื่อดุมล้อมีขยับ

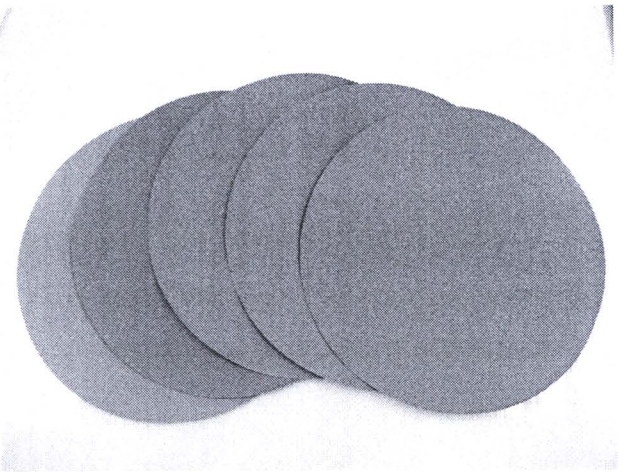
รูปที่ 3.9 อุปกรณ์ และขั้นตอนในการตรวจสอบการคลอนของดุมล้อ

3.4.2 อุปกรณ์การขัดผิวของชิ้นงาน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการขัดผิวของชิ้นงานก่อนตรวจสอบช่องว่างระหว่างดุมล้อ และตัวล้ออะลูมิเนียม ซึ่งจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนคือ เครื่องขัดแบบจานหมุนอัตโนมัติ ดังรูปที่ 3.10, กระดาษทรายน้ำเบอร์ 100, 200, 300, 500, 800, 1200, 2000 และผงอะลูมินา ซึ่งใช้สำหรับขัด กับผ้าสักหลาด ดังรูปที่ 3.11



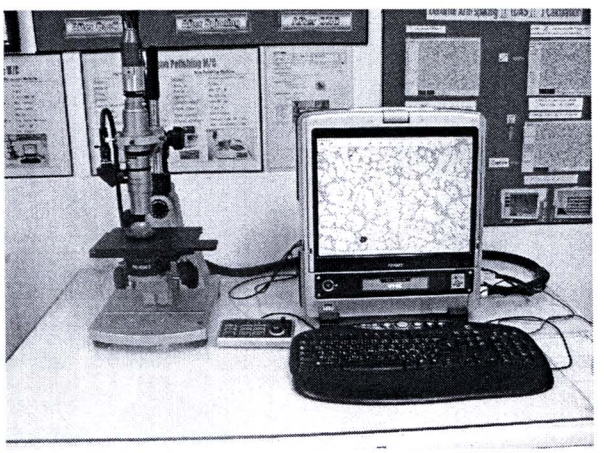
รูปที่ 3.10 เครื่องขัดแบบจานหมุนอัตโนมัติ



รูปที่ 3.11 กระดาษทราย, และผ้าสักหลาด

3.4.3 กล้องส่องจุลภาพ (Microscope)

เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการส่องขยาย ดังรูปที่ 3.12 เพื่อดู และวัดขนาดของช่องว่างระหว่างดุมล้อ และอะลูมิเนียม ซึ่งในการทดลองนี้จะเลือกกำลังขยายที่ 200 เท่า



รูปที่ 3.12 กล้องส่องจุลภาพ (Microscope)

3.5 ขั้นตอนการดำเนินงาน

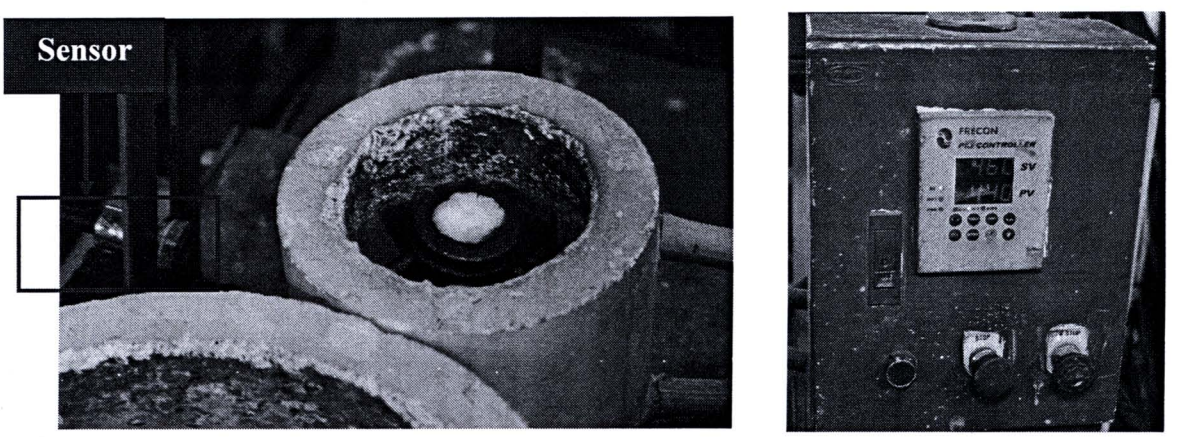
3.5.1 การทำความสะอาด และเพิ่มความหยาบผิวของดุมล้อ

นำดุมล้อที่เป็นเหล็กหล่อ FCD 450 ซึ่งได้จากการหล่อในแบบหล่อทรายตามรูปที่ 3.13 ซึ่งจะมีความหยาบผิวประมาณ 150 ไมครอน ซึ่งก่อนนำดุมล้อไปอุ่นเพื่อให้ได้อุณหภูมิตามต้องการ ต้องมีการทำความสะอาดผิว และเพิ่มความหยาบผิวโดยการยิงเม็ดเหล็กขนาด 2 มิลลิเมตร เป็นเวลา 15 นาที เพื่อขจัดออกไซด์ และเพิ่มความหยาบผิวของดุมล้อ

รูปที่ 3.13 ดุมล้อ Insert Casting

3.5.2 การอุ่น Insert Casting

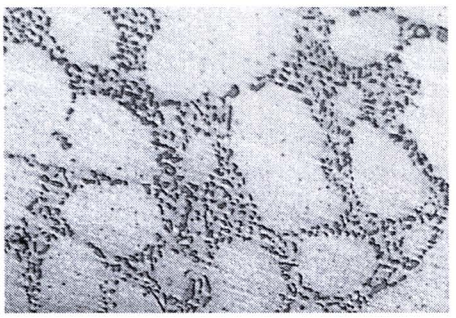
ก่อนทำการหล่อต้องมีการเพิ่มอุณหภูมิของดุมล้อให้ได้ตามต้องการ โดยใช้ขดลวดเหนี่ยวนำแบบปรับตั้งค่าอุณหภูมิดังรูปที่ 3.14 ซึ่งจะมีการปรับอุณหภูมิให้ได้ตามต้องการก่อนนำไปหล่อ ซึ่งจะอุ่นที่อุณหภูมิ 100, 200, 300, 400, 500 และ 550 องศาเซลเซียส ซึ่งควบคุมด้วย Sensor โดย Sensor จะวัดอุณหภูมิที่ Insert Cast



รูปที่ 3.14 ขดลวดสำหรับอุ่นดุมล้อ โดยควบคุมอุณหภูมิด้วย Sensor

3.5.3 การหลอมอะลูมิเนียม A356

ก่อนทำการหล่อจะทำการหลอมแท่งอะลูมิเนียมเกรด AC4CH ดังรูปที่ 3.15 ซึ่งจะมีการควบคุมอุณหภูมิที่ 730 องศาเซลเซียส และในกระบวนการหลอมจะมีการกำจัด ก๊าซไฮโดรเจนออกจากน้ำอะลูมิเนียมโดยใช้เครื่อง ROTATION หมุนและปล่อยก๊าซไนโตรเจน เป็นฟองขนาดเล็กเพื่อพาก๊าซไฮโดรเจนออกจากน้ำอะลูมิเนียม และจะมีการเติมธาตุ Sr เพื่อปรับปรุงการกระจายตัวของโครงสร้างของเกรนซิลิกอน ดังรูปที่ 3.16

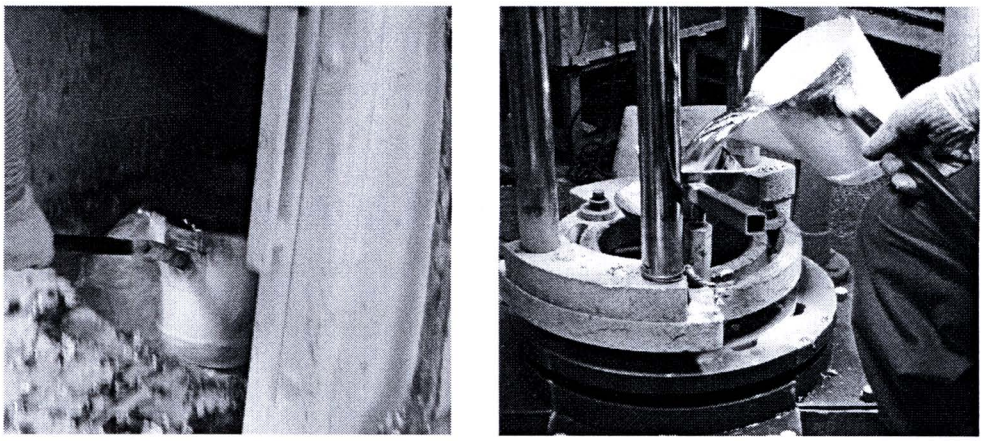


รูปที่ 3.16 รูปของเกรนซิลิกอนที่ผ่านการปรับปรุงการกระจายตัวด้วย Sr

รูปที่ 3.15 หลอมอะลูมิเนียม โดยควบคุมอุณหภูมิโดยเปิด และปิดหัวเผาอัตโนมัติ

3.5.4 การหล่อหุ้ม Insert Casting ด้วยอะลูมิเนียม

ก่อนทำเทน้ำอะลูมิเนียมเข้าไปในแบบหล่อซึ่งเป็นแบบหล่อถาวรซึ่งผลิตจากเหล็กหล่อ จะทำการวางดุมล้อที่อุ่นจนได้อุณหภูมิตามที่กำหนดไว้ บนแบบหล่อ จากนั้นแบบหล่อด้านบนจะปิดลงมา และจึงมีการเทน้ำอะลูมิเนียมลงในแบบหล่อทางด้านบนดังรูปที่ 3.17



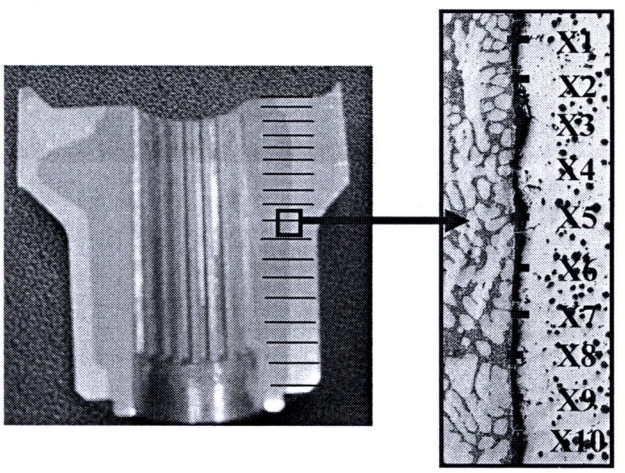
รูปที่ 3.17 การเทน้ำอะลูมิเนียมลงในแบบหล่อ

3.5.5 การอบ Precipitation Hardening (T6)

หลังจากที่หล่อหุ้มดุมล้อด้วยอะลูมิเนียม แล้วจะนำชิ้นงานล้อมอเตอร์ไซด์ไปทำการบ่มแข็งด้วยกระบวนการ T6 โดยมีขั้นตอนดังนี้คือ ทำการอบละลาย (Solution) ที่อุณหภูมิ 530 – 550 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 51 นาที, Quench ในน้ำที่อุณหภูมิ 70 ^{o}C และนำไปบ่มแข็งที่อุณหภูมิ 190 ^{o}C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง 8 นาที

3.5.6 การบันทึกผลการตรวจสอบช่องว่างระหว่างอะลูมิเนียม และดุมล้อ

หลังจากตัดชิ้นงาน และตรวจวัดขนาดช่องว่างด้วยกล้อง Microscope โดยจะทำการแบ่งดุมล้อเป็นช่วงๆ ซึ่งแต่ละช่วงจะทำการวัดขนาดของช่องว่างเป็นจำนวน 10 ค่า ตามรูปที่ 3.18 แล้วจึงนำค่าของขนาดช่องว่าง 10 ค่า มาเฉลี่ย เพื่อเป็นตัวแทนขนาดของช่องว่างในช่วงนั้นๆ ระยะห่างช่วงละประมาณ 3 มิลลิเมตร โดยใช้กำลังขยายที่ 200X



$$\overline{X_1} = \frac{X1+X2+X3+X4+X5+X6+X7+X8+X9+X10}{10}$$

รูปที่ 3.18 การวัดขนาดช่องวางในแต่ละส่วนของ Insert Casting

3.6 ออกแบบการทดลองเพื่อหาสาเหตุของปัญหา

ทำการเปรียบเทียบชิ้นงานที่ Insert Casting หลวมคลอน และ Insert Casting ไม่หลวมคลอน เพื่อหาความแตกต่างของชิ้นงานทั้ง 2 ประเภท และหาสาเหตุของปัญหาการหลวมคลอน

3.6.1 เปรียบเทียบชิ้นงานที่ Insert Casting หลวมหลอน และไม่หลวมคลอน

1. นำ Insert Casting มาทำการยิงเม็ดเหล็ก เพื่อทำการขจัดออกไซด์ที่ผิว
2. ทำอุ่น Insert Casting ก่อนทำการหล่อที่อุณหภูมิ 550 ^{o}C
3. นำ Insert Casting ที่อุ่น ไปหล่อหุ้มด้วยอะลูมิเนียมในแบบหล่อเหล็ก ด้วยการเทแบบ Top Gate
4. ทำให้เย็นตัวหลังจากกระบวนการหล่อ โดยการจุ่มลงในน้ำที่อุณหภูมิห้อง
5. ชิ้นงานหล่อที่เย็นตัวแล้วไปอบ Solution และ บ่มแข็งเทียม (T6)
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการอบ T6 แล้วไปทำการตัดครึ่ง แล้วนำไปขัดเตรียมชิ้นงาน เพื่อนำไปวัดขนาดของช่องว่างด้วยกล้อง Microscope
7. นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย โปรแกรม Minitab
8. นำชิ้นงานที่ผ่านการอบนำไปตัด เพื่อดูการยึดเกาะ และลักษณะของผิวอะลูมิเนียม ในจุดที่อะลูมิเนียมหุ้ม Insert Casting ด้วยกล้อง Microscope และ SEM

จากทฤษฎีเกี่ยวกับการหล่อหุ้มชิ้นงานที่มีวัสดุต่างชนิดกัน ได้กล่าวไว้ว่าสภาวะการหล่อที่เหมาะสม คือ การอุ่น Insert Casting ที่อุณหภูมิสูง ซึ่งการอุ่น Insert Casting ที่อุณหภูมิสูงจะช่วยป้องกันการแยกออกจากกันของวัสดุทั้ง 2 ชนิด

3.6.2 การทดลองเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอุ่นดุมล้อ

1. นำ Insert Casting มาทำการยิงเม็ดเหล็ก เพื่อทำการขจัดออกไซด์ที่ผิว
2. ทำการทดลองเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิในการอุ่น Insert Casting ก่อนทำการหล่อ โดยเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิตั้งแต่อุณหภูมิ 100, 200, 300, 400, 500, 550 ^{o}C ตามลำดับ
3. นำ Insert Casting ที่อุ่นตามอุณหภูมิต่างๆ ไปหล่อหุ้มด้วยอะลูมิเนียมในแบบหล่อเหล็ก
4. ทำให้เย็นตัวหลังจากกระบวนการหล่อ โดยการจุ่มลงในน้ำที่อุณหภูมิห้อง
5. นำชิ้นงานหล่อที่เย็นตัวแล้วไปอบ Solution และ บ่มแข็งเทียม (T6)
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการอบ T6 แล้วไปทำการตัดครึ่ง แล้วนำไปขัดเตรียมชิ้นงาน เพื่อนำไปวัดขนาดของช่องว่างด้วยกล้อง Microscope
7. นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย โปรแกรม Minitab

จากผลการตรวจสอบสภาพของผิวอะลูมิเนียมบริเวณที่หล่อหุ้ม Insert Casting พบว่ามี Aluminum Oxide ที่ผิว ส่งผลทำให้ไม่เกิดการยึดเกาะกันระหว่างผิวของ Insert Casting และอะลูมิเนียม ซึ่งกระบวนการหล่อที่ใช้เป็นกระบวนการหล่อแบบ Top Gate ซึ่งเป็นกระบวนการหล่อที่ทำให้เกิด Aluminum Oxide เป็นจำนวนมาก และจากการศึกษากระบวนการเทหล่อพบว่ากระบวนการเทแบบ Tilting เป็นการเทลดการเกิดการไหลป่วน และลดการเกิด Aluminum Oxide

3.6.3 การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนการหล่อหุ้ม

1. นำ Insert Casting มาทำการยิงเม็ดเหล็ก เพื่อทำการขจัดออกไซด์ที่ผิว
2. ทำอุ่น Insert Casting ก่อนทำการหล่อที่อุณหภูมิ 550 ^{o}C
3. นำ Insert Casting ที่อุ่น ไปหล่อหุ้มด้วยอะลูมิเนียม โดยทำการหล่อหุ้มด้วย 2 วิธีการ ด้วยกันคือ การหล่อแบบ Top Gate และ การเทแบบ Tilting
4. ทำให้เย็นตัวหลังจากกระบวนการหล่อ โดยการจุ่มลงในน้ำที่อุณหภูมิห้อง
5. นำชิ้นงานหล่อที่เย็นตัวแล้วไปอบ Solution และ บ่มแข็งเทียม (T6)
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการอบ T6 แล้วไปทำการตัดครึ่ง แล้วนำไปขัดเตรียมชิ้นงาน เพื่อนำไปวัดขนาดของช่องว่างด้วยกล้อง Microscope
7. นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย โปรแกรม Minitab

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิตพบว่ากระบวนการเย็นตัวหลังการหล่อเป็นการลดอุณหภูมิของชิ้นงานอย่างรวดเร็วด้วยน้ำ ซึ่งมีความแตกต่างของอุณหภูมิประมาณ 250 ^{o}C อาจส่งผลทำให้เกิดการบิดตัว เนื่องจากความเค้นตกค้างจาก Difference Thermal Expansion

3.6.4 การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของกระบวนเย็นตัวหลังจากกระบวนการหล่อ

1. นำ Insert Casting มาทำการยิงเม็ดเหล็ก เพื่อทำการขจัดออกไซด์ที่ผิว
2. ทำอุ่น Insert Casting ก่อนทำการหล่อที่อุณหภูมิ 550 ^{o}C
3. นำ Insert Casting ที่อุ่นไปหล่อหุ้มด้วยอะลูมิเนียม โดยทำการหล่อหุ้มด้วยกระบวนการเทแบบ Tilting
4. ทำให้เย็นตัวหลังจากกระบวนการหล่อ โดย 2 วิธีการคือ การจุ่มชิ้นงานในน้ำ และการปล่อยชิ้นงานให้เย็นตัวในอากาศ
5. นำชิ้นงานหล่อที่เย็นตัวแล้วไปอบ Solution และ บ่มแข็งเทียม (T6)
6. นำชิ้นงานที่ผ่านการอบ T6 แล้วไปทำการตัดครึ่ง แล้วนำไปขัดเตรียมชิ้นงาน เพื่อนำไปวัดขนาดของช่องว่างด้วยกล้อง Microscope
7. นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย โปรแกรม Minitab

จากการวิเคราะห์กระบวนการผลิต พบว่าในกระบวนการ Precipitation Hardening ที่ใช้คือ อบ Solution, Quench ด้วยน้ำ และอบ Artificial Aging ซึ่งในกระบวนการ Quench ด้วยน้ำ จะทำให้ชิ้นงานเย็นตัวลงอย่างรวดเร็ว และมีความแตกต่างของอุณหภูมิที่สูงประมาณ 465 ^{o}C ซึ่งอาจส่งผลทำให้เกิดการบิดตัว เนื่องจากความเค้นตกค้างจาก Difference Thermal Expansion มากกว่าการบิดตัวที่เกิดจากการเย็นตัวหลังการหล่อ

การทดลองเปรียบเทียบความแตกต่างของชิ้นงานก่อน และหลังกระบวนการอบ T6

1. นำ Insert Casting มาทำการยิงเม็ดเหล็ก เพื่อทำการขจัดออกไซด์ที่ผิว
2. ทำอุ่น Insert Casting ก่อนทำการหล่อที่อุณหภูมิ 550 ^{o}C
3. นำ Insert Casting ที่อุ่นไปหล่อหุ้มด้วยอะลูมิเนียม โดยทำการหล่อหุ้มด้วยกระบวนการเทแบบ Tilting
4. ทำให้เย็นตัวหลังจากกระบวนการหล่อ โดยปล่อยชิ้นงานให้เย็นตัวในอากาศ
5. ทำการแบ่งชิ้นงานหล่อที่เย็นตัวแล้วแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยกลุ่มแรกไม่ต้องอบ Solution และ บ่มแข็งเทียม (T6) และกลุ่มที่สองนำไปอบ Solution และ บ่มแข็งเทียม (T6)
6. นำชิ้นงานที่ได้ไปทำการตัดครึ่ง แล้วนำไปขัดเตรียมชิ้นงาน เพื่อนำไปวัดขนาดของช่องว่างด้วยกล้อง Microscope
7. นำค่าที่ได้มาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วย โปรแกรม Minitab