รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจสอบโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม

An Investigation on the Structural and Mechanical Properties of Aluminum Dross

ธีระวัฒน์ แม้นด้วง

ชีวณันภ์ เกิดเพียร

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559

สังกัดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

คำนำ

ในกระบวนการผลิตอลูมิเนียมที่เป็นหน้าตัดสำเร็จรูปของโรงงานหลอมอลูมินียม ตะกรันอลูมิเนียมจัดว่าเป็นกากวัสดุที่เหลือจากกระบวนการดังกล่าว ซึ่งมีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม หากนำมาศึกษาและวิจัยเพื่อให้ได้ข้อมูลทางโครงสร้างและสมบัติทางกล ก็ย่อมสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานเป็นนวัตกรรมใหม่ได้ และเป็นหนทางในการกำจัดของเสียอีกด้วย ด้วยเหตุนี้คณะผู้วิจัยจึงมีความมุ่งหมายที่จะศึกษาวัสดุดังกล่าว

โครงการการตรวจสอบโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม จึงเป็นโครงการวิจัยที่สร้างองค์ความรู้ เพื่อให้เป็นข้อมูลหลักในการนำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปสำหรับการวิจัยในระดับที่สูงขึ้น

ธีระวัฒน์ แม้นด้วง
ชีวณันภ์ เกิดเพียร

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนลีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนทุนวิจัยงบประมาณรายได้ ประจำปีการศึกษา 2559 ทำให้ได้งานวิจัยที่เป็นประโยชน์เป็นไปตามวัตถุประสงค์

ขอขอบคุณสาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์เครื่องประดับ ที่สนับสนุนอุปกรณ์ต่างๆ เพื่อใช้ในการวิจัยและขอขอบคุณสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การการอนุเคราะห์สถานที่และเครื่องมือประกอบการทดลองและศึกษา

ธีระวัฒน์ แม้นด้วง
ชีวณันภ์ เกิดเพียร

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยการตรวจสอบโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม เป็นโครงการวิจัยองค์ความรู้ ที่มีจุดมุ่งหมายที่ศึกษาโครงสร้างทางจุลภาค และสมบัติทางกลของวัสดุ การวิจัยแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ 1. การเตรียมวัสดุตะกรันอลูมิเนียม และ 2. การตรวจสอบทางโครงสร้างและสมบัติทางกล ในการเตรียมวัสดุต้องทำการล้างสิ่งปนเปื้อน และตากให้แห้ง จากนั้นนำไปบดและร่อนให้ได้ขนาด 200 เมช ทำการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคด้วยเครื่อง SEM ซึ่งทำให้ทราบโครงสร้างทางจุลภาค ปริมาณของอลูมิน่า โดยตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์ซึ่งมีลักษณะเป็นผงมีอลูมิน่าเป็นส่วนประกอบร้อยละ 80 ตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์หนึ่งมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่ มีผลึกอลูมิน่าเป็นส่วนประกอบร้อยละ 85 และตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์สองซึ่งมีลักษณะเป็นก้อนใหญ่ที่สุด มีผลึกอลูมิน่าเป็นส่วนประกอบร้อยละ 90 ผลจากการวิเคราะห์ทำให้ทราบได้ว่าตะกรันอลูมิเนียมสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานด้านอื่น เช่น การนำไปผลิตเป็นเสื้อเกราะกันกระสุน เป็นต้น

คำสำคัญ: ตะกรันอลูมิเนียม, ผงตะกรัน, สมบัติทางกล, โครงสร้างทางจุลภาค

ABSTRACT

This research to examine the structure and mechanical properties of aluminum dross. A research project knowledge the aim is to study the microstructure and the mechanical properties of materials. The research is divided into two parts: 1. preparation aluminum dross material and 2. to determine the structure and mechanical properties. The material must be washed in preparation contamination and dry then crushed and sifted to 200 mesh. Analyzed the microstructure with SEM, which indicated the microstructure. The amount of alumina in aluminum dross grade No.0 has 80 percent with a powder, aluminum dross grade No.1 is a hunk with crystalline alumina component 85 percent. Aluminum dross grade No. 2, which is a big hunk has crystalline alumina components 90 percent. Analysis results indicates that aluminum dross can be applied to other aspects such as to produce bulletproof vests and so on.

Keyword: Aluminum Dross, Dross Powder, Mechanical properties, Microstructure

สารบัญ

คำนำ ก
กิตติกรรมประกาศ ข
บทคัดย่อ ค
ABSTRACT ง
สารบัญรูป ฉ
บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย 2
1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย 2
1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 2
1.5 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 2
บทที่ 2 ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 4
2.1 ทฤษฎีของอลูมิเนียม 4
2.2 การบดละเอียด (Grinding or Milling) 7
2.3 สมมุติฐานและกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย 8
2.4 การทบทวนวรรณกรรม สารสนเทศ/(Information) ที่เกี่ยวข้อง 10
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 12
3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย 12
3.2 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ 13
3.3 การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค 15
บทที่ 4 ผลการทดสอบและวิเคราะห์ 16
4.1 ผลการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง 16
4.2 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและคุณภาพ 19
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 12
เอกสารอ้างอิง 23
ภาคผนวก 24
ประวัตินักวิจัย 25

สารบัญรูป

หน้า

รูปที่ 1.1 ผงตะกรันอลูมิเนียม 1
รูปที่ 2.1 ภาพรวมอุตสาหกรรมหลอมหล่ออลูมิเนียม 5
รูปที่ 2.2 กระบวนการหลอมหล่อเศษอลูมิเนียม 6
รูปที่ 2.3 กระบวนการหลอมหล่อตะกรันอลูมิเนียม 6
รูปที่ 2.4 ตะแกรงเมชลวดสานสแตนเลส 304 8
รูปที่ 2.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope) 9
รูปที่ 2.6 เครื่อง X-ray diffraction 10
รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย 12
รูปที่ 3.2 ตะกรันอลูมิเนียมที่แยกออกมาจากเครื่องแยกตะกรัน 13
รูปที่ 3.3 ตะกรันอลูมิเนียมที่ได้จากโรงงานหลอมอลูมิเนียม 13
รูปที่ 3.4 ลักษณะทางกายภาพของตะกรันอลูมิเนียมทั้งสามเกรด 14
รูปที่ 3.5 เครื่องบดแนวตั้ง Vertical Mill VM-5 14
รูปที่ 3.6 ตัวอย่างตะกรันอลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการบดลดขนาด 14
รูปที่ 3.7 การเตรียมตัวอย่างตะกรันอลูมิเนียมลงบนแท่นเตรียมชิ้นงาน 15
รูปที่ 3.8 เครื่อง Sputter Coater 15
รูปที่ 3.9 ลักษณะของชิ้นงานก่อนนำเข้าเครื่อง Sputter Coater 16
รูปที่ 3.10 ลักษณะของชิ้นงานหลังนำออกจากเครื่อง Sputter Coater 16
รูปที่ 3.11 เครื่อง Scanning Electron Microscope ของ JEOL รุ่น JSM-5410LV ที่ใช้ในการวิเคราะห์ 16
รูปที่ 4.1 โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์ 17
รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมเกรดเบอร์หนึ่ง 18
รูปที่ 4.3 โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง 18
รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์ 19
รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของอลูมิเนียมเกรดเบอร์หนึ่ง 19
รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง 19

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ตะกรันอลูมิเนียม (Aluminum Dross) เกิดจากกระบวนการหล่อ/หลอมอลูมิเนียม ทั้งในอุตสาหกรรมการผลิตแท่งอลูมิเนียม และอุตสาหกรรมการแปรรูปอลูมิเนียม เนื่องด้วยคุณสมบัติที่เหมาะสมหลายๆ ประการของอลูมิเนียม ได้แก่ น้ำหนักเบา ยืดตัวได้ง่าย มีความเหนียว จุดหลอมเหลวต่ำ และสามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้ จึงพบการใช้อลูมิเนียมได้ในหลายประเภทอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมขนส่ง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ เป็นต้น ตะกรันอลูมิเนียมจัดเป็นกากอุตสาหกรรมประเภทหนึ่ง การจัดเก็บเพื่อเตรียมนำกลับมาใช้ใหม่ หรือกำจัดเนื่องจากเป็นกากสุดท้ายที่ผ่านกระบวนการสกัดอลูมิเนียมออกไปหมดแล้ว ต้องใช้ความระมัดระวังอย่างสูง โดยต้องระมัดระวังการสัมผัสกับน้ำหรือความชื้น และหากต้องการกำจัด ต้องผ่านกระบวนการตรวจวิเคราะห์ปรับสภาพ ให้ปราศจากการตกค้างของสารอันตรายก่อนนำไปฝังกลบอย่างปลอดภัย หรือเข้าสู่การจัดการกำจัดโดยโรงงานรับกำจัดขยะกากอุตสาหกรรมที่ได้รับมาตรฐานและมีขั้นตอน วิธีการที่/เหมาะสม ไม่เป็นอันตราย ต่อสภาวะแวดล้อม

รูปที่ 1.1 ผงตะกรันอลูมิเนียม

อันตรายของตะกรันอลูมิเนียมคือเมื่อถูกความชื้นหรือน้ำจะเกิดกลิ่นฉุนแสบจมูกของก๊าซแอมโมเนีย ก่อความระคายเคืองต่อระบบหายใจ หากเข้าตาก็ทำให้แสบตา ก่อความระคายเคืองต่อดวงตาการจัดเก็บหรือกำจัดจึงต้องทำอย่างถูกต้องเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้น ที่ผ่านมามีตัวอย่างข่าวที่ ต.บางหญ้าแพรก จ.สมุทรสาคร การลักลอบทิ้งตะกรันอลูมิเนียมอย่างผิดวิธี ก่อให้เกิดผลกระทบต่อชุมชนและสภาพแวดล้อม แต่ปัญหาดังกล่าวก็ยังเกิดขึ้นในหลายพื้นที่ เช่น เมื่อวันที่ 19 พฤษภาคม 2556 ที่ ต.บ้านพระ อ.เมือง จ.ปราจีนบุรี มีการพบกากอุตสาหกรรมลักษณะสีดำ – เทาถูกทิ้งอยู่ในบ่อลูกรัง โดยกากดังกล่าวทำปฏิกิริยาลุกเป็นควันพวยพุ่งออกมาเมื่อโดนน้ำฝน และส่งกลิ่นเหม็นรุนแรง ซึ่งเมื่อหน่วยงานที่เกี่ยวข้องได้ตรวจสอบแล้วพบว่าบางส่วนของกากเหล่านั้นคือเหล็กอลูมิเนียม สังกะสี รวมทั้งพบสารอันตรายตกค้างในกองกากอุตสาหกรรมดังกล่าวด้วย

สาเหตุสำคัญประการหนึ่งที่ทำให้เกิดการทิ้งกากอุตสาหกรรมอย่างไม่ถูกต้องในพื้นที่ต่างๆ เป็นเพราะการกำจัดกากอุตสาหกรรมแบบถูกต้อง ตามกฎหมายและหลักวิชาการนั้น มีค่าใช้จ่ายอยู่ที่ 1,000 – 20,000 บาทต่อตัน ในขณะที่การกำจัดแบบไม่ถูกต้องมีค่าใช้จ่ายต่ำกว่ามาก จะเห็นได้ว่าต้นทุนในการกำจัดมีความแตกต่างกันอย่างมาก จึงกลายเป็นทางเลือกหนึ่งของผู้ประกอบการที่ไม่คำนึงถึงผลกระทบด้านต่าง ๆ ที่อาจจะเกิดขึ้น เมื่อปริมาณการทิ้งแบบผิดหลักซึ่งคือต้นเหตุแห่งปัญหามีมาก ในขณะที่การดำเนินการแก้ไขปัญหาไม่สามารถทำได้รวดเร็วเท่าการก่อปัญหา “กากอุตสาหกรรม” จึงส่งผลกระทบเป็นปัญหาใหญ่ระดับชาติ กลายเป็นปัญหาที่ทุกภาคส่วนต้องร่วมกันแก้ไข ทั้งที่ควรเป็นความรับผิดชอบของผู้สร้างกากหรือผู้ก่อมลพิษเองที่ต้องจัดการให้ถูกต้องตั้งแต่แรก จึงเป็นประเด็นที่สังคมควรตระหนักและร่วมหาแนวทางการป้องกันและแก้ไขอย่างเป็นรูปธรรม ก่อนที่ผลกระทบจากการอุตสาหกรรมจะก่อความเสียหายมากขึ้นไปกว่าในปัจจุบัน

โครงการวิจัยนี้จึงเป็นโครงการที่ต้องการศึกษาโครงสร้างของผงตะกรันอลูมิเนียมและศึกษาสมบัติทางกล เพื่อเป็นหาทางในการนำเอาตะกรันอลูมิเนียมกลับมาใช้ประโยชน์ในเชิงพานิชย์ หากผลการดำเนินโครงการนี้บรรลุผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของโครงการ จะมีส่วนช่วยให้เกิดการพัฒนาด้านต่างๆ ตามมา ทั้งในส่วนที่เกี่ยวกับการพัฒนาทางวิชาการหรือการศึกษาที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการศึกษาวิจัยและปรับปรุงสมบัติของตะกรันอลูมิเนียม

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อตรวจสอบโครงสร้างของผงตะกรันอลูมิเนียมที่ได้จากกระบวนการหลอมอลูมิเนียม

1.2.2 เพื่อตรวจสอบสมบัติทางกลของผงตะกรันอลูมิเนียม

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1.3.1 วัสดุที่ใช้ในการวิเคราะห์เป็นผงตะกรันอลูมิเนียม

1.3.2 ทำการศึกษาโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม

1.4 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1.4.1 ทราบโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม

1.4.2 เป็นแนวทางในการนำตะกรันอลูมิเนียมกลับมาใช้ประโยชน์

1.4.3 ได้ผลงานตีพิมพ์เกี่ยวกับโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม

1.4.4 พัฒนานักวิจัยใหม่ให้มีความเชี่ยวชาญให้กับประเทศไทย และมีการถ่ายทอดองค์ความรู้จากนักวิจัยรุ่นเก่าสู่รุ่นใหม่และสู่ภาคอุตสาหกรรม

1.5 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ระยะเวลาดำเนินการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 ตุลาคม 2558 ถึง 30 กันยายน 2559 ซึ่งมีแผนและขั้นตอนการดำเนินงานตลอดแผนงานวิจัย ดังตารางที่ 1.1

การดำเนินงานในส่วนของการออกแบบ วิเคราะห์ผล และติดตั้งจะดำเนินการโดย บริษัท เจ เอส แอนด์ มิวเสส จำกัด ส่วนการทดสอบสมรรถนะและร่วมประเมินผลการทดสอบประสิทธิภาพ จะดำเนินการที่กรมการขนส่งทหารบก โดยมีเจ้าหน้าที่ของกองทัพบก และหน่วยใช้งานเข้าร่วมทดสอบ

ด้วย สำหรับการตรวจคุณภาพของเอกสาร “การถ่ายทอดเทคโนโลยี”นั้น จะมีการดำเนินการแต่งตั้งคณะกรรมการจากภาครัฐ เป็นคณะตรวจสอบอีกด้วย

ตารางที่ 1.1 ระยะเวลาดำเนินการวิจัย

แผนดำเนินโครงการ	เดือน					
	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	11-12
1. ศึกษาขั้นตอนและกำหนดต้นแบบจัดทำเอกสารการวิจัย						
2. ขั้นตอนทดลองสร้างต้นแบบ						
3. ขั้นตอนทดสอบ ทดลองใช้งาน						
4. ขั้นตอนสรุปและประเมินผลการใช้งาน						
5. ขั้นตอนปรับปรุงแก้ไขต้นแบบ จัดทำเอกสารการวิจัย						
6. ขั้นตอนขออนุมัติรายงานปิดโครงการ						

บทที่ 2
ทฤษฎีและการทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีของอลูมิเนียม

อลูมิเนียมจัดเป็นธาตุที่พบมากเป็นอันดับสาม บนพื้นผิวโลก)The earth's crust) รองลงมาจากออกซิเจน และซิลิกอน แต่มากกว่าเหล็กและธาตุอื่นๆ โลหะอลูมิเนียมมีสีขาวเงิน)Silvery white) ไม่เป็นสนิม น้ำหนักเบา)Light weight) ความหนาแน่นต่ำ)Low density) นำไฟฟ้าได้ดี)Electric conductivity) สามารถขึ้นรูปได้ง่าย ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ สะท้อนแสงได้ดี และมีสมบัติต้านทานการกัดกร่อน)Corrosion resistant) ได้ดีมาก สามารถทนต่อทุกสภาพภูมิอากาศ)Different types of weather)

อลูมิเนียมเป็นโลหะในกลุ่มที่มีน้ำหนักเบา)Light weight metals) ที่มีการใช้งานแพร่หลายมากที่สุด ทั้งนี้เพราะอลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่ดีเด่นหลายประการดังต่อไปนี้

1. มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบาและมีกำลังวัสดุต่อหน่วย)Strength-to-weight ratio) สูง จึงนิยมใช้ทำเครื่องใช้ไม้สอย ตลอดจนชิ้นงานบางอย่างในเครื่องบิน จรวด ขีปนาวุธและอุปกรณ์ในรถยนต์เพื่อลดน้ำหนักของรถให้น้อยลงจะได้ประหยัดเชื้อเพลิง

2. มีคุณสมบัติที่ยืดตัวได้ง่ายและมีความเหนียวมาก ทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ ง่ายโดยไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก เช่น การรีดเป็นแผ่นบาง การอัดขึ้นรูปกรอบประตูหน้าต่าง หรือการปั๊มขึ้นรูปอุปกรณ์ต่างๆ

3. มีจุดหลอมเหลวต่ำและมีคุณสมบัติการไหลของน้ำโลหะที่ดี ทำให้การหลอมหล่อเป็นไปโดย ง่าย และสามารถหล่อชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนได้

4. เนื่องจากการรวมตัวของอลูมิเนียมกับออกซิเจนเกิดเป็นฟิล์มของอลูมิเนียมออกไซด์)Al_2Oที่ผิวซึ่งมีความแน่นทึบมาก จึงทำให้อลูมิเนียมมีความทนทานต่อการเกิดสนิมและการกัดกร่อน ($_3$ ในสภาพภูมิอากาศของการใช้งานทั่วไปได้ดีมากแต่ไม่ทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดด่างทั่วไป

5. ผิวหน้าของอลูมิเนียมบริสุทธิ์มีดัชนีการสะท้อนกลับของแสงสูง จึงเหมาะสมที่จะทำแผ่นสะท้อน แสงในแฟลชถ่ายรูป จานสะท้อนแสงในโคมไฟหรือไฟหน้ารถยนต์

6. มีค่าการนำไฟฟ้า %64.94 IACS (International Annealed Copper Standard) แม้ไม่สูงมาก นัก แต่เนื่องจากมีน้ำหนักเบา จึงเหมาะสมที่จะใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ต้องคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นสำคัญ เช่นสายไฟแรงสูงขนาดใหญ่

7. เป็นโลหะที่ไม่เป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์)Nontoxic) และมีค่าการนำความร้อนสูง ทำให้เหมาะสมกับการใช้ทำเป็นภาชนะหุงต้มหรือหีบห่อรองรับอาหาร

8. โลหะอลูมิเนียมสามารถผสมกับโลหะอื่นๆ ได้หลายชนิด เช่น ทองแดง ซิลิกอน แมกนีเซียม หรือสังกะสี ซึ่งโลหะผสมแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ทำให้สามารถเลือกใช้งานได้อย่างกว้างขวาง

ด้วยคุณสมบัติพิเศษต่างๆ ของอลูมิเนียมทำให้ทุกวันนี้มีการนำอลูมิเนียมมาใช้ในอุตสาหกรรมที่ หลากหลาย ได้แก่

1. อุตสาหกรรมก่อสร้าง อลูมิเนียมได้ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักของวัสดุใช้ในการก่อสร้างและ ตกแต่งบ้าน เนื่องจากคุณสมบัติของความคงทน มีน้ำหนักเบาและมีความสามารถสะท้อนแสงและความร้อนได้ดี อลูมิเนียมจึงถูกนำมาใช้แทนไม้และเหล็กในการก่อสร้าง ได้แก่ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง ฝ้า ราวสะพาน และโครงสร้างพื้นฐานต่างๆ

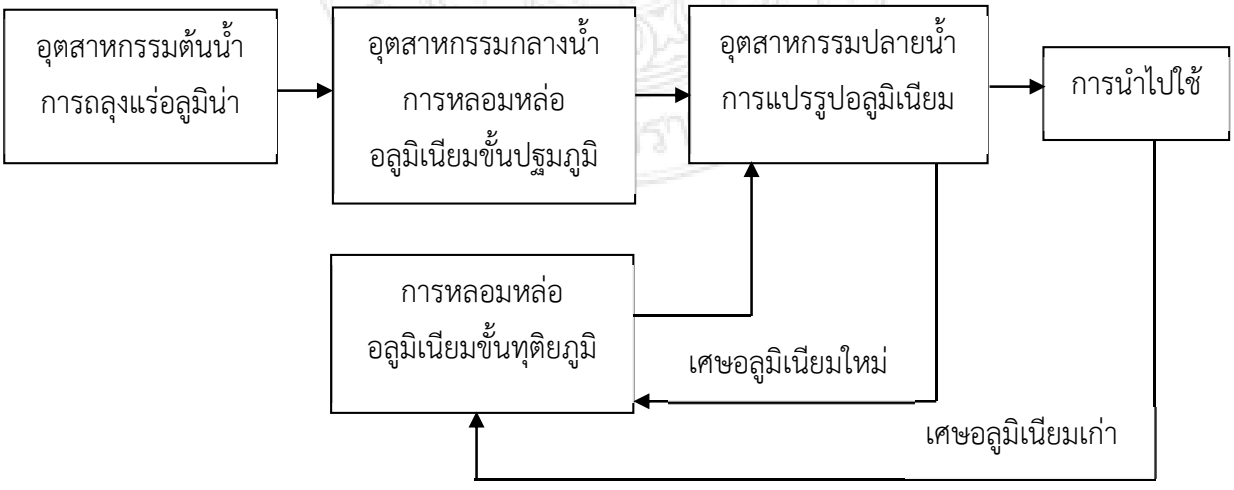
2. อุตสาหกรรมขนส่ง อลูมิเนียมมีความได้เปรียบในแง่ของน้ำหนักเบา ไม่เป็นสนิม มีอายุการใช้ งานที่นานกว่า อลูมิเนียมอัลลอยมีความแข็งแรงสามารถรับแรงกดดันได้มาก จึงนิยมใช้ในการผลิตเป็นยานพาหนะและชิ้นส่วนอุปกรณ์ เช่น เครื่องบิน ส่วนประกอบที่ตกแต่งในเครื่องบิน เครื่องยนต์ วงล้อรถยนต์ กันชน รถจักรยาน รถไฟความเร็วสูง เรือเร็ว เป็นต้น

3. อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อลูมิเนียมสามารถรักษาคุณค่าของอาหารโดยไม่ทำปฏิกิริยาทางเคมี ถังอาหารที่บรรจุ ไม่ขึ้นสนิม และน้ำหนักเบา จึงนำมาผลิตเป็นภาชนะต่างๆ เช่น กระป๋องอลูมิเนียม แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ เครื่องใช้ในครัวเรือน เป็นต้น

4. อุตสาหกรรมไฟฟ้า อลูมิเนียมมีคุณสมบัติที่เป็นสื่อนำไฟฟ้าได้ดี คงทน น้ำหนักเบา และไม่ขึ้นสนิม จึงถูกนำมาใช้เป็นสื่อไฟฟ้าแทนทองแดง โดยเฉพาะสายไฟฟ้าแรงสูงเนื่องจากอลูมิเนียมมีน้ำหนักเบาเพียงหนึ่งในสามของทองแดง และยังใช้ผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้าต่างๆ เป็นต้น

5. อุตสาหกรรมอื่นๆ เช่น อุปกรณ์กีฬา เฟอร์นิเจอร์ตกแต่ง เครื่องจักร เป็นต้น

การผลิตอลูมิเนียม (Aluminum production)



รูปที่ 2.1 ภาพรวมอุตสาหกรรมหลอมหล่ออลูมิเนียม

ภาพรวมอุตสาหกรรมการผลิตอลูมิเนียม (รูปที่ 2.1) เริ่มต้นจากอุตสาหกรรมต้นน้ำ โดยการนำสินแร่บอกไซด์ ผ่านกระบวนการถลุงแร่ จนได้อลูมิน่าบริสุทธิ์ จากนั้นนำเอาแร่อลูมิน่ามาหลอมละลายแล้วเทลงในแบบหล่อ ได้แท่งอลูมิเนียมซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมกลางน้ำ แล้วจึงมีกระบวนการแปรรูปแท่งอลูมิเนียมเหล่านี้ออกเป็นผลิตภัณฑ์ หรือนำไปใช้ประกอบเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ เป็นอุตสาหกรรมปลายน้ำเพื่อการบริโภคต่อไป โลหะอลูมิเนียมสามารถนำกลับมาหลอมละลายได้หลายครั้ง โดยสมบัติไม่เปลี่ยนไป ดังนั้นในอุตสาหกรรมกลางน้ำจึงรวมถึงกระบวนการการนำเศษอลูมิเนียมใหม่ และเศษอลูมิเนียมเก่า นำกลับมาผ่านกระบวนการทางอุตสาหกรรม เพื่อหลอมหล่ออลูมิเนียมในขั้นทุติภูมิอีกด้วย กรรมวิธีการผลิตประกอบไปด้วยกระบวนการหลอมหล่อเศษอลูมิเนียม และกระบวนการหลอมหล่อตะกรันอลูมิเนียม ดังรูปที่ 2.2 และ 2.3

1. กระบวนการหลอมหล่อเศษอลูมิเนียม

รูปที่ 2.2 กระบวนการหลอมหล่อเศษอลูมิเนียม

2. กระบวนการหลอมหล่อตะกรันอลูมิเนียม

รูปที่ 2.3 กระบวนการหลอมหล่อตะกรันอลูมิเนียม

2.2 การบดละเอียด (Grinding or Milling) [1]

การลดขนาดอนุภาควัตถุดิบเป็นกระบวนการที่มีความจำเป็นต่อการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์เซรามิก เนื่องจากการลดขนาดอนุภาคจะเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิว และทำให้รูปร่างอนุภาคเปลี่ยนไป ซึ่งจะส่งผลต่อการอัดตัว การผสมและการเกิดปฏิกิริยาทางกายภาพและเคมีของอนุภาคนั้น นอกจากนั้น การลดขนาดอนุภาคยังสามารถปรับปรุงสมบัติของอนุภาคได้อีกหลายประการ เช่น กำจัดสิ่งเจือปน ลดปริมาณรูพรุนและตำหนิต่างๆ ในเนื้อสาร ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์สำเร็จอีกด้วย [1]

การลดขนาดอนุภาคอาจแบ่งได้เป็น 2 ขั้นตอน คือ การย่อย (Grinding) และการบด (Milling) การย่อยขนาดเป็นการทำให้วัตถุดิบที่เป็นก้อนใหญ่ๆ แตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ระดับมิลลิเมตร กลไกการทำงานคล้ายกับการเคี้ยวอาหารของคนเรา กล่าวคือจะใช้แรงกด บีบ หรือกระแทกด้วยวัตถุที่แข็งกว่าจนกระทั่งวัตถุดิบแตกออกจากกันนั่นเอง ตัวอย่างของเครื่องย่อยขนาด เช่น Jaw crusher, Roll crusher, Hammer mill เป็นต้น [1]

ส่วนการบดเป็นการทำให้วัตถุดิบเล็กลงไปอีกถึงระดับไมครอนหรือเล็กกว่านั้น กลไกการทำงานจะคล้ายกับการบดอาหารในกระเพาะของสัตว์ปีก กล่าวคือ จะมีลูกบดบรรจุอยู่ในหม้อบดเพื่อทำหน้าที่เป็นตัวบด เมื่อหม้อบดหมุนไป ลูกบดจะเคลื่อนที่และเสียดสีกัน ทำให้อนุภาคที่อยู่ระหว่างลูกบดถูกกระแทกเสียดสี จนแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ การบดอาจจะทำได้ทั้งแบบเปียกและแบบแห้ง ซึ่งทั้งสองแบบก็มีข้อดีข้อเสียและการนำไปใช้งานต่างกัน [1]

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพในการบด ได้แก่ ความเร็วรอบในหมุนของหม้อบด ซึ่งจะมีผลต่อรูปแบบการเคลื่อนที่ของลูกบด การใช้ความเร็วที่เหมาะสมจะทำให้ลูกบดเกิดการเสียดสีกันและประสิทธิภาพในการบดเพิ่มขึ้น นอกจากนั้น การเลือกใช้ลูกบดก็เป็นสิ่งสำคัญ ลูกบดที่ดีควรมีพื้นที่ผิวที่สัมผัสกันมาก เพื่อให้บริเวณที่อนุภาคจะถูกบดมากขึ้น มีความหนาแน่นสูงเพื่อให้การบดเกิดได้รวดเร็วยิ่งขึ้น และต้องมีความแข็งสูงกว่าสารที่จะบดเพื่อลดการสึกหรอ ทำให้ลูกบดมีอายุใช้งานยาวนานและลดปริมาณสิ่งเจือปนในสารที่จะบดลง ลูกบดที่ใช้กันมีหลายชนิด เช่น ก้อนกรวด ปอร์ซเลน อะลูมินา และโลหะ โดยทั่วไปแล้วในการบดจะใช้ลูกบดหลายขนาดปะปนกัน โดยจะใส่ประมาณครึ่งหนึ่งของความจุหม้อบดที่ใช้ และจะมีการตรวจสอบเพื่อคัดลูกบดที่แตกหรือว่าสึกหรอจนไม่ได้ขนาดออก และเติมลูกบดใหม่ลงไปแทน เพื่อคงสัดส่วนของขนาดลูกบดที่ใช้ ซึ่งจะทำให้การบดเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ สำหรับเวลาในการบดนั้นขึ้นอยู่กับความแข็งของสารที่จะบด เช่น ในการบดวัตถุดิบจำพวกดินอาจจะใช้เวลาไม่กี่ชั่วโมง แต่หากเป็นแร่ที่มีความแข็งสูงๆ เช่น ควอร์ทซ์ หรืออะลูมินา จะต้องใช้เวลานานขึ้นเพื่อให้อนุภาคที่บดได้มีขนาดละเอียดตามต้องการ [1]

Mesh คือการวัดขนาดอนุภาคโดยใช้ตะแกรงร่อน โดยจำนวนรูต่อพื้นที่ตะแกรงหนึ่งตารางนิ้วคือ mesh หากตัวเลขยิ่งสูงจะหมายถึงจำนวนรูต่อพื้นที่ตะแกรงหนึ่งตารางนิ้วมาก ดังนั้นรูต้องเล็กลง อนุภาคละเอียดขนาด 500 mesh ก็คืออนุภาคที่รอดผ่านตะแกรงขนาด 500 mesh ได้นั่นเอง และอนุภาคละเอียดขนาด 600 mesh ก็คืออนุภาคที่รอดผ่านตะแกรงขนาด 600 mesh

ได้ ซึ่งจะละเอียดกว่า 500 mesh ในบางครั้งมีการบอกเป็นเลข 2 ตัวเช่น 100/120 ซึ่งก็คืออนุภาคที่หลุดรอดผ่านตะแกรงขนาด 100 mesh แต่ตกค้างอยู่บนตะแกรงขนาด 120 mesh

ตะแกรงเมชสแตนเลส 304 (รูปที่ 2.4) เหมาะสำหรับงานที่เกี่ยวข้องกับ อาหารและยา รวมถึงงานด้านสารเคมี ต่างๆ ที่เป็น กรด ด่าง เพื่อใช้สำหรับคัดแยกสิ่งเจอปนด้วยวิธีกรองหรือร่อนออก สำหรับเมทสแตนเลส 304 ที่มีตาขนาดเล็กสามารถกรอง คัดแยกได้ถึงอนุภาคที่มีขนาดเล็กๆในน้ำมัน เช่น Mesh 300, 325 และ 400 เป็นต้น เมชสแตนเลส 304 ตะแกรงเมช จะมีขนาดช่อง (Mesh opening) ตั้งแต่ 25 มม. (25,000 micron) ถึง 0.34 มม. (34 micron) เรามีเมชตั้งแต่ (1 Mesh – 400 Mesh) ซึ่งเป็นขนาดมาตรฐานที่นิยมใช้อยู่และสามารถหาได้ง่ายตามท้องตลาด

คุณสมบัติเด่นของตะแกรงเมชลวดสานสแตนเลส 304

– ไม่ขึ้นสนิม

– ทำความสะอาดง่าย

– ทนแดด ทนฝน หรือ ทนต่อสารเคมี หรือสารกัดกร่อน

– มีความคงทน ไม่กรอบ ไม่แหก ไม่แตก

– มีอายุการใช้งานนานยาวนาน

– สามารถทนความร้อนได้ดีกว่าเหล็ก ไม่ละลาย และ แปรสภาพ

รูปที่ 2.4 ตะแกรงเมชลวดสานสแตนเลส 304

2.3 สมมุติฐาน และกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

2.3.1 การวิจัยเพื่อตรวจสอบโครงสร้างและสมบัติทางกลของตะกรันอลูมิเนียม

ผงตะกรันอลูมิเนียมที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้เพื่อใช้เป็นวัสดุหลักที่ต้องผ่านกระบวนการวิเคราะห์และวิจัยอย่างเป็นระบบตามหลักวิทยาศาสตร์ ซึ่งกระบวนการศึกษาประกอบด้วย การวิเคราะห์ขนาดอนุภาค การวิเคราะห์รูปลักษณ์สัณฐานของอนุภาค การวิเคราะห์โครงสร้าง การ

วิเคราะห์ส่วนประกอบของธาตุ และภายหลังจากการอัดขึ้นรูปแล้ว จะต้องตรวจสอบความแข็งแรง ความเป็นรูพรุน โดยมีรายละเอียดวิธีการวิเคราะห์ดังต่อไปนี้

2.3.1.1 การวิเคราะห์รูปลักษณ์สัณฐานของอนุภาค

กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน เป็นกล้องจุลทรรศน์ที่ใช้ลำอนุภาคอิเล็กตรอนพลังงานสูงในการตรวจสอบวัตถุแทนแสงธรรมดา เนื่องจากความยาวคลื่นของลำอนุภาคอิเล็กตรอนนั้นสั้นกว่าความยาวคลื่นแสงถึง 100,000 เท่า ทำให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนสามารถให้ประสิทธิภาพของกำลังขยาย และการแจกแจงรายละเอียดได้เหนือกว่ากล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง โดยสามารถแยกรายละเอียดของวัตถุที่เล็กขนาด 10 อังสตรอม หรือ 0.1 นาโนเมตร (กล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสงจะแจกแจงรายละเอียดได้ประมาณ 0.2 ไมโครเมตร) จึงทำให้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมีกำลังขยายสูงมากถึง 500,000 เท่า และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนมี 2 ชนิด ได้แก่ Transmission electron microscope (TEM) และ Scanning electron microscope (SEM)

เนื่องจากขนาดอนุภาคผงมีขนาดอยู่ในช่วงไมโครเมตร ในงานวิจัยนี้จึงได้เลือกใช้ Scanning electron microscope (SEM) (เครื่อง SEM มีกำลังขยายสูงสุดประมาณ 10 นาโนเมตร) ดังรูปที่ 2.5 การสร้างภาพทำได้โดยการตรวจวัดอิเล็กตรอนที่สะท้อนจากพื้นผิวหน้าของตัวอย่างที่ทำการสำรวจ ซึ่งภาพที่ได้จากเครื่อง SEM นี้จะเป็นภาพลักษณะของ 3 มิติ ดังนั้นเครื่อง SEM จึงถูกนำมาใช้ในการศึกษาสัณฐานและรายละเอียดของลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง เช่น ลักษณะพื้นผิวด้านนอกของผง เครื่อง SEM ที่ใช้คือรุ่น JSM-7500FA JEOL

รูปที่ 2.5 กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนชนิดส่องกราด (Scanning Electron Microscope)

2.3.1.2 X-ray diffraction

การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบทางเฟส จะต้องใช้หลักการการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ (X-ray diffraction, XRD) จากผลึกของสารจะให้รูปแบบการเลี้ยวเบนเฉพาะตัวของสารแต่ละชนิด

ตามกฎของแบรกก์ (Bragg's Law) โดยใช้เครื่อง XRD-7000S Shimadzu ดังรูปที่ 2.6 ทำให้ทราบถึงโครงสร้างผลึกของผง ว่ามีโครงสร้างเป็นแบบใด

รูปที่ 2.6 เครื่อง X-ray diffraction

2.3.1.3 การขึ้นรูปโดยการอัดแห้ง (Hydraulic dry pressing)

ในกระบวนการตรวจสอบและทดลองจะต้องกระทำในรูปแบบ Lab scale ก่อนที่จะเข้าสู่กระบวนการผลิตในระดับอุตสาหกรรม เพื่อหาสภาวะ เงื่อนไข รูปแบบ วัสดุที่เหมาะสม ให้เป็นไปตามเป้าประสงค์ ในการขึ้นรูปด้วยการอัดแห้งจึงเป็นวิธีการก่อนการตตรวจสอบความแข็งแรงของวัสดุ ผงตะกรันจะถูกอัดที่ความดันอัดสูงถึง 650 MPa จะได้แผ่นสี่เหลี่ยมที่มีขนาด กว้างxยาวxหนา เท่ากับ 48x48x6 มม. จากนั้นกระบวนการต่อไปคือนำไปเผาผนึก (Sintering) ด้วยเครื่องเผาผนึก เมื่อสิ้นสุดกระบวนการเผาผนึก จึงนำออกมาวัดขนาดสุดท้าย และนำไปทดสอบสมบัติทางกลต่อไป

2.4 การทบทวนวรรณกรรม สารสนเทศ/(Information) ที่เกี่ยวข้อง

ดิษยพงศ์ หกสุวรรณ [2] ทำการบำบัดขั้นต้นของผงตะกรันและฝุ่นอลูมิเนียมโดยการทำปฏิกิริยากับน้ำ มีวัตถุประสงค์เพื่อลดผลกระทบของก๊าซผลิตภัณฑ์ที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยากับความชื้นในอากาศ โดยทำการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพและเคมีของผงตะกรันและฝุ่นอลูมิเนียม ลักษณะการเกิดปฏิกิริยาเคมีและสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งอัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมีเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบถังปฏิกิริยา จากการศึกษาลักษณะสมบัติทางกายภาพของผงตะกรันและฝุ่นอลูมิเนียม พบว่ามีอลูมิเนียมไนไตรด์ (AlN) เป็นสารประกอบหลักและเมื่อสัมผัสกับน้ำจะเกิดก๊าซแอมโมเนีย ในการศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยากับน้ำจะทำในถังปฏิกิริยาแบบทีละเท โดยนำผงตะกรันและฝุ่นอลูมิเนียมมาผสมกับน้ำ เพื่อศึกษาลักษณะการเกิดปฏิกิริยาที่อัตราส่วนต่างๆระหว่างผงตะกรันและฝุ่นอลูมิเนียมกับน้ำ โดยพิจารณาผลกระทบของความเร็วในการกวนผสม ผลกระทบจากความเป็นกรด-ด่าง ผลกระทบจากการเติมพลาสติกแขวนลอย ผลกระทบที่เกิดจากอุณหภูมิ และผลกระทบที่เกิดจากสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่มีประจุ (TX-100) ตามลำดับ จากการทดลอง พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างผงตะกรันอลูมิเนียมกับน้ำ คือ อัตราส่วน 1:10 ความเร็ว

ในการกวนผสม 300 รอบต่อนาที (ความเร็วเกรเดียนท์ 26 วินาที$^{-1}$) อุณหภูมิ 45 °ซ ปริมาณพลาสติกแขวนลอย 25 กรัมต่อลิตร และปริมาณสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการเกิดก๊าซแอมโมเนียร้อยละ 44.60 รวมถึงอันดับปฏิกิริยาและค่าคงที่ปฏิกิริยา (k) ที่ 0.75 และ 1.17 วินาที$^{-1}$ ตามลำดับ ในขณะที่สภาวะที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาระหว่างฝุ่นอลูมิเนียมกับน้ำ คือ อัตราส่วน 1:10 ความเร็วในการกวนผสม 300 รอบต่อนาที (ความเร็วเกรเดียนท์ 26 วินาที$^{-1}$) อุณหภูมิ 25 °ซ และปริมาณสารลดแรงตึงผิวร้อยละ 0.1 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะให้ประสิทธิภาพในการเกิดก๊าซแอมโมเนียร้อยละ 8.82 รวมถึงอันดับปฏิกิริยาและค่าคงที่ปฏิกิริยา (k) ที่ 0.51 และ 2.38 วินาที$^{-1}$ ตามลำดับ

Yun Zhou และคณะ [3] ได้ศึกษาวิธีการแก้ปัญหาโซเดียมคาร์บอเนตเพื่อให้ได้อลูมิน่าบริสุทธิ์ผงที่ศึกษามีขนาดอนุภาคระหว่าง 48-63 ไมโครเมตร ที่อุณหภูมิชะล้างของ 358 K, ชะล้างเป็นเวลา 2 ชั่วโมง, โซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้น 10% และของเหลวอัตราส่วนมั่นคงของ 8, ประสิทธิภาพการชะล้างของอลูมิเนียมเป็น 78.4% วิธีการแก้ปัญหาชะล้างให้บริสุทธิ์ที่จะเอาแคลเซียม เหล็กและไอออนซิลิเกตโดยการตกตะกอนและ $Al(OH)_3$ และ $Al(OH)_3$ ที่ถูกทำให้แห้งแล้วที่ 383 K นาน 4 ชั่วโมง สุดท้ายได้ Al_2O_3 ที่มีความบริสุทธิ์ 98.5% ที่ได้รับจากการเผาของ $Al(OH)_3$ ที่ 1,473 K เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บนพื้นฐานการทำงานในห้องปฏิบัติการ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้จะกล่าวถึงการดำเนินงานเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ โดยได้กำหนดวิธีการดำเนินการศึกษาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ที่ได้นำเสนอไว้ในบทที่ 1 โดยมีรายละเอียดของแต่ละขั้นตอนดังต่อไปนี้

3.1 วิธีการดำเนินการวิจัย

3.1.1 ศึกษาสมบัติต่างๆ ของตะกรันอลูมิเนียมกระบวนการขึ้นรูปชิ้นงาน ชิ้นทดสอบ มาตรฐานต่างๆ ในการทดสอบสมบัติต่างๆ

3.1.2 จัดหาวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ และผงตะกรันอลูมิเนียม

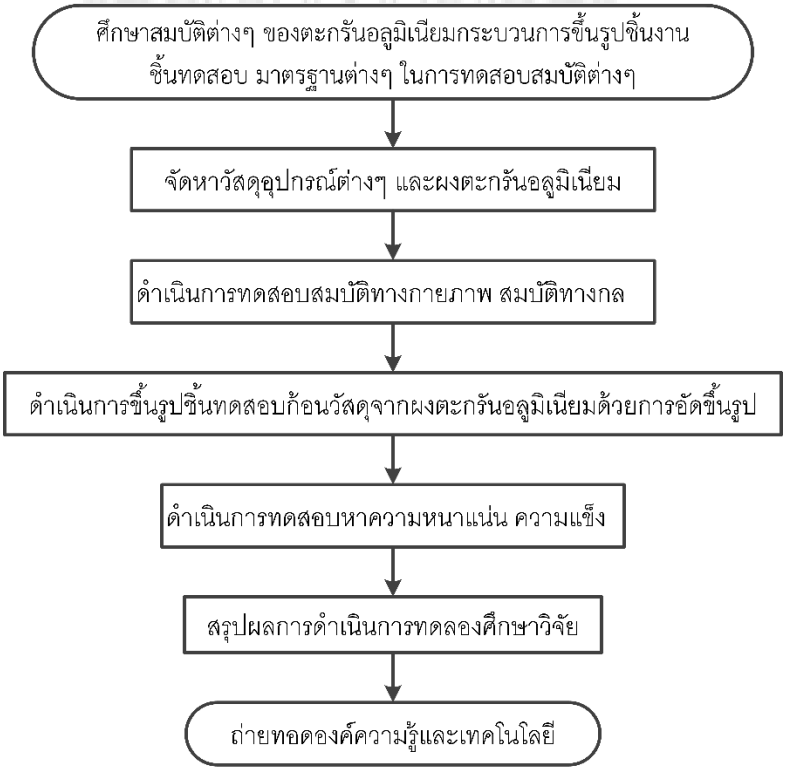
3.1.3 ดำเนินการทดสอบสมบัติทางกายภาพ สมบัติทางกล

3.1.4 ดำเนินการขึ้นรูปชิ้นทดสอบก้อนวัสดุจากผงตะกรันอลูมิเนียมด้วยการอัดขึ้นรูป

3.1.5 ดำเนินการทดสอบหาความหนาแน่น ความแข็ง

3.1.6 สรุปผลการดำเนินการทดลองศึกษาวิจัย

3.1.7 ถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยี



รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

3.2 การเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดสอบ

ตะกรันอลูมิเนียมที่ออกมาจากเครื่องโม่ จะถูกลำเลียงออกมาและแยกขนาดออกเป็นสามเกรด โดยเกรดเบอร์ศูนย์จะเป็นผงมีขนาดเล็กที่สุด และมีขนาดใหญ่ขึ้นเรื่อยๆเป็นเกรดเบอร์หนึ่งและเบอร์สองตามลำดับ ขั้นตอนการนำออกจะต้องสวมถุงมือและหน้ากากปิดหน้าและจมูก เนื่องจากการฟุ้งกระจายของเศษผงตะกรันอลูมิเนียมซึ่งเป็นพิษต่อร่างกาย นำตะกรันอลูมิเนียมไปล้างเพื่อเอาสิ่งแปลกปลอมออกไป ด้วยการล้างด้วยน้ำสะอาดหลายๆรอบ ให้ระวังการเกิดก๊าซแอมโมเนีย จึงต้องสวมผ้าปิดปากปิดจมูกทุกครั้ง และห้ามสัมผัสโดยตรงกับร่างกาย ต้องใช้ก้านโลหะคนหรือกวนตะกรันที่แช่ในน้ำ ล้างหลายๆรอบจนตะกรันเริ่มมีสีขาวขึ้น จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้งสนิท และนำตะกรันอลูมิเนียมที่แห้งสนิทไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 1 มิลลิเมตร หลงจากนั้นนำไปบดด้วยเครื่องบดลดขนาดอนุภาคดังรูปที่ 3.6 นานหนึ่งชั่วโมง และนำผงที่บดแยกไปแยกขนาดอนุภาค

รูปที่ 3.2 ตะกรันอลูมิเนียมที่แยกออกมาจากเครื่องแยกตะกรัน

รูปที่ 3.3 ตะกรันอลูมิเนียมที่ได้จากโรงงานหลอมอลูมิเนียม

รูปที่ 3.4 ลักษณะทางกายภาพของตะกรันอลูมิเนียมทั้งสามเกรด

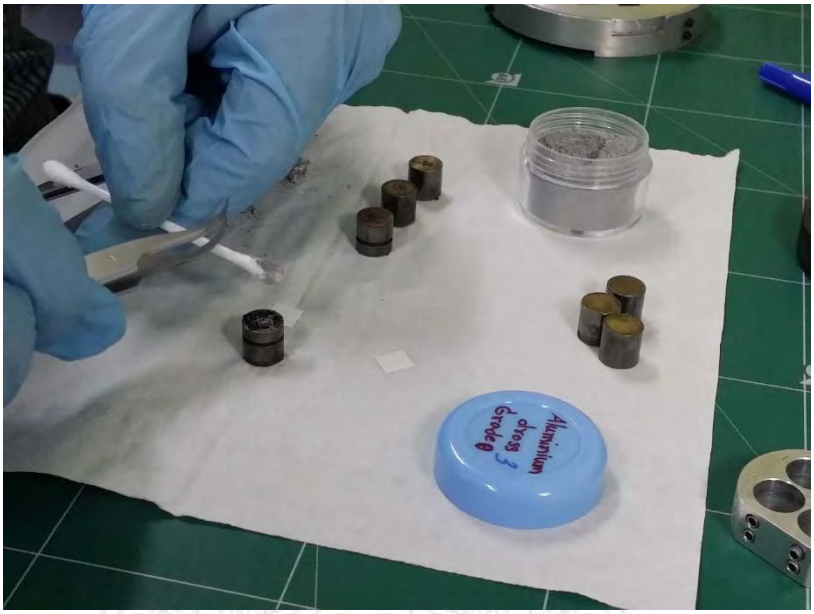
ตะกรันอลูมิเนียมที่ได้จากโรงงานหลอมอลูมิเนียมมี 3 เกรด คือ เกรด 0, เกรด 1 และเกรด 2 แต่ละเกรดมีความละเอียดของอนุภาคที่แตกต่างกัน โดยเกรด 0 จะมีลักษณะเป็นผง เกรด 1 มีขนาดใหญ่ขึ้นมาและออกเป็นก้อนเล็กๆ ส่วนเกรด 2 จะมีขนาดใหญ่ที่สุด ดังรูปที่ 3.4 เครื่องบดแนวตั้ง Vertical Mill VM-5 ดังรูปที่ 3.5 มีกำลังมอเตอร์ 5~7 1/2 Hp สามารถในการบด 50-200 กก./ชม. มีขนาด 920x620x1100

รูปที่ 3.5 เครื่องบดแนวตั้ง Vertical Mill VM-5

รูปที่ 3.6 ตัวอย่างตะกรันอลูมิเนียมที่ผ่านกระบวนการบดลดขนาด

3.3 การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค

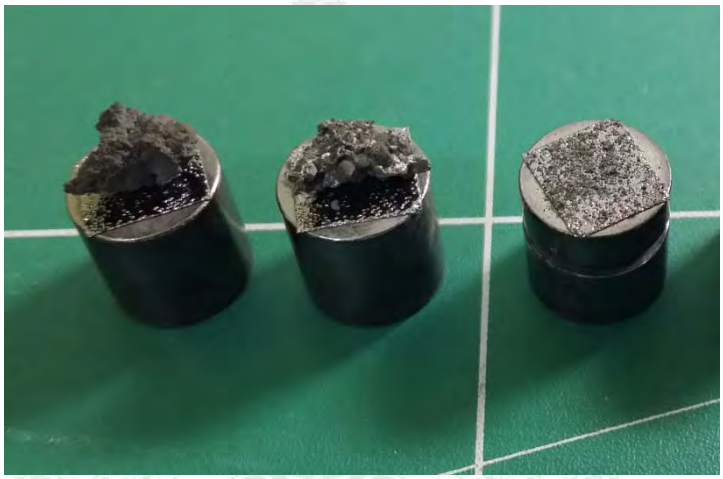
นำผงตะกรันอลูมิเนียมทั้งสามเกรดติดตั้งลงบนแท่นเตรียมชิ้นงาน เพื่อใช้นำเข้าเครื่องวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค (Scanning Electron Microscope, SEM) ดังรูปที่ 3.7 และนำเข้าเครื่อง Sputter Coater เพื่อเคลือบ Palladium บนผิวตัวอย่างให้นำไฟฟ้า เพื่อใช้ดูกับเครื่อง SEMในโหมด HV(high vacuum) ใช้ Argon Gas เพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของ Palladium ที่เคลือบผิวตัวอย่าง ดังรูปที่ 3.8 ซึ่งจะได้ผลการเคลือบดังรูปที่ 3.10 และจากนั้นนำเข้าเครื่อง SEM รูปที่ 3.11 ที่ความต่างศักดิ์ 20 kV ขยาย 1000 เท่า



รูปที่ 3.7 การเตรียมตัวอย่างตะกรันอลูมิเนียมลงบนแท่นเตรียมชิ้นงาน

รูปที่ 3.8 เครื่อง Sputter Coater

รูปที่ 3.9 ลักษณะของชิ้นงานก่อนนำเข้าเครื่อง Sputter Coater



รูปที่ 3.10 ลักษณะของชิ้นงานหลังนำออกจากเครื่อง Sputter Coater

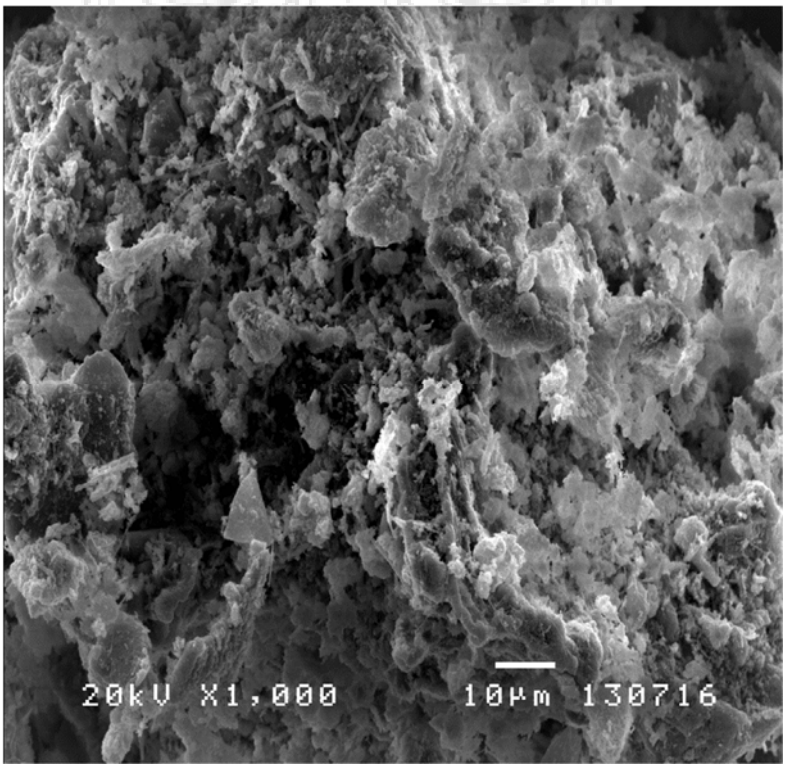
รูปที่ 3.11 เครื่อง Scanning Electron Microscope ของ JEOL รุ่น JSM-5410LV ที่ใช้ในการวิเคราะห์

บทที่ 4
ผลการทดสอบและวิเคราะห์

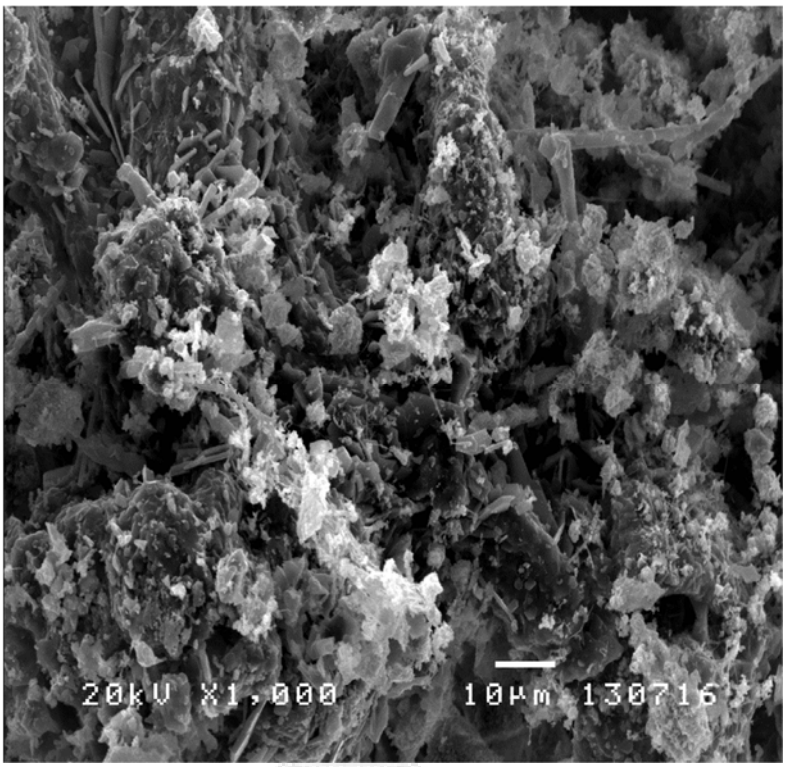
ในบทนี้เป็นการวิเคราะห์ผลการทดสอบที่ต่อเนื่องจากบทที่ 3 การวิเคราะห์ตะกรันอลูมิเนียมประกอบด้วยการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคและที่จะเห็นลักษณะทางกายภาพ และการวิเคราะห์เชิงคุณภาพที่จะทำให้ทราบความเป็นธาตุในตัวเองหรือไม่ อีกทั้งยังมีการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณที่จะบ่งบอกถึงเปอร์เซ็นของธาตุผสม

4.1 ผลการวิเคราะห์ทางโครงสร้าง

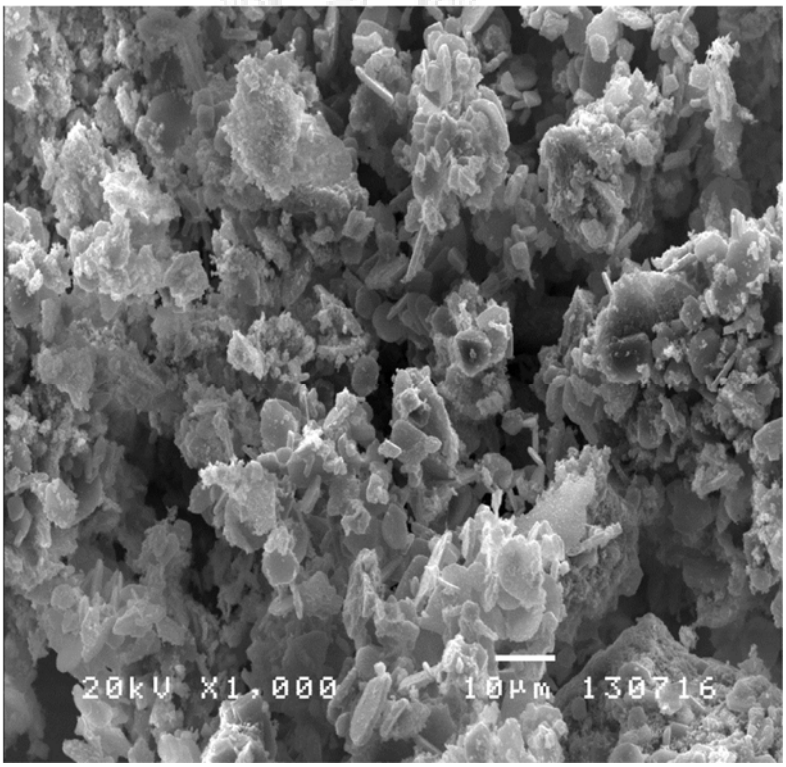
ผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วย SEM แสดงให้เห็นลักษณะพื้นผิวทางกายภาพของตะกรันอลูมิเนียม ขนาด และรูปร่างของอนุภาคผง ในตำแหน่งที่น่าสนใจบนชิ้นงาน และแสดงให้เห็นลักษณะและการกระจายของเฟสในโครงสร้างจุลภาค รวมไปถึงลักษณะของชิ้นงานทางด้านชีววิทยา ฯลฯ นอกจากนี้ยังเชื่อมต่อกับอุปกรณ์วิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy Dispersive X-Ray Spectrometer; EDS) ซึ่งช่วยในการศึกษา ชนิด ปริมาณ และการกระจายขององค์ประกอบธาตุของวัสดุได้ ซึ่งข้อมูลหรือผลการวิเคราะห์ที่ได้สามารถนำไปใช้ในการพัฒนางานวิจัย งานในกระบวนการผลิต งานวิเคราะห์ความเสียหายของวัสดุ แก้ไขปัญหาอุตสาหกรรม และควบคุมคุณภาพของวัสดุได้



รูปที่ 4.1 โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์



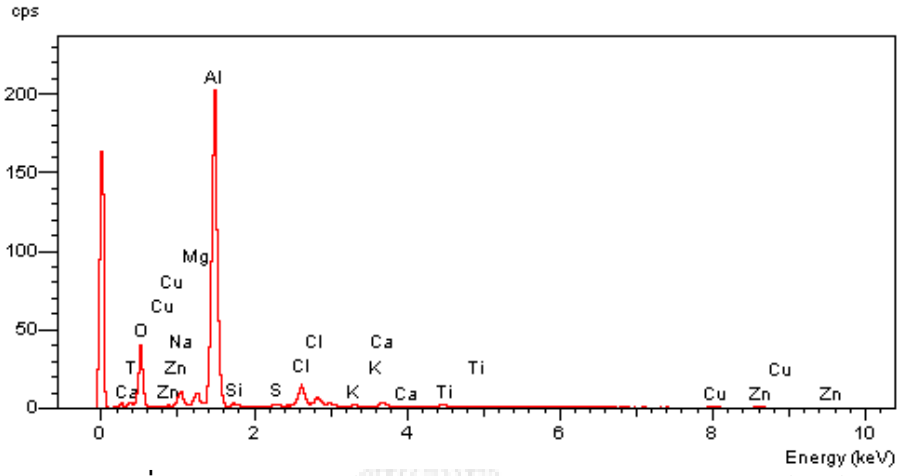
รูปที่ 4.2 โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมเกรดเบอร์หนึ่ง



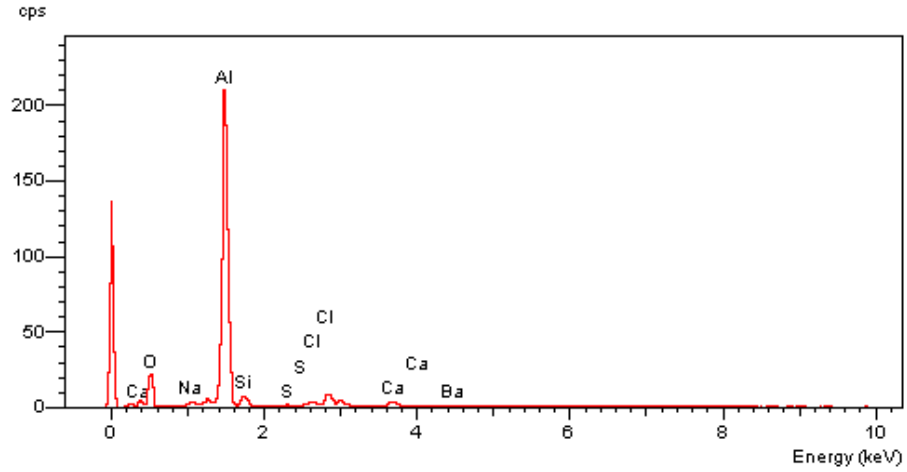
รูปที่ 4.3 โครงสร้างจุลภาคของอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง

4.2 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและคุณภาพ

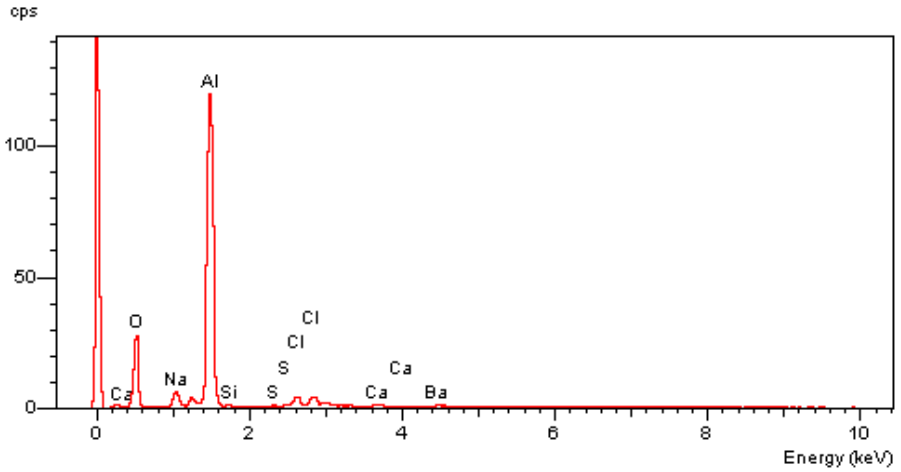
จากรูปที่ 4.4-4.6 เห็นได้ว่าจะมีอลูมิเนียมเป็นส่วนประกอบสูงที่สุดในปริมาณที่ไม่ต่ำกว่า 80% ความเป็นผลึกของอลูมิน่ามีมากในตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง และแน่นอนว่าอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์มีปริมาณผลึกที่น้อยที่สุด



รูปที่ 4.4 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์



รูปที่ 4.5 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของอลูมิเนียมเกรดเบอร์หนึ่ง



รูปที่ 4.6 การวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณของอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง

จากการวิเคราะห์ธาตุเชิงปริมาณและคุณภาพ พบว่ามีรายงานผลดังข้อมูลต่อไปนี้

กรณีสำหรับตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).

Analysed elements combined with: O (Valency: -2)

Method: Stoichiometry Normalised results.

Nos. of ions calculation based on 1 cations per formula.

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %	Compound	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	3.14	2.91	Na2O	4.23	0.07
Mg K	ED	1.61	1.41	MgO	2.68	0.03
Al K	ED	43.13	34.05	**Al2O3**	**81.50**	**0.84**
Si K	ED	0.72	0.54	SiO2	1.53	0.01
S K	ED	0.34	0.22	SO3	0.84	0.01
Cl K	ED	3.95	2.37		0.00	0.06
K K	ED	0.31	0.17	K2O	0.38	0.00
Ca K	ED	0.79	0.42	CaO	1.11	0.01
Ti K	ED	0.19	0.08	TiO2	0.32	0.00
Cu K	ED	0.71	0.24	CuO	0.88	0.01
Zn K	ED	0.78	0.25	ZnO	0.97	0.01
Ba L	ED	1.45	0.22	BaO	1.62	0.01
O		42.88	57.10		1.41	
Total		100.00	100.00		96.05	

กรณีสำหรับตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์หนึ่ง

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).

Analysed elements combined with: O (Valency: -2)

Method: Stoichiometry Normalised results.

Nos. of ions calculation based on 1 cations per formula.

Elmt	Spect. Type	Element Wt%	Atomic %	Compound	Compound %	Nos. of ions
Na K	ED	0.88	0.79	Na2O	1.18	0.02

Al K	ED	47.04	36.09	**Al2O3**	**88.88**	**0.91**
Si K	ED	2.73	2.02	SiO2	5.85	0.05
S K	ED	0.17	0.11	SO3	0.43	0.00
Cl K	ED	0.80	0.47		0.00	0.01
Ca K	ED	1.34	0.69	CaO	1.87	0.02
Ba L	ED	0.89	0.13	BaO	1.00	0.00
O		46.15	59.71		1.50	
Total		100.00	100.00		99.20	

กรณีสำหรับตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง

System resolution = 61 eV

Quantitative method: ZAF (3 iterations).

Analysed elements combined with: O (Valency: -2)

Method: Stoichiometry Normalised results.

Nos. of ions calculation based on 1 cations per formula.

Elmt	Spect. Type	Element %	Atomic %	Compound		Nos. of ions
Na K	ED	3.43	3.11	Na2O	4.63	0.08
Al K	ED	47.42	36.56	**Al2O3**	**89.60**	**0.90**
Si K	ED	0.64	0.48	SiO2	1.37	0.01
S K	ED	0.18	0.12	SO3	0.46	0.00
Cl K	ED	2.04	1.20		0.00	0.03
Ca K	ED	0.49	0.26	CaO	0.69	0.01
Ba L	ED	1.09	0.16	BaO	1.21	0.00
O		44.70	58.12		1.43	
Total		100.00	100.00		97.96	

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการเตรียมตะกรันอลูมิเนียมและผ่านกระบวนการวิเคราะห์เพื่อศึกษาโครงสร้างของตะกรันอลูมิเนียมนั้นพบว่าอลูมิเนียมเกรดเบอร์สอง จะมีความเป็นผลึกของอลูมิน่ามากกว่าตะกรันอลูมิเนียมเกรดเบอร์ศูนย์ สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานในด้านอื่นๆ เช่นการนำไปผลิตเป็นเกราะกันกระสุนได้ อย่างไรก็ตามในเนื้อตะกรันอลูมิเนียมยังมีการปลอมปนของธาตุอื่นอยู่ ซึ่งจะส่งผลต่อสมบัติทางกลเมื่อนำไปผลิตเป็นชิ้นงาน นอกเหนือจากอลูมิน่า (Al_2O_3) ที่จะมีอยู่เป็นส่วนประกอบหลักแล้วประมาณ 80-90% แล้วยังมีโซเดียมออกซ์ (Na_2O) ที่มีเปอร์เซ็นรองลงมาจากอลูมิน่า โดยมีสัดส่วนประมาณ 5% และจัดได้ว่ามีอยู่ในตะกรันอลูมิเนียมทุกเกรด การวิเคราะห์ทำให้ทราบปริมาณของธาตุต่างๆที่มีอยู่ ซึ่งทำให้สามารถพิจารณานำไปประยุกต์ใช้งานต่อไปได้อย่างเหมาะสม

5.2 ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากตะกรันอลูมิเนียมมีความเป็นพิษ เมื่อได้รับความชื้นหรือน้ำ จะเกิดเป็นก๊าซแอมโมเนีย ในกระบวนการล้างทำความสะอาดด้วยการล้างน้ำจึงต้องมีความระมัดระวัง และน้ำหลังการชะล้างจะเป็นน้ำที่มีปนเปื้อนโลหะหนัก หากไม่มีทำการกำจัดอย่างถูกวิธีจะเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมและสังคม

เอกสารอ้างอิง

[1] On-line. Available from: http://www.material.chula.ac.th/RADIO4 7 / June/radio6-2.htm , accessed 8 July 2016

[2] ดิษยพงศ์ หกสุวรรณ. การบำบัดผงตะกรันอลูมิเนียมและฝุ่นอลูมิเนียมโดยการทำปฏิกิริยากับน้ำ. วิทยานิพนธ์ วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม วิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2012.

[3] Yun Zhou, Liushun Wu, JueWang, HaichuanWang, Yuanchi Dong. Alumina extraction from high-alumina ladle furnace refining slag. Journal of Hydrometallurgy. Vol.140 (2013). P.14–19.

ภาคผนวก

ประวัตินักวิจัย

<u>หัวหน้าโครงการวิจัย</u>

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายธีระวัฒน์ แม้นด้วง
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Teerawat Mandoung
2. ตำแหน่งบริหารวิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน/
   ตำแหน่งบริหาร -
   ตำแหน่งวิชาการ อาจารย์
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย 24 ชั่วโมง : 1 สัปดาห์
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   สาขาวิชาเทคโนโลยีแม่พิมพ์เครื่องประดับ คณะวิศวกรรมศาสตร์
   มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
   1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
   โทรศัพท์: 02-9132424 ต่อ 4187
   โทรสาร: 02-9132424 ต่อ 4187
   E-mail: teerawat_gt.c@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา
   2534-2536 ปวส. ช่างกลโรงงาน งานรองเครื่องจักรกลอัตโนมัติ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตพระนครเหนือ
   2536-2538 คอ.บ. วิศวกรรมอุตสาหการ – เครื่องมือกล คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
   2542-2545 วศ.ม. เทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
   การทดสอบทางกล , ไทรโบโลยี , ปรับปรุงสมบัติโลหะมีค่าสำหรับการผลิตเครื่องประดับ , การปรับปรุงสมบัติทางกลและไทรโบโลยีของ ,การหล่อเครื่องประดับUHMWPE ด้วยไมโคร-นาโนฟิลเลอร์และเทคนิคทางกล, Precious Metal Metallurgy, Investment Casting, Metal Thermal Processing, Polymer Tribology
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัยหัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
   6.1 ผู้อำนวยแผนงานวิจัย: การศึกษาพัฒนาส่วนผสมโลหะเงินเจือต่ำ 58.33 wt% AgCuSn สำหรับการผลิตตัวเรือนเครื่องประดับ ทุนสนับสนุนงานวิจัยงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2557

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย: การศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของธาตุเจือทองแดงและดีบุกที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ (ความแตกต่างของค่าระดับสี)และพฤติกรรมความต้านทานการหมองของโลหะเงินเจือต่ำ 58.33 wt% AgCuSn ทุนสนับสนุนงานวิจัยงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2557

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว:

<u>หัวหน้าโครงการ</u>

1. หัวหน้าโครงการ“การออกแบบและพัฒนาสร้างแม่พิมพ์ขึ้นรูปชิ้นส่วนเครื่องประดับ” ทุน สนับสนุนงานวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า ธนบุรี 2549

2. T.Mandoung, S.V.panin, L.R.Ivanova, L.A.Kornienko “Influence of Polypropylene onto Wear Resistance and Tensile Property of UHMWPE-based Composites” 6th International Scientific Conference «Modern Problems of Engineering» 28 September - 2 October 2011 Tomsk, Russia

3. การศึกษาวิเคราะห์อิทธิพลของธาตุเจือทองแดงและดีบุกที่มีผลต่อสมบัติทางกายภาพ (ความแตกต่างของค่าระดับสี) และพฤติกรรมความต้านทานการหมองของโลหะเงินเจือต่ำ 58.33 wt% AgCuSn ทุนสนับสนุนงานวิจัยงบประมาณรายจ่าย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 2557

<u>ผู้ร่วมโครงการ</u>

1. S.V.panin, L.A.Kornienko, L.R.Ivanova, S.Piriyaon, T.Poowadin, T.Mandoung, N.Sonjaitham, S.V.Shilko and V.P.Sergeev, “Design of Polymeric UHMWPE-based Composites with Increased Tribotechnical Properties By Mechanical Activation Ion Implantation, Chemical Modification and Nanofiller Enforcement”, 3rd International Conference on Heterogeneous Material Mechanics (ICHMM-2011), 22-26 May 2011, Shanghai (Chong Ming Island), China.

2. S.V.panin, L.A.Kornienko, T.Poowadin, S.Piriyaon, T.Mandoung, N.Sonjaitham, L.R.Ivanova, V.P.Sergeev and S.V.Shilko, “Influence of Chemical Modification and High-Energy Irradiation on Physical-Mechanical and Tribotechnical Properties of UHMWPE-based Nanocomposites”, 13th International Conference Mesomechanics 2011, 6-8 July 2011, Vicenza, Italy.

3. S.V. Panin, L.A. Kornienko, T. Poowadin, S. Piriyaon, T. Mandoung, N. Sonjaitham, L.R. Ivanova, V.P. Sergeev and S.V. Shilko, “Effect of chemical modification and high-energy irradiation onto physical-mechanical properties of UHMWPE-based nanocoposites”. 4th National conference on nanomaterial, 1-4 Mach 2011, Moscow, Russia. P. 472

4. S.V. Panin, L.A. Kornienko, T. Poowadin, S. Piriyaon, T. Mandoung, N. Sonjaitham, L.R. Ivanova, V.P. Sergeev and S.V. Shilko, “Modification method of ultra-high molecular polyethylene for creation wear resistance of polymer composites”. International Conference on Physical Mesomechanics, computer design and development of new materials. 5–9 September 2011, Tomsk, Russia. P. 291-292

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ: การศึกษาเทคนิคการขึ้นรูป UHMWPE ด้วย Ram extruder เพื่อให้ได้วัสดุที่มีสมบัติทางกลและทางด้านไทรโบโลยีที่เหมาะสมสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้งานทางด้านการแพทย์และชิ้นส่วนเครื่องจักรกลอุตสาหกรรม ทุนสนับสนุนงานวิจัย ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ สถานภาพโครงการแล้วเสร็จ 95%

<u>นักวิจัยร่วม</u>

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายชีวณันภ์ เกิดเพียร
   (ภาษาอังกฤษ) Mr. Chewanan Kerdpean
2. ตำแหน่งบริหารวิชาการ ที่เป็นปัจจุบัน/
   ตำแหน่งวิชาการ -
   เวลาที่ใช้ทำวิจัย 20 ชั่วโมง : 1 สัปดาห์
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
   บริษัท EVENT ORGANISOR SCHOOL MEDIA NETWORK จำกัด
   995 ถนนสุขาภิบาล 1 แขวงบางแค เขตบางแค กรุงเทพ 10160
   E-mail: chewanunk@hotmail.com
4. ประวัติการศึกษา
   ปริญญาตรี สาขาบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา พ.ศ.2537
5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขา (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)วิชาการ
   - คอมพิวเตอร์เทคโนโลยี (Technology Computer)
   - เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย
   6.1 หัวหน้าโครงการวิจัย: -
   6.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว: -