โลหะกับการพัฒนาประเทศ

บทที่ 12

อะลูมิเนียม

กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

บทที่ 12
อะลูมิเนียม

โลหะอะลูมิเนียมเป็นธาตุเริ่มเป็นที่รู้จักของมนุษย์เมื่อไม่นนมานี้ โดยมีการค้นพบครั้งแรกในปี ค.ศ. 1820 ณ แหล่งบอกไซด์ ประเทศฝรั่งเศส ซึ่งต่อมาได้ใช้เป็นชื่อเรียกแร่อะลูมิเนียมจนถึงปัจจุบัน แม้โลหะอะลูมิเนียมจะเป็นธาตุชนิดใหม่ แต่มีคุณสมบัติเด่นหลายประการและสามารถนำไปใช้ได้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายประเภท ทำให้การใช้ประโยชน์จากโลหะอะลูมิเนียมมีปริมาณเพิ่มขึ้นมาโดยตลอด จนนับเป็นโลหะนอกกลุ่มเหล็กที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดในโลก โดยปัจจุบันมีปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมทั่วโลกประมาณ 28 ล้านตันต่อปี คิดเป็นปริมาณการใช้ที่เพิ่มขึ้นจากเมื่อ 20 ปีที่แล้วถึงร้อยละ 75

คุณสมบัติทั่วไปของตะกั่ว

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- น้ำหนักอะตอม	26.98
- ระบบผลึก	FCC
- ความหนาแน่น (ที่ 20 ^{o}C)	2.70 g.cm^{-3}
- จุดหลอมเหลว	660 ^{o}C
- จุดเดือด	2,519 ^{o}C
- ความต้านทานไฟฟ้า (ที่ 20 ^{o}C)	26.50 nΩ.m
- สัมประสิทธิ์การขยายตัว (ที่ 20 ^{o}C)	23.1 μm.m^{-1}.K^{-1}

คุณสมบัติเชิงกล

- Youngs modulus	70 GPa
- Shear modulus	26 GPa
- Brinell hardness	245 MPa

การใช้ประโยชน์ของโลหะอะลูมิเนียม

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเด่นในหลายด้าน เช่น มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีกำลังวัสดุต่อหน่วยสูง (High Strength to weight ratio) มีคุณสมบัติที่ยืดตัวได้ง่ายและมีความเหนียวมาก ทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่าย มีจุดหลอมเหลวต่ำและมีคุณสมบัติการไหลของน้ำโลหะที่ดี ทำให้มีความสามารถในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้ดี มีค่าการนำไฟฟ้าที่ดี มีค่าการนำความร้อนสูง และผิวหน้าของโลหะอะลูมิเนียมมีดัชนีการสะท้อนของแสงสูง ดังนั้นโลหะอะลูมิเนียมจึงนำไปใช้ประโยชน์อย่างกว้างขวาง เช่น

1) เนื่องจากอะลูมิเนียมมีความแข็งแรงเทียบกับน้ำหนักสูง จึงนิยมใช้ทำเครื่องจักรอุปกรณ์ตลอดจนชิ้นส่วนหลายอย่างในเครื่องบิน จรวด และรถยนต์ เพื่อลดน้ำหนักของยานพาหนะให้น้อยลง และช่วยในการประหยัดเชื้อเพลิง

2) อะลูมิเนียมสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศได้ดี ทำให้เกิดฟิล์มอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ที่ผิวของชิ้นงาน ซึ่งฟิล์มนี้มีความแน่นทึบมากจึงช่วยให้สามารถต่อต้านการเป็นสนิมได้ด้วยตัวเองและต้านทานการกัดกร่อนในชั้นบรรยากาศได้ดี ดังนั้นโลหะอะลูมิเนียมจึงนิยมนำไปใช้งานในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น ใช้ทำท่อ กรอบประตู กรอบหน้าต่าง และวัสดุก่อสร้างต่าง ๆ เป็นต้น

3) อะลูมิเนียมสามารถผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้หลายชนิด เช่น ซิลิกอน ทองแดง แมกนีเซียม และสังกะสี ซึ่งโลหะอะลูมิเนียมผสมแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันทำให้มีขอบเขตการใช้งานที่กว้างขวางมาก

4) ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในงานที่ต้องคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นสำคัญ เช่น สายไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

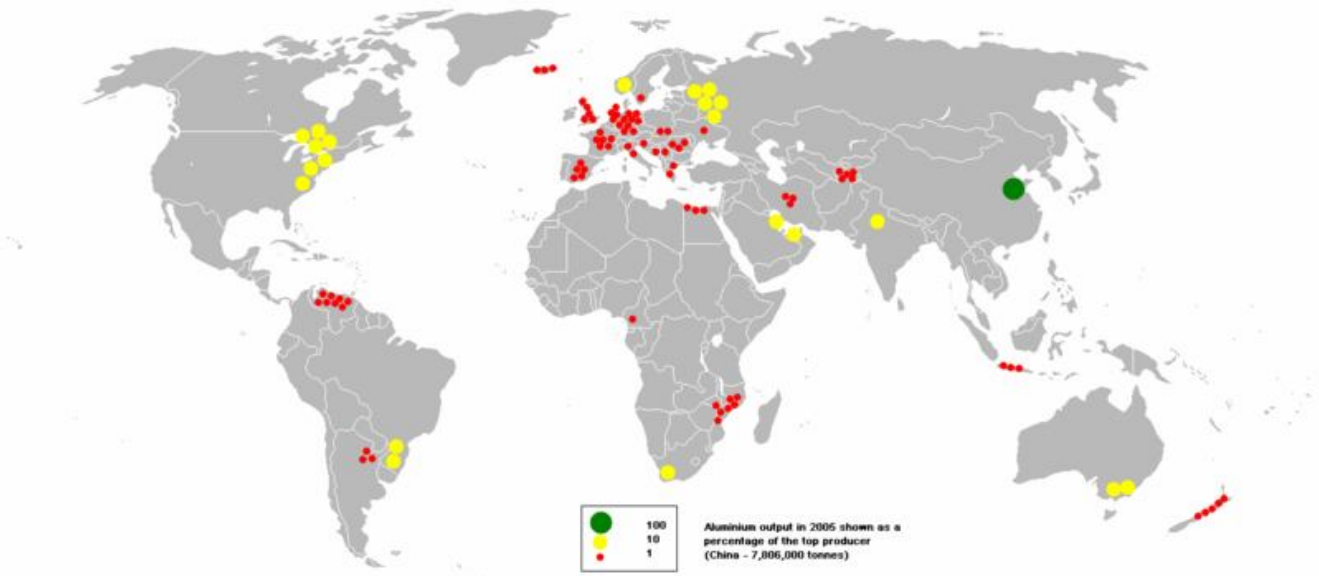
5) เหมาะสำหรับใช้ทำเป็นภาชนะหุงต้มหรือหีบห่อบรรจุอาหาร โดยเฉพาะกระป๋องที่บรรจุเครื่องดื่มคาร์บอนเนต เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและทนต่อการ กัดกร่อนได้ดี โดยปัจจุบันกระป๋องเครื่องดื่มกว่าร้อยละ 97 และกระป๋องเบียร์เกือบทั้งหมดล้วน ทำจากโลหะอะลูมิเนียมทั้งสิ้น

6) ใช้ทำแผ่นสะท้อนแสงในแฟลชถ่ายรูป จานสะท้อนแสงในโคมไฟหรือไฟหน้ารถยนต์

รูปที่ 12.1 การใช้ประโยชน์โลหะอะลูมิเนียม
(ที่มา: www.aluminium.org)

การผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากแร่

อะลูมิเนียมเป็นธาตุที่พบบนพื้นผิวโลกมากที่สุดชนิดหนึ่ง (ประมาณร้อยละ 8 ของธาตุทั้งหมด) โดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของอะลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) ซึ่งเกิดขึ้นปะปนกับซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) และเหล็กออกไซด์ (Fe_2O_3) แร่อะลูมิเนียมที่สามารถนำมาถลุงเป็นโลหะจะเป็นแร่ที่มีปริมาณซิลิกอนออกไซด์ต่ำ ได้แก่ แร่บอกไซด์ (Bauxite) และแร่เคโอลิไนต์ (Kaolinite) นอกจากนี้ยังมีแร่ที่มีปริมาณอะลูมิเนียมไม่มากแต่สามารถนำมาผลิตเป็นโลหะในเชิงพาณิชย์ได้ เช่น แร่เนเฟไลน์ (Nepheline) และแร่อะลูไนต์ (Alunite) เป็นต้น แหล่งแร่อะลูมิเนียมที่สำคัญในปัจจุบัน ได้แก่ ประเทศสหรัฐอเมริกา กินี ออสเตรเลีย จาไมกา ซูรินัม และจีน เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 12.2 สำหรับในแถบเอเชียตะวันออกเฉียงใต้มีการค้นพบแหล่งแร่อะลูมิเนียมในประเทศเวียดนาม แต่ไม่มีการสำรวจพบแหล่งแร่บอกไซด์ที่มีศักยภาพในเชิงพาณิชย์ในประเทศไทย ตารางที่ 12.1 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตแร่บอกไซด์ของประเทศต่าง ๆ



รูปที่ 12.2 แหล่งแร่บอกไซด์ที่สำคัญของโลก
ที่มา: www.wikipedia.org

ตารางที่ 12.1 ข้อมูลการผลิตแร่บอกไซด์ของโลกระหว่างปี 2544-2548

หน่วย: ล้านตัน

ประเทศ	ปี 2544	ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548
กรีซ	1.903	2.492	2.418	2.396	2.441
รัสเซีย	4.805	4.586	5.442	6.018	6.409
กินี	17.312	17.480	17.072	18.800	19.237
จาไมกา	12.370	13.119	13.445	13.296	14.118
บราซิล	13.388	13.148	18.457	20.949	22.035
ซูรินัม	4.394	4.002	4.215	4.087	4.757
เวเนซูเอลา	4.585	5.191	5.446	5.815	5.900
จีน	8.650	12.959	14.567	17.518	18.000
อินเดีย	8.689	9.867	10.925	11.964	12.335
คาซัคสถาน	3.685	4.377	4.737	4.705	4.815
ออสเตรเลีย	53.799	54.135	55.602	56.593	59.959
อื่น ๆ	6.420	5.644	6.674	5.859	5.994
รวม	**140.000**	**147.000**	**159.000**	**168.000**	**176.000**

ที่มา: British Geological Survey

รูปที่ 12.3 แร่บอกไซด์และการทำเหมืองแร่บอกไซด์บนพื้นดินและใต้ดิน

(ที่มา: www.alcoa.com)

การสกัดโลหะอะลูมิเนียมจากแร่บอกไซด์ ประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การสกัดอะลูมินา

แร่อะลูมิเนียมทุกชนิดก่อนที่จะนำไปถลุงเพื่อผลิตโลหะอะลูมิเนียม จะต้องถูกนำมาบดให้ละเอียดและทำการแยกเอาอะลูมิเนียมออกไซด์หรืออะลูมินาออกก่อน ซึ่งการสกัดอะลูมินามีหลายวิธีขึ้นอยู่กับปริมาณของอะลูมินาในแร่ โดยวิธีที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมผลิตโลหะอะลูมิเนียมมี 2 วิธี ได้แก่ กระบวนการเบเยอร์ (Bayer Process) และ กระบวนการฟิวชั่น (Fusion process) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กระบวนการเบเยอร์

เป็นกรรมวิธีที่คิดค้นโดยวิศวกรชาวออสเตรีย และเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่

1) นำแร่ที่ผ่านการบดละเอียดและอบแห้ง ไปละลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่อุณหภูมิประมาณ 150^{O}C อะลูมินาในแร่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายได้โซเดียมอะลูมิเนต ($NaAlO_2$) ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 1 สำหรับสารเจือปนอื่น ๆ ที่ติดมากับแร่ เช่น เหล็ก และไทเทเนียมออกไซด์จะไม่ละลาย และตกตะกอนอยู่ที่ก้นถัง

$$Al_2O_3 + 2Na(OH) \longrightarrow 2NaAlO_2 + H_2O \qquad 1$$

2) นำสารละลายโซเดียมอะลูมิเนตที่ได้จากการกรอง ไปทำให้เจือจางโดยเติมน้ำภายในถัง แล้วเติมตัวเร่งการตกผลึก (Seeding agent) เพื่อให้เกิดการตกผลึกของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2

$$2NaAlO_2 + 4H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 2Na(OH) \qquad 2$$

3) กรองเอาอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ออกมาแล้วนำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 1200^{O}C จะได้ผงอะลูมิน่า (Al_2O_3) ซึ่งมีสีขาวดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 3

$$Al(OH)_3 \longrightarrow Al_2O_3 + H_2O \qquad 3$$

ในกระบวนการสกัดอะลูมินาจากแร่ด้วยวิธีของเบเยอร์ จะมีอะลูมิเนียมส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับตะกอนแร่ และถ้าในแร่มีซิลิกาสูงปริมาณการสูญเสียก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับแร่อะลูมิเนียมที่มีปริมาณซิลิกาต่ำ หรือแร่ที่ผ่านการแต่งโดยเติมปูนขาวลงไปผสมกับแร่อะลูมิเนียมในขั้นตอนการบดแร่

กระบวนการฟิวชั่น

กระบวนการนี้จะไม่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แต่จะใช้โซดาแอช (Na_2CO_3) เผารวมกับแร่อะลูมิเนียมที่อุณหภูมิประมาณ 800–1200 ^{O}C โดยอะลูมินาจะทำปฏิกิริยากับโซดาแอชให้โซเดียมอะลูมิเนต ($NaAlO_2$) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 4

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaAlO_2 + CO_2 \qquad 4$$

โซเดียมอะลูมิเนตที่ได้จะนำไปละลายน้ำ และทำให้ตกตะกอนเป็นอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) จากนั้นจึงกรองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 1200 ^{O}C เพื่อให้ได้ผงอะลูมินา (Al_2O_3) ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 3

2. การแยกโลหะอะลูมิเนียมออกจากอะลูมินา

การแยกโลหะอะลูมิเนียมออกจากอะลูมินาที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมถลุงอะลูมิเนียมมากที่สุดได้แก่ วิธีของ Hall และ Heroult ซึ่งเป็นการแยกอะลูมิเนียมด้วยกระแสไฟฟ้าโดยใช้สารละลายไครโอไลต์ (Na_3AlF_6) เป็นสารละลายอิเล็กทรอไลต์ ขั้นตอนการแยกอะลูมิเนียมออกจากอะลูมินามีรายละเอียดดังนี้

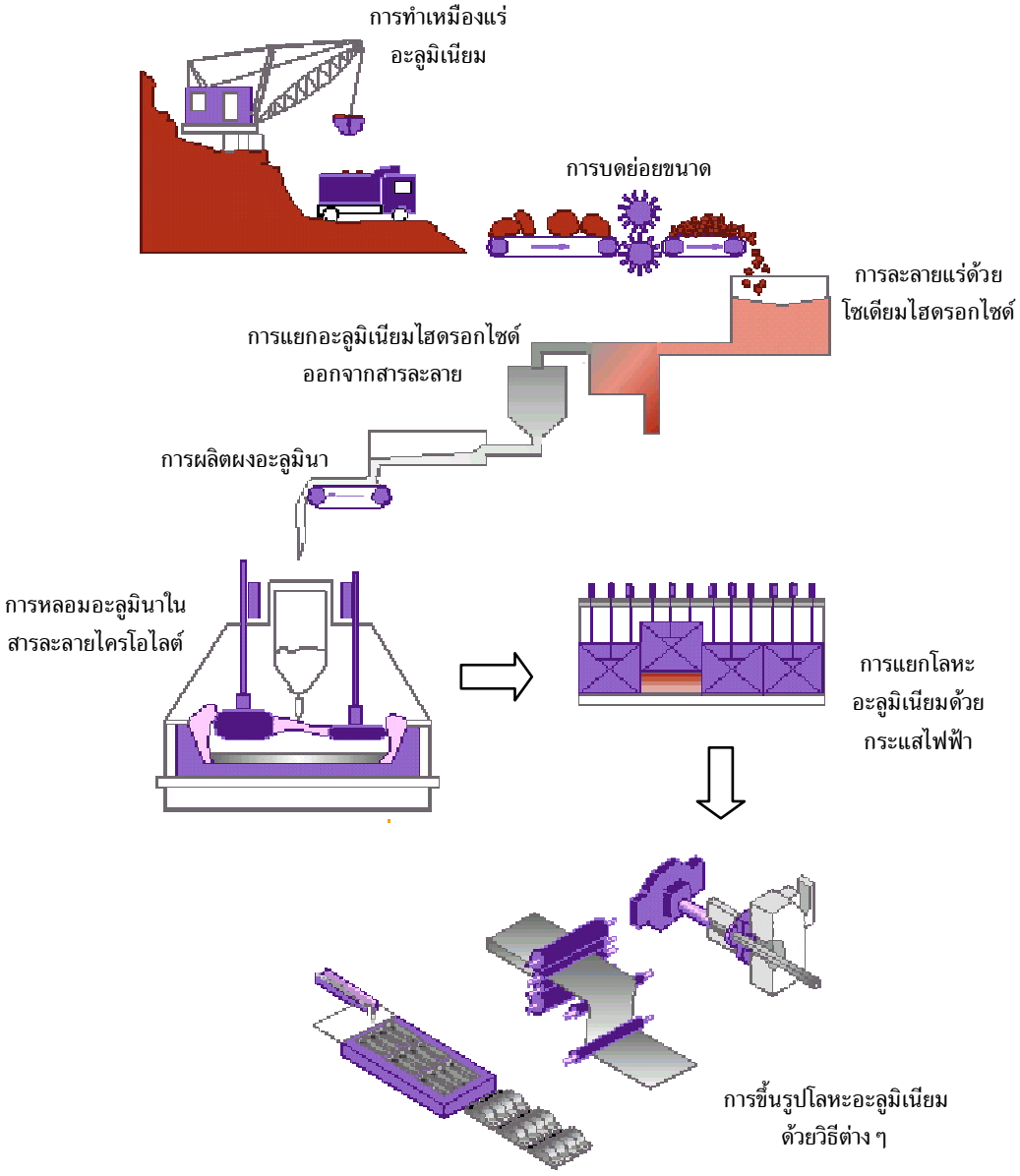
1) หลอมละลายผงไครโอไลต์ที่อุณหภูมิประมาณ 1000 ^{O}C ในบ่อเซลล์ที่ผนังทำด้วยเหล็กบุด้วยคาร์บอน และมีแท่งทองแดงฝังอยู่ภายในโดยจะต่อสายไฟไปยังขั้วลบของแหล่งกำเนิดไฟฟ้า ด้านบนของบ่อเซลล์จะมีแท่งคาร์บอนแขวนไว้ด้วยแท่งทองแดงบัสบาร์ โดยต่อสายไฟไปยังขั้วบวก แท่งคาร์บอนจะทำหน้าที่เป็นขั้วแอโนดและแผ่นคาร์บอนที่ก้นบ่อเซลล์จะทำหน้าที่เป็นขั้วแคดโทด

2) เติมผงอะลูมินาลงไปในไครโอไลต์หลอมเหลว ขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเล็กทรอไลต์จะเกิดปฏิกิริยาแตกตัวของสารละลายอะลูมินาและไครโอไลต์ดังปฏิกิริยาที่ 5

$$Al_2O_3 \longrightarrow Al^{3+} + AlO_3^{3-} \qquad 5$$

3) ไอออนบวกของอะลูมิเนียมจะวิ่งไปยังขั้วแคดโทด และจะปล่อยอิเล็กตรอนผ่านไปยังขั้วแคดโทด ทำให้ได้โลหะอะลูมิเนียมหลอมละลายอยู่ก้นบ่อเซลล์ เมื่ออะลูมิเนียมเพิ่มปริมาณมากขึ้นจะถูกเจาะเอาออกหรือดูดออกเพื่อนำไปเทลงไปแบบหล่อต่อไป

การแยกอะลูมิเนียมด้วยวิธีของ Hall และ Heroult จะใช้กระแสไฟฟ้าประมาณ 16,600-18,000 Kwh โดยใช้อะลูมิน่าประมาณ 1.98 ตัน ไครโอไลต์ 0.1 ตัน และแท่งคาร์บอน 0.6 ตันต่อการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจำนวน 1 ตัน ซึ่งปริมาณกระแสไฟฟ้าจำนวนมากที่ใช้ทำให้ประเทศที่มีอัตราค่าไฟที่สูงดังเช่นประเทศไทย ไม่สามารถดำเนินอุตสาหกรรมถลุงโลหะอะลูมิเนียมได้ เพราะต้นทุนที่ใช้ในการผลิตจะสูงกว่าราคาตลาดโลกมาก



รูปที่ 12.4 กรรมวิธีการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากแร่บอกไซด์
(ที่มา: www.world-aluminum.org)

การผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากเศษโลหะ

การถลุงโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิหรือการหมุนเวียนอะลูมิเนียม เป็นกรรมวิธีการผลิตอะลูมิเนียมที่ได้รับความนิยมมากขึ้นเรื่อย ๆ ในปัจจุบัน เนื่องจากใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงร้อยละ 5 ของการผลิตโลหะอะลูมิเนียมปฐมภูมิ อีกทั้งยังเป็นกรรมวิธีที่ช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมโดยใช้การหมุนเวียนอะลูมิเนียมจากกระบวนการผลิตและโลหะที่ผ่านการใช้งานแล้วกลับมาใช้ใหม่ เราสามารถแบ่งการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิได้เป็น 2 ประเภท คือ การหมุนเวียนอะลูมิเนียมจากเศษโลหะ (Scrap) และการหมุนเวียนอะลูมิเนียมจากกาก (Dross) ซึ่งรายละเอียดการผลิตมีดังนี้

1. กรรมวิธีการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียม

เศษโลหะอะลูมิเนียมสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ

1) เศษโลหะอะลูมิเนียมจากโรงงานอุตสาหกรรมหรือเศษโลหะใหม่ (New scrap) ได้แก่ เศษโลหะที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตและขึ้นรูปโลหะอะลูมิเนียม ในระหว่างการหลอมและหล่อโลหะ เช่น โลหะอะลูมิเนียมในส่วนที่เป็นทางวิ่งน้ำโลหะในงานหล่อซึ่งเป็นเศษโลหะที่มีคุณภาพดี และโรงงานบางแห่งสามารถนำกลับมาหลอมใช้ใหม่ได้ทันที

2) เศษโลหะอะลูมิเนียมที่ผ่านการใช้งานแล้วหรือเศษโลหะเก่า (Old scrap) ได้แก่ เศษโลหะที่เกิดจากผลิตภัณฑ์ที่ผ่านการใช้แล้วหรือหมดอายุการใช้งานแล้ว เช่น กระป๋องเครื่องดื่ม สายเคเบิล อุปกรณ์การก่อสร้าง เป็นต้น โดยขั้นตอนการหมุนเวียนอะลูมิเนียมจากเศษโลหะเก่าจะซับซ้อนกว่าการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมใหม่

การผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะอะลูมิเนียม จะมีรายละเอียดแตกต่างกันออกไปแล้วแต่ชนิดของเศษโลหะแต่จะมีกระบวนการหลักที่คล้ายกัน ดังนี้

1) การรวบรวมและจัดเก็บเศษโลหะ

เศษโลหะอะลูมิเนียมใหม่ (New Scrap) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะถูกรวบรวมโดยผู้ผลิตหรือโรงงานจนมีปริมาณมากพอสมควร แล้วจึงนำไปจำหน่ายให้ผู้ค้าเศษโลหะต่อไป สำหรับเศษโลหะอะลูมิเนียมเก่า (Old scrap) จะถูกรวบรวมจากร้านรับซื้อของเก่าหรือผู้รับซื้อเศษโลหะ โดยผู้ค้าเศษโลหะจะนำเศษโลหะเหล่านี้มาแยกประเภท และบรรจุหีบห่อเพื่อนำไปจำหน่ายให้กับโรงงานหลอมโลหะอะลูมิเนียม การจัดเก็บและบรรจุหีบห่อของเศษโลหะอะลูมิเนียมมีหลายวิธีขึ้นกับชนิดของเศษโลหะ เช่น เศษโลหะขนาดใหญ่หรือเศษโลหะแผ่นอาจนำมาตัดลดขนาดแล้วมัดหรืออัดเป็นก้อน เศษโลหะจำพวกสายไฟหรือลวดอาจนำไปมัดเป็นกลุ่ม ส่วนเศษโลหะประเภทกระป๋องหรือภาชนะต่าง ๆ จะถูกอัดเป็นก้อน โดยวิธีทั้งหมดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและสะดวกในการเคลื่อนย้าย

2) การเตรียมเศษโลหะอะลูมิเนียม

เศษโลหะอะลูมิเนียมที่ได้จากผู้ค้าเศษโลหะไม่ว่าจะมีลักษณะเป็นก้อนหรือมัด ก่อนนำเข้าเตาหลอมจะต้องถูกย่อยให้มีขนาดเล็กลง โดยขั้นแรกจะมีการบดหยาบเพื่อให้สามารถคัดแยกสิ่งเจือปนต่าง ๆ ที่สังเกตเห็นออกได้ด้วยมือ หลังจากนั้นจะถูกบดละเอียดอีกครั้งแล้วนำไปแยกสิ่งเจือปนออกด้วยเครื่อง Fluidized-bed Separator ซึ่งใช้หลักการคือ เป่าลมไปยังเศษโลหะแต่ละส่วนพร้อมทั้งเขย่าเพื่อให้ส่วนที่เป็นโลหะร่วงผ่านตะแกรงลงมา เศษโลหะอะลูมิเนียมที่ผ่านการคิดคัดแยกแล้วจะถูกนำเข้าสู่เตาอบแห้งเพื่อไล่ความชื้น น้ำมัน สิ่งสกปรก และสารอินทรีย์อื่น ๆ ออก

เศษโลหะที่มีเหล็กปนอยู่สูงไม่สามารถนำเข้าเตาหลอมได้ทันที เพราะเป็นสารมลทินสำคัญที่ส่งผลกระทบต่อคุณสมบัติเชิงกลของโลหะอะลูมิเนียม ดังนั้นจึงต้องดึงโลหะเหล็กออกมาก่อน ซึ่งวิธีที่ง่ายที่สุด ได้แก่ การใช้แม่เหล็ก (Magnetic separator) หรืออาจใช้ความแตกต่างของจุดหลอมเหลว โดยหลอมเศษโลหะที่อุณหภูมิสูงกว่าจุดหลอมเหลวของอะลูมิเนียมเล็กน้อย (ประมาณ 750^{o}C) ที่อุณหภูมินี้โลหะอะลูมิเนียมจะหลอมละลายและค่อย ๆ ไหลซึมออกมาก่อน ในขณะที่เหล็กยังคงไม่หลอมเหลวทำให้สามารถแยกเหล็กออกจากโลหะอะลูมิเนียมได้

สำหรับกระป๋องอะลูมิเนียม จะมีวิธีการเตรียมที่ต่างออกไปโดยจะต้องกำจัดแลกเกอร์ที่เคลือบกระป๋องออกก่อน (Delaquering) ด้วยวิธีการอบที่อุณหภูมิ 520^{o}C หรือ 615^{o}C เมื่อได้รับความร้อนแลกเกอร์จะระเหยออกมาเป็นก๊าซที่ติดไฟได้และสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงของเตาอบได้ ในกระป๋องหนึ่งใบจะประกอบด้วยโลหะอะลูมิเนียม 2 ชนิด ได้แก่ ส่วนตัวกระป๋องที่เป็นโลหะผสมอะลูมิเนียมแมงกานีส และส่วนฝาที่เป็นโลหะผสมอะลูมิเนียมแมกนีเซียม การแยกโลหะผสมทั้ง 2 ชนิดนี้ จะใช้อุณหภูมิเฉพาะค่าหนึ่งซึ่งทำให้โลหะผสมอะลูมิเนียมแมกนีเซียมที่มีจุดหลอมเหลวต่ำกว่าอ่อนตัวลง แล้วใช้เครื่องบดอัดให้ขาดเป็นชิ้นเล็ก ๆ แยกออกมาจากโลหะผสมอะลูมิเนียมแมงกานีส จากนั้นจึงนำไปร่อนออกด้วยตะแกรงต่อไป

3) การหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียม

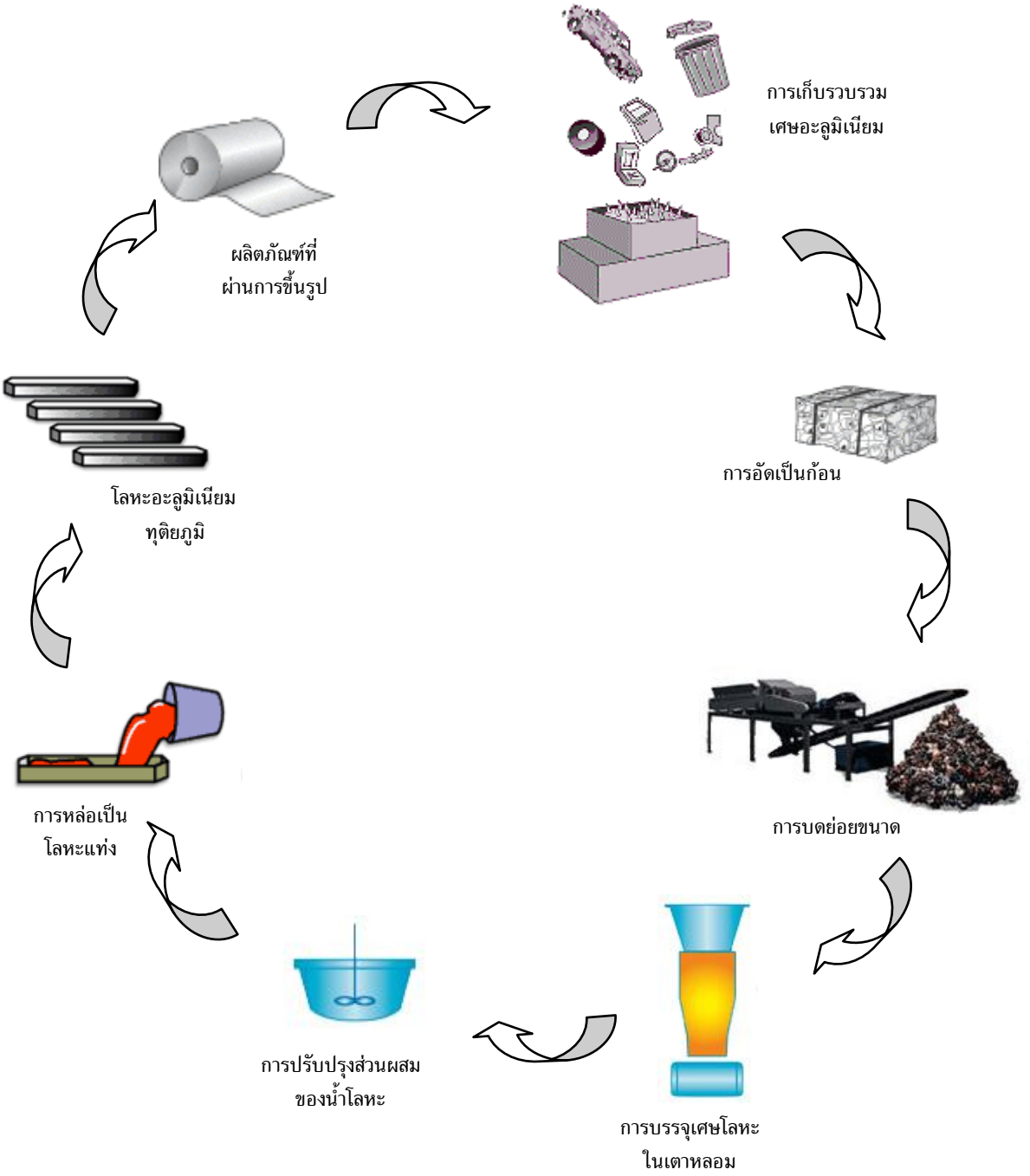
การเลือกเศษโลหะอะลูมิเนียมที่จะมาหลอมเป็นสิ่งสำคัญที่สุด โดยปัจจัยที่ควรต้องคำนึงถึงได้แก่ คุณภาพของเศษโลหะ ปริมาณธาตุผสม สิ่งเจือปน และขนาดของเศษโลหะที่จะบรรจุเข้าเตาหลอม นอกจากนี้ยังต้องเลือกใช้เตาหลอมให้เหมาะสมกับปริมาณของโลหะที่จะหลอม รวมทั้งเชื้อเพลิงและต้นทุนด้านอื่น ๆ โดยเตาหลอมที่ใช้ทั่วไปมีหลายประเภท เช่น เตาน้ำมัน เตาหมุน เตานอน และเตาไฟฟ้า สำหรับกระบวนการหลอมมีขั้นตอนดังนี้

- การบรรจุเศษโลหะลงในเตา มีวิธีการบรรจุแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเตา ซึ่งโดยทั่วไปจะบรรจุเศษโลหะอะลูมิเนียมแผ่นและเศษที่ได้จากการหล่อก่อน โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการหลอมคือประมาณ 560 ^{o}C จากนั้นจะบรรจุเศษโลหะอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ ตามด้วยเศษโลหะขนาดเล็กเมื่อน้ำโลหะหลอมละลายเกือบเต็มความจุของเตา หลังจากบรรจุเศษโลหะเต็มแล้วจะตรวจสอบและปรับปรุงส่วนผสมทางเคมีให้ได้ตามที่ต้องการโดยการเติมหรือลดธาตุผสมต่าง ๆ เช่น ซิลิกอน แมกนีเซียม ทองแดง เป็นต้น

- การทำความสะอาดโลหะอะลูมิเนียมหลอมเหลว เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ และอะลูมิเนียมออกไซด์ที่ปะปนกับน้ำโลหะออก โดยใช้วิธีเติมสารเคมี (Flux) ลงไปทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนและจับตัวลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของโลหะอะลูมิเนียมหลอมเหลว

- การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนที่ละลายอยู่ในอะลูมิเนียม เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนสามารถละลายในอะลูมิเนียมหลอมเหลวได้ดีและก่อให้เกิดจุดบกพร่องที่สำคัญในชิ้นงานหล่อ ได้แก่

รูพรุน วิธีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนจะใช้ก๊าซคลอรีนหรือไนโตรเจนเป่าผ่านท่อลงไปในเตาหลอม โดยฟองของก๊าซคลอรีนหรือไนโตรเจนจะทำหน้าที่เป็นพาหนะนำเอาก๊าซไฮโดรเจนออกมาด้วย



รูปที่ 12.5 วงจรการหมุนเวียนของโลหะอะลูมิเนียม
(ที่มา: www.world-aluminium.org)

4) การเทน้ำโลหะลงแบบหล่อ

เมื่อผ่านขั้นตอนต่าง ๆ แล้ว น้ำโลหะอะลูมิเนียมอาจถูกปรับปรุงคุณสมบัติขั้นสุดท้ายก่อนการเทลงแบบหล่อ เช่น การเติมสารที่ช่วยลดขนาดของเกรน (สารประกอบไทเทเนียม โบรอน หรือเซอร์โคเนียม) หลังจากนั้นก็จะนำน้ำโลหะเทลงแบบหล่อเพื่อส่งไปจำหน่ายให้แก่ลูกค้าต่อไป โดยกรรมวิธีการเทน้ำโลหะและอุณหภูมิที่ใช้จะขึ้นอยู่กับชนิดของโลหะอะลูมิเนียมผสม และเทคนิคเฉพาะของผู้ผลิตซึ่งโดยปกติจะใช้อุณหภูมิประมาณ 730 ^{O}C

2. กรรมวิธีการหมุนเวียนกากโลหะอะลูมิเนียม

กากอะลูมิเนียม (Dross) ที่ได้จากการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากแร่และกากจากการหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียมที่ยังมีปริมาณโลหะอะลูมิเนียมติดอยู่ สามารถนำกลับมาหลอมใหม่ได้ โดยกากที่มีปริมาณโลหะอะลูมิเนียมสูง เช่น กากที่ได้จากการหลอมอะลูมิเนียมบริสุทธิ์สามารถนำเข้าเตาหลอมได้ทันที แต่ในกากที่มีปริมาณโลหะอะลูมิเนียมต่ำ เช่น กากจากการหลอมเศษโลหะซึ่งมีปริมาณโลหะอยู่ต่ำกว่าร้อยละ 30 โดยน้ำหนัก จะต้องนำมาผ่านขั้นตอนการบดและร่อนด้วยตะแกรงเพื่อคัดเอาส่วนผสมพวกเกลือและออกไซด์ออกก่อนเพื่อทำให้ปริมาณโลหะอะลูมิเนียมเพิ่มขึ้น โดยอาจทำให้เพิ่มขึ้นได้ถึงร้อยละ 70 โดยน้ำหนัก

เตาหลอมที่นิยมใช้ในการหลอมกากอะลูมิเนียม ได้แก่ เตาหมุน (Rotary furnace) เนื่องจากปฏิกิริยาการหมุนจะเหมือนเป็นการกวนให้น้ำโลหะที่อยู่ในกากรวมตัวกัน และแยกตัวออกมาจากกาก

อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของประเทศไทย

เนื่องจากประเทศไทยไม่มีวัตถุดิบแร่บอกไซด์ และมีค่าไฟฟ้าที่แพงทำให้ไม่สามารถตั้งโรงงานถลุงอะลูมิเนียมจากแร่ได้ (การผลิตแบบปฐมภูมิ) ดังนั้นจึงมีเพียงโรงงานผลิตอะลูมิเนียมที่ใช้เศษโลหะอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบ (การผลิตแบบทุติยภูมิ) เท่านั้น ปัจจุบันกลุ่มโรงงานผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิของไทยสามารถผลิตโลหะอะลูมิเนียมอัลลอยด์ชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้ประมาณปีละ 50,000–100,000 ตัน ซึ่งหากคิดตามกำลังการผลิตจะสามารถแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มย่อยได้ดังนี้ (ที่มา: โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของอุตสาหกรรมถลุงอะลูมิเนียมจากเศษโลหะ, กรมทรัพยากรธรณี)

(1) โรงงานขนาดใหญ่ ได้แก่โรงงานที่มีกำลังการผลิตตั้งแต่ 600 ตันต่อเดือนขึ้นไป โรงงานประเภทนี้เป็นโรงงานผลิตอะลูมิเนียมผสมที่มีคุณภาพดี เนื่องจากมีอุปกรณ์และระบบควบคุมคุณภาพที่ดี นอกจากนี้ยังมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยด้วย ปัจจุบันโรงงานผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากเศษโลหะขนาดใหญ่มีอยู่ 3 ราย ได้แก่ บริษัท แอลแคนนิคเคไทย จำกัด บริษัท เอ็ม.ซี. อะลูมินั่ม (ประเทศไทย) จำกัด และบริษัท มิยูกิ อินดัสทรี่ จำกัด

(2) โรงงานขนาดกลาง ได้แก่โรงงานที่มีกำลังการผลิต 200-600 ตันต่อเดือน โรงงานประเภทนี้ทำการผลิตอะลูมิเนียมผสมคุณภาพค่อนข้างดี แต่ใช้เทคโนโลยีที่ไม่ทันสมัยนัก และระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมก็อยู่ในเกณฑ์ปานกลาง โดยอาจมีแค่อุปกรณ์กำจัดฝุ่นควันที่ผลิตในประเทศเท่านั้น ทำให้มีต้นทุนการผลิตที่ต่ำและมีความน่าเชื่อถือของคุณภาพน้อยกว่าโรงงานขนาดใหญ่ ปัจจุบันมีโรงงานขนาดกลางประมาณ 10 ราย ซึ่งส่วนใหญ่เป็นบริษัทของคนไทย และบางแห่งเป็นโรงงานในเครือของกลุ่มผู้ค้าเศษโลหะเอง

(3) โรงงานขนาดเล็ก ได้แก่โรงงานที่มีกำลังการไม่เกิน 200 ตันต่อเดือน โรงงานประเภทนี้มีอยู่กระจัดกระจายทั่วไป โดยเป็นโรงงานรับจ้างหลอมเศษโลหะที่ไม่มีการควบคุมคุณภาพมากนักและไม่มีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อม ดังนั้นจึงสามารถขายโลหะอะลูมิเนียมผสมได้ในราคาถูก โดยจะขายในตลาดล่างที่คำนึงถึงคุณภาพของวัตถุดิบ หรืออาจขายให้กับโรงงานหลอมเศษโลหะขนาดกลางหรือขนาดใหญ่เพื่อนำไปเป็นวัตถุดิบร่วมกับเศษโลหะและใช้ปรับส่วนผสมทางเคมีต่อไป

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีการใช้ในประเทศไทยมากที่สุดเป็นอันดับสอง รองจากเหล็ก โดยในปี 2550 ความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมมีปริมาณถึง 443,200 ตัน โดยมีสัดส่วนการใช้ในอุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์มากที่สุด รองลงมาได้แก่อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ ตามลำดับ ซึ่งแนวโน้มการใช้โลหะอะลูมิเนียมยังคงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามสภาพการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีบริษัทขนาดใหญ่จากต่างประเทศหลายแห่งมาตั้งฐานการผลิตในประเทศ แต่เนื่องจากผู้ผลิตอะลูมิเนียมในประเทศยังมีจำนวนไม่มากนัก ทำให้ประเทศไทยต้องพึ่งพาการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมจากต่างประเทศเป็นหลัก โดยในปี 2550 มีปริมาณการนำเข้าทั้งสิ้น 498,920 ตัน คิดเป็นมูลค่ากว่า 108,128 ล้านบาท ซึ่งประเทศคู่ค้าที่สำคัญได้แก่ ออสเตรเลีย ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา สหรัฐอาหรับเอมิเรสต์ บราซิล และฮ่องกง เป็นต้น และมีปริมาณการส่งออกผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมทั้งสิ้น 103,809 ตัน คิดเป็นมูลค่า 10,430 ล้านบาท