บทที่ 1
บทนำ

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

ประเทศไทยมีการใช้โลหะอะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง และอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น แต่เนื่องจากประเทศไทยไม่มีการสำรวจพบแหล่งแร่อะลูมิเนียม ประกอบกับต้นทุนการผลิตโลหะอะลูมิเนียมมีราคาสูงและเสียเปรียบในด้านการลงทุน ทำให้อุตสาหกรรมผลิตอะลูมิเนียมของไทยมีเพียงขั้นกลางและขั้นปลายเท่านั้น ซึ่งส่วนใหญ่ต้องพึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบโลหะอะลูมิเนียมจากต่างประเทศ คิดเป็นปริมาณมากที่สุดรองจากโลหะเหล็กและเหล็กกล้า โดยในปี 2547 มีปริมาณการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมรวมทุกชนิด 549,659 ตันคิดเป็นมูลค่าสูงถึง 46,929 ล้านบาท ในขณะที่การส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของไทยกลับมีปริมาณเพียง 72,190 ตันหรือคิดเป็นมูลค่าประมาณ 5,851 ล้านบาทเท่านั้น

ทั้งที่การใช้โลหะอะลูมิเนียมของประเทศไทยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาจะมีปริมาณเพิ่มขึ้นกว่าร้อยละ 66 แต่อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทยกลับพัฒนาอย่างช้า ๆ โดยเฉพาะกลุ่มอุตสาหกรรมผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่ไม่มีการปรับปรุงเทคโนโลยีให้ทันสมัย รวมทั้งการบริหารจัดการการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศก็ยังไม่มีทิศทางที่ชัดเจน ดังนั้นประเทศไทยจึงต้องเสียรายได้ให้กับอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมปีละหลายหมื่นล้านบาท และตัวเลขการขาดดุลนี้ยังคงมีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี

รายงานฉบับนี้จึงจัดทำขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษา และวิเคราะห์สภาวะของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทยครอบคลุมถึงการผลิต สภาพการหมุนเวียนเศษโลหะ และความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมในประเทศต่อเนื่องถึงระดับโลก รวมทั้งศึกษาปัญหาและอุปสรรคของผู้ประกอบการในประเทศตลอดจนวิเคราะห์แนวโน้มในอนาคตเพื่อนำผลของข้อมูลต่าง ๆ มาใช้ในการกำหนดนโยบาย และกลยุทธ์ในการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทย เพื่อตอบสนองการขยายตัวของตลาดในอนาคต และมีศักยภาพสามารถแข่งขันได้ในตลาดโลก อีกทั้งสนับสนุนอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมให้มีการพัฒนาอย่างยั่งยืน

บทที่ 2
คุณสมบัติ ประโยชน์ และเทคโนโลยีการผลิตโลหะอะลูมิเนียม

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

2.1 คุณสมบัติของอะลูมิเนียม

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

น้ำหนักอะตอม	26.97
ระบบโครงสร้างผลึก	FCC (Face Centered Cubic)
ความหนาแน่น (ที่ 20°C)	2.70 g/cm^3
อุณหภูมิหลอมเหลว	658°C
อุณหภูมิกลายเป็นไอ	1800°C

คุณสมบัติเชิงกล

ความแข็งแรง (Tensile strength)	1.5 kg/mm^2
พิกัดยืดหยุ่น (Elastic limit)	0.3 kg/mm^2
อัตราการยืดตัว	40-45%
ความแข็ง	16-20 H_B

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติเด่นในหลายด้าน โดยเฉพาะมีความแข็งแรงสูงเมื่อเทียบกับน้ำหนัก ทำให้มีการใช้งานอย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมหลายประเภทและมีแนวโน้มการบริโภคที่สูงขึ้นเรื่อย ๆ ซึ่งคุณสมบัติที่สำคัญของโลหะอะลูมิเนียม ได้แก่

(1) มีความหนาแน่นน้อย น้ำหนักเบา และมีกำลังวัสดุต่อหน่วยสูง (High Strength to weight ratio)

(2) มีคุณสมบัติที่ยืดตัวได้ง่ายและมีความเหนียวมาก ทำให้สามารถขึ้นรูปด้วยกรรมวิธีต่าง ๆ ได้ง่ายและไม่เสี่ยงต่อการแตกหัก

(3) มีจุดหลอมเหลวต่ำและมีคุณสมบัติการไหลของน้ำโลหะที่ดี ทำให้มีความสามารถในการขึ้นรูปด้วยวิธีหล่อได้ดีแม้ในชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน

(4) มีค่าการนำไฟฟ้าที่ดี (ร้อยละ 64.94 ตามมาตรฐานของ International Annealed Copper Standard)

(5) มีค่าการนำความร้อนสูง

(6) ผิวหน้าของโลหะอะลูมิเนียมมีดัชนีการสะท้อนของแสงสูง

2.2 การใช้ประโยชน์โลหะอะลูมิเนียม

(1) เนื่องจากอะลูมิเนียมมีความแข็งแรงเทียบกับน้ำหนักสูง จึงนิยมใช้ทำเครื่องจักรอุปกรณ์ตลอดจนชิ้นส่วนหลายอย่างในเครื่องบิน จรวด และรถยนต์ เพื่อลดน้ำหนักของยานพาหนะให้น้อยลง และช่วยในการประหยัดเชื้อเพลิง

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

รูปที่ 2.1 การใช้ประโยชน์โลหะอะลูมิเนียม

(3) อะลูมิเนียมสามารถผสมกับโลหะอื่น ๆ ได้หลายชนิด เช่น ซิลิกอน ทองแดง แมกนีเซียม และสังกะสี ซึ่งโลหะอะลูมิเนียมผสมแต่ละประเภทจะมีคุณสมบัติที่แตกต่างกันทำให้มีขอบเขตการใช้งานที่กว้างขวางมาก

(4) ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าในงานที่ต้องคำนึงถึงเรื่องน้ำหนักเบาเป็นสำคัญ เช่น สายไฟฟ้าแรงสูง เป็นต้น

(5) เหมาะสำหรับใช้ทำเป็นภาชนะหุงต้มหรือหีบห่อบรรจุอาหาร โดยเฉพาะกระป๋องที่บรรจุเครื่องดื่มคาร์บอนเนต เนื่องจากไม่ก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกายและทนต่อการกัดกร่อนได้ดี โดยปัจจุบันกระป๋องเครื่องดื่มกว่าร้อยละ 97 และกระป๋องเบียร์เกือบทั้งหมดล้วนทำจากโลหะอะลูมิเนียมทั้งสิ้น

(6) ใช้ทำแผ่นสะท้อนแสงในแฟลชถ่ายรูป จานสะท้อนแสงในโคมไฟหรือไฟหน้ารถยนต์

2.3 เทคโนโลยีการผลิตโลหะอะลูมิเนียม

การผลิตโลหะอะลูมิเนียมแบ่งตามชนิดของวัตถุดิบที่ใช้ได้ 2 วิธีหลัก ๆ ได้แก่ การถลุงโลหะอะลูมิเนียมปฐมภูมิ (Primary Process) และการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิ (Secondary Process หรือ Recycling) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

2.3.1 การผลิตโลหะอะลูมิเนียมปฐมภูมิ

เป็นการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากแร่ ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

2.3.1.1 การสกัดอะลูมินา

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

<u>กระบวนการเบเยอร์</u>

เป็นกรรมวิธีที่คิดค้นโดยวิศวกรชาวออสเตรีย และเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดในปัจจุบัน โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ได้แก่

(1) นำแร่ที่ผ่านการบดละเอียดและอบแห้ง ไปละลายด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่อุณหภูมิประมาณ $150^{o}C$ อะลูมินาในแร่จะทำปฏิกิริยากับสารละลายได้โซเดียมอะลูมิเนต ($NaAlO_2$) ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.1 สำหรับสารเจือปนอื่น ๆ ที่ติดมากับแร่ เช่น เหล็ก และไทเทเนียมออกไซด์จะไม่ละลาย และตกตะกอนอยู่ที่ก้นถัง

$$Al_2O_3 + 2Na(OH) \longrightarrow 2NaAlO_2 + H_2O \qquad 2.1$$

(2) นำสารละลายโซเดียมอะลูมิเนตที่ได้จากการกรอง ไปทำให้เจือจางโดยเติมน้ำภายในถัง แล้วเติมตัวเร่งการตกผลึก (Seeding agent) เพื่อให้เกิดการตกผลึกของอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.2

$$2NaAlO_2 + 4H_2O \longrightarrow 2Al(OH)_3 + 2Na(OH) \qquad 2.2$$

(3) กรองเอาอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ออกมาแล้วนำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นจึงนำไปอบที่อุณหภูมิ 1200^{O}C จะได้ผงอะลูมิน่า (Al_2O_3) ซึ่งมีสีขาวดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.3

$$Al(OH)_3 \longrightarrow Al_2O_3 + H_2O \qquad 2.3$$

ในกระบวนการสกัดอะลูมินาจากแร่ด้วยวิธีของเบเยอร์ จะมีอะลูมิเนียมส่วนหนึ่งสูญเสียไปกับตะกอนแร่ และถ้าในแร่มีซิลิกาสูงปริมาณการสูญเสียก็จะมากตามไปด้วย ดังนั้นจึงเหมาะสำหรับแร่อะลูมิเนียมที่มีปริมาณซิลิกาต่ำ หรือแร่ที่ผ่านการแต่งโดยเติมปูนขาวลงไปผสมกับแร่อะลูมิเนียมในขั้นตอนการบดแร่

<u>กระบวนการฟิวชั่น</u>

กระบวนการนี้จะไม่ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) แต่จะใช้โซดาแอช (Na_2CO_3) เผารวมกับแร่อะลูมิเนียมที่อุณหภูมิประมาณ 800-1200^{O}C โดยอะลูมินาจะทำปฏิกิริยากับโซดาแอชให้โซเดียมอะลูมิเนต ($NaAlO_2$) และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.4

$$Al_2O_3 + Na_2CO_3 \longrightarrow 2NaAlO_2 + CO_2 \qquad 2.4$$

โซเดียมอะลูมิเนตที่ได้จะนำไปละลายน้ำ และทำให้ตกตะกอนเป็นอะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ ($Al(OH)_3$) จากนั้นจึงกรองแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 1200^{O}C เผื่อให้ได้ผงอะลูมินา (Al_2O_3) ดังแสดงในปฏิกิริยาที่ 2.3

2.3.1.2 การแยกโลหะอะลูมิเนียม

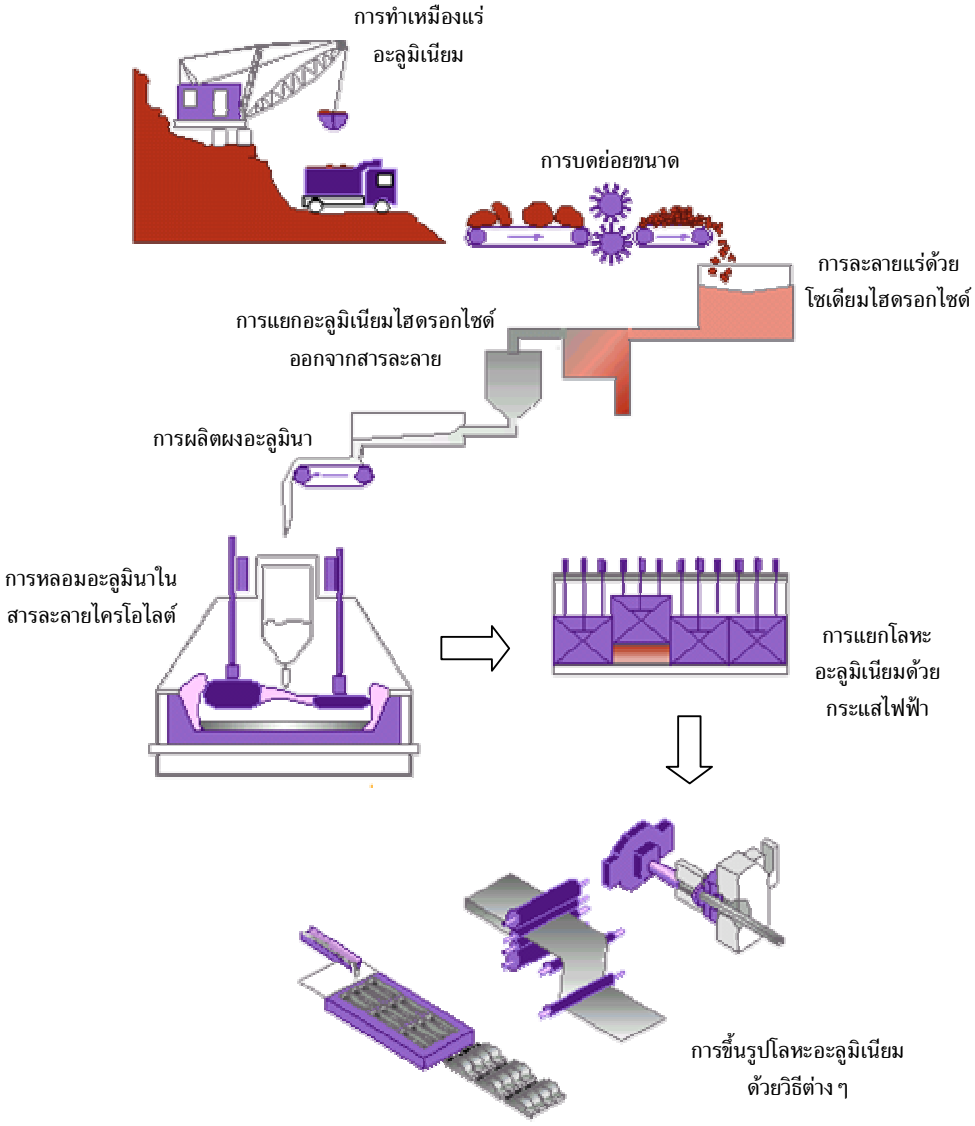
การแยกโลหะอะลูมิเนียมออกจากอะลูมินาที่นิยมใช้ในอุตสาหกรรมถลุงอะลูมิเนียมมากที่สุดได้แก่ วิธีของ Hall และ Heroult ซึ่งเป็นการแยกอะลูมิเนียมด้วยกระแสไฟฟ้าโดยใช้สารละลายไครโอไลต์ (Na_3AlF_6) เป็นสารละลายอิเล็กทรอไลต์ ขั้นตอนการแยกอะลูมิเนียมออกจากอะลูมินามีรายละเอียดดังนี้

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

(2) เติมผงอะลูมินาลงไปในไครโอไลต์หลอมเหลว ขณะที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายอิเล็กทรอไลต์จะเกิดปฏิกิริยาแตกตัวของสารละลายอะลูมินาและไครโอไลต์ดังปฏิกิริยาที่ 2.5

$$Al_2O_3 \longrightarrow Al^{3+} + AlO_3^{3-} \qquad 2.5$$

(3) ไอออนบวกของอะลูมิเนียมจะวิ่งไปยังขั้วแคดโทด และจะปล่อยอิเล็กตรอนผ่านไปยังขั้วแคดโทด ทำให้ได้โลหะอะลูมิเนียมหลอมละลายอยู่ก้นบ่อเซลล์ เมื่ออะลูมิเนียมเพิ่มปริมาณมากขึ้นจะถูกเจาะเอาออกหรือดูดออกเพื่อนำไปเทลงไปแบบหล่อต่อไป



รูปที่ 2.2 กรรมวิธีการผลิตโลหะอะลูมิเนียมปฐมภูมิ

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

2.3.2 การผลิตโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิ

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

2.3.2.1 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

2.3.2.1.1 การรวบรวมและจัดเก็บเศษโลหะ

เศษโลหะอะลูมิเนียมใหม่ (New Scrap) ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ จะถูกรวบรวมโดยผู้ผลิตหรือโรงงานจนมีปริมาณมากพอสมควร แล้วจึงนำไปจำหน่ายให้ผู้ค้าเศษโลหะต่อไป สำหรับเศษโลหะอะลูมิเนียมเก่า (Old scrap) จะถูกรวบรวมจากร้านรับซื้อของเก่าหรือผู้รับซื้อเศษโลหะ โดยผู้ค้าเศษโลหะจะนำเศษโลหะเหล่านี้มาแยกประเภท และบรรจุหีบห่อเพื่อนำไปจำหน่ายให้กับโรงงานหลอมโลหะอะลูมิเนียม การจัดเก็บและบรรจุหีบห่อของเศษโลหะอะลูมิเนียมมีหลายวิธีขึ้นกับชนิดของเศษโลหะ เช่น เศษโลหะขนาดใหญ่หรือเศษโลหะแผ่นอาจ

นำมาตัดลดขนาดแล้วมัดหรืออัดเป็นก้อน เศษโลหะจำพวกสายไฟหรือลวดอาจนำไปมัดเป็นกลุ่ม ส่วนเศษโลหะประเภทกระป๋องหรือภาชนะต่าง ๆ จะถูกอัดเป็นก้อน โดยวิธีทั้งหมดนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อให้ได้ขนาดที่เหมาะสมและสะดวกในการเคลื่อนย้าย

2.3.2.1.2 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 แยกออกมาจากโลหะผสมอะลูมิเนียมแมงกานีสจากนั้นจึงนำไปร่อนออกด้วยตะแกรงต่อไป

2.3.2.1.3 การหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียม

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

(1) การบรรจุเศษโลหะลงในเตา มีวิธีการบรรจุแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับชนิดของเตา ซึ่งโดยทั่วไปจะบรรจุเศษโลหะอะลูมิเนียมแผ่นและเศษที่ได้จากการหล่อก่อน โดยอุณหภูมิที่

ใช้ในการหลอมคือประมาณ 560^{O}C จากนั้นจะบรรจุเศษโลหะอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ ตามด้วยเศษโลหะขนาดเล็กเมื่อน้ำโลหะหลอมละลายเกือบเต็มความจุของเตา หลังจากบรรจุเศษโลหะเต็มแล้วจะตรวจสอบและปรับปรุงส่วนผสมทางเคมีให้ได้ตามที่ต้องการโดยการเติมหรือลดธาตุผสมต่าง ๆ เช่น ซิลิกอน แมกนีเซียม ทองแดง เป็นต้น

(2) การทำความสะอาดโลหะอะลูมิเนียมหลอมเหลว เพื่อกำจัดสิ่งเจือปนต่าง ๆ และอะลูมิเนียมออกไซด์ที่ปะปนกับน้ำโลหะออก โดยใช้วิธีเติมสารเคมี (Flux) ลงไปทำปฏิกิริยากับสิ่งเจือปนและจับตัวลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของโลหะอะลูมิเนียมหลอมเหลว

(3) การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนที่ละลายอยู่ในอะลูมิเนียม เนื่องจากก๊าซไฮโดรเจนสามารถละลายในอะลูมิเนียมหลอมเหลวได้ดีและก่อให้เกิดจุดบกพร่องที่สำคัญในชิ้นงานหล่อ ได้แก่ รูพรุน วิธีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนจะใช้ก๊าซคลอรีนหรือไนโตรเจนเป่าผ่านท่อลงไปในเตาหลอม โดยฟองของก๊าซคลอรีนหรือไนโตรเจนจะทำหน้าที่เป็นพาหนะนำเอาก๊าซไฮโดรเจนออกมาด้วย

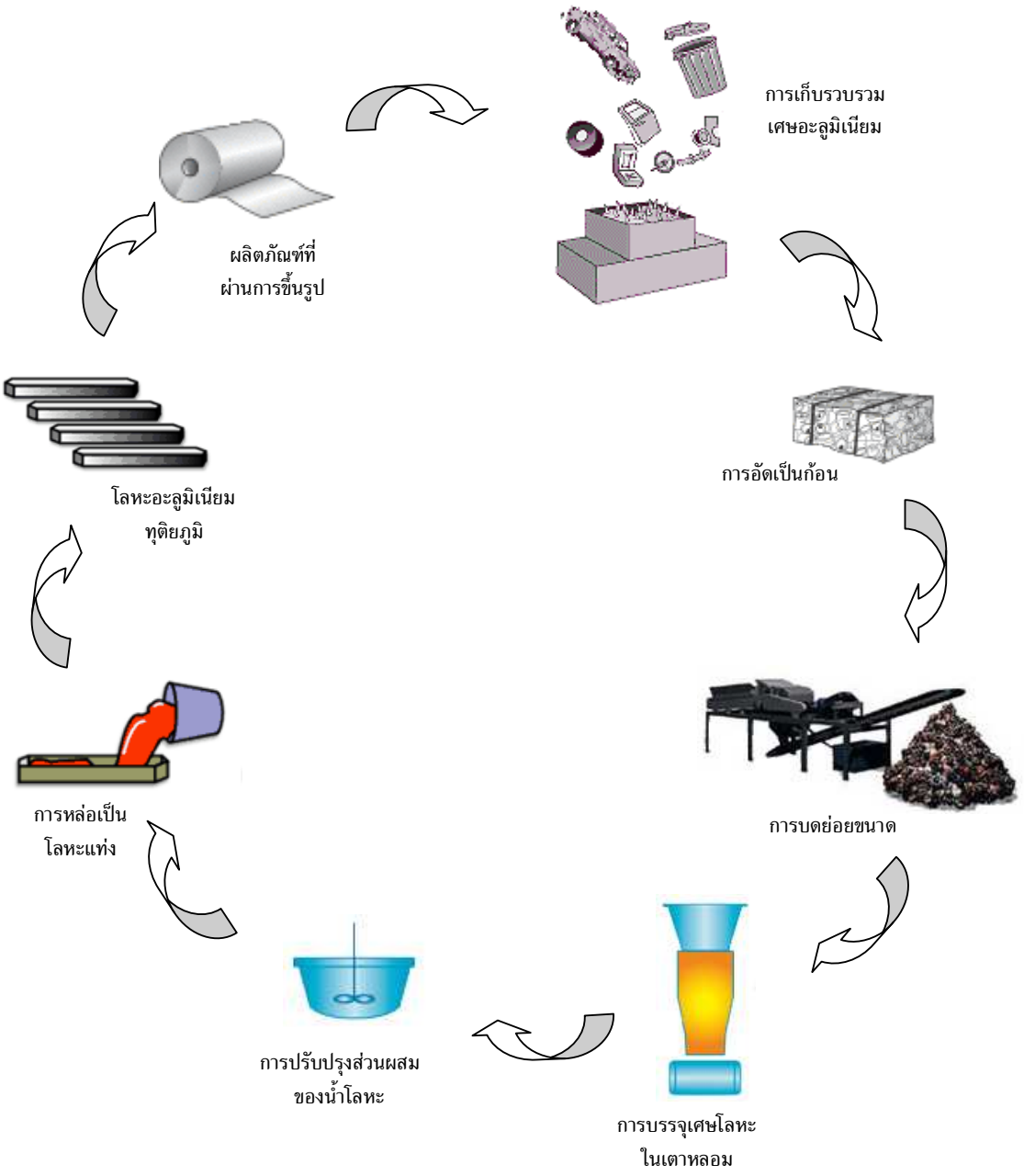
2.3.2.1.4 การเทน้ำโลหะลงแบบหล่อ

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

2.3.2.2 กรรมวิธีการหมุนเวียนกากโลหะอะลูมิเนียม

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

เตาหลอมที่นิยมใช้ในการหลอมกากอะลูมิเนียม ได้แก่ เตาหมุน (Rotary furnace) เนื่องจากปฏิกิริยาการหมุนจะเหมือนเป็นการกวนให้น้ำโลหะที่อยู่ในกากรวมตัวกัน และแยกตัวออกมาจากกาก



รูปที่ 2.3 กรรมวิธีการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิ

บทที่ 3

อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของโลก

3.1 การใช้โลหะอะลูมิเนียมและราคาในตลาดโลก

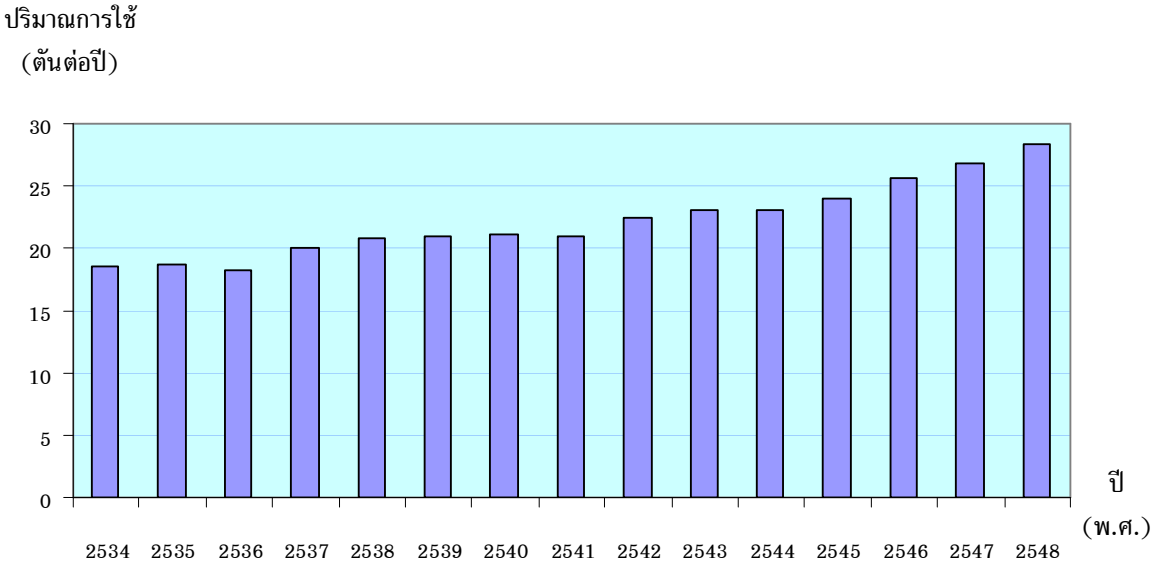
อะลูมิเนียมนับเป็นโลหะที่มีปริมาณการใช้สูงมากที่สุดเป็นอันดับสองของโลก รองจากโลหะเหล็กและเหล็กกล้า จากการที่โลหะอะลูมิเนียมสามารถใช้งานได้อย่างกว้างขวางทำให้ปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมมีแนวโน้มสูงขึ้นมาโดยตลอดดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.1 โดยในปี 2547 มีปริมาณการใช้อะลูมิเนียมทั่วโลกทั้งหมดประมาณ 26.9 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากช่วงระยะเวลา 5 ปีที่ผ่านมาคิดเป็นร้อยละ 20 สำหรับแนวโน้มการใช้โลหะอะลูมิเนียมของโลกในปี 2548 คาดว่าจะมีปริมาณ 28.3 ล้านตัน

ตารางที่ 3.1 ปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมของโลกและราคาในตลาดโลก

ปี	ปริมาณความต้องการใช้ (ล้านตัน)	ราคา (เหรียญสหรัฐต่อตัน)
2548	28.5*	1,839**
2547	26.9	1,716
2546	25.7	1,431
2545	23.9	1,350
2544	23.1	1,444
2543	23.0	1,550
2542	22.5	1,328
2541	21.0	1,358
2540	21.1	1,599
2539	20.9	1,505
2538	20.8	1,805
2537	20.0	1,478
2536	18.2	1,139
2535	18.7	1,254
2534	18.6	1,301

หมายเหตุ: * ตัวเลขคาดการณ์

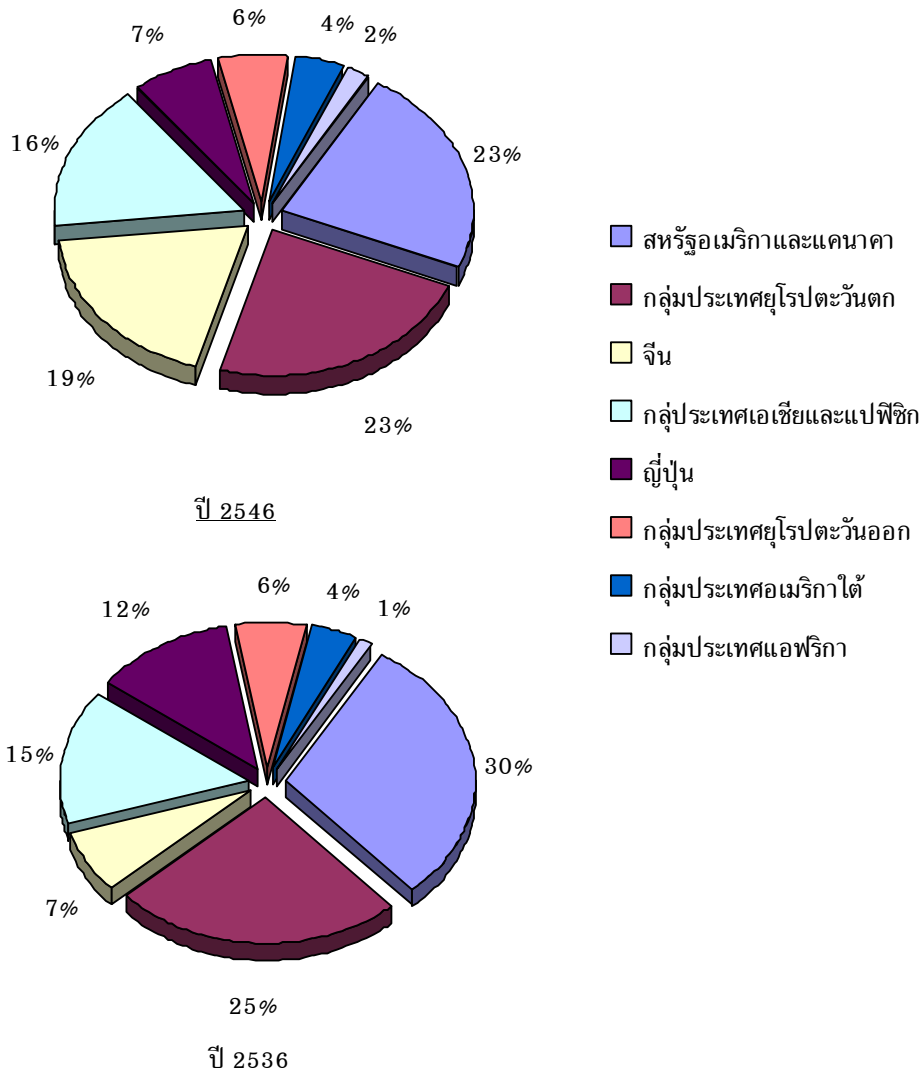
** ราคาเฉลี่ยเดือนมกราคม-ตุลาคม 2548



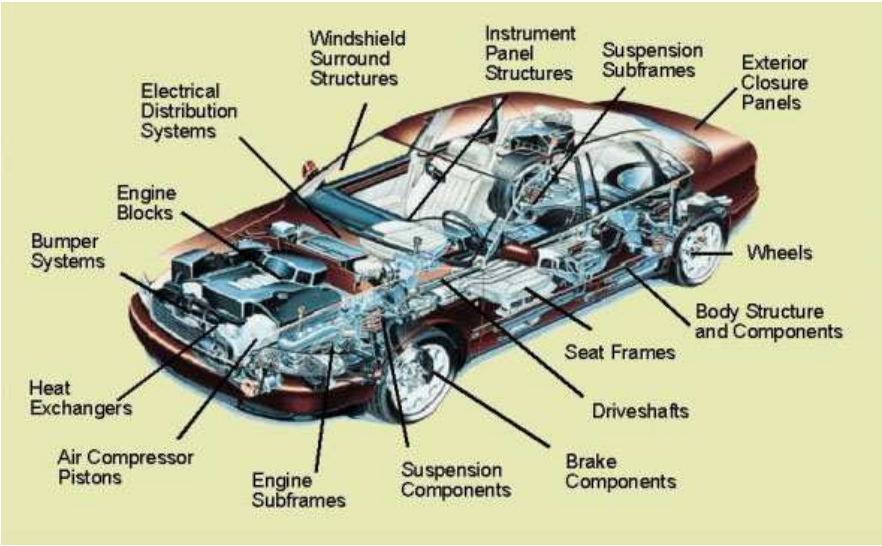
รูปที่ 3.1 ปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมในช่วงปี 2534-2548
ที่มา: International Aluminium Institute

กลุ่มประเทศที่มีปริมาณการใช้อะลูมิเนียมมากที่สุดได้แก่ สหรัฐอเมริกาและแคนาดา ซึ่งมีปริมาณการใช้คิดเป็นร้อยละ 23 ของการใช้ทั้งหมด ประเทศที่มีการบริโภคสูงรองลงมาได้แก่ กลุ่มประเทศยุโรปตะวันตก ประเทศจีน กลุ่มประเทศเอเชียและแปซิฟิก ประเทศญี่ปุ่น กลุ่มประเทศยุโรปตะวันออก กลุ่มประเทศอเมริกาใต้ และกลุ่มประเทศแอฟริกา ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 3.2

สำหรับสัดส่วนการใช้โลหะอะลูมิเนียมทั่วโลก มีปริมาณการใช้มากที่สุดในอุตสาหกรรมยานยนต์ โดยคิดเป็นร้อยละ 32 ของการใช้ทั้งหมด เนื่องจากอะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบาและมีความแข็งแรงสูง ทำให้เมื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตยานยนต์จะช่วยประหยัดพลังงานที่ใช้ โดยปัจจุบันชิ้นส่วนต่างๆ ในยานพาหนะโดยเฉพาะรถยนต์ ได้เปลี่ยนมาใช้โลหะอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบแทนโลหะชนิดอื่น ๆ (รูปที่ 3.3) และการใช้โลหะอะลูมิเนียมในรถยนต์ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จากเดิมในปี 2545 ที่มีปริมาณการใช้ประมาณ 107 กิโลกรัมต่อรถยนต์หนึ่งคันเป็น 117 กิโลกรัมต่อรถยนต์หนึ่งคันในปี 2548 และคาดการณ์ว่าในปี 2553 จะมีการใช้โลหะอะลูมิเนียมในรถยนต์หนึ่งคันสูงถึง 137 กิโลกรัม ดังแสดงในตารางที่ 3.2 สำหรับสัดส่วนการใช้โลหะอะลูมิเนียมมากที่สุดรองลงมาได้แก่ อุตสาหกรรมภาชนะบรรจุอาหาร อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมเครื่องจักรกล และอุตสาหกรรมเครื่องใช้ในครัวเรือน ตามลำดับดังแสดงในรูปที่ 3.4



รูปที่ 3.2 สัดส่วนการใช้โลหะอะลูมิเนียมในปี 2536 และ 2546 แยกตามประเทศ
ที่มา: Rio Tinto PLC.

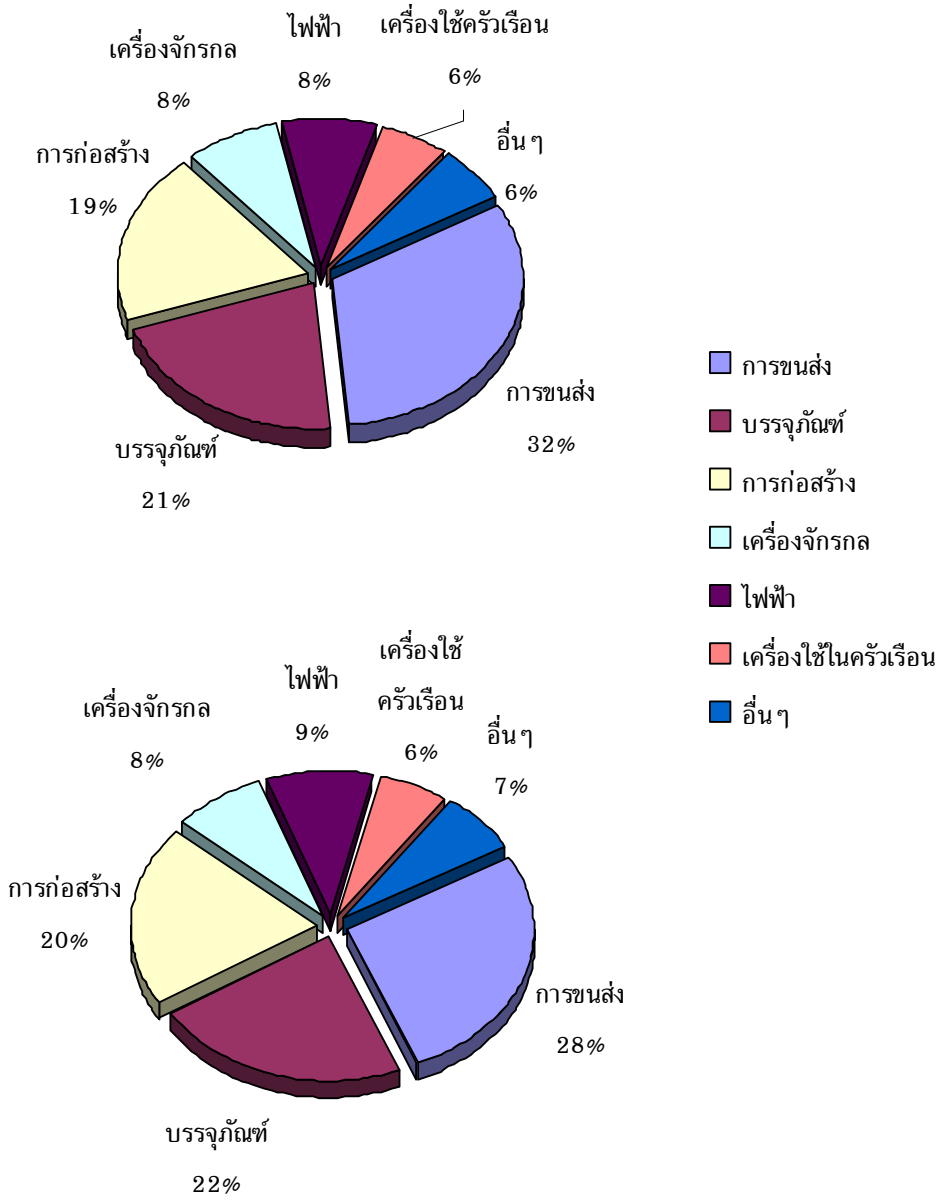


รูปที่ 3.4 ชิ้นส่วนต่างๆ ในรถยนต์ที่ผลิตด้วยโลหะอะลูมิเนียม
ที่มา: Alcan Aluminum Corporation

ตารางที่ 3.2 ปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมและเหล็กในรถยนต์หนึ่งคันและแนวโน้มในอนาคต

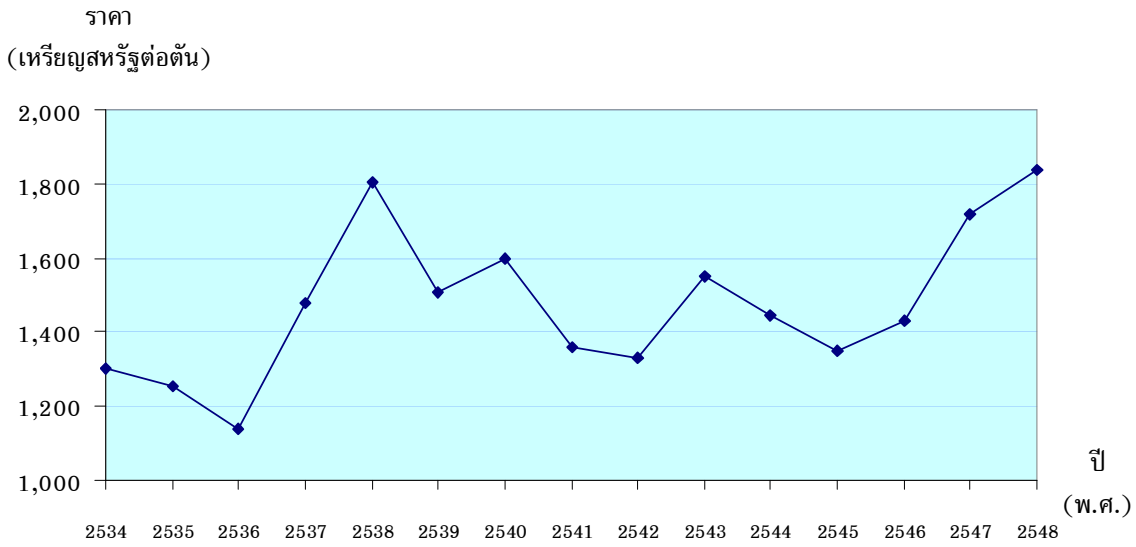
ปี	ปริมาณที่ใช้ (กิโลกรัมต่อรถยนต์หนึ่งคัน)	
พ.ศ.	อะลูมิเนียม	เหล็ก
2545	107	156
2548	117	145
2553*	137	122

หมายเหตุ * ปริมาณคาดการณ์



รูปที่ 3.5 สัดส่วนการใช้โลหะอะลูมิเนียมในปี 2536 และ 2546 แยกตามประเภทการใช้งาน
ที่มา: Rio Tinto PLC.

สำหรับราคาโลหะอะลูมิเนียมในตลาดโลกได้มีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยปัจจุบันราคาโลหะอะลูมิเนียมอยู่ที่ประมาณ 1,840 เหรียญสหรัฐต่อตัน หรือ 75,500 บาทต่อตัน (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 1 เหรียญสหรัฐเท่ากับ 41 บาท) สูงกว่าราคาเฉลี่ยในปี 2542 คิดเป็นร้อยละ 39 ดังแสดงในตารางที่ 3.1 และรูปที่ 3.6



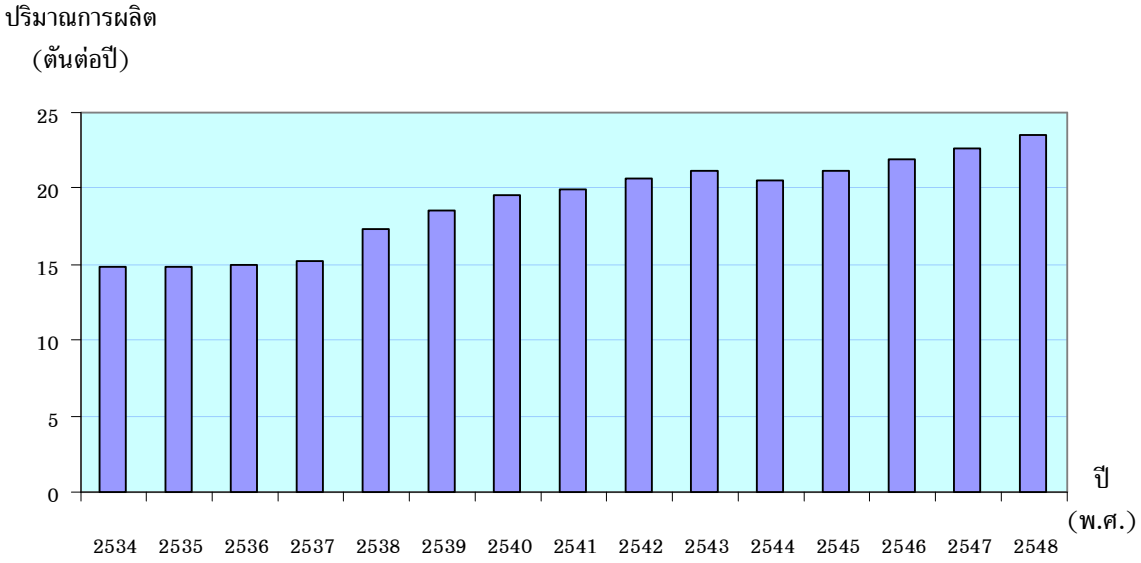
รูปที่ 3.6 ราคาโลหะอะลูมิเนียมในตลาดโลกระหว่างปี 2534-2548
ที่มา: London Metal Exchange

3.2 การผลิตโลหะอะลูมิเนียม

การผลิตโลหะอะลูมิเนียมของโลกมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี ตามปริมาณความต้องการใช้ที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูป 3.7 โดยในปี 2547 มีปริมาณการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทั้งสิ้นประมาณ 22.6 ล้านตัน เพิ่มขึ้นจากยอดการผลิตในปี 2537 ที่มีปริมาณ 15.2 ล้านตัน คิดเป็นร้อยละ 49 ประเทศผู้ผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิรายใหญ่ได้แก่ จีน แคนาดา รัสเซีย สหรัฐอเมริกา และออสเตรเลีย ซึ่งมีกำลังการผลิตรวมกว่า 17 ล้านตันต่อปี สำหรับประเทศที่มีปริมาณการผลิตแร่บอกไซด์รายใหญ่ของโลกได้แก่ ประเทศออสเตรเลีย กินี จีน จาไมกา บราซิล ซูรินัม และรัสเซีย เป็นต้น

ปัจจุบันการผลิตอะลูมิเนียมจากแร่มีแนวโน้มลดลง เนื่องจากปริมาณสำรองแร่บอกไซด์ที่ลดลงและต้นทุนด้านพลังงานที่สูงขึ้น โดยผู้ผลิตส่วนใหญ่จะหันมาใช้กระบวนการผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิหรือการหมุนเวียนเศษโลหะแทน ซึ่งวิธีดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานและก่อให้เกิดผลกระทบกับสิ่งแวดล้อมน้อยกว่าการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากแร่มาก สำหรับประเทศที่มีการผลิตโลหะอะลูมิเนียม

จากเศษโลหะมากที่สุดได้แก่ สหรัฐอเมริกา ซึ่งมีกำลังการผลิต 3.74 ล้านตันต่อปี รองลงมาได้แก่ ญี่ปุ่น เยอรมัน อิตาลี และสหราชอาณาจักร ตามลำดับ ดังแสดงในตารางที่ 3.3



รูปที่ 3.7 ปริมาณการผลิตโลหะอะลูมิเนียมปฐมภูมิในช่วงปี 2534-2548
ที่มา: International Aluminium Institute

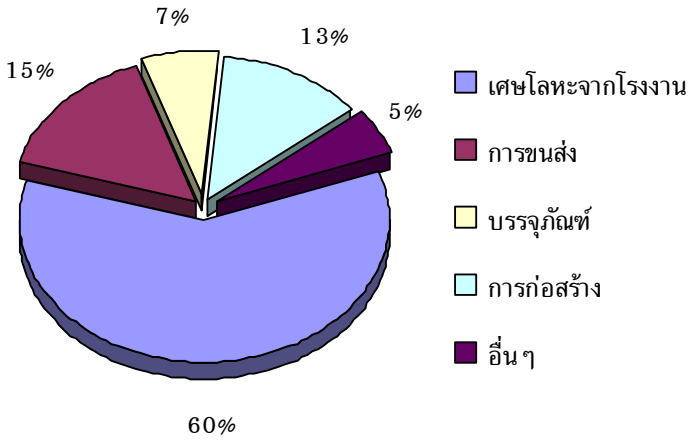
ตารางที่ 3.3 ประเทศผู้ผลิตโลหะอะลูมิเนียมรายใหญ่ของโลก

ประเทศ	ปริมาณการผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิ (ล้านตันต่อปี)	ประเทศ	ปริมาณการผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิ (ล้านตันต่อปี)
จีน	6.10	สหรัฐอเมริกา	3.74
รัสเซีย	3.60	ญี่ปุ่น	1.30
แคนาดา	2.64	เยอรมัน	0.67
สหรัฐอเมริกา	2.50	อิตาลี	0.42
ออสเตรเลีย	1.88	สหราชอาณาจักร	0.24

ที่มา: Mineral Commodity Summaries 2005

ปริมาณการผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่มีมากขึ้นในปัจจุบัน เป็นผลเนื่องมาจากข้อดีหลายประการของการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมใช้แล้ว โดยเฉพาะการใช้พลังงานไฟฟ้าเพียงร้อยละ 5 เมื่อเทียบกับปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ของการถลุงอะลูมิเนียมจากแร่ โดยข้อมูลในปัจจุบันพบว่า เศษโลหะ

อะลูมิเนียมทั่วโลกมากกว่าร้อยละ 40 ถูกหมุนเวียนนำกลับมาใช้ใหม่ คิดเป็นปริมาณมากกว่า 12 ล้านตันต่อปี โดยเฉพาะประเทศในทวีปยุโรปบางแห่งมีสัดส่วนการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมมากกว่าร้อยละ 70 ของปริมาณการใช้ทั้งหมด สำหรับประเทศที่มีปริมาณการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมมากที่สุด ได้แก่ สหรัฐอเมริกา ซึ่งเริ่มพัฒนาเทคโนโลยีการหมุนเวียนเศษโลหะและระบบการจัดการเศษโลหะอะลูมิเนียมมาเป็นเวลานาน



รูปที่ 3.8 สัดส่วนการหมุนเวียนเศษโลหะของประเทศสหรัฐอเมริกาในปี 2547 แยกตามแหล่งที่มา
ที่มา: Mineral Commodity Summaries 2005

อุตสาหกรรมการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศสหรัฐอเมริกา มีการพัฒนาอย่างมาก เนื่องจากเป็นประเทศที่มีปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมมากที่สุด ทำให้ปริมาณเศษโลหะอะลูมิเนียมที่เกิดขึ้นมีจำนวนมากตามไปด้วย โดยปริมาณเศษโลหะอะลูมิเนียมที่เกิดจากการบริโภคทั้งประเทศในระยะเวลา 3 เดือนสามารถนำมาผลิตเครื่องบินโดยสารขนาดใหญ่ได้ 1 ลำ สำหรับสัดส่วนการหมุนเวียนเศษโลหะของประเทศสหรัฐอเมริกาที่มีปริมาณมากที่สุด ได้แก่ การหมุนเวียนเศษโลหะใหม่ (New Scrap) ที่ได้จากกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม รองลงมาได้แก่ อุตสาหกรรมการขนส่ง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และการก่อสร้าง ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 3.8

นอกจากเทคโนโลยีการผลิตที่ทันสมัย ประเทศสหรัฐอเมริกายังมีระบบการจัดเก็บเศษโลหะที่มีประสิทธิภาพและมีการบริหารจัดการที่ดี โดยเฉพาะการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมที่ประชาชนสามารถมีส่วนร่วมโดยตรง ได้แก่ การนำบรรจุภัณฑ์กลับมาใช้ใหม่ ซึ่งจากผลการสำรวจพบว่า วงจรการหมุนเวียนของกระป๋องเครื่องดื่มตั้งแต่การผลิต การนำไปบรรจุเครื่องดื่ม การจำหน่าย จนกระทั่งถูกนำกลับมาหลอมเป็นกระป๋องอีกครั้งหนึ่งใช้ระยะเวลาเพียง 60 วันเท่านั้น ซึ่งการหมุนเวียน

กระป๋องเครื่องดื่มแต่ละใบนั้น สามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับการเปิดโทรทัศน์ทิ้งไว้ถึง 3 ชั่วโมง นอกจากนี้ผลการวิจัยยังพบว่า อุตสาหกรรมการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมของประเทศสหรัฐอเมริกายังช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในแต่ละปีได้ถึง 10,800,000,000 KWh และประหยัดน้ำมัน 18,400,000 บาร์เรล ซึ่งพลังงานดังกล่าวสามารถนำไปใช้กับเมืองขนาดใหญ่ เช่น กรุงเทพมหานครได้ถึง 6 ปีเลยทีเดียว

3.3 อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในภูมิภาคเอเชีย

สภาวการณ์อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในทวีปเอเชียมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อตอบสนองปริมาณความต้องการที่เพิ่มขึ้น โดยข้อมูลเกี่ยวกับอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในประเทศที่สำคัญมีดังนี้

3.3.1 ประเทศจีน

ประเทศจีนมีปริมาณการผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิมากที่สุดในโลก (ประมาณ 6 ล้านตันต่อปี) และมีปริมาณสำรองแร่บอกไซด์ถึง 2,300,000 ล้านตัน ซึ่งคิดเป็นร้อยละ 2 ของปริมาณแร่สำรองทั้งหมดของโลก แต่แร่บอกไซด์บางแหล่งมีคุณภาพไม่ดีพอที่จะนำมาถลุงเป็นอะลูมินา จึงจำเป็นต้องนำเข้าอะลูมินาจากต่างประเทศจำนวนหนึ่ง แม้ประเทศจีนจะเป็นผู้ผลิตโลหะอะลูมิเนียมรายใหญ่ แต่ก็ยังต้องพึ่งพาการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียม เนื่องปริมาณความต้องการใช้ในประเทศมีมากถึง 6 ล้านตันต่อปี โดยในช่วง 5 ปีที่ผ่านมา อัตราการบริโภคอะลูมิเนียมของประเทศจีนเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 14 อันเป็นผลมาจากการเติบโตของอุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ และการผลิตพลังงานไฟฟ้า โดยการใช้งานมากกว่าร้อยละ 80 ได้แก่ อุตสาหกรรมก่อสร้าง และความต้องการจะยังคงมีเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีโครงการขนาดใหญ่จำนวนมากที่ยังอยู่ในระหว่างการก่อสร้าง เช่น สนามแข่งขันสำหรับกีฬาโอลิมปิกปี 2008 จำนวน 42 แห่ง และโรงแรมอีกกว่า 50 แห่ง

ตารางที่ 3.4 มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของประเทศจีนในช่วงปี 2542-2546

หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐ

	2542	2543	2544	2545	2546
มูลค่าการนำเข้า	1,738	2,545	1,854	2,055	2,718
มูลค่าการส่งออก	491	624	929	1,55	2,454

ที่มา: International Trade Centre, UNTAD/WTO

สำหรับอุปสรรคของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของจีน ได้แก่ ปัญหาเรื่องการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าทางฝั่งตะวันตกและทางใต้ของประเทศ ซึ่งพื้นที่ดังกล่าวมีปริมาณการผลิตอะลูมิเนียม

ปฐมภูมิคิดเป็นร้อยละ 50 ของกำลังการผลิตทั้งหมด ในขณะนี้รัฐบาลจีนกำลังเร่งแก้ปัญหาดังกล่าว และคาดว่าจะดำเนินการแล้วเสร็จในปี 2554 นอกจากนี้จีนยังกำหนดนโยบายห้ามการส่งออกเศษโลหะอะลูมิเนียม เพื่อรักษาระดับความต้องการใช้สำหรับกลุ่มผู้ประกอบการผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิในประเทศ

3.3.2 ประเทศฟิลิปปินส์

ฟิลิปปินส์ไม่มีอุตสาหกรรมผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิ เนื่องจากไม่มีแหล่งแร่บอกไซด์และต้นทุนค่าไฟฟ้าสูง โดยอัตราค่าไฟฟ้าของฟิลิปปินส์จัดว่าสูงที่สุดในภูมิภาคเอเชีย ดังนั้นอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของฟิลิปปินส์จึงเป็นอุตสาหกรรมขั้นกลางและขั้นปลาย โดยต้องพึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศเป็นหลัก

ปริมาณความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมของประเทศฟิลิปปินส์มีประมาณ 25,000 ตันต่อปี โดยขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมก่อสร้าง บรรจุภัณฑ์ และการขนส่ง ซึ่งในอดีตอุตสาหกรรมก่อสร้างมีสัดส่วนการใช้มากที่สุด แต่ในช่วง 2-3 ปีที่ผ่านมาปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมเริ่มลดลงเนื่องจากสภาวะเศรษฐกิจที่ชะลอตัว ทำให้ความต้องการใช้อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมก่อสร้างลดลงกว่าร้อยละ 50 อย่างไรก็ดีแนวโน้มการใช้คาดว่าจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยในปี 2546 ประเทศฟิลิปปินส์มีมูลค่าการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียม 6,350 ล้านบาท (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 1เหรียญสหรัฐเท่ากับ 41 บาท) ในขณะที่มีมูลค่าการส่งออกโลหะอะลูมิเนียมเพียง 168 ล้านบาท สำหรับอุตสาหกรรมที่ใช้อะลูมิเนียมมากในปัจจุบัน ได้แก่ อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์

ตารางที่ 3.5 มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของประเทศฟิลิปปินส์ในช่วงปี 2542-2546

หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐ

	2542	2543	2544	2545	2546
มูลค่าการนำเข้า	165.4	171.7	146.4	141.3	154.8
มูลค่าการส่งออก	7.5	7.2	2.4	2.3	4.1

ที่มา: International Trade Centre, UNTAD/WTO

3.3.3 ประเทศอินเดีย

อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของประเทศอินเดียมีการพัฒนามานานกว่า 60 ปีแล้ว โดยปัจจุบันมีบริษัทผู้ผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิรายใหญ่จำนวน 5 ราย มีกำลังการผลิตรวมประมาณ 2.5 ล้านตันต่อปี ซึ่งแบ่งเป็นการผลิตอะลูมิน่า 1.8 ล้านตันต่อปี และโลหะอะลูมิเนียม 0.7 ล้านตันต่อปี

ความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมของอินเดียเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากการขยายตัวทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ โดยมีปริมาณการใช้ในปัจจุบันประมาณ 800,000 ตันต่อปี มากกว่าปริมาณการใช้ในช่วง 5 ปีที่ผ่านมาซึ่งมีการใช้ประมาณ 550,000 ตันต่อปี คิดเป็นร้อยละ 45 โดยอุตสาหกรรมที่มีสัดส่วนการใช้มากที่สุดได้แก่ อุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ อุตสาหกรรมยานยนต์ อุตสาหกรรมก่อสร้าง และบรรจุภัณฑ์ ตามลำดับ

ถึงแม้ว่าอินเดียเป็นผู้ผลิตโลหะอะลูมิเนียมที่สำคัญแห่งหนึ่งของโลก แต่กลับมีปริมาณการบริโภคต่อคนเพียง 1 กิโลกรัมต่อปี ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับประเทศที่พัฒนาแล้วทั้งหลาย เช่น สหรัฐอเมริกาที่มีอัตราการบริโภคโลหะอะลูมิเนียมถึง 35 กิโลกรัมต่อคนต่อปี ทำให้โลหะอะลูมิเนียมส่วนใหญ่ถูกส่งเป็นสินค้าออก โดยในปี 2546 ประเทศอินเดียที่ได้ดุลการค้าจากอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมสูงถึง 3,280 ล้านบาท (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 1 เหรียญสหรัฐเท่ากับ 41 บาท)

ตารางที่ 3.6 มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของประเทศอินเดียในช่วงปี 2542-2546

หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐ

	2542	2543	2544	2545	2546
มูลค่าการนำเข้า	124.7	136.8	176.5	180.1	229.7
มูลค่าการส่งออก	209.9	286.0	275.5	296.3	309.6

ที่มา: International Trade Centre, UNTAD/WTO

3.3.4 ประเทศเวียดนาม

เวียดนามนับเป็นประเทศที่มีปริมาณแร่บอกไซด์มากที่สุดแห่งหนึ่งของโลก โดยมีปริมาณสำรองทั้งหมดประมาณ 7,000 ล้านตัน แต่อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของเวียดนามกลับไม่ได้รับการพัฒนาเท่าที่ควร โดยปัจจุบันมีโรงงานผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิรายใหญ่เพียงแห่งเดียว และมีกำลังการผลิตประมาณ 100,000 ตันต่อปี อย่างไรก็ตามในปี 1998 ได้มีการร่วมมือกับบริษัท Aluminium Pechiney ของประเทศฝรั่งเศส เพื่อลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอะลูมินาที่มีกำลังการผลิตประมาณ 1-3 ล้านตันต่อปี

แม้เวียดนามจะเป็นประเทศที่มีแหล่งแร่ขนาดใหญ่และมีคุณภาพ แต่จุดอ่อนสำคัญต่อการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมคือ การขาดแคลนเงินลงทุน โครงสร้างสาธารณูปโภคพื้นฐาน และเทคโนโลยีการผลิต ตลอดจนต้นทุนค่าไฟฟ้าที่สูง และปัญหาทางการเมืองและเศรษฐกิจของประเทศ ดังนั้นเวียดนามจึงยังเป็นประเทศที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมจากต่างประเทศมาโดยตลอด ดังจะเห็นได้จากข้อมูลการนำเข้าและส่งออกโลหะอะลูมิเนียมในตารางที่ 3.7 ซึ่งปริมาณการนำเข้า

โลหะอะลูมิเนียมทั้งหมดในปี 2545 คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 7,350 ล้านบาท ในขณะที่มูลค่าการส่งออกโลหะอะลูมิเนียมมีเพียง 420 ล้านบาทเท่านั้น

ตารางที่ 3.7 มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของประเทศเวียดนามในช่วงปี 2542-2545

หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐ

	2542	2543	2544	2545
มูลค่าการนำเข้า	92.9	111.9	140.2	179.3
มูลค่าการส่งออก	1.1	2.4	7.2	10.3

ที่มา: International Trade Centre, UNTAD/WTO

3.3.5 ประเทศมาเลเซีย

อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของประเทศมาเลเซียมีเพียงอุตสาหกรรมขั้นกลางและขั้นปลาย โดยไม่มีการผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิ มีกำลังการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทั้งหมดประมาณ 150,000 ตันต่อปี เนื่องจากมีผู้ลงทุนจากต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น อเมริกา และยุโรป เข้ามาลงทุนหลายราย แต่ส่วนใหญ่เป็นการผลิตเพื่อส่งออก

การบริโภคโลหะอะลูมิเนียมของมาเลเซียขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องหลักหลายประเภท เช่น อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่ยังต้องพึ่งพาการนำเข้าวัตถุดิบจากต่างประเทศ แม้รัฐบาลมาเลเซียได้กำหนดนโยบายกีดกันทางค้าเพื่อปกป้องอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในประเทศ แต่ตัวเลขการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมก็ยังคงสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยในปี 2546 มีการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมคิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้นรวม 23,300 ล้านบาท (คิดที่อัตราแลกเปลี่ยน 1เหรียญสหรัฐเท่ากับ 41 บาท) และมีมูลค่าการส่งออกรวม 10,500 ล้านบาท

ตารางที่ 3.8 มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของประเทศมาเลเซียในช่วงปี 2542-2546

หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐ

	2542	2543	2544	2545	2546
มูลค่าการนำเข้า	518.0	606.6	524.2	555.6	569.3
มูลค่าการส่งออก	224.1	250.0	211.7	222.8	255.3

ที่มา: International Trade Centre, UNTAD/WTO

3.3.6 ประเทศอินโดนีเซีย

อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของอินโดนีเซียประกอบด้วยทั้งอุตสาหกรรมขั้นต้น ขั้นกลาง และขั้นปลาย โดยมีโรงงานผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิรายใหญ่ ได้แก่ บริษัท PT INALUM ที่มีกำลังการผลิตกว่า 225,000 ตันต่อปี โดยสัดส่วนการจำหน่ายจะเป็นตลาดในประเทศร้อยละ 33 และตลาดต่างประเทศร้อยละ 67 (เกือบทั้งหมดส่งออกไปยังประเทศญี่ปุ่น) สำหรับการใช้วัตถุดิบของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมขั้นกลางและขั้นปลายได้จากอะลูมิเนียมของบริษัท PT INALUM และการนำเข้าจากต่างประเทศ

ปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมของอินโดนีเซียจะขึ้นอยู่กับอุตสาหกรรมหลัก ได้แก่ อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมยานยนต์ สินค้าทั่วไป อุตสาหกรรมสื่อสารและโทรคมนาคม เป็นต้น จากการที่กำลังการผลิตโลหะอะลูมิเนียมของประเทศทั้งหมดมีมากกว่าความต้องการใช้ในประเทศ ทำให้อัตราการเติบโตของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของอินโดนีเซียจึงขึ้นอยู่กับการส่งออกเป็นหลัก โดยในปี 2546 การส่งออกโลหะอะลูมิเนียมคิดเป็นมูลค่าทั้งสิ้น 10,900 ล้านบาท

ตารางที่ 3.9 มูลค่าการนำเข้า-ส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของประเทศอินโดนีเซียในช่วงปี 2542-2546

หน่วย: ล้านเหรียญสหรัฐ

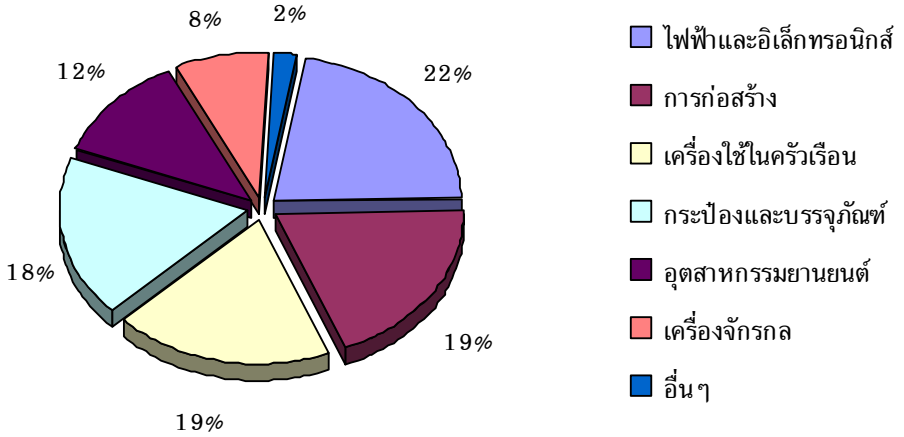
	2542	2543	2544	2545	2546
มูลค่าการนำเข้า	228.5	336.1	291.9	277.0	309.0
มูลค่าการส่งออก	153.7	319.7	288.0	263.5	265.4

ที่มา: International Trade Centre, UNTAD/WTO

บทที่ 4
อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทย

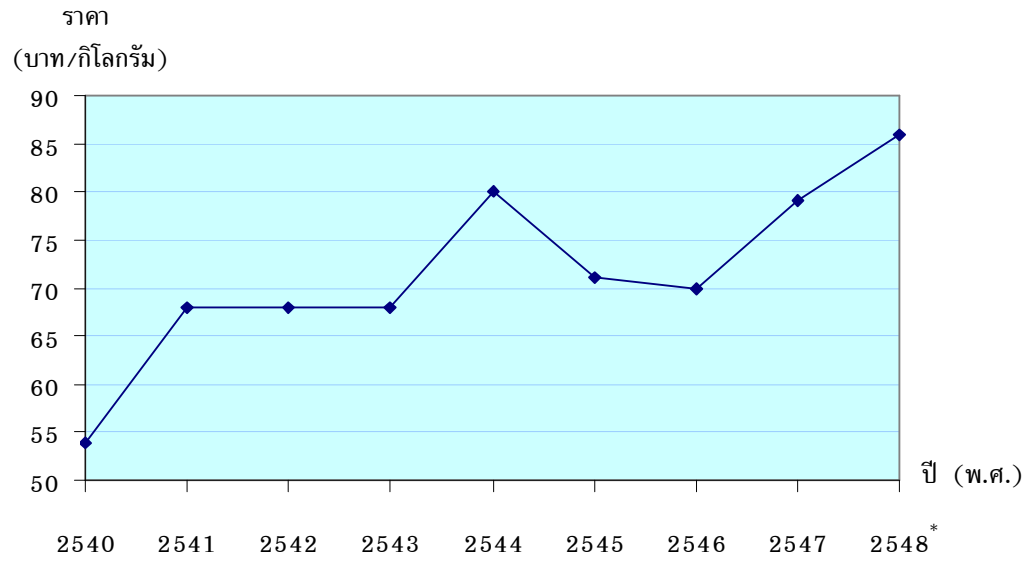
4.1 การใช้โลหะอะลูมิเนียมในประเทศ

ความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมของประเทศไทยในแต่ละปีคิดเป็นปริมาณกว่า 500,000 ตัน โดยมีสัดส่วนการใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ อาทิเช่น อุตสาหกรรมไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์ที่มีปริมาณการใช้คิดเป็นร้อยละ 22 ของการใช้โลหะอะลูมิเนียมทั้งหมด รองลงมาได้แก่อุตสาหกรรมก่อสร้าง อุตสาหกรรมบรรจุภัณฑ์ และอุตสาหกรรมยานยนต์ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.1 ซึ่งแนวโน้มการใช้โลหะอะลูมิเนียมยังคงมีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ ตามสภาพการขยายตัวทางเศรษฐกิจของประเทศ โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีบริษัทขนาดใหญ่จากต่างประเทศหลายแห่งมาตั้งฐานการผลิตในประเทศ



รูปที่ 4.1 สัดส่วนการใช้โลหะอะลูมิเนียมของไทยแยกตามประเภทการใช้งาน

จากปริมาณการใช้โลหะอะลูมิเนียมที่สูงขึ้นในอุตสาหกรรมต่อเนื่องต่าง ๆ รวมทั้งการปรับตัวของราคาในตลาดโลก (ดูรูปที่ 3.6) ส่งผลให้ราคาโลหะอะลูมิเนียมในประเทศมีการปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยราคาเฉลี่ยของโลหะอะลูมิเนียมในปี 2547 อยู่ที่ 74 บาทต่อกิโลกรัม เพิ่มขึ้นจากราคาเฉลี่ยในปี 2546 คิดเป็นร้อยละ 6 ดังแสดงในรูปที่ 4.2 สำหรับราคาเฉลี่ยของโลหะอะลูมิเนียมในช่วงครึ่งปีแรกของปี 2548 เพิ่มขึ้นจากปีที่ผ่านมาร้อยละ 16 โดยมีราคาเฉลี่ย 86 บาทต่อกิโลกรัม และคาดว่าราคาโลหะอะลูมิเนียมในประเทศตลอดทั้งปีจะยังคงอยู่ที่ระดับนี้ หรืออาจเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ทั้งนี้ขึ้นกับราคาในตลาดโลก



รูปที่ 4.2 ราคาโลหะอะลูมิเนียมในประเทศในช่วงปี 2540 – 2548

ที่มา: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน

หมายเหตุ * ราคาเฉลี่ยตั้งแต่เดือนมกราคม – มิถุนายน

4.2 การนำเข้าและส่งออกโลหะอะลูมิเนียม

เนื่องจากประเทศไทยไม่มีโรงงานผลิตอะลูมิเนียมปฐมภูมิ ประกอบกับอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมขั้นกลางและขั้นปลายในประเทศจำเป็นต้องใช้โลหะอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบหลัก ทำให้ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศเป็นจำนวนมาก โดยการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมในแต่ละปีคิดเป็นมูลค่ามากที่สุดเป็นอันดับสองรองจากโลหะเหล็กและเหล็กกล้า จากข้อมูลในตารางที่ 4.1 และรูปที่ 4.3 พบว่าแนวโน้มการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมของไทยมีปริมาณเพิ่มขึ้นทุกปี โดยในปี 2547 มีการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมปริมาณ 549,659 ตัน คิดเป็นมูลค่าสูงถึง 46,929 ล้านบาท ซึ่งมีอัตราการเพิ่มขึ้นจากช่วง 5 ปีที่ผ่านมาที่มีปริมาณการนำเข้า 332,057 ตัน คิดเป็นร้อยละ 66 สำหรับในช่วง 6 เดือนแรกของปี 2548 พบว่า ปริมาณการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมมีจำนวนทั้งสิ้น 265,613 ตัน และคาดว่าตลอดทั้งปีจะมียอดการนำเข้าใกล้เคียงกับปีที่ผ่านมา

โลหะอะลูมิเนียมที่นำเข้าส่วนใหญ่จะเป็นโลหะที่ยังไม่ผ่านการขึ้นรูป (Unwrought) โดยมีสัดส่วนการนำเข้าโลหะคิดเป็นร้อยละ 70 ของปริมาณการนำเข้าทั้งหมด ซึ่งประเทศคู่ค้าหลักของผลิตภัณฑ์ประเภทนี้ ได้แก่ ออสเตรเลีย สหรัฐอาหรับเอมิเรตส์ และ บราซิล เป็นต้น ผลิตภัณฑ์ที่มีการนำเข้าสูงรองลงมาคือ อะลูมิเนียมแผ่น ที่มีสัดส่วนการนำเข้าร้อยละ 16 และประเทศคู่ค้าที่สำคัญได้แก่ ญี่ปุ่น สหรัฐอเมริกา และ ฮ่องกง เป็นต้น

ตารางที่ 4.1 ปริมาณและมูลค่าการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมของไทยในช่วงปี 2543-2548

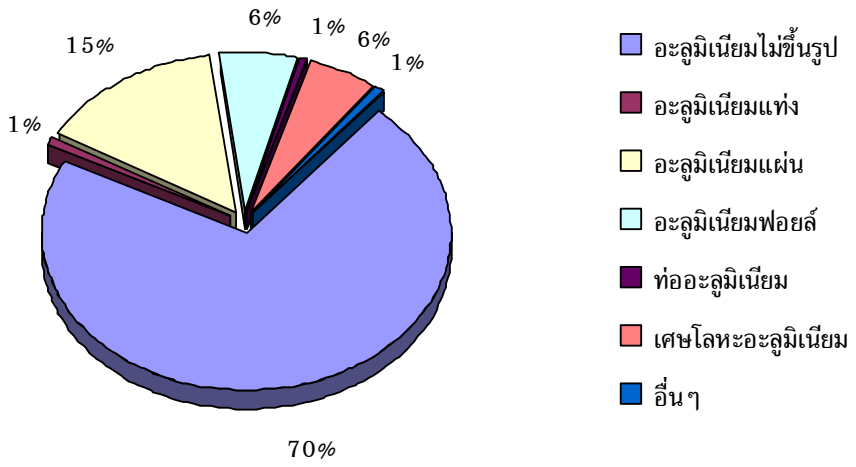
ประเภทผลิตภัณฑ์	2543	2544	2545	2546	2547	2548 (ม.ค.-มิ.ย.)
เศษโลหะ	11,485	13,126	17,602	22,364	31,177	20,134
มูลค่า	569	699	890	1,158	1,768	1,202
อะลูมิเนียมไม่ขึ้นรูป	236,949	234,692	259,324	330,317	392,748	203,506
มูลค่า	14,280	17,122	16,343	20,128	28,092	15,754
ผงอะลูมิเนียม	581	580	671	864	1,021	234
มูลค่า	59	64	62	78	75	46
อะลูมิเนียมแท่ง	3,911	3,416	2,615	4,278	4,141	2,656
มูลค่า	499	431	359	575	680	436
ลวดอะลูมิเนียม	2,360	2,528	2,741	2,634	3,258	1,481
มูลค่า	367	356	314	311	366	181
อะลูมิเนียมแผ่น	56,680	56,166	61,025	70,755	80,949	27,367
มูลค่า	6,169	6,689	6,805	7,804	9,354	3,247
อะลูมิเนียมฟอยล์	17,950	20,407	21,686	26,571	33,275	7,693
มูลค่า	3,387	3,683	3,693	4,290	5,493	1,135
ท่ออะลูมิเนียม	2,140	1,866	2,160	2,391	3,091	2,543
มูลค่า	599	786	742	890	1,102	807
ปริมาณรวม	**332,057**	**332,781**	**367,824**	**460,174**	**549,659**	**265,613**
มูลค่ารวม	**25,930**	**29,830**	**29,209**	**35,234**	**46,929**	**22,809**

ที่มา: Thailand Metal Statistics Year 2005 (Jan-Jun)

ตารางที่ 4.2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของไทยในช่วงปี 2543-2548

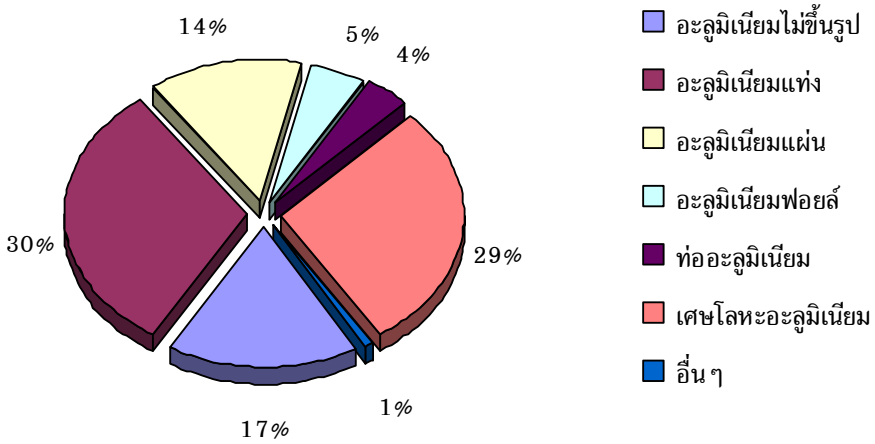
ประเภทผลิตภัณฑ์	2543	2544	2545	2546	2547	2548 (ม.ค.-มิ.ย.)
เศษโลหะ	11,503	13,389	15,321	17,489	20,623	8,492
มูลค่า	543	658	708	735	944	410
อะลูมิเนียมไม่ขึ้นรูป	6,837	5,139	9,535	6,905	12,312	6,284
มูลค่า	438	333	586	452	902	489
ผงอะลูมิเนียม	20	4	12	143	161	7
มูลค่า	1	1	2	10	12	1
อะลูมิเนียมแท่ง	10,509	13,124	13,949	17,052	22,489	10,523
มูลค่า	795	1,085	1,020	1,224	1,746	875
ลวดอะลูมิเนียม	72	494	167	149	347	27
มูลค่า	9	53	11	11	14	5
อะลูมิเนียมแผ่น	7,604	4,642	3,871	7,610	9,927	6,182
มูลค่า	1,198	551	372	664	1,023	574
อะลูมิเนียมฟอยล์	1,068	1,354	2,321	2,322	3,524	1,189
มูลค่า	177	282	341	346	544	183
ท่ออะลูมิเนียม	849	1,190	1,764	2,325	2,808	1,680
มูลค่า	179	327	458	530	666	437
ปริมาณรวม	**38,461**	**39,336**	**46,941**	**53,996**	**72,190**	**34,384**
มูลค่ารวม	**3,340**	**3,289**	**3,499**	**3,973**	**5,851**	**2,973**

ที่มา: Thailand Metal Statistics Year 2005 (Jan-Jun)



รูปที่ 4.3 สัดส่วนการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมในปี 2547 แยกตามประเภท

ที่มา: Thailand Metal Statistics Year 2005 (Jan-Jun)



รูปที่ 4.4 สัดส่วนการส่งออกโลหะอะลูมิเนียมในปี 2547 แยกตามประเภท

ที่มา: Thailand Metal Statistics Year 2005 (Jan-Jun)

ด้านการส่งออกโลหะอะลูมิเนียมของไทย ยังถือว่ามีปริมาณน้อยเมื่อเทียบกับการนำเข้า โดยในปี 2547 มีปริมาณการส่งออกโลหะอะลูมิเนียมทั้งสิ้น 72,190 ตัน เพิ่มขึ้นจากปี 2546 ที่มีปริมาณการส่งออก 53,996 ตัน คิดเป็นร้อยละ 34 ดังแสดงในตารางที่ 4.2 โดยผลิตภัณฑ์ที่มีการส่งออกมากที่สุด ได้แก่ อะลูมิเนียมแท่งที่มีสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 30 รองลงมาได้แก่ เศษโลหะอะลูมิเนียมที่มีสัดส่วนการส่งออกร้อยละ 29 (รูปที่ 4.4)

4.3 การผลิตโลหะอะลูมิเนียมในประเทศ

อุตสาหกรรมผลิตอะลูมิเนียมในประเทศไทยสามารถแบ่งตามขั้นตอนการผลิตได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

(1) กลุ่มผู้ผลิตขั้นต้น ได้แก่ กลุ่มโรงงานที่รับซื้อเศษโลหะและกากอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบเพื่อนำมาหลอมใหม่เป็นอะลูมิเนียมประเภทยังไม่ขึ้นรูปเพื่อนำไปใช้ในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง

(2) กลุ่มผู้ผลิตขั้นกลาง ได้แก่ โรงงานอัดขึ้นรูปที่ใช้โลหะอะลูมิเนียมที่ยังไม่ขึ้นรูป (Unwrought) หรืออะลูมิเนียมอินกอต (Ingot) เป็นวัตถุดิบ รวมถึงกลุ่มโรงงานที่ผลิตอะลูมิเนียมแผ่น อะลูมิเนียมฟอยล์ และลวดอะลูมิเนียมด้วย

(3) กลุ่มผู้ผลิตขั้นปลาย ได้แก่ กลุ่มผู้ผลิตที่ซื้ออะลูมิเนียมขึ้นรูปไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสินค้าต่อไป เช่น อุตสาหกรรมผลิตกระป๋องและบรรจุภัณฑ์ วัสดุก่อสร้างและตกแต่ง เป็นต้น

4.3.1 สภาพการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศ

เนื่องจากประเทศไทยไม่มีวัตถุดิบแร่บอกไซต์ และมีค่าไฟฟ้าที่แพงจึงไม่สามารถตั้งโรงงานถลุงอะลูมิเนียมปฐมภูมิได้ ดังนั้นการหมุนเวียนเศษโลหะจึงเป็นทางเลือกที่ควรได้รับการสนับสนุน จากการคาดการณ์เศษโลหะอะลูมิเนียมที่หมุนเวียนอยู่ภายในประเทศมีปริมาณทั้งหมด 50,000 ถึง 100,000 ตันต่อปี ในที่นี้ไม่รวมเศษโลหะที่หมุนเวียนอยู่ภายในโรงงาน โดยกลไกตลาดเศษอะลูมิเนียมจะถูกควบคุมโดยผู้ค้าเศษโลหะรายใหญ่ซึ่งในประเทศไทยมีเพียงไม่กี่แห่ง โดยผู้ค้าเศษโลหะรายใหญ่เหล่านี้จะมีอำนาจในการต่อรอง การกำหนดราคาเศษโลหะ รวมทั้งสามารถเลือกขายเศษโลหะให้กับโรงงานใดก็ได้ สำหรับแหล่งที่มาของเศษโลหะอะลูมิเนียมสามารถแบ่งได้เป็น 4 กลุ่มใหญ่ ๆ คือ

(1) ผู้ค้ารายย่อยหรือร้านค้าของเก่า ร้านค้าพวกนี้จะเป็นผู้รวบรวมเศษอะลูมิเนียมจากบ้านเรือนหรือกองขยะต่าง ๆ เพื่อขายต่อให้กับผู้ค้ารายใหญ่ต่อไป

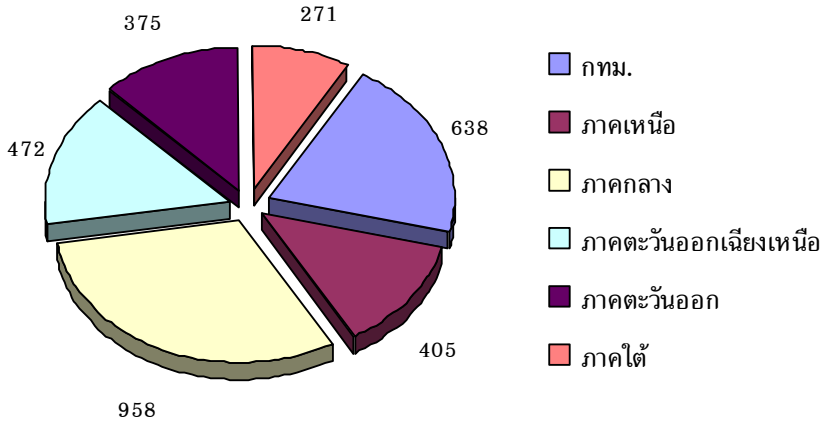
(2) โรงงานอุตสาหกรรม ในโรงงานที่มีการขึ้นรูปอะลูมิเนียมจะมีเศษโลหะเกิดขึ้นเสมอ ซึ่งถ้าโรงงานเหล่านี้ไม่มีเตาหลอมเศษโลหะเองก็จะจำหน่ายเศษโลหะโดยการเปิดประมูลให้ผู้ค้าเศษโลหะหรือโรงงานหลอมเศษโลหะเข้ามาซื้อ หรืออาจมีการทำสัญญากับบริษัทที่ส่งวัตถุดิบอะลูมิเนียม

ให้ว่าจะขายเศษโลหะกลับคืนเพื่อนำไปหลอมใหม่ ซึ่งเศษโลหะที่ได้จากโรงงานอุตสาหกรรมถือเป็นเศษโลหะที่มีคุณภาพดี มีความสะอาดสูง จึงมีราคาดีและเป็นที่ต้องการของตลาดมาก

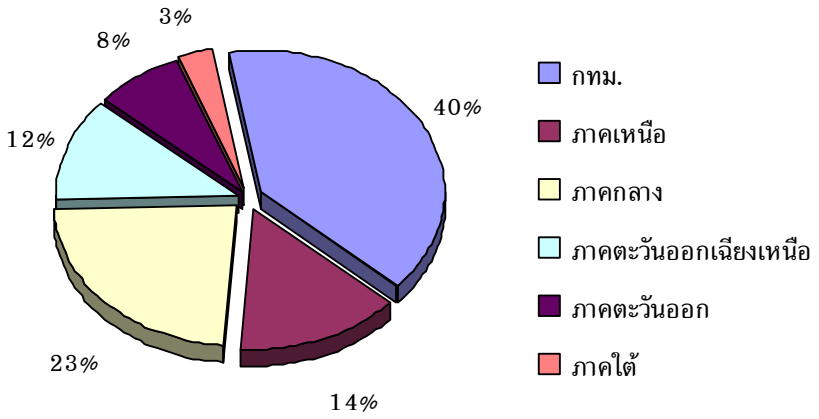
(3) โครงการก่อสร้างต่าง ๆ ที่มีเศษอะลูมิเนียมจากการทำกรอบประตู หน้าต่าง อุปกรณ์ตกแต่งต่าง ๆ และสายไฟขนาดใหญ่ โดยส่วนใหญ่จะขายในรูปของการประมูลหรืออาจทำสัญญากับผู้ผลิตวัตถุดิบเช่นเดียวกับเศษโลหะอะลูมิเนียมจากโรงงานอุตสาหกรรม

(4) การนำเข้าจากต่างประเทศ เนื่องจากมีคุณภาพดีและเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศมีปริมาณไม่เพียงพอกับความต้องการ แม้ว่าโรงงานหลอมเศษอะลูมิเนียมส่วนใหญ่จะนิยมใช้เศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศมากกว่า เพราะราคาถูกกว่า ใช้ระยะเวลาในการขนส่งน้อยกว่า และมีความสะดวกในการติดต่อมากกว่าก็ตาม

จากผลสำรวจร้านรับซื้อของเก่าทั่วประเทศจำนวน 3,119 ร้าน โดยกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ในปี 2547 มีปริมาณการรับซื้อเศษโลหะอะลูมิเนียมทั้งสิ้นประมาณ 50,000 ตัน โดยแหล่งที่มีการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมปริมาณมากที่สุด ได้แก่ กรุงเทพมหานคร ซึ่งมีปริมาณการรับซื้อคิดเป็นร้อยละ 40 ของปริมาณเศษโลหะอะลูมิเนียมทั้งหมด รองลงมาได้แก่ ภาคกลาง ภาคเหนือ และภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ตามลำดับ ดังแสดงในรูปที่ 4.6 ข้อมูลดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าปริมาณการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศมีสัดส่วนเพียงร้อยละ 10 ของการใช้ทั้งหมด ซึ่งถือว่าน้อยมากเมื่อเทียบกับสัดส่วนการหมุนเวียนเศษโลหะในประเทศที่พัฒนาแล้ว



รูปที่ 4.5 จำนวนร้านรับซื้อของเก่าทั่วประเทศแยกตามเขตพื้นที่
ที่มา: สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย



รูปที่ 4.6 ปริมาณเศษโลหะอะลูมิเนียมแยกตามพื้นที่
ที่มา: สถาบันเหล็กและเหล็กกล้าแห่งประเทศไทย

4.3.2 ศักยภาพการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากเศษโลหะของไทย

กลุ่มโรงงานผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิของไทย สามารถผลิตโลหะอะลูมิเนียมอัลลอยด์ชนิดต่าง ๆ เพื่อเป็นวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้ประมาณปีละ 50,000-100,000 ตัน โดยสามารถแบ่งเป็น 3 กลุ่มย่อยตามปริมาณการผลิตได้ดังนี้

(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

4.3.3 ปัญหาและอุปสรรคของการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียม

แม้ว่าปริมาณความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมของไทยจะเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง แต่อุตสาหกรรมการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียม หรือการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิของไทยกลับไม่พัฒนาเท่าที่ควร เนื่องมาจากเหตุผลหลักหลายประการ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

(1) จำนวนโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่มีอยู่ในปัจจุบัน ไม่เพียงพอต่อความต้องการของตลาด

(2) โรงงานหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศยังมีเทคโนโลยีค่อนข้างจำกัด ทำให้ไม่สามารถผลิตเป็นอะลูมิเนียมบริสุทธิ์หรือโลหะอะลูมิเนียมคุณภาพสูงได้ ผลิตภัณฑ์โลหะอะลูมิเนียมที่ผลิตได้จึงมีมูลค่าต่ำกว่าที่ควรจะเป็น

(3) การหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศยังขาดหลักวิชาการ ในการแบ่งแยกเกรดทำให้มีการเจือปนของสิ่งสกปรก เช่น คราบน้ำมัน เศษดิน รวมทั้งโลหะเจือปนชนิดอื่น ๆ ที่ส่งผลต่อคุณสมบัติของโลหะอะลูมิเนียมผสม

(4) การรณรงค์การจัดเก็บเศษอะลูมิเนียมเพื่อหมุนเวียนกลับมาใช้ใหม่ ยังไม่ประสบผลสำเร็จเท่าที่ควร ทำให้ผู้ผลิตขั้นต้นคือ โรงหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียมต่าง ๆ ยังคงมีปัญหาเรื่องการขาดแคลนวัตถุดิบมาโดยตลอด จึงจำเป็นต้องนำเข้าเศษโลหะอะลูมิเนียมจากต่างประเทศ

(5) โรงงานหลอมเศษโลหะอะลูมิเนียมส่วนใหญ่ไม่มีระบบความปลอดภัย ระบบจัดการสิ่งแวดล้อม และสุขอนามัยของพนักงานที่ดี โดยมักขาดเครื่องมือและอุปกรณ์ความปลอดภัยเบื้องต้น นอกจากนี้โรงงานกลุ่มนี้จะเน้นการประหยัดต้นทุน จึงมักใช้น้ำมันคุณภาพต่ำ เช่น น้ำมันขี้โล้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตทำให้เกิดปัญหาเรื่องฝุ่นควันมาก รวมทั้งเครื่องจักรอุปกรณ์ก็ล้าสมัยและขาดการบำรุงรักษาทำให้ประสิทธิภาพการผลิตค่อนข้างต่ำ

(6) ขาดแคลนบุคลากรและแรงงานที่มีความรู้ความสามารถ โดยเฉพาะทางด้านเทคโนโลยีการผลิต

(7) ขาดความร่วมมือและพันธมิตรทางการผลิตและการจำหน่าย ผู้ประกอบการส่วนใหญ่จึงต้องแข่งขันกันสูงในการจัดหาวัตถุดิบและการดำเนินธุรกิจ

(8) ไม่มีการรวบรวมข้อมูลทางด้านการตลาดที่เป็นระบบ ทำให้ผู้ประกอบการขาดข้อมูลในการทำธุรกิจ และนักลงทุนรายใหม่ก็ไม่กล้าเสี่ยงที่จะลงทุนในอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม

บทที่ 5

ทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม

จากผลการวิเคราะห์สภาวการณ์อุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทยที่กำลังเติบโตอย่างต่อเนื่อง เชื่อมโยงไปถึงสภาวการณ์ของตลาดโลก และการศึกษาสภาพปัญหาของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมที่สำคัญในปัจจุบัน พบว่า การพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมอย่างเป็นระบบและครบวงจรจะต้องได้รับการสนับสนุนจากทุกฝ่ายทั้งภาครัฐ ภาคเอกชน รวมทั้งผู้บริโภคโลหะอะลูมิเนียมทุกคน ซึ่งสามารถสรุปแนวทางการส่งเสริมและพัฒนาในด้านหลัก ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 การส่งเสริมด้านวัตถุดิบ

วัตถุดิบที่สำคัญที่สุดสำหรับอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทย ได้แก่ เศษโลหะอะลูมิเนียม เนื่องจากประเทศไทยไม่มีศักยภาพในการลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากแร่ ดังนั้น การพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมจึงต้องเน้นการจัดหาเศษโลหะอะลูมิเนียมให้เพียงพอ เพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตโลหะอะลูมิเนียมทุติยภูมิในประเทศซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิตเพียงปีละ 50,000 – 100,000 ตัน ในขณะที่ปริมาณความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมมีมากกว่า 500,000 ตันต่อปี

ปริมาณการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมในประเทศไทยยังมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับต่างประเทศ โดยเศษอะลูมิเนียมส่วนใหญ่ที่มีการนำกลับมาใช้ใหม่จะเป็นเศษโลหะใหม่ (New scrap) ที่ได้จากโรงงานขึ้นรูปโลหะอะลูมิเนียมที่ไม่มีเตาหลอม เช่น โรงรีด ปั๊ม หรืออัดขึ้นรูป รวมทั้งอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ใช้โลหะอะลูมิเนียมเป็นวัตถุดิบ แต่จากการที่เศษโลหะใหม่ถือเป็นเศษโลหะที่มีคุณภาพดีและมีราคาสูง จึงทำให้เศษโลหะอะลูมิเนียมจำนวนไม่น้อยถูกส่งออกไปจำหน่ายยังต่างประเทศอย่างต่อเนื่องทุกปี

สำหรับการหมุนเวียนเศษโลหะจากผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วของไทย คิดเป็นปริมาณที่ต่ำมาก เนื่องจากระบบการจัดเก็บเศษโลหะที่ไม่ดี อีกทั้งประชาชนยังไม่มีวินัยในการคัดแยกขยะจากครัวเรือนหรืออาคารสำนักงาน ซึ่งส่งผลให้การคัดแยกเศษโลหะอะลูมิเนียมในสถานที่กำจัดขยะรวมทำได้ลำบากและมีปัญหาเรื่องความสะอาดของเศษโลหะอะลูมิเนียมตามมา จากตารางที่ 5.1 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการหมุนเวียนผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมใช้แล้วของประเทศไทย โดยเฉพาะกระป๋องเครื่องดื่มมีปริมาณน้อยกว่าร้อยละ 20 ของการบริโภคทั้งหมด ในขณะที่ต่างประเทศที่มีการรณรงค์เรื่องการนำเศษโลหะกลับมาใช้ใหม่อย่างได้ผล เช่น สวีเดน และสวิตเซอร์แลนด์มีสัดส่วนการหมุนเวียนกระป๋องเครื่องดื่มใช้แล้วสูงถึงร้อยละ 92 และ 88 ตามลำดับ ดังนั้นแนวทางการจัดหาวัตถุดิบให้กับอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมจึงต้องดำเนินการอย่างเร่งด่วน โดยพัฒนาการหมุนเวียนเศษโลหะในประเทศให้เป็นระบบ และสกัดกั้นการส่งออกเศษโลหะอะลูมิเนียมไปยังต่างประเทศ

ตารางที่ 5.1 ปริมาณการหมุนเวียนกระป๋องและบรรจุภัณฑ์เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ในแต่ละประเทศ

ประเทศ	ปริมาณการหมุนเวียนเศษโลหะ (%)
สวีเดน	92
สวิตเซอร์แลนด์	88
สหรัฐอเมริกา	60
ญี่ปุ่น	60
ไทย	< 20

นอกจากการจัดเก็บเศษโลหะ และปริมาณการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมที่ไม่เพียงพอต่อความต้องการแล้ว ปัญหาหลักอีกประการของการหมุนเวียนเศษอะลูมิเนียมในประเทศไทย ได้แก่ คุณภาพและการปลอมปนของเศษโลหะ เนื่องจากระบบการคัดแยกที่ไม่มีคุณภาพ การค้าเศษโลหะที่ไม่มีการควบคุมอย่างเป็นระบบ และผู้ค้าเศษโลหะแต่ละรายไม่มีการแบ่งประเภทเศษโลหะอะลูมิเนียมที่มีมาตรฐานเดียวกัน โดยในตลาดโลกจะมีมาตรฐานการแบ่งชนิดของเศษโลหะอะลูมิเนียมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ มาตรฐาน ISRI (Institute of Scrap Recycling Industries, Inc.) ส่วนกลุ่มผู้ค้าเศษโลหะในประเทศไทย ส่วนใหญ่จะแบ่งประเภทของเศษโลหะอะลูมิเนียมตามประเภทของผลิตภัณฑ์เอง แม้ผู้ค้าเศษโลหะบางรายจะอ้างอิงมาตรฐานของ ISRI ในการแยกประเภทเศษโลหะบ้าง แต่การคัดแยกจะไม่ใช้รายละเอียดตามมาตรฐานอย่างครบถ้วน ซึ่งปัญหาคุณภาพและสิ่งปลอมปนในเศษโลหะส่งผลต่อการผลิตโลหะอะลูมิเนียมมาก เช่น ทำให้ส่วนผสมทางเคมีไม่สามารถควบคุมให้อยู่ในเกณฑ์ที่กำหนด และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้มีความแข็งแรงต่ำกว่ามาตรฐาน อีกทั้งทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นด้วย เนื่องจากการลดปริมาณสารมลทินบางชนิดต้องผสมด้วยโลหะอะลูมิเนียมบริสุทธิ์ ดังนั้นอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในประเทศจึงควรกำหนดมาตรฐานเศษโลหะที่ชัดเจน และส่งเสริมการซื้อขายเศษโลหะให้อยู่ในมาตรฐานที่กำหนดอย่างเคร่งครัด

5.2 การส่งเสริมด้านเทคโนโลยีการผลิต

กลุ่มโรงงานผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิ หรือการผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากเศษโลหะในประเทศยังนับว่ามีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับตัวเลขการบริโภคโลหะอะลูมิเนียมที่ขยายตัวอย่างต่อเนื่อง ซึ่งโรงงานขนาดใหญ่ที่มีกำลังการผลิตมากกว่าปีละ 7,200 ตัน และมีเทคโนโลยีที่มีคุณภาพรวมทั้งมีระบบการจัดการสิ่งแวดล้อมที่ปลอดภัยในปัจจุบันมีเพียง 3 ราย สำหรับโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะอื่น ๆ ส่วนใหญ่จะเป็นโรงงานที่ใช้เทคโนโลยีไม่ทันสมัย ซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ได้ก็จะมีคุณภาพไม่สูงมากและมีข้อจำกัดในด้านการนำไปใช้ ดังนั้นการสนับสนุนให้มีการปรับปรุงเทคโนโลยีการผลิต และส่งเสริมให้เกิดการลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่มีประสิทธิภาพจึงเป็นทางเลือกที่ดีที่จะช่วยลดปริมาณโลหะอะลูมิเนียมที่ต้องพึ่งพาการนำเข้าจากต่างประเทศ

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่ ได้จัดทำโครงการศึกษาความเป็นไปได้ในการตั้งโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะ ร่วมกับศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อปี 2542 ซึ่งผลการวิจัย พบว่า โครงการก่อสร้างโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะเป็นโครงการที่ให้ผลตอบแทนที่น่าพอใจ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสภาวะเศรษฐกิจที่ขยายตัวดังเช่นปัจจุบันทำให้ความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมมีเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ รวมทั้งราคาโลหะอะลูมิเนียมก็ยังมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเช่นกัน

จากผลการวิเคราะห์ด้านวิศวกรรม ด้านการตลาด และด้านการเงิน สำหรับต้นแบบโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่มีกำลังการผลิต 12,000 ตันต่อปี ที่ใช้เงินลงทุนประมาณ 70 ล้านบาท จะมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในโครงการ (IRR) ร้อยละ 51.1 ต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 3 เดือน สำหรับการก่อสร้างโรงงานที่มีกำลังการผลิต 23,000 ตันต่อปี จะใช้เงินลงทุนประมาณ 190 ล้านบาท โดยมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนภายในโครงการ (IRR) ร้อยละ 34.8 ต่อปี และมีระยะเวลาคืนทุน 3 ปี 11 เดือน ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 5.2 โดยตัวแปรที่สำคัญที่สุดของผลตอบแทนโครงการ ได้แก่ ผลต่างของราคาเศษโลหะและราคาผลิตภัณฑ์ และกำลังการผลิตของโรงงาน ทั้งนี้การส่งเสริมให้มีการลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากเศษโลหะจะประสบผลสำเร็จ ต้องอาศัยระบบการหมุนเวียนเศษโลหะภายในประเทศที่ดีด้วย

ตารางที่ 5.2 ข้อมูลการลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะ

	ประเภทโรงงาน	
กำลังการผลิต (ตันต่อปี)	23,000	12,000
เงินลงทุน (ล้านบาท)	190	70
ระยะเวลาคืนทุน	3 ปี 11 เดือน	2 ปี 3 เดือน
NPV (ล้านบาท)	212	152
IRR (%)	34.8	51.1

ที่มา: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน

5.3 การส่งเสริมด้านการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์

ผลิตภัณฑ์โลหะอะลูมิเนียมที่ผลิตในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นโลหะอะลูมิเนียมยังไม่ขึ้นรูปที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตที่ไม่ทันสมัยนัก และจากคุณภาพเศษโลหะที่ไม่ดี มีสิ่งปลอมปนสูง ทำให้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตที่ได้จำนวนมากต้องนำไปปรับปรุงส่วนผสมอีกครั้งหนึ่ง ซึ่งการส่งเสริมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตให้โรงงานผลิตอะลูมิเนียมทุติยภูมิขนาดเล็ก และปานกลางจะช่วยเพิ่มศักยภาพการผลิตโลหะเกรดบริสุทธิ์ได้ รวมถึงการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรม

ต่อเนื่อง เช่น การผลิตอะลูมิเนียมแผ่น อะลูมิเนียมฟอยล์ เป็นต้น โดยการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเหล่านี้จะช่วยลดปริมาณการนำเข้าโลหะอะลูมิเนียมขึ้นรูปส่วนหนึ่ง และลดปริมาณการส่งออกเศษโลหะสู่ตลาดต่างประเทศ โดยหมุนเวียนกลับมาใช้ในโรงงานขึ้นรูปโลหะอะลูมิเนียมในประเทศแทน นอกจากนี้ยังถือเป็นการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์ด้วยอีกทางหนึ่ง จากตารางที่ 5.3 แสดงให้เห็นถึงราคาของเศษโลหะในตลาดโลกอยู่ที่ 56,700 บาทต่อตัน ซึ่งหากนำมากระบวนการหลอมใหม่ให้เป็นอะลูมิเนียมไม่ขึ้นรูปก็จะมีราคาเพิ่มสูงเป็น 71,500 บาทต่อตัน และถ้านำโลหะอะลูมิเนียมนี้ไปผ่านกรรมวิธีการขึ้นรูปเป็นอะลูมิเนียมแผ่นก็จะทำให้ราคาของผลิตภัณฑ์เพิ่มสูงขึ้นเป็น 115,600 บาทต่อตัน

สำหรับแนวทางการเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์โลหะอะลูมิเนียมอาจทำได้โดย จัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตโลหะอะลูมิเนียมขึ้น เพื่อช่วยแก้ไขปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตให้กับผู้ประกอบการ ตลอดจนคิดค้นเทคโนโลยีหรือกรรมวิธีผลิตผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมชนิดใหม่เพื่อสนองความต้องการของตลาด เป็นต้น นอกจากนี้อาจจัดตั้งศูนย์วิเคราะห์และทดสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์โลหะอะลูมิเนียม เพื่อให้โรงงานขนาดเล็กที่มีเงินทุนไม่สูงมาก มาขอใช้เครื่องวิเคราะห์และทดสอบต่าง ๆ อันจะเป็นการช่วยพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้ดียิ่งขึ้น

ตารางที่ 5.3 ราคาโลหะอะลูมิเนียมแยกตามประเภทผลิตภัณฑ์

ประเภท	ราคา (บาทต่อตัน)
เศษโลหะ	56,700
อะลูมิเนียมไม่ขึ้นรูป	71,500
อะลูมิเนียมแผ่น	115,600

ที่มา: Thailand Metal Statistics Year 2005 (Jan-Jun)

5.4 การส่งเสริมด้านปัจจัยการผลิตและโครงสร้างพื้นฐาน

การพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมให้ประสบความสำเร็จ นอกจากจะขึ้นอยู่กับโรงงานผู้ผลิตแล้วยังต้องอาศัยระบบสาธารณูปโภคหรือโครงสร้างพื้นฐานที่เอื้ออำนวยด้วย โครงสร้างพื้นฐานที่สำคัญในอุตสาหกรรมผลิตอะลูมิเนียม ได้แก่ ไฟฟ้า น้ำ พลังงาน และระบบการคมนาคมขนส่ง ซึ่งสิ่งเหล่านี้ ถือเป็นปัจจัยการผลิตที่เป็นตัวแปรสำคัญต่อการดำเนินธุรกิจของกลุ่มผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม ดังนั้นในการส่งเสริมให้มีการพัฒนาระบบหมุนเวียนเศษโลหะและการลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตโลหะอะลูมิเนียมจากเศษโลหะนั้น จะต้องพัฒนาโครงสร้างพื้นฐานที่จำเป็นต่ออุตสาหกรรมอะลูมิเนียมควบคู่ไปด้วย โดยเฉพาะในพื้นที่ที่มีศักยภาพในการพัฒนา เช่น บริเวณที่เป็นแหล่งวัตถุดิบเศษโลหะอะลูมิเนียม พื้นที่การนิคมอุตสาหกรรม และพื้นที่ที่เป็นศูนย์กลางหรือจุดเชื่อมโยงของระบบการขนส่ง เป็นต้น นอกจากนี้การกำหนดอัตราการจัดเก็บปัจจัยการผลิตต่าง ๆ ที่

เหมาะสม เช่น ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำ ยังสามารถช่วยให้ผู้ประกอบการมีความสามารถในการแข่งขันเพิ่มขึ้นอีกด้วย

5.5 การส่งเสริมด้านระบบบริหารจัดการและโลจิสติกส์

การทำธุรกิจที่มีการแข่งขันกันสูงขึ้นในปัจจุบัน ทำให้ผู้ประกอบการต้องมีการพัฒนาตนเองอย่างต่อเนื่องเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพทั้งในส่วนของการบริหารจัดการ การผลิต และการจำหน่าย ซึ่งการบริหารคุณภาพขององค์กรสามารถปรับปรุงได้โดยใช้เครื่องมือและกิจกรรมหลายอย่าง เช่น วงจรเดมมิ่ง (PCDA) กิจกรรม 5ส กิจกรรมกลุ่มสร้างคุณภาพ (QCC) เครื่องมือควบคุมคุณภาพ 7 อย่าง (7 QC tools) ระบบบริหารคุณภาพ ISO เป็นต้น สำหรับผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทยยังขาดความรู้และประสบการณ์ในด้านการบริหารจัดการอีกมาก ดังนั้นการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมจึงควรให้ความสำคัญกับการพัฒนาด้านบริหารจัดการทั้งภายในและภายนอกองค์กร

นอกจากเครื่องมือบริหารคุณภาพที่กล่าวมาแล้ว กระบวนการในการจัดการเชิงกลยุทธ์อีกอย่างหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีการนำมาใช้ในธุรกิจมากที่สุดในปัจจุบัน ได้แก่ การพัฒนาด้านโลจิสติกส์ ซึ่งเป็นระบบการบริหารจัดการที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการในการวางแผน ดำเนินการ และควบคุมประสิทธิภาพในการเคลื่อนย้าย การจัดเก็บวัตถุดิบ สินค้า และข้อมูลสารสนเทศ จากจุดเริ่มต้นไปยังจุดที่มีการใช้งาน โดยมีเป้าหมายที่สอดคล้องกับความต้องการของผู้บริโภค

ระบบการจัดการด้านโลจิสติกส์ได้เริ่มมีการนำมาใช้อย่างจริงจังเป็นครั้งแรก ในการลำเลียงพลและยุทธภัณฑ์ของกองทัพสหรัฐอเมริกาในระหว่างสงครามอ่าวเปอร์เซียร์ และถูกนำมาพัฒนาใช้กับการจัดการในธุรกิจอื่น ๆ อย่างประสบความสำเร็จ ซึ่งกิจกรรมโลจิสติกส์เกี่ยวข้องกับขั้นตอนในการดำเนินธุรกิจหลายส่วน เช่น ระบบคลังสินค้าและการจัดเก็บ การจราจรและการขนส่ง การพยากรณ์และวางแผนอุปสงค์ การบริหารสินค้าคงคลัง การติดต่อสื่อสารและเชื่อมโยงข้อมูล การบริหารจัดการวัตถุดิบ กระบวนการสั่งซื้อและจำหน่าย การหีบห่อและบรรจุภัณฑ์ การบริการลูกค้า เป็นต้น ซึ่งการพัฒนาระบบบริหารจัดการและโลจิสติกส์ในองค์กรจะช่วยให้ผู้ประกอบการสามารถลดต้นทุนการผลิตหรือควบคุมต้นทุนการผลิตอย่างมีประสิทธิภาพ อันจะเป็นการเพิ่มกำไรให้กับธุรกิจได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต อีกทั้งเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันให้กับผู้ประกอบการด้วย

5.5 การส่งเสริมด้านการกำหนดนโยบายของรัฐ

ในกลุ่มประเทศที่พัฒนาแล้วจะมีปริมาณการหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมที่สูงมาก เนื่องจากมีการกำหนดมาตรการและข้อบังคับของภาครัฐที่ชัดเจน ยกตัวอย่างเช่นในประเทศญี่ปุ่นที่มีกฎหมายและข้อบังคับต่าง ๆ มากมายเกี่ยวกับการจัดการสิ่งแวดล้อมและการหมุนเวียนผลิตภัณฑ์มาใช้ใหม่ ได้แก่

(1) กฎหมายโครงสร้างพื้นฐานเพื่อส่งเสริมสังคมรีไซเคิล (2001) ประกอบด้วยการกำหนดหน้าที่ของประชาชน ผู้ประกอบการ และองค์กรของรัฐเกี่ยวกับการหมุนเวียนสิ่งของในสังคม การควบคุมการใช้ทรัพยากรธรรมชาติ และแผนพื้นฐานการส่งเสริมการสร้างสังคมรีไซเคิล

(2) กฎหมายส่งเสริมการใช้ทรัพยากรอย่างมีประสิทธิภาพ (2001) ประกอบด้วยข้อกำหนดการออกแบบผลิตภัณฑ์โดยคำนึงถึงหลัก 3R (Reduce, Reuse และ Recycle) และการทำเครื่องหมายเพื่อการเก็บรวบรวมและคัดแยก

(3) กฎหมายการรีไซเคิลหีบห่อและบรรจุภัณฑ์ (2000) ประกอบด้วยข้อกำหนดให้ผู้บริโภคแยกประเภทขยะก่อนทิ้ง และการเก็บรวมรวมขยะบรรจุภัณฑ์โดยเทศบาล

(4) กฎหมายการรีไซเคิลเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน (2001) ประกอบด้วยข้อกำหนดให้ผู้บริโภคมีหน้าที่เก็บรวบรวมผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้ว ผู้ค้าปลีกมีหน้าที่รับจากผู้บริโภคเพื่อส่งให้บริษัทผู้ผลิต ส่วนผู้ผลิตก็มีหน้าที่นำผลิตภัณฑ์ใช้แล้วไปรีไซเคิล

(5) กฎหมายการรีไซเคิลวัสดุก่อสร้าง (2002) บังคับให้ผู้ประกอบการก่อสร้างต้องแยกชิ้นส่วนของสิ่งก่อสร้าง และนำวัสดุก่อสร้างที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่

(6) กฎหมายรีไซเคิลยานยนต์ (2002) กำหนดหน้าที่ของเจ้าของรถยนต์ที่ต้องรับผิดชอบค่าใช้จ่ายในการรีไซเคิล และผู้ผลิตมีหน้าที่รับคืนรถยนต์ใช้แล้วเพื่อแยกชิ้นส่วนสำหรับการนำกลับมาใช้ใหม่

นโยบายการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทยอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำกรณีศึกษาของประเทศที่ประสบความสำเร็จในการหมุนเวียนโลหะอะลูมิเนียมมาประยุกต์ใช้ได้ โดยสามารถสรุปเป็นแนวทางการส่งเสริมหลัก ได้ดังนี้

(1) ดำเนินการประชาสัมพันธ์เรื่องการหมุนเวียนโลหะอะลูมิเนียมอย่างทั่วถึง และรณรงค์เรื่องการหมุนเวียนหรือรีไซเคิลโลหะอะลูมิเนียมอย่างถูกวิธี

(2) ส่งเสริมให้การจัดเก็บเศษโลหะอะลูมิเนียม และคัดแยกขยะเป็นกิจกรรมในครอบครัว โรงเรียน และชุมชน โดยเน้นภาพลักษณ์ของการมีส่วนร่วมในการรักษาทรัพยากรและสิ่งแวดล้อมของโลก

(3) จัดหาอุปกรณ์สำหรับการจัดเก็บเศษโลหะ เช่น ถังขยะรีไซเคิลสำหรับกระป๋องและเศษโลหะไว้ตามสถานที่สาธารณะอย่างทั่วถึง รวมทั้งจัดตั้งองค์กรหรือกลุ่มอิสระเพื่อกำหนดสถานีหรือหน่วยบริการเคลื่อนที่ในการจัดเก็บเศษอะลูมิเนียมตามแหล่งชุมชน

(4) ออกกฎหมายหรือระเบียบ เพื่อจูงใจให้ประชาชนนำเศษโลหะอะลูมิเนียมมาหมุนเวียนมากขึ้น เช่น บังคับให้มีการมัดจำกระป๋องเครื่องดื่ม กฎหมายควบคุมการจำหน่ายชิ้นส่วนและซากรถยนต์เก่าที่ไม่ใช้แล้ว เป็นต้น

(5) กำหนดมาตรการให้หน่วยงานระดับท้องถิ่นต้องจัดทำแผนงานการคัดแยกขยะเพื่อเสนอผู้บริหารระดับจังหวัด หรือผู้บริหารส่วนกลาง สำหรับเตรียมแผนงานให้ความช่วยเหลือด้านการจัดเก็บและคัดแยกเศษโลหะกับท้องถิ่น

(6) กำหนดนโยบายทางการค้าระหว่างประเทศ เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทย ได้แก่ การควบคุมปริมาณการส่งออกเศษอะลูมิเนียมเพื่อรักษาอุปทานของเศษโลหะอะลูมิเนียม

ในประเทศ เนื่องจากปัจจุบันมีเศษโลหะอะลูมิเนียมจำนวนถูกส่งไปขายยังต่างประเทศ การป้องกันการทุ่มตลาดของต่างประเทศ การเสริมสภาพคล่องทางการเงิน และการปรับปรุงระบบการจัดเก็บภาษี เช่น ลดอัตราภาษีขาเข้าสำหรับวัตถุดิบที่ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตอะลูมิเนียม จัดเก็บภาษีขาออกสำหรับผู้ที่ส่งเศษโลหะออกนอกประเทศ เป็นต้น

5.6 การส่งเสริมด้านข้อมูล

นักลงทุนจำนวนมากที่มีความสนใจในอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมยังประสบปัญหาขาดข้อมูลในการตัดสินใจ ดังนั้นการพัฒนาอย่างเป็นระบบจึงจำเป็นต้องมีการจัดตั้งศูนย์ข้อมูลเกี่ยวกับอะลูมิเนียมอย่างครบวงจร ทั้งด้านวัตถุดิบ การผลิต และการตลาด ตลอดจนส่งเสริมให้มีการรวมตัวของกลุ่มผู้ผลิตและผู้ค้าโลหะอะลูมิเนียม เพื่อให้มีอำนาจการต่อรองในการดำเนินธุรกิจ

บทที่ 6
บทสรุป

ผลการศึกษาในรายงานฉบับนี้ สามารถสรุปทิศทางการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของไทยได้ดังต่อไปนี้

6.1 แนวโน้มความต้องการใช้โลหะอะลูมิเนียมที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทั้งในและต่างประเทศทำให้การลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะถือเป็นทางเลือกที่น่าสนใจ โดยในประเทศที่มีเงื่อนไขจำกัดด้านแหล่งแร่และต้นทุนการผลิตที่สูงเช่นประเทศไทยไม่เหมาะที่จะตั้งโรงงานถลุงโลหะอะลูมิเนียมจากแร่ แต่ควรผลักดันให้ภาคเอกชนเข้ามาลงทุนก่อสร้างโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่ใช้เงินลงทุนไม่มากและมีผลตอบแทนของโครงการอยู่ในระดับที่น่าพอใจ

6.2 การส่งเสริมให้มีการจัดตั้งศูนย์วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีสำหรับอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมเพื่อให้คำปรึกษาด้านเทคนิค เป็นแนวทางที่ช่วยให้ผู้ประกอบการในประเทศมีศักยภาพการผลิตที่สูงขึ้น เนื่องจากโรงงานผลิตอะลูมิเนียมจากเศษโลหะที่มีอยู่ในปัจจุบันส่วนใหญ่ใช้เทคโนโลยีที่ล้าสมัยและมีประสิทธิภาพต่ำ ทำให้ผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียมที่ผลิตในประเทศไทยมีคุณภาพไม่ดี นอกจากนี้การพัฒนาด้านเทคโนโลยียังสามารถเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์อะลูมิเนียม และเป็นการเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันกับตลาดโลกได้อีกทางหนึ่งด้วย

6.3 ปัญหาที่สำคัญของอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม ได้แก่ การขาดแคลนวัตถุดิบ ดังนั้นนโยบายที่ต้องสนับสนุนอย่างเร่งด่วนคือ การพัฒนาระบบจัดเก็บและหมุนเวียนเศษโลหะอะลูมิเนียมให้มีประสิทธิภาพ โดยรณรงค์ประชาสัมพันธ์ให้ความรู้กับประชาชนถึงความสำคัญและวิธีการการนำเศษโลหะกลับมาใช้ใหม่ที่ถูกต้อง นอกจากนี้ยังต้องกำหนดมาตรการจูงใจให้คนนำเศษโลหะมาหมุนเวียนใช้ให้มากขึ้น รวมทั้งการกำหนดมาตรฐานการจัดเก็บและประเภทของเศษโลหะสำหรับกลุ่มธุรกิจผู้ค้าเศษโลหะเพื่อลดปัญหาด้านคุณภาพของเศษโลหะอะลูมิเนียมก่อนนำเข้าสู่กระบวนการผลิต

6.4 หน่วยงานของรัฐสามารถส่งเสริมการพัฒนาอุตสาหรรมอะลูมิเนียมได้โดยการปรับปรุงระบบโครงสร้างพื้นฐานต่าง ๆ ซึ่งเป็นปัจจัยการผลิตที่สำคัญ รวมถึงกำหนดอัตราการจัดเก็บปัจจัยการผลิตให้เหมาะสมเพื่อเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของผู้ประกอบการ ตลอดจนการกำหนดนโยบายทางการค้าระหว่างประเทศเพื่อควบคุมปริมาณการนำเข้าส่งออกโลหะอะลูมิเนียม และปกป้องอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมในประเทศจากบริษัทต่างชาติที่มีศักยภาพการแข่งขันสูงกว่า

6.5 แนวทางอื่น ๆ สำหรับการพัฒนาอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมของประเทศไทย ได้แก่ การจัดตั้งศูนย์ให้บริการด้านข้อมูลอย่างครบวงจรสำหรับลงทุน และส่งเสริมให้มีการรวมกลุ่มของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมอะลูมิเนียมเพื่อแบ่งบันข้อมูล ตลอดจนปัญหาต่าง ๆ อีกทั้งเพื่อเป็น

การเพิ่มอำนาจต่อรองทางธุรกิจในเวทีการค้าระดับโลกด้วย นอกจากนี้การพัฒนาระบบบริหารจัดการคุณภาพและโลติสจิกส์ภายในองค์กรของผู้ประกอบการอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม ยังเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่สามารถช่วยให้ควบคุมต้นทุนการผลิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ และช่วยเพิ่มผลกำไรให้กับธุรกิจได้ทั้งในปัจจุบันและอนาคต

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

มนัส สถิรจินดา (2539), *โลหะนอกกลุ่มเหล็ก*, สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศูนย์บริการวิชาการแห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2542), *โครงการศึกษาความเป็นไปได้ของอุตสาหกรรมถลุงอะลูมิเนียมจากเศษโลหะ*, กองโลหกรรม กรมทรัพยากรธรณี

สถาบันวิจัยโลหะและวัสดุ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (2543), *โครงการศึกษาภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมอะลูมิเนียม*, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม (2548), *สรุปภาวะเศรษฐกิจอุตสาหกรรมปี 2547 และแนวโน้มปี 2548*, สำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม

ภาษาอังกฤษ

Campbell J. (2003), *Castings*, 2nd Edition, Elsevier Ltd., Oxford

Chipman, R. and Dzioubinski, O. (1999), *Trends in Consumption and Production: Selected Minerals*, United Nations

International Trade Centre (2005), *International Trade Statistics*, UNCTAD/WTO

Yongnate, T. and Yanyongsawat, S. (2005), *Thailand Metal Statistics Year 2005 (Jan-Jun)*, Bureau of Primary Industries, Department of Primary Industries and Mines

สื่ออิเล็กทรอนิกส์

http://www.alcan.com

http://www.aluminium.org

http://www.anchoragerecycling.com

http://www.earth911.org

http://www.lme.co.uk

http://www.riotinto.com

http://www.usgs.gov

http://www.world-aluminium.org