อะลูมิเนียมโลหะผสม

วรรณภา ตันยืนยงค์,
นีระนารถ แจ้งทอง,
ปัทมา นพรัตน์

อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่มีน้ำหนักเบามีความต้านทานต่อการเป็นสนิม มีความแข็งแรง ปานกลาง แต่มีความเหนียวสูง สามารถนำไปใช้ในงานวิศวกรรมและอุตสาหกรรมได้กว้างขวาง เพื่อทดแทนเหล็กและทองแดง อะลูมิเนียมมีจุดหลอมเหลวต่ำ หล่อหลอมได้ง่าย สามารถรวมตัวกับโลหะอื่น ๆเป็นโลหะผสมได้มีสภาพการไหลตัว(fluidity) อยู่ในเกณฑ์สูง แต่อะลูมิเนียมก็มีข้อจำกัดด้านการยืดหยุ่น (elastic limit) ซึ่งทำให้การนำมาใช้งานถูกจำกัดขอบเขตลง

อะลูมิเนียมจัดเป็นธาตุที่พบมากชนิดหนึ่งบนผิวโลก คือประมาณ 8% ซึ่งจะพบกระจัดกระจายอยู่ทั่วไป ส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปออกไซด์(Al_2O_3) ซึ่งจะปะปนอยู่กับออกไซด์ของซิลิคอนและเหล็ก แร่อะลูมิเนียมที่สามารถนำมาถลุง เพื่อผลิตโลหะอะลูมิเนียม ควรเป็นแร่ที่มีปริมาณซิลิคอนไดออกไซด์หรือซิลิกาต่ำได้แก่แร่บอกไซด์(Bauxite) และแร่คาโอลิไนต์ (Kaolinite) นอกจากนี้ยังมีแร่เนฟฟีลีน(Nepheline) และอะลูไนต์(Alunite) ซึ่งเป็นแร่ที่มีปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์ต่ำ มีซิลิคอน โพแทสเซียมและโซเดียมปนอยู่ด้วย ปัจจุบันแหล่งแร่บอกไซด์มีปริมาณลดลง แร่ที่มีปริมาณอะลูมิเนียมออกไซด์ต่ำกว่าจึงถูกนำมาผสมเพื่อผลิตโลหะอะลูมิเนียมมากขึ้น แร่บอกไซด์มีลักษณะเหมือนดินลูกรัง คือ มีสีน้ำตาลแดงประกอบด้วยอะลูมินา(Al_2O_3)30-50% เหล็กออกไซด์(Fe_2O_3)3-25% ซิลิกา(SiO_2) 3-13% ไทเทเนียมไดออกไซด์(TiO_2) 10-18% และที่เหลือเป็นน้ำ

การผลิตอะลูมิเนียม

การผลิตอะลูมิเนียมมีขั้นตอนดังนี้

1.นำแร่บอกไซด์มาทำปฏิกิริยากับโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ร้อนเพื่อให้อะลูมิเนียมในแร่กลายเป็นโซเดียมอะลูมิเนต (sodium aluminate) หลังจากแยกเอาวัสดุที่ไม่ละลาย ซึ่งได้แก่เหล็กออกไซด์ ซิลิกา และอื่น ๆออกโดยการกรอง ปล่อยให้สารละลายที่กรองแล้วได้เย็นลง อะลูมิเนียมไฮดรอกไซด์จะตกตะกอนลงมา กรองและนำตะกอนไปเผาที่อุณหภูมิประมาณ 1100°-1200°ซ (calcination) จะได้อะลูมินาหรืออะลูมิเนียมออกไซด์ซึ่งเป็นผงสีขาว

2. การถลุงแร่เพื่อแยกอะลูมิเนียมออกมาด้วยขบวนการทางไฟฟ้า นำอะลูมิเนียมออกไซด์มาละลายในคลีโอไลต์ที่หลอม เหลว แล้วอีเล็กโทรไลต์ด้วยอีเล็กโทรไลติกเซลที่ใช้คาร์บอนเป็นอะโนดและคะโทด โลหะอะลูมิเนียมจะแยกตัวและจมลงสู่ส่วนล่าง ของเซลเป็นระยะ ๆ อะลูมิเนียมที่ได้ออกมาจะมีความบริสุทธิ์ 99.5-99.9% สารปนเปื้อนจะเป็นเหล็กและซิลิคอน

3. อะลูมิเนียมที่ได้จะถูกนำมาทำให้บริสุทธิ์ในเตาเผา ขนาดใหญ่ก่อนนำไปหล่อ ธาตุที่ใช้ผสมซึ่งเรียกว่าธาตุอัลลอยด์ (alloying element) อาจถูกหลอมและผสมรวมเข้าไปด้วยในขั้นตอนการทำให้บริสุทธิ์นี้ โดยโลหะหรือธาตุที่หลอมเหลวจะถูกเติมเข้าไปพร้อมกับก๊าซคลอรีนเพื่อกำจัดก๊าซไฮโดรเจนที่ละลายอยู่ และจะมีการกวาด(skimming)เอาโลหะเหลวที่ผิวหน้าออกเพื่อกำจัดโลหะที่ถูกออกซิไดซ์หลังจากนั้นอะลูมิเนียมโลหะผสมจะถูกกรองและหล่อเป็นชิ้น(ingot) เพื่อนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่อไป

การจำแนกประเภทของอะลูมิเนียมโลหะผสม จำแนกออกได้เป็น 2 ประเภทที่สำคัญ

1. โลหะผสมประเภทหล่อหลอม (castable) เป็นอะลูมิเนียมโลหะผสมที่มีคุณสมบัติในการไหลดี ช่วยให้การหล่อเป็นรูปพรรณ ทำได้ง่าย โลหะผสมประเภทนี้ส่วนใหญ่สามารถอบชุบแข็งด้วย ความร้อนได้ ธาตุอัลลอยด์ที่สำคัญได้แก่ ซิลิคอน

2. โลหะผสมประเภทขึ้นรูปเย็น(wrought) เป็นโลหะผสมที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูปออกมาเป็นแผ่นหรือเป็นแท่ง

โลหะผสมทั้งสองประเภทยังแยกเป็นประเภทย่อยอีก โดยการจำแนกประเภทตามอัลลอยด์หลักที่มีอยู่ในโลหะผสมนั้น ๆ

ผลของธาตุต่าง ๆที่มีต่อคุณสมบัติของอะลูมิเนียมโลหะผสม

ธาตุต่าง ๆที่พบในอะลูมิเนียมโลหะผสมนั้น บางชนิดเป็นธาตุเจือปน บางชนิดเป็นธาตุอัลลอยด์ซึ่งถูกเติมลงไปในกระบวนการผลิต(alloying elements) ธาตุเจือปนที่พบมากในอะลูมิเนียมโลหะผสมเป็นอันดับแรกและอันดับรองลงมา ได้แก่ เหล็กและซิลิคอนเนื่องจากเป็นธาตุที่เป็นองค์ประกอบในสินแร่ที่นำมาผลิต

อะลูมิเนียม ธาตุเหล่านี้มีผลต่อโลหะผสมของอะลูมิเนียม ดังต่อไปนี้

ซิลิคอน (Si)

เป็นตัวเพิ่มความแข็งให้กับงานหล่อ ช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการหล่อให้ดีขึ้น คุณสมบัติเหล่านี้ ได้แก่ การไหลตัว การป้อนโลหะเหลวเข้าแบบ และความทนทานต่อการฉีกขาดจากสภาพร้อน (hot tear resistance) ถ้ามีปริมาณซิลิคอนเพิ่มขึ้น จะช่วยลดปัญหาทางด้านการหดตัว (shrinkage) ลงความทนทานต่อแรงอัดเพิ่มขึ้น แต่จะทำให้การขยายตัวเมื่อถูกความร้อนและความอ่อนเหนียวของงานหล่อลดลง

เหล็ก (Fe)

เพิ่มความทนทานต่อการฉีกขาดในสภาพร้อนที่อุณหภูมิสูงได้ดีเนื่องจากการหดตัวลดลง ถ้ามีเหล็ก 0.9-1.3 % คุณสมบัติทางเชื่อมประสานด้วยการบัดกรี (soldering) จะลดลง ถ้ามีเหล็กปริมาณสูงจะมีผลเช่นเดียวกับการที่มีส่วนผสมของแมงกานีสกับโครเมียมปะปนอยู่คุณสมบัติทางด้านการหล่อหลอมจะลดลง นอกจากนี้เหล็กยังลดความต้านทานต่อแรงกระแทก ความอ่อนเหนียว (ductile)และการตบแต่งด้วยเครื่องจักรลง

ทองแดง(Cu)

ช่วยปรับปรุงความแข็งแรง ความแข็งแรงของงานหล่อ และงานหล่อที่ชุบแข็ง เพิ่มประสิทธิภาพในการตบแต่งด้วยเครื่องจักร (machinability) และความสามารถในการเป็นตัวนำความร้อน ประสิทธิภาพที่ได้จากชุบแข็งสูงสุดถ้าผสมทองแดง 4% ถึง 6% แต่จะทำให้ความสามารถในการทนทานต่อการผุกร่อน ที่เกิดจากแรงอัดลดลง สภาพความอ่อนเหนียวและทนทานต่อการฉีกขาดเนื่องจากความร้อนลดลง

แมงกานีส (Mn)

ในปริมาณที่สูงกว่า 0.5% แมงกานีสช่วยปรับปรุงงานหล่อให้ได้เนื้อแน่น สามารถใช้กับงานตบแต่งด้วยเคมี เช่นการ anodizing, coating ได้ดีขึ้น เพิ่มคุณสมบัติในทางการใช้งานร้อนที่ต้องการความแข็งแรงดีขึ้น แมงกานีสยังเป็นตัวควบคุมการก่อตัวของโครงสร้างที่เกิดจากการรวมตัวของเหล็กในอัลลอยด์ ช่วยรักษาสภาพความอ่อนเหนียว ปรับปรุงคุณสมบัติทางการหดตัวดีขึ้นกล่าวคือ ลดการหดตัว และลดแนวโน้มทางด้านการอ่อนตัว

สังกะสี (Zn)

เมื่อเปรียบเทียบกับการผสมทองแดงและแมกนีเซียมแล้ว สังกะสี จะให้ผลต่อคุณสมบัติทางการอบชุบแข็งด้วยความร้อนและการปล่อยให้เย็นเร็วในสภาพบรรยากาศปกติ (aging) แบบธรรมชาติ และถ้ามีปริมาณผสมของสังกะสีเพิ่มขึ้น คุณสมบัติทางการไหลตัวของอัลลอยด์จะดีขึ้น แต่จะมีปัญหาการหดตัวตามมา นอกจากนี้สังกะสียังมีผลต่อคุณสมบัติทางการตบแต่งด้วยเครื่องจักรสูงกว่าทองแดง

แมกนีเซียม (Mg)

ตามมาตรฐานของ American International Standard Institute (AISI) อัลลอยด์ที่มีแมกนีเซียมผสมอยู่ในรูป Mg_2Si 0.252-0.5% ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชุบแข็งแบบเย็นเร็ว (precipitation) ให้ความแข็งกระจายตัวสม่ำเสมอ หรือให้คุณสมบัติทาง mechanical properties สม่ำเสมอ โดยทั่วไป แมกนีเซียมที่ผสมอยู่ในอะลูมิเนียมโลหะผสมจะทำให้ผิวโลหะมีความเงามากเมื่อผ่านการตบแต่งด้วยเครื่องจักร และทนทานต่อการผุกร่อนได้สูงแมกนีเซียมที่ผสมอยู่ในอะลูมิเนียมที่กำลังหลอมจะเป็นตัวออกซิไดซ์ทำให้เกิดการสูญเสียเนื้ออะลูมิเนียม อะลูมิเนียมที่ใช้กับงานประเภทหล่อหลอมจึงต้องควบคุมปริมาณแมกนีเซียมให้ต่ำเพื่อป้องกันการแตกร้าว เนื่องจากใช้แรงอัดสูง

ตะกั่ว (Pb)

เป็นตัวช่วยปรับปรุงคุณสมบัติทางการตบแต่งด้วยเครื่องจักรให้ดีขึ้น โดยทำหน้าที่เป็นตัว chip breakerช่วยให้ขี้กลึง ไส กัด ขาดเป็นช่วง ไม่ออกเป็นเส้นใยต่อเนื่อง

นิกเกิล (Ni)

ให้ความแข็งแรงทางด้านการใช้งานในช่วงอุณหภูมิต่าง ๆได้สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับการผสมทองแดงในอัลลอยด์นิกเกิลทำให้สัมประสิทธิ์การขยายตัวเนื่องจากความร้อนลดลง และปรับปรุงคุณสมบัติทางด้านการรักษาขนาดให้คงที่

บิสมัท (Bi)

ถ้ามีอยู่ในอัลลอยด์เกินกว่า 0.1% จะเพิ่มคุณสมบัติทางการตบแต่งด้วยเครื่องจักรให้ดีขึ้น

โครเมียม (Cr)

ช่วยเพิ่มความทนทานต่อการผุกร่อน และในลักษณะใช้งานแบบจุ่มแช่ โครเมียมช่วยลดการเติบโตของโครงสร้าง grain growth ข้อเสียคือ โครเมียมมักจะเกิดการรวมตัวกับเหล็กหรือแมงกานีส เกิดเป็นของเสียหรือสิ่งสกปรก

ดีบุก (Sn)

เป็นตัวปรับปรุงทำให้ความฝืดลดลง (anti-friction) และคุณสมบัติทางการตบแต่งด้วยเครื่องจักร และช่วยเพิ่มคุณสมบัติในการชุบแข็งให้ดีขึ้นสำหรับอัลลอยด์บางตัว เช่น LM 2, LM 24 ที่มีดีบุก 0.2% เหมาะกับงานหล่อหลอมที่ความดันสูง (high pressure die casting) ดีมาก เพราะมีคุณสมบัติในการไหลตัวดี การใช้ดีบุกจะทำให้ความแข็งลดลง แต่คุณสมบัติในการขึ้นรูปขณะร้อนดีขึ้น

ไททาเนียม (Ti)

ใช้เป็นตัวปรับเนื้อโครงสร้างอัลลอยด์ (Grainrefinement) ให้ละเอียด โดยใช้ร่วมกับโบรอน ปริมาณผสมในการใช้งาน จะใช้ไทเทเนียมมากกว่าโบรอน จึงจะได้ผลดี

วาเนเดียม (V)

ปกติมักจะพบวาเนเดียม 10-200 ส่วนในล้านส่วนในอะลูมิเนียมที่ใช้ในการค้า วาเนเดียมทำให้การนำไฟฟ้าของอะลูมิเนียมลดลง ช่วยทำให้การปรับโครงสร้างอัลลอยด์ได้ผลแต่น้อยกว่าไทเทเนียม วาเนเดียมทำให้อุณหภูมิที่ใช้ในการตกผลึกอะลิเนียมสูงขึ้น

โบรอน (B)

ใช้งานในรูปของไทเทเนียมโบไรด์ เพื่อปรับสภาพการเกิดของนิวเคลียสให้คงที่จากการทำการปรับเนื้อโครงสร้างของอัลลอยด์ด้วยไทเทเนียมไตรอะลูมิไนด์ ($TiAl_3$) ในกรณีที่ต้องการเพิ่มคุณสมบัติในการเป็นตัวนำไฟฟ้าให้กับอัลลอยด์ จะใช้โบรอนผสมกับไทเทเนียม วาเนเดียม และธาตุที่เหมาะสมอื่นๆ เติมลงไป แต่หากมีปริมาณโบรอนสูงมากเกินไปจะมีผลเสียต่ออัลลอยด์ คือ

จะทำให้คุณสมบัติทางกล การตบแต่งด้วยเครื่องจักร และความอ่อนเหนียวลดลง โบรอนจะถูกจับเข้าไปในโครงผลึก ซึ่งจะเกิดในน้ำโลหะในลักษณะคลุกเคล้าปะปนอยู่ ทำให้ค่อนข้างยุ่งยากในการแยกออก

เบริลเลียม(Be)

ถ้ามีเบริลเลียมผสมอยู่ในปริมาณเกินกว่า 0.04 % จะเพิ่มคุณสมบัติทางความแข็งแรงและความอ่อนเหนียวดีขึ้น ถ้าผสมเข้าไปในอัลลอยด์ที่มีแมกนีเซียมเป็นส่วนผสมอยู่ จะทำให้เกิดการสูญเสีย เบริลเลียมประมาณ 0.005% เนื่องจากการออกซิเดชันและเกิดเป็นขี้โลหะ (dross) มาก เบริลเลียมเป็นธาตุที่ก่อให้เกิดมะเร็ง ดังนั้น จึงควรระมัดระวังในขณะทำการเชื่อมประสานชิ้นโลหะ

การวิเคราะห์อะลูมิเนียมโลหะผสม

กลุ่มงานอนินทรีย์เคมีวิเคราะห์ 1 กองเคมี สามารถวิเคราะห์ธาตุต่าง ๆที่อยู่ในอะลูมิเนียมโลหะผสมทั้ง 15 ชนิดที่กล่าวมาแล้ว โดยใช้เครื่องสปาร์กอิมิสชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ซึ่งการวิเคราะห์โดยวิธีนี้เป็นวิธีที่ไม่ต้องใช้สารเคมี จึงไม่ก่อให้เกิดสภาวะเป็นพิษต่อผู้วิเคราะห์และสิ่งแวดล้อม เวลาที่ใช้ในการวิเคราะห์น้อยมากเนื่องจากสามารถวิเคราะห์ธาตุทั้ง 15 ชนิดได้ในเวลาเดียวกัน ตัวอย่างหลังจากการวิเคราะห์เปลี่ยนสภาพเพียงเล็กน้อย อีกทั้งสามารถทราบปริมาณอะลูมิเนียม โดยการหักลบปริมาณธาตุต่าง ๆทั้ง 15 ชนิดออกจาก 100

ปัจจุบัน กลุ่มงานฯ ได้รับการรับรองความสามารถของห้องปฏิบัติการ ISO/IEC guide 25 ในการทดสอบอะลูมิเนียมและอะลูมิเนียมอัลลอย 3003 และ 1100 โดยมีรายละเอียดดังตาราง

ผู้สนใจต้องการทราบรายละเอียดเพิ่มเติม หรือต้องการส่งตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์ทดสอบ สามารถติดต่อสอบถามได้ที่กลุ่มงานอนินทรีย์เคมีวิเคราะห์ 1 กองเคมี โทร. 2461389-95 ต่อ 397, 399

ผลิตภัณฑ์ที่ทดสอบ	รายการที่ทดสอบ	ช่วงของการวัด (ร้อยละ)
อะลูมิเนียมอัลลอย เบอร์ 3003	แมงกานีส	1.02 - 1.54
	ทองแดง	0.036 - 0.24
	เหล็ก	0.004 - 0.88
	ซิลิคอน	0.0035 - 0.76
	สังกะสี	0.004 - 0.09
อะลูมิเนียมอัลลอย เบอร์ 1100	แมงกานีส	0.004 - 0.051
	ทองแดง	0.036 - 0.24
	เหล็ก	0.004 - 0.88
	ซิลิคอน	0.0035 - 0.76
	สังกะสี	0.004 - 0.09

เอกสารอ้างอิง

Hatch, J.E. et. al. **Aluminuim : properties and physical metallurgy.** Ohio : American Society for Metals Park, 1984. p 238.

มนัส สถิรจินดา. **โลหะนอกกลุ่มเหล็ก.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2536. หน้า 1, 11-17, 50.

แม้น อมรสิทธิ์ และ สมชัย อัครทิวา. **วัสดุวิศวกรรม.** กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร, 2540. หน้า 504-511.

ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ และสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. **เทคโนโลยีการหล่อโลหะ.** 2542 พฤศจิกายน 5-6 ; กรุงเทพฯ : ศูนย์แสดงสินค้านานาชาติ, กรุงเทพฯ : ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ. หน้า 139-143.