

หลักการความปลอดภัย ในอุตสาหกรรมหลอมอะลูมิเนียม



ความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรมได้ถูกหยิบยกมาเป็นประเด็นหลักของโรงงานและมีโครงการรณรงค์เพื่อความปลอดภัยเป็นจำนวนมากจนมีคำขวัญในการรณรงค์ความปลอดภัยว่า “ปลอดภัยไว้ก่อน” สำหรับอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการหลอมอะลูมิเนียมซึ่งมีการขยายตัวเพิ่มตามความต้องการอะลูมิเนียมที่สูงขึ้นทุกปี โดยไม่ว่าจะเป็นโรงงานรีไซเคิล โรงงานแยกอะลูมิเนียมจากทรอส โรงหล่ออะลูมิเนียม จึงมีโอกาสจะเกิดอุบัติเหตุเพิ่มขึ้นตามไปด้วย โดยเฉพาะอย่างยิ่งโรงงานที่ไม่ได้ป้องกันอันตรายด้วยการให้ความรู้ผ่านการสร้างสำนึกด้านความปลอดภัยให้กับพนักงาน ทั้งนี้ ปัจจุบันทั่วโลกก็ยังมีรายงานการเกิดอุบัติเหตุในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการหลอมอะลูมิเนียมให้เห็นอยู่บ่อยครั้งในระดับความรุนแรงแตกต่างกันไป ตัวอย่างการเกิดอุบัติเหตุที่มีความรุนแรงแสดงไว้ในภาพ A ซึ่งเป็นระดับความรุนแรงสูงสุด ก่อให้เกิดการสูญเสียทั้งชีวิตและทรัพย์สินภายในโรงงานชนิดประเมินค่าไม่ได้

อะลูมิเนียมหลอมเหลว...อันตราย!

● อะลูมิเนียมมีจุดหลอมเหลวประมาณ 660 องศาเซลเซียส แม้เมื่อเปรียบเทียบกับจุดหลอมเหลวของทองแดงซึ่งอยู่ที่ 1,083 องศาเซลเซียส และของเหล็กซึ่งอยู่ที่ 1,535 องศาเซลเซียสโดยประมาณ จะเห็นว่าอุณหภูมิของอะลูมิเนียมหลอมเหลวค่อนข้างจะต่ำกว่าโลหะหลายๆ ชนิด แต่ระดับความร้อนที่สูงเพียงพอจะ



ภาพ A : ผลลัพธ์จากการระเบิดอย่างรุนแรงของโรงหลอมอะลูมิเนียม

ทำให้เกิดการสูญเสียต่อชีวิตและทรัพย์สินได้

- อะลูมิเนียมมีการคายรังสีความร้อนออกมาต่ำ (Emissivity ต่ำ) ดังนั้น หากดูด้วยตาเปล่า หรือแม้ว่าเอามือไปอังในระยะเท่ากับเหล็กที่อุณหภูมิสูงเท่าๆ กัน เราจะรู้สึกว่าอะลูมิเนียมไม่ร้อน หรือร้อนน้อยกว่ามาก ทำให้เสี่ยงต่อการเกิดอันตรายหากเผลอไปจับ
- อะลูมิเนียมมีความหนืด (Viscosity) ต่ำ อะลูมิเนียมหลอมเหลวที่อุณหภูมิประมาณ 700 องศาเซลเซียส มีความหนืดที่ใกล้เคียง

กับน้ำ ดังนั้น อะลูมิเนียมหลอมเหลวจึงมีโอกาสเกิดการกระเด็นมากกว่าโลหะชนิดอื่นๆ นอกจากนี้ อะลูมิเนียมยังมีโอกาสที่จะแทรกตัวไปตามรอยแตกกร้าวของเตาหรือเบ้าได้ง่ายกว่า

- อะลูมิเนียมมีความร้อนแฝงในการหลอมเหลวสูง เมื่อเกิดการแข็งตัวจึงคายความร้อนออกมาในปริมาณที่สูงตามไปด้วย หากเปรียบเทียบกับทองแดงซึ่งมีจุดหลอมเหลวสูงกว่าอะลูมิเนียมกลับมีปริมาณความร้อนแฝงที่คายออกมามากกว่าของทองแดง ด้วยเหตุนี้เมื่อ

เกิดการกระเด็นไปถูกผิวหนังก็จะส่งผลให้เกิดการติดกับผิวและคายความร้อนไปสู่ผิว ทำให้แผลไหม้จากอะลูมิเนียมหลอมเหลวอยู่ในระดับลึกและรักษาหายยาก

- อะลูมิเนียมมีความไวต่อการทำปฏิกิริยาที่รุนแรงกับน้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อทำปฏิกิริยากับสารบางประเภทจะเกิดปฏิกิริยาที่มีความรุนแรงมาก จึงไม่น่าประหลาดใจที่มีการใช้อะลูมิเนียมเป็นส่วนผสมของระเบิด เช่น เมื่อมีการผสมกับแอมโมเนียมไนเตรทซึ่งใช้ทำปุ๋ยเคมี เป็นต้น

- เมื่ออะลูมิเนียมทำปฏิกิริยากับความชื้นหรือน้ำจะคายความร้อนออกมาในปริมาณมหาศาล ทั้งนี้ ความรุนแรงของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าการระเบิดของ TNT ที่น้ำหนักเท่ากันถึงสามเท่า

เมื่อได้อธิบายถึงเหตุผลสั้นๆ เหล่านี้ ก็ น่าจะทำให้ผู้อ่านตระหนักถึงความสำคัญของความปลอดภัยในอุตสาหกรรมที่มีการหลอมอะลูมิเนียมว่ามีมากเพียงใด

องค์ประกอบที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในโรงหลอมอะลูมิเนียม หากแบ่งองค์ประกอบที่ส่งผลต่อความปลอดภัยสามารถแบ่งออกได้เป็น 4 ส่วนหลัก คือ

- บุคลากรที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความสำคัญมากที่สุด จึงควรมีการฝึกอบรมพนักงานอย่างเป็นระบบและมีการทบทวนอย่างต่อเนื่อง เมื่อมีบุคลากรที่เข้ามาใหม่ ต้องให้มีการฝึกอบรมเป็นอย่างดีก่อนให้ลงทำงานจริง

- วัสดุบรรจุเตาที่ครอบคลุมไปถึงเศษอะลูมิเนียม ฟลักซ์ โลหะผสมอื่นๆ เป็นต้น โดยควรมีข้อถือปฏิบัติดังต่อไปนี้

- ให้มีการระบุชนิดของวัสดุบรรจุเตาในลักษณะที่ชัดเจน และต้องเก็บไว้ในที่แห้ง

- ควรมีการจัดลำดับการใช้วัสดุในลักษณะที่มาก่อนใช้ก่อน

- วัสดุบรรจุเตาที่มีรอยแตกร้าวและมีขนาดใหญ่ ต้องมีการอุ่นขึ้นงานเป็นอย่างดีก่อนนำไปใส่ในเตา เนื่องจากความชื้นและอุณหภูมิที่แตกต่างกันมาก อาจก่อให้เกิดอันตรายได้

- ไม่ให้ใช้วัสดุบรรจุเตาที่มอดชื้นจำนวนมากอยู่ที่ผิว เช่น ทองแดง และเหล็ก เป็นต้น

- หากมีน้ำหรือสารหล่อเย็นกอนอยู่ส่วนล่างที่ปนเปื้อนอยู่กับเศษอะลูมิเนียมต่างๆ แสดงให้เห็นว่าเศษอะลูมิเนียมเหล่านั้นมีน้ำหรือสารหล่อเย็นมากกว่า 2-3 %



ภาพ B : ปกคลุมปิดเท้าเพื่อป้องกันอะลูมิเนียมกระเด็นเข้าไปในรองเท้า

- ต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อนกับสารเคมีจำพวกปุ๋ยเคมี ความชื้น กระจกที่ยังไม่เปิดสนิทของโลหะชนิดต่างๆ เป็นต้น ทั้งนี้เพราะการมีสารปนเปื้อนดังกล่าวจะเป็นการเพิ่มโอกาสให้อะลูมิเนียมหลอมเหลวเกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงได้

- วิธีการหลอมและการลำเลียงอะลูมิเนียมหลอมเหลว

- ต้องมีการอุ่นอุปกรณ์ที่ต้องนำไปใช้กับอะลูมิเนียมหลอมเหลวทุกครั้ง นอกจากนั้นแล้วจะต้องมีการเคลือบวัสดุทนไฟที่บริเวณผิวของเครื่องมือชิ้นๆ หากพบว่ามีสนิมเกิดขึ้นที่ผิวควรทำความสะอาดก่อนการนำไปใช้งานอีกครั้ง ทั้งนี้ เพราะเครื่องมือที่ใช้กับอะลูมิเนียมหลอมเหลวมีโอกาสสัมผัสกับฟลักซ์ชนิดต่างๆ ซึ่งมีส่วนผสมของเกลือชนิดต่างๆ ที่เป็นต้นเหตุของการเกิดสนิม

- ต้องไม่ใช้อุปกรณ์ที่เป็นช่องกลวงภายใน หรือหากใช้ ต้องมีช่องทางที่สามารถระบายอากาศออกได้

- ต้องควบคุมอุณหภูมิของอะลูมิเนียมให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสม ทั้งนี้ อะลูมิเนียมแต่ละเกรดมีอุณหภูมิที่เหมาะสมในการหลอมแตกต่างกัน และหากหลอมอะลูมิเนียมที่อุณหภูมิสูงเกินไปย่อมเพิ่มโอกาสของการเกิดระเบิด หรือหากเกิดปฏิกิริยาที่มีความรุนแรงมากกว่า ดังนั้นจะต้องมีการสอบเทียบเครื่องมือที่ใช้วัดพร้อมกับควบคุมอุณหภูมิอย่างสม่ำเสมอ

- โม่ลัดที่ทำจากโลหะ ต้องระวังไม่ให้มี

สนิม และต้องอุ่นโม่ลัดก่อนการใช้งานทุกครั้ง

- การป้องกันภัยส่วนบุคคล

- แม้ว่าการสวมเครื่องป้องกันภัยส่วนบุคคลจะไม่ได้แก้ปัญหากการเกิดอุบัติเหตุที่ต้นเหตุ แต่เครื่องป้องกันภัยส่วนบุคคลก็สามารถลดความรุนแรงของการบาดเจ็บอันเนื่องมาจากการเกิดอุบัติเหตุลงได้

- ระหว่างปฏิบัติงาน มีความจำเป็นต้องสวมเสื้อผ้าที่ไม่เกิดการลามของไฟโดยจะต้องเป็นผ้าชนิดพิเศษที่ใช้เทคโนโลยีการผลิตขั้นสูง เพื่อให้สามารถต้านทานการลามของไฟได้ อย่างไรก็ตาม ผ้าทำจากวัสดุธรรมชาติ เช่น ผ้าฝ้าย จะมีความต้านทานการลามของไฟสูงกว่าผ้าทำจากใยสังเคราะห์บางชนิด แต่เพื่อให้เกิดความปลอดภัยสูงสุด เสื้อผ้าที่จะใช้สวมใส่ปฏิบัติงานหลอมอะลูมิเนียมต้องเป็นชุดคลุมทำจากเส้นใยโลหะซึ่งสามารถสะท้อนความร้อนได้ดีและไม่เกิดการลุกไหม้

- รองเท้านิรภัยที่จะใช้ในอุตสาหกรรมหลอมโลหะควรเป็นชนิดไม่มีเชือกผูก และหุ้มสูงถึงตาตุ่มเป็นอย่างน้อย ทั้งนี้ เพราะสามารถป้องกันการกระเด็นของอะลูมิเนียมลงไปรองเท้าได้ หากไม่มีรองเท้านิรภัยที่เหมาะสม อาจจำเป็นต้องสวมปกคลุมปิดเท้า ดังแสดงในภาพ B

- แวนดานิรภัยไม่เพียงพอสำหรับงานที่มีความเสี่ยงสูง เช่น การเติมวัสดุบรรจุเตา หรือการเทอะลูมิเนียมลงในแบบหล่อ ดังนั้น จึง



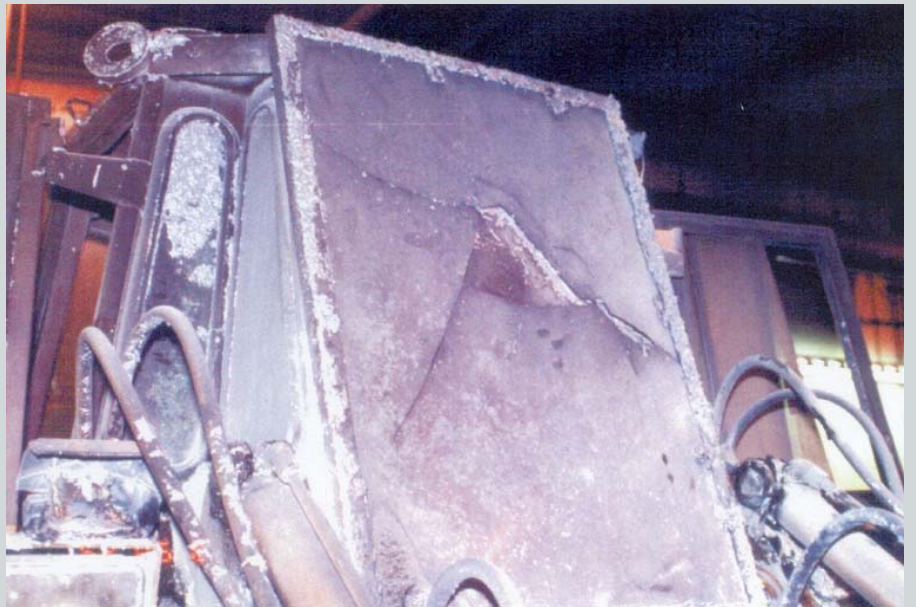
ภาพ C : หน้ากากที่ถูกอะลูมิเนียมหลอมเหลวระเบิดใส่ซึ่งช่วยลดความรุนแรงของอุบัติเหตุที่เกิดขึ้นกับพนักงานได้อย่างมาก

ควรสวมหมวกนิรภัยที่มีหน้ากากคลุมทั้งหน้า เพราะสามารถป้องกันอันตรายได้ดีกว่า ดังแสดงไว้ในภาพ C

□ ในกรณีเป็นโรงหลอมอะลูมิเนียมขนาดใหญ่ และมีการใช้รถพอลลิฟท์ในการเติมนิวสตรูเตาหรือกวาดตrossออกมา ควรมีการติดตั้งแผ่นป้องกันที่ทำจากกระจกนิรภัยหนา 0.5 นิ้ว ประกบกันสองแผ่นและใช้แผ่นเพล็กซ์ิกลาส (Plexiglass) หนา 0.25 นิ้ว ซึ่งจะช่วยลดความรุนแรงของการระเบิดได้ ดังแสดงไว้ในรูปที่ D

สาเหตุที่อะลูมิเนียมทำปฏิกิริยากับน้ำแล้วมีโอกาสเกิดการระเบิดได้

อุบัติเหตุที่พบบ่อยที่สุดและมีแนวโน้มจะเกิดความรุนแรงมากที่สุดคือ การระเบิดเมื่ออะลูมิเนียมหลอมเหลวเจอกับความชื้น กลไกที่

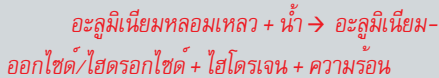


ภาพ D : ผลของการระเบิดของอะลูมิเนียมหลอมเหลวไปบนรถพอลลิฟท์ซึ่งการติดตั้งแผ่นป้องกันสามารถช่วยลดอันตรายจากอะลูมิเนียมหลอมเหลวที่มีความร้อนสูงลงได้

ทำให้เกิดการระเบิด สามารถจะแบ่งได้เป็นสองสาเหตุหลักๆ ได้แก่

- หากอะลูมิเนียมหลอมเหลวซึ่งมีอุณหภูมิสูงเกิดการกระเด็นลงไปสัมผัสกับน้ำที่อุณหภูมิต่ำกว่าและมีจุดเดือดที่ต่ำกว่าทำให้น้ำเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอซึ่งจะเกิดการขยายตัวในเชิงปริมาตรเพิ่มขึ้นเป็นพันๆ เท่า ดังนั้น จึงเกิดการระเบิดหรือกระเด็นออกมาด้วยความรุนแรง

- ในกรณีที่อะลูมิเนียมหลอมเหลวสัมผัสกับน้ำที่อุณหภูมิและสภาวะที่เหมาะสมทำให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงดังสมการ



การเกิดปฏิกิริยาดังสมการนี้ให้พลังงานออกมามหาศาล โดยหากคำนวณตามหลักการทางอุณหพลศาสตร์ พบว่าความร้อนที่เกิดขึ้นมีค่ามากกว่าการระเบิดของระเบิดที่เอ็นทีถึงสามเท่าที่น้ำหนักเท่ากัน และผลลัพธ์สุดท้ายจะไม่พบว่าเป็นคราบของอะลูมิเนียม แต่จะเหลือเพียงฝุ่นผงของอะลูมิเนียมออกไซด์และไฮโดรเจนที่เกิดขึ้นซึ่งจะทำให้เกิดการระเบิดเพิ่มเติมได้อีก

แม้ว่าการเกิดปฏิกิริยาข้างต้นจะรุนแรง แต่หากอะลูมิเนียมหลอมเหลวไม่ได้สัมผัสกับน้ำปริมาณมากก็จะไม่พบปฏิกิริยารุนแรงดังกล่าว นอกจากนี้ อะลูมิเนียมหลอมเหลวสามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในบรรยากาศได้แต่จะเกิดฟิล์มออกไซด์บางๆ ที่ผิวหน้าของอะลูมิเนียมหลอมเหลวซึ่งทำให้ไม่การระเบิดขึ้นได้

ความปลอดภัยในอุตสาหกรรมหลอมอะลูมิเนียมมักถูกมองว่าเป็นค่าใช้จ่ายที่ไม่ช่วยเพิ่มกำไรของกิจการซึ่งถือว่าเป็นความเข้าใจผิดแท้จริงแล้ว การใส่ใจกับความปลอดภัย นอกจากจะเป็นการเพิ่มขวัญกำลังใจให้กับพนักงานอย่างยั่งยืนแล้ว ยังลดโอกาสเกิดการสูญเสียอย่างยิ่งใหญ่หากเกิดอุบัติเหตุขึ้นมาในโรงงานอีกด้วย

หมายเหตุ บทความนี้มาจากต้นฉบับซึ่งเป็นข้อเขียนของ รศ.ดร. เขาวลิต ลิ้มมณีวิจิตร หน่วยเทคโนโลยีเฉพาะทางหล่อโลหะ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เผยแพร่ในเว็บไซด์เวทีสถาธณะเพื่อการพัฒนาเทคโนโลยีอะลูมิเนียม (www.siamaluminum.org)





ภาคผนวก

อะลูมิเนียม (ภาษาอังกฤษทั่วโลกใช้คำว่า Aluminium ขณะที่ในอเมริกาเหนือใช้คำว่า Aluminum) คือธาตุเคมีในตารางธาตุที่มีสัญลักษณ์ Al มีเลขอะตอม 13 เป็นโลหะ เมื่อผ่านกระบวนการผลิตแล้ว ผิวจะมันวาวและอ่อนดัดง่าย ในธรรมชาติ อะลูมิเนียมพบในรูปแร่บอกไซต์เป็นหลัก คุณสมบัติเด่นได้แก่ต่อต้านการออกซิเดชันเป็นเยี่ยม (เนื่องจากปรากฏการณ์ Passivation) แข็งแรงและน้ำหนักเบา มีการใช้อะลูมิเนียมในอุตสาหกรรมหลายประเภทเพื่อสร้างผลิตภัณฑ์ต่างๆ มากมาย

อะลูมิเนียมมีอิทธิพลสูงต่อเศรษฐกิจโลกขึ้นส่วนโครงสร้างที่ผลิตจากอะลูมิเนียมมีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมแทบทุกประเภท ไม่ว่าจะเป็นอากาศยาน ยานยนต์ การก่อสร้างอาคาร เครื่องใช้ในครัวเรือน และอุตสาหกรรมอื่นๆ ที่ต้องการโลหะน้ำหนักเบา แข็งแรง และทนทาน

อะลูมิเนียมเป็นโลหะอ่อน มีน้ำหนักเบา ผิวเรียบ มันวาวและเป็นเงาเนื่องจากเกิดการออกซิเดชันชั้นบางๆ ที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อสัมผัสกับอากาศ

โลหะอะลูมิเนียมไม่เป็นสารพิษ ไม่เป็น

แม่เหล็ก ไม่เกิดประกายไฟ อะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงประมาณ 49 ล้านปาสกาล (MPa) และ 400 MPa ถ้าทำเป็นโลหะผสม อะลูมิเนียมจะมีความหนาแน่นเป็น 1/3 ของเหล็กกล้าและทองแดง แต่อ่อน สามารถดัด กิ่ง และหล่อแบบได้ง่าย รวมทั้งมีคุณสมบัติต่อต้านการกร่อน มีความคงทนเนื่องจากชั้นออกไซด์ที่ป้องกันผิวหน้า

ผิวหน้าของอะลูมิเนียมจะมีการสะท้อนแสงมากกว่าโลหะอื่นๆ ในช่วงความยาวคลื่น 200-400 nm (UV) และ 3000-10000 nm (IR ไกล) ส่วนในช่วงที่มองเห็นได้ คือ 400-700 nm โลหะเงินสะท้อนแสงได้ดีกว่าเล็กน้อย และในช่วง 700-3000 (IR ใกล้) โลหะเงินทองคำรวมถึงทองแดง จะสะท้อนแสงได้ดีกว่า อะลูมิเนียมเป็นโลหะที่ดัดได้ง่ายเป็นอันดับ 2 (รองจากทองคำ) และมีความอ่อนเป็นอันดับ 6 อะลูมิเนียมสามารถนำความร้อนได้ดีจึงนิยมใช้ทำหม้อหุงต้มอาหาร

เมื่อวัดในทั้งปริมาณและมูลค่าการใช้อะลูมิเนียมมีมากกว่าโลหะอื่น ๆ ยกเว้นเหล็ก และมีความสำคัญในเศรษฐกิจโลกทุกด้าน

อะลูมิเนียมบริสุทธิ์มีแรงต้านการดึงต่ำ

แต่สามารถนำไปผสมกับธาตุต่างๆ ได้ง่าย เช่น ทองแดง สังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส และซิลิกอน (เช่น Duralumin) ในปัจจุบันวัสดุเกือบทั้งหมดที่เรียกว่าอะลูมิเนียมเป็นโลหะผสมของอะลูมิเนียม ส่วนอะลูมิเนียมบริสุทธิ์จะใช้เฉพาะเมื่อต้องการความทนทานต่อการกัดกร่อนมากกว่าความแข็งแรงของเนื้อโลหะ

เมื่อรวมกับกระบวนการทางความร้อนและกลการ (Thermo-mechanical processing) โลหะผสมของอะลูมิเนียมจะมีคุณสมบัติทางกลศาสตร์ที่ดีขึ้น โลหะผสมอะลูมิเนียมเป็นส่วนสำคัญของเครื่องบินและจรวด เนื่องจากมีอัตราความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง

อะลูมิเนียมสามารถสะท้อนแสงที่มองเห็นได้ดีเยี่ยม (~99%) และสามารถสะท้อนแสงอินฟราเรดได้ดี (~95%) อะลูมิเนียมชั้นบางๆ สามารถสร้างบนพื้นผิวเรียบด้วยวิธีควบแน่นของไอสารเคมี (Chemical vapor deposition) หรือวิธีการทางเคมีเพื่อสร้างผิวเคลือบออปติคัล (Optical coating) และกระจกเงา ผิวเคลือบเหล่านี้จะเกิดชั้นอะลูมิเนียมออกไซด์ที่บางมากและไม่สึกกร่อนเหมือนผิวเคลือบเงิน กระจกเงาเกือบทั้งหมดสร้างโดยใช้อะลูมิเนียมชั้นบางบน



ชั้นอะลูมิเนียมยาว 15 ซม. เทียบขนาดกับเหรียญเซ็นต์สหรัฐฯ

นอกจาก Super purity aluminium (99.980% to 99.999% Al) ใช้ในอิเล็กทรอนิกส์และซีดี

- อะลูมิเนียมผง ใช้เป็นตัวเคลือบเงินในสี เกิดตะกั่วอะลูมิเนียมมีอยู่ในสีพื้น เช่น สีเคลือบเนื้อไม้ (primer) ซึ่งเมื่อแห้งแล้วเกิดจะซ้อนทับกันเป็นชั้นกันน้ำ

- อะลูมิเนียมแอโนไดส์ (anodised) คงทนต่อการออกซิเดชันเพิ่มเติม และใช้ในการก่อสร้างในด้านต่างๆ รวมถึงการทำฮีตซิงค์ด้วย

- อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ส่วนใหญ่ต้องทำความเย็นขึ้นของส่วนภายใน (ทรานซิสเตอร์ ซีพียู-สารกึ่งตัวนำโดยทั่วไป) มีฮีตซิงค์ที่ทำจากอะลูมิเนียม เนื่องจากผลิตง่ายและนำความร้อนได้ดี ฮีตซิงค์ทองแดงเล็กกว่าแต่แพงกว่า รวมทั้งยังผลิตยากกว่าด้วย

- อะลูมิเนียมออกไซด์ หรือ “อะลูมินา”



ผิวหลังของแผ่นกระจกลอย (Float glass) กระจกเงาในกล้องโทรทรรศน์ก็สร้างด้วยอะลูมิเนียมเช่นกัน แต่เป็นการเคลือบข้างหน้าเพื่อป้องกันการสะท้อนภายใน การหักเห และการสูญเสียจากความใส กระจกเหล่านี้เรียกว่า First surface mirrors ซึ่งเกิดความเสียหายได้ง่ายกว่ากระจกเงาตามบ้านทั่วไปที่เคลือบข้างหลัง

ตัวอย่างการนำอะลูมิเนียมไปใช้งาน

- การขนส่ง เช่น รถยนต์ รถบรรทุก เรือ เครื่องบิน ตู้รถไฟ จักรยาน จักรยานยนต์ ฯลฯ
- ภาชนะ เช่น กระจ่าง ฟอยล์ เครื่องครัว ถึงบรรจุของเหลว ฯลฯ)
- การบำบัดน้ำ
- การรักษาปรสิตของปลา เช่น Gyrodactylus salaris
- งานก่อสร้าง เช่น หน้าต่าง ประตู ลูกบิดกันสาด กรอบกระจก ฯลฯ
- สินค้าสำหรับผู้บริโภคที่มีความคงทน



เช่น เครื่องใช้ไฟฟ้า อุปกรณ์ป้องกันที่มีลักษณะพิเศษเฉพาะตัว ชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ฯลฯ

- ชิ้นส่วนในระบบไฟฟ้า : ชิ้นส่วนและเส้นลวดอะลูมิเนียมมีความหนาแน่นน้อยกว่าราคาถูกกว่าทองแดง แต่มีความต้านทานไฟฟ้ามากกว่าซึ่งมีหลายพื้นที่ห้ามใช้ลวดอะลูมิเนียมสำหรับสายไฟตามบ้าน เนื่องจากมีความหนาแน่นสูงกว่าและขยายตัวให้ความร้อนมากกว่า

- แม่เหล็กที่ทำจากเหล็กกล้าเอ็มเคเอ็ม (MKM steel) แอลไนโก (Alnico) แม้ว่าตัวอะลูมิเนียมเองจะไม่ใช่วัสดุแม่เหล็กก็ตาม

- อะลูมิเนียมความบริสุทธิ์สูง หรือ SPA

พบตามธรรมชาติในรูปของแร่กะรุน (ทับทิมและนิล) ใช้ในการผลิตกระจก ทับทิมและนิลสังเคราะห์ใช้ในเครื่องเลเซอร์สำหรับผลิตแสงความถี่เดียว (coherent light)

- อะลูมิเนียมออกไซด์ด้วยพลังงานสูงจะได้สารที่ใช้ในเชื้อเพลิงแข็งสำหรับขับเคลื่อนจรวด เฮอร์ไมต์ (thermite) รวมถึงสารประกอบอื่นๆ สำหรับทำดอกไม้ไฟ

นอกจากนี้ อะลูมิเนียมยังมีสถานะเป็นตัวนำยิ่งยวดที่อุณหภูมิวิกฤต 1.2 องศาเคลวิน

แหล่งข้อมูล : วิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี

th.wikipedia.org/wiki/อะลูมิเนียม