โลหะกับการพัฒนาประเทศ

บทที่ 11

สังกะสี

กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

บทที่ 11
สังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีการผลิตและนำมาใช้ประโยชน์เมื่อประมาณ 600 ปีมาแล้ว โดยช่วงแรกจะมีการใช้มากในแถบประเทศอินเดียและจีน โดยมีการผลิตเครื่องใช้ที่ทำจากโลหะสังกะสีผสม และนำสังกะสีออกไซด์มาผสมถ่านหินเพื่อใช้ทำเครื่องปั้นดินเผา สำหรับกระบวนการผลิตโลหะสังกะสีที่เป็นต้นแบบของเทคโนโลยีการถลุงสังกะสีในปัจจุบันถูกคิดค้นในปี 1738 โดยวิลเลี่ยม แชมเปี้ยม ทำให้มีการใช้สังกะสีอย่างแพร่หลาย และถือเป็นโลหะที่มีปริมาณการใช้มากที่สุดเป็นอันดับสี่ในปัจจุบัน รองจากเหล็ก อะลูมิเนียม และทองแดง

คุณสมบัติทั่วไปของสังกะสี

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- น้ำหนักอะตอม	65.41
- ระบบผลึก	Hexagonal
- ความหนาแน่น (ที่ 20 ^{o}C)	7.14 g.cm^{-3}
- จุดหลอมเหลว	420 ^{o}C
- จุดเดือด	907 ^{o}C
- ความต้านทานไฟฟ้า (ที่ 20 ^{o}C)	59.0 nΩ.m
- สัมประสิทธิ์การขยายตัว (ที่ 20 ^{o}C)	30.2 μm.m^{-1}.K^{-1}

คุณสมบัติเชิงกล

- Youngs modulus	108 GPa
- Shear modulus	43 GPa
- Brinell hardness	412 MPa

การใช้ประโยชน์ของโลหะสังกะสี

สังกะสีเป็นโลหะที่มีจุดหลอมเหลวต่ำ มีความเหนียวน้อยหรือเปราะ เพราะมีระบบผลึกเป็นรูปหกเหลี่ยม อัตราการยืดตัวน้อย และมีคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อนได้ดี นอกจากนี้ยังสามารถก่อให้เกิดพิษได้เนื่องจากรวมตัวกับออกซิเจนเป็นสังกะสีออกไซด์ได้ง่าย ซึ่งเป็นควันสีขาวที่มีอันตราย สังกะสีถูกนำไปใช้ประโยชน์หลายด้าน ตามคุณสมบัติที่มีมากมาย โดยอาจแบ่งการใช้ประโยชน์ตามลักษณะการนำไปใช้ได้ดังนี้

1) ใช้เคลือบผิวเหล็กเพื่องป้องกันการเกิดสนิม และการผุกกร่อน โดยสังกะสีจะทำหน้าที่ป้องกัน 2 ขั้นตอนคือ ขั้นแรกจะทำหน้าที่ป้องกันผิวเหล็กไม่ให้สัมผัสกับอากาศหรือสารอย่างอื่น และ

หากเกิดรอยขีดข่วนหรือผุกร่อนจนถึงผิวเหล็กแล้ว สังกะสีจะทำหน้าที่ในขั้นต่อไปรูปของ Galvanic action คือโลหะสังกะสีซึ่งมีคุณสมบัติทางเคมีไฟฟ้า (Electrochemical activity) สูงกว่าเหล็กจะทำตัวเป็นขั้วบวกและดึงออกซิเจนมาทำปฏิกิริยาเกิดเป็นสนิมแทนเหล็ก ทำให้ผิวเหล็กไม่ผุกร่อนแม้ผิวเหล็กจะสัมผัสถูกอากาศ การใช้งานด้านนี้มีสัดส่วนมากที่สุดโดยคิดเป็นร้อยละประมาณ 45-50 ของการบริโภคสังกะสีทั้งหมด

2) ใช้ทำทองเหลืองโดยผสมกับโลหะทองแดง และอาจมีโลหะอื่นๆ ผสมเพิ่มคุณสมบัติเป็นการเฉพาะต่อการใช้งาน เช่น ตะกั่ว อะลูมิเนียม ดีบุก พลวง แมงกานีส เป็นต้น

3) สังกะสีออกไซด์ใช้ในอุตสาหกรรมยาง เซรามิก ยา สีสะท้อนแสง สังกะสีซัลเฟตใช้ในการผลิตสารทำใยสังเคราะห์เรยอน และสังกะสีคลอไรด์ใช้ทำยาดับกลิ่นปาก ยาฆ่าเชื้อ และยารักษาเนื้อไม้ไม่ให้ผุและติดไฟง่าย

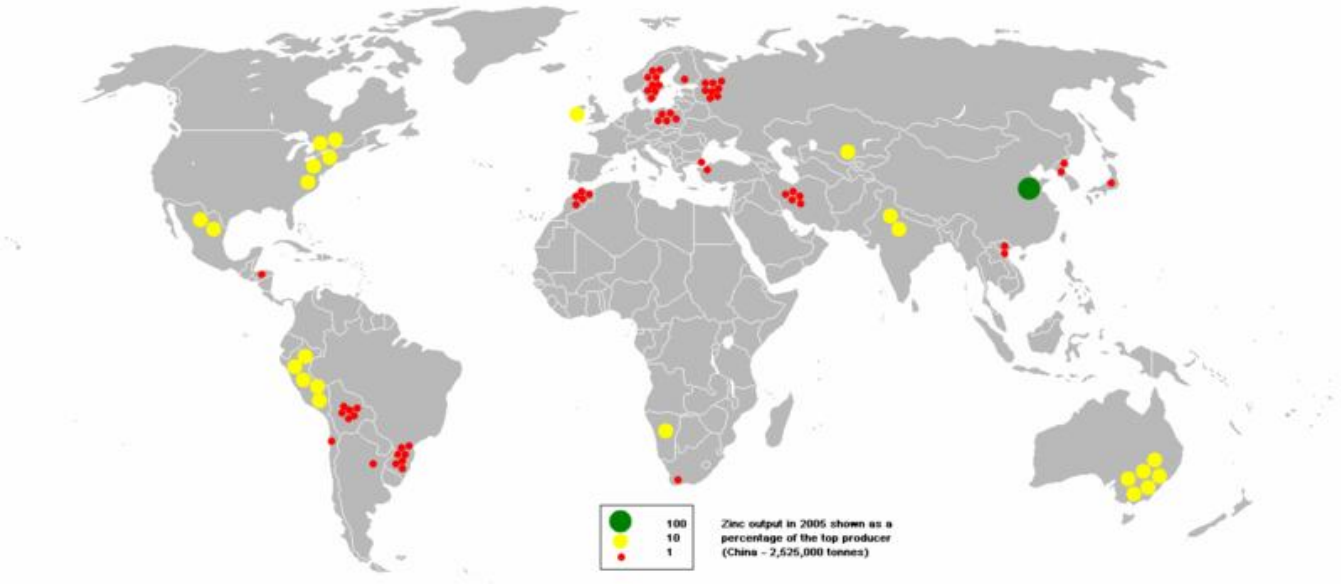
4) สังกะสีฝุ่น (Zinc dust) ใช้ในการผลิตสารเคมีที่ใช้ในการพิมพ์และย้อมผ้า ใช้ผสมกับอะลูมิเนียมผงเพื่อแก้น้ำกระด้าง ใช้เป็นสารผลิตก๊าซในคอนกรีตทำให้ได้รูพรุน ใช้ไปสารเร่งในอุตสาหกรรมปิโตรเลียม ช่วยให้เกิดการคายไฮโดรเจนในการทำสบู่จากขี้ผึ้งพาราฟิน นอกจากนี้ยังใช้ทำดอกไม้ไฟ ผงไฟแฟลช อุตสาหกรรมน้ำตาล และกระดาษ

5) ใช้ทำโลหะผสมสำหรับงานหล่อ (Die casting) เนื่องจากมีจุดหลอมเหลวต่ำจึงให้คุณสมบัติที่ดีคือ ง่ายต่อการขึ้นรูป นอกจากนี้ยังคงทน กลึงไสตกแต่งง่าย และมีสีสันสวยงาม โลหะผสมที่สำคัญได้แก่ อะลูมิเนียม แมกนีเซียม และทองแดง เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ทำด้วยโลหะสังกะสีผสมมีมากมายเช่น ชิ้นส่วนยานยนต์ ลูกบิดประตู ของเล่นเด็ก เครื่องใช้ในครัวเรือน เครื่องมือกล อุปกรณ์สำนักงาน และท่อน้ำเป็นต้น

รูปที่ 11.1 การใช้ประโยชน์โลหะสังกะสี
(ที่มา: www.iza.com)

การผลิตโลหะสังกะสีจากแร่

แร่สังกะสีสำคัญที่นำมาใช้ในการถลุงโลหะสังกะสี ได้แก่ สังกะสีซัลไฟด์ (ZnS) หรือ Sphalerite ซึ่งเป็นแร่ที่พบในหลายประเทศ เช่น อเมริกา เม็กซิโก เปรู โบลิเวีย แคนาดา และออสเตรเลีย นอกจากนี้ยังมีแร่สังกะสีในรูปอื่นๆ เช่น สังกะสีคาร์บอเนต ($ZnCO_3$) หรือ Smithsonite สังกะสีออกไซด์ (ZnO) หรือ Zincite และแร่สังกะสีซิลิเกต (Zn_2SiO_4) ที่เรียกว่า Willemite โดยแหล่งแร่สังกะสีที่สำคัญอื่นๆ ได้แก่ จีน อินเดีย พม่า เวียดนาม ไอร์แลนด์ รัสเซีย คาซัคสถาน และซาอีร์ เป็นต้น สำหรับแหล่งแร่สังกะสีของประเทศไทยที่ใหญ่ที่สุดคือ เหมืองแม่สอด ที่จังหวัดตาก ซึ่งมีแร่สังกะสีซิลิเกตที่มีความเข้มข้นประมาณ 50% แต่บางครั้งก็จะพบปะปนอยู่กับหินปูนและมีความเข้มข้นไม่สูงนัก (ความเข้มข้น 2-12%) จึงอาจต้องนำไปแต่งแร่ให้มีความเข้มข้นเพิ่มขึ้น โดยใช้วิธีการบดแร่ให้มีขนาดเล็กและนำไปแต่งแร่โดยวิธีการลอยแร่ รูปที่ 11.2 แสดงแหล่งแร่สังกะสีที่สำคัญของโลก และปริมาณการผลิตแร่สังกะสีของประเทศต่างๆ ระหว่างปี 2544-2548 มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 11.1



รูปที่ 11.2 แหล่งแร่สังกะสีที่สำคัญของโลก
ที่มา: www.wikipedia.org

ตารางที่ 11.1 ข้อมูลการผลิตแร่สังกะสีของโลกระหว่างปี 2544-2548

หน่วย: พันตัน (เนื้อโลหะ)

ประเทศ	ปี 2544	ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548
ไอร์แลนด์	298	277	419	438	445
แคนาดา	1,065	916	788	791	667
เม็กซิโก	429	446	414	426	476
สหรัฐอเมริกา	842	780	768	739	748
เปรู	1,057	1,222	1,373	1,209	1,202
จีน	1,693	1,624	2,029	2,391	2,525
อินเดีย	215	262	318	359	482
คาซัคสถาน	345	392	393	361	364
ออสเตรเลีย	1,517	1,469	1,479	1,334	1,367
ไทย	9	15	15	20	20
อื่น ๆ	1,630	1,597	1,604	1,632	1,804
รวม	**9,100**	**9,000**	**9,600**	**9,700**	**10,100**

ที่มา: British Geological Survey

รูปที่ 11.3 เหมืองแร่สังกะสีแม่สอด ของบริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน)
(ที่มา: สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่)

กระบวนการถลุงสังกะสีมี 2 วิธีที่สำคัญคือ วิธีการใช้ความร้อนและวิธีการละลายด้วยสารเคมี ซึ่งสุดท้ายจะต้องนำไปผ่านกรรมวิธีการทำให้โลหะสังกะสีบริสุทธิ์ด้วยการแยกด้วยกระแสไฟฟ้า โดยการจะใช้กรรมวิธีใดจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับลักษณะของแร่และคำนึงถึงด้านเศรษฐศาสตร์ด้วย

กรรมวิธีการใช้ความร้อน (Pyrometallurgy)

การใช้ความร้อนจะเหมาะกับแร่ประเภทซัลไฟด์โดยมีรายละเอียดแบ่งเป็นขั้นตอน ดังนี้

1) เริ่มจากนำแร่สังกะสีซัลไฟด์ไปย่าง (Roasting) เพื่อเปลี่ยนสภาพของแร่ให้กลายเป็นสังกะสีออกไซด์ โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 700-800 °C และมีการพ่นอากาศเข้าไปในเตาเพื่อให้เกิดปฏิกิริยาดังสมการ สังกะสีออกไซด์ที่ได้จะถูกนำไปถลุงต่อให้เป็นโลหะสังกะสีโดยในขั้นตอนนี้อาจมีกำมะถันเหลืออยู่บ้างไม่เกิน 1% ส่วนก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จะถูกส่งไปบำบัดหรือผลิตเป็นกรดกำมะถันต่อไป

$$ZnS + 3/2\ O_2 \longrightarrow ZnO + SO_2$$

2) การถลุงโลหะสังกะสีจากสังกะสีออกไซด์จะใช้คาร์บอนเป็นตัวรีดิวซ์โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 1,120 °C แต่สังกะสีที่ได้จะอยู่ในสภาพที่เป็นไอและก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในทางปฏิบัติจึงต้องทำในเตาที่ปิดสนิทเพื่อป้องกันไม่ให้ไอสังกะสีทำปฏิกิริยากับออกซิเจนในอากาศ

3) ไอสังกะสีที่ได้จะถูกส่งผ่านไปยังเตากลั่น (Condenser) และกลั่นตัวเป็นสังกะสีหลอมเหลว แต่ในช่วงแรกอาจมีโลหะแคดเมียมปะปนมาด้วย เนื่องจากแคดเมียมมีจุดอุณหภูมิการระเหยเป็นไอที่ 765 °C ต่ำกว่าสังกะสี (970 °C) การสกัดเอาโลหะแคดเมียมออกจากสังกะสีจะใช้การกลั่นลำดับส่วนอีกครั้งโดยการหลอมสังกะสีและควบคุมอุณหภูมิในอยู่ในช่วง 765 °C เพื่อให้แคดเมียมกลายเป็นไอจะได้โลหะสังกะสีที่มีความบริสุทธิ์มากกว่าเดิม

กรรมวิธีการละลายด้วยสารเคมี (Hydrometallurgy)

กระบวนการนี้เป็นการแยกเอาโลหะสังกะสีออกจากแร่และสารเจือปนอื่น ๆ ด้วยการละลายสังกะสีหรือเปลี่ยนสภาพของสังกะสีออกไซด์ไปเป็นสารละลายสังกะสีซัลเฟต โดยใช้กรดกำมะถันเจือจางเป็นตัวทำละลาย (pH ประมาณ 5) ซึ่งมีปฏิกิริยาดังสมการ

$$ZnO + H_2SO_4 \longrightarrow ZnSO_4 + H_2O$$

สำหรับสารเจือปนอื่น ๆ ที่ไม่ละลายหรือละลายได้ช้ากว่าเช่น เหล็กและซิลิกา จะถูกแยกจากสารละลายโดยการตกตะกอน จากนั้นจะนำเอาสารละลายสังกะสีซัลเฟตไปแยกสังกะสีออกด้วยกระแสไฟฟ้าต่อไป

กรรมวิธีการทำโลหะสังกะสีให้บริสุทธิ์

จะใช้การแยกด้วยไฟฟ้าโดยมีหลักการใช้แผ่นอะลูมิเนียมเป็นขั้วแคโทด และแผ่นตะกั่วเป็นขั้วแอโนดเป็นลักษณะที่เรียกว่า โลหะแอโนดที่ไม่มีการละลาย (Insoluble electrode) สารละลายอิเล็กโทรไลต์ที่ใช้จะเป็นสารละลายสังกะสีซัลเฟตที่มีความเป็นกรด (pH ประมาณ 5) ใช้ความต่างศักย์ระหว่างขั้วแอโนดและแคโทดประมาณ 3.5–3.7 โวลต์ ขึ้นอยู่กับความเป็นกรดของสารอิเล็กโทรไลต์และระยะห่างระหว่างขั้วแอโนดและแคโทด ความเข้มของกระแสไฟฟ้าที่ใช้จะอยู่ระหว่าง 700–1,000 แอมแปร์ต่อตารางเมตร

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านสารละลายสังกะสีซัลเฟตจะแตกตัวให้ไอออนของสังกะสีกับซัลเฟตและน้ำจะแยกตัวให้ไฮโดรเจนกับออกซิเจน ซึ่งไฮโดรเจนจะไปรวมกับซัลเฟตไอออนจับตัวเป็นกรดกำมะถัน ออกซิเจนจะไปรวมตัวที่ขั้วแอโนดเป็นฟองแก๊สหนีไป ส่วนไอออนสังกะสีจะไปจับบนขั้วแคโทด เมื่อสังกะสีมีปริมาณที่มากพอสมควรจะนำเข้ามาจากถังอิเล็กโทรไลติกเซลล์ ลอกเป็นแผ่นออกมาแล้วนำไปหลอมเป็นแท่งโลหะสังกะสีบริสุทธิ์ต่อไป ส่วนน้ำยาอิเล็กโทรไลต์เมื่อเปลี่ยนเป็นกรดกำมะถันจะนำกลับไปใช้สำหรับการละลายแร่สังกะสี

การหลอมโลหะสังกะสีส่วนใหญ่จะใช้เตาไฟฟ้ากระแสเหนี่ยวนำประเภทความถี่ต่ำที่อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส โดยใช้แอมโมเนียมคลอไรด์เป็นฟลักซ์กำจัดออกไซด์

อุตสาหกรรมสังกะสีของประเทศไทย

ผู้ประกอบการผลิตโลหะสังกะสีในประเทศไทยมีเพียงรายเดียวคือ บริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ซึ่งมีกำลังการผลิตโลหะสังกะสีบริสุทธิ์และโลหะสังกะสีผสมปริมาณ 105,000 และ 8,000 ตันต่อปี ตามลำดับ โรงงานผลิตสังกะสีของบริษัทฯ มี 2 แห่ง ได้แก่ โรงงานผลิตสังกะสีแคลไซน์ จังหวัดระยอง และโรงงานถลุงสังกะสี จังหวัดตาก โดยแต่เดิมการผลิตสังกะสีจะใช้แร่สังกะสีซิลิเกตที่ได้จากเหมืองแม่สอดจังหวัดตากเท่านั้น แต่จากการที่ปริมาณสำรองของแร่สังกะสีลดลงทำให้ต้องนำเข้าแร่สังกะสีซัลไฟด์จากต่างประเทศเข้ามาเพิ่มเติม โดยจะส่งแร่สังกะสีซัลไฟด์ไปผ่านกระบวนการย่างแร่ก่อนที่โรงงานผลิตสังกะสีแคลไซน์ ได้ผลิตภัณฑ์เป็นสารประกอบในรูปสังกะสีออกไซด์หรือแคลไซน์ รวมทั้งได้ผลิตภัณฑ์พลอยได้เป็นกรดกำมะถันเข้มข้นอีกด้วย

ในส่วนของโรงงานถลุงสังกะสีจะใช้แร่สังกะสีซิลิเกตร่วมกับสังกะสีแคลไซน์ ผ่านกระบวนการสกัดด้วยสารละลายเคมีแล้วนำไปแยกโลหะสังกะสีด้วยกระแสไฟฟ้าจนได้โลหะสังกะสีบริสุทธิ์ร้อยละ 99.995 นอกจากนี้บริษัทฯ ยังได้ก่อสร้างโรงงานแต่งแร่สังกะสีซิลิเกตคุณภาพต่ำในบริเวณเหมืองแร่แม่สอด จังหวัดตาก เพื่อเพิ่มความเข้มข้นให้กับแร่จากร้อยละ 3–12 เป็นร้อยละ 20–30 ก่อนส่งไปใช้เป็นวัตถุดิบในการถลุงโลหะสังกะสีต่อไป

ความต้องการใช้โลหะสังกะสีในปี 2550 ปีปริมาณ 100,100 ตัน ในขณะที่ปริมาณการผลิตโลหะสังกะสีในประเทศมีจำนวน 99,300 ตัน และมีปริมาณการนำเข้าโลหะสังกะสีจากต่างประเทศ

25,154 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 3,172 ล้านบาท โดยคู่ค้ารายใหญ่ที่นำเข้าได้แก่ ออสเตรเลีย จีน และเกาหลีใต้ ซึ่งโลหะสังกะสีส่วนใหญ่จะใช้เพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมหลายประเภทเช่น อุตสาหกรรมเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสี การก่อสร้าง เครื่องจักรกล ผลิตภัณฑ์ทองเหลือง การหล่อแม่พิมพ์ ท่อ ลวด และอุปกรณ์ข้อต่อต่างๆ เป็นต้น สำหรับการส่งออกโลหะสังกะสีในปี 2550 มีปริมาณ 24,368 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,000 ล้านบาท

ปัญหาและอุปสรรคของอุตสาหกรรมสังกะสี

แม้ว่าการประกอบกิจการของบริษัท ผาแดงอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) ซึ่งเป็นผู้ผลิตโลหะสังกะสีรายเดียวของประเทศจะอยู่ในเกณฑ์ที่ค่อนข้างดี แต่ก็มีปัญหาที่สำคัญในเรื่องวัตถุดิบ เนื่องจากปริมาณสำรองของแหล่งแร่สังกะสีในประเทศก็มีจำนวนลดลงเรื่อยๆ ดังนั้นบริษัทจึงต้องเร่งแก้ไขปัญหาดังกล่าว โดยที่ผ่านมาได้ทดลองนำหางแร่มาใช้ประโยชน์ และสามารถก่อสร้างโรงงานลอยแร่สังกะสีที่เหมืองแม่สอดเพื่อนำแร่สังกะสีคุณภาพต่ำมาใช้ให้เกิดคุณค่าในเชิงพาณิชย์ นอกจากนี้ยังมีปัญหาอื่นที่ส่งผลกระทบต่อการประกอบธุรกิจ เช่น ต้นทุนค่าไฟฟ้าที่สูงขึ้น รวมทั้งต้นทุนค่าขนส่งวัตถุดิบทั้งทางบกและทางเรือที่เพิ่มขึ้น ซึ่งเป็นภาระให้กับบริษัทมาก เนื่องจากในกระบวนการผลิตบริษัทฯ จำเป็นต้องขนส่งวัตถุดิบจากจังหวัดระยองไปยังโรงงานถลุงที่จังหวัดตากปริมาณมากทุกวัน สำหรับในอนาคตบริษัทฯ มีแผนสำรวจหาแหล่งแร่แห่งใหม่เพื่อรองรับปัญหาการขาดแคลนวัตถุดิบ และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเพื่อนำวัตถุดิบทดแทนชนิดอื่นๆ มาใช้ในการผลิตโลหะสังกะสี เช่น ฝุ่นที่ได้จากโรงงานเหล็กซึ่งมีสังกะสีเป็นส่วนประกอบประมาณร้อยละ 20