โลหะกับการพัฒนาประเทศ

บทที่ 3

ดีบุก

กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน

สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน

กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่

บทที่ 3
ดีบุก

ดีบุกเป็นโลหะสีขาวซึ่งมีการนำมาใช้ประโยชน์เป็นเวลานานแล้ว เนื่องจากดีบุกสามารถผสมเป็นเนื้อเดียวกับทองแดงได้ดี การใช้งานในช่วงแรกจึงเป็นการผลิตโลหะผสมระหว่างดีบุกกับทองแดง หรือที่เรียกว่าโลหะสัมริด (Bronze) ซึ่งมีการใช้ค้นพบมาตั้งแต่ประมาณ 3,500 ปีก่อนคริสตกาล ดีบุกจัดเป็นโลหะที่มีลักษณะเด่นคือ มีความอ่อนตัวสูง มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูง และมีคุณสมบัติด้านหล่อลื่นดี

คุณสมบัติทั่วไปของดีบุก

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

- น้ำหนักอะตอม	118.71
- ระบบผลึก	Tetragonal
- ความหนาแน่น (ที่ 20 ^{o}C)	7.27 g.cm^{-3}
- จุดหลอมเหลว	232 ^{o}C
- จุดเดือด	2,602 ^{o}C
- ความต้านทานไฟฟ้า (ที่ 20 ^{o}C)	115 nΩ.m
- สัมประสิทธิ์การขยายตัว (ที่ 20 ^{o}C)	22.0 μm.m^{-1}.K^{-1}

คุณสมบัติเชิงกล

- Youngs modulus	50 GPa
- Shear modulus	18 GPa
- Brinell hardness	51 MPa

การใช้ประโยชน์ของโลหะดีบุก

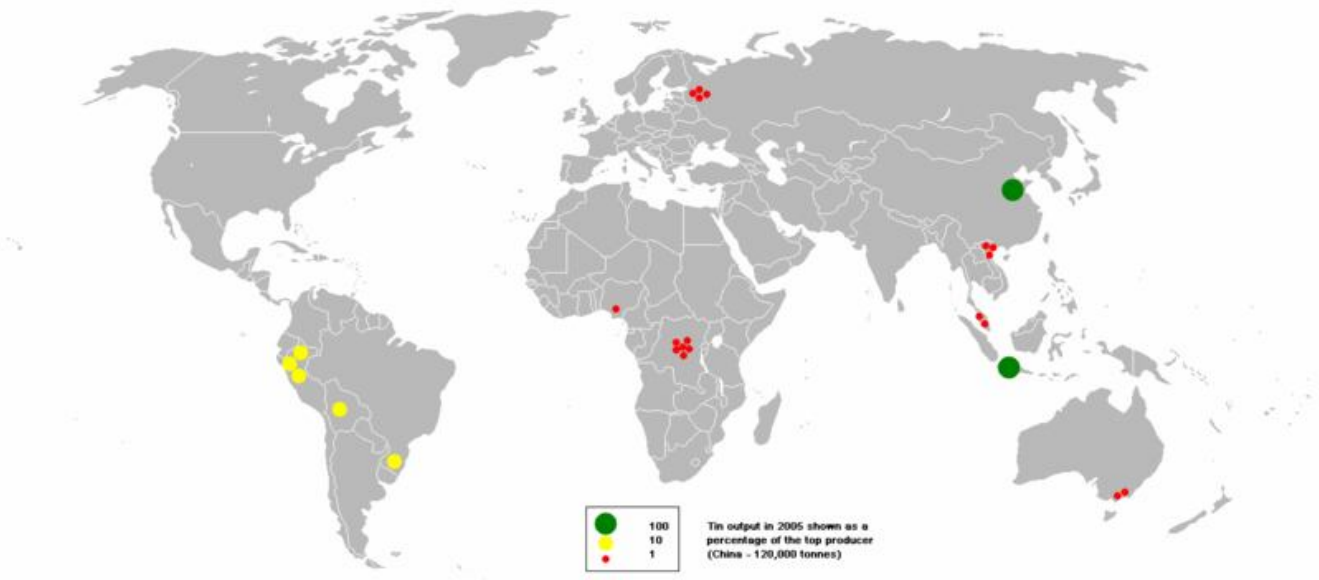
โลหะดีบุกเป็นโลหะอ่อนจึงไม่ใช้ดีบุกในการผลิตชิ้นส่วนจักรกล แต่ด้วยคุณสมบัติเด่นที่มีความทนทานต่อการกัดกร่อนของกรดและสารละลายต่างๆ ทนต่อการเป็นสนิม มีความเงางามสวยงาม และไม่ก่อให้เกิดสารพิษที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย จึงนิยมใช้ในการเคลือบแผ่นเหล็กเพื่อผลิตเป็นภาชนะบรรจุอาหารและเครื่องดื่ม ดีบุกเมื่อรีดเป็นแผ่นบางๆ สามารถนำไปใช้ห่อสิ่งของต่างๆ เพื่อป้องกันความชื้นได้ดี นอกจากนี้โลหะดีบุกยังมีคุณสมบัติในการผสมเป็นเนื้อเดียวกับโลหะอื่นได้ดี จึงสามารถผลิตเป็นโลหะดีบุกผสมที่มีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งานได้อย่างกว้างขวาง เช่น โลหะดีบุกผสมตะกั่ว พลวง หรือสังกะสี ที่ใช้ในการผลิตโลหะบัดกรีสำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ เครื่องใช้ไฟฟ้า และคอมพิวเตอร์ โลหะดีบุกผสมตะกั่วเพื่อใช้ผลิตหม้อน้ำรถยนต์และชิ้นส่วนยานยนต์

โลหะดีบุกผสมทองแดงที่ใช้ในการผลิตทองสัมฤทธิ์เพื่อทำระฆังและศิลปะวัตถุต่างๆ โลหะดีบุกผสมเงิน ทองแดง และปรอท ใช้สำหรับอุดฟันและงานทันตกรรม นอกจากนี้ยังใช้ทำโลหะดีบุกผสมทองแดงและพลวงหรือที่เรียกว่า พิวเตอร์ (Pewter) ซึ่งนิยมนำไปผลิตเป็นเครื่องใช้ เครื่องประดับตกแต่ง ของที่ระลึก ตลอดจนการชุบเคลือบต่างๆ อีกด้วย โลหะดีบุกที่สำคัญอีกชนิดหนึ่งที่ใช้ทำเป็นโลหะแบริ่งมีชื่อว่า Babbit เป็นโลหะที่ประกอบด้วยดีบุก พลวง ทองแดง และอาจมีตะกั่วผสมอีกเล็กน้อย โลหะผสมชนิดนี้มีโครงสร้างพื้นฐานที่อ่อนและมีสัมประสิทธิ์ความฝืดต่ำทำให้เหมาะที่จะใช้เป็นโลหะแบริ่ง

รูปที่ 3.1 ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะดีบุกผสม
(ที่มา: www.salisburyinc.net, www.griffin-designstudio.com)

การผลิตโลหะดีบุกจากแร่

แร่ดีบุกที่สำคัญ ได้แก่ ดีบุกออกไซด์ (SnO_2) เรียกว่า Classiterite แร่ดีบุกที่พบจะมีสองลักษณะคือ เกิดเป็นสายแร่ (Vein tin) กับประเภทที่ถูกน้ำพัดพามารวมกัน (Stream tin) แหล่งแร่ดีบุกที่สำคัญ ได้แก่ ประเทศมาเลเซีย อินโดนีเซีย ไทย จีน และประเทศในแถบอเมริกาใต้ เช่น โบลิเวีย บราซิล และเปรู นอกจากนี้ยังพบแหล่งในพื้นที่อื่นๆ ได้แก่ ประเทศรัสเซีย ไนจีเรีย และออสเตรเลีย เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 แหล่งแร่ดีบุกที่สำคัญของโลก
ที่มา: www.wikipedia.org

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลการผลิตแร่ดีบุกของโลกระหว่างปี 2544-2548

หน่วย: ตัน (เนื้อโลหะ)

ประเทศ	ปี 2544	ปี 2545	ปี 2546	ปี 2547	ปี 2548
รัสเซีย	5,500	5,200	5,400	5,300	5,100
ไนจีเรีย	2,890	789	891	1,374	1,500
โบลิเวีย	12,039	13,210	16,386	18,115	18,694
บราซิล	13,016	12,023	12,217	12,202	11,739
เปรู	38,182	38,815	40,202	41,613	42,145
จีน	93,000	81,000	101,800	118,200	120,000
อินโดนีเซีย	56,286	67,455	66,284	78,000	120,000
มาเลเซีย	4,972	4,215	3,358	2,745	2,857
ออสเตรเลีย	9,983	7,078	3,819	1.306	2,819
เวียดนาม	1,700	1,700	2,100	3,500	3,500
ไทย	2,384	1,384	980	724	188
อื่น ๆ	4,048	3,131	4,563	8,921	8,458
รวม	**244,000**	**236,000**	**258,000**	**292,000**	**337,000**

ที่มา: British Geological Survey

แร่ดีบุกส่วนใหญ่ยังมีโลหะที่สำคัญปะปนอยู่อีก เช่น แทนทาลัมและไนโอเบียม ทำให้แร่ดีบุกมีความสำคัญมิใช่เพียงเพื่อสกัดเอาโลหะดีบุกเท่านั้น แต่หางแร่ดีบุกและตะกรันที่เหลือจากการถลุงยังจัดว่ามีความสำคัญมากต่อเศรษฐกิจอุตสาหกรรมแร่ด้วย ตารางที่ 3.1 แสดงข้อมูลปริมาณการผลิตแร่ดีบุกของประเทศผู้ผลิตที่สำคัญต่าง ๆ

แร่ดีบุกจัดว่าเป็นแร่ที่มีความง่ายในการถลุง เนื่องจากเป็นแร่ที่อยู่ในรูปแบบของสารประกอบออกไซด์อยู่แล้ว จึงไม่ต้องนำไปผ่านกระบวนการย่างแร่เพื่อลดปริมาณกำมะถันอย่างเช่น แร่สังกะสีหรือแร่ทองแดง แร่ดีบุกหลังจากผ่านกรรมวิธีการแต่งแร่ให้เนื้อแร่มีปริมาณสูง จะนำมาถลุงภายในเตากระทะ (Reverberatory furnace) หรือเตาสูง (Blast furnace) แต่ที่นิยมจะใช้ถลุงในเตากระทะโดยใช้คาร์บอนจากถ่านหินเป็นรีดิวเซอร์และใช้น้ำมันเชื้อเพลิงให้ความร้อน แร่ดีบุกจะผสมกับผงถ่านโค้กและบรรจุเข้าเตากระทะตามสัดส่วนที่เหมาะสม โดยมีฟลักซ์ที่ใช้ในดึงสารปนเปื้อนหรือสารมลทินจากแร่ ได้แก่ หินปูนผสมกับแร่และผงถ่าน สำหรับอุณหภูมิในการถลุงจะอยู่ในประมาณ 1,350 $^{\circ}$C ซึ่งจะเกิดปฏิกิริยารีดักชั่น ดังสมการต่อไปนี้

$$C + O_2 \longrightarrow CO_2$$

$$CO_2 + C \longrightarrow 2CO$$

$$SnO_2 + 2CO \longrightarrow Sn + 2CO_2$$

$$SnO_2 + C \longrightarrow Sn + CO_2$$

สำหรับหินปูน ($CaCO_3$) ที่ใส่ลงไปในเตา เพื่อทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ที่อุณหภูมิ 1,350 $^{\circ}$C จะแตกตัวให้แคลเซียมออกไซด์ (CaO) กับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งแคลเซียมออกไซด์จะไปรวมกับออกไซด์ที่มีจุดหลอมเหลวสูงที่ติดมากับแร่ดีบุก ได้แก่ ซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) และเหล็กออกไซด์ (FeO) ทำให้กลายเป็นตะกรัน (Slag) ที่มีจุดหลอมเหลวต่ำลงสามารถกวาดออกได้โดยง่าย

กระบวนการทำโลหะดีบุกให้บริสุทธิ์

การทำให้โลหะดีบุกมีความบริสุทธิ์สูงอาจทำได้ 2 วิธี คือการใช้ความร้อนและการแยกด้วยกระแสไฟฟ้า แต่โดยทั่วไปในอุตสาหกรรมการผลิตและการนำโลหะดีบุกไปใช้ประโยชน์จะยอมรับการทำให้บริสุทธิ์ด้วยความร้อนซึ่งสามารถผลิตโลหะดีบุกที่มีความบริสุทธิ์ร้อยละ 99.90 สำหรับวิธีการแยกด้วยกระแสไฟฟ้า แม้จะได้โลหะดีบุกที่มีความบริสุทธิ์สูง (มากกว่าร้อยละ 99.99) แต่จะมีต้นทุนการผลิตสูงและโลหะดีบุกก็มีราคาสูงขึ้นมากด้วย

การทำให้โลหะดีบุกบริสุทธิ์โดยใช้ความร้อนอาจทำได้ 2 ลักษณะ ขึ้นอยู่กับสารมลทินที่ติดมากับดีบุก ถ้าหากเป็นเหล็กที่มีปริมาณไม่เกินร้อยละ 1 จะใช้หลักการหลอมดีบุกที่อุณหภูมิ 232 $^{\circ}$C ซึ่งเป็นอุณหภูมิหลอมเหลวของดีบุกบริสุทธิ์ ภายในเตากระทะที่มีพื้นเตาลาดเอียงดีบุกบริสุทธิ์จะละลายไหลไปรวมกันที่บริเวณพื้นเตาที่ต่ำ ส่วนเหล็กที่มีอยู่ในดีบุกจะจับตัวกันเป็นสารประกอบเชิงโลหะ $FeSn_2$ ซึ่งเป็นของแข็ง ทำให้สามารถแยกเอาน้ำโลหะดีบุกออกได้ และจะมีปริมาณเหล็กเจือปนอยู่น้อยกว่า

ร้อยละ 0.01 ถ้าหากวิธีนี้ยังไม่ได้ผลจะนำโลหะดีบุกมาหลอมต่อไปที่อุณหภูมิประมาณ 350 °C และกวนน้ำโลหะเพื่อช่วยให้สารเจือปนและโลหะมลทินลอยขึ้นสู่ผิวด้านบนและสัมผัสกับอากาศกลายเป็นสารประกอบออกไซด์หรือตะกรันลอยอยู่ที่ผิวของน้ำโลหะสามารถกวาดออกได้โดยง่าย

ในกรณีที่โลหะเจือปนในดีบุกเป็นตะกั่ว จะใช้วิธีการหลอมดีบุกในเตากระทะที่อุณหภูมิ 245 °C และใช้ดีบุกคลอไรด์ (SnCl2) เป็นฟลักซ์ กวนน้ำโลหะให้ผสมกับน้ำโลหะจนทั่วจะทำให้ตะกั่วในดีบุกทำปฏิกิริยากลายเป็นตะกั่วคลอไรด์ (Dross) ลอยขึ้นมาบนผิวของน้ำโลหะสามารถกวาดออกได้ และจะได้โลหะดีบุกที่มีความบริสุทธิ์ สามารถนำไปเทเป็นโลหะแท่งต่อไป

อุตสาหกรรมดีบุกของประเทศไทย

ผู้ผลิตโลหะดีบุกของประเทศไทยในปัจจุบันที่เปิดดำเนินการมีเพียงรายเดียวคือ บริษัท ไทยแลนด์สเมลติ้งแอนด์รีไฟนิ่ง จำกัด หรือ THAISARCO ซึ่งกลุ่มบริษัท AMC (Amalgamated Metal Corporation PLC) ของประเทศอังกฤษเป็นผู้ถือหุ้นรายใหญ่ โดยวัตถุดิบที่ใช้ส่วนใหญ่เป็นแร่ดีบุกนำเข้าจากต่างประเทศ เช่น อินโดนีเซีย สิงคโปร์ อังกฤษ ออสเตรเลีย ลาว โปรตุเกส ฝรั่งเศส เป็นต้น สำหรับผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ คือ โลหะดีบุกบริสุทธิ์ร้อยละ 99.9 และโลหะดีบุกผสมตะกั่ว บริษัทฯ ซึ่งมีกำลังการผลิตโลหะดีบุกทั้งสิ้นประมาณ 30,000 ตันต่อปี ซึ่งส่วนใหญ่จะส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ (ประมาณร้อยละ 70) ส่วนที่เหลือจะใช้ตอบสนองความต้องการภายในประเทศ

ในปี 2550 ประเทศไทยมีปริมาณการใช้โลหะดีบุกประมาณ 18,700 ตัน โดยการใช้ประโยชน์ของโลหะดีบุกส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กแผ่นเคลือบดีบุก รองลงมาจะเป็นการใช้ในอุตสาหกรรมพิวเตอร์ที่ใช้ผลิตเครื่องใช้และอุปกรณ์ประดับตกแต่ง และอุตสาหกรรมโลหะบัดกรี การผลิตโลหะดีบุกในปี 2550 มีปริมาณทั้งสิ้น 23,104 ตัน และมีการนำเข้าผลิตภัณฑ์ดีบุกปริมาณ 17,159 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 8,400 ล้านบาท โดยมากกว่าร้อยละ 90 จะเป็นการนำเข้าผลิตภัณฑ์กึ่งสำเร็จรูปหรือที่ยังไม่ได้ผ่านการแปรรูป (Unwrought) ในขณะที่การส่งออกผลิตภัณฑ์ดีบุกในปี 2550 มีปริมาณทั้งสิ้น 21,564 ตัน คิดเป็นมูลค่า 10,630 ล้านบาท สำหรับราคาโลหะดีบุกในประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตั้งแต่ช่วงต้นปี โดยในปี 2550 มีราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 539 บาทต่อกิโลกรัม

ปัญหาและอุปสรรคของอุตสาหกรรมดีบุก

ปัญหาและอุปสรรคที่สำคัญของอุตสาหกรรมการผลิตโลหะดีบุกคือ การขาดแคลนวัตถุดิบแร่ดีบุก เนื่องจากแหล่งแร่ในประเทศไทยมีข้อจำกัดด้านการจัดการสิ่งแวดล้อม อีกทั้งเหมืองแร่ดีบุกส่วนใหญ่จะอยู่ในภาคใต้ซึ่งเป็นแหล่งท่องเที่ยวที่มีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้ผู้ประกอบการเหมืองแร่หลายรายหันไปทำธุรกิจอื่นที่ให้ผลตอบแทนสูงกว่า สำหรับแหล่งแร่ดีบุกในต่างประเทศก็ประสบปัญหาเช่นเดียวกัน ทำให้ผู้ประกอบการของไทยต้องเสาะหาแหล่งแร่ใหม่ ๆ ซึ่งอาจมีคุณภาพและส่วนประกอบที่แตกต่างกัน ส่งผลให้ต้องปรับปรุงกระบวนการผลิตเพื่อรองรับวัตถุดิบที่เปลี่ยนแปลงไปและทำให้ต้นทุนการผลิตต่อหน่วยสูงขึ้น