# โลหะกับการพัฒนาประเทศ

# บทที่ 8

# นิกเกิล

**กิตติพันธุ์ บางยี่ขัน**

**สำนักอุตสาหกรรมพื้นฐาน**

**กรมอุตสาหกรรมพื้นฐานและการเหมืองแร่**

# บทที่ 8
# นิกเกิล

นิกเกิลเป็นโลหะมีสีขาวเงิน มีความคล้ายคลึงกับเหล็กด้านความแข็งแรงและมีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีคล้ายทอง มีการคิดค้นวิธีการสกัดโลหะนิกเกิลจากแร่เป็นครั้งแรกเมื่อประมาณ250 ปีที่ผ่านมา นิกเกิลเป็นธาตุที่เชื่อว่ามีปริมาณมากบริเวณใจกลางของโลก เนื่องจากผลวิเคราะห์ของสะเก็ดดาวที่มีแหล่งกำเนิดไม่ต่างกับโลกพบว่า มีนิกเกิลในปริมาณสูง

คุณสมบัติทั่วไปของนิกเกิล

คุณสมบัติทางฟิสิกส์

| | |
|---|---|
| - น้ำหนักอะตอม | 58.69 |
| - ระบบผลึก | FCC |
| - ความหนาแน่น (ที่ 20 °C) | 8.91 $g.cm^{-3}$ |
| - จุดหลอมเหลว | 1,455 °C |
| - จุดเดือด | 2,913 °C |
| - ความต้านทานไฟฟ้า(ที่ 20 °C) | 69.3 nΩ.m |
| - สัมประสิทธิ์การขยายตัว (ที่ 20 °C) | 13.4 $\mu m.m^{-1}.K^{-1}$ |

คุณสมบัติเชิงกล

| | |
|---|---|
| - Youngs modulus | 200 GPa |
| - Shear modulus | 76 GPa |
| - Brinell hardness | 700 MPa |

**การใช้ประโยชน์ของโลหะนิกเกิล**

นิกเกิลเป็นโลหะที่มีคุณสมบัติต้านทานการเกิดออกซิเดชั่น และต้านทานการกัดกร่อนสูง มีความเหนียวและอ่อนตัวมากสามารถขึ้นรูปที่อุณหภูมิต่ำได้ง่าย นอกจากนี้ยังสามารถละลายกับโลหะอื่นได้ง่ายและให้สารละลายของแข็งที่มีความเหนียว งานใช้งานโลหะนิกเกิลส่วนใหญ่จะใช้ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าผสม นอกจากนั้นยังใช้ในงานที่ต้องทนการกัดกร่อนสูง ๆ และใช้เคลือบผิวเหล็ก ซึ่งตัวอย่างการนำโลหะนิกเกิลไปใช้ประโยชน์มีดังนี้

1) ใช้ทำมาตรน้ำ ประตูน้ำ ท่อสำหรับอุปกรณ์ส่งถ่ายความร้อน และวัสดุกรองในอุตสาหกรรมเคมีและการกลั่นน้ำมัน

2) ใช้ทำโลหะผสมชนิดพิเศษ (Superalloy) ซึ่งต้านทานความเค้นและทนการกัดกร่อนที่อุณหภูมิสูงสำหรับอุตสาหกรรมอากาศยาน โดยใช้เป็นวัสดุในการผลิตอุปกรณ์รักษาระดับความดันอากาศ ชิ้นส่วนต่าง ๆ และเครื่องยนต์ของเครื่องบินไอพ่น

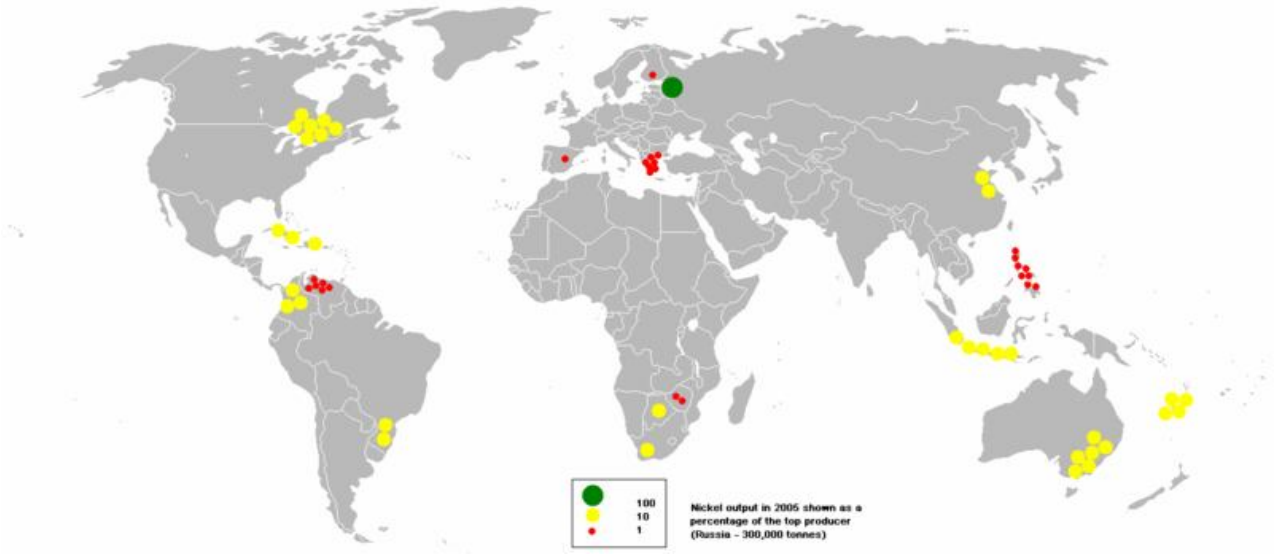
3) ใช้เคลือบผิวอุปกรณ์ประดับยนต์ต่าง ๆ รวมถึงเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น เตาไฟฟ้า หม้อหุงข้าว เตาปิ้งขนมปัง เครื่องเป่าผม ช้อมส้อม จาน ถาด และอุปกรณ์การทำอาหาร เป็นต้น

4) ใช้ผลิตอุปกรณ์ไฟฟ้า เช่น หลอดสูญญากาศ หลอดโทรทัศน์ และใช้ทำขั้วแอโนด แคโทด กริด และลวดยึดในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยอาศัยคุณสมบัติการยืดดึง การต้านแรง และคุณลักษณะการปล่อยอิเล็กตรอน

5) จากคุณสมบัติที่สามารถดูดติดแม่เหล็กของนิกเกิลจึงใช้ในอุปกรณ์ต่าง ๆ มากมาย เช่น เครื่องแปลงกำลังสำหรับพลังงานอัลตร้าโซนิค อุปกรณ์การสำรวจใต้น้ำในอุตสาหกรรมการเดินเรือ อุปกรณ์ทำความสะอาดชิ้นงานก่อนเคลือบผิวในอุตสาหกรรมชุบเคลือบโลหะ

6) ใช้ทำสปริงแบนในระบบถ่ายทอดโทรศัพท์ ปลั๊กไฟซึ่งทนการกัดกร่อน จอแม่เหล็ก แกนเหนี่ยวนำในคลื่นเสียงวิทยุ เครื่องกำเนิดไฟฟ้าในมอเตอร์ไซค์ รถยนต์ และมอเตอร์กระแสตรงขนาดใหญ่ นิกเกิลผงที่อัดเป็นแท่งใช้ในแบตเตอรี่ที่มีสารละลายเป็นด่างซึ่งใช้ในเครื่องบิน

7) ในการก่อสร้างมีการใช้นิกเกิลในรูปเหล็กกล้าไร้สนิมเพื่อทำอุปกรณ์ประดับอาคาร เนื่องจากมีความต้านทานการกัดกร่อน แข็งแรง และให้ความสวยงาม




**รูปที่ 8.1** แหล่งแร่นิกเกิลที่สำคัญของโลก
ที่มา: www.wikipedia.org

**การผลิตโลหะนิกเกิลจากแร่**

แร่นิกเกิลที่สำคัญจะอยู่ในรูปของซัลไฟด์ ซึ่งมักปะปนอยู่กับแร่ทองแดง โคบอลต์ และแร่โลหะที่อยู่ในกลุ่มของแพลทินัม (แพลเลเดียม และออสเนียม เป็นต้น) แร่ส่วนใหญ่จะมีปริมาณนิกเกิลอยู่ระหว่าง 0.8-5.5% บนผิวโลกมีการพบแร่นิกเกิลจำนวนไม่มากโดยแหล่งแร่นิกเกิลที่สำคัญ ได้แก่ รัสเซีย แคนาดา คิวบา บราซิล แอฟริกาใต้ จีน ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย และออสเตรเลีย (ดูรูปที่ 8.1) สำหรับปริมาณการผลิตแร่นิกเกิลของประเทศต่าง ๆ ระหว่างปี 2544-2548 มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 8.1

**ตารางที่ 8.1** ข้อมูลการผลิตแร่นิกเกิลของโลกระหว่างปี 2544-2548

หน่วย: พันตัน (เนื้อโลหะ)

| ประเทศ | ปี 2544 | ปี 2545 | ปี 2546 | ปี 2547 | ปี 2548 |
|---|---|---|---|---|---|
| รัสเซีย | 273 | 267 | 291 | 290 | 300 |
| แอฟริกาใต้ | 36 | 39 | 41 | 40 | 42 |
| แคนาดา | 194 | 189 | 163 | 187 | 198 |
| คิวบา | 73 | 71 | 74 | 72 | 72 |
| โดมินิกัน | 33 | 38 | 45 | 46 | 46 |
| บราซิล | 45 | 45 | 45 | 45 | 74 |
| โคลัมเบีย | 53 | 59 | 71 | 75 | 89 |
| จีน | 51 | 54 | 61 | 76 | 72 |
| อินโดนีเซีย | 102 | 122 | 144 | 143 | 148 |
| ออสเตรเลีย | 205 | 208 | 191 | 187 | 186 |
| นิวคาลีโดเนีย | 118 | 100 | 112 | 119 | 112 |
| อื่น ๆ | 98 | 102 | 98 | 92 | 110 |
| **รวม** | **1,281** | **1,294** | **1,336** | **1,372** | **1,449** |

ที่มา: British Geological Survey

กรรมวิธีการถลุงแร่นิกเกิลจะเริ่มจากการเตรียมแร่นิกเกิลให้มีความเข้มข้นสูง ซึ่งอาจทำได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับลักษณะของแร่ เช่น การแยกโดยใช้แม่เหล็ก และการลอยแร่ โดยแร่โดยทั่วไปจะมีส่วนผสมของทองแดงกับนิกเกิลเป็นหลักและอยู่ในรูปของแร่ซัลไฟด์ สำหรับขั้นตอนการถลุงโลหะนิกเกิลมีหลายรายละเอียดดังนี้

1) แร่นิกเกิลซัลไฟด์จะต้องนำไปผ่านกรรมวิธีการย่าง (Roasting) เพื่อลดปริมาณกำมะถัน จากนั้นจะนำไปหลอมให้ละลายในเตาสูงหากแร่มีลักษณะเป็นก้อน สำหรับแร่ในสภาพผงจะนำไปหลอมในเตากระทะ

2) แร่หลอมเหลวจะส่งไปยังเตาพ่นลมเพื่อหลอมต่อและกำจัดเหล็กออกจากแมตต์ (Matte) ของนิกเกิล-ทองแดง เหล็กจะถูกเปลี่ยนเป็นเหล็กออกไซด์ที่เบาและรวมตัวกับฟลักซ์ที่เป็นซิลิกา กลายเป็นตะกรันหรือสแลกลอยอยู่บนผิวหน้าทำให้สามารถกำจัดออกได้ง่าย ขั้นตอนนี้จะมีหลักการคล้ายการถลุงแร่ทองแดง

3) แมตต์ที่ผสมกันระหว่างนิกเกิล-ทองแดงซัลไฟด์จะถูกแยกเอาโลหะนิกเกิลออก โดยการแยกโลหะนิกเกิลที่ใช้ในอุตสาหกรรมจะมี 2 วิธีหลัก คือกรรมวิธี Orford ที่ใช้ในโรงงานของ Internation Nickel และกรรมวิธี Mond ที่ใช้ในโรงงานของ British Nickel ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

กรรมวิธี Orford

เป็นการแยกโลหะนิกเกิลโดยอาศัยหลักการที่ว่า ทองแดง นิกเกิล และโซเดียมซัลไฟด์ สามารถละลายซึ่งกันและกันได้ดีที่อุณหภูมิสูง และนิกเกิลซัลไฟด์จะไม่สามารถละลายได้ในโซเดียม-ทองแดงซัลไฟด์ที่อุณหภูมิต่ำ การแยกเอานิกเกิลซัลไฟด์ออกจากทองแดงซัลไฟด์จะทำโดยเอาแมตต์มาหลอมโดยอาจใช้เตาสูง เตากระทะ หรือเตาไฟฟ้าโดยเติมโซเดียมซัลเฟตซึ่งจะสลายตัวกลายเป็นโซเดียมซัลไฟด์ในสภาพหลอมเหลวที่อุณหภูมิสูงกว่า 700 °C นำเอาแมตต์ที่หลอมละลายออกจากเตาแล้วปล่อยให้เย็นตัวช้า จะได้นิกเกิลซัลไฟด์แยกตัวอยู่ก้นเบ้า ส่วนทองแดงซัลไฟด์และโซเดียมซัลไฟด์จะรวมตัวกันอยู่ในชั้นบน จากนั้นนำนิกเกิลซัลไฟด์ที่ได้ไปบดละเอียดแล้วนำไปย่างเพื่อเปลี่ยนสภาพเป็นนิกเกิลออกไซด์ การแยกเอาโลหะนิกเกิลออกจะใช้ก๊าซไฮโดรเจนหรือก๊าซไฮโดรเจนผสมกับคาร์บอนมอนอกไซด์ (Water gas) เป็นตัวรีดิวเซอร์ กระทำภายในรีแอคเตอร์ที่เป็นแบบ Fluidize bed หรือภายในเตาย่างที่อุณหภูมิ 350-400 °C โลหะนิกเกิลที่ได้จะเป็นของแข็งซึ่งจะต้องนำไปหลอมละลายเพื่อหล่อให้เป็นแท่ง แต่นิกเกิลที่ได้อาจมีธาตุอื่นเจือปนอยู่บ้างหากต้องการความบริสุทธิ์เพิ่มขึ้นจะต้องนำไปแยกด้วยกระแสไฟฟ้าอีกขั้นหนึ่ง

กรรมวิธี Mond

เป็นการแยกโลหะนิกเกิลโดยอาศัยหลักการที่ว่า นิกเกิล โคบอลต์ และเหล็ก สามารถรวมกับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ให้คาร์บอนนีลเป็นสารประกอบที่ระเหยเป็นไอได้ง่ายที่อุณหภูมิระหว่าง 38-103 °C โดยเฉพาะนิกเกิลจะให้นิกเกิลคาร์บอนนีล ($Ni(CO)_4$) โดยมีจุดเดือดอยู่ที่ 43 °C เหล็กคาร์บอนนีลมีจุดเดือดอยู่ที่ 103 °C โคบอลต์จะรวมตัวกับคาร์บอนมอนอกไซด์ให้โคบอลต์คาร์บอนนีลภายใต้ความดันที่เหมาะสมเท่านั้น ส่วนทองแดงไม่ทำปฏิกิริยาเป็นทองแดงคาร์บอนนีล ดังนั้นจึงสามารถแยกเอานิกเกิลออกจากแมตต์ทองแดง-นิกเกิลได้ โดยการผ่านแมตต์ที่บดละเอียดทำปฏิกิริยากับแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ แม้จะอยู่ในลักษณะมีโลหะอื่นเจือปนที่อุณหภูมิต่ำไม่เกิน 103 °C จะได้ก๊าซนิกเกิลคาร์บอนนีล

นิกเกิลคาร์บอนนีลสามารถแตกตัวให้นิกเกิลกับก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ได้เมื่อมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 180-200 °C ในการแยกเอาโลหะนิกเกิลออกจะใช้วิธีผ่านก๊าซนิกเกิลคาร์บอนนีลไปที่คอลัมน์หรือ Tower โดยมีก้อนโลหะนิกเกิลที่เผาให้มีอุณหภูมิ 180-200 °C ตกลงมาสวนทางกับกระแสของก๊าซนิกเกิลคาร์บอนนีล นิกเกิลที่แยกตัวจะจับตัวกับก้อนโลหะนิกเกิลร้อนตกลงมารวมอยู่ที่พื้นของคอลัมน์ซึ่งจะนำกลับไปปล่อยให้ตกลงมาอีกจนมีนิกเกิลพอกตัวหนาได้ขนาดที่เหมาะสมจะนำออกมาหลอมเป็นโลหะแท่งต่อไป กรรมวิธีนี้จะได้โลหะนิกเกิลที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 99.95% สำหรับก๊าซคาร์บอมอนอกไซด์จะนำกลับไปลดอุณหภูมิแล้วนำกลับมาใช้ในกระบวนการได้อีก วิธีนี้ได้รับความนิยมแพร่หลายอย่างมากในปัจจุบัน

**อุตสาหกรรมนิกเกิลของประเทศไทย**

ประเทศไทยยังไม่มีโรงงานผลิตโลหะนิกเกิลจึงต้องพึ่งพาการนำเข้าโลหะนิกเกิลจากต่างประเทศเพียงอย่างเดียว โดยปริมาณการใช้โลหะนิกเกิลในปี 2550 มีจำนวน 1,680 ตัน คิดเป็นมูลค่าประมาณ 2,800 ล้านบาท โดยประเทศที่มีการนำเข้ามากที่สุดได้แก่ แคนาดา รองลงมาคือ แอฟริกาใต้ ฟินแลนด์ รัสเซีย สหรัฐอเมริกา นอร์เวย์ และญี่ปุ่น โดยส่วนใหญ่จะนำมาใช้งานอุตสาหกรรมเหล็กกล้าไร้สนิมและเหล็กกล้าผสมเป็นหลัก

**รูปที่ 8.2** การใช้ประโยชน์โลหะนิกเกิล
(ที่มา: www.nickelinstitue.org, www.armor-plating.com)