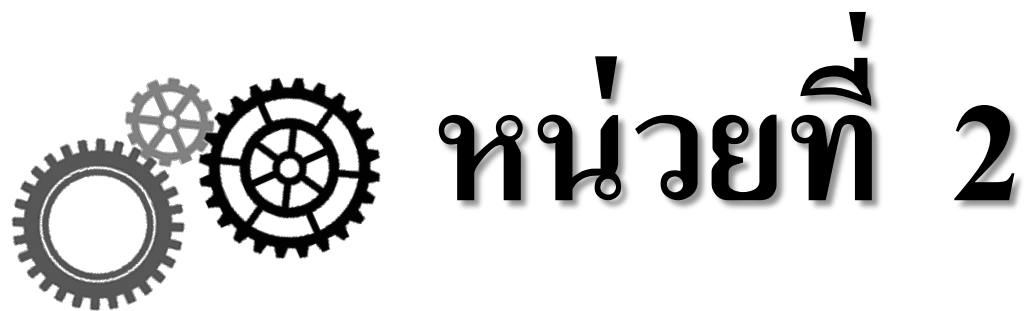




หน่วยที่ 2

โลหะเหล็กกรรมดา





สินแร่เหล็กและกรรมวิธีการผลิต

สินแร่เหล็ก คือ แร่เหล็กจากธรรมชาติที่มีสารอื่นเจือปนอยู่ มากน้อยขึ้นอยู่กับแหล่งแร่ที่ขุด แบ่งได้ 5 ชนิดได้แก่

- สินแร่แม่เหล็ก(Magnetite) Fe_3O_4 มีแร่เหล็กประมาณ 50-70%
- สินแร่เหล็กสีแดง(Red Hematite) Fe_2O_3 มีแร่เหล็กประมาณ 40-60%
- สินแร่เหล็กสีน้ำตาล(Brown Hematite) $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ มีแร่เหล็กประมาณ 20-40%
- สินแร่เหล็กคาร์บอเนต(Siderite) Fe_2O_3 มีแร่เหล็กประมาณ 20-40%
- สินแร่เหล็กไพไรต์(Iron Pyrite) FeS_2 มีแร่เหล็กประมาณ 40-45%





กรรมวิธีถลุงเหล็ก

ทำได้โดยการนำสินแร่เหล็กมาเผาหลอมรวมกับถ่านในเตาถลุงเหล็กแบบเตาสูง(Blast Furnace) จะได้เหล็กที่ยังไม่บริสุทธิ์เรียกว่าเหล็กดิบ(Pig Iron) ซึ่งจะต้องนำไปถลุงอีกครั้งด้วยกรรมวิธีต่างๆ เพื่อให้ได้เหล็กบริสุทธิ์แต่ละชนิดไปใช้ในงานที่ต้องการ



ชนิดของโลหะเหล็ก

เหล็กดิบ(Pig Iron) เป็นเหล็กที่ยังไม่บริสุทธิ์ ได้จากการถลุงสินแร่ร่วมกับถ่านในเตาถลุงเหล็กแบบเตาสูง(Blast Furnace) ในเนื้อเหล็กดิบจะมีธาตุต่างๆผสมอยู่โดยประมาณคือ คาร์บอน 2.3 – 6 % , ซิลิกอน 0.3 – 3 % , แมงกานีส 0.3 – 5 % , ฟอสฟอรัส 0.1 – 2.5 % และกำมะถัน 0.02 – 0.3 % เหล็กดิบแบ่งได้เป็นสองชนิดคือเหล็กดิบสีขาวและเหล็กดิบสีเทา รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2.1



ชนิดของเหล็กดิบ	สารผสม	กรรมวิธี	ลักษณะการใช้งาน
เหล็กดิบสีขาว	- มีส่วนผสมของแมงกานีส และคาร์บอนรวมตัวทางเคมี ประมาณ 2 – 3 %	ถลุงด้วยเตาสูง (Blast Furnace) ร่วมกับถ่าน	เมื่อนำไปถลุงต่อจะได้เหล็ก เหนียว มีความยืดหยุ่น ตัด โค้งงอได้ มักนำไปขึ้นรูป เป็นเหล็กใช้งาน เช่น ในงาน ก่อสร้าง
เหล็กดิบสีเทา	- มีส่วนผสมของซิลิกอน และคาร์บอนรวมตัวทางเคมี ประมาณ 0.6 – 1.5 % - มีคาร์บอนที่อยู่ในรูปของ กราไฟต์สีดำ ประมาณ 2.9 – 3.7 %	ถลุงด้วยเตาสูง (Blast Furnace) ร่วมกับถ่าน	เมื่อนำไปถลุงต่อจะได้ เหล็กหล่อ มีความแข็ง กระด้าง ตัดให้โค้งงอไม่ได้ แต่ทนความร้อนและความ เย็นได้ดี มักนำไปใช้ในงาน ผลิตเครื่องจักร หรือชิ้นส่วน รถยนต์

ตารางที่ 2.1 ชนิด , สารผสม , กรรมวิธี และลักษณะการใช้งานของเหล็กดิบ

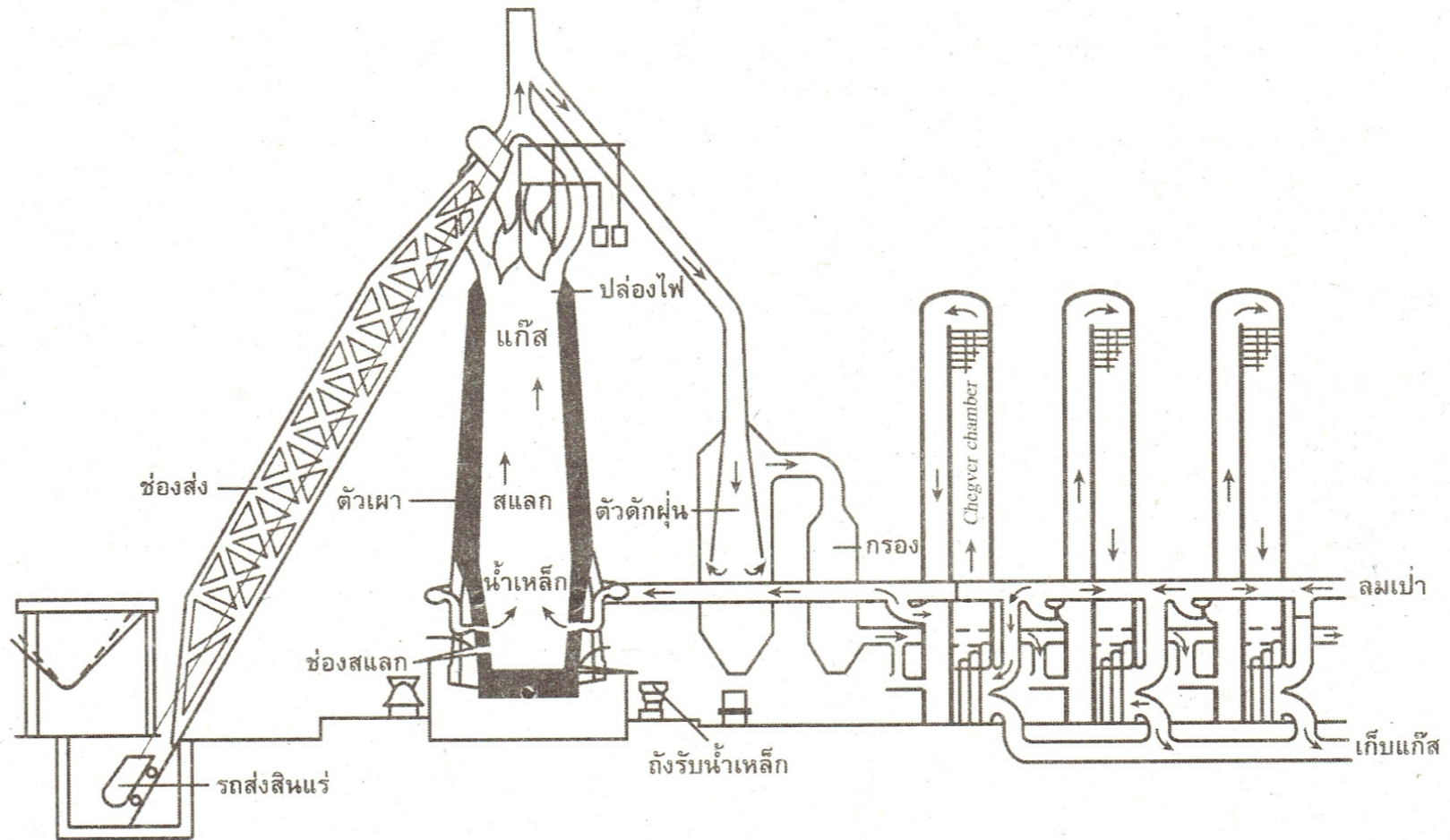




ภาพที่ 2.1 ลักษณะของเหล็กดิบ

ที่มา <http://www.scrapregister.com/uploads/leads/pictures/214513414906771.jpg>

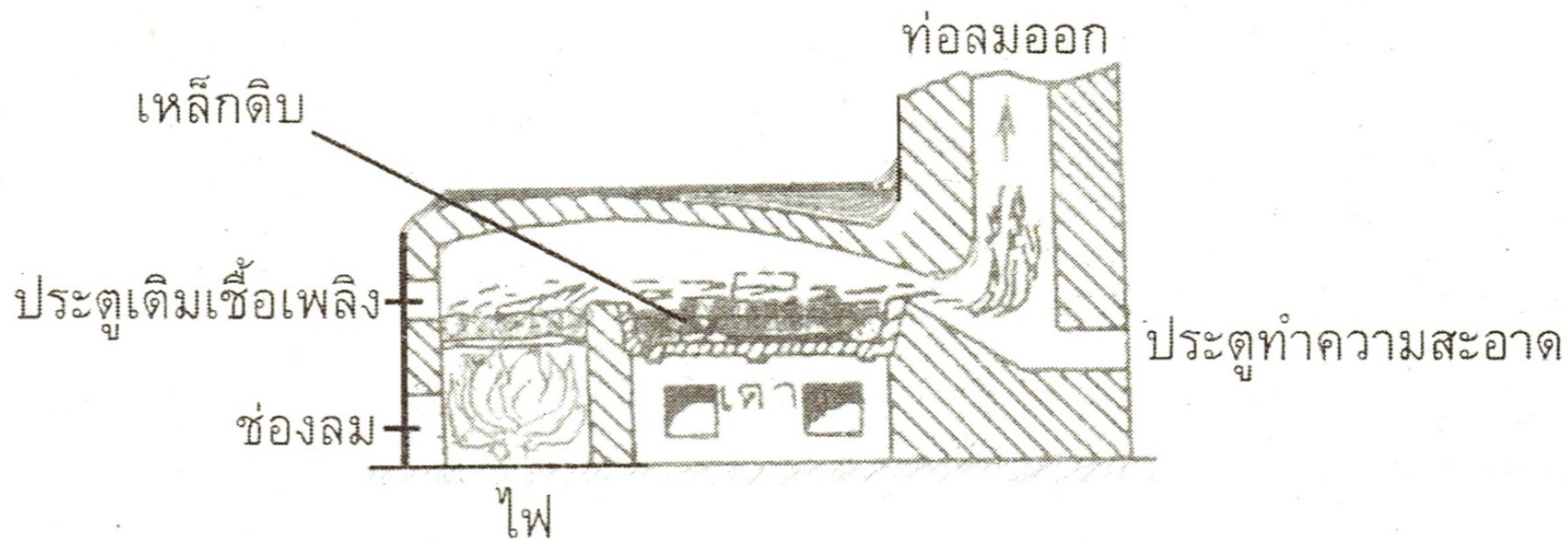




ภาพที่ 2.2 กรรมวิธีถลุงเหล็กดิบด้วยเตาสูง (Blast Furnace)

เหล็กอ่อน(Wrought Iron) เป็นเหล็กที่ได้จากการนำเหล็กดิบไป
ถลุงในเตาพุดเดิล(Puddle Furnace) มีปริมาณเหล็กบริสุทธิ์ประมาณ
99 % เมื่อเผาให้ร้อนจะอ่อนตัว ตีขึ้นรูปง่าย ตีประสานกันได้ดี ทน
แรงกระแทกชนิดกะทันหันได้ดี เหล็กอ่อนอาจมีธาตุต่างๆเจือปนอยู่
โดยประมาณคือ คาร์บอน 0.02 % , ซิลิกอน 0.12 % , กำมะถัน
0.018 % , ฟอสฟอรัส 0.22 % , แมงกานีส 0.02 % และสแลก 0.07 %





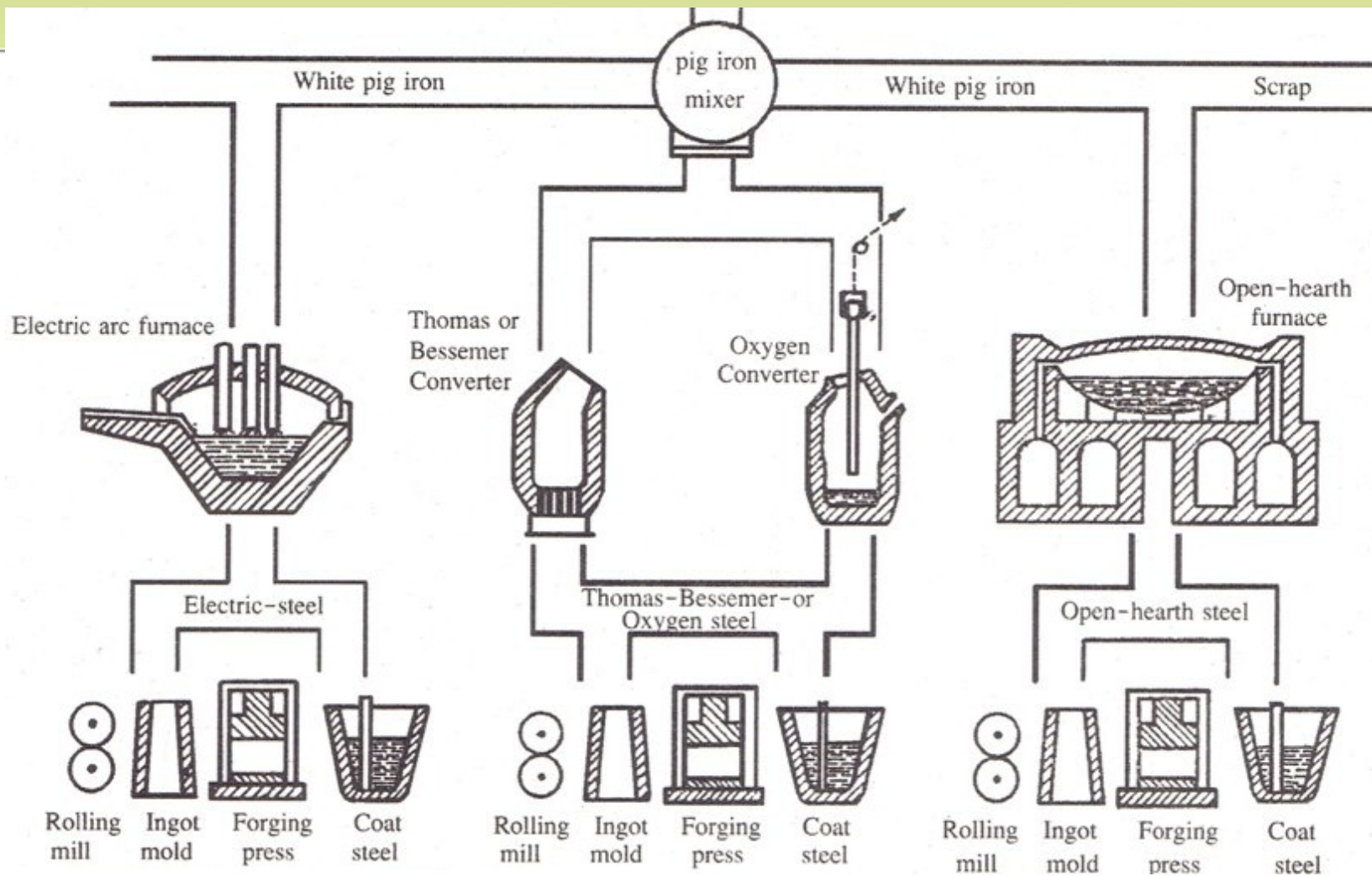
ภาพที่ 2.3 กรรมวิธีถลุงเหล็กอ่อนด้วยเตาพุดเดิล (Puddle Furnace)

เหล็กกล้า(Steel) เป็นเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำกว่าเหล็กหล่อ คือประมาณ 0.1 - 1.5 % เป็นเหล็กที่นิยมใช้มาก ขึ้นรูปได้ง่ายเชื่อมต่อนำเข้ากันได้สะดวก ถ้าปริมาณคาร์บอนต่ำเหล็กจะเหนียว แต่ถ้าปริมาณคาร์บอนสูงเหล็กจะแข็งแต่เปราะ แบ่งออกเป็น 2 ประเภทคือ **เหล็กกล้าคาร์บอน** และ**เหล็กกล้าผสม**

- **เหล็กกล้าคาร์บอน(Plain Carbon Steel)** แบ่งได้ 3 ชนิด คือ **เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ** **เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง** และ**เหล็กกล้าคาร์บอนสูง** รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2.2

- **เหล็กกล้าผสม(Alloy Steel)** จะกล่าวรายละเอียดในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง “โลหะเหล็กผสม”





ภาพที่ 2.4 กรรมวิธีถลุงเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า



ชนิดของเหล็กกล้า คาร์บอน	สารผสม คาร์บอน	กรรมวิธี	ลักษณะการใช้งาน
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel)	0.10 – 0.30 %	นำเหล็กดิบ , เหล็กพูน หรือเศษ เหล็กกล้า มาหลอมและผ่าน กรรมวิธีลดคาร์บอนและเติมธาตุ ผสมที่เพิ่มคุณภาพเหล็กลงไปตาม ต้องการ ด้วยเตาถลุงเหล็กแบบ ต่างๆแบบใดแบบหนึ่งดังนี้ - แบบเบสเซเมอร์(Bessemer's Process)	มีความแข็งแรง คัดงอ ขึ้นรูป ได้ง่าย นิยมใช้ในงานทั่วไป เช่น ใช้ทำตัวถังรถยนต์ ถังกะสิ่มงหลังคา เหล็กเส้น
เหล็กกล้าคาร์บอน ปานกลาง (Medium Carbon Steel)	0.31 – 0.69 %	- แบบโทมัส(Thomas Process) - แบบกระทะ(Open Hearth Process) - แบบแอลดี(LD. Process) - แบบไฟฟ้า(Electric Process)	แข็งแรงกว่าเหล็กกล้า คาร์บอนต่ำ สามารถชุบผิวให้ แข็งได้ นิยมใช้ในงานอุปกรณ์ เครื่องมือกลและชิ้นส่วน รถยนต์ เช่น เฟือง เพลาส่ง กำลัง หัวค้อน ล้อรถไฟ
เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel)	0.70 – 1.50 %		มีความแข็งแรงสูง ชุบแข็ง และเชื่อมประสานได้ดี นิยม ใช้ทำเครื่องมือทั่วไปที่เน้น ความแข็งแรงโดยการชุบคม หรือจุดใช้งานให้แข็ง เช่น ตะไบ ใบเลื่อย เครื่องมือช่าง ไม้ เครื่องมืองานตีเหล็ก

ตารางที่ 2.2 ชนิด , สารผสม , กรรมวิธี และลักษณะการใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอน



เหล็กหล่อ(Cast Iron) เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงเปราะ เพราะมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อเหล็กมาก แบ่งตามคุณลักษณะและกรรมวิธีการผลิตได้ 4 ชนิดคือ เหล็กหล่อธรรมดา, เหล็กหล่อเหนียว, เหล็กหล่อพิเศษ และเหล็กเหนียวหล่อ

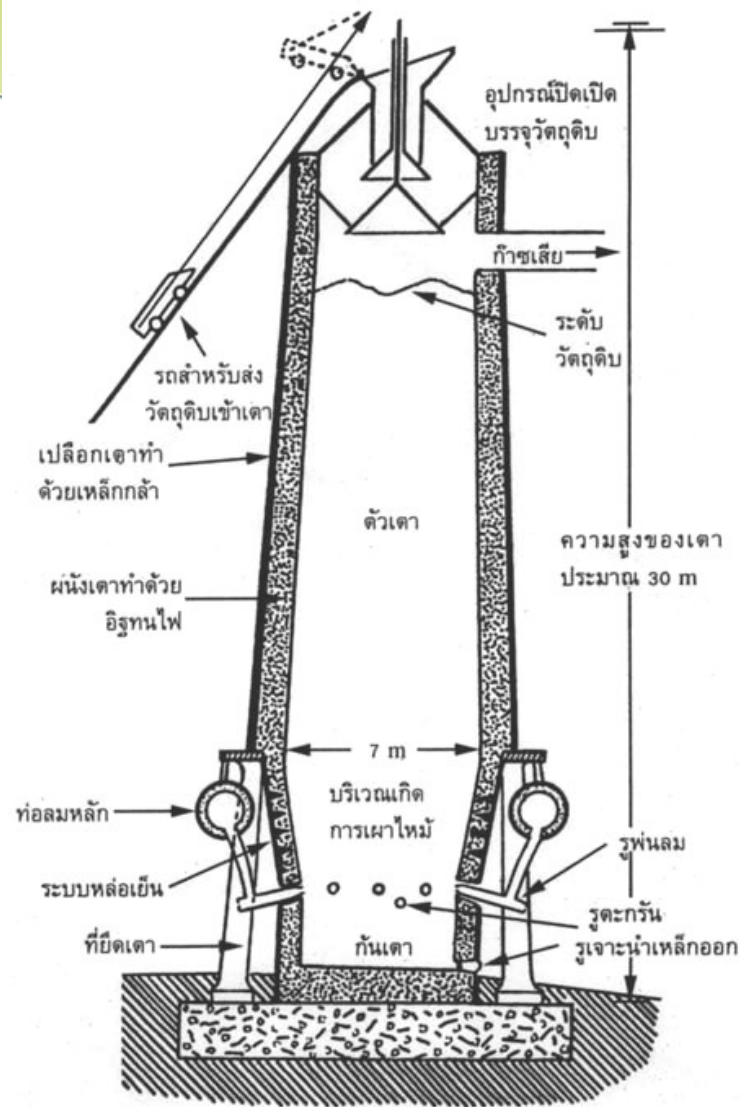
1. **เหล็กหล่อธรรมดา(GG)** แบ่งได้ 2 ชนิด คือ เหล็กหล่อสีเทา และเหล็กหล่อแข็ง รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2.3



ชนิดของ เหล็กหล่อธรรมดา	สารผสม	กรรมวิธี	ลักษณะการใช้งาน
เหล็กหล่อสีเทา (GG)	คาร์บอน 2.0 – 4.5 % ซิลิกอน 1.8 – 2.5 % แมงกานีส 0.5 – 0.8 % ฟอสฟอรัส 0.03 % กำมะถัน 0.03 %	ถลุงจากเหล็กดิบสีเทา ผสมเศษเหล็กเหนียว เศษเหล็กหล่อ ซิลิกอน ถ่านโค้ก และหินปูน ด้วยเตาคิวปูล่าหรือเตา ไฟฟ้า	เมื่อละเอียดสม่ำเสมอ เนื้อ แน่น มีสีเทาและผิวลื่น ปาด ผิวได้สะดวก ขัดเสียคือ เปราะหักง่าย รับแรงดึงได้ น้อย ดีขึ้นรูปและชุบแข็ง ไม่ได้ ใช้ทำแท่นเครื่องกลึง แท่นเครื่องเจียระไน ปากกา จับชิ้นงานตะไบ เสือสูบ รถยนต์ เฟือง พูลเลย์ ฯลฯ
เหล็กหล่อแข็ง (GH)	สารผสมเหมือน เหล็กหล่อสีเทา แต่ แตกต่างกันที่ปริมาณ ของแมงกานีสจะมาก แต่ซิลิกอนจะน้อย	กรรมวิธีถลุงและวัตถุดิบ เหมือนกับของเหล็กหล่อ สีเทา	ผิวมีความแข็งมาก เมื่อ นำไปใช้จะสึกหรอได้ยาก เหมาะกับงานที่ต้องการความ ทนทานสูง เช่น อุปกรณ์ใน งานอุตสาหกรรม ชิ้นส่วน เครื่องจักรกลการเกษตร

ตารางที่ 2.3 ชนิด , สารผสม , กรรมวิธี และลักษณะการใช้งานของเหล็กหล่อธรรมดา





ภาพที่ 2.5 เตาคิวปอล่าสำหรับหลอมเหล็กหล่อ

ที่มา <http://www.elecnet.chandra.ac.th/courses/ELEC2101/termwork/iron/iron2.html>

2. เหล็กหล่อเหนียว(GT) แบ่งได้ 2 ชนิด คือ เหล็กหล่อเหนียวสีขาว และเหล็กหล่อเหนียวสีดำ รายละเอียดแสดงได้ดังตารางที่ 2.4

ชนิดของเหล็กหล่อเหนียว	สารผสม	กรรมวิธี	ลักษณะการใช้งาน
เหล็กหล่อเหนียวสีขาว(GTW)	คาร์บอน 0.5 – 1.8 %	ได้จากการถลุงเหล็กดิบสีขาวผสมเศษเหล็กหล่อเหนียว เศษเหล็กเหนียว คาร์บอน แมงกานีส ด้วยเตาคิวโปล่า จะได้เหล็กหล่อดิบ นำไปเผาให้ร้อนแดงในเตาต้มเปอร์ด้วยอุณหภูมิ 900 ° C เป็นเวลาหลายวัน	สีขาว ทนแรงดึงและยืดตัวได้ดี ขึ้นรูปได้ ใช้ทำชิ้นส่วนรถยนต์ ชิ้นส่วนเครื่องจักร อุปกรณ์งานประปา ฯลฯ
เหล็กหล่อเหนียวสีดำ(GTS)	สารผสมเหมือนเหล็กหล่อสีเทา แต่แตกต่างกันที่ปริมาณของแมงกานีสจะมาก แต่ซิลิกอนจะน้อย	กรรมวิธีถลุงและวัตถุดิบเหมือนกับของเหล็กหล่อเหนียวสีขาว ต่างกันที่กรรมวิธีเพิ่มความเหนียว ทำได้โดยนำแท่งเหล็กหล่อดิบไปหมกทราย ไม่ให้อากาศเข้า ให้ความร้อนประมาณ 800 – 900 ° C เป็นเวลาหลายวัน	สีดำคุณสมบัติเหมือนกับเหล็กหล่อเหนียวสีขาว

ตารางที่ 2.4 ชนิด , สารผสม , กรรมวิธี และลักษณะการใช้งานของเหล็กหล่อเหนียว

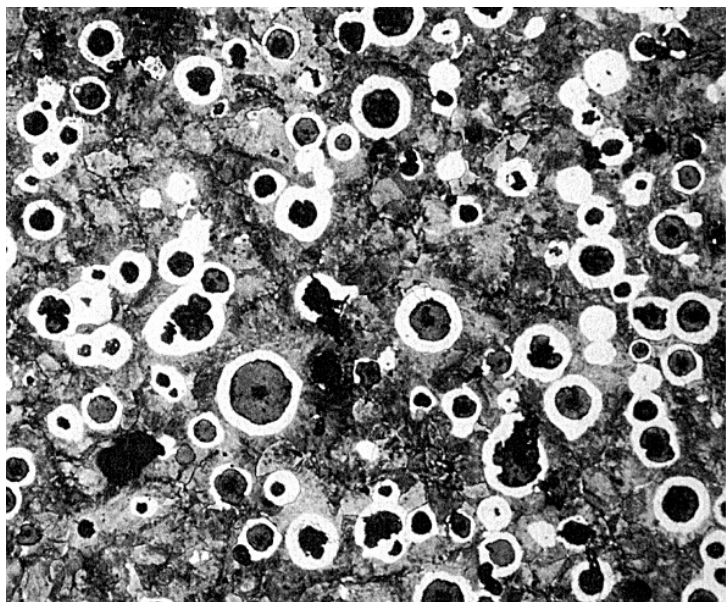


3. เหล็กหล่อพิเศษ(GT) แบ่งได้ 2 ชนิด คือ เหล็กหล่อกราไฟท์ก้อนกลม และเหล็กหล่อพิเศษมีเส้นใย รายนี้อยู่ในตารางที่ 2.5

ชนิดของ เหล็กหล่อพิเศษ	สารผสม	กรรมวิธี	ลักษณะการใช้งาน
เหล็กหล่อ กราไฟท์ก้อนกลม	แมกนีเซียม 0.04 – 0.08 % นิกเกิล < 8 %	ใช้กรรมวิธีเปลี่ยนคาร์บอน ให้อยู่ในรูปของกราไฟท์ และทำให้กราไฟท์ในเนื้อ เหล็กปรับตัวจับกันเป็น ก้อนกลม	ทนความเครียดได้ดี คัดงอได้โดย ไม่มีรอยแตก ยึดตัวได้มาก มี ความแข็งแรงและลื่น ทนการกัดกร่อน และความร้อน ขึ้นรูปได้ง่าย ชุบ ผิวแข็งได้ ใช้ทำเพลาค้อนเหวี่ยง เฟือง ลูกกลิ้ง ป้อนคลัทช์ เบรก และ กังหัน ฯลฯ
เหล็กหล่อ พิเศษมีเส้นใย	สารผสม เหมือนกับ เหล็กหล่อกรา ไฟท์ก้อนกลม	ใช้กรรมวิธีเปลี่ยนคาร์บอน ให้อยู่ในรูปของกราไฟท์ และทำให้กราไฟท์ในเนื้อ เหล็กมีความละเอียดและ กระจัดกระจายสม่ำเสมอ	รับแรงอัดและแรงคดงอได้สูง ใช้ทำเสื้อสูบ กระบอกสูบ เครื่องยนต์ ฝาสูบ วาล์วปิด - เปิดแก๊ส ฐานเครื่องกลึง ฯลฯ

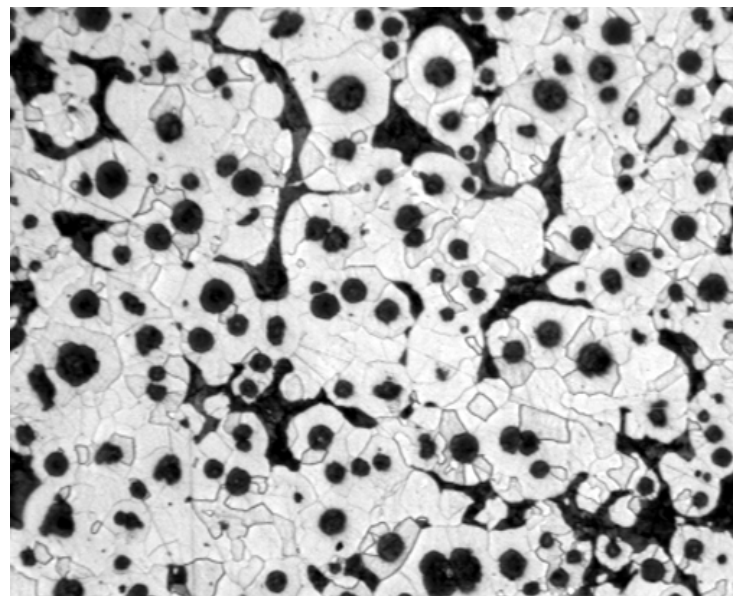
ตารางที่ 2.5 ชนิด, สารผสม, กรรมวิธี และลักษณะการใช้งานของเหล็กพิเศษ





(ก) เหล็กหล่อเสริม

ที่มา <http://www.engineaustralia.com>



(ข) เหล็กอบอ่อน

ที่มา <http://www.dura-barms.com>

ภาพที่ 2.6 โครงสร้างเหล็กหล่อกราฟไฟต์ก้อนกลม

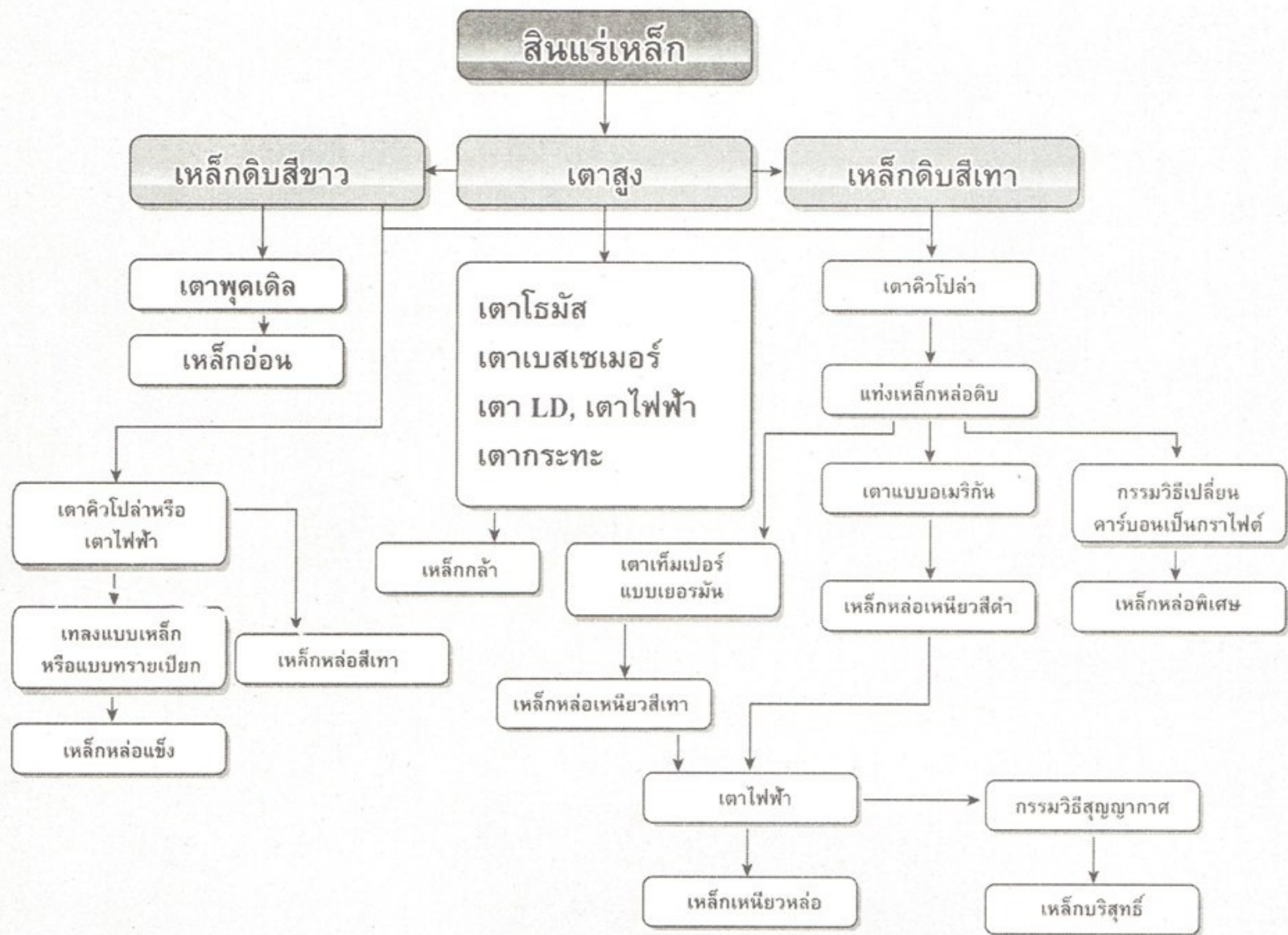


4. เหล็กเหนียวหล่อ(Cast Steel) รายละเอียดต่างๆของเหล็กเหนียวหล่อแสดงได้ดังตารางที่ 2.6

ชนิด	สารผสม	กรรมวิธี	ลักษณะการใช้งาน
เหล็กเหนียวหล่อ	คาร์บอน 0.2 – 0.6 %	ได้จากการนำเหล็กหล่อเหนียวที่มีฟอสฟอรัสมากมาหลอมผสมกับเศษเหล็กเหนียว 1/3 เท่า ด้วยเตาไฟฟ้าที่อุณหภูมิสูงจนเป็นน้ำเหล็ก และนำมาเทลงแบบหล่อยว้างแข็งตัว จากนั้นนำมาอบที่อุณหภูมิ 800 - 900 °C และปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างรวดเร็วที่อุณหภูมิ 700 °C และปล่อยให้เย็นตัวช้าๆจนถึงอุณหภูมิปกติ	เหล็กเหนียวหล่อที่มีคาร์บอน 0.2 % สามารถชุบผิวแข็งได้ และที่มีคาร์บอน 0.25 – 0.6 % สามารถชุบผิวได้ทั้งชิ้นงาน เหล็กเหนียวหล่อสามารถเพิ่มคุณภาพได้ตามความเหมาะสม โดยผสมกับธาตุอื่น เช่น แมงกานีส โครเมียม โคบอลต์ นิกเกิล วาเนเดียม และ โมลิบดีนัม มีผิวแข็ง ทนต่อการสึกหรอ ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักร หรืออุปกรณ์ที่ใช้ในงานเกษตร เช่น ชิ้นส่วนแผ่นเหล็กขูดดินของรถไถนา ฯลฯ

ตารางที่ 2.5 ชนิด , สารผสม , กรรมวิธี และลักษณะการใช้งานของเหล็กเหนียวหล่อ





ภาพที่ 2.7 กระบวนการผลิตเหล็กชนิดต่างๆ จากการถลุงสินแร่เหล็กและธาตุผสม



สัญลักษณ์โลหะเหล็กรรรมดา

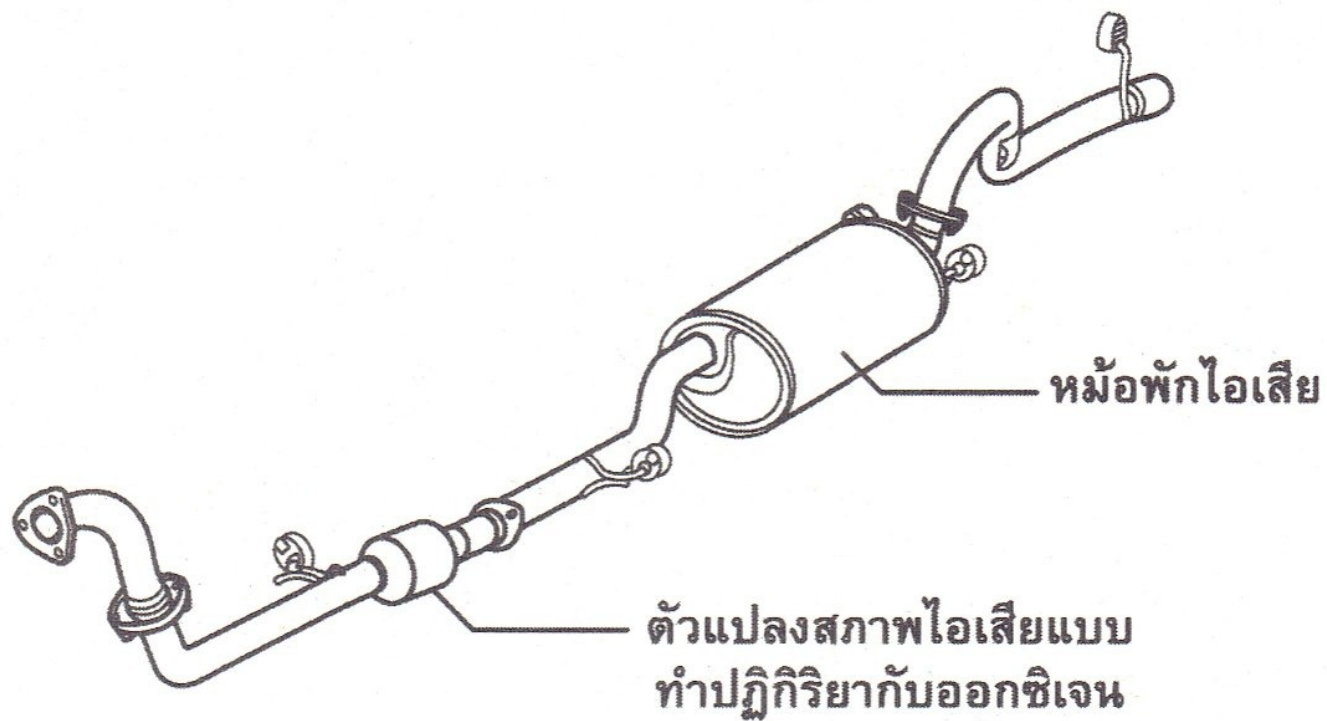
- ก. บอกค่าความเค้นแรงดึง (KP / mm^2) โดยใช้สัญลักษณ์อักษรแทนชนิดของเหล็กแล้วตามด้วยตัวเลขตัวอย่างเช่น
- **St 32** หมายความว่า เหล็กกล้ารับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 32 กก./ตร.มม.
 - **GS 35** หมายความว่า เหล็กเหนียวหล่อรับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 35 กก./ตร.มม.
 - **GG 20** หมายความว่า เหล็กหล่อรับความเค้นแรงดึงได้ไม่น้อยกว่า 20 กก./ตร.มม.
- ข. บอกเป็นเปอร์เซ็นต์ คาร์บอน โดยใช้สัญลักษณ์อักษร C แล้วตามด้วยตัวเลขตัวอย่างเช่น
- **C 38** หมายความว่า เหล็กผสมคาร์บอนมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนผสมอยู่จำนวน 0.38 %
(C คือ $38/100 = 0.38 \%$)
 - **GS - C 25** หมายความว่า เหล็กเหนียวหล่อมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนผสมอยู่จำนวน 0.25 %
(C คือ $25/100 = 0.25 \%$)
 - **GH - C 20** หมายความว่า เหล็กหล่อแข็งมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนผสมอยู่จำนวน 0.20 %
(C คือ $20/100 = 0.20 \%$)



มาตรฐานเหล็ก DIN(เยอรมัน)	ชนิดของ เหล็กหล่อ	เครื่องหมาย ที่ใช้ในท้องตลาด	ความคงทนต่อ แรงดึง (KP/mm ²)	ลักษณะการใช้ งาน
ถูกจัดตาม DIN 1691 ออกตาม ชนิดและคุณภาพ	เหล็กหล่อ ธรรมดา	GG - 12	12	ใช้ทำเครื่องมือ การเกษตร เครื่องจักรใน โรงงาน ชิ้นส่วน เครื่องกลและการ ต่อเรือ ชิ้นส่วน เครื่องจักรไอน้ำ ชิ้นงานหล่อทน ความร้อน ฯลฯ
		GG - 14	14	
		GG - 18	18	
	เหล็กหล่อค่าสูง	GG - 22	22	
		GG - 26	26	
	เหล็กหล่อ ชนิดพิเศษ	GG - 30	30	

ตารางที่ 2.6 มาตรฐานเหล็กหล่อ DIN(เยอรมัน)





ภาพที่ 2.8 ท่อไอเสียที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอน





ภาพที่ 2.9 ชิ้นส่วนของรถยนต์ที่ผลิตจากเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ
ที่มา http://www.thaiauto.or.th/2012/th/news/news-detail.asp?news_id=3255





ภาพที่ 2.10 เครื่องมือช่างที่ผลิตจากเหล็กกล้าคาร์บอน
ที่มา <http://thaihandtool.com/forum/5/6>

