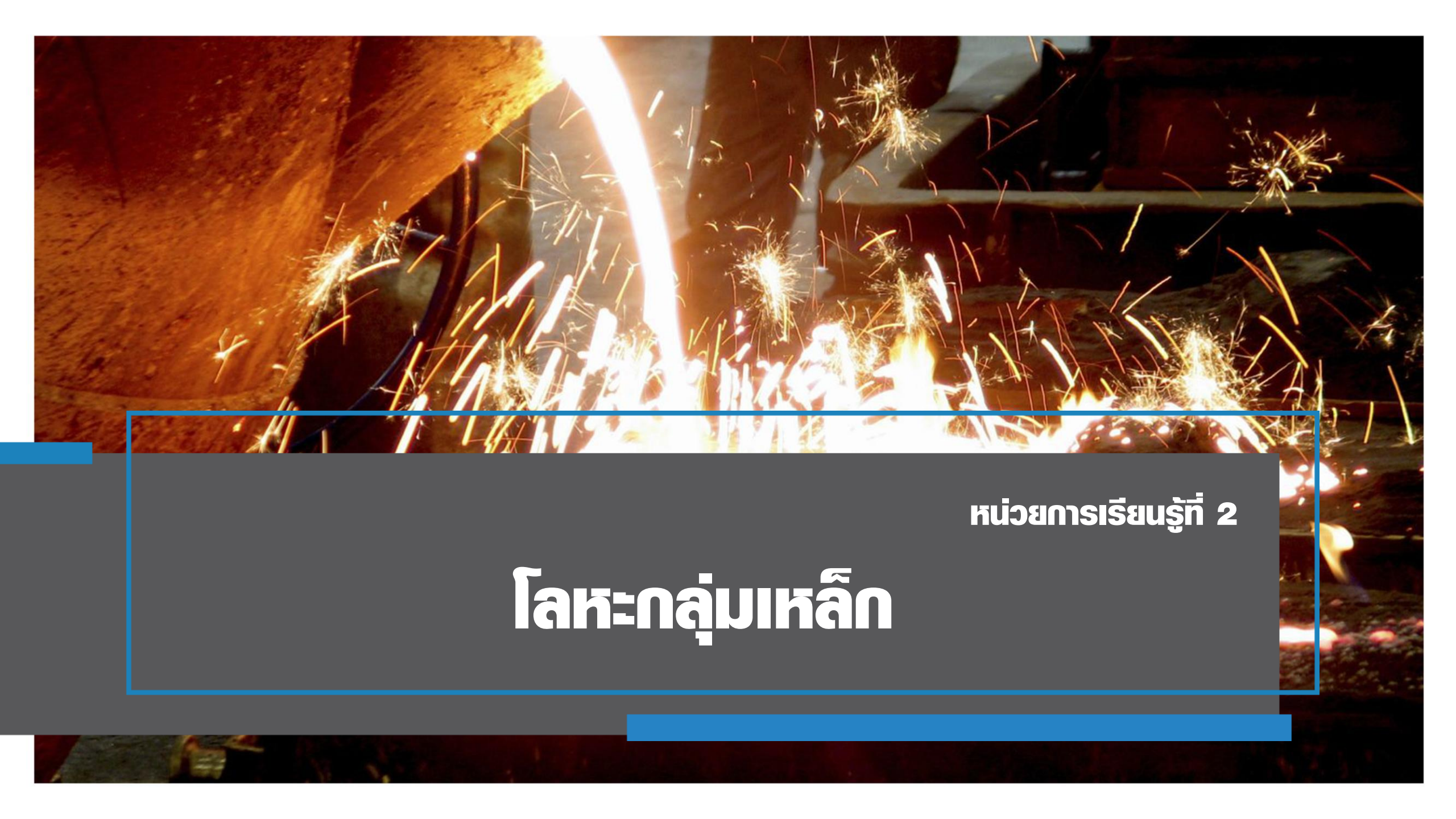




หน่วยการเรียนรู้ที่ 2

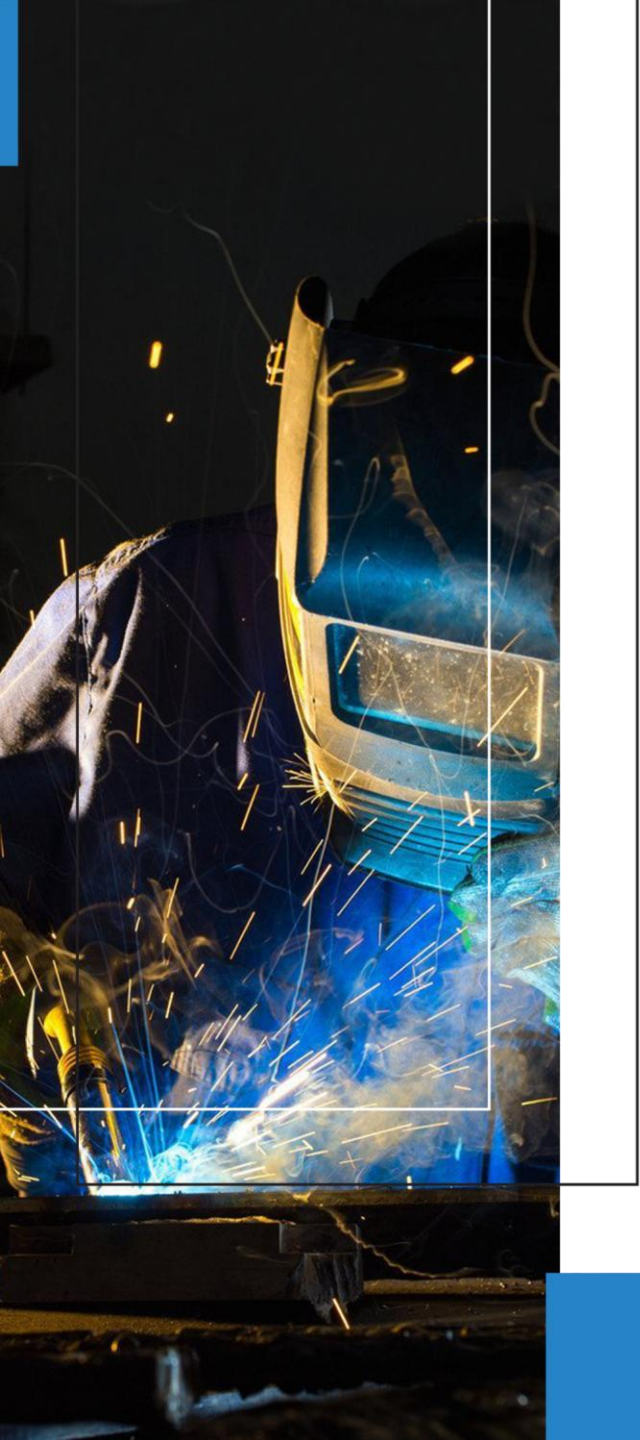
โลหะกลุ่มเหล็ก

โลหะเหล็ก

โลหะเหล็ก (Ferrous Metal) เป็นวัสดุที่มีกำลังรับแรงสูง มีความคงทนตลอดอายุการใช้งานหากมีการบำรุงรักษาที่ดีและมีรูปทรงมาตรฐานที่แม่นยำไม่เปลี่ยนแปลงง่ายจึงถูกนำมาใช้งานในด้านต่าง ๆ เช่น ทำเป็นเครื่องมือกลกรรม เครื่องมือช่าง ใช้ในงานก่อสร้างหรือใช้ในงานอุตสาหกรรม เป็นต้น จึงจัดได้ว่าโลหะเหล็กมีความสำคัญต่อมนุษย์มากเพราะนอกจากจะสร้างความเจริญให้กับโลกแล้วยังเป็นส่วนประกอบของอารยยุคโทปกรณ์ที่มนุษย์นำมาบรรเทาพิ้นกันอีกด้วย



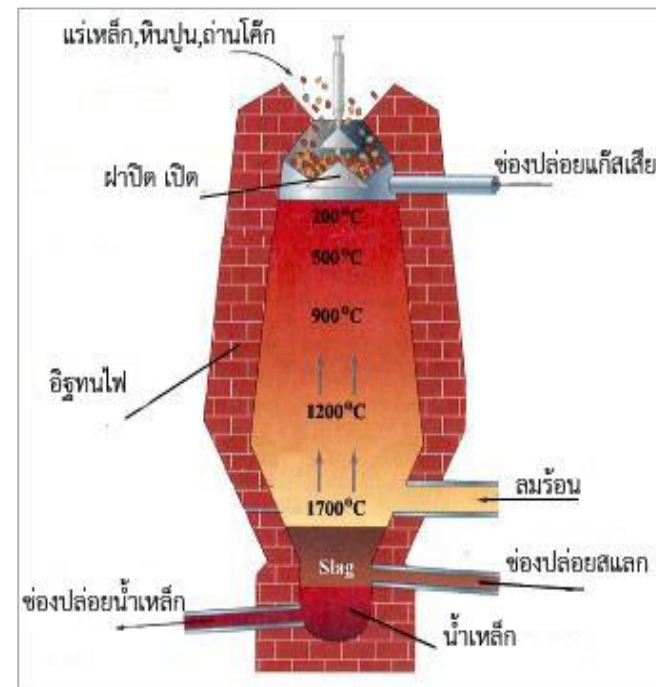
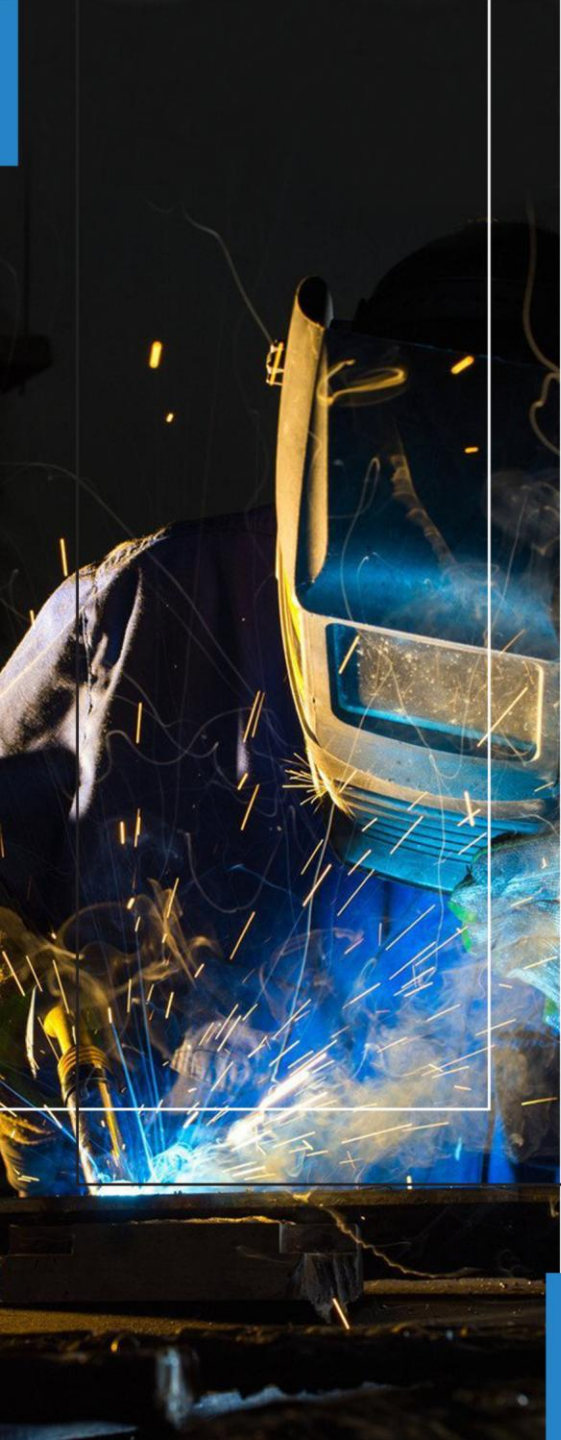
แสดงสะพานที่ทำจากเหล็ก



การผลิตเหล็ก

เหล็กดิบ (Pig Iron) เหล็กดิบเป็นเหล็กที่ได้จากการนำสินแร่เหล็กมาทำการถลุง โดยการให้ความร้อนแก่สินแร่ภายในเตาสูง (Blast Furnace) โดยการบรรจุวัตถุดิบ คือ สินแร่เหล็ก (Iron Ore) ถ่านหิน (Coal) และหินปูน (Limestone) โดยใช้รถลากวัตถุดิบ (Skip Car) เป็นตัวช่วยดึงวัตถุดิบขึ้นไปสู่ปากเตาเพื่อบรรจุวัตถุดิบเข้าเตาแล้วจุดถ่านหินที่อยู่ภายในเตาให้ลุกติดไฟแล้วจึงเป่าลมให้เข้าไปในเตาเพื่อช่วยในการเผาไหม้ความร้อนภายในเตาสูงประมาณ $1,600^{\circ}\text{C} - 1,900^{\circ}\text{C}$ จนกระทั่งความร้อนสามารถถลุงสินแร่เหล็กที่อยู่ภายในเตาจนเป็นโลหะหลอม ซึ่งจะละลายไหลแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของถ่านหินที่อยู่บริเวณก้นเตาโดยมีขี้ตะกรัน (Slag) ลอยอยู่บนส่วนบนของโลหะที่หลอมละลาย เจ้าหน้าที่จะเจาะเตาถลุงเพื่อให้ขี้ตะกรันที่ลอยอยู่บนน้ำเหล็กไหลไหลออกก่อน จากนั้นจึงจะเจาะให้น้ำเหล็กไหลออกจากเตาเหล็กที่ได้จากการถลุงแร่เหล็ก ในเตาถลุงนี้เป็นเหล็กที่ยังไม่บริสุทธิ์มักเรียกว่าเหล็กดิบ เพื่อจะนำเหล็กดิบที่ถลุงได้ส่วนหนึ่งไปหล่อเป็นแท่ง โดยเครื่องจักรอัตโนมัติ เพื่อจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเหล็กกล้าหรือเหล็กหล่อ ในภายหลังโดยนำเหล็กดิบที่ยังร้อนหลอมเหลวแล้วจะนำไปบรรจุลงในเบ้า (Ladle) แล้วนำไปผลิตเป็นเหล็กกล้าต่อไป ในการถลุงสินแร่เหล็กนี้จะทำงานต่อเนื่องตลอด 24 ชั่วโมงติดต่อกันประมาณ 5-6 ปีจึงจะหยุดทำการซ่อมแซมเตาครั้งหนึ่ง

การผลิตเหล็ก



แสดงลักษณะเตาสูง



การผลิตเหล็ก

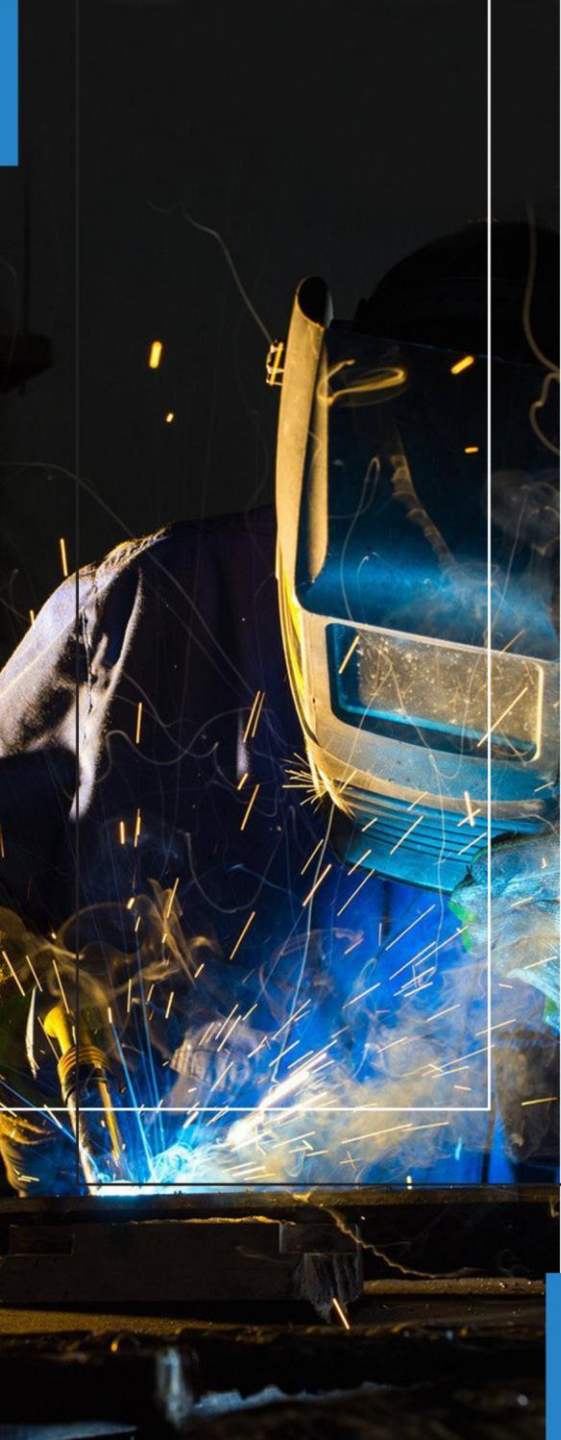
โดยปกติแล้วเหล็กดิบที่ผลิตได้จะมีธาตุต่าง ๆ ประสมอยู่โดยประมาณดังนี้

- คาร์บอน (Carbon : C) 3 - 4%
- ซิลิคอน (Silicon : Si) 1 - 3%
- แมงกานีส (Manganese : Mn) 1%
- ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P) 0.1 - 1%
- กำมะถัน (Sulphur : S) 0.05 - 0.1%

เหล็กดิบจะมีความแข็งและเปราะ ดังนั้นจึงมีความแข็งแรง ความเหนียวไม่มากนัก และทนต่อแรงกระแทกได้น้อย เหล็กดิบส่วนมากจะถูกนำไปหล่อเป็นเหล็กชนิดต่าง ๆ เช่น เหล็กหล่อและเหล็กกล้า เป็นต้น

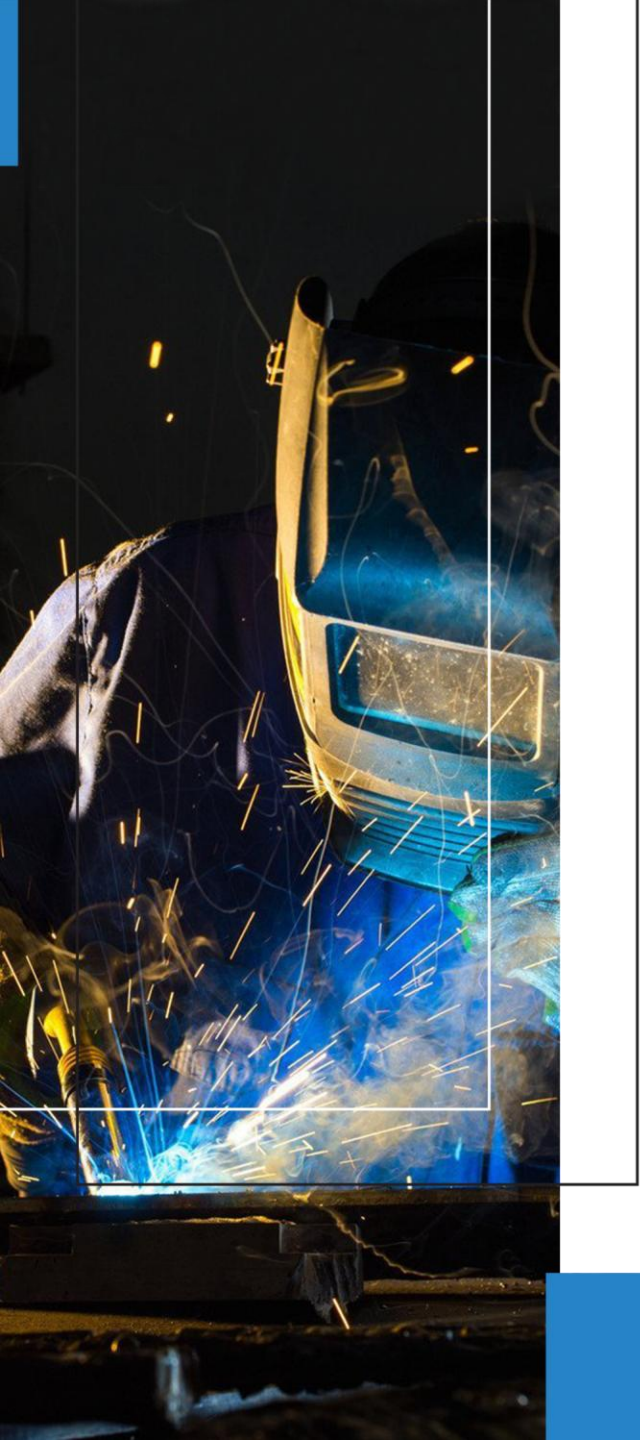
ชนิดของเหล็กดิบเหล็กดิบที่ผลิตได้จากเตาสูงมีอยู่ด้วยกันหลายชนิดและนำมาใช้ประโยชน์ต่างกันสามารถพิจารณาได้ดังนี้

1. เหล็กดิบเบสิก (Basic Pig Iron) นำไปใช้การหล่อเหล็กกล้า และรีดขึ้นรูป
2. เหล็กดิบเอซิด (Acid Pig Iron) นำไปใช้ในการหล่อเหล็กกล้า ผลิตเหล็กอ่อน และรีดขึ้นรูป



การผลิตเหล็ก

3. เหล็กดิบฟอว์จิง (Forging Pig Iron) นำไปใช้ในการผลิตเหล็กอ่อน เหล็กประสม และ รีดขึ้นรูป
4. เหล็กดิบโรงหล่อ (Foundry Pig Iron) นำไปใช้ในการหล่อเป็นเหล็กหล่อสีเทาและเหล็กหล่อประสม
5. เหล็กดิบมัลลิเอเบิลหรือเหล็กดิบเหนียว (Malleable Pig Iron) นำไปใช้ในการหล่อเป็นเหล็กหล่อสีขาว เหล็กหล่อเหนียว (เหล็กหล่อมัลลิเอเบิล) และเหล็กหล่อเหนียวประสม (เหล็กหล่อมัลลิเอเบิลประสม) อิทธิพลของธาตุที่ประสมอยู่ในเหล็กดิบ ธาตุชนิดต่าง ๆ ที่ประสมอยู่ในเหล็กดิบจะทำให้เหล็กดิบมีคุณสมบัติ ดังแสดงในตาราง



การผลิตเหล็ก

ธาตุผสม	สมบัติของธาตุ
คาร์บอน (Carbon : C)	คาร์บอนมีอิทธิพลต่อจุดหลอมเหลวของเหล็ก คือ จะทำให้จุดหลอมเหลวลดลงจึงทำให้เหล็กหลอมได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้เหล็กแข็งขึ้นสามารถชุบแข็งได้ ความเหนียวและอัตราการขยายตัวลดลง สมบัติในการตีขึ้นรูปและการเชื่อมประสานลดลง
ซิลิคอน (Silicon : Si)	ซิลิคอนในเนื้อเหล็กจะรวมตัวกับคาร์บอน เกิดเป็นซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ซึ่งมีความแข็งมาก ดังนั้นเหล็กที่มีซิลิคอนประสมอยู่มากเกินไปจะมีความเปราะ และแตกหักง่าย สมบัติในการเชื่อมประสานและปาดผิวลดลง แต่ทำให้มีความคงทนต่อการกัดกร่อนได้ดี
แมงกานีส (Manganese : Mn)	แมงกานีสที่ประสมอยู่ในเหล็กดิบจะทำให้เหล็กมีความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอได้ดี และจุดหลอมเหลวเพิ่มขึ้นอยู่ด้วย
ฟอสฟอรัส (Phosphorus : P)	ฟอสฟอรัส ถ้ามีมากในสินแร่เหล็กจะทำให้การถลุงยากขึ้น และถ้ามีมากในเนื้อเหล็กจะทำให้เปราะหักง่ายที่อุณหภูมิเย็นแต่ถ้ามีน้อยจะช่วยให้สามารถหล่อได้บาง ๆ หลอมไหลได้ง่ายสะดวกในการเทลงแบบ
กำมะถัน (Sulphur : S)	กำมะถัน ถ้ามีมากในเนื้อเหล็กจะทำให้เหล็กเปราะหักง่าย ณ ที่อุณหภูมิสูง ๆ ทำให้การหลอมไหลยากไม่สะดวกที่จะเทลงแบบ ดังนั้นการนำไปใช้งานที่อุณหภูมิสูง ๆ จึงไม่ดี

ที่มา : ชัชวาล วงศ์ใหม่, 2554

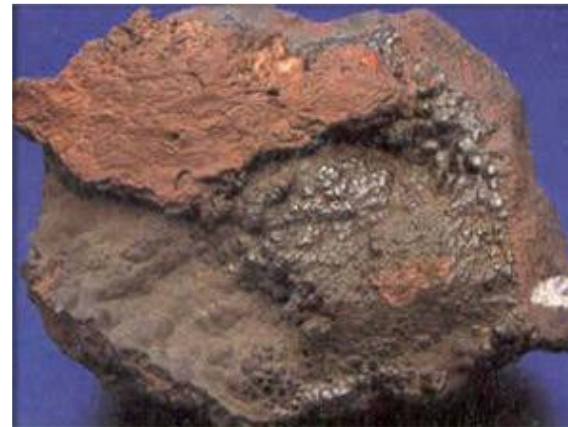
แสดงสมบัติของธาตุที่ประสมในเหล็กดิบ

แร่เหล็ก

เหล็กเป็นธาตุโลหะที่มีประมาณ 4.5% ในเปลือกโลกโดยส่วนใหญ่จะอยู่ในรูปของออกไซด์คาร์บอนเนต, ซิลิเกต และ ซัลไฟด์ แร่เหล็กที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมการผลิตเหล็กมีอยู่ 4 ชนิด คือ

สินแร่เหล็กที่นำมาใช้ในการผลิตเหล็กมีหลายชนิดที่นำมาใช้มากมีดังนี้

1. เฮมาไทต์ (Hematite : Fe_2O_3) หรือแร่เหล็กแดงมาจากภาษากรีก “Hiama” แปลว่าเลือดเพราะมีสีผงละเอียดสีแดง เลือดหมู เฮมาไทต์เป็นแร่ที่เกิดแพร่หลายมากในหินยุคต่าง ๆ และเกิดมากมายจนเป็นแหล่งสินแร่ที่สำคัญทางเศรษฐกิจ อาจเกิดโดยการแทนที่ในหินปูนเนื่องมาจากการแทรกดันของหินอัคนี ซึ่งพบเป็นส่วนมากทั้งขนาดเล็กไปจนถึงขนาดใหญ่ มีมูลค่ามหาศาล พบในแหล่งที่มีการแปรสภาพบริเวณไพศาล (Regional Metamorphism) ลักษณะ แร่เฮมาไทต์ ดังแสดงในรูป



แสดงลักษณะแร่เฮมาไทต์

แม่เหล็ก

2. แมกนีไทต์ (Magnetite : Fe_3O_4) ปกติเป็นเม็ดเกาะแน่นเนื้อละเอียดหรือหยาบ สีดำแบบเหล็ก สีผงละเอียดสีดำวาวแบบโลหะ เนื้อเปราะร่วน รอยแตกไม่เรียบ แม่เหล็กดูดติดดีมากและตัวแร่เป็นแม่เหล็กด้วย เป็นแร่เกิดอุณหภูมิสูงแทรกอยู่ทั่วไปในหินอัคนีในหินอ่อน และในสายแร่พวกชัลไฟด์ตามชายฝั่งทะเลที่มีทรายสีดำมีแมกนีไทต์ปนอยู่ด้วยเสมอได้พบบ่อย ๆ เหมือนกันที่เกิดร่วมกับพลอยคอร์รัมด์ัมในลักษณะที่รู้จักกันในชื่อ Emery ลักษณะแร่แมกนีไทต์ ดังแสดงในรูป



แสดงลักษณะแร่แมกนีไทต์

สรุปหลัก

3. ไพไรต์ (Pyrite : FeS_2) เกิดพบอยู่ทั่วไปหรือเกิดเป็นมวลเมล็ด หรือเนื้อสมานแน่นหรือเป็นก้อนผิวเรียบเป็นมันสีทองเหลือง สีมงละเอียดยึดตัวออกเขียว มีร่องขนานถี่ (striation) บนผิวหน้าผลึกชัดเจนมีเหล็ก 46.6% อาจจะมีทองแดง (Cu) โคบอลต์ (Co) นิกเกิล (Ni) อาร์เซนิก (As) และทอง (Au) ปนอยู่ด้วย เผาด้วยเปลวสีน้ำเงินจะไล่ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ออกมา ละลายในกรดดินประสิวเข้มข้นแต่ถ้าต้มกรด จึงจะได้กำมะถันแยกออกมารูปผลึกลูกบาศก์เด่นชัดมาก แต่ก็มีมุมตัดจนเกิดเหลี่ยมได้มากมายสีกลายโลหะทองเหลือง แข็งกว่าไพไรต์ และคาลโคไพไรต์มีสีเหลืองอ่อนชัดกว่า ต่างกับทองคำตรงที่ไพไรต์เปราะร่วนและแข็งกว่า ตรวจดูสีมงละเอียดยึดตัวออกเขียวดูความแข็ง และทดลองละลายในกรดดินประสิวลักษณะแร่ไพไรต์ ดังแสดงในรูป



แสดงลักษณะแร่ไพไรต์

แร่เหล็ก

4. ซิเดอไรต์ (Siderite : FeCO_3) มาจากภาษากรีก “Sideros” แปลว่า “Iron” หรือเหล็ก เพราะมีส่วนประกอบเป็นเหล็ก สนิ แร่สปาทิกเป็นชื่อสามัญ ส่วนชาลิไบท์นักวิชาแร่เรียกกันเพื่อเป็นเกียรติแก่ นายชาลิเบส ซึ่งอาศัยอยู่ที่ทะเลดำ และเป็นคนงาน รูปผลึกเป็นแบบสี่เหลี่ยมขนมเปียกปูนแบน แต่พื้นหน้าผลึกมักจะโค้งไม่แบนเรียบอาจพบแบบเป็นมวลเม็ดเนื้อแน่นหรือเป็นก้อนกลมหรือเป็นแผ่นเล็ก ๆ เกาะกันแน่นเป็นเม็ดเล็ก ๆ โดด ๆ ปนอยู่ในลานแร่ดีบุกแบบคล้ายพวงองุ่น เนื้อร่วน เปราะ มีเนื้อโปร่งใส ถึงโปร่งแสงความวาวคล้ายแก้ว สีน้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้มอาจมีสีเทา เขียว และอาจไม่มีสีผลึกแผ่นแบนสังเกตดูหน้าผลึกจะโค้งและดูลักษณะรอยแตก และสีมีความแข็งความถ่วงจำเพาะสูงกว่าแร่คาร์บอนेटอื่น ๆ ละลายในกรดไฮโดรคลอริกเย็นได้ช้ามากจะละลายได้เร็ว และมีฟองถ้าทำให้ร้อนจะมีสมบัติแม่เหล็กอย่างแรง เกิดร่วมกับแร่เงิน ไพไรต์ คาลโคไพไรต์ และกาสินาในสายแร่เกิดจากสารละลายที่มีเหล็กเข้าไปแทนที่ในหินปูน ถ้าเกิดแทนที่ได้มากอาจเป็นแหล่งที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจ พบเกิดเป็นเพื่อนแร่ในบริเวณแหล่งแร่ดีบุกที่เกิดแบบสัมผัสหินแกรนิตกับหินปูนบางครั้งพบเกิดร่วมกับเนื้อดิน เรียกชั้นแร่เหล็กปนดิน (Caly Ironstone)



แสดงลักษณะแร่ซิเดอไรต์

แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ

ปัจจุบันมีการนำสินแร่มาผลิตเหล็กอยู่หลายประเทศ ซึ่งประเทศผู้ผลิตเหล็กที่ใหญ่ที่สุดในโลกได้แก่

1. สาธารณรัฐประชาชนจีน เป็นผู้ผลิตเหล็กรายใหญ่ของโลก มีการผลิตเหล็ก 1,500,000 ตันต่อปี แต่มีการนำไปใช้ในการพัฒนาประเทศเป็นจำนวนมาก ทำให้จีนกลายเป็นผู้นำเข้าเหล็กรายใหญ่ที่สุดของโลก

2. ออสเตรเลีย ผลิตเหล็กราว 660,000 ตัน เป็นประจำทุกปีของการทำเหมืองแร่เหล็กในประเทศออสเตรเลียคิดเป็นสัดส่วนร้อยละ 47 ที่มีมูลค่า 33.56 พันล้านดอลลาร์ ถูกใช้ในภาครัฐของออสเตรเลีย และร้อยละ 63 ของการผลิตเหล็กในออสเตรเลียจะถูกส่งออกไปยังประเทศจีนตามด้วยญี่ปุ่น และเกาหลีใต้ รัฐบาลออสเตรเลียได้ค่าลิขสิทธิ์จากการทำเหมืองหินในประเทศกว่า 3.9 พันล้านดอลลาร์



แสดงลักษณะเหมืองแร่ ในประเทศออสเตรเลีย

แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ

3. บราซิล ถือเป็นผู้ผลิตเหล็กรายใหญ่อันดับสามของโลก มันเป็นสินค้าที่มีการขนส่งที่ใหญ่ที่สุดของบราซิล เหมืองแร่เหล็กที่สำคัญคือ วิลานัว ของรัฐ Minas Gerais มีแร่เหล็กสำรอง 9,187,000 ตัน เป็นรัฐที่จัดการการผลิตเหล็กที่ใหญ่ที่สุดในประเทศบราซิล ลักษณะเหมืองแร่ในประเทศบราซิล ดังแสดงในรูป

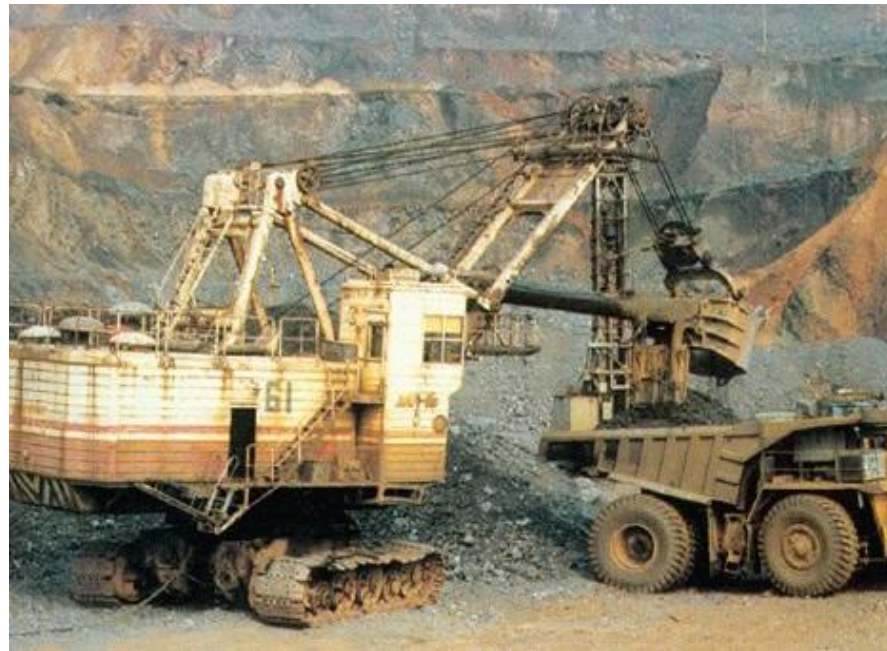


แสดงลักษณะเหมืองแร่ ในประเทศบราซิล

4. แคนาดา เป็นผู้ผลิตเหล็กใหญ่เป็นอันดับ 4 ในโลก บริษัทสินแร่เหล็กของประเทศแคนาดามีหน้าที่ทำการผลิต และการประมวลผลพร้อมกับการสกัดแร่เหล็ก สถานที่การสกัดที่ใหญ่ที่สุด คือ ลาบราดอร์ ระหว่างภูเขาลาบราดอร์ และควิเบก สถานที่เหล่านี้คือที่ที่ใช้ในการผลิตแร่เหล็กของประเทศแคนาดา โดยเริ่มต้นขุดเหมืองในปี 1954 ในขณะที่มันถูกค้นพบในปี 1892

แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ

5. ยูเครน มีสำรองขนาดใหญ่ของธาตุเหล็ก ซึ่งเป็นแร่แปรรูปอยู่ในโถ่ผลึกยูเครน อุตสาหกรรมเหล็กของยูเครนมีการสำรองแร่เหล็กประมาณ 27.4 ล้านตัน เพื่อเป็นสิ่งที่ใช้ในการสนับสนุนหลักให้กับเศรษฐกิจของยูเครน ถึงจะมีแร่เหล็กมาก เนื่องมาจากการทำเหมืองมานานเป็นร้อยปีแล้วทำให้เกิดหลุมลึกขนาดใหญ่ทำให้เป็นเรื่องยากในการขุดหาแร่เหล็ก



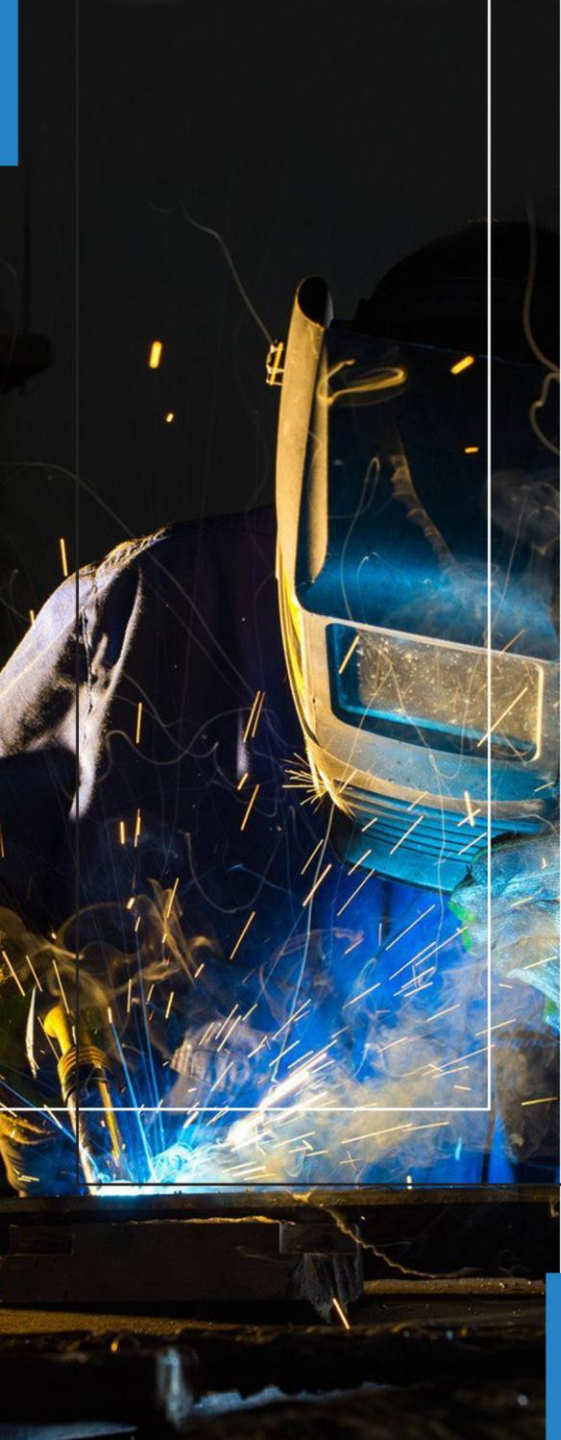
แสดงลักษณะเหมืองแร่ ในประเทศยูเครน

แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ

6. อินเดีย ประเทศอินเดียมีการผลิตเหล็กกว่า 12 ล้านตันต่อปี ทรัพยากรเกรดสูงจะถูกจำกัดและส่วนใหญ่เหล็กที่มีคุณภาพดี จะอยู่ในภาค Bailadila ของ Chattisgarh อินเดียยังเป็นผู้ส่งออกเหล็กเป็นอันดับ 5 ของโลก โดยแร่เหล็กในอินเดีย ส่วนใหญ่จะส่งออกไปยัง ประเทศต่าง ๆ เช่น ญี่ปุ่น เกาหลี และประเทศอื่น ๆ



แสดงลักษณะเหมืองแร่ ในประเทศอินเดีย



แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ

ประเทศไทยมีแหล่งแร่เหล็กหลายแห่งด้วยกัน ทั้งที่กำลังมีการผลิต และที่ผลิตไปหมดแล้ว และแหล่งที่น่าสนใจที่อาจเป็นแหล่งที่มีค่าในอนาคต แหล่งแร่เหล็กที่มีหรือเคยมีการผลิต ได้แก่ ที่หัวหวาย อำเภอตากลี จังหวัดนครสวรรค์ ที่เขาทับควายที่อำเภอโคกสำโรง จังหวัดลพบุรี ที่เขาชีโอน-ชีจรรย์ อำเภอสัตหีบ จังหวัดชลบุรี และที่อำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ส่วนแหล่งแร่อื่น ๆ ที่น่าสนใจได้แก่ แหล่งภูยาง ภูเหล็ก และภูเอี้ยะ อำเภอเชียงคาน แหล่งภูอ่าง อำเภอเมือง จังหวัดเลย แหล่งอิมครีม อำเภอบ่อพลอย จังหวัดกาญจนบุรี แหล่งหนองบอน อำเภอบางคล้า จังหวัดฉะเชิงเทรา แหล่งแม่โก อำเภอแม่แจ่ม จังหวัดเชียงใหม่ แหล่งเถิน อำเภอเถิน จังหวัดลำปาง แหล่งซับไม้แดง เขาเหล็ก อำเภอหนองไผ่ จังหวัดเพชรบูรณ์ แหล่งปรกฟ้า อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี แหล่งเกาะม่วง เกาะเหล็ก อำเภอเกาะลันตา จังหวัดกระบี่ นอกจากนี้ยังพบแร่เหล็กทั่วไปเกือบทุกจังหวัด

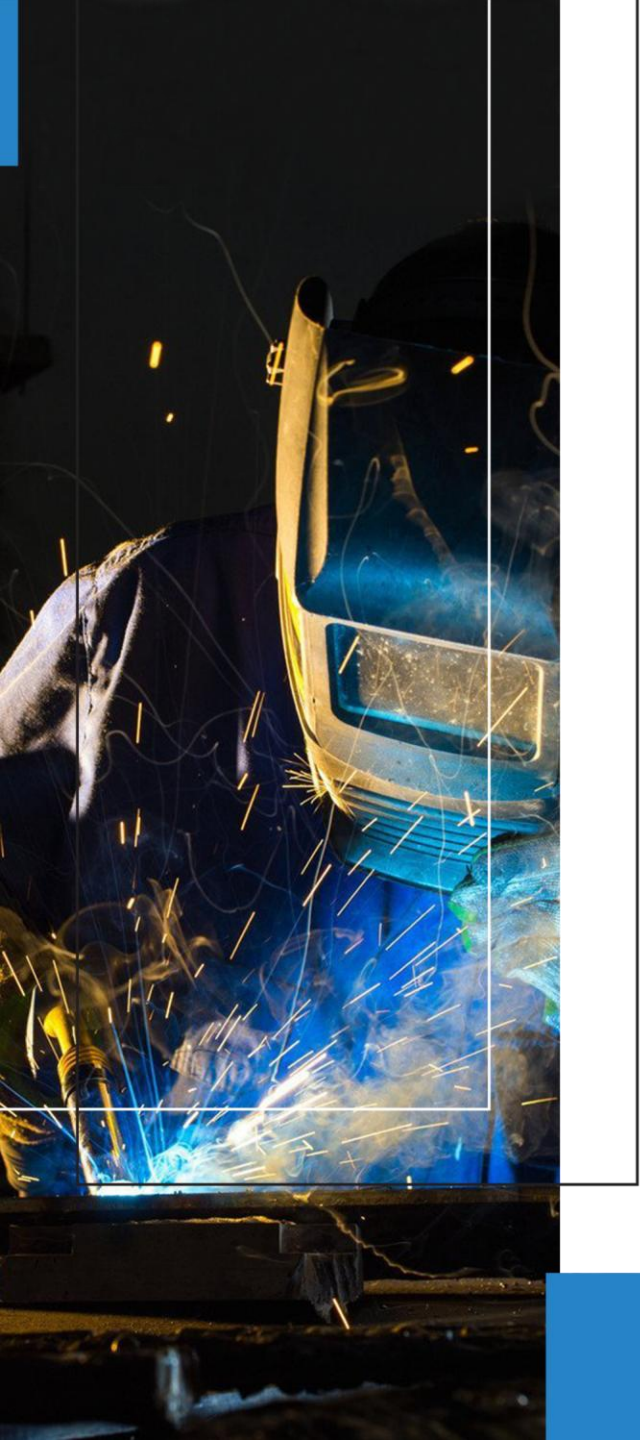
แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ



การผลิตเหล็ก (The Production of Iron and Steel)

เหล็กเป็นแร่ธาตุที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ ซึ่งไม่ค่อยพบในรูปของเหล็กบริสุทธิ์มากนัก ส่วนใหญ่จะพบในรูปของสารประกอบรวมตัวอยู่กับแร่ธาตุอื่น เราสามารถพบเห็นเหล็กบริสุทธิ์ได้จากสะเก็ดของดาวตกหรือลูกอุกาบาตในเวลากลางคืน โดยปกติเหล็กบริสุทธิ์จะไม่ใช่สนิม แต่เราก็ไม่สามารถนำเหล็กบริสุทธิ์ไปใช้ในงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ ได้เพราะคุณสมบัติอ่อนเกินไปและมีคุณสมบัติทางเชิงกลแย่มาก ดังนั้นเหล็กที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จึงเป็นเหล็กผสมโดยจะมีเหล็กเป็นองค์ประกอบหลักและจะมีส่วนผสมอื่น ๆ ที่ทำให้สมบัติของเหล็กเป็นไปตามที่ต้องการ เป็นองค์ประกอบย่อย เช่น

คาร์บอน (C) ความหนาแน่น 1.9 kg/dm^3 จุดหลอมเหลว $3,540^\circ\text{C}$ เป็นโลหะ เป็นธาตุที่ได้มาจากถ่านหิน ถ่านโค้ก คาร์บอนนี้ผสมอยู่ในเนื้อเหล็ก 2 ลักษณะ คือ ในสภาวะเหล็กคาร์ไบด์ (Fe_3C) และในสภาวะแกรไฟต์ คาร์บอนที่เจืออยู่ในเหล็กจะช่วยทำให้จุดหลอมเหลวต่ำลงหากมีมากจะทำให้เหล็กแข็งและเปราะ ซิลิคอน (Si) ความหนาแน่น 2.33 kg/dm^3 จุดหลอมเหลว 1420°C เป็นโลหะทำปฏิกิริยากับออกซิเจนจะกลายเป็นซิลิกา ($\text{Silica}=\text{SiO}_2$) ซึ่งได้แก่ หิน ควอตซ์ ทราย เมื่อทำปฏิกิริยากับคาร์บอนในเนื้อเหล็กจะกลายเป็นซิลิคอนคาร์ไบด์ (SiC) ซึ่งทำให้เหล็กแข็ง ถ้ามีมากจะทำให้เปราะหักง่ายเป็นตัวทำให้เกิดการแยกตัวของแกรไฟต์ได้



แหล่งกำเนิดแร่ที่สำคัญ

แมงกานีส (Mn) ความหนาแน่น 7.47 kg/dm^3 จุดหลอมเหลว $1,260^\circ\text{C}$ ทำจากหินสีน้ำตาล แมงกานีสไดออกไซด์ มีสีแดงเป็นวาว แข็ง และเปราะ ใช้เป็นสารดูดออกซิเจนออกจากน้ำ (Deoxidizer) เป็นธาตุที่หน่วงเหนี่ยวไม่ให้เกิดการแยกตัวเป็นแกรไฟต์แต่จะรวมตัวกับกำมะถันและช่วยเพิ่มคุณสมบัติทางกลให้กับเหล็กหล่อ ฟอสฟอรัส (P) ความหนาแน่น 1.83 kg/dm^3 จุดหลอมเหลว 44°C เป็นโลหะอยู่ในแร่หินฟอสเฟต เป็นสารที่ไม่พึงประสงค์ในเนื้อเหล็กถ้ามีมากเกินไปจะทำให้เหล็กหักเปราะได้ง่ายที่อุณหภูมิเย็น และมีคุณสมบัติทางกลเลวลงแต่จะทำให้เหล็กเทลงแบบหล่อได้ง่าย

กำมะถัน (S) ความหนาแน่น 2.06 kg/dm^3 จุดหลอมเหลว 113°C เป็นโลหะก่อกวนสีเหลือง เกิดในธรรมชาติ ถ้ามีมากเกินไปเกิดในเนื้อเหล็กจะทำให้หักเปราะง่าย ใช้งานไม่ได้ที่อุณหภูมิสูง ทำให้เทหล่อลงแบบได้ยาก มีคุณสมบัติทางกลเลวลงและทำให้ชิ้นงานหล่อเกิดความเครียดและรอยร้าวได้ง่าย

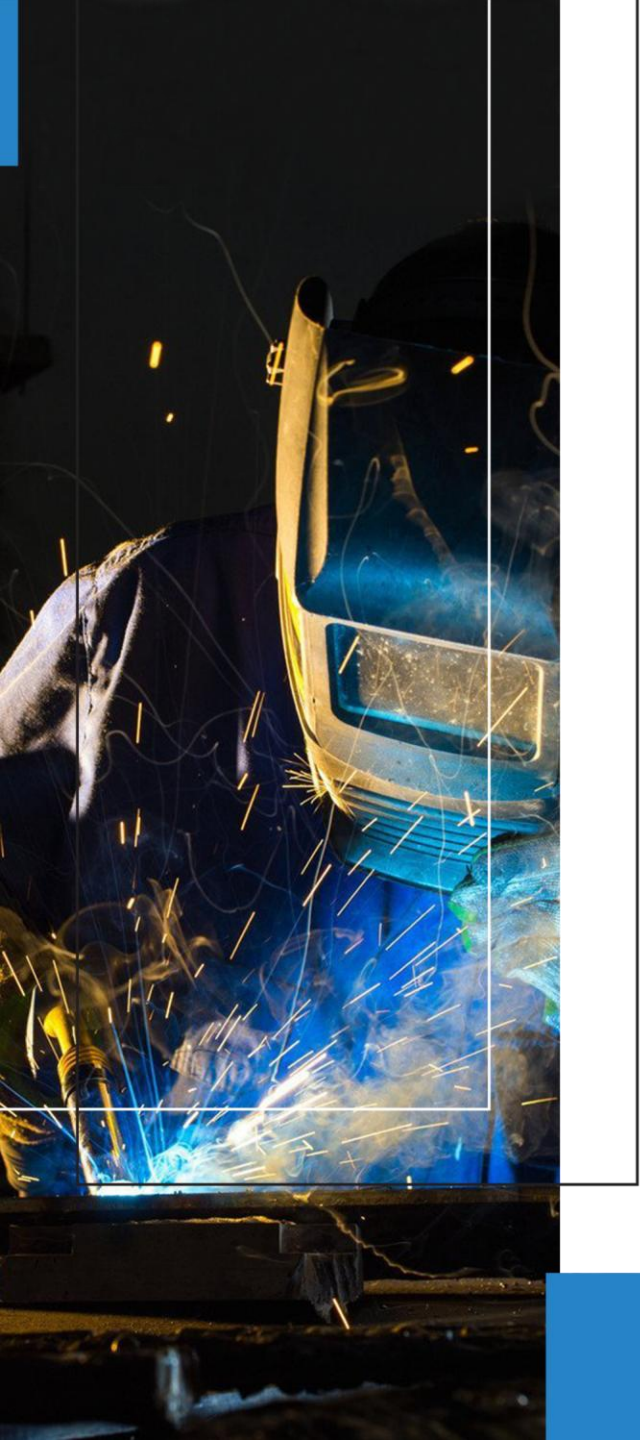
เหล็กกล้า

เหล็กกล้า (Steel) เป็นเหล็กที่ผลิตได้จากการหลอมละลายเหล็กดิบสีขาว (Gray Pig Iron) ที่ได้จากเตาสูงให้บริสุทธิ์ขึ้น โดยทั่วไปเหล็กกล้าจะมีปริมาณธาตุคาร์บอน (C) ผสมอยู่ประมาณ 0.008% ถึง 2% โดยน้ำหนัก นอกจากนี้ยังมีธาตุอื่นปนอยู่ในรูปของสารมลทิน (Impurities) อีกเช่น ซิลิกอน (Si) แมงกานีส (Mn) ฟอสฟอรัส (P) และกำมะถัน (S) ซึ่งสารมลทินเหล่านี้จะถูกกำจัดออกให้หมดหรือให้เหลือในปริมาณตามที่ต้องการโดยให้สารมลทินเหล่านี้รวมตัวกับ ฟลักซ์ (Flux) กลายเป็นขี้ตะกรัน (Slag) ออกมา



การแบ่งประเภทของเหล็กกล้า

เหล็กกล้าได้มีการคิดค้นเพื่อให้เหมาะสมกับการใช้งานในหลายรูปแบบดังนั้นจึงมีการผลิตเหล็กกล้าออกมาหลายประเภทตามลักษณะโครงสร้างพื้นฐาน อัตราส่วนผสม และปริมาณคาร์บอนโดยน้ำหนักพิจารณาจาก Iron-carbon Equilibrium Diagram แล้ว จะเห็นว่าเหล็กกล้า มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.008% - 2% โดยน้ำหนัก แต่ในทางปฏิบัติแล้วเหล็กกล้าจะมีได้ไม่เกิน 1.7% ถ้ามีมากกว่านั้นจะขาดคุณสมบัติความแข็งแรงและความเหนียวไป หากยึดหลักตามอัตราส่วนปริมาณคาร์บอนและการใช้งานแล้วจะสามารถแบ่งประเภทเหล็กกล้าออกได้เป็น 5 ประเภทใหญ่ ๆ ดังนี้



เหล็กกล้า

1. เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)

เหล็กกล้าคาร์บอนเป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของคาร์บอนเป็นหลักโดยจะมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไม่เกิน 1.7% จะมีธาตุอื่นผสมอยู่ด้วย เช่น ซิลิคอน ฟอสฟอรัส กำมะถัน ซึ่งธาตุเหล่านี้มีปริมาณน้อยมาก จะติดมากับเนื้อเหล็กตั้งแต่เริ่มการผลิตเหล็กจากสินแร่โดยกรรมวิธีการผลิตของเหล็กกล้าคาร์บอน ได้แก่ กรรมวิธี LD กรรมวิธีโธมัส กรรมวิธีเตากระทุ้ง กรรมวิธีเบสเซเมอร์ เหล็กชนิดนี้เป็นวัสดุช่างชนิดเดียวที่มีคุณสมบัติทางความแข็งแรง (Strength) และความอ่อนตัว (Ductility) ที่เปลี่ยนแปลงได้กว้างมากตามปริมาณของคาร์บอนที่มีอยู่ในเหล็ก ทำให้เหมาะที่จะเลือกใช้ได้ตามความเหมาะสมของลักษณะงานบางครั้งที่เรียกว่า “Mild Steel”

เหล็กกล้า

นอกจากนี้ยังแยกออกตามปริมาณคาร์บอนที่อยู่ได้ 3 ชนิดคือ

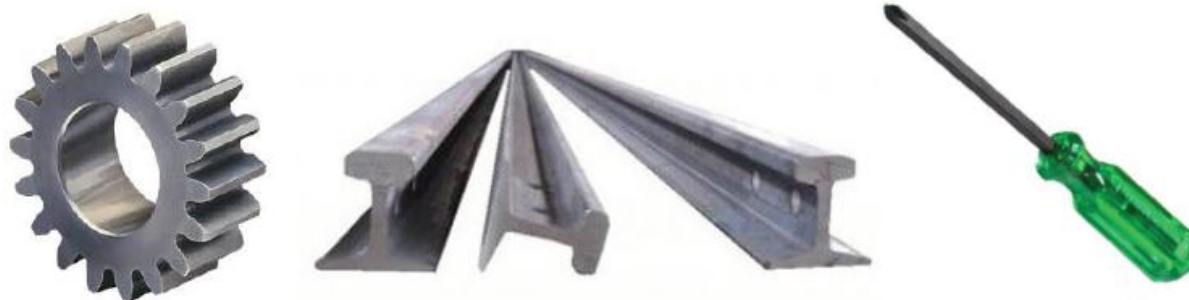
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low Carbon Steel) เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเป็นเหล็กที่มีคุณสมบัติเหนียว แต่ไม่แข็งแรงนัก สามารถนำไปกลึง กัด ไส เจาะได้ง่าย นอกจากนี้ยังเป็นเหล็กที่อ่อน สามารถรีดหรือตีเป็นแผ่นได้ง่ายเหล็กชนิดนี้เหมาะกับการใช้งานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงสูงนัก นอกจากนี้เหล็กชนิดนี้ไม่สามารถนำมาชุบแข็งหรือชุบผิวแข็งได้ แต่ถ้าต้องการชุบแข็งต้องใช้วิธีเติมคาร์บอนที่ผิวก่อน เพราะมีคาร์บอนน้อย เปอร์เซ็นต์คาร์บอนไม่เกิน 0.3% กรรมวิธีการผลิตกรรมวิธีเบสเซเมอร์ การใช้งานเหล็กแผ่น หม้อน้ำ ท่อน้ำประปา เหล็กเส้นในงานก่อสร้าง เหล็กเคลือบดีบุก เช่น กระจังบรรจุอาหาร เหล็กอบสังกะสี เช่น แผ่นสังกะสีมุงหลังคา ทำตัวถังรถยนต์ ถังน้ำมัน งานยำหมุด ทำสกรู ลวด สลักเกลียว ชิ้นส่วนเครื่องจักร โซ่ บานพับ ประตู



แสดงลักษณะเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

เหล็กกล้า

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium Carbon Steel) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง เป็นเหล็กกล้าชนิดนี้มีความแข็งแรงและความเค้นแรงดึงมากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ แต่จะมีความเหนียวน้อยกว่า นอกจากนี้ยังให้คุณภาพในการแปรรูปที่ดีกว่าและยังสามารถนำไปชุบผิวแข็งได้ เหมาะกับงานที่ต้องการความเค้นดึงปานกลาง ต้องการป้องกันการสึกหรอที่ผิวหน้า และต้องการความแข็งแรง แต่มีความแข็งบ้างพอสมควร เปอร์เซนต์คาร์บอน 0.30-0.45 % กรรมวิธีการผลิต เบสเซเมอร์ โทมัส เตากระทะ LD การใช้งานทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ทำรางรถไฟ เพลาเครื่องกล เฟือง หัวค้อน ก้านสูบ สปริง ชิ้นส่วนรถไถนา ไขควง ท่อเหล็ก น็อต สกรูที่ต้องแข็งแรง ลักษณะชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ดังแสดงในรูป



แสดงลักษณะชิ้นงานที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

เหล็กกล้า

เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon steel) เหล็กกล้าคาร์บอนสูงเป็นเหล็กกล้า ชนิดนี้เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรง ความแข็งและความเค้นแรงดึงสูงเนื่องจากมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.45–1.5% สามารถทำการชุบแข็งให้มีคุณสมบัติ เปลี่ยนแปลงได้ แต่เมื่อชุบแข็งแล้วจะเปราะเหมาะสำหรับงานที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอ การใช้งาน ทำเครื่องมือ ต่าง ๆ เช่น ดอกสว่าน สกัด กรรไกร มีดคulling ใบ เลื่อยตัดเหล็ก ดอกทำเกลียว (tap) ไบมีดโกน ตะไบ แผ่นเกจ สปริงแหนบ ลูกบอลในแบร์ริงลูกปืน ลักษณะเครื่องมือดังในรูป



Straight Fluted Tap



Spiral Point Tap



Spiral Flute Tap

ดอกทำเกลียว

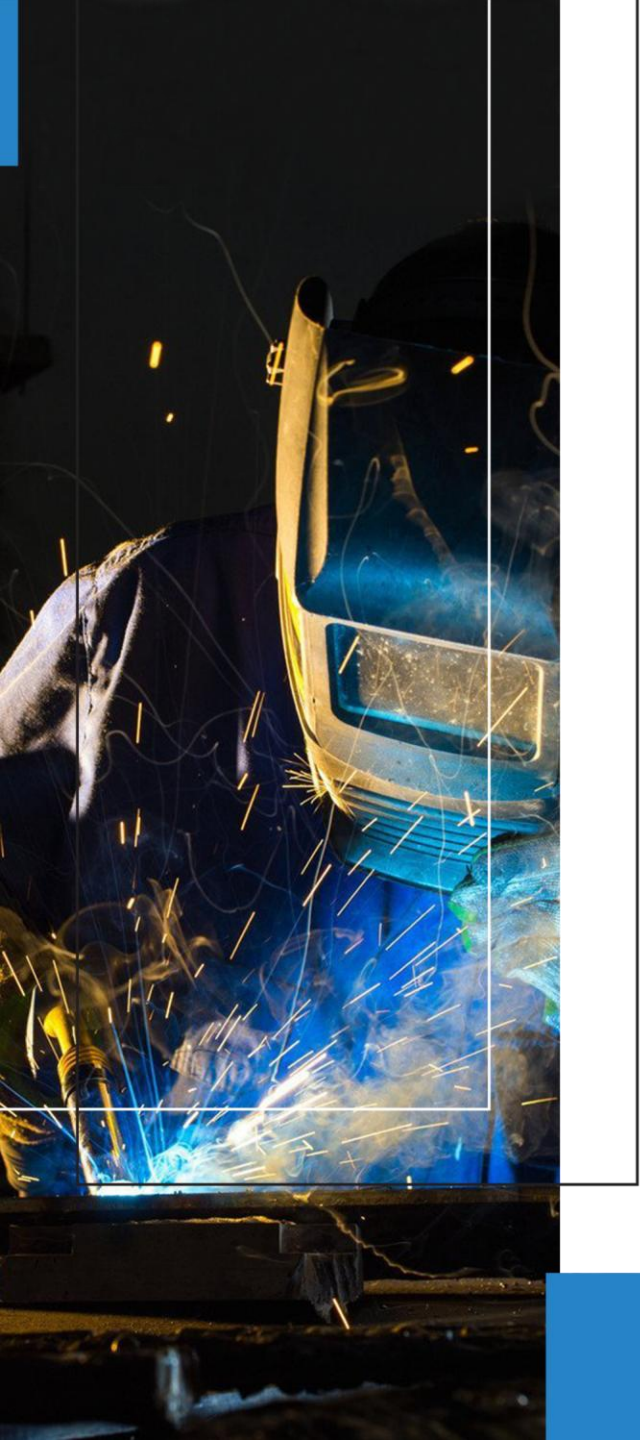


ดอกสว่าน



สกัด

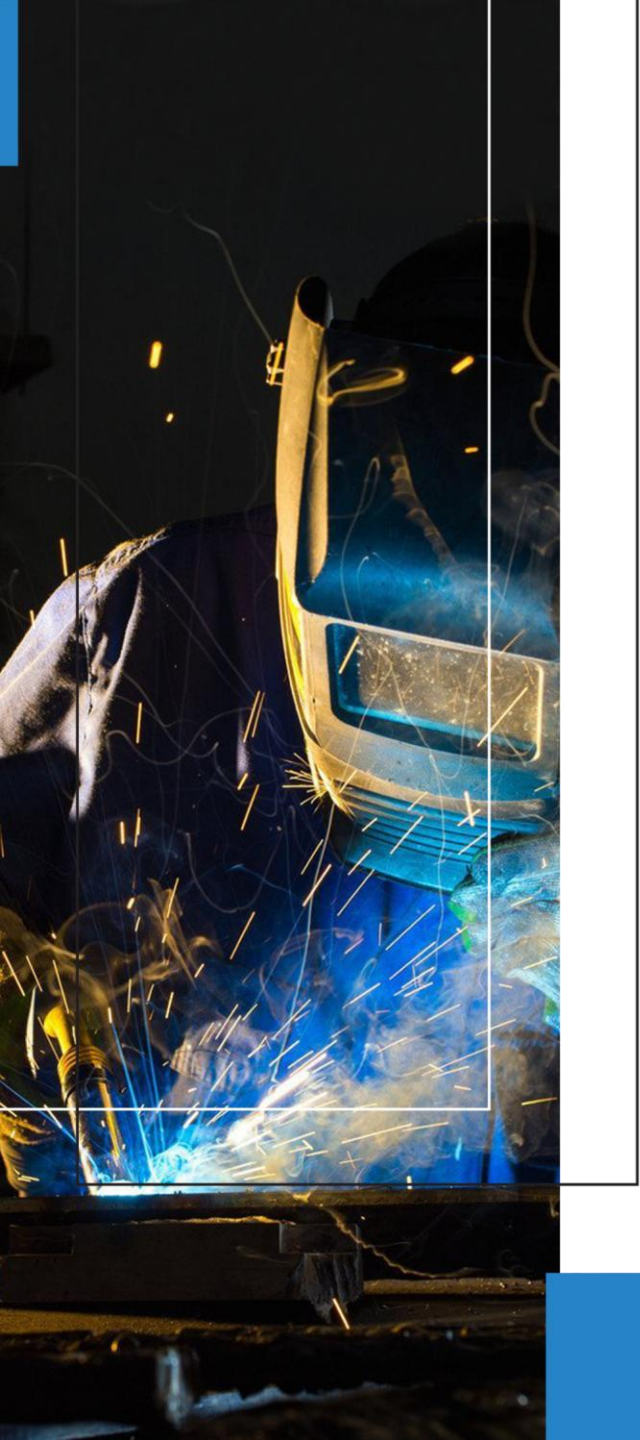
แสดงเครื่องมือที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง



เหล็กกล้า

2. เหล็กกล้าประสม (Alloy Steel) เหล็กกล้าประสมเป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของคาร์บอนอยู่ไม่เกิน 1.7% และยังมีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กด้วย เช่น แมงกานีส นิกเกิล โครเมียม วาเนเดียม โมลิบดีนัม โคบอลต์ เป็นต้น การที่ผสมธาตุต่าง ๆ ลงไปในเหล็กนั้นก็เพื่อปรับปรุงสมบัติหลาย ๆ ประการที่เหล็กคาร์บอนให้คุณสมบัติเหล่านั้นอยู่ในเกณฑ์ที่ต่ำไม่สามารถใช้งานได้ดี กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าประสม สามารถผลิตได้จากเตากระแทะ เตาไฟฟ้า และเตาอินดักชั่น จุดประสงค์ของการผสมธาตุอื่น ลงไปนั้น คือ

1. เพิ่มสมบัติในด้านชุบแข็งของเหล็ก
2. ปรับปรุงความแข็งแรงที่อุณหภูมิปกติ
3. เพิ่มสมบัติต้านทานการสึกในขณะใช้งานจากการเสียดสี
4. เพิ่มความเหนียวทนต่อแรงกระแทก
5. เพิ่มคุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน



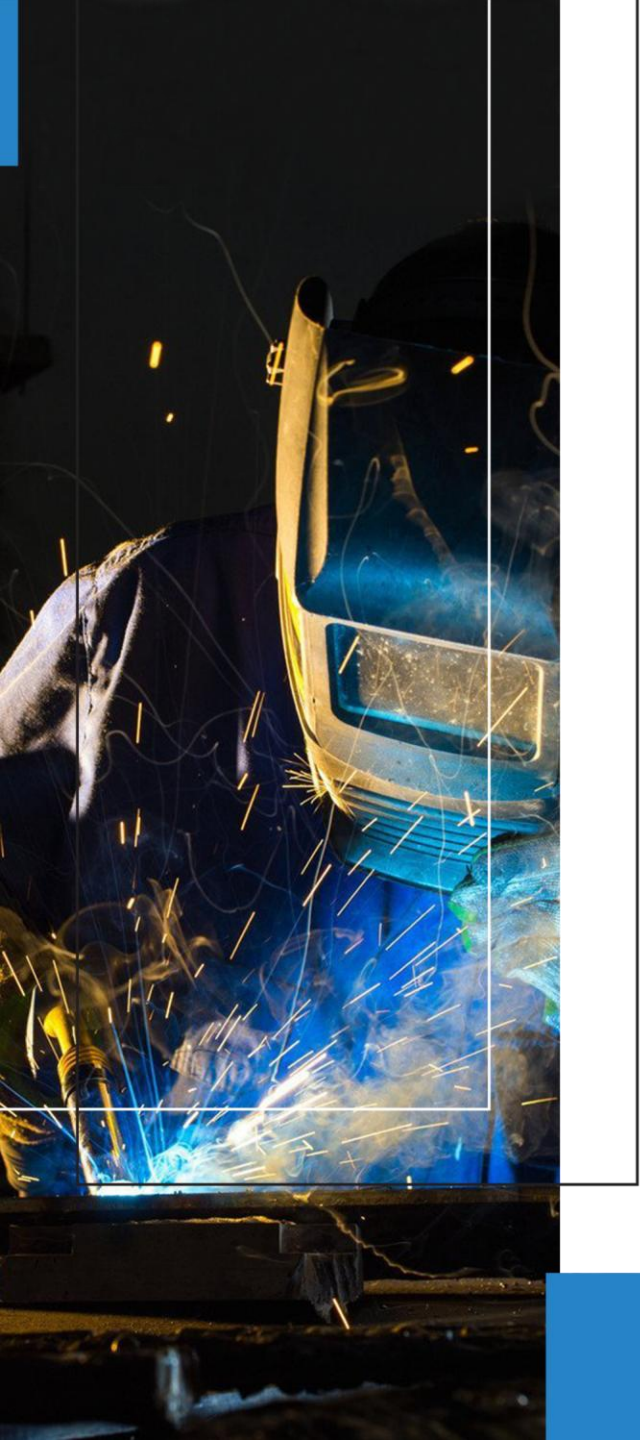
เหล็กกล้า

เหล็กกล้าผสมอยู่สามารถแบ่งตามปริมาณของวัสดุที่ผสมได้ 2 ประเภทคือ

- **เหล็กกล้าผสมสูง (High Alloy Steel)** เหล็กกล้าผสมสูงเป็นเหล็กกล้าที่มีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่รวมแล้วมากกว่า 10% เหล็กกล้าในกลุ่มนี้จะรวมถึงเหล็กเครื่องมือผสม (Alloy Tool Steel) ด้วย ซึ่งเหล็กกล้าชนิดนี้จะมีคุณสมบัติในด้านทนต่อการกัดกร่อน ทนต่อการสึกหรอได้ดีจึงถูกใช้งานในการทำเหล็กเครื่องมือต่าง ๆ (เหล็กเครื่องมือผสม (Alloy Tool Steel) หมายถึง เหล็กทำอุปกรณ์การตัดโลหะหรือการขึ้นรูปโลหะและอื่น ๆ)
- **เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low Alloy Steel)** เหล็กกล้าผสมต่ำเป็นเหล็กกล้าที่มีธาตุอื่น ๆ ผสมรวมอยู่แล้วไม่เกิน 10% เหล็กชนิดนี้จะมีโครงสร้างคล้ายคลึงกับเหล็กคาร์บอนธรรมดา (Plain Carbon Steel) และมีคุณสมบัติอื่นเหมือนเหล็กกล้าผสมสูง

3. เหล็กกล้าผสมพิเศษ (Special Alloy Steel) เหล็กกล้าผสมพิเศษเป็นเหล็กกล้า ประสมที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อให้เหมาะกับงานที่จะใช้เฉพาะอย่างมีหลายประเภท เช่น

เหล็กกล้าผสมทนแรงดึงสูง (High tensile strength alloy Steels) เหล็กกล้าผสมทนแรงดึงสูงเป็นเหล็กกล้าที่มีสมบัติแตกต่างไปจากเหล็กกล้าผสมทั่ว ๆ ไป คือ เป็นเหล็กกล้าที่มีสมบัติทนแรงดึงได้สูงมาก และมีความเหนียวสูง นอกจากนี้วิธีการชุบแข็งยังแตกต่างไปจากเหล็กกล้าผสมทั่วไป มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนอยู่ประมาณ 0.2% โดยส่วนใหญ่ใช้กับงาน เพลาส่งกำลัง หรือ เฟือง เป็นต้น



เหล็กกล้า

เหล็กกล้าทนการเสียดสีและรับแรงกระแทก (Wear Resistant Steel) เหล็กกล้าทนการเสียดสี และรับแรงกระแทก ลักษณะ เหล็กที่มีสมบัติทนการเสียดสีสูง และรับแรงกระแทกได้เป็นอย่างดี ที่นำมาใช้งานมาก คือ เหล็กกล้าประสมแมงกานีส หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า เหล็กกล้าฮาร์ดฟิลด์ โดยจะมีธาตุที่ผสมอยู่ ซิลิคอน 0.4-1% แมงกานีส 11 - 14% แต่เหล็กที่ผ่านการผลิตออกมาในตอนแรกนั้นยังไม่สามารถนำไปใช้งานได้ เพราะมีความเปราะมาก ต้องนำไปชุบที่อุณหภูมิ 1,000 - 1,100 °C และจุ่มน้ำอย่างรวดเร็ว จะทำให้เหล็กชนิดนี้มีคุณสมบัติเหนียว เหล็กชนิดนี้ไม่เหมาะสำหรับงานที่มีเฉพาะงานเสียดสีแต่เพียงอย่างเดียวเพราะจะไม่คุ้มทุนการผลิตจะต้องได้รับแรงกระแทกร่วมกันไปด้วย นอกนี้ไม่สามารถตัดเจาะหรือกลึงได้ง่ายต้องใช้มีดกลึงที่มีความแข็งสูงและใช้ความเร็วในการตัดต่ำมาก การใช้งานส่วนใหญ่ใช้ทำ ตะแกรงเหล็ก อุปกรณ์ชุดแร่ รางรถไฟ เป็นต้น

เหล็กกล้าความเร็วสูง (High – Speed Steel) (HSS) หรือ เหล็กกล้ารอบสูง เหล็กกล้าความเร็วสูงเป็นเหล็กกล้าที่พัฒนาขึ้นเพื่อความมุ่งหมายสำหรับงานเครื่องมือตัด กลึง กัด เจาะ ไส (Maching) ซึ่งเดิมนั้นใช้เหล็กกล้าคาร์บอนสูง เหล็กกล้าชนิดนี้มีธาตุหลักประสมในเหล็กกล้า คือ ทังสเทน เมื่อขึ้นรูปแล้วก่อนนำไปใช้งานจะต้องชุบแข็งก่อน ที่อุณหภูมิประมาณ 950-1,300 °C แล้วแต่ส่วนผสม

เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) เหล็กกล้าไร้สนิมจะมีธาตุที่ผสมอยู่เพื่อให้เหล็กมีคุณสมบัติต้านทานการเป็นสนิม คือ โครเมียม และจะต้องผสมโครเมียมให้สูงพอสมควร ดังนั้นเหล็กกล้าไร้สนิมนี้ก็คือ เหล็กประสมสูงชนิดหนึ่ง

เหล็กกล้า

4. เหล็กกล้าหล่อ (Cast Steel)

เหล็กกล้าหล่อ คือ เหล็กกล้าที่นำมาขึ้นรูปโดยวิธีการหล่อ ตามงานที่ต้องการ ซึ่งมีลักษณะรูปร่างซับซ้อนเกินกว่าที่จะทำการตีขึ้นรูป การอัด หรือการรีด ซึ่งวิธีการหล่อนี้จะได้งานที่ขนาดใกล้เคียงกับขนาดที่ต้องการ เหล็กกล้าหล่อนี้ เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กกล้าที่ผ่านการขึ้นรูปด้วยการตี หรือการรีด จะมีส่วนที่แตกต่างกันคือ ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่ผ่านการหล่อจะปรากฏมีรูพรุน เล็ก ๆ ระหว่างเกรน เหล็กกล้าหล่อแบ่งออกได้เป็น 2 กลุ่ม ๆ คือ

4.1 เหล็กกล้าคาร์บอนหล่อ (Carbon Steel Castings) เหล็กกล้าคาร์บอนหล่อเป็นเหล็กกล้า ที่มีคาร์บอนเป็นหลัก เพียงอย่างเดียวโดยมีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไม่เกิน 0.6% ธาตุอื่นที่ผสมอยู่เช่น แมงกานีส 0.5 - 1% ซิลิคอน 0.2 - 0.75% กำมะถัน 0.5% เหล็กกล้าหล่อคาร์บอนต่ำ มีคาร์บอนไม่เกิน 0.2% เหล็กกล้าหล่อคาร์บอนปานกลาง มีคาร์บอน 0.2- 0.5% เหล็กกล้าหล่อคาร์บอนสูง มีคาร์บอน 0.5-0.6%

4.2 เหล็กกล้าประสมหล่อ (Alloy Steel Castings) เหล็กกล้าประสมหล่อเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไม่เกิน 1.7% และธาตุอื่นผสมอยู่ด้วยเช่นแมงกานีส ซิลิคอน โครเมียม นิกเกิล วาเนเดียม โมลิบดีนัม โมลิบดีนัม ทังสเตน ทองแดง หรือโคบอลต์ การที่มีธาตุต่าง ๆ ประสมลงในเหล็กกล้าคาร์บอนนั้นเพื่อที่จะปรับปรุงสมบัติบางอย่าง เช่น คุณสมบัติ ชุบแข็ง สมบัติต้านทานการกัดกร่อนทั้งที่อุณหภูมิปกติและสูง สมบัติตัวนำไฟฟ้าและสมบัติเกี่ยวกับแม่เหล็ก กรรมวิธีการผลิตจะผลิตในเตากระทะ เต้าไฟฟ้า และเตาอินดักชั่น ส่วนใหญ่จะนำไปใช้งานทำชิ้นส่วนอุปกรณ์ในงานอุตสาหกรรมเคมี เหล็กกล้าประสมหล่อสามารถแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ เหล็กกล้าหล่อประสมต่ำ มีธาตุผสมที่สำคัญ เช่น แมงกานีส โครเมียม นิกเกิล ทังสเตน ไม่เกิน 10% เหล็กกล้าหล่อประสมสูง มีธาตุผสมที่สำคัญเกินกว่า 10%

เหล็กกล้า

5. เหล็กอ่อน (Wrought Iron)

เหล็กอ่อนนี้เป็นเหล็กที่ผลิตจากเตาพุตเดิ้ล (Pudding Process) มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนไม่เกิน 0.1% นอกจากนี้ยังมีธาตุอื่นผสมอยู่ เช่น ซิลิคอน กำมะถัน ฟอสฟอรัส แมงกานีส ผลผลิตจากเตาพุตเดิ้ล จะได้เหล็กที่มีความบริสุทธิ์สูงถึง 99.9% เมื่อเผาให้ร้อนเหล็กอ่อนนี้จะไม่หลอมเหลว แต่จะอ่อนเปื่อยกตีขึ้นรูปได้ง่ายมาก นอกจากนี้ยังสามารถตีขึ้นเหล็กให้ประสานกัน ได้อีกด้วย ส่วนมากการใช้งานท่อผลิตภัณฑ์ที่ต้องพบกับการเสื่อมสภาพโดยสนิม ข้อต่อรถไฟ โซ่ ขอบเกี่ยวเรือ

6. เหล็กหล่อ (Cast Iron)

เหล็กหล่อเป็นเหล็กที่ผลิตจากเหล็กดิบสีเทา (Gray Pig Iron) ที่ได้จากเตาสูง (BlastFurnace) มาหลอมหรือถลุงใหม่ในเตาคิวโปลา เตาแอร์เฟอร์เนซ หรือเตาไฟฟ้า ถ้าพิจารณาจาก Iron-carbon Equilibrium Diagram แล้วจะเห็นว่าเหล็กหล่มีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 2%-6.67% ส่วนเหล็กกล้ามีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.008%-2% เท่านั้น แต่ทางปฏิบัติแล้ว เหล็กหล่อจะมีปริมาณธาตุคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 2.5%-4% ถ้ามีมากกว่านั้นจะขาดสมบัติความเหนียว (Ductility) จะเปราะและแตกหักง่ายเมื่อถูกแรงกระแทกปกติ

เหล็กกล้า

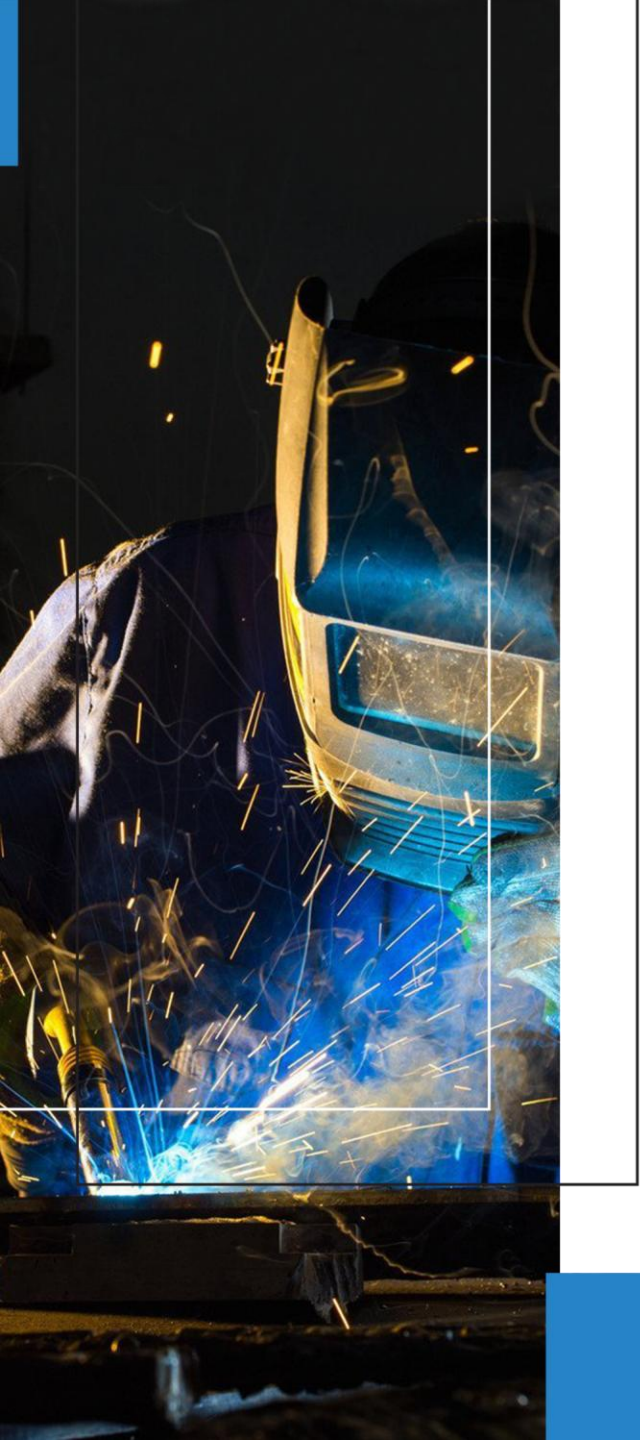


การแบ่งประเภทของเหล็กหล่อ

เหล็กหล่อสามารถแบ่งตามลักษณะของโครงสร้างการรวมตัวของคาร์บอนเป็นหลักได้ 6 ประเภท คือ

1. เหล็กหล่อสีขาว (White Cast Iron)
2. เหล็กหล่อสีเทาหรือสีดำ (Gray Cast Iron)
3. เหล็กหล่อกราฟไฟต์กลม (Spheroidal Graphite Cast Iron or Nodular Cast Iron)
4. เหล็กหล่อ CGI (Compacted graphite)
5. เหล็กหล่ออบเหนียว (malleable Cast Irons) หรือเหล็กหล่อเหนียว (GT)
6. เหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษ (Alloy and Special Cast Iron) สำหรับสมบัติ และ การเลือกใช้งานเหล็กหล่อ

ชนิดต่าง ๆ สามารถเลือกใช้ได้ ดังตาราง



เหล็กกล้า

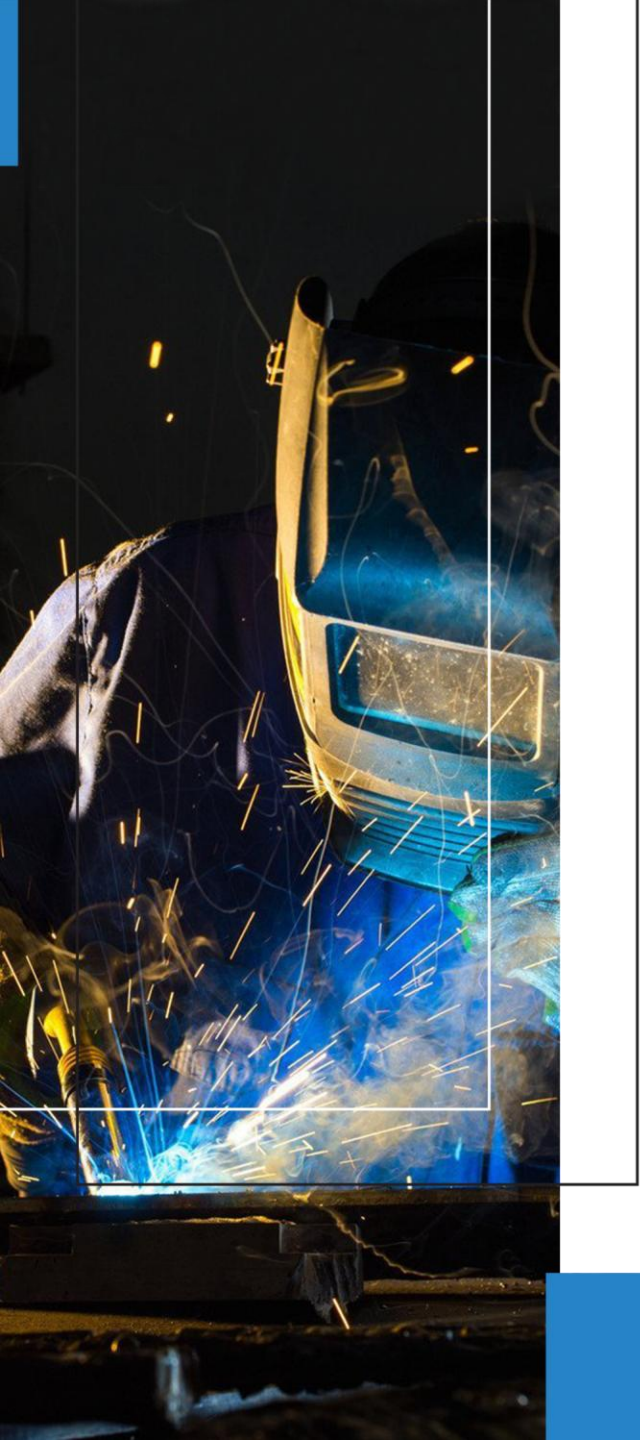
แสดงสมบัติ และการนำไปใช้งานของเหล็กหล่อ

ชนิดเหล็กหล่อ		สมบัติ	การนำไปใช้งาน
เหล็กหล่อสีขาว (White Cast Iron)	GH	1. มีความแข็งสูง นำนํ้าหนัก,กัด,เจาะ,ไส 2. มีความเปราะสูง 3. ทนแรงกระแทกได้น้อย 4. ทนการเสียดสีได้ดี การสึกหรอระหว่างการใช้น้อย	ทำลูกบอลกลิ้งในแบริ่ง ลูกปืน, ทำล้อรถไฟ, ทำลูกไม่ย้อยหิน และ ทำจานเจียรในเพชรพลอย
เหล็กหล่อสีเทา หรือสีดำ (Gray Cast Iron)	GG	1. มีความแข็งไม่มากนัก สามารถกลึงหรือไสตามต้องการได้ 2. มีอุณหภูมิหลอมเหลวต่ำ และมีความสามารถในการไหล (Fluidity) ดี สามารถหล่อหลอมให้ได้รูปร่างชนิดซับซ้อนได้ง่าย 3. มีอัตราการขยายตัวน้อยสามารถใช้ทำส่วนประกอบของเครื่องจักรกลที่ต้องการรูปร่างและขนาดที่แน่นอน 4. มีความต้านทานต่อแรงอัด และรับแรงสั่น (Damping Capacity) ได้ดี ใช้ทำแท่นรองรับอุปกรณ์ เครื่องมือกลต่าง ๆ 5. สามารถที่จะปรับปรุงสมบัติความต้านทานแรงดึงได้มากขึ้นอยู่กับการปรับปรุงส่วนผสมและการอบชุบ ทำให้ใช้งานได้กว้างขวาง	ก้านสูบ ทำท่อนํ้า ขนาดใหญ่ และ แท่นฐานเครื่องจักรกลต่าง ๆ เช่น ฐานเครื่องกลึง, เครื่องกัด ทำปากกาจับชิ้นงาน ฯลฯ

เหล็กกล้า



เหล็กหล่อกราไฟต์ กลม (Spheroidal Graphite Cast Iron or Nodular Cast Iron)	GGG	1. ทนแรงดึงได้สูงประมาณ 540 – 700 นิวตัน / มม.² 2. มีอัตราการยืดตัวประมาณ 1 – 5% 3. สามารถนำไปชุบแข็ง อบลดความเครียด หรือชุบผิวแข็งได้ 4. ความแข็งและความเปราะลดลง ทำให้กลึง, กัด, ใส, เจาะได้ง่าย 5. ทนต่อการสึกหรอได้ดี 6. ทนความร้อนได้ดี 7. สามารถนำไปตีขึ้นรูปได้ 8. สามารถรับแรงกระแทกได้ดี	เพลาค้อนเหวี่ยง เครื่องมือการเกษตร ชิ้นส่วนเรือเดินทะเล โครงสร้าง เครื่องจักรขนาดใหญ่, ท่อส่งน้ำ, ท่อ ส่งแก๊ส
เหล็กหล่อ CGI (Compacted graphite)		มีความต้านทานแรงดึงได้ดีกว่าเหล็กหล่อ สีเทา จะอยู่ในเกณฑ์เดียวกับกราไฟต์ ก้อนกลม แต่ความเหนียวจะด้อยกว่า	ทำเฟือง (Gear) ล้อช่วยแรง (fly wheel), เบรกดรัม (Brake drum) และท่อไอเสีย
เหล็กอบเหนียว (malleable Cast Irons) หรือ เหล็กหล่อเหนียว	GT	1. ความเหนียวจะเพิ่มมากขึ้นกว่า เหล็กหล่อสีเทาและเหล็กหล่อสีขาว 2. ความแข็งจะเพิ่มมากกว่าเหล็กหล่อ สีขาว แต่น้อยกว่าเหล็กหล่อสีเทา 3. อัตราการยืดตัวจะมากขึ้น 4. ทนต่อแรงกระแทกได้ดี 5. สามารถนำไปชุบผิวแข็งได้มาก	โครงสร้างเครื่องจักรกลขนาดใหญ่, ชิ้นส่วนเครื่องยนต์, เฟืองส่งกำลัง, ชิ้นส่วนเครื่องจักรกลการเกษตร

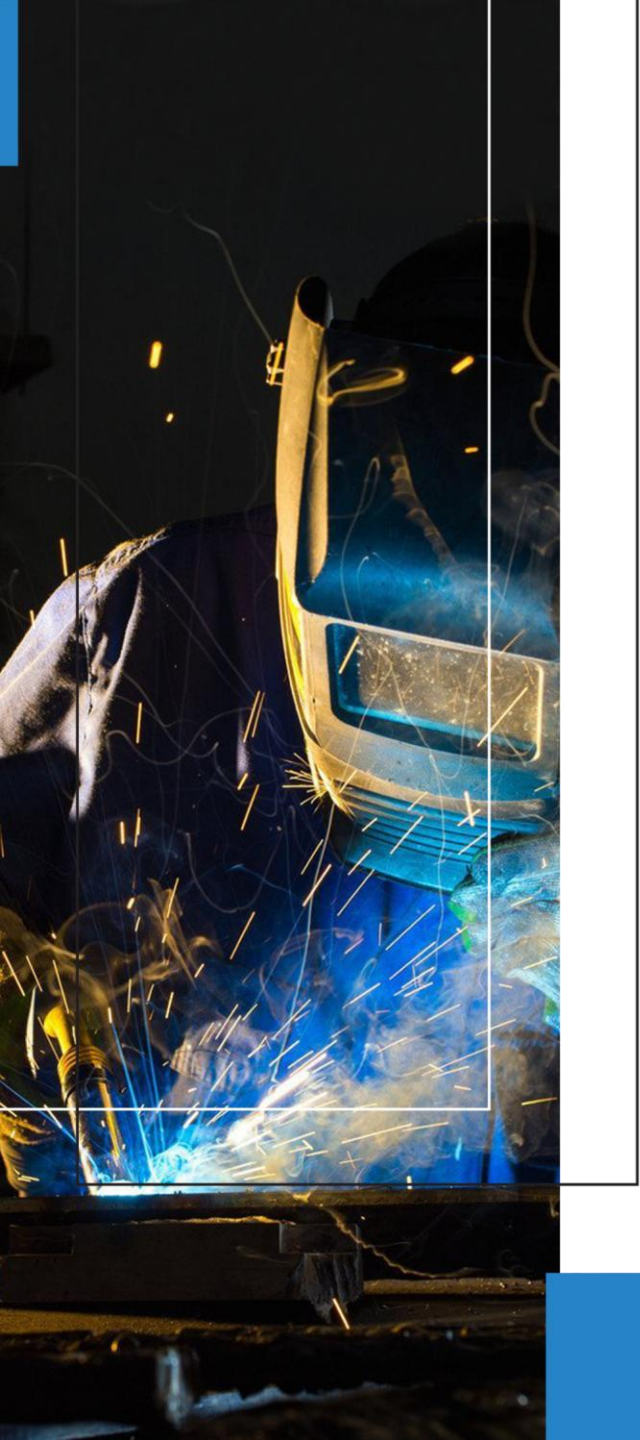


เหล็กกล้า

เหล็กหล่อผสมหรือ
เหล็กหล่อพิเศษ
(Alloy and Special
Cast Iron)

1. เหล็กหล่อผสมทนการเสียดสี (Alloy and Special Cast Iron) เหล็กหล่อผสมทนการเสียดสีเป็นเหล็กหล่อ ที่มีความแข็งแรงโดยผสมโลหะโครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัม ส่วนใหญ่จะมีลักษณะของรอยแตกเป็นสีขาว คล้ายกับเหล็กหล่อสีขาว
2. เหล็กหล่อผสมทนต่อความร้อน (Heat Resistance Cast Iron) มีสมบัติเด่น คือ มีความแข็งแรงได้ที่อุณหภูมิสูง โดยไม่เกิดการแตกหักหรือเปลี่ยนแปลง รูปทรง, มีความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชัน แม้จะอยู่ในสภาพที่สัมผัสกับแก๊สร้อน, มีความต้านทานต่อการเกิดอาการพองตัว (Growth) และมีโครงสร้างที่คงสภาพไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงของอุณหภูมิที่ใช้งาน ซึ่งจะสูงกว่า 600 °C
3. เหล็กหล่อผสมทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistant Iron) เหล็กหล่อทนการกัดกร่อนเป็นเหล็กหล่อที่มีธาตุผสมในอัตราสูง

ผลิตปั๊ม, ท่อ ข้อต่อต่าง ๆ, ท่อส่งสารละลายที่มีอำนาจในการกัดกร่อนสูง (High corrosive fluid)



เหล็กกล้า

เหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษเป็นเหล็กหล่อที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อให้มีสมบัติตามที่ต้องการเหล็กหล่อชนิดนี้มีอยู่หลายประเภทขึ้นอยู่กับสารหรือโลหะที่ผสมในเนื้อเหล็กหล่อ แบ่งออกตามการใช้งานได้ 3 ประเภท คือ

1. เหล็กหล่อผสมทนการเสียดสี (Alloy and Special Cast Iron) เหล็กหล่อผสมทนการเสียดสีเป็นเหล็กหล่อที่มีความแข็งแรงสูงโดยผสมโลหะโครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัม ส่วนใหญ่จะมีลักษณะของรอยแตกเป็นสีขาวคล้ายกับเหล็กหล่อสีขาว

2. เหล็กหล่อผสมทนต่อความร้อน (Heat Resistance Cast Iron) มีสมบัติเด่นคือ มีความแข็งแรงได้ที่อุณหภูมิสูงโดยไม่เกิดการแตกหักหรือเปลี่ยนแปลงรูปทรง มีความต้านทานต่อการเกิดออกซิเดชัน แม้จะอยู่ในสภาพที่สัมผัสกับแก๊สร้อน มีความต้านทานต่อการเกิดอาการพองตัว (Growth) และมีโครงสร้างที่คงสภาพไม่เปลี่ยนแปลงในช่วงของอุณหภูมิที่ใช้งานซึ่งจะสูงกว่า 600 °C

เหล็กกล้า

3. เหล็กหล่อผสมทนต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistant Iron) เหล็กหล่อทนการกัดกร่อนเป็นเหล็กหล่อที่มีธาตุผสมในอัตราสูงมักใช้ในงานวิศวกรรมที่เกี่ยวกับน้ำทะเล งานอุตสาหกรรมเคมี

- เพอร์เซนต์คาร์บอน 2-3.5%
- ธาตุที่ผสมอยู่ นิกเกิล 13.5-36%, ทองแดง 5.5 - 7.5%, โครเมียม 1.8 - 6%
- การใช้งาน ผลิตปั๊ม ท่อ ข้อต่อต่าง ๆ ลักษณะชิ้นงานที่ผลิตจากเหล็กหล่อ ดังแสดงในรูป



อุปกรณ์ท่อลำเลียง

บอลวาล์วปิด เปิด

แสดงชิ้นที่ผลิตจากเหล็กหล่อ

