สื่อประกอบการสอน
วิชาวัสดุงานช่างอุตสาหกรรม
(Industrial Materials) 20100-1002

หน่วยที่ 2
กรรมวิธีการผลิตเหล็ก

สาระการเรียนรู้

1. กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบ

2. กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า

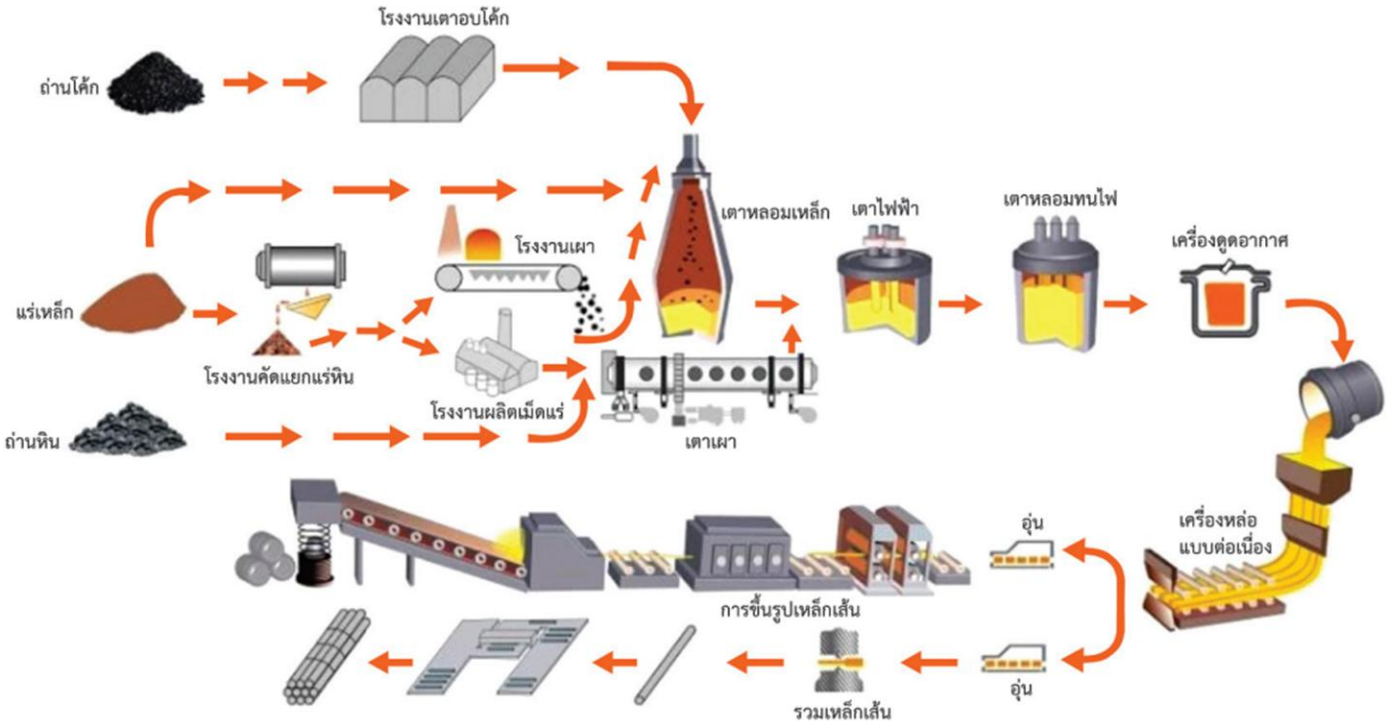
3. กรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อ

4. ประเภทของมาตรฐานเหล็ก

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. บอกกรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบได้
2. บอกกรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้าได้
3. บอกกรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อได้
4. จำแนกประเภทของมาตรฐานเหล็กได้

กระบวนการผลิตเหล็กขั้นต้นหรือกระบวนการถลุงแร่เหล็ก (Iron Ore) เป็นกระบวนการในการเปลี่ยนรูปแร่เหล็กซึ่งอยู่ในรูปของเหล็กออกไซด์ (Oxide) ให้กลายเป็นโลหะเหล็ก รวมทั้งสารปลอมปนอื่นโดยใช้สารลดออกซิเจน เช่น คาร์บอน ไฮดรเจน ในกรกำจัดออกซิเจนและสารปลอมปนออกจากเหล็กซึ่งสามารถแบ่งกระบวนการถลุงแร่เหล็กออกได้เป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ การถลุงเหล็กในสภาพของเหลวและการถลุงเหล็กในสภาพของแข็ง สำหรับกระบวนการผลิตเหล็กแสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตเหล็ก

ที่มา : https://www.tpkrungrueangkit.com

จากภาพที่ 2.1 กระบวนการผลิตเหล็กและเหล็กกล้ามีหลายขั้นตอน เริ่มตั้งแต่การเตรียมวัตถุดิบต่าง ๆ การถลุงเหล็ก การผลิตเหล็กกล้า การหล่อ การแปรรูป เช่น การรีด การตีขึ้นรูป และการตกแต่งขั้นสุดท้าย เช่น การเคลือบผิว การอบชุบความร้อน เป็นต้น จนกระทั่งได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กกล้าโดยทั่วไปแบ่งการผลิตเหล็กและเหล็กกล้าออกเป็น 3 ขั้นตอนหลัก คือ การผลิตเหล็กขั้นต้น การผลิตเหล็กขั้นกลาง และการผลิตเหล็กขั้นปลาย

1. กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบ

เหล็กดิบ (Pig Iron) เป็นผลผลิตจากเตาสูง เรียกว่า เตาบลาสต์เฟอร์เนซ (Blast Furnace) โดยการถลุงสินแร่เหล็ก ซึ่งความร้อนที่ใช้ในการถลุงนั้นได้มาจากการเผาไหม้ของถ่านโค้ก (Coke) โดยมีลมร้อนเป็นสิ่งที่ช่วยในการเผาไหม้

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กดิบ

1. สินแร่เหล็ก (Iron Ore) เป็นวัตถุดิบหลักในการกระบวนการผลิตเหล็กดิบ มีออกซิเจนเป็นส่วนประกอบอยู่เป็นหลัก เช่น แร่เหล็กดำ หรือแร่แม่เหล็ก (Magnetite) มีเหล็กบริสุทธิ์ 72.40% โดยปริมาตรถือว่าเป็นแร่เหล็กที่มีคุณภาพที่สุด ลักษณะของสินแร่เหล็ก ดังภาพที่ 2.2

ภาพที่ 2.2 สินแร่เหล็กที่ใช้ผลิตเหล็กดิบ

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กดิบ

2. ถ่านโค้ก (Coke) เป็นสารสังเคราะห์ที่ได้จากการนำเอาถ่านหินผ่านกรรมวิธีกลั่นทำลายโดยนำเอาถ่านหินไปบรรจุในที่จำกัดมิให้อากาศเข้าไปแล้วให้ความร้อนจนถ่านหินร้อนแดง หลังจากนั้น เทถ่านหินที่ร้อนแดงลงในน้ำทันทีจะได้ถ่านโค้กซึ่งมีรูพรุนทั้งก้อน เนื่องจากการระเหยตัวของแก๊ส ถ่านโค้กจะมีคาร์บอนสูงถึง 89-99% และถ่านโค้กที่เหมาะสมสำหรับการถลุงเหล็ก ควรมีเปอร์เซ็นต์ของกำมะถันน้อยที่สุด

ภาพที่ 2.3 ถ่านโค้กวัตถุดิบในการถลุงเหล็ก

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กดิบ

3. หินปูน (Limestone) เป็นหินในกลุ่มหินตะกอน โดยเป็นวัตถุดิบที่มีความสำคัญอีกอย่างหนึ่งในการผลิตเหล็กดิบ เมื่อใส่หินปูนลงไปเพื่อให้ทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ (Flux) แยกสารเจือปนในสินแร่เหล็กออกสารเจือปนจะถูกหลอมละลายแยกตัวออกมาเป็นขี้ตะกรัน (Slag) และลอยตัวอยู่เหนือผิวน้ำเหล็ก และหน้าที่อีกอย่างหนึ่งเป็นตัวเร่งปฏิกิริยาการลดออกซิเจนในเตาสูงให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ลักษณะของหินปูน ดังภาพที่ 2.4

ภาพที่ 2.4 หินปูนวัตถุดิบในการถลุงเหล็ก

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กดิบ

4. เศษเหล็ก (Scrap ron) เป็นวัตถุดิบในการถลุงเหล็กดิบ เพื่อต้องการประหยัดสินแร่เหล็กทำให้ลดต้นทุนในการผลิต โดยเศษเหล็กที่นำมาใช้นั้นต้องทำความสะอาด คัดเลือกเหล็กที่มีสารเจือปนจำพวกสารไม่ใช่เหล็ก (Non-Ferrous) เช่น สังกะสี ดีบุก หรือตะกั่ว ฯลฯ ให้ปะปนอยู่น้อยที่สุด ดังภาพที่ 2.5

ภาพที่ 2.5 เศษเหล็กวัตถุดิบในการถลุงเหล็ก

1.1 วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กดิบ

5. อากาศ (Air) เนื่องจากเตาเผาต้องการออกซิเจน เพื่อเข้าไปช่วยในการเผาไหม้เป็นอย่างมาก อากาศจะถูกปั๊มลมเป่าเข้าไปในเตาเผา โดยอากาศหรือลมที่เป่าพ่นเข้าไปจะต้องอุ่นน้ำมันให้ร้อนเสียก่อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิให้แก่เตาเผา อากาศที่อุณหภูมิสูงจะช่วยให้สามารถรักษาอุณหภูมิของการผสมเชื้อเพลิง ส่งผลให้เกิดการเผาไหม้ได้อย่างรวดเร็วและสมบูรณ์ และเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง

6. น้ำ (Water) ใช้ระบายความร้อนบริเวณเปลือกเตาเผา น้ำที่ใช้ต้องเป็นน้ำสะอาด โดยทั่วไปอาจใช้น้ำจากธรรมชาติ ลำคลอง ไม่ควรใช้น้ำทะเล เพราะอาจกัดกร่อนชิ้นส่วนของเปลือกเตาเผาให้ชำรุดเสียหายได้ง่าย

1.2 ขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็ก

กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบ หรือการถลุงเหล็กเพื่อให้ได้เหล็กดิบที่มีคุณภาพ ขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็กมีความสำคัญอย่างมาก ดังภาพที่ 2.6

ภาพที่ 2.6 ขั้นตอนการเตรียมสินแร่เหล็ก

1.3 การผลิตเหล็กดิบด้วยเตาบลาสต์เฟอร์เนซ (Blast Furnace)

เป็นเตาเผาที่ใช้ผลิตเหล็กดิบ มีลักษณะเป็นปล่องสูงเรียวขึ้นไปจนถึงปากปล่อง ส่วนตรงกลางเตาจะค่อย ๆ เรียวลงมายังกันเตาเปลือกนอกของเตาหุ้มด้วยเหล็กแผ่น ผนังภายในของเตาเรียงด้วยอิฐทนไฟชนิดต่าง ๆ ตามช่วงความร้อนภายในเตา ภายในผนังเตามีระบบน้ำหล่อเย็นเดินไว้ด้วยเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในเตาไม่ให้ร้อนจนเกินไปและมีท่อลมเป่าเข้าบริเวณท่อนกลางของเตาซึ่งเป็นบริเวณหลอมละลายของเหล็ก ลมที่เป่าเข้าไปจะเป็นลมร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิในการหลอมละลายและช่วยประหยัดเชื้อเพลิง โดยทั่วไปเตาสูงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-12 เมตร สูงประมาณ 30 เมตรสามารถทำงานตลอด 24 ชั่วโมง ประมาณ 7 ปี จึงหยุดทำการซ่อมแซม บำรุงรักษา ทั้งนี้เตาสูงสามารถผลิตเหล็กดิบได้วันละ 800-1,700 ตัน ดังภาพที่ 2.8

ภาพที่ 2.8 ลักษณะของเตาสูง

1.4 วิธีการผลิตเหล็กดิบ

1. เตรียมวัตถุดิบ ได้แก่ สินแร่เหล็ก จำนวน 2,000 ตัน ถ่านโค้ก จำนวน 800 ตัน หินปูนจำนวน 500 ตัน ลมร้อน จำนวน 4,000 ตัน และเศษเหล็กให้พร้อม

2. นำวัตถุดิบที่เตรียมป้อนเข้าเตาสูงทางปาก ซึ่งในการป้อนเข้าเรียงลำดับ ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ถ่านโค้ก ตอนที่เริ่มจุดเตาเพื่อถลุงเหล็กนั้น ต้องใส่ถ่านโค้กก่อน เพื่อให้เป็นเชื้อเพลิงทำให้เกิดปฏิกิริยาภายในเตา

ขั้นตอนที่ 2 หินปูน เมื่อถ่านโค้กติดไฟแล้วจะทำให้เกิดความร้อน ส่งผลให้หินปูนสลายตัวรอการผสมกับสิ่งสกปรกที่เกิดขึ้นภายในเตา หินปูนทำหน้าที่เป็นฟลักซ์ (Flux) แยกสารเจือปนในสินแร่เหล็กออก

ขั้นตอนที่ 3 เศษเหล็ก สำหรับขั้นตอนนี้บางเตาอาจไม่ใช้ ซึ่งถ้าเป็นเช่นนี้ให้ใส่ขั้นต่อไปได้เลย

ขั้นตอนที่ 4 สินแร่เหล็ก ทั้งนี้จะต้องผ่านการเตรียมให้ได้ขนาดตามต้องการ โดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10-15 มิลลิเมตร

1.4 วิธีการผลิตเหล็กดิบ

3. เป่าลมร้อนเข้าทางรูลม (Tuyere) ด้านล่าง ทำให้ถ่านโค้กเกิดการเผาไหม้ที่อุณหภูมิ 200 ˚C

4. ถ่านโค้กเกิดการเผาไหม้เกิดเป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ ดึงออกซิเจนที่อุณหภูมิ 1,200 ˚Cทำให้สินแร่เหล็กกลายเป็นเหล็กดิบ หรือเหล็กบริสุทธิ์ หลอมละลายที่อุณหภูมิ 1,528 ˚C และตกลงมาด้านล่างหรือกันเตา (Hearth) ซึ่งจะก่อด้วยอิฐทนไฟเรียงเป็นชั้น ๆ

1.4 วิธีการผลิตเหล็กดิบ

5. หินปูนที่ใส่เข้าไปในเตาจะรวมตัวกับสารเจือปนในสินแร่เหล็ก กลายเป็นขี้ตะกรัน (Slag)ซึ่งลอยตัวอยู่บนผิวน้ำเหล็กที่อุณหภูมิ 1,600 *C และเตรียมตักทิ้งหรือระบายออกไป

6. ผลผลิตที่ได้เป็นเหล็กดิบ ซึ่งมี 2 ชนิด ได้แก่ เหล็กดิบสีเทา มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน (C) มาใช้ทำเหล็กหล่อ และเหล็กดิบสีขาว ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์แมงกานีส (Mn) มาก ใช้ทำเหล็กกล้าต่อไป

2. กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า

2.1 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเซมเมอร์ (Bessemer Furnace)

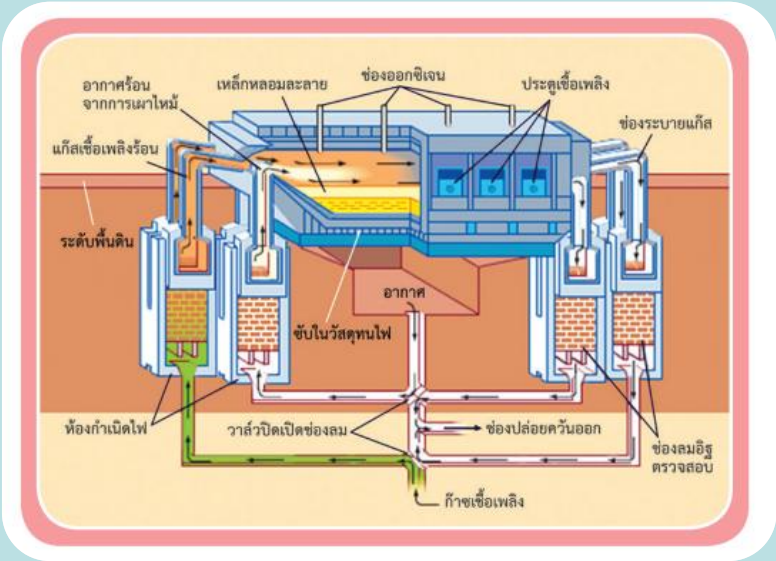
การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเซมเมอร์ หรือเตาแปรสภาพ (Converter) สามารถหมุนเอียงไปมาได้ ในการผลิตจะเริ่มเทน้ำเหล็กดิบสีขาวกับหินปูนลงไปในเตา ที่อยู่ในลักษณะแนวนอน จากนั้นเตาแปรสภาพจะถูกหมุนเป็นแนวดิ่ง โดยด้านล่างของเตาจะมีรูให้เป่ าลมออกซิเจนเพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงประมาณ 1,600 *C ลมออกซิเจนจะเคลื่อนผ่านน้ำเหล็กมีผลให้ซิลิกอน (Si)แมงกานีส (Mn) ถูกเผาไหม้และดูดออกไป หินปูนจะรวมตัวกับน้ำเหล็กที่มีซิลิกอน (S) แมงกานีส (Mn)ที่เหลืออยู่จะกลายเป็นขี้ตะกรัน และหลังจากนั้นออกซิเจนก็จะเริ่มทำปฏิกิริยากับคาร์บอน (C)

เป็นแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) แก๊สนีจะถูกพ่นออกทางปากปล่องเตา ประมาณ 12-15 นาที เมื่อเปลวไฟสงบลงแล้ว ขี้ตะกรัน (Slag) ก็จะลอยอยู่บนผิวหน้าของน้ำเหล็ก จากนั้นค่อย ๆ เอียงเตาเทขี้ตะกรันออกก่อนและน้ำเหล็กลงเบ้าที่รองรับอยู่ ดังภาพที่ 2.9 ตามลำดับ เวลารวมกันประมาณ 20 นาที ซึ่งน้ำเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีนี้เป็นเหล็กกล้าผิวบริสุทธิ์ (Rimming Steel) จะมีคาร์บอนประมาณ 3% สามารถนำไปใช้ขึ้นรูปต่อไป

ภาพที่ 2.9 ลักษณะของเตาเบสเซมเมอร์

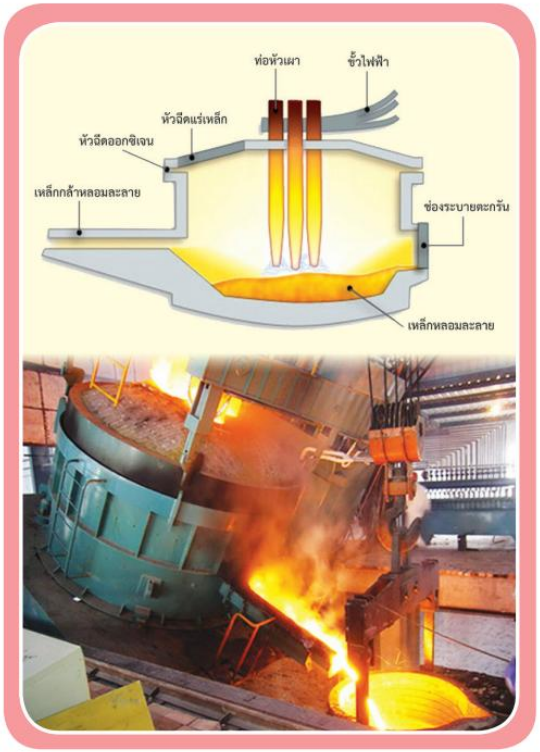
2.2 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาโอเพนฮาร์ (Open-Hearth Furnace

เตาโอเพนฮาร์ท หรือเตากระทะมีลักษณะคล้ายกับอ่างล้างมือ (Washbasin) แต่ก็มีบางคนมองดูคล้ายกับรูปหัวใจ (Heart) จึงเรียกว่าเตาโอเพนฮาร์ท มีการป้อนเหล็กดิบ เศษเหล็ก หินปูน และแร่เหล็กบางชนิดเข้าทางช่องสำหรับบรรจุวัตถุดิบเข้าเตา (Charging Doors) และความร้อนภายในเตาถูกทำความร้อนอุณหภูมิสูงถึง 1,700 ˚C หรือ 3,000 ˚F ขณะทำการหลอมเหลวจะเกิดการเผาไหม้อย่างรุนแรงเมื่อหลอมเสร็จก็จะได้เหล็กกล้าผิวบริสุทธิ์(Rimming Steel) คุณสมบัติมีความแข็งแรงมีความเหนียวดี ทนแรงดึง กด บิด และทนแรงกระแทกได้ดีซึ่งพร้อมจะนำไปแปรรูปเป็นเหล็กรูปพรรณ



2.3 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาไฟฟ้า (Electic Arc Furnace)

เตาไฟฟ้ามีลักษณะคล้ายกับกาชงชา (Teakettle) มีท่อปล่อยเหล็กหลอมออกมาทางหนึ่งมีลักษณะเป็นท่อกลม ตัวเตาถูกปิดล็อกอย่างแน่นหนา หลังคาเตาสามารถหมุนเหวี่ยงออกทางด้านข้างหรือยกขึ้นได้เพื่อนำเหล็กดิบใส่ลงไปในเตาหลอมด้านนอกเตาถูกหุ้มด้วยเหล็กกล้า และส่วนด้านในมีการเรียงด้วยอิฐทนไฟ ภายในเตามีแท่งอิเล็กโทรด(Electrodes) นำไฟฟ้าอยู่ 3 แท่งที่ถูกสอดลงมาทางด้านบนเตาขนาดของแท่งอิเล็กโทรดมีขนาดใหญ่แท่งอิเล็กโทรดเหล่านี้ถูกใช้ในการจุดไฟหลอมให้กับโลหะที่อยู่ภายในเตาหลอมอาร์คไฟฟ้าสามารถควบคุมอุณหภูมิได้แม่นยำกว่าเพราะใช้ไฟฟ้าเข้าไปควบคุม แทนที่จะใช้การไหลของแก๊ส



ภาพที่ 2.11 ลักษณะของเตาไฟฟ้า

2.4การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า(Induction Furnace)

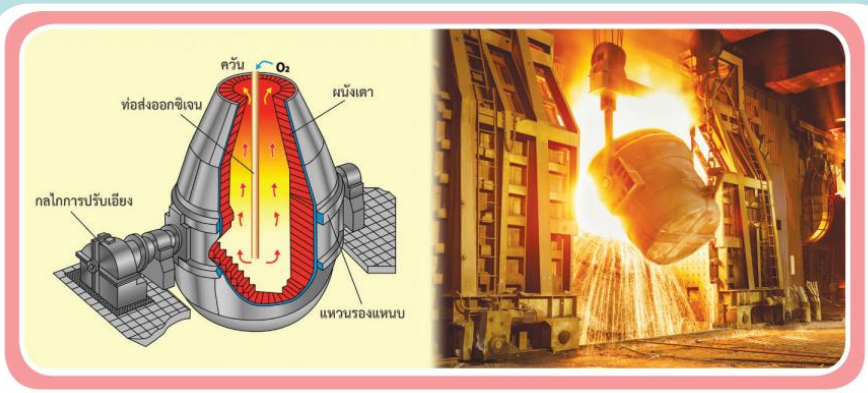
เตาหลอมเหล็กด้วยการเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้าตั้งแต่ 1-60 ตัน จะใช้ในการหลอมเหล็กกล้าเจือสูงหรือเหล็กกล้าผสมสูง (High Alloy Steel) เหล็กหล่ออบเหนียว (Ductile Cast Iron) เหล็กหล่อสีเทาโลหะหนัก โลหะเบา เหล็กหล่อผสม เป็นต้น ซึ่งการหลอมละลายกระทำโดยการปล่อยกระแสไฟฟ้าสลับให้ไหลผ่านท่อทองแดง ดังภาพที่ 2.12

ภาพที่ 2.12 ลักษณะของเตาเหนี่ยวนำกระแสไฟฟ้า

2.5 การผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเป่าออกซิเจนโดยตรง

(Direct Oxygen Process Furnace)

เป็นกรรมวิธีที่แก้ไขจากการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเซมเมอร์ โดยอากาศที่พ่นเข้าเตานอกจากมีออกซิเจน (O) แล้วยังมีไนโตรเจน (N) ปะปนเข้าไปด้วย ซึ่งไนโตรเจนจะทำปฏิกิริยากับเหล็กได้เหล็กไนไตรด์ เมื่อเหล็กเย็นตัวสารประกอบไนไตรด์จะอยู่ในเกรนของเหล็กทำให้เหล็กมีความแข็งเปราะ ดังนั้นการแก้ปัญหาโดยใช้ออกซิเจนบริสุทธิ์พ่นลงไปแทนที่จะใช้อากาศ ทำให้เกิดกรรมวิธีเป่าออกซิเจนโดยตรง (Direct Oxygen Process) ลักษณะของเตาที่ใช้ก็คล้ายเตาเบสเซมเมอร์ต่างกันที่เป็นเตาปิด



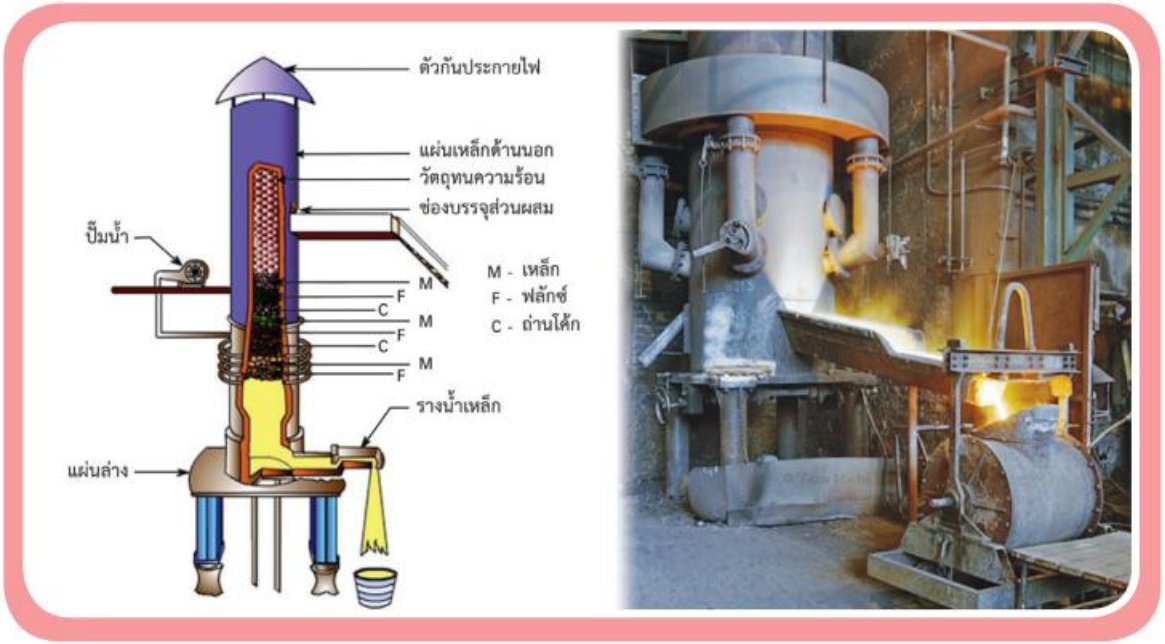
ภาพที่ 2.13 ลักษณะของเตาเป่าออกซิเจนโดยตรง

3. กรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อ

การผลิตเหล็กหล่อด้วยเตาคิวโปลา (Cupola Furnace)

เตาคิวโปลาเป็นเตาที่ใช้กันมากสุดในอุตสาหกรรมการหล่อเหล็ก โครงสร้างเป็นเหล็กเหนียวรูปทรงกระบอก ภายในเรียงด้วยอิฐทนไฟ มีท่อลมเพื่อป้อนเข้าไปช่วยการเผาไหมให้สมบูรณ์ รวมทั้งมีรูให้น้ำเหล็กและขี้ตะกรัน (Slag) ออกได้ ด้านข้างของเตาประมาณช่วงกลางเตามีช่องที่เปิดสำหรับใส่วัสดุที่ต้องการหลอม ได้แก่ เหล็กดิบ เศษเหล็ก และหินปูน เป็นต้น สำหรับเชื้อเพลิงหลักที่ใช้ คือ ถ่านโค้กส่วนลมเป็นตัวช่วยให้เกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ขนาดของเตาที่ใช้กันโดยทั่วไปมีความสูงตั้งแต่ 12-24 เมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอก 0.6-3.0 เมตร และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง

ภายใน 0.4-2.5 เมตร ปริมาณของเหล็กหล่อที่หลอมได้ 1-35 ตันต่อชั่วโมง และเหล็กหล่อที่ได้มีคาร์บอนเกินกว่า 2% จนถึง 6.67% มีหลายชนิด เช่น เหล็กหล่อสีเทา (Gray Cast Iron) เหล็กหล่อสีขาว(White Cast Iron) ลักษณะของเตาคิวโปลา ดังภาพที่ 2.14

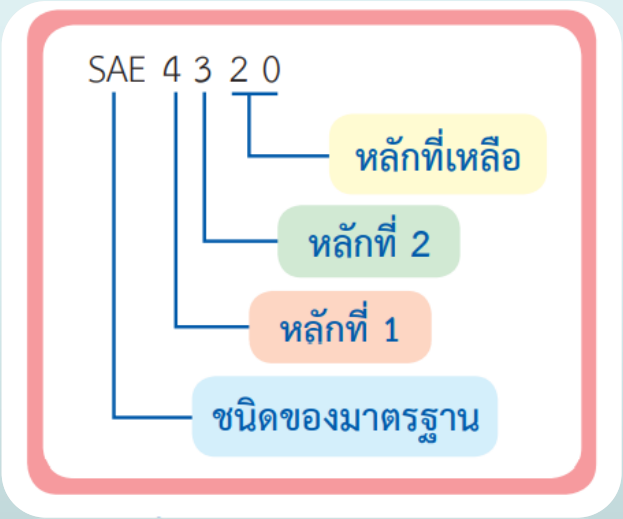


ภาพที่ 2.14 ลักษณะของเตาคิวโปลา

4. ประเภทของมาตรฐานเหล็ก

4.1 มาตรฐานเหล็กระบบอเมริกา

1. มาตรฐานสมาคมวิศวกรรมยานยนต์แห่งอเมริกา (Society of Automotive Engineers) ใช้ตัวย่อสัญลักษณ์ SAE การกำหนดมาตรฐานของระบบนี้จะขึ้นต้นด้วย SAEตามด้วยเลข 4 หลัก หรือ 5 หลัก เช่น SAE 4320 ดังภาพที่ 2.15



2. มาตรฐานของสถาบันเหล็ก และเหล็กกล้าของอเมริกา (American Iron and Steel Institute) ใช้ตัวย่อสัญลักษณ์ AISI ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก ตามมาตรฐานระบบ AISI

ที่	กรรมวิธีการผลิต	สัญลักษณ์
1	เหล็กประสมที่ผลิตจากเตาเบสเซมเมอร์ (Bessemer) ชนิดที่เป็นกรด	A
2	เหล็กประสมที่ผลิตจากเตาเบสเซมเมอร์ (Bessemer) ชนิดที่เป็นด่าง	B
3	เหล็กที่ผลิตจากเตาโอเพนฮาร์ท (Open-Hearth) ชนิดที่เป็นกรด	C
4	เหล็กที่ผลิตจากเตาโอเพนฮาร์ท (Open-Hearth) ชนิดที่เป็นด่าง	D
5	เหล็กที่ผลิตจากเตาไฟฟ้า (Electric Furnace)	E

4.2 มาตรฐานเหล็กระบบเยอรมัน

การจำแนกประเภทของเหล็กตามมาตรฐานเยอรมันจะแบ่งเหล็กออกเป็น 4 ประเภท ดังนี้

1. เหล็กกล้าคาร์บอน (หรือเหล็กไม่ประสม)
2. เหล็กกล้าประสมต่ำ (Low Alloyed Steel)
3. เหล็กกล้าประสมสูง (High Alloyed Steel)
4. เหล็กหล่อ (Cast Iron)

4.2 มาตรฐานเหล็กระบบญี่ปุ่น

การจำแนกประเภทของเหล็ก ตามมาตรฐานระบบญี่ปุ่น จะแบ่งเหล็กตามลักษณะงานที่ใช้ตัวอักษรชุดแรก ซึ่งจะมีคำว่า เS อยู่หน้าสัญลักษณ์ เช่น JIS G 3101 รายละเอียดดังนี้

1.ตัวอักษร JIS ซึ่งหมายถึง มาตรฐานระบบญี่ปุ่น (Japanese Industrial Standards)

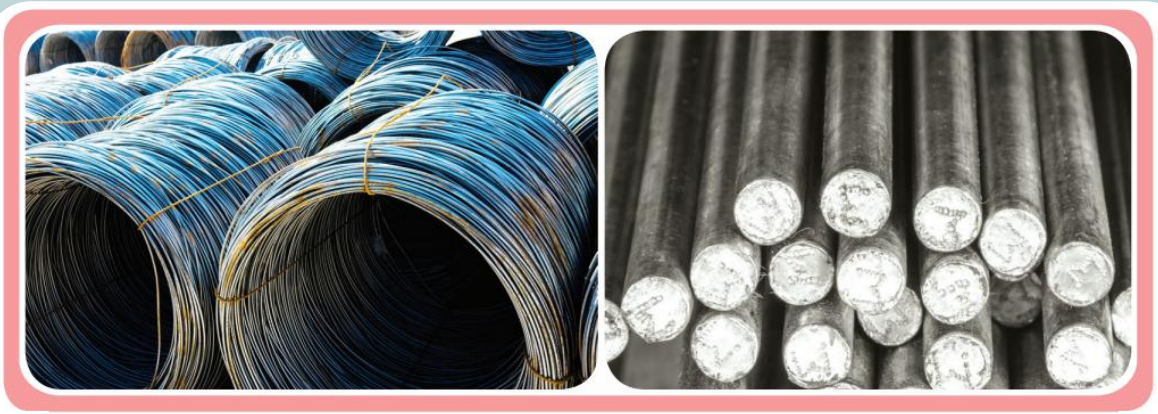
2. ตัวอักษรกลุ่มผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมต่าง ๆ

3. ตัวเลขตัวแรก หมายถึง กลุ่มประเภทของเหล็ก

4. ตัวเลขตัวที่ 2 หมายถึง ตัวแยกประเภทของวัสดุในกลุ่มนั้น

5. ตัวเลขที่เหลือ 2 หลักสุดท้าย หมายถึง จะเป็นตัวแยกชนิดของส่วนประสมที่มีอยู่ในวัสดุนั้น

ประเทศไทยมีการกำหนดมาตรฐานเหล็ก คือ มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (Thai Industrial Standards Institute) ใช้อักษรย่อ TIS เช่น มอก.20-2559 คือ มาตรฐานเหล็กเส้นกลม (Round Bars : RB) มีชั้นคุณภาพ คือ SR24 หมายถึง เหล็กต้องมีกำลังจุดคลากไม่ต่ำกว่า 2,400 กก./ตร.ซม.ขนาดของเหล็กมีตั้งแต่ 6 มิลลิเมตรถึง 25 มิลลิเมตร ส่วนความยาวมาตรฐานคือ 10 เมตร และ 12 เมตร หรือสามารถสั่งดัดพิเศษตามแบบ ที่ต้องการได้ เหล็กขนาด6 มิลลิเมตร และ 9 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 มาตรฐานเหล็กเส้นกลม มีชั้นคุณภาพ SR24

หน่วยที่ 1

หน่วยที่ 3