	แผนการสอน	**หน่วยที่ 4**
	ชื่อวิชา วัสดุช่างอุตสาหกรรม	**สอนครั้งที่ 4**
	ชื่อหน่วย โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก	**ชั่วโมงรวม 2 ชม.**
ชื่อเรื่องหรือชื่องาน โลหะหนัก		**จำนวนชั่วโมง 2 ชม.**

หัวข้อเรื่องและงาน

โลหะเป็นวัสดุที่มีความสำคัญมากในงานช่างอุตสาหกรรมชนิดหนึ่ง ปัจจุบันวัสดุที่นำมาใช้ในงานอุตสาหกรรมจะเป็นวัสดุประเภทโลหะถึง 80 เปอร์เซ็นต์ของวัสดุทั้งหมด มีทั้งโลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous) โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-Ferrous) และโลหะผสม (Alloy) การนำไปใช้ต้องพิจารณาเลือกตามความเหมาะสมกับสภาพการใช้งานเนื่องจากโลหะแต่ละชนิดมีคุณสมบัติที่แตกต่างกัน ดังนั้น การใช้งานก็แตกต่างกันด้วย

โลหะที่กล่าวมานี้สามารถนำมาปรับปรุงคุณสมบัติตามที่ต้องการได้โดยการเติมธาตุที่ต้องการลงไปจะได้โลหะที่มีคุณสมบัติตามต้องการ ปัจจุบันได้มีการจัดหาวัสดุอื่นซึ่งมีคุณสมบัติใกล้เคียงกับโลหะมาใช้งานทดแทนโดยเฉพาะแก้ว พลาสติก และไฟเบอร์กลาสส์ เป็นต้น

สาระสำคัญ

1. การจำแนกวัสดุอุตสาหกรรม
2. ประเภทของโลหะ
3. เหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียว
4. อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม

สมรรถนะที่พึงประสงค์ (ความรู้ ทักษะ คุณธรรม จริยธรรม จรรยาบรรณวิชาชีพ)

1. แยกประเภทของโลหะได้
1. อธิบายคุณลักษณะของโลหะที่เป็นเหล็กและไม่ใช่เหล็กได้
2. บอกชนิดและคุณสมบัติของโลหะผสมได้
3. บอกชนิดของโลหะที่ไม่ใช่เหล็กได้
4. มีการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ที่ผู้สอนสามารถสังเกตเห็นได้ในด้านการมีมนุษย์สัมพันธ์ ความมีวินัย ความรับผิดชอบ ความเชื่อมั่นในตนเอง ความสนใจใฝ่รู้

เนื้อหาสาระ

1. วัสดุอุตสาหกรรม
    1.1 โลหะ
        1.1.1 โลหะที่เป็นเหล็ก
2. เหล็กกล้า
    2.1 เหล็กกล้าคาร์บอน
    2.2 เหล็กกล้าผสม
3. ธาตุที่มีผลต่อโลหะผสม

เนื้อหาสาระ

วัสดุในงานอุตสาหกรรม

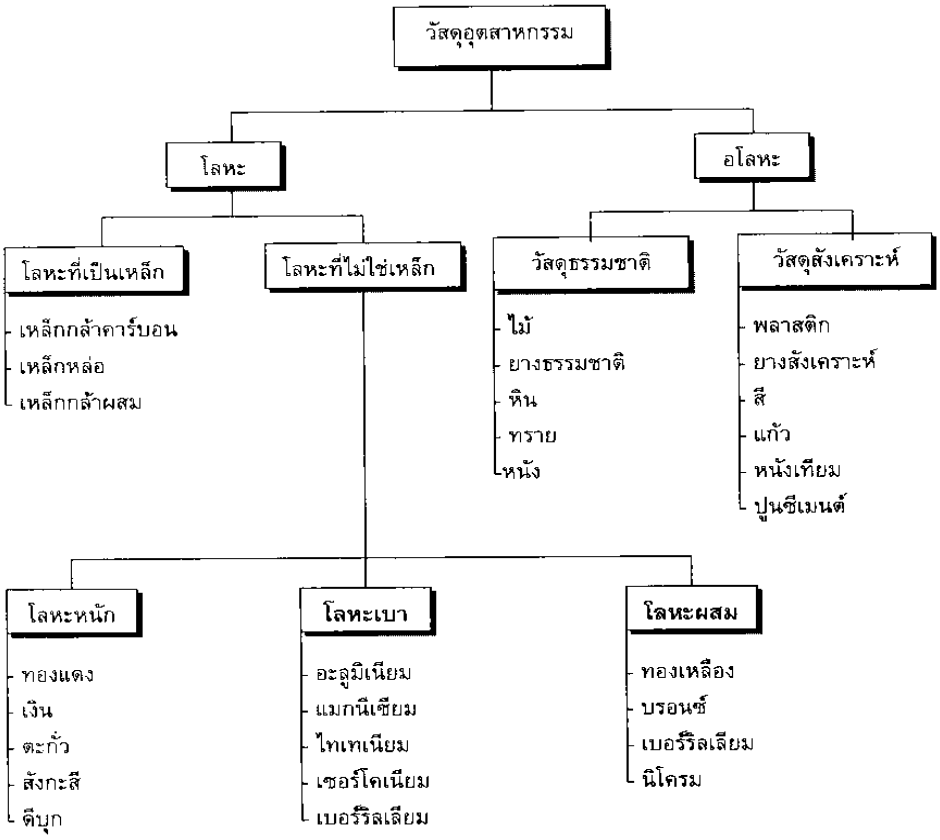
การจำแนกวัสดุอุตสาหกรรม

ในการสร้างผลิตภัณฑ์ขึ้นมาแต่ละชิ้น ผู้ผลิตต้องมีความรู้เกี่ยวกับข้อมูลพื้นฐานของวัสดุ คุณสมบัติและการนำไปใช้งาน พฤติกรรมและคุณสมบัติของวัสดุ จะบอกให้ทราบถึงประโยชน์หรือข้อจำกัด ซึ่งมีผลบังคับในการเลือกใช้วัสดุ การออกแบบรูปร่าง และกระบวนการผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่ผลิตออกมามีประสิทธิภาพตามต้องการ

ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของผลิตภัณฑ์ เป็นสิ่งสำคัญซึ่งผู้ผลิตจะต้องเรียนรู้ ในผลิตภัณฑ์หนึ่ง ๆ อาจมีวัสดุที่แตกต่างกันหลายชนิดประกอบกันอยู่ ตัวอย่างเช่น การผลิตรถยนต์คันหนึ่งเราจะเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมตามคุณสมบัติ คุณลักษณะ และหน้าที่ของชิ้นส่วนที่ประกอบอยู่ในรถนั้นและข้อสำคัญราคาต้องไม่แพง เช่น เลือกเหล็กกล้า (Sheel) ทำโครงและลำตัว เพราะมันให้ความแข็งแรง และขึ้นรูป ได้ง่าย อีกทั้งเป็นโลหะที่ราคาไม่แพง เลือกใช้วัสดุประเภทพลาสติกประกอบส่วนต่าง ๆ ของรถ เพราะว่ามันมีคุณลักษณะที่ดีหลายอย่าง เช่น ทำให้มีสีต่าง ๆ มีน้ำหนักเบา ราคาถูก และทำให้มีรูปร่างต่าง ๆ ได้ง่ายตามต้องการ เลือกใช้แก้วทำหน้าต่างด้านหน้าและด้านข้าง เพราะมีคุณสมบัติใสส่งผ่านแสงได้ดี ทำให้รูปแบบต่าง ๆ ได้ง่ายมีความแข็งและต้านทานต่อการขูดขีดหรือถลอกได้ดี

วัสดุอุตสาหกรรม คือ วัสดุที่โรงงานอุตสาหกรรมการผลิตนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อนำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าต่าง ๆ เหล็กโครงสร้าง หม้อ จาน ช้อน ฯลฯ

วัสดุอุตสาหกรรมแบ่งออกเป็น 2 จำพวกใหญ่ ๆ ดังแสดงในแผนภูมิ ดังนี้



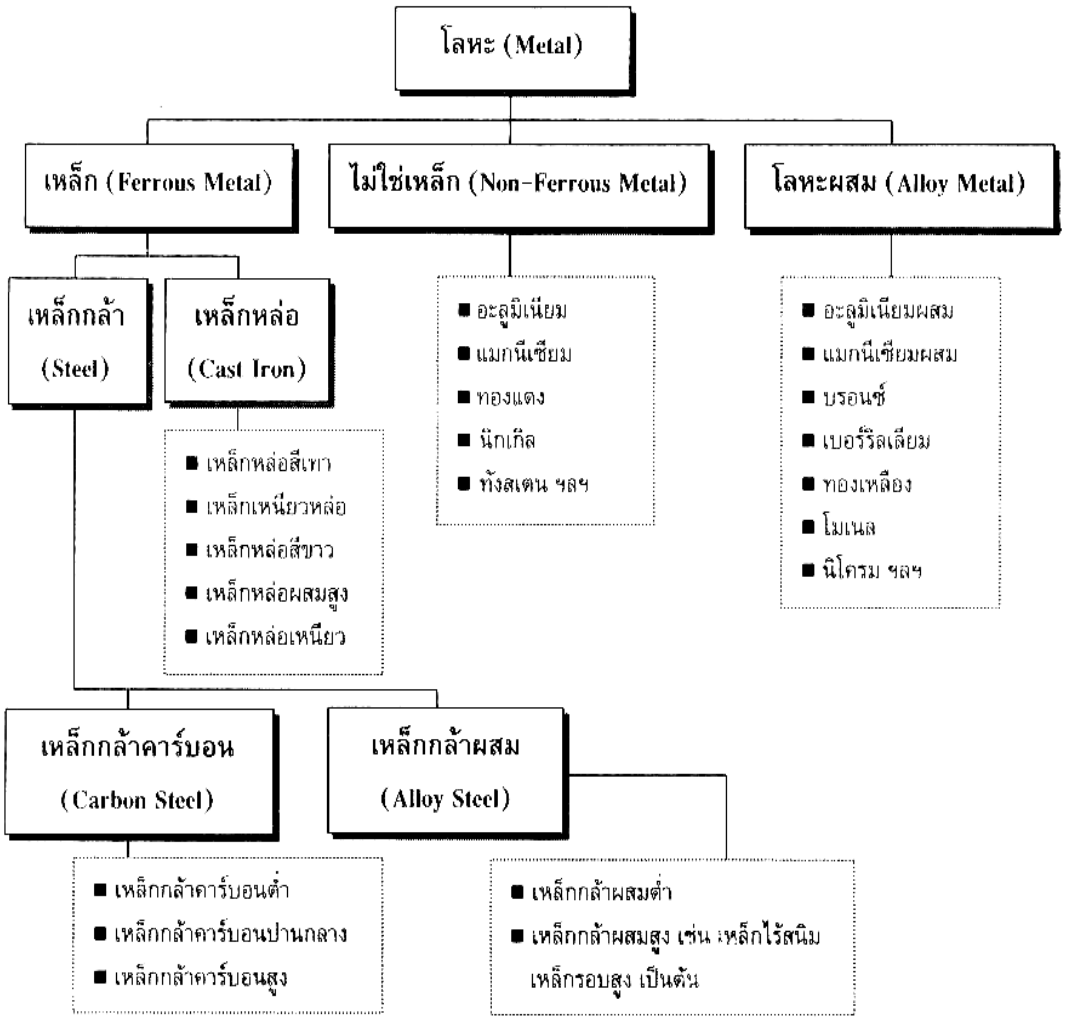
แสดงแผนภูมิของวัตถุอุตสาหกรรม

ประเภทของโลหะ (Type of Metal)

โลหะเป็นวัสดุที่ได้จากการถลุงสินแร่โลหะชนิดต่าง ๆ เช่น เหล็ก ทองแดง ตะกั่ว ดีบุก อะลูมินัมและสังกะสี เป็นต้น โลหะมีคุณสมบัติพอที่จะสรุปได้ ดังนี้

1. เป็นตัวนำความร้อน และไฟฟ้าได้ดี
2. มีความแข็งแรง และมีความเหนียว
3. มีผิวมันแวววาว
4. มีการขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น
5. เมื่อเคาะมีเสียงดังกังวาน
6. มีจุดหลอมเหลวสูงกว่าวัสดุชนิดอื่น
7. มีความคงทนถาวร ไม่ผุพังหรือเสื่อมสลายได้โดยง่าย

วัสดุประเภทโลหะยังได้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ โลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous) โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-Ferrous) และโลหะผสม (Alloy)



แสดงการแบ่งประเภทของโลหะ

โลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous Metal) เป็นโลหะที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมโดยทั่วไปเป็นอย่างมาก เนื่องจากเป็นโลหะที่มีความแข็งแรงสูง สามารถปรับปรุงคุณสมบัติให้ดีขึ้นได้ตามต้องการ มีปริมาณมากบนพื้นผิวโลกและราคาถูก

1. **เหล็กกล้า** (Steels)
2. **เหล็กหล่อ** (Cast Iron)

เหล็กกล้าหรือเหล็กเหนียว

เป็นเหล็กที่มีคาร์บอน (Carbon) ผสมอยู่ไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ แบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่เป็นหลัก ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ประเภทคือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และเหล็กกล้าคาร์บอนสูง

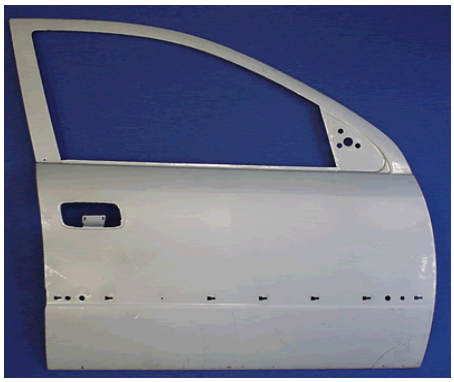
2. เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel) นอกจากจะมีคาร์บอนผสมอยู่ด้วยแล้ว ยังมีโลหะชนิดอื่นผสมอยู่ด้วย ซึ่งแบ่งออกเป็น **เหล็กกล้าผสมต่ำ** (Low Alloy Steel) **และเหล็กกล้าผสมสูง** (High Alloy Steel)

เหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) คือ เหล็กที่มีธาตุคาร์บอน (Carbon) ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กตั้งแต่ 0.1 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่ต้องไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ และยังมีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่อีกเล็กน้อยซึ่งอาจเป็นเพราะต้องการให้ผสมอยู่ หรืออาจเป็นเพราะขจัดออกไม่หมดในขณะทำการผลิต เช่น ธาตุจำพวกกำมะถัน (Sulfur) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) ซิลิคอน (Silicon) และแมงกานีส (Manganese) เป็นต้น

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) **ยังได้แบ่งออกเป็น 3 ประเภทดังนี้ คือ**

1. **เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ** (Low-Carbon Steel) หรือที่เราเรียกว่า เหล็กกล้าละมุน “Mild Steel” เหล็กกล้าชนิดนี้จะมีคาร์บอนผสมอยู่จำนวนน้อยไม่เกิน 0.03 เปอร์เซ็นต์ เป็นเหล็กธรรมดาที่ใช้กันในงานช่างอุตสาหกรรม นิยมนำไปใช้ผลิตเป็นสลักเกลียว (Bolt) แป้นเกลียว (Nut) โลหะแผ่นบาง โลหะแผ่นหนา ท่อ เหล็กโครงสร้าง และวัสดุในเครื่องจักรกลที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก



2. **เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง** (Medium-Carbon Steel) เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ แต่ไม่เกิน 0.6 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปแล้วจะใช้ในงานที่ต้องการความแข็งแรงมากกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ เช่น ส่วนประกอบของเครื่องจักรกล รถยนต์ อุปกรณ์การเกษตร และชิ้นส่วนต่าง ๆ เช่น เฟือง (Gears) แกนหรือเพลา (Axles) เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshafts) ชิ้นส่วนของรางรถไฟ (Railroad) และอุปกรณ์ในด้านงานโลหะต่าง ๆ

3. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High – Carbon Steel) เป็นเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.60 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป แต่ไม่เกิน 1.5 เปอร์เซ็นต์ โดยทั่วไปจะใช้ชิ้นส่วนที่ต้องการความแข็งแรง มีความแข็งแรง และความต้านทานต่อการสึกหรอได้ดี เช่น เครื่องมือตัด สายเคเบิล เส้นลวดของเครื่องดนตรี สปริง มีดหรือกรรไกร เป็นต้น เหล็กชนิดนี้หลังจากทำการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์แล้วจะต้องมีการอบชุบและอบเพื่อลดความเครียด

คาร์บอนที่ผสมอยู่จำนวนมากในเหล็กนี้ จะทำให้เหล็กมีความแข็งแรงสูง ทนต่อแรงดึงได้สูงและทนทานต่อการสึกหรอได้ดี หลังจากที่ได้ผ่านกรรมวิธีทางความร้อน เกี่ยวกับการชุบผิวแข็งแล้ว

ตารางจำนวนเปอร์เซ็นต์คาร์บอนของเหล็กกล้าคาร์บอนและการนำไปใช้งาน

	เปอร์เซ็นต์คาร์บอน (% Carbon)	ผลิตภัณฑ์ที่นำมาไปใช้งาน
เหล็กคาร์บอนต่ำ	0.07-0.15	ใช้ทำเหล็กแผ่น แท่งเหล็ก ลวด ชิ้นส่วนที่ต้องการผิวเรียบ เช่น ตัวถังรถยนต์ ฝากระโปรงรถ สลัก หมุดย้ำ หรืองานที่ต้องการความแข็งแรงไม่มากนัก เหล็กชนิดนี้ถ้านำไปรีดเย็น จะมีความแข็งเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์
	0.18-0.20	ใช้ทำตัวถังของหม้อน้ำขนาดใหญ่ ตัวผนังเรือ โซ่และชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล
	0.20-0.30	ใช้ทำเฟือง (Gear) วาล์ว เพลาข้อเหวี่ยง ข้อเสือ ข้อต่อ แกนของทุ่นอารีเมเจอร์เหล็กกล้าชนิดมีคุณสมบัติทางกลดี เหมาะสำหรับทำเกลียวตีขึ้นรูปได้ดี ในสภาพอบอ่อนตัว หรืออบให้เหนียว
เหล็กคาร์บอนปานกลาง	0.35-0.45	ใช้ทำเพลา ข้อต่อชนิดคุณภาพสูง ทำเครื่องจักรกล สปริงแผ่นอาร์เมเจอร์สำหรับโรเตอร์ (Rotor) ทำเฟือง (Gear) ทำสลักเกลียวยึดสมอเรือเนื่องจากทนการกัดกร่อนได้ดี การชุบแข็งคาร์บอนซึมเข้าไปในเนื้อเหล็กได้ลึก
	0.45-0.55	ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลซึ่งรับแรงกระแทกได้ดี โดยเฉพาะคันส่ง คันชักของล้อรถไฟ เพลาข้อเหวี่ยง สลักเกลียว (Bolt) เฟืองชนิดพิเศษ
เหล็กคาร์บอนสูง	0.60-0.70	ใช้ทำพันช์ (Punch) ดาย (Die) ทำแม่พิมพ์ สกรู ทำเครื่องมือวัด เช่น สแนปเกจ ทำแหวน (Ring) ทำวาล์ว (Valve) สปริงคลัตช์ สปริงคลิปของแผ่น คลัตช์
	0.70-0.90	ใช้ทำล้อรถไฟ รางรถไฟ สิ่ว ขวาน ใบมีด ใบเลื่อย ผานไถนาของอุปกรณ์การเกษตร หัวเจาะหิน ใบมีดตัดหญ้า
	0.90-1.10	ใช้ทำ Punch และ Die สปริง ลูกปืน (Bearing) เพลาล้อรถ ใช้ทำแหนบ รถไฟ ดอกทำเกลียวใน (Tap) และชิ้นส่วนเครื่องมือกล
	1.10-1.30	ใช้ทำดอกเกลียวใน (Tap) ดอกทำเกลียวนอก (Die) คมตัดทำงานในลักษณะบิด (ดอกสว่าน) และตะไบ เป็นต้น
	1.30-1.50	ใช้ทำใบมีดตัดกระดาษ มีดกลึง ใบเลื่อยตัดเหล็ก กรรไกร เครื่องมือตัดเหล็กต่าง ๆ

หมายเหตุ

คาร์บอน (Carbon) เป็นธาตุที่ผสมในเนื้อเหล็กจะทำให้เหล็กมีคุณสมบัติแข็งขึ้น ถ้ามีน้อยจะทำให้เหล็กนั้นไม่สามรถชุบแข็งได้ แต่ถ้ามีมากเกินเหล็กจะแข็งมากโดยที่ความเหนียวจะหายไป นั้นคือ จะมีคุณสมบัติเปราะ แตกหักง่าย ซึ่งเป็นคุณสมบัติของเหล็กหล่อ ดังนั้น เปอร์เซ็นต์คาร์บอนซึ่งเป็นส่วนสำคัญจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งานของผลิตภัณฑ์

เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel)

เหล็กกล้าผสมต่ำ (Low Alloy Steel) คือ การนำธาตุโลหะอื่นผสมเข้าไปในเนื้อเหล็กเพื่อต้องการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กให้มีคุณสมบัติตามที่ต้องการ เช่น ต้องการความแข็ง ความแข็งแรง ทนต่อความร้อนได้สูง ทนต่อการสึกหรอ ทนต่อการกัดกร่อน และง่ายต่อการปาดผิว เป็นต้น ธาตุที่ผสมอยู่จะมีเปอร์เซ็นต์ไม่มากนัก ไม่เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ เช่น โมลิบดีนัม (Molybdenum) วาเนเดียม (Vanadium) ทังสเตน (Tungsten) แมงกานีส (Manganese) วิลิคอน (Silicon) นิกเกิล (Nickel) โครเมียม (Chromium) เป็นต้น ธาตุต่าง ๆ เหล่านี้ที่ผสมลงไปจะทำให้คุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของเหล็กดีขึ้น ทั้งนี้ผู้ปฏิบัติต้องเลือกใช้ธาตุที่กล่าวมานี้ให้ถูกต้องและเหมาะสมกับลักษณะของงาน

ตารางแสดงธาตุที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กและการนำไปใช้งานของเหล็กกล้าผสมต่ำ

เปอร์เซ็นต์ของธาตุต่าง ๆ ที่ผสมอยู่ (Percentage of Elements in Steel)	**การนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ใช้งาน**
ส่วนผสม Si 0.5, Mn 1.0, Cr 0.5, และ C 1.05	ใช้สำหรับทำเครื่องมือทั่วไป ดอกทำเกลียวนอก (Die) ใบมีดตัดโลหะ กรรไกรตัดโลหะ
ส่วนผสม Si 0.5, Mn 1.05, Cr 0.75 และ W 0.75	ใช้ทำเครื่องมือวัดประเภทต่าง ๆ เกจวัด (Gage) ดอกคว้านรู (Reamers) แม่พิมพ์ตัดโลหะแผ่น (Punch Die) แม่พิมพ์ขึ้นรูป เป็นต้น
ส่วนผสม Si 0.25, Mn 0.8, Cr 1.0, Mo 0.2 และ C 0.4	ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกล และชิ้นส่วนเครื่องกล เช่น เพลาข้อเหวี่ยง เพลาราวลิ้น เป็นต้น
ส่วนผสม Si 0.35, Mn 0.5, Cr 0.35, W 0.75, V 0.18 และ C 1.05	ใช้ทำดอกสว่าน ดอกทำเกลียวใน (Tap) แม่พิมพ์ตัดโลหะแผ่น (Punch – Die) ลูกกลิ้งรีดโลหะ ลูกกลิ้งรีดเกลียว
ส่วนผสม Si 0.35, Mn 0.75, Cr 0.55, Mo 0.25, Ni 0.55 และ C 0.20	ใช้ทำเพลา (Shaft) เฟือง (Gear) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลทั่วไปที่ต้องการชุบแข็งบริเวณผิวหน้าให้แข็ง แต่เนื้อภายในเหนียว เช่น เพลาของรถยนต์ เป็นต้น

เหล็กกล้าประสมสูง (High Alloy Steel) คือ การนำธาตุอื่นประสมเข้าไปในเนื้อเหล็กเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเหล็กให้มีคุณสมบัติตามต้องการ เช่นเดียวกับเหล็กกล้าผสมต่ำ แต่เหล็กกล้าผสมสูงนี้จะมีธาตุอื่น ๆ ผสมมากกว่า คือ เกิน 10 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

คุณสมบัติของเหล็กจะแปรผันไปตามธาตุที่เติมลงในเนื้อเหล็ก (Effect of Various Element in Steel) ธาตุที่ผสมลงในเนื้อเหล็กจะบอกให้เราทราบถึงคุณสมบัติของเหล็กที่เปลี่ยนไป เช่น ความสามารถรับแรงหรือทำงานหนักได้ดี (Harden Ability) ความแข็งแรง (Strength) ความแข็ง (Hardness) ความเหนียว (Toughness) ความต้านทานต่อการสึกหรอ (Wear Resistance) ความสามารถในการใช้งานได้ทนทาน (Work Ability) ความสามารถในการเชื่อม (Weld Ability) และความสามารถในการตัดเฉือน (Machine Ability) ซึ่งธาตุต่าง ๆ ที่กล่าวมานี้ การจะนำมาใช้นั้นจะต้องคำนึงถึงผลดีและผลเสียที่จะตามมาภายหลัง

โดยทั่วไปแล้วถ้าธาตุบางชนิดที่เติมลงไปในเนื้อเหล็กมีเปอร์เซ็นต์สูง จะแสดงคุณสมบัติออกมาตามคุณสมบัติของธาตุที่เติมนั้น ตัวอย่างเช่น มีการเติมคาร์บอนที่มีเปอร์เซ็นต์สูง ก็จะทำให้เหล็กนั้นมีความสามารถในการชุบแข็งสูงขึ้น มีความแข็งแรงมากขึ้น มีความแข็งของผิวมากขึ้นและมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูง แต่ในทางกลับกันความยืดหรือความอ่อน ความสามารถในการเชื่อม และความเหนียวจะลดลง เมื่อคาร์บอนเพิ่มขึ้น สำหรับเหล็กไร้สนิม (Stainless Steel) และเหล็กรอบสูง ก็จัดอยู่ในประเภทเหล็กกล้าผสมสูงนี้เช่นกัน

ตารางธาตุที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กและการนำไปใช้งานของเหล็กกล้าผสมสูง

เปอร์เซ็นต์ของธาตุต่าง ๆ ที่ผสมในเนื้อเหล็ก (Percentage of Elements in Steel)	**ประโยชน์และการนำไปทำเป็นผลิตภัณฑ์ที่ใช้งาน**
ส่วนผสม Si 0.4, Mn 0.6, Cr 12, Mo 1.0, V 0.4 และ C 1.5	ใช้ทำลูกกลิ้งสำหรับม้วนแผ่นโลหะให้เป็นท่อ คัตเตอร์ตัดเฟือง แม่พิมพ์ตัดโลหะทั่วไป (Punch-Die)
ส่วนผสม Si 0.4, Mn 0.4, Cr 4.2, Mo 5.0, W 6.1, V 1.9 และ C 0.85, หรือที่เรียกกันโดยทั่วไปว่าเหล็กรอบสูง (High Speed Steel) นั่นเอง	ใช้ทำดอกสว่าน (Drills) ใบเลื่อยมือและเลื่อยกล มีดกลึง ใบมีดกบไสไม้หรือใบมีดเครื่องมือไสไม้

อิทธิพลของธาตุที่มีต่อโลหะผสม

ตารางที่ธาตุต่าง ๆ ที่เติมลงไปจะทำให้เหล็กผสม (Alloy Steel) **มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงไปดังนี้ คือ**

โบรอน (Boron)	ทำให้เหล็กกล้ามีความสามารถทนทานต่องานหนักได้ดีช่วยให้สามารถตัดเฉือนด้วยเครื่องจักรได้ดี และสามารถขึ้นรูปได้ง่าย
แคลเซียม (Calium)	ช่วยให้เหล็กมีความเหนียว ขึ้นรูปและตัดเฉือนได้ง่าย และช่วยลดออกซิเจนในเหล็ก
ซีเรียม (Cerium)	ช่วยให้ควบคุมรูปร่าง มีความเหนียวดี มีความแข็งแรงสูงเมื่อผสมอยู่ในโลหะผสมต่ำ (Low-Alloy Steel) ช่วยลดการเติมออกซิเจนในเหล็ก
โครเมียม (Chromium)	ช่วยให้มีความเหนียวมากขึ้น รับงานหนักได้ดีทนทานต่อการสึกหรอและการกัดกร่อนมีความแข็งในขณะที่อยู่ในภาวะอุณหภูมิสูงได้ ช่วยเพิ่มความลึกของความแข็งบริเวณผิวเหล็กในการอบชุบด้วยความร้อนได้ดี โดยการสนับสนุนเร่งให้คาร์บอนทำปฏิกิริยา
โคบอลต์ (Cobalt)	ช่วยให้เหล็กแข็งแรงและมีความแข็งอยู่ได้ขณะที่อุณหภูมิสูง ทำให้เหล็กมีความเป็นแม่เหล็กได้ดีขึ้น
ทองแดง (Copper)	ช่วยต้านทานการกัดกร่อนในบรรยากาศ ถ้ามีมากเกินไปจะทำให้ความแข็งแรงลดลงและสูญเสียความเหนียวลงเล็กน้อย และมีผลกระทบต่อคุณสมบัติการทำงานในที่ร้อนแต่ผิวหน้ามีคุณภาพดี
ตะกั่ว (Lead)	ช่วยให้สามารถตกแต่งขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรกลได้ง่าย แต่เป็นเหตุให้แผ่นโลหะเปราะ
แมกนีเซียม (Magnesium)	ช่วยให้เหล็กรับงานหนักได้ดี มีความแข็งแรงทนต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดี การขึ้นรูปทางกลง่าย ช่วยลดออกซิเจนในน้ำโลหะลง ช่วยลดเวลาในการหลอมละลาย คุณสมบัติในการเชื่อมดี
โมลิบดีนัม (Molybdenum)	ช่วยให้สามารถทำงานหนักได้ดีมีความต้านทานต่อการสึกหรอ ช่วยเพิ่มความเหนียวในเหล็กมีความแข็งแรงในสภาพความร้อนสูงได้ดี น้ำโลหะจะมีความหนืด ช่วยเพิ่มความแข็งแต่จะเปราะเมื่ออุณหภูมิต่ำ
นิกเกิล (Nickel)	ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ทำให้เหนียวขึ้น ต้านทานการกัดกร่อน ช่วยให้สามารถรับงานหนักได้ดี
ไนโอเบียมหรือโคลัมเบียม (Niobium or Columbium)	ทำให้เม็ดเกรนละเอียดขึ้น ช่วยเพิ่มความแข็งแรง มีความเหนียวทนต่อแรงกระแทกได้ดี การส่งผ่านความร้อนต่ำ เพิ่มความสามารถในการรับงานหนักได้ดี
ฟอสฟอรัส (Phosphorus)	เพิ่มความแข็งแรง รับงานหนักได้ดี ต้านทานต่อการกัดกร่อน การขึ้นรูปทางกลได้ง่ายถ้ามีความเข้มข้นสูงจะลดความเหนียวและความอ่อนลง
ซีลีเนียม (Selenium)	ช่วยให้ขึ้นรูปหรือปาดผิวด้วยเครื่องจักรกลได้ง่าย
ซิลิคอน (Silicon)	ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความแข็ง ทนต่อการกัดกร่อน ช่วยให้เป็นตัวนำความร้อนที่ดี ความเป็นแม่เหล็กลดลง ผิวเหล็กขึ้นรูปด้วยเครื่องจักรและขึ้นรูปในสภาพเย็นได้ดี

กำมะถัน (Sulfur)	ช่วยให้ตัดเฉือนได้ดีเมื่อรวมตัวกับแมงกานีส ความแข็งแรงต่อแรงกระแทกต่ำ ความเหนียวลดลง ผิวเหล็กไม่ดีและคุณสมบัติในการเชื่อมไม่ดี
แทนทาลัม (Tantalum)	มีผลเช่นเดียวกับโคลัมเบียม
เทลลูเรียม (Tellurium)	ช่วยให้การขึ้นรูปด้วยการตัดเฉือนดีขึ้น ขึ้นรูปได้ง่าย และมีความเหนียว
ไทเทเนียม (Titanium)	ช่วยเพิ่มความแข็งแรงรับงานหนักได้ดี ช่วยลดออกซิเจนในเหล็ก
ทังสเตน (Tungsten)	มีผลเช่นเดียวกับโคบอลต์
วาเนเดียม (Vanadium)	ช่วยเพิ่มความแข็งแรง ความเหนียว เพิ่มความต้านทานต่อการสั่นสะเทือนมีความแข็งแรง ณ อุณหภูมิสูงได้ดี
เซอร์โคเนียม (Zirconium)	มีผลเช่นเดียวกับธาตุซีเรียม (Cerium)

การจัดแบ่งและกำหนดสัญลักษณ์ของธาตุที่ผสมในเหล็กกล้า

สถาบันต่าง ๆ ที่วิจัยค้นคว้าเกี่ยวกับเหล็ก ได้มีการแบ่งระดับชั้นและกำหนดมาตรฐานของเหล็ก ดังนี้

- Canadian Standards Association (CAS)
- Society of Automotive Engineers (SAE)
- American Iron and Steel Institute (AISI)
- American Society of Mechanical Engineering (ASME)
- American Society for Testing Materials (ASTM)

โดยเฉพาะสถาบัน AISI และ SAE ได้กำหนดสัญลักษณ์ของเหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel) และเหล็กกล้าผสม (Alloy Steel) โดยการแบ่งประเภทของเหล็กไว้เป็นตัวเลข 4 หลัก ดังนี้ คือ

ตัวที่ 1 จะบอกชนิดของเหล็ก

ตัวที่ 2 จะบอกชนิดของธาตุหรือโลหะที่ผสมอยู่

ตัวที่ 3 และ 4 จะบอกถึงอัตราส่วนของธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่โดยน้ำหนัก

จากตัวเลขตัวที่หนึ่งจะมีความหมายเปลี่ยนแปลง ดังนี้

เลข 1 หมายถึง เหล็กคาร์บอน

เลข 2 หมายถึง เหล็กนิกเกิล

เลข 3 หมายถึง เหล็กประสมนิกเกิล-โครเมียม

เลข 4 หมายถึง เหล็กประสมโมลิบดีนัม

เลข 5 หมายถึง เหล็กประสมโครเมียม

เลข 6 หมายถึง เหล็กประสมโครเมียม-วาเนเดียม

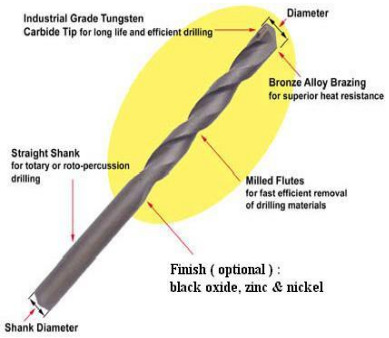
เหล็กรอบสูง (High Speed Steel)

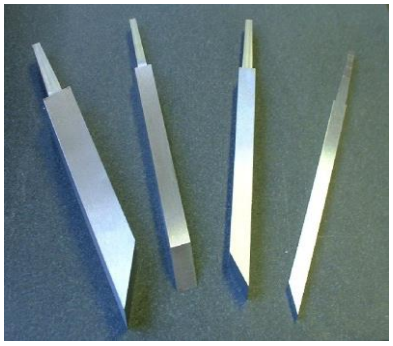
เป็นเหล็กผสมสูงชนิดหนึ่งที่นิยมใช้ทำเครื่องมือกันมากที่สุด เช่น ใช้ทำดาย ตัดโลหะ ใบเลื่อย สว่าน มีดกลึง มีความแข็งเป็นหลัก และมีความแข็งแรงเมื่อทำงานที่อุณหภูมิสูงได้ดี เหล็กรอบสูงมี 2 ประเภท คือ **เหล็กรอบสูงที่มีส่วนผสมของโมลิบดีนัม (ใช้สัญลักษณ์ M) และเหล็กรอบสูงที่มีส่วนผสมของทังสเตน (ใช้สัญลักษณ์ T)**

เหล็กรอบสูงชนิด M นี้จะมีส่วนผสมของโมลิบดีนัมประมาณ 10 % นอกนั้นเป็นโครเมียม วาเนเดียม ทังสเตน โคบอลต์ และธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

เหล็กรอบสูงชนิด T นี้จะมีส่วนผสมของทังสเตน 12-18 % นอกนั้นเป็นโครเมียม วาเนเดียม โคบอลต์ และธาตุอื่น ๆ อีกเล็กน้อย

เหล็กรอบสูงชนิด M โดยทั่วไปจะมีความต้านทานต่อแรงสั่นสะเทือนได้ดีกว่าชนิด T ในการให้ความร้อนมีการบิดตัวน้อยกว่า และราคาถูกกว่า เหล็กรอบสูงชนิด M ประมาณ 95 % ผลิตในประเทศสหรัฐอเมริกา เหล็กรอบสูงซึ่งเคลือบด้วยไทเทเนียมไนไทรด์ และไทเทเนียมคาร์ไบด์ จะช่วยทนต่อการสึกหรอได้ดี





เหล็กไร้สนิม (Stainless Steel)

เหล็กไร้สนิมเป็นเหล็กที่จัดอยู่ในจำพวกเหล็กผสมสูง (High Alloy Steel) อีกประเภทหนึ่ง โดยมีส่วนผสมของโครเมียม (Cr) เป็นหลัก

เหล็กกล้าโดยทั่วไปจะเกิดการกัดกร่อนหรือเกิดสนิมที่ผิวได้โดยง่าย เมื่ออยู่ในบรรยากาศเรื่อย ๆ และถ้าอยู่ในน้ำหรือสารละลายบางชนิด การกัดกร่อนจะยิ่งเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเกิดปฏิกิริยาไฟฟ้าเคมี (Electro Chemical) เพราะเหล็กมีความเป็นแอโนดสูง (ค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นลบ)

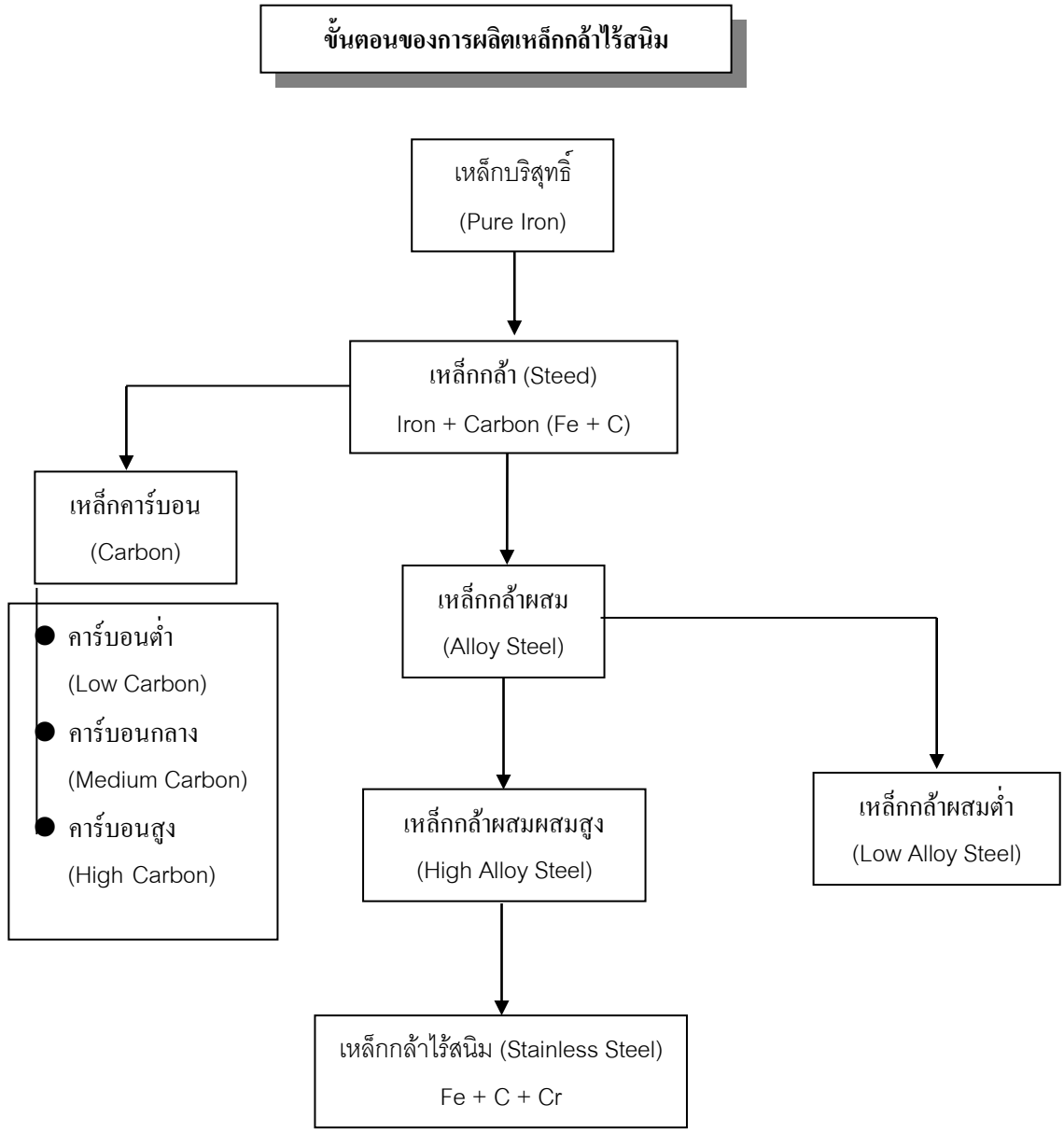
เมื่อผสมธาตุโครเมียม (Cr) ลงไปในเหล็กให้มีปริมาณสูง เหล็กจะสามารถทนต่อการเกิดสนิมได้ แม้ว่าจะอยู่ในน้ำหรือในสารละลายที่เป็นกรดเจือจาง เพราะโครเมียมทำให้เหล็กมีความเป็นแอโนด (Anode) ลดลง กลายเป็นแคโทด (Cathodic) หรือค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าเป็นบวกมากขึ้น เหล็กซึ่งทนต่อการกัดกร่อนได้ดี ไม่เป็นสนิม เรียกเหล็กชนิดนี้ว่า *เหล็กไร้สนิม (Stainless Steel)*

โครเมียม (Chromium) เป็นธาตุที่สำคัญสำหรับเหล็กกล้าที่ทนต่อการกัดกร่อน โครเมียมและไฮโดรเจนเป็นธาตุที่มีค่าความต่างศักย์เป็นศูนย์ คือ อยู่ระหว่างแอโนดและแคโทด แต่โครเมียมจะมีความเป็นแอโนดสูงกว่าไฮโดรเจน และมีคุณสมบัติพิเศษ คือ ช่วงแรกจะมีคุณสมบัติเป็นแอโนด บริเวณผิวของโลหะจะรวมตัวกับออกซิเจนกลายเป็นออกไซด์เคลือบผิว ซึ่งโครเมียมออกไซด์นี้จะมีลักษณะเป็นฟิล์มเกาะติดแน่น เสมือนเกราะป้องกันไม่ให้เกิดออกไซด์หรือสนิมอีกต่อไป คุณสมบัตินี้เรียกว่า พาสซิวิตี (Passivity)

ซึ่งโครเมียมที่ผสมในเนื้อเหล็กนี้ต้องมีไม่ต่ำกว่า 10-12 % โดยน้ำหนัก ซึ่งจะทำให้มีคุณสมบัติพาสซิวิดีได้

เหล็กกล้าไร้สนิมคืออะไร มีความเป็นมาอย่างไร เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นหนึ่งในกลุ่มของโลหะตระกูลเหล็ก ซึ่งเหล็กนี้ได้รู้จักใช้กันมาประมาณ 5,000 ปีมาแล้ว ได้มีการนำมาใช้ประโยชน์และมีการพัฒนาให้ดีขึ้นเรื่อยมา ถึงแม้ว่าจะมีการปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นอย่างไรก็ตามก็ยังเกิดสนิทอยู่บ้าง ดังนั้นจึงได้มีการวิจัยค้นคว้าเหล็กกล้าที่สามารถต่อต้านการเกิดสนิมขึ้นด้วยเหตุผลดังกล่าว เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) จึงได้เริ่มผลิตออกสู่ตลาดอุตสาหกรรมระหว่างปี ค.ศ. 1910 และ 1920 เรียกได้ว่าเหล็กกล้าไร้สนิมได้มีการนำมาใช้ประโยชน์ประมาณ 100 กว่าปีมาแล้ว

การเกิดสนิมของเหล็กกล้า จะเกิดโดยปฏิกิริยาทางเคมีของออกซิเจนกับเหล็ก ซึ่งประกอบด้วยอะตอมของเหล็กจำนวน 2 อะตอม ถูกห้อมล้อมด้วย 3 อะตอมของออกซิเจน (Fe_2O_3 : Ferrous Oxide) ดังนั้นจึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการเกิดสนิมได้ทั้งหมด แต่อาจเกิดสนิมได้ช้ากว่าเท่านั้น



แสดงแผนภูมิการผลิตเหล็กกล้าไร้สนิม

ลักษณะเด่นของเหล็กไร้สนิม

1. มีความต้านทานการกัดกร่อนสูง (Good Corrosion Resistance)
2. มีผิวสวยเป็นเงางาม (Surface Finish)
3. ทนทานต่อความร้อนได้ดี (Good Formability)
4. ขึ้นรูปได้ง่าย (Good Formability)
5. เชื่อมได้ง่าย (Good Weldability)

คุณสมบัติของธาตุต่าง ๆที่ผสมอยู่ในเหล็กไร้สนิม

ธาตุ	คุณสมบัติของธาตุในเหล็กไร้สนิม
โครเมียม (Cr)	ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน (Corrosion Resistance) ความต้านทานต่อความร้อน (Heat Resistance)
นิกเกิล (Ni)	เพื่อให้เหล็กมีโครงสร้างเป็นออสเตไนท์ที่อุณหภูมิห้อง ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน
คาร์บอน (C)	ลดความต้านทานต่อการกัดกร่อน แต่ช่วยเพิ่มความแข็ง (Hardness) และความแข็งแรง (Strength)
แมงกานีส (Mn)	ช่วยให้เกิดโครงสร้างเป็นออสเตไนท์ที่อุณหภูมิห้อง
โมลิบดีนัม (Mo)	ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน
ไทเทเนียม (Ti) และ ไนโอเบียม (Nb)	ช่วยให้เชื่อมได้ง่าย และเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน
วาเนเดียม (V)	ช่วยให้ชุบแข็งได้ง่าย (Quenching Ability)
ทองแดง (Cu)	ช่วยเพิ่มความต้านทานต่อการกัดกร่อน
ซิลิคอน (Si)	เพิ่มความต้านทานการเกิดออกซิเดชัน ในขณะที่อุณหภูมิสูงได้ดี

การแบ่งชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิม (Type of Stainless Steel) สามารถแบ่งตามลักษณะของโครงสร้าง (Structure) ได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. **เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก** (Ferritic Stainless Steel)
   - ชนิดคาร์บอน (มีส่วนผสมของโครเมียม 15-18 % และคาร์บอนไม่เกิด 0.12 %)
   - ชนิดทนความร้อน (Refractory Ferritic Stainless Steel)จะผสมโครเมียม 25-30% และคาร์บอน 0.3 %

เหล็กไร้สนิมชนิดนี้มีคาร์บอนผสมอยู่น้อยจึงไม่สามารถชุบแข็งได้ แต่สามารถทำให้ความแข็งแรงเพิ่มขึ้นได้ด้วยกรรมวิธีเย็น (Cold Working) มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กดี (แม่เหล็กดูดติด) มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนปานกลาง ขึ้นรูปได้ปานกลาง เช่น ภาชนะก้นตื้น (Light Drawing) ที่ราคาถูก ใช้สำหรับทำผลิตภัณฑ์ เช่น บรรทัดเหล็กไร้สนิม เครื่องใช้ภายในบ้าน และอุตสาหกรรมอาหาร ฯลฯ

2. **เหล็กกล้าไร้สนิมมาร์เทนซิติก** (Martensitic Stainless Steel)

- คาร์บอนต่ำ (คาร์บอนไม่เกิน 0.15 % และโครเมียมระหว่าง 12-14 %)
- คาร์บอนปานกลาง (คาร์บอนประมาณ 0.6-1.0 % และโครเมียมประมาณ 14-18 %) และมีธาตุอื่นผสมอยู่เล็กน้อย สามารถทำให้แข็งได้ด้วยการชุบแข็ง การนำไปขึ้นรูปต้องให้อยู่สภาพอ่อนเนื่องจากมีความแข็งมาก มีคุณสมบัติทางแม่เหล็กดี การนำไปใช้งานต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับจำนวนของคาร์บอน เช่น คาร์บอน 2 % ใช้ทำลิ้น เครื่องมือ แหนบ สปริง ใบมีดต่าง ๆ ซึ่งต้องการความแข็งเป็นพิเศษ แต่เหล็กกล้าไร้สนิมชนิดนี้ทนต่อการกัดกร่อนไม่ดีเท่าเหล็กไร้สนิมเฟอร์ริติก กับเหล็กไร้สนิมออสเทนนิติก

เหล็กไร้สนิมตามมาตรฐาน American Iron and Steel Institute (AISI) จัดแบ่งเหล็กไร้สนิมไว้เป็นตัวเลข

1. **เหล็กไร้สนิมออสเทนนิติก** จะอยู่ในลำดับที่ 200 และ 300
2. **เหล็กไร้สนิมเฟอร์ริติก จะอยู่ในลำดับที่ 400**
3. **เหล็กไร้สนิมมาร์เทนซิติก** จะอยู่ในลำดับที่ 400 และ 500
4. **เหล็กไร้สนิมมีความแข็งเป็นพิเศษ** (Precipitation Hardening) ใช้อักษร PH โดยปกติจะนำไปใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องบิน และส่วนผสมที่นำไปใช้ทำยานอวกาศ
5. **เหล็กไร้สนิมชนิดโครงสร้างผสม มีโครงสร้างเป็นแบบออสเทนไนต์** (Austenite) **และแบบเฟอร์ไรต์** (Ferrite) มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนสูงในภาวะแวดล้อมที่ไม่ปกติ ทนต่อแรงเค้นและการแตกร้าวได้ดีอยู่ ในลำดับที่ 300 ขึ้นไป โดยปกติจะนำไปใช้ทำอุปกรณ์ที่ต้องทำงานเกี่ยวข้องกับน้ำร้อนและงานที่อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

ตารางแสดงคุณสมบัติทางกล ณ อุณหภูมิห้องและการนำไปใช้งานของเหล็กไร้สนิมหลังจากอบคลายตัวแล้ว

มาตรฐาน AISI	ความเค้นแรงดึงสูงสุด (Ultimate Tensille Strength) Mpa	แรงดึงที่จุดล้า (Yield Strength) Mpa	การยืดตัวในระยะ 50 มม. (Elongation in 50 mm.)(%)	คุณสมบัติและการนำไปใช้งาน
303 (S30300)	550-620	240-260	53-50	ใช้ทำสกรูเครื่องจักรกล เพลา วาล์ว สลัก เกลียว บูช นัต อุปกรณ์ยึดชิ้นส่วนเครื่องบิน เช่น สลักเกลียว นัต หมุดย้ำ สกรู และสตัด เป็นต้น
304 (S30400)	565-620	240-290	60-55	ใช้ทำงานด้านเคมี เครื่องมือขบวนการทำอาหาร อุปกรณ์ผลิตเบียร์ ภาชนะที่ใช้ในอุณหภูมิต่ำ รางน้ำ วัสดุที่ใช้ในอุณหภูมิสูง เช่น กาต้มน้ำและอุปกรณ์ส่องแสง

316 (S31600)	550-590	210-290	60-55	มีความแข็งแรงสูงและทนการกัดกร่อนได้ดี อุปกรณ์ทางเคมี อุปกรณ์ล้างรูป ภาชนะกลั่นเหล้า ชิ้นส่วนเครื่องจักรผลิตปุ๋ย
410 (S41000)	480-520	240-310	35-25	ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องกลเพลาลูกสูบ สลักเกลียว บูช ใบมีด รอกรับงานหนัก ชิ้นส่วนของหัวฉีด เครื่องยนต์ ลำกล้องปืน ไรเฟิล สกรู และลิ้น
416 (S41600)	480-520	275	30-20	ใช้ทำวัสดุขันยึดชิ้นส่วนเครื่องบิน เช่น สลักเกลียว นัต ทำชิ้นส่วนภายในของอุปกรณ์ดับไฟ เช่น หมุดย้ำ และสกรู

กิจกรรมการเรียนการสอน	
ขั้นตอนการสอนหรือกิจกรรมของครู	**ขั้นตอนการเรียนหรือกิจกรรมของนักเรียน**
1. ครูเตรียมแผนการสอน 2. ครูเตรียมอุปกรณ์การเรียนการสอน สื่อการสอน แผ่นใส Power Point 3. ครูเช็คชื่อ เช็คจำนวนนักเรียน นักศึกษา 4. ครูกล่าวบทนำเข้าสู่บทเรียน 5. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินก่อนการเรียน 6. ครูนำสู่บทเรียน 7. ครูให้นักเรียนเสนอแนวคิดและข้อสงสัย 8. ครูนำหัวข้อมาให้นักเรียนแบ่งกลุ่มวิเคราะห์ 9. ครูสังเกตดูนักเรียน นักศึกษา ระหว่างทำการวิเคราะห์ และให้คะแนนการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์ 10. ครูสุ่มทดสอบ ถามนักเรียน นักศึกษา 11. ครูตอบข้อซักถามจากนักเรียน นักศึกษา 12. ครูร่วมกับนักเรียน นักศึกษา สรุปปัญหา 13. ครูให้นักเรียนทำแบบประเมินก่อนหลังการเรียน 14. ครูให้นักเรียน นักศึกษาทำแบบฝึกหัดและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมทางอินเตอร์เน็ต ฯลฯ	1. นักเรียนเข้าเรียนตามเวลาเรียน 2. นักเรียนเตรียมอุปกรณ์การเรียน เช่น สมุด บันทึก หนังสือเรียน 3. นักเรียนเช็คเวลาเรียน 4. นักเรียนฟังคำบรรยายบทนำ 5. นักเรียนลงมือทำแบบประเมินก่อนการเรียน 6. นักเรียนฟังบรรยายเนื้อหาจากสื่อการสอน 7. นักเรียนเสนอแนวคิดและข้อสงสัยของตนเอง 8. นักเรียนแบ่งกลุ่มวิเคราะห์ หัวข้อที่ได้รับ 9. นักเรียนร่วมกับเพื่อนในกลุ่มวิเคราะห์หัวข้อที่กลุ่มตนได้รับ 10.นักเรียนตอบคำถามอาจารย์ผู้สอน 11.นักเรียนตั้งคำถามอาจารย์ผู้สอน 12.นักเรียนร่วมกับอาจารย์ผู้สอนสรุปเนื้อหา 13.นักเรียนทำแบบประเมินหลังการเรียน 14.นักเรียนทำแบบฝึกหัดที่ได้รับและค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติมทางอินเตอร์เน็ต ฯลฯ

งานที่มอบหมายหรือกิจกรรม

ก่อนเรียน

1. ทำแบบประเมินก่อนการเรียน 15 ข้อ

ขณะเรียน

1. เสนอแนวคิดความคิดเห็น ข้อสงสัยต่ออาจารย์ผู้สอน
2. นักเรียนฟังบรรยายจากสื่อการสอน
3. นักเรียนจดบันทึก
4. ถาม – ตอบข้อสงสัย
5. แบ่งกลุ่มเพื่อร่วมกันทำการวิเคราะห์
6. ตัวแทนกลุ่มออกมานำเสนอ

หลังเรียน

1. ทำแบบประเมินหลังการเรียน 15 ข้อ
2. แบบฝึกหัด
3. ค้นคว้าข้อมูลเพิ่มเติม

สื่อการเรียนการสอน

สื่อสิ่งพิมพ์

1. หนังสือเรียนวัสดุช่าง
2. แผนการสอน
3. เอกสารประกอบการสอนต่าง ๆ

สื่อโสตทัศน์ (ถ้ามี)

1. แผ่นใส
2. สื่อช่วยสอน Power Point

หุ่นจำลองหรือของจริง

1. วัสดุอุปกรณ์ที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอน ต่ำ , ปานกลาง , สูง เช่น เหล็กแผ่น นัต เฟือง ใบเลื่อย
2. วัสดุอุปกรณ์ที่ทำจากเหล็กกล้าคาร์บอนผสม เช่นใบเลื่อย มีดกลึง เหล็กกล้าไร้สนิม

การประเมินผล

ก่อนเรียน

ถามตอบความรู้พื้นฐาน

แบบประเมินก่อนการเรียน

ขณะเรียน

1. ถามตอบ
2. สังเกตการณ์ทำงานขณะแบ่งกลุ่ม
3. คะแนนประเมินตามสภาพจริงการพัฒนาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม และคุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลังเรียน

1. แบบประเมินหลังการเรียน
2. แบบฝึกหัด
3. ข้อมูลที่ค้นคว้าเพิ่มเติม

บันทึกหลังการสอน

ข้อสรุปหลังจัดการเรียนรู้

ปัญหาที่พบ

แนวทางแก้ปัญหา

ครูผู้สอน

วันที่----------

แบบประเมินผลการเรียนรู้ก่อนเรียน/หลังเรียน

คำชี้แจง ให้นักศึกษาเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุด โดยเขียนเครื่องหมายกากบาท (x)ลงในกระดาษคำตอบ

1. วัสดุชนิดใด**ไม่ใช่**โลหะผสม
   ก. อะลูมิเนียม ข. บรอนซ์
   ค. ทองเหลือง ง. เบริลเลียม

2. เหล็กชนิดใดเป็นเหล็กผสมสูง
   ก. เหล็กกล้า ข. เหล็กกล้าคาร์บอน
   ค. เหล็กหล่อสีขาว ง. เหล็กไร้สนิม

3. โลหะชนิดใดมีความแข็งแรงมากที่สุด
   ก. ทองแดง ข. ตะกั่ว
   ค. เหล็กเหนียว ง. เหล็กหล่อ

4. เหล็กกล้าชนิดใดมีความแข็งแรงมากที่สุด
   ก. เหล็กกล้าไม่มีคาร์บอน ข. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ
   ค. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง ง. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง

5. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ จะมีคาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อเหล็กไม่เกินกี่เปอร์เซนต์
   ก. 0.05% ข. 0.15%
   ค. 0.25% ง. 0.30%

6. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ นิยมนำไปทำผลิตภัณฑ์ชนิดใด
   ก. เหล็กโครงสร้างทั่วไป ข. มีด
   ค. รางรถไฟ ง. เฟืองของเครื่องจักรกล

7. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง จะต้องมีเปอร์เซนต์คาร์บอนผสมอยู่ไม่เกินเท่าใด
   ก. 0.20% ข. 0.30%
   ค. 0.40% ง. 0.60%

8. ผลิตภัณฑ์ชนิดใดทำด้วยเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

ก. แหวนรองนอต
ข. ท่อไอเสียรถยนต์
ค. รางรถไฟ
ง. ใบเลื่อย

9. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง จะต้องมีเปอร์เซนต์คาร์บอนผสมอยู่ในเนื้อเหล็กไม่เกินเท่าใด

ก. มากกว่า 0.15%แต่ไม่เกิน0.13%
ข. มากกว่า0.30%แต่ไม่เกิน0.60%
ค. มากกว่า 0.60%แต่ไม่เกิน1.00%
ง. มากกว่า0.60% แต่ไม่เกิน0.15%

10. ผลิตภัณฑ์ชนิดใดทำด้วยเหล็กคาร์บอนสูง

ก. เหล็กตัวยู
ข. แผ่นโลหะหนา
ค. รางรถไฟ
ง. ใบเลื่อย

11. ข้อใดไม่ใช่คุณสมบัติเหล็กกล้าผสม

ก. เพื่อเพิ่มความแข็ง
ข. เพื่อเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อน
ค. เพื่อทนต่อความร้อนสูง
ง. เพื่อความสวยงามของผิว

12. เหล็กกล้าผสมต่ำ จะมีธาตุอื่น ๆ ผสมอยู่ไม่เกินเท่าใด

ก. 0.10%
ข. 1.00%
ค. 10%
ง. 15%

13. เหล็กล้าผสมสูง จะมีธาตุอื่น ๆผสมอยู่เท่าใด

ก. มากกว่า0.10%
ข. มากกว่า 1.00%
ค. มากว่า10%
ง. มากกว่า 15%

14. ผลิตภัณฑ์ หรือเครื่องมือชนิดใดทำด้วยเหล็กกล้าผสมต่ำ

ก. เพลารถยนต์
ข. โครงสร้างของเครื่องปรับอากาศ
ค. ตัวถังรถแทรกเตอร์
ง. มีดกลึง

15. ผลิตภัณฑ์หรือเครื่องมือชนิดใดทำด้วยเหล็กกล้าผสมสูง

ก. เกจรีดต่างๆ
ข. ชิ้นส่วนเครื่องกล
ค. เฟือง
ง. มีดกลึง

เฉลยแบบประเมินผลการเรียนรู้ก่อนเรียน/หลังเรียน

ข้อ	เฉลย
1	ก
2	ง
3	ง
4	ง
5	ง
6	ก
7	ง
8	ค
9	ง
10	ง
11	ง
12	ค
13	ค
14	ข
15	ง