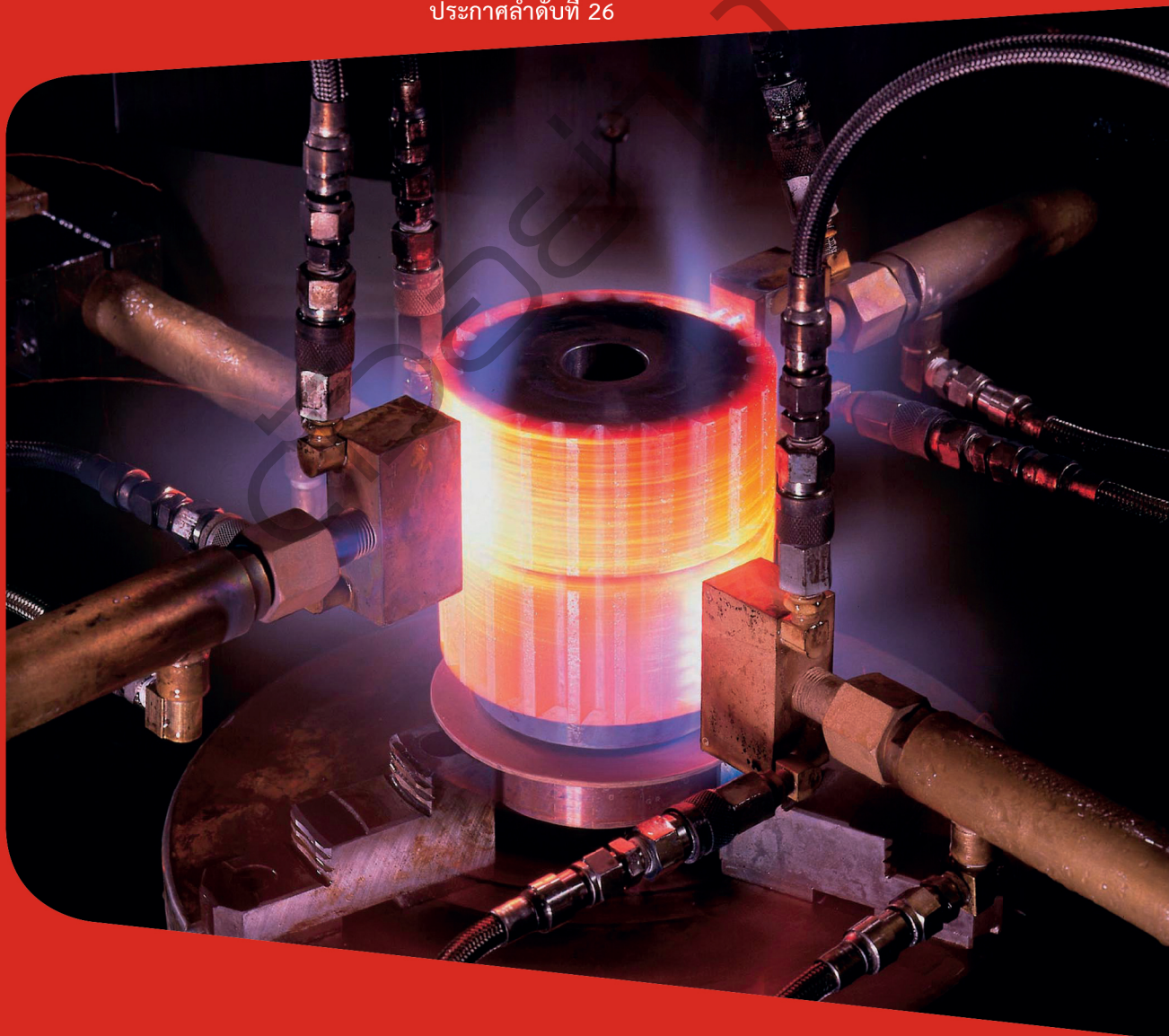


อบชุบโลหะ

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา
หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2556

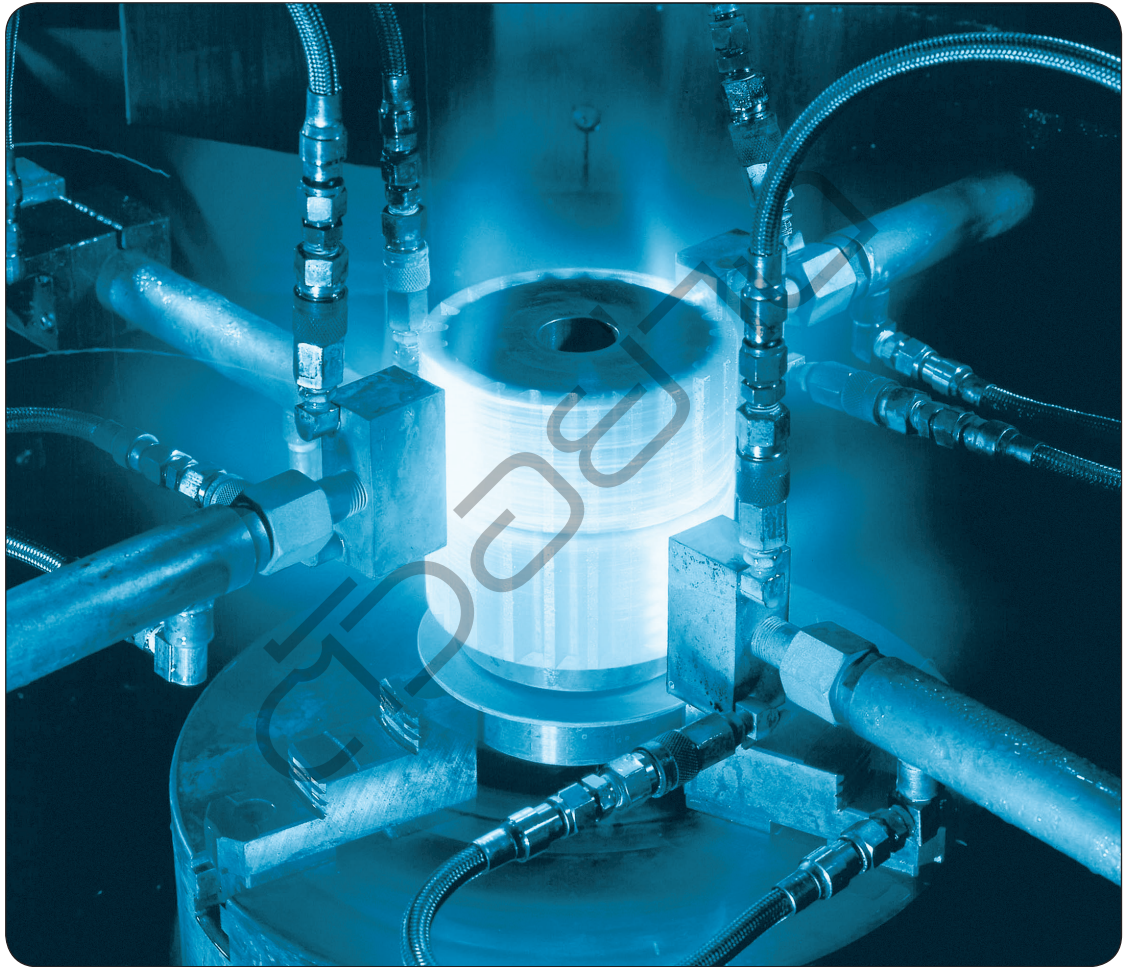
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพจากสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 ครั้งที่ 1
ประเภทวิชา อุตสาหกรรม สาขาวิชา ช่างกลโรงงาน กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ
ประกาศลำดับที่ 26



 | MAC EDUCATION

อบชุบโลหะ 2102-2011



หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ (สาขาวิชาช่างกลโรงงาน)

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556

รังสรรค์ นาทอง

บรรณาธิการ : ดร.ศรายุทธ ทองอุทัย

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของสำนักหอสมุดแห่งชาติ

รังสรรค์ นาทอง.

อบชุบโลหะ.-- กรุงเทพฯ : แม็คเอดูเคชั่น, 2559.

212 หน้า.

1. โลหะ. 2. งานโลหะ. I. ชื่อเรื่อง.

669

ISBN 978-616-274-606-2

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย

 **MAC**EDUCATION

ผู้เขียน : รังสรรค์ นาทอง
การสั่งซื้อ : ส่งณาคณัติส่งจ่าย **ไปรษณีย์ลาดพร้าว** ในนาม บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด
เลขที่ 9/99 อาคารแม็ค ซอยลาดพร้าว 38 ถนนลาดพร้าว แขวงจันทระเกษม
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ 10900
☎ : 0-2938-2022-7 FAX : 0-2938-2028
www.MACeducation.com

พิมพ์ครั้งที่ : 1
จำนวนที่พิมพ์ : 3,000 เล่ม
ราคาจำหน่าย : 118 บาท
สงวนลิขสิทธิ์ : มีนาคม 2559
พิมพ์ที่ : หจก. ซี แอนด์เอ็น บั๊ค

(สงวนลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย ห้ามลอกเลียน ไม่ว่าจะเป็นส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้นอกจากจะได้รับอนุญาตเป็นลายลักษณ์อักษร)

คำนำ

ตามที่กระทรวงศึกษาธิการได้ประกาศใช้หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ทั้งนี้เพื่อให้สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่ 11 (พ.ศ. 2555-2559) แผนการศึกษาแห่งชาติ ฉบับปรับปรุง (พ.ศ. 2552-2559) และแผนปฏิบัติการการเตรียมความพร้อมพลเมืองเพื่อเข้าสู่ประชาคมอาเซียนในปี พ.ศ. 2558 ทั้งนี้หลักสูตรดังกล่าวมุ่งผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรม จริยธรรม และจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพอิสระ เป็นผู้ประกอบการที่มีคุณภาพ หรือประกอบอาชีพอื่นๆ ได้ตรงตามความต้องการของสถานประกอบการทั้งในประเทศและในภูมิภาคอาเซียน

บริษัท แม็คเอ็ดดูเคชั่น จำกัด ผู้ผลิตและจำหน่ายหนังสือเรียน สื่อการเรียนรู้ และวารสารทางการศึกษาทั้งในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ระดับอาชีวศึกษา ตระหนักถึงภารกิจสำคัญในการมีส่วนร่วมในการสนับสนุนส่งเสริมการศึกษาระดับอาชีวศึกษาให้บรรลุผลสัมฤทธิ์ตามเจตนารมณ์ที่ตั้งไว้ จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานซึ่งประกอบด้วยนักวิชาการ และผู้สอนทั้งในระดับอาชีวศึกษาและระดับอุดมศึกษาที่มีความเชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการจัดการเรียนรู้ ดำเนินการวิเคราะห์หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ในแต่ละสาขาวิชาเพื่อจัดทำสื่อการเรียนรู้ อันประกอบด้วย

1. หนังสือเรียนที่จัดทำให้ตรงกับจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา ทั้งนี้โดยคำนึงถึงความสอดคล้องกับมาตรฐานการศึกษาวิชาชีพทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านคุณลักษณะที่พึงประสงค์ ด้านสมรรถนะหลักและสมรรถนะทั่วไป และด้านสมรรถนะวิชาชีพ
2. แผนการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นการพัฒนาสมรรถนะของผู้เรียนผ่านกิจกรรมเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้สอนนำไปปรับให้เหมาะสมกับธรรมชาติของผู้เรียนและจุดเน้นของสถานศึกษา
3. คู่มือครูสำหรับผู้สอนใช้เป็นแนวทางในการวางแผนการจัดการเรียนรู้ และการฝึกประสบการณ์ให้แก่ผู้เรียนให้สอดคล้องกับหลักสูตร

จุดเด่นของหนังสือเรียนชุดใหม่มีดังนี้

1. นำเสนอในรูปแบบหน่วยการเรียนรู้ ที่มีเนื้อหาง่ายต่อการเรียนรู้ แต่ยังคงไว้ซึ่งความเข้มข้นและทันสมัย ทั้งนี้เนื้อหาในหนังสือเรียนมุ่งเน้นให้สัมพันธ์กับจุดประสงค์การเรียนรู้ หลักการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic Learning) และการประเมินผลตามสภาพจริง (Authentic Assessment)
2. แทรกกิจกรรมตรวจสอบความเข้าใจ กิจกรรมการฝึกกระบวนการคิด (Thinking Skills) และกิจกรรมเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนให้แก่ผู้เรียน

3. พัฒนาสมรรถนะหลักและสมรรถนะวิชาชีพผ่านกระบวนการปฏิบัติงานโดยใช้ใบช่วยสอน เป็นสื่อสำหรับการฝึกกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญ เช่น การเรียนรู้จากโครงงาน (Project-Based Learning) การพัฒนาเทคโนโลยีให้เป็นเทคโนโลยีสะอาด (Green Technology) และการสร้างสรรค์ นวัตกรรมหรือผลิตภัณฑ์ตามแนวคิดเศรษฐกิจเชิงสร้างสรรค์ (Creative Economy) เป็นต้น

4. มีแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยจัดทำแบบทดสอบให้สอดคล้องกับจุดประสงค์ การเรียนรู้ประจำหน่วยการเรียนนั้นๆ ทำหน่วยการเรียนรู้ทุกหน่วย

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด ขอขอบพระคุณสถานศึกษา ผู้สอน ผู้เรียน และผู้ที่สนใจทุกท่าน ที่ให้ความไว้วางใจในสื่อการเรียนรู้ของบริษัท บริษัทหวังเป็นอย่างยิ่งว่าสื่อการเรียนรู้ชุดนี้จะมีส่วนช่วยให้การจัดการเรียนรู้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผล เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพทัดเทียมระดับสากลต่อไป

บริษัท แม็คเอดูเคชั่น จำกัด

รหัส 2102-2011

วิชาอบชุบโลหะ

ทฤษฎี 1 ชั่วโมง ปฏิบัติ 3 ชั่วโมง 2 หน่วยกิต

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการอบชุบและสมบัติทางกลของเหล็ก ชนิดของเตาชุบ สารจุ่มชุบ
2. มีทักษะการอบชุบเหล็กและทดสอบความแข็ง
3. มีกิจนิสัยในการทำงานที่มีระเบียบแบบแผน มีความรับผิดชอบต่อตนเอง ส่วนรวม และปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการและกระบวนการการอบชุบ และทดสอบความแข็งของเหล็ก
2. อบชุบ ทดสอบความแข็งของเหล็กตามหลักการและกระบวนการ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับโครงสร้างโลหะ ตรวจสอบโครงสร้าง แผนภาพสมดุลเหล็กคาร์บอน เลือกใช้วัสดุผลิตชิ้นส่วนเครื่องมือกล ตรวจสอบสมบัติของวัสดุก่อนและหลังปรับปรุง ปรับปรุงสมบัติชิ้นส่วนด้วยกรรมวิธีชุบแข็ง (Hardening) กรรมวิธีอบคืนตัว (Tempering) ทดสอบความแข็ง บำรุงรักษาเครื่องมือและอุปกรณ์ ปฏิบัติงานตามหลักความปลอดภัย

ตารางวิเคราะห์สมรรถนะประจำหน่วย

หน่วยการเรียนรู้ที่	ชื่อหน่วยการเรียนรู้	สมรรถนะประจำหน่วย
1	ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ	1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโลหะที่เป็นเหล็กและโลหะนอกจำพวกเหล็ก 2. แสดงความรู้เกี่ยวกับความเค้นและความเครียด
2	สมบัติทางกลของโลหะ	1. แสดงความรู้เกี่ยวกับสมบัติของวัสดุในงานอุตสาหกรรม สมบัติทางกลของโลหะ โครงสร้างของความเค้น และความสัมพันธ์กันระหว่างความเค้นและความเครียด 2. แสดงความรู้เกี่ยวกับการทดสอบโลหะ 3. แสดงความรู้เกี่ยวกับการจัดเก็บและการบำรุงรักษาวัสดุ
3	โครงสร้างของโลหะ	แสดงความรู้เกี่ยวกับโครงสร้างของอะตอม แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม ลักษณะทั่วไปของของแข็ง โครงสร้างออสเทนไนต์ โครงสร้างผลึก และระบบผลึก
4	แผนภูมิสมดุลของเหล็ก-คาร์บอน	แสดงความรู้เกี่ยวกับแผนภูมิสมดุล ระบบสมดุลภาคของทวิสาร และแผนภูมิสมดุลเหล็ก-คาร์บอน
5	การแปรรูปและการขึ้นรูปงานโลหะ	แสดงความรู้เกี่ยวกับโลหะผสม สมบัติของการผสม วัสดุผลิตจากโลหะ การเปลี่ยนรูปของโลหะและโลหะผสม ลักษณะการเปลี่ยนรูปในเนื้อโลหะ และการแปรรูปโลหะ
6	หลักการอบชุบโลหะ	แสดงความรู้เกี่ยวกับการอบชุบโลหะ การขึ้นรูปงานโลหะ และวิธีการเชื่อมต่อโลหะ
7	การทดสอบและการตรวจสอบของโลหะ	แสดงความรู้เกี่ยวกับการทดสอบความแข็ง การตรวจสอบโครงสร้างมหภาคและจุลภาคของโลหะ

สารบัญ

หน้า

หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ

1

1. โลหะที่เป็นเหล็ก 3
2. โลหะนอกจำพวกเหล็ก 10
3. ความเค้นและความเครียด 14

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 24

หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 สมบัติทางกลของโลหะ

26

1. สมบัติของวัสดุในงานอุตสาหกรรม 27
2. สมบัติทางกลของวัสดุ 27
3. โครงสร้างต่างๆ ของความเค้น 32
4. ความสัมพันธ์กันระหว่างความเค้น/ความเครียด 46
5. การทดสอบของโลหะ 49
6. การจัดเก็บและการบำรุงรักษาวัสดุ 54

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 57

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 โครงสร้างของโลหะ

59

1. โครงสร้างของอะตอม 60
2. แรงยึดเหนี่ยวระหว่างอะตอม 62
3. ลักษณะทั่วไปของของแข็ง 64
4. โครงสร้างอณูฐาน 65
5. โครงสร้างผลึก 66
6. ระบบผลึก 68

แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 82

หน่วยการเรียนรู้ที่ 4 แผนภูมิสมดุลของเหล็ก-คาร์บอน 85

1. แผนภูมิสมดุล 86
2. ระบบสมดุลภาคของทวิสาร 91
3. แผนภูมิสมดุลของเหล็ก-คาร์บอน 97
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 105

หน่วยการเรียนรู้ที่ 5 การแปรรูปและการขึ้นรูปงานโลหะ 108

1. โลหะผสม 109
2. สมบัติของการผสม 112
3. วัสดุผลิตจากโลหะ 114
4. การเปลี่ยนรูปของโลหะและโลหะผสม 114
5. ลักษณะการเปลี่ยนรูปในเนื้อโลหะ 115
6. การแปรรูปโลหะ 119
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 128

หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 หลักการอบชุบโลหะ 131

1. การอบชุบโลหะ 132
2. การขึ้นรูปงานโลหะ 139
3. การเชื่อมต่อโลหะ 142
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 149

หน่วยการเรียนรู้ที่ 7 การทดสอบและการตรวจสอบของโลหะ 151

1. การทดสอบความแข็ง 152
2. การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค 168
3. การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค 169
- แบบทดสอบเพื่อประเมินผลหลังการเรียนรู้ 175

บรรณานุกรม 178**ภาคผนวก** 180**ดัชนี** 202

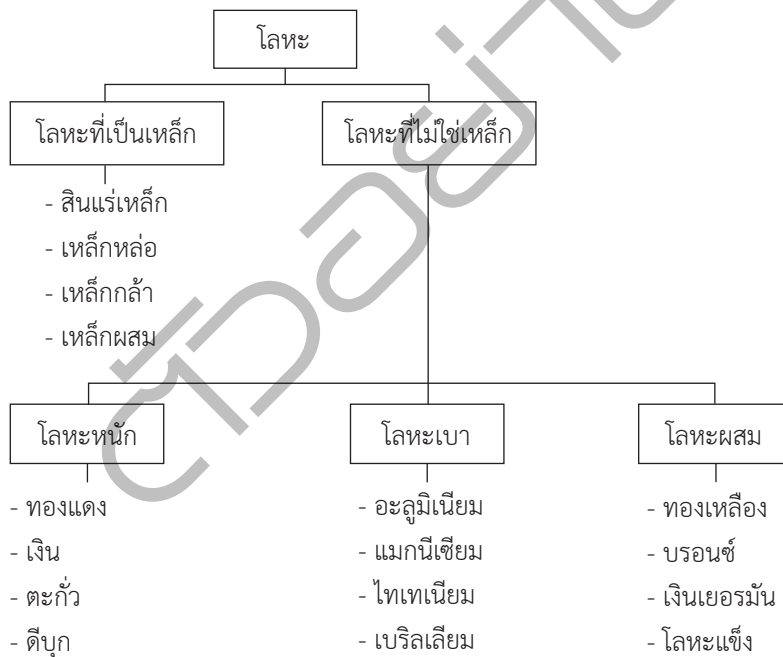
ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ



ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับโลหะ

โลหะในกลุ่มเหล็กเป็นโลหะที่นิยมใช้กันมาก เพราะหาซื้อได้ง่าย ราคาถูก มีกำลังวัสดุอยู่ในเกณฑ์สูง เหมาะสำหรับการใช้งานด้านวิศวกรรมทั่วไป สามารถปรับปรุงสมบัติทางกลได้ด้วยการอบชุบความร้อน (Heat Treatment) ในปัจจุบันวัสดุหลายประเภท เช่น โลหะผสมนอกกลุ่มเหล็ก เซรามิก และพอลิเมอร์ ซึ่งสามารถนำมาใช้ทดแทนเหล็กได้เนื่องจากมีสมบัติเท่าเทียมกันหรือดีกว่า แต่โลหะในกลุ่มเหล็กยังได้รับความนิยมใช้งานกันมากกว่า เนื่องจากราคาค่อนข้างถูกกว่าวัสดุชนิดอื่นๆ

ในวงการอุตสาหกรรม ได้แบ่งโลหะออกเป็น 2 ชนิด คือ โลหะที่เป็นเหล็กและโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก ดังแผนภาพ



แผนภาพแสดงการจำแนกชนิดของโลหะ

โลหะ คือ วัสดุที่ได้จากการถลุงจากสินแร่ต่างๆ ที่เกิดโดยธรรมชาติ มีการจัดเรียงอะตอมเป็นระเบียบกว่าอโลหะ โลหะยังแบ่งออกเป็นโลหะที่เป็นเหล็กและโลหะนอกจำพวกเหล็ก

1. โลหะที่เป็นเหล็ก

โลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous Metal) มีอยู่หลายชนิด ซึ่งมีคุณภาพและลักษณะแตกต่างกัน ออกไปตามลักษณะงานที่ใช้ มีทั้งชนิดหล่อสำเร็จรูปและชนิดที่นำมาขึ้นรูปภายหลัง เช่น กระบอกสูบ เหล็กเส้น เหล็กแผ่น เป็นต้น

1.1 ลินแร่เหล็ก (Iron Ore)

แร่เหล็กที่มีคุณภาพดี มีปริมาณเนื้อแร่สูง และมีปริมาณแร่มากพอที่จะใช้ผลิตเหล็กได้มีอยู่ไม่มากนัก ชนิดของแร่เหล็กมีดังนี้

1.1.1 แร่ฮีมาไทต์ (Hematite) เป็นแร่ที่เหมาะสมจะใช้ถลุงเหล็ก เหล็กของแร่นี้อยู่ในรูปของออกไซด์ มีสูตรทางเคมีว่า Fe_2O_3 เป็นแร่เหล็กที่มีสีแดง มีเหล็กประมาณร้อยละ 70 พบมากในประเทศสหรัฐอเมริกา สหภาพโซเวียต ออสเตรเลีย

1.1.2 แร่แมกนีไทต์ (Magnetite) เป็นแร่ที่เหมาะสมจะใช้ถลุงเหล็ก เช่นเดียวกับแร่ฮีมาไทต์ มีสูตรทางเคมีว่า Fe_3O_4 มีสีดำ และมีเหล็กประมาณร้อยละ 72-73 พบมากในประเทศสหรัฐอเมริกา สวีเดน และจีน

1.1.3 แร่ซิเดอไรต์ (Siderite) เป็นแร่สีน้ำตาลมีจำนวนเนื้อแร่ต่ำ และเหล็กอยู่ในรูปของคาร์บอเนต มีสูตรทางเคมีว่า FeCO_3 มีเหล็กประมาณร้อยละ 47-49 ไม่ค่อยนิยมนำไปถลุง เพราะมีปริมาณเหล็กต่ำ แร่ชนิดนี้พบมากในประเทศสหรัฐอเมริกา สหราชอาณาจักร และเยอรมนี

1.1.4 แร่ไลมอนไต์ (Limonite) แร่ชนิดนี้มีสีน้ำตาล เหล็กในแร่รวมตัวเป็นสารประกอบ ในรูปของออกไซด์มีสูตรทางเคมีว่า $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot x(\text{H}_2\text{O})$ มีเหล็กประมาณร้อยละ 60-65 พบมากในประเทศสหรัฐอเมริกา ฝรั่งเศส

1.1.5 แร่ไพไรต์ (Pyrite) เหล็กในแร่อยู่ในรูปของซัลไฟด์มีสูตรว่า FeS_2 มีสีน้ำตาล มีเหล็กประมาณร้อยละ 60 เนื่องจากเหล็กอยู่ในรูปของซัลไฟด์ จึงไม่นิยมนำไปถลุง เพราะกำมะถันที่อยู่ในแร่ทำให้เหล็กที่ถลุงได้มีกำมะถันปน กลายเป็นเหล็กที่เปราะ

1.2 เหล็กดิบ (Pig Iron)

เหล็กดิบเป็นเหล็กที่ได้จากการนำสินแร่เหล็กมาทำการถลุง โดยการให้ความร้อนแก่สินแร่ภายในเตาสูง (Blast Furnace) โดยการบรรจุวัตถุดิบ คือ ลินแร่เหล็ก (Iron Ore) ถ่านโค้ก (Coke) และหินปูน

(Limestone) โดยใช้รถลากวัตถุดิบ (Skip Car) เป็นตัวช่วยดึงวัตถุดิบขึ้นไปสู่ปากเตาเพื่อบรรจุวัตถุดิบเข้าเตาแล้วจุดถ่านโค้กที่อยู่ภายในเตาให้ลุกติดไฟ แล้วจึงเป่าลมให้เข้าไปในเตาเพื่อช่วยในการเผาไหม้ ความร้อนภายในเตาสูงประมาณ 1,600-1,900 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความร้อนสามารถถลุงสินแร่เหล็กที่อยู่ภายในเตาจนเป็นโลหะเหลว ซึ่งจะละลายไหลแทรกตัวอยู่ระหว่างช่องว่างของถ่านโค้กที่อยู่บริเวณก้นเตา โดยมีขี้ตะกรัน (Slag) ลอยอยู่บนส่วนบนของโลหะที่หลอมละลาย เจ้าหน้าที่จะเจาะเตาถลุงเพื่อให้ขี้ตะกรันที่ลอยอยู่บนน้ำเหล็กไหลออกก่อน จากนั้นจึงจะเจาะให้น้ำเหล็กไหลออกจากเตาเหล็กที่ได้จากการถลุงแร่ เหล็กในเตาถลุงนี้เป็นเหล็กที่ยังไม่บริสุทธิ์มักเรียกว่า เหล็กดิบ (Pig Iron) จากนั้นจะนำเหล็กดิบที่ถลุงได้ส่วนหนึ่งไปหล่อเป็นแท่ง โดยเครื่องจักรอัตโนมัติ (Pig Molding Machine) เพื่อจะนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับทำเหล็กกล้าหรือเหล็กหล่อในภายหลัง โดยนำเหล็กดิบที่ยังร้อนหลอมเหลวแล้วจะนำไปบรรจุลงในเบ้า (Ladle) แล้วนำไปผลิตเป็นเหล็กชนิดต่างๆ ต่อไป

1.3 เหล็กหล่อ (Cast Iron)

เหล็กหล่อ หมายถึง เหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 2% ขึ้นไป ในวงการอุตสาหกรรมจะผลิตเหล็กหล่อที่มีคาร์บอนอยู่ในระหว่าง 2-4.8% และนอกจากนั้นจะเป็นส่วนผสมของสารอื่นๆ เช่น ซิลิคอน 1-3% แมงกานีส 0.4-1% กำมะถัน 0.1-0.35% และฟอสฟอรัส 0.05-1%

1.3.1 เหล็กหล่อสีขาว เป็นเหล็กหล่อที่มีคาร์บอนผสมอยู่ตั้งแต่ร้อยละ 1.7-2% ซึ่งคาร์บอนจะรวมตัวกับแม่เหล็กอยู่

1.3.2 เหล็กหล่อสีเทาหรือเหล็กหล่อสีดำจะมีโครงสร้างคล้ายกับเหล็กดิบ

1.3.3 เหล็กหล่อเหนียว เหล็กหล่อชนิดนี้จะมีความเค้นแรงดันสูงทั้งยังมีความเหนียวและทนต่อแรงกระแทกได้ดี

1.3.4 เหล็กหล่อผสมหรือเหล็กหล่อพิเศษ เหล็กหล่อชนิดนี้นอกจากมีคาร์บอนผสมอยู่แล้วยังมีธาตุอื่นๆ ผสมเพิ่มเติมด้วย เช่น โครเมียม นิกเกิล และโมลิบดีนัม เป็นต้น

1.4 เหล็กกล้า (Steel)

เนื่องจากเหล็กบริสุทธิ์มีสมบัติทางกลที่ไม่เหมาะสมสำหรับงานด้านวิศวกรรม จึงมีการเติมธาตุผสม (Alloying Elements) เข้าไปในเนื้อเหล็ก เพื่อให้ได้สมบัติตามที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วเหล็กกล้าจะอยู่ในรูปของเหล็ก + คาร์บอน + ธาตุผสม + สารมลทิน ปริมาณเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนในเหล็กกล้านั้น

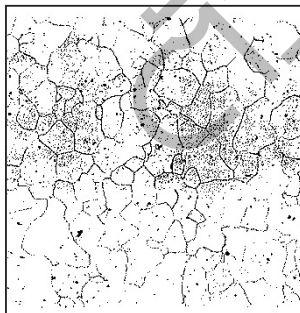
จะมีตั้งแต่ 0.05 ถึง 1.40% โดยน้ำหนัก เมื่อเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนสูงขึ้น กำลังวัสดุ (Strength) และความแข็ง (Hardness) ของเหล็กกล้าจะเพิ่มขึ้น แต่ความเหนียว (Ductility) ของเหล็กกล้านั้นจะลดลง

เหล็กกล้าจำแนกออกไปเป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ คือ เหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon Steels) และ เหล็กกล้าผสม (Alloy Steels)

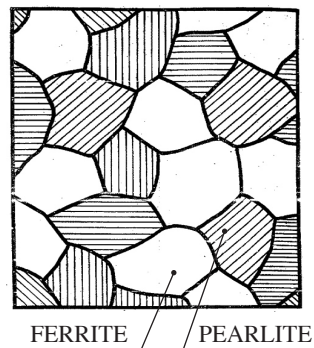
1.4.1 เหล็กกล้าคาร์บอน (Plain Carbon Steels) คือ เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนเป็นธาตุผสมหลัก และมีปริมาณธาตุผสมอื่นๆ อยู่ในปริมาณน้อย ตามนิยามของ AISI (American Iron and Steel Institute) กำหนดปริมาณธาตุผสมไว้ดังนี้ แมงกานีสไม่เกิน 1.65% ซิลิคอนไม่เกิน 0.60% ทองแดงไม่เกิน 0.60% และปริมาณของฟอสฟอรัสรวมกับกำมะถันไม่เกิน 0.05% ถือได้ว่า เฉพาะธาตุคาร์บอนเท่านั้นที่มีอิทธิพลต่อสมบัติของเหล็กกล้าชนิดนี้ ธาตุผสมในเหล็กกล้าประเภทนี้ นอกจากคาร์บอนแล้วจะมีซิลิคอนและแมงกานีส ส่วนกำมะถันและฟอสฟอรัสจะอยู่ในรูปของสารมลทิน เราแบ่งชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนตามเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนที่อยู่ในเนื้อเหล็กดังนี้

- 1) เหล็กกล้าละมุนหรือเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ $<0.25\% \text{ C}$
- 2) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง $0.25 \leq <0.45\% \text{ C}$
- 3) เหล็กกล้าคาร์บอนสูง $0.45 \leq <1.50\% \text{ C}$

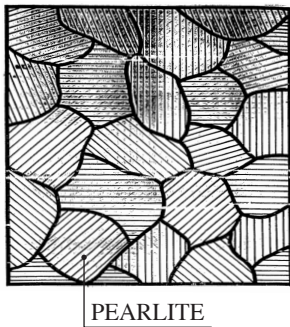
โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับปริมาณของธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่เป็นหลัก ขอให้ดูโครงสร้างจุลภาค (Microstructure) ของเหล็กกล้าคาร์บอนในรูปที่ 1.1



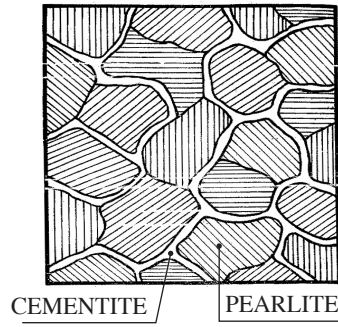
(a) เฟอไรต์ 0.0%C, 500x



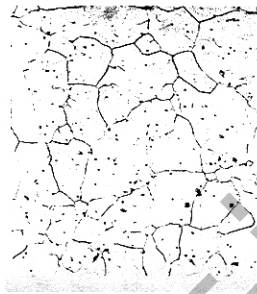
(b) เฟอไรต์ + เพิร์ลไลต์ 0.40%C, 500x



(c) เพิร์ลไลต์ 0.77%C, 1000x



(d) ซีเมนไตต์ที่ขอบเกรน + เพิร์ลไลต์ 1.4%C, 500x



(e) ออสเทนไนต์, 500x

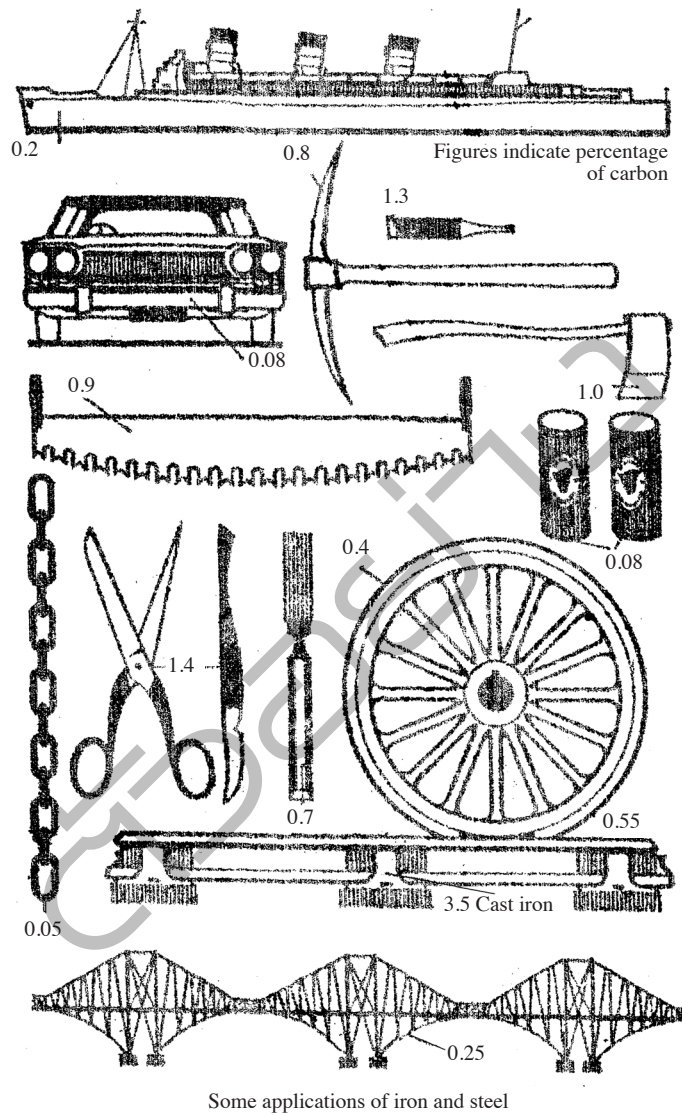
รูปที่ 1.1 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าที่มีปริมาณคาร์บอนต่างๆ

(ที่มา : Bofor Handbook)

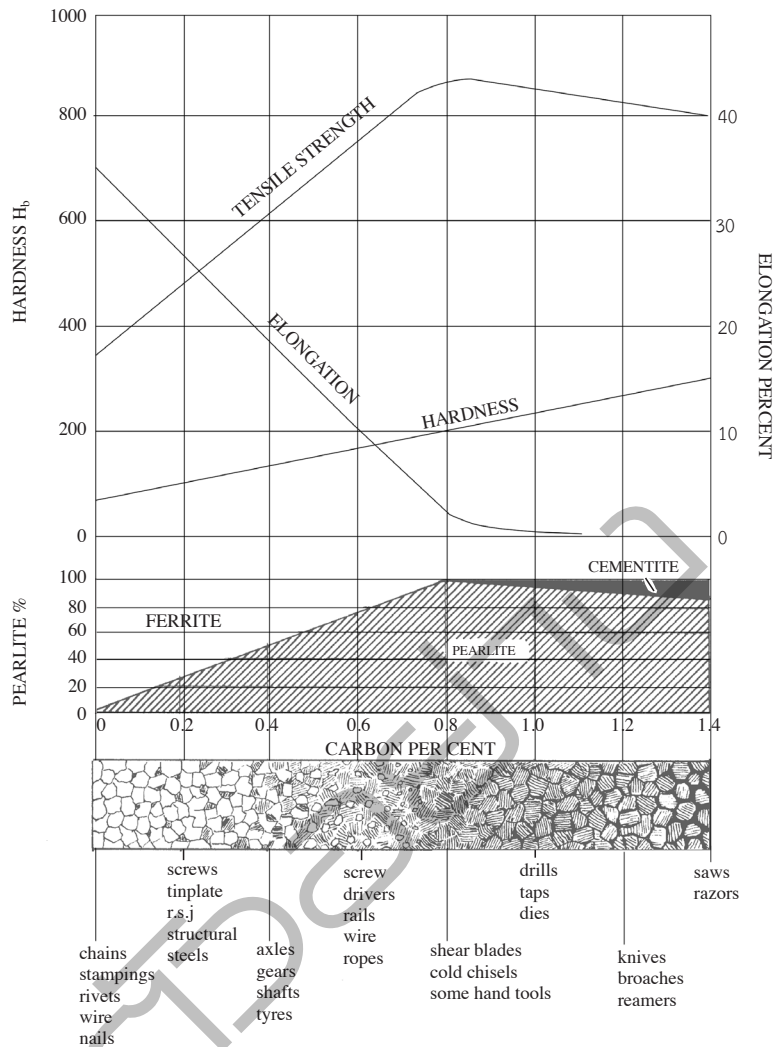
ประเภทเหล็กกล้าคาร์บอนแบ่งโดยอาศัยลักษณะโครงสร้างจุลภาคได้ กล่าวคือ เหล็กกล้าที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน 0.77% จะมีโครงสร้างจุลภาคเป็นเพิร์ลไลต์อย่างเดียว เรียกเหล็กประเภทนี้ว่า **Eutectoid Steels** สำหรับเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนต่ำกว่า 0.77% เรียกว่า **Hypoeutectoid Steels** (โครงสร้างจุลภาคจะประกอบด้วยโปรยูเทคตอยด์เฟอร์ไรต์กับเพิร์ลไลต์) และเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนสูงกว่า 0.77% เรียกว่า **Hypereutectoid Steels** (โครงสร้างจุลภาคจะประกอบด้วยโปรยูเทคตอยด์ซีเมนไตต์กับเพิร์ลไลต์)

สมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอนจะขึ้นตรงกับประเภทและปริมาณของโครงสร้างจุลภาคภายในเนื้อเหล็กนั้นๆ เฟอร์ไรต์มีกำลังวัสดุและความแข็งแรงไม่สูงนักแต่มีความเหนียว ซีเมนไตต์มีความแข็งแรงสูงแต่เปราะ เพิร์ลไลต์มีกำลังวัสดุสูงและสามารถยืดตัวได้ดีภายใต้แรงดึง และทำยาสอดอสเทนไนต์มีกำลังวัสดุต่ำและนิ่ม สามารถรีดให้เข้ารูปได้ง่าย เป็นต้น ส่วนประเภทและปริมาณของโครงสร้างจุลภาคจะขึ้นกับส่วนประกอบทางเคมีของเหล็กกล้านั้นๆ อีกทีหนึ่ง รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างการใช้งานโลหะประเภทเหล็ก โดยระบุเปอร์เซ็นต์คาร์บอนของเหล็กที่นำไปทำชิ้นส่วนหรือผลิตภัณฑ์ต่างๆ ส่วนรูปที่ 1.3

แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์คาร์บอนกับปริมาณของโครงสร้างจุลภาคแต่ละชนิด (เฟอร์ไรต์, เพิร์ลไลต์, ซีเมนไตต์) ในเหล็กและสมบัติเชิงกล



รูปที่ 1.2 แสดงตัวอย่างชิ้นส่วนและผลิตภัณฑ์ที่ทำจากโลหะในกลุ่มเหล็ก โดยตัวเลขระบุถึงเปอร์เซ็นต์คาร์บอนของเหล็กนั้นๆ



รูปที่ 1.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเปอร์เซ็นต์คาร์บอนในเหล็กกับปริมาณโครงสร้างจุลภาค (เฟอร์ไรต์, เพิร์ลไลต์ และซีเมนไต์) ที่จะปรากฏในเหล็กนั้น รวมทั้งสมบัติทางกล และตัวอย่างผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากเหล็กที่มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนนั้น ๆ

(ที่มา : Engineering Metallurgy Part 1, R. A. Higgins)

1.4.2 เหล็กกล้าผสม (Alloy Steels) เหล็กกล้าที่ไม่จัดเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน จะจัดเป็นเหล็กกล้าผสมทั้งหมด ซึ่งนอกจากซิลิคอนและแมงกานีสแล้ว ธาตุผสมในเหล็กกล้าประเภทนี้ยังมีทองแดง นิกเกิล โครเมียม โมลิบดีนัม เป็นต้น สมบัติทางกลของเหล็กกล้าผสมนอกจากจะขึ้นกับปริมาณของคาร์บอนเหมือนดังเหล็กกล้าคาร์บอนแล้ว ยังขึ้นอยู่กับชนิดและปริมาณของธาตุผสมที่อยู่ในเนื้อเหล็กกล้าตลอดจนกระบวนการอบชุบ (Heat Treatment) ที่ให้กับเหล็กกล้านั้นๆ จะใช้เหล็กกล้าผสมแทนที่

เหล็กกล้าคาร์บอน เมื่อต้องการชิ้นงานที่มีสมบัติทางกลหรือสมบัติด้านอื่นๆ เช่น สมบัติด้านการทนทานต่อความร้อนด้านความทนทานต่อการกัดกร่อน ฯลฯ ซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอนไม่สามารถให้สมบัติที่ต้องการนั้นได้

การเติมธาตุผสมในเหล็กกล้า จะทำให้เกิดผลดังนี้

ทองแดง ปกติจะมีปริมาณน้อยกว่า 0.35% และไม่มีผลต่อสมบัติทางกลแต่อย่างใด หน้าที่หลักของทองแดงก็คือ การทำให้เกิดความต้านทานต่อการกัดกร่อนในบรรยากาศที่อุณหภูมิสูงกว่าอุณหภูมิปกติ

นิกเกิล ปกติมักใช้ควบคู่ไปกับโครเมียม

- ปริมาณ 2-5% ช่วยเพิ่มกำลังวัสดุและความเหนียวให้กับเหล็กกล้า
- ปริมาณ 9% ใช้ทำ Cryogenic Steel สำหรับทำภาชนะ ความดันที่อุณหภูมิต่ำมากๆ

เช่น -100°C

- ตั้งแต่ 10% ขึ้นไป ทำให้เหล็กกล้ามีกำลังวัสดุ ความแข็งและความเหนียวเพิ่มขึ้น
- ตั้งแต่ 24% ขึ้นไป ทำให้เหล็กกล้ามีกำลังวัสดุและความแข็งต่ำ แต่จะเหนียวมาก และ

ยึดตัวได้ดีภายใต้แรงดึง

โครเมียม ปกติจะใช้คู่กับนิกเกิล โครเมียมเพิ่มกำลังความแข็งให้กับเหล็กกล้าได้ดี โดยไม่ทำให้การยึดตัวภายใต้แรงดึงลดลงมากนัก

- เหล็กกล้าใช้ในงานทำเครื่องมือกลโครงสร้าง มีโครเมียมสูงถึง 3%
- เหล็กกล้าที่ใช้ทำแบบแม่พิมพ์ มีโครเมียมตั้งแต่ 10% ขึ้นไป
- เหล็กกล้าไร้สนิม มีโครเมียมตั้งแต่ 13% ขึ้นไป
- เหล็กกล้าทนทานต่อความร้อนและใช้ที่อุณหภูมิสูง มีโครเมียม 21%

โมลิบดีนัม โดยทั่วไปจะใช้ไม่เกิน 0.5% นอกจากเพิ่มความเหนียวให้กับเหล็กกล้าแล้ว โมลิบดีนัมยังให้ความแข็งแรงที่อุณหภูมิสูง และเพิ่มความต้านทานการกัดกร่อนให้กับเหล็กกล้าไร้สนิมอีกด้วย

1.4.3 เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steels) เหล็กกล้าประเภทนี้จัดได้ว่าอยู่ในขอบเขตของเหล็กกล้าผสม ธาตุตัวสำคัญ คือ โครเมียม ซึ่งจะผสมตั้งแต่ 13% ขึ้นไป

โครเมียมที่อยู่ในเนื้อเหล็กกล้าจะก่อให้เกิดฟิล์มโครเมียมออกไซด์ (Cr_2O_3) ซึ่งมีเสถียรภาพสูงอยู่ที่ผิวของเหล็กกล้า ฟิล์มอันนี้จะมีความเงางาม และป้องกันไม่ให้เกิดออกซิเดชันกับเหล็กซึ่งอยู่ภายใน เป็นผลให้เหล็กกล้าไร้สนิมมีสมบัติทนทานต่อการกัดกร่อนและมีความเงา

ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม มีดังนี้

1) เหล็กกล้าไร้สนิมเฟอร์ริติก (เช่น เหล็กที่มีส่วนผสม 0.05%C, 13%Cr, 0.5%Mn) โดยทั่วไปแล้วจะมีสมบัติเหนียว มีความแข็งแรง ทำให้แข็งโดยการอบชุบไม่ได้แต่จะทำให้แข็งได้โดยการรีดเย็น ส่วนใหญ่จะใช้กับงานทางวิศวกรรมเคมี เครื่องใช้ในบ้าน และภาชนะใส่อาหาร

หนังสือเรียนอาชีวศึกษา

หลักสูตรใหม่

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.)
พุทธศักราช 2556

สื่อการเรียนรู้แบบบูรณาการที่เน้นคุณลักษณะที่พึงประสงค์
สมรรถนะหลักและสมรรถนะทั่วไป และสมรรถนะวิชาชีพ

เนื้อหาดี มีคุณภาพ ตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบาย
รายวิชาของหลักสูตร เสริมกิจกรรมเตรียมความพร้อมสู่ประชาคมอาเซียนให้แก่
ผู้เรียน และใบช่วยสอนโดยเน้นกระบวนการเรียนรู้ผู้เรียนเป็นสำคัญตามนโยบาย
ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา :-

 Project-based Learning

 Thinking Skills

 Green Technology

 Creative Economy

 MAC e-knowledge

 มีแผนการจัดการเรียนรู้ที่ทันสมัย สะดวก
และปรับได้ สำหรับผู้สอนใช้เป็นแนวทาง
ในการจัดการเรียนรู้



- หนังสือ ☐ 1 สัปดาห์ จำนวน หน้า
☒ 2 สัปดาห์ จำนวน 212 หน้า
☐ 4 สัปดาห์ จำนวน หน้า
- กระดาษ ปอนด์
- ความหนา กระดาษปก 210 แกรม
กระดาษเนื้อใน 70 แกรม

อบชุบโลหะ



 MAC EDUCATION

www.MACeducation.com



ราคา 118 บาท