ชื่อหนังสือ งานเชื่อมโลหะ 2-3-4
บาร์โค้ด 9789743893766
ISBN 974-389-376-8

ศูนย์หนังสือ
พระจอมเกล้าพระนครเหนือ (สจพ.)
โทร. 0-2913-2285-7 โทรสาร. 0-2913-2287

ตรงตามหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) พุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สำนักงานคณะกรรมการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

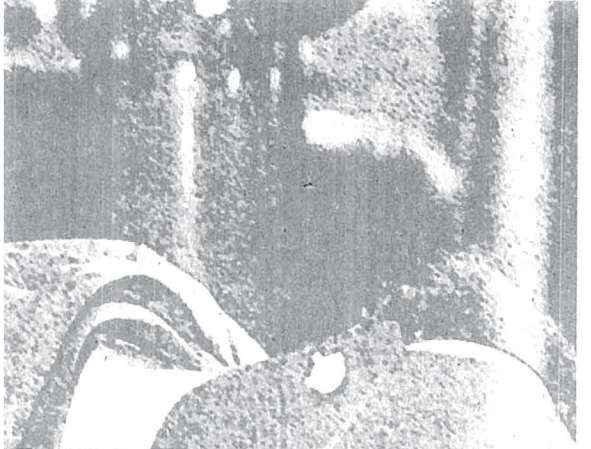
งานเชื่อมโลหะ 2-3-4

หลักสูตรใหม่

วิชาชีพเฉพาะ

รหัส 2103-2107
2103-2108
2103-2109

ฝ่ายวิชาการ บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
โดย... ประภาส เกตุไทย



งานเชื่อมโลหะ 2-3-4

โดย...

ประภาส เกตุไทย

SKY SKYBOOK

บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

SKYBOOK COMPANY LIMITED

515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์ อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130

โทร. 0-2958-1125-7, 0-2567-5119 โทรสาร. 0-2567-5105

E-mail: skybook1992@hotmail.com

www.skybook.co.th

“งานเชื่อมโลหะ 2-3-4”

พิมพ์ครั้งที่ 1 ตุลาคม 2546
พิมพ์ครั้งที่ 2 ตุลาคม 2552
พิมพ์ครั้งที่ 3 พฤษภาคม 2554

ลงานลิขสิทธิ์ตามกฎหมาย
ห้ามคัดลอกถ่ายเอกสารหรือพิมพ์
หรือวิธีหนึ่งวิธีใดของหนังสือเล่มนี้ก่อนได้รับอนุญาต
จากบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด

ราคา 80 บาท

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ
ประกาส เกตุไทย
งานเชื่อมโลหะ 2-3-4 -- พิมพ์ครั้งที่ 3 -- ปทุมธานี : สกายบุ๊กส์, 2554.
192 หน้า
1. โลหะ -- การเชื่อม I. ชื่อเรื่อง
671 . 52
ISBN: 974-389-376-8
S7903-30-05-11

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย บริษัท **สกายบุ๊กส์** จำกัด
515/276-8 ถ.รังสิต-ปทุมธานี ต.ประชาธิปัตย์
อ.ธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12130
e-mail: sales@skybook.co.th
www.skybook.co.th **โทร. 0-2958-1125-7 โทรสาร. 0-2567-5105**

หากท่านผู้อ่านซื้อหนังสือที่จัดพิมพ์โดยบริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด และพบว่าหนังสือสลับหน้า พิมพ์ไม่ชัดเจน
หน้าขาดหายไม่ครบ หรือความบกพร่องอื่นใดอันเนื่องมาจากกระบวนการพิมพ์และการเข้าเล่ม
กรุณาส่งหนังสือมาที่บริษัทฯ เพื่อรับหนังสือเล่มใหม่

คำนำ

หนังสือ **งานเชื่อมโลหะ 2-3-4** เล่มนี้ แปลและเรียบเรียงขึ้นเพื่อให้เป็นคู่มือในการเรียนการสอนวิชางานเชื่อมโลหะ 2, 3 และ 4 (รหัส 2103-2107, 2103-2108 และ 2103-2109)สำหรับนักศึกษาสาขาวิชาโลหะการ งานเชื่อมโลหะ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) หลักสูตรพุทธศักราช 2545 (ปรับปรุง พ.ศ. 2546) ประเภทวิชาอุตสาหกรรมของกรมอาชีวศึกษา และผู้สนใจในด้านงานเชื่อมโลหะทั่วไป

เนื้อหาภายในประกอบด้วย 7 บทเรียน ได้แก่ โลหะวิทยาเกี่ยวกับการเชื่อม ลวดเชื่อม การเชื่อมทิก การเชื่อมมิก กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์และกระบวนการเชื่อมพลาสมา สัญลักษณ์การเชื่อม และการตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ โดยในท้ายบทเรียนทุกบทจะมีคำศัพท์เฉพาะและแบบทดสอบประจำบทเพื่อให้นักศึกษาได้ประโยชน์และได้ทดสอบความรู้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ

ผู้เขียนขอขอบคุณ บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด ที่ได้ให้การสนับสนุนในการจัดพิมพ์ และหวังว่าหนังสือเล่มนี้คงมีประโยชน์ต่อนักศึกษาผู้เรียน ท่านอาจารย์ผู้สอน และผู้สนใจในงานเชื่อมโลหะ หากมีข้อบกพร่องผิดพลาดประการใด ข้าพเจ้าต้องขออภัยและยินดีรับฟังข้อเสนอแนะจากท่านผู้รู้ด้วยความจริงใจ เพื่อจะนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้นในโอกาสต่อไป

ประภาส เกตุไทย
อาจารย์ 3
วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร

CD-EDUCATION

สารบัญ

บทที่ 1 โลหะวิทยาเกี่ยวกับการเชื่อม 7

1.1 โครงสร้างของโลหะ 8

1.2 แผนภาพสมดุลของเหล็ก-เหล็กคาร์ไบด์ 11

1.3 โครงสร้างที่สำคัญของเหล็กคาร์บอน 13

1.4 โลหะที่นำมาใช้ในงานเชื่อม 15

1.5 โลหะวิทยาที่เกี่ยวกับแนวเชื่อม 19

1.6 รอยแตกร้าวในการเชื่อม 24

คำศัพท์เฉพาะบทที่ 1 29

แบบทดสอบบทที่ 1 31

บทที่ 2 ลวดเชื่อม 37

2.1 มาตรฐานลวดเชื่อม 38

2.2 ลวดเชื่อมก๊าซ 39

2.3 ลวดเชื่อมไฟฟ้า 42

2.4 ลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลักซ์ 44

2.5 ลวดเชื่อมสำหรับกระบวนการเชื่อมที่ใช้ก๊าซปกคลุม 46

2.6 หลักการเลือกลวดเชื่อม 50

2.7 มาตรฐานลวดเชื่อมของประเทศสหรัฐอเมริกา 53

2.8 มาตรฐานลวดเชื่อมของประเทศไทย 55

คำศัพท์เฉพาะบทที่ 2 58

แบบทดสอบบทที่ 2 59

บทที่ 3 การเชื่อมทิก 62

3.1 ข้อดีของการเชื่อมทิก 64

3.2 อุปกรณ์เชื่อมทิก 65

3.3 วิธีการเชื่อมทิก 79
คำศัพท์เฉพาะบทที่ 3 87
แบบทดสอบบทที่ 3 88

บทที่ 4 การเชื่อมมิก 91
4.1 ข้อดีของการเชื่อมมิก 92
4.2 การส่งถ่ายน้ำโลหะ 93
4.3 อุปกรณ์เชื่อมมิก 95
4.4 ความยาวลวดเชื่อมที่ยื่นออกจากหัวเชื่อม 105
4.5 มุมหัวเชื่อมและเทคนิคการเชื่อมมิก 106
4.6 การเริ่มต้นเชื่อม 107
4.7 การเชื่อมแผ่นเหล็กในรอยต่อพื้นฐาน 109
คำศัพท์เฉพาะบทที่ 4 116
แบบทดสอบบทที่ 4 117

บทที่ 5 กระบวนการเชื่อมใต้ฟลักซ์และกระบวนการเชื่อมพลาสมา 121
5.1 ข้อดีของการเชื่อมใต้ฟลักซ์ 123
5.2 อุปกรณ์ของการเชื่อมใต้ฟลักซ์ 123
5.3 ข้อดีของการเชื่อมพลาสมาเมื่อเทียบกับการเชื่อมทิก 127
5.4 อุปกรณ์หลักการเชื่อมพลาสมา 128
5.5 ชนิดของการอาร์กพลาสมา 130
5.6 เทคนิคการเชื่อมพลาสมา 132
คำศัพท์เฉพาะบทที่ 5 134
แบบทดสอบบทที่ 5 135

บทที่ 6 สัญลักษณ์การเชื่อม 138
6.1 ประโยชน์ของสัญลักษณ์การเชื่อม 139
6.2 สัญลักษณ์การเชื่อมของ AWS 139
6.3 ส่วนประกอบของสัญลักษณ์การเชื่อม 141
คำศัพท์เฉพาะบทที่ 6 159
แบบทดสอบบทที่ 6 160

บทที่ 7 การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ 163
7.1 ประเภทของการตรวจสอบและทดสอบ 164
7.2 ความบกพร่องของแนวเชื่อม 165
7.3 การตรวจสอบด้วยสายตา 168

7.4 การตรวจสอบด้วยอำนาจแม่เหล็ก 170
7.5 การตรวจสอบด้วยน้ำยาแทรกซึม 174
7.6 การตรวจสอบด้วยรังสี 177
7.7 การทดสอบความต้านทานแรงดึง 180
7.8 การทดสอบความต้านทานต่อแรงดัดโค้งงอ 182
คำศัพท์เฉพาะบทที่ 7 186
แบบทดสอบบทที่ 7 187
บรรณานุกรม 191

ตัวอย่าง

1 โลหะวิทยาเกี่ยวกับการเชื่อม

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. บอกโครงสร้างผลึกของโลหะในรูปแบบต่าง ๆ ได้ถูกต้อง
2. อธิบายแผนภาพสมดุลของเหล็ก - เหล็กคาร์ไบด์ได้ถูกต้อง
3. บอกโครงสร้างที่สำคัญ ๆ ของเหล็กคาร์บอนได้
4. จำแนกชนิดของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อได้ถูกต้อง
5. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างโลหะเมื่อได้รับผลกระทบจากความร้อนได้ถูกต้อง

เนื้อหา

1. โครงสร้างของโลหะ
2. แผนภาพสมดุลของเหล็ก - เหล็กคาร์ไบด์
3. โลหะที่นำมาใช้ในงานเชื่อม
4. โลหะวิทยาที่เกี่ยวกับแนวเชื่อม
5. รอยแตกร้าวในการเชื่อม

ตัวอย่าง

การศึกษารายละเอียดเกี่ยวกับโลหะเรียกว่า โลหะวิทยา คำว่าโลหะวิทยาเป็นศาสตร์แขนงหนึ่ง ซึ่งศึกษาเกี่ยวกับโลหะ การผลิต การศึกษาโครงสร้างภายใน และการนำไปใช้งาน แบ่งเป็นสาขาใหญ่ ๆ 2 สาขาคือ

1. Extractive or process metallurgy ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการถลุงเหล็กจากสินแร่เหล็ก และกระบวนการผลิตโลหะ

2. Physical metallurgy ศึกษาเกี่ยวกับวิธีการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโลหะ ส่วนผสมทางเคมี และกระบวนการผลิต (Manufacturing proces)

สำหรับบทนี้จะได้ศึกษาโลหะวิทยาที่เกี่ยวกับการเชื่อมโลหะ (Welding metallurgy) บางส่วนซึ่งเป็นพื้นฐาน โลหะเป็นวัสดุหลักของงานเชื่อม ช่างเชื่อมและผู้ที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมจำเป็นต้องศึกษาเรียนรู้และทำความเข้าใจถึงโลหะชนิดต่าง ๆ โครงสร้างภายใน ส่วนผสมทางเคมี และคุณสมบัติทั่วไปของโลหะ ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้จะเป็นความรู้ที่สำคัญเพื่อใช้ประกอบการพิจารณาในการเลือกโลหะมาใช้ในงานเชื่อม เลือกกระบวนการเชื่อม ลวดเชื่อม และเทคนิคการเชื่อม

1.1 โครงสร้างของโลหะ

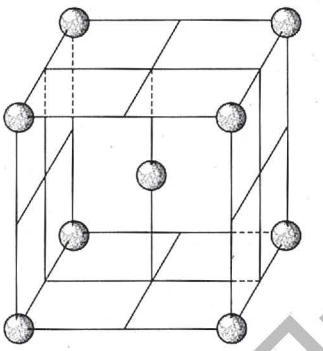
โลหะเมื่อแข็งตัวและอยู่ในสภาพเย็น ถ้านำมาขัดแล้วส่องดูโครงสร้างด้วยกล้องที่มีกำลังขยายสูง (Microscope) จะเห็นเม็ดโลหะหรือเม็ดเกรน (Grains) เล็ก ๆ จำนวนมาก ภายในเม็ดโลหะเหล่านี้จะประกอบไปด้วยโครงสร้างของอะตอม (Atoms) ซึ่งมีขนาดเล็กมาก โครงสร้างของอะตอมจะจัดเรียงตัวกันเป็นผลึก (Crystals) เรียกว่า โครงสร้างผลึก (Crystal structure)

การจัดเรียงตัวของอะตอมภายในผลึกจะมีรูปทรงลักษณะเป็น 3 มิติ หรือสามทิศทาง มีรูปร่างและขนาดที่แตกต่างกันมากมายหลายชนิด ทั้งที่มีรูปทรงเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ (Cubic) ทรงหกเหลี่ยม (Hexagonal) และรูปทรงอื่น ๆ เป็นต้น อะตอมที่จัดเรียงกันจนเป็นทรงรูปร่างต่าง ๆ นี้เรียกว่า สเปซแลตติช (Space lattice)

คุณสมบัติของโลหะจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับรูปร่างของผลึก จำนวนอะตอมที่มีอยู่ในแต่ละช่วงผลึกระยะห่างหรือช่องห่างระหว่างอะตอมในแต่ละผลึก และความสัมพันธ์ภายในของผลึก โดยโลหะจะมีโครงสร้างผลึกที่แน่นอนในสภาพเย็น และโลหะส่วนใหญ่จะมีรูปแบบโครงสร้างผลึก หรือสเปซแลตติชใน 3 แบบต่อไปนี้

1.1.1 Body - Centered Cubic (B.C.C.)

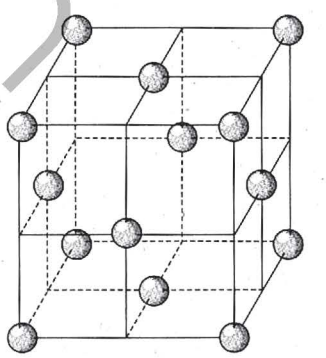
เป็นลักษณะโครงสร้างรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีอะตอมอยู่ทั้ง 8 มุม และมีอยู่ตรงกลางอีก 1 ตัว ดังรูปที่ 1.1 โลหะที่มีโครงสร้างเป็นแบบ B.C.C. ได้แก่ ไอรอน โมลิบดีนัม โครเมียม โคลัมเบียม ทังสเตน และวาเนเดียม



รูปที่ 1.1 *โครงสร้างของ B.C.C.*

1.1.2 Face - Centered Cubic (F.C.C.)

โครงสร้างรูปทรงสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีอะตอมอยู่ตรงมุมทั้ง 8 มุม และอยู่กึ่งกลางด้านอีก 6 ด้าน ดังรูปที่ 1.2 โลหะที่มีโครงสร้างเป็นแบบ F.C.C. ได้แก่ อะลูมินัม นิกเกิล ทองแดง ตะกั่ว แพลทินัม ทอง และเงิน

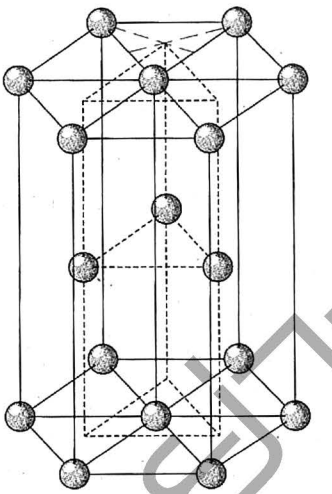


รูปที่ 1.2 *โครงสร้างของ F.C.C.*

ตัวอย่าง

1.1.3 Hexagonal Closed - Packed (H.C.P.)

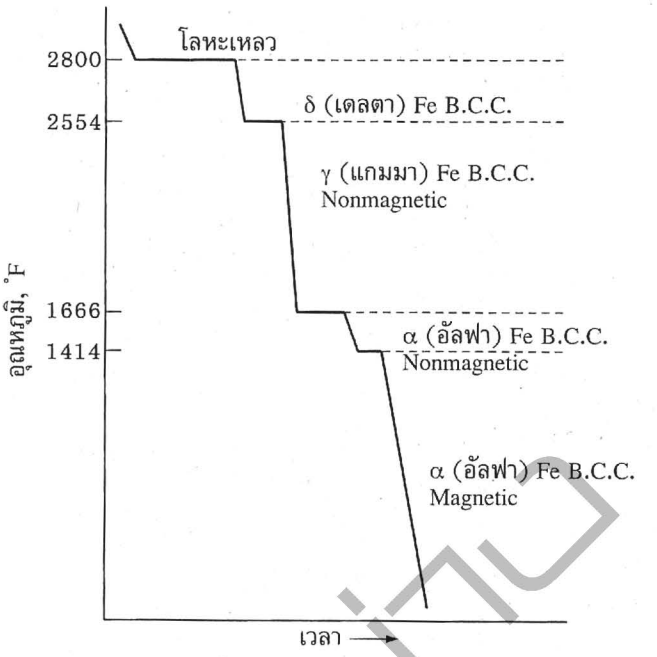
ลักษณะโครงสร้างเป็นรูปทรงหกเหลี่ยม มีอะตอมตรงมุมทุกมุมในตรงกลางด้านบนและด้านล่าง และมีอะตอมด้านข้างอีก 3 ด้าน ดังรูปที่ 1.3 โลหะที่มีโครงสร้างเป็น H.C.C. ได้แก่ แคดเมียม บิสมัท โคบอลต์ แมกนีเซียม ไทเทเนียม และสังกะสี



รูปที่ 1.3 โครงสร้างของ H.C.P.

โลหะบางชนิดจะมีโครงสร้างที่เปลี่ยนไปได้หลายรูปแบบเรียกว่า Allotropic ที่ควรนำมาศึกษาในที่นี้คือ เหล็ก (Fe) เหล็กสามารถเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกได้เป็นสองรูปแบบ ขึ้นอยู่กับการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิความร้อน โดยอุณหภูมิจะเป็นตัวกำหนดโครงสร้างของผลึก

ในรูปที่ 1.4 เหล็กหลอมเหลวเริ่มแข็งตัวที่อุณหภูมิ 2,800 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 1,438 องศาเซลเซียส มีลักษณะเป็นเหล็กเดลตา (Delta) หรือ d-iron มีรูปแบบโครงสร้างเป็นแบบ B.C.C. เมื่ออุณหภูมิเย็นลงอยู่ระหว่าง 2,554 - 1,666 องศาฟาเรนไฮต์ เหล็กจะมีสภาพเป็นเหล็กแกมมา (Gamma) หรือ r - iron โครงสร้างก็จะเปลี่ยนเป็นแบบ F.C.C. และเมื่ออุณหภูมิลดต่ำกว่า 1,666 องศาฟาเรนไฮต์ ไปถึงอุณหภูมิห้อง สภาพเหล็กจะกลายเป็นเหล็กอัลฟา (Alpha) หรือ a - iron โครงสร้างก็จะเปลี่ยนจากโครงสร้าง F.C.C กลับเป็นโครงสร้าง B.C.C. ซึ่งเป็นโครงสร้างสุดท้าย การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเหล็กเนื่องจากการเปลี่ยนอุณหภูมิจะมีผลให้เกิดการเปลี่ยนทั้งทางด้านปริมาตรและเวลาด้วย



รูปที่ 1.4 *แสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างผลึกของเหล็ก*

1.2 แผนภาพสมดุลของเหล็ก – เหล็กคาร์ไบด์

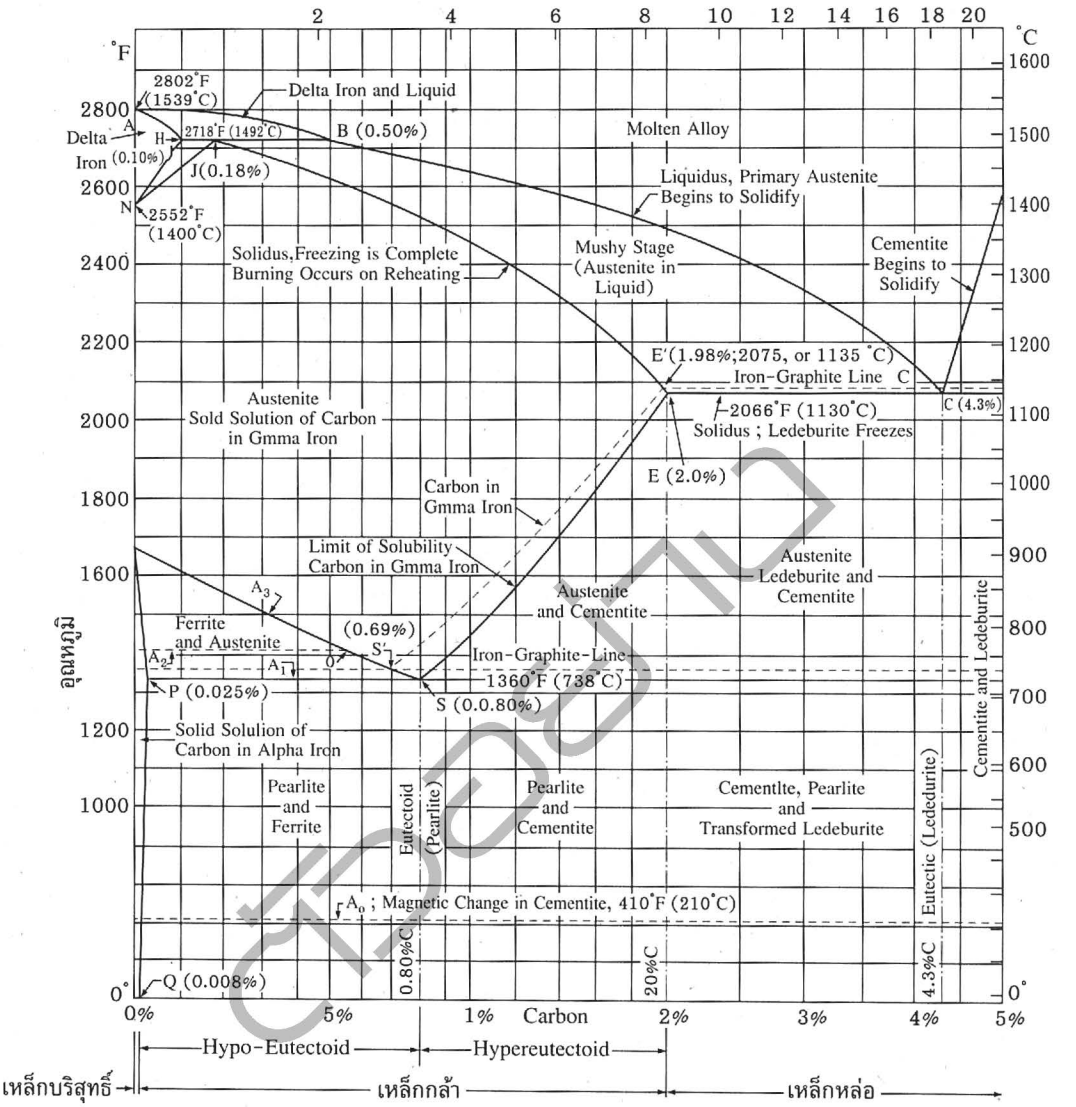
แผนภาพสมดุลที่จะศึกษาต่อไปนี้ เป็นแผนภาพสมดุลของเหล็ก - เหล็กคาร์ไบด์ (Iron - Cabide alloy diagram) ใช้สำหรับศึกษาโลหะผสมระหว่างธาตุเหล็กกับธาตุคาร์บอน โดยศึกษาถึงความเปลี่ยนแปลงของธาตุเหล็กในระดับอุณหภูมิและเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมของคาร์บอนในจำนวนต่าง ๆ จากแผนภาพสมดุล อุณหภูมิ (Temperature) จะอยู่ในแนวแกนตั้ง และเปอร์เซ็นต์ส่วนผสมของคาร์บอน (Composition percent carbon) จะอยู่ในแนวแกนนอน

คาร์บอนเป็นธาตุที่สำคัญและมีอิทธิพลมากเมื่อผสมในเหล็ก โดยเหล็กเมื่อผสมธาตุคาร์บอนจะเป็นสารประกอบเรียกว่า เหล็กคาร์ไบด์ ในเมื่อคาร์บอนผสมอยู่ในสภาวะ Metalstable state เหล็กคาร์ไบด์มีความแข็ง (Hard) และเปราะ (Brittle) มากน้อยขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมของธาตุคาร์บอน

เหล็กบริสุทธิ์ (Iron) หมายถึงเหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมไม่เกิน 0.008 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง 20 องศาเซลเซียส มีจุดหลอมละลายที่อุณหภูมิ 15 องศาเซลเซียส

เหล็กกล้า (Steel) หมายถึงเหล็กที่มีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ หรือตั้งแต่ 0.008 - 2 เปอร์เซ็นต์ มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอนสูง

เหล็กหล่อ (Cast iron) มีเปอร์เซ็นต์คาร์บอน ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ธาตุคาร์บอน 2.0 - 6.67 เปอร์เซ็นต์ ดังรูปแผนภาพสมดุล รูปที่ 1.5 แต่เหล็กหล่อที่ผลิตนำมาใช้กันทั่วไปจะมีเปอร์เซ็นต์ธาตุคาร์บอนประมาณ 2 - 4 เปอร์เซ็นต์



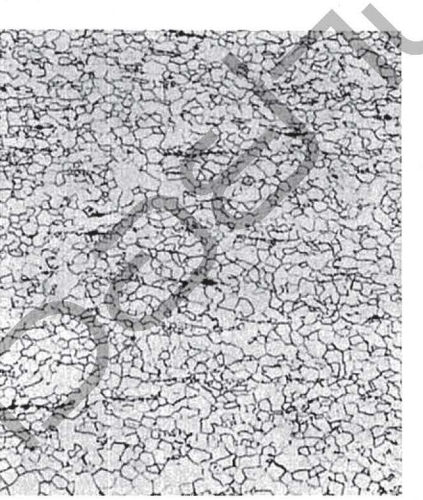
รูปที่ 1.5 แผนภาพสมดุลของเหล็ก - เหล็กคาร์ไบด์

1.3 โครงสร้างที่สำคัญของเหล็กคาร์บอน

การศึกษาเรื่องโลหะผสมเหล็กกับธาตุคาร์บอนจะต้องทำความเข้าใจและศึกษาเรียนรู้เรื่องชื่อหรือคำศัพท์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับโครงสร้างโลหะผสมคาร์บอนให้เข้าใจเสียก่อน เพราะโครงสร้างเหล่านี้ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติ ส่วนผสม ลักษณะโครงสร้าง และการนำไปใช้งานของเหล็กได้ โดยโครงสร้างที่ควรทราบมีดังต่อไปนี้

1.3.1 เฟอร์ไรต์ (Ferrite)

เฟอร์ไรต์เป็นสารละลายแข็ง (Solid solution) ระหว่างเหล็กอัลฟากับคาร์บอน มีคาร์บอนละลายผสมอยู่ในเหล็กได้ไม่เกิน 0.025 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 1,333 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 723 องศาเซลเซียส และ 0.008 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิห้อง (Room temperature) เป็นเหล็กอัลฟามีโครงสร้างผลึกเป็นแบบ B.C.C. และเป็นสารแม่เหล็ก ดังรูปที่ 1.6 โดยเหล็กเฟอร์ไรต์จะอ่อนและมีความต้านทานแรงดึงน้อยแต่เหนียว นำมายืดได้ยาวมาก



รูปที่ 1.6 *ภาพโครงสร้างเฟอร์ไรต์*

1.3.2 ออสเทนไนต์ (Austenite)

ออสเทนไนต์ หมายถึงเหล็กแกมมา (Gamma iron) เป็นสารละลายแข็งระหว่างเหล็กแกมมากับคาร์บอน ดังรูปที่ 1.5 มีปริมาณคาร์บอนผสมในเหล็กได้สูงสุด 2.0 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 2,066 องศาฟาเรนไฮต์ หรือประมาณ 1,130 องศาเซลเซียส มีโครงสร้างผลึกเป็นแบบ F.C.C คุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก แต่เป็นเหล็กอ่อน นำมายืดได้ยาวและมีความอ่อนตัวสูง (Ductile)

1.3.3 เพิร์ลไลต์ (Pearlite)

เพิร์ลไลต์ หมายถึงช่วงซึ่งเป็นเหล็กผสมคาร์บอนโครงสร้างยูเทคทอยด์ (Eutectoid structure) เกิดจากการเย็นตัวอย่างช้า ๆ ของออสเทนไนต์ถึงอุณหภูมิ 723 องศาเซลเซียส หรือ 1,333 องศาฟาเรนไฮต์ ตรงที่มีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่ 0.80 เปอร์เซ็นต์ เพิร์ลไลต์ประกอบด้วย 2 เฟส มีลักษณะคล้ายเป็นแผ่นซ้อนสลับกันระหว่างเฟอร์ไรต์กับซีเมนไทต์ ดังรูปที่ 1.7 คุณสมบัติเหล็กเพิร์ลไลต์จะแข็งและมีความแข็งแรง (Strong) แต่มีอัตราการยืดตัวน้อย

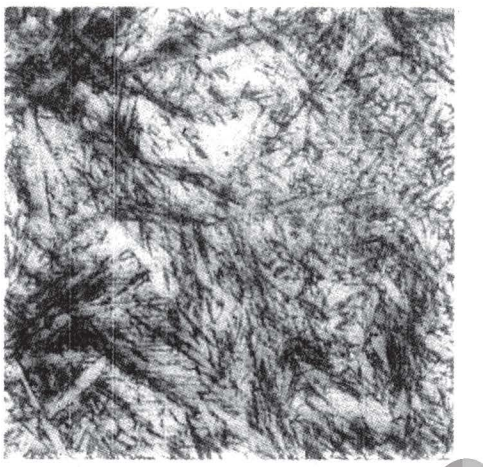
รูปที่ 1.7 *ภาพโครงสร้างเพิร์ลไลต์*

1.3.4 ซีเมนต์ไทต์ (Cementite)

ซีเมนต์ไทต์มีโครงสร้างเป็นรูปสารประกอบเชิงโลหะ (Intermetallic compound) ซึ่งประกอบด้วยธาตุคาร์บอนกับเหล็ก โดยมีคาร์บอนแทรกตัวอยู่ในเหล็กได้สูง 6.67 เปอร์เซ็นต์ ซีเมนต์ไทต์หรือเรียกว่าเหล็กคาร์ไบด์ (Fe_3C) มีคุณสมบัติแข็งและเปราะ ทนต่อการเสียดสีได้ดี เป็นโครงสร้างเหล็กคาร์บอนในส่วนที่แข็งที่สุด มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็ก

1.3.5 มาร์เทนไซต์ (Martensite)

มาร์เทนไซต์เป็นเหล็กคาร์บอนซึ่งมีคาร์บอนสูงกว่า 0.3 เปอร์เซ็นต์ โครงสร้างเหล็กมาร์เทนไซต์ไม่มีแผนภาพสมดุลเหล็กคาร์บอน แต่เป็นโครงสร้างที่ช่างโลหะควรศึกษา โครงสร้างมาร์เทนไซต์เกิดจากการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในของเหล็กอันเนื่องมาจากความร้อน โดยนำเหล็กคาร์บอนที่มีโครงสร้างเฟอร์ไรต์กับเพิร์ลไลต์มาเผาให้ร้อน อุณหภูมิสูงขึ้นจนเหล็กเปลี่ยนโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์ แล้วทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วโดยจุ่มลงไปในน้ำ โครงสร้างของเหล็กก็จะเปลี่ยนไปเป็นมาร์เทนไซต์ ลักษณะโครงสร้างดังรูปที่ 1.8 เหล็กโครงสร้างมาร์เทนไซต์จะมีความแข็งมาก (Fully hardened steel) และเปราะ เพื่อลดความเปราะควรนำไปอบคลายคืนตัว (Tempering) ก่อนนำไปใช้งาน



รูปที่ 1.8 *ภาพโครงสร้างมาร์เทนไซต์*

1.4 โลหะที่นำมาใช้ในงานเชื่อม

อุตสาหกรรมโลหะ เป็นอุตสาหกรรมที่ได้มีการพัฒนาเทคโนโลยีใหม่ ๆ และทันสมัยสูงขึ้นตลอดเวลา เพื่อสนองความต้องการของผู้ใช้ซึ่งนับวันมีแต่จะเพิ่มความต้องการมากขึ้น สำหรับด้านงานเชื่อมโลหะ ช่างเชื่อมและผู้เกี่ยวข้องกับงานเชื่อมจำเป็นต้องศึกษาเรียนรู้อย่างต่อเนื่องถึงโลหะชนิดต่าง ๆ คุณสมบัติ การนำไปใช้งาน การจำแนกประเภทของโลหะ เพื่อให้ได้งานเชื่อมที่มีประสิทธิภาพ เพราะสามารถเลือกลวดเชื่อม กระบวนการเชื่อม การให้ความร้อนที่เหมาะสม การเตรียมการก่อนและหลังการเชื่อมได้อย่างถูกต้องเหมาะสมกับโลหะงาน

1.4.1 ประเภทของโลหะ (Classification of metals)

โลหะ (Metal) โดยทั่วไปแบ่งเป็นประเภทใหญ่ ๆ ได้ 2 ประเภทคือ โลหะที่มีธาตุเหล็กผสมอยู่หรือโลหะที่เป็นเหล็ก (Ferrous metal) กับโลหะที่ไม่มีธาตุเหล็กผสมอยู่หรือโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non ferrous metal)

โลหะที่เป็นเหล็กเกิดจากการถลุงสินแร่เหล็กในเตาสูง (Blast furnace) เหล็กที่ได้เรียกว่าเหล็กดิบ (Pig iron) เหล็กดิบจะมีสารเจือปน (Impurity) ผสมอยู่มาก ในการที่จะนำเหล็กดิบนี้ไปทำเป็นเหล็กชนิดอื่น ๆ จะต้องเปลี่ยนแปลงส่วนผสมของสารเจือปนในเหล็กดิบให้เหมาะสมกับโลหะชนิดนั้น ๆ โดยผ่านเข้าเตาถลุงเฉพาะอย่างอีกครั้ง เพื่อผลิตเป็นเหล็กกล้าหรือเหล็กหล่อต่อไป

1.4.2 กระบวนการผลิตเหล็ก

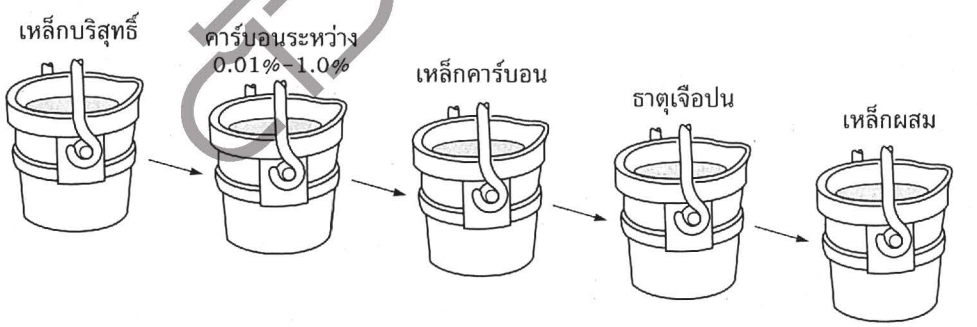
โลหะซึ่งมีอยู่มากมายหลายชนิดในปัจจุบันได้มาจากส่วนต่าง ๆ ของโลหะซึ่งเกิดจากสินแร่ของโลหะนั้น ๆ ที่ผสมหรือติดอยู่กับดิน หิน และทราย โดยฝังตัวอยู่ใต้พื้นผิวโลก ซึ่งจะต้องขุดสินแร่

(Ore) เหล่านั้นมาสกัดกำจัดและสิ่งที่ไม่ต้องการที่ติดมากับสินแร่ แล้วนำเข้าถลุงในเตาถลุงสินแร่เพื่อไล่สิ่งเจือปนต่าง ๆ ออกจากโลหะ และผ่านกระบวนการอื่น ๆ อีกตามความเหมาะสมเพื่อจะได้เป็นโลหะสำเร็จรูปตามลักษณะรูปร่างหรือขนาดที่ต้องการ

เหล็กเป็นโลหะที่รู้จักกันมานานแล้ว กรรมวิธีถลุงเหล็กครั้งแรก ๆ จะใช้วิธีการนำสินแร่เหล็กไปเผาในเตา ทำให้ได้แกนแร่เหล็กก้อนเล็ก ๆ ที่เรียกว่า Sponge แล้วนำ Sponge ไปตีขึ้นรูปบนทั่ง ต่อมาในระยะหลังมนุษย์ได้ค้นพบวิธีการใหม่ ๆ ในการนำสินแร่มาถลุง โดยเฉพาะสินแร่เหล็ก โดยการนำวัตถุดิบ (Raw material) มาป้อนเข้าเตาถลุงเหล็ก โดยปกติจะใช้เตาสูง วัตถุดิบในที่นี้คือสินแร่เหล็ก หินปูน และถ่านโค้ก เหล็กที่ได้จากเตาสูงนี้เรียกว่า เหล็กดิบ จากนั้นเราสามารถนำเหล็กดิบนี้ไปเข้าเตาหลอมเหล็กชนิดอื่น ๆ เพื่อให้ได้คุณสมบัติของเหล็กตามที่ต้องการ เช่น นำเข้าเตา Open - hearth furnace หรือ Basic oxygen furnace เพื่อให้ได้เหล็กกล้า เป็นต้น เหล็กที่ผ่านเตาเหล่านี้จะมีลักษณะเป็นแท่ง (Ingots) แล้วเราก็นำไปผ่านกระบวนการต่าง ๆ ตามต้องการ เพื่อให้เป็นแผ่นหนาหรือแผ่นเหล็กบางตามขนาด หรือให้มีลักษณะเป็นท่อเหล็ก เป็นต้น

1.4.3 เหล็กกล้า

เหล็กบริสุทธิ์จะนำไปใช้ในงานทำเครื่องมือ เครื่องจักร หรือโครงสร้างต่าง ๆ ไม่ได้ เพราะเหล็กบริสุทธิ์จะอ่อนมาก ไม่แข็งแรง แต่ถ้าผสมคาร์บอนลงไปเล็กน้อยเหล็กจะแข็งขึ้น โดยเหล็กที่ผสมคาร์บอนซึ่งมีธาตุคาร์บอนระหว่าง 0.008 - 2.0 เปอร์เซ็นต์ เรียกว่า เหล็กกล้าหรือเหล็กคาร์บอน (Carbon steel) และถ้าผสมธาตุอื่นเข้าไปด้วยนอกจากธาตุคาร์บอนแล้ว เหล็กชนิดนี้จะถูกเรียกชื่อใหม่ว่า เหล็กผสม (Alloy steel) ดังรูปที่ 1.9



รูปที่ 1.9 *แสดงชนิดของเหล็ก*

เหล็กกล้าคาร์บอน หรือที่เรียกว่า เหล็กกล้า ประกอบด้วยส่วนผสมของคาร์บอนไม่เกิน 2 เปอร์เซ็นต์ และมีจำนวนซิลิคอน แมงกานีส ฟอสฟอรัส และซัลเฟอร์ผสมอยู่เล็กน้อย เหล็กกล้าอาจจำแนกตามส่วนผสมของคาร์บอนได้ 3 ชนิด ดังนี้

1. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low carbon steel) หรือเรียกว่าเหล็กกล้าละมุน (Mild steel) มีคาร์บอนไม่เกิน 0.30 เปอร์เซ็นต์ ปกติใช้ในงานทำโครงสร้างทั่วไป ทำเป็นแผ่นเหล็ก (Plate) และเหล็กเส้น เป็นต้น โดยเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ จะมีความสามารถในการเชื่อมดีมาก

2. เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium carbon steel) มีคาร์บอนผสมในเนื้อเหล็ก 0.30 - 0.60 เปอร์เซ็นต์ มีความแข็งแรงและความแข็งสูงกว่าเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ สามารถนำไปปรับปรุงคุณสมบัติด้วยความร้อนได้ แต่ความสามารถในการเชื่อมจะลดลง การนำเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางไปเชื่อมต้องกระทำด้วยความระมัดระวัง การเลือกใช้ลวดเชื่อมและการให้ความร้อนในกระบวนการเชื่อมต้องกระทำอย่างถูกวิธี เพราะอาจทำให้เกิดรอยแตกร้าว (Cracks) รอบแนวเชื่อมได้ เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางใช้ทำโครงสร้างที่รับแรงสูง ๆ และใช้ทำเครื่องมือทั่วไป เช่น สกัด เครื่องมือตอกเจาะ (Punch) และดอกสว่าน เป็นต้น

3. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High carbon steel) มีคาร์บอนผสม 0.60 - 1.70 เปอร์เซ็นต์ เหล็กกล้าชนิดนี้มีความแข็งสูงและมีความแข็งแรงมาก ต้านทานต่อการสึกหรอสูง ปกติจะต้องผ่านการอบชุบด้วยความร้อนก่อนนำไปใช้งาน เหล็กกล้าคาร์บอนสูงใช้ทำสปริง ทำคมของเครื่องมือตัดและชิ้นส่วนของเครื่องจักรที่ต้องการความแข็งแรงสูงและทนต่อการสึกหรอได้ดี ในการเชื่อมต้องใช้ลวดเชื่อมพิเศษ (Special electrode) ต้องอุ่นงานก่อนเชื่อม (Preheat) และอาจจะต้องอบคลายความร้อนหลังเชื่อม (Postheat) ด้วย

1.4.4 บทบาทของธาตุเจือปนในเหล็กกล้าคาร์บอน

ธาตุเจือปน (Alloying elements) จะมีบทบาทและมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติในด้านต่าง ๆ ของเหล็กเป็นอย่างมาก เหล็กจะเปลี่ยนแปลงไปตามปริมาณส่วนผสมของธาตุนั้น ๆ ถ้าผสมอยู่ในปริมาณที่พอเหมาะจะทำให้เหล็กมีคุณสมบัติดีขึ้นโดยเฉพาะคุณสมบัติทางกล และจะมีอิทธิพลต่อความสามารถในการเชื่อมของเหล็กด้วย ธาตุต่าง ๆ มีดังต่อไปนี้

คาร์บอน (Carbon) สัญลักษณ์คือ C บทบาทของธาตุคาร์บอนมีมากที่สุดในเนื้อเหล็ก ธาตุคาร์บอนจะมีอิทธิพลต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้าเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณส่วนผสมของคาร์บอนในเนื้อเหล็กนั้น ๆ เหล็กกล้าที่ผสมคาร์บอนเพิ่มขึ้นจะมีผลทำให้ความแข็งเพิ่มขึ้น เหล็กจะเปราะ จุดหลอมเหลวต่ำลง ความสามารถในการยืดตัวและการตีขึ้นรูปต่ำลงหรือกระทำได้ยาก ธาตุคาร์บอนจะมีอิทธิพลอย่างมากต่อความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้า เพราะเหล็กกล้าคาร์บอนยิ่งผสมคาร์บอนมากก็จะทำให้เชื่อมได้ยากขึ้น

ซิลิคอน (Silicon) สัญลักษณ์คือ Si เหล็กกล้าคาร์บอนโดยทั่วไปจะมีซิลิคอนผสมอยู่ระหว่าง 0.1 - 0.2 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งปริมาณนี้จะไม่มีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กมากนัก ส่วนเหล็กกล้าคาร์บอนสูงควรจะมีซิลิคอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.2 เปอร์เซ็นต์ ซิลิคอนเป็นธาตุช่วยกำจัดออกซิเจน ดังนั้น

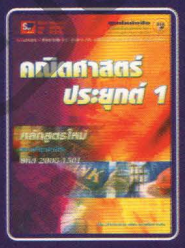
รายการหนังสือ

หมวดวิชาพื้นฐาน	รหัสวิชา	ราคา/เล่ม
วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ปี.45)	2000-1401	65.-
คณิตศาสตร์ประยุกต์ 1 (ปี.45)	2000-1501	65.-

หมวดวิชาชีพพื้นฐาน	รหัสวิชา	ราคา/เล่ม
ทฤษฎีช่างกลทั่วไป	2100-0001	60.-
งานฝึกฝีมือ (ปี.45)	2100-1004	60.-
เขียนแบบเทคนิค 1	2100-0004	95.-
เขียนแบบเทคนิค 2	2100-0005	95.-
วัสดุช่างอุตสาหกรรม (ปี.45)	2100-1002	60.-
งานเชื่อมและโลหะแผ่น	2100-0008	60.-
งานไฟฟ้าทั่วไป	2100-0010	75.-
ความปลอดภัยในโรงงานอุตสาหกรรม	2100-0021	60.-
ระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9000	-	100.-
การบริหารงานคุณภาพและเพิ่มผลผลิต	2001-0003	80.-

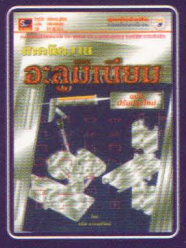
หมวดช่างเชื่อม	รหัสวิชา	ราคา/เล่ม
เทคนิคงานอะลูมิเนียม	-	120.-
งานเชื่อมโลหะ 1 (ปี.45)	2103-2104	80.-

วิทยาศาสตร์พื้นฐาน (ปี.45)
ราคา 65 บาท



คณิตศาสตร์ประยุกต์ 1 (ปี.45)
ราคา 65 บาท

ระบบบริหารงานคุณภาพ ISO 9000
ราคา 100 บาท



เทคนิคงานอะลูมิเนียม
ราคา 120 บาท

งานเชื่อมโลหะ 1 (ปี.45)
ราคา 80 บาท

ผลิตโดย ศูนย์หนังสือพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนพิบูลสงคราม เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทร. 0-2913-2285-7 โทรสาร. 0-2913-2287

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย
บริษัท สกายบุ๊กส์ จำกัด
SKYBOOK COMPANY LIMITED
www.skybook.co.th

งานเชื่อมโลหะ 2-3-4
ISBN 974-389-376-8
9 789743 893766
ราคา 80 บาท