หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

สาขาวิชา ช่างเชื่อมโลหะ

กลุ่มอาชีพ อุตสาหกรรมการผลิต

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น

รหัสวิชา 20103-2014

นายจรัญ มนัส

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน
BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

คำนำ

โลหะวิทยาเป็นสาขาวิชาที่สำคัญในการศึกษาเกี่ยวกับโลหะและวัสดุโลหะ โดยมุ่งเน้นไปที่การศึกษาโครงสร้าง คุณสมบัติ การผลิต และการประยุกต์ใช้โลหะในอุตสาหกรรมต่างๆ วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้นจะช่วยให้นักศึกษาเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับโลหะ รวมถึงกระบวนการต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตและการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะ การเรียนรู้โลหะวิทยาเบื้องต้นไม่เพียงแต่ช่วยให้นักศึกษาเข้าใจการทำงานของโลหะในเชิงวิทยาศาสตร์ แต่ยังเปิดโอกาสให้พวกเขาได้เรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยีที่ใช้ในการผลิตวัสดุใหม่ๆ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมการก่อสร้าง ยานยนต์ อิเล็กทรอนิกส์ และการผลิตเครื่องจักร

นอกจากนี้ วิชาโลหะวิทยายังเน้นการพัฒนาทักษะการวิเคราะห์และการวิจัย ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการทำงานในสาขาวิศวกรรมและอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับโลหะ การเข้าใจคุณสมบัติของโลหะและการปรับปรุงวัสดุจะช่วยให้นักศึกษาเตรียมพร้อมสำหรับการเผชิญกับความท้าทายใหม่ๆ ในอนาคต ด้วยเหตุนี้ วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้นจึงเป็นก้าวแรกที่สำคัญสำหรับผู้ที่ต้องการเข้าสู่วงการวิศวกรรมวัสดุและโลหะศาสตร์ และเป็นพื้นฐานที่มั่นคงสำหรับการศึกษาในระดับที่สูงขึ้นต่อไปในอนาคต

(นายจรัญ มนัส)
สาขาวิชาช่างเชื่อมโลหะ
วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน

BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE

สารบัญ

หน้า

คำนำ

สารบัญ

หลักสูตรรายวิชา ก

ตาราวิเคราะห์หน่วยการเรียนรู้ ข

หน่วยการเรียนรู้ ค

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ ง

หน่วยที่ 1 เรื่องสมบัติของโลหะ

แผนการจัดการเรียนรู้ 19

ใบความรู้ 22

ใบงาน 31

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 32

หน่วยที่ 2 เรื่องอิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน(HAZ)

แผนการจัดการเรียนรู้ 33

ใบความรู้ 36

ใบงาน 44

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 45

หน่วยที่ 3 เรื่อง การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน

แผนการจัดการเรียนรู้ 46

ใบความรู้ 49

ใบงาน 62

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 63

หน่วยที่ 4 เรื่อง โครงสร้างของโลหะ

แผนการจัดการเรียนรู้ 64

ใบความรู้ 67

ใบงาน 80

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 81

หน่วยที่ 5 เรื่อง โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า

แผนการจัดการเรียนรู้ 82

ใบความรู้ 85

ใบงาน 97

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 98

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

หน่วยที่ 6 เรื่อง แผนภาพสมดุล $Fe-Fe_3C$ Diagram

แผนการจัดการเรียนรู้ 99

ใบความรู้ 102

ใบงาน 115

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 116

หน่วยที่ 7 เรื่อง กรรมวิธีการผลิตเหล็ก

แผนการจัดการเรียนรู้ 117

ใบความรู้ 120

ใบงาน 153

แบบประเมินความสามารถในการปฏิบัติงาน/ผลลัพธ์การเรียนรู้/สมรรถนะ 154

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE กศน.

หลักสูตรรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ

ประเภทวิชา อุตสาหกรรม **กลุ่มอาชีพ** อุตสาหกรรมหารผลิต **สาขาวิชา** ช่างเชื่อมโลหะ

รหัส 20103-2014 **ชื่อวิชา** โลหะวิทยาเบื้องต้น

ทฤษฎี 1 **ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ** 3 **ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน** 2 **หน่วยกิต**

อ้างอิงมาตรฐาน

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา

ประยุกต์ใช้หลักการโลหะวิทยาเบื้องต้นในการปฏิบัติงานการทดสอบชนิดของเหล็กตามมาตรฐานอาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3 ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3 ช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2.3 ช่างเชื่อมทิกระดับ 2,3

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจเกี่ยวกับสมบัติของโลหะ โครงสร้างโลหะ แผนภูมิสมดุล เหล็กและเหล็กคาร์ไบด์ผลของความร้อนจากการเชื่อมที่มีต่องานเชื่อม
2. มีทักษะในการทดสอบหาสมบัติของโลหะได้ตามหลักการ
3. มีเจตคติ และกิจนิสัยที่ดีในการทำงานรับผิดชอบ ตรงต่อเวลา รักษาความสะอาด และปลอดภัย
4. สามารถประยุกต์ใช้ในการปฏิบัติงาน ตามขั้นตอนที่กำหนดให้ ภายใต้การกำกับดูแล และและแนะนำอย่างใกล้ชิด

สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับโลหะวิทยาเบื้องต้น
2. ปฏิบัติการทดสอบสมบัติของโลหะอย่างง่าย
3. ประยุกต์ใช้การตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคและมทัพภาคของเหล็กกล้า

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาเกี่ยวกับสมบัติของโลหะ การผลิตเหล็ก โครงสร้างของโลหะแบบ BCC FCC และHCP แผนภูมิสมดุลของเหล็ก-เหล็กคาร์ไบด์ อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการเชื่อมและบริเวณกระทบร้อน (HAZ)การจำแนกชนิด

ของโลหะโดยพิจารณาจากสมบัติของโลหะ การทดสอบชนิดของเหล็กโดยวิธีดูประกายไฟการทดสอบความแข็งด้วยตะไบ การปรับปรุงสมบัติของโลหะโดยใช้ความร้อน การดูโครงสร้างเหล็กกล้า

มาตรฐานอาชีพ

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
WEL-VHM-2-008ZB	ปฏิบัติงานเชื่อมแม็กรอยต่อตัวทีและรอยต่อชนแผ่น ด้วยความปลอดภัย	1060401	จัดเตรียมอุปกรณ์ความปลอดภัยในกระบวนการเชื่อมแม็กรอยต่อตัวทีและรอยต่อชนแผ่น	1. เตรียมอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคล ได้อย่างถูกต้อง 2. ตรวจความสมบูรณ์ของอุปกรณ์ความปลอดภัยส่วนบุคคลก่อนการใช้งาน	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน
		1060402	ใช้อุปกรณ์ป้องกันอันตรายส่วนบุคคลในงานเชื่อมแม็ก รอยต่อตัวทีและรอยต่อชนแผ่น	1. ใช้อุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล ได้อย่างถูกต้อง 2. ทำความสะอาดอุปกรณ์ป้องกันความปลอดภัยส่วนบุคคล ได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

มาตรฐานอาชีพ (ถ้ามี)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
WEL-VOEB-003B	การเชื่อม วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1000301	ประเภทและชนิดของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกคุณสมบัติทั่วไปของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมได้อย่างถูกต้อง 2. บอกสัญลักษณ์การระบุประเภทของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกลักษณะการใช้งานของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกธาตุหลักที่บ่งบอกความเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 5. บอกสมบัติทางกลของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000302	ความสามารถในการเชื่อมได้เหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกวิธีการเตรียมรอยต่อสำหรับการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมได้อย่างถูกต้อง 2. สามารถปฏิบัติตามกรรมวิธีการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมได้อย่างถูกต้อง 3. บอกชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมที่ไม่ต้องทำการอุ่นชิ้นงานก่อนทำการเชื่อมได้อย่างถูกต้อง 4. บอกธาตุผสมหลักในวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีผลให้เกิดความต้านทานในการกัดกร่อน ได้อย่างถูกต้อง 5. บอกสาเหตุของการควบคุมอุณหภูมิระหว่างชั้นเชื่อม (Interpass temp)	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

				ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง	

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000303	ลวดเชื่อมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อม วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกชนิดของลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 2. บอกวิธีการเก็บรักษาลวดเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกวิธีการใช้ลวดเชื่อมสำหรับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดรอยเชื่อมของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 5. บอกวิธีทำความสะอาดรอยไหม้ของผิวรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000304	ปัญหาในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกปัญหาของการเกิดจุดบกพร่องในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 2. บอกปัญหาในการเลือกใช้ลวดเชื่อมไม่เหมาะสมกับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกผลกระทบที่ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกปัญหาที่เกิดจากการเลือกใช้อุปกรณ์ในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมไม่เหมาะสม ได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000304	ปัญหาในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกปัญหาของการเกิดจุดบกพร่องในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 2. บอกปัญหาในการเลือกใช้ลวดเชื่อมไม่เหมาะสมกับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกผลกระทบที่ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกปัญหาที่เกิดจากการเลือกใช้อุปกรณ์ในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมไม่เหมาะสม ได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

มาตรฐานอาชีพ

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
WEL-VOEB-003B	การเชื่อม วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1000301	ประเภทและชนิดของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกคุณสมบัติทั่วไปของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมได้อย่างถูกต้อง 2. บอกสัญลักษณ์การระบุประเภทของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกลักษณะการใช้งานของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกธาตุหลักที่บ่งบอกความเป็นวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 5. บอกสมบัติทางกลของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000302	ความสามารถในการเชื่อมได้เหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกวิธีการเตรียมรอยต่อสำหรับการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 2. สามารถปฏิบัติตามกรรมวิธีการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกชนิดของเหล็กกล้าไร้สนิมที่ไม่ต้องทำการอุ่นชิ้นงานก่อนทำการเชื่อม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกธาตุผสมหลักในวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมที่มีผลให้เกิดความต้านทานในการกัดกร่อน ได้อย่างถูกต้อง 5. บอกสาเหตุของการควบคุมอุณหภูมิระหว่างชั้นเชื่อม	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

				(Interpass temp) ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง	

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000303	ลวดเชื่อมอุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อม วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกชนิดของลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 2. บอกวิธีการเก็บรักษาลวดเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกวิธีการใช้ลวดเชื่อมสำหรับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำความสะอาดรอยเชื่อมของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 5. บอกวิธีทำความสะอาดรอยไหม้ของผิวรอยเชื่อมที่เกิดขึ้นบนผิววัสดุ	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

				เหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง	

มาตรฐานอาชีพ (ต่อ)

หน่วยงานรับรองมาตรฐานอาชีพสถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน

มาตรฐานอาชีพ สาขาวิชาชีพ ช่างเชื่อมโลหะ

อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 3

หน่วยสมรรถนะ		สมรรถนะย่อย		เกณฑ์การปฏิบัติงาน	วิธีประเมิน
รหัส	คำอธิบาย	รหัส	คำอธิบาย		
		1000304	ปัญหาในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม	1. บอกปัญหาของการเกิดจุดบกพร่องในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 2. บอกปัญหาในการเลือกใช้ลวดเชื่อมไม่เหมาะสมกับวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างถูกต้อง 3. บอกผลกระทบที่ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนดกรรมวิธีการเชื่อม ได้อย่างถูกต้อง 4. บอกปัญหาที่เกิดจากการเลือกใช้อุปกรณ์ในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิมไม่เหมาะสม ได้อย่างถูกต้อง	1) แบบทดสอบปรนัย 4 ตัวเลือก 2) ใบสั่งงานเชื่อม 3) แฟ้มสะสมผลงาน

ตารางวิเคราะห์พฤติกรรมการเรียนรู้ (แบบ 1)

รหัส 20103-2014 **ชื่อวิชา** โลหะวิทยาเบื้องต้น

ทฤษฎี 1 **ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ** 3 **ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน** 2 **หน่วยกิต**

หน่วยการเรียนรู้	ความสามารถที่คาดหวัง									รวม	จำนวนชั่วโมง ท/ป
	พุทธิพิสัย						ทักษะพิสัย	จิตพิสัย	ประยุกต์ใช้		
	ความรู้	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์	การประเมิน	การ					
สมบัติของโลหะ	3	2	1	-	-	-	2	1	1		3/9
อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)	3	2	3	1	-	1	2	1	2		2/6
การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน	2	3	3	2	-	1	4	2	2		2/6
โครงสร้างของโลหะ	2	3	2	1	1	2	**3**	2	**1**		3/9
โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า	2	3	2	1	1	1	**3**	**1**	1		**2/6**
แผนภาพสมดุล $Fe-Fe_3C$ Diagram	**1**	**1**	**1**	1	1	1	**3**	**1**	**1**		**3/9**
กรรมวิธีการผลิตเหล็ก	2	2	2	-	-	-	3	2	2		1/3
วัดผลและประเมินผลกลางภาคเรียน											
วัดผลและประเมินผลปลายภาคเรียน											
รวม	15	16	14	6	3	6	20	10	10	100	72
ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา (เมื่อเรียนรายวิชานี้สำเร็จแล้วทำอะไรได้)											
รวมทั้งรายวิชา										100	72

หน่วยการเรียนรู้

รหัส 20103-2008 **ชื่อวิชา** โลหะวิทยาเบื้องต้น

ทฤษฎี 1 **ชั่วโมง/สัปดาห์ ปฏิบัติ** 3 **ชั่วโมง/สัปดาห์ จำนวน** 2 **หน่วยกิต**

หน่วยที่	หน่วยการเรียนรู้	เวลาเรียน (ชม.)		
		ทฤษฎี	ปฏิบัติ	รวม
1	สมบัติของโลหะ (บูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง)	3	9	12
2	อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน(HAZ)	2	6	8
3	การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน	2	6	8
4	โครงสร้างของโลหะ	3	9	12
5	โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า	2	6	8
6	แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram	3	9	12
7	กรรมวิธีการผลิตเหล็ก	1	3	4
	ประเมินผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับรายวิชา			
		16	**48**	**72**

การวัดผลและประเมินผล

1. การวัดผล

- พุทธิพิสัย	1) แบบฝึกหัด	10 %	- ทักษะพิสัย	1) ใบงาน	20 %
	2) ทดสอบหลังเรียน	10 %		2) วัดผลสัมฤทธิ์	20 %
	3) วัดผลสัมฤทธิ์	20 %		รวม	40 %
	รวม	40 %			
- จิตพิสัย	รวม	10 %			
- ประยุกต์ใช้	รวม	10 %	รวมทั้งหมด		100 %

(คะแนนทดสอบก่อนเรียนสำหรับเปรียบเทียบกับคะแนนทดสอบหลังเรียน)

คะแนนระหว่างภาค : ปลายภาค 80 : 20

- ระหว่างภาค	1) แบบฝึกหัด	20 %
	2) ทดสอบกลางภาค	20 %
	3) ใบงาน	20 %
	4) จิตพิสัย	20 %
	รวม	80 %
- ปลายภาค	ทดสอบปลายภาค	20 %
รวม	20 %	
	รวมทั้งหมด	100 %

2. การประเมินผล (อิงเกณฑ์)

80 – 100	คะแนน ได้ผลการเรียน	4.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีเยี่ยม
75 – 79	คะแนน ได้ผลการเรียน	3.5	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีมาก
70 – 74	คะแนน ได้ผลการเรียน	3.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี
65 – 69	คะแนน ได้ผลการเรียน	2.5	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีพอใช้
60 – 64	คะแนน ได้ผลการเรียน	2.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์พอใช้
55 – 59	คะแนน ได้ผลการเรียน	1.5	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อน
50 – 54	คะแนน ได้ผลการเรียน	1.0	หมายถึง ผลการเรียนอยู่ในเกณฑ์อ่อนมาก
< 50	คะแนน ได้ผลการเรียน	0	หมายถึง ผลการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 1 - 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ สมบัติของโลหะ	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน สมบัติของโลหะ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

ในหน่วยการเรียนนี้ผู้เรียนจะทราบถึงสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในคุณสมบัติต่างๆ ของวัสดุได้ดียิ่งขึ้น จนทำให้สามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้อง ตามความเหมาะสมและสภาพการใช้งาน รวมทั้งการออกแบบกระบวนการผลิตที่ถูกต้อง

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. สามารถจัดกลุ่มคุณสมบัติของวัสดุได้
2. สามารถบอกสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ ได้
3. สามารถเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1. มีความรู้เกี่ยวกับสมบัติวัสดุชนิดต่างๆ
2. เข้าใจสมบัติของวัสดุในแต่ละชนิด

4.2 ด้านทักษะ

1. บอกเหล็กกล้าคาร์บอน และส่วนผสมในเหล็กกล้าได้
2. บอกสมบัติของวัสดุ อิทธิพลของธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าได้
3. อธิบายแผนภาพสมดุลเหล็ก- คาร์บอนได้

4.3 คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์

2. ความมีวินัย

3. ความรับผิดชอบ

4. ความเชื่อมั่นในตนเอง

5. ความรักสามัคคี

5. การบูรณาการกับหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

5.1 ความพอประมาณ

- การดำเนินชีวิตหรือทำหน้าที่ในสถาบันต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ไม่เกินกำลัง ไม่ฟุ่มเฟือย และไม่เบียดเบียนผู้อื่น

5.2 ความมีเหตุผล

- ใช้เหตุและผลในการตัดสินใจ คำนึงถึงผลที่จะเกิดขึ้นต่อตนเองและสังคม

5.3 การมีภูมิคุ้มกันที่ดี

- การเตรียมความพร้อมรับมือกับการเปลี่ยนแปลงทางสังคม เศรษฐกิจ และวัฒนธรรม

5.4 เงื่อนไขความรู้

- การมีความรู้รอบด้านสถาบันทางสังคมและหน้าที่ต่างๆของสถาบันทางสังคม

5.5 เงื่อนไขคุณธรรม

- มีความรับผิดชอบ และสนใจใฝ่ศึกษาหาความรู้

5.6. 4 มิติ สมดุลและพร้อมรับการเปลี่ยนแปลง

5.6.1 ด้านวัตถุ/เศรษฐกิจ

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกมีความมั่นคงทางเศรษฐกิจอย่างพอเพียง ไม่ฟุ่มเฟือย และรู้จักใช้ทรัพยากรอย่างคุ้มค่า

5.6.2 ด้านสังคม

สังคมควรมีความเอื้อเฟื้อ เกื้อกูล เคารพกติกา และอยู่ร่วมกันอย่างสันติ

5.6.3 ด้านวัฒนธรรม

สถาบันทางสังคมควรส่งเสริมให้สมาชิกใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างรู้คุณค่า และรักษาสมดุลของสิ่งแวดล้อม

5.6.4 ด้านสิ่งแวดล้อม

วัฒนธรรมเป็นรากฐานที่ช่วยให้สังคมดำรงอยู่ได้อย่างมั่นคงและมีเอกลักษณ์

5.7 ศาสตร์ด้านการพัฒนา

5.7.1 ศาสตร์สากล

เป็นความรู้ ทฤษฎี และแนวคิดสากลที่ใช้ในการพัฒนาสังคม เศรษฐกิจ การเมือง และการศึกษา โดยอาศัยหลักวิทยาศาสตร์ เหตุผล และกระบวนการทางวิชาการที่ทั่วโลกยอมรับ

5.7.2 ศาสตร์พระราชา

องค์รวม มองวัฒนธรรมสัมพันธ์กับปัจจัยทางสังคม เศรษฐกิจ สิ่งแวดล้อม

5.7.3 ศาสตร์ภูมิปัญญาท้องถิ่น

ประสบการณ์ของคนในชุมชน ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น มีความเหมาะสมกับวิถีชีวิต วัฒนธรรม และสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น

5.8. 4 พระบรมราโชบายด้านการศึกษาของในหลวงรัชการที่ 10

5.8.1 มีทัศนคติที่ถูกต้องต่อบ้านเมือง

มีความรู้ความเข้าใจต่อชาติบ้านเมือง

5.8.2 มีพื้นฐานมีชีวิตที่มั่นคง เข้มแข็ง มีคุณธรรม

ปฏิบัติแต่สิ่งที่ชอบ สิ่งที่ดีงาม

5.8.3 มีงานทำ มีอาชีพ

ต้องสนับสนุนผู้สำเร็จหลักสูตร มีอาชีพมีงาน จนสามารถเลี้ยงดูตนเองและครอบครัว

5.8.4 เป็นพลเมืองที่ดีมีระเบียบวินัย

การเป็นพลเมืองดี มีระเบียบวินัยและรู้จักรับผิดชอบในหน้าที่ของตนเอง

6. สาระการเรียนรู้

คุณสมบัติของวัสดุ

7. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

8. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

8.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียน**เขียนแบบการเชื่อมและโลหะแผ่น**

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

8.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

8.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **8.5 อื่น ๆ**

9. หลักฐานการเรียนรู้

8.1 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.2 ใบงาน

10. การวัดและประเมินผล

10.1 วิธีวัดและการประเมินผล

1) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
2) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
3) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน
4) ตรวจใบงาน

10.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

1) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน
2) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
3) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน
4) เฉลยใบงาน

10.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

11. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

11.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

11.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาทีส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

	ใบความรู้ ที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 1 - 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ สมบัติของโลหะ	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน *สมบัติของโลหะ*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

1 สมบัติของโลหะ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3

2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3

4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

4. สามารถจัดกลุ่มคุณสมบัติของวัสดุได้
5. สามารถบอกสมบัติของวัสดุชนิดต่างๆ ได้
6. สามารถเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

3. มีความรู้เกี่ยวกับสมบัติวัสดุชนิดต่างๆ
4. เข้าใจสมบัติของวัสดุในแต่ละชนิด

4.2 ด้านทักษะ

1. บอกเหล็กกล้าคาร์บอน และส่วนผสมในเหล็กกล้าได้
2. บอกสมบัติของวัสดุ อิทธิพลของธาตุที่ผสมในเหล็กกล้าได้
3. อธิบายแผนภาพสมดุลเหล็ก- คาร์บอนได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

1.ชนิดของวัสดุ (Types of Materials)

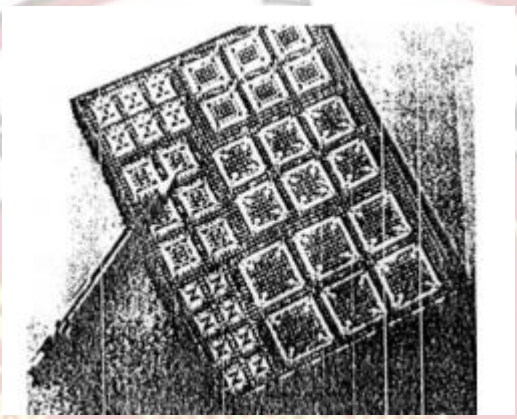
วัสดุมีการจัดกลุ่มเป็น 5 กลุ่ม คือ โลหะ, เซรามิคซ์, โพลิเมอร์, วัสดุกึ่งตัวนำ และ วัสดุประสม วัสดุในแต่กลุ่มจะมีโครงสร้างและสมบัติแตกต่างกัน เช่น ความแข็งแรงทนทาน

โลหะ (Metals) โลหะ และ อัลลอยด์ รวมทั้ง เหล็กกล้า, อลูมิเนียม, แมกนีเซียม, สังกะสี, เหล็กหล่อ , ไททาเนียม, ทองแดง และ นิเกิล โดยทั่วไปมีสมบัติในการนำไฟฟ้า และนำความร้อนได้ดี มีความแข็งแรงทนทาน ,ความแข็ง, เหนียว หรือการคงสภาพ และทนแรงกระแทกสิ่งเหล่านี้เป็นประโยชน์อย่างมาก ทั้งทางโครงสร้าง หรือการรับแรง โลหะบริสุทธิ์ที่ถูกใช้ในบางครั้งเป็นองค์ประกอบของโลหะที่เรียกว่า อัลลอยด์ โดยได้มาจากปรับปรุงสมบัติบางประการขององค์ประกอบให้ดีขึ้น อย่างเช่น ส่วนหนึ่งของเครื่องบินเจ็ท จะอธิบายถึงการนำโลหะอัลลอยด์หลายๆ ชนิดมาใช้ในส่วนสำคัญๆ

เซรามิกซ์ (Ceramics) อิฐ, แก้ว, โต๊ะอาหาร, กล้องส่องทางไกล, และอุปกรณ์ขัด มีความนำไฟฟ้าและความร้อนต่ำ มีสภาพเป็นฉนวน เซรามิกซ์ มีความแข็งแรงมาก แต่เปราะ เทคนิคกระบวนการใหม่ๆ ที่ทำให้เซรามิกซ์ มีความทนทานต่อการแตกหักให้มากพอ เมื่อนำไปใช้ อย่างเช่น ในชิ้นส่วนเครื่องยนต์เทอร์ไบน์

โพลิเมอร์ (Polymers) เป็นการผลิตโดยการทำให้โครงสร้างโมเลกุลใหญ่ขึ้น จากโมเลกุลของสารอินทรีย์ในกระบวนการที่เรียกว่า โพลิเมอร์โรเซชั่น โพลิเมอร์นี้จะรวมไปถึง ยาง, พลาสติก และกาวชนิดต่างๆ โพลิเมอร์ นั้นมีสภาพนำไฟฟ้าและความร้อนต่ำ ความแข็งแรงและทนทานน้อยและไม่เหมาะกับการใช้วานในที่มีอุณหภูมิสูง โพลิเมอร์ชนิดเทอร์โมพลาสติก จะเป็นโซ่โมเลกุลสายยาว เชื่อมต่อกันอย่างไม่แน่นอนตายตัว และคงสภาพได้ดี ส่วนโพลิเมอร์ชนิดเทอร์โมเซตส์ จะมีความแข็งแรงกว่า แต่เปราะมากกว่าเพราะประกอบด้วยโซ่โมเลกุลที่เหนียวแน่น โพลิเมอร์มีประโยชน์มากมายในการนำไปใช้ รวมถึงนำไปทำเครื่องมือทางไฟฟ้าด้วย

วัสดุกึ่งตัวนำ (Semiconductors) แม้ว่าซิลิกอน, เจอร์มาเนียม (Genmanium) และลำดับขององค์ประกอบอื่น เช่น แกลเลียมอาร์เซไนด์ (Gallium arsenide;GaAS) นั้นจะมีความเปราะมากก็ตามแต่วัสดุเหล่านี้มีความจำเป็นสำหรับงานทางไฟฟ้า, คอมพิวเตอร์ และการติดต่อสื่อสาร ความนำไฟฟ้าของวัสดุเหล่านี้สามารถนำไปใช้ในทางไฟฟ้าได้มาก อย่างเช่น ทรานซิสเตอร์, ไดโอค และ วงจรอินทิเกรต ข้อมูลจะถูกส่งโดยไฟเบอร์-ออพติก (Fibreoptic) วัสดุกึ่งตัวนำเหล่านี้จะเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้าให้เป็นความสว่าง และในทำนองกลับกันก็เป็นองค์ประกอบที่สำคัญในระบบเหล่านี้อีกด้วย



รูปแสดง วงจรอินทิเกรต (Integrated) สำหรับคอมพิวเตอร์และอุปกรณ์อิเล็คทรอนิคส์
การเชื่อมโยงทางไฟฟ้าจากพฤติกรรมของวัสดุกึ่งตัวนำ

วัสดุประสม (Composite Materials) เป็นการผสมกัน ของวัสดุ 2 ชนิดขึ้นไป การผลิตจะไม่เปลี่ยนสมบัติในตัวของวัสดุนั้น เช่นพวก คอนกรีต, ไม้อัด และไฟเบอร์กลาส, มักจะเป็นกลุ่มธรรมชาติของวัสดุประสม การผสมกันนี้เราสามารถผลิตให้มีน้ำหนักเบา, มีความแข็งแรงมาก เป็นวัสดุที่ทนความร้อนสูง หรือสามารถผลิตให้มีความแข็งทนการกระแทกได้ ใช้เป็นอุปกรณ์การติดต่อที่มีความคม การพัฒนาเครื่องบินและยานอวกาศให้แข็งแรงขึ้นโดยใช้วัสดุประสม เช่น คาร์บอนทำให้โพลิเมอร์แข็งแรงขึ้น และทำให้เป็นวัสดุโพลิเมอร์ เคฟลาร์ (Kevlar) มีความแข็งแรงขึ้นอีกด้วย

ตารางที่ 1.1 แสดงตัวอย่าง การนำไปประยุกต์ใช้ และสมบัติ ของวัสดุแต่ละกลุ่ม

วัสดุ	**การใช้ประโยชน์**	**สมบัติของวัสดุ**
โลหะ		
ทองแดง	สายไฟฟ้า	ความนำไฟฟ้าสูง, คงสภาพดี
เหล็กหล่อเทา	โครงเครื่อง-รถยนต์	หล่อได้มีความสามารถทางการแปรรูป ทนการสั่นสะเทือน, ราคาถูก
เหล็กกล้าอัลลอยด์	ประแจ	มีความแข็งแรงมากขึ้นเมื่อผ่านการปรับปรุงด้วยความร้อน

วัสดุ	การใช้ประโยชน์	สมบัติของวัสดุ
เซรามิกซ์		
SiO_2-Na_2O-CaO	กระจกหน้าต่าง	โปร่งใส, เป็นฉนวนกันความร้อน
Al_2O_3 ,MgO,SiO_2	ภาชนะสำหรับบรรจุโลหะที่หลอมละลาย	เป็นฉนวนกันความร้อน, มีความต้านทานมากที่อุณหภูมิสูง, โลหะหลอมละลายช้า
แบเรียมไททาเนต	อุปกรณ์ติดตั้งออดิโอ(Audio)	เปลี่ยนคลื่นเสียงเป็นไฟฟ้า
โพลิเมอร์		
โพลีเอทีลีน	ห่ออาหาร	เปลี่ยนรูปง่ายเพราะบาง, มีความยืดหยุ่นเป็นฟิล์มอากาศ
อีพ็อกซี่	ส่วนประกอบของวงจรอินทิเกรต	เป็นฉนวนไฟฟ้าและกันความชื้น
วัสดุกึ่งตัวนำ		
ซิลิกอน	วงจรทรานซิสเตอร์ และ วงจรอินทิเกรต	พฤติกรรมทางไฟฟ้าไม่เหมือนใคร
GaAs	ระบบไฟเบอร์-ออพติก	เปลี่ยนแปลงสัญญาณไฟฟ้าเป็นความสว่าง
วัสดุประสม		
กราไฟต์-อีพ็อกซี่	ส่วนประกอบยานอวกาศ	มีอัตราส่วนความแข็งแรงต่อน้ำหนักสูง

คุณสมบัติทางกลของโลหะ (Mechanical properties)

คุณสมบัติทางกลของโลหะ หมายถึง คุณสมบัติที่แสดงถึงลักษณะของวัสดุเมื่อได้รับแรงภายนอกมากระทำ เช่น ความเค้น ความเครียด ความแข็ง ความเหนียว ความล้า ความเปราะ เป็นต้น ซึ่งวัสดุแต่ละชนิดจะมีค่าคุณสมบัติทางกลที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการเลือกใช้จะต้องให้เหมาะสมกับการนำไปใช้งานโดยจะพิจารณาจากค่ามาตรฐานของวัสดุชนิดต่างๆ ประกอบในการเลือกใช้ด้วย คุณสมบัติทางกลของโลหะแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ได้ดังนี้

ความเค้น (Stress:σ)

ความเค้นเกิดขึ้นจากแรงภายนอกที่มากระทำต่อวัสดุ และกระจายอย่างสม่ำเสมอตลอดพื้นที่หน้าตัดของวัสดุ ซึ่งในขณะเดียวกันภายในเนื้อโลหะก็จะเกิดแรงต้านทานภายในขึ้นตลอดพื้นที่หน้าตัดด้วย โดยความเค้นที่เกิดขึ้นก็จะมีค่าเท่ากับขนาดของแรงภายนอกที่มากระทำด้วยเช่นกัน

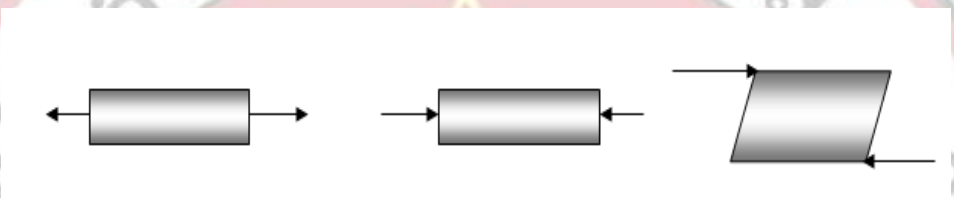
ขนาดของค่าความเค้นสามารถหาได้จากขนาดของแรงภายนอกที่มากระทำ หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของวัสดุนั้น สามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ความเค้น} = \frac{\text{แรงภายนอกที่มากระทำ (นิวตัน)}}{\text{พื้นที่หน้าตัด (ต.ร.มม.)}}$$

$$\text{Stress } (\sigma) = \frac{F}{A}$$

ความเค้นแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. ความเค้นแรงดึง (tensile Stress : σ_t)
2. ความเค้นแรงอัด (compressive stress : σ_c)
3. ความเค้นแรงเฉือน (shear stress : τ)



Tensile Stress Compressive Stress Shear Stress

ความเครียด (Strain : ε)

ความเครียดเป็นการเปลี่ยนแปลงลักษณะของชิ้นงานที่เกิดจากแรงภายนอกมากระทำ โดยจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทั้งขนาดและรูปร่างไปตามทิศทางที่แรงมากระทำ เช่น เมื่อวัตถุได้รับแรงดึงก็จะเกิดการยืดตัวออก หรือเมื่อได้รับแรงอัดก็จะเกิดการหดตัวตัวสั้นเข้าเป็นต้น การหาค่าความเครียดสามารถหาได้จากสมการดังนี้

$$\text{ความเครียด} = \frac{\text{ขนาดความยาวที่เปลี่ยนแปลงไป (มม.)}}{\text{ขนาดความยาวเดิม (มม.)}}$$

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L}$$

ความเครียดแบ่งย่อยๆ ออกได้ดังนี้คือ

1. ความเครียดแรงดึง (Tensile strain : ε_t)
2. ความเครียดแรงอัด (compressive strain : ε_c)
3. ความเครียดแรงเฉือน (shear strain : $\varepsilon_s \gamma$)

*ความเครียดจะไม่มีหน่วยเนื่องจากเป็นขนาดความยาวหารด้วยความยาว แต่จะนิยมบอกเป็น % Elongation แทน

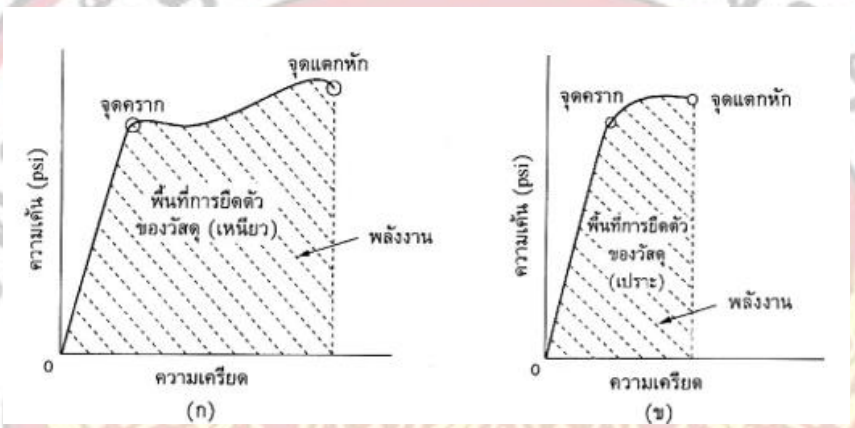
ความสามารถในการยืดตัว (Ductility)

ความสามารถในการยืดตัว เป็นคุณสมบัติของวัสดุแต่ละชนิด และเป็นค่าที่ใช้ในการเปรียบเทียบค่าความยากง่ายในการแปรรูปของโลหะ คือโลหะที่มีความเหนียวมากจะแปรรูปได้ง่าย ส่วนโลหะที่เปราะจะถูกแปรรูปได้

ยาก และมีการเสียรูปร่างเพียงเล็กน้อยก่อนที่จะแตกหัก Ductility ของโลหะวัดได้ด้วยค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัว หรือบางครั้งอาจใช้ค่าเปอร์เซ็นต์การยืดตัวของพื้นที่หน้าตัด แต่ทำได้ยากกว่าการวัดความยาวยืดตัว จึงนิยมใช้วัดความเหนียวด้วยเปอร์เซ็นต์การยืดตัวมากกกว่า โดยที่วัสดุใดที่แตกหักแล้วมีค่ามากกว่า 5 %strain จะถือว่าเป็นวัสดุ Ductility ดี

ความเปราะ (Brittle)

ความเปราะ หมายถึง คุณสมบัติของวัสดุที่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดและรูปร่างของวัสดุได้เพียงเล็กน้อยหรือไม่สามารถเปลี่ยนแปลงรูปร่างได้เลย แล้วเกิดการแตกหักเสียหายหรือเกิดการขาดออกจากกัน เช่น แก้ว เหล็กหล่อ เซรามิค เป็นต้น การพิจารณาวัสดุเปราะสามารถดูได้จากค่า 5 % strain เช่นเดียวกันคือ วัสดุใดที่แตกหักมีค่าน้อยกว่า 5 % strain จะถือว่าเป็นวัสดุที่เปราะ



แผนภาพแสดงวัสดุที่เปราะและวัสดุที่เหนียว

ความแข็ง (Hardness)

ความแข็ง เป็นคุณสมบัติทางกลของวัสดุที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งที่จะบ่งบอกถึงกำลังของวัสดุ ความยากง่ายของการแปรรูป และความต้านทานให้เกิดรอยบุ๋ม การขูดขีดให้เป็นรอย และการขัดสี โดยการวัดค่าความแข็งของวัสดุนั้นสามารถกระทำได้ 3 วิธี คือ

1. การขีดข่วนผิวของโลหะหรือวัสดุ
2. การกดผิวให้วัสดุเกิดรอยบุ๋ม
3. การใช้ลูกตุ้มตกกระทบผิววัสดุ

*วัสดุที่มีความแข็งที่สุด คือ.....

*วัสดุที่มีความอ่อนที่สุดคือ.....

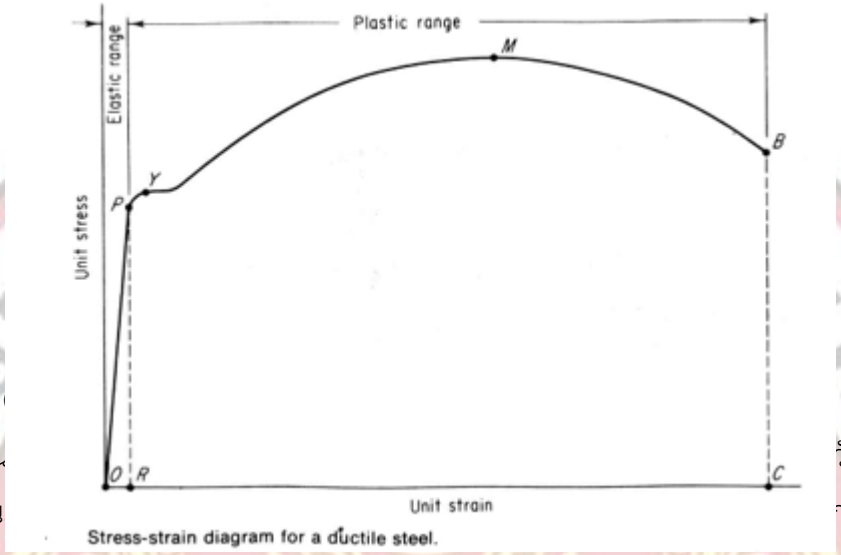
ความเหนียว (Toughness)

ความเหนียวหมายถึงความต้านทานต่อการแตกหักของวัสดุ ความเหนียวจึงเป็นความสามารถของวัสดุในการที่จะดูดซึมพลังงานที่เกิดขึ้นจากแรงภายนอกที่มากระทำ การวัดความเหนียวของวัสดุทำได้โดยการทดสอบแรงกระแทก (Impact test)

ความสามารถในการยืดหยุ่น (Elasticities)

ความสามารถในการยืดหยุ่น คือความสามารถในการยืดตัวและหดตัวกลับคืนสู่ที่เดิมของวัสดุเมื่อปล่อยแรงออก นั่นคือ ในขณะที่วัสดุได้รับแรงมากระทำจะเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างโดยการยืดตัวออกหรือหดตัวเข้า และเมื่อปล่อยแรงออกแล้ววัสดุนั้นจะสามารถกลับมามีขนาดเท่าเดิม ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะนี้จะเกิดขึ้นน้อยมาก จนสังเกตด้วยตาเปล่าไม่ได้

*ความสามารถในการยืดหยุ่นจะเกิดขึ้นกับวัสดุโลหะที่ยืดตัวออกไม่เกินจุด Yield point เท่านั้น



Stress-strain diagram for a ductile steel.

ความล้า (

ความล้าเป็น วัสดุนั้นกลายสภาพเป็นวัสดุที่เปราะใน าแบบล้า (fatique failure)

การคืบ (Creep)

การคืบเป็นคุณสมบัติของวัสดุที่ถูกนำไปใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิสูงเป็นระยะเวลานานๆ เช่น หม้อไอน้ำ เป็นต้น เมื่อได้รับอุณหภูมิที่สูงขึ้น คุณสมบัติทางด้านความแข็ง และความแข็งแรงจะลดลง แต่โลหะจะยังยืดตัวออกอย่างช้าๆ ทั้งที่แรงมากระทำมีค่าต่ำสุด โลหะนั้นก็ยังยืดตัวอยู่ตลอดเวลา จนในที่สุดโลหะนั้นก็จะหัก และขาดออกจากกัน โลหะส่วนมากจะเกิดการคืบน้อยมากจนวัดค่าไม่ได้ยกเว้นตะกั่วที่เกิดการคืบที่อุณหภูมิห้องได้

ความแข็งแรง (Strength)

ความแข็งแรงเป็นสมบัติทางกลของวัสดุที่แสดงถึงความสามารถในการรับแรงที่มากระทำต่อวัสดุได้มากที่สุด โดยที่วัสดุนั้นไม่เกิดการแตกหักเสียหาย ซึ่งหาได้จากนำค่าแรงสูงสุดที่วัสดุนั้นรับได้ก่อนแตกหักไปหารด้วยพื้นที่หน้าตัดเดิมของวัสดุนั้น

คุณสมบัติทางเคมี (Chemical properties)

คุณสมบัติทางเคมี หมายถึงคุณสมบัติของวัสดุที่แสดงออกมาเมื่อเกี่ยวของกับปฏิกิริยาทางเคมีของวัสดุนั้นๆ เช่น ลักษณะการเกิดสนิม การชุบผิวโลหะ การกัดกร่อน การรวมตัวของโลหะบางชนิดทางเคมี

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ (Physical properties)

คุณสมบัติทางฟิสิกส์ หมายถึง คุณสมบัติที่กำหนดลักษณะของวัสดุนั้นๆ เมื่อไม่มีปัจจัยอื่นมาเกี่ยวข้องด้วย เช่น ความหนาแน่น, ค่าความจุความร้อน, สี ,ความถ่วงจำเพาะ, น้ำหนัก เป็นต้น

เหล็กกล้า (STEEL)

เหล็กกล้า หมายถึง เหล็กที่มีธาตุคาร์บอนเป็นส่วนผสม โดยจะยึดถือหลักที่ว่า เหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ต่ำกว่า 1.7 หรือ 2 % จะเรียกว่าเหล็กกล้า (ถ้ามีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 1.7 หรือ 2 % จะถือว่าเป็นเหล็กหล่อ) นอกจากธาตุคาร์บอนแล้ว ยังอาจจะมีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่ด้วย แต่จะอยู่ในลักษณะเป็นธาตุเจือปน (impurities) เช่น ซิลิกอน , แมงกานีส , กำมะถัน , และฟอสฟอรัส เป็นต้น เหล็กกล้าแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1. เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel)
2. เหล็กกล้าผสม (Alloy steel)

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel)

เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนเป็นส่วนผสมหลัก ธาตุอื่นๆ จะมีอยู่น้อยซึ่งอาจจะติดมาจากกรรมวิธีการถลุงหรือกรรมวิธีการไล่แก๊ส เหล็กกล้าคาร์บอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามปริมาณของธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่ได้ดังนี้

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low carbon steel) มีคาร์บอนผสมอยู่น้อย ไม่เกิน 0.2 % เป็นเหล็กที่อ่อน มีความแข็งแรงต่ำ สามารถรีด หรือตีเป็นแผ่นได้ง่าย ใช้ทำเป็นเหล็กเส้นในงานก่อสร้าง หรือรีดเป็นแผ่นสำหรับใช้ในงานวิศวกรรมทั่วไป บางทีเรียกเหล็กชนิดนี้ว่า เหล็กละมุน (Mild steel)

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง(Medium carbon steel) มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.2-0.5 % เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงสูงกว่าประเภทแรก ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วๆ ไป สามารถทำการอบชุบได้

เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High carbon steel) มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.5-1.7หรือ2% จัดเป็นเหล็กที่มีความแข็งแรง และความแข็งสูง สามารถทำการอบชุบให้มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงได้ ใช้ทำเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอได้เป็นอย่างดี

เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel)

เหล็กกล้าผสม คือเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่ เช่น โครเมียม,นิกเกิล,โมลิบดินั่ม,วานาเดียมและโคบอลต์ สำหรับแมงกานีสและซิลิกอน ถ้ามีปริมาณสูงกว่าในเหล็กกล้าคาร์บอนจะจัดเป็นธาตุผสมเช่นเดียวกัน เช่น การผสมแมงกานีสหรือซิลิกอนมากกว่า 1 % เป็นต้น

การผสมธาตุต่างๆลงไปในเหล็กกล้าคาร์บอน ส่วนใหญ่มุ่งที่จะปรับปรุงคุณสมบัติความสามารถในการชุบแข็ง (Hardenability) คุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน ทั้งที่อุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูง และในบางกรณีเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติตัวนำไฟฟ้าและคุณสมบัติที่เกี่ยวกับแม่เหล็ก เหล็กกล้าผสมแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่ คือ *เหล็กกล้าผสมต่ำ* ซึ่งจะมีปริมาณธาตุผสมไม่เกิน 10% และ*เหล็กกล้าผสมสูง*ซึ่งจะมีธาตุผสมสูงเกินกว่า 10

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบภาคทฤษฎีหน่วยที่ 1 ก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 1 สมบัติของวัสดุ

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นชนิดของเหล็กกล้า?

ก. เหล็กกล้าผสมต่ำ,เหล็กกล้าผสมสูง ข. เหล็กเหนียว , เหล็กหล่อ

ค. เหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กกล้าผสม ง. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ , เหล็กกล้าไร้สนิม

2. เหล็ก Mild Steel คือชื่อเรียกของเหล็กชนิดใด?

ก. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ข. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง

ค.เหล็กหล่อสีเทา ง. เหล็กหล่อสีขาว

3.สมบัติของวัสดุที่แสดงออกมาเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ เป็นสมบัติด้านใด?

ก. สมบัติทางฟิสิกส์ ข. สมบัติทางกล

ค. สมบัติทางเคมี ง. สมบัติทางกายภาพ

4. ความเค้นและความเครียด จัดเป็นคุณสมบัติทางใดของวัสดุ

ก. สมบัติทางฟิสิกส์ ข. สมบัติทางกล

ค. สมบัติทางเคมี ง. สมบัติทางกายภาพ

5. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สมบัติทางกล

ก. ความแข็ง ข. ความเปราะ

ค. ความเหนียว ง. ความหนาแน่น

6.การทดสอบการขีดข่วนของโลหะ เป็นการทดสอบหาคุณสมบัติชนิดใดของวัสดุ

ก. ความแข็ง ข. ความเปราะ

ค. ความเหนียว ง. ความหนาแน่น

7. ความเครียดมีความหมายตรงกับข้อใด

ก.วัสดุถูกแรงภายนอกดึงจนมีความยาวเพิ่มขึ้น

ข. วัสดุถูกแรงภายนอกกด แต่ขนาดเท่าเดิม

ค. วัสดุเมื่อรับแรงดึงจนยืดออก เมื่อปล่อยแรงหดกลับคืนได้

ง. วัสดุเมื่อรับแรงดึงจนยืดออก เมื่อปล่อยแรงหดกลับคืนไม่ได้

8. โลหะที่สามารถนำมาดึงให้เป็นเส้นเล็กๆ หรือตีเป็นแผ่นบางๆได้แสดงว่ามีสมบัติดีด้านใด

ก.ความยืดหยุ่น ข.ความแข็งแกร่ง

ค.ความเหนียว ง. ความล้า

9. โลหะที่ถูกแรงกระแทกเป็นจังหวะแล้วเกิดการแตกหักแสดงว่าโลหะชนิดนี้เป็นอย่างไร

ก.เกิดความเปราะ ข. เกิดการล้า

ค.เกิดความเฉื่อย ง.เกิดการคืบ

10. สัญญลักษณ์σ_t หมายถึงข้อใด

ก. ความแข็ง ข.ความเค้นแรงดึง

ค.ความเค้นแรงอัด ง. ความเครียดแรงอัด

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนเขียนแบบช่างเชื่อมโลหะ

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

เฉลยแบบทดสอบภาคทฤษฎีหน่วยที่ 1 ก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 1 สมบัติของวัสดุ

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดต่อไปนี้เป็นชนิดของเหล็กกล้า?

ก. เหล็กกล้าผสมต่ำ,เหล็กกล้าผสมสูง ข. เหล็กเหนียว , เหล็กหล่อ

ค. เหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กกล้าผสม ง. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ , เหล็กกล้าไร้สนิม

2. เหล็ก Mild Steel คือชื่อเรียกของเหล็กชนิดใด?

ก. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ข. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง

ค.เหล็กหล่อสีเทา ง. เหล็กหล่อสีขาว

3.สมบัติของวัสดุที่แสดงออกมาเมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ เป็นสมบัติด้านใด?

ก. สมบัติทางฟิสิกส์ ข. สมบัติทางกล

ค. สมบัติทางเคมี ง. สมบัติทางกายภาพ

4. ความเค้นและความเครียด จัดเป็นคุณสมบัติทางใดของวัสดุ

ก. สมบัติทางฟิสิกส์ ข. สมบัติทางกล

ค. สมบัติทางเคมี ง. สมบัติทางกายภาพ

5. ข้อใดต่อไปนี้ไม่ใช่สมบัติทางกล

ก. ความแข็ง ข. ความเปราะ

ค. ความเหนียว ง. ความหนาแน่น

6.การทดสอบการขีดข่วนของโลหะ เป็นการทดสอบหาคุณสมบัติชนิดใดของวัสดุ

ก. ความแข็ง ข. ความเปราะ

ค. ความเหนียว ง. ความหนาแน่น

7. ความเครียดมีความหมายตรงกับข้อใด

ก.วัสดุถูกแรงภายนอกดึงจนมีความยาวเพิ่มขึ้น

ข. วัสดุถูกแรงภายนอกกด แต่ขนาดเท่าเดิม

ค. วัสดุเมื่อรับแรงดึงจนยืดออก เมื่อปล่อยแรงหดกลับคืนได้

ง. วัสดุเมื่อรับแรงดึงจนยืดออก เมื่อปล่อยแรงหดกลับคืนไม่ได้

8. โลหะที่สามารถนำมาดึงให้เป็นเส้นเล็กๆ หรือตีเป็นแผ่นบางๆได้แสดงว่ามีสมบัติดีด้านใด

ก.ความยืดหยุ่น ข.ความแข็งแกร่ง

ค.ความเหนียว ง. ความล้า

9. โลหะที่ถูกแรงกระแทกเป็นจังหวะแล้วเกิดการแตกหักแสดงว่าโลหะชนิดนี้เป็นอย่างไร

ก.เกิดความเปราะ ข. เกิดการล้า

ค.เกิดความเฉื่อย ง.เกิดการคืบ

10. สัญญลักษณ์σ_t หมายถึงข้อใด

ก. ความแข็ง ข.ความเค้นแรงดึง

ค.ความเค้นแรงอัด ง. ความเครียดแรงอัด

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE ก.ส.น.

	ใบงาน ที่ 1	หน่วยที่ 1
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 1 - 3
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ สมบัติของโลหะ	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *สมบัติของโลหะ*		

แบบทดสอบใบงานที่ 1 หลังเรียน

หน่วยที่ 1 สมบัติของวัสดุ

ใบงานหลังบทเรียนครูผู้สอนสาธิตและเตรียมให้การหาคุณสมบัติของวัสดุ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE ก.ส.น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

.....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

4) ผลการสอนของครู : .....

.....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อมและบริเวณกระทบร้อน (HAZ)	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

ในหน่วยการเรียนนี้ผู้เรียนจะทราบถึงอิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่อการเชื่อมและบริเวณกระทบร้อนหรือ HAZ ซึ่งในการเชื่อมโลหะด้วยวิธีการอาร์คด้วยไฟฟ้านั้นเป็นการหลอมละลายชิ้นงานสองชิ้นให้ติดกันโดยความร้อนจากการอาร์ค ซึ่งจะทำให้บริเวณรอยเชื่อมกับชิ้นงานเกิดผลกระทบเนื่องจากความร้อนจากการเชื่อม ทำให้คุณสมบัติเกิดการเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากมีสภาวะคล้ายกับการอบชุบ คือ จะทำให้มีโครงสร้างที่มีความแข็งเพิ่มขึ้นแต่ความเหนียวจะลดลง ดังนั้นจึงจำเป็นจะต้องกำหนดวิธีการเชื่อมให้ถูกต้องเพื่อป้องกันผลกระทบจากความร้อนจากการเชื่อมเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.สามารถบอกหลักและเทคนิคการเขียนแบบเบื้องต้นได้

2.เลือกลักษณะการเขียนแบบเบื้องต้นได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1.มีความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อม

2.รู้จักขอบเขตต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

3.รู้จักองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการเย็นตัวของแนวเชื่อม

4.2 ด้านทักษะ

1.สามารถบอกถึงอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อมได้

2.สามารถบอกถึงขอบเขตต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

3.สามารถถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการเย็นตัวของแนวเชื่อม

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. สาระการเรียนรู้

1. อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อม
2. Heat Affected Zone (HAZ)
3. องค์ประกอบที่มีผลต่อการเย็นตัวของงานเชื่อม

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียน**เขียนแบบการเชื่อมและโลหะแผ่น**

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

7.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

7.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **7.5 อื่น ๆ**

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.3 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.4 ใบงาน

9. การวัดและประเมินผล

9.1 วิธีวัดและการประเมินผล

5) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

6) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

7) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

8) ตรวจใบงาน

9.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

5) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

6) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

7) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

8) เฉลยใบงาน

9.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาทีส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

	ใบความรู้ ที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน *อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

1. อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อม
2. Heat Affected Zone (HAZ)
3. องค์ประกอบที่มีผลต่อการเย็นตัวของงานเชื่อม

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.สามารถบอกหลักและเทคนิคการเขียนแบบเบื้องต้นได้

2.เลือกลักษณะการเขียนแบบเบื้องต้นได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1.มีความรู้เกี่ยวกับอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อม

2.รู้จักขอบเขตต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

3.รู้จักองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการเย็นตัวของแนวเชื่อม

4.2 ด้านทักษะ

1.สามารถบอกถึงอิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อมได้

2.สามารถบอกถึงขอบเขตต่างๆ ที่เกิดขึ้นในบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

3.สามารถถึงองค์ประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อการเย็นตัวของแนวเชื่อม

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

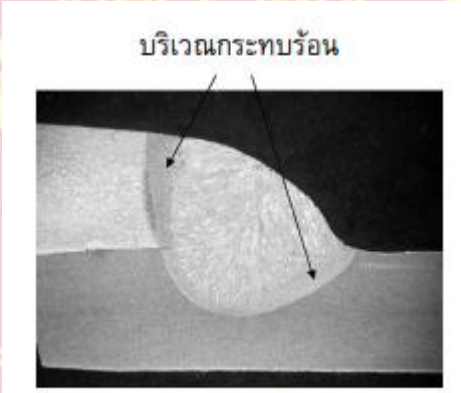
1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

อิทธิพลของความร้อนที่มีต่อการเชื่อม

อิทธิพลของธาตุต่าง ๆ ที่นำมาผสมในเหล็กกล้า

1.คาร์บอน (C) เป็นธาตุที่สำคัญในการช่วยเพิ่มความแข็งแก่เหล็กกล้า เมื่อมีปริมาณคาร์บอนผสมอยู่สูงขึ้น เหล็กกล้าจะมีความสามารถในการชุบแข็งละความต้านทานต่อแรงดึงจะสูงขึ้นแต่ความเหนียวและความสามารถในการเชื่อมจะลดลงเมื่อทำาการเชื่อมเหล็กกล้าที่มีปริมาณ คาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 0.25% และท าให้เย็นตัว อย่างรวดเร็วบริเวณใกล้เคียงกับรอยเชื่อมหรือ เรียกว่าบริเวณกระทบร้อน (Heat Affect Zone : HAZ) จะมีความแข็งและเปราะหรือถ้าบริเวณบ่อหลอมเหลวได้รับคาร์บอนในปริมาณมากในขณะที่ท าการเชื่อม รอยเชื่อมอาจจะมีความแข็งมากกว่าปกติ



แสดงลักษณะบริเวณกระทบ

2. แมงกานีส (Mn) เป็นธาตุที่ช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็งและความแข็งแต่จะมีผลน้อยกว่าธาตุคาร์บอน สมบัติของเหล็กกล้าที่มีธาตุแมงกานีสผสมอยู่ขึ้นอยู่กับปริมาณคาร์บอน ถ้าแมงกานีสน้อยกว่า 0.30% อาจท าให้เกิดตามด และรอยร้าวภายในรอยเชื่อมและถ้ามีแมงกานีส มากกว่า 0.80% รอยเชื่อมอาจจะมีโอกาสเกิดการแตกร้าวได้ง่ายเช่นเดียวกันโดยทั่วไปแล้วแมงกานีสจะเป็นธาตุที่ช่วยเร่งอัตราการแทรกซึมของคาร์บอน ขณะที่ท าการอบเติมคาร์บอน และมีผลดีต่อการตกแต่งผิวสำเร็จส่วนผสมของแมงกานีสต่อก ามะถันในอัตราส่วน 10 : 1 จะท าให้เหล็กกล้ามีความสามารถ ในการเชื่อมที่ดี ถ้าเหล็กกล้ามีแมงกานีสและคาร์บอนต่ า แสดงว่าการลดปริมาณออกซิเจนกระท าไม่เหมาะสม แมงกานีสในเหล็กกล้าจะรวมตัวกับก ามะถันซึ่งจะไม่เป็นอันตรายแต่อย่างใด อย่างไรก็ตาม ถ้าเหล็กมีอัตราส่วนต่ า จะท าให้รอยเชื่อมแตกร้าวได้ง่ายขณะที่รอยเชื่อมยังร้อนอยู่

3. กำมะถัน (S) ก ามะถันจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดแต่งของเหล็กกล้า แต่จะไปลดความอ่อนในแ นว ขวางความต้านทานต่อแรงกระแทกและความสามารถในการเชื่อมก ามะถันจะท า ให้รอยเชื่อมเกิดแตกร้าวได้ง่าย ในขณะร้อน (Hot–Short) แม้ว่าจะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยก็ตาม และมีโอกาสที่จะเกิดมากขึ้นถ้ามีปริมาณก ามะถันสูงขึ้น ปกติแล้วจะให้มีก ามะถัน

ได้ไม่เกิน 0.35% แต่ต้องมีแมงกานีสเพียงพอด้วยถ้ามีมากเกินไปจะท าให้เกิดปัญหารุนแรง เป็นอันตรายต่อคุณภาพ ผิวของเหล็กกล้าคาร์บอน และเหล็กกล้าแมงกานีสต่ าเหล็กกล้าที่มีก ามะถันผสมอยู่จะมีความสามารถในการเชื่อมไม่ดี เพราะว่าก ามะถันจะรวมตัวกับเหล็กกลายเป็นฟิล์มซึ่งท าให้เกิดรอยแตกร้าวและรอยต าหนิอื่น ๆ ตามบริเวณแนวหลอมเหลว ของการอาร์ก

4. ฟอสฟอรัส (P) จะมีผลท าให้เหล็กกล้ามีความแข็งและความแข็งแรงสูงขึ้น แต่ความต้านทาน ต่อแรงกระแทกจะลดลงโดยเฉพาะในเหล็กกล้าเกรดคาร์บอนสูงในเหล็กกล้าเกรดคาร์บอนต่ า ฟอสฟอรัสจะช่วยเพิ่มความสามารถในการตัดแต่งและความต้านทานต่อการกัดกร่อนของบรรยากาศ ได้ดี

เมื่อพิจารณาในด้านของงานเชื่อมจะถือว่าฟอสฟอรัสจะเป็นสารมลทินจึงต้องพยายามควบคุมให้ต าที่สุดเท่าที่จะท าได้ถ้ามีมากกว่า 0.04% จะท าให้รอยเชื่อมเปราะและแตกร้าวได้ง่ายขึ้น นอกจากนี้ฟอสฟอรัสท าให้การไหลของน้าโลหะดีขึ้น จึงท าให้การควบคุมการเชื่อมได้ยาก

5. ซิลิคอน (Si) เป็นธาตุที่ช่วยลดออกซิเจนในเหล็กกล้าซึ่งจะเติมลงไปในขณะท าการผลิตเหล็กกล้าและยังช่วยเพิ่มความแข็งและความแข็งแรงแต่จะให้ผลน้อยกว่าธาตุแมงกานีส ถ้าเหล็กกล้ามีคาร์บอนค่อนข้างสูง ซิลิคอนจะมีโอกาสท าให้เหล็กแตกร้าวได้ง่ายขึ้น เหล็กกล้าที่มีความสามารถในการเชื่อมที่ดีต้องมีซิลิคอนไม่เกิน 0.10% แต่ถ้าสูงถึง 0.30% จะมีผลเสียน้อยกว่า เมื่อเทียบกับการมีก ามะถันหรือฟอสฟอรัสสูง

6. ทองแดง (Cu) เป็นธาตุที่มีสมบัติปรับปรุงความต้านทานการกัดกร่อนจากบรรยากาศ ถ้าเติมทองแดงจนถึง 0.50%จะไม่มีผลต่อความสามารถในการเชื่อมแต่ถ้ามีเพียงเล็กน้อยจะมีผลต่อความสามารถในการตีประสานแต่ถ้าเป็นเหล็กกล้าที่ต้องผ่านการอบชุบ หากมีทอกงแดงมากกว่า 0.50% จะท าให้สมบัติเชิงกลลดลง

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

การแบ่งชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอนโดยทั่วไปจะแบ่งตามปริมาณของคาร์บอนที่ผสม ซึ่งจะแบ่งได้ดังนี้เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีคาร์บอนไม่เกิน 0.30% เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง มีคาร์บอนระหว่าง 0.30 - 0.45 % และเหล็กกล้าคาร์บอนสูงมีคาร์บอนมากกว่า 0.45% เหล็กกล้าคาร์บอนต่ าจะแบ่งเป็น เหล็กกล้าคาร์บอนต่ ามากมีคาร์บอนไม่เกิน 0.15% และเหล็กกล้าละมุน มีคาร์บอน 0.15 - 0.30%

ส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอนตามมาตรฐานSAE ดังแสดงในตาราง

	Ladle Chemical Compositionb,c Limits,%				SAE	Ladle Chemical Compositionb,c Limits,%			
No.	C	Mn	P,max	S,max	No.	C	Mn	P,max	S,max
1006	0.08 max	0.25-0.45	0.040	0.050	1040	0.36-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050
1008	0.10 max	0.25-0.50	0.040	0.050	1041	0.36-0.45	1.30-1.65	0.040	0.050
1009	0.15 max	0.60 max	0.040	0.050	1042	0.39-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.040	0.050	1043	0.39-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050
1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050	-	-	-	-	-
1015	0.12-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050	1045	0.42-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050
1016	0.12-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050	1046	0.42-0.50	0.70-1.00	0.040	0.050
1017	0.14-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050	-	-	-	-	-
1018	0.14-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050	1048	0.43-0.52	1.05-1.40	0.040	0.050
1019	0.14-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050	1049	0.45-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050
1020	0.17-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050	1050	0.47-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050
1021	0.17-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050	1052	0.46-0.55	1.20-1.55	0.040	0.050
1022	0.17-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050	1055	0.52-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
1023	0.19-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050	1060	0.55-0.66	0.60-0.90	0.040	0.050
1024	0.18-0.25	1.30-1.65	0.040	0.050	1064	0.59-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050	1065	0.59-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050
1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050	1070	0.65-0.76	0.60-0.90	0.040	0.050
1027	0.22-0.29	1.20-1.55	0.040	0.050	1074	0.69-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
1030	0.27-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050	1078	0.72-0.86	0.30-0.60	0.040	0.050
1033	0.29-0.36	0.70-1.00	0.040	0.050	1080	0.74-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050
1035	0.31-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050	1084	0.80-0.94	0.60-0.90	0.040	0.050
1036	0.30-0.38	1.20-1.55	0.040	0.050	1085	0.80-0.94	0.70-1.00	0.040	0.050
1037	0.31-0.38	0.70-1.00	0.040	0.050	1086	0.80-0.94	0.30-0.50	0.040	0.050
1038	0.34-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050	1090	0.84-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050
1039	0.36-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050	1095	0.90-1.04	0.30-0.50	0.	

แสดงส่วนผสมทางเคมีของเหล็กกล้าคาร์บอน ตามมาตรฐาน SAE

1. ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำจะมีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.30% ซึ่งจะมีความสามารถในการเชื่อมไฟฟ้าที่ดีนิยมนามาใช้ในงานโครงสร้างทั่วไปภาชนะ ฐานเครื่องจักรเครื่องกลการเกษตร และงานเชื่อมทั่วไปเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่มีคาร์บอนประมาณ 0.13% สามารถใช้ในงานเชื่อมได้ดีแต่จะเชื่อมได้ ไม่ดีนักเมื่อเชื่อมด้วยความเร็วสูงเหล็กกล้าชนิดนี้เมื่อมีแมงกานีสไม่เกิน 0.30% จะมีโอกาสเกิดรูพรุนได้ง่ายซึ่งวิธีการแก้ไขอาจท าได้โดยการเชื่อมให้ช้าลงกว่าเดิม แต่ถ้ายอมให้เกิดรูพรุนอยู่บ้า ก็ไม่ต้องลดความเร็วในการเชื่อมก็ได้เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.15-0.20 % จะมีความสามารถในการเชื่อมที่ดีมาก สามารถเชื่อมตามวิธีมาตรฐานโดยทั่วไปได้ด้วยลวดเชื่อมเหล็กเหนียวทุกชนิดจึงเหมาะสมกับงานที่ต้องการความรวดเร็วในการเชื่อมเหล็กกล้าที่มีคาร์บอนผสมอยู่ระหว่าง 0.25-0.30% จะมีความสามารถในการเชื่อมที่ดี แต่ถ้ามีธาตุผสมบางตัวสูงเกินค่าที่จ ากัดอาจท าให้งานเชื่อมแตกร้าวได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่ง เมื่อเชื่อมแบบฟิลเลท(Fillet) ซึ่งสามารถแก้ไขปัญหานี้ได้โดยการลดความเร็วและกระแสไฟเชื่อม หรือถ้ามีธาตุผสมมากเกินไปจะมีโอกาสเกิดโพรงอากาศได้ง่ายซึ่งอาจแก้ไขได้โดยการลดความเร็ว และกระแสไฟเชื่อมลงได้เช่นเดียวกัน

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำนี้โดยทั่วไปแล้วไม่ต้องให้ความร้อนก่อนการเชื่อม (Preheat) แต่ถ้าชิ้นงานมีความหนา

ตั้งแต่ 5 เซนติเมตรขึ้นไปควรอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อมแต่ถ้าเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีไฮโดรเจนต าอาจจะไม่ต้องทำการอุ่นชิ้นงานก็ได้ โดยทั่วไปแล้วเหล็กกล้าที่มีคาร์บอน ผสมอยู่ระหว่าง 0.25 - 0.30% ควรใช้ลวดเชื่อมชนิดไฮโดรเจนต่ำ(EXXX5, EXXX6, EXXX8) หรือกระบวนการเชื่อมแบบไฮโดรเจนต าถ้าอุณหภูมิแวดล้อมต่ ากว่า 10 oC ลักษณะงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ดังแสดงในรูป

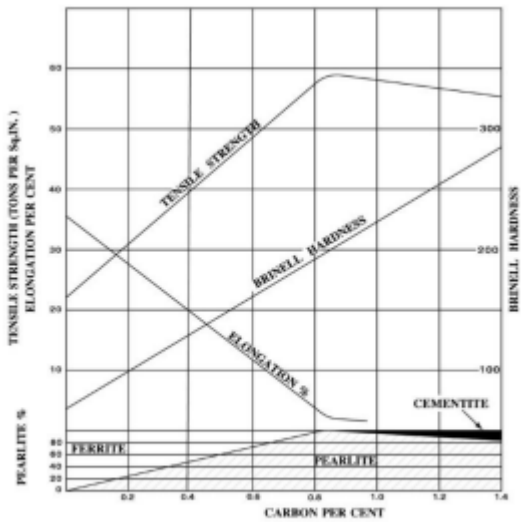
แสดงลักษณะงานเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

2. ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและเหล็กกล้าคาร์บอนสูง

โดยทั่วไปแล้วความสามารถในการชุบแข็งของเหล็กกล้าจะเพิ่มขึ้นเมื่อเหล็กกล้ามีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้น ดังนั้น เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและคาร์บอนสูงจึงเหมาะกับการใช้งานที่ความแข็ง ความต้านทานต่อการสึกหรอดี และความแข็งแรงสูง เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (มีคาร์บอนประมาณ 0.45%) จะนิยมใช้ทำแผ่นกันสึก สปริง และชิ้นส่วนรถไฟอุปกรณ์และ เครื่องมือการขุดและตักดิน แต่เหล็กกล้าชนิดนี้จะมีสมบัติในด้านการเชื่อมไม่ดีคือจะเชื่อมยากนั่นเอง การเชื่อมต้องให้ความร้อนก่อนที่จะทำ และในบางครั้งหลังจากการเชื่อมต้องอุ่นงาน อีกครั้งเพื่อคลายความเค้นที่อยู่ภายในชิ้นงานลงเหล็กกล้าคาร์บอนสูงจะเหมาะกับงานในสภาพอบชุบแข็ง เช่น นำไปใช้ทำเครื่องมืองานโลหะ และงานไม้ดอกสว่านแม่พิมพ์ มีด ผาลไถ และเหล็กกันสึกเป็นต้น อุปกรณ์ทำฟาร์มบางชนิดจะทำจากเหล็กรางรถไฟนำไปรีดใหม่ (มีคาร์บอน0.65%) โดยการเชื่อมในสภาพที่หลังรีดต้องอุ่นชิ้นงานก่อนการเชื่อม อุ่นรอยเชื่อมเดิมก่อนเชื่อมทับลงไป (InterpartHeating) และอุ่นงานหลังจากการเชื่อม (Postheat) เพื่อคลายความเค้นภายใน

แสดงลักษณะการให้ความร้อนหลังการเชื่อม

ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน



แสดงสมบัติทางกลของเหล็กกล้าคาร์บอน

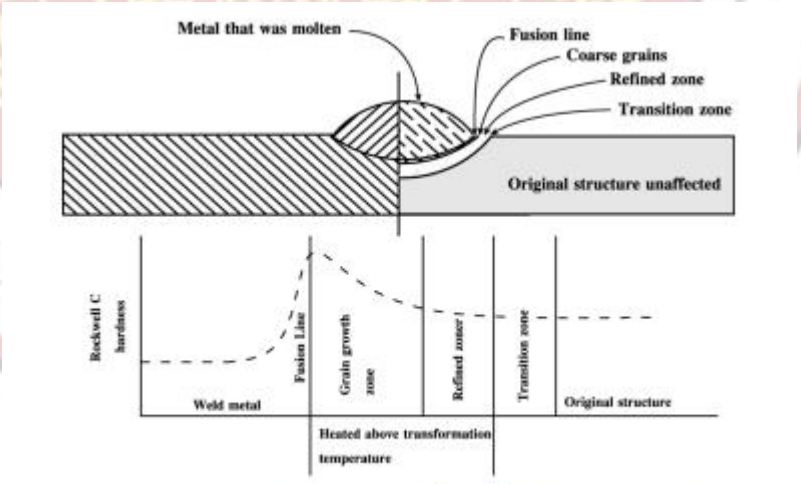
ความสามารถในการเชื่อมของเหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าคาร์บอนแต่ละชนิดมีความเหมาะสมในการใช้ประโยชน์ที่แตกต่างกัน ตัวอย่างการใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอน แสดงการใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอน

ชนิดเหล็กกล้า	ปริมาณคาร์บอน (%)	การใช้งาน
คาร์บอนต่ำ	0.02 – 0.10	ชิ้นส่วนเครื่องยนต์, วัสดุสำหรับชุบผิวแข็ง, งานก่อสร้าง, สลักเกลียวท่อ, หมุดย้ำ, ลวด, เหล็กแผ่น, โซ่, ตะปู
	0.20 – 0.30	เพลาลูกเบี้ยว, เฟือง, เหล็กก่อสร้าง, ข้อเหวี่ยง, ชะแลงลูกเบี้ยว
คาร์บอนปานกลาง	0.30 – 0.40	เพลา, ชิ้นส่วนเครื่องจักร, แกน, สลักเกลียวที่ต้องชุบแข็ง
	0.40 – 0.50	เพลา, สลักเกลียวใช้ในงานหนัก, เฟือง, ตีขึ้นรูป, เพลาข้อเหวี่ยง, เพลาลูกเบี้ยว
	0.50 – 0.60	ไขควง, เฟืองที่ชุบแข็งด้วยน้ำมัน
	0.60 – 0.70	แม่พิมพ์ตีขึ้นรูป, เหล็กเครื่องมือ, ประแจหกเหลี่ยม, ไขควง
คาร์บอนสูง	0.70 – 0.80	ประแจเลื่อน, ค้อน, เหล็กเครื่องมือ, เลื่อยสายพาน, ประแจปากตาย
	0.80 – 0.90	สิ่ว, เครื่องมือทางการเกษตร, สปริง, สกัดงานเย็น, เหล็กย้ำหมุด, ใบตัด, กรรไกรตัดหญ้า, สว่านเจาะหิน, สายลวดเครื่องดนตรี
	0.90 – 1.00	มีด, ขวาน, แหนบรถยนต์, สปริง
	1.00 – 1.10	ดอกต๊าป, มีดตัด, เครื่องทำสลักเกลียว, ลูกปืน, ดอกสว่าน
	1.10 – 1.20	เครื่องมือตัด, ดอกต๊าป, มีดตัด, สลักเกลียว, ลูกปืน, ดอกสว่าน
	1.20 – 1.30	ตะไบ, มีด, เครื่องมือตัดโลหะ
	1.30 – 1.40	มีดคว้าน, เครื่องวัด, ใบเลื่อย, เครื่องมือที่มีคม

โลหะวิท

ความร้อนจากการเชื่อมจะทำให้โครงสร้างของโลหะงานและโลหะเชื่อมเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งจะมีโอกาสเกิดขึ้นได้ทั้งขณะเชื่อมและหลังจากงานเชื่อมเย็นตัวลงแล้วขณะที่เกิดการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมและชิ้นงานจะมีอุณหภูมิประมาณ1,649 oC หรือสูงกว่าและระยะห่างจากรอยเชื่อมเล็กน้อยจะมีอุณหภูมิประมาณ 1,500 oC เมื่อเหล็กร้อนขึ้นจนถึงอุณหภูมิวิกฤตโครงสร้างเกรน ความแข็งและความแข็งแรงของโลหะจะเปลี่ยนแปลง ดังแสดงในรูป



แสดงผลของความร้อนจากการเชื่อมที่มีผลต่อความแข็งแรง

การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของรอยเชื่อม จะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิสูงสุดที่งานได้รับ ระยะเวลาที่อยู่ภายใต้อุณหภูมิดังกล่าวส่วนผสมทางเคมีของโลหะและอัตราเย็นตัวหลังจากการเชื่อม องค์ประกอบสำคัญที่จะควบคุมการ

เปลี่ยนแปลงนี้ ได้แก่ปริมาณของความร้อนที่ให้แก่งานเชื่อมทั้งที่ใช้ในการอุ่นงานและขณะที่ท าการเชื่อมจริงอัตรา การเย็นตัวของงานเชื่อมจะมีผลกระทบต่อสมบัติทางขนาดของเกรน ถ้าอัตราการเย็นตัวเร็วจะท าให้เกิดความ แข็งแรง แต่จะเปราะกว่าเมื่อมีอัตราการเย็นตัวช้าในกรณีของเหล็กกล้าคาร์บอนต่างๆถ้าอัตราการเย็นตัวแตกต่าง กันเพียงเล็กน้อยก็จะมีผลกระทบต่อสมบัติเพียงเล็กน้อยเท่านั้นแต่ถ้ามีปริมาณคาร์บอนสูงหรือมีธาตุอื่นผสมอยู่ ด้วยแม้ว่าจะมีอัตราการเย็นตัวต่างกันไปเพียงเล็กน้อย ก็จะมีผลกระทบต่อสมบัติต่าง ๆ ของชิ้นงานแตกต่างกัน อย่างชัดเจน

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 2 อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

<u>คำชี้แจง</u> จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุดในกระดาษคำตอบ

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติเนื่องจากการเชื่อมโลหะชนิดใดเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด
   ก. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ข. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง
   ค. เหล็กกล้าผสมต่ำ ง. เหล็กกล้าผสมสูง
2. การเชื่อมเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูงเมื่อเย็นตัวเร็วจะทำให้บริเวณ HAZ เกิดโครงสร้างใด
   ก. ออสเทนไนท์ ข. เฟอร์ไรท์
   ค. เบนไนท์ ง. มาร์เทนไซท์
3. ธาตุผสมในเหล็กกล้าใดมีผลโดยตรงต่อค่าคาร์บอนสมมูลมากที่สุด
   ก. C ข. Mn ค. Ni ง. Mo
4. การป้องกันการแตกร้าวในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และเหล็กกล้าคาร์บอนสูง กระทำได้โดย
   ก. ใช้ลวดเชื่อมขนาดเล็ก ข. ใช้กระแสเชื่อมสูง
   ค. Preheat งานและให้เย็นตัวช้า ง. ใช้ความเร็วเชื่อมสูง ๆ
5. การคลายความเค้นตกค้างในงานเชื่อม ด้วยความร้อน กระทำในขั้นตอนใดของการเชื่อม
   ก. ก่อนเชื่อม ข. ขณะเชื่อม
   ค. หลังเชื่อม ง. ถูกทุกข้อ
6. การคลายความเค้นตกค้างโดยการให้ความร้อน เพื่อจุดประสงค์ในข้อใด
   ก. ลดความเค้นตกค้าง ข. ลดความแข็งที่ HAZ
   ค. กำจัดไฮโดรเจนในแนวเชื่อม ง. ถูกทุกข้อ
7. เมื่อเปรียบเทียบกัน Heat Efficiency ของกระบวนการเชื่อมใดมีค่าสูงสุด
   ก. เชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ข. มิก/แม็ก
   ค. ใต้ฟลักซ์ ง. ทิก
8. อัตราการเย็นตัวของงานเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอะไรบ้าง
   ก. Heat Input ข. ความหนางาน
   ค. อุณหภูมิ Preheat ง. ถูกทุกข้อ
9. ในบริเวณกระทบร้อย (HAZ) บริเวณที่ เกิดเกรนโตอยู่ตรงส่วนใด
   ก. กลางแนวเชื่อม ข. ขอบแนวเชื่อมติดกับงาน
   ค. บริเวณงานใกล้กับของแนวเชื่อม ง. ส่วนที่เป็นออสเทนไนท์บางส่วน
10. โครงสร้างที่มีความแข็ง (Hardness) สูงที่สุดคือโครงสร้างใด
    ก. ออสเทนไนท์ ข. มาร์เทนไซท์
    ค. เพิลไลท์ ง. เฟอร์ไรท์

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 2 อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

<u>คำชี้แจง</u> จงทำเครื่องหมายกากบาท (X) ลงหน้าข้อที่ถูกต้องที่สุดในกระดาษคำตอบ

1. การเปลี่ยนแปลงสมบัติเนื่องจากการเชื่อมโลหะชนิดใดเกิดการเปลี่ยนแปลงน้อยที่สุด
   ก. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ข. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง
   ค. เหล็กกล้าผสมต่ำ ง. เหล็กกล้าผสมสูง
2. การเชื่อมเหล็กกล้าที่มีความสามารถในการชุบแข็งสูงเมื่อเย็นตัวเร็วจะทำให้บริเวณ HAZ เกิดโครงสร้างใด
   ก. ออสเทนไนท์ ข. เฟอร์ไรท์
   ค. เบนไนท์ ง. มาร์เทนไซท์
3. ธาตุผสมในเหล็กกล้าใดมีผลโดยตรงต่อค่าคาร์บอนสมมูลมากที่สุด
   ก. C ข. Mn ค. Ni ง. Mo
4. การป้องกันการแตกร้าวในการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง และเหล็กกล้าคาร์บอนสูง กระทำได้โดย
   ก. ใช้ลวดเชื่อมขนาดเล็ก ข. ใช้กระแสเชื่อมสูง
   ค. Preheat งานและให้เย็นตัวช้า ง. ใช้ความเร็วเชื่อมสูง ๆ
5. การคลายความเค้นตกค้างในงานเชื่อม ด้วยความร้อน กระทำในขั้นตอนใดของการเชื่อม
   ก. ก่อนเชื่อม ข. ขณะเชื่อม
   ค. หลังเชื่อม ง. ถูกทุกข้อ
6. การคลายความเค้นตกค้างโดยการให้ความร้อน เพื่อจุดประสงค์ในข้อใด
   ก. ลดความเค้นตกค้าง ข. ลดความแข็งที่ HAZ
   ค. กำจัดไฮโดรเจนในแนวเชื่อม ง. ถูกทุกข้อ
7. เมื่อเปรียบเทียบกัน Heat Efficiency ของกระบวนการเชื่อมใดมีค่าสูงสุด
   ก. เชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ข. มิก/แม็ก
   ค. ใต้ฟลักซ์ ง. ทิก
8. อัตราการเย็นตัวของงานเชื่อมขึ้นอยู่กับองค์ประกอบอะไรบ้าง
   ก. Heat Input ข. ความหนางาน
   ค. อุณหภูมิ Preheat ง. ถูกทุกข้อ
9. ในบริเวณกระทบร้อย (HAZ) บริเวณที่ เกิดเกรนโตอยู่ตรงส่วนใด
   ก. กลางแนวเชื่อม ข. ขอบแนวเชื่อมติดกับงาน
   ค. บริเวณงานใกล้กับของแนวเชื่อม ง. ส่วนที่เป็นออสเทนไนท์บางส่วน
10. โครงสร้างที่มีความแข็ง (Hardness) สูงที่สุดคือโครงสร้างใด

ก. ออสเทนไนท์ ข. มาร์เทนไซท์

ค. เพิลไลท์ ง. เฟอร์ไรท์

	ใบงาน ที่ 2	หน่วยที่ 2
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 4 - 5
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)*		

แบบใบงาน/หลังเรียน

หน่วยที่ 2 อิทธิพลของความร้อนที่มีผลต่องานเชื่อม และบริเวณกระทบร้อน (HAZ)

ใบงานหลังบทเรียนครูผู้สอนสาธิตและเตรียมให้การหาคุณสมบัติของวัสดุ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE ก.ส.น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

.....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

4) ผลการสอนของครู : .....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 6 - 7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

การปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กเพื่อให้สามารถนำไปใช้งานตามความต้องการให้ได้นั้น จะต้องนำไปผ่านกระบวนการอบชุบก่อน เพราะในการอบชุบโลหะด้วยความร้อนนั้น จะทำให้คุณสมบัติของวัสดุเกิดการเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมเป็นอย่างมาก เนื่องจากการอบชุบจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนแปลงไปซึ่งส่งผลไปยังคุณสมบัติของวัสดุนั่นเอง

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

ใช้การจัดการเรียนการสอนแบบเสนอข้อมูลแล้วช่วยกันสรุปการเรียนรู้โดยนักศึกษาร่วมกับ อาจารย์ในการจัดการเรียน บอกชนิดแสดงความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของโลหะด้วยความร้อนได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1.เข้าใจถึงหลักการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยความร้อนได้

2.เข้าใจถึงวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยการอบชุบได้

4.2 ด้านทักษะ

1.อธิบายถึงหลักการอบชุบเหล็กกล้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้

2.บอกขั้นตอนการอบชุบเหล็กกล้าด้วยวิธีการต่างๆได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์

2. ความมีวินัย

3. ความรับผิดชอบ

4. ความเชื่อมั่นในตนเอง

5. ความรักสามัคคี

5. สาระการเรียนรู้

การปรับปรุงสมบัติโลหะ

- Annealing - Stress Relieving
- Spheroidizing - Normalizing
- Hardening - Tempering
- Subzero Treatment - Carburizing
- Martempering - Austempering
- Fram Headening - Surface Heardening

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียน**เขียนแบบการเชื่อมและโลหะแผ่น**

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

7.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

7.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **7.5 อื่น ๆ**

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.5 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.6 ใบงาน

9. การวัดและประเมินผล

9.1 วิธีวัดและการประเมินผล

9) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

10) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

11) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

12) ตรวจใบงาน

9.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

9) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

10) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

11) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

12) เฉลยใบงาน

9.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

	ใบความรู้ ที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 6 - 7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน *การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

การปรับปรุงสมบัติโลหะ

- Annealing
- Stress Relieving
- Spheroidizing
- Normalizing
- Hardening
- Tempering
- Subzero Treatment
- Carburizing
- Martempering
- Austempering
- Fram Headening
- Surface Heardening

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

ใช้การจัดการเรียนการสอนแบบเสนอข้อมูลแล้วช่วยกันสรุปการเรียนรู้โดยนักศึกษาร่วมกับ อาจารย์ในการจัดการเรียน บอกชนิดแสดงความรู้เกี่ยวกับการปรับปรุงสมบัติของโลหะด้วยความร้อนได้

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1.เข้าใจถึงหลักการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยความร้อนได้

2.เข้าใจถึงวิธีการปรับปรุงคุณสมบัติของโลหะด้วยการอบชุบได้

4.2 ด้านทักษะ

1.อธิบายถึงหลักการอบชุบเหล็กกล้าด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้

2.บอกขั้นตอนการอบชุบเหล็กกล้าด้วยวิธีการต่างๆได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับกรรมวิธีความร้อน

กรรมวิธีความร้อน (Heat treatment) เป็นการปรับปรุงคุณสมบัติทางกลของโลหะ โดยการให้ความร้อนและปล่อยให้เย็นตัวในอัตราการเย็นตัวต่างกัน เพื่อให้โครงสร้างจุลภาคของโลหะเปลี่ยนแปลง โดยทั่วไปแล้วโครงสร้างจุลภาคของเหล็กที่ได้จากกรรมวิธีความร้อน เช่น เฟอร์ไรท์ เบนไนต์ หรือ มาร์เทนไซต์ ซึ่งโครงสร้างจุลภาคดังกล่าวล้วนเป็นการเปลี่ยนแปลงของออสเทนไนต์ทั้งสิ้น ดังนั้น เราจึงควรศึกษาถึงเกี่ยวกับการเกิดของออสเทนไนต์เพื่อเป็นพื้อฐานเกี่ยวกับกรรมวิธีความร้อนต่อไป

ปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดออสเทนไนต์

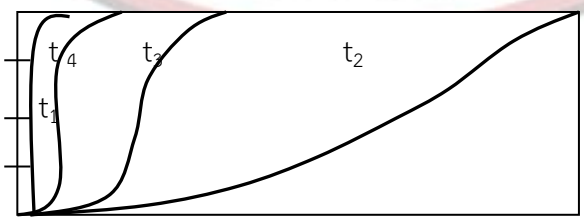
การเกิดโครงสร้างออสเทนไนต์มีปัจจัยต่อการเกิดที่สำคัญคือ

- อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสภาพ(Transformation temperature)
- ระยะเวลา
- ลักษณะของเพิร์ลไลต์

1. อุณหภูมิของการเปลี่ยนแปลงสภาพและระยะเวลา

การศึกษาเกี่ยวกับการเกิดออสเทนไนต์ ทำได้โดยการนำเหล็กกล้าจำนวนหนึ่งมาให้ความร้อน โดยแช่ในอ่างที่มีอุณหภูมิต่าง ๆกัน เหนือจุดยูเทคตอยด์ ในแต่ละอ่างจะมีเหล็กกล้าหลายแท่ง และแต่ล่ะแท่งจะถูกนำออกจากอ่างภายในระยะเวลาต่างๆ กัน จากนั้นนำไปชุบในตัวกลาง ออสเทนไนต์ที่เกิดขึ้นเหนือจุดยูเทคตอยด์จะเปลี่ยนมาเป็นมาร์เทนไซต์ของออสเทนไนต์ที่เปลี่ยนแปลงไปตามเวลาได้ โดยดูจากปริมาณเมาร์เทนไซต์ที่เกิดขึ้น

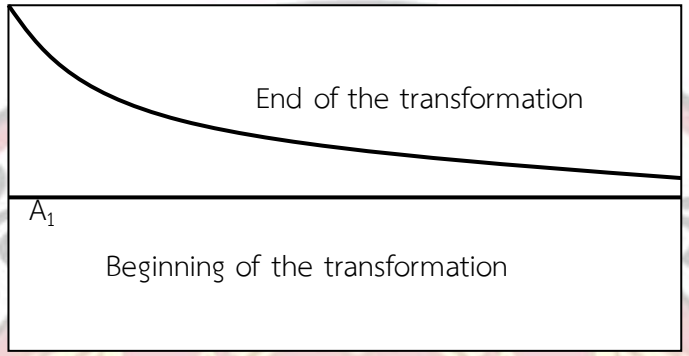
รูปที่ 1 แสดงเปอร์เซ็นต์ของออสเทนไนต์ที่เปลี่ยนแปลงตามเวลาที่อุณหภูมิต่าง



จากรูปที่ 1 ที่อุณหภูมิเหนือจุดยูเทคตอยด์ t_4, t_3, t_2, t_1

โดย $t_4>t_3>t_2>t_1$ จะเห็นว่าถ้าอุณหภูมิการเปลี่ยนแปลงสภาพต่ำก็จะใช้เวลามากขึ้นในการทำให้เหล็กเปลี่ยนสภาพเป็นออสเทนไนต์โดยสมบูรณ์ รูปที่ 2 เป็นการทำออสเทนไนต์ที่เส้น A_1

ในทางปฏิบัติ เราไม่สามารเผาเหล็กด้วยอัตราที่ทำให้เกิดสภาวะสมดุลได้ ทั้งนี้เนื่องมาจากการให้ความร้อนจะต้องช้ามาก ๆ ดังนั้นในความเป็นจริงแล้วเพิร์ลไลต์ส่วนใหญ่จะกลายเป็นออสเทนไนต์ที่อุณหภูมิที่สูงกว่าบนแผนภาถสมดุลเสมอ (Superheating)



รูปที่2 ผลของอุณหภูมิที่มีผลต่อเวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนสภาพจากเพิร์ลไลต์เป็นออสเทนไนต์

จากรูปเราสามารถทำการวิเคราะห์ได้ว่า

1. ถ้าเราใช้อุณหภูมิสูง การเปลี่ยนแปลงเป็นออสเทนไนต์จะใช้เวลาไม่นาน
ถ้าอัตราการให้ความร้อนสูง ออสเทนไนต์จะเกิด
2. ที่อุณหภูมิสูง แต่ถ้าเราให้ความร้อนอย่างช้า ๆ ออสเทนไนต์จะเกิดเป็นช่วงอุณหภูมิต่ำ
3. โดยทั่วไปแล้วอัตราการให้ความร้อนหนึ่งๆ ออสเทนไนต์จะเกิดเป็นช่วงอุณหภูมิไม่ได้เกิดที่อุณหภูมิคงที่
4. ถ้าต้องการให้ออสเทนไนต์เกิดที่อุณหภูมิคงที่ อัตราการให้ความร้อนจะต้องช้ามากๆ

2. ลักษณะของ Pearlite

ปัจจัยอีกอย่างหนึ่งที่มีอิทธิพลต่อการเกิดออสเทนไนต์ คือ ลักษณะของเพิร์ไลต์ โดยทีเพิร์ลไลต์ที่ละเอียดจะใช้เวลาในการเปลี่ยนแปลงสภาพจากออสเทนไนต์ได้เร็วกว่าเพิร์ไลต์ที่มีลักษณะหยาบ เนื่องจากเพิร์ลไลต์ละเอียดมีพื้นที่ระหว่างชั้นมาก จึงมีบริเวณที่เป็นแหล่งกำเนิดนิวเคลียสมาก นอกจากนี้เราสามารถเพิ่มเนื้อที่ระหว่างชั้นได้โดยการเพิ่มปริมาณซีเมนไตต์ในโครงสร้างเหล็ก ซึ่งทำได้โดยการเติมคาร์บอนลงไปในเหล็กที่ปริมาณมากขึ้นนั่นเอง

ดังนั้น เราจึงสังเกตได้ว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนสูงจะกลายเป็นออสเทนไนต์ได้เร็วกว่าเหล็กที่มีปริมาณคาร์บอนต่ำ

กลไกการเกิดออสเทนไนต์ที่กล่าวมาข้างต้นนั้น จะใช้ได้สำหรับเหล็กกล้าคาร์บอน ส่วนสำหรับเหล็กล้าที่มีธาตุผสมสูง การเกิดออสเทนไนต์จะขึ้นอยู่กับชนิดของธาตุผสมด้วย โดยออสเทนไนต์จะเกิดช้าลง ถ้าธาตุนั้นอยู่ในรูปของสารประกอบคาร์ไบต์

กรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment)

กรรมวิธีทางความร้อนหรือการอบชุบด้วยความร้อน คือ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโลหะ กรรมวิธีทางความร้อนหรือการอบชุบด้วยความร้อน คือ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโลหะให้เป็นไปตามความต้องการในการใช้งาน โดยการเผาให้ความร้อนและปล่อยให้เย็นตัวในสภาวะต่าง ๆ กัน ทำให้โครงสร้างจุลภาคของโลหะเปลี่ยนแปลง ทั้งขนาดและรูปร่าง และการกระจายตัวของโครงสร้างซึ่งจะทำให้คุณสมบัติทางกลมีการเปลี่ยนแปลง**กรรมวิธีทางความร้อน (Heat treatment)** กรรมวิธีทางความร้อนหรือการอบชุบด้วยความร้อน คือ การเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของโลหะ

ให้เป็นไปตามความต้องการในการใช้งาน โดยการเผาให้ความร้อนและปล่อยให้เย็นตัวในสภาวะต่าง ๆ กัน ทำให้โครงสร้างจุลภาคของโลหะเปลี่ยนแปลง ทั้งขนาดและรูปร่าง และการกระจายตัวของโครงสร้างซึ่งจะทำให้คุณสมบัติทางกลมีการเปลี่ยนแปลงไปตามความต้องการ

โดยทั่วไปแล้วเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีจะมีลักษณะของเกรนที่บิดเบี้ยว หรือมีความเค้นสะสมภายใน ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าที่ผ่านการขึ้นรูปร้อน จะมีโครงสร้างที่ผิวเป็นเกรนขนาดเล็ก เพราะถูก

โดยทั่วไปแล้วเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีจะมีลักษณะของเกรนที่บิดเบี้ยว หรือมีความเค้นสะสมภายใน ตัวอย่างเช่น เหล็กกล้าที่ผ่านการขึ้นรูปร้อน จะมีโครงสร้างที่ผิวเป็นเกรนขนาดเล็ก เพราะถูกกระทกรกหรืออัดมากกว่าภายใน ทำให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติที่ไม่สม่ำเสมอ เหล็กที่ผ่านการขึ้นรูปเย็น ก็จะมีเกรนที่บิดเบี้ยว เพราะถูกแรกระทำ และมีความเค้นสะสมอยู่ภายในทำให้สูญเสียความเหนียว และมีความแข็งแรงไม่สม่ำเสมอ

เหล็กที่ผ่านการเชื่อม จะมีความเค้นสะสมอยู่ตามบริเวณรอยเชื่อม เนื่องจากเป็นบริเวณที่ได้รับความร้อนและเกิดการขยายตัว แต่เมื่อปล่อยให้เย็นตัวจะหดตัว จึงทำให้เกิดความเครียดเหลือตกค้าง และทำให้เกรนของเหล็กบริเวณที่ผ่านการเชื่อมมีความแตกต่างจากบริเวณอื่น ๆ คุณสมบัติของเหล็กจึงไม่สม่ำเสมอ

เหล็กที่ผ่านการหล่อ จะมีคุณสมบัติที่ไม่สม่ำเสมอเช่นเดียวกัน เพราะอัตราการเย็นตัวของเหล็กในแบบหล่อไม่เท่ากัน และความแตกต่างของรูปร่างของงานหล่อ ที่มีส่วนที่หนาและบางต่างกัน เช่น ที่มุมแหลมหรือส่วนที่บาง ซึ่งมีอัตราการเย็นตัวที่สูงกว่าบริเวณอื่น มักจะมีความแข็งสูง

จากสาเหตุดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่าข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากกรรมวิธีการผลิตเหล่านี้จะมีผลเสียต่อคุณสมบัติทางกลและการใช้งาน เช่น ความเค้นสะสมทำให้ชิ้นงานมีการบิดงอ หรือแตกร้าวได้ในขณะที่ใช้งาน คุณสมบัติทางกลไม่สม่ำเสมอ จะทำให้เกิดปัญหาในการกลึงไสตัดเจาะ (Machinability) เช่น ในการกลึงชิ้นงาน ถ้าเหล็กที่มีความแข็งไม่สม่ำเสมอ จะเกิดปัญหาในการกลึง การตั้งมุมมีดกลึง หรืออัตราเร็วของการตัด ทำให้งานที่ได้ออกมาไม่มีคุณภาพที่ดีเท่าที่ควร ซึ่งข้อบกพร่องที่ได้จากกรรมวิธีการผลิตนี้ สามารถแก้ไขได้โดยนำชิ้นงานไปผ่านกรรมวิธีความร้อน เพื่อปรับปรุงคุณสมบัติทางกลให้เป็นไปตามความต้องการของการใช้งาน

กรรมวิธีทางความร้อนมีหลายวิธี คือ การอบอ่อน (Annealing) การอบคลายความเค้น (Stress Relieving) การอบเพื่อให้ได้โครงสร้างเม็ดกลม (Spheroidizing) การทำนอร์มาไลซิ่ง (Normalizing) การชุบแข็ง (Hardening) การอบคืนตัว (Tempering) กรรมวิธีต่ำกว่าศูนย์องศา (Subziro treatment) การอบแบบแพทเทนนิ่ง (Partenting) การอบแบบแพร่ (Diffusion Annealing)

1.**การอบอ่อน(Annealing)**

กรรมวิธีการอบอ่อนมีจุดมุ่งหมายเพื่อทำการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบต่าง ๆ มาให้ดีขึ้น ซึ่งเหล็กที่ผ่านกรรมวิธีการผลิตต่าง ๆ จะมีคุณสมบัติที่ไม่ดีหลายอย่าง ดังนั้น เหล็กทีผ่านกรรมวิธีการผลิตแบบต่างๆ จึงจำเป็นต้องผ่านขบวนการปรับปรุงคุณสมบัติก่อนที่จะนำไปใช้งาน

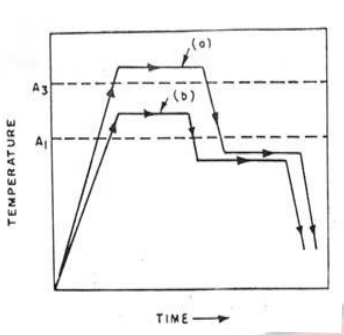
1.1 การอบอ่อนอย่างสมบูรณ์(Full Annealing)

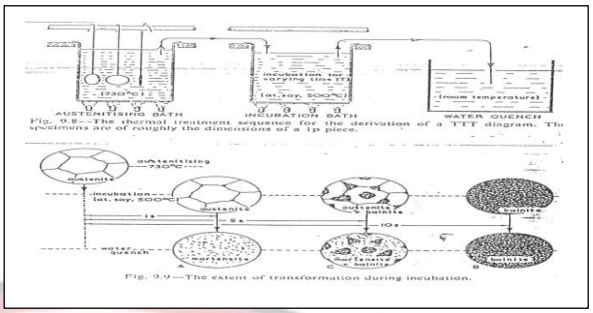
การอบอ่อนอย่างสมบูรณ์มีจุดประสงค์เพื่อทำให้เหล็กมีความเหนียว (Ductility) กำจัดความเค้นภายในเนื้อเหล็ก ทำให้เหล็กมีคุณสมบัติทางกลที่ดีขึ้น และทำให้โครงสร้างมีความละเอียดสม่ำเสมอขึ้น การอบอ่อนอย่างสมบูรณ์ เริ่มจากการเผาเหล็กให้เปลี่ยนโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์ โดยจะให้อุณหภูมิสูงกว่าเส้น A_3 ประมาณ 30-50^0 C สำหรับเหล็กกล้าไฮโปรยูเทคตอยด์ และเหล็กกล้าไฮเปอร์ยูเทคตอยด์ ส่วนเหล็กกล้ายูเทคตอยด์จะใช้อุณหภูมิเหนือเส้น A_1 ประมาณ 30-50^0 C

ในการให้ความร้อนแก่เหล็ก เราควรคำนึงถึงรูปร่างและขนาดของชิ้นงานด้วย ถ้าชิ้นงานที่มีรูปร่างเป็นแท่งตัน ก็อาจจะเผาที่อัตราสูง แต่ถ้าชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อน หรือมีความหนาบางแตกต่างกันมาก ควรจะให้ความร้อนอย่างช้า ๆ หรืออัตราการให้ความร้อนต่ำ โดยทั่วไปแล้วอัตราการให้ความร้อนจะอยู่ในช่วงประมาณ 30-200 ^{0}C ขึ้นอยู่กับชิ้นงานเมื่อเผาจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการแล้ว เพื่อให้ชิ้นงานกลายเป็นออสเทนไนต์ที่สม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกันทั่วทั้งชิ้นงาน ควรทิ้งไว้ที่อุณหภูมิประมาณ 30 – 50^{0}C น. ต่อความหนาเฉลี่ย 25 มม. หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ โดยให้เย็นตัวในเตา ภายหลังการอบอ่อนอย่างสมบูรณ์ เหล็กจะมีคุณสมบัติ การกลึงไสตกแต่งดีขึ้น อย่างไรก็ตามจากกรรมวิธีนี้ต้องใช้เวลานานในการให้ความร้อนแก่เหล็ก ดังนั้น จึงมีข้อเสียตรงที่ต้นทุนค่อนข้างสูง

การอบอ่อนที่อุณหภูมิคงที่ (Isothermal Annealing)

กรรมวิธีการอบอ่อนประเภทนี้ ได้ดัดแปลงมาจากการอบอ่อนอย่างสมบูรณ์ เพื่อใช้เวลาในการทำให้น้อยลง โดยการเริ่มโดยการเผาให้เป็นออสเทนไนต์ที่อุณหภูมิ A_3 ประมาณ 30-50 $^\circ$ C สำหรับเหล็กกล้าไฮโปรยูเทคตอยด์ และเหนือเส้น A_1 ประมาณ30-50 $^\circ$ C สำหรับเหล็กกล้ายูเทตตอยด์ จากนั้นทำให้เย็นตัวอย่างรวดเร็วจนอุณหภูมิต่ำกว่าเส้น A_1 (600-700^0)ในทางปฏิบัติจะใช้วิธีนำเหล็กออกจากเตาอบ แล้วย้ายไปสู่เตาหนึ่งที่อุณหภูมิดังกล่าว ทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้นานพอที่ออสเทนไนต์จะเปลี่ยนเป็นออสเทนไนต์ทั้งหมด จากนั้นปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ อัตราการเย็นตัวในขั้นตอนนี้จะมีความสำคัญแต่อย่างไร เพราะเหล็กมีการเปลี่ยนสภาพเกิดขึ้นโครงสร้างจุลภาคที่ได้จะเหมือนโครงสร้างที่ได้จากการอบอ่อนอย่างสมบูรณ์ แต่จะมีความเป็นเนื้อเดียวกันมากกว่า เนื่องมาจาการเปลี่ยนโครงสร้างที่อุณหภูมิคงที่ ภายหลังการอบอ่อนอุณหภูมิคงที่ เหล็กจะมีความสามารถในการกลึงไสตกแต่งดีขึ้น และมีผิวเรียบขึ้นมาภายหลังการกลึงไสตกแต่ง อย่างไรก็ตาม วิธีนี้มีข้อเสีย คือ ไม่สามารถใช้กับชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่ได้ เนื่องจากเราไม่สามารถทำชิ้นงานให้เย็นตัวอย่างเร็วได้ทั่วทั้งชิ้นงาน ทำให้คุณสมบัติทางกลไม่สม่ำเสมอ





แสดงขั้นตอนต่างของการทำIsothermal annealing

a. Hyproeutectoid b. Eutectoid

การอบอ่อนแบบแพร่ (Diffusion Annealing)

กระบวนการอบแบบนี้จะรู้จักกันในชื่อของการ อบแบบสม่ำเสมอ ซึ่งเป็นกรรมวิธีความร้อนที่เป็นการขจัดเอาโครงสร้างที่ไม่สมบูรณ์ออกไป ซึ่งโครงสร้างที่ไม่สมบูรณ์เหล่านั้นได้แก่ โครงสร้างเดนไดซ์ โครงสร้างเสาเข็ม และส่วนผสมทางเคมีที่ไม่สามารถรวมตัวกับเหล็กได้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งสิ่งดังกล่าวเหล่านี้ได้มาจากอินกอต เหล็กเหนียวหล่อและเหล็กเหนียวหล่อผสมสูง ซึ่งจุดเสียเหล่านี้จะทำให้เหล็กมีความเปราะเพิ่มขึ้น อัตราการยืดตัวลดลง ความเหนียวลดลง การทำกรรมวิธีการอบอ่อนแบบแพร่นี้สามารถทำโดยการเผาเหล็กที่อุณหภูมิวิกฤตสูง (Upper critical temperature: A_3 or A_{cm})ประมาณ 1000-1200^{0}C และอุณหภูมิดังกล่าวเป็นเวลา 10-20 Hr. แล้วปล่อยให้เย็นตัวอย่างช้า ๆ ซึ่งทำให้บริเวณที่เกิดการแยกตัวถูกขจัดออกไปและยังส่งผลไปที่ส่วนผสมทางเคมีในเหล็กเกิดการรวมตัวกันดีขึ้น โดยการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวในขั้นต้นจะเกิดได้โดยการแพร่ในขณะที่ทำการอบแบบดังกล่าว แต่ความร้อนที่ให้แก่เหล็กสูงเกินไป จะส่งผลเกรนมีขนาดโตและมีอัตราการโตที่สูง

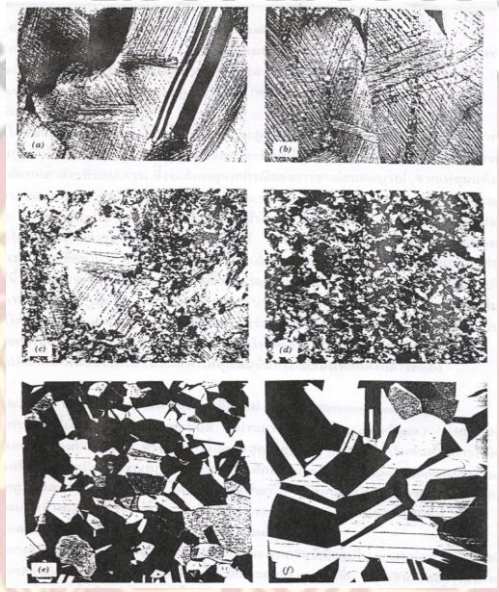
เมื่อขนาดของเกรนมีขนาดใหญ่เราสามารถที่จะทำการลดขนนาดของเกรนได้โดยขบวนการที่เรียกว่าการทำรีไฟส์ โดยกรรมวิธีการเปลี่ยนรูปแบบถาวร สำหรับอินกอต หรือโดยการอบครั้งที่สองในกรณีที่เป็นเหล็กหล่อ แต่สำหรับเหล็กเหนียวหล่อไฮโปรยูเตกตอยด์ และยูเตกตอยย์จะทำการอบอ่อนสมบูรณ์ เหล็กเหนียวหล่อไฮเปอร์ยูเตกตอยด์จะทำการอบแบบนอร์มอลไลซิ่ง แต่ทุกอย่างจะได้ผลดีก็ต่อเมื่อมีการควบคุมที่ดีไม่ว่าจะเป็นอุหภูมิที่ใช้ เวลาที่ใช้ในการอบ ซึ่งจากขบวนการอบอ่อนแบบแพร่จะเห็นได้ว่าเป็นขบวนการที่ใช้เวลาในการทำมาก ดังนั้นกระบวนการนี้จึงใช้ต้นทุนในการทำสูง

การอบอ่อนเพื่อเกิดผลึกใหม่ (Recrytallization)

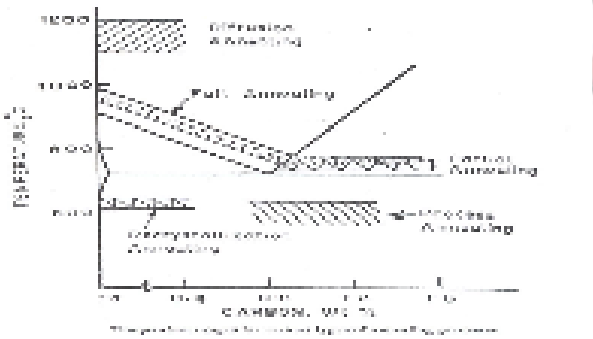
มักจะใช้กับเหล็กกล้าทุกชนิดผ่านการแปรรูปเย็น โดยอาจจะใช้เป็นขั้นตอนระหว่างการผลิต หรือใช้เป็นขั้นตอนสุดท้ายก็ได้ กรรมวิธีนี้เริ่มต้นด้วยการให้ความร้อนกับเหล็กที่อุณหภูมิเหนืออุณหภูมิของการเรียงผลึกใหม่แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้และทำให้เย็นตัวลง โครงสร้างสุดท้ายที่จะได้เป็นเกรนใหญ่ที่ปราศจากความเครียดส่วนคุณสมบัติทางกลจะมีความแข็ง และความแข็งแรงลดลง แต่ความเหนียวจะเพิ่มขึ้น

กลไกการเรียงรูปผลึกใหม่ (Recrystallization)

ตามปรกติแล้ว เหล็กที่ผ่านการแปรรูปเย็นจะมีเกรนที่เสียรูปไป และจำนวนข้อบกพร่องหรือ Dislocation เกิดมากขึ้น และความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พลังงานบางส่วนที่ใช้ในการแปรรูปเหล็กยังสะสมอยู่ภายในเกรนตามตำแหน่งรอบ ๆ Dislocation ทำให้เกิดความเครียดหรือความเค้น สะสมอีกด้วย เมื่อเหล็กได้รับความร้อน จะทำให้ภายในเนื้อเหล็กเกิดการแพร่ของอะตอม และเกิดการเคลื่อนที่ของ dislocation เป็นผลให้ความเค้นภายในถูกปล่อยออก ไป หลังจากนั้นจะเกิดนิวเคลียสของเกรนใหม่ ซึ่งเติบโตแทนเกรนชุดเดิมจึงเรียกว่าเป็นการเรียงรูปใหม่เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เกิดขึ้น เกรนใหม่ที่ได้นี้จะเจริญเติบโตขึ้น จะทำให้ได้เกรนที่ปราศจากความเครียด และขนาดเล็กละเอียดดังในรูป



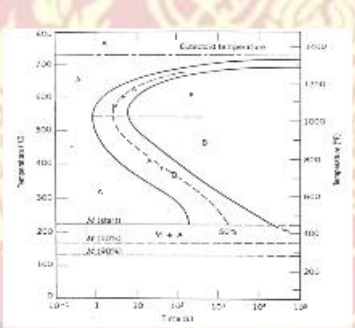
เมื่อทิ้งไว้ที่อุณหภูมินี้นานพอสมควรแล้ว จากนั้นก็จะปล่อยให้เย็นตัวในอากาศ การเย็นตัวในช่วงนี้จะสำคัญอย่างที่สุดในการอบคลายความเค้น เพราะจะต้องเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ มิฉะนั้นแล้ว ถ้าเหล็กเย็นตัวไม่สม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน ก็จะทำให้เกิดความเค้นสะสมขึ้นอีก การอบคลายความเค้น จะแตกต่างจากการอบอ่อนเพื่อการเรียงผลึกใหม่ตรงที่ การอบคลายความเค้นจะใช้อุณหภูมิต่ำกว่า เพื่อป้องกันไม่ให้ผลที่ได้จากการแปรรูปเย็นหรือกรรมวิธีความร้อนอื่นๆ สูญเสียไป

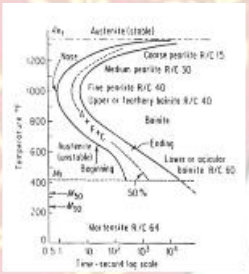


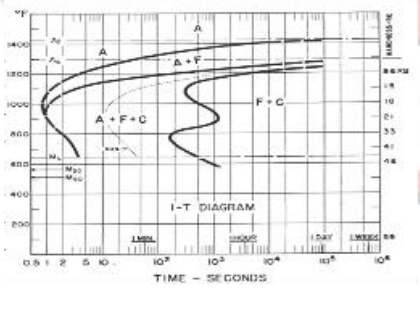
รูปแสดงอุณหภูมิที่ใช้ในการอบอ่อนประเภทต่าง ๆ

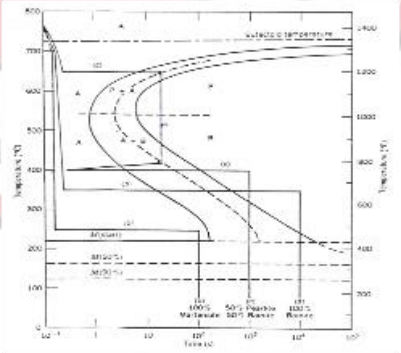
แผนภาพการเปลี่ยนแปลงโดยการเย็นตัวอย่างต่อเนื่อง (Continuous Cooling Transformation Diagram)

คือ เส้นกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเหล็ก เมื่อปล่อยให้โลหะนั้นมีการเย็นตัวอย่างต่อเนื่อง โดยปกติแล้วแผนภาพ C.C.T. จะใช้ร่วมกับ T.T.T









แผนภาพ T.T.T Diagram ของเหล็กนิเกิ้ล

การชุบแข็ง (Hardening)

การชุบแข็ง คือ กรรมวิธีความร้อนที่มีจุดมุ่งหมายให้เหล็กมีความแข็งสูง เพื่อทนต่อการเสียดสีขณะใช้งาน การชุบแข็งเป็นกรรมวิธีที่ทำให้โครงสร้างสุดท้ายเป็นมาร์เทนไซต์ ซึ่งเมื่อทำการชุบแข็งแล้วจะทำให้ชิ้นงานมีคุณสมบัติขนาดของเกรนเล็กลง ความแข็งเพิ่มขึ้น ความเหนียวลดลง และมีความเค้น-ความเครียดภายใน

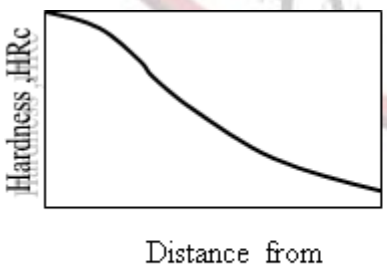
Structure showing coarse accicular martensite

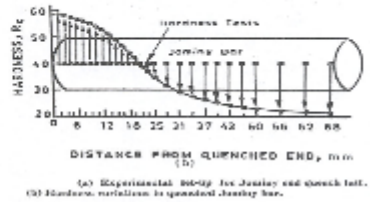
ความสามารถในการชุบแข็ง (Hardenability)

เหล็กแต่ละชนิดจะมีการตอบสนองต่อการชุบด้วยความร้อนต่างกัน ซึ่งเราสามารถบอกได้จากความสามารในการชุบแข็งของเหล็กชนิดนั้นได้ ความ สามารถในการชุบแข็งไม่สามารถกำหนดเป็นตัวเลขได้หรือทำการคำนวณได้ แต่จะได้จากการเปรียบเทียบลักษณะความแข็งที่ได้จากการทดลองวิธีวัดความสามารถในการชุบแข็งที่นิยมใช้กันมากเรียกว่า

“การชุบแข็งแบบปลายเดียวหรือ**การชุบแข็งแบบโจมินี่ (Jominy Quenched Test)**”

วิธีการชุบแข็งปลายเดียว ทำได้โดยการนำเหล็กกลมที่มีความยาวประมาณ 4 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว เผาให้ร้อนจนถึงช่วงอุณหภูมิออสเทนไนต์ จากนั้นนำมาแขวนไว้ในแนวดิ่งแล้วฉีดน้ำที่ปลายดังรูป ปล่อยให้น้ำฉีดที่ปลายแท่งเหล็กจนเหล็กทั้งแท่งเย็น แล้วนำมาขัดผิวออกให้มีความลึกประมาณ 0.015 นิ้ว จากนั้นชิ้นงานมาวัดความแข็งด้วยร๊อคเวลสเกลซี (HRc) ทุก ๆ ช่วง $\frac{1}{6}$ นิ้ว นับจากปลายชุบถัดขึ้นไป สุดท้ายนำค่าที่ได้ไปพล็อตกราฟระหว่างความแข็งที่ได้กับระยะทางจากปลายชุบ เรียกกราฟที่ได้นี้ว่า “เส้นโค้งของความสามารถในการชุบแข็ง”

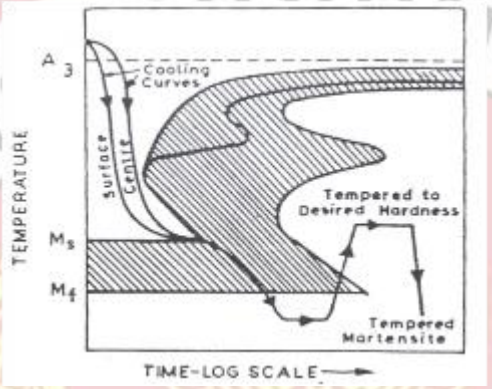


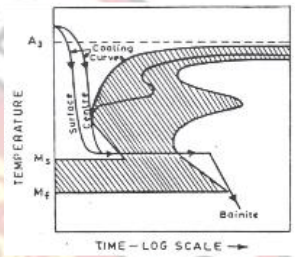


รูปแสดงโค้งของความสามารถในการชุบแข็ง

การชุบแข็งแบบมาร์เทมเปอร์ริ่ง (Matempering)

การชุบแข็ง martempering ทำได้โดยการเผาเหล็กให้ร้อนจนถึงอุณหภูมิช่วงออสเทนไนต์ เมื่อชิ้นงานมีอุณหภูมิเท่ากันทุกส่วนแล้ว นำออกมาชุบในอ่างเกลือ หลอมละลายที่อุณหภูมิเหนือเส้น M_s แช่ทิ้งไว้ระยะหนึ่งจนกระทั่งชิ้นงานมีอุณหภูมิสม่ำเสมอทุกส่วนแต่ไม่นานจนถึงอุณหภูมิเริ่มต้นเป็น Beninte จากนั้นนำชิ้นงานออกจากอ่างเกลือ แล้วชุบในอ่างน้ำอีกทันที เพื่อให้ออสเทนไนต์เปลี่ยนโครงสร้างเป็นมาร์เทนไซต์ ภายหลังการอบชุบแข็งมาร์เทมเปอริ่ง เรามักจะนำชิ้นงานไปทำการอบคืนตัว (Tempering)





การชุบแข็งแบบมาร์เทมเปอริ่ง นิยมใช้กับงานที่มีรูปร่างสลับซับซ้อนหรือมีความหนาบางที่แตกต่างกันมาก เพราะชิ้นงานที่ได้จะมีความเค้นสะสมต่ำกว่าการชุบแข็งปรกติ นอกจากนี้ยังเหมาะกับ ชิ้นงานที่ทำด้วยเหล็กกล้าโลหะผสม เพราะธาตุผสมนอกจากโคบอลต์จะเพิ่มความสามารถในการชุบแข็ง และเพิ่มระยะเวลาของการเปลี่ยนโครงสร้างเป็นเบไนต์ ทำให้เราสามารถแช่ชิ้นงานในอ่างเกลือได้นานขึ้น

การชุบแข็งแบบออสเทนเปอริ่ง (Austepering)

การชุบแข็งแบบออสเทมเปอริ่งเป็นวิธีที่คล้ายการชุบแบบมาร์เทมเปอริ่ง แต่โครงสร้างที่ได้จะเป็นเบไนต์ การชุบแข็งแบบออสเทมเปอริ่งทำได้โดยการเผาเหล็กให้ร้อนจนโครงสร้างเป็นออสเทนไนต์ จากนั้นนำมาชุบในอ่างเกลือหลอมละลาย ที่อุณหภูมิประมาณ 200-400^0 C โดยทิ้งไว้ในอ่างเกลือเป็นเวลานานพอสมควรที่จะให้ออสเทนไนต์เปลี่ยนเป็นเบไนต์อย่างสมบูรณ์ จากนั้นนำชิ้นงานออกจากอ่างเกลือแล้วปล่อยให้เย็นตัวจนถึงอุณหภูมิห้อง ในที่นี้เราอาจจะปล่อยชิ้นงานเย็นตัวในอากาศหรือใช้อัตราการเย็นตัวตามที่ต้องการเนื่องจากการชุบแข็งแบบออสเทมเปอริ่งกับการชุบแข็งแบบปรกติ ตามด้วยการอบคืนตัว การชุบแข็งแบบ Austemperingจะให้ความเหนียวมากกว่า ให้ความแข็งแรงกระแทกและความแข็งแรงต่อการล้าได้ดี และชิ้นงานไม่เสียรูปอีกด้วย นอกจากนี้คุณสมบัติของเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งแบบออสเทมเปอริ่งจะสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน เนื่องจากเบนไนต์เกิดขึ้นที่อุณหภูมิคงที่

การอบคืนตัว (Tempering)

ภายหลังการชุบแข็งจะมีความแข็งสูงมาก การต้านทานการสึกหรอดีเยี่ยมและความแข็งแรงสูง แต่ความเหนียวความแกร่ง และความต้านทานแรงกระแทรกต่ำลง นอกจากนี้เกิดความเปราะเนื่องจากความเค้นภายในอีกด้วย ดังนั้นเหล็กกล้าที่ผ่านการอบชุบแข็งจึงไม่เหมาะที่นำไปใช้งาน แต่ควรต้องนำมาทำการอบคืนตัวเสียก่อน

การอบคืนตัวเป็นการนำเหล็กที่ผ่านการชุบแข็งมาเผาให้ความร้อนที่อุณหภูมิต่ำกว่าเส้น A_1 หลังจากที่คงอุณหภูมิไว้นานาพอสมควรแล้ว จะปล่อยให้เย็นตัวช้า ๆในเตาหรือในอากาศก็ได้ การอบคืนตัวจะทำให้ความแข็ง ความแข็งแรง และความต้านทานการสึกหรอลดลง แต่ขณะเดียวกันการอบคืนตัวเป็นการกำจัดความเค้นภายในให้หมดไป หรือเหลือน้อยที่สุด และทำให้ชิ้นงานมีความเหนียวและความแกร่งเพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ออสเทนไนต์ที่เหลือค้าง (Retained austenite) อีกด้วยการอบคืนตัวอาจจะแบ่งได้หลายประเภท ขึ้นอยู่กับช่วงอุณหภูมิที่ใช้ โดยอาจจะแบ่งได้เป็น การอบคืนตัวที่อุณหภูมิต่ำ การอบคืนตัวที่อุณหภูมิปานกลาง และการอบคืนตัวที่อุณหภูมิสูง

1. การอบคืนตัวที่อุณหภูมิต่ำ (low temperature tempering)

การอบคืนตัวที่อุณหภูมิต่ำ จะใช้อุณหภูมิไม่เกิน 250^0 C ในช่วงอุณหภูมินี้จะเกิดมาร์เทนไซต์ที่มีคาร์บอนที่ต่ำ และสารประกอบคาร์ไบต์ขึ้น โดยคาร์บอนจะหลุดออกมาจากมาร์เทนไซต์ ทำให้มาร์เทนไซต์มีคาร์บอนลดลงเรื่อย ๆ เมื่อปริมาณคาร์บอนลดลงถึง 0.3 % ก็จะไม่มีคาร์บอนหลุดออกจากมาร์เทนไซต์อีก นั่นคือมาร์เทนไซต์ใน โครงสร้างสุดท้ายจะมีคาร์บอนเท่ากับ 0.3%ผลการอบคืนตัวในช่วงนี้ จะทำให้ชิ้นงานมีความแข็งลดลง แต่มีความแข็งแรงแกร่งเพิ่มขึ้นมาก เหล็กล้าที่ผ่านการอบคืนตัวแบบนี้ จะมีความต้านทานการสึกหรอดีเยี่ยม และความเค้นภายในลดลง การอบคืนคัวแบบนี้เหมาะกับเหล็กกล้าคาร์บอนสูง และเหล็กกล้าโลหะผสมต่ำ ซึ่งใช้ทำเครื่องมือวัด และเครื่องมือที่ใช้ในการตัด นอกจากนี้ยังเหมาะกับเหล็กกล้าที่ผ่านการชุบแข็งผิวอีกด้วย

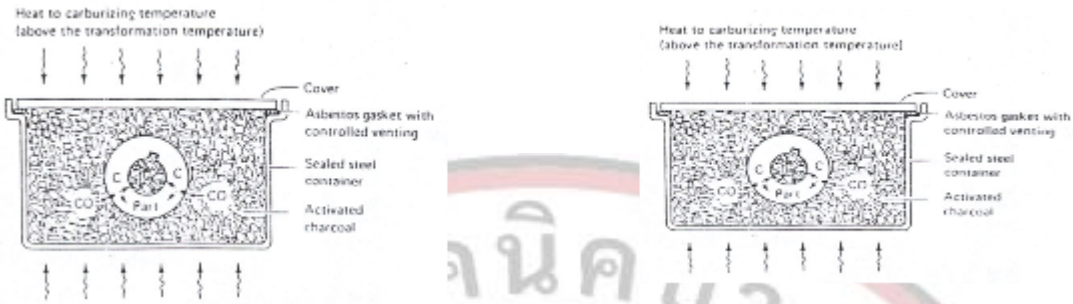
2.การอบคืนตัวที่อุณหภูมิปานกลาง (Medium temperature tempering)

การอบคืนตัวที่อุณหภูมิปานกลางทำได้ โดยการให้ความร้อนที่เหล็กในช่วงอุณหภูมิ 350-500^0 C ในช่วงอุณหภูมินี้ ออสเทนไนต์เหลือค้างจะเปลี่ยนสภาพเป็นเบไนต์ ซึ่งจะแตกกต่างจากไนต์ปกติตรงที่ประกอบด้วยเฟอร์ไรท์และเอปซิลอนคาร์ไบด์ การอบคืนตัวแบบนี้จะ ทำให้ความเหนียวและความแข็งแกร่งเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความแข็งและความแข็งแรงลดลง เหล็กล้าที่ผ่านการอบคืนตัวแบบนี้ จะมีคุณสมบัติด้านความยืดหยุ่นสูงสุด จึงนิยมใช้กับขดลวดและลวดสปริง

3. การอบคืนตัวที่อุณหภูมิสูง (High temperature tempering)

การอบคืนตัวที่อุณหภูมิสูงเป็นการให้ความร้อนเหล็กในช่วงอุณหภูมิ 500-680^0C เนื่องจากการอบคืนตัวแบบนี้กระทำที่อุณหภูมิสูง จึงทำให้เกิดส่วนผสมระหว่างเฟอร์ไรท์และซีเมนไตต์ขึ้น โดยมาร์เทนไซต์จะสูญเสียคาร์บอนและกลายเป็นเฟอร์ไรท์ ส่วนคาร์บอนที่หลุดออกก็จำรวมตัวกับเหล็กเป็นสารประกอบซีเมนไทต์ โดยขบวนการแพร่เหล็กกล้าที่ผ่านการอบคืนตัว จะมีความแข็งแรงดึง (Tensite strength) ความแข็งแรงคราก (Yield strength) และความแข็งแรงกระแทกสูงขึ้น และความเค้นภายในจะหมดไปจะเห็นว่าเหล็กที่ผ่านการอบ

คืนตัวแบบนี้จะมีคุณสมบัติทางกลโดยรวมที่พอดี ทำให้เหมาะกับเหล็กคาร์บอนปานกลาง และเหล็กคาร์บอนปานกลางที่มีโลหะผสมต่ำ



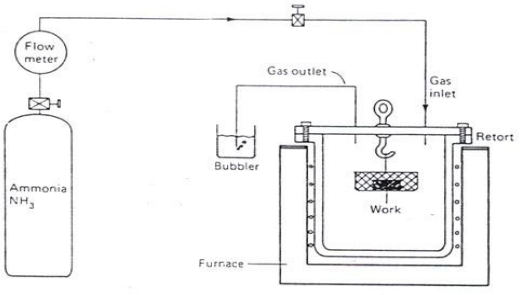
การทิ้งไว้ในช่วงอุณหภูมิของออสเทนไนต์นานเกินไป ทำเกิดการโตของเกรนซึ่งทำให้เหล็กเปราะ จึงต้องผ่านกรรมวิธีทางความร้อนเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่ดี อาจแบ่งได้เป็น 2 ตอนคือ

⇒ **การอบแกน** โดยการทำให้ร้อนขึ้นไปเหนืออุณหภูมิวิกฤตช่วงสูงเล็กน้อย (จุด A) คือประมาณ 870 0C สำหรับแกน ดูรูปที่ เกรนที่หยาบ จะละเอียดขึ้นแล้วทำกาชุบแข็งในน้ำ จะได้โครงสร้างเป็นเฟอร์ไรต์ – มาร์เทนไซต์ ที่ละเอียดที่แกน ส่วนที่ผิวอุณหภูมิจะสูงกว่าอุณหภูมิวิกฤตช่วงสูงมาก เมื่อชุบแข็งแล้วผิวจะเป็นมาร์เทนไซต์ที่หยาบจะแข็งและเปราะมาก ไม่เหมาะกับการใช้งาน ต้องผ่านกรรมวิธีทางความร้อนต

⇒ **การอบผิว** ทำให้ชิ้นงานร้อนถึงอุณหภูมิประมาณ 760 องศา ดังในรูป โครงสร้างที่ผิวที่เป็นมาร์เทนไซต์หยาบจะเปลี่ยนเป็นออสเทนไนต์ละเอียดเมื่อชุบแข็งจะได้มาร์แทนไซต์ละเอียด ขณะเดียวกันมาร์เทนไซต์ที่เกิดขึ้นที่แกนจากการชุบแข็งขั้นต้นจะถูก อบคืนตัวลดลงถ้าชิ้นงานถูกอบในช่วงอุณหภูมิ 200^0 C เพื่อลดความเค้นจากการชุบแข็งที่ผิวของชิ้นงาน

การทำไนไตรดิ่ง (Nitriding)

เป็นการทำให้เกิดผิวแข็งโดยการทำให้เกิดโลหะในไตรที่แข็งที่ผิวของชิ้นงาน โดยการใช้ก๊าซที่จะให้ไนโตรเจนอะตอมซึ่งจะดูดซึมเข้าไปในผิวของเหล็ก เกิดเป็นไนไตรด์กับโลหะเจือในเหล็ก เหล็กที่จะทำไนไตรดิ่งได้จึงต้องเป็นเหล็กกล้าเจือที่มีโลหะเจือพวกอลูมิเนียม โครเมี่ยม หรือวานาเดียม โลหะเจือเหล่านี้เมื่อเป็นไนไตรด์จะแข็งมาก แข็งกว่าเหล็กไนไตรด์ การที่เราไม่สามารถใช้กับเหล็กกล้าคาร์บอน เนื่องจากเหล็กไนไตรด์จะแพร่เข้าไปในเนื้อเหล็กได้มาก ทำให้ไม่ได้เกิดผิวแข็ง อลูมิเนียมไนไตรด์จะมีการแพร่เข้าข้างในชิ้นงานได้น้อยมาก ทำให้ได้ผิวแข็งบาง ๆ ประมาณ 1 มม. เท่านั้นอาจเกิดการล่อนของ



สรุปเนื้อหา

กรรมวิธีการปรับปรุงโครงสร้างโลหะ สามารถทำได้หลายวิธี ดังนี้

- Annealing - Stress Relieving
- Spheroidizing - Normalizing
- Hardening - Tempering
- Subzero Treatment - Carburizing
- Martempering - Austempering
- Fram Headening - Surface Heardening

กรรมวิธีการปรับปรุงโครงสร้างดังกล่าวนี้ก็มีกรรมวิธีที่แตกต่างกันไป ดังนั้น การเลือกกระบวนการทำจะขึ้นอยู่กับตัวแปรหลายประการ เช่น กรรมวิธีการผลิตชิ้นงาน รูปร่างลักษณะของชิ้นงาน ความหนาบางที่แตกต่างกัน และคุณสมบัติทางกลที่ต้องการ หากเราสามารถเลือกกระบวนการทำที่เหมาะกับชิ้นงาน และทำการปรับปรุงโครงสร้างตามหลักการนั้น ๆ แล้วก็จะทำให้ได้ชิ้นงานที่มีคุณสมบัติทางกลตามที่เราต้องการ

กลไกการเรียงรูปผลึกใหม่ (Recrystallization)

ตามปรกติแล้ว เหล็กที่ผ่านการแปรรูปเย็นจะมีเกรนที่เสียรูปไป และจำนวนข้อบกพร่องหรือ Dislocation เกิดมากขึ้น และความแข็งแรงเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พลังงานบางส่วนที่ใช้ในการแปรรูปเหล็กยังสะสมอยู่ภายในเกรนตามตำแหน่งรอบ ๆ Dislocation ทำให้เกิดความเครียดหรือความเค้นสะสมอีกด้วย เมื่อเหล็กได้รับความร้อน จะทำให้ภายในเนื้อเหล็กเกิดการแพร่ของอะตอม และเกิดการเคลื่อนที่ของ dislocation เป็นผลให้ความเค้นภายในถูกปล่อยออก ไป หลังจากนั้นจะเกิดนิวเคลียสของเกรนใหม่ ซึ่งเติบโตแทนเกรนชุดเดิมจึงเรียกว่า เป็นการเรียงรูปใหม่เพราะไม่มีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างที่เกิดขึ้น เกรนใหม่ที่ได้นี้จะเจริญเติบโตขึ้น จะทำให้ได้เกรนที่ปราศจากความเครียด และขนาดเล็กละเอียดดังในรูป

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบภาคทฤษฎีหน่วยที่ 3 ก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 3 การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. ขั้นตอนแรกของการผลิตเหล็กคือข้อใด

ก. การทำเหมืองแร่ ข. การถลุงสินแร่เหล็ก

ค. การหลอมเหล็กกล้า ง. การแปรรูปเหล็ก

2. สินแร่เหล็กชนิดใดที่มีปริมาณเหล็กผสมอยู่มากที่สุด

ก. เรด เฮมาไตท์ (Red Hematite)

ข. แมกนีไตท์ (Magnetite)

ค. เหล็กซัลไฟต์ (Iron Sulfite)

ง. แร่ไพไรท์ (Pyrite)

3. เตาชนิดใดที่ใช้ในการถลุงแร่เหล็ก

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาคิวโพล่า

ค. เตาสูง ง. เตาเบสเซมเมอร์

4. ถ่านโค้กเป็นผลผลิตที่ได้มาจากอะไร

ก. หินปูน ข. หินอัคนี ค. ถ่านไม้ ง. ถ่านหิน

5. เหล็กชนิดใดที่ได้มาจากการถลุง

ก. เหล็กเหนียว ข. เหล็กดิบ ค. เหล็กกล้า ง. เหล็กหล่อ

6. วัตถุดิบชนิดใดที่ไม่ถูกบรรจุในเตาถลุงเหล็ก

ก. เหล็กดิบ ข. ถ่านโค้ก

ค. หินปูน ง. สินแร่เหล็ก

7. เตาชนิดใดใช้ในการผลิตเหล็กกล้า

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาสูง ค. เตาคิวโพล่า ง. เตาเซรามิค

8. เหล็กกล้าจะมีส่วนผสมของคาร์บอนอยู่กี่เปอร์เซ็นต์

ก. ไม่เกิน 0.5 % ข. ไม่เกิน 1.5 % ข. ไม่เกิน 2 % ง. ไม่เกิน 4 %

9. หากต้องการลดกำมะถันที่มีอยู่ในเหล็กควรเลือกเตาที่มีผนังเป็นแบบใด

ก. ผนังเตาแบบเซรามิค ข. ผนังเตาแบบกรด

ค. ผนังเตาแบบด่าง ง. ผนังเตาอิฐทนไฟ

10. เหล็กหล่อสีเทาผลิตจากเหล็กดิบชนิดใด

ก. Basic pig ข. Forging Pig

ค. Foundry Pig ง. Malleable Pig

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

เฉลยแบบทดสอบภาคทฤษฎีหน่วยที่ 3 ก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 3 การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. ขั้นตอนแรกของการผลิตเหล็กคือข้อใด

ก. การทำเหมืองแร่ ข. การถลุงสินแร่เหล็ก

ค. การหลอมเหล็กกล้า ง. การแปรรูปเหล็ก

2. สินแร่เหล็กชนิดใดที่มีปริมาณเหล็กผสมอยู่มากที่สุด

ก. เรด เฮมาไตท์ (Red Hematite)

ข. แมกนีไตท์ (Magnetite)

ค. เหล็กซัลไฟต์ (Iron Sulfite)

ง. แร่ไพไรท์ (Pyrite)

3. เตาชนิดใดที่ใช้ในการถลุงแร่เหล็ก

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาคิวโพล่า

ค. เตาสูง ง. เตาเบสเซมเมอร์

4. ถ่านโค้กเป็นผลผลิตที่ได้มาจากอะไร

ก. หินปูน ข. หินอัคนี ค. ถ่านไม้ ง. ถ่านหิน

5. เหล็กชนิดใดที่ได้มาจากการถลุง

ก. เหล็กเหนียว ข. เหล็กดิบ ค. เหล็กกล้า ง. เหล็กหล่อ

6. วัตถุดิบชนิดใดที่ไม่ถูกบรรจุในเตาถลุงเหล็ก

ก. เหล็กดิบ ข. ถ่านโค้ก

ค. หินปูน ง. สินแร่เหล็ก

7. เตาชนิดใดใช้ในการผลิตเหล็กกล้า

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาสูง ค. เตาคิวโพล่า ง. เตาเซรามิค

8. เหล็กกล้าจะมีส่วนผสมของคาร์บอนอยู่กี่เปอร์เซ็นต์

ก. ไม่เกิน 0.5 % ข. ไม่เกิน 1.5 % ข. ไม่เกิน 2 % ง. ไม่เกิน 4 %

9. หากต้องการลดกำมะถันที่มีอยู่ในเหล็กควรเลือกเตาที่มีผนังเป็นแบบใด

ก. ผนังเตาแบบเซรามิค ข. ผนังเตาแบบกรด

ค. ผนังเตาแบบด่าง ง. ผนังเตาอิฐทนไฟ

10. เหล็กหล่อสีเทาผลิตจากเหล็กดิบชนิดใด

ก. Basic pig ข. Forging Pig

ค. Foundry Pig ง. Malleable Pig

	ใบงาน ที่ 3	หน่วยที่ 3
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 6 - 7
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน*		

ใบงานแบบทดสอบหน่วยที่ 3 /หลังเรียน

หน่วยที่ 3 การปรับปรุงสมบัติโลหะด้วยความร้อน

ใบงานหลังบทเรียนครูผู้สอนสาธิตและเตรียมให้การหาคุณสมบัติของวัสดุ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE ก.ส.น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

.....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

.....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

4) ผลการสอนของครู : .....

.....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 8 - 9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างของโลหะ	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งานโครงสร้างของโลหะ		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

ธาตุต่างๆที่มีอยู่จะประกอบไปด้วยอนุภาคเล็กๆที่เรียกว่า อะตอม ซึ่งลักษณะของอะตอมนั้นจะประกอบไปด้วย โปรตรอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน นอกจากนี้ในแต่ละธาตุก็ยังมีการยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะต่างชนิดกันเพื่อเกิดเป็นโครงสร้างผลึกในรูปแบบต่างๆ ขึ้นมาอีกด้วย โดยที่โครงสร้างผลึก เกิดจากลักษณะการจัดเรียงตัวกันของอะตอมเป็นกลุ่มก้อนที่เชื่อมโยงต่อกัน ในรูปแบบโครงข่ายสามมิติ และลักษณะการจัดตัวของอะตอมเพื่อเกิดเป็นโครงสร้างผลึกนั้นก็จะมีหลายชนิดแตกต่างกันออกไปเช่น แบบลูกบาศก์ แบบหกเหลี่ยมเป็นต้น

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.ทราบถึงชนิดของการยึดเหนี่ยวของอะตอมชนิดต่างๆ

2.รู้จักระบบผลึกชนิดต่างๆ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1. บอกชื่อ ลักษณะของพันธะอะตอมได้
2. บอกชื่อ ชนิดของระบบโครงสร้างผลึกต่างๆได้

4.2 ด้านทักษะ

1. บอกชื่อ ลักษณะของพันธะอะตอมได้
2. บอกชื่อ ชนิดของระบบโครงสร้างผลึกต่างๆได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์

2. ความมีวินัย

3. ความรับผิดชอบ

4. ความเชื่อมั่นในตนเอง

5. ความรักสามัคคี

5. สาระการเรียนรู้

4.1 โครงสร้างอะตอม

1.2 โครงสร้างผลึก

4.1.1 โครงสร้างอะตอม

4.1.2 ลักษณะของวงโคจรอิเล็กตรอน

4.1.3 พันธะอะตอม

- Ionic Bond - Covalence Bond

- Metallic Bond - Van der Waals Forces

4.2.1 การหาจำนวนอะตอมในผลึกแบบ BCC, FCCและ HCP

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียนหนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

7.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

7.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **7.5 อื่น ๆ**

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.7 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.8 ใบงาน

9. การวัดและประเมินผล

9.1 วิธีวัดและการประเมินผล

13) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

14) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

15) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

16) ตรวจใบงาน

9.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

13) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

14) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

15) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

16) เฉลยใบงาน

9.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

	ใบความรู้ ที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 8 - 9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างของโลหะ	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน *โครงสร้างของโลหะ*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

4.1 โครงสร้างอะตอม

1.3 โครงสร้างผลึก

4.1.1 โครงสร้างอะตอม

4.1.2 ลักษณะของวงโคจรอิเล็กตรอน

4.1.3 พันธะอะตอม

- Ionic Bond - Covalence Bond
- Metallic Bond - Van der Waals Forces

4.2.1 การหาจำนวนอะตอมในผลึกแบบ BCC, FCCและ HCP

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3

2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3

4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.ทราบถึงชนิดของการยึดเหนี่ยวของอะตอมชนิดต่างๆ

2.รู้จักระบบผลึกชนิดต่างๆ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

3. บอกชื่อ ลักษณะของพันธะอะตอมได้
4. บอกชื่อ ชนิดของระบบโครงสร้างผลึกต่างๆได้

4.2 ด้านทักษะ

1. บอกชื่อ ลักษณะของพันธะอะตอมได้
2. บอกชื่อ ชนิดของระบบโครงสร้างผลึกต่างๆได้

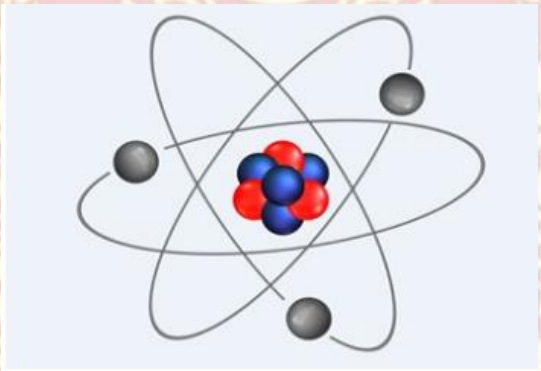
คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

โครงสร้างอะตอม

อะตอม (Atom) เป็นหน่วยพื้นฐานของสสาร ที่ประกอบไปด้วยส่วนของนิวเคลียสที่หนาแน่นมากตรงจุดศูนย์กลางล้อมรอบด้วยกลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนที่มีประจุลบ นิวเคลียสมีประจุบวกประกอบด้วยอนุภาคโปรตอนที่มีประจุบวก และนิวตรอนซึ่งเป็นกลางทางไฟฟ้า อิเล็กตรอนของอะตอมถูกดึงดูดให้อยู่กับนิวเคลียสด้วยแรงแม่เหล็กไฟฟ้า



ภาพที่ 1 แบบจำลองโครงสร้างอะตอมของลิเทียม ($_3Li$)
ที่มา: https://pixabay.com, Geralt

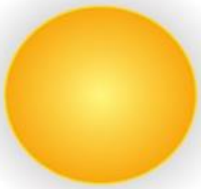
นั่นคือนิยามของอะตอม ที่บอกว่ามันมีประกอบด้วยอนุภาคพื้นฐาน 3 ชนิด ได้แก่ โปรตอน นิวตรอน และอิเล็กตรอน แต่น้อง ๆ ทราบไหมว่า กว่าจะได้เป็นนิยามข้างต้นมา นักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับอะตอมนี้มาเป็นระยะเวลากว่า 2,000 ปี โดยการศึกษาเกี่ยวกับอะตอมนั้นเริ่มจาก ดิโมคริตุส (Democritus) นักปราชญ์ชาวกรีกที่มีชีวิตอยู่ในช่วง พ.ศ. 83 -173 เชื่อว่าถ้าแบ่งสารให้มีขนาดเล็กลงเรื่อย ๆ ในที่สุดก็จะได้หน่วยย่อยซึ่งไม่สามารถแบ่งให้เล็กลงได้อีก เรียกหน่วยย่อยนี้ว่า อะตอม

เซอร์ จอห์น ดอลตัน (Sir John Dalton) นักวิทยาศาสตร์ชาวอังกฤษที่มีชีวิตอยู่ในช่วง พ.ศ. 2309-2387 เป็นคนแรกที่เสนอทฤษฎีอะตอม ที่รู้จักกันในชื่อ **ทฤษฎีอะตอมของดอลตัน** ซึ่งมีสาระสำคัญดังนี้

1.ธาตุประกอบด้วยอนุภาคเล็กๆ หลายอนุภาค อนุภาคเหล่านี้เรียกว่า อะตอม ซึ่งแบ่งแยกและทำให้สูญหายไม่ได้

2.อะตอมของธาตุชนิดเดียวกันมีสมบัติเหมือนกัน และมีสมบัติแตกต่างจากอะตอมของธาตุอื่น

3.สารประกอบเกิดจากอะตอมของธาตุมากกว่าหนึ่งชนิดทำปฏิกิริยาเคมีกันในอัตราส่วนที่เป็นเลขลงตัวน้อย ๆ



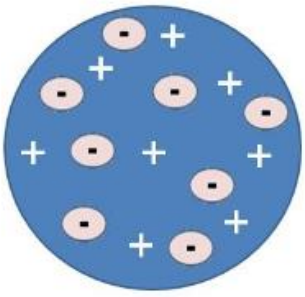
ภาพที่ 2 แบบจำลองอะตอมของดอลตัน
ที่มา: www.scimath.org/ebook/sci/เคมีเพิ่มเติม-เล่ม1-ม.4-6/index.html

ทฤษฎีอะตอมของดอลตันช่วยให้นักวิทยาศาสตร์สมัยนั้นสามารถอธิบายลักษณะและสมบัติของอะตอมได้ระดับหนึ่ง ต่อมาเมื่อมีการศึกษาเกี่ยวกับอะตอมเพิ่มขึ้น และค้นพบข้อมูลบางประการที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดนักวิทยาศาสตร์รุ่นต่อมาจึงได้ศึกษาเพิ่มเติมและสร้างแบบจำลองขึ้นมาใหม่

ออยเกน โกลด์ชไตน์ (Eugen Goldstein) นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันที่มีชีวิตในช่วง พ.ศ. 2393 - 2473 ค้นพบรังสีที่มีประจุบวก จากการดัดแปลงหลอดรังสีแคโทด โดยทำการทดลองกับแก๊สหลายชนิด พบว่าอนุภาคที่มีประจุบวกเหล่านี้มีอัตราส่วนประจุต่อมวล (e/m) ไม่คงที่ แต่ถ้าบรรจุแก๊สไฮโดรเจนไว้ในหลอดรังสีแคโทด จะได้อนุภาคที่มีประจุไฟฟ้าบวกเท่ากับประจุไฟฟ้าลบ ซึ่งต่อมาเรียกอนุภาคบวกที่เกิดจากแก๊สไฮโดรเจนนี้ว่า โปรตอน

เซอร์ โจเซฟ จอห์น ทอมสัน (พ.ศ. 2399 - 2483) ได้ทำการทดลองเพิ่มขั้วไฟฟ้า 2 ขั้วในแนวดิ่ง กับหลอดรังสีแคโทดที่ดัดแปลง พบว่าตำแหน่งของจุดสว่างเบนเข้าหาขั้วบวกของสนามไฟฟ้า และเมื่อเปลี่ยนชนิดของแก๊สที่บรรจุในหลอดและโลหะที่ใช้เป็นแคโทด พบว่ารังสีที่เกิดขึ้นยังคงเบนเข้าหาขั้วบวกเหมือนเดิม เมื่อคำนวณหาอัตราส่วนประจุต่อมวล พบว่าได้ค่าเท่ากับ 1.76 x 108 คูลอมบ์ต่อกรัม ทุกครั้งโดยไม่ขึ้นกับชนิดของแก๊สที่ใช้ จากผลการทดลองและการคำนวณนี้ช่วยให้ทอมสันสรุปได้ว่า อะตอมทุกชนิดมีอนุภาคที่เป็นประจุลบเป็นองค์ประกอบ อนุภาคนี้เรียกว่า อิเล็กตรอน

จากผลการทดลองของ โกลด์ชไตน์ และ ทอมสัน ทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับอะตอมมากขึ้น จึงเสนอแบบจำลองอะตอมของทอมสันว่า “อะตอมเป็นรูปทรงกลมประกอบด้วยเนื้ออะตอมซึ่งมีประจุบวกและมีอิเล็กตรอนซึ่งมีประจุลบกระจายอยู่ทั่วไป อะตอมในสภาพที่เป็นกลางทางไฟฟ้าจะมีจำนวนประจุบวกเท่ากับจำนวนประจุลบ”

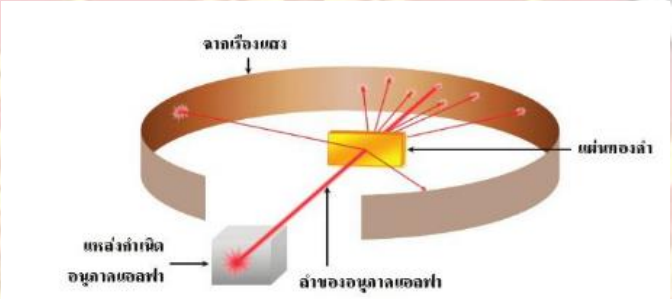


ภาพที่ 3 แบบจำลองอะตอมของทอมสัน
ที่มา: ศุภาวิตา จรรยา

แบบจำลองอะตอมของทอมสัน นับเป็นก้าวสำคัญเกี่ยวกับการศึกษาเรื่องอะตอมต่อจากดอลตัน และถือได้ว่าทอมสันเป็นคนแรกที่เสนอรายละเอียดภายในอะตอม ทำให้ได้มโนภาพของอะตอมชัดขึ้น อย่างไรก็ตามในเวลาต่อมา เมื่อมีการศึกษาทดลองเกี่ยวกับอะตอมมากขึ้น แบบจำลองอะตอมของทอมสันไม่สามารถอธิบายโครงสร้างของอะตอมได้อย่างครอบคลุม

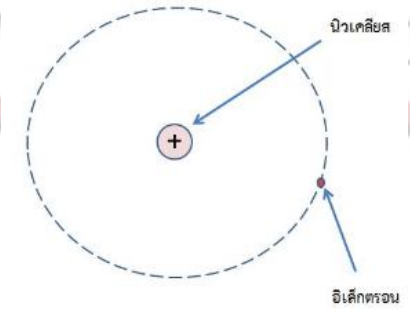
ลอร์ดเออร์เนสต์ รัทเทอร์ฟอร์ด และ ฮันส์ ไกเกอร์ นักวิทยาศาสตร์ชาวเยอรมันได้ศึกษาและพิสูจน์แบบจำลองอะตอมของทอมสัน เมื่อปี พ.ศ. 2454 โดยการยิงอนุภาคแอลฟาซึ่งมีประจุบวกไปยังแผ่นทองคำบาง ๆ และใช้ฉากเรืองแสงที่เคลือบด้วยซิงค์ซัลไฟด์โค้งเป็นวงล้อมรอบด้วยแผ่นทองคำเพื่อตรวจจับอนุภาคแอลฟา

จากผลการทดลองพบว่า ส่วนใหญ่จะเกิดการเรืองแสงบนฉากที่อยู่บริเวณด้านหลังของแผ่นทองคำ มีบางครั้งที่เกิดการเรืองแสงบริเวณด้านข้าง และมีน้อยครั้งที่เกิดการเรืองแสงบริเวณด้านหน้า ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 การทดลองของรัทเทอร์ฟอร์ด
ที่มา: www.scimath.org/ebook/sci/เคมีเพิ่มเติม-เล่ม1-ม.4-6/index.html

จากการทดลองนี้ ถ้าอธิบายตามแบบจำลองของทอมสัน อนุภาคแอลฟา ซึ่งมีประจุบวกก็ต้องผลักกับโปรตอนทำให้เกิดการเบี่ยงเบนไปจากแนวเส้นตรงได้บ้าง แต่ไม่น่าจะมีอนุภาคสะท้อนกลับมากระทบฉากบริเวณด้านหน้าได้ ดังนั้น รัทเทอร์ฟอร์ดอธิบายว่า แสดงว่าในอะตอมน่าจะมีอนุภาคที่มีมวลสูงมากกว่าอนุภาคแอลฟา และมีประจุบวก จึงได้เสนอแบบจำลองอะตอมใหม่ว่า “อะตอมประกอบด้วยนิวเคลียสที่มีขนาดเล็กมากอยู่ภายใน และมีประจุไฟฟ้าเป็นบวก โดยมีอิเล็กตรอนวิ่งอยู่รอบ ๆ” ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด
ที่มา: ศุภาวิตา จรรยา

เมื่อกล่าวมาถึงตรงนี้ จะเห็นว่าการศึกษาเกี่ยวกับอะตอม ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบว่าในอะตอมประกอบด้วย อิเล็กตรอนและโปรตอน ตามแบบจำลองของรัทเทอร์ฟอร์ด มวลอะตอมคือมวลของนิวเคลียส ถ้านิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอนอย่างเดียว มวลของนิวเคลียสก็น่าจะเท่ากับมวลของโปรตอนรวมกัน แต่จากการทดลองพบว่า มวลของธาตุส่วนใหญ่มีค่าเป็นสองเท่า หรือมากกว่ามวลของโปรตอนทั้งหมดรวมกัน รัทเทอร์ฟอร์ดจึงสันนิษฐานว่า น่าจะมีอนุภาคอีกชนิดหนึ่งในนิวเคลียส และอนุภาคนั้นควรมีมวลใกล้เคียงกับมวลของโปรตอนและเป็นกลางทางไฟฟ้า และการทดลองของทอมสันในปี พ.ศ. 2456 ก็ได้สนับสนุนแนวคิดนี้เช่นกัน เมื่อเขาได้ศึกษาหามวลของอนุภาคบวกของแก๊สนีออนที่บรรจุในหลอดรังสีแคโทดพบว่า อนุภาคบวกมีมวล 2 ค่า คือ 20 และ 22 หน่วย นั่นแสดงว่านีออนประกอบด้วยอะตอม 2 ชนิดที่มีมวลไม่เท่ากัน

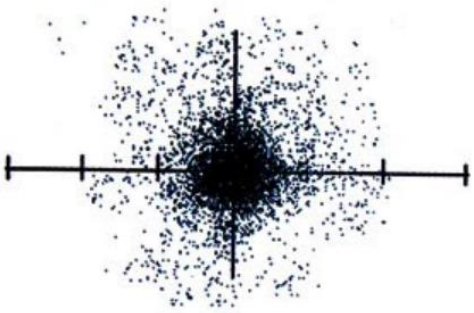
ต่อมาใน พ.ศ. 2475 เซอร์เจมส์ แชดวิก ได้ทดลองยิงอนุภาคแอลฟาไปยังอะตอมของธาตุต่าง ๆ และทดสอบผลการทดลองด้วยเครื่องมือที่มีความเที่ยงตรงสูง ทำให้มั่นใจว่า ในนิวเคลียสมีอนุภาคที่เป็นกลางทางไฟฟ้าอยู่จริง และเรียกว่า นิวตรอน การค้นพบครั้งนี้ทำให้ความรู้เกี่ยวกับอะตอมชัดเจนว่า “อะตอมประกอบไปด้วยอนุภาคมูลฐาน 3 ชนิด คือ อิเล็กตรอน โปรตอน และนิวตรอน”

แต่แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ยังไม่สามารถอธิบายได้ว่าอิเล็กตรอนอยู่รอบนิวเคลียสในลักษณะใด นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาค้นคว้า ทดลอง จนได้แบบจำลองอะตอมของโบร์ว่า “อิเล็กตรอนจะเคลื่อนที่รอบนิวเคลียสที่เป็นวงคล้ายกับวงโคจรของดาวเคราะห์รอบดวงอาทิตย์ แต่ละวงจะมีระดับพลังงานเฉพาะตัว ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุดซึ่งมีพลังงานต่ำสุด เรียกว่า ระดับ K ระดับพลังงานที่อยู่ถัดมาเรียก L M N ตามลำดับ”

ภาพที่ 6 แบบจำลองอะตอมของโบร์

ที่มา: http:// thn2442555chemistry.blogspot.com/2016/08/blog-post_66.html

แต่แบบจำลองอะตอมของโบร์ยังมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถอธิบายสเปกตรัมของอะตอมที่มีหลายอิเล็กตรอนได้ นักวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาค้นคว้า ทดลองเพิ่มเติมจนค้นพบแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก โดยแบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกกล่าวไว้ว่า “ อิเล็กตรอนมีขนาดเล็กมากและเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วตลอดเวลาไปทั่วทั้งอะตอม จึงไม่สามารถบอกตำแหน่งที่แน่นอนของอะตอมได้ อย่างไรก็ตามนักวิทยาศาสตร์พบว่ามีโอกาสที่จะพบ



ภาพที่ 7 แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอก

อิเล็กตรอนรอบนิวเคลียสบางบริเวณเท่านั้น ทำให้สร้างมโนภาพได้ว่าอะตอมประกอบด้วยกลุ่มหมอกของอิเล็กตรอนรอบ ๆ นิวเคลียส บริเวณที่กลุ่มหมอกทึบแสดงว่าโอกาสที่จะพบอิเล็กตรอนได้มากกว่าบริเวณที่มีกลุ่มหมอกจาง”

แบบจำลองอะตอมแบบกลุ่มหมอกสามารถอธิบายสมบัติต่าง ๆ ของอะตอมได้อย่างกว้างขวาง แต่นั่นก็ไม่ใช่เหตุผลในการยุติการศึกษาทดลองเกี่ยวกับอะตอม เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์สามารถเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีหลักฐาน ประจักษ์พยาน หรือข้อมูลใหม่ ๆ ที่ใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ดีกว่า ดังนั้น ในอนาคตจึงอาจจะมีแบบจำลองอะตอมที่สามารถอธิบายโครงสร้างอะตอมได้เหมาะสมกว่าในปัจจุบันก็เป็นได้

แหล่งที่มา

ปุณยนุช หวังอนุตตร และคณะ. แบบจำลองอะตอม. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2562 .จาก https://sites.google.com/a/tupr.ac.th/baeb-calxng-xatxm/baeb-calxng-xatxm-klum-hmxk

สสวท. (2556). หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมเคมี เล่ม 1 (พิมพ์ครั้งที่ 5). กรุงเทพ: องค์การค้าของ สกสค.

อัคร สุทธิศักดิ์ศรี. แบบจำลองอะตอมของโบร์. สืบค้นเมื่อวันที่ 26 เมษายน 2562. จาก http://thn2442555chemistry.blogspot.com/2016/08/blog-post_66.html

โครงสร้างผลึก

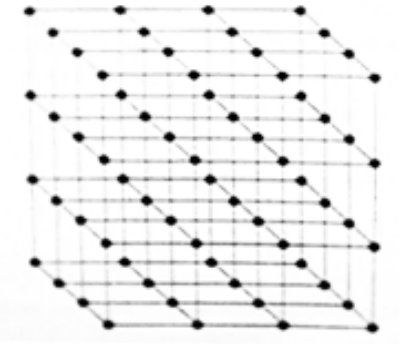
ระบบและโครงสร้างผลึก (System and Structure of Crystal) สสารที่เป็นของแข็งมีเนื้อวัสดุมีความหนาแน่นมีลักษณะโครงสร้างหลายรูปแบบต่าง ๆ คุณสมบัติของโลหะมีความสัมพันธ์อย่างมากกับระบบและโครงสร้างผลึกที่อะตอมเรียงเกาะตัวกันอยู่ ซึ่งระบบและโครงสร้างของผลึกของโลหะ มักอธิบายให้ทราบได้โดยการศึกษาเรื่องต่อไปนี้ควบคู่กันไป ได้แก่ สเปซแลททิซ (Space Lattice) , รูปแบบของสเปซแลททิซ , หน่วยเซล (Unit Cell)ระบบผลึกที่สำคัญของโลหะได้แก่

1. BCC (Body Centered Cubic)
2. FCC (Face Centered Cubic)
3. HCP (Hexagonal Closed Packed)

โครงสร้างผลึก (Crystal Structure)

โครงสร้างผลึกนั้นจะประกอบไปด้วยผลึกขนาดเล็ก ๆ และผลึกจะประกอบไปด้วยหน่วยเซลล์ (Unit Cell) โดยที่หน่วยเซลล์นั้นก็จะประกอบไปด้วยอะตอมซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่เฉพาะเจาะจงภายในเซลล์นั้น ดังนั้น

หน่วยเซลล์ก็คือส่วนที่เล็กที่สุดในโครงสร้างผลึกซึ่งสามารถแสดงรูปร่างของโครงสร้างผลึกได้ ผลึกที่สมบูรณ์ใดๆ จะประกอบด้วยหน่วยเซลล์จำนวนหนึ่งมาจัดเรียงตัวกันเข้าเป็นสามมิติซึ่งเราเรียกว่า Crystal Lattice หรือ Space Lattice ดังนั้นคำว่า Crystal Lattice หรือ Space Lattice จึงหมายถึงรูปทรงที่เกิดขึ้นจากการเรียงตัวของหน่วยเซลล์ใน 3 มิติ เมื่อมองแต่ละมิติจะเห็นเหมือนกับตาข่ายที่คล้ายกันทั้งหมด



รูปที่ 1 ลักษณะ Crystal Lattice

คุณสมบัติของโครงสร้างผลึก สสารที่มีรูปผลึกโดยทั่วไปนั้นจะมีรูปทรงเรขาคณิตและจัดเรียงระนาบของผลึก ซึ่งเป็นไปตามกฎพื้นฐาน 3 ข้อดังนี้ คือ

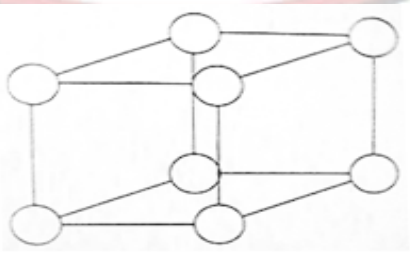
1. กฎความคงที่ของมุมระหว่างหน้าผลึก (The Law of Constancy of Interfacial Angles)
2. กฎอัตราส่วนของเลขดัชนีหรือจุดตัด (The Law of Rationality of Indices or Intercepts)
3. กฎความสมมาตร (The Law of Symmetry)

ระบบผลึก (Crystal)

เมื่อพิจารณาถึงหลักเกณฑ์ทางเรขาคณิตของระบบผลึกแล้ว จะสามารถแบ่งผลึกออกเป็น 7 ระบบ โดยอาศัยความแตกต่างทางความยาวของแกนผลึก และมุมระหว่างแกน (Interaxial Angle) ซึ่งความยาวของแกนผลึกนั้นวัดเป็นหน่วยอังสตรอม (Angstrom = A)

ระบบผลึกแบบ Cubic

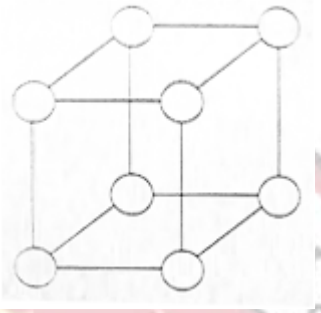
ระบบผลึกแบบนี้มีด้านทั้ง 3 ด้านของหน่วยเซลล์ยาวเท่ากัน และทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่น ผลึกของ NaCl, KCl, Pb(NO3) 2 , เหล็ก , ทองแดง , ทอง และสารส้ม ซึ่งระบบผลึกแบบนี้จะประกอบไปด้วย Simple Cubic , Body Centered Cubic และ Face Centered Cubic



รูปที่ 2 ระบบผลึกแบบ Simple Cubic

ระบบผลึกแบบ Orthorhombic

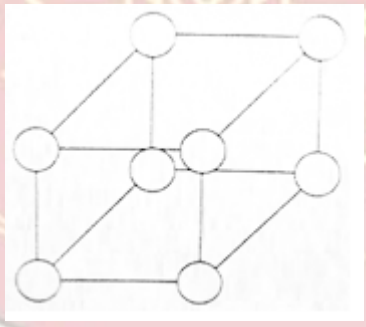
ระบบผลึกแบบนี้ จะมีด้านทั้ง 3 ด้านยาวไม่เท่ากัน แต่จะทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่น ผลึกของ K_2SO_4 , KNO_3 ,$KMnO_4$, อะราโกไนต์ ($CaCO_3$) , $MgSO_4$, $7H_2O$ และไอโอดีน ระบบโครงสร้างผลึกแบบนี้ จะประกอบไปด้วยผลึก Simple Orthorhombic , Body Centered Orthorhombic , End entered Orthorhombic และ Face Centered Orthorhombic



รูปที่ 3 ระบบผลึกแบบ Orthorhombic

ระบบผลึกแบบ Tetragonal

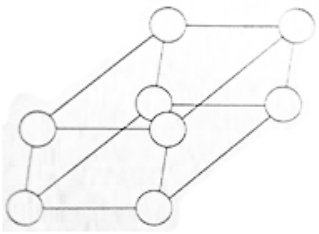
ระบบผลึกแบบนี้มีด้านยาวเท่ากัน 2 ด้าน ส่วนด้านที่ 3 มีความยาวต่างออกไป และทั้ง 3 ด้านทำมุม 90 องศาซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่นผลึกของ $NiSO_4$, KH_2PO_4 เป็นต้น ระบบผลึกแบบนี้จะประกอบด้วยผลึก Simple Tetragonal และ Body Centered Tetragonal



รูปที่ 4 ระบบผลึกแบบ Tetragonal

ระบบผลึกแบบ Monoclinic

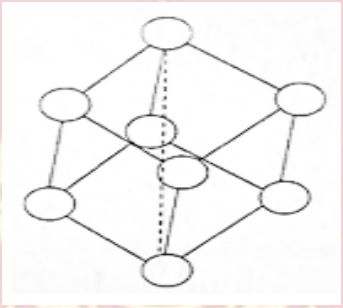
ระบบผลึกแบบนี้จะมีด้านทั้ง 3 ด้านยาวไม่เท่ากัน ด้าน 2 ด้านทำมุมต่อกันมุมหนึ่งซึ่งจะไม่เท่ากับ 90 องศา ส่วนด้านที่ 3 ทำมุม 90 องศา กับด้านทั้ง 2 ตัวอย่าง เช่น ผลึกของยิปซัม ($CaSO_4.2H_2O$) , บอแรกซ์ ($Na_2B_4O_7.10H_2O$), $KClO_3$, และกำมะถันโมโนคลินิก ซึ่งระบบผลึกแบบนี้จะประกอบด้วยผลึก Simple Monoclinic และ End Centered Monoclinic



รูปที่ 5 ระบบผลึกแบบ Monoclinic

ระบบผลึกแบบ Rhombohedral

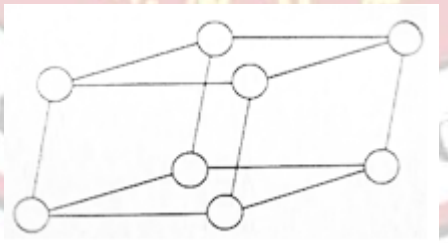
ระบบผลึกแบบนี้จะมีด้านทั้ง 3 ด้านยาวเท่ากันและมุมทั้ง 3 มุมเท่ากันด้วย แต่มุมทั้ง 3 มุมนั้นต่างก็ไม่เท่ากับ 90 องศา ตัวอย่างเช่นผลึกของ $NaNO_3$, แคลไซต์ ($CaCO_3$), $ZnCO_3$, อะเซติก , แอนติโมนีและบิสมัท ซึ่งระบบผลึกแบบนี้จะมีเพียงผลึกแบบ Simple Rhombohedral เท่านั้น



รูปที่ 6 ระบบผลึกแบบ Rhombohedral

ระบบผลึกแบบ Triclinic

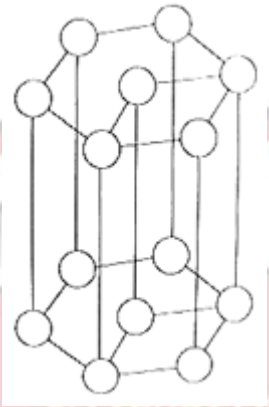
ระบบผลึกแบบนี้จะมีด้านทั้ง 3 ยาวไม่เท่ากัน และยังมีมุมระหว่างด้านทั้ง 3 ไม่เป็นมุมฉากอีกด้วย ตัวอย่างเช่น $K_2Cr_2O_7$ เป็นต้นระบบผลึกแบบนี้จะมีเพียง Simple Triclinic เท่านั้น



รูปที่ 7 ระบบผลึกแบบ Triclinic

ระบบผลึกแบบ Hexagonal

ระบบแบบนี้จะมีด้านเท่ากัน 2 ด้านและทำมุม 120 องศา อีกด้านหนึ่งมีความยาวต่างออกไปและทำมุม 90 องศากับ 2 ด้านนั้น ตัวอย่างเช่น ผลึกของแกรไฟต์ , แมกนีเซียม , เบริลเลียม และสังกะสี เป็นต้น ซึ่งระบบผลึกแบบนี้จะมี 2 ชนิดคือ Simple Hexagonal และ Hexagonal Close-Packed

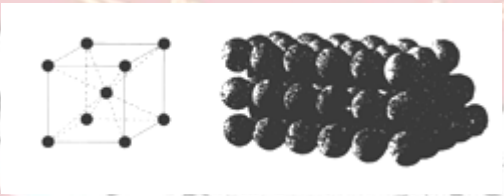


รูปที่ 8 ระบบผลึกแบบ Hexagonal

ระบบผลึกของโลหะที่สำคัญ

ระบบผลึกที่ได้กล่าวมาทั้งหมดนั้น ต่างก็เป็นระบบผลึกของของแข็งทั่ว ๆ ไป แต่จะมีระบบผล บางชนิดที่เป็นระบบผลึกของโลหะ ดังนั้น จึงควรศึกษาระบบผลึกดังกล่าวโดยละเอียด ซึ่งระบบผลึกบางอย่างนั้นมีดังนี้

1.Body – Centered Cubic (BCC) มีหน่วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ โดยจะมีอะตอมอยู่ในตำแหน่งทั้ง 8 มุม และที่ตำแหน่งกึ่งกลางของเซลล์ พิจารณารูปประกอบ หน่วยเซลล์แบบนี้จะมีโลหะดังต่อไปนี้ วาเนเดียม โมลิบดีนัม ทังสเตน เหล็ก และโคเมียม เป็นต้น



รูปที่ 9 ลักษณะผลึกแบบ BCC

การหาจำนวนอะตอมของหน่วยเซลล์แบบ BCC สามารถหาได้โดยวิธีการ ดังต่อไปนี้

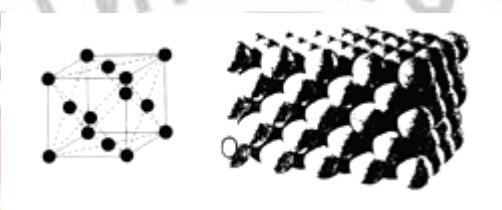
มีอะตอมที่กึ่งกลางหน่วยเซลล์ = 1 อะตอม

มีอะตอมที่มุมแต่ละมุม = 1/8 อะตอม

จำนวนอะตอมที่มุมทั้ง 8 มุม = 1/8 x 8 = 1
ดังนั้น มีอะตอมทั้งหมด = 1 + 1 = 2 อะตอม

2. Face - Centered Cubic (FCC) ซึ่งมีหน่วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีอะตอมอยู่ที่มุมทั้ง 8 มุม และที่กึ่งกลางในแต่ละด้านของลูกบาศก์อีก 6 ด้าน ซึ่งจะมีรูปร่างดังรูประบบผลึกแบบนี้มีอยู่ในโลหะ เช่น ทองแดง เงิน ทองคำ อะลูมิเนียม ตะกั่ว เหล็ก โครเมียม โคบอลต์ นิกเกิล และแพลทินัม เป็นต้น

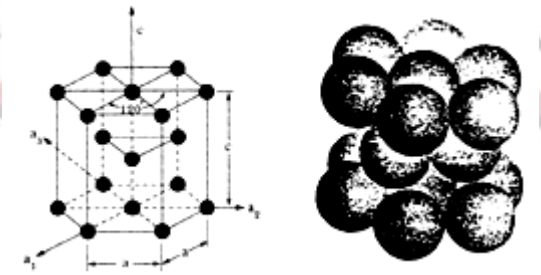
3.Face - Centered Cubic (FCC) ซึ่งมีหน่วยเซลล์ที่มีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ มีอะตอมอยู่ที่มุมทั้ง 8 มุม และที่กึ่งกลางในแต่ละด้านของลูกบาศก์อีก 6 ด้าน ซึ่งจะมีรูปร่างดังรูประบบผลึกแบบนี้มีอยู่ในโลหะ เช่น ทองแดง เงิน ทองคำ อะลูมิเนียม ตะกั่ว เหล็ก โครเมียม โคบอลต์ นิกเกิล และแพลทินัม เป็นต้น



รูปที่ 10 ลักษณะผลึกแบบ FCC

การหาจำนวนอะตอมของหน่วยเซลล์แบบ FCC สามารถหาได้ด้วยวิธีการดังนี้
มีอะตอมที่มุมแต่ละมุม = 1/8 อะตอม
มีอะตอมที่มุมทั้ง 8 มุม = 1/8 X 8 = 1 อะตอม
อะตอมที่อยู่ในกึ่งกลางของด้านแต่ละด้าน = 1/2 อะตอม
อะตอมที่อยู่กึ่งกลางด้านทั้ง 6 ด้าน = 1/2 X 6 = 3 อะตอม
ดังนั้น จึงมีอะตอมทั้งหมด = 4 อะตอม

3. Hexagonal Closed Packed (HCP) พิจารณารูปที่ METAL-ATOM 16 ประกอบ ผลึกแบบนี้มีเซลล์เป็น รูป 6 เหลี่ยม ที่มีด้านที่ฐาน 2 ด้าน (a1 และ a2) ยาวเท่ากัน แต่ด้านทั้ง (C) มีความยาวที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งรายละเอียดได้กล่าวไว้แล้วในเรื่องระบบผลึก



รูปที่ 11 ลักษณะผลึกแบบ HCP

การหาอะตอมในหน่วยเซลล์แบบ (HCP) หน่วยเซลล์แบบนี้จะเป็นรูป 6 เหลี่ยม ดังนั้นจึงมีวิธีการหาจำนวนอะตอมที่แตกต่างไปจากหน่วยเซลล์แบบอื่น ๆ โดยวิธีการดังนี้

อะตอมทุกอะตอมมีหน่วยเซลล์ใช้อะตอมร่วมกัน = 6 หน่วยเซลล์

ดังนั้น ที่มุมของหน่วยเซลล์จะมีอะตอมอยู่ = 1/6 อะตอม

ซึ่งหน่วยเซลล์ 6 เหลี่ยมมีมุมทั้งหมด = 12 มุม

จึงมีอะตอมที่มุม = (1/6) x 12 = 2 อะตอม

มีอะตอมระหว่างระนาบบนกับระนาบฐาน = 3 อะตอม

มีอะตอมที่กึ่งกลางระนาบบนและระนาบฐาน = (1/2) x 2 = 1 อะตอม

ดังนั้น จะมีอะตอมทั้งหมด = 2 + 3 + 1 = 6 อะตอม

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 4 โครงสร้างของโลหะ

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1.อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุคือข้อใด

ก. อะตอม ข. เซลล์ ค.ผลึก ง. แลททิส

2.วงโคจรอิเล็กตรอนวงนอกสุด คือข้อใด

ก. N-Shell ข. L-Shell ค. P-Shell ง. O-Shell

3.จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดเรียกว่าอะไร

ก.สเปซ แลททิซ ข. วาเลนซ์อิเล็กตรอน ค. อิเล็กโตเมอร์ ง. ซับ อิเล็กตรอน

4.ธาตุใดมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 1 ตัว

ก. ออกซิเจน ข. ฮีเลียม ค.ไนโตรเจน ง. ไฮโดรเจน

5.ธาตุที่มีอิเล็กตรอนวงนอกไม่ครบ 8 ตัว จะมีสมบัติเป็นอย่างไร

ก. จะมีสมบัติเป็นกลาง

ข. ทำปฏิกิริยาได้ดี

ค.ไม่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น

ง. มีสมบัติเป็นของแข็ง

6.อะตอมของผลึกเรียงตัวกันเป็นรูปทรง 3 มิติ เรียกว่าอะไร

ก. หน่วยเซลล์ ข. เวคเตอร์

ค. สเปซ แลททิซ ง. ผลึก

7.โครงสร้างผลึกแบ่งออกเป็นกี่ระบบ

ก. 5 ระบบ ข. 6 ระบบ

ค. 7 ระบบ ง. 8 ระบบ

8.อะตอมในผลึกแบบ BCC หนึ่งหน่วยเซลมีกี่อะตอม

ก. 1 อะตอม ข. 2 อะตอม

ค. 3 อะตอม ง. 4 อะตอม

9.โครงสร้างผลึกแบบ BCC เป็นโครงสร้างในระบบใด

ก. Triclinic ข. Monoclinic

ค. Hexagonal ง. Cubic

10. อะตอมในผลึกแบบ FCC หนึ่งหน่วยเซลมีกี่อะตอม

ก. 1 อะตอม ข. 2 อะตอม

ค. 3 อะตอม ง. 4 อะตอม

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 4 โครงสร้างของโลหะ

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1.อนุภาคที่เล็กที่สุดของธาตุคือข้อใด

ก. อะตอม ข. เซลล์ ค.ผลึก ง. แลททิส

2.วงโคจรอิเล็กตรอนวงนอกสุด คือข้อใด

ก. N-Shell ข. L-Shell ค. P-Shell ง. O-Shell

3.จำนวนอิเล็กตรอนวงนอกสุดเรียกว่าอะไร

ก.สเปซ แลททิซ ข. วาเลนซ์อิเล็กตรอน ค. อิเล็กโตเมอร์ ง. ซับ อิเล็กตรอน

4.ธาตุใดมีอิเล็กตรอนวงนอกสุด 1 ตัว

ก. ออกซิเจน ข. ฮีเลียม ค.ไนโตรเจน ง. ไฮโดรเจน

5.ธาตุที่มีอิเล็กตรอนวงนอกไม่ครบ 8 ตัว จะมีสมบัติเป็นอย่างไร

ก. จะมีสมบัติเป็นกลาง

ข. ทำปฏิกิริยาได้ดี

ค.ไม่ทำปฏิกิริยากับธาตุอื่น

ง. มีสมบัติเป็นของแข็ง

6.อะตอมของผลึกเรียงตัวกันเป็นรูปทรง 3 มิติ เรียกว่าอะไร

ก. หน่วยเซลล์ ข. เวคเตอร์

ค. สเปซ แลททิซ ง. ผลึก

7.โครงสร้างผลึกแบ่งออกเป็นกี่ระบบ

ก. 5 ระบบ ข. 6 ระบบ

ค. 7 ระบบ ง. 8 ระบบ

8.อะตอมในผลึกแบบ BCC หนึ่งหน่วยเซลมีกี่อะตอม

ก. 1 อะตอม ข. 2 อะตอม

ค. 3 อะตอม ง. 4 อะตอม

9.โครงสร้างผลึกแบบ BCC เป็นโครงสร้างในระบบใด

ก. Triclinic ข. Monoclinic

ค. Hexagonal ง. Cubic

10. อะตอมในผลึกแบบ FCC หนึ่งหน่วยเซลมีกี่อะตอม

ก. 1 อะตอม ข. 2 อะตอม

ค. 3 อะตอม ง. 4 อะตอม

	ใบงาน ที่ 4	หน่วยที่ 4
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 8-9
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างของโลหะ	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *โครงสร้างของโลหะ*		

ใบงานแบบทดสอบ/หลังเรียน

หน่วยที่ 4 โครงสร้างของโลหะ

ใบงานหลังบทเรียนครูผู้สอนสาธิตและเตรียมให้การหาคุณสมบัติของวัสดุ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน
BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE
ก.ส.น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

.....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

.....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

.....

4) ผลการสอนของครู : .....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

.....

.....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 10-12
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

โครงสร้างจุลภาคเป็นโครงสร้างของโลหะที่ผ่านกระบวนการเตรียมชิ้นงานเพื่อให้สามารถมองเห็นโครงสร้างชนิดต่างๆ ที่เกิดขึ้นในเนื้อวัสดุเมื่อนำมาผ่านการส่องกล้องขยายกำลังสูง ซึ่งในหน่วยการเรียนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กหล่อ และเหล็กที่ผ่านกระบวนการทางความร้อน ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้ความเข้าใจเมื่อเห็นโครงสร้างจุลภาคของเหล็กซึ่งจะช่วยทำให้สามารถจำแนกแยกแยะชนิดของวัสดุในขั้นต้นรวมทั้งคุณสมบัติของวัสดุชนิดนั้นได้

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.รู้จักชนิดของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ

2.รู้จักวิธีการเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1. รู้จักชนิดของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ
2. รู้จักวิธีการเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

4.2 ด้านทักษะ

1. บอกชื่อโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กหล่อจากภาพได้
2. จำแนกความแตกต่างของเหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กหล่อได้

3. เตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. สาระการเรียนรู้

4.1 โครงสร้างจุลภาคและความหมาย

4.2 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กหล่อ

4.3 การเตรียมชินงานตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

7.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

7.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **7.5 อื่น ๆ**

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.9 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.10 ใบงาน

9. การวัดและประเมินผล

9.1 วิธีวัดและการประเมินผล

17) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

18) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

19) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

20) ตรวจใบงาน

9.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

17) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

18) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

19) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

20) เฉลยใบงาน

9.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

	ใบความรู้ ที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 10-12
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน*โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

4.1 โครงสร้างอะตอม

1.4 โครงสร้างผลึก

4.1.1 โครงสร้างอะตอม

4.1.2 ลักษณะของวงโคจรอิเล็กตรอน

4.1.3 พันธะอะตอม

- Ionic Bond - Covalence Bond
- Metallic Bond - Van der Waals Forces

4.2.1 การหาจำนวนอะตอมในผลึกแบบ BCC, FCCและ HCP

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3

2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3

4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.รู้จักชนิดของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ

2.รู้จักวิธีการเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

3. รู้จักชนิดของโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ
4. รู้จักวิธีการเตรียมชิ้นงานตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

4.2 ด้านทักษะ

4. บอกชื่อโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กหล่อจากภาพได้
5. จำแนกความแตกต่างของเหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กหล่อได้
6. เตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาคได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

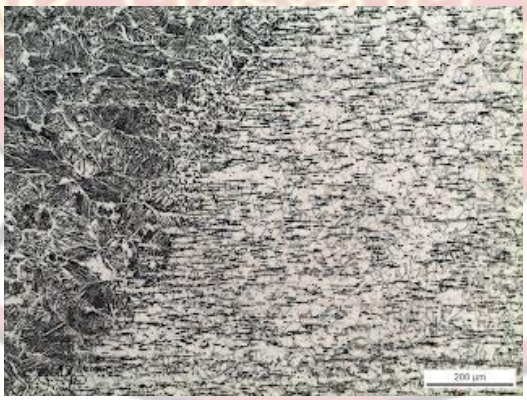
1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

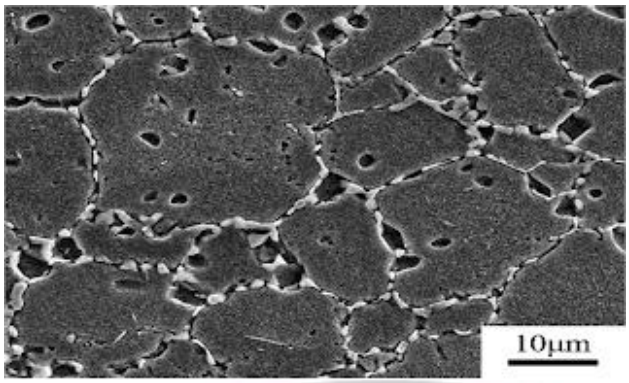
โครงสร้างจุลภาคคืออะไร

โดยนิยาม โครงสร้างจุลภาค (microstructure) คือ สภาพหรือลักษณะของพื้นผิวที่ปรากฏของชิ้นงานที่ผ่านการเตรียมเพื่อการตรวจสอบภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ณ กำลังขยายสูงกว่า 25 เท่า ในทางปฏิบัติ โครงสร้างจุลภาคของโลหะมักจะประกอบไปด้วยเกรน (Grain) และเฟสต่างๆ ซึ่งหากเป็นเนื้อหลักจะเรียกว่า เมทริกซ์ (Matrix) แต่หากเป็นก้อนเล็กๆ ในเนื้อหลักจะเหมาเรียกรวมๆ ว่า อนุภาค (Particle) แต่ถ้าหากอนุภาคนี้เป็นอนุภาคที่เกิดจากความตั้งใจของผู้พัฒนาส่วนผสมของโลหะ โดยอนุภาคเกิดจากการตกตะกอนออกมา ไม่ว่าจะจากสภาพของเหลวหรือของแข็ง จะเรียกอนุภาคนั้นว่า ตะกอน (Precipitate) แต่ถ้าหากอนุภาคนั้นเกิดจากสารมลทิน (เช่น แมงกานีสซัลไฟด์ (MnS) ในเนื้อเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ) จะเรียกอนุภาคนั้นว่า อินคลูชัน (Inclusion)

.



ตัวอย่างภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้อง Optical microscopy



ตัวอย่างภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้อง Scanning electron microscopy ; SEM

เราวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีไปทำไม ?

เหตุผลในการวิเคราะห์โครงสร้างและส่วนผสมทางเคมีของโลหะมีหลายประการ ได้แก่

1. เพื่อศึกษากลไกลการเกิดโครงสร้างจุลภาค และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคกับสมบัติต่างๆ ของโลหะ

2.เพื่อตรวจสอบและยืนยันระดับคุณภาพของชิ้นงาน

3.เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นงานในระหว่างการใช้งาน

4.เพื่อการทำวิศวกรรมย้อนรอยชิ้นส่วนที่ผลิตจากโลหะชนิดหนึ่งๆ เพิ่มเติม ในการทำวิศวกรรมย้อนรอยโครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีของโลหะนั้น ผู้ทำการวิเคราะห์ควรมีความคุ้นเคยกับโลหะวิทยาของโลหะชนิดที่กำลังศึกษาอยู่เป็นอย่างดี ถ้าหากไม่คุ้นเคยมากนัก ก็จำเป็นต้องค้นคว้าจากเอกสารมาตรฐานต่างๆ สอบถามผู้รู้และอาจจะต้องทำการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการ (Lab scale) เพื่อทดสอบสมมติฐานและคำถามที่สงสัย

เอกสารอ้างอิงสำคัญที่ควรกล่าวถึง ได้แก่ ASM Handbook Vol. 9 ซึ่งมุ่งเน้นข้อมูลทางด้าน Metallography and Microstructure และเอกสารอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับแผนภาพเฟส (Phase diagram) การอบชุบ (Heat treatment) และกรรมวิธีการขึ้นรูปแบบต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นการหล่อ (Casting) การขึ้นรูปด้วยแรงทางกล (Metal forming) และการขึ้นรูปจากโลหะผง (Powder metallurgy) รวมทั้งกรรมวิธีพิเศษเฉพาะทางอื่นๆ อีกมากมาย

โครงสร้างจุลภาคสามารถเปลี่ยนแปลงตามปัจจัยอะไรได้บ้าง ?

โครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีอาจเปลี่ยนแปลงไปในขั้นตอนต่างๆ นับตั้งแต่เริ่มการผลิต จนถึงการใช้งาน ซึ่งปัจจัยที่มีผลกระทบได้แก่ เริ่มจากขบวนการผลิตซึ่งในที่นี้จะขอกล่าวถึงผลกระทบของขบวนการผลิตต่อโครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีพอเป็นตัวอย่างเท่านั้น เช่น

- การหล่อโลหะ (Casting) อัตราการเย็นตัวของน้ำโลหะเป็นปัจจัยหลักที่สำคัญประการหนึ่งที่กำหนดความหยาบหรือความละเอียดของโครงสร้างจุลภาค รวมทั้งเฟสต่างๆ ที่อาจเกิดขึ้นได้ เช่น น้ำโลหะยิ่งเย็นตัวเร็ว จะได้โครงสร้างที่เล็กละเอียดยิ่งขึ้น โดยลักษณะการกระจายตัวของธาตุผสมและสารมลทินจะแตกต่างกันออกไป หรือ ถ้าทำให้น้ำเหล็กซึ่งปกติแล้วเย็นตัวช้าๆ จะได้เหล็กหล่อเทา แต่ถ้าเกิดการเย็นตัวอย่างรวดเร็วมากเพียงพอ ก็จะได้เหล็กหล่อขาว เนื่องจากคาร์บอนแยกตัวออกมาไม่ทัน จึงรวมตัวกับเหล็กเกิดเป็นเหล็กคาร์ไบด์เป็นต้น

- การขึ้นรูปโดยใช้แรงทางกล (Deformation processing) ลักษณะของการรับแรงจากการรีดเป็นแผ่น (Rolling) การทุบขึ้นรูป (Forging) การดึงเป็นเส้น (Wire drawing) การอัดรีด (Extrusion) การกดลึกขึ้นรูปหรือลากขึ้นรูป (Deep drawing) จะทำให้เกรนไหลตัว (flow) แตกต่างกันไปตามแนวแรง นอกจากนี้เครงสร้างจุลภาคยังขึ้นกับอุณหภูมิที่ใช้ในการขึ้นรูปด้วยเช่นกัน ว่าการขึ้นรูปนั้นเป็นแบบร้อน (Hot deformation) หรือเย็น (Cold deformation)

-การอบชุบ (Heat treatment) ทำให้โครงสร้างจุลภาคและการกระจายตัวของธาตุผสมแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการอบชุบนั้นๆ เช่น การอบโฮโมจิไนซ์ (Homogenization) เพื่อให้อะลูมิเนียมผสมมีส่วนผสมทางเคมีสม่ำเสมอทั่วทั้งชิ้นงาน หรือการอบชุบเหล็กกล้าเพื่อความแข็งแรง เป็นการปรับเปลี่ยนโครงสร้างจุลภาคให้เป็นมาร์เทนไซต์หรือเทมเปอร์มาร์เทนไซต์ เป็นต้น

- การใช้งาน ในระหว่างการใช้งาน โครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีของโลหะอาจเปลี่ยนแปลงไปได้ เนื่องจากสาเหตุหลายประการ เช่น

1.ความร้อน ถ้าหากโลหะต้องรับความร้อนเป็นเวลานานๆ เกรนจะเกิดการโต (Grain growth) และอนุภาคต่างๆ อาจเพิ่มขนาด (Particle coarsening) ซึ่งมักจะส่งผลให้โลหะชิ้นนั้นมีสมบัติทางกลด้อยลง

2.สารเคมี ถ้าหากผิวโลหะสัมผัสกับสารเคมี ก็อาจเกิดสนิม หรือสูญเสียธาตุผสมที่สำคัญบางตัวไป เช่น การสูญเสียสังกะสีของผิวทองเหลือง (Dezincification) เป็นต้น

3.แรงทางกล โลหะที่รับแรงนานๆ อาจเกิดการบิดเบี้ยวเสียรูป ถ้าแรงนั้นกระทำกลับไปกลับมาก็อาจเกิดความล้า และถ้าผิวของโลหะถูกเสียดสีก็จะเกิดการสึกหรอขึ้นได้

เทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีมีอะไรบ้าง ?

โครงสร้างจุลภาค เทคนิคที่ใช้วิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคอาจเรียกรวมๆ ได้เป็นเทคนิคทางจุลทรรศน์ (Microscopy) ซึ่งหลักๆ ประกอบไปด้วย กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical microscopy ; OM), กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบสแกนนิง (Scanning electron microscopy ; SEM) และ กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบทรานสมิชชัน (Transmission electron microscopy ; TEM)

ส่วนผสมทางเคมี ถ้าหากเป็นส่วนผสมในระดับมหาภาค (Macroscopic) หรือส่วนผสมของทั้งก้อน เทคนิคที่นิยมใช้ได้แก่ อิมิชชันสเปกโทรเมทรี (Emission spectrometry) เอกซ์เรย์ฟูออเรสเซนส์ (X-ray fluorescence, XRF) แต่ถ้าหากเป็นส่วนผสมในระดับจุลภาค เทคนิคที่สามารถใช้ศึกษา เช่น Energy Dispersive Spectrometry ; EDS) และ Wavelength dispersive spectrometry ; WDS เป็นต้น

สมบัติทางกล สมบัติทางกลในระดับจุลภาคที่รู้จักกันดี ได้แก่ ความแข็งระดับจุลภาค (Micro hardness) ซึ่งมีหน่วยเป็น (ไมโคร) วิกเกอร์ (Vickers) และนูป (Knoop) ทั้งนี้ในปัจจุบันเริ่มมีการวัดความแข็งในระดับนาโนที่เรียกว่า การทดสอบความแข็งในระดับนาโน (Nano hardness test)

2.โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน

รูปท่อเหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าคาร์บอนเป็นเหล็กกล้าที่มีการนำมาใช้มากที่สุด อาจมีปริมาณมากกว่า 90% และเป็นเหล็กกล้าที่มีส่วนผสมของคาร์บอน เป็นส่วนผสมหลัก จึงไม่มีส่วนผสมอื่นอยู่ หรือมีก็มีน้อยมากเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าแบบอื่น ๆ ด้วยเหตุนี้จึงมีราคาที่ถูกกว่าเหล็กกล้าชนิดอื่น ๆ เหล็กกล้าคาร์บอนสามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทดังนี้

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ(Low-carbon steel)

รูปลวดเป็นตัวอย่างเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

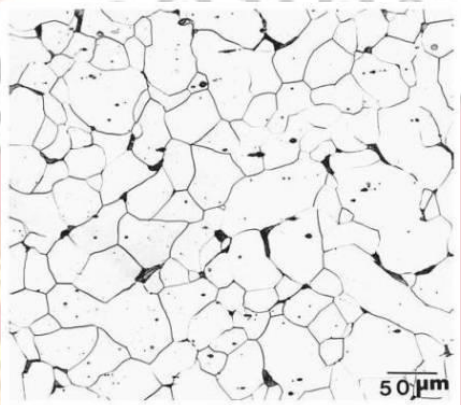
เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (Medium-carbon steel)

รูปประแจปากผสมเป็นตัวอย่างเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High-carbon steel)

รูปตัวอย่างเหล็กกล้าคาร์บอนสูงที่นำมาทำดอกต๊าปเกลียวใน

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ



Low-carbon AISI/SAE 1010 Steel

รูปโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ AISI/SAE 1010

เป็นเหล็กกล้าที่นำมาใช้งานทั่ว ๆ ไป จึงมีการนำมาใช้มากที่สุด คาร์บอนที่ผสมอยู่ในเนื้อเหล็กมีผสมอยู่ประมาณ 0.05% - 0.35% เมื่อธาตุคาร์บอนมีผสมอยู่น้อยทำให้มันมีความแข็ง และความแข็งแกร่งไม่มาก ตัวเหล็กกล้าสามารถนำมาแปรรูปด้วยเครื่องมือกล เช่น กลึง, กัด, ไส ได้ง่าย

คุณสมบัติของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีดังนี้

1 มีคาร์บอนผสมอยู่ประมาณ 0.05-0.35%

2 มีความแข็งแกร่งน้อยเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าอื่น ๆ

3 มีความแข็งน้อยเมื่อเทียบกับเหล็กกล้าอื่น ๆ

4 แปรรูป และขึ้นรูปผ่านเครื่องมือกลได้ง่าย

5 ราคาถูกกว่าเหล็กกล้าอื่น ๆ

6 ผลิตออกมาใช้งานมากที่สุด

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำเป็นเหล็กที่มีราคาไม่แพง ทำให้เป็นที่นิยมนำมาใช้มาก ตัวอย่างการนำมาใช้งานเช่น ลวด, ส่วนประกอบยานยนต์, แผ่นเหล็กกัลวาไนซ์ (Galvanized sheet: เหล็กที่เคลือบสังกะสีเพื่อกันสนิม), ถังเก็บน้ำ, ท่อเหล็กขนาดใหญ่, เหล็กโครงสร้างอาคาร และชิ้นส่วนโครงสร้างภายในเรือ หรือยานพาหนะต่าง ๆ ฯลฯ

2.โครงสร้างจุลภาคของเหล็กเหล็กหล่อ

เหล็ก เริ่มปรากฏว่าถูกนำมาใช้ในชีวิตประจำวันราว 1,200 ปีก่อนคริสต์ศักราช โดยถูกนำมาใช้งานในหลากหลายด้าน ครอบคลุมตั้งแต่อุปกรณ์ทำฟาร์มไปจนถึงอาวุธสงคราม ในสมัยนั้นช่างตีเหล็กกลายเป็นอาชีพที่สำคัญ โดยเป็นผู้ที่ทำงานกับเหล็กเพื่อเปลี่ยนคุณสมบัติ และรูปร่างให้กลายเป็นเครื่องมือ ในทุกหมู่บ้านและทุกเมืองจะมีร้านสินค้าของช่างตีเหล็กซึ่งจะมีเคียว ใบมีดของคันไถ ตะปู ดาบ เชิงเทียน และอื่นๆ อีกมากมาย การค้นพบคุณสมบัติ และคุณค่าของเหล็ก นำไปสู่สิ่งที่เรียกว่า ยุคเหล็ก เนื่องจากวัสดุนี้ถูกใช้ในงานทางสังคม และการทหารจำนวนมาก ซึ่งต่อมาได้มีการปฏิวัติอุตสาหกรรมเข้ามาเปลี่ยนวิธีการได้มาซึ่งวัสดุจากการถลุงสินแร่ต่างๆ และเปลี่ยนวิธีการที่จะใช้เพื่อนำมาสร้างเป็นเครื่องมือและผลิตภัณฑ์ วัสดุที่กล่าวข้างต้นนั้นรวมถึงเหล็กด้วย

ประเภทของเหล็ก

เหล็กมี 2 ประเภทหลัก ได้แก่ เหล็กดัดและเหล็กหล่อ โดยเหล็กหล่อจะรวมถึงวัสดุเหล็กอื่นๆ ที่มีลักษณะคล้ายกันด้วย

เหล็กดัด (เหล็กตี)

เหล็กดัด เป็นเหล็กชนิดแรกที่ผลิตโดยช่างตีเหล็ก โดยเป็นธาตุเหล็กบริสุทธิ์ (Fe) หรือเกือบบริสุทธิ์ที่ถูกทำให้ร้อนในเตาหลอมก่อนที่จะถูกขึ้นรูปด้วยค้อนบนทั่ง การตีเหล็กจะขับตะกรันส่วนใหญ่ออกมา และจะทำให้เนื้อเหล็กถูกเชื่อมและถูกทำให้เข้าด้วยกัน

ในช่วงการปฏิวัติอุตสาหกรรม มีความต้องการความเร็วของกิจกรรมการก่อสร้าง พบว่ามีการใช้เหล็กดัดแบบใหม่ที่มีความต้านทานแรงดึงสูง (ทนต่อการแตกหักเมื่ออยู่ภายใต้แรงดึงหรือแรงกด) ทำให้เหมาะสำหรับใช้เป็นเสาคานในโครงการก่อสร้างขนาดใหญ่ เช่น สะพานและอาคารสูง อย่างไรก็ตามการใช้เหล็กดัดเพื่อจุดประสงค์นี้ส่วนใหญ่ถูกยกเลิกไปในช่วงต้นศตวรรษที่ 20 เมื่อผลิตภัณฑ์ที่ทำจากเหล็กได้รับการพัฒนาให้มีประสิทธิภาพเหนือกว่าวัสดุเดิม ต่อมาเหล็กดัดมีชื่อเสียงในด้านการเป็นของประดับตกแต่ง โดยโบสถ์ในศตวรรษที่ 15 และ 16 มีชิ้นส่วนของประดับตกแต่งเป็นเหล็กดัดชั้นดีที่ผลิตโดยช่างฝีมือผู้ชำนาญ และสำหรับยุคสมัยใหม่ การทำราวบันได ประตู และม้านั่งยังคงสามารถทำมาจากเหล็กดัดสำหรับชิ้นงานที่ถูกสั่งให้ทำขึ้นมาเฉพาะ **เหล็กหล่อ**

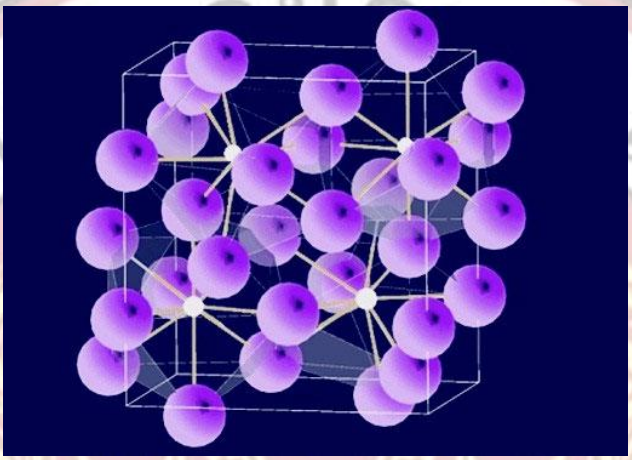
เหล็กหล่อ ถูกผลิตขึ้นจากการถลุง โลหะผสมเหล็ก + คาร์บอนที่มีปริมาณคาร์บอนมากกว่า 2% โดยหลังจากขั้นตอนการหลอม เหล็กหล่อจะถูกเทลงในแม่พิมพ์ ความแตกต่างในการผลิตระหว่างเหล็กดัดและเหล็กหล่อคือเหล็กหล่อจะต้องได้ใช้ค้อนและเครื่องมือในการผลิต นอกจากนั้นองค์ประกอบภายในยังมีความแตกต่างกัน โดยเหล็กหล่อจะประกอบด้วยคาร์บอน 2-4% และจะมีโลหะอื่นๆ ผสมรวมถึงซิลิคอนประมาณ 1–3% ซึ่งวัสดุเหล่านี้จะเข้ามาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการหล่อของโลหะ บางครั้งอาจจะมีการผสมแร่แมงกานีสเล็กน้อย หรือแร่วัสดุอย่างอื่น เช่น กำมะถันและฟอสฟอรัส ถึงแม้ว่าเหล็กกล้าและเหล็กหล่อจะมีส่วนประกอบของคาร์บอนและมีลักษณะภายนอกที่คล้ายกัน แต่ทั้งสองก็มีความแตกต่างที่สำคัญคือ เหล็กกล้าจะประกอบไปด้วยธาตุคาร์บอนน้อยกว่า 2% ซึ่งช่วยให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้ในขั้นตอนสุดท้ายมีลักษณะที่แข็งตัวอยู่ในโครงสร้างไมโครคริสตัลไลน์แบบเดี่ยว ซึ่งการมีค่าของธาตุคาร์บอนที่สูงกว่าของเหล็กหล่อส่งผลให้ผลิตภัณฑ์จะแข็งตัวอยู่ในรูปของโลหะเนื้อผสมที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกัน ดังนั้น ในลักษณะนี้จึงมีโครงสร้างของไมโครคริสตัลลีนมากกว่าหนึ่งโครงสร้างในหนึ่งผลิตภัณฑ์ เนื่องจากการมีปริมาณของธาตุคาร์บอนที่สูง และการมีซิลิคอนเป็นส่วนประกอบ ทำให้เหล็กหล่อมีความสามารถในการหล่อที่ดีเยี่ยม โดยเหล็กหล่อประเภทต่างๆ ผลิตขึ้นโดยใช้กระบวนการและระดับความร้อนที่แตกต่างกัน ในที่นี้รวมไปถึงเหล็กหล่อเทา เหล็กหล่อขาว เหล็กหล่ออบเหนียว เหล็กหล่อเหนียว และเหล็กหล่อแกรไฟต์ตัวหนอน

เหล็กหล่อเทา

เหล็กหล่อเทา มีลักษณะเป็นผลึก ของโมเลกุลแกรไฟต์ในโลหะ เมื่อโลหะร้าว การแตกจะเกิดขึ้นตามรอยแนวของผลึกโมเลกุลแกรไฟต์ ซึ่งทำให้เกิดเป็นสีเทาบนพื้นผิวของโลหะ โดยชื่อเหล็กหล่อเทามาจากลักษณะของพื้นผิวโลหะสีเทา เหล็กประเภทนี้สามารถที่จะกำหนดขนาด และโครงสร้างของแผ่นแกรไฟต์ภายในระหว่างการผลิตได้ โดยการปรับอัตราการทำความเย็นและส่วนประกอบภายใน โดยเหล็กหล่อเทาจะไม่ยืดหยุ่นเหมือนกับเหล็กหล่อชนิดอื่นๆ และมีความต้านทานแรงดึงที่ต่ำกว่า อย่างไรก็ตาม เหล็กหล่อเทาเป็นตัวนำความร้อนที่ดีกว่าและรับแรงสั่นสะเทือนได้สูงกว่า มีความสามารถในการรับแรงสั่นสะเทือนที่สูงกว่าเหล็กกล้า 20-25 เท่า และเหนือกว่าเหล็กหล่อชนิดอื่นๆ ทั้งหมด เหล็กหล่อเทายังสามารถถูกตัดขาดได้ง่ายกว่าเหล็กหล่ออื่นๆ และมีคุณสมบัติต้านทานการสึกหรอที่ทำให้เหล็กหล่อเทาเป็นหนึ่งในชนิดเหล็กหล่อที่มีความต้องการสูง

เหล็กหล่อขาว

เหล็กหล่อขาว มีปริมาณธาตุคาร์บอนที่พอดีและมีอัตราการเย็นตัวสูง ทำให้อะตอมของธาตุคาร์บอนรวมตัวกับเนื้อเหล็กเกิดเป็นเหล็กคาร์ไบด์ (iron carbide) ซึ่งหมายความว่าภายในเหล็กหล่อขาวจะมีโมเลกุลแกรไฟต์อิสระเพียงเล็กน้อยหรือไม่มีเลยในเหล็กที่แข็งตัวแล้ว เมื่อเหล็กหล่อขาวถูกตัด ผิวหน้าเหล็กจะร้าวและปรากฏเป็นสีขาวเนื่องจากไม่มีแกรไฟต์ โดยโครงสร้างจะให้ความแข็งแต่เปราะ สามารถรับแรงอัดได้สูงและทนต่อการสึกหรอได้ดี ในการใช้งานเฉพาะทาง เหล็กหล่อควรมีรอยสีขาวบนพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ซึ่งสามารถทำได้โดยใช้ตัวนำความร้อนที่ดีมาทำเป็นแม่พิมพ์ ซึ่งจะช่วยนำความร้อนออกจากโลหะ และช่วยให้การหลอมเหลวเกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ในขณะที่การหล่อส่วนที่เหลือจะเย็นลงในอัตราที่ช้าลง



เหล็กหล่อขาวเกรดที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือเหล็กหล่อ Ni-Hard ซึ่งเป็นการเพิ่มโครเมียมและโลหะผสมนิกเกิลทำให้ผลิตภัณฑ์นี้มีคุณสมบัติที่ยอดเยี่ยมสำหรับการใช้งานที่มีแรงกระแทกต่ำและมีการเสียดสีระหว่างการใช้งาน

<u>เหล็กหล่อขาวและเหล็กหล่อ Ni-Hard จัดอยู่ในประเภทของโลหะผสมที่เรียกว่า ASTM A532: “ข้อกำหนดมาตรฐานสำหรับเหล็กหล่อที่ต้านทานต่อการสึกหรอเนื่องจากการสัมผัสและเสียดสีกัน”</u>

เหล็กหล่ออบเหนียว

เหล็กหล่อขาวสามารถนำไปแปรรูปเป็น เหล็กหล่ออบเหนียว ได้โดยผ่านกระบวนการความร้อน จากการที่ได้รับความร้อนและความเย็นที่ยาวนานขึ้น ส่งผลให้เกิดการสลายตัวของโมเลกุลเหล็กคาร์ไบด์และทำให้โมเลกุลแกรไฟต์เป็นอิสระในเนื้อของผลิตภัณฑ์เหล็ก ด้วยความแตกต่างของอัตราการหล่อเย็น และเนื้อผสมของเหล็กที่เปลี่ยนไปทำให้เหล็กหล่ออบเหนียวมีโครงสร้างภายในเป็นแบบไมโครคริสตัลไลน์

เหล็กหล่อเหนียว หรือเหล็กหล่อแกรไฟต์กลม

เหล็กหล่อเหนียว หรือเหล็กหล่อแกรไฟต์กลม มีคุณสมบัติพิเศษจากการเติมแร่แมกนีเซียมลงในเนื้อผสมของโลหะ ทำให้ผลึกแกรไฟต์มีรูปร่างเป็นทรงกลมเมื่อเทียบกับผลึกของเหล็กหล่อเทา การควบคุมส่วนประกอบของเหล็กชนิดนี้มีความสำคัญมากในกระบวนการผลิต เนื่องจากแร่ธาตุหรือสารผสมเพียงเล็กน้อย เช่น กำมะถันและออกซิเจนที่ทำปฏิกิริยากับแมกนีเซียมจะส่งผลต่อรูปร่างของผลึกแกรไฟต์ โดยเหล็กหล่อเหนียว

แต่ละเกรดเกิดขึ้นจากการสร้างโครงสร้างไมโครคริสตัลไลน์ที่แตกต่างกันรอบโมเลกุลแกรไฟต์ทรงกลม ซึ่งสิ่งนี้ทำได้โดยกระบวนการหล่อหรือกระบวนการผ่านความร้อนซึ่งเป็นขั้นตอนกระบวนการแยกสสาร (Downstream process) เนื่องจากเหล็กหล่อเหนียวรูปร่างจะเปลี่ยนไปเมื่อถูกกระแทก แทนที่จะแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องใช้วัสดุนี้สำหรับการทำเสาเหล็กหล่อกั้นทนแรงชน จากความสามารถในการรับแรงกระแทกของเหล็กหล่อเหนียวทำให้เหมาะสมต่อการเป็นวัสดุของเสาที่ถูกใช้ในบริเวณที่มีการจราจรของยานพาหนะ

เหล็กหล่อแกรไฟต์ตัวหนอน

เหล็กหล่อแกรไฟต์ตัวหนอน มีโครงสร้างเป็นแกรไฟต์และมีคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับเหล็กหล่อเทาและเหล็กหล่อขาว โดยโครงสร้างเกิดจากผลึกแกรไฟต์ที่รวมตัวกันเป็นกระจุกเชื่อมต่อกัน โดยสารที่ถูกผสมเข้าไป เช่น ไทเทเนียม จะถูกใช้เพื่อยับยั้งการเกิดแกรไฟต์ทรงกลม เหล็กหล่อแกรไฟต์ตัวหนอนมีคุณสมบัติต้านทานแรงดึงสูงและมีความยืดหยุ่นที่ดีกว่าเมื่อเทียบกับเหล็กหล่อเทา โดยโครงสร้างและคุณสมบัติสามารถถูกปรับได้ผ่านกระบวนการทำความร้อนหรือการเพิ่มสารผสมอื่นๆ ลงไปในเนื้อโลหะ

เหล็กหล่อ (Cast iron) เป็นเหล็กชนิดหนึ่งที่มีคาร์บอนผสมในเนื้อเหล็กอยู่มาก ที่ทำให้เหล็กมีความแข็ง แต่เปราะง่าย ส่วนผสมของ คาร์บอนมีอยู่ประมาณ 2%-6% และมีปริมาณซิลิกอนปนอยู่เล็กน้อย นอกจากนี้อาจจะมีธาตุอื่น ๆ ปนอยู่ด้วยเพื่อประโยชน์ต่อการนำไปใช้งาน

รูปตัวอย่างเหล็กหล่อ

2.1 ความแตกต่างกันของเหล็กกล้า และเหล็กหล่อ

ความแตกต่างกันของเหล็กทั้งสองชนิด ที่เห็นเด่นชัดที่สุด ก็คือ ปริมาณธาตุคาร์บอนที่เติมลงไป และคาร์บอนได้ละลายซึมซับเข้าในเนื้อเหล็ก เราจะยกตัวอย่างให้เห็นอย่างง่าย ๆ ก็คือ

เหล็กหล่อ หรือ Cast Irons เป็นเหล็กที่ถูกใช้งานอย่างแพร่หลาย โดยมีคุณสมบัติคล้ายกับเหล็กกล้า (Steel) แต่เหล็กหล่อมีราคาที่ถูกกว่า จึงเป็นที่นิยมในงานอุตสาหกรรมต่างๆ

เหล็กหล่อ มีคุณสมบัติอย่างไร

คุณสมบัติของเหล็กหล่อ มีจุดหลอมเหลวต่ำ และสามารถหล่อขึ้นรูปต่างๆ ได้ง่ายกว่าเหล็กกล้ามาก และยังสามารถเติมแต่งคุณสมบัติอื่นๆ เพิ่มเติมได้ด้วยการเติมธาตุผสม เพื่อให้เหล็กหล่อมีคุณสมบัติอื่นๆ ตามที่ต้องการได้ง่าย

เหล็กหล่อ ผ่านการพัฒนาและปรับปรุงมาอย่างยาวนาน จนปัจจุบันมีคุณสมบัติเทียบเท่าเหล็กกล้า และยังสามารถทำให้แข็งแรงทนทานมากขึ้น ด้วยการอบชุบ ซึ่งการอบชุบที่นิยมสำหรับเหล็กหล่อ ก็คือ การชุบสังกะสี หรือ Hot Dip Galvanized นั่นเอง

เหล็กหล่อ สำหรับอุปกรณ์ประกอบท่อร้อยสายไฟเหล็ก

วิทยาลัยการอาชีพบางสะพาน
BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE
ก.ส.น.

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 5 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1.ธาตุใดมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคที่เกิดขึ้นของเหล็กกล้า.....

2.โครงสร้างจุลภาคโดยทั่วไปของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำคือ.....

3.เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนผสมอยู่ 0.8 % จะมีโครงสร้างจุลภาคเป็น.....

4.โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน0.1-0.6 %C จะประกอบด้วย.....

5.โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน1.0-1.5 %C จะประกอบด้วย.....

6. เหล็กหล่อสีเทา มีโครงสร้างจุลภาคเป็นอย่างไร.....

7. เหล็กหล่อสีขาวมีโครงสร้างจุลภาคเป็นอย่างไร.....

8.จงบอกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

..... 9. เหล็กหล่อชนิดใดที่มีโครงสร้างของกราไฟต์ก้อนกลม.....

10. จงวาดรูปโครงสร้างจุลภาคของโลหะชนิดต่างๆ ต่อไปนี้

10.1) เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

10.2) เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง

10.3)เหล็กกล้าคาร์บอนสูง

10.4)เหล็กหล่อสีเทา

10.5)เหล็กหล่อสีขาว

10.6)เหล็กหล่อกราไฟต์กลม

10.7)เหล็กหล่ออบเหนียว

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 5 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

1. ธาตุใดมีผลต่อโครงสร้างจุลภาคที่เกิดขึ้นของเหล็กกล้า

ธาตุคาร์บอน (C) เป็นธาตุหลักที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า นอกจากนี้ยังมี **Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V** ซึ่งมีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กกล้า

2. โครงสร้างจุลภาคโดยทั่วไปของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำคือ

โครงสร้างจุลภาคของ **เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ** โดยทั่วไปคือ **เฟอร์ไรท์ (Ferrite) และ เพิร์ลไลท์ (Pearlite)**

3. เหล็กกล้าคาร์บอนที่มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอนผสมอยู่ 0.8 % จะมีโครงสร้างจุลภาคเป็น

เหล็กกล้าคาร์บอนที่มี **0.8% C** จะมีโครงสร้างจุลภาคเป็น **เพิร์ลไลท์ 100% (Pearlite)**

4. โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน0.1-0.6 %C จะประกอบด้วย

โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน **0.1-0.6% C** ประกอบด้วย **เฟอร์ไรท์ (Ferrite) และ เพิร์ลไลท์ (Pearlite)**

5. โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน1.0-1.5 %C จะประกอบด้วย

โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าคาร์บอน **1.0-1.5% C** ประกอบด้วย **เพิร์ลไลท์ (Pearlite) และ ซีเมนไทต์ (Cementite)**

6. เหล็กหล่อสีเทา มีโครงสร้างจุลภาคเป็นอย่างไร

เหล็กหล่อสีเทา มีโครงสร้างจุลภาคที่ประกอบด้วย **แผ่นเกล็ดของกราไฟต์ (Graphite Flakes) กระจายในพื้นฐานของเฟอร์ไรท์หรือเพิร์ลไลท์**

7. เหล็กหล่อสีขาวมีโครงสร้างจุลภาคเป็นอย่างไร

เหล็กหล่อสีขาว มีโครงสร้างจุลภาคที่ประกอบด้วย **ซีเมนไทต์ (Cementite) และเพิร์ลไลท์ (Pearlite)** ทำให้มีความแข็งแต่เปราะ

8.จงบอกขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

ขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานเพื่อตรวจสอบโครงสร้างจุลภาค

- ตัดชิ้นงานให้ได้ขนาดที่เหมาะสม
- ขัดผิวด้วยกระดาษทรายหยาบไปจนถึงละเอียด
- ขัดเงาด้วยผ้าสักหลาดและสารแขวนลอยอลูมินา
- กัดกรดเพื่อให้โครงสร้างจุลภาคปรากฏให้เห็น
- นำไปส่องกล้องจุลทรรศน์เพื่อตรวจสอบโครงสร้าง

9.เหล็กหล่อชนิดใดที่มีโครงสร้างของกราไฟต์ก้อนกลม

เหล็กหล่อกราไฟต์กลม มีโครงสร้างของ **กราไฟต์เป็นก้อนกลม (Nodular Graphite) กระจายในพื้นฐานของเฟอร์ไรท์หรือเพิร์ลไลท์**

10. จงวาดรูปโครงสร้างจุลภาคของโลหะชนิดต่างๆ ต่อไปนี้

10.1) **เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ** ⟶ เฟอร์ไรท์ (Ferrite) + เพิร์ลไลท์ (Pearlite)

10.2) **เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง** ⟶ เพิร์ลไลท์ (Pearlite) + เฟอร์ไรท์ (Ferrite)

10.3) **เหล็กกล้าคาร์บอนสูง** ⟶ เพิร์ลไลท์ (Pearlite) + ซีเมนไทต์ (Cementite)

10.4) **เหล็กหล่อสีเทา** ⟶ กราไฟต์แบบแผ่น (Graphite Flakes) + เฟอร์ไรท์/เพิร์ลไลท์

10.5) **เหล็กหล่อสีขาว** ⟶ ซีเมนไทต์ (Cementite) + เพิร์ลไลท์ (Pearlite)

10.6) **เหล็กหล่อกราไฟต์กลม** ⟶ กราไฟต์ก้อนกลม (Nodular Graphite) + เฟอร์ไรท์/เพิร์ลไลท์

10.7) **เหล็กหล่ออบเหนียว** ⟶ กราไฟต์แบบก้อน (Tempered Graphite) + เฟอร์ไรท์/เพิร์ลไลท์

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน
BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE
ก.ส.น.

	ใบงาน ที่ 5	หน่วยที่ 5
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 10-12
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า*		

แบบใบงาน/หลังเรียน

หน่วยที่ 5 โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้า

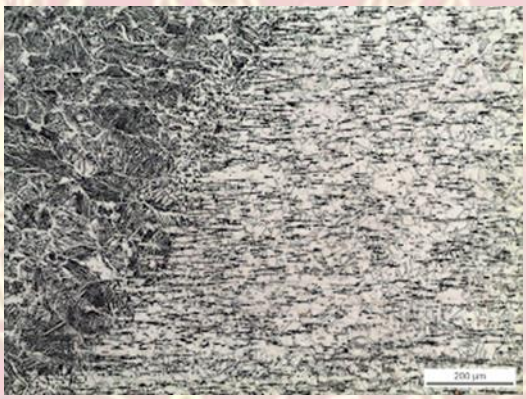
<u>คำสั่ง</u> ให้นักศึกษาเตรียมเหล็กคาร์บอนต่ำ 1 ชิ้น ขัดด้วยกระดาษทราย แล้วนำส่องด้วยกล้อง Scanning electron microscopy โดยมีภาพถ่ายตัวอย่างมาเพื่อวิเคราะห์ดังนี้

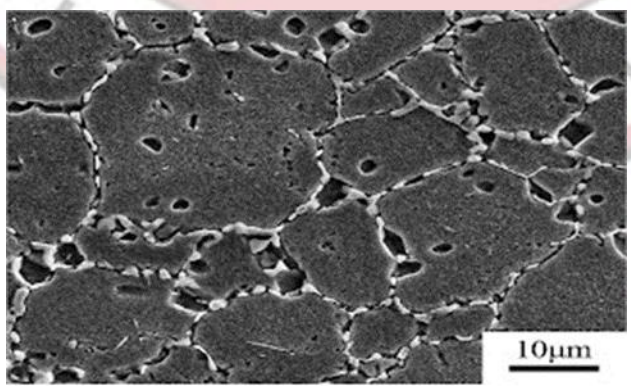
1. เพื่อศึกษากลไกลการเกิดโครงสร้างจุลภาค และความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างจุลภาคกับสมบัติต่างๆ ของโลหะ

2.เพื่อตรวจสอบและยืนยันระดับคุณภาพของชิ้นงาน

3.เพื่อวิเคราะห์ความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นกับชิ้นงานในระหว่างการใช้งาน

4.เพื่อการทำวิศวกรรมย้อนรอยชิ้นส่วนที่ผลิตจากโลหะชนิดหนึ่งๆ





ตัวอย่างภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคด้วยกล้อง Optical microscopy

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

.....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

4) ผลการสอนของครู : .....

.....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 13-14
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

ในหน่วยการเรียนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับแผนภาพสมดุลของ Fe-Fe_3C Diagram ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการศึกษาแผนภูมิของเหล็กชนิดต่างๆ ต่อไปในภายหน้า เนื่องจากในแผนภูมิจะแสดงถึงอุณหภูมิ ส่วนผสมและเฟสต่างๆ ที่เกิดขึ้น ภายใต้องค์ประกอบต่างๆ จึงทำให้เราสามารถรู้จักคุณสมบัติที่เกิดขึ้นจากการดูโครงสร้างชนิดต่างๆได้ และสามารถนำความรู้ที่ได้ในหน่วยการเรียนนี้ไปประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กด้วยความร้อนได้อีกด้วย

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. บอก อธิบายและปฏิบัติตามกฎของความปลอดภัยในงานเชื่อมได้อย่างถูกต้อง
2. แสดงความรู้พื้นฐานในงานเชื่อมไฟฟ้า
3. เริ่มต้นการอาร์กเป็นจุดลงแผ่นงานตามแบบ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1. มีความรู้เกี่ยวกับชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอน
2. รู้จักคำศัพท์ที่ใช้ในแผนภาพสมดุล
3. มีความรู้เกี่ยวกับแผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

4.2 ด้านทักษะ

1. บอกชนิด ส่วนผสมของคาร์บอน และการนำไปใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอนได้
2. บอกความหมายของคำศัพท์ที่มีอยู่ในแผนภาพ Fe-Fe_3C Diagram ได้
3. อธิบายโครงสร้างที่เกิดขึ้นในแผนภาพ Fe-Fe_3C Diagramในแต่ละส่วนได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. สาระการเรียนรู้

4.1 เหล็กกล้าคาร์บอน

4.2 ศัพท์ที่ใช้ในแผนภาพ Fe-Fe_3C Diagram

4.3 แผนภาพสมดุลชนิดต่างๆ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

7.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

7.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **7.5 อื่น ๆ**

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.11 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.12 ใบงาน

9. การวัดและประเมินผล

9.1 วิธีวัดและการประเมินผล

21) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

22) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

23) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

24) ตรวจใบงาน

9.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

21) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

22) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

23) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

24) เฉลยใบงาน

9.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ.....

10.3 การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

	ใบความรู้ ที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 13-14
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน *แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

4.3 เหล็กกล้าคาร์บอน

4.4 ศัพท์ที่ใช้ในแผนภาพ Fe-Fe_3C Diagram

4.3 แผนภาพสมดุลชนิดต่างๆ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1. บอก อธิบายและปฏิบัติตามกฎของความปลอดภัยในงานเชื่อมได้อย่างถูกต้อง
2. แสดงความรู้พื้นฐานในงานเชื่อมไฟฟ้า
3. เริ่มต้นการอาร์กเป็นจุดลงแผ่นงานตามแบบ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

4. มีความรู้เกี่ยวกับชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอน
5. รู้จักคำศัพท์ที่ใช้ในแผนภาพสมดุล
6. มีความรู้เกี่ยวกับแผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

4.2 ด้านทักษะ

4. บอกชนิด ส่วนผสมของคาร์บอน และการนำไปใช้งานของเหล็กกล้าคาร์บอนได้
5. บอกความหมายของคำศัพท์ที่มีอยู่ในแผนภาพ Fe-Fe_3C Diagram ได้
6. อธิบายโครงสร้างที่เกิดขึ้นในแผนภาพ Fe-Fe_3C Diagramในแต่ละส่วนได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

เฟส (One Phase)

คือสสารที่แสดงสถานะเดียว

จุด m มี 1 เฟส คือ ของแข็ง (Solid)

จุ ด n มี 1 เฟส คือ ของเหลว (Liquid)

จุด k มี 1 เฟส คือ ก๊าซ (Gas)

ความดัน101.5 x103อุณหภูมิ 50 c0มี 1 เฟส คือของแข็ง

ความดัน 610 อุณหภูมิ 40 0C มี 1 เฟส คือ ก๊าซ

ความดัน 1000 อุณหภูมิ –50 0C มี 1 เฟส คือ ของเหลว

2 เฟส (Two Phase)

คือสสารที่แสดง 2 สถานะในเวลาเดียวกัน จากแผนภาพสมดุล H2O บริเวณที่แสดงสถานะ 2 เฟส คือ จุดใด ๆ ที่อยู่บนเส้น AO ,BO ,CO

จุด AO มี 2 เฟส คือ ของเหลว – ก๊าซ

จุด BO มี 2 เฟส คือ ของแข็ง – ก๊าซ

จุด CO มี 2 เฟส คือ ของแข็ง – ของเหลว

ที่ความดัน 101.5 x 103 N/m2 มี 2 เฟส คือของเหลว – ก๊าซ

สสารที่แสดงสถานะ 1 เฟส และ 2 เฟส มีได้หลายจุด

3 เฟส (Tree Phase)

คือสสารที่แสดง 3 สถานะ ในเวลาเดียวกัน จากแผนภาพสมดุล H2O บริเวณที่แสดง 3 สถานะ คือจุด O ซึ่งจุดนี้เราเรียกว่า Triple Point ซึ่งเพียงจุดเดียวเท่านั้น

จุด O ความดัน 610 N/m2 ที่อุณหภูมิ 0.01 0C จะมี 3 เฟส คือ ของแข็ง – ของเหลว – ก๊าซ

วัสดุหลายชนิดขอบเขตสมดุลของสองภาคอยู่ในแนวระดับ ดังเช่น เหล็ก ดังนั้น เมื่อพิจารณาเหล็กบริสุทธิ์ (Fe) จุดหลอมเหลวไม่ขึ้นกับความดัน แต่การกลายเป็นไอหรือก๊าซของเหล็กกลับขึ้นกับความดัน เมื่อพิจารณาจะเห็นว่าเหล็กบริสุทธิ์มี 3 ภาคคือ

ภาคก๊าซ (ไอ)

ภาคของเหลว

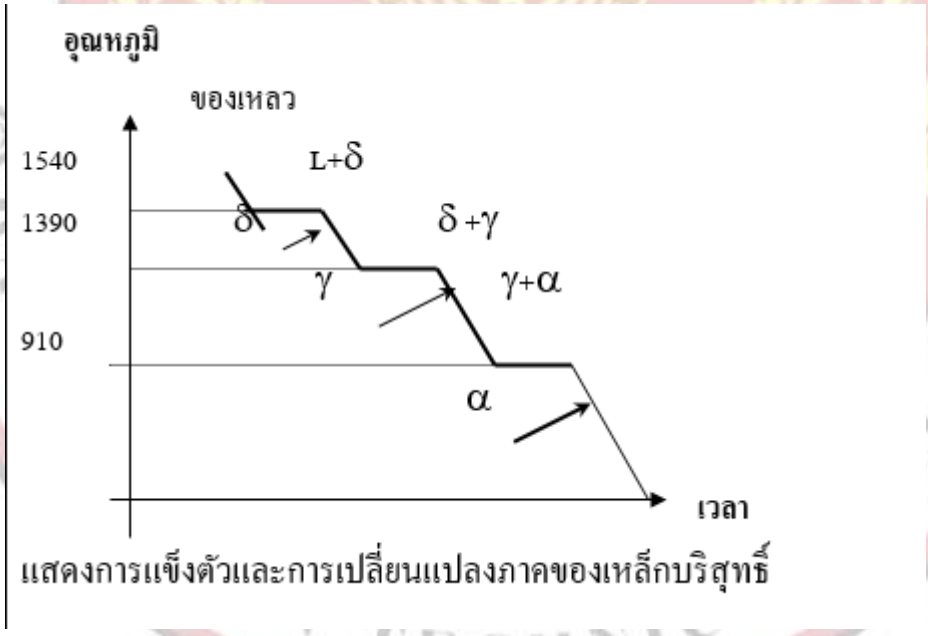
ภาคของแข็ง แบ่งเป็น 3 ภาค คือ

- Fe Phase โครงสร้าง BCC

-Fe Phase โครงสร้าง FCC

-Fe Phase โครงสร้าง BCC

ดังนั้น Triple Point มี 3 จุด ถ้าปล่อยให้เหล็กบริสุทธิ์ที่หลอมละลายที่ 22000C ปล่อยให้เย็นตัวลงที่บรรยากาศ เมื่ออุณหภูมิถึง 15420C จะเกิดการแข็งตัว(Crystallization) เป็นของแข็งเดลต้า (Phase) ที่มีโครงสร้างผลึกเป็น BCC และถ้าปล่อยให้เย็นตัวลงถึงอุณหภูมิ 1392 0C จะแข็งตัวเป็นของเหลวภาค แกมม่า (Phase) ที่มีโครงสร้างผลึกเป็น FCC จากนั้นปล่อยให้เย็นลงมาอีกถึง 910 0C เหล็กจะเปลี่ยนภาคเป็นของแข็งอัลฟ่า (Phase) ที่มีโครงสร้างผลึกเป็น BCC ดังในรูป



แสดงการแข็งตัวและการเปลี่ยนแปลงภาคของเหล็กบริสุทธิ์

แผนภาพสมดุลภาคระบบทวิสาร

(Binary System Equilibrium Phase Diagram)

เป็นแผนภาพสมดุลภาคที่ใช้กับระบบที่ธาตุหรือสารละลายรวมกัน 2 ธาตุ เช่น เหล็กกับคาร์บอน สสารที่รวมตัวเป็นเนื้อเดียวกันได้อย่างสมดุลสองธาตุเราเรียกว่า สารละลาย สารละลายสามารถแบ่งได้เป็น 3 ชนิด

-สารละลายก๊าซ (Gas Solution)

-สารละลายของเหลว (Liquid Solution

-สารละลายของแข็ง (Solid Solution)

สารละลายของเหลว (Liquid Solution) การที่ธาตุหรือสารละลายตั้งแต่ 2 ชนิดสามารถละลายรวมกันได้ในสถานะของเหลว เช่น น้ำเกลือ น้ำเชื่อม สารละลายของแข็ง (Solid Solution) คือการที่ธาตุหรือสารตั้งแต่ 2 ชนิด สามารถละลายรวมกันได้ในสถานะของแข็ง เช่น เหล็ก

เช่น เหล็ก – คาร์บอน

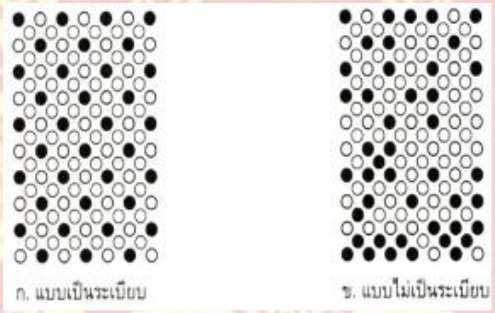
เหล็ก ตัวทำละลาย (Solvent)

คาร์บอน ตัวถูกละลาย (Solute)

สารละลายของแข็งมีอยู่ 3 ชนิดใหญ่ คือ

1. สารละลายของแข็ง ชนิดที่แทนที่ (Substitutional Solid Solution)

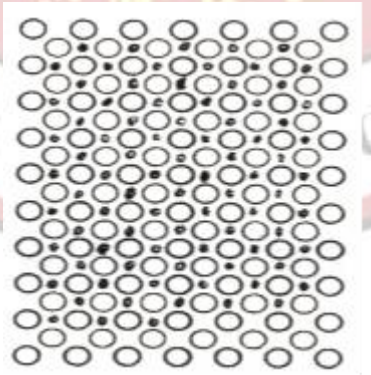
คือสารละลายของแข็งที่มีขนาดอะตอมใกล้เคียงกันโดยเกิดจากอะตอมของตัวถูกทำละลายเข้าไปแทนที่ในตำแหน่งของอะตอมตัวทำละลาย



รูปแสดงสารละลายชนิดแบบแทนที่

2. สารละลายของแข็งชนิดแทรกตัว

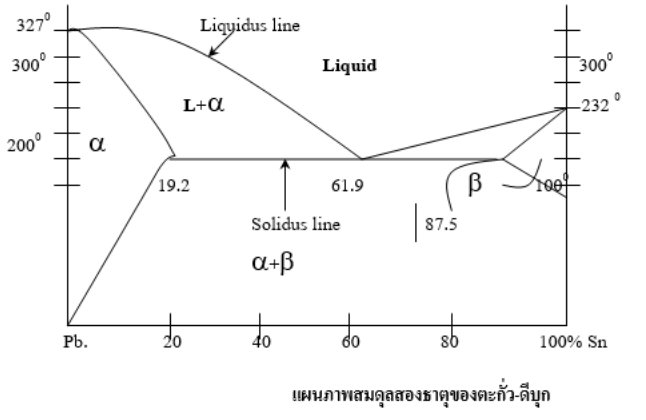
(Interstitial Solid Solution) คือสารละลายของแข็งแบบแทรกตัวโดยเกิดจากอะตอมของ Solute เข้าไปแทรกตัวในช่องว่างของ Space lattice ระหว่างอะตอมของ Solvent เช่น Fe-C การละลายเข้าด้วยกันได้ขนาดของอะตอม Solute ต้องมีขนาดเล็กกว่า ขนาดอะตอมของ Solvent



รูปแสดงสารละลายของแข็งแบบแทรกตัว

3. Mixed Subal And Interal Solid Solution

คือสารละลายของแข็งที่ทั้งการแทนที่ของอะตอมและแทรกตัวของอะตอม ดังนั้น สารละลายของแข็งชนิดนี้ต้องมีธาตุ 3 ชนิดและเป็นธาตุที่อะตอมใกล้เคียงกันและต่างกันมาก เช่น Fe-Mn-C



แผนภาพสมดุลสองธาตุของตะกั่ว-ดีบุก

Liquidus line เป็นเส้นที่บอกให้เราทราบว่าโลหะผสมของเหลว 100 % เมื่ออุณหภูมิของโลหะผสมสูงกว่า เส้นนี้

Solidus line เส้นที่บอกให้เราทราบว่าโลหะผสมเป็นของแข็ง 100% เมื่ออุณหภูมิของโลหะผสมต่ำกว่าเส้นนี้

- ตะกั่วบริสุทธิ์ (100 %Pb) หลอมละลายที่ t 327 0C
- ดีบุกบริสุทธิ์ (100% Sn) หลอมละลาย 232 0C
- โลหะผสมตะกั่ว-ดีบุกมีจุดหลอมละลายต่ำสุด 1830C มีส่วนผสม 61.9 % Sn: 38.1 % Pb

Alpha Phase (-Phase) คือสารละลายของแข็ง (Solid Solution) มีโครงสร้างผลึก FCC.

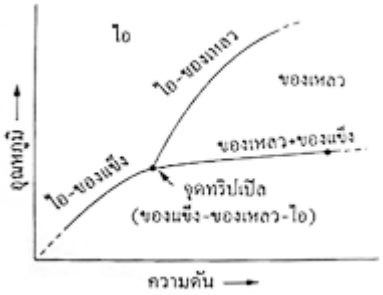
Pb เป็น Solvent

Sn เป็น Solute

Sn ละลายใน - Phase ได้มากที่สุด19.2 % ที่อุณหภูมิ 183 0C

3.แผนภูมิสมดุล (Equilibrium Diagram)

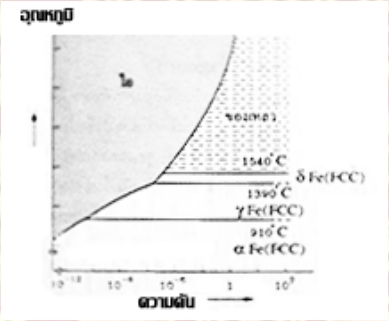
แผนภูมิสมดุลนี้มีความสัมพันธ์อย่างยิ่งสำหรับผู้ที่ต้องการศึกษาเพื่อหาความรู้ที่เกี่ยวกับคุณสมบัติต่างๆ ของโลหะ ในขณะที่โลหะนั้นรวมตัวกันอยู่ และโดยมีตัวแปรซึ่งประกอบไปด้วยความดัน อุณหภูมิ และส่วนผสมของสาร และตัวแปรเหล่านี้จะทำให้แผนภูมิสมดุลแตกต่างกันอนึ่ง สำหรับธาตุ สารประกอบ และของผสม ย่อมเกิดขึ้นจากสารเดียวหรือเกิดจากการรวมตัวกันตั้งแต่ 2 สารขึ้นไป จนทำให้เกิดเฟสต่าง ๆ อย่างมากมายในแผนภูมิสมดุล ดังนั้น เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ เราจึงได้แบ่งจำนวนของสารที่รวมกันเป็นระบบซึ่งเรียกว่าระบบของสารและมีอยู่หลายระบบคือ ระบบสารเดียว (Unary System) ระบบ 2 สาร (Binary System) และระบบ 3 สาร (Ternary System) เป็นต้น



รูปที่ 1 แผนภูมิสมดุลระบบสารเดียว

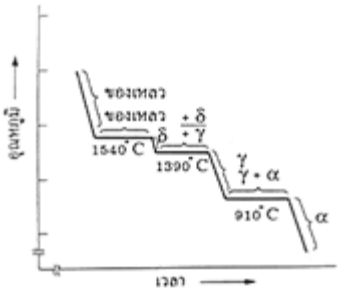
ระบบสารเดียว (Unary System)

ระบบสารเดียว หมายถึง ระบบที่ประกอบไปด้วยสารประกอบอย่างเดียว หรือมีธาตุบริสุทธิ์เพียงธาตุเดียวเท่านั้น ตัวอย่างธาตุเดียว เช่น น้ำ เงิน ทองแดง และเหล็ก เป็นต้น สำหรับเหล็กบริสุทธิ์นั้น จะมีขอบเขตสมดุลของของแข็งและของเหลวเกือบจะอยู่ในแนวระดับ ดูรูป



รูปที่ 2 แผนภูมิสมดุลของเหล็กบริสุทธิ์

ซึ่งหมาย ความว่า จุดหลอม เหลวไม่ได้ขึ้นอยู่กับความดันและเฟสของแข็งยังคงแบ่งแยกออกเป็นส่วนย่อย ๆ ได้อีก 3 ส่วน ตัวอย่าง เช่น ที่อุณหภูมิ 1,390 องศาเซลเซียส เกิดเฟสในสภาพของแข็ง 2 เฟส คือเฟสเดลตาและเฟสแกมมามาสมดุลกันอยู่ ซึ่งเฟสทั้งสองมีโครงสร้างผลึกต่างกัน และที่อุณหภูมิ 910 องศาเซลเซียส ก็มีลักษณะคล้ายกันคือ ที่จุดดังกล่าวจะไม่สามารถเปลี่ยนแปลงความดันและอุณหภูมิได้เลย และมีเพียงจุดเดียวเท่านั้นคือ ที่อุณหภูมิ 1,540 องศาเซลเซียส ที่เกิดสมดุลระหว่างเฟส 3 เฟส เฟสของแข็ง และเฟสของเหลว และเฟสไอหรือก๊าซ เราจึงเรียกจุดนี้ว่า จุดทริปเปิล (Triple Point) ถ้าเรานำเหล็กที่บริสุทธิ์ไปหลอมละลายที่อุณหภูมิ 2,000 องศาเซลเซียส ในความดัน 1 บรรยากาศ หลังจากนั้นปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ เพื่อที่จะให้เกิดสมดุลอยู่ตลอดเวลา จะเห็นว่าการเปลี่ยนเปลงจากของแข็งไปเป็นของแข็งจากเดลตา (Delta) จะเกิดที่อุณหภูมิ 1,540 องศาเซลเซียส และการเปลี่ยนเปลงในสภาพของแข็งเดลตา ไปเป็นของแข็งแกมมา (Gamma) นั้นจะเกิดขึ้นที่อุณหภูมิ 1,390 องศาเซลเซียส ส่วน การเปลี่ยนแปลงในสภาพของแข็งจากแกมมากลาไปเป็นแอลฟา (Alpha) นั้นก็จะเกิดขึ้ที่อุณหภูมิ 910 องศาเซลเซียส การเปลี่ยนแปลงเหล่านี้เกิดขึ้นที่อุณหภูมิคงที่ทั้งสิ้น ดังรูป



รูปที่ 3 แผนภูมิการเย็นตัวของเหล็กบริสุทธิ์

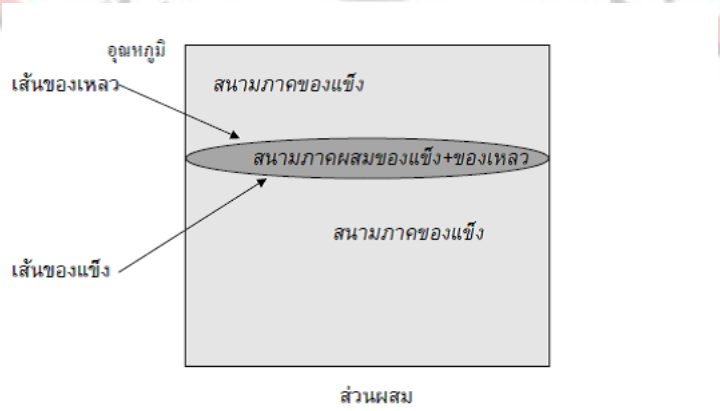
ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างเวลาและอุณหภูมิที่ปล่อยให้เกิดการเย็นตัวแบบสมดุลที่ความดัน 1 บรรยากาศ ระบบ 2 สาร (Binary System)

แผนภาพสมดุลภาคระบบทวิสารเป็นแผนภาพสมดุลภาคที่ใช้กับระบบที่ธาตุหรือสารละลายรวมกัน 2 ชนิด อาทิ ธาตุกับธาตุได้แก่ เหล็กผสมกับคาร์บอน หรือสารประกอบกับผสมกับสารประกอบเช่น เกลือผสมกับน้ำ , นิเกิลออกไซด์ (NiO) กับแมกนีเซียมออกไซด์ (MgO) เป็นต้น

ธาตุหรือสารประกอบ นั้นอาจจะละลายกันได้ทั้งในสภาพของเหลงหรือของแข็ง โดยถ้าละลายในสถานะของแข็ง เราเรียกว่า สารละลายของแข็ง (Solid Solution) การละลายในสภาพของแข็ง เช่น นิเกิลกับทองแดง สามารถละลายรวมกันได้ทุกส่วนผสม ทั้งสภาพของแข็งและของเหลว อาจเรียกว่ามีความสามารถในการละลายในสภาพของแข็ง (Solid Solubility)ได้ดี

การเกิดการสมดุลภาคในระบบทวิสาร

แผนภาพสมดุลระบบทวิสาร เมื่อธาตุหรือสารมาผสมกันจะเกิดความสมดุล ที่ความดันและอุณหภูมิหนึ่งๆ เรามักกำหนดให้ความดันคงที่ ณ ความดันบรรยากาศเสมอ กรณีที่การเกิดสมดุลสองภาค ถ้าต้องการสมดุลสองภาคการเปลี่ยนแปลงสมดุลสองภาคจะขึ้นกับตัวแปรได้หนึ่งตัวแปร ซึ่งก็คือ อุณหภูมิ หรือส่วนผสม อย่างใดอย่างหนึ่ง หมายความว่า ถ้ากำหนดอุณหภูมิคงที่การเปลี่ยนแปลงสองภาคจะขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงได้เพียงส่วนผสมเท่านั้น หรือกำหนดส่วนผสมคงที่ไว้การเปลี่ยนแปลงสองภาคจะขึ้นกับการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิเท่านั้น การเกิดสมดุลสองภาคจะเกิด โดยขนาบด้วยเส้น 2 เส้นที่เป็นเส้นสมดุลของอุณหภูมิและความดันที่ ซึ่งทำ ให้เกิดการสมดุบสองภาคขึ้น เราจะเรียก เส้นบน เรียกว่า เส้นของเหลว (Liquidus) เส้นล่าง เรียกว่า เส้นของแข็ง (Solidus) ดังรูป



ความหมายของเส้นของเหลว คือ เป็นเส้นที่เกิดการสมดุลของของเหลวโดย สารจะเกิดการหลอมละลายกลายเป็นของเหลวหมดเมื่อให้ความร้อนหรือเพิ่มอุณหภูมิสูงกว่าเส้นของเหลวนี้ความหมายของเส้นของแข็ง คือ เป็นเส้นที่เกิดการสมดุลของสองภาค ที่สารจะแข็งตัวเป็นของแข็งหมด เมื่อสารเย็นตัวหรือให้อุณหภูมิต่ำกว่าเส้นของแข็งการเกิดสมดุลภาค จะเกิดบริเวณที่เรียกว่า สนามภาค หรือ Phase Field ดังนั้น Phase Field คือ บริเวณที่ธาตุหรือสารผสมนั้นมีภาคเดียวกัน แม้ส่วนผสมจะต่างกันก็ตาม เช่นมีภาคของแข็ง หรือภาคของเหลว หรือภาคของแข็งผสมของเหลว ปริมาณภาคสัมพัทธ์ (Relative Amount of Phase : Level Rule)

เมื่อเกิดการสมดุลสองภาค จากกฎการทรงมวลของสสาร เราสามารถคำนวณปริมาณภาคที่สัมพัทธ์กัน ณ อุณหภูมิและความดันหนึ่งๆ การคำ นวณได้จาก Level Rule ดังนี้

ปริมาณภาคของแข็ง = Co-CL

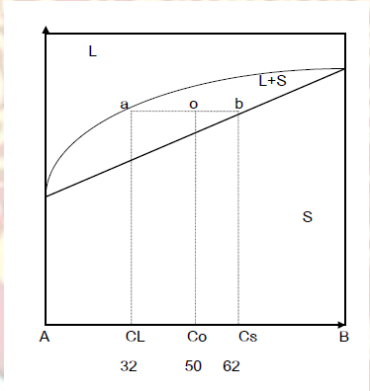
ปริมาณภาคของแข็ง = Co-CL

ปริมาณภาคของเหลว = Cs-Co

เมื่อ CL = ส่วนผสมที่ภาคของเหลว

Cs = ส่วนผสมที่ภาคของแข็ง

Co = ส่วนผสมที่ต้องการหาปริมาณภาคสัมพันธ์



รูปที่ 4 แผนภาพสมดุลของระบบสารละลายของแข็ง

การคำนวณหาปริมาณภาคสัมพัทธ์ ณ อุณหภูมิและส่วนผสม หนึ่งทำได้โดย

1. ลากเส้นร่าง (Tie Line) ณ จุดที่ต้องการหาปริมาณภาคสัมพัทธ์ ให้ขนานกับแกนนอน ไปตัดเส้นขอบของสนามภาค
2. กำหนดให้ จุดที่เส้นร่างตัดขอบสนามภาคด้านภาคของเหลว ซึ่งก็คือ เส้นของเหลว เป็นจุด a
3. กำ หนดให้ จุดที่เส้นร่างตัดขอบสนามภาคด้านภาคของแข็ง ซึ่งก็คือ เส้นของแข็ง เป็นจุด b
4. กำ หนดให้ จุดที่ต้องการหาปริมาณภาคสัมพัทธ์เป็นจุด O

5. ลากจากจุด a มาตัดแกน X ได้ค่าส่วนผสม เป็น จุด CL
6. ลากจากจุด b มาตัดแกน X ได้ค่าส่วนผสม เป็นจุด Cs
7. ลากจากจุด X1 มาตัดแกน X ได้ค่าส่วนผสม เป็น จุด Ct
8. คำนวณหาปริมาณภาคสัมพันธ์ จากสูตร

ตัวอย่างการคำนวณ

A มีภาคของแข็ง = 32

B มีภาคของเหลว = 62%

ดังนั้น Cs = 62 , Cl = 32 , Co = 50

แทนค่า ปริมาณภาคของเหลว = Cs-Co

$$= \frac{62-50}{62-32}$$

$$= 0.40 = 40\ \%$$

ปริมาณภาคของแข็ง = Co-CL

$$= \frac{Cs-CL}{62-32}$$

$$= \frac{50-32}{62-32}$$

$$= 0.60 = 60\%$$

หรือ ปริมาณภาคของแข็ง = 1 - ปริมาณของเหลว= 1 - 0.40 = 0.60

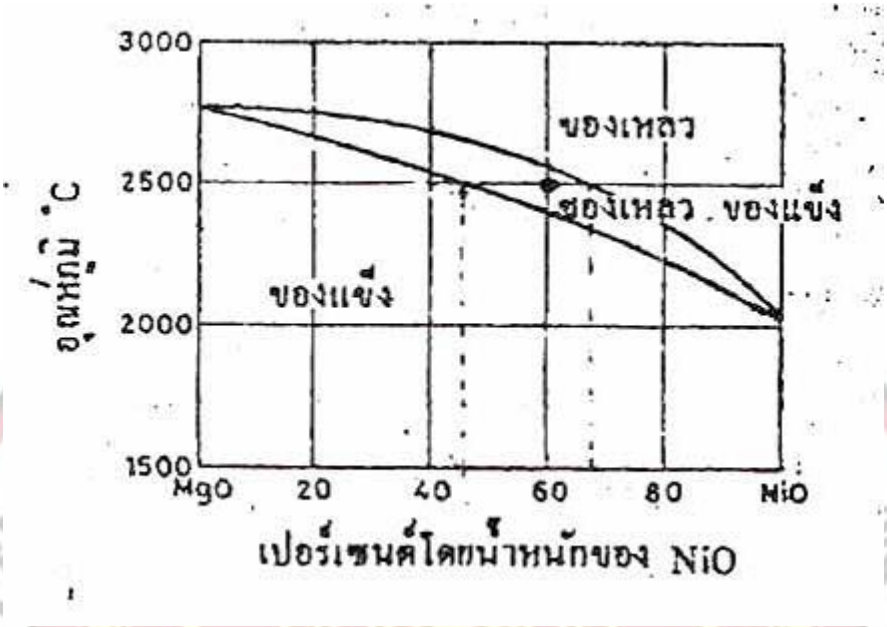
หรือ ปริมาณภาคของเหลว = 1 - ปริมาณของแข็ง= 1 - 0.60 = 0.40

ระบบสมดุลภาคของทวิสาร 7 ระบบ คือ

1. ระบบสารละลายของแข็ง(Solid Solution System)
2. ระบบยูเทคติค(Eutectic System)
3. ระบบผสมระหว่างระบบสารละลายของแข็งกับ ระบบยูเทคติค
4. ระบบเพอริเทคติค(Peritectic System)
5. ระบบสารประกอบโลหะ(Intermatallic Compound)
6. ระบบโมโนเทคติด (Monotectic System)
7. ระบบสารที่ไม่ละลายทั้งในของแข็งและของเหลว (Insoluble in Liquid and Solid State System)

ระบบสารละลายของแข็ง (Solid Solution System)

เป็นระบบที่สาร 2 ชนิดสามารถละลายเข้ากันได้หมดทุกส่วนผสม ทั้งในสภาพของเหลวและของแข็ง ดังรูปแสดงแผนภาพสมดุลของ MgO กับ NiO ซึ่งทั้ง MgO และ NiO สามารถละลายเข้ากันได้หมด ทั้งสภาพของแข็งและสภาพของเหลว



รูปที่ 5 แสดงแผนภาพสมดุลของ MgO กับ NiO

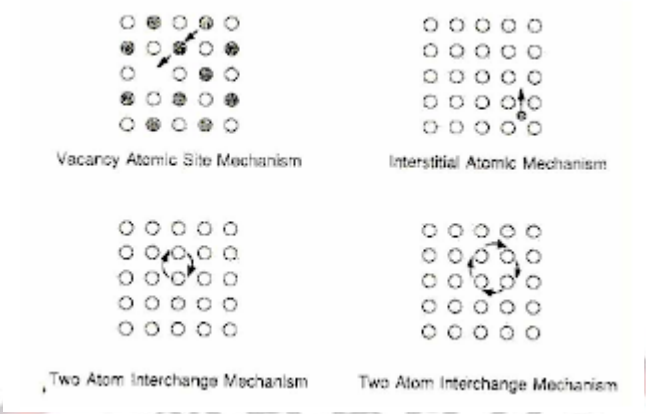
แผนภาพของระบบสารละลายของแข็ง มักประกอบด้วย 3 Phase Field คือ

- สนามภาคของเหลว (L phase)
- สนามภาค ของเหลว + ของแข็ง (L+S phase)
- สนามภาคของแข็ง (S phase)

และจะแบ่ง Phase Field ด้วยเส้น Liquidus และ เส้น Solidus ทั้งสองเส้นไม่มีโอกาสมาพบกันยกเว้นที่จุดปลายเท่านั้น การแข็งตัวของโลหะผสมในระบบสารละลายของแข็ง โลหะจะแข็งตัวเป็นโครงสร้างกิ่งไม้ (Dendrites) เกรนกิ่งไม้จะใหญ่หรือเล็กขึ้นอยู่กับอัตราการเย็นตัวของโลหะผสมนั้นในขณะที่โลหะผสมสารละลายของแข็งเกิดการแข็งตัว โลหะทั้งสองชนิดจะละลายเข้ากันด้วยการแพร่ (Diffusion)

กลไกการแพร่ในสารละลายของแข็ง สามารถแบ่งได้เป็น 4 ลักษณะใหญ่ คือ

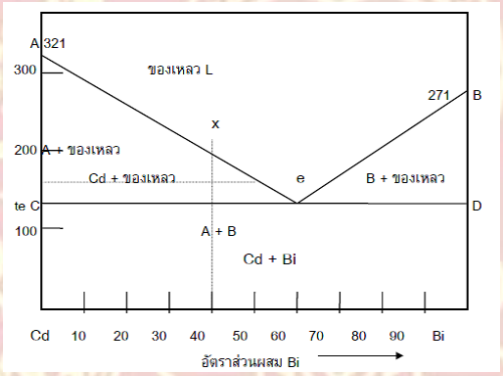
- กลไกการแพร่ แบบแทนที่ช่องว่างของอะตอม (Vacancy Atomic Site Mechanism)
- กลไกการแพร่ แบบแทรกตัวระหว่างอะตอม (Interstitial Atomic Mechanism)
- กลไกการแพร่ แบบสลับกัน สองอะตอม (Two Atom Interchange Mechanism)
- กลไกการแพร่ แบบสลับกัน สี่อะตอม (Four Atom Interchange Mechanism)



รูปที่ 6 แสดงกลไกการแพร่แบบต่าง ๆ

ระบบยูเทคติค (Eutectic System)

โลหะหรือสารต่างละลายได้ดีในสภาพของเหลวแต่แยกตัวอย่างเด็ดขาดในสภาพของแข็ง



รูปที่ 7 แสดงแผนภาพสมดุลของ Cd-Bi

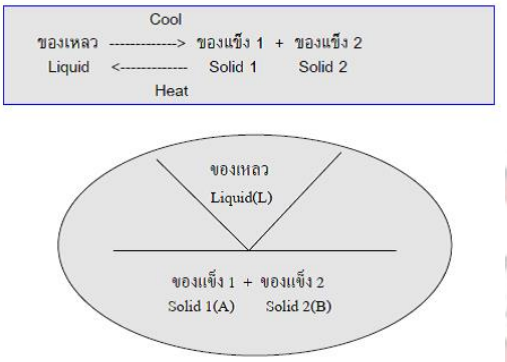
จากแผนภาพ จะเห็นว่าอุณหภูมิแข็งตัวของธาตุทั้งสองจะลดลง เมื่อมีธาตุ/สารอื่นผสมเพิ่มขึ้น เป็นไปตามเส้น Ae สำ หรับธาตุ A และเส้น Be สำ หรับธาตุ B ทั้งสองเส้นจะมาบรรจบกันที่จุด e โดยจุดe เป็นจุดที่อุณหภูมิแข็งตัว(หลอมละลาย)ของสารผสมนั้นต่ำสุด เรียกว่า จุดยูเทคติค (Eutectic Piont) และอุณหภูมิดังกล่าวจะมีแค่อุณหภูมิเดียวเรียกว่าอุณหภูมิยูเทคติกอุณหภูมิยูเทคติค สารผสมจะแข็งตัวพร้อมกันที่อุณหภูมินี้ โลหะผสมยูเทคติคจะแสดงคุณสมบัติเหมือนธาตุบริสุทธิ์การแข็งตัวของสาร A จะแข็งตัวหมด เมื่อสารA เย็นตัวถึงถึงเส้น AeD ส่วนการแข็งตัวของสาร B เป็นไปตามเส้น BeC โดยแข็งตัวหมดเมื่อเย็นตัวต่ำกว่าเส้นดังกล่าว

แผนภาพสมดุลของระบบยูเทคติดสามารถแบ่งเป็น 4 Phase Field คือ

- ของเหลว
- ของเหลว+ ของแข็งA
- ของแข็ง- ของเหลว+ ของแข็งB

ปฏิกิริยายูเทคติค (Euctectic Reaction)

ปฏิกิริยายูเทคติคโดยทั่วไป คือปฏิกิริยาที่สารผสมที่ละลายกันอย่างสมบูรณ์ในสภาพของเหลว เย็นตัวลงแล้วสารผสมทั้งสองแยกตัวกันออกเนื่องจากไม่สามารถละลายเข้ากันได้ในสภาพของแข็ง เกิดเป็นสารสองชนิดซึ่งต่างๆกัน การเกิดปฏิกิริยานี้เกิดเมื่ออุณหภูมิลดลง ดังสมการของปฏิกิริยายูเทคติค แบบทั่วไป



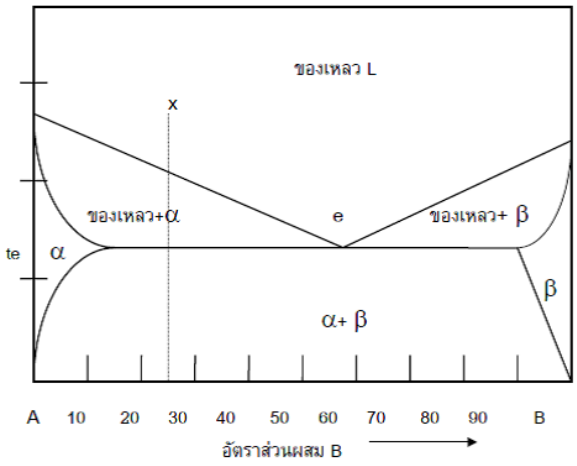
รูปที่ 8 แสดงลักษณะภาค(Phase)บนแผนภาพสมดุลระบบยูเทคติค

เมื่อสารผสมทั้งสองเย็นตัวลงแล้วเกิดปฏิกิริยายูเทคติค จะทำให้ของแข็งที่เกิดขึ้นมีโครงสร้างผลึกพิเศษ เรียกว่า โครงสร้างยูเทคติค ซึ่งคือโครงที่มีผลึกสลับกันระหว่างโครงสร้างผลึก A และโครงสร้างผลึก B ดังรูป

รูปที่ 9 แสดงโครงสร้างยูเทคติค

ระบบผสมระหว่างระบบสารละลายของแข็งกับระบบยูเทคติค

เกิดขึ้นเมื่อสารละลายกันได้บ้างบางส่วนในของแข็ง และละลายได้หมดในของเหลว



รูปที่ 10 แสดงแผนภาพสมดุลภาคระบบผสม ระหว่างระบบสารละลายของแข็ง กับ ระบบยูเทคติค สนามภาคที่ปรากฏในแผนภาพสมดุลของระบบนี้มี 6 Phase Field คือ

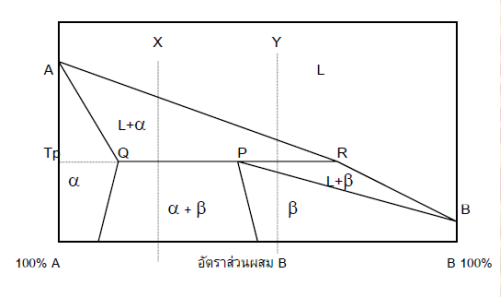
- ของเหลว - ของเหลว + ของแข็งα - ของแข็ง β - ของเหลว +ของแข็ง β - ของแข็ง α -ของแข็ง $\alpha+\beta$

เมื่อแข็งตัวจะประกอบด้วยโครงสร้าง

- ของแข็ง α - ของแข็งβ - ของแข็ง $\alpha+\beta$ (ยูเทคติค)

ระบบเพอริเทคติค (Peritectic System)

เกิดขึ้นเมื่อโลหะสองชนิด มีความแตกต่างของอุณหภูมิหลอมละลายมาก ๆ ปฏิกริยาเพอริเทคติค คือการที่สารละลายของแข็งที่มีส่วนผสมคงที่ทำ ปฏิกริยากับภาคของเหลวที่มีส่วนผสมคงที่เกิดเป็นภาคใหม่ที่มีส่วนผสมคงที่



รูปที่ 11 แสดงแผนภาพสมดุลภาคระบบเพอริเทคติค

สนามภาคที่ปรากฏในแผนภาพสมดุลของระบบนี้มี 6 Phase Field คือ

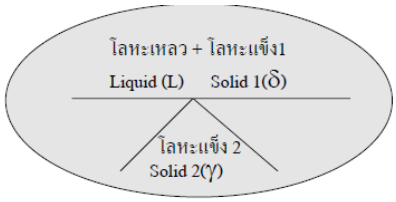
-ของเหลว - ของเหลว + ของแข็งα - ของแข็ง β -ของเหลว +ของแข็ง β - ของแข็ง α - ของแข็ง $\alpha+\beta$

เมื่อแข็งตัวจะประกอบด้วยโครงสร้าง

- ของแข็ง α - ของแข็งβ - ของแข็ง $\alpha+\beta$ ปฏิกิริยา เพอริเทคติค (Peritectic Reaction) ปฏิกิริยาเพอริเทคติค คือการที่สารละลายที่มีสภาพของเหลวกับสารของแข็ง เกิดปฏิกิริยารวมตัวเป็นสารของแข็งชนิดใหม่ เมื่ออุณหภูมิลดลง ดังนี้ ตารางที่ 1 สมการของปฏิกิริยาเพอริเทคติค แบบทั่วไป

			Cool	
ของเหลว	+	ของแข็ง1	---------->	ของแข็ง 2
Liquid		Solid 1	<----------	Solid 2
			Heat	

ในทางกลับกันเราอาจสามารถเพิ่มอุณหภูมิแล้วทำให้ของแข็ง 2 หลอมละลายกลายเป็นของเหลวบางส่วน และบางส่วนกลายเป็นของแข็ง 1 แผนภาพสมดุลของระบบเพอริเทคติค ดังรูป



รูปที่ 12 แสดงลักษณะภาค (Phase) บนแผนภาพสมดุล

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 6 แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

<u>คำสั่ง</u> จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. เหล็กกล้าแบ่งออกเป็นกี่ชนิด

ก. 2 ชนิดคือ เหล็กกล้าผสมต่ำและผสมสูง

ข. 2 ชนิดคือ เหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กกล้าผสม

ค. 3 ชนิดคือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ,ปานกลาง,สูง

ง. 3 ชนิดคือ เหล็กกล้าผสม,เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าไร้สนิม

2. เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดใดที่นินมนำมาทำเป็นเหล็กเส้นก่อสร้าง

ก. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ข. เหล็กกล้าผสมต่ำ

ค. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง ง. เหล็กกล้าไร้สนิม

3. เหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์มี %C ผสมอยู่เท่าใด

ก. 0.12 - 0.5 %C ข. 0.0025 - 0.8 %C

ค. 0.8 – 2 %C ง. 2 - 4.43 %C

4. เหล็กกล้าไฮเปอร์ยูเทคตอยด์มี %C ผสมอยู่เท่าใด

ก. 0.12 - 0.5 %C ข. 0.0025 - 0.8 %C

ค. 0.8 – 2 %C ง. 2 - 4.43 %C

5. เหล็กแอลฟ่า(α)คือข้อใด

ก. เหล็กหล่อ ข. เหล็กอ่อน

ค.โครงสร้างเฟอร์ไรท์ ง. โครงสร้างมาร์เทนไซต์

6. โครงสร้างเพิล์ไรท์คือข้อใด

ก. เฟอร์ไรท์ + ซีเมนต์ไตต์ ข. เฟอร์ไรท์ + ออสเตนไนท์

ค. โครงสร้างแบบขนนก ง. โครงสร้างแบบแท่งเข็ม

7. โครงสร้าง Fe3C คือข้อใด

ก. ออสเตนไนท์ ข. มาร์เทนไซต์ ค. เฟอร์ไรท์ ง. ซีเมนไตต์

8. อุณหภูมิปฏิกิริยายูเทคตอยด์คือข้อใด

ก. 1130 OC ข. 1390 OC ค. 723 OC ง. 100 OC

9. โครงสร้างมาร์เทนไซต์เกิดจากการชุบแข็งโครงสร้างชนิดใด

ก. ออสเตนไนท์ ข. เพิล์ไรท์ ค. เฟอร์ไรท์ ง. ซีเมนไตต์

10. โครงสร้างชนิดใดมีคุณสมบัติอ่อน เหนียว

ก. เบนไนท์ข. เพิล์ไรท์ ค. เฟอร์ไรท์ ง. ซีเมนไตต์

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 6 แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

<u>คำสั่ง</u> จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. เหล็กกล้าแบ่งออกเป็นกี่ชนิด

ก. 2 ชนิดคือ เหล็กกล้าผสมต่ำและผสมสูง

ข. 2 ชนิดคือ เหล็กกล้าคาร์บอน,เหล็กกล้าผสม

ค. 3 ชนิดคือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ,ปานกลาง,สูง

ง. 3 ชนิดคือ เหล็กกล้าผสม,เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าไร้สนิม

2. เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดใดที่นินมนำมาทำเป็นเหล็กเส้นก่อสร้าง

ก. เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ ข. เหล็กกล้าผสมต่ำ

ค. เหล็กกล้าคาร์บอนสูง ง. เหล็กกล้าไร้สนิม

3. เหล็กกล้าไฮโปยูเทคตอยด์มี %C ผสมอยู่เท่าใด

ก. 0.12 - 0.5 %C ข. 0.0025 - 0.8 %C

ค. 0.8 – 2 %C ง. 2 - 4.43 %C

4. เหล็กกล้าไฮเปอร์ยูเทคตอยด์มี %C ผสมอยู่เท่าใด

ก. 0.12 - 0.5 %C ข. 0.0025 - 0.8 %C

ค. 0.8 – 2 %C ง. 2 - 4.43 %C

5. เหล็กแอลฟ่า(α)คือข้อใด

ก. เหล็กหล่อ ข. เหล็กอ่อน

ค.โครงสร้างเฟอร์ไรท์ ง. โครงสร้างมาร์เทนไซต์

6. โครงสร้างเพิล์ไรท์คือข้อใด

ก. เฟอร์ไรท์ + ซีเมนต์ไตต์ ข. เฟอร์ไรท์ + ออสเตนไนท์

ค. โครงสร้างแบบขนนก ง. โครงสร้างแบบแท่งเข็ม

7. โครงสร้าง Fe3C คือข้อใด

ก. ออสเตนไนท์ ข. มาร์เทนไซต์ ค. เฟอร์ไรท์ ง. ซีเมนไตต์

8. อุณหภูมิปฏิกิริยายูเทคตอยด์คือข้อใด

ก. 1130 OC ข. 1390 OC ค. 723 OC ง. 100 OC

9. โครงสร้างมาร์เทนไซต์เกิดจากการชุบแข็งโครงสร้างชนิดใด

ก. ออสเตนไนท์ ข. เพิล์ไรท์ ค. เฟอร์ไรท์ ง. ซีเมนไตต์

10. โครงสร้างชนิดใดมีคุณสมบัติอ่อน เหนียว

ก. เบนไนท์ ข. เพิล์ไรท์ ค. เฟอร์ไรท์ ง. ซีเมนไตต์

	ใบงาน ที่ 6	หน่วยที่ 6
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 13-14
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram*		

แบบใบงาน/หลังเรียน

หน่วยที่ 6 แผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

ใบงานหลังบทเรียนครูผู้สอนสาธิตและเตรียมให้การหาคุณสมบัติของวัสดุ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE ก.ส.น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

.....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

4) ผลการสอนของครู : .....

.....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....

	แผนการจัดการเรียนรู้	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 15-17
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ กรรมวิธีการผลิตเหล็ก	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อกรรมวิธีการผลิตเหล็ก		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

ในหน่วยการเรียนนี้จะศึกษาเกี่ยวกับแผนภาพสมดุลของ Fe-Fe_3C Diagram ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการศึกษาแผนภูมิของเหล็กชนิดต่างๆ ต่อไปในภายหน้า เนื่องจากในแผนภูมิจะแสดงถึงอุณหภูมิ ส่วนผสมและเฟสต่างๆ ที่เกิดขึ้น ภายใต้องค์ประกอบต่างๆ จึงทำให้เราสามารถรู้จักคุณสมบัติที่เกิดขึ้นจากการดูโครงสร้างชนิดต่างๆได้ และสามารถนำความรู้ที่ได้ในหน่วยการเรียนนี้ไปประยุกต์ใช้กับการปรับปรุงคุณสมบัติของเหล็กด้วยความร้อนได้อีกด้วย

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.มีความรู้เกี่ยวกับแร่ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเหล็ก

2.เข้าใจวิธีการถลุงเหล็กด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้

3.มีความรู้เรื่องการผลิตเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้

1.มีความรู้เกี่ยวกับชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอน

2.รู้จักคำศัพท์ที่ใช้ในแผนภาพสมดุล

3.มีความรู้เกี่ยวกับแผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

4.2 ด้านทักษะ

1.สามารถบอกชนิดของแร่ที่ใช้ในการถลุงเหล็กได้

2.สามารถบอกวิธีการถลุงเหล็กด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้

3.สามารถอธิบายการผลิตเหล็กกล้าและเหล็กหล่อได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. สาระการเรียนรู้

1. ชนิดของสินแร่เหล็ก

- Magnetite - Red Hematite - Limonite
- Siderite - Iron Pyrite

2. การถลุงเหล็ก 3.

3. การผลิตเหล็กกล้า และ เหล็กหล่อ

4. 4.อิทธิพลของธาตุผสมในเหล็กดิบ

5.ชนิดของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ

6. กิจกรรมการเรียนรู้

ช่วงที่ ๑ ผู้สอนให้ความรู้โดยใช้ใบความรู้ โปรแกรมนำเสนอ (PowerPoint) และตำราเรียนประกอบคำบรรยายและอภิปรายเนื้อหาร่วมกับผู้เรียน เพื่อให้ได้สาระของการเรียนเรื่องความลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

ช่วงที่ ๒ ผู้สอนให้ความรู้โดยการบรรยาย และมอบหมายงาน

2.1 บรรยายเรื่อง ลักษณะของเครื่องมือและอุปกรณ์ในการเขียนแบบชนิดต่างๆ

7. สื่อและแหล่งการเรียนรู้

7.1 สื่อสิ่งพิมพ์

หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

สื่อโปรแกรมนำเสนอ (PowerPoints)

7.3 สื่อออนไลน์

1) คลิปวิดีโอ

2) แบบทดสอบก่อนเรียน

3) เว็ปไซต์ Padlet

4) คลิปวิดีโอจากสื่อ Youtube

5) แบบทดสอบหลังเรียน

7.4 สื่อจำลองหรือของจริง

- **7.5 อื่น ๆ**

8. หลักฐานการเรียนรู้

8.13 ประวัติส่วนตัวผู้เรียน

8.14 ใบงาน

9. การวัดและประเมินผล

9.1 วิธีวัดและการประเมินผล

25) ตรวจแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

26) สังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

27) สังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

28) ตรวจใบงาน

9.2 เครื่องมือวัดและการประเมินผล

25) เฉลยแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน

26) แบบสังเกตจากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน

27) แบบสังเกตจากการตอบคำถามในชั้นเรียน

28) เฉลยใบงาน

9.3 เกณฑ์วัดและการประเมินผล

จากการทำกิจกรรมในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

จากการตอบคำถามในชั้นเรียน ผู้เรียนผ่านเกณฑ์การประเมินที่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

10. บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

10.1 ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน.....

.....

10.2 ปัญหา อุปสรรคที่พบ.....

10.3 การแก้ไขปัญหา.....

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

	ใบความรู้ ที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 15-17
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ กรรมวิธีการผลิตเหล็ก	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่อเรื่อง/งาน *กรรมวิธีการผลิตเหล็ก*		

1. ผลลัพธ์การเรียนรู้ระดับหน่วยการเรียน

1. ชนิดของสินแร่เหล็ก
- Magnetite - Red Hematite - Limonite
- Siderite - Iron Pyrite

5. การถลุงเหล็ก 3.
6. การผลิตเหล็กกล้า และ เหล็กหล่อ
7. 4.อิทธิพลของธาตุผสมในเหล็กดิบ
5.ชนิดของเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ

2. อ้างอิงมาตรฐาน/เชื่อมโยงกลุ่มอาชีพ

1. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B อาชีพช่างเชื่อมอาร์กโลหะด้วยมือ ระดับ 2,3
2. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3
3. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพช่างเชื่อมแม็ก ระดับ 2,3
4. มาตรฐานอาชีพ สถาบันคุณวุฒิวิชาชีพ(องค์การมหาชน) รหัส WEL-VHM-2-008ZB, WEL-VOEB-003B, WEL-CLKP-004B อาชีพ ช่างเชื่อมฟลักซ์คอร์ ระดับ 2,3 อาชีพ ช่างเชื่อมทิก ระดับ 2,3

3. สมรรถนะประจำหน่วย

1.มีความรู้เกี่ยวกับแร่ชนิดต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเหล็ก
2.เข้าใจวิธีการถลุงเหล็กด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้
3.มีความรู้เรื่องการผลิตเหล็กกล้าและเหล็กหล่อ

4. จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

4.1 ด้านความรู้
1.มีความรู้เกี่ยวกับชนิดของเหล็กกล้าคาร์บอน
2.รู้จักคำศัพท์ที่ใช้ในแผนภาพสมดุล

3.มีความรู้เกี่ยวกับแผนภาพสมดุล Fe-Fe_3C Diagram

4.2 ด้านทักษะ

1.สามารถบอกชนิดของแร่ที่ใช้ในการถลุงเหล็กได้

2.สามารถบอกวิธีการถลุงเหล็กด้วยกรรมวิธีต่างๆ ได้

3.สามารถอธิบายการผลิตเหล็กกล้าและเหล็กหล่อได้

คุณลักษณะที่พึงประสงค์ (Attitude)

1. ความมีมนุษยสัมพันธ์
2. ความมีวินัย
3. ความรับผิดชอบ
4. ความเชื่อมั่นในตนเอง
5. ความรักสามัคคี

5. เนื้อหาสาระ

กรรมวิธีการผลิตเหล็กดิบ

เหล็กดิบผลิตขึ้นมาจากเตาสูง (Blast Furnace) โดยการหลอมสินแร่เหล็กกับถ่านโค้กและหินปูน ซึ่งคุณภาพของเหล็กดิบที่ได้ขึ้นอยู่กับชนิดของสินแร่ที่นำมาหลอม โดยสินแร่เหล็กที่ใช้ในกระบวนการผลิตเหล็กดิบมีดังนี้

1.แร่แมกนีไทต์ (Magnetite:Fe3O4) หรือสินแร่แม่เหล็ก เป็นแร่ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ มีเนื้อเหล็กประมาณ 60-70% มีสีดำ มีคุณสมบัติเป็นแม่เหล็กโดยธรรมชาติ

2.แร่เฮมาไทต์ (Hematite : Fe2O3) เป็นแร่ที่มีการนำมาใช้ในการถลุงมากที่สุด เนื่องจากมีเนื้อเหล็กมาก รองลงมาจากแร่ Magnrtite คือมีเนื้อเหล็กประมาณ 40-60% สีของแร่มองเห็นเป็นสีแดงหรือน้ำตาลหรือดำ แล้วแต่ปริมาณน้ำที่เข้าไปรวมตัวในเนื้อแร่

3.แร่ไพไรต์ (Pyrite : FeS2)มีเนื้อเหล็กประมาณ 43-45% มีกำมะถันสูงจึงทำให้เหล็กมีคุณสมบัติเปราะ

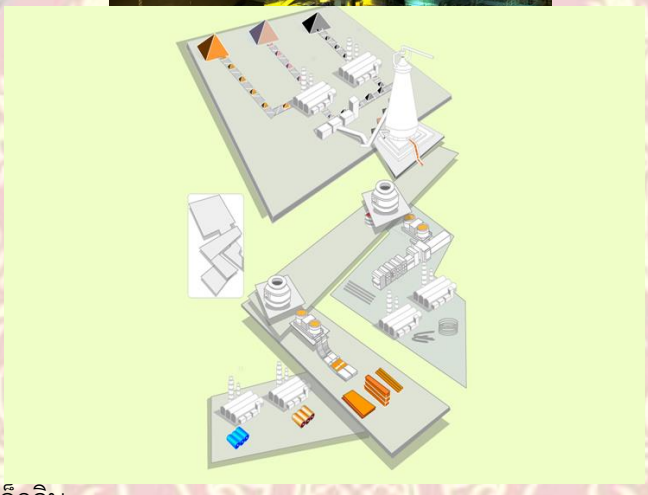
4.แร่ซิเดอไรต์ (Siderite : Fe2CO3) แร่เหล็กชนิดนี้เป็นแร่ที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นคาร์บอเนตของเหล็กและโลหะอื่นอยู่รวมกัน แร่เหล็กชนิดนี้จะมีเนื้อเหล็กในปริมาณน้อยจนทำให้ไม่สามารถนำไปถลุงโดยตรงได้ จะต้องนำมาแต่งแร่เพื่อทำให้มีเนื้อเหล็กเพิ่มขึ้นจึงจะนำมาถลุงต่อไป โดยมากจะมีเนื้อเหล็กในปริมาณน้อยกว่า 25%

5.แร่ลิมอไนท์ (Limonite : Fe2O3) เป็นแร่ที่มีองค์ประกอบทางเคมีเป็นแร่เหล็กไฮดรอกไซด์อยู่ปนรวมกับโลหะไฮดรอกไซด์อื่นๆ มีสีแดงหรือน้ำตาลตามแต่ปริมาณของน้ำที่ผสมอยู่ในเนื้อแร่ จะมีเนื้อเหล็กประมาณ 22-50 %

การถลุงสินแร่เหล็ก

1.การถลุงแร่เหล็กโดยใช้เตาสูงหรือเตาพ่นลม (Blast Furnace)

เตาสูงหรือเตาพ่นลมมีลักษณะคล้ายปล่องไฟ สูงประมาณ 30 เมตร กว้าง 10-12 เมตร มีลักษณะเรียวจากปากปล่องลงมา ส่วนตรงกลางเตาจะป่องและค่อยๆเรียวลงมายังก้นเตา เปลือกด้านนอกของเตาหุ้มด้วยเหล็กแผ่น ผนังของเตาเรียงด้วยอิฐทนไฟ มีท่อน้ำหล่อเย็นแทรกระหว่างอิฐกำแพงเตาเพื่อควบคุมอุณหภูมิภายในเตาไม่ให้ร้อนจัดจนเกินไป และมีท่อลมเป่าเข้าบริเวณส่วนกลางของเตาซึ่งเป็นบริเวณหลอมละลายของเหล็ก ลมที่เป่าเข้าไปจะเป็นลมร้อนเพื่อเพิ่มอุณหภูมิประมาณ 1,600-1,900oC ในการหลอม และช่วยประหยัดเชื้อเพลิง ทำงานติดต่อกันตลอด 24 ชั่วโมง



วัตถุดิบที่ใช้ในการถลุงเหล็กดิบ

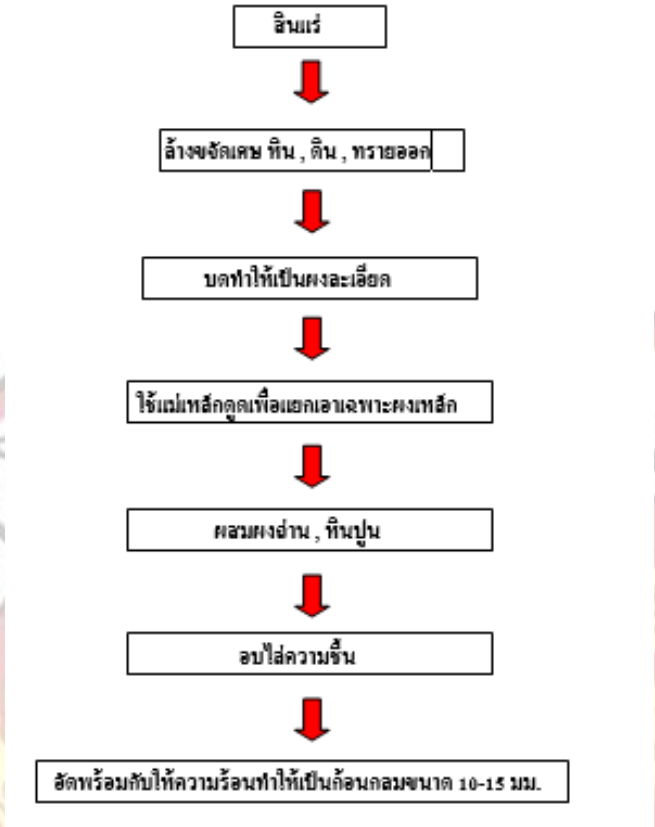
1.สินแร่เหล็ก (Iron Orc) ใส่เข้าไปเพื่อถลุงเอาเหล็กดิบ

2.ถ่านโค้ก (Coke) ใส่เข้าไปเพื่อเป็นเชื้อเพลิงและตัวทำปฏิกิริยา

3.หินปูน (Limestone) หรือแคลเซียมคาร์บอเนตใส่เข้าไปเพื่อดึงเอาสารมลทินออกจากสินแร่เหล็ก โดยจะแยกตัวออกเป็นตระกรัน(Slag) ลอยขึ้นสู่ผิวหน้าของน้ำเหล็ก

แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมสินแร่

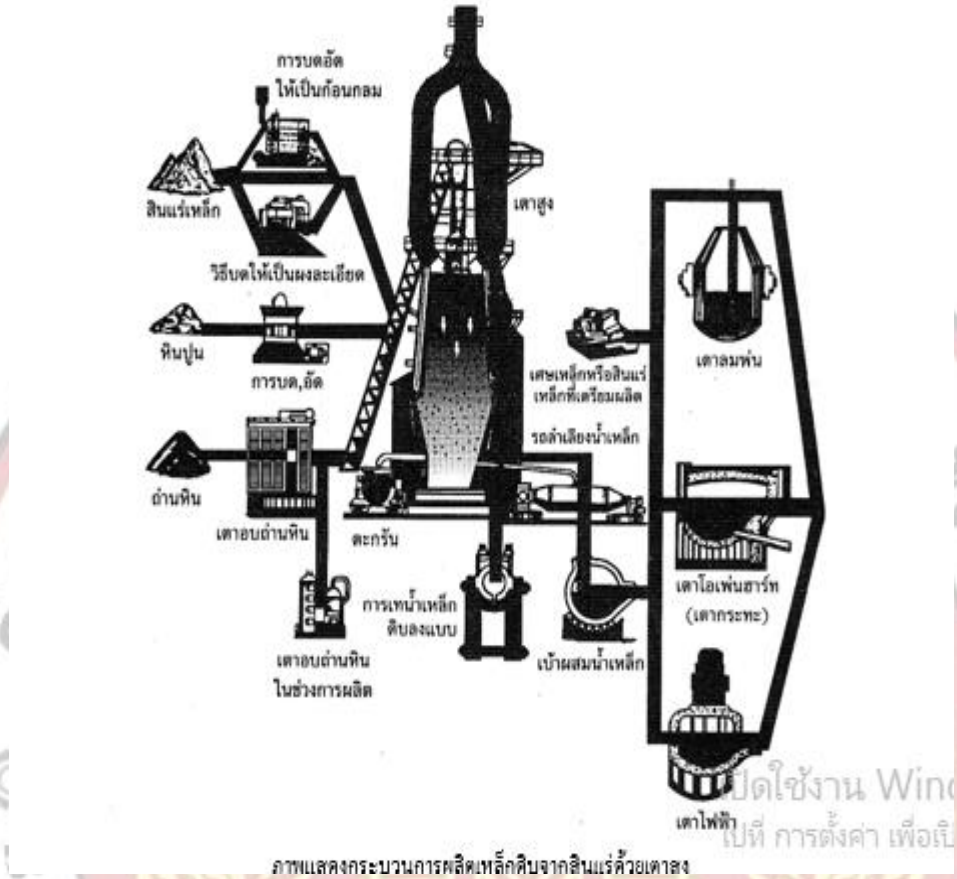
แผนภูมิแสดงขั้นตอนการเตรียมสินแร่



วิธีการถลุงเหล็กดิบ

แร่เหล็ก หินปูนและถ่านโค้ก จะถูกป้อนทางด้านบนของเตา โดยจะเรียงแยกกันมาเป็นชั้นๆ ความร้อนในการถลุงจะได้มาจากการเผาไหม้ของถ่านโค้ก โดยมีลมร้อนเป่ามาจากด้านล่างของเตาเพื่อช่วยในการเผาไหม้ หินปูนจะรวมตัวกันกับสารมลทินและสิ่งสกปรกต่างๆ เกิดเป็นฟองขี้ตระกรัน(Slag) ส่วนเนื้อเหล็กจะหลอมละลายรวมตัวกับคาร์บอนในถ่านโค้กแล้วจมลงด้านล่างของเตา โดยจะมีขี้ตระกันลอยอยู่ด้านบนของโลหะหลอมละลาย และจะมีรูเปิดสำหรับระบายขี้ตระกรันทิ้งที่ด้านบน ส่วนด้านล่างจะมีรูเปิดให้น้ำเหล็กไหลออกมาเข้าสู่แบบพิมพ์ที่รองรับไว้ ซึ่งเมื่อน้ำเหล็กเย็นตัวลงในแบบพิมพ์จะได้แท่งเหล็กที่เรียกว่า เหล็กดิบ (Pig Iron)

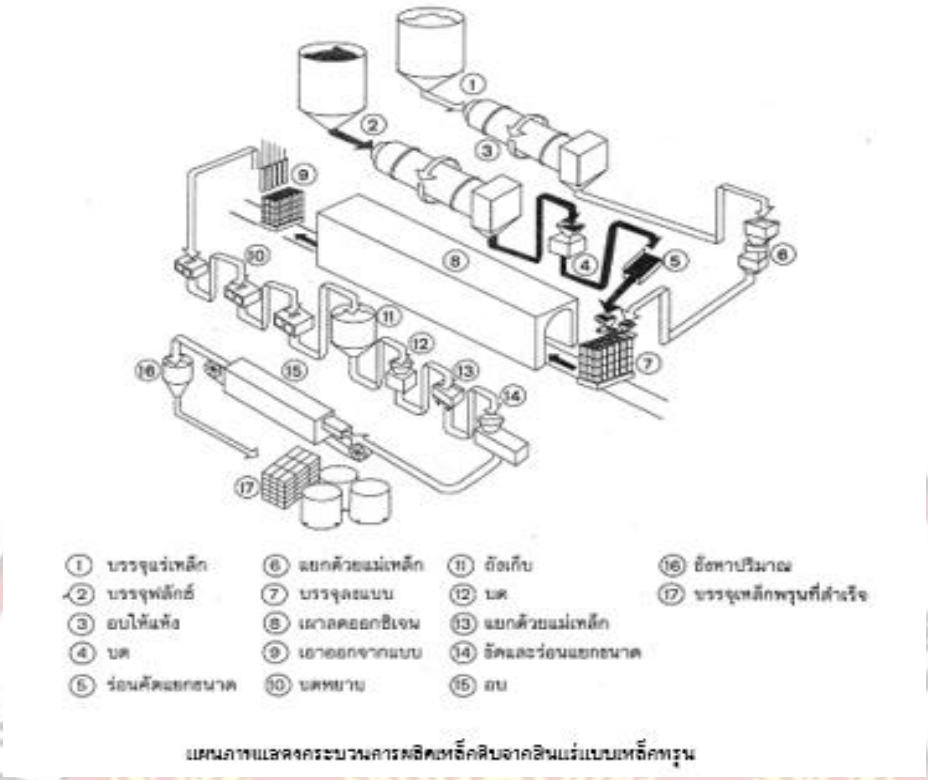
แท่งเหล็กดิบจะประกอบด้วยเนื้อเหล็กผสมกับคาร์บอนประมาณ 4.5% นอกจากนี้ยังมีธาตุอื่นปะปนอยู่ด้วย เช่น ซิลิกอน กำมะถัน ฟอสฟอรัส และแมงกานีส



ภาพแสดงกระบวนการผลิตเหล็กดิบจากสินแร่ด้วยเตาสูง

2.การถลุงแร่เหล็กแบบเหล็กพรุน (Sponge Iron)

ทำได้โดยการบดแร่เหล็กให้เป็นก้อนเล็กๆ ผสมกับสารลดออกซิเจนแล้วเผาในเตาปิด โดยใช้ความร้อนต่ำกว่าจุดหลอมละลายของเหล็ก สารลดออกซิเจนดังกล่าวอาจใช้ถ่านโค้ก ก๊าซธรรมชาติ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ก๊าซไฮโดรเจน หรือน้ำมันเตาก็ได้ ผลผลิตที่ได้จะแข็งเป็นก้อนพรุนคล้ายฟองน้ำหรือหินลาวาภูเขาไฟ เมื่อนำไปบดละเอียดอีกครั้ง แล้วใช้แม่เหล็กดูดจะทำให้ได้เหล็กพรุนที่มีปริมาณเหล็กสูง 80-90%และสามารถนำเหล็กพรุนไปใช้ในการผลิตเหล็กกล้าแทนเหล็กดิบที่ได้จากการถลุงจากเตาพ่นลมได้



แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตเหล็กดิบจากสินแร่แบบเหล็กพรุน

ประเภทของเหล็กดิบ

1.เบสิกพิก (Basic Pig) หมายถึง เหล็กดิบที่นำไปถลุงเป็นเหล็กกล้า ด้วยกรรมวิธีของเตากระทะที่เป็นด่าง

2.เบสเซมเมอร์พิก (Bessemer Pig) หมายถึงเหล็กดิบที่นำไปถลุงเป็นเหล็กกล้าด้วยกรรมวิธีแบบเบสเซมเมอร์ หรือนำไปทำเป็น เหล็กรีดขึ้นรูป และผลิตภัณฑ์เหล็กอ่อน

3.ฟาว์นดรี้พิก (Foundry Pig) หมายถึงเหล็กดิบที่นำไปถลุงในโรงหล่อเพื่อทำเป็นเหล็กหล่อสีเทาหรือเหล็กหล่อผสม

4.มอลเลียเอเบิ้ลพิก (Malleable Pig) เป็นเหล็กดิบที่นำไปทำเป็นเหล็กหล่อเหนียว เหล็กหล่อสีขาว

กรรมวิธีการผลิตเหล็กกล้า

เหล็กกล้า(Steel) หมายถึง เหล็กที่มีธาตุคาร์บอนเป็นส่วนผสม โดยจะยึดถือหลักที่ว่า เหล็กที่มีธาตุคาร์บอนผสมอยู่ต่ำกว่า 1.7 หรือ 2 % จะเรียกว่าเหล็กกล้า (ถ้ามีคาร์บอนผสมอยู่มากกว่า 1.7 หรือ 2 % จะถือว่าเป็นเหล็กหล่อ) นอกจากธาตุคาร์บอนแล้ว ยังอาจจะมีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่ด้วย แต่จะอยู่ในลักษณะเป็นธาตุเจือปน (impurities) เช่น ซิลิกอน , แมงกานีส , กำมะถัน , และฟอสฟอรัส เป็นต้น เหล็กกล้าแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ๆ คือ

1.เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel)

2.เหล็กกล้าผสม (Alloy steel)

เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel)

เป็นเหล็กที่มีคาร์บอนเป็นส่วนผสมหลัก ธาตุอื่นๆ จะมีอยู่น้อยซึ่งอาจจะติดมาจากกรรมวิธีการถลุงหรือกรรมวิธีการไล่แก๊ส เหล็กกล้าคาร์บอนแบ่งออกเป็น 3 ประเภทตามปริมาณของธาตุคาร์บอนที่ผสมอยู่ได้ดังนี้

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (Low carbon steel) มีคาร์บอนผสมอยู่น้อย ไม่เกิน 0.2 % เป็นเหล็กที่อ่อน มีความแข็งแรงต่ำ สามารถรีด หรือตีเป็นแผ่นได้ง่าย ใช้ทำเป็นเหล็กเส้นในงานก่อสร้าง หรือรีดเป็นแผ่นสำหรับใช้ในงานวิศวกรรมทั่วไป บางทีเรียกเหล็กชนิดนี้ว่า เหล็กละมุน (Mild steel)

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง(Medium carbon steel) มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.2-0.5 % เป็นเหล็กที่มีความแข็งแรงสูงกว่าประเภทแรก ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรกลทั่วๆ ไป สามารถทำการอบชุบได้

เหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High carbon steel) มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.5-1.7หรือ2% จัดเป็นเหล็กที่มีความแข็งแรง และความแข็งสูง สามารถทำการอบชุบให้มีคุณสมบัติเปลี่ยนแปลงได้ ใช้ทำเครื่องมือเครื่องใช้ต่างๆ ที่ต้องการความต้านทานต่อการสึกหรอได้เป็นอย่างดี

เหล็กกล้าผสม (Alloy Steel)

เหล็กกล้าผสม คือเหล็กกล้าคาร์บอนที่มีธาตุอื่นๆ ผสมอยู่ เช่น โครเมียม,นิกเกิล,โมลิบดินั่ม,วานาเดียมและโคบอลต์ สำหรับแมงกานีสและซิลิกอน ถ้ามีปริมาณสูงกว่าในเหล็กกล้าคาร์บอนจะจัดเป็นธาตุผสมเช่นเดียวกัน เช่น การผสมแมงกานีสหรือซิลิกอนมากกว่า 1 % เป็นต้น

การผสมธาตุต่างๆลงไปในเหล็กกล้าคาร์บอน ส่วนใหญ่มุ่งที่จะปรับปรุงคุณสมบัติความสามารถในการชุบแข็ง (Hardenability) คุณสมบัติต้านทานการกัดกร่อน ทั้งที่อุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูง และในบางกรณีเพื่อปรับปรุงคุณสมบัติตัวนำไฟฟ้าและคุณสมบัติที่เกี่ยวกับแม่เหล็ก เหล็กกล้าผสมแบ่งออกเป็นสองกลุ่มใหญ่คือ เหล็กกล้าผสมต่ำ ซึ่งจะมีปริมาณธาตุผสมไม่เกิน 10% และเหล็กกล้าผสมสูงซึ่งจะมีธาตุผสมสูงเกินกว่า 10 %

การผลิตเหล็กกล้าเป็นกระบวนการที่ต้องการให้ได้เหล็กบริสุทธิ์ขึ้น โดยพยายามลดสารมลทินในเนื้อเหล็กให้เหลือลดน้อยลงหรือให้หมดไป

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้ามีดังนี้

1.เหล็กดิบ (Pig Iron) หรือน้ำเหล็กที่กำลังหลอมละลายจากเตาสูง

2.เศษเหล็กกล้า (steel scrap)

3.สารที่เติมลงไปเพื่อปรับปรุงคุณภาพของเหล็กกล้า (Additive)

ความบริสุทธิ์ของเหล็กสามารถควบคุมได้โดยการเลือกใช้ผนังเตาให้เหมาะสม ซึ่งผนังเตาที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้ามี 2 แบบ คือ

1.ผนังเตาแบบกรด (Acid Lining)

2.ผนังเตาแบบด่าง (Basic Lining)

ผนังเตาแบบกรด (Acid Lining) เป็นเตาที่อิฐทนไฟและฟลั๊กซ์มีสมบัติเป็นกรด ซึ่งสามารถกำจัดสารเจือปนบางอย่างได้ เช่นซิลิกอนและแมงกานีสได้ดี แต่ไม่อาจกำจัดกำมะถันและฟอสฟอรัสได้

อิฐทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นกรดได้แก่ ซิลิกา(SiO2) และโครไมต์(Cr2O3FeO) หรือซิลลิมาไนต์ (Al2O3SiO2)ส่วนฟลั๊กที่เป็นกรดได้แก่ หินควอตซ์(Quartz) และซิลิกา(SiO2)

ผนังเตาแบบด่าง (Basic Lining) เป็นเตาที่อิฐทนไฟและฟลั๊กซ์ที่จะนำมากำจัดสารเจือปนมีสมบัติเป็นด่าง ซึ่งสามารถกำจัดสารเจือปนโดยเฉพาะฟอสฟอรัสและกำมะถันได้ดี

อิฐทนไฟที่มีคุณสมบัติเป็นด่างได้แก่ อลูมิน่า(Al2O3),โดโลไมต์(Dolomite)และแมกนีไซด์(MgCO3) ส่วนฟลั๊กซ์ที่เป็นด่างได้แก่ หินปูนหรือปูนขาว

กรรมวิธีต่างๆ ที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้า มีหลายวิธีด้วยกัน ดังนี้

-กรรมวิธีเบสเซมเมอร์ (Bessemer Process)

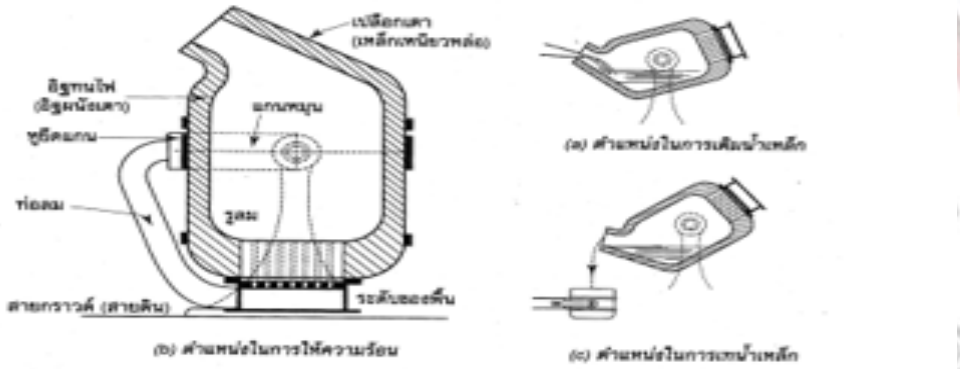
-กรรมวิธีเป่าออกซิเจนโดยตรง (Direct Oxygen Process)

-กรรมวิธีหลอมในเตากระทะ (Open-Hearth Process)

-กรรมวิธีหลอมในเตาไฟฟ้า (Electric Arc Furnace Process)

กรรมวิธีเบสเซมเมอร์ (Bessemer Process)

เป็นเตาที่มีลักษณะคล้ายอ้อขนาดใหญ่ ปากปล่องเตาเอียง ตัวเตาตั้งอยู่บนแคนรองแคน และหมุนได้รอบแคนในแนวราบสำหรับเอียงรองรับการบรรจุเหล็กคลิบและเทน้ำเหล็กเมื่อเสร็จจากการถลุงแล้ว ส่วนล่างของเตาจะเป็นห้องท่นลม โดยลมจะถ่ายมาจากแคนหมุนของเตา



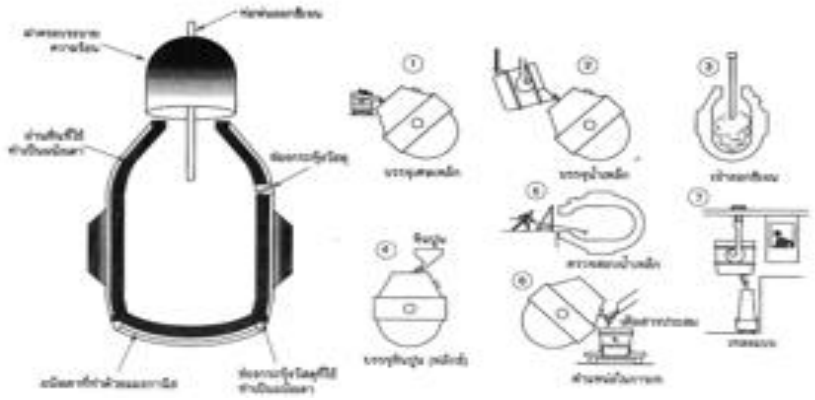
ภาพแสดงโครงสร้างและการทำงานของเตาเบสเซมเมอร์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้าด้วยเตาเบสเซมเมอร์ มีดังนี้

1. เหล็กคลิบจากเตาสูง ในลักษณะที่ยังเป็นน้ำเหล็กหลอมเหลวอยู่ โดยจะเติมครั้งละประมาณ 5-25 ตัน
2. อากาศ โดยใช้ปั๊มลมเป่าเข้าเตา ซึ่งจะใช้ความดันอัดเข้าประมาณ 150-200 kPa (ประมาณ700-1,000 ลูกบาศก์เมตร/นาที)

กรรมวิธีเป่าออกซิเจนโดยตรง (Direct Oxygen Process)

เป็นกรรมวิธีที่แก้ไขจากกรรมวิธีเบสเซมเมอร์ เนื่องจากอากาศที่ท่นเข้าเตานอกจากจะมีออกซิเจนแล้วยังมีไนโตรเจนปะปนเข้าไปด้วย ซึ่งไนโตรเจนจะทำปฏิกิริยากับเหล็กกลายเป็นเหล็กไนไตรด์ เมื่อเหล็กเย็นตัวลง สารประกอบไนไตรด์จะอยู่ภายในเกรนของเหล็กทำให้เหล็กมีความแข็งแกร่ง



วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กกล้าสำหรับกรรมวิธีการเป่าออกซิเจนโดยตรง มีดังนี้

1.น้ำเหล็กดิบ (Molten Pig Iron)

2.เศษเหล็กกล้า (Steel scrsp) เตาชนิดนี้มีอุณหภูมิภายในเตาสูงมาก จึงสามารถเติมเศษเหล็กกล้าลงไปได้ 30-50 % ของน้ำเหล็กดิบทั้งหมดที่เตาบรรจุไว้

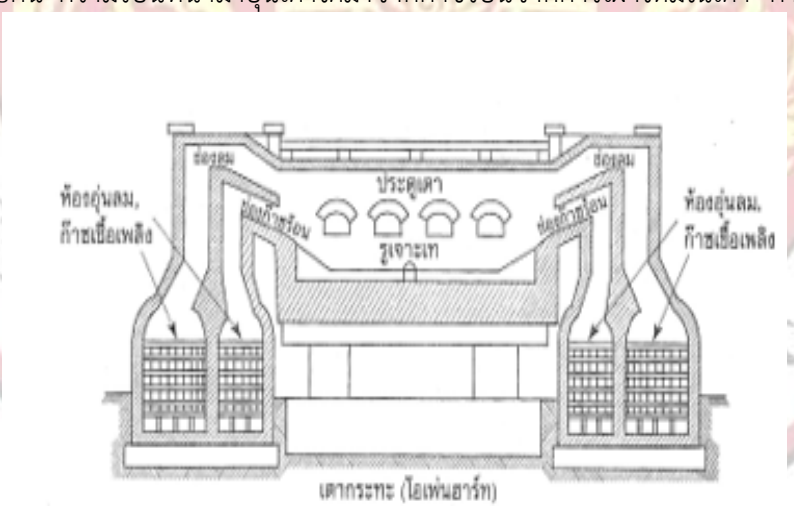
3.ก๊าซออกซิเจนที่เป่าเข้าเตา ประมาณ 23,600-28,300ลูกบาศก์เมตร/วินาที ความดันของลมประมาณ 965-1,100kPa ซึ่งออกซิเจนจะต้องบริสุทธิ์ ประมาณ 65-80%

4.หินปูน (Limestone) ทำหน้าที่เป็นฟลั๊กซ์กำจัดสารเจือปน

กรรมวิธีการหลอมในเตากระทะ (Open-Hearth Process)

เป็นเตาที่นิยมใช้กันมากชนิดหนึ่งในการผลิตเหล็กกล้า เตาชนิดนี้เป็นเตาที่ต้องใช้เชื้อเพลิงในการเผาไหม้ เชื้อเพลิงที่ใช้ได้แก่ ก๊าสหรือน้ำมันที่พ่นออกมาเป็นละออง โดยการพ่นอากาศร้อนผสมเข้าไปด้วย ทำให้ได้อุณหภูมิสูงสามารถหลอมเหล็กกล้าได้ และเป็นการประหยัดเชื้อเพลิงด้วย เนื่องจากอากาศร้อนที่เป่าเข้าไป ก็ใช้ความร้อนจากเตานั้นมาอุ่น

ลักษณะของเตาจะประกอบด้วยพื้นเตาที่มีลักษณะเป็นแอ่งคล้ายกระทะ ปูด้วยเหล็กทนไฟ บริเวณก้นเตากระทะจะมีรูสำหรับเจาะเอาน้ำเหล็กออกZTap hole) หลังคาของเตาจะปิด ที่ผนังข้างเตาจะมีช่องสำหรับบรรจุวัตถุดิบเข้าเตา(Charging Doors) ทางปีกด้านซ้ายและขวาของเตา ประกอบด้วยห้องอุ่นลม(Regenerative Chambers) ข้างละ 2 ห้องห้องหนึ่งสำหรับอุ่นอากาศ ส่วนอีกห้องสำหรับอุ่นเชื้อเพลิง ห้องอุ่นลมประกอบด้วยอิฐทนไฟก่อเรียงสลับกัน ความร้อนที่นำมาอุ่นเตาได้มาจากก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ในเตา คายให้กับอิฐในห้องอุ่นลม



เตากระทะ (โอเพ่นฮาร์ท)

โครงสร้างของเตากระทะหรือเตาโอเพ่นฮาร์ด

วัตถุดิบที่บรรจุลงในเตามีหลายชนิดคือ

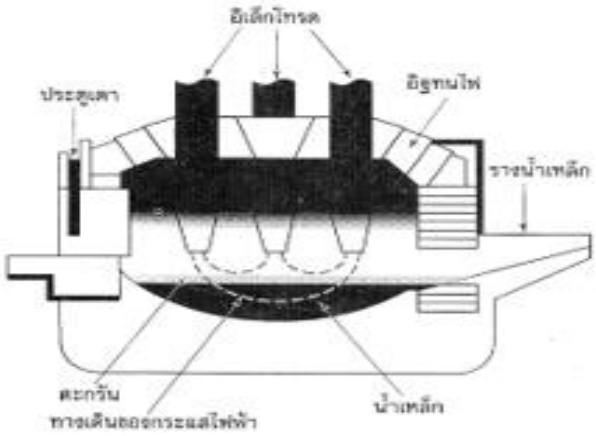
1. น้ำเหล็กดิบและเศษเหล็กกล้า (ประมาณ 50:50) หรือ
2. เศษเหล็กกล้าหรือเหล็กดิบที่เป็นก้อนแข็งแล้ว หรือ
3. เศษเหล็กกล้า 100%

กรรมวิธีหลอมในเตาไฟฟ้า (Electric Arc Furnace Process)

เป็นกรรมวิธีที่นิยมใช้กันมากที่สุดในปัจจุบัน วัตถุดิบสำหรับเตาไฟฟ้านั้นนิยมใช้เศษเหล็กกล้ามากกว่าน้ำเหล็กดิบ แต่เศษเหล็กกล้าที่จะนำมาใช้จะต้องมีปริมาณคาร์บอนและฟอสฟอรัสน้อย เตาไฟฟ้าให้ความร้อนได้สูงสามารถผลิตเหล็กกล้าที่มีคุณภาพดีได้

ลักษณะของเตาไฟฟ้ามี 3 ชนิด คือ

1.เตาชนิดอาร์คโดยตรง (Direct Arc Furnace) เป็นเตาที่นิยมใช้กันมากที่สุด ลักษณะของเตาจะกลมคล้ายกับกาต้มน้ำตั้งอยู่บนลูกกลิ้ง สามารถเอียงเทขี้ตระกรันและน้ำเหล็กได้ ผนังภายในก่อด้วยอิฐทนไฟ ส่วนมากเป็นชนิดด่าง มีหลังคาโค้งสูงขึ้นไป มีแท่งกราไฟต์ซึ่งทำหน้าที่เป็นตัวอาร์คหรือเป็นอิเล็คโทรด ติดอยู่ในลักษณะแนวดิ่ง สอดผ่านหลังคาลงมา มีประมาณ 2-3 แท่ง แล้วแต่ขนาดของเตา ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 60 เซนติเมตร ยาวประมาณ 24 เมตร หลังคาเตาสามารถส่ายปิด-เปิดได้เมื่อจะบรรจุหรือเทน้ำเหล็ก กระแสไฟที่ใช้เป็นกระแสสลับ (AC Current) ประมาณ 12,000 แอมแปร์ แรงเคลื่อนไฟฟ้า 40 โวลท์



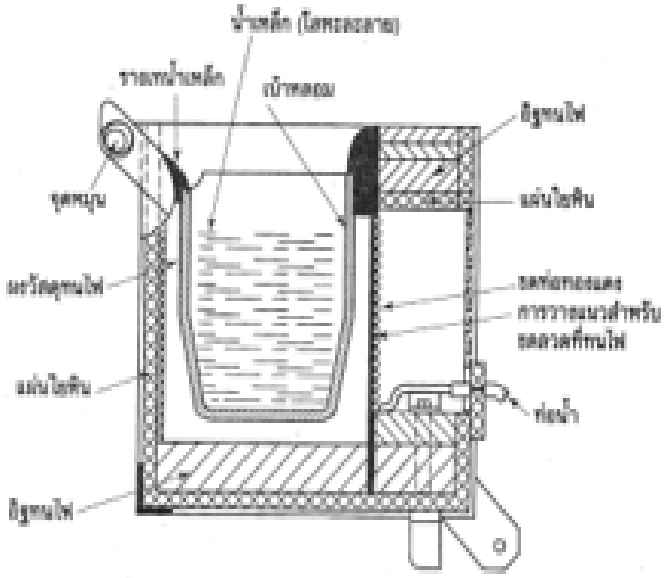
ภาพโครงสร้างของเตาไฟฟ้าชนิดอาร์คโดยตรง

2. เตาชนิดอาร์คโดยทางอ้อม (Indirect Arc Furnace) เป็นเตาที่มีแท่งอิเล็คโทรด 2 แท่ง อาร์คกันเองเหนือระดับน้ำเหล็ก ความร้อนที่ได้จากการอาร์คของแท่งอิเล็คโทรดจะสัมผัสกับเหล็กได้โดยการแผ่รังสี ทำให้อุณหภูมิของเหล็กสูงขึ้นจนถึงจุดที่เหล็กหลอมละลาย เตาไฟฟ้าแบบนี้ส่วนมากจะมีขนาดเล็ก และใช้ทำงานในช่วงระยะเวลาสั้นๆ

ภาพโครงสร้างของเตาไฟฟ้าชนิดอาร์คโดยทางอ้อม

2.เตาชนิดเหนี่ยวนำ(Induction Furnace) เป็นเตาไฟฟ้าชนิดหนึ่ง ปริมาณการหลอมละลายของเหล็กแต่ละครั้งไม่มากนัก ลักษณะของเตาเป็นเหมือนกับเบ้าน้ำเหล็กขนาดใหญ่ อยู่ภายในถังซึ่งล้อมรอบด้วยฉนวน และมีท่อทองแดงพันรอบฉนวนที่หุ้มเตา ผนังของถังจะก่อด้วยอิฐทนไฟ ตัวถังทำด้วยแผ่นเหล็ก

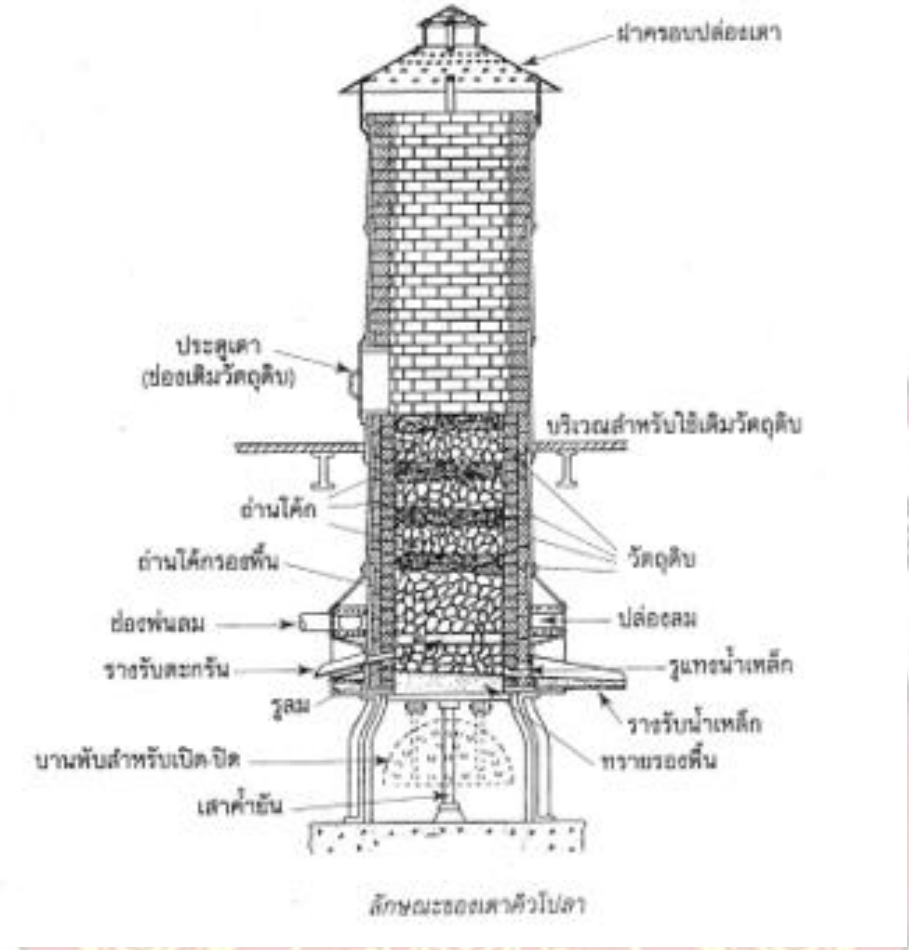
กระแสไฟฟ้าที่ใช้เป็นกระแสสลับความถี่สูงประมาณ 960 เฮิรตซ์ เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านขดท่อทองแดงซึ่งทำหน้าที่เป็นขดลวดปฐมภูมิ(Primary Winding) จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ขดท่อทองแดง เนื่องจากการเกิดสนามแม่เหล็ก และการยุบตัวของสนามแม่เหล็กเป็นไปอย่างรวดเร็วมากตามค่าความถี่ของกระแสไฟฟ้า ทำให้เกิดกระแสเหนี่ยวนำส่งไปยังเนื้อเหล็ก ซึ่งทำหน้าที่คล้ายกับขดลวดทุติยภูมิ(Secondary Winding) แต่พลังงานที่เกิดขึ้นที่เนื้อเหล็ก ไม่สามารถทำให้เกิดการเคลื่อนที่เหมือนมอเตอร์ หรืออุปกรณ์ที่จะนำกระแสไปใช้ ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่เหนี่ยวนำ จึงเปลี่ยนมาเป็นพลังงานความร้อนอย่างมหาศาล ทำให้เหล็กหลอมละลายได้



กรรมวิธีการผลิตเหล็กหล่อ

เหล็กหล่อผลิตจากการหลอมแท่งเหล็กดิบกับเศษเหล็กหล่อและเหล็กกล้าต่างๆ โดยการผสมรวมกับถ่านโค้กและหินปูนในเตาคิวโพล่า เมื่อเผาจนเนื้อเหล็กหลอมละลายแล้ว ก็จะนำน้ำเหล็กไปหล่อแบบทรายหรือแบบโลหะเพื่อให้ได้ชิ้นส่วนเป็นรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ

เตาคิวโพล่า (Cupolar Furnace) มีรูปร่างและลักษณะการทำงานคล้ายกับเตาสูงแต่มีขนาดเล็กกว่า ประกอบด้วยโครงสร้างที่เป็นเหล็กเหนียวรูปทรงกระบอก ภายในเรียงด้วยอิฐทนไฟ หรือวัสดุทนไฟอยู่รอบๆ และมีท่อลมเพื่อป้อนลมเข้าไปช่วยในการลุกไหม้ให้สมบูรณ์ รวมทั้งมีรูให้น้ำเหล็กและขี้กระตรันไหลออกด้วย ประมาณช่วงกลางของเตาที่ด้านข้าง จะมีช่องที่เปิดได้เพื่อใส่วัสดุที่ต้องการหลอม



ลักษณะของเตาคิวโปลา

โดยทั่วไปแล้วขนาดของเตาคิวโพล่าที่ใช้กันจะสูงประมาณ 12-24 เมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน 0.4-2.5 เมตร และขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก 0.6-3.0 เมตร

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเหล็กหล่อ ด้วยเตาคิวโพล่า มีดังนี้

1.เหล็กดิบ (Pig Iron)

2.เศษเหล็กเหนียว (Steel scrap)

3.เศษเหล็กหล่อ (Cast Iron scrap)

4.หินปูน (Limestone)

5.ถ่านโค้ก (Coke)

วิธีการหลอมเหล็กหล่อ ในการหลอมเหล็กหล่อทำได้โดยการนำเหล็กดิบเศษเหล็กเหนียวถ่านโค้กและฟลั๊กซ์(โดยทั่วไปใช้หินปูนทำหน้าที่เป็นฟลั๊กซ์) ใส่ลงไปในเตาสลับกันเป็นชั้นๆ โดยที่ส่วนล่างสุดของเตาจะต้องรองด้วยถ่านโค้กเสียก่อน ถ่านโค้กที่รองก้นเตาเรียกว่า Bed Coke ถ่านโค้กรองก้นเตานี้ถ้ามีระดับสูงหรือต่ำเกินไปจะมีผลดังนี้

1.ถ้า Bed Coke สูงเกินไป ระยะการหลอมละลายจะยืดออกไป

2.ถ้า Bed Coke มีระดับต่ำเกินไป จะทำให้เหล็กหลอมละลายเร็วกว่าช่วงเวลาที่กำหนด และมีอุณหภูมิต่ำ ชั้นหรือระดับ ของถ่านโค้กซึ่งคั่นอยู่ระหว่างชั้นของเหล็ก เพื่อช่วยในการหลอมละลายเรียกว่า ชาร์จโค้ก(Charge Coke) ชาร์จโค้กจะมีระดับความสูงอยู่ระหว่าง 6-9 นิ้ว

เหล็กดิบ เศษเหล็กหล่อ และเศษเหล็กเหนียวที่ใส่ลงในเตาแต่ละชิ้นจะเป็นสัดส่วนกับถ่านโค้กที่ใส่ลงไปแต่ละชนิดด้วย โดยทั่วๆ ไปจะใช้อัตราส่วน 5:1 ถึง 8:1 เช่น ถ้าใส่เหล็กดิบ 5 กิโลกรัม จะต้องใส่ถ่านโค้ก 1 กิโลกรัม

ฟลั๊กซ์(Flux) เป็นวัสดุที่มีจุดหลอมละลายต่ำ ใช้ทำความสะอาดน้ำเหล็ก ทำหน้าที่ผสมกับถ่านโค้กและออกไซด์ของเหล็กออกมาในรูปของขี้ตระกรัน(slaag) ฟลั๊กซ์ที่ใช้ในการหลอมเหล็กหล่อได้แก่ หินปูน ฟลูออไรด์ โซดาไฟ เป็นต้น

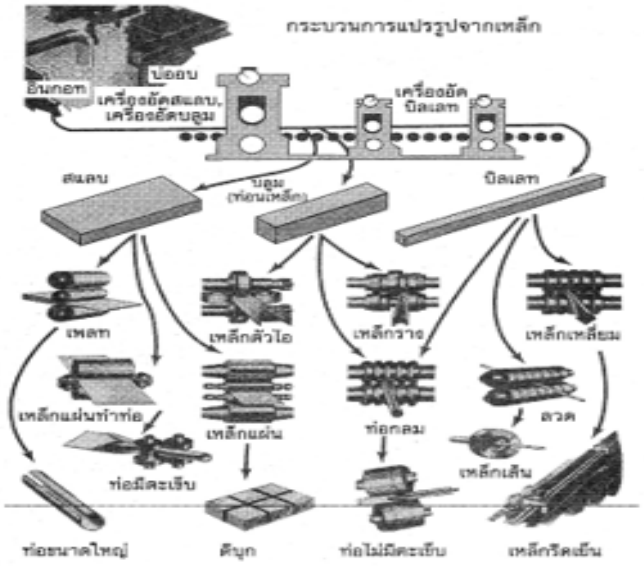
เมื่อทำการบรรจุวัตถุดิบเต็มเตาแล้วจึงให้ความร้อน ถ่านโค้กส่วนล่างสุดจะเกิดการเผาไหม้ ซึ่งในขณะที่มีการเผาไหม้ก็จะผ่านลมร้อนเข้าไปในเตา เพื่อช่วยให้อุณหภูมิภายในเตาสูงขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่อุณหภูมิในช่วงนี้จะอยู่ระหว่าง 1000-3000 องศาเซลเซียส ซึ่งจะทำให้เหล็กดิบและเศษเหล็กหลอมละลายได้ เมื่อเหล็กดิบในชั้นแรกหลอมละลายจนหมดแล้ว ก็จะแทงรูให้น้ำเหล็กไหลออก เพื่อนำไปเทในแบบให้มีรูปร่างต่างๆ ตามต้องการ การผลิตเหล็กรูปทรงต่างๆ

น้ำเหล็กที่ถูกนำไปหล่อในแม่พิมพ์หล่อ Mold) หลังจากเย็นตัวเกือบสมบูรณ์ ก็จะถูกนำออกมาจากแม่พิมพ์เรียกว่า อินกอท(Ingot) ซึ่งแท่งอินกอทที่ได้จะถูกนำมาอบในเตาเพื่อคงความร้อนไว้ ทั้งนี้เพื่อให้อินกอทอยู่ในสภาพของอุณหภูมิทำงาน จนกระทั่งอินกอทอยู่ในสภาพอ่อนตัว จึงนำไปรีดขึ้นรูปในเครื่องรีดเพื่อลดขนาดพื้นที่หน้าตัดลงให้มีขนาดเหมาะสมกับการนำไปขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์สำเร็จรูป เรียกเหล็กที่ได้จากการรีดอินกอทว่า เหล็กกึ่งสำเร็จรูป (Semi-Finish Steel Product) ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ชนิด คือ

1. สแลบ (Slab) เป็นเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ส่วนมากใช้ผลิตเป็นโลหะแผ่นหนา โลหะแผ่นบาง แผ่นเหล็กเคลือบดีบุก ท่อขนาดเล็ก และท่อขนาดใหญ่

2. บูลูม (Bloom) เป็นเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส โดยจะมีขนาดเล็กที่สุดคือ 6x6นิ้ว ใช้ในการทำเหล็กรางรถไฟ เหล็กโครงสร้าง เหล็กแท่งฝัน และท่อแบบไม่มีตะเข็บ

3 บิลเล็ท (Billet) เป็นเหล็กที่มีพื้นที่หน้าตัดเป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัส แต่เล็กกว่าบูลูม ใช้ในการทำแท่งเหล็กสี่เหลี่ยม เหล็กเส้นสำหรับตีเป็นลวด



หลังจากที่ได้เหล็กกึ่งสำเร็จรูปมาแล้ว ก็จะถูกนำไปแปรรูปเป็นเหล็กสำเร็จรูป หรือเหล็กรูปพรรณ ซึ่งในการแปรรูปนั้น สามารถแบ่งออกได้ 2 ประเภท คือ

1. การแปรรูปร้อน หรือเหล็กรีดร้อน (Hot Working or Hot Rolled Steel)
2. การแปรรูปเย็น หรือเหล็กรีดเย็น (Cold Working or Cold Rolled Steel)

เหล็กรีดร้อน (Hot Rolled Steel) คือ การนำเหล็กมาเผาให้ร้อนเกิน 1200องศาเซลเซียส แล้วนำมารีดขึ้นรูป ซึ่งจะมีลักษณะผิวสีน้ำตาลเข้มหรือสีดำ ผิวไม่เรียบ ตัวอย่างเช่น เหล็กรูปตัวไอ หรือเหล็กฉากรูปตัวแอลที่ใช้ในงานโครงสร้างต่างๆ

เหล็กรีดเย็น (Cold Rolled Steel) คือการนำเอาแท่งเหล็กที่รีดร้อนแล้วมากำจัดผิวสีดำๆออกก่อน โดยการจุ่มลงในกรดกำมะถันแล้วนำมารีดอีกครั้งโดยไม่เผาให้ร้อน เหล็กรีดเย็นนี้สามารถควบคุมความหนาได้ตามมาตรฐานที่ต้องการ และมีผิวแข็งกว่าเหล็กรีดร้อน เช่น เหล็กแผ่นทำกระป๋องหรือเหล็กแผ่นเคลือบสังกะสีมุงหลังคา

ผลของธาตุผสมต่างๆ ที่มีในเหล็กดิบ

เมื่อวิเคราะห์ธาตุผสมโดยทั่วไปของเหล็กดิบ จะได้ปริมาณธาตุต่างๆ ดังต่อไปนี้ คือ

คาร์บอน	3 – 5 %
ซิลิกอน	1 – 3 %
ฟอสฟอรัส	0.1 – 1.0 %
แมงกานีส	0.5 – 2.5 %
กำมะถัน	0.05 – 0.1 %

ธาตุส่วนใหญ่นั้นจะปะปนมากับวัตถุดิบที่ใช้ในการถลุงตั้งแต่เริ่มแรกแล้วเช่นคาร์บอนก็ได้มาจากถ่านโค้กซึ่งใช้เป็นเชื้อเพลิงในเตา อีกทั้งในถ่านโค้กก็ยังมีกำมะถันปะปนอยู่ด้วยเป็นต้น ซึ่งธาตุผสมต่างๆที่มีอยู่ในเหล็กดิบนั้นจะมีผลต่อคุณสมบัติของเหล็กดังนี้

1.คาร์บอน(C) จะปรากฏอยู่ในเหล็กสองลักษณะคืออยู่ในรูปสารประกอบเหล็กคาร์ไบด์(Fe3C) หรือ ซีเมนไตท์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่แข็งแต่เปราะ และอีกลักษณะหนึ่ง คาร์บอนจะปรากฏแทรกตัวอยู่ในเนื้อเหล็กในสภาพของคาร์บอนบริสุทธิ์ ได้แก่ กราไฟต์ ทำให้เนื้อเหล็กดูเป็นสีเทา ผลของคาร์บอนที่ผสมอยู่ทำให้จุดหลอมเหลวของเหล็กต่ำลงมา และจะต่ำมากที่สุดเมื่อเหล็กมีคาร์บอนผสมอยู่ 4.3%C ซึ่งเหล็กจะมีจุดหลอมเหลวที่อุณหภูมิ 1130oC การมีปริมาณคาร์บอนมากขึ้นจะทำให้หล่อลงแบบได้ง่าย มีความแข็งเพิ่มขึ้นและสามารถอบชุบด้วยความร้อนได้ แต่ความเหนียวและอัตราการขยายตัวจะลดลง คุณสมบัติในการเชื่อมประสานและการตีขึ้นรูปลดลง

2.ซิลิกอน(Si) ซิลิกอนในเนื้อเหล็กจะรวมตัวกับคาร์บอนเป็นสารประกอบซิลิกอนคาร์ไบด์(SiC) ซึ่งมีความแข็งมากส่งผลให้เนื้อเหล็กทั้งก้อนแข็งไปด้วย หากมีมากเกินไปเหล็กจะเปราะและแตกหักง่าย ซิลิกอนเป็นตัวช่วยให้เกิดกราไฟต์

3.แมงกานีส (Mn) มีจุดหลอมเหลว 1260 oC มีความหนาแน่น 7.47 kg/m3 แมงกานีสช่วยเพิ่มความแข็งให้แก่เหล็ก และช่วยกำจัดกำมะถัน โดยจะรวมตัวกันในรูปสารประกอบแมงกานีสซัลไฟด์ และเป็นตัวช่วยกำจัดออกซิเจนในน้ำเหล็ก ทำให้เหล็กสะอาด น้ำเหล็กไหลได้ง่าย เมื่อรวมตัวกับคาร์บอนในเหล็ก จะได้แมงกานีสคาร์ไบด์ช่วยให้เหล็กแข็งขึ้น

4.กำมะถัน(S) เป็นธาตุอโลหะ มีลักษณะเป็นก้อนสีเหลือง จุดหลอมเหลวอยู่ที่ 113 oC มีความหนาแน่น 2.06 kg/m3 เมื่อแทรกอยู่ในเนื้อเหล็กจะทำให้เหล็กเปราะหักง่าย ใช้งานไม่ได้ที่อุณหภูมิสูง รวมทั้งคุณสมบัติทางกลอื่นๆ จะเสียไปเมื่อเหล็กมีกำมะถันผสมอยู่เกินกว่า 0.1%

5.ฟอสฟอรัส(P) จุดหลอมเหลว 44oC เป็นธาตุอโลหะที่ไม่ต้องการให้มีในเหล็ก ถ้ามีจะทำให้การถลุงยากขึ้น เหล็กที่มีฟอสฟอรัสมากมักจะเปราะและหักง่ายที่อุณหภูมิห้อง ฟอสฟอรัสเมื่อรวมตัวกับเหล็กจะเกิดเป็น เหล็กฟอสไฟน์ สารประกอบตัวนี้ มักจะเกาะกลุ่มกันรอบเม็ดเกรนของเหล็ก ทำให้เหล็กแข็งขึ้นเล็กน้อย แต่จะทำให้เปราะมากกว่า โดยปกติแล้ว จะยอมให้มีฟอสฟอรัสในเหล็กได้ไม่เกิน 1% ถ้าต้องการหล่อชิ้นงานบางๆ นิยมเติมฟอสฟอรัสลงไฟเพื่อให้น้ำเหล็กไหลในแบบได้สะดวกขึ้น

6. แบบฝึกหัด/แบบทดสอบ

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 7 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. ขั้นตอนแรกของการผลิตเหล็กคือข้อใด

ก. การทำเหมืองแร่ ข. การถลุงสินแร่เหล็ก ค. การหลอมเหล็กกล้า ง. การแปรรูปเหล็ก

2. เตาชนิดใดที่ใช้ในการถลุงแร่เหล็ก

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาคิวโพล่า ค. เตาสูง ง. เตาเบสเซมเมอร์

3. ถ่านโค้กเป็นผลผลิตที่ได้มาจากอะไร

ก. หินปูน ข. หินอัคนี ค. ถ่านไม้ ง. ถ่านหิน

4. เหล็กชนิดใดที่ได้มาจากการถลุง

ก. เหล็กเหนียว ข. เหล็กดิบ ค. เหล็กกล้า ง. เหล็กหล่อ

5. วัตถุดิบชนิดใดที่ไม่ถูกบรรจุในเตาถลุงเหล็ก

ก. เหล็กดิบ ข. ถ่านโค้ก ค. หินปูน ง. สินแร่เหล็ก

6. เตาชนิดใดใช้ในการผลิตเหล็กกล้า

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาสูง

ค. เตาคิวโพล่า ง. เตาเซรามิค

7. เหล็กกล้าจะมีส่วนผสมของคาร์บอนอยู่กี่เปอร์เซ็นต์

ก. ไม่เกิน 0.5 % ข. ไม่เกิน 1.5 %

ข. ไม่เกิน 2 % ง. ไม่เกิน 4 %

8. หากต้องการลดกำมะถันที่มีอยู่ในเหล็กควรเลือกเตาที่มีผนังเป็นแบบใด

ก. ผนังเตาแบบเซรามิค

ข. ผนังเตาแบบกรด

ค. ผนังเตาแบบด่าง

ง. ผนังเตาอิฐทนไฟ

9. เหล็กหล่อสีเทาผลิตจากเหล็กดิบชนิดใด

ก. Basic pig ข. Forging Pig

ค. Foundry Pig ง. Malleable Pig

10.เตาชนิดใดที่ใช้ในการผลิตเหล็กหล่อ

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาสูง

ค. เตาคิวโพล่า ง. เตาเซรามิค

7. เอกสารอ้างอิง (ขึ้นหน้าใหม่)

1. หนังสือเรียนโลหะวิทยาเบื้องต้น

8. ภาคผนวก (เฉลยแบบฝึกหัด เฉลยแบบทดสอบ ฯ)

แบบทดสอบก่อนเรียน/หลังเรียน

หน่วยที่ 7 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก

คำสั่ง จงใส่เครื่องหมายกากบาท(X)ในช่องคำตอบที่ถูกลงในกระดาษคำตอบ

1. ขั้นตอนแรกของการผลิตเหล็กคือข้อใด

ก. การทำเหมืองแร่ ข. การถลุงสินแร่เหล็ก ค. การหลอมเหล็กกล้า ง. การแปรรูปเหล็ก

2. เตาชนิดใดที่ใช้ในการถลุงแร่เหล็ก

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาคิวโพล่า ค. เตาสูง ง. เตาเบสเซมเมอร์

3. ถ่านโค้กเป็นผลผลิตที่ได้มาจากอะไร

ก. หินปูน ข. หินอัคนี ค. ถ่านไม้ ง. ถ่านหิน

4. เหล็กชนิดใดที่ได้มาจากการถลุง

ก. เหล็กเหนียว ข. เหล็กดิบ ค. เหล็กกล้า ง. เหล็กหล่อ

5. วัตถุดิบชนิดใดที่ไม่ถูกบรรจุในเตาถลุงเหล็ก

ก. เหล็กดิบ ข. ถ่านโค้ก ค. หินปูน ง. สินแร่เหล็ก

6. เตาชนิดใดใช้ในการผลิตเหล็กกล้า

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาสูง

ค. เตาคิวโพล่า ง. เตาเซรามิค

7. เหล็กกล้าจะมีส่วนผสมของคาร์บอนอยู่กี่เปอร์เซ็นต์

ก. ไม่เกิน 0.5 % ข. ไม่เกิน 1.5 %

ข. ไม่เกิน 2 % ง. ไม่เกิน 4 %

8. หากต้องการลดกำมะถันที่มีอยู่ในเหล็กควรเลือกเตาที่มีผนังเป็นแบบใด

ก. ผนังเตาแบบเซรามิค

ข. ผนังเตาแบบกรด

ค. ผนังเตาแบบด่าง

ง. ผนังเตาอิฐทนไฟ

9. เหล็กหล่อสีเทาผลิตจากเหล็กดิบชนิดใด

ก. Basic pig ข. Forging Pig

ค. Foundry Pig ง. Malleable Pig

10.เตาชนิดใดที่ใช้ในการผลิตเหล็กหล่อ

ก. เตาไฟฟ้า ข. เตาสูง

ค. เตาคิวโพล่า ง. เตาเซรามิค

	ใบงาน ที่ 7	หน่วยที่ 7
	รหัสวิชา 20103-2014 ชื่อวิชา **วิชาโลหะวิทยาเบื้องต้น**	สอนครั้งที่ 15-17
	ชื่อหน่วยการเรียนรู้ กรรมวิธีการผลิตเหล็ก	ทฤษฎี 1 ชม. ปฏิบัติ 3 ชม.
ชื่องาน *กรรมวิธีการผลิตเหล็ก*		

แบบใบงาน/หลังเรียน

หน่วยที่ 7 กรรมวิธีการผลิตเหล็ก

ใบงานหลังบทเรียนครูผู้สอนสาธิตและเตรียมให้การหาคุณสมบัติของวัสดุ

วิทยาลัยเทคนิคบางสะพาน
BANGSAPHAN TECHNICAL COLLEGE
ก.ส.น.

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

11.1 ผลการจัดการเรียนรู้ตามแผนการสอน

1) วัน เดือน ปี .....สอนครั้งที่ .../.... สาขา/ชั้นปี .....จำนวนผู้เรียน.....คน มาเรียนปกติ.....คน ขาดเรียน.....คน ลาป่วย.....คน ลากิจ.....คน มาสาย.....คน

2) หัวข้อเรื่อง/เนื้อหาสาระ :

.....

.....

❑ สอนครบตามหัวข้อเรื่องในแผนฯ ❑ สอนไม่ครบเนื่องจาก.....

3) กิจกรรม/วิธีการสอน

❑ ครูแนะนำและบอกจุดประสงค์ ❑ ครูอธิบาย/ถาม-ตอบ/สาธิต/

❑ ทำแบบทดสอบก่อนเรียน ❑ ทำแบบทดสอบหลังเรียน

❑ ทำแบบฝึกหัด/โจทย์ปัญหา ❑ ทำใบกิจกรรม/ใบงาน

❑ อื่น ๆ (ระบุ).....

4) สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้ : .....

.....

11.2 ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน/ผลการสอนของครู/ปัญหาที่พบ

1) การวัดผลและประเมินผล/ผลการเรียนรู้ของผู้เรียน : .....

.....

2) สมรรถนะที่ผู้เรียนได้รับ : .....

.....

3) สอดแทรกคุณธรรม จริยธรรม และค่านิยม : .....

4) ผลการสอนของครู : .....

.....

5) ปัญหาที่นำไปสู่การวิจัย : .....

.....

11.3 แนวทางการพัฒนาคุณภาพการสอน/แก้ปัญหา

1) ผลการใช้และปรับปรุงแผนการสอนครั้งนี้ : .....

2) แนวทางพัฒนาคุณภาพวิธีสอน/สื่อ/การวัดผล/เอกสารช่วยสอน

.....

ลงชื่อ

(.....)

ครูผู้สอน

...../...../.....