



# สารบัญ

## บทที่ 1 แหล่งความร้อนและการนำความร้อน ..... 11

1.1 บทนำ	12	
1.2 การเชื่อมแบบหลอมเหลว (Fusion Welding Processes)		12
1.3 ความหนาแน่นของแหล่งความร้อน (Density of Heat Source)		13
1.4 อัตราการให้ความร้อน (Rate of Heat Input)	15	
1.5 การเป็นตัวนำความร้อนของโลหะ (Thermal Conductivity of Metal)		17
1.6 ความหนาของชิ้นงาน (Thickness of Plate)	19	
1.7 ความเร็วในการเดินลวดเชื่อม (Speed of Movement)		19
1.8 บทสรุป	20	
แบบฝึกหัดท้ายบท	21	

## บทที่ 2 การพาของเหลวในรอยเชื่อม และการสูญเพลิงในบ่อหลอมเหลว ..... 25

2.1 บทนำ	26	
2.2 แรงขับเคลื่อนที่เกิดการไหลเวียนของน้ำโลหะ (Driving Force for Fluid Flow)		28
2.3 รูปแบบหรือลักษณะของอิเล็กโทรดทั้งสแตน	28	
2.4 ผลกระทบจากกระแสเชื่อม (Effect of Welding Currents)		32
2.5 แรงขับเคลื่อนในบ่อหลอมเหลว (Driving Force in Weld Pool)		33
2.6 การสูญเพลิงในบ่อหลอมเหลว (Weld Pool Evaporation)		41
2.7 บทสรุป	42	
แบบฝึกหัดท้ายบท	43	

**บทที่ 3 กลไกการแข็งตัวและโครงสร้างเกรน ..... 47**

3.1 บทนำ	48	
3.2 การเกิดนิวเคลียสแบบเอกพันธ์ (Homogeneous Nucleation)		48
3.3 การแข็งตัวของรอยเชื่อม (Solidification of Weldmetal)		50
3.4 ระนาบสัมผัสระหว่างของแข็งและของเหลว (Solid-liquid Interface)		52
3.5 ผลกระทบต่อองค์ประกอบในการแข็งตัว (Effect to Constitutionals to Solidification)		58
3.6 การเคลื่อนที่ของโครงสร้างเกรน (Grain Structure Transition)		60
3.7 ผลกระทบจากความร้อนและความเร็ว (Effect Heat Input and Speed)		62
3.8 บทสรุป	66	
แบบฝึกหัดท้ายบท	67	

**บทที่ 4 อัตราการเย็นตัวของงานเชื่อม ..... 71**

4.1 บทนำ	72	
4.2 แผนภาพการเปลี่ยนเฟสที่อุณหภูมิและเวลา (Time-Temperature-Transformation Diagram)		72
4.3 ผลกระทบจากอุณหภูมิ (Effect to Temperature)		75
4.4 ประวัติอุณหภูมิและการกระจายตัว (Temperature History)		76
4.5 ผลกระทบจากอัตราการเย็นตัว (Effect Cooling Rate)		78
4.6 $\Delta T_{8/5}$ ในการเชื่อม ( $\Delta T_{8/5}$ in Welding)		79
4.7 บทสรุป	85	
แบบฝึกหัดท้ายบท	86	

**บทที่ 5 ความสามารถในการชุบแข็งและธาตุผสม ..... 91**

5.1 บทนำ	92	
5.2 ความสามารถในการเชื่อม (Weldability)		92
5.3 ความสามารถในการชุบแข็ง (Hardenability)		94
5.4 อิทธิพลของธาตุ (Effect Element)		98
5.5 บทสรุป	106	
แบบฝึกหัดท้ายบท	107	

<b>บทที่ 6 บริเวณกระทบร้อนในเหล็กกล้าคาร์บอน.....</b>	<b>111</b>
6.1 บทนำ	112
6.2 หลักการพื้นฐานของบริเวณกระทบร้อน (Background HAZ)	112
6.3 เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel)	116
6.4 การอุ่นงาน (Preheat)	123
6.5 บทสรุป	124
แบบฝึกหัดท้ายบท	125
<b>บทที่ 7 การเชื่อมโลหะที่ผ่านการขึ้นรูปเย็น.....</b>	<b>129</b>
7.1 บทนำ	130
7.2 หลักการพื้นฐานของการเปลี่ยนรูปถาวร (Background Plastic Deformation)	130
7.3 การคืนตัว การเรียงเกรนใหม่ และเกรนโต (Recovery Recrystallization and Grain Growth)	134
7.4 การเรียงเกรนใหม่ และเกรนโตในงานเชื่อม (Recrystallization and Grain Growth in Welding)	139
7.5 ผลของปัจจัยการเชื่อมและกระบวนการเชื่อม (Effect of Welding Parameters and Process)	145
7.6 บทสรุป	145
แบบฝึกหัดท้ายบท	147
<b>บทที่ 8 การแตกร้าวในงานเชื่อม.....</b>	<b>151</b>
8.1 บทนำ	152
8.2 การแตกร้าวขณะแข็งตัวหรือการแตกร้อน (Solidification Cracking or Hot Crack)	152
8.3 การทดสอบการแตกร้าวขณะแข็งตัว (Solidification Testing)	153
8.4 ปัจจัยทางโลหะวิทยา (Factor Metallurgy)	155
8.5 ปัจจัยทางกล (Mechanical Factors)	160
8.6 แนวทางในการลดการแตกร้าวขณะแข็งตัว (Reducing Solidification Crack)	161

8.7 การแตกเย็น (Cold Crack)	165
8.8 บทสรุป	167
แบบฝึกหัดท้ายบท	168
<b>บทที่ 9 การหลอมเหลวบางส่วนในงานเชื่อม</b>	<b>171</b>
9.1 บทนำ	172
9.2 หลักฐานการเกิดขึ้นของการหลอมเหลวบางส่วน (Evidence of Liquation)	173
9.3 การหลอมเหลวบางส่วนกับการเชื่อมอะลูมิเนียมผสม (PMZ to Welding Aluminum Alloy)	174
9.4 บทสรุป	177
แบบฝึกหัดท้ายบท	178
<b>บทที่ 10 โลหะวิทยาการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม</b>	<b>181</b>
10.1 บทนำ	182
10.2 ประเภทของเหล็กกล้าไร้สนิม (Classification of Stainless Steel)	182
10.3 ผลกระทบจากการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม (Effect to Welding Stainless Steel)	184
10.4 การเชื่อมโลหะต่างชนิด (Welding Dissimilar Metal)	191
10.5 บทสรุป	195
แบบฝึกหัดท้ายบท	196
<b>บทที่ 11 การเชื่อมอะลูมิเนียมที่ผ่านการบ่มแข็ง</b>	<b>201</b>
11.1 บทนำ	202
11.2 หลักการพื้นฐาน (Background)	202
11.3 อะลูมิเนียม AL – CU – Mg และ AL – Mg – Si	208
11.4 บทสรุป	211
แบบฝึกหัดท้ายบท	212
<b>คู่มือปฏิบัติการประลอง</b>	<b>215</b>
<b>บรรณานุกรม</b>	<b>283</b>



ชื่อ 3 ก.ค. 55

- ในกรณีที่ต้องการซื้อเป็นจำนวนมาก เพื่อใช้ในการสอน การฝึกอบรม การส่งเสริมการขาย หรือเป็นของขวัญพิเศษ เป็นต้น กรุณาติดต่อสอบถามราคาพิเศษได้ที่ ฝ่ายขาย บริษัท ซีเอ็ดดูเคชั่น จำกัด (มหาชน) อาคารเนชั่นทาวเวอร์ ชั้นที่ 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด กม. 4.5 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8222 โทรสาร 0-2739-8356-9
- หากมีคำแนะนำหรือติชม สามารถติดต่อได้ที่ [comment@se-ed.com](mailto:comment@se-ed.com)

## โลหะวิทยาการเชื่อม

โดย ฉัตรทอง ไสแสง, อนุชาติ มากกลาง และวิทยา กองตระกูลดี

ราคา 175 บาท

สงวนลิขสิทธิ์ในประเทศไทยตาม พ.ร.บ. ลิขสิทธิ์ © พ.ศ. 2554 โดย ฉัตรทอง ไสแสง, อนุชาติ มากกลาง และ วิทยา กองตระกูลดี

ห้ามคัดลอก ลอกเลียน ดัดแปลง ทำซ้ำ จัดพิมพ์ หรือกระทำการอื่นใด โดยวิธีการใดๆ ในรูปแบบใดๆ ไม่ว่าส่วนหนึ่งส่วนใดของหนังสือเล่มนี้ เพื่อเผยแพร่ในสื่อทุกประเภท หรือเพื่อวัตถุประสงค์ใดๆ นอกจากจะได้รับอนุญาต

4 1 0 - 5 0 6 - 2 8 8  
0 4 5 5 2 1 0 9 8 7 6 5 4

ข้อมูลทางบรรณานุกรมของหอสมุดแห่งชาติ  
ฉัตรทอง ไสแสง.

เลขหมู่	671. 52
	3 114
	2554
เลขทะเบียน	19209
วันที่	0 3/ก.ค. /2555

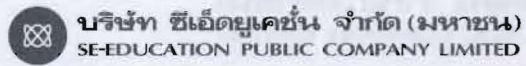
114110

โลหะวิทยาการเชื่อม. --กรุงเทพฯ : ซีเอ็ดดูเคชั่น, 2554.  
288 หน้า.

1. โลหะ--การเชื่อม. 2. โลหะวิทยา.
- I. อนุชาติ มากกลาง, ผู้แต่งร่วม. II. วิทยา กองตระกูลดี, ผู้แต่งร่วม. III. ชื่อเรื่อง. 671.52

ISBN : 978-616-08-0245-6

จัดพิมพ์และจัดจำหน่ายโดย



อาคารเนชั่นทาวเวอร์ ชั้นที่ 19 เลขที่ 1858/87-90 ถนนบางนา-ตราด กม. 4.5 แขวงบางนา เขตบางนา กรุงเทพฯ 10260 โทรศัพท์ 0-2739-8000

พิมพ์ที่ บริษัท โรงพิมพ์อักษรสัมพันธ์ (1987) จำกัด  
เลขที่ 18 ซอยประชาอุทิศ 33 แยก 25 แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140 โทรศัพท์ 0-2428-7500  
นายอุทัย ธนสารอักษร ผู้พิมพ์โฆษณา พ.ศ. 2554

สำนักหอสมุดและศูนย์สารสนเทศวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี