หน่วยที่ 8
งานบัดกรีแข็ง

	แผนการสอน/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	หน่วยที่ 8
	ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	สอนสัปดาห์ที่ 14
	ชื่อหน่วย งานบัดกรีแข็ง	คาบรวม 4

เนื้อหาเนื้อหาสาระการสอน/การเรียนรู้

1. งานบัดกรีแข็ง

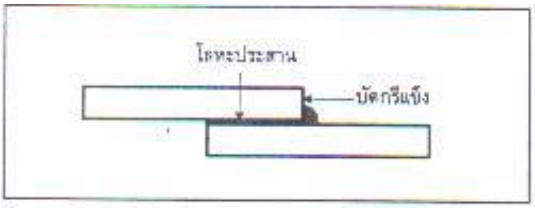
1.1 งานบัดกรีแข็ง

งานบัดกรีแข็ง (Brazing) หมายถึง กรรมวิธีต่อโลหะสองชิ้นให้ติดกัน โดยใช้ความร้อนเกินกว่า 840 °F (450 ° C) ความร้อนที่ให้นี้เพียงพอต่อการหลอมละลายโลหะประสาน (โลหะบัดกรี) โลหะประสานนี้จะประสานให้โลหะสองชิ้นติดกันโดยที่ชิ้นโลหะทั้งสองชิ้นไม่ได้หลอมละลายรวมตัวกับโลหะประสาน ซึ่งเหมาะสำหรับงานดังนี้

1. ใช้ยึดประกอบชิ้นงานที่ไม่ต้องการความแข็งแรงมากนัก เช่น งานบัดกรีเครื่องประดับต่าง ๆ
2. ไม่เกิดแนวนูนเหมือนแนวเชื่อม งานบางประเภทไม่เป็นที่ต้องการ เพราะแนวนูนที่เกิดจากการเชื่อมอาจจะไปขวางทางเดินในการทำงานของเครื่องมือ-เครื่องจักรได้
3. ชิ้นงานไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายใน โลหะบางประเภทเมื่อเชื่อมแล้วความแข็งแรงกลับลดลง แต่การบัดกรีแข็ง ชิ้นงานที่ต้องการไม่หลอมละลาย
4. ไม่เกิดการบิดตัว เนื่องจากใช้ความร้อนน้อย
5. เสียค่าใช้จ่ายน้อยกว่า เพราะประหยัดเวลาและค่าใช้จ่ายในการเตรียมงานก่อนการเชื่อมและหลังการเชื่อม

การบัดกรีนั้น โลหะบัดกรีจะทำหน้าที่ฉาบ เยิ้มไหลซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างชิ้นงานทั้งสองชิ้นนั้น ดังนั้น การบัดกรีแข็ง (Brazing) รอยต่อจะต้องมีช่องว่างที่เล็ก หรือแคบมากประมาณ 0.025 นิ้ว ถึง 0.003 นิ้ว

ช่องว่างเล็ก ๆ นั้น จะมีลักษณะเป็นรูหรือหลอดขนาดเล็กที่จะทำปฏิกิริยาให้น้ำโลหะประสานซึมเข้าไปในรอยต่อ เมื่อได้รับความร้อนเพียงพอ ดังแสดงในรูปที่ 6.1

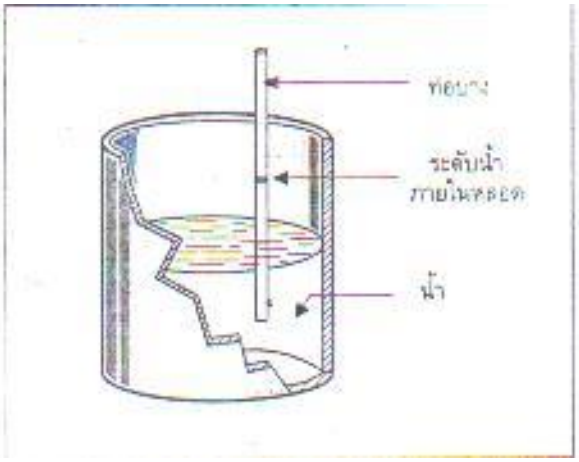


รูปที่ 6.1 แสดงการบัดกรีแข็งในการต่อเกย

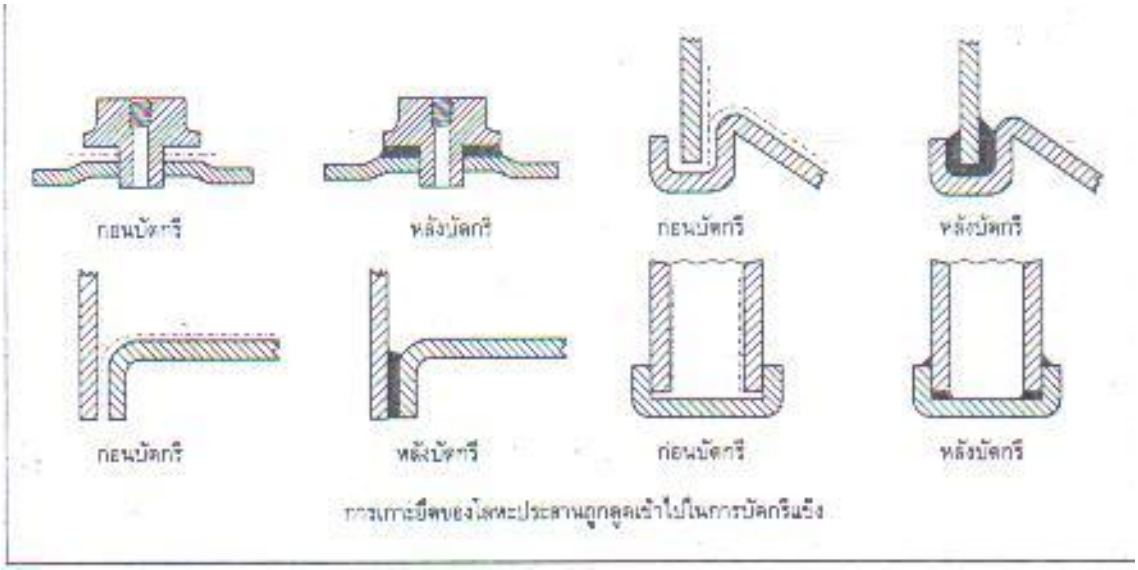
•

2. หลักการแล่นประสานของโลหะประกอบ

เมื่อน้ำหลอดขนาดเล็กจุ่มลงในโหลน้ำจะเกิดแรงดึงน้ำที่อยู่ในหลอดสูงขึ้น หรือดึงของเหลวขึ้นสูงกว่าระดับปกติ ดังแสดงในรูปที่ 6.2 ซึงการบัดกรีแข็งใช้หลักการนี้ช่วยในการซึมแล่นเข้าไปภายในช่องว่างระหว่างชิ้นงาน ดังแสดงในรูปที่ 6.3



รูปที่ 6.2 แสดงกิริยาของหลอดที่ดึงน้ำภายในหลอดขึ้นสูงกว่าระดับน้ำภายในโหล

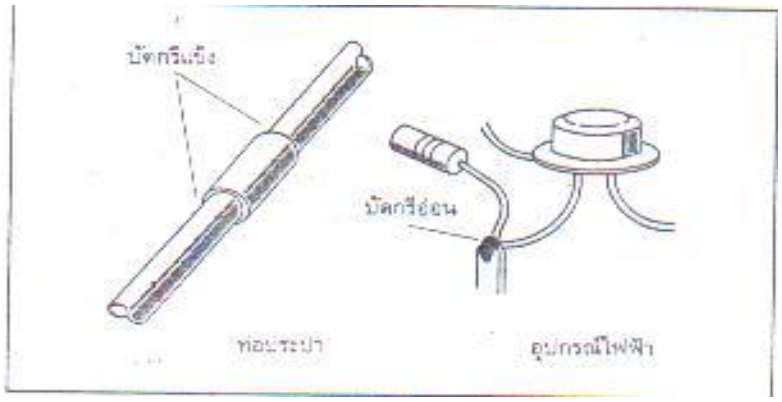


รูปที่ 6.3 แสดงลักษณะของรอยต่อ และการซึมแล่นของโลหะประสานในกรบัดกรีแข็ง

	แผนการสอน/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	**หน่วยที่ 8**
	ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	**สอนสัปดาห์ที่ 14**
	ชื่อหน่วย งานบัดกรีแข็ง	**คาบรวม 4**

คุณสมบัติของการบัดกรีแข็ง

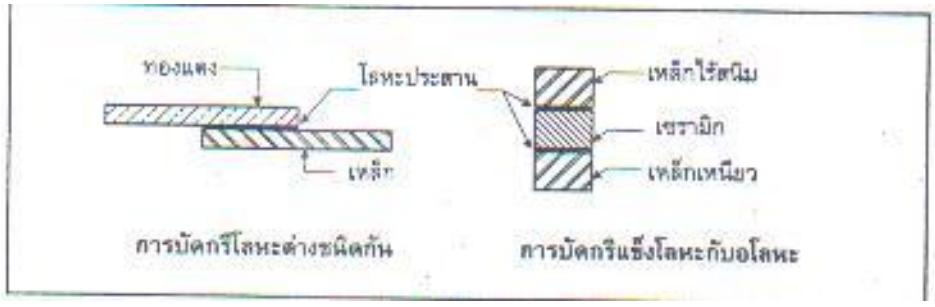
1. รอยต่อที่ได้จากการบัดกรีไม่ฉีกหรือหลุดออกมาได้โดยง่าย มีอายุการใช้งานเพียงพอกับความต้องการ แต่จะหลุดออกได้ง่ายเมื่อได้รับความร้อน จนกระทั่งถึงจุดหลอดละลายของโลหะบัดกรี และชิ้นส่วนนั้นก็ยังสามารถนำมาใช้งานได้อีก ดังแสดงในรูปที่ 6.4



รูปที่ 6.4 แสดงตัวอย่างรอยต่อที่ถาวรแต่ก็สามารถแยกออกได้ง่ายเมื่อได้ความร้อน

2. วัสดุที่ไม่เหมือนกันสามารถต่อกันได้ เป็นเรื่องง่ายกรณีที่จะต่อโลหะที่ไม่เหมือนกันให้ติดกัน

เช่น ทองแดงกับเหล็ก อะลูมิเนียมกับทองเหลือง และเหล็กหล่อกับเหล็กไร้สนิม เป็นไปได้ที่เราจะประสานวัสดุที่ไม่ใช่โลหะเข้าด้วยกัน หรือโลหะประสานกับวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ เช่น เซรามิก (Ceramic) สามารถประสานกับโลหะได้ด้วยการบัดกรีแข็ง ดังแสดงในรูปที่ 6.5



รูปที่ 6.5 แสดงการต่อโลหะต่างชนิดกัน และการต่อโลหะกับวัสดุที่ไม่ใช่โลหะ

3. ความเร็วในการบัดกรี การบัดกรีแข็ง เราสามารถรวบรวมชิ้นส่วนที่จะบัดกรีนำไปเผาหรืออบให้ร้อนด้วยเตาไฟฟ้า (Furnace) แล้วจึงนำมาบัดกรีแข็ง ซึ่งจะช่วยให้สามารถบัดกรีแข็งได้จำนวนมาก เพราะประหยัดเวลาในการเผาให้ความร้อน

4. กรณีอุณหภูมิต่ำ อาจเป็นเพราะว่า เวลาในการให้ความร้อนน้อยเกินไป นับว่าเป็นองค์ประกอบอย่างหนึ่งที่ผู้ปฏิบัติงานบัดกรีแข็งจะต้องควบคุมให้ได้ก่อนที่จะเติมลวดประสานลงไป

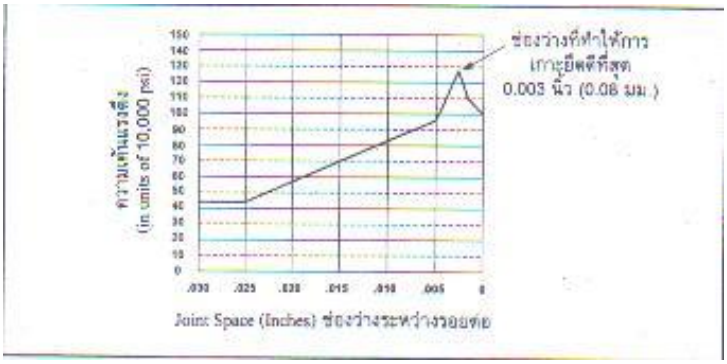
5. การแตกร้าวของแนวบัดกรีเนื่องมาจากอุณหภูมิ ความร้อนที่เผาบนชิ้นงาน ถ้ามีอุณหภูมิสูงอาจเป็นสาเหตุให้แนวบัดกรีเสียหายหรือแตกร้าวได้ ซึ่งจะต้องมีการควบคุมอุณหภูมิให้ต่ำแต่เพียงพอกับการบัดกรี ปัญหาการแตกร้าวนี้ผู้ปฏิบัติงานไม่ควรให้เกิดขึ้นในการบัดกรี

6. การให้ความร้อนและการเย็นตัว การให้ความร้อนในการบัดกรี ควรให้ความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างช้า ๆ เพราะใช้ความร้อนน้อย โดยที่ชิ้นงานไม่หลอมละลาย เพียงแต่โลหะบัดกรีซึ่งมีขนาดเล็กหลอมละลายได้เร็วกว่า ซึ่งจะหลอมละลายและแทรกซึมไปเกาะยึดในรอยต่อเมื่อเย็นตัวลง แต่การเย็นตัวอนุญาตให้เย็นตัวลงได้อย่างรวดเร็ว

การเกิดความร้อนเค้นภายในเนื้อโลหะมีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างกะทันหัน ซึ่งสามารถแก้ไขให้ลดลงได้โดยการให้ความร้อนที่รอยต่ออีกครั้งหนึ่ง แล้วปล่อยให้เย็นตัวลงอย่างช้า ๆ

7. คุณสมบัติทางฟิสิกส์ของรอยต่อ เช่น ความเค้นแรงดึง (Tensile Strength) ซึ่งรอยต่อที่เกิดจากการบัดกรีจะสามารถต้านทานต่อแรงดึงได้ดี โดยทนต่อแรงดึงได้สูงกว่าลวดบัดกรี 4-5 เท่า ซึ่งเปรียบเทียบได้กับน้ำซึ่งไม่มีค่าความเค้นแรงดึงเลย แต่เมื่อหยดน้ำลงบนวัตถุที่มีผิวเรียบ เช่น กระจก 2 ชั้นประกบกันอยู่จะเกิดฟิล์มบาง ๆ บนผิวกระจก ซึ่งเกิดความต้านทานต่อแรงดึงสูง

ในหลักการเดียวกันดังที่กล่าวมาข้างต้น การบัดกรีแข็ง (Brazing) รอยต่อที่มีช่องว่างที่พอเหมาะที่ผิวหน้าจะมีความต้านทานต่อแรงดึงเพิ่มขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 6.6

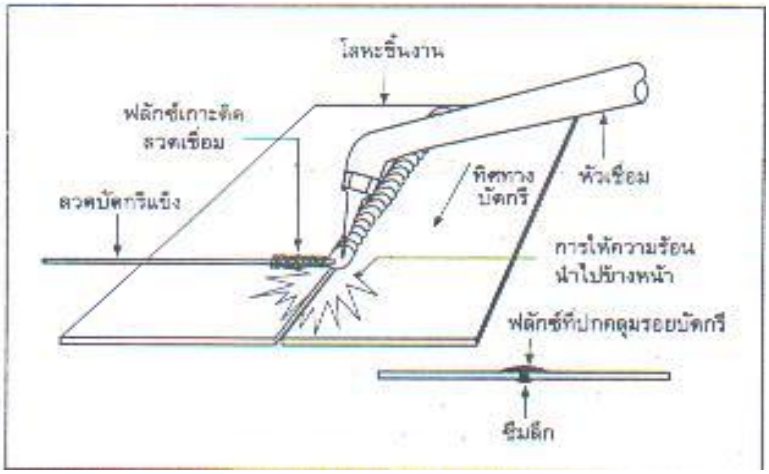


รูปที่ 6.6 ความเค้นแรงดึงของรอยต่อบัดกรีแข็งเพิ่มขึ้น ถ้าช่องว่างระหว่างของรอยต่อเพิ่มขึ้น

แต่เมื่อห่างมากเกินไปความเค้นแรงดึงก็เริ่มลดลง

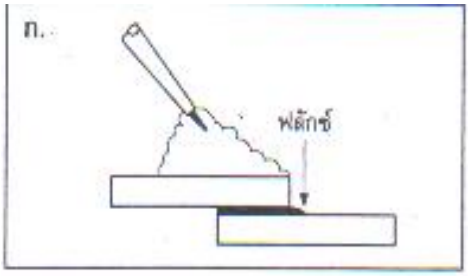
3. ตัวช่วยประสาน (Flux)

ตัวช่วยประสานที่ใช้ในการบัดกรีมีทั้งชนิดเหลว และเป็นผง เพื่อเป็นตัวทำความสะอาดรอยบัดกรี ขจัดออกไซด์ขณะบัดกรี และเป็นตัวช่วยประสานทำให้โลหะบัดกรีแล่นซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างรอยต่อได้ง่าย การบัดกรีแข็งส่วนใหญ่แล้วฟลักซ์จะเป็นชนิดผง ในการฟลักซ์ผงควรเผาลวดบัดกรีให้ร้อน มีความยาวประมาณ 60 มม. แล้วจุ่มลวดที่เผาให้ร้อนนั้นลงในภาชนะที่บรรจุผงฟลักซ์ ซึ่งผงฟลักซ์จะเกาะติดลวดเชื่อม เมื่อเผาชิ้นงานจนกระทั่งได้อุณหภูมิเหมาะสมแล้ว จึงเติมลวดพร้อมฟลักซ์ลงไปในรอยต่อ หรือเผาชิ้นงานให้ร้อนแล้วใช้วิธีโรยฟลักซ์บาง ๆ ลงบริเวณรอยต่อที่จะทำการบัดกรี ฟลักซ์ที่โรยลงไปจะหลอมละลายเกาะติดกับชิ้นงาน เมื่อเติมลวดบัดกรีลงไป จะช่วยให้โลหะบัดกรีซึมแล่นเข้าไปในรอยต่อได้ง่าย ดังแสดงในรูปที่ 6.7 และรูปที่ 6.8

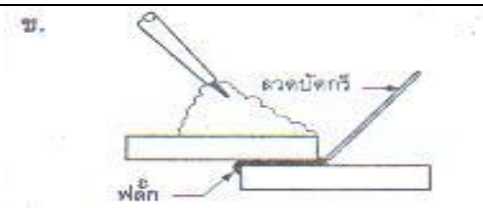


รูปที่ 4.7 แสดงการบัดกรีแข็งด้วยการเผาลวดบัดกรีให้ร้อน แล้วจุ่มในภาชนะบรรจุฟลักซ์

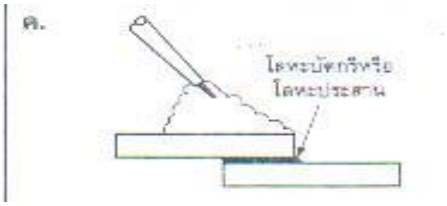
ทำให้ฟลักซ์เกาะติดที่ลวด



จากรูป ก. เผาชิ้นงานให้ได้อุณหภูมิประมาณ 850 °F แล้วจึงโรยฟลักซ์ลงไปในรอยต่อที่จะบัดกรี ฟลักซ์จะละลายและซึมเข้าไปในรอยต่อทำหน้าที่ทำความสะอาดผิวหน้าบริเวณรอยต่อ



จากรูป ข. เติมลวดบัดกรีลงบนรอยต่อ ฟลักซ์จะช่วยลดออกซิเจนบนรอยต่อ และช่วยให้ลวดบัดกรีที่ละลายสามารถซึมแล่นเข้าไปในรอยต่อได้ง่าย



จากรูป ค. ลวดบัดกรีซึมแล่นเข้าไปในช่องว่างระหว่างรอยต่อ

รูปที่ 4.8 แสดงการใช้ช่วยในการขจัดออกไซด์ ทำความสะอาดผิวหน้ารอยบัดกรี และช่วยให้ลวดบัดกรีไหลเข้าไปในรอยต่อ

การเลือกใช้ตัวประสาน (Flux) ขึ้นอยู่กับชนิดของลวดบัดกรี เช่น

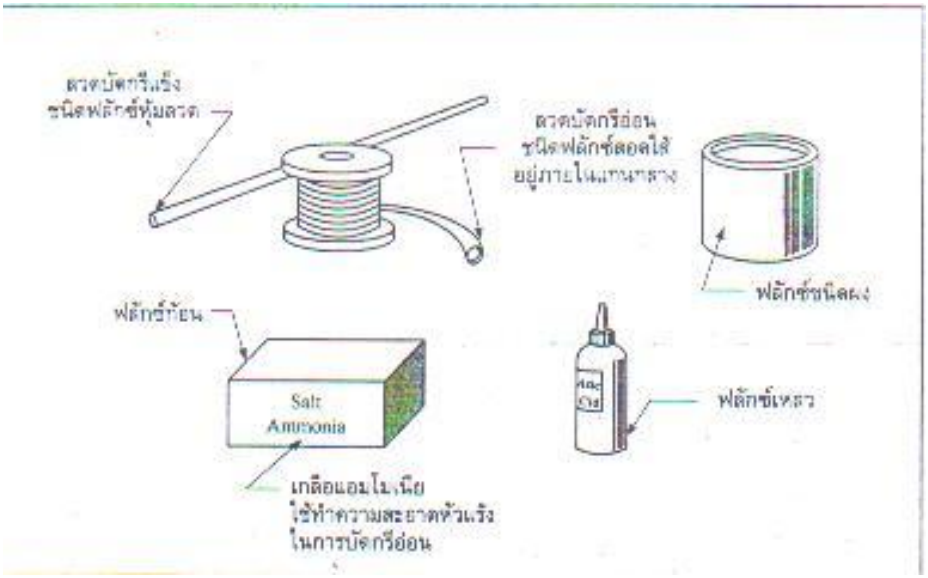
ลวดบัดกรี	**ชิ้นงานบัดกรี**	**ตัวประสาน (FLUX)**
ทองเหลือง, บรอนซ์	เหล็กกล้าละมุน (Mild Steel) เหล็กหล่อ (Cast Steel)	บอแรกซ์ (Borax)
เงิน, เงินเจือ, ทังสเตน	ทองแดง เงิน	โซเดียมไซยาไนต์ กรดโบริก กรอโบเรต
เงินเจือ	เหล็กไร้สนิม ซิลิคอนบรอนซ์ ทองเหลืองเจืออะลูมิเนียม เบริลเลียม	อัลคาไลน์ไบฟลูออไรด์ (Alkaline Bifluoride)

จากตารางจะเห็นว่า อัลคาไลน์ไบฟลูออไรด์ (Alkaline Bifluoride) เป็นฟลักซ์อีกชนิดหนึ่งที่ใช้ในการบัดกรีแข็ง ซึ่งเหมาะสำหรับชิ้นงานที่เป็นโลหะประเภทเหล็กไร้สนิม (Stainless) ซิลิคอนบรอนซ์ ทองเหลืองเจือ อะลูมิเนียม และเบริลเลียม แต่กลิ่นของแก๊สที่เกิดจากฟลักซ์ชนิดนี้จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพ ดังนั้น ในการทำงาน ผู้ปฏิบัติงานบัดกรีแข็งโลหะด้วยฟลักซ์ชนิดนี้ต้องบัดกรีในสถานที่ที่มีอากาศถ่ายเทได้ดี

	แผนการสอน/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	หน่วยที่ 8
	ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	สอนสัปดาห์ที่ 14
	ชื่อหน่วย งานบัดกรีแข็ง	คาบรวม 4

ในการใช้ฟลักซ์ที่ทำจากเกลือโซเดียมไซยาไนด์ก็เช่นกัน แก๊สที่เกิดจากการใช้ฟลักซ์ชนิดนี้จะมีอันตรายมากต่อระบบการหายใจ ดังนั้นขณะบัดกรีชิ้นงานต้องพยายามหลีกเลี่ยงการสูดกลิ่นระเหยของฟลักซ์ชนิดนี้และไม่ควรถูกส่วนใดส่วนหนึ่งของร่างกาย ฟลักซ์ชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับผู้ที่เคยได้รับการฝึกหัดมาเป็นอย่างดี

ลวดบัดกรีบางชนิด เพื่อความสะดวกในการใช้งาน บริษัทผู้ผลิตจะออกแบบให้ฟลักซ์หุ้มลวดบัดกรี หรือใส่ฟลักซ์ไว้แกนกลาง ซึ่งลวดประเภทนี้ช่วยให้บัดกรีได้สะอาดและยุ่งยากในการท างาน ดังแสดงในรูปที่ 6.9



รูปที่ 6.9 แสดงลวดบัดกรีและฟลักซ์แบบต่าง ๆ ในการบัดกรี

ฟลักซ์ที่เหมาะสำหรับลวดบัดกรีทองเหลือง การเลือกใช้ฟลักซ์ขึ้นอยู่กับชนิดของลวดบัดกรีและชิ้นงานที่จะบัดกรี แต่ฟลักซ์ที่เหมาะสำหรับลวดทองเหลืองที่นิยมใช้กันนั้น คือ ผงบอแรกซ์ (Borax) หรือฟลักซ์เหลวที่เกิดจากการใช้ผงบอแรกซ์จำนวน 75% ผสมกับกรดโบริกจำนวน 25%

- ในการบัดกรีมิใช่ว่าฟลักซ์จะเป็นตัวช่วยทำความสะอาดได้ทั้งหมด ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานควรพิจารณาช่วยทำความสะอาดตามความเหมาะสมในเบื้องต้น เช่น ล้างไขมัน หรือคราบน้ำมันออกจากผิวหน้าของชิ้นงาน หรือใช้กระดาษทรายขัดคราบสนิมที่ไม่ต้องการออกเสียก่อน เพื่อคุณภาพของรอยบัดกรี

- ถ้าใช้ฟลักซ์มากเกินไปในการบัดกรีอ่อนหรือแข็งก็ตาม นอกจากจะต้องเสียค่าใช้จ่ายมากขึ้นโดยเปล่าประโยชน์แล้ว ยังทำให้มีฟลักซ์เหลือตกค้างจำนวนมากบนรอยต่อ ซึ่งจะทำให้รอยต่อไม่แข็งแรง หรือเป็นสาเหตุให้รอยต่อแตกร้าวได้ในอนาคต

	แผนการสอน/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	**หน่วยที่ 8**
	ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	**สอนสัปดาห์ที่ 14**
	ชื่อหน่วย งานบัดกรีแข็ง	**คาบรวม 4**

4. ลวดบัดกรีหรือโลหะประสาน

เป็นตัวยึดหรือประสานให้โลหะ2 ชิ้นต่างชนิดกันหรือกับโลหะให้ติดกันขณะที่เผาจนกระทั่งลวดบัดกรีหลอมละลายลวดประสานจะทำจากโลหะผสมกันเพื่อทีจะใช้อุณหภูมิต่ำในการบัดกรีลวดบัดกรีแข็งต้องเลือกให้เหมาะสมกับ ชิ้นงานที่จะบัดกรีเพราะการบัดกรีแข็งชิ้นงานไม่หลอมละลายจะหลอมละลายเฉพาะลวดลวดบัดกรีเท่านั้นคือลวดบัดกรี จะต้องมีจุดหลอมละลายต่ำกว่าชิ้นงานเช่น การบัดกรีควรเลือกใช้ลวดบัดกรีทองเหลือง แต่ชิ้นงานที่เป็นทองเหลืองควรใช้

ตารางที่ 6-1 แสดงการเลือกใช้ลวดบัดกรีให้เหมาะสมกับโลหะงาน

Base Metal	Brazing Filler Metal
Aluminum	BAISi, aluminun silicon
Carbon steel	BCuZn, beass (copper-zinc) BAg, silver alloy
Alloy Steel	BNi, nickel alloy
Stainless Steel	BAu, gold base alloy BNi, nickel alloy
Cast lron	BCuZn, brass (copper-zinc)
Galvanized lron	BCuZn, brass (copper-zinc)
Nickel	BAu, gold base alloy BAg, silver alloy BNi, nickel alloy
Nickel-cipper Alloy	***BNi, nickel alloy*** BAg, silver alloy BCuZn, brass (copper-zinc)
Copper	BCuZn, brass (copper-zinc) BAg, silver alloy BCuP, copper-phosphorus
Silicon Bronze	BCuZn, brass (copper-zinc) BAg, silver alloy
Tungsten	BCuP, copper-phosphorus

ตารางที่ 6-2 ตารางแสดงการเว้นช่องว่างของรอยต่อที่เหมาะสำหรับโลหะบัดกรีในการบัดกรีแข็ง

Filler Metal	*Joint Spacing*	
	In.	**mm**
BAISi	.006-.025	(0.15-0.61)
BAg	.002-.005	(0.05-0.12)
BAu	.002-.005	(0.05-0.12)
BCuP	.001-.005	(0.03-0.12)
BCuZn	.002-.005	(0.05-0.12)
BNi	002-.005	(0.05-0.12)

จากตารางเป็นการเว้นช่องว่างบัดกรีแข็งให้เหมาะสมกับชนิดของลวดบัดกรี เช่น BAg หมายถึง ลวดบัดกรีแข็งทีเป็นเงิน ควรเว้นช่องว่างระหว่างชิ้นงาน 0.002-0.005 นิ้ว หรือ 0.05-0.12 มม. เป็นต้น

5. การให้ความร้อนในการบัดกรี

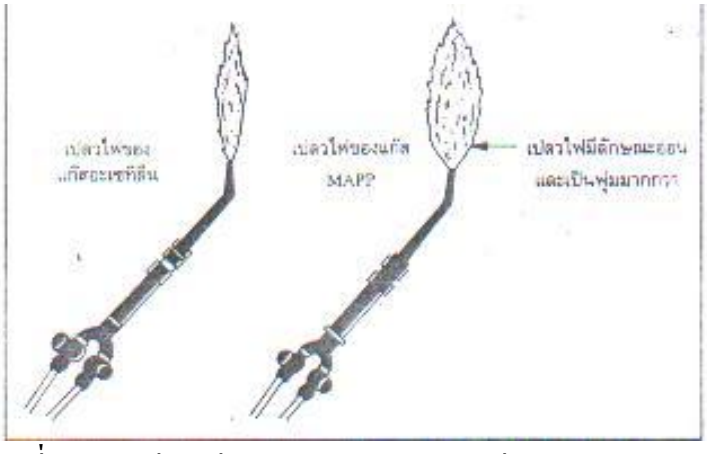
การให้ความร้อนกับชิ้นงานบัดกรี อาจใช้เปลวไฟทีเกิดจากการเผาไฟไหม้ระหว่างแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจน หรือให้ความร้อนโดยการอบในเตาไฟฟ้า (Electric Furnace)

5.1. การให้ความร้อนหรือด้วยเปลวไฟ

1.1 การบัดกรีด้วยแก๊สอะเซทิลีน (Acetylene) กับออกซิเจน (Oxygen) เป็นแก๊สที่นิยมใช้กันมาก แต่ว่าแก๊สอะเซทิลีนให้ความร้อนสูงมาก อาจจะทำให้เกิดการไหม้ที่แนวบัดกรี นั่นคือ ชิ้นงานที่บัดกรีเกิดการหลอมละลายนั่นเอง และฟลักซ์ได้รับความร้อนสูงเกินไป ดังนั้น การบัดกรีแข็งด้วยแก๊สอะเซทิลีนนี้ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความชำนาญสูง

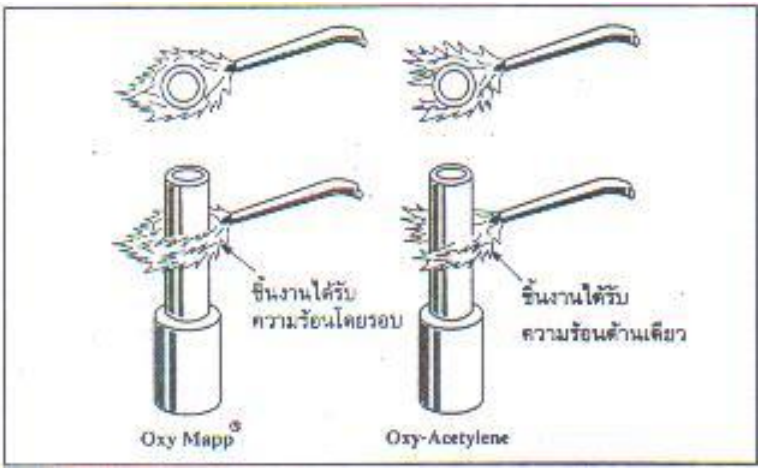
1.2 มีเปลวไฟจากแก๊สบางชนิดที่ให้ความร้อนน้อยและบัดกรีได้นิ่มนวลกว่า นั่นคือ แก๊สโพรเพน (Propane) แก๊สบิวเทน (Butane) แก๊สธรรมชาติ (Natural) และแก๊ส MAPP ซึ่งแก๊สดังกล่าวนี้จะให้ความร้อนน้อยกว่าแก๊สอะเซทิลีนเล็กน้อย แต่เปลวไฟจะก่อตัวเป็นรูปร่างที่ใหญ่กว่า ดังแสดงในรูปที่ 6.10

	แผนการสอน/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	หน่วยที่ 8
	ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	สอนสัปดาห์ที่ 14
	ชื่อหน่วย งานบัดกรีแข็ง	คาบรวม 4



รูปที่ 6.10 เปรียบเทียบเปลวของแก๊สอะเซทิลีนกับแก๊ส MAPP

จากรูปที่ 6.11 จะเห็นได้ว่าเปลวไปมีขนาดกว้างและใหญ่กว่า สามารถให้ความร้อนกับชิ้นงานได้พื้นที่มากกว่า ทำให้เหมาะกับลักษณะของการบัดกรีเป็นอย่างมาก ทำให้สามารถบัดกรีได้เร็ว เช่น ในการบัดกรีท่อขนาดเล็ก เปลวไฟจะห่อหุ้มท่อโดยรอบ ทำให้ลวดบัดกรีสามารถจะแล่นประสานได้โดยรอบ โดยไม่ต้องหมุนชิ้นงาน หรือเริ่มต้นเผาใหม่ในด้านตรงข้าม ดังแสดงในรูปที่ 4.11

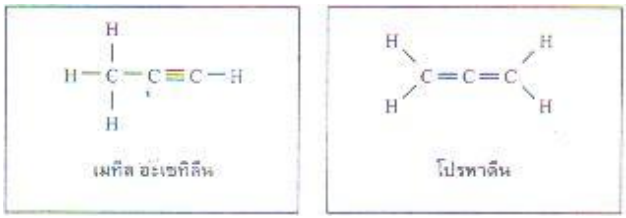


รูปที่ 6.11 แสดงการให้ความร้อนของเปลวไฟ Oxy MAPP กับ Oxy Acetylene

แก๊ส MAPP จะมีเสถียรภาพมากเมื่ออยู่ในสภาพของเหลวเมื่อบรรจุอยู่ในถัง มีส่วนผสมของเมทิลอะเซทิลีน (Methylacetylene, CH : C : CH) และโพรพาดีน (Propadiene,CH2 : C : CH2) เมื่อเผาไหม้จะให้ความร้อนและอุณหภูมิสูง เปลวไฟที่ได้สามารถนำไปใช้ตัด บัดกรี และเผาให้ความร้อนเพื่อนำไปชุบแข็งได้ดี

	แผนการสอน/การเรียนรู้ภาคทฤษฎี	**หน่วยที่ 8**
	ชื่อวิชา งานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น	**สอนสัปดาห์ที่ 14**
	ชื่อหน่วย งานบัดกรีแข็ง	**คาบรวม 4**

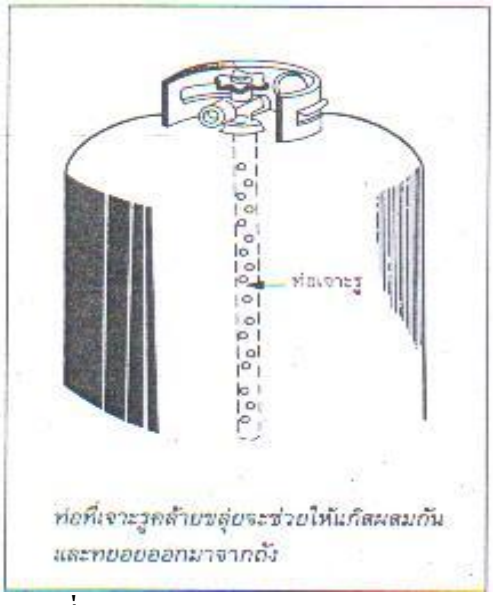
แก๊สผสมที่ใช้ในการผลิตแก๊ส MAPP มีโครงสร้างของอะตอมคือ มีคาร์บอน 3 อะตอม และมีไฮโดรเจน 4 อะตอม ซึ่งเป็นโมเลกุลของแก๊ส โมเลกุลของแก๊สนี้จะมีน้ำหนัก ขนาด เหมือนกับแก๊สชนิดอื่น แต่มีรูปร่างที่แตกต่างจากแก๊สอื่น ดังนี้



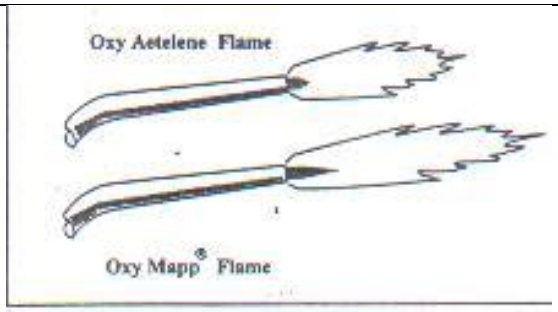
รูปที่ 6.12 แสดงโมเลกุล MAPP ที่เกิดจากโมเลกุลของเมทิลอะเซทิลีนรวมกับโมเลกุลของโพรพาดีน

เนื่องจากแก๊สเมทิลอะเซทิลีนและโพรพาดีน มีน้ำหนักและขนาดที่เหมือนกัน โมเลกุลของแก๊สจึงสามารถผสมกันได้และมีเสถียรภาพอยู่ในท่อได้ การผสมกันต้องถูกต้องและอยู่ในปริมาณที่ควบคุมได้ ดังแสดงในรูปที่ 6.13

เปลวไฟที่เกิดจากการเผาไหม้ระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊ส MAPP ที่เปลวนิวทรัล (Neutral Flame) จะมีอุณหภูมิประมาณ 5,301°F (2,927 °C) ให้ปริมาณความร้อน 517 Btu/ft^3 (19kg-Cal/m3) ในปฏิกิริยาเผาไหม้ครั้งแรก (Primary Flame) และให้ปริมาณความร้อน 1,889 Btu/ft^3 (70 kg-Cal/m^3) ปฏิกิริยาเผาไหม้ครั้งที่สอง (Secondary Flame) รวมปริมาณความร้อนทั้งหมดเป็น 2,406 Btu/ft^3 (90 kg-Cal/m^3)

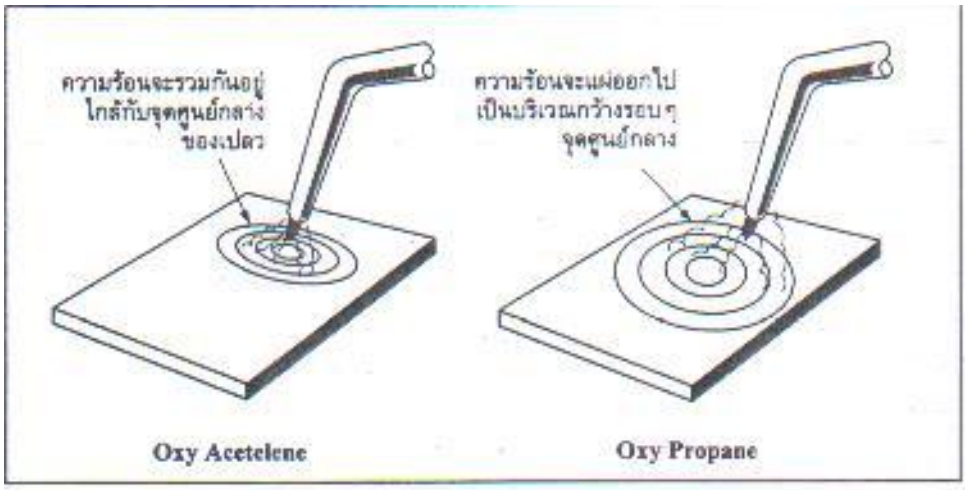


รูปที่ 6.13 แสดงถังบรรจุแก๊ส MAPP



รูปที่ 6.14 แสดงกรวยกลาง (Inner Cone) และลักษณะของเปลวไฟของแก๊สออกซิเจนอะเซทิลีน และออกซิเจน - MAPP

จะเห็นว่าเปลวไฟของแก๊ส MAPP จะยาวกว่าแก๊สอะเซทิลีน เพราะว่าอัตราการเผาไหม้ช้ากว่าเปลวไฟที่ได้จากการเผาไหม้ระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊ส MAPP



รูปที่ 6.15 เปลวอะเซทิลีนมีอุณหภูมิสูงอยู่ในวงแคบ ซึ่งเป็นสาเหตุให้บริเวณที่เผาได้รับความร้อนเกินไป

2. การให้ความร้อนด้วยเตาไฟ (Furnace and Brazing)

การให้ความร้อนด้วยวิธี ชิ้นงานจะถูกนำไปวางไว้ในเตา ซึ่งอาจให้ความร้อนโดยใช้ไฟฟ้า น้ำมัน แก๊สธรรมชาติ หรือแก๊สเชื้อเพลิงอื่น ๆ

ข้อดีของการให้ความร้อนด้วยเตาไฟฟ้า

1) สามารถควบคุมอุณหภูมิได้ ช่วยไม่ให้เกิดความร้อนเกินหรือมากเกินไป (Overheat)

2) สามารถควบคุมการรวมตัวของออกซิเจนได้ เตาไฟฟ้าสามารถใส่แก๊สเฉื่อย (Inert Gas) ป้องกันออกไซด์ก่อตัวขึ้นบนชิ้นงานได้