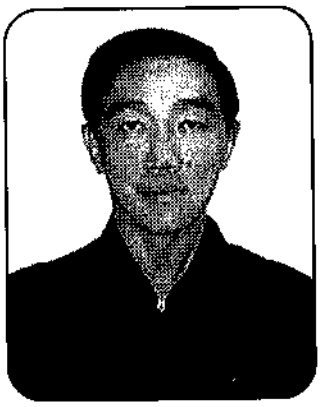
# เทคนิคการเชื่อมบัดกรี (Brazing)



*นายสมนึก ชีพพันธุ์สุทธิ์*
*กรรมการผู้จัดการ*
*บริษัท เอส. เอ็น. ดีเวลล้อปเม้นท์ จำกัด*

## บทนำ

เอกสารฉบับนี้ทำขึ้นมาเพื่อแนะนำวิธีการเชื่อมบัดกรีท่อทองแดง โดยการใช้เทคนิคใหม่ๆ เริ่มจากการปรับเปลวไฟ, มุมในการให้ความร้อนและอื่นๆ ซึ่งแตกต่างกับเทคนิคการเชื่อมบัดกรีในอดีต สำหรับคนที่ผ่านการเชื่อมบัดกรีท่อทองแดงมาแล้ว หากทำความเข้าใจรายละเอียดทั้งหมด จะทำให้เชื่อมบัดกรีท่อทองแดงให้ความแข็งแรง, คงทนอีกทั้งประหยัดแก๊สและลมเชื่อม และลวดเงินเชื่อม, และทำงานได้รวดเร็วขึ้น

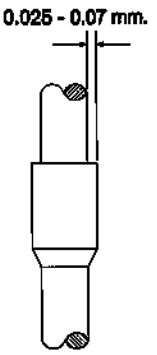
ส่วนคนที่ยังไม่เคยผ่านการเชื่อมบัดกรีมาก่อน หากทำความเข้าใจรายละเอียดทั้งหมด ยังจำเป็นที่จะต้องได้รับการแนะนำจากครูฝึก หรือช่างผู้ชำนาญการในการฝึกเชื่อมบัดกรี เพราะการเชื่อมบัดกรีต้องใช้ประสาทสัมผัสหลายด้านพร้อมกัน เช่น มองเพื่อปรับเปลวไฟให้ถูกต้อง, รักษาระยะเปลวไฟชั้นในให้ห่างจากท่อ, รักษามุมเปลวไฟให้ได้มุมคงที่ตามกำหนด ต้องเคลื่อนเปลวไฟเพื่อให้ความร้อนเท่า ๆ กันตลอด, ต้องสังเกตสีของท่อทองแดง, ต้องสังเกตุการไหลซึมของเงินเชื่อม จากการต้องใช้ประสาทสัมผัสมาก จะเกิดความผิดพลาดในการเชื่อมบัดกรีได้มาก อาจทำให้เปลวไฟลามเลียวัสดุอื่นๆ เสียหาย อาจทำให้ท่อทองแดงที่ต้องการเชื่อมบัดกรีทะลุเสียหายเป็นต้น

ดังนั้นสำหรับมือใหม่หัดเชื่อมบัดกรีจำเป็นต้องมีครูฝึก หรือช่างชำนาญการให้คำแนะนำอยู่ตลอด เอกสารฉบับนี้ไม่ได้กล่าวถึงการใช้ไนโตรเจนผ่านภายในท่อขณะทำการเชื่อมบัดกรี แต่เป็นข้อบังคับว่าการเชื่อมบัดกรีท่อทองแดงของงานติดตั้งเครื่องปรับอากาศ **ต้อง** ใช้ไนโตรเจนผ่านภายในท่อประมาณ 5 PSI. เพื่อไล่ไม่ให้มีออกซิเจน ภายในท่อจะได้ไม่เกิดคราบเขม่าทำให้ท่อสะอาด

อีกทั้งการทำงานเชื่อมบัดกรีมีโอกาสเกิดอันตราย หรืออุบัติเหตุจากไฟ, แก๊ส, ออกซิเจน, ไนโตรเจน ผู้ฝึกจำเป็นต้องเรียนรู้เรื่องมาตรฐานความปลอดภัยจากหนังสือเอกสารความปลอดภัยก่อน

# การเตรียมการก่อนเชื่อมบัดกรี

1. ตรวจสอบช่องห่างระหว่างท่อกับข้อต่อ หรือท่อสวมกับท่อเสียบว่าเหมาะสมหรือไม่




ช่องห่างประมาณ 0.07 mm. เป็นระยะที่เหมาะสม และจะต้องไม่น้อยกว่า 0.025 mm. ตามปกติแล้วถ้ามีช่องห่างมากลวดเงินเชื่อมจะไหลเข้าไปมากซึ่งไม่ได้ทำให้ชิ้นงานแข็งแรงมากขึ้นแต่ในทางกลับกันทำให้เกิดการอ่อนตัวลง ช่องห่างประมาณ 0.07 mm. เป็นระยะที่เหมาะสมซึ่งจะทำให้โลหะบัดกรีไหลซึมได้ดี ถ้าช่องห่างน้อยกว่า 0.025 mm. จะทำให้โลหะบัดกรีไหลซึมไม่ดีและจะทำให้เกิด ตามด เมื่อใช้งานไประยะหนึ่งจะทำให้เกิดการรั่ว

2. ตรวจสอบความสะอาดของชิ้นงาน

ถ้าผิวที่ท่อหรือข้อต่อมีออกไซด์ น้ำมัน ความสกปรกเช่นจากสีต่างๆ หรือสิ่งแปลกปลอมติดอยู่ไม่ว่าจะใช้ลวดเงินเชื่อมที่ดีเช่นใดลวดเงินเชื่อมนั้นก็จะเกิดการไม่ประสานกัน

3. ตรวจสอบรูปร่างของข้อต่อ ว่าข้อต่อแบบสวมทับกันหรือประกอบได้ตรงตามแบบ หรือไม่โดยทั่วไปความแข็งของสารเชื่อมจะน้อยกว่าท่อกับข้อต่อ ดังนั้นจึงจึงควรต้องใช้ข้อต่อแบบสวมทับซึ่งมีพื้นที่สัมผัสกันมาก

4. การตรวจสอบการเลือกใช้ลวดเงินเชื่อม (เลือกสารเชื่อมว่าเหมาะกับวัตถุประสงค์หรือไม่) สิ่งสำคัญในการเลือกใช้ลวดเงินเชื่อมนี้ก็คือ การคำนึงถึงวัตถุประสงค์การใช้ชิ้นส่วน และข้อบ่งใช้ของผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการบัดกรีแล้ว เป็นอันดับแรก

# การใช้สารหล่อลื่น

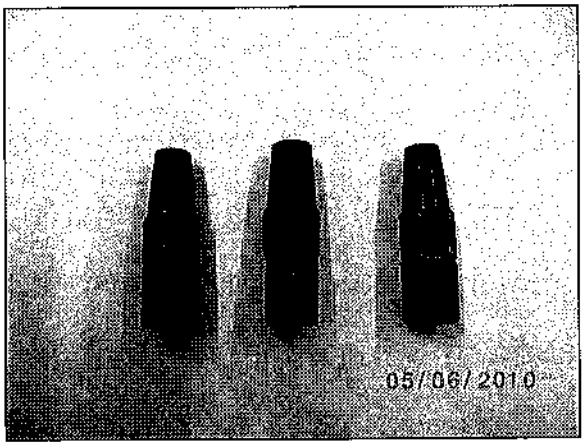
จุดประสงค์ในการใช้สารหล่อลื่น (Flux) คือ เป็นการป้องกันอ๊อกไซด์ที่เกิดจากความร้อนระหว่างการเชื่อมบัดกรี ซึ่งสารหล่อลื่นจะละลายและออกฤทธิเมื่อโดนความร้อน และเพิ่มความสามารถในการซึมของโลหะหลอม แต่การเชื่อมบัดกรีท่อทองแดง ใช้เงินเชื่อมเป็นโลหะหลอม ซึ่งมีส่วนประกอบของฟอสฟอรัส ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารหล่อลื่นอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องใช้สารหล่อลื่น (Flux)

## หัวทิพเชื่อม

ลักษณะของหัวทิพมีขนาดแตกต่างกันจะให้เปลวไฟต่างกัน

1. หัวทิพที่รูใหญ่ให้เปลวไฟที่ใหญ่
2. หัวทิพที่รูเล็กให้เปลวไฟที่เล็ก

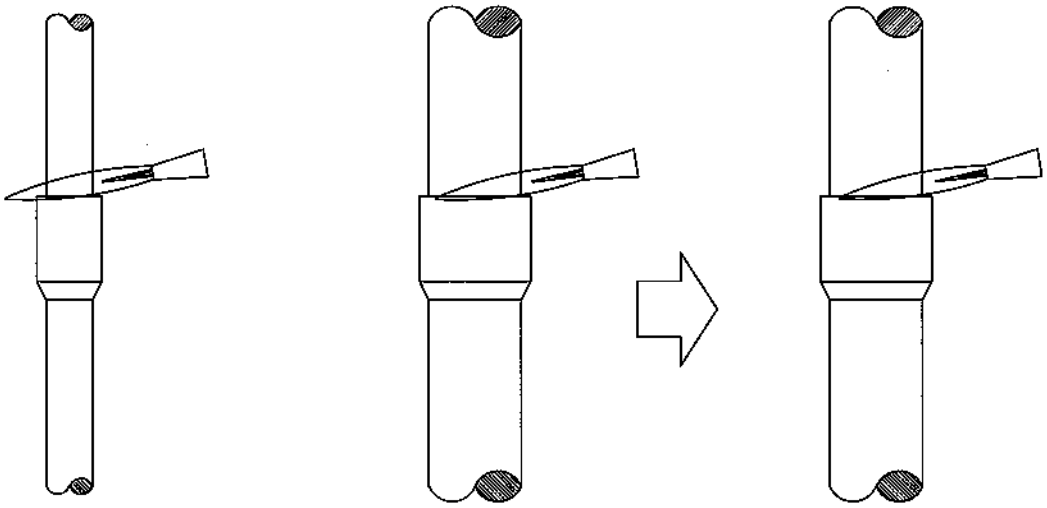
* หากใช้เชื่อมบัดกรีท่อแดงระบบปรับอากาศท่อไม่ใหญ่กว่า 1 นิ้ว
เมื่อใช้แก๊ส LPG. แนะนำให้ใช้หัวทิพ เบอร์ 2
เมื่อใช้แก๊ส ACETYLENE แนะนำให้ใช้หัวทิพ เบอร์ 200



# การเลือกใช้หัวทิพเชื่อม

**ขึ้นอยู่กับความหนา-บางของโลหะ**

*** หัวทิพมาตราฐานห้ามเจาะขยายหรืออุดรูให้เล็กลง ***



**เปรียบเทียบการใช้หัวทิพ**

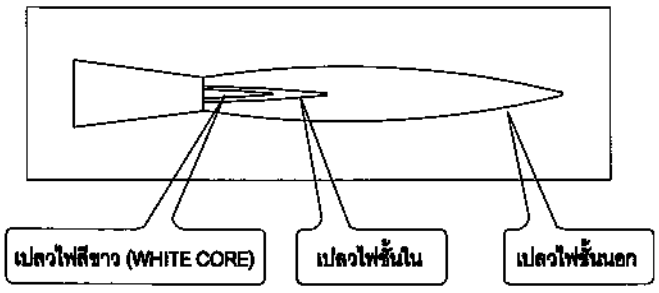
**หากใช้หัวทิพขนาดเท่ากันเชื่อมบัดกรีท่อขนาดเล็กจะใช้เวลาน้อยกว่าท่อขนาดใหญ่**

# การปรับเปลวไฟ

## การจุดไฟ

1. เปิดวาล์วแก๊ส LPG. หรือ Acetylene โดยหมุน 1/6 รอบ (โดยประมาณ)
2. จุดไฟที่ปากกระบอกเชื่อมด้วย Lighter
3. เปิดวาล์วออกซิเจนโดยหมุน 1/3 รอบ (โดยประมาณ)

**หลังจากไฟติดแล้วปรับเปลวไฟตามต้องการ**



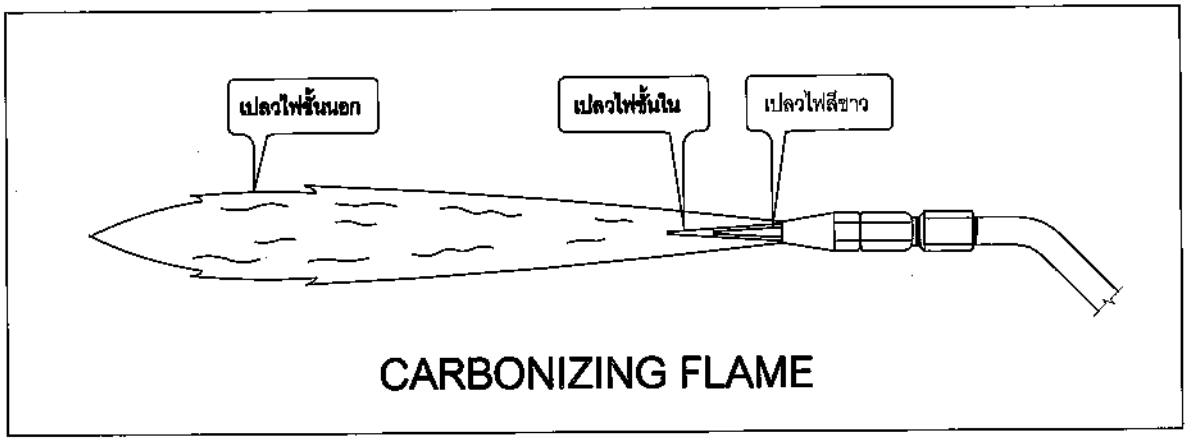

## มาตรฐานการปรับระดับไฟ

- ปรับเปลวไฟให้เหมาะสมกับขนาดท่อ
- ระดับความยาวของเปลวไฟชั้นใน อยู่ระหว่าง 40 ~ 50 mm.

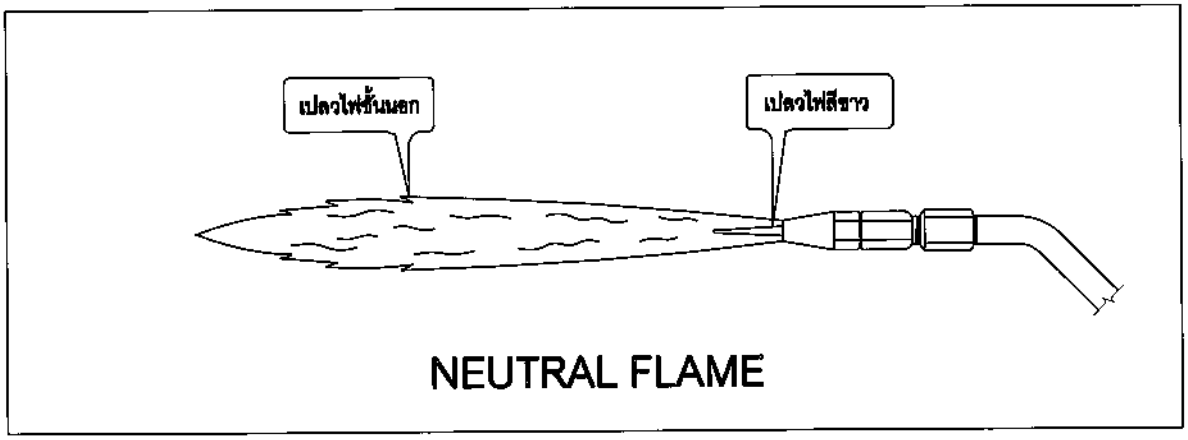
## เปลวไฟมาตราฐาน

1. เปลวไฟชั้นนอก
2. เปลวไฟชั้นใน
3. เปลวไฟสีขาว

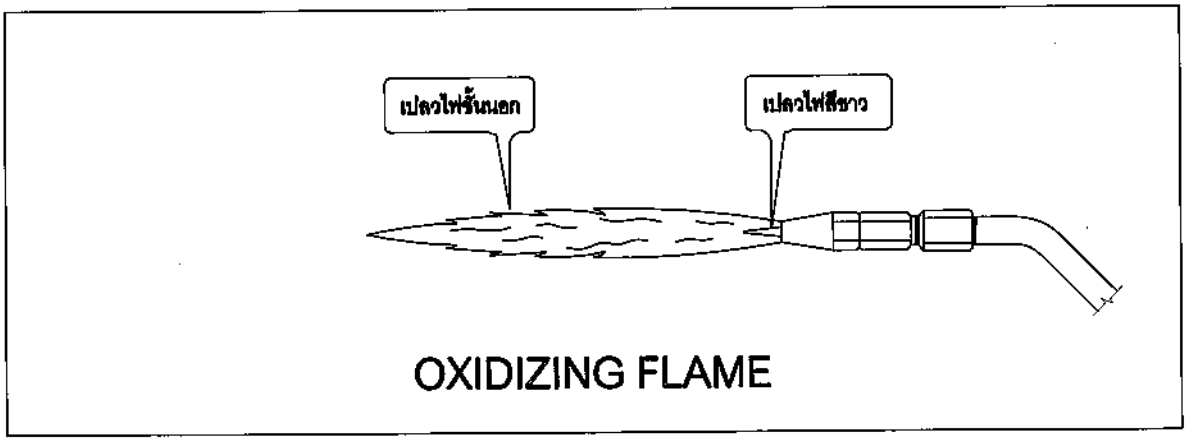
# ชนิดของเปลวไฟ




CARBONIZING FLAME




NEUTRAL FLAME



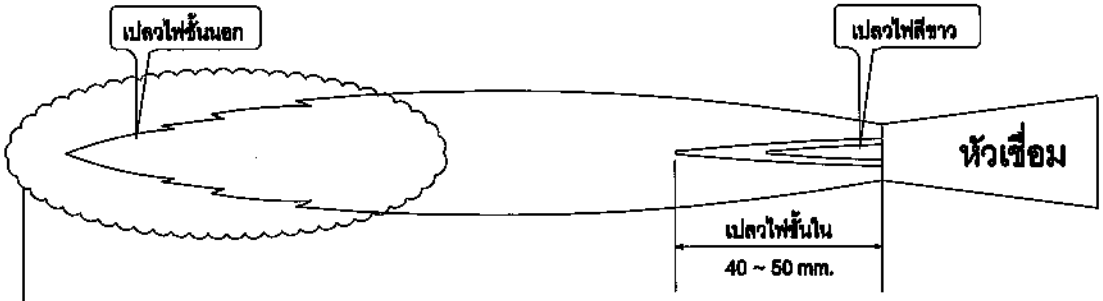

OXIDIZING FLAME

****เปลวไฟที่เหมาะสมสำหรับการเชื่อมบัดกรี คือ CARBONIZING FLAME****

# การปรับระดับและรูปทรงของเปลวไฟ

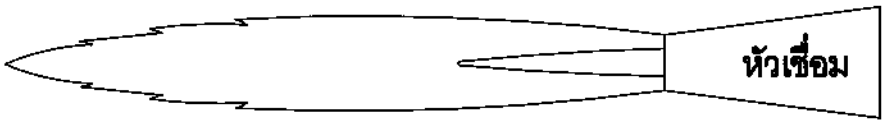
## คาร์บอนไนท์ซิ่งเฟรม (Carbonizing Flame)

ระดับเปลวไฟชั้นอยู่กับขนาดของท่อเปลวไฟชั้นในยาว 40 ~ 50 mm.
เปลวไฟที่ใช้ควรเป็น neutral flame Reducing flame สำหรับ gas acetylene, LPG.



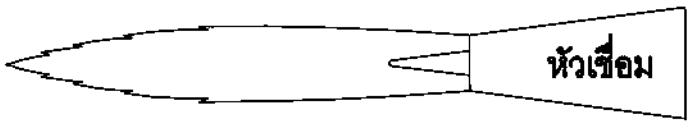

เปลวไฟที่หัว Tip ควรจะกระเพื่อมเล็กน้อยเปลวไฟชั้นใน
ความยาวประมาณ 40 ~ 50 mm. (#200)
ถ้าใช้หัว Tip ใหญ่เปลวไฟชั้นในจะยาวขึ้น

## เปลวกลาง (Neutral Flame)




ในอัตราส่วน 1:1 ของอ๊อกซิเจนและแก๊สเป็นเปลวที่เกิดจากการเผาไหม้สมบูรณ์ ลักษณะเปลวมี 2 ชั้น ชั้นในสีขาวจะเป็นรูปกรวยปลายมน มีความร้อนประมาณ 6,000 F (3,150 C) เหมาะที่สุดสำหรับการเชื่อมโลหะ (ไม่เหมาะกับการเชื่อมบัดกรี)

## อ๊อกซิไดซิ่งเฟรม (Oxidizing Flame)




อัตราส่วนแก๊ส 1 ส่วน อ๊อกซิเจนมากกว่า 1 ส่วน เป็นเปลวไฟที่ไม่เหมาะกับการเชื่อมบัดกรี

# การใช้หัวเชื่อม

## การจับหัวเชื่อม

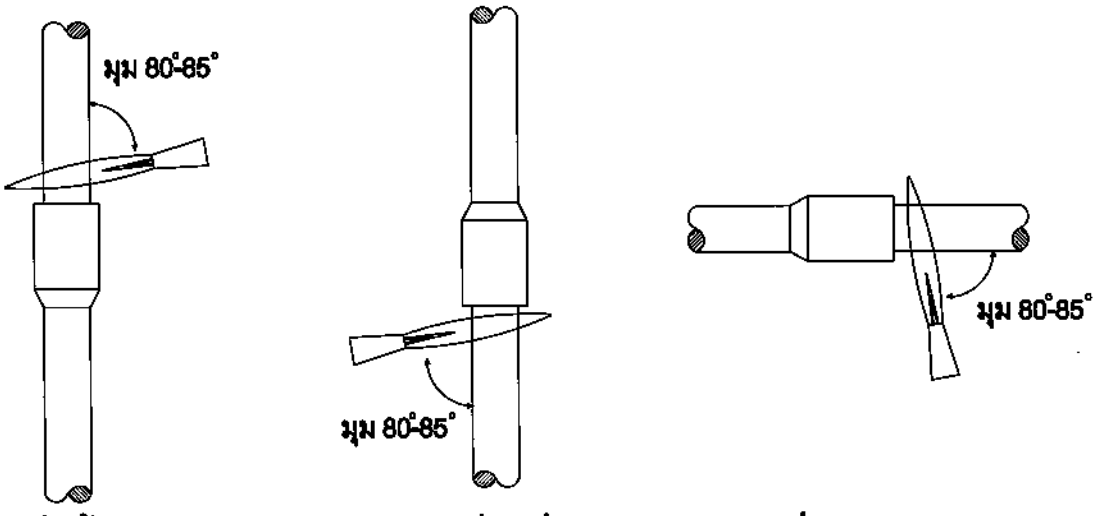
- จับหัวเชื่อมหลวมๆ ด้วยมือขวาโดยใช้นิ้วกลาง นิ้วนาง นิ้วก้อย และฝ่ามือ
- ใช้นิ้วโป้งและนิ้วชี้มือขวาปรับวาล์วหัวเชื่อม

## การปรับวาล์ว

- ใช้นิ้วโป้งและนิ้วชี้มือขวาควบคุม และเปิด-ปิดวาล์วออกซิเจน
- ใช้นิ้วโป้งและนิ้วชี้มือซ้ายควบคุม และเปิด-ปิดวาล์วแก๊ส

## มุมของเปลวไฟทำมุมประมาณ 80˚- 85˚ เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง

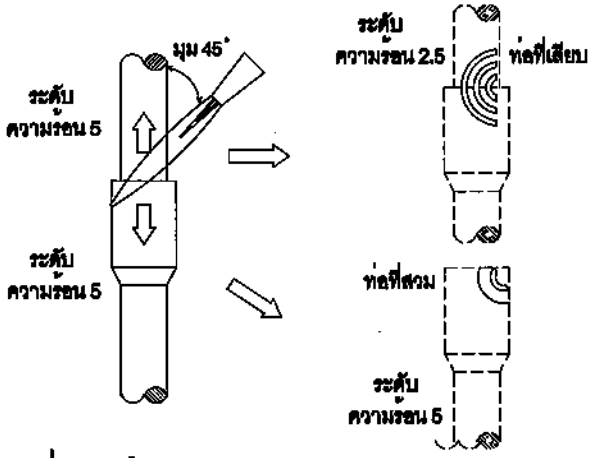
มุมของเปลวไฟจะต้องทำมุมกับชิ้นงานที่อยู่ด้านในประมาณ 80 ˚~ 85 ˚




ท่าตั้ง ท่าคว่ำ ท่าขนานนอน

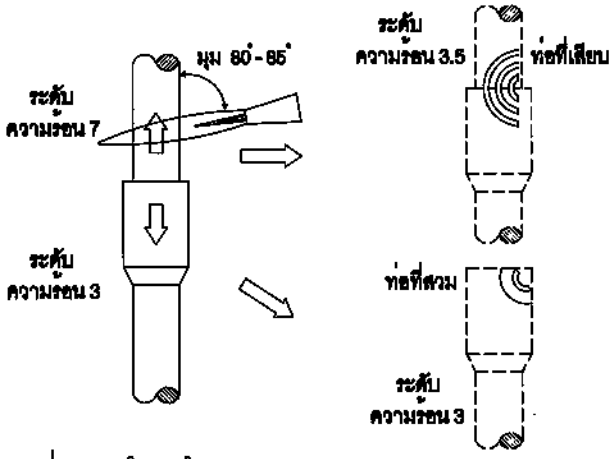
# วัตถุประสงค์ของการ ทำมุมของเปลวไฟ 80 ~ 85 เปรียบเทียบกับการทำมุมเปลวไฟ 45°

การให้ความร้อนที่เท่ากัน
ระหว่างท่อเสียบกับท่อสวม




ที่มุม 45°
ระดับความร้อนท่อที่เสียบ = 2.5
ระดับความร้อนท่อที่สวม = 5.0
จะไม่สามารถทำให้ความร้อนสม่ำเสมอได้

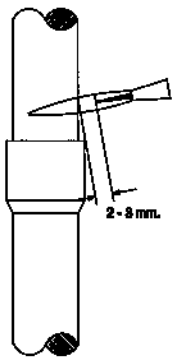
การให้ความร้อนที่ท่อ
เสียบมากกว่าท่อสวม



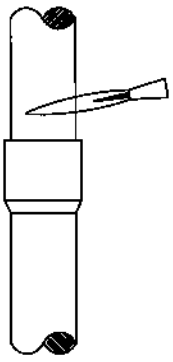

ที่มุม 80°~ 85°
ระดับความร้อนท่อที่เสียบ = 3.5
ระดับความร้อนท่อที่สวม = 3.0
สามารถทำให้ความร้อนค่อนข้างสม่ำเสมอได้

*หมายเหตุ ค่าระดับความร้อนกำหนดเพื่อให้เห็นความแตกต่าง

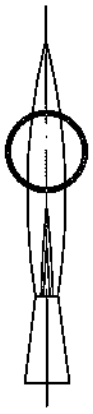
## ตำแหน่งและทิศทางของเปลวไฟ




ปลายเปลวไฟชั้นใน



ตำแหน่งที่ควรถูกเปลวไฟ

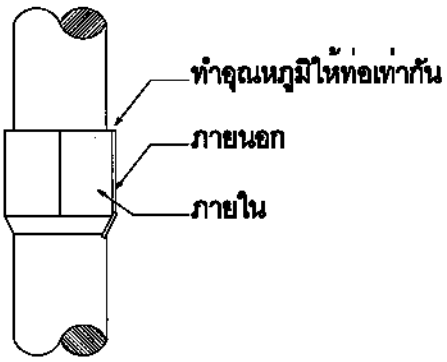


ทิศทางของเปลวไฟ

เล็งตรงส่วนกลางท่อ
ทำอุณหภูมิท่อทั้งซ้ายขวา
ให้เท่ากัน

# เทคนิคการให้ความร้อนแก่ท่ออย่างทั่วถึง และสม่ำเสมอ

อุณหภูมิของท่อที่เสียบ และท่อที่สวม




อุณหภูมิรอบเส้นรอบวงของท่อ

## หลักการลวดเงินเชื่อม

## หลัก 4 ประการในการใส่ลวดเงินเชื่อม

(1) การไหลของลวดเงินเชื่อม

(2) เทคนิคการเติมลวดเงินเชื่อม

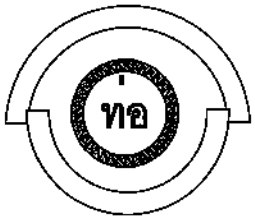
(3) มุมของเปลวไฟกับลวดเชื่อม

(4) การตรวจสอบด้วยสายตาขณะเชื่อมบัดกรี

# การไหลของลวดเงินเชื่อม

## สังเกตุการแผ่กระจายของลวดเงินเชื่อม

การไหลของลวดเงินเชื่อม




โลหะบัดกรีซ้อนทับกัน

โลหะบัดกรีจะไหลไปสู่ที่ ๆ มีอุณหภูมิสูง
ให้เปลวไฟกับลวดเงินเชื่อมทำมุมกัน 90°
ให้หัวเชื่อมเป็นตัวนำในการเติมลวดเงินเชื่อม

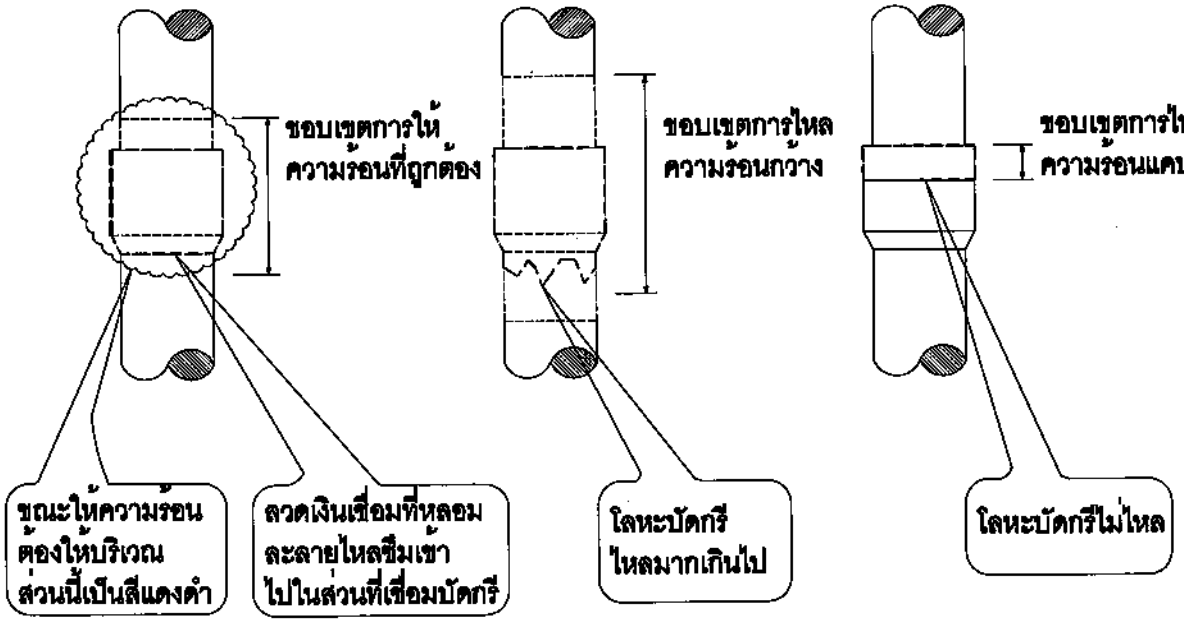
การไหลของลวดเงินเชื่อม

โลหะบัดกรีไม่ซ้อนทับกัน

ให้เติมลวดเงินเชื่อม 2 ~ 3 ครั้ง
ขึ้นอยู่กับขนาดท่อ

# การไหลของลวดเงินเชื่อม

## ปริมาณการไหลของลวดเงินเชื่อมขึ้นอยู่กับระดับการให้ความร้อนของท่อ

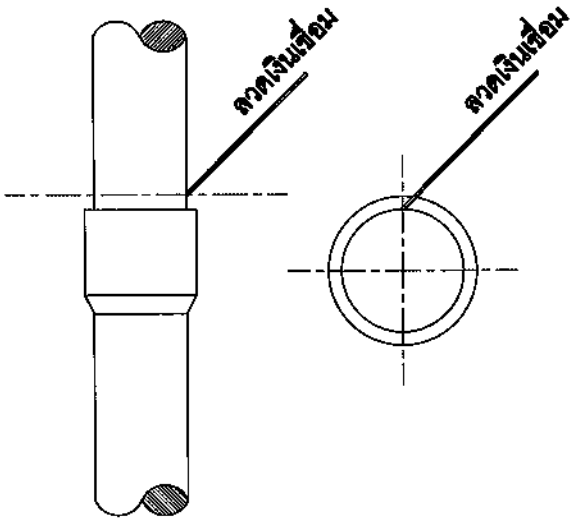



**ดี** **ไม่ดี** **ไม่ดี**

## เทคนิคการเติมลวดเงินเชื่อม

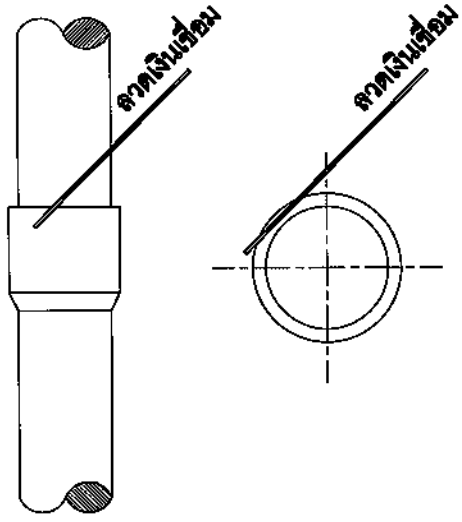
### จ่อส่วนปลายของลวดเงินเชื่อมที่ท่อ และค่อยๆ เติมลวดเชื่อมทีละนิด

ลวดเชื่อมละลายจากส่วนปลาย




**ดี**

ลวดเชื่อมละลายจากส่วนกลาง

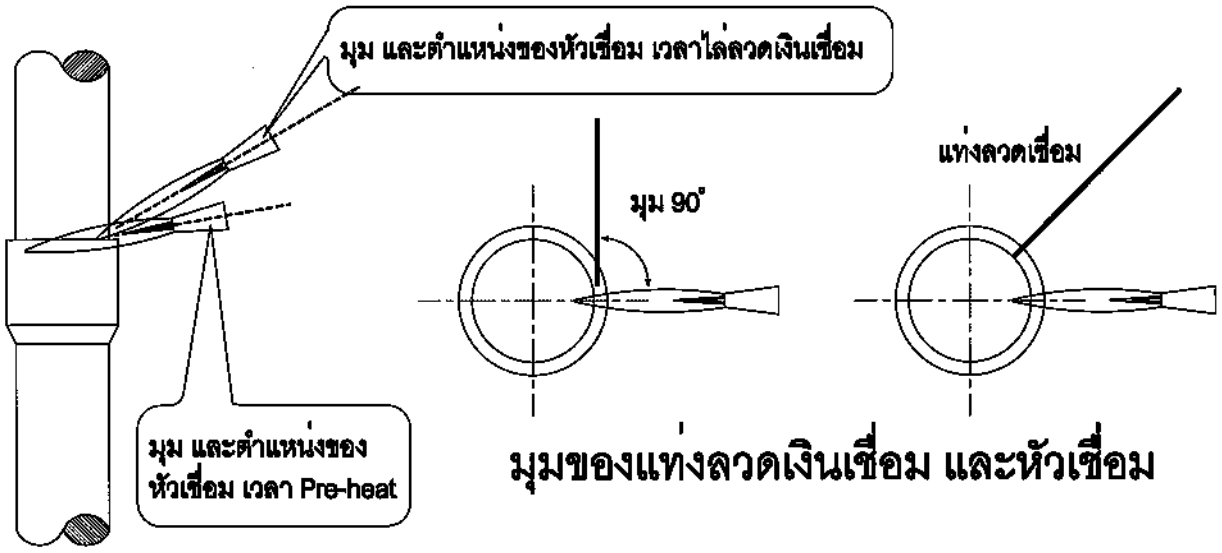



**ไม่ดี**

ถ้าจ่อส่วนกลางของลวดเงินเชื่อมที่ท่อจะทำให้ลวดเงินเชื่อมหลอมละลายในปริมาณมาก
- ~ ลวดเงินเชื่อมจะไหลอยู่บริเวณผิวนอก โดยไม่ซึมเข้าไปในช่องว่างระหว่างท่อ
- ~ อากาศภายในรอยต่อท่อทองแดงจะไหลออกได้ยาก ทำให้เกิดฟองอากาศ

## มุมของเปลวไฟกับลวดเงินเชื่อม

ให้เปลวไฟห่างขึ้น และตั้งขึ้นอีกเล็กน้อยเมื่อเทียบกับเวลา Pre-heat
ให้ลวดเงินเชื่อมกับเปลวไฟทำมุมกัน 90°




มุมของแท่งลวดเงินเชื่อม และหัวเชื่อม

**มุมของเปลวไฟ** **ดี** **ไม่ดี**

ไล่เปลวไฟไปตามทิศทางการเติมลวดเงินเชื่อม เพื่อช่วยให้ ลวดเงินเชื่อม ซึมเข้าในแนวเชื่อมได้ดีขึ้น

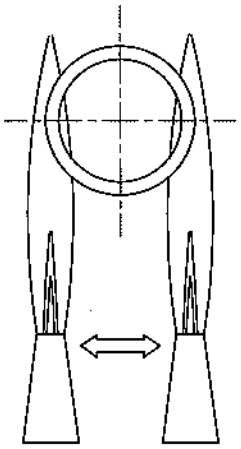
ลวดเงินเชื่อมจะไหลไปสู่อุณหภูมิสูง ถ้ามุมของลวดเงินเชื่อม และเปลวไฟแคบเกินไป จะส่งผลให้ลวดเงินเชื่อมถูกเผาไหม้ โดยตรงทำให้ลวดเงินเชื่อมถูก oxidized เกิดเป็น ออกไซด์

# การตรวจสอบด้วยสายตา

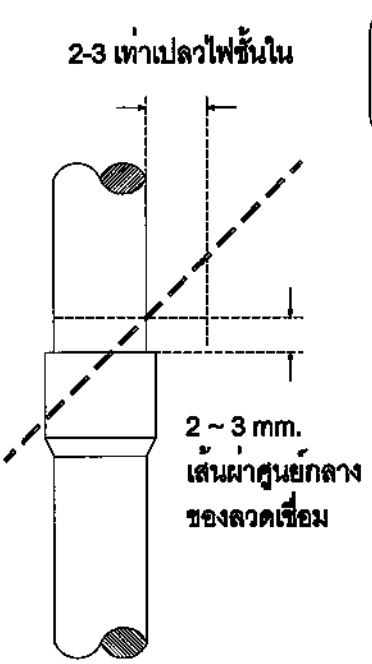
**ขณะเชื่อมบัดกรีให้คอยสังเกตุดูเปลวไฟและทำการตรวจสอบคุณภาพชิ้นงานขณะการเชื่อม**

## วิธีการสังเกตุ

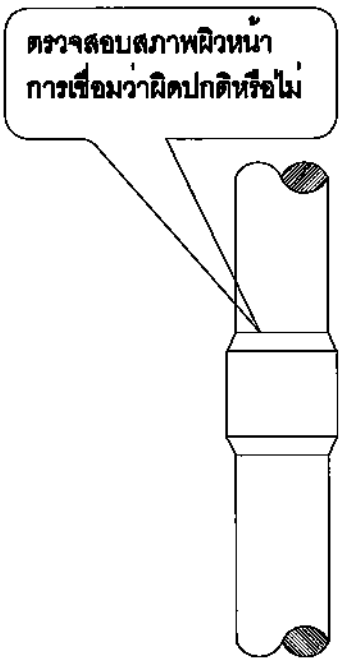
**ให้ขยับแนวเปลวไฟออกเล็กน้อยประมาณ 2-3 เท่า ของเปลวไฟชั้นใน ห้ามนำเปลวไฟออกนอกชิ้นงานเชื่อมบัดกรี เพราะเมื่อความร้อนลดลงมากในขณะที่ยังเชื่อมบัดกรีไม่เสร็จจะทำให้เกิดอ๊อกไซด์**



**ปรับตำแหน่งของหัวเชื่อม เพื่อดูชิ้นงานแล้วยังรักษาอุณหภูมิ**




**ลวดเงินเชื่อมจะไหลไปในทิศทางเดียวกับไฟ**



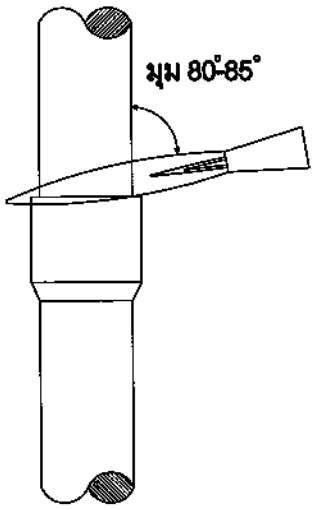

**รูปร่างและพื้นผิวของชิ้นงานที่เชื่อมเสร็จแล้ว**

**การ Pre-heat กับการเชื่อมบัดกรีแตกต่างกันพึงระลึกว่าต้องให้การไหลซึมของลวดเงินเชื่อมสม่ำเสมอ**

**ให้ตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงานในขณะที่ไม่นำเปลวไฟออกจากชิ้นงาน**

**การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"**
**มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80˚- 85˚ เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง**

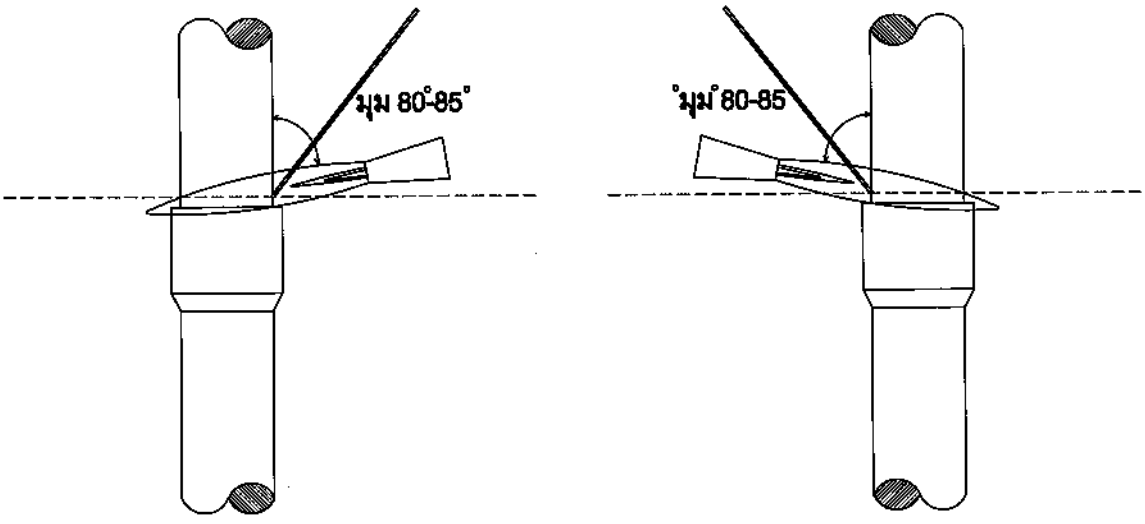
**มุมของเปลวไฟ 80˚- 85˚**




**PRE-HEAT ท่าตั้ง**

**การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"**
**มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80˚- 85˚ เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง**

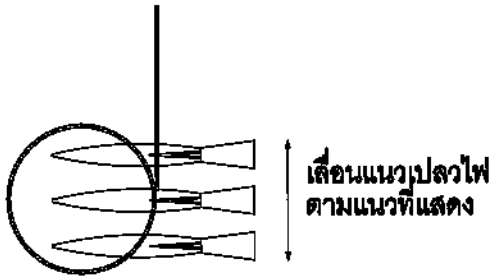
**มุมของเปลวไฟ 80˚- 85˚**




**การเชื่อมบัดกรีท่อใหญ่กว่า Ø1/2" เติมลวดเงินเชื่อม 2 จุด**
**ขณะเติมลวดปลายของเปลวไฟจะต้องอยู่เหนือลวดเงินเชื่อมและให้เติมลวดเงินเชื่อมด้านเดียวกับเปลวไฟให้ความร้อน**

## การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"
## มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80° - 85° เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง

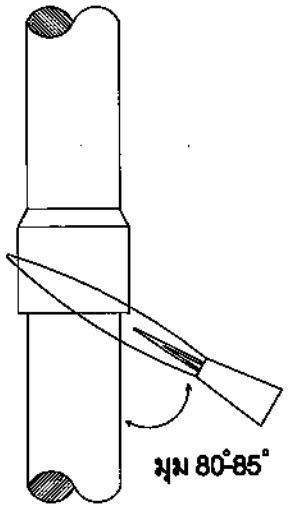
มุมของเปลวไฟ 80° - 85°




ขณะเติมลวดปลายของเปลวไฟจะต้องไม่อยู่กับที่

## การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"
## มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80° - 85° เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง

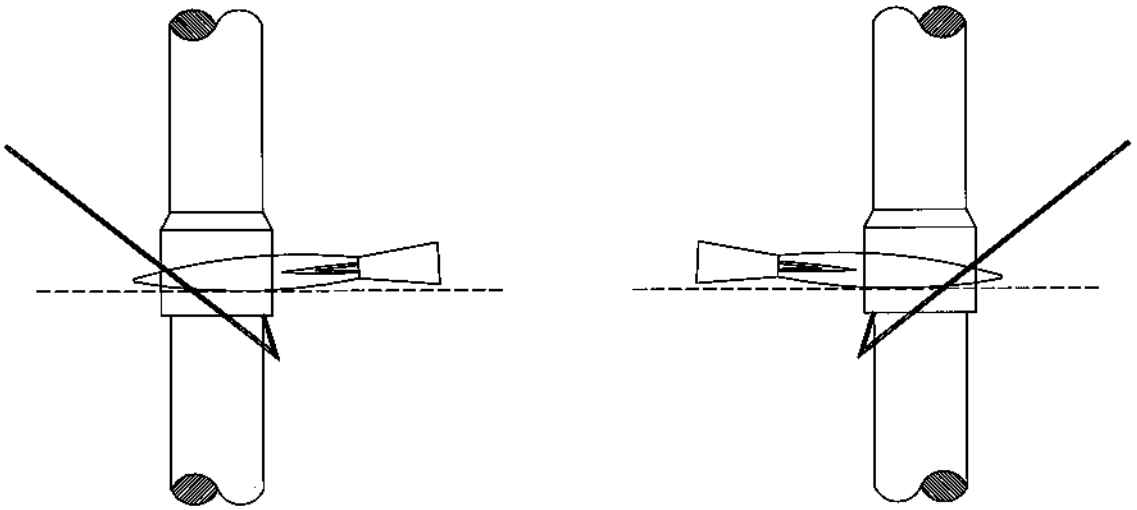
มุมของเปลวไฟ 80° - 85° ขณะให้ความร้อน




Pre-Heat ท่าคว่ำ

## การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"
## มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 90° ขณะให้ความร้อน

ปรับมุมของเปลวไฟอยู่ระหว่าง 90°

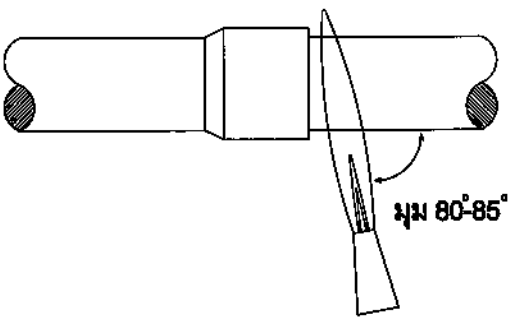


ท่อใหญ่กว่า Ø1/2" เติมลวดเงินเชื่อม 2 จุด

ขณะเติมลวดปลายของเปลวไฟจะต้องอยู่สูงกว่าลวดเงินเชื่อมและมุมไฟจะต้องอยู่ที่ 90°

## การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"
## มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80°- 85° เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง

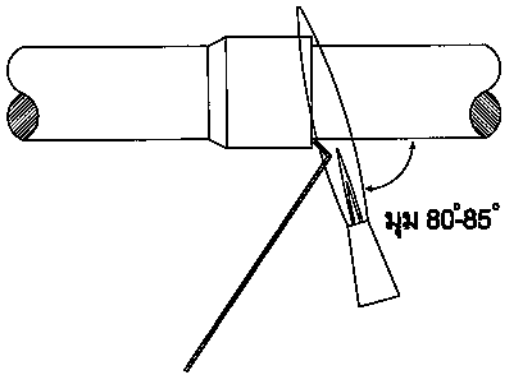
มุมของเปลวไฟ 80°- 85°

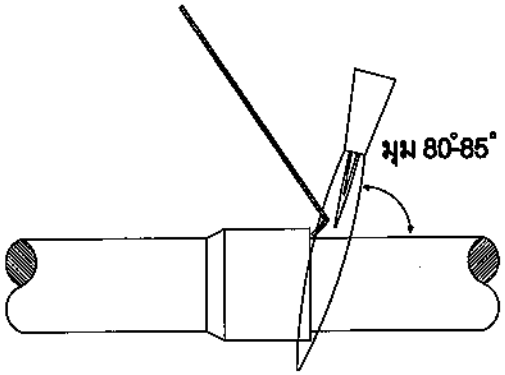



PRE-HEAT ท่าขนานนอน

**การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดใหญ่กว่า Ø1/2"**
**มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80°- 85° เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง**

**มุมของเปลวไฟ 80°- 85°**

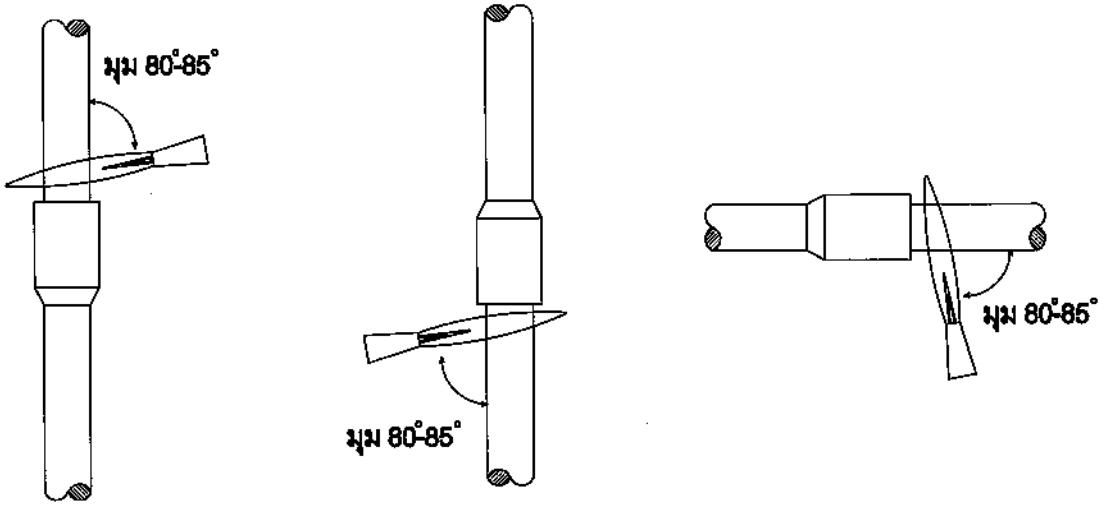



**การเชื่อมบัดกรีท่อใหญ่กว่า Ø1/2" เติมลวดเงินเชื่อม 2 จุด**

# การเชื่อมท่อขนาดเล็ก - Ø1/2

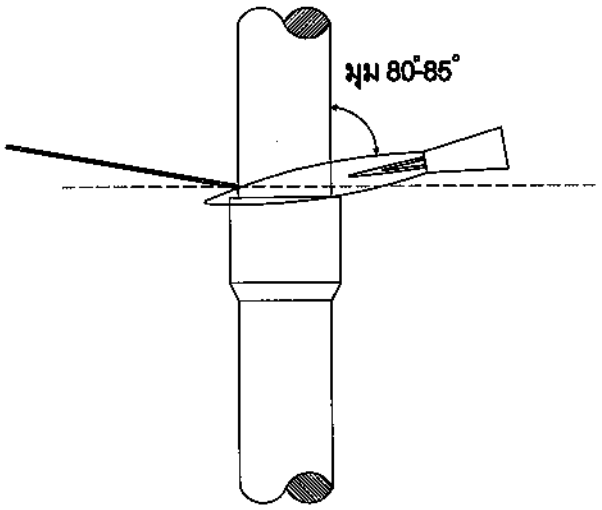
มุมของเปลวไฟทำมุมประมาณ 80˚- 85˚ เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง




ท่าตั้ง ท่าคว่ำ ท่าขนานนอน

การเชื่อมบัดกรีท่อไม่เกิน Ø1/2"
มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80˚- 85˚ เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง

มุมของเปลวไฟ 80˚- 85˚

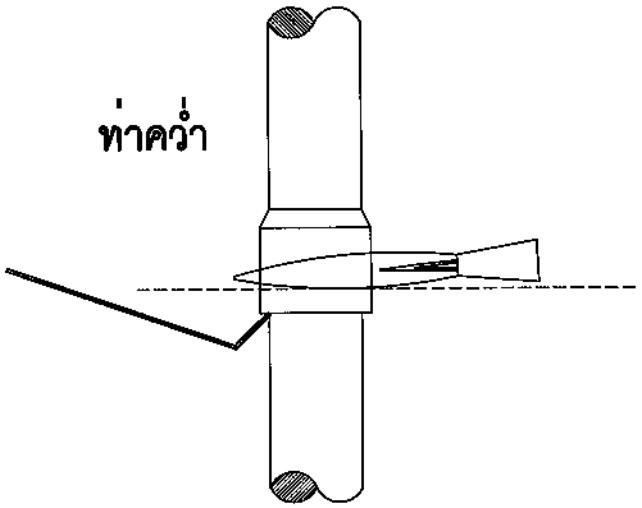



การเชื่อมบัดกรีท่อไม่เกิน Ø1/2" เติมลวดเงินเชื่อมจุดเดียว
ขณะเติมลวดปลายของเปลวไฟจะต้องอยู่เหนือลวดเงินเชื่อมและให้เติมลวดเงินเชื่อมด้านตรงข้ามกับเปลวไฟให้ความร้อน

## การเชื่อมบัดกรีท่อขนาดไม่เกิน Ø1/2"
## มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 90° ขณะให้ความร้อน

ปรับมุมของเปลวไฟอยู่ระหว่าง 90°

ท่าคว่ำ

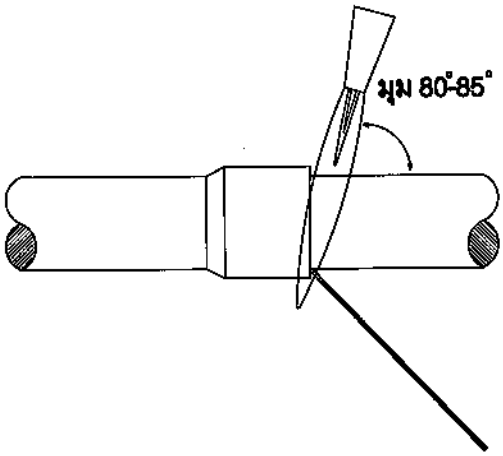


ขณะเติมลวดปลายของเปลวไฟจะต้องอยู่เหนือลวดเงินเชื่อมและทำมุมกับชิ้นงาน 90°
ให้เติมลวดเงินเชื่อมด้านตรงข้ามกับเปลวไฟให้ความร้อน เติมลวดเงินเชื่อมจุดเดียว

## การเชื่อมบัดกรีท่อไม่เกิน Ø1/2"
## มุมของเปลวไฟทำมุมกับท่อประมาณ 80°- 85° เพื่อให้การ Pre-heat ทั่วถึง

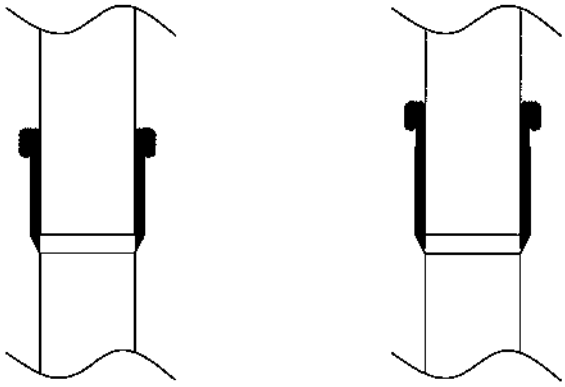
มุมของเปลวไฟ 80°- 85°

ท่าขนานนอน

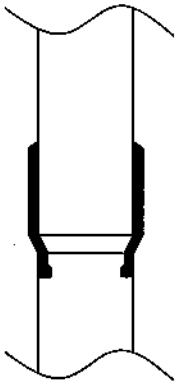



ขณะเติมลวดปลายของเปลวไฟจะต้องอยู่เหนือลวดเงินเชื่อม
ให้เติมลวดเงินเชื่อมด้านตรงข้ามกับเปลวไฟให้ความร้อน เติมลวดเงินเชื่อมจุดเดียว

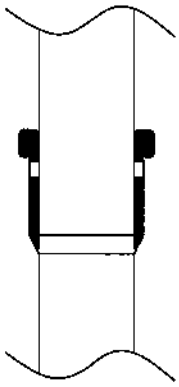
# ลักษณะของรอยเชื่อมไม่ดี



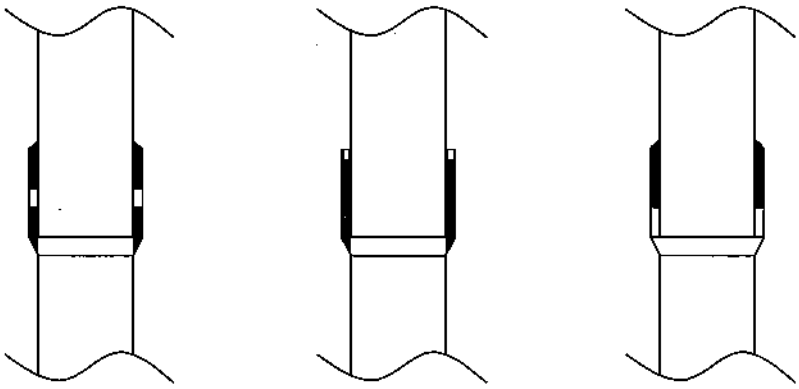
ลวดเงินเชื่อมล้นออกมาบริเวณผิวท่อด้านนอก



ลวดเงินเชื่อมล้นเข้าไปบริเวณผิวท่อด้านในของท่อ

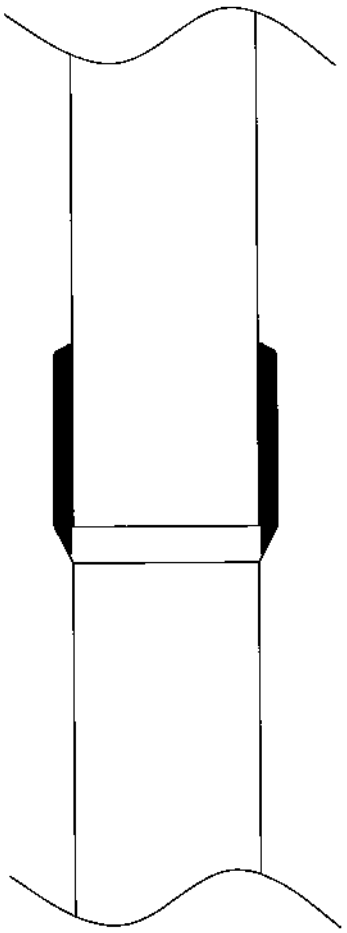


ลวดเงินเชื่อมล้นออกมาบริเวณผิวท่อด้านนอก และมีตามด



ลวดเงินเชื่อมไม่เต็ม

## ลักษณะของรอยเชื่อมดี



**ลวดเงินเชื่อมเต็มเสมอปลอกทั้งด้านในด้านนอก**