# Chapte 6

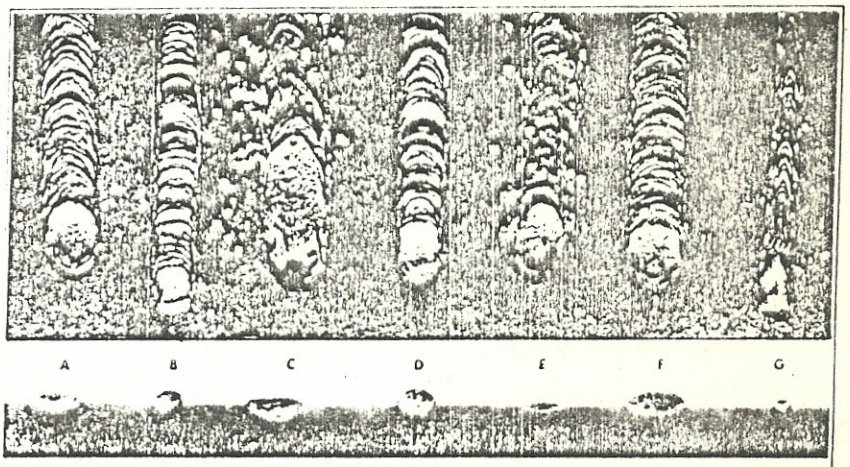
เรื่องนี้ คัดมาจาก วิศวกรรมสาร ปีที่ 38 เล่มที่ 3 มิถุนายน 28

Chapter 6

# การเชื่อมโลหะในโรงงาน

**แนวทางของผลิตภัณฑ์และกรรมวิธีบางชนิด ที่มีที่ใช้ในวงการเชื่อมในปัจจุบันซึ่งวิชาว่างการนี้ เป็นศูนย์กลางความเจริญรวดเร็วที่สุดในวิศวกรรมแขนงหนึ่ง**

ลักษณะแนวเชื่อมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง.




Examples of properly and improperly formed beads (The Lincoln Electric Co.)

A. Current, voltage, and speed normal กระแสไฟ โวลท์ ความเร็ว ปกติ
B. Current too low กระแสไฟน้อยเกินไป
C. Current too high กระแสไฟสูงเกินไป
D. Voltage too low โวลท์ต่ำไป
E. Voltage too high โวลท์สูงไป
F. Speed too slow ความเร็วน้อยไป
G. Speed too fast ความเร็วมากไป

ที่กล่าวมาข้างต้นว่าความเจริญในส่วนของ[illegible]วิศวกรรมคิดโดยส่วนรวมกัน[illegible]ในโลกนี้ที่เจริญรวดเร็วมากแขนง[illegible] เทคนิค ของการเชื่อม (Welding [illegible]ก็คงจะไม่ผิดความจริงนัก การ[illegible]โดยเฉพาะในด้านของการปรนนิบัติ[illegible]และในงานซ่อมทำ ก็ก้าวหน้าทั้งทาง[illegible] และทั้งทางด้านกรรมวิธี

ในงานเชื่อมวัสดุบาง ๆ นั้น นับได้ว่าเป็นงานประเภทหนึ่งในโรงงาน หรือในที่ที่จะต้องไปปฏิบัติงาน เพราะความเจริญทางงานด้านเทคนิคในงานนี้ ต้องก้าวหน้ามาก ทั้งนี้ก็เพื่อที่จะขยายการทำงานด้านนี้ลุล่วงไปได้ กล่าวคือ ทังสะเต็น อินเนอตแก๊ส (ทิก) Tungsten Inert Gas : TIG)

การเชื่อมแบบ TIG นี้ก็คือกรรมวิธีที่ผลิตอ๊าร์คให้เกิดขึ้นระหว่างอิเล็กโตรดที่อยู่ในหัวเชื่อม กับชิ้นงานที่จะเชื่อม ที่อ๊าร์คเกิดขึ้นภายในพวยแก๊สที่ป้องกันรอยเชื่อมอยู่ ตามปกติแล้วแก๊สที่ใช้ป้องกันรอยเชื่อม (เพื่อป้องกันแก๊สที่ในบรรยากาศมิให้มาอ็อคซิไดซ์รอยเชื่อมยังหลอมเหลวอยู่) นั้นจะเป็นอาร์กอนหรืออาร์กอนผสมไฮโดรเจน ที่นิยมใช้คืออาร์กอนผสมไฮโดรเย็นด้วยน้ำ ซึ่งจะให้ขั้วอ๊าร์คคิดได้สะดวกขึ้น ข้อแตกต่างของการเชื่อมแบบ TIG กับแบบอื่น ๆ นั้น อยู่ที่การเริ่มเขี่ยอ๊าร์คให้เกิดในตอนแรก และเมื่ออ๊าร์คเกิดขึ้นแล้วก็ปรับโดยใช้ Current ต่ำ ๆ อ๊าร์คที่ได้ก็ไม่ค่อยสม่ำเสมอเสียอีก

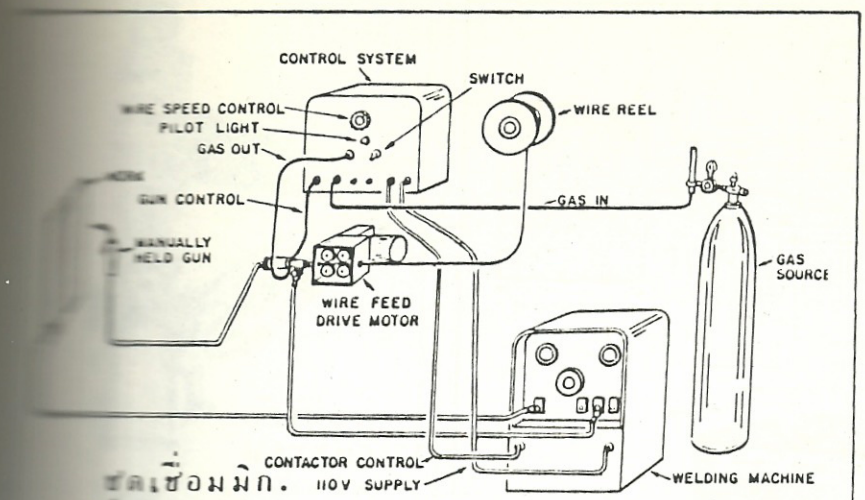
การเชื่อมชิ้นงานบาง ๆ เข้าด้วยกัน จะให้ได้ผลจะต้องใช้แผ่นทองแดงมารองหลังงานทั้งสอง บีบงานทั้งสองให้แนบสนิทติดกัน เพื่อให้แน่ใจว่าการถ่ายเทความร้อนนั้นได้ถ่ายเทไปที่งานทั้งสองได้เท่า ๆ กัน และความร้อนส่วนเกินนั้นก็ให้ไหลไปอยู่ที่แผ่นรองหลัง

### 2) พลาสม่าอ๊าร์ค (Plasma Arc Welding)

การเชื่อมแบบ Plasma Arc นี้ เกิดขึ้นโดยนัยว่า จะพยายามทำการเชื่อมโดยวิธี MIG ให้ทำหน้าที่คล้ายลำอิเล็คทรอน (Electron Beam) โดยที่อ๊าร์คครั้งแรกที่เกิดขึ้นนั้นเกิดอยู่ระหว่างเขี้ยวทังสะเต็นกับหัวเชื่อมที่มีน้ำหล่อระบายความร้อน อ๊าร์คที่เกิดขึ้นครั้งแรกนั้นก็โดยมี ไฮ-ฟรีเคว้นซี่ย์ มาจุดอ๊าร์คขึ้น และการที่ผลักดันอาร์กอนให้ผ่านอ๊าร์คออกมานั้น ทำให้เกิดธารของ"พลาสม่า" เกิดขึ้น *แก๊สชั้นแรก (Primary Gas)* นั้นไหลมาเป็นจำนวนน้อย ไม่พอที่จะมาใช้คลุมป้องกันอ็อคซิเย่นได้รอบแนวเชื่อม จึงต้องอาศัยมี *แก๊สชั้นที่สอง (Secondary Gas)* มาเป็นตัวคลุมป้องกันให้ พลาสม่า นั้นก็คือภาวะของอะตอมของสสารถูกไอโอไนซ์ ซึ่งอะตอมที่ถูกไอโอไนซ์นี้ บังคับได้ด้วยสนามแม่เหล็กและไฟฟ้า ด้วยคุณลักษณะของมันเป็นดังนี้ จึงใช้มันมาถ่ายเทพลังพลาสม่า และคุณลักษณะของการเชื่อมแบบ พลาสม่า อ๊าร์ค นี้ก็อยู่ที่ว่า ในจังหวะที่ไม่ได้เชื่อมนั้น มันก็ยังผลิตอ๊าร์คเกิดอยู่ภายในหัวเชื่อมอยู่ และแก๊สอาร์กอนชั้นแรก ก็ยังคงไหลอยู่ตลอดเวลา

### 3) อิเล็กทรอนบีม (Electron Beam Welding)

เทคนิคในการเชื่อมแบบ Electron Beam นี้ผิดกับการเชื่อมโดยวิธีอื่น ก็อยู่ตรงที่ว่า ความร้อนที่เกิดขึ้นนั้น *ไม่ได้มาจากการอ๊าร์ค* แต่มาจากธารของ อิเล็กทรอน

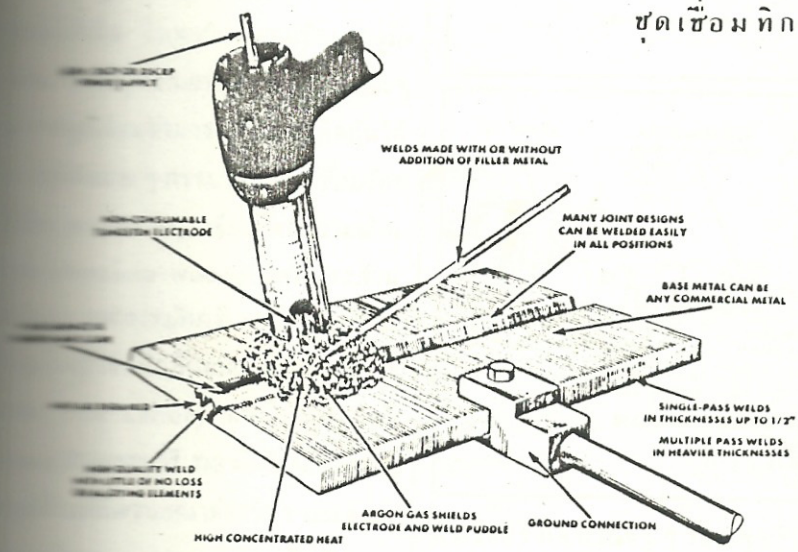



ชุดเชื่อมมิก.

*Diagrammatic view of a complete gas metal-arc outfit.*

*Gas Tungsten Arc-Tig*

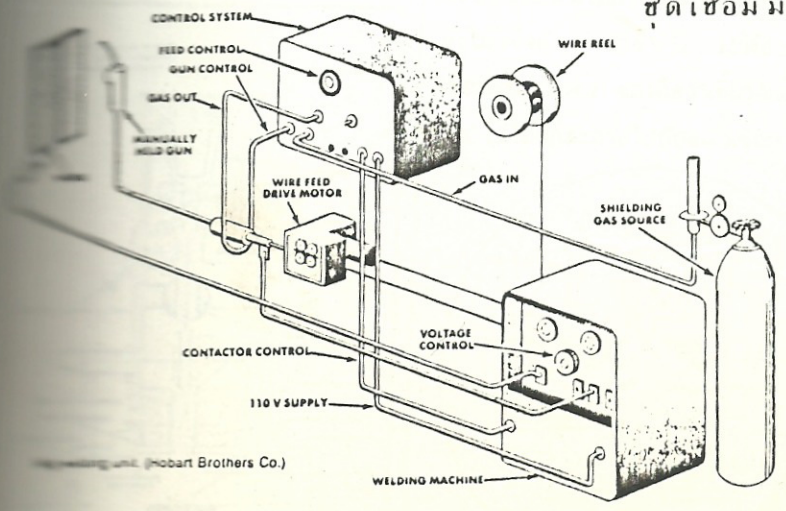
ชุดเชื่อมทิก.




...welding, a non-consumable tungsten electrode is used. It is surrounded by a shield of inert gas (Linde Co.)

*Gas Metal Arc—Mig*

ชุดเชื่อมมิก



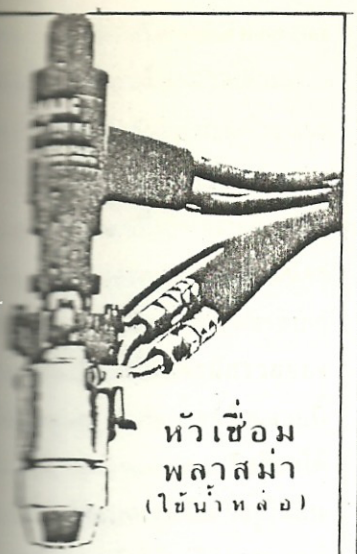

...(Hobart Brothers Co.)

...Beam) ซึ่งธารของอีเล็คทรอนนี้ ...ในสูญญากาศ เป็นลำเล็ก ๆ ซึ่งขับ พลังงานสูงพุ่งไปสู่ตำแหน่งที่จะเชื่อม และลำอีเล็คทรอนนี้ สามารถแต่งโฟกัสให้มีเส้นผ่าศูนย์กลางให้น้อย ๆ ได้ ทำให้ความร้อนที่เกิดขึ้นนั้น ก็เป็นจำนวนเล็กน้อยตามไปด้วยเมื่อเปรียบเทียบกับการเชื่อมแบบ TIG และแบบ Plasma เมื่อเชื่อมงานขนิดเดียวกัน และลำอีเล็คทรอนที่เกิดขึ้นนี้ก็จะพุ่งตรง *(ไม่ส่ายไปมาเหมือนอ๊าร์คของเชื้อวอีเล็คโทรด)* ลำอีเล็คทรอนนี้ จะหักเหได้ก็โดยอาศัยสนามแม่เหล็ก ระยะทางระหว่างลำอีเล็คทรอนกับงานเชื่อมนั้นไม่สู้สำคัญนัก แต่ที่สำคัญคือทุก ๆ จุดต่อเนื่องกันของแนวเชื่อมนั้นจะต้องผ่านลำอีเล็คทรอนอย่างสม่ำเสมอ ความโตของลำอีเล็คทรอนนั้นสามารถจะบีบแต่งให้เล็กได้ถึง 0.10 ม.ม. ซึ่งการทำ Jig ช่วยจับยึดงานนั้นก็จะต้องทำอย่างประณีต งานเชื่อมจึงจะได้ผลสมบูรณ์แถบความร้อนที่เกิดขึ้นนั้นแคบมาก ทำให้งานเชื่อมเกิดอาการบิดเบี้ยว อันเกิดจากความร้อน (Thermal Distorsion) มีน้อยมาก และความเค้นที่เกิดขึ้นในงานก็น้อยตามไปด้วย

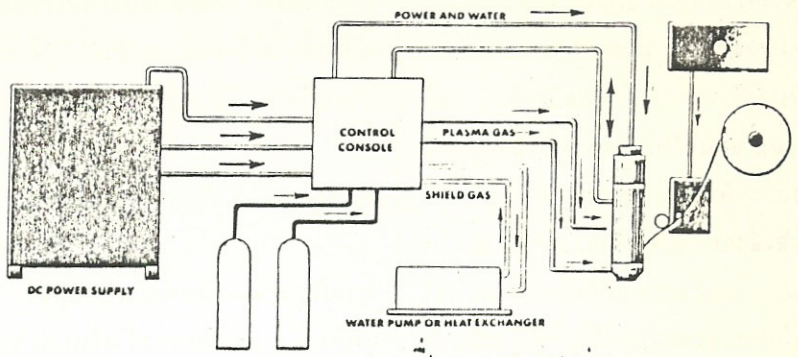
การเชื่อมที่กระทำอยู่ในถังสูญญากาศนี้ เป็นที่มั่นใจได้แน่ ๆ ว่า จะไม่มีอ็อคไซด์เกิดขึ้นแน่ โดยไม่ต้องอาศัยแก๊สเฉื่อยมาคลุมช่วย ถ้าเชื่อมในไซเกิลที่เร็วเกินไปต้องใช้ไนโตรเย่นแห้งมาช่วยดูดซับสูญญากาศ ข้อเสียของการเชื่อมแบบ Electron beam นี้ก็อยู่ที่เงินลงทุนสูง และเชื่อมงานใหญ่โตมากไม่ได้ เพราะถังสูญญากาศ ไม่โตพอ

**การเชื่อมอาลูมิเนียม (Welding Aluminium)**

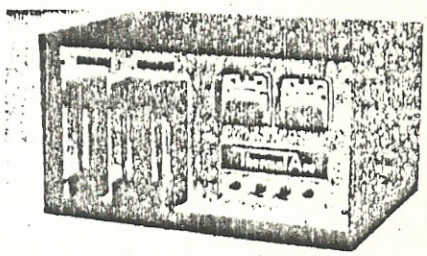
ในปัจจุบันอาลูมิเนียมได้เข้ามามีบทบาท ทั้งทางด้านอุตสาหกรรม วิศวกรรม และลถาปัตยกรรมอย่างแพร่หลาย ครั้งหนึ่งอาลูมิเนียมเคยมีบทบาทต่อด้าน*งานบัดกรี (Soldering) งานแล่นประสาน (Brazing)* และ*การเชื่อม (Welding)* มาแล้ว โดยถือเอาว่า อาลูมิเนียมนั้นบัดกรีไม่ได้...เชื่อมไม่ติด เมื่อผู้คนได้ค้นคิดจนได้ว่า อาลูมิเนียมนั้นใจง่าย ขอบจับมือกับอ็อคซิเย่นแล้วแอนด์โก กันเป็น อาลูมิน่า ผู้คนก็หาทางกีด



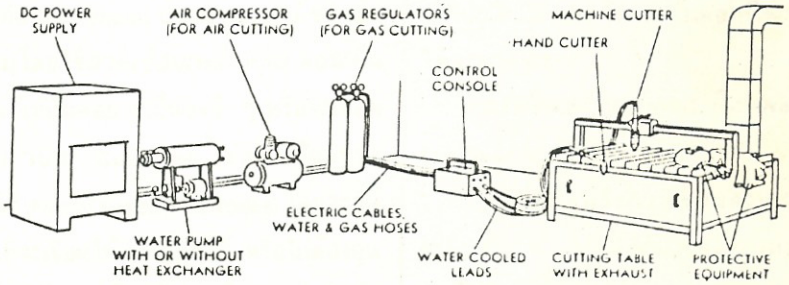

*A water-cooled plasma-arc torch. (Linde Co.)*




การเชื่อมพลาสม่า.



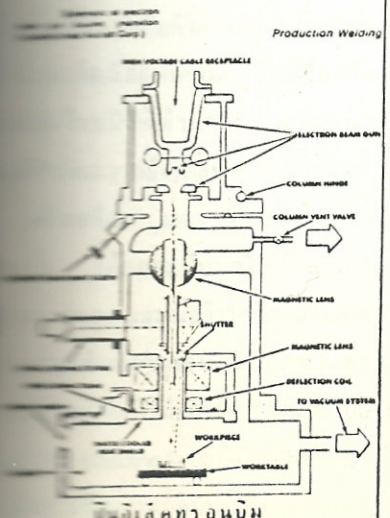
Typical plasma welding installation and control console (Thermal Dynamics Corp.)



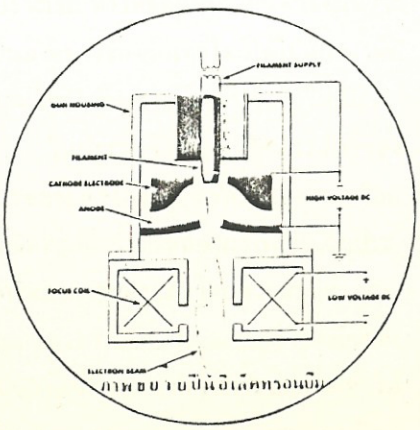

*Diagrammatic sketch of the equipment required for a plasma-arc cutting station. (Thermal Dynamics Corp.)*

การตัดพลาสม่า.

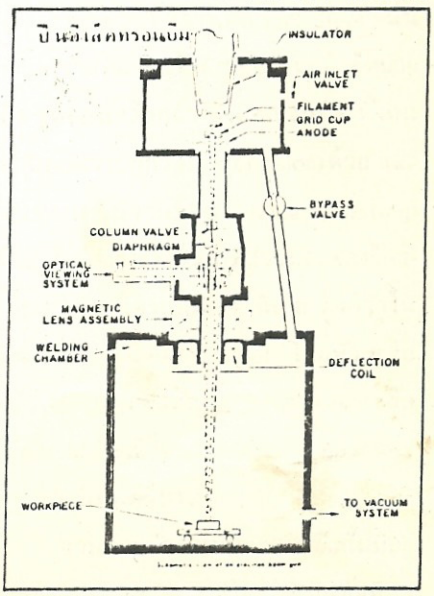
...ได้แอนด์โกกันกับอ็อคซี-... ในทุกวันนี้งานเชื่อมอาลูมิ-...ได้เป็นงานยากเย็นเหมือนแต่ก่อน ๆ ...สามารถนำมาต่อติดกันได้ ...ๆ กรรมวิธี เช่น*เชื่อมโดย* ...Welding) เชื่อมโดย*ความต้าน* ...Resistance Welding) *แล่นประสาน* ...และ*การบัดกรี* (Soldering) การ ...ส์นั้นก็นิยมเชื่อมในงานประ... (Fabrication) และงานซ่อมทำ ...ด้วยกรรมวิธี TIG นั้นนิยมเชื่อมงาน ...ที่มีความหนาต่ำกว่า 3 ม.ม.ลงมา ...Tungsten Inert Gas นั้นลักษณะ ...นั้น เขี้ยวอีเล็คโทรดเป็น ...เป็นแท่งยาวโผล่ออกมาตรงกลาง หัวเชื่อมซึ่งเจาะเป็นรู ๆ รอบ ๆ บริเวณที่อีเล็คโทรดโผล่ออกมา เพื่อเป็นทางผ่านของ แก๊สอาร์กอน ซึ่งจะออกมาเป็นลักษณะกรวยคลุมแนวเชื่อมในขณะที่มันหลอมละลายยังไม่แข็งตัว *เวลาเชื่อมจะต้องใช้ลวดเชื่อมเติมต่างหาก* และถือว่าเขี้ยวอีเล็คโทรดนั้น ไม่ได้สึกละลายไปกับแนวเชื่อม : Non-Consumable Electrode เขาก็เรียก) สำหรับการเชื่อมแบบ MIG นั้นก็นิยมเชื่อมในงานทั่ว ๆ ไป เพราะว่ามันเชื่อมได้เร็วกว่าและประหยัดกว่าเชื่อมแบบ TIG ซึ่งจะต้องแต้ม




อีเล็คทรอนบีม




ภาพขยายปืนอีเล็คทรอนบีม



... MIG : หรือ Metal Inert Gas ...การเชื่อมนั้น ลวดเชื่อมหรือ ...ทำหน้าที่เป็น*อิเล็คโทรดด้วย* และ ...ที่เป็น*ลวดเติมแนวเชื่อมไปด้วย* ...เชื่อมจะมาเป็นขดกลม ๆ ถูกรีด ...หรือปืนออกมา ลวดเชื่อมนี้จะ ...ในแนวเชื่อม บริเวณรอบ ๆ ...เชื่อมนั้นก็จะมีกรวยของ ...คลุมอยู่เช่นกัน การเชื่อมแบบนี้ ...เป็น Semi Automatic จึงเชื่อมได้ ...ไม่มีปุ่มปมสะดุดขัดตัวอยู่ในปืน ... Flux ยัดไส้อยู่ในรูแกนลวด ... Flux Core Wire' หรือไม่มี Flux ... การที่ลวดเชื่อมหายหดหมด ... : Consummable Electrode ...

...แบบ MIG : Molydenum ...เชื่อมโดยใช้ไฟฟ้ากระแสไฟตรง D.C.R.P. : Direct Current Reverse ...การต่อแบบชนิดที่เรียกว่า ขั้ว ...สายที่มาต่อกับงานที่จะเชื่อมนั้น ...(-) ส่วนสายที่ต่อกับปืนเชื่อมนั้น ...(+) การที่ต่อแบบขั้วกลับ (Reverse ...งานเป็นสายลบ) นี้ การกิน ...เรียบ ลวดเชื่อมละลายได้หมด ...เม็ดลวดเชื่อมซึ่งหลอม ...หลอมกับงานคละเคล้าเข้ากันได้ ...ความสะอาดแนวงานที่เชื่อมนั้น ...ต่อเนื่องกันอยู่ตลอดเวลา การ ...หลงเหลือคั่งค้างอยู่นั้นก็กระทำ ...น้อย ที่คลุมอยู่นั้นก็ป้องกัน ...ไม่ให้เข้ามาปะปนผสมแนว ...ละลายยังไม่แข็งตัวดีอีกด้วย

...เชื่อม MIG ที่มีขายในท้อง ... ได้ออกแบบมาให้เปิดแก๊ส ...หลุม และเมื่ออ๊าร์คติดแล้วกลไก ...เชื่อมอลูมิเนียมออกมาโดย ...ทันที เมื่ออ๊าร์ค ๆ ติดแล้ว บ่อ ... (Welding Pool) ก็เกิดขึ้นพร้อม ๆ ...เชื่อมงานก็คืบหน้าไป ตามแนว ...โลหะโดยปืนเลื่อนไปและตั้งความเร็วในการป้อนลวดไว้ ให้สัมพันธ์กับความเร็วที่ปืนเชื่อมเคลื่อนตัวไป เพื่อเสริมสร้างขนาดของแนวเชื่อมให้ได้ตามต้องการสืบไป

**การเชื่อมเหล็กหล่อ (Welding cast-iron)**

วัสดุอีกประเภทหนึ่งที่เข้ามารับการซ่อมทำภายในโรงงานบ่อย ๆ นั้นก็คือ เหล็กหล่อ ซึ่งเหล็กหล่อนี่ก็เหมือนกัน ที่นับได้ว่า เชื่อมได้ยาก แต่อย่างไรก็ดี มีเทคนิคอยู่หนึ่งหรือสองเทคนิค ที่ทำให้งานเชื่อมเหล็กหล่อได้ผล

การเชื่อมเหล็กหล่อนั้นมีหลักการในการเชื่อมได้อยู่สองประการด้วยกัน : จะเชื่อมอย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ กล่าวคือ : เชื่อมแบบ "ร้อน" 'Hot' โดยการอุ่นงานที่จะเชื่อมเสียก่อน (Preheat) ประมาณ 600° ซ. แล้วเชื่อมโดยใช้*ลวดเชื่อมเหล็กหล่อ* ตอนเย็นตัวลงให้มันค่อย ๆ เย็นลงช้า ๆ หรือจะเชื่อมแบบ "เย็น" 'Cold' โดย *ใช้ลวดเชื่อมฐานนิเกิล* (Nickel-based Electrodes) โดยจะอุ่นงานที่จะเชื่อมให้พอร้อนก็ได้ หรือไม่ต้องอุ่นก่อนก็ได้ การเชื่อมร้อน นั้นตามปกติแล้วการเลือกใช้ชนิดของลวดเชื่อมนั้น ผู้ผลิตลวดเชื่อมจะเป็นผู้กำหนดวิธีปฏิบัติมาให้

ข้อที่ได้ประโยชน์ในการใช้ *ลวดเชื่อมฐานนิเกิล* ในการเชื่อมเย็น นั้น มีอยู่สองสถาน กล่าวคือ : ในประการแรก *นิเกิลในลวดเชื่อม* นั้น สามารถที่จะดูดซับเอาคาร์บอน (ที่อยู่ในเนื้อเหล็กหล่อในขณะที่ทำการเชื่อมอยู่) ได้ โดยที่ไม่ทำให้มันแข็งและเปราะเลย ทำให้ตอนที่มันเย็นตัวลงนั้น จะเย็นลงอย่างช้า-เร็วเท่าใดก็ได้ไม่ต้องมาพิถีพิถันให้มันเย็นลงอย่างช้า ๆ เท่าใดนัก

ในประการที่สอง สัมประสิทธิ์ของการขยายตัวโดยความร้อน ของลวดเชื่อมที่ผลิตออกมานี้ ผลิตออกมาให้มันมีสัมประสิทธิ์ของการขยายตัวโดยความร้อน (Co-efficient of Thermal Expansion) ใกล้เคียงกันกับของเหล็กหล่อมาก เพราะฉะนั้นก็ทำให้มันลด *ความเค้นอันเกิดจากการเชื่อม* (Weld Stress) หรือคือ แรงที่ทำให้เกิดการขยายตัวสวนทิศทางกัน คือตรงโซนที่มันร้อน มันก็จะยืดออกไปมาก ตรงโซนที่มันร้อนน้อยมันก็จะยืดตัวไปได้น้อย และตรงโซนที่ร้อนน้อยกว่าเขาเพื่อนก็จะไม่ยอมขยายตัวออกไปให้เท่า ๆ เขา และสิ่งสำคัญอีกประการหนึ่งก็คือความร้อนในขณะที่เชื่อมนั้น *ใช้ความร้อนน้อยกว่า* โซนที่ได้รับความร้อนก็มีความกระทบกระเทือนต่อความแตกต่างกันของอุณหภูมิ ณ บริเวณประชิดใกล้เคียงกันนั้น ก็มีน้อยกว่า ตราบใดที่เราอุ่นงานมันเสียก่อน (Preheat) นั้นก็หมายความว่า เราขยายย่านของโลหะที่ได้รับความร้อนให้กว้างขึ้น อันนี้เป็นการไปช่วยลด ความแข็งสูงสุด (Peak Hardness) ให้มันต่ำลง ทำให้เอื้ออำนวยต่อการที่เราจะนำไปกลึง ไส แต่ง ในงานขั้นต่อไปให้กระทำได้สะดวกขึ้น

**การเชื่อมสะเตนเลสสะตีล (Welding Stainless Steel)**

ก่อนจะพูดถึงการเชื่อมสะเตนเลสสะตีล นั้น จะขอพูดถึงเรื่องของ *สะเตนเลสสะตีล* โดยเนื้อหาเสียก่อน เพราะว่าสะเตน-เลสสะตีลนั้นมันมีราคาแพงขนาดจดไม่ลงอยู่ จึงทำให้ผู้คนส่วนใหญ่ ไม่ใคร่จะคุ้นเคยกับมันเท่าไรนัก เพื่อเป็นความเข้าใจอันดีจึงจะใคร่ขอกล่าวเป็นการปูพื้นฐานไว้ก่อน :

ที่เรียกว่า "STAINLESS Steel" นั้น ตามความหมายกว้าง ๆ ของมันแล้วก็หมายถึง ชุดของเหล็กกล้า ซึ่งมีคุณสมบัติ ทั้งทนทานต่อความผุกร่อน (Corrosion) ด้วย และทนทานต่อความร้อน (Heat-resisting) ด้วย ซึ่งเหล็กกล้าชนิดนี้ มีส่วนผสมของโครเมียม หรือ โครเมียม + นิเกิล สูงกว่าในเหล็ก High-tensile Steel โดยทั่ว ๆ ไป แล้ว จะเรียกว่าเป็นเหล็ก *สะเตนเลสสะตีล* ได้นั้น จะต้องมีโครเมียมผสมอยู่ อย่างน้อย 11 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

*ส่วนผสมของสะเตนเลสสะตีลนั้นมีอยู่* มากมายหลายชนิด แต่โดยให้เป็นข้อที่น่า

...ทางก็มีข้อคิดว่า ถ้าจะใช้...เพื่อทนทานต่อความผุกร่อน ...resisting Steel) นั้น อัลลอยด์ของ ...ผสมโดยประมาณ คือ มีโคร- ...และมีนิเกิล 8% ซึ่งเราเรียกกัน ...ไปว่า '18/8 Chromium-Nickel ...Steel' หรือเรียกสั้น ๆ ว่า '18/8

...จะใช้งานเพื่อทนต่อความร้อน ...sting Steel) แล้วมันจะมีเปอร์เซ็นต์ ...และนิเกิลสูงไปกว่าที่กล่าวมา ...อีกนอกจากนั้นแล้วมันยังจะมี ...อย่างอื่นอีก เช่น ซิลิกอน 1.5-2% ...2.5-3% ตัวอย่างอัลลอยด์ชุดนี้ ...23/11/3 (มีโครเมี่ยม 23% นิเกิล ...สะเด็น 3%) และชนิดที่มีโคร- ...นิเกิล 20% ซิลิกอน 1.5%

*...identification)*

...ปฏิบัติแล้ว จะสังเกตดูด้วยตา ...นั้นเป็นเหล็ก Martensitic หรือ ...เหล็กชนิดนั้นเป็นเหล็ก Aus- ...แต่มันก็เป็นข้อที่เป็นประโยชน์ ...ที่ว่า ถ้าเป็นเหล็กชนิด Mar- ...Ferritic แล้ว มันจะมีคุณสมบัติ ...อย่างแรง ซึ่งเหล็กชนิดนี้ เชื่อม

ส่วนเหล็ก Austenitic นั้น แทบทุกชนิดแล้ว ในทางปฏิบัติมันจะมีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก (non-magentic) ในภาวะปกติแล้วมันจะอ่อน ซึ่งเหล็กชนิดนี้ เชื่อมได้ง่าย

*ชนิดของสะเตนเลสสะตีล (Type of Stainless Steels)*

ถึงแม้สะเตนเลสสะตีล จะมีอยู่มากมายหลายเกรดก็ตาม (คือส่วนผสมของมันแตกต่างกันออกไป) แต่ก็แบ่งเป็นชุดใหญ่ ๆ ออกได้เป็นสามชุด ตามที่กล่าวมาแล้ว สองชุดแรกนั้นเชื่อมได้ยาก และช่างเชื่อมก็ไม่ใคร่จะชอบมัน

ส่วนชุดที่สามนั้นก็คือ 'Austenitic Stainless Steel' ซึ่งส่วนผสมของมันนั้นก็จะมีโครเมี่ยมและนิเกิล เป็นส่วนผสมหลัก และพอเพียงที่จะทำให้โครงสร้างของมันเป็น Austenitic Structure เหล็กชนิดนี้ เมื่อเผาร้อนแล้วชุบน้ำทันที มันจะไม่แข็ง (มีคุณสมบัติคล้ายทองแดง ซึ่งเป็นธาตุเดียวเท่านั้น ที่เผาจนแดงฉาน ๆ แล้วชุบน้ำ มันจะกลับอ่อนตัวลง) ตามปกติแล้วมันจะมีคุณสมบัติไม่เป็นแม่เหล็ก

ส่วนผสมที่สำคัญของสะเตนเลสสะตีลชุดนี้ มีส่วนผสมโดยประมาณ ๆ ดังนี้: โครเมี่ยม 18% นิเกิล 8% และมีคาร์บอนผสมอยู่ด้วยไม่เกิน 0.12% เหล็กชนิดนี้จะเชื่อมได้ดีโดยปลอดภัย ถ้ามีส่วนผสมของไทเทเนียมหรือนีโอเบียมอีกเล็กน้อย และถ้าต้องการให้ทนต่อฤทธิ์กัดของน้ำกรดหรือของเหลวที่มีฤทธิ์กัดกร่อน เขาก็จะผสมโมลิบ-เดนัม เข้าไปด้วย อย่างมาก 4%

อย่างไรก็ดี มันมีสัมประสิทธิ์ แห่งการขยายตัวสูงกว่า และมีค่าความนำความร้อนต่ำกว่าเหล็กกล้าอ่อนละมุน (Mild Steel) นั่นก็หมายถึงว่าเมื่อเชื่อมแล้วมันจะมีปัญหาในเรื่องความบิดตัว (Distorsion) มากกว่า ดังนั้นในเวลาเชื่อมจะต้องจี้ปลายลวดเชื่อมให้ใกล้ชิ้นงานเชื่อมที่สุด ทั้งนี้เพื่อหลีกเลี่ยงงานเชื่อมไม่ให้มันร้อนมากเกินไป

*ความเปื่อยยุ่ยอันเกิดจากการเชื่อม (Weld Decay)*

เหล็กสะเตนเลสสะตีล 18/8 เมื่อนำมาใช้งานแล้ว มีทางที่จะเกิดการผุกร่อนขึ้นมาจากผลึกในเนื้อโลหะออกมาได้ เราเรียกว่าเป็น ความเปื่อยยุ่ยอันเกิดจากการเชื่อม การที่เป็นดังนี้ก็เนื่องจากการตกตะกอนของโครเมี่ยมคาร์ไบด์ ที่ตรงขอบเมล็ดเกรนของมัน การตกตะกอนของ ขอบเมล็ดเกรนนี้ จะเกิดขึ้นตรงบริเวณของเหล็ก ที่มีอุณหภูมิถึง 450-850° ซ. (842-1,562° ฟ.) ในระหว่างที่ทำการเชื่อม โดยที่มันไปดึงเอาโครเมี่ยมให้หลุดออกมาจากขอบเมล็ดเกรน ทำให้มันพรุนใน มีความต้านทานต่อสารที่มีฤทธิ์กัดน้อยลง แม้จะใช้บรรจุเหล้าฤทธิ์อ่อน ๆ มันก็

**Recommended Conditions for Making Butt Welds in Stainless Steel and Nickel Chromium Alloys**

| Material thickness | Electrode diameter (in.) | Filler rod diameter (in.) | Argon shield No. | Welding current (A) | Approx. argon consumption (lt./hr.) | No. of passes | Edge preparation |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ...in. | 1/16–3/32 | 1/16 | 1 | 30–50 | 3–4 | 1 | Flanged edge, close butt, or square edge close butt. |
| ...in. | 1/16–1/8 | 3/32 | 1 | 60–80 | 5–6 | 1 | Square edge, close butt. |
| ...in. | 1/16–1/8 | 1/16–1/8 | 1 or 2 | 70–90 | 5–6 | 1 | Square edge, close butt |
| ...in. | 3/32–3/16 | 3/32–1/8 | 1 or 2 | 90–150 | 6 | 1 | Square edge, open butt, or square edge close butt. |
| ...in. | 1/8–1/4 d.c. only | 1/8–1/4 | 2 | 120–175 | 7–8 | 1 | Bevelled edge, close butt, 90° incl. |
| ...in. | 1/8 d.c. only | 1/16–1/8 | 2 or 3 | 150–200 | 9–10 | 1–2 | Bevelled edge, close butt or double bevel, close butt, 90° incl. |
| ...in. | 1/8–1/4 d.c. only | 1/16–1/8 | 2 or 3 | 175–250 | 9–10 | 3 | Bevelled edge, close butt or double bevel close butt, 90° incl. |
| ...in. | 1/16–3/32 d.c. only | 1/8 or over | 3 or 4 | 250–350 | 10–12 | 5–7 | Double bevel 90° incl. or double 'U' 1/8 in nose |

...Where d.c. is employed, the electrode must be connected to the negative terminal of the generator, and the smaller recommended size of thoriated tung-... used. For the thinner sections up to approximately 10 s.w.g., both a.c. and d.c. give equally good results, but d.c. is recommended for heavier sections.
(B.O.C. Ltd.)

ARGON ARC WELDING

...เคลือบแคลิเกรนและซีมออกได้ ...เคลือบแคลิเกรน (มองด้วยตาเปล่า ...

...การเปื่อยยุ่ย อันเกิดจาก ...จะกระทำได้โดย อบอ่อน ...ร้อนกับงานให้มีอุณหภูมิ ...2" ฟ.) แล้วขุบน้ำให้มัน ...ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้ว งาน ...ารอจะทำได้ เพราะเตาอบ ...ถึงจะทำได้ก็หนีไม่พ้น ...แต่ก็ป้องกันได้โดยใช้ ...ที่มีเปอร์เซ็นต์ของคาร์บอน ...ปัจจุบันนี้สะเดนเลสสะตีลที่มี ...น้อย ขนาด 0.03% ก็มีแล้ว ...เชื่อมก็ได้ผลิตลวดเชื่อมออก ...ส่วนผสม เวลาที่เลือกใช้ ...ให้เลือกเอาเบอร์ที่มีส่วนผสม ...ที่เราจะมาเชื่อมมัน

*...มาร์เทนซิติค (Martensitc Steels)*

...สะเดนเลสสะตีลชุด มาร์เทนซิติค ...ไปเชื่อมมัน เพราะมันมี ...ขึ้น เมื่อเชื่อมแล้วปล่อยให้ ...ปกติ ยังผลให้มันเปราะ หรือ ...ร้าวราน ตรงขอบแนวเชื่อมที่ ...งาน แต่ถ้าไม่มีทางเลี่ยงจะต้อง ...แล้ว ก็แนะนำว่า จะต้องอุ่น ...(Preheat) ให้มีอุณหภูมิ 300° ซ. ...และใช้ลวดเชื่อม austenitic ...Nickel Steel ชนิดพิเศษเชื่อม หาก ...เชื่อม ให้มีคุณสมบัติเหมือนโลหะ ...เชื่อมแล้ว ก็ขอให้เลือกลวดเชื่อม ...ผสมใกล้เคียงกันกับโลหะหลัก ...และเมื่อเชื่อมเสร็จแล้วจะต้องอบ ...(Tempering) ด้วย

*...สะเดนเลสสะตีล (Stainless Steels ...Welding)*

...ที่จำกัดในการเชื่อมสะเดนเลส-...โดย เอ.ซี.อาร์กอน อ๊าร์คนั้นกำหนดให้ ...ตัวลงไปได้ยาก แต่โดยทั่ว ๆ ไป ...เชื่อมแผ่นมีความหนาถึง 1/8 นิ้ว ...แม้ว่าจะเชื่อมแผ่นที่หนาขึ้น ไปมากกว่านี้อีกได้ก็ตาม ในการเชื่อมอาร์กอนแก๊สนั้นมีข้อควรจำ ดังนี้ :-

ข้อได้เปรียบส่วนใหญ่ ในการเชื่อมไฟดี.ซี. กับสะเดนเลสสะตีลนั้น ก็อยู่ที่ว่าเราเพิ่มไฟให้กับโลหะหลัก ที่นำมาเชื่อมได้โดยปลอดภัย โดยอาศัยต่อขั้วลบ (-) เข้ากับปืนเชื่อม (และขั้ว + ต่อกับงาน) สำหรับในงานเชื่อมอาลูมิเนียมหรือแมกนีเซียมที่จำเป็นต้องใช้ไฟ เอ.ซี.มาเชื่อมนั้นก็เป็นเพราะว่า ต้องการที่จะกระเทาะฟิลม์อ็อคไซด์ที่มาจับเคลือบอยู่ที่หน้าผิวโลหะ ในครึ่งไซเกิลที่เป็นบวก (+) ออก แต่ปัญหาอย่างนี้ไม่มีในการเชื่อมสะเดนเลสสะตีล เพราะฉะนั้นจึงถือเอาเป็นข้อที่ได้ประโยชน์จากการเชื่อมด้วยไฟ ดี.ซี. เพราะว่ามันให้ความร้อน เป็นจำนวนมาก ๆ ได้ เพราะฉะนั้นจึงเพิ่มความเร็วในการเชื่อมให้เร็วขึ้นได้ และดูเหมือนความบิดเบี้ยว (Distorsion) ซึ่งถือเป็นเรื่องสำคัญก็ยังจะน้อยเสียด้วย แล้วซ้ำยังจำกัดโซนความร้อนในเนื้องานได้อีกด้วย ทำให้งานซึ่งเชื่อมสำเร็จแล้ว มีความแข็งแรงในทางเชิงกลดีด้วย

*เทคนิคในการเชื่อม (Welding Technique)*

เพื่อลดความบิดเบี้ยว ของชิ้นงานเชื่อม ถ้าหากงานใดสามารถจะนำแท่งทองแดงมาแนบรองหลังงานเชื่อมได้ ก็ควรทำ

พึงจำไว้ว่า สัมประสิทธิ์การขยายตัวของสะเดนเลสสะตีลนั้นน้อยกว่าทองแดง

ช่างเชื่อมจะต้องรักษาความเร็วในการเชื่อมนั้นให้แต่งให้สม่ำเสมอกันตลอดแนวเชื่อม และพยายามอย่าแช่หัวเชื่อมไว้ตรงที่ใดที่หนึ่งนานมากจนเกินไป

ในการเดินแนวเชื่อมหลาย ๆ แนวนั้น จะต้องปล่อยให้ "แนวที่แล้ว" เย็นจนกระทั่งมันดำเสียก่อนแล้วจึงจะเชื่อมแนวถัดไปได้

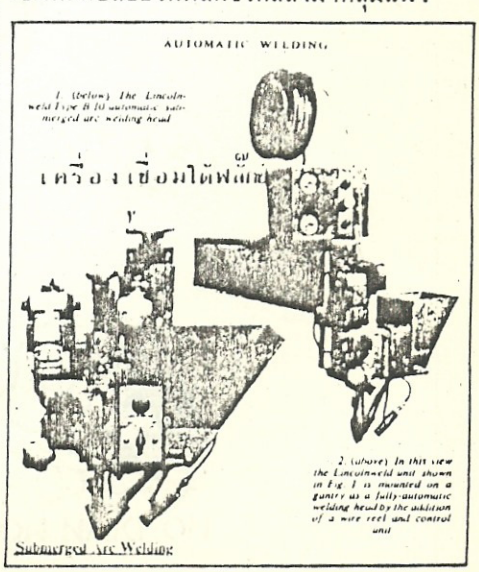
อย่าแต่งระยะว่างปลายลวดเชื่อมเกินกว่า 1/4 นิ้ว ในทุกกรณี

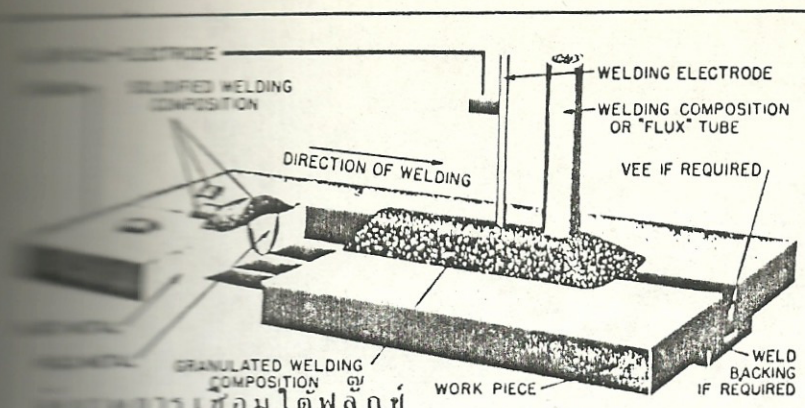
อย่าให้การไหลของอาร์กอนต่ำกว่าเกณฑ์ที่เขาได้กำหนดเอาไว้ โปรดดูตาราง

การเชื่อมใต้ฟลักซ์ (Submerged Arc Welding)

การเชื่อมใต้ฟลักซ์ นี้เป็นกรรมวิธีที่ใช้เชื่อมกับโลหะแผ่นหนา ๆ การเชื่อมนี้เชื่อมได้ในแนวราบ (Down-hand) แนวเดียวเท่านั้น แนวอื่นทำไม่ได้ เครื่องเชื่อมนั้นมีทั้งกึ่งอัตโนมัติ (Semi-automatic) และอัตโนมัติเต็มรูป (Full Automatic) ไฟที่มาใช้ในการเชื่อมนั้นจะใช้ไฟจาก A.C. Transformer หรือ D.C. Generator หรือ จาก Rectifier ก็ได้ ไฟ A.C. นั้น ใช้กับไฟขนาด 1,200 แอมป์ ถึง 4,000 แอมป์ หรือมากกว่า ลักษณะมาตรฐาน ความสะอาดในแนวเชื่อมสูง การกินลึกของแนวเชื่อมดีมาก จะเชื่อมเป็นแนวเส้นตรงหรือเชื่อมกับของที่เป็นทรงกลมก็ได้ ถ้าเชื่อมของทรงกลม จะต้องหากรรมวิธีมาหมุนของทรงกลมนั้นบนลูกกลิ้ง หมุนอยู่กับที่ ถ้าเชื่อมเป็นแนวเส้นตรง จะต้องจัดหารางมาให้หัวเชื่อมเดินไปตามราง สำหรับงานเชื่อมนั้นจะเชื่อมทีละหัวเดียวก็ได้ สองหรือสามหัวเชื่อมพร้อม ๆ กันก็ได้ ใช้ไฟขนิดเดียวกันก็ได้ หรือไฟต่างขนิดกันเชื่อมพร้อม ๆ กันก็ได้

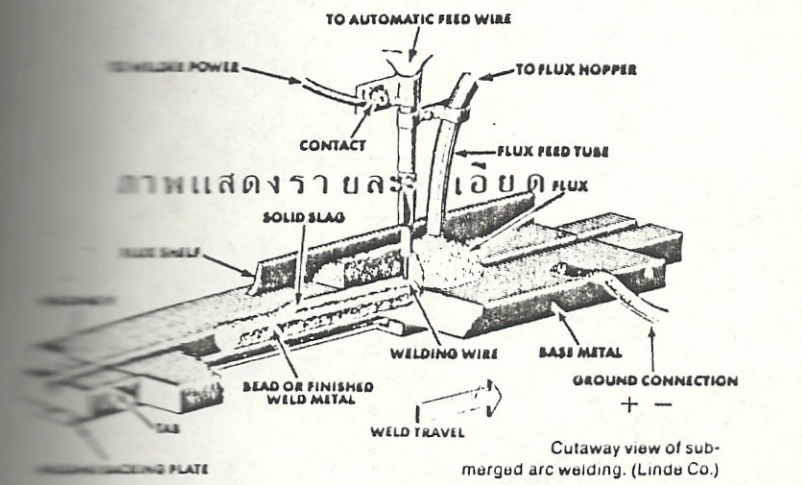
กรรมวิธีนี้ใช้ลวดเชื่อมเปลือย (Bare Electrode) แต่เขาจะฉาบทองแดงไว้บาง ๆ ที่ผิวเพื่อกันลวดเป็นสนิม ส่วนฟลักซ์นั้นจะอยู่ในกระบอกของมันต่างหาก มันมีลักษณะเป็นเกล็ด กลม ๆ เล็ก ๆ เมื่อเวลาเชื่อมจะต้องเปิดก็อกปล่อยให้ฟลักซ์ไหลลงมาคลุมแนว





ภาพแสดงรายละเอียดการเชื่อมใต้ฟลักซ์

*Diagrammatic view of a submerged arc weld in progress. (Linde Co.)*



Cutaway view of submerged arc welding. (Linde Co.)

...อาร์ค เราจึงมองไม่เห็นประ-...จึงเรียกกรรมวิธีนี้ "การเชื่อมใต้ฟลักซ์" (Submerged Arc) ...การกันกับ *"การเชื่อมใต้น้ำ"* (Under-water Welding) โปรดอย่าเข้าใจไขว้เขวกัน

ผงฟลักซ์บางส่วนนั้นก็หลอมละลายด้วยความร้อนแรงของอาร์ค และจะคลุมคุ้มกันมิให้อ็อคซิเย่นในบรรยากาศเข้าไปอ็อคซิไดซ์ แนวเชื่อมที่กำลังหลอมละลายได้ นอกจากนั้นแล้ว ฟลักซ์ยังได้เข้าไปผสมเป็นอัลลอยด์กับลวดเชื่อม ทำให้เพิ่มความแข็งแรงในเชิงกลให้กับแนวเชื่อมด้วย ผงฟลักซ์ส่วนที่ไม่ละลายนั้นก็กลับนำเอาไปใช้ใหม่ได้อีก ส่วนฟลักซ์ที่หลอมละลายไปนั้นจะกลาย *เป็น "ขี้เชื่อม" หรือ* Slag ซึ่งมันจะงอร่อนหลุดออกมาเองโดยไม่ต้องไปเคาะมันออก ส่วนที่งอร่อนออกมานี้ เป็นส่วนที่เสีย เอาทิ้งไป

ลวดเชื่อมเปลือย ที่ว่าเขาฉาบทองแดงเคลือบไว้บาง ๆ นั้น นอกจากจะกันมิให้ลวดเชื่อมเป็นสนิมไปก่อนใช้งานแล้ว ทองแดงยังจะเป็นสื่อตัวนำไฟฟ้าที่ดีในขณะทำการเชื่อม จะมีกลไกป้อนลวดลงไปหาแนวเชื่อม อัตราความเร็วในการป้อนลวดนั้นควบคุมโดย 'Voltage Control Unit' โดยแต่งอัตราความเร็วในการป้อนลวด ให้สัมพันธ์กับอัตราที่ลวดเชื่อมหลอมละลายไป ยังผลให้ระยะอ๊าร์คคงที่อยู่ตลอดเวลา และเพราะว่าในขณะที่ทำการเชื่อมนั้น ฟลักซ์มันมาคลุมบนแนวเชื่อมอยู่จึงทำให้ใช้แอมป์สูง ๆ มาทำการเชื่อมได้ ซึ่งทำให้การกินลึกมีผลดี

*References : 1. Far Eastern Technical Review.....December 1982*
*2. Modern Arc Welding Practice .....J.A. Oates.*