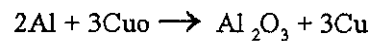


ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
การเชื่อมต่อสายดินด้วยระบบความร้อนเฉียบพลัน
(EXOTHERMIC PROCESS)

การเชื่อมระบบ EXOTHERMIC

ในการเชื่อมตัวนำของระบบสายดิน หรือข้อต่อตัวนำของสายไฟฟ้า โดยใช้วิธีที่เรียกว่า EXOTHERMIC นี้เป็นวิธีเชื่อมที่ง่าย ใช้เครื่องมือแบบกระทัดรัด สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก และเป็นวิธีเชื่อมที่ให้ประสิทธิภาพสูงในการเชื่อมระหว่างเนื้อทองแดงกับทองแดงและระหว่างทองแดงกับเหล็ก ซึ่งวิธีเชื่อมไม่ต้องพึ่งตัวจ่ายกำลังอื่นๆจากภายนอก การเชื่อมแบบ EXOTHERMIC ใช้กรรมวิธีในการเชื่อมแบบอุณหภูมิสูงจากปฏิกิริยาเคมีของผงทองแดงและอลูมิเนียมตามปฏิกิริยาเคมีข้างล่าง



จากปฏิกิริยาข้างบน เมื่อจุดระเบิดด้วยประกายไฟ จะได้อลูมิเนียมออกไซด์ในรูปของกาก และทองแดงหลอมละลายความร้อนสูงมาก (Superheat) ปฏิกิริยาดังกล่าวเกิดในบ้ำเชื่อมที่ทำด้วยถ่านกราไฟต์ ซึ่งมีตัวนำของระบบสายดินใส่ไว้ เมื่อผงทองแดงและอลูมิเนียมกลายเป็นทองแดงหลอมละลายอุณหภูมิสูงมาก (Superheat) ก็จะไหลลงสู่ข้างล่าง ทำให้ผิวหรือตัวนำที่ต้องการต่อเชื่อมหลอมละลายและเกิดการต่อเชื่อมเข้าด้วยกัน ขบวนการหรือปฏิกิริยาเชื่อมแบบ EXOTHERMIC เกิดขึ้นในช่วงเวลาอันสั้นมาก ดังนั้นปริมาณความร้อนที่ตัวนำหรือพื้นผิวที่ต้องการเชื่อมเมื่อพิจารณาแล้วจะได้น้อยกว่าในกรณีที่เชื่อมแบบ BRAZING หรือแบบ SOLDERING ซึ่งวิธีการเชื่อมแบบ EXOTHERMIC นี้เป็นข้อได้เปรียบที่สำคัญเมื่อใช้เชื่อมกับตัวนำสายเคเบิลที่มีฉนวนหุ้มหรือกับท่อทองแดงชนิดบาง การเชื่อมแบบ EXOTHERMIC นอกจากใช้เชื่อมทองแดงแล้วยังใช้เชื่อมโลหะอื่นๆอีก เช่น เหล็กกล้าไร้สนิม(Stainless steel), เหล็กทรงรถไฟ, เหล็กรูปพรรณ(Plain steel) , Nichrome V Monel, ทองเหลือง, Copper Clad Steel (Copper weld), Chromax, Galvanized Steel, และบรอนซ์ วัสดุประเภทโลหะที่กล่าวมานี้ สำหรับงานเชื่อมของกฟผ.มีใช้แต่เพียงทองแดงและเหล็กอาบสังกะสีเป็นส่วนใหญ่

รอยต่อเชื่อมแบบ EXOTHERMIC

กรรมวิธีการเชื่อมแบบ EXOTHERMIC เป็นแบบหลอมละลาย นั่นคือ โมเลกุลของทองแดงบริสุทธิ์เชื่อมติดกัน ข้อต่อเมื่อเชื่อมเสร็จเรียบร้อยแล้วมีพื้นที่หน้าตัดเป็นสองเท่าของตัวนำหรือสายดินที่นำ

มาเชื่อม ดังนั้น

1. ข้อต่อเชื่อม สามารถทนค่ากระแสไฟฟ้าปริมาณสูงที่เกิดจาก Surge หรือ Fault จากผลการทดลองพบว่า สายไฟตัวนำไฟฟ้าจะหลอมละลายก่อนข้อต่อเชื่อมแบบ EXOTHERMIC เมื่อการผ่านกระแส Short-circuit เข้าไป

2. ข้อต่อไม่หลวมหรือผุกร่อน ดังนั้นจึง ไม่มีปัญหาเรื่องผิวสัมผัสหรือความกดดันเข้ามาเกี่ยวข้องกับข้อต่อเป็นส่วนเดียวกับสายตัวนำ

3. รับค่ากระแสไฟฟ้าได้เท่ากับหรือมากกว่าสายตัวนำที่ถูกเชื่อม

อุปกรณ์และเครื่องมือใช้สำหรับเชื่อมแบบ EXOTHERMIC

อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้ในการเชื่อมแบบ EXOTHERMIC เหมาะสำหรับงานเชื่อมในสนาม เนื่องจากเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้มีน้ำหนักเบาเหมาะที่จะเคลื่อนย้ายไปมาสะดวก และไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าหรือพลังงานอื่นสำหรับการเชื่อม การเชื่อมใช้เวลาและความชำนาญเพียงเล็กน้อยเท่านั้น ก็จะได้รอยต่อเชื่อมที่ทนแรงสั่นสะเทือนไม่ผุกร่อน และเป็นข้อต่อที่ไม่ต้องการบำรุงรักษาหลังจากเชื่อมเสร็จแล้ว อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับงานเชื่อม ประกอบด้วยส่วนต่างๆดังนี้

1. เบ้าหลอมกราไฟต์
2. ผงเชื่อม EXOTHERMIC
3. ปืนจุดประกาย
4. งานรองกันเบ้า
5. แปรงทำความสะอาด

เบ้าหลอมกราไฟต์ ปฏิบัติการของการเชื่อมแบบ EXOTHERMIC เกิดขึ้นในเบ้าเชื่อมที่ออกแบบพิเศษทำด้วยถ่านกราไฟต์ ซึ่งประกอบด้วยเบ้า, รูสำหรับให้ทองแดงเหลวไหลลงและบ่อเชื่อมข้อต่อซึ่งอยู่ด้านล่างสุดของตัวเบ้าเชื่อม เมื่อปฏิบัติเชื่อมเกิดขึ้นในเบ้าเชื่อมแล้ว ทองแดงซึ่งเป็นของเหลวก็จะไหลลงสู่บ่อเชื่อมข้อต่อซึ่งมีสายตัวนำหรือสาย Ground ที่ต้องการเชื่อมใส่ไว้ สำหรับอายุการใช้งานของเบ้าเชื่อม โดยเฉลี่ยอยู่ระหว่าง 80-100 ครั้ง ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับผู้ใช้งานและการดูแล นอกจากนี้ตัวเบ้าเชื่อมในขณะที่ใช้งานเชื่อม ยังต้องใช้ขอหนีบเพื่อให้เบ้าเชื่อมแยกออกเป็น 2 ส่วน เพื่อใส่สายตัวนำเข้าไปในบ่อเชื่อมข้อต่อและจะหนีบเข้าหากัน เมื่อใส่สายตัวนำเสร็จเรียบร้อยแล้ว ตัวขหนีบหรือ Handle Clamp ดังกล่าว สามารถสลับเปลี่ยนเบ้าหลอมด้วยตัวเองอีกด้วย ผงเชื่อม EXOTHERMIC ประกอบด้วยผง Copper Oxide และ Aluminum ใส่รวมกันอยู่ในหลอดพลาสติก โดยที่ก้นหลอดจะใส่ดินปะทุเอาไว้ ผงเชื่อมจะอยู่ส่วนบนของหลอดพลาสติกและด้านข้างส่วนนอกข้างหลอดพลาสติก จะมีเครื่องหมายตัวเลขบอกขนาดและน้ำหนักของดินเชื่อมไว้เพื่อจะได้นำไปใช้งานได้ถูกต้อง

สรุป

ปัจจุบัน กฟผ. ใช้ระบบเชื่อมต่อสายดินแบบ EXOTHERMIC สำหรับงานระบบ Ground ของสถานีไฟฟ้าทั้ง 230 kV และ 115 kV โดยใช้เชื่อมต่อระหว่างสายทองแดงด้วยกันเอง, ระหว่างสายทองแดงกับแท่งกราวด์รูด และระหว่างสายทองแดงกับ โครงเหล็กอาบสังกะสี ซึ่งโดยวิธีการแล้ว ยังไม่มีวิธีการเชื่อมแบบอื่นที่เหมาะสม ทั้งนี้เนื่องจากว่าวิธีการเชื่อมแบบ EXOTHERMIC ดังกล่าวมีข้อดีอยู่หลายประการตามที่ได้กล่าวไว้แล้ว แต่อย่างไรก็ตามคุณภาพของผลการเชื่อมก็ยังขึ้นอยู่กับความชำนาญและเอาใจใส่รวมทั้งการบำรุงรักษาวัสดุและอุปกรณ์เครื่องมือที่เกี่ยวข้องกับงานเชื่อม จึงจะทำให้ผลงานเชื่อมเรียบร้อยและเป็นไปตามความมุ่งหมาย

ภาคผนวก ข

การนำไฟฟ้าของสารอิเล็กโทรไลต์ (Electrolytic Conduction)

ความต้านทานของตัวนำไฟฟ้าประเภทของแข็ง เช่น ลวดทองแดงวัดเป็น โอห์ม(Ω) จะหาได้จากสูตร

$$R = V/I$$

โดยที่ค่า R เปลี่ยนตามขนาดของลวดตัวนำ

สำหรับตัวนำอย่างใดอย่างหนึ่งซึ่งมีพื้นที่หน้าตัดเท่ากันตลอดจะได้ว่า

$$R = \rho L/A$$

เมื่อ ρ = ความต้านทานจำเพาะ เรียกว่า Resistivity หน่วย โอห์ม.เมตร($\Omega \cdot m$)

L = ความยาวของตัวนำ หน่วย เมตร (m)

A = พื้นที่หน้าตัดของตัวนำ หน่วย ตารางเมตร (m^2)

ส่วนกลับของความต้านทาน $G = 1/R$ เราเรียกว่า การนำไฟฟ้า (Conductance) และส่วนกลับของความต้านทานจำเพาะ ($1/\rho$) เรียกว่า การนำไฟฟ้าจำเพาะ (Conductivity) หรือ (K) มีหน่วยเป็น $\Omega^{-1} m^{-1}$

ดังนั้นจากสมการ $G = 1/R$ และ $R = \rho L/A$

จะได้ $G = KA/L$

ในระบบ SI, K มีหน่วยเป็น Sm^{-1} (Siemens per metre) ซึ่งก็คือ $\Omega^{-1} m^{-1}$ นั่นเอง

สำหรับสารละลายอิเล็กโทรไลต์ มักจะพูดถึงการนำไฟฟ้า (Conductance) หรือ การนำไฟฟ้าจำเพาะ (Conductivity) มากกว่าความต้านทานไฟฟ้า (Resistance) หรือ (Resistivity) เพราะสะดวกกว่า

การนำไฟฟ้าจำเพาะ, $K = 1/\rho$; ρ = ความต้านทานจำเพาะ
หน่วย Sm^{-1} หรือ $\Omega^{-1} m^{-1}$

ภาคผนวก ก

| ลำดับที่ | รายการ | จำนวน | หน่วย | หน่วยละ | | จำนวนเงิน (บาท) |
|-----------------------|---|-------|---------|---------|--------|--------------------|
| | | | | บาท | สตางค์ | |
| 1. | แผ่นดิสเก็ต | 5 | แผ่น | 30 | - | 150 |
| 2. | แผ่นดิสเก็ต | 1 | โหล | 118 | - | 118 |
| 3. | สำเนา | 36 | รูป | 5 | - | 180 |
| 4. | พิมพ์เอกสาร | 45 | แผ่น | 5 | - | 225 |
| 5. | เช่าคอมพิวเตอร์ | 1 | ชั่วโมง | 30 | - | 30 |
| 6. | สารเคมีคอปเปอร์ซัลเฟต(CuSO ₄) | 1 | กระป๋อง | 55 | - | 55 |
| 7. | สมุดโครงการ | 1 | เล่ม | 48 | - | 48 |
| 8. | ขวดโหล | 24 | ขวด | 6 | - | 144 |
| 9. | ถุงพลาสติกและหนังสือ | 1 | ชุด | 98 | - | 98 |
| 10. | ถ่ายเอกสาร | 1674 | แผ่น | 27 | - | 837 |
| 11. | ปากกาสี | 2 | ด้าม | 38 | - | 76 |
| 12. | น้ำมันรถ | 38 | ลิตร | 15 | 50 | 589 |
| 13. | ค่ากระดาษ | 5 | รีม | 90 | - | 450 |
| รวมค่าใช้จ่ายทั้งสิ้น | | | | | | 3,000 |