งานวิจัย

เรื่อง

อิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อมและลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้างและการซึมลึก ของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมโดยใช้กระบวนการเชื่อมทิก

โดย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบูลย์ หาญมนต์

RMUTK - CARIT

3 2000 00095616 1

คณะวิศวกรรมศาสตร์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ

พ.ศ. 2550

ISBN : 978-974-625-341-3

671.521
W295ก
เลขหมู่ 0890
เลขทะเบียน
วัน เดือน ปี 15/11/53

Research

Title

The Effect of Electric Current Type and Shape of Tungsten Electrode End to Width and Penetration of Welding Line of Stainless Steel using Gas Tungsten Arc welding Process (GTAW)

By

Asst. prof. Paiboon Hanmon

Department of Industrial Engineering

Faculty of Technical Education

Rajamangala University of Technology Krungthep

2007

ชื่องานวิจัย อิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อมและลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้างและการซึมลึก ของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมโดยใช้กระบวนการเชื่อมทิก

ชื่อผู้วิจัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบูลย์ หาญมนต์

ปี 2550

บทคัดย่อ

อิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อมและลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมโดยใช้กระบวนการเชื่อมทิก(GTAW) ชิ้นงานที่ใช้คือ เหล็กกล้าไร้สนิมชนิด SUS 304 ขนาด 1x3 นิ้ว หนา 4.5 มิลลิเมตร ลวดเชื่อมทังสเตนชนิดทอริเอทเต็ท 2 % ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มม. ใช้ลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตน 5 ลักษณะคือ มุมตรง, มุมรวม 120˚ , มุมรวม 60˚ , มุมรวม 30˚ และมุมมนรัศมี 1.3 มม. ใช้กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) พบว่าการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) จะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมน้อยกว่าและมีค่าการซึมลึกมากกว่าการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) ส่วนลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมมาก จะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากและมีค่าการซึมลึกน้อย ส่วนการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN)และแบบกลับขั้ว(DCEP) จะเกิดบริเวณของอิทธิพลความร้อน (Heat Affected Zone : HAZ) ที่มีลักษณะรูปร่างเป็นไปตามลักษณะการซึมลึกของแนวเชื่อม สรุปได้ว่าชนิดของกระแสไฟเชื่อมและลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนนั้นมีผลต่อความกว้าง การซึมลึก และบริเวณของอิทธิพลความร้อนของแนวเชื่อม

คำสำคัญ : กระบวนการเชื่อมทิก, ลวดเชื่อมทังสเตน, มุมรวมของปลายลวดเชื่อมทังสเตน, กระแสไฟเชื่อม, กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง, กระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว, ความกว้างของแนวเชื่อม, การซึมลึกของแนวเชื่อม

Title of Research : **The Effect of Electric Current Type and Shape of Tungsten Electrode End to Width and Penetration of Welding Line of Stainless Steel using Gas Tungsten Arc welding Process (GTAW)**

Researcher : **Asst. Prof. PAIBOON HANMON**

Year : **2007**

Abstract

The effect of electric current type and shape of tungsten electrode end to width and penetration of welding line of stainless steel was studied. Using gas tungsten arc welding process (GTAW). Work Piece is stainless steel type SUS 304, 1x3 in and 4.5 mm thick . Tungsten electrode is 2 % thoriated with diameter 2.6 mm. Five shape of tungsten electrode end, straight degree, total degree 120°, 60°, 30° and radius 1.3 mm are used. The electric current use in process are direct current electrode negative(DCEN) and direct current electrode positive(DCEP). It found that DCEN welding have less width of welding line and more penetration than DCEP welding. Effect of shape of tungsten electrode end, increasing of total degree have more width of welding line and less penetration. DCEN and DCEP welding have heat affect zone(HAZ) on the penetration of welding line. It can conclude that the type of electric current type and shape of tungsten electrode end has effect to width, penetration and HAZ of welding line

Keywords : Gas tungsten arc welding(GTAW),Tungsten electrode,Total degree of tungsten electrode end Welding current, Direct current electrode negative(DCEN), Direct current electrode positive (DCEP), Width of welding line, Penetration of welding line

บทที่ 1
บทนำ

1.1 บทนำ

ปัจจุบันประเทศไทยได้ขยายงานในด้านอุตสาหกรรมขนาดกลาง และขนาดใหญ่อย่างรวดเร็ว โดยมีลักษณะงานหลายรูปแบบ ซึ่งงานเชื่อมโลหะก็มีบทบาทที่สำคัญมากในงานอุตสาหกรรมทุกชนิด อาทิเช่น อุตสาหกรรมผลิตรถยนต์ อุตสาหกรรมการต่อเรือ งานท่อส่งน้ำมัน ถังความดันตลอดจนงานโครงสร้าง เป็นต้น โดยงานเชื่อมสามารถเลือกทำได้หลายกระบวนการเชื่อม เช่น การเชื่อมมิก การเชื่อมทิก และการเชื่อมแบบซับเมอร์จ เป็นต้น แต่เพื่อให้ได้มาซึ่งงานที่มีคุณภาพ ต้นทุนการผลิตต่ำตรงตามความต้องการของลูกค้า ฉะนั้นจึงจำเป็นต้องเลือกกระบวนการเชื่อมให้เหมาะสมด้วย

1.2 ที่มาและความสำคัญของงานวิจัย

การเชื่อมทิกเหมือนกับกระบวนการเชื่อมอื่น ๆ และปัญหาที่เกิดขึ้นกับกระบวนการเชื่อม เกิดเนื่องมาจากตำหนิของแนวเชื่อม ซึ่งตำหนิบางชนิดเกิดจากการใช้วัสดุไม่เหมาะสม ได้แก่ วัสดุงานลวดเติมหรือแก๊สปกคลุม สถานที่ในการเชื่อม ระยะห่างของชิ้นงานกับปลายลวดเชื่อมไม่เหมาะสม และปัจจัยต่างๆในกระบวนการเชื่อมอีกมากมาย จะทำให้แนวเชื่อมที่ได้ไม่สมบูรณ์ และยังมีปัญหาอื่นๆ อีก ที่ยังไม่สามารถรู้ล่วงหน้าได้ เช่น การเบี่ยงเบนของการอาร์ก ปลายลวดทังสเตนสกปรก ลักษณะปลายลวดทังสเตนในขณะเชื่อมงาน การใช้เทคนิคการเชื่อมและการเลือกใช้องค์ประกอบในการเชื่อมไม่เหมาะสม ซึ่งเป็นเหตุให้เกิดตำหนิในแนวเชื่อม ตำหนิที่เกิดขึ้นกับการเชื่อมทิก ได้แก่ ทังสเตนฝังในรูพรุน รอยกัดขอบแนวเชื่อม การหลอมละลายไม่สมบูรณ์ การหลอมละลายทะลุ เกิดการแตกร้าวบนชิ้นงาน และบ่อหลอมละลายของแนวเชื่อม ปัญหาจากเทคนิคการเชื่อม หรือความไม่แข็งแรงของแนวเชื่อมเป็นเหตุให้เกิดการแตกร้าวได้ ซึ่งกันเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดปัญหาต่าง ๆ ขึ้น จะต้องทำให้ชิ้นงานเชื่อมและลวดเติมสะอาด จะต้องมีเทคนิคการเชื่อมที่ดี และจะต้องมีความรู้ในการเชื่อมนี้สูงด้วย

ดังนั้นในการศึกษาอิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อมและลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยกระบวนการเชื่อมทิกก็เป็นการศึกษาเพื่อการแก้ไขปัญหาของแนวเชื่อมที่เกิดจากการเชื่อมทิก เพื่อให้ได้แนวเชื่อมที่สมบูรณ์และเหมาะสมกับการใช้งานต่อไป

1.3 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

เพื่อศึกษาถึงอิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อม และลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิม

1.4 ขอบเขตของงานวิจัย

1.4.1 ใช้เครื่องเชื่อมทิก กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และ กระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว (DCEP) ขนาด 90 แอมป์ แรงดัน 220 โวลต์

1.4.2 ใช้ลวดเชื่อมทังสเตน ชนิดทอริเอทเต็ททังสเตน 2 % ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มม.

1.4.3 ใช้ชุดควบคุมความเร็วในการเชื่อม 0.3 เมตร/นาที

1.4.4 ใช้กล้อง Stereo Microscope ทำการวัดขนาดความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อม

1.4.5 ใช้ชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS 304 ขนาด 1 x 3 นิ้ว หนา 4.5 มิลลิเมตร จำนวน 60 ชิ้น

1.4.6 ใช้แก๊สอาร์กอน(Argon) ปกคลุมแนวเชื่อมด้วยปริมาณ 10 ลิตร/นาที

1.4.7 ใช้การเชื่อมแบบท่าราบ โดยไม่เติมลวดเชื่อม

1.4.8 ระยะห่างของชิ้นงานกับปลายลวดเชื่อม 1 มิลลิเมตร

1.4.9 ใช้ลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตน 5 มุม คือ มุมตรง, มุมรวม 120° , มุมรวม 60° , มุมรวม 30° และมุมมนรัศมี 1.3 มม.

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 เพื่อทราบถึงอิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อมที่มีผลต่อความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อม

1.5.2 เพื่อทราบถึงอิทธิพลของลักษณะปลายลวดทังสเตนที่มีผลต่อความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อม

1.5.3 สามารถเลือกใช้ชนิดของกระแสไฟเชื่อมและลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนให้เหมาะกับการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม

1.6 วิธีการดำเนินงานวิจัย

1.6.1 ศึกษาปัญหาและวิเคราะห์ปัญหา

1.6.2 เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องในการทำงานวิจัย

1.6.3 เตรียมชิ้นงานในการทดลองและทำการทดลอง

1.6.4 วิเคราะห์และสรุปผล

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 บทนำ

บทนี้จะกล่าวถึงแนวคิดของงานวิจัย ซึ่งมาจากปัจจัยที่ส่งเสริมให้เกิดความคิด รวมถึงทฤษฎีที่นำมาใช้ในงานวิจัยฉบับนี้

2.2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

การเชื่อมทิก เกิดขึ้นตั้งแต่ปี 1890 โดยเริ่มรู้จักใช้แก๊สเป็นตัวปกคลุมแนวเชื่อม มาในปี ค.ศ. 1920 ได้พัฒนาวิธีเชื่อมนี้ให้มีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น โดยใช้ทังสเตนเป็นลวดอาร์กซึ่งให้ความร้อนสูงและใช้แก๊สฮีเลียมกับแก๊สอาร์กอนปกคลุมแนวเชื่อมจนถึงปี 1930 HENRY M. HOBART และ PHILLIP K. BEVERS จึงได้จดทะเบียนลิขสิทธิ์ขบวนการเชื่อมนี้เอาไว้

ขณะนั้นแก๊สฮีเลียมและอาร์กอนมีราคาสูงจึงไม่ค่อยมีผู้นิยมใช้ขบวนการเชื่อมดังกล่าวมากนัก จนถึงช่วงสงครามโลกครั้งที่ 2 จึงได้พัฒนาการเชื่อมทิก กันอย่างจริงจัง โดยใช้เชื่อมอะลูมิเนียม, แมกนีเซียม ซึ่งเป็นส่วนประกอบของเครื่องบิน นอกจากนั้นยังสามารถเชื่อมโลหะผสมอื่น ๆ ที่มีความต้านทานต่อการกัดกร่อนและโลหะที่มีจุดหลอมตัวสูง ได้แก่ เหล็กกล้าไร้สนิม เป็นต้น

TIG ย่อมาจาก Tungsten Inert Gas สมาคมการเชื่อมของอเมริกา (American Welding Society หรือ AWS.) เรียกขบวนการเชื่อมนี้ว่า Gas Tungsten Arc Welding โดยใช้คำย่อว่า GTAW. ซึ่งก็คือวิธีการเชื่อมที่ใช้ลวด Tungsten เป็นตัวอาร์กและใช้แก๊สเฉื่อยเป็นเกราะปกคลุมแนวเชื่อมบางตำราอาจจะเรียกขบวนการนี้ว่า Heliarc หรือ Heliweld ซึ่งเป็นชื่อดั้งเดิมของขบวนการนี้โดยใช้แก๊สฮีเลียมปกคลุมแนวเชื่อม และยังเป็นชื่อทางการค้าของบริษัทผู้ผลิตเครื่องเชื่อมทิก ในประเทศสหรัฐอเมริกา

2.2.1 กรรมวิธีเชื่อมทิก เป็นกรรมวิธีการเชื่อมโลหะโดยใช้ชิ้นงานหลอมละลายด้วยความร้อนที่เกิดขึ้นจากการอาร์กระหว่างลวดทังสเตน (Non-consumable Electrode) กับชิ้นงานเชื่อม โดยมีแก๊สเฉื่อยปกคลุมบริเวณเชื่อมและบ่อหลอมละลายเพื่อไม่ให้บรรยากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับบริเวณดังกล่าว ความร้อนที่ได้จากการอาร์กสูงประมาณ 1,942 องศาเซลเซียสในการเชื่อมนี้ลวดทังสเตนจะทำหน้าที่อาร์กเพื่อให้เกิดความร้อนเท่านั้น โดยจะไม่มีการเติมลงในแนวเชื่อมถ้าต้องการเติมเนื้อเชื่อมต้องเติมลวดเชื่อมลงไป

การเชื่อมทิก สามารถกระทำได้ทั้งระบบเชื่อมด้วยมือ (Manual) และระบบอัตโนมัติ (Automatic) ซึ่งแตกต่างกันดังนี้

ระบบเชื่อมด้วยมือเป็นระบบที่ต้องใช้ช่างเชื่อม (Welder) คล้ายกับการเชื่อมด้วยแก๊สออกซิอะเซทิลีน โดยช่างเชื่อมจะใช้มือควบคุมหัวเชื่อมและการเติมลวดเชื่อม ความประณีตของงานเชื่อมขึ้นอยู่กับความชำนาญของช่างเชื่อมเป็นส่วนใหญ่ ส่วนระบบเชื่อมอัตโนมัติเป็นการเชื่อมด้วยอุปกรณ์อัตโนมัติ

โดยอาศัยผู้ควบคุม (Operator) บังคับการทำงานของเครื่องเชื่อม ได้แก่ การปิด-เปิดสวิตช์ เพื่อควบคุมการเริ่มต้นและการหยุดเครื่องเชื่อมแต่บางครั้งจะต้องเตรียมการเชื่อม เช่น ตั้งระยะอาร์ก, ตั้งความเร็วเชื่อม หรือตั้งโปรแกรมการทำงานของเครื่องเชื่อม โดยช่างเชื่อมจะใช้มือควบคุมหัวเชื่อมและการเติมลวดเชื่อม ความประณีตของงานเชื่อมขึ้นอยู่กับความชำนาญของช่างเชื่อมเป็นส่วนใหญ่

นอกจากนี้ยังพัฒนาวิธีเชื่อมใหม่ ๆ ขึ้น ได้แก่ การเชื่อมแบบต่อเนื่อง (Continuous Weld) การเชื่อมเป็นช่วง (Intermittent) หรือบางทีเรียกว่า "Skip Weld" และการเชื่อมจุด (Spot Weld)

การเชื่อมทิก เป็นกรรมวิธีเชื่อมที่สามารถเชื่อมโลหะได้เกือบทุกชนิด ซึ่งรวมถึงโลหะผสม เช่น เหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าผสม, เหล็กกล้าไร้สนิม, โลหะทนความร้อน, อะลูมิเนียมผสม, ทองแดงและทองแดงผสม เป็นต้น สำหรับตะกั่วและสังกะสีไม่ควรเชื่อมทิก เนื่องจากวัสดุทั้งสองมีจุดหลอมต่ำ ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่แตกต่างกันกับอุณหภูมิของเปลวอาร์กมากและเนื้อวัสดุดังกล่าวหลอมละลายจะเปลี่ยนสภาพกลายเป็นไอ ส่วนโลหะที่มีจุดหลอมสูงสามารถเชื่อมด้วยทิก ได้ดี แต่ถ้าโลหะดังกล่าวเคลือบไว้ด้วยตะกั่ว, สังกะสี, ดีบุก, แคดเมียมหรืออะลูมิเนียมจะต้องใช้วิธีเชื่อมที่พิเศษ แนวเชื่อมของโลหะที่เคลือบนี้จะมีคุณสมบัติเชิงกลต่ำ เนื่องจากเกิดการผสมของวัสดุดังกล่าวภายในแนวเชื่อม วิธีป้องกันควรกำจัดวัสดุเคลือบบนโลหะออกก่อนที่จะทำการเชื่อมและเมื่อเชื่อมเสร็จแล้วจึงซ่อมแซมใหม่

การเชื่อมทิก เป็นกรรมวิธีเชื่อมที่สามารถเชื่อมโลหะบางได้ดี คือมีความหนาตั้งแต่ 0.005 นิ้ว – 1/8 นิ้ว แต่ถ้าโลหะมีความหนามากกว่า 1/4 นิ้ว ควรเชื่อมด้วยขบวนการอื่นจะประหยัดกว่าเว้นแต่ว่างานนั้นต้องการคุณภาพสูงจึงเชื่อมด้วยทิก และในการเชื่อมอาจจะเชื่อมแบบซ้อนแนว (Multiyple-Pass) ก็ได้ ซึ่งงานที่ต้องการคุณภาพสูงได้แก่ งานอากาศยาน เป็นต้น สำหรับชิ้นงานที่มีรูปร่างซับซ้อนยังสามารถเชื่อมด้วยทิก อาจจะเป็นระบบเชื่อมด้วยมือหรืออัตโนมัติก็ได้

ข้อดี

1. ไม่ต้องใช้ฟลักซ์ ดังนั้นแนวเชื่อมที่ได้จึงไม่จำเป็นที่จะต้องเคาะสแลก ซึ่งเป็นการตัดปัญหาในเรื่องสแลกฝังในแนวเชื่อม เพราะสแลกที่ฝังอยู่ในแนวเชื่อมจะทำให้แนวเชื่อมไม่แข็งแรงและผุกร่อน ทั้งนี้โดยการใช้แก๊สเฉื่อยทำหน้าที่แทนฟลักซ์สำหรับปกคลุมแนวเชื่อม ไม่ให้ออกซิเจนและไนโตรเจนจากบรรยากาศมารวมตัวกับแนวเชื่อมหรือโลหะงานขณะหลอมละลาย

2. ส่วนผสมทางเคมีของแนวเชื่อมที่เกิดขึ้นจะมีส่วนผสมเหมือนกับลวดเชื่อมจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นเนื่องจากแก๊สเฉื่อยที่ปกคลุมแนวเชื่อมจะไม่รวมตัวหรือทำปฏิกิริยากับโลหะ ดังนั้นแนวเชื่อมที่ได้จากกรรมวิธีเชื่อมทิก จึงแข็งแรง, ทนต่อการกัดกร่อนและเหนียวกว่าแนวเชื่อมที่ได้จากกรรมวิธีอื่น ๆ

3. สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

4. สามารถมองเห็นแนวเชื่อมและบ่อหลอมละลายได้อย่างชัดเจน เนื่องจากการอาร์กที่เกิดขึ้นสะอาดไม่มีควันและสแลกปกคลุม

5. การเชื่อมทิก ให้ความร้อนสูงและเป็นบริเวณแคบจึงไม่ทำให้ความร้อนในงานเชื่อมแผ่น

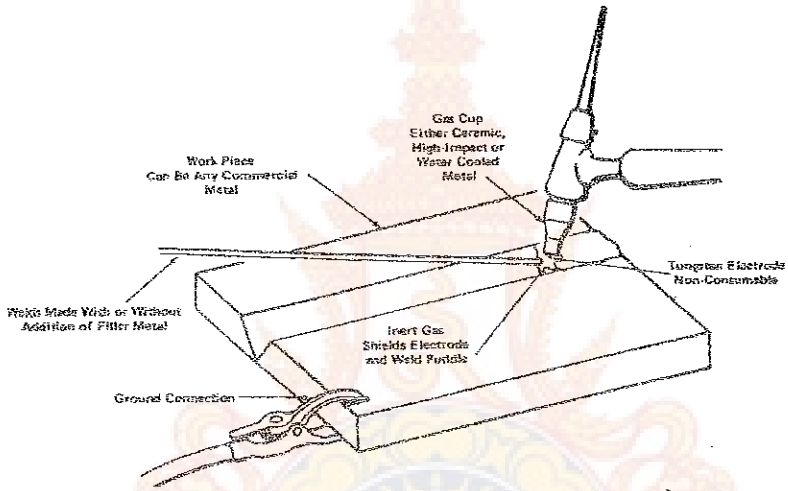
กระจายกว้างเกินไป งานจึงมีโอกาสบิดตัวน้อย

6. ไม่มีเม็ดโลหะ (Spatter) เกิดขึ้นที่บริเวณแนวเชื่อม เนื่องจากการเชื่อมทิก ไม่มีการส่งผ่านน้ำโลหะลวดเชื่อมข้างบริเวณอาร์กสู่บ่อหลอมละลาย

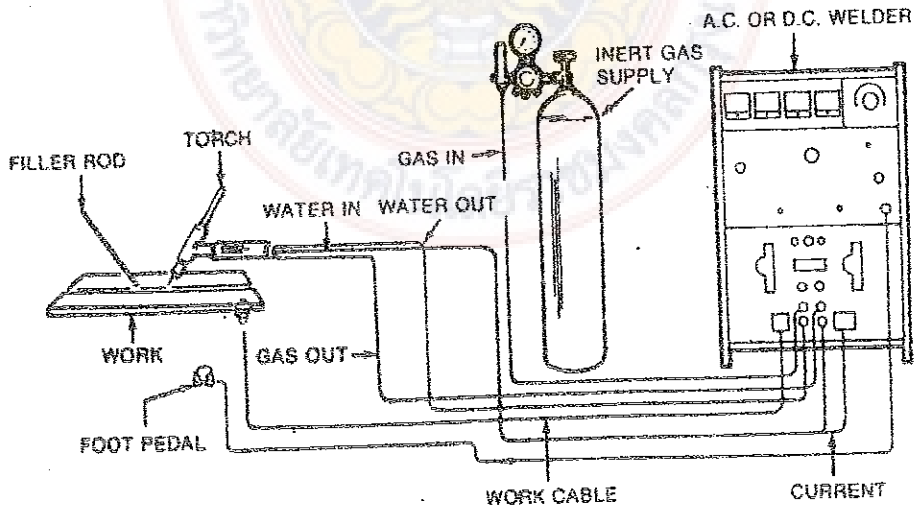
7. สามารถเชื่อมต่อเหล็กเหนียวที่มีความหนาแตกต่างกันได้

เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้กับการเชื่อมทิกจะประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ ดังนี้

- เครื่องเชื่อม (Power Source)
- ระบบน้ำหล่อเย็น (Cooling System)
- แก๊สปกคลุม (Shielding Gas)
- หัวเชื่อมและอุปกรณ์ประกอบ (Welding Torch and Equipment)



รูปที่ 2.1 แสดงส่วนประกอบที่สำคัญของการเชื่อมทิก



รูปที่ 2.2 แสดงอุปกรณ์การเชื่อมทิก

2.2.2 เครื่องเชื่อมทิก เครื่องเชื่อมทิก มีอยู่หลายแบบเช่น

1.) Transformer - Rectifiers เป็นเครื่องเชื่อมที่จ่ายไฟกระแสตรง

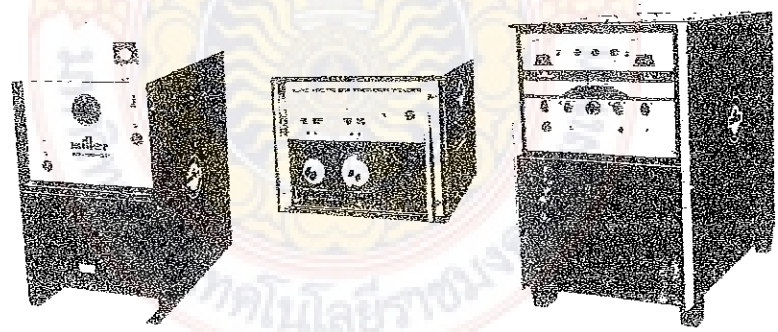
2.) Transformer, เป็นเครื่องเชื่อมที่จ่ายไฟกระแสสลับ

3.) Power - Driven Generators มีทั้งชนิดขับด้วยมอร์เตอร์ไฟฟ้าจะจ่ายเฉพาะไฟกระแสตรงเท่านั้น แต่ถ้าเป็นชนิดเครื่องยนต์ขับจะจ่ายได้ทั้งไฟกระแสตรงและไฟกระแสสลับ สำหรับเครื่องเชื่อมชนิด Trans-former และ rectifier นั้นมีข้อดีหลายอย่าง เมื่อเปรียบเทียบกับชนิด Power - Driven generators คือลงทุนต่ำ, ไม่มีเสียงดัง, ค่าบำรุงรักษาและค่าใช้จ่ายในการเชื่อมต่ำ, ชิ้นส่วนของเครื่องไม่มีการเคลื่อนที่, ต้องการกำลังต่ำในขณะเดินเครื่อง (ไม่ทำการเชื่อม) ข้อดีของเครื่องเชื่อมแบบเครื่องยนต์ขับ ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมในสถานที่ที่ไม่มีไฟฟ้าใช้

เครื่องเชื่อมทิก มีหลายขนาดคือตั้งแต่ขนาดที่ผลิตไฟเชื่อมได้ 2 - 3 แอมป์จนถึงขนาดหลายร้อยแอมป์มีทั้งชนิดไฟ AC และไฟ AC/DC ซึ่งสามารถใช้เชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ได้

ในเครื่องเชื่อมทิก แต่ละเครื่องจะมีอุปกรณ์ควบคุมการทำงานที่แตกต่างกันออกไป แต่อุปกรณ์หลักที่จำเป็นมีดังต่อไปนี้

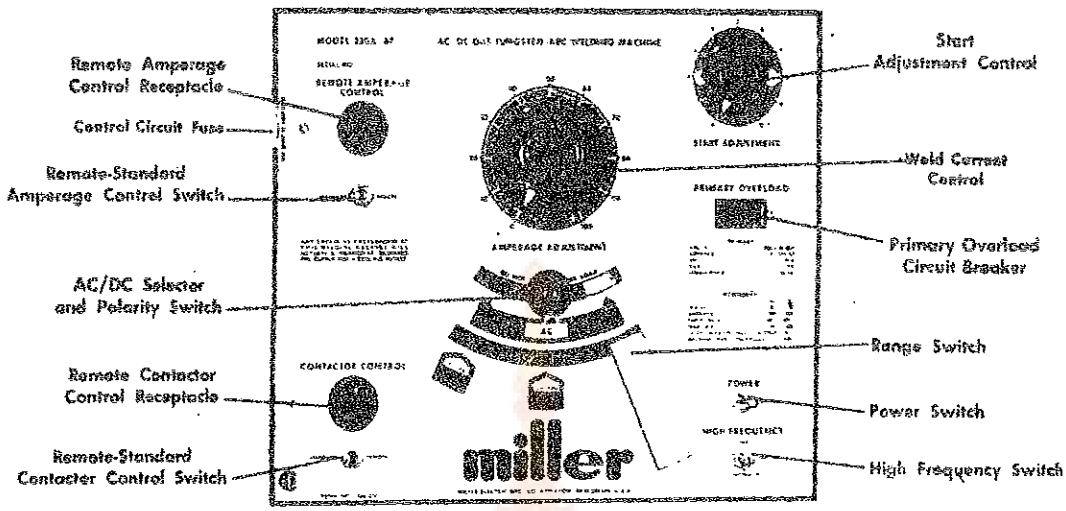
ก) Remote Control เป็นอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมที่ต่อออกมาควบคุมที่ภายนอกเครื่องเชื่อม ในระยะไกลซึ่งสามารถควบคุมได้ทั้งกระแสเชื่อม, การไหลของแก๊สปกคลุม และน้ำหล่อเย็น ส่วนประกอบของชุด Remote Control ประกอบด้วยสวิตซ์ปิด - เปิด, เต้าเสียบสายต่อซึ่งจะติดอยู่กับตัวเครื่องเชื่อม, สายต่อและตัวควบคุมซึ่งเป็นกลไกที่ใช้ควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อม สำหรับ Remote Control นั้นมีทั้งชนิดควบคุมการทำงานด้วยมือและชนิดควบคุมการทำงานด้วยเท้า



รูปที่ 2.3 แสดงเครื่องเชื่อมทิก

ข) High Frequency Switch คือ สวิตซ์ของความถี่สูง-มีตำแหน่งที่ควบคุมอยู่ 3 ตำแหน่ง คือ "Start" "OFF" และ "Continuous" เมื่อต้องการใช้ความถี่สูงสำหรับการเริ่มต้นอาร์กให้โยกสวิตซ์ไปที่ตำแหน่ง "Start" จะทำให้ความถี่สูงเกิดขึ้นในขณะเริ่มต้นอาร์กในช่วงระยะเวลาหนึ่งเท่านั้นและจะถูกตัดออกโดยมีวงจรอัตโนมัติควบคุมอยู่ภายในเครื่อง ซึ่งความถี่ที่ใช้ในตอนเริ่มต้นอาร์ก จะใช้กับการเชื่อม

ด้วยไฟเชื่อมกระแสตรงเช่น การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม เป็นต้น



รูปที่ 2.4 แสดงอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อมทิก

การใช้ความถี่สูงในตอนเริ่มต้นนั้นจะช่วยให้การเริ่มต้นอาร์กเกิดขึ้นได้ง่าย โดยที่ปลายลวดทังสเตนไม่สัมผัสกับชิ้นงาน ซึ่งเป็นการช่วยมิให้ปลายลวดทังสเตนสกปรก สำหรับตำแหน่ง “OFF” จะใช้กับการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ โดยที่ปลายลวดเชื่อมจะสัมผัสกับชิ้นงานเมื่อเริ่มต้นอาร์ก ส่วนตำแหน่ง “Continuous” นั้นใช้กับการเชื่อมโลหะที่มีออกไซด์ที่ผิวสูง เช่น อะลูมิเนียมและแมกนีเซียม เป็นต้น ซึ่งตำแหน่งนี้ความถี่สูงทำงานอย่างต่อเนื่องทั้งในขณะเชื่อมและขณะเริ่มต้นอาร์ก

ค) Power Switch เป็นสวิตซ์ที่ใช้ในการปิด-เปิดเครื่องเชื่อม ซึ่งควบคุมกระแสไฟที่จะเข้าหม้อแปลงภายในเครื่อง เมื่อเปิดสวิตซ์ไปในตำแหน่ง “ON” พัดลมระบายความร้อนภายในเครื่องเชื่อมจะทำงาน

ง) Range Switch เป็นสวิตซ์ที่ควบคุมกระแสไฟเชื่อมเป็นช่วงโดยมากจะมี 3 ตำแหน่งคือช่วงต่ำ ,ช่วงกลาง และช่วงสูง ซึ่งสามารถเลือกปรับตามกระแสไฟที่ต้องการจะใช้ในแต่ละช่วงโดยมีปุ่ม Weld Current Control สำหรับการปรับกระแสละเอียดภายในช่วง โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ระหว่างค่าต่ำสุดและค่าสูงสุดภายในช่วงที่เลือกตั้งเอาไว้

จ) Start Adjustment Control เป็นปุ่มควบคุมกระแสไฟสำหรับเริ่มต้นอาร์ก โดยที่กระแสไฟนี้จะทำงานอยู่ประมาณ 2/3 วินาที และหลังจากนั้นจะเปลี่ยนไปเป็นกระแสเชื่อมที่ตั้งเอาไว้ที่ Weld Current Control กระแสไฟที่ใช้สำหรับการเริ่มต้นอาร์ก อาจจะใช้สูงหรือต่ำกว่ากระแสเชื่อมก็ได้ แต่ถ้ากระแสเริ่มต้นอาร์กตั้งไว้ต่ำกว่ากระแสเชื่อมก็ได้ แต่ถ้ากระแสเริ่มต้นอาร์กตั้งไว้ต่ำกว่ากระแสเชื่อมเรียกว่า “Soft Start” เหมาะสำหรับการเชื่อมโลหะบาง ส่วนกระแสเริ่มต้นอาร์กที่สูงเรียกว่า “Hot Start” ใช้สำหรับเชื่อมโลหะหนาหรือโลหะที่เป็นตัวนำความร้อนที่ดี

การตั้งกระแสไฟสำหรับการเริ่มต้นอาร์กแบบ "Soft Start" ด้วยการปรับปุ่มกระแสไฟเชื่อมที่ 50% ของช่วงกระแสไฟและปรับกระแสไฟเริ่มต้นอาร์กไปที่ 20% เมื่อเริ่มอาร์กเครื่องเชื่อมจะจ่ายกระแสเชื่อมที่ตั้งเอาไว้ 20% ประมาณ 2/3 วินาที และหลังจากนั้นเครื่องเชื่อมจะเปลี่ยนไปจ่ายกระแสเชื่อม 50% ของช่วงกระแสเชื่อมไปโดยตลอด จากรูปที่ 5 (บน) เป็นแบบ "Hot Start" ที่ใช้กระแสไฟเชื่อมโดยการตั้งกระแสไฟเชื่อมไว้ที่ 50% และกระแสไฟเริ่มต้นอาร์กไว้ที่ 80% เมื่อเริ่มอาร์กเครื่องเชื่อมจะจ่ายกระแสไฟออกมา 80% ของช่วงกระแสเชื่อมที่ตั้งไว้เป็นเวลา 2/3 วินาที แล้วจึงเปลี่ยนเป็นกระแสเชื่อมที่ 50% ของช่วงกระแสเชื่อมไปโดยตลอด

ฉ) AC/DC Selector and Polarity Switch เป็นสวิตซ์สำหรับเลือกใช้กระแสไฟเชื่อมซึ่งมีอยู่ 3 ตำแหน่ง คือAC, DC, RP และ DCS

ช) Post-Flow Gas & Water Value Timer เป็นปุ่มปรับเวลาควบคุมให้แก๊สปกคลุมและน้ำหล่อเย็นไหลต่อไปอีกระยะเวลาหนึ่งเมื่อหยุดเชื่อม เพื่อให้ลวดทังสเตนเย็นตัวลงจนไม่สามารถทำปฏิกิริยากับออกซิเจนได้ สำหรับวาล์วควบคุมการไหลของน้ำระบายความร้อนนั้นปรับแต่งและตั้งเวลาการไหลมาแล้วจากโรงงานผู้ผลิต แต่วาล์วควบคุมการไหลของแก๊สปกคลุมช่างเชื่อมจะต้องเป็นผู้ตั้งเอง โดยยึดหลักดังนี้ 1 วินาทีต่อขนาดของกระแสไฟเชื่อม 10 แอมป์ การพิจารณาว่าแท่งทังสเตนเย็นตัวแล้วหรือยังให้ดูจากลักษณะปลายลวดถ้าเป็นมันเงาแสดงว่าลวดเย็นตัวแล้ว แต่ถ้าลวดมีสีน้ำเงินหรือดำ แสดงว่าเวลาการตั้ง Post Flow Time ของแก๊สปกคลุมน้อยไป

ซ) High Frequency Intensity Control เป็นปุ่มปรับความเข้มของความถี่สูงซึ่งช่างเชื่อมสามารถจะเลือกปรับความถี่ที่จ่ายออกให้เหมาะสม และควรตั้งให้ต่ำพอที่สามารถเริ่มต้นอาร์กได้ดี ถ้าตั้งสูงเกินไปอาจจะไปรบกวนเครื่องมือและอุปกรณ์สื่อสารอื่น ๆ ได้

ฌ) Weld Timer เป็นปุ่มปรับเวลาที่ทำการอาร์ก ซึ่งปุ่มนี้จะประกอบอยู่กับเครื่องเชื่อมที่สามารถทำการเชื่อมแบบ Spot

2.2.3 ระบบน้ำหล่อเย็น ในการเชื่อมทิก ด้วยกระแสที่สูงกว่า 150 แอมป์หรือเชื่อมแบบต่อเนื่องจะทำให้เกิดความร้อนสะสมขึ้นในหัวเชื่อมและสายเชื่อม และอาจจะเป็นเหตุให้อุปกรณ์ดังกล่าวชำรุดเสียหายได้ง่าย ดังนั้นจึงต้องใช้น้ำระบายความร้อนสายและหัวเชื่อม แหล่งของน้ำหล่อเย็นอาจจะเป็นแบบถังหมุนเวียนที่มีมอร์เตอร์ขับหรือน้ำจากแหล่งภายนอกเช่นน้ำจากก๊อกก็ได้ โดยน้ำจะผ่าน Solenoid Valve สำหรับควบคุมอีกทีหนึ่ง ซึ่งวาล์วของน้ำที่ Solenoid Valve จะเปิดเมื่อทำการเชื่อมและวาล์วจะเปิดเมื่อหยุดการเชื่อม ในการปิดของวาล์วน้ำสามารถจะตั้งได้โดยให้วาล์วน้ำปิดช้ากว่าการหยุดเชื่อม เพื่อให้น้ำระบายความร้อน หัวเชื่อมจนเย็นตัวเสียก่อน การใช้น้ำระบายความร้อนจากแหล่งจ่ายภายนอกนั้นจะต้องคำนึงถึงราคาของน้ำที่ใช้และปริมาณแร่ธาตุที่ผสมอยู่ในน้ำ ที่อาจจะเกิดความเสียหายแก่อุปกรณ์ก็ได้

ระบบน้ำหล่อเย็นชนิดหมุนเวียน ประกอบด้วยส่วนสำคัญ ได้แก่ ถังเก็บน้ำหมุนเวียน, ปั๊มน้ำแรงดันสูงและมอเตอร์ไฟฟ้า ซึ่งปั๊มน้ำที่ใช้นี้จะทำงานตลอดเวลาที่เครื่องเชื่อมทำงาน น้ำหล่อเย็นหัว

เชื่อมที่อุณหภูมิต่ำเกินไปอาจจะทำให้เกิดการกลั่นตัวของน้ำภายในหัวเชื่อมได้ และจะทำให้เกิดความชื้นออกมารวมตัวกับแนวเชื่อมซึ่งทำให้แนวเชื่อมเกิดเป็นรูพรุน ในถังของน้ำหล่อเย็นโดยปกติจะเติม Soluble Oil เพื่อให้เกิดการหล่อลื่นตัวปั๊มน้ำ สำหรับประเทศหนาวอาจเกิดปัญหาจากการแข็งตัวของน้ำ จึงควรเติมน้ำยาป้องกันน้ำแข็งตัว (Anti-Freeze) ลงในถังน้ำหล่อเย็น และทำหน้าที่เป็นวัสดุหล่อลื่นแทน Soluble Oil ด้วย

ข้อเสีย ของระบบหล่อเย็นแบบหมุนเวียนคือ

1.ใช้งานไม่สะดวก

2. ถ้าระบบระบายความร้อนขัดข้อง เครื่องเชื่อมจะใช้งานไม่ได้

3. ต้นทุนสูง

2.2.4 แก๊สปกคลุม (Shielding Gas) เป็นแก๊สที่ใช้สำหรับปกคลุมแนวเชื่อมและบ่อหลอมละลายเพื่อไม่ให้อากาศโดยรอบเข้าไปทำปฏิกิริยาในขณะเชื่อม ซึ่งวิธีนี้ได้ใช้กันมานานแล้ว เช่น วิธีเชื่อมแบบออกซิอะเซทิลีนได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ของแก๊สอะเซทิลีนซึ่งเป็นแก๊สเชื้อเพลิงกับออกซิเจนจากการเผาไหม้นี้จะเกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมอนอกไซด์และไอน้ำ ซึ่งทำหน้าที่ปกคลุมแนวเชื่อมที่กำลังหลอมละลาย ในการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ แนวเชื่อมที่หลอมละลายและบริเวณอาร์กจะถูกปกคลุมด้วยแก๊สที่เกิดจากการเผาไหม้ของฟลักซ์เช่นกันและยังทำให้การอาร์กสม่ำเสมอ

การเชื่อมทิก นั้นไม่มีเปลวไฟและฟลักซ์ที่หุ้มลวดเชื่อมเกิดเป็นแก๊สปกคลุมบริเวณอาร์กดังนั้นจำเป็นต้อง ใช้แก๊สปกคลุมจากแหล่งภายนอก โดยทั่วไปแก๊สปกคลุมที่ใช้ในการเชื่อมทิก ได้แก่ อาร์กอนและฮีเลียม โดยอาจจ่ายจากท่อ หรือแบบ Manifold ที่ต่อไปยังจุดต่าง ๆ ภายในโรงงานก็ได้ แต่แก๊สที่ใช้นั้นจะต้องมีความบริสุทธิ์คือประมาณ 99.99% และไม่มีความชื้นปะปนอยู่ บางครั้งอาจจะใช้แก๊สชนิดอื่นผสมกับแก๊สอาร์กอนเพื่อผลในการเชื่อม

แก๊สปกคลุมที่กล่าวมาแล้วจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับงานและขบวนการเชื่อม ดังนั้นจำเป็นต้องศึกษาคุณสมบัติและคุณลักษณะของแก๊สปกคลุมต่างๆ เสียก่อน

2.2.4.1 แก๊สอาร์กอน (Argon)

แก๊สอาร์กอนเป็นแก๊สเฉื่อยที่ได้จากกรรมวิธีผลิตออกซิเจนซึ่งจะมีอยู่ในอากาศประมาณ 0.9%จะเห็นว่า อาร์กอนปนอยู่ในอากาศน้อยมาก ดังนั้นการเตรียมอาร์กอนแต่ละลูกบาศก์ฟุตจะต้องใช้อากาศจำนวนมาก ราคาของแก๊สอาร์กอนจึงสูงกว่าออกซิเจนและไนโตรเจนมากในการเก็บแก๊สอาร์กอนอาจจะเก็บไว้ในสภาวะของแก๊สหรือของเหลวก็ได้ถังสำหรับเก็บอาร์กอนเหลวจะต้องมีฉนวนที่ดีสามารถเก็บแก๊สอาร์กอนที่อุณหภูมิต่ำกว่า-184องศาเซลเซียสเล็กน้อย

ข้อดี ของการใช้แก๊สอาร์กอน

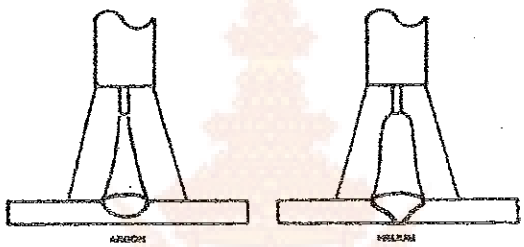
1. แก๊สอาร์กอนมี Ionization Potential 15.7 โวลต์ (หมายความว่าจะต้องใช้แรงเคลื่อน 15.7 โวลต์ จึงจะทำให้อะตอมของแก๊สอาร์กอนแตกตัวเป็นอิออนมาก) และยังเป็นตัวนำความร้อนที่ทำให้การอาร์กเกิดความเข้มข้นสูงและเป็นบริเวณแคบ

2. แก๊สอาร์กอนจะทำให้การเริ่มต้นเชื่อมง่ายให้อาร์กที่เปลวเรียบและสม่ำเสมอซึ่งเหมาะกับการเชื่อมโลหะบางที่ควบคุมด้วยมือ

3. แก๊สอาร์กอนให้ปฏิกิริยาการทำความสะอาดงานเชื่อมที่ดีจึงเหมาะแก่การเชื่อมโลหะ ที่มีออกไซด์ที่ผิวเช่น อะลูมิเนียมและแมกนีเซียม

4. แก๊สอาร์กอนมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศ และหนักกว่าอากาศประมาณ 1.4 เท่าหนักกว่าฮีเลียม ประมาณ 10 เท่า จึงเป็นผลดีต่อการปกคลุมบริเวณอาร์ก ดังนั้นปริมาณการใช้แก๊สอาร์กอนปกคลุมบริเวณอาร์กจึงน้อยกว่าการใช้แก๊สฮีเลียม

5. เมื่อใช้แก๊สอาร์กอนสามารถควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย และเหมาะกับการเชื่อมท่าตั้งและท่าเหนือศีรษะ



รูปที่ 2.5 แสดงการใช้อาร์กอนและฮีเลียมปกคลุมแนวเชื่อม

2.2.4.2 แก๊สฮีเลียม (Heluim)

ซึ่งแก๊สฮีเลียมเป็นแก๊สเฉื่อย เป็นผลพลอยได้จากกรรมวิธีผลิตแก๊สธรรมชาติมี Ionization potential 24.5 โวลต์ และมีคุณสมบัติเป็นตัวนำไฟฟ้าดีเลิศจึงเป็นเหตุให้เปลวอาร์กที่ได้จากการใช้แก๊สฮีเลียมแผ่ขยายกว้าง แต่ความเข้มของการอาร์กลดลง การแผ่ขยายกว้างของเปลวอาร์กจะทำให้งานเชื่อมเกิดความร้อนเป็นบริเวณกว้าง ในขณะเดียวกันศูนย์กลางของเปลวอาร์กจะเจาะทะลุลงไปยังส่วนล่างของแนวเชื่อมทำให้แนวเชื่อม ที่ได้จากการใช้แก๊สฮีเลียมซึมลึกกว่าการใช้แก๊สอาร์กอน แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ใช้แก๊สฮีเลียมคลุมจะเปลี่ยนแปลงได้อย่างรวดเร็วเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงระยะอาร์ก และความร้อนที่เกิดจากการอาร์กจะสูง เนื่องจากแก๊สฮีเลียมนั้นต้องใช้แรงเคลื่อนที่สูงจึงมีพลังงานมาก

แก๊สฮีเลียมมีน้ำหนักเบาคือประมาณ 1/7 เท่า ของอากาศแต่จะรวมตัวกับอากาศได้ช้า ดังนั้นการใช้แก๊สฮีเลียมปกคลุมรอยเชื่อมต้องใช้ปริมาณมากกว่าอาร์กอน 2 - 3 เท่า และมีโอกาสลอยตัวหนีได้ง่าย

จากเหตุผลดังกล่าว การใช้แก๊สฮีเลียมจึงเหมาะกับการเชื่อมด้วยวิธีอัตโนมัติ ที่ให้ความเร็วในการเชื่อมสูง ไม่เกิดรูพรุนและการกัดแหว่งแนวเชื่อม รวมทั้งแนวเชื่อมที่ได้มีบริเวณ Heat-Affected Zone แคบ

ดังนั้นการเชื่อมงานหนา หรืองานที่ต้องการความเร็วในการเชื่อมสูงควรใช้แก๊สผสมระหว่างฮีเลียมกับอาร์กอนในอัตราส่วน 2:1 เพื่อตัดปัญหาในเรื่องการเปลี่ยนแปลงของระยะอาร์กและยังช่วยลดรู

พรุนภายในแนวเชื่อมอีกด้วย

2.2.4.3 การไหลของแก๊สปกคลุม

แก๊สปกคลุมมีหน้าที่ปกคลุมบริเวณเชื่อม ไม่ให้รวมตัวกับบรรยากาศแต่ถ้าใช้แก๊สมากเกินไปจะสิ้นเปลืองโดยเปล่าประโยชน์และจะทำให้เกิด Under Cut และอาร์กไม่สม่ำเสมอ การใช้แก๊สปกคลุมจะต้องใช้ในอัตราการไหลต่ำสุดที่สามารถปกคลุมบริเวณอาร์กได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการ เช่น

- ระยะห่างระหว่าง Nozzle กับชิ้นงานเชื่อม
- ชนิดของแก๊สปกคลุม
- การออกแบบรอยเชื่อม
- ขนาดของ Nozzle
- ขนาดของบ่อหลอมละลาย
- ขนาดของกระแสเชื่อม
- มุมเอียงของหัวเชื่อม
- ระยะอาร์ก
- ความเร็วในการเชื่อม
- ชนิดของชิ้นงานเชื่อม
- ท่าเชื่อม

ตารางที่ 2.1 แสดงการพิจารณาเลือกใช้แก๊สปกคลุมสำหรับการเชื่อมทิกให้เหมาะสมกับโลหะชนิดต่างๆ

โลหะเชื่อม	แก๊สปกคลุม	ผลที่ได้
อะลูมิเนียมผสม	1. อาร์กอน (ใช้ไฟ AC)	- การอาร์กสม่ำเสมอ ปฏิกิริยาการทำความสะอาดดี
	2. อาร์กอนผสมกับฮีเลียม (ใช้ไฟ AC)	- การอาร์กสม่ำเสมอน้อยกว่าการใช้อาร์กอน แต่ปฏิกิริยาการทำความสะอาดดี, สามารถเชื่อมได้ด้วยความเร็วสูง, ซึมลึกมาก
	3. ฮีเลียม (ใช้ไฟ AC)	- การอาร์กสม่ำเสมอและสามารถเชื่อมได้ดีด้วยความเร็วสูงบนวัสดุงานที่ทำความสะอาดผิวด้วยเคมีมาแล้ว
อะลูมิเนียม	อาร์กอน	- การซึมลึกน้อย (อะลูมิเนียมบรอนซ์ต้องการซึมลึกเล็กน้อย)
บรอนซ์	อาร์กอน	- การอาร์กสม่ำเสมอและมีควันน้อย

ทองเหลือง Cobalt-Base Alloye Cupro-Nickel	อาร์กอน อาร์กอน อาร์กอน	- การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย - การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย
Deoxidized copper	1. ฮีเลียม 2. แก๊สผสมระหว่างฮีเลียม 75% กับอาร์กอน 25%	- ให้ความร้อนสูง จึงเป็นการชดเชยวัสดุงานเป็นตัวนำความร้อนที่ดี - การอาร์กสม่ำเสมอแต่ให้ความร้อนน้อยกว่าการใช้ฮีเลียมอย่างเดียวและยังสามารถเชื่อมโลหะงานที่บางกว่า 1/16 นิ้ว
Inconel	1. อาร์กอน 2. ฮีเลียม	- การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย - ใช้ในการเชื่อมอัตโนมัติที่มีความเร็วเชื่อมสูง
เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ	1. อาร์กอน 2. ฮีเลียม	- เหมาะสำหรับการเชื่อมที่ควบคุมด้วยมือ - ใช้ในการเชื่อมอัตโนมัติที่มีความเร็วเชื่อมสูงและซึมลึกกว่าการใช้แก๊สอาร์กอน
แมกนีเซียมผสม	อาร์กอน (ใช้ไฟ AC)	- การอาร์กสม่ำเสมอและมีปฏิกิริยาทำความสะอาดดี
Maraging Steel	อาร์กอน	- การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย
นิกเกิลผสม	1. อาร์กอน 2. ฮีเลียม	- การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย - ใช้ในการเชื่อมอัตโนมัติที่มีความเร็วสูง
* PH Stainless Steel	ฮีเลียม	- ให้การซึมลึกในการเชื่อมยัดไส้ได้สม่ำเสมอกว่าแก๊สอาร์กอน
ซิลิคอนบรอนซ์	อาร์กอน	- ในการเชื่อมซิลิคอนบรอนซ์นั้นจะต้องให้ความร้อนแก่ชิ้นงานและแนวเชื่อมต่ำและรวดเร็ว
เหล็กซิลิคอน	อาร์กอน	- การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย
Stainless Steel	ฮีเลียม	- ซึมลึกดีกว่าการใช้แก๊สอาร์กอน, ให้การอาร์กที่ชัดเจนและสม่ำเสมอ
ไทเทเนียม	1. อาร์กอน	- การอาร์กสม่ำเสมอและควบคุมบ่อหลอมละลายได้ง่าย

	2. ฮีเลียม	- ใช้ในการเชื่อมแบบอัตโนมัติที่มีความเร็วในการเชื่อมสูง
* ในการใช้แก๊สอาร์กอนและอาร์กอนผสมกับฮีเลียมนั้นสามารถใช้ได้ผลเหมือนกัน		

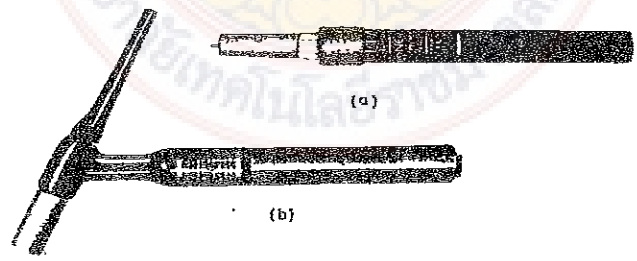
2.2.5 หัวเชื่อมและอุปกรณ์ประกอบหัวเชื่อมสำหรับการเชื่อมทิก ควรจะมีความแข็งแรง, กะทัดรัด, เบาและหุ้มด้วยฉนวนที่ดีหน้าที่ของหัวเชื่อม ที่สำคัญได้แก่

1. เป็นที่จับขณะเชื่อม
2. เป็นทางผ่านและบังคับแก๊สปกคลุมเพื่อให้ปกคลุมบริเวณอาร์ก
3. นำกระแสไฟเชื่อมสู่บริเวณอาร์ก
4. เป็นทางผ่านเพื่อให้น้ำระบายความร้อนออกจากอุปกรณ์ที่อยู่ภายในหัวเชื่อม
5. เป็นตัวจับลวดทังสเตน

หัวเชื่อมจะประกอบด้วย สายเชื่อม, สายยางและข้อต่อสำหรับต่อหัวเชื่อมเข้ากับเครื่องเชื่อมแก๊สปกคลุมและน้ำระบายความร้อน, สำหรับหัวเชื่อมทิก ชนิดที่ควบคุมการเชื่อมด้วยมือ โดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ

1. ชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air-Cooled)
2. ชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water-Cooled)

หัวเชื่อมทิก มีหลายขนาดตั้งแต่น้ำหนัก 3 ออนซ์จนถึงขนาด 1 ปอนด์ ทั้งขึ้นอยู่กับขนาดของกระแสเชื่อม, ลวดเชื่อมและ Nozzle ส่วนรูปร่างจะแตกต่างกันตามบริษัทผู้ผลิต แต่โดยทั่วไปแล้วจะมีทั้งแบบหัวเชื่อมเป็นมุมและหัวตรง โดยทั่วไปนิยมใช้หัวเอียงซึ่งลวดเชื่อมจะเอียงทำมุม 120 องศากับมือจับ อาจจะเป็นแบบระบายความร้อนด้วยน้ำหรืออากาศก็ได้ ส่วนแบบหัวตรงนั้นลวดเชื่อมจะอยู่ในแนวเดียวกับมือจับ และหัวเชื่อมบางอันจะมีสวิตซ์ไฟฟ้าเพื่อควบคุมการไหลของแก๊สปกคลุม โดยการบังคับด้วยมือ

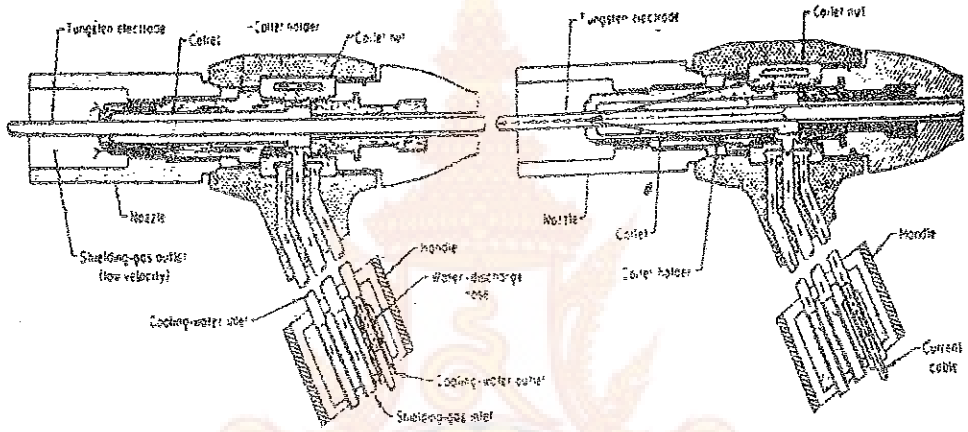


รูปที่ 2.6 แสดง (a) หัวเชื่อมแบบตรง (b) หัวเชื่อมแบบมุม

หัวเชื่อมชนิด Air Cooled นั้นที่จริงแล้วระบายความร้อนด้วยแก๊สปกคลุม สำหรับอากาศที่ระบายความร้อนออกจะเป็นอากาศที่อยู่โดยรอยหัวเชื่อม ซึ่งจะระบายความร้อนออกได้น้อยมาก หัวเชื่อมชนิดนี้

น้ำหนักเบา, ขนาดกะทัดรัด และราคาถูกกว่าแบบระบายความร้อนด้วยน้ำ ส่วนมากใช้กับกระแสเชื่อมไม่เกิน 150 แอมป์ ซึ่งใช้ในการเชื่อมโลหะบางและ Duty Cycle ต่ำ ลวดเชื่อมทังสเตนที่ใช้กับหัวเชื่อมแบบ Air Cooled จะมีความร้อนมากกว่าลวดที่ใช้กับหัวเชื่อมชนิด Water Cooled โดยเฉพาะถ้าใช้ลวดทังสเตนบริสุทธิ์แล้วจะทำให้อนุภาคของทังสเตนจากลวดเชื่อมเติมลงในบ่อหลอมละลายของแนวเชื่อมได้ เมื่อเชื่อมด้วยกระแสสูง

หัวเชื่อมชนิด Water Cooled ออกแบบไว้สำหรับ การเชื่อมแบบต่อเนื่องด้วยกระแสสูงซึ่งมีอยู่หลายขนาดของกระแสเชื่อม เช่น 200, 300, 500 แอมป์ เป็นต้น และหัวเชื่อมชนิด Water Cooled จะมีราคาสูงกว่าชนิด Air Cooled



รูปที่ 2.7 แสดงทิศทางการไหลของแก๊สปกคลุมและน้ำหล่อเย็น

หัวเชื่อมชนิด Water Cooled มีสายต่ออยู่ 3 เส้น คือ

1. สายเชื่อม เป็นสายเคเบิลทองแดงที่หุ้มด้วยยาง และยังทำหน้าที่เป็นท่อน้ำทิ้งของน้ำระบายความร้อน สายเคเบิลทองแดงจะมีขนาดเล็กกว่าสายเชื่อมธรรมดาเมื่อใช้กระแสไฟที่เท่ากัน เพราะสายเชื่อมชนิด Water Cooled มีน้ำสำหรับระบายความร้อนภายใน การใช้สายเชื่อมชนิดนี้ต้องระวังอย่าให้น้ำระบายความร้อนขาด เพราะหัวเชื่อมและสายเชื่อมจะร้อนเกินไปเป็นเหตุให้อุปกรณ์ดังกล่าวเสียหายได้ ภายในสายเชื่อมชนิด Water Cooled อาจจะติดตั้งฟิวส์ไว้สำหรับตัดวงจรเชื่อมเมื่อขาดน้ำระบายความร้อน และต้องระวังการรั่วของน้ำหรือการกลั่นตัวของน้ำภายในหัวเชื่อมเพราะจะทำให้เกิดไอน้ำพุ่งไปยังบ่อหลอมละลาย เป็นเหตุให้แนวเชื่อมเกิดรูพรุนได้

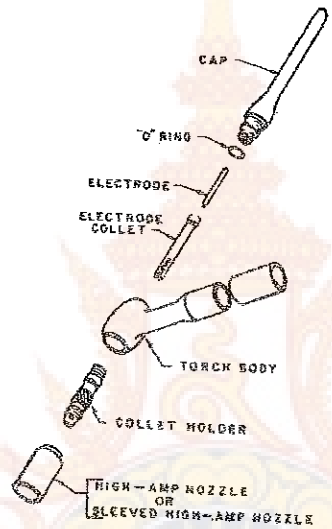
2. ทางเข้าของน้ำระบายความร้อน เป็นสายยางกลวงที่ต่อออกจาก Solenoid Valve ของน้ำหล่อเย็นไปยังหัวเชื่อม

3. ทางเข้าของแก๊สปกคลุม เป็นสายยางกลวงที่ต่อจาก Solenoid Valve ของแก๊สปกคลุมไปยังตัวเชื่อม

2.2.6 ส่วนประกอบของหัวเชื่อมทิก ในการเตรียมหัวเชื่อมประการแรกจะต้องเข้าใจหลักการทำงานและวิธีเลือกใช้ส่วนประกอบของหัวเชื่อมได้ถูกต้อง ส่วนประกอบของหัวเชื่อมทิก มีดังนี้

1. ตัวทอร์ช (Torch Body) เป็นส่วนสำคัญของหัวเชื่อม ภายในทำด้วยทองแดงผสมพร้อมทั้งเป็นทางเดินของแก๊สปกคลุม, น้ำระบายความร้อนและกระแสเชื่อม ซึ่งหุ้มด้วยวัสดุที่เป็นฉนวนกันความร้อนและกระแสไฟเชื่อมอย่างดี

2. ฝาครอบ (Cap) เป็นส่วนปลายสุดของหัวเชื่อม มีหน้าที่ป้องกันไม่ให้แก๊สไหลออกและยังเป็นตัวป้องกันไม่ให้อากาศไหลเข้าไปปนกับแก๊สภายในหัวเชื่อม Cap มีหลายขนาด กำหนดตามความยาวของลวดทังสเตน เช่น ขนาด 2 นิ้ว, 3 นิ้ว และ 7 นิ้ว เป็นต้น



รูปที่ 2.8 แสดงส่วนประกอบภายในหัวเชื่อมทิก

3. วงแหวนยาง เป็นวงแหวนยางกลมที่ประกอบอยู่ที่โคนเกลียวของ Cap สำหรับป้องกันการรั่วของแก๊ส

4. Collet หรือ Electrode Collet เป็นตัวจับลวดเชื่อม ซึ่งกำหนดขนาดตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดทังสเตนโดยทั่วไปทำด้วยทองแดงผสมที่เป็นตัวนำความร้อนและไฟฟ้าที่ดี แต่ก็มี Collet ที่ทำจากนิกเกิลโครเมียมผสม (80-20) ผิวภายในของ Collet จะต้องเรียบสม่ำเสมอ ก่อนที่จะนำ Collet ไปใช้งานควรตรวจสอบครีบ (Burr) ที่อาจเกิดขึ้นกับ Collet เสียก่อน เนื่องจาก Collet ที่มีครีบอยู่จะทำให้กระแสไฟเชื่อมไหลไม่สะดวก

5. Collet Holder ยึดติดกับลำตัวหัวเชื่อมด้วยเกลียว Collet Holder ทำด้วยทองแดงผสมทำหน้าที่บีบจับCollet ให้จับลวดทังสเตนได้แน่น และยังมีรูเพื่อให้แก๊สปกคลุมไหลออกมาปกคลุมบ่อหลอมละลาย

6. Nozzle ที่ใช้ในการเชื่อมทิก มีอยู่หลายชนิดได้แก่ ชนิดกระเบื้อง (เซรามิก), โลหะ, แก้ว

(Fused Quartz)และชนิด Dual-Shield Nozzle, Nozzle ชนิดทำด้วย Ceramic เป็นแบบที่นิยมใช้กันและราคาถูก แต่สำหรับ Nozzle โลหะที่ระบายความร้อนด้วยน้ำจะมีอายุการใช้งานนานกว่าแบบเซรามิก

Nozzle ชนิดเซรามิก เมื่อใช้งานติดต่อกันเป็นเวลานานจะเปราะ ดังนั้นจะต้องเปลี่ยน Nozzle ใหม่ เมื่อ Nozzle ที่ใช้มีขอบขรุขระและไม่เรียบ ซึ่งจะเป็นเหตุให้การไหลของแก๊สออกมาปกคลุมแนวเชื่อมไม่สม่ำเสมอและ Nozzle ชนิดนี้ใช้กับกระแสเชื่อมที่ต่ำกว่า 275 แอมป์

Nozzle โลหะชนิดที่เป็นปลอกสวม (Sleeve-Type) ใช้ได้กับกระแสไฟเชื่อมขนาดต่ำกว่าชนิดเซรามิก การใช้ Nozzle โลหะชนิดนี้จะต้องใช้ด้วยความระมัดระวังและถูกวิธี เพราะมีโอกาสสูญเสียได้มากกว่า Nozzle โลหะชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ

Nozzle โลหะชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำใช้ได้กับกระแสเชื่อมสูงสุด 500 แอมป์ สำหรับการเชื่อมด้วยมือ (ระบบอัตโนมัติจะสามารถใช้ได้กับกระแสเชื่อมเกินกว่า 500 แอมป์)

Nozzle ชนิดที่ทำด้วยแก้ว (Fused-Quartz) สามารถมองเห็นบริเวณอาร์กได้อย่างชัดเจนเนื่องจาก Nozzle ใสและเกิดแสงสว่างขึ้นจากลวดเชื่อม แต่เมื่อใช้ไปนาน ๆ Nozzle จะขุ่นมัว เนื่องจากไอระเหยของโลหะที่เชื่อมเกาะที่ Nozzle

Dual-Shield Nozzle มีทางแก๊สออก 2 ทางคือ บริเวณกลางโดยรอบลวดเชื่อมจะถูกคลุมด้วยแก๊สอาร์กอนหรือฮีเลียมจำนวนเล็กน้อยและปกคลุมบ่อหลอมละลายโดยตรง สำหรับบริเวณวงแหวนรอบนอกภายใน Nozzle จะปกคลุมด้วยแก๊สไนโตรเจนหรือคาร์บอนไดออกไซด์ ซึ่งทำหน้าที่เป็นเกราะปกคลุมแก๊สเฉื่อยไว้ตรงกลาง

ขนาดของNozzle โดยทั่วไปแล้วการกำหนดขนาดของ Nozzle จะยึดถือเส้นผ่านศูนย์กลางของรูเป็นหลักและกำหนดเป็นเบอร์ 4, 5, 6 และ 7 แล้วหารด้วย 16 จะได้ขนาดรูภายในของ Nozzle

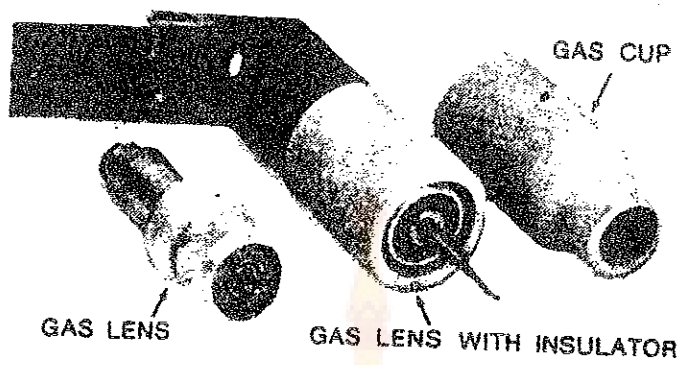
ตัวอย่าง เบอร์ 6 หาร 16 จะได้ 6/16 นิ้ว หรือ 3/8 นิ้วดังนั้นขนาดรูภายในของ Nozzle = 3/8 นิ้ว การเลือกขนาดของ Nozzle มีหลักง่าย ๆ คือให้เลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูภายใน Nozzle = 4-6 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเชื่อม ระวังอย่าใช้ขนาด Nozzle เล็กเกินไปเพราะจะทำให้ Nozzle ร้อนจัดและมีอายุการใช้งานสั้นลง ถ้าเลือกใช้ Nozzle ใหญ่เกินไปต้องใช้แก๊สปกคลุมมากขึ้น

Gas Lens เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้เกิดแก๊สหมุนเวียนขึ้นที่ปลาย Nozzle โดยสวมติดอยู่ภายใน Nozzle ซึ่งเป็นผลดีทำให้สามารถเชื่อมได้เมื่อ Nozzle ห่างจากชิ้นงานได้ถึง 1 นิ้ว จึงทำให้ช่างเชื่อมสามารถมองเห็นบ่อหลอมละลายได้อย่างชัดเจนในขณะเชื่อมและยังเหมาะกับการเชื่อมภายในซอกมุมได้ดี

7. ลวดเชื่อมทังสเตน (Tungsten Electrodes) ลวดเชื่อมที่ใช้ในการเชื่อมทิก จะแตกต่างจากลวดเชื่อมอื่น ๆเนื่องจากลวดเชื่อมทังสเตน ซึ่งทำหน้าที่สำหรับการอาร์กเท่านั้น ไม่ได้เป็นลวดสำหรับเติมแนวเชื่อม

ทังสเตนมีจุดหลอมเหลวสูง ประมาณ 3,410 องศาเซลเซียส จึงนิยมใช้ทำลวดเชื่อมชนิดไม่สิ้นเปลืองซึ่งมีความบริสุทธิ์ประมาณ 99.5% ส่วนทังสเตนผสมนั้นจะประกอบด้วยธาตุผสมต่าง ๆ

(Thoria หรือ Zirconia) และมีราคาสูงกว่าทังสเตนบริสุทธิ์ สำหรับส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมทังสเตนแต่ละชนิดกำหนดตามมาตรฐานของสมาคมช่างเชื่อมอเมริกัน (AWS.A5 12-69)



รูปที่ 2.9 แสดง Gas Lens พร้อมอุปกรณ์ประกอบ

ตารางที่ 2.2 แสดงส่วนผสมทางเคมีของลวดเชื่อมทังสเตนแต่ละชนิด

AWS. Classification	Tungsten%min	Thoria%	Zirconia%	Other%max
EWP...	99.5	....	-	0.5
EWTh-1	98.5	0.8-1.2	-	0.5
EWTh-2	97.5	1.7-2.2	-	0.5
EWTh-3	98.95	0.35-0.55	-	0.5
EWZr	99.2	....	0.15-0.40	0.5

2.2.7 ลักษณะของผิวลวดเชื่อมทังสเตน ผิวของลวดเชื่อมต้องปราศจากสิ่งสกปรก ไม่มีตะเข็บ รอยขีดข่วน, รอยแตก, โพรงหดตัวและสารมลทินฝังใน สำหรับลวดเชื่อมที่มีจุดบกพร่องดังกล่าวนี้ไม่ควรนำมาใช้งาน เพราะจะทำให้แนวเชื่อมมีคุณภาพไม่ดีพอ การเกิดความไม่สมบูรณ์ขึ้นภายในโครงสร้างของลวดเชื่อม ทำให้ลดความหนาแน่นของกระแสลงไป ถ้าผิวของลวดเชื่อมไม่สม่ำเสมอจะเป็นเหตุให้เปลวอาร์กย้อนกลับเข้ามาที่ปลายลวดและควบคุมการอาร์กยาก ผิวของลวดเชื่อมแบ่งออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

1. ผิวเจียระไน (Groung Finish)
2. ผิวล้างด้วยน้ำยาเคมี (Chemically Cleaned Finish)

ลวดเชื่อมชนิดผิวเจียระไน เป็นลวดทังสเตนที่มีผิวเรียบเป็นมันโดยการเจียระไนให้ได้ตามมาตรฐานมีราคาสูงกว่าลวดชนิดผิวล้างด้วยน้ำยาเคมี ซึ่งลวดชนิดนี้จะให้ผลดีหลายประการคือ อาร์กที่ได้คงที่และสม่ำเสมอความเรียบของผิวลวดจะช่วยให้มีหน้าสัมผัสระหว่างลวดเชื่อมกับ Collet มีมาก ทำให้กระแสเชื่อมไหลผ่านได้สะดวกกว่าลวดเชื่อมชนิดผิวล้างด้วยน้ำยาเคมี

ลวดทังสเตนผลิตจากกรรมวิธีการดึงขึ้นรูป (Drawing) โดยใช้กราไฟต์เป็นวัสดุหล่อลื่นดังนั้น ลวดที่ผลิตออกมาจะมีผลกราไฟต์เคลือบอยู่บาง ๆ ซึ่งจะมองเห็นเป็นสีดำหรือน้ำเงินดำ ผง กราไฟต์ที่ติดอยู่บนผิวของลวดเชื่อมจะไม่มีผลต่อการอาร์กหรือคุณภาพของแนวเชื่อม สำหรับจุดด่างที่เกิดขึ้นบนผิวของลวดทังสเตนนั้น อาจเนื่องจากออกไซด์หรือสารมลทิน ซึ่งจะทำให้เกิดความสกปรกกับแนวเชื่อม และทำให้ลวดเชื่อมสึกกร่อนเร็ว

2.2.8 การแบ่งประเภทของลวดเชื่อมทิก ลวดเชื่อมทิก แบ่งออกเป็นประเภทตามส่วนผสมได้ดังนี้

1) ทังสเตนบริสุทธิ์ (Pure Tungsten) ใช้กับกระแสไฟ AC สำหรับการเชื่อมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียมด้วยการแต่งปลายลวดกลม การอาร์กที่ได้จากลวดชนิดนี้นิ่มสม่ำเสมอ ทังสเตนบริสุทธิ์ยังสามารถใช้กับกระแสไฟตรงได้แต่ความสามารถนำกระแสต่ำกว่าลวดทังสเตนผสมอย่างไรก็ตามลวดชนิดนี้มีโอกาสละลายตัวไปผสมกับโลหะเชื่อม และการเริ่มต้นอาร์กจะไม่ดีเท่าลวดชนิดผสมโดยเฉพาะเมื่อใช้กับกระแสไฟเชื่อมต่ำแต่จุดเด่นของลวดนี้คือไม่ค่อยสกปรกขณะใช้งาน มีโค๊ตสีเขียว

2) ทอริเอทเต็ททังสเตน (Thoriated Tungsten) เป็นลวดทังสเตนที่ผสมทอเรีย (Thoria) จนถึง 2.2%จะทำให้อิเล็กตรอนแตกตัวดีขึ้น การเริ่มต้นอาร์กดีและสามารถเป็นตัวนำไฟฟ้าสูง เมื่อเพิ่มทอเรียลงไปประมาณ 1%-2% จะเพิ่มค่าการเป็นตัวนำไฟฟ้าขึ้นถึง 50% การใช้กระแสไฟสลับกับลวดทอริเอทเต็ทนั้นจะทำให้การอาร์กไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นลวดชนิดนี้ต้องใช้กับไฟตรง ลวดเชื่อมที่ใช้กับไฟตรงต้องแต่งปลายให้เรียงแหลมจึงจะรักษารูปร่างอันนี้ไว้ได้ ส่วนลวดทังสเตนบริสุทธิ์เมื่อแต่งปลายลวดเรียวแหลมแล้วพอใช้ไป ปลายของลวดจะหลอมละลายกลับเป็นปลายกลม สำหรับลวดทังสเตนทอริเอทเต็ทชนิด 2% มีโค๊ตเป็นสีแดง ส่วนชนิด 1% จะมีโค๊ตเป็นสีเหลือง

3) ลวด EWTH - 3 เป็นลวดเชื่อมทังสเตนผสมอีกชนิดหนึ่ง ที่ได้รวมเอาข้อดีของลวดทังสเตนบริสุทธิ์กับลวดทังสเตนทอริเอทเต็ทเอาไว้ด้วยกัน โดยนำลวดทังสเตนทอริเอทเต็ทประมาณ 1/4 ของพื้นที่หน้าตัดรวมเข้าไว้กับลวดทังสเตนบริสุทธิ์ตลอดความยาวของลวด และลวดผสมนี้จะให้คุณสมบัติที่ดีคือสามารถรักษารูปทรงของปลายลวดเชื่อมให้มนซึ่งเป็นคุณสมบัติของลวดทังสเตนบริสุทธิ์บวกกับคุณสมบัติของการเริ่มต้นอาร์กที่ดีและความสามารถนำกระแสของลวดทังสเตนทอริเอทเต็ท ซึ่งสามารถนำไปเชื่อมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียมด้วยไฟกระแสสลับได้ดี และยังใช้เชื่อมด้วยไฟตรงได้ดีอีกด้วย แต่ไม่แนะนำให้แต่งปลายลวดเรียวแหลม ลวดนี้ยังสามารถใช้กับช่วงของกระแสไฟเชื่อมได้กว้าง โค๊ตสีเป็นสีน้ำเงิน

เซอร์โคเนียมทังสเตน (Zirconium Turgsten) เป็นลวดทังสเตนที่มีส่วนผสมของเซอร์โคเนียม 0.15-0.40% ซึ่งเหมาะแก่การเชื่อมด้วยกระแสไฟสลับ เพราะว่าลวดทังสเตนชนิดนี้มีความต้านทานต่อการเกิดสิ่งสกปรก (Contamination) สูง ทั้งยังให้การเริ่มต้นอาร์กที่ดีอีกด้วย ส่วนการแต่งปลายของลวดเชื่อมเป็นลักษณะปลายมนเหมือนกับลวดทังสเตนบริสุทธิ์ และเหมาะกับงานที่ต้องการคุณภาพสูง ซึ่งจะให้การอาร์กที่สม่ำเสมอในการเป็นตัวนำกระแสนั้นจะเท่ากับหรือมากกว่าลวดทังสเตนเทอริเอทเต็ทผสม

ACM 671.521 พ295อ
ไพบูลย์ หาญมนต์
อิทธิพลของของชนิดกระแสไฟเชื่อมและลักษณะปลายลวดเชื่อมทังส
32000000956161 0890

เล็กน้อย โค๊ตสีของลวดทังสเตนชนิดเซอร์โคเนทเป็นสีน้ำตาล

ตารางที่ 2.3 แสดงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวของลวดทังสเตน (AWS A5. 12-69)

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมาตรฐาน (นิ้ว)	ขนาดความเผื่อของเส้นผ่านศูนย์กลาง (นิ้ว)	ขนาดความยาวของลวดตามมาตรฐาน (นิ้ว)	ขนาดความเผื่อของความยาว (นิ้ว)
0.010	±0.001	3, 6, 7	±1/16
0.020	±0.002	12, 18, 24	±1/8
0.040, 1/16, 3/32, 1/8, 5/32, 3/16, 1/4	±0.003		

หมายเหตุ สำหรับลวดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.010 นิ้ว มีจำหน่ายเป็นม้วน

ตารางที่ 2.4 แสดงมาตรฐานของลวดเชื่อมทังสเตน

AWS-ASTM Classification	ชนิดลวดเชื่อมทังสเตน	สี
EWP	Pure Tungsten	เขียว
EWTH-1	1% Thoriated	เหลือง
EWTH-2	2% Thoriated	แดง
EWTH-3	Pure + Thoriated Tungsten	น้ำเงิน
EWZr	Zirconiared	น้ำตาล

2.2.9 การใช้และการรักษาลวดเชื่อม ลวดเชื่อมทังสเตนมีผลต่อคุณภาพแนวเชื่อมมาก ดังนั้นเมื่อเลือกขนาดและชนิดของลวดเชื่อมที่เหมาะสมแล้วจะต้องรู้วิธีใช้และการรักษาที่ถูกต้องอีกด้วย จึงจะได้งานที่มีคุณภาพสูงและช่วยยืดอายุของลวด ลวดที่ใช้กระแสไฟ AC ได้แก่ ลวดทังสเตนบริสุทธิ์และชนิดเซอร์โคเนท ต้องแต่งปลายมนโดยให้เส้นผ่านศูนย์กลางของปลายไม่เกิน 1 1/2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางลวดนั้น ๆ เช่น ลวดทังสเตนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/8 นิ้ว เส้นผ่านศูนย์กลางของปลายลวดจะต้องไม่เกิน 3/16 นิ้ว แต่ถ้าปลายลวดใหญ่กว่านี้เนื่องจากการใช้กระแสสูงเกินไป อาจจะทำให้ลวดทังสเตนนั้นหยดไปรวมตัวกับบ่อหลอมละลายได้

ลวดที่ใช้กับกระแสไฟตรงเช่นลวดทังสเตนชนิด 1% และ 2% ทอริเอทเต็ท ต้องแต่งปลายให้เรียวแหลมเหมาะสำหรับการเชื่อมในบริเวณจำกัด เช่นใช้เชื่อมท่อสเตนเลสที่มีรอยต่อแคบ

การแต่งปลายลวดทังสเตนนั้น ต้องใช้หินเจียระไนชนิดละเอียดและมีความแข็งสูง เนื่องจากทังสเตนเป็นวัสดุที่แข็งกว่าล้อหินเจียร ดังนั้นลักษณะของการเจียรจึงเป็นแบบการกัด (Chip) มากกว่าการตัด (Cut) จึงทำให้ลวดเกิดเป็นแนวตามยาวของการกัดของหินเจียร ซึ่งอาจจะหลุดลงไปรวมกับบ่อหลอม

ละลายได้

ความสามารถการนำกระแสเชื่อมของลวดทังสเตน (Current Carrying Capacity) หมายถึง ความสามารถของลวดที่ทนต่อกระแสเชื่อมสูง ๆ ได้ ซึ่งขึ้นอยู่กับองค์ประกอบต่าง ๆ เช่นการใช้ขั้วไฟเชื่อม การจับลวด, การออกแบบหัวเชื่อม, ความชำนาญและความสามารถของช่างเชื่อม ส่วนลักษณะผิวของชิ้นงานเชื่อมก็มีผลต่อการนำกระแสของลวดอยู่บ้าง คือถ้าชิ้นงานเชื่อมมีผิวมันเรียบจะทำให้การนำกระแสของลวดต่ำลงกว่าชิ้นงานที่มีผิวด้าน เนื่องจากผิวของงานที่มันเรียบจะทำหน้าที่สะท้อนความร้อนกลับเข้าหาลวดเชื่อม เช่นเดียวกับงานที่อุ่นก่อนเชื่อม (Preheat) จะทำให้ลวดเชื่อมมีความสามารถนำกระแสได้ต่ำเช่นกัน

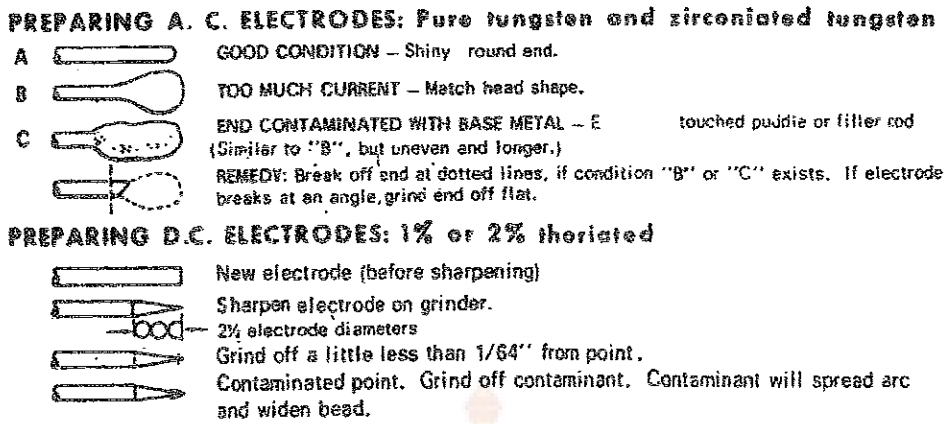
ถ้าใช้กระแสเชื่อมต่ำเกินไปจะทำให้การอาร์กไม่สม่ำเสมอและควบคุมการอาร์กได้ยาก แต่ถ้าใช้กระแสสูงเกินไป เมื่อใช้กับลวดทังสเตนบริสุทธิ์จะทำให้ปลายลวดเชื่อมรวมตัวโตขึ้น อาจจะหยดลงเป็นเม็ดเล็ก ๆ รวมตัวกับบ่อหลอมละลายและการอาร์กที่เกิดขึ้นจะไม่สม่ำเสมอ ถ้าลวดทังสเตนรวมตัวกับแนวเชื่อมจะต้องหยุดเชื่อมเพื่อเอาทังสเตนที่ฝังในแนวเชื่อมออกเสียก่อน (เจียระไน) แนวเชื่อมที่มีทังสเตนฝังตัวอยู่จะสูญเสียความแข็งแรงและความต้านทานการกัดกร่อน ทังสเตนที่ฝังอยู่ในแนวเชื่อมจะเห็นได้จากฟิล์ม X-Ray เป็นจุดสีขาว

ลวดทังสเตนที่ใช้เชื่อมทิก ต้องสะอาดอยู่เสมอ ขณะเชื่อมนั้นลวดทังสเตนจะมีความร้อนสูงกว่าลวดเติมหรือโลหะงาน เมื่อปลายลวดทังสเตนสัมผัสกับโลหะงานจะรวมตัวกับโลหะงานกลายเป็นโลหะผสม ทำให้การอาร์กไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นต้องตัดและแต่งปลายลวดทังสเตนใหม่หรืออาร์กบนวัสดุอื่นจนปลายที่กลายเป็นโลหะผสมนั้นหมดจึงเชื่อมใหม่ต่อไป ซึ่งถ้าลวดทังสเตนสะอาดการอาร์กจะสม่ำเสมอขึ้น นอกจากนี้ถ้าให้แก๊สปกคลุมลวดทังสเตนหลังจากหยุดอาร์กแล้วไม่เพียงพอจะทำให้ลวดทังสเตนมีโอกาสสกปรกมากที่สุดโดยลวดทังสเตนจะเกิดออกไซด์และกลายเป็นสีดำหรือน้ำเงิน โดยทั่วไปควรปล่อยให้แก๊สไหลปกคลุมลวดทังสเตนหลังจากหยุดอาร์กให้เพียงพอต่อการเย็นตัวของลวดทังสเตนไม่เกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่น ถ้าหากปล่อยอัตราการไหลของแก๊สปกคลุมมากเกินไป ประกอบกับ Nozzle สกปรกหรือแตกบิ่นจะทำให้แก๊สเกิดการไหลวน เป็นเหตุให้อากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับลวดทังสเตน และอีกประการหนึ่งถ้าเกิดการรั่วของแก๊ส อากาศสกปรกหรือแตกบิ่นจะทำให้แก๊สเกิดการไหลวน เป็นเหตุให้อากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับลวดทังสเตน และอีกประการหนึ่งถ้าเกิดการรั่วของแก๊ส อากาศภายนอกจะเข้าไปผสมกับแก๊สและทำปฏิกิริยากับลวดทังสเตนได้อีกเช่นกัน

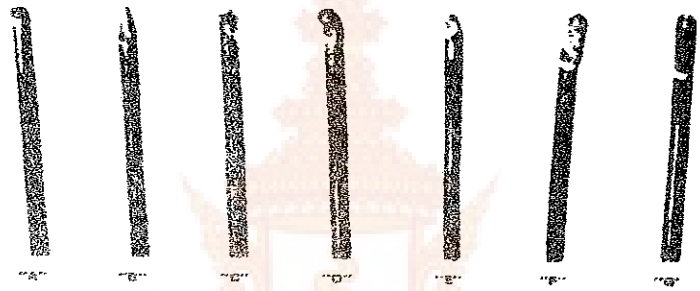
แท่งลวดทังสเตน A เป็นทังสเตนบริสุทธิ์ใช้กับกระแสไฟสลับในการเชื่อมอะลูมิเนียมมีลักษณะปลายมนเป็นมุมที่เหมาะสม

แท่งลวดทังสเตน B เป็นทอริเอทเต็ทสเตน 2% ลับปลายเรียว ใช้กับกระแสไฟตรงขั้วลบ

แท่งลวดทังสเตน C คือ ลักษณะของแท่งทอริเอทเต็ททังสเตน 2% ที่ใช้กับกระแสไฟสลับในการเชื่อมอะลูมิเนียม จะปรากฏเห็นเม็ดกลมเล็ก ๆ จำนวนมากที่ปลาย แทนที่จะมีปลายมนเป็นมันเหมือนกับใช้ทังสเตนบริสุทธิ์



รูปที่ 2.10 แสดงการเตรียมปลายลวดทังสเตน



รูปที่ 2.11 แสดงลักษณะต่าง ๆ ของลวดทังสเตน

แท่งลวดทังสเตน D เป็นแท่งทังสเตนบริสุทธิ์ที่ใช้กับกระแสไฟสลับซึ่งมีขนาดกระแสไฟสูงเกินกว่าความสามารถที่จะรับได้ทำให้ปลายละลายขณะเชื่อมและพร้อมจะหยดสู่บ่อหลอมละลาย

แท่งลวดทังสเตน E คือ แท่งทังสเตนบริสุทธิ์ที่ลับปลายเรียวแหลมและใช้กับกระแสไฟตรงขั้วลบจะสังเกตเห็นปลายแหลมละลายกลายเป็นปลายมน ซึ่งเป็นคุณลักษณะเฉพาะของทังสเตนชนิดนี้ ดังนั้นทังสเตนบริสุทธิ์จึงไม่นิยมลับปลายให้แหลมในการใช้งาน

แท่งลวดทังสเตน F แสดงลักษณะการเกิด Comtamination โดยแท่งทังสเตนไปสัมผัสกับลวดเชื่อม และเมื่อเป็นเช่นนี้จำเป็นจะต้องหักส่วนที่เกิดสกปรกนี้ทิ้งไป แล้วลับปลายใหม่ตามต้องการ

แท่งลวดทังสเตน G เป็นลักษณะของลวดที่ได้รับการปกคลุมจากแก๊สเฉื่อยหลังการอาร์กไม่เพียงพอจะสังเกตเห็นผิวสีดำอันเนื่องมาจากการเกิดออกไซด์ เนื่องจากบรรยากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยาก่อนเย็นตัว หากยังใช้เชื่อมต่อไปอีกจะเป็นเหตุให้ผิวออกไซด์แตกตัวหลุดไปยังบ่อหลอมละลาย

2.2.10 ระยะยื่นของปลายลวดทังสเตน (Electrode Extension) เป็นระยะที่ลวดทังสเตนยื่นออกจาก Nozzle โดยทั่วไปเท่ากับ 1 - 2 เท่าของเส้นผ่านศูนย์กลางลวดทังสเตน ถ้า Electrode Extension ยาวเกินไปจะทำให้ปลายของลวดสัมผัสกับบ่อหลอมละลายหรือลวดเชื่อมเติมได้ง่าย ๆ และต้องใช้แก๊สปกคลุมมากกว่าปกติ ถ้าระยะ Electrode Extension สั้น จะไม่ทำให้ปลายลวดทังสเตนสกปรกได้ง่าย

เนื่องจากปลายลวดไม่จุ่มในบ่อหลอมละลายแต่จะมีผลเสียต่อ Nozzle และการเชื่อมต้องใช้ช่างเชื่อมที่มีความชำนาญ เพราะมองเห็นบ่อหลอมละลายได้ยาก

ระยะของ Electrode Extension ขึ้นอยู่กับลักษณะของรอยต่อ สำหรับรอยต่อ Fillet ด้านในต้องการระยะ Electrode Extension ยาว หรือให้ปลายของลวดทังสเตนเกือบถึงกันของรอยต่อจึงจะทำให้เห็นบ่อหลอมละลายได้ชัดเจน ในทางตรงกันข้ามถ้าเป็นรอยต่อขอบ (Edge flange) ต้องการระยะ Electrode Extension น้อยหรือไม่ต้องการเลย

2.2.11 อุปกรณ์ปรับความดันและวัดปริมาณการไหลของแก๊สปกคลุมแนวเชื่อม ความดันและปริมาณการไหลของแก๊สปกคลุมนั้นมีความสำคัญต่อการเชื่อมทิก มาก ดังนั้นจึงต้องใช้ Combination Requlator และ Flowmeter สำหรับวัดความดันและปริมาณการไหลของแก๊ส ซึ่งประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1) เร็กจิวเลเตอร์ (Regulator) เป็นอุปกรณ์สำหรับวัดความดันสูงภายในถังหรือท่อ Manifold มีหน่วยเป็น P.S.I. และต่อผ่านไปยัง Flowmeter ที่มีหน่วยวัดเป็นลูกบาศก์ฟุตต่อชั่วโมง (C.F.H.) ซึ่งประกอบด้วยหลอดแก้ว พร้อมทั้งลูกกลมบรรจุอยู่ภายใน และสามารถปรับปริมาณการไหลได้ ในการประกอบ Flowmeter จะต้องให้หลอดแก้ววัดปริมาณการไหลตั้งอยู่ในแนวดิ่งจึงจะได้ค่าการวัดที่ถูกต้อง

2) ลวดเชื่อมเติม (Filler Metal) การเลือกลวดเชื่อมเติมสำหรับการเชื่อมทิก ขึ้นอยู่กับโลหะงาน, คุณสมบัติเชิงกล, กายภาพ, การออกแบบรอยต่อและคุณภาพผิวสำเร็จ การเลือกลวดเชื่อมเติมควรให้มีส่วนผสมเหมือนหรือเหมาะสมกับโลหะงาน ถ้าส่วนผสมของลวดเชื่อมเติมไม่เหมือนกับงานเชื่อมจะทำให้แนวเชื่อมไม่แข็งแรงหรืออาจแตกร้าวได้ง่ายและสามารถนำเอาเศษที่ตัดออกจากโลหะงานมาใช้แทนลวดเชื่อมเติมก็ได้ ลวดเชื่อมเติมที่ใช้กับขบวนการเชื่อมด้วยมือหรืออัตโนมัติ จะมีทั้งชนิดที่เป็นเส้นตรงและขดเป็นม้วน

3) กระแสเชื่อม (Welding Current) กระแสเชื่อมเป็นตัวควบคุมการซึมลึก, ความเร็วของการเชื่อม, อัตราการเติมลวดเชื่อมและคุณภาพของแนวเชื่อม

กระแสเชื่อมทิก แบบพื้นฐานมีอยู่ 3 ชนิด คือ

ก) กระแสตรงต่อขั้วตรง (Direct Current Electrod Negative) หรือเรียกย่อว่า "DCEN"

ข) กระแสตรงต่อกลับขั้ว (Direct Current Electrod Positive) หรือเรียกย่อว่า "DCEP"

ค) กระแสไฟสลับ (Altermating Current) หรือเรียกย่อว่า AC.

ก) กระแสไฟตรงต่อขั้วตรง (DCEN) กระแสไฟเชื่อมชนิด DCEN เป็นที่นิยมใช้ในการเชื่อมทิกมากซึ่งให้ผลดี แก่การเชื่อมโลหะทั่วไปและโลหะผสม ยกเว้นอะลูมิเนียมและแมกนีเซียม

การเชื่อมแบบ DCEN นั้นลวดเชื่อมจะต่อเข้ากับขั้วลบ ส่วนชิ้นงานเชื่อมจะต่อเข้ากับขั้วบวก

ดังนั้นอิเล็กตรอนจะไหลจากลวดเชื่อมสู่ชิ้นงาน ความร้อนเกิดขึ้นบนขั้วบวก (ชิ้นงาน) ประมาณ 70% ของความร้อนที่เกิดขึ้นทั้งหมด และความร้อนที่เกิดขึ้นกับลวดเชื่อมจึงมีน้อย ทำให้ลวดเชื่อมสามารถใช้กับกระแสเชื่อมได้สูง และลดการกัดกร่อนของเปลวอาร์กและความร้อน ซึ่งเป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของลวด

การเชื่อมด้วยไฟ DCEN จะให้แนวเชื่อมที่แคบและซึมลึกสูง ไม่เหมาะสมกับการเชื่อมโลหะบางและไม่เกิดปฏิกิริยาทำความสะอาด (กำจัดอ๊อกไซด์) ถ้าจะเชื่อมอะลูมิเนียมด้วยไฟ DCEN จะต้องใช้กลวิธีเชื่อมพิเศษโดยจะต้องทำความสะอาดผิวงานด้วยวิธีกลหรือเคมีอย่างดีก่อนเชื่อม

ข) กระแสตรงต่อกลับขั้ว (DCEP) การเชื่อมแบบ DCEP นั้นลวดเชื่อมต่อเข้ากับขั้วบวกของเครื่องเชื่อม ส่วนชิ้นงานต่อเข้ากับขั้วลบทำให้อิเล็กตรอนไหลจากงานไปยังลวดเชื่อม ดังนั้นความร้อนจากการอาร์กส่วนใหญ่จะอยู่ที่ลวดเชื่อมและความร้อนส่วนน้อยจะอยู่ที่ชิ้นงาน ถ้ากำหนดให้กระแสเชื่อม , ระยะอาร์กที่เท่ากัน จะเห็นว่าการเชื่อมด้วยไฟ DCEP จะมีแรงเคลื่อนอาร์ก (Arc Voltage) สูงกว่าการเชื่อมด้วยไฟ DCEP จึงเกิดพลังงานทั้งหมดมาก ดังนั้นการเชื่อมด้วยไฟ DCEP จึงเกิดพลังงานทั้งหมดมากกว่าการเชื่อมด้วยไฟ DCEP

เมื่อเชื่อมทิก ด้วยกระแส DCEP แนวเชื่อมจะกว้างและซึมลึกน้อยและต้องใช้ความชำนาญมากกว่าการเชื่อมด้วยกระแสไฟ DCEP และใช้ลวดเชื่อมขนาดใหญ่กว่าเมื่อเชื่อมด้วยกระแสไฟ DCEP โดยใช้กระแสเชื่อมเท่ากัน ข้อดีของการเชื่อมด้วยกระแส DCEP คือสามารถกำจัดอ๊อกไซด์จากผิวงานเชื่อมได้ดีเลิศ

เนื่องจากอิออน (IONS) ที่เกิดจากการแตกตัวของแก๊สปกคลุม (อาร์กอนหรือฮีเลียม) เป็นประจุบวกไหลจากลวดทังสเตนวิ่งกระแทกผิวหน้าของงานด้วยแรงที่มากพอแตกตัวออกไซด์ออกไป ซึ่งการกำจัดออกไซด์ผิวหน้า งานลักษณะนี้เรียกว่า การเกิดปฏิกิริยาทำความสะอาด (Cleaning Action)

อะลูมิเนียมเป็นวัสดุที่ทำการเชื่อมด้วยกระแสไฟ DCEP ได้ยากเพราะบ่อหลอมละลายของอะลูมิเนียมมักจะเกาะติดกับลวดเชื่อมทำให้ลวดเชื่อมสกปรก อย่างไรก็ตามสำหรับกระแสไฟ DCEP นั้นจะให้ผลดีแก่การเชื่อมอะลูมิเนียมชนิดบาง (หนาไม่เกิน 0.025 นิ้ว) การเชื่อมแมกนีเซียมด้วยไฟ DCEP นั้นไม่มีปัญหาในเรื่องความสกปรกที่ปลายลวดเชื่อม ดังนั้นจึงสามารถเชื่อมแมกนีเซียมด้วยไฟ DCEP ได้หนาไม่เกิน 1/8 นิ้ว

ค) กระแสไฟสลับ (AC) กระแสเชื่อมสลับเป็นกระแสเชื่อมที่ได้รวมเอากระแสไฟ DCEP กับกระแสไฟ DCEN โดยใน 1 ไซเกิลจะเป็น DCEP ครึ่งหนึ่งและ DCEN ครึ่งหนึ่ง ดังนั้นการกระทำของอิเล็กตรอนและอิออนบวกของแก๊ส จะกระทำกับชิ้นงานและลวดเชื่อมในลักษณะที่สลับกันไปอย่างต่อเนื่อง จากรูปของกระแสไฟสลับ 1 ไซเกิลจะประกอบด้วยลบครึ่งหนึ่งและบวกอีกครึ่งหนึ่งเช่นกัน

จากการทดลองเชื่อมอะลูมิเนียมด้วยกระแสไฟสลับ Sine Wave จะไม่สมดุลกัน (Unbalance) ขนาดของคลื่นบวก (Electrod Negative) จะน้อยกว่าคลื่นลบ ทั้งนี้เนื่องจากออกไซด์ที่อยู่บนผิวของอะลูมิเนียม ทำหน้าที่เสมือนกับตัวเรียงกระแส (Rectifier) ที่ใช้ในเครื่องเชื่อมโดยแปลงไฟสลับเป็น

ไฟตรงออกไซด์บนผิวอะลูมิเนียมจะทำให้อิเล็กตรอนไหลจากชิ้นงานสู่ลวดเชื่อมสู่ชิ้นงานได้สะดวก จึงสรุปได้ว่าใน 1 ไซเกิลจะเกิดขั้วตรงหรือขั้วลบ (Electrod Negative) มากกว่าการเกิดกลับขั้วหรือขั้วบวก (Electrod Positive) จากสาเหตุดังกล่าวจะทำให้เกิดกระแสตรงไหลกลับเข้าไปในเครื่องเชื่อมและทำให้เกิดความร้อนขึ้นที่หม้อแปลงใหญ่ภายในเครื่องเชื่อม ซึ่งความร้อนที่เกิดขึ้นกับหม้อแปลงนั้นจะมีผลดังนี้

1. ฉนวนที่หุ้มขดลวดและแกนเหล็กเสียหายได้ง่าย

2. ประสิทธิภาพของหม้อแปลงลดลงในขณะที่ขดลวดและแกนเหล็กมีความร้อนสูงการป้องกันไม่ให้เกิดความร้อนสูงกลับเข้าหม้อแปลงทำได้โดยการลดความสามารถของเครื่องให้ต่ำกว่าที่เครื่องกำหนดเอาไว้ เช่น เครื่องเชื่อมขนาด 200 Amperes ที่ 60% Duty Cycle ควรใช้กระแส 140 Amperes ที่ 30% Duty Cycle ซึ่งจะให้ผลดีแก่เครื่องเชื่อมหลายอย่างเช่นป้องกันไม่ให้หม้อแปลงร้อนเกินไป, รักษา Duty Cycle ให้ถูกต้อง และให้ความปลอดภัยแก่เครื่องเชื่อม

เมื่อเชื่อมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียม อาจจะใช้แผ่นความต้านทานที่ทำด้วยนิกเกิล-โครมดักกระแสไฟตรงไม่ให้กลับเข้าเครื่องเชื่อม โดยการให้เปลี่ยนสภาพกลายเป็นความร้อนที่ตัวแผ่นความต้านทานเสียเองแทนที่จะไปเกิดความร้อนที่หม้อแปลง

การป้องกันไฟตรงย้อนกลับเข้าเครื่องเชื่อมอีกวิธีหนึ่งคือ การต่อคาปาซิเตอร์ (Capacitors) เข้ากับวงจร ซึ่งคาปาซิเตอร์นี้จะไม่ยอมให้ไฟตรงวิ่งผ่านกลับเข้าเครื่องเชื่อมได้อีก

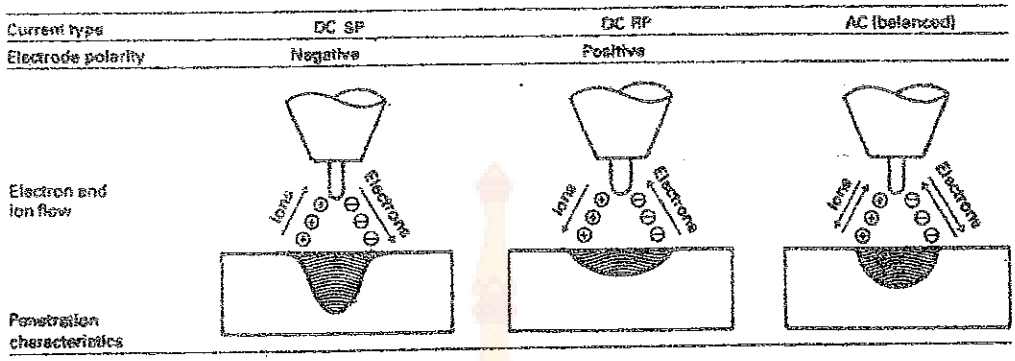
การที่ไฟตรงย้อนกลับเข้าเครื่องเชื่อมผลิตไฟกระแสสลับ จะทำให้คลื่นของไฟสลับจากการอาร์กไม่สมดุลในตำแหน่งที่คลื่นผ่านศูนย์ การอาร์กที่เกิดขึ้นจะดับลงและติดขึ้นใหม่อีก ซึ่งจุดนี้เป็นจุดที่เปลี่ยนทิศทางของกระแส เป็นคลื่นที่ได้จาก Oscilloscope จะเห็นว่าคลื่นบวกจะถูกตัดยอดออกไปและคลื่นของอาร์กที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้เป็นคลื่นที่มีขั้วบวกน้อยกว่าขั้วลบ ดังนั้นในการนำเอาไปเชื่อมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียมจึงเป็นไปได้ยากเพราะช่วงของการเกิดปฏิกิริยาทำความสะอาด (ขั้วบวก) ที่เกิดขึ้นมีน้อย

ความถี่สูง (High Frequency)

จากการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการอาร์กจะเกิดได้ง่ายและแน่นอนจะต้องใช้แรงดันไฟฟ้ามากกว่า 70 - 80 Volts ด้วยเหตุนี้จึงจำเป็นต้องมีเครื่องผลิตความถี่สูง ซึ่งสามารถผลิตแรงดันได้หลายพันโวลต์ด้วย ขนาดกระแสเป็นมิลลิแอมแปร์เท่านั้น รวมเข้าไว้ในวงจรของขดลวดทุติยภูมิในเครื่องเชื่อมด้วยเพื่อเป็นตัวผลิตแรงดันสูงชดเชยในการทำให้ครึ่งไซเกิลบวกที่ขาดหายไปบางส่วน และยังแรงพอที่จะไปขจัดออกไซด์ออกไปได้อีกด้วย ปกติแล้วมักจะเข้าใจกันว่าความถี่สูงจะทำหน้าที่ให้เกิดปฏิกิริยาทำความสะอาด (Cleaning Action) แต่ที่จริงแล้วความถี่สูงเป็นเพียงตัวทำหน้าที่ช่วยจุดเปลวอาร์กให้เกิดขึ้นโดยเฉพาะในครึ่งไซเกิลบวกและเป็นผลทำให้เกิดการอาร์กที่สม่ำเสมอ และทำให้การขจัดออกไซด์เป็นไปอย่างได้ผลเท่านั้น

ความถี่สูงจะทำหน้าที่เริ่มต้นอาร์กในตอนแรกโดยที่ปลายอิเล็กโทรดไม่ได้สัมผัสอยู่กับชิ้นงาน ซึ่งจำเป็นมากสำหรับการเชื่อมอะลูมิเนียมและแมกนีเซียม ซึ่งเป็นโลหะที่มีความไวสูงต่อสารที่ไม่

บริสุทธิ์อื่นๆนอกจากนี้ความถี่ยังสูงได้ถูกนำมาใช้กับการเชื่อมเหล็ก สเตนเลส, ทองเหลือง และอื่น ๆ อีกด้วย เมื่อใช้กระแสไฟตรงเชื่อมโดยความถี่สูงจะทำหน้าที่เริ่มต้นอาร์กในตอนแรก และจะถูกตัดออกไปโดยอัตโนมัติเมื่อการอาร์กดำเนินไปได้แล้ว



รูปที่ 2.12 แสดงคุณลักษณะของกระแสเชื่อมทิก แต่ละชนิด

จุดประสงค์อีกประการหนึ่งของการที่ต้องมีความถี่สูงคือ การทำให้แก๊สปกคลุมแตกตัวเป็นอิออน ซึ่งจะทำให้เกิดการไหลของกระแสเพิ่มมากขึ้น คำว่าการแตกตัวเป็นอิออน (Ionization) หมายถึงอะตอมของแก๊สที่ต้องสูญเสียอิเล็กตรอนไปหนึ่งตัวหรือมากกว่านั้น แล้วอะตอมนั้นยังคงสภาพเป็นอิออน บวก ในขณะเชื่อมเมื่อชิ้นงานเป็นขั้วลบแก๊สอิออนซึ่งมีประจุเป็นบวกก็จะวิ่งเข้าชนชิ้นงานด้วยแรงที่มากพอที่จะตีออกไซด์บนผิวงาน (อะลูมิเนียม) ให้แตกหลุดออกไปได้จึงพอจะสรุปได้ว่าความถี่สูงจะทำหน้าที่สำคัญ 3 ประการ คือ

1. ทำหน้าที่เริ่มต้นอาร์กโดยที่ลวดทังสเตนไม่ต้องสัมผัสกับชิ้นงาน

2. ช่วยทำให้การอาร์กคงที่โดยการช่วยจุดกระแสไฟในช่วงไซเกิลบวกของการเชื่อมด้วยกระแสไฟสลับ

3. การแตกตัวเป็นอิออน ช่วยในการเริ่มต้นและส่งเสริมให้เกิดปฏิกิริยาทำความสะอาดขึ้น

เครื่องผลิตความถี่สูงนี้จะประกอบไปด้วยส่วนต่าง ๆ หลายส่วน เช่น หม้อแปลงไฟสูง คอนเดนเซอร์ ชุดสปาร์คเพื่อสร้างความถี่ รีโอสตาทและดัปปลิ้งคอยส์ซึ่งทำหน้าที่เหนี่ยวนำความถี่สูงเข้าไปในวงจรเชื่อมเครื่องผลิตความถี่สูงนี้บางครั้งจะออกแบบรวมไว้กับเครื่องเชื่อม บางครั้งก็แยกกัน ส่วนมากเครื่องเชื่อมที่ออกแบบสำหรับการเชื่อมทิก โดยเฉพาะมักจะมีเครื่องผลิตความถี่สูงในตัว ถ้าเป็นเครื่องที่ออกแบบให้แยกกันจะสามารถนำเครื่องผลิตความถี่สูงมาต่อเข้ากับวงจรเชื่อมได้เลย

2.2.12 ความสมดุลและไม่สมดุลของคลื่น (Balanced and Unbalanced Wave) ความสมดุลของคลื่นกระแสไฟสลับอย่างสมบูรณ์สามารถกระทำได้โดยใช้คอนเดนเซอร์จำนวนมากมาต่ออนุกรมในวงจร การกระทำเช่นนี้จะเป็นผลให้ทั้งความสูงของยอดไซเกิลบวกและลบตลอดจนช่วงเวลามีค่าเท่ากัน เครื่องเชื่อมแบบนี้จะใช้แรงดันทางด้านทุติยภูมิขณะวงจรเปิด 165 โวลต์ และใช้ความถี่สูงเฉพาะตอน

เริ่มต้นอาร์กเท่านั้น จึงเป็นเครื่องเชื่อมที่เหมาะสำหรับงานผลิตจำนวนมาก ๆ ที่ต้องการคุณภาพสูง

การเชื่อมทิก ด้วยกระแสไฟสลับ อาจใช้ได้ทั้งเครื่องชนิดที่มีคลื่นสมดุลและไม่สมดุลซึ่งจะมีข้อดีที่แตกต่างกันดังนี้

ข้อดี ของชนิดที่มีคลื่นไม่สมดุล (Unbalanced Wave)

1. ใช้กระแสไฟสูง ๆ ได้เพราะช่วงไซเกิลบวกซึ่งมีอิทธิพลต่อการทำให้ลวดทังสเตนร้อน, มีความสูงของคลื่นต่ำและมีช่วงเวลาสั้น

2. ให้การละลายลึกในแนวเชื่อมมากกว่า เพราะการละลายลึกจะเกิดขึ้นในช่วงของไซเกิลลบ

3. ราคาของเครื่องเชื่อมแบบนี้จะถูกกว่า

ข้อดี ของชนิดที่มีคลื่นสมดุล (Balanced Wave)

1. เนื่องจากช่วงไซเกิลบวกมีแรงดันสูงกว่า จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาทำความสะอาดเป็นเลิศในการเชื่อม

2. ทำให้เชื่อมได้นิ่มนวล อาร์กสม่ำเสมอ เพราะมีแรงดันขณะวงจรเปิดสูงกว่า

3. เหมาะสำหรับงานผลิตที่ต้องการความเร็วสูง คุณภาพสูงและงานที่ต้องเชื่อมด้วยอัตโนมัติ

การเชื่อมด้วยกระแสเป็นช่วง (Pulsed Current Welding)

การเชื่อมด้วยกระแสเป็นช่วง เป็นการเชื่อมทิก ที่ค่อนข้างใหม่และมีผู้ผลิตเครื่องเชื่อมชนิดนี้เพียงไม่กี่ราย หน้าปัดเครื่องเชื่อมประกอบด้วยตัวควบคุมต่าง ๆ ดังนี้

1. Off-On เป็นสวิตซ์ปิด-เปิดเครื่องเชื่อม

2. Hot-Start เป็นปุ่มควบคุมการเริ่มต้นอาร์ก (ดูรายละเอียดในหัวข้ออุปกรณ์ควบคุมการทำงานของเครื่องเชื่อม)

3. Weld Current เป็นปุ่มตั้งกระแสเชื่อมสำหรับกระแสเชื่อมปกติ หรือกระแสช่วงสูงของ Pulsed

4. Percent of Weld Current เป็นปุ่มตั้งกระแสเชื่อมต่ำสุดของกระแส Pulsed

5. Pulsation off-on Switch เป็นสวิตซ์สำหรับเลือกระบบการทำงานของเครื่องเช่น โดยสวิตซ์ไปที่"ON" เครื่องเชื่อมจะจ่ายกระแสออกมาเป็นระบบ Pulse แต่ถ้าโยกสวิตซ์ไปที่ "OFF" เครื่องเชื่อมจะทำงานเป็นระบบทิก ธรรมดา

6. Low Pulse เป็นไฟแสดงในช่วงเวลาที่เครื่องเชื่อมจ่ายกระแสเชื่อมช่วงต่ำ (Low Time Period)

7. High Pulse เป็นไฟแสดงในช่วงเวลาที่เครื่องเชื่อมจ่ายกระแสเชื่อมช่วงสูง

8. High Pulse Time เป็นปุ่มตั้งช่วงเวลาที่เครื่องจ่ายกระแสไฟระดับสูง

9. Low Pulse Time เป็นปุ่มตั้งช่วงเวลาที่เครื่องเชื่อมจ่ายกระแสไฟระดับต่ำ

10. Weld Current Remote Control เมื่อโยกสวิตซ์นี้ไปที่ตำแหน่ง "ON" จะสามารถควบคุมการทำงานด้วย Remote Control

11. Post Flow Control เป็นปุ่มตั้งเวลาให้แก๊สปกคลุมไหลปกคลุมบริเวณอาร์กและลวดทังสเตน

ภายหลังจากหยุดอาร์ก

12. High Frequency (Auto, Off, Continuous) เป็นสวิตซ์ควบคุมการทำงานของความถี่สูงโดยการโยกสวิตซ์ไปที่ตำแหน่งที่ต้องการ

Auto หมายถึง ความถี่สูงจะเริ่มทำงานเมื่อเริ่มอาร์กและเมื่ออาร์กแล้วความถี่สูงจะถูกตัดออกไปโดยอัตโนมัติ ซึ่งจะใช้เมื่อเชื่อมด้วยกระแสตรง

OFF หมายถึง ตำแหน่งที่ไม่ต้องการใช้ความถี่สูง โดยมากใช้เมื่อเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้ม ฟลักซ์

Continuous หมายถึง ตำแหน่งที่ความถี่สูงทำงานอย่างต่อเนื่องในขณะเชื่อม

13. Remote Control เป็นรูสำหรับเสียบปลั๊กสายต่อของ Remote Control

2.2.13 หลักการทำงานของกระแส Pulsed การทำงานของเครื่องเชื่อมทิก จะให้กระแสที่ใช้ในการอาร์กออกมาคงที่ยกเว้นเมื่อมีการใช้ Rheostatหรือเท้าเหยียบควบคุม จากเหตุผลดังกล่าวจะต้องใช้กระแสเชื่อมมากเมื่อต้องการการซึมลึกมากและใช้กระแสน้อยเมื่อต้องการบ่อหลอมละลายเล็ก ซึ่งกระแส Pulsed จะให้กระแสที่มีการเปลี่ยนแปลงอยู่ในสองระดับคือระดับสูง (High Pulsed Current) กับระดับต่ำ (Low Pulsed Current)

ช่วง High Pulsed Current เป็นช่วงที่เกิดความร้อนสูงและมีการหลอมละลาย ส่วน

ช่วง Low Pulse Current เป็นช่วงที่เกิดการเย็นตัวและโลหะแนวเชื่อมจะแข็งตัว จึงเปรียบเสมือนการเหยียบสวิตซ์ที่เท้าของ Remote Control ลง เป็นการเพิ่มกระแสและเมื่อยกเท้าขึ้นจะเป็นการลดกระแส วิธีดังกล่าวนี้ไม่สามารถกระทำได้คงที่ ดังนั้นจึงได้พัฒนาระบบ Pulse ที่มีสวิตซ์อัตโนมัติสำหรับเปลี่ยนแปลงค่าของกระแสที่สามารถควบคุมเวลาของกระแสแต่ละช่วงได้ แนวเชื่อมแบบ Pulse จะมีลักษณะเหมือนกับการเชื่อมเป็นจุดที่วางเกยทับกัน จุดเชื่อมแต่ละจุดเกิดจากช่วงที่กระแสที่สูงขึ้นซึ่งจุดเชื่อมนี้จะเกิดความร้อนและการซึมลึก และเมื่อกระแสลดสู่ระดับต่ำแนวเชื่อมจะเย็นตัวและแข็งตัว ซึ่งการเชื่อมจะเกิดขึ้นสลับกันไปตามความยาวแนวเชื่อม

การเชื่อมด้วยระบบ Pulse จะต้องเข้าใจองค์ประกอบ 4 ประการดังนี้

1. “High Pulse Current” หรือ “Pulse Current” คือ ช่วงของกระแสที่สูงสุดซึ่งเป็นช่วงที่ให้ความร้อนจากการอาร์กสูงสุด

2. “Low Pulse Current” หรือ “Background Current” คือ ช่วงของกระแสที่ต่ำสุดและเป็นช่วงที่ให้ความร้อนต่ำสุด

3. “High Pulse Time” เป็นระยะเวลาที่เครื่องเชื่อมจ่ายกระแสช่วงสูงสุด (High Current Pulse)

4. “Low Pulse Time” เป็นระยะเวลาที่เครื่องเชื่อมจ่ายกระแสช่วงต่ำสุด (Low Current Pulse)

2.2.14 การปรับกระแสและเวลาสำหรับเชื่อม Pulse การปรับ High Pulse Current จะใช้สูงกว่ากระแสปกติเพียงเล็กน้อยเมื่อเชื่อมงานที่เหมือนกันสำหรับ Low Pulse Current ปกติจะปรับให้ต่ำกว่า High Pulse Current คือประมาณ 25% ของ High Pulse Current โดยให้อาร์กยังคงอยู่

ตัวอย่าง ถ้าปรับ High Pulse Current ที่ 200 Amps. และปรับ Low Pulse Current ที่ 25 % ซึ่งจะ

ได้กระแสช่วงต่ำสุด 50 Amps.

การปรับช่วงเวลาของ Pulse นั้นมีความสำคัญมาก โดยจะต้องปรับที่ High Pulse Time และต้องพิจารณาถึงบ่อหลอมละลายและการซึมลึกด้วย ถ้างานหนาให้ตั้งเวลามาก ส่วน Low Pulse Time ตั้งให้เพียงพอแก่บ่อหลอมละลายจะเย็นตัวและโดยปกติจะตั้งให้ต่ำกว่าช่วงเวลา High Pulse Time การตั้งค่าต่าง ๆ นั้นต้องคำนึงถึงบ่อหลอมละลาย, การซึมลึก, ชนิดของวัสดุงาน, ตำแหน่งการเชื่อมและลักษณะของรอยต่อ เช่น ถ้าบ่อหลอมละลายของงานเชื่อมโตเกินไปหรือซึมลึกเกินไปควรลด High Pulse Current ลง

ข้อดี ของการเชื่อมแบบ Pulse

1. งานเสียรูปและบิดงอน้อย
2. สามารถควบคุมขนาดของบ่อหลอมละลายและการละลายตัวแนวเชื่อมได้
3. สามารถควบคุมการซึมลึกได้
4. สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม
5. คุณภาพแนวเชื่อมสูง
6. สามารถเชื่อมท่อและแนวเชื่อมซิกแซ็กได้ดี
7. Heat-Affected Zone แคบ

2.2.15 การเชื่อมจุด (Spot Welding) การเชื่อมทิก สามารถเชื่อมแบบ Spot กับงานประกอบโลหะแผ่นได้ โดยเชื่อมจากด้านใดด้านหนึ่งของรอยต่อและไม่ต้องใช้หัว Spot กดถึงสองด้านเหมือนกับการเชื่อมแบบความต้านทานทั่วไป และสามารถเชื่อมจุดงานที่มีลักษณะเป็นลอนเหมือนกับสังกะสี เช่น งานโครงสร้างของอากาศยาน ตัวถังรถยนต์ โครงสร้างที่ผนัง 2 ชั้น เป็นต้น

การเชื่อมจุดด้วยทิก มีทั้งระบบควบคุมด้วยมือและระบบอัตโนมัติที่ใช้ในการเชื่อมงานผลิตจำนวนมากและงานที่มีคุณภาพสูง เชื่อมได้ทั้งรอยต่อเกยและรอยต่อชน

อุปกรณ์ที่ใช้ในการเชื่อมจุดด้วยทิก มีดังนี้

ก) Timer ใช้ตั้งเวลาการทำงานของเครื่องเชื่อม

ข) Torch เป็นหัวเชื่อมที่ออกแบบพิเศษใช้สำหรับเชื่อมจุดโดยเฉพาะ

ค) อุปกรณ์ผลิตความถี่สูงที่ใช้สำหรับการเริ่มต้นอาร์ก

ง) อุปกรณ์ควบคุมการไหลของแก๊สปกคลุมก่อนและหลังการเชื่อม

สำหรับ Timer ที่ใช้กับเครื่องเชื่อมทุกแบบทิก นี้จะสร้างมารวมด้วยภายในเครื่องแต่อาจจะใช้ Timer ภายนอกเครื่องหรือ Auxiliary Timer ก็ได้ ใช้ช่วงระยะเวลาอาร์กตั้งแต่ 1/4 วินาที ซึ่งขึ้นอยู่กับงาน

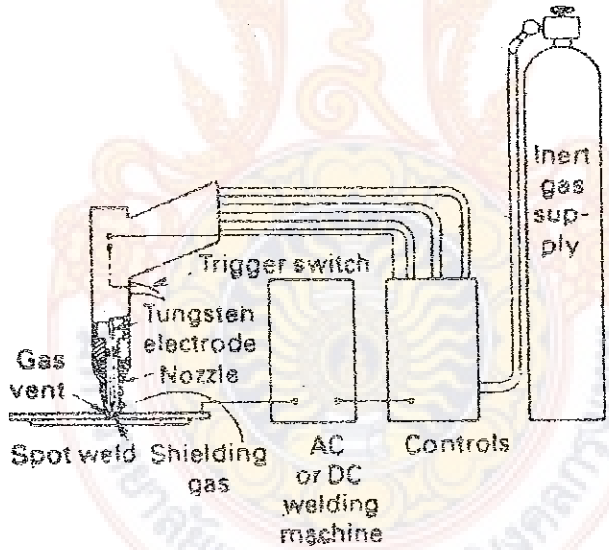
หัวเชื่อมเป็นแบบปืนและ Nozzle เป็นโลหะเพราะต้องสัมผัสและเป็นตัวกดงานทั้งสองชิ้นให้ติดกันซึ่งมีทั้งชนิด Air-Cooled และ Water-Cooled ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับกระแสเชื่อมและ Duty Cycle ที่จะใช้ Nozzle ยังเป็นตัวกำหนดระยะระหว่างปลายลวดทังสเตนกับงานเชื่อม

การเชื่อมทิก จะต้องใช้ความหนาแน่นของกระแสเชื่อมสูง สำหรับระยะอาร์กให้ความสำคัญต่อการเชื่อมคือถ้าระยะอาร์กยาวเกินไปจะทำให้บ่อหลอมละลายของโลหะร้อนเกินไปและอาจเกิด Undercut ขึ้นได้ แต่ถ้าระยะอาร์กสั้นเกินไปจะทำให้โลหะงานติดกับลวดทังสเตนเมื่อโลหะงานขยายตัวในขณะเชื่อมจะทำให้ปลายลวดสกปรกเป็นเหตุให้การอาร์กไม่คงที่ การซึมลึกของแนวเชื่อมควบคุมได้โดยการตัวในขณะเชื่อมและทำให้ปลายลวดสกปรกเป็นเหตุให้การอาร์กไม่คงที่ การซึมลึกของแนวเชื่อมควบคุมได้โดยการปรับกระแสเชื่อมและระยะเวลาเชื่อม เมื่อลดจำนวนหรือระยะเวลาการไหลของกระแสเชื่อมลงจะได้รอยเชื่อมที่ซึมลึกน้อยและขนาดเล็ก แต่ถ้าเพิ่มจำนวนหรือระยะเวลาการไหลของกระแสก็จะได้แนวเชื่อมที่ซึมลึกดีและขนาดโตขึ้น

การเติมลวดเชื่อมนั้นจะใช้กับการเชื่อมงานที่หนากว่า 1.3 มม. หรืองานที่ต้องการแนวเชื่อมนูนและยังเป็นการป้องกันการแตกร้าวของแนวเชื่อมอีกด้วย

2.2.16 การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม

เหล็กกล้าไร้สนิมทุกชนิดสามารถเชื่อมได้ด้วยทิกด้วยการใช้ลวดทังสเตนชนิดทอริเอทเต็ท ถึงแม้ว่าลวดทังสเตนชนิดอื่นจะสามารถเชื่อมได้ แต่สำหรับลวดทังสเตนชนิดทอริเอทเต็ทให้อาร์กสม่ำเสมอกว่า และสามารถใช้กระแสเชื่อมสูงกว่าลวดทังสเตนชนิดอื่น



รูปที่ 2.13 แสดงอุปกรณ์เชื่อมจุด

แก๊สปกคลุมโดยปกติใช้อาร์กอน แต่สำหรับแก๊สฮีเลียมหรือแก๊สผสมระหว่างแก๊สอาร์กอนกับแก๊สฮีเลียมใช้กับงานหนา ข้อดีของการใช้แก๊สอาร์กอนคือสามารถใช้ในการอัตราการไหลที่ต่ำ และแรงเคลื่อนอาร์ก (ArcVoltage) ค่อนข้างต่ำกว่าการใช้แก๊สฮีเลียมซึ่งเหมาะแก่การเชื่อมโลหะบางโดยไม่ทะลุ

การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมด้วยเครื่องเชื่อมทิก ชนิดไฟกระแสตรง ควรใช้ความถี่สูงเมื่อเริ่มต้นอาร์กเท่านั้นซึ่งจะช่วยไม่ให้ปลายของลวดทังสเตนสัมผัสกับชิ้นงานเมื่อเริ่มต้นอาร์กและยังเป็นการ

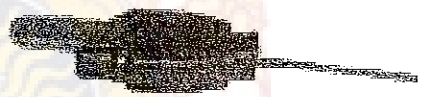
ป้องกันไม่ให้ลวดทังสเตนสกปรก สำหรับขั้วไฟควรใช้ DCEN ซึ่งให้การซึมลึกดี การเริ่มต้นอาร์กอาจใช้วิธีขีดแทนการใช้ความถี่สูงได้และไม่ควรเริ่มต้นอาร์กแบบแท่งคาร์บอนเพราะอาจจะทำให้ลวดทังสเตนสกปรกจากคาร์บอนได้ และก่อนเชื่อมต้องทำความสะอาดงานเสียก่อนด้วยแปรงลวดเหล็กกล้าไร้สนิม

ตารางที่ 2.5 แสดงปัญหาที่เกิดขึ้นกับการเชื่อมทิก

ปัญหา	สาเหตุการเกิด	การแก้ไข
ลวดทังสเตนสิ้นเปลืองเร็ว	1. ใช้แก๊สปกคลุมไม่เหมาะสม (ผลจากการเกิดออกซิเดชันที่ลวดทังสเตน)	1. ทำความสะอาด Nozzle, ให้ระยะห่างระหว่าง Nozzle กับชิ้นงานน้อย, เพิ่มการไหลของแก๊สปกคลุม
	2. เชื่อมด้วยกระแสไฟตรงต่อกลับขั้ว (DCEP)	2. ใช้ลวดทังสเตนโตขึ้นหรือเปลี่ยนใช้ไฟตรงต่อขั้วตรง (DCEN) เชื่อม
	3. ใช้กระแสเชื่อมสูงกว่าความสามารถของลวดทังสเตน	3. ใช้ลวดทังสเตนโตขึ้น
	4. หัวจับลวดทังสเตนมีความร้อนสูงเกินไป	4. ใช้ลวดทังสเตนชนิดผิวเจียระไน, เปลี่ยน Collet ใหม่และตรวจสอบหน้าสัมผัสของลวดกับ Collet ให้เหมาะสม
	5. ลวดทังสเตนสกปรก	5. กำจัดส่วนที่สกปรกของลวดทังสเตนออกให้หมด
	6. ลวดทังสเตนเกิดออกซิเดชันขณะเย็นตัว	6. เพิ่มเวลาการไหลของแก๊สปกคลุมหลังจากหยุดเชื่อม
การอาร์กไม่คงที่	1. งานเชื่อมสกปรก, เปรอะเปื้อนจาระบี	1. ทำความสะอาดชิ้นงานเชื่อมด้วยเตมี, แปรงลวดหรือขัดด้วยกระดาษทราย
	2. รอยต่อแคบเกินไป	2. บากร่องรอยต่อให้กว้าง, ให้ปลายลวดทังสเตนใกล้กับชิ้นงาน, ลดแรงเคลื่อนไฟฟ้า
	3. ลวดทังสเตนสกปรก	3. กำจัดสิ่งสกปรกบนลวดทังสเตน
	4. ลวดทังสเตนใหญ่ไป	4. ใช้ลวดทังสเตนชนิดผิวเจียระไน, เปลี่ยน Collet ใหม่และตรวจสอบหน้าสัมผัสของลวดกับ Collect ให้เหมาะสม
	5. ระยะอาร์กยาวเกินไป	5. ให้ระยะอาร์กสั้นลง

รูพรุน	1. แก๊สฝังในแนวเชื่อมเนื่องจากแก๊สไฮโดรเจน ไนโตรเจน, อากาศและไอน้ำ 2. ใช้สายแก๊สอะเซทิลีนเก่ามาทำสายแก๊สปกคลุม 3. ใช้สายน้ำและแก๊สสับเปลี่ยนกัน 4. เกิดฟิล์มน้ำมันและบนโลหะงาน	1. ไลอากาศและความชื้นออกจากสายแก๊สปกคลุมก่อนเริ่มต้นอาร์ก 2. ใช้สายแก๊สใหม่มาทำสายแก๊สปกคลุม เพราะสายแก๊สอะเซทิลีนมีการดูดซับแก๊สอะเซทิลีนเอาไว้ 3. ไม่ควรใช้สายแก๊สและน้ำสับเปลี่ยน ควรใช้โค๊ตสีของสายเป็นเครื่องหมายบอกชนิดของสาย 4. ทำความสะอาดงานเอมและไม่ควรเชื่อมงานที่เปียกชื้น
ลวดทังสเตนเปรอะเปื้อนด้วยโลหะงานเชื่อม	1. เริ่มต้นอาร์กด้วยการใช้ปลายลวดทังสเตนสัมผัสชิ้นงาน 2. ลวดทังสเตนหลอมละลายติดกับโลหะเชื่อม	1. เริ่มต้นอาร์กด้วยความถี่สูง หรือเริ่มต้นอาร์กบนแผ่นทองแดง 2. ใช้กระแสเชื่อมต่อ หรือลวดทังสเตนขนาดโต

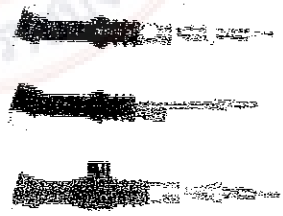
ชุดสายเชื่อมอาร์กอน



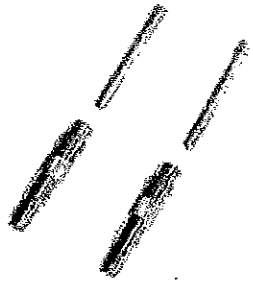
สวิทช์อาร์กอน

ปลอกยึนส์สวมสาย

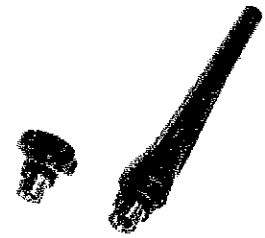
(Fitting Adapters)



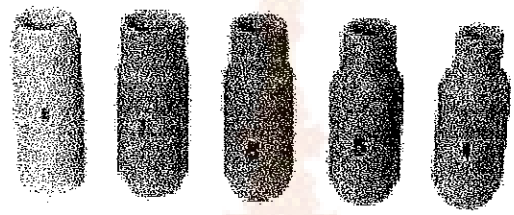
Torch Body



คอลเลสใน คอลเลสนอก



หางปลา



กระเบื้องเซรามิช

รูปที่ 2.14 แสดงอุปกรณ์งานเชื่อมทิก

บทที่ 3
การดำเนินงานวิจัย

3.1 บทนำ

ผู้ทำวิจัยได้ทำการวางแผนของงานวิจัย การเตรียมงาน การเตรียมเครื่องมือ การเตรียมวัสดุและอุปกรณ์ต่าง ๆ อีกทั้งวิธีดำเนินงานวิจัย ซึ่งต้องกำหนดแนวทางของการดำเนินงานวิจัย ซึ่งเป็นสิ่งที่สำคัญมากที่สุดส่วนหนึ่งในการทำงานวิจัย

3.2 การวางแผนและเตรียมการ

ผู้ทำวิจัยได้ทำการการวางแผนการทำวิจัยโดยมีรายละเอียดและขั้นตอนในการทำงานวิจัย ดังรูปที่ 3.1

3.3 วิธีการเตรียมชิ้นงาน

3.3.1 ชิ้นงานทดลอง คือ เหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS 304 โดยมีขนาด 1 x 3 นิ้ว หนา 4.5 มม. จำนวน 60 ชิ้น ดังรูปที่ 3.2

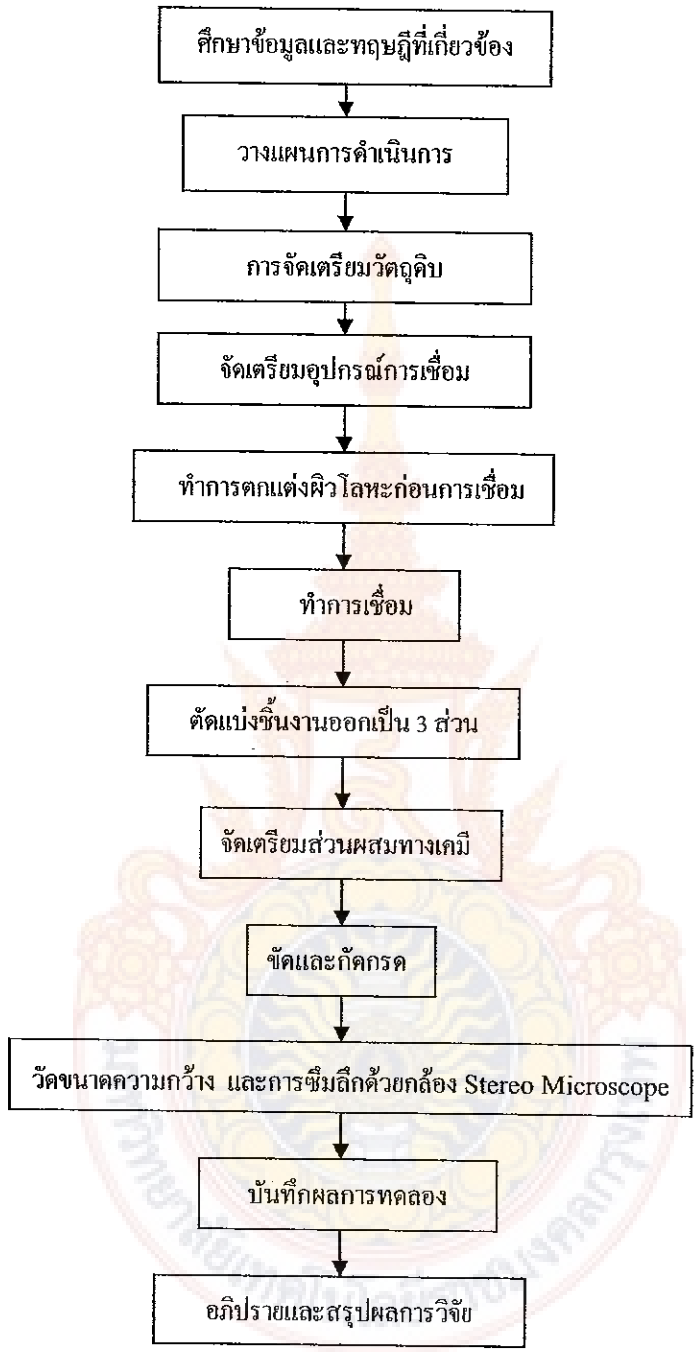
3.3.2 ในการเชื่อมเดินแนวสิ่งที่กำหนดมีดังนี้

1. ความเร็วในการเชื่อม เท่ากับ 0.30 เมตร/นาที
2. ระยะห่างระหว่างปลายลวดเชื่อมทังสเตนกับชิ้นงาน เท่ากับ 1 มม.
3. กระแสไฟที่ใช้ เท่ากับ 90 แอมป์
4. แก๊สปกคลุมแนวเชื่อม เท่ากับ 10 ลิตร/นาที

3.3.3 การลับมุมลวดทังสเตน ลวดเชื่อมทังสเตนที่ใช้เป็นลวดชนิดทอริเอทเต็ททังสเตน 2% ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2.6 มม. ลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่ใช้มีทั้งหมด 5 มุม คือ มุมรวม 30° , มุมรวม 60° , มุมรวม 120° , มุมตรง และมุมมนรัศมี 1.3 มม.

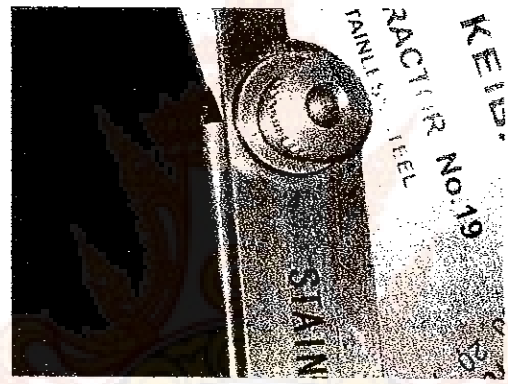
3.3.4 การเชื่อมแนวท่าราบ การตั้งเครื่องช่วยควบคุมความเร็วจะมีรางเลื่อน 1 ชิ้น และตัวควบคุมความเร็ว 1 ตัว สร้างอุปกรณ์ที่ใช้จับยึดหัวเชื่อมทิกให้ติดกับตัวควบคุมความเร็ว เป็นเหล็กท่อสองชิ้นประกอบเข้าด้วยกัน ที่หัวจับของตัวควบคุมความเร็วสามารถปรับองศาได้ ในการเชื่อม 1 มุม จะทำการเชื่อมจำนวน 3 ชิ้น เป็นการเชื่อม 1 แนวต่อหนึ่งชิ้น

3.3.5 การตัดชิ้นงานทดลองออกเป็น 3 ส่วน เพื่อนำไปขัดและวัดความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อม โดยการเลื่อยออกเป็น 3 ส่วน ในการตัดแบ่ง จะใช้การตัดแบบใช้เลื่อยตัด เพราะจะไม่ทำให้โครงสร้างของแนวเชื่อมเปลี่ยนไป หากใช้ความร้อนเป็นตัวตัดจะทำให้โครงสร้างเปลี่ยนและค่าที่ต้องการจะคลาดเคลื่อ

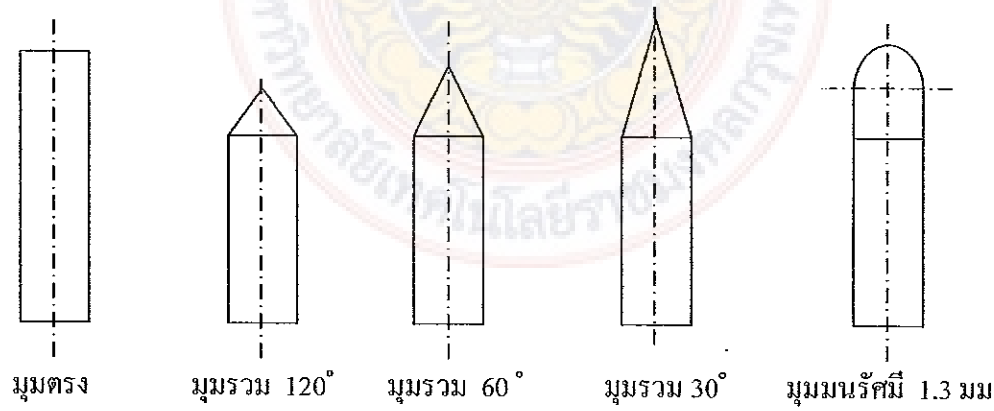


รูปที่ 3.1 แสดงขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

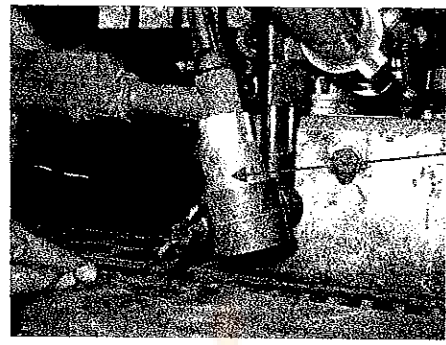
รูปที่ 3.2 แสดงชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม เกรด SUS 304 (ก่อนการเชื่อม)



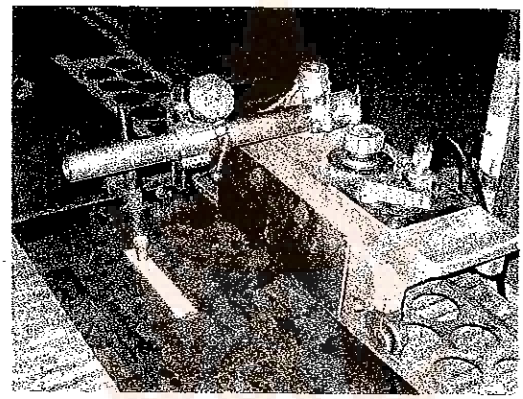
รูปที่ 3.3 แสดงการวัดมุมของปลายลวดทังสเตน



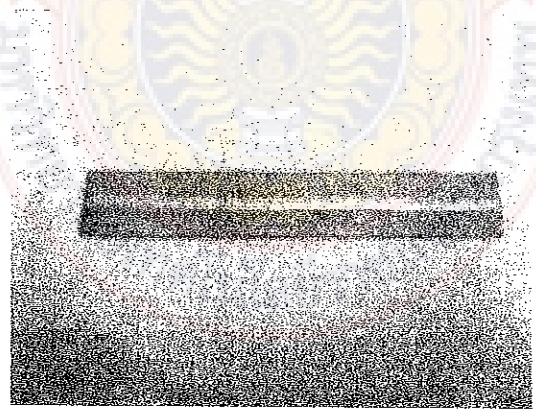
รูปที่ 3.4 แสดงลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่ใช้ในการทดลอง



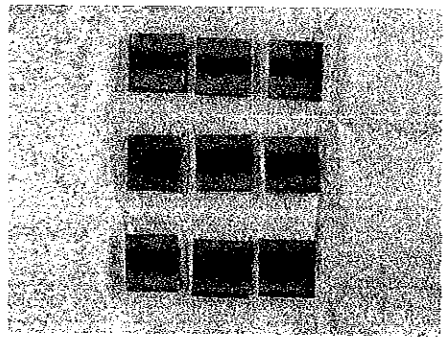
รูปที่3.5 แสดงการประกอบหัวเชื่อมทิก



รูปที่3.6 แสดงการเชื่อมทิกท่าราบ



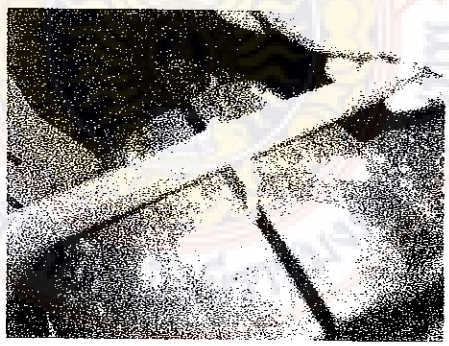
รูปที่ 3.7 แสดงแนวเชื่อมของชิ้นงานหลังการเชื่อม



รูปที่ 3.8 แสดงการตัดแบ่งชิ้นงานออกเป็น 3 ส่วน จำนวน 3 ชิ้น

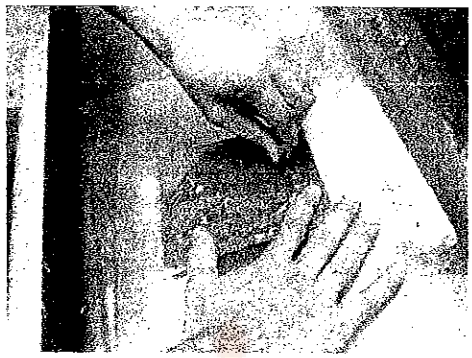
รูปที่ 3.9 แสดงการตัดโดยใช้เลื่อยมือตัดชิ้นงานออกเป็น 3 ส่วน

3.3.6 ขัดผิวรอยเชื่อม ก่อนทำการขัดด้วยกระดาษทราย ผิวของชิ้นงานจะเป็นผิวหยาบต้องทำการตะไบให้ผิวตะไบหมดไปก่อนจึงจะทำให้การขัดง่ายขึ้น



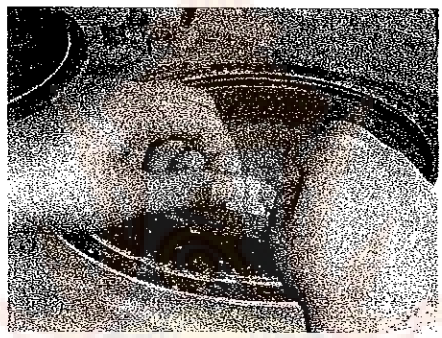
รูปที่ 3.10 แสดงการตะไบผิวของชิ้นงาน

เมื่อได้ทำการตะไบผิวออกแล้วจากนั้นก็ทำการขัด โดยการขัดก็จะแบ่งออกเป็น ขัดหยาบ ขัดละเอียดขัดมัน ในการขัดก็จะทำการขัดโดยการใช้กระดาษทรายน้ำ เบอร์ 300, 600, 800, 1000, 1200, ตามลำดับ



รูปที่ 3.11 แสดงการขัดหยาบของชิ้นงาน

ในการขัดหยาบจะใช้กระดาษทรายน้ำเบอร์ 300, 600, 800, ขัดให้ผิวเรียบก่อนแล้วค่อยทำการขัดละเอียด ใช้กระดาษทรายเบอร์ 1000, 1200 แล้วจึงทำการขัดมัน



รูปที่ 3.12 แสดงการขัดละเอียดของชิ้นงาน

3.3.7 ทำการกัดกรดชิ้นงานทดลอง

รูปที่ 3.13 แสดงตัวอย่างของกรดกัดผิวชิ้นงานทดลอง

สารเคมีที่ใช้ในการกัดกรดชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิม นำไฮโดรครอลิคส์ 50 ml ผสมกับแอลกอฮอล์ 50 ml เวลาที่ใช้ในการกัดกรด 30 นาที

รูปที่ 3.14 แสดงการกัดกรดชิ้นงาน

3.3.8 การวัดความกว้าง การซึมลึกของแนวเชื่อม

โดยใช้กล้อง Stereo Microscope เป็นตัวอ่านค่าและบันทึกผลลงในตารางที่ 3.1 และ 3.2

รูปที่ 3.15 แสดงการวัดค่าความกว้าง และการซึมลึกของชิ้นงานทดลอง
ด้วยกล้อง Stereo Microscope

3.4 การบันทึกผลทดลอง

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าความกว้างของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)

ค่าความกว้างของแนวเชื่อม (กระแส DCEP และDCEN)							
ลักษณะปลายลวดทังสเตน	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	
มุมตรง							
มุมรวม120°							
มุมรวม60°							
มุมรวม30°							
มุมมน รัศมี 1.3 มม.							

ตารางที่ 3.2 แสดงค่าการซึมลึกลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)

ค่าการซึมลึกลึกของแนวเชื่อม(กระแส DCEP และ DCEN)							
ลักษณะปลายลวดทังสเตน	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	
มุมตรง							
มุมรวม 120°							
มุมรวม 60°							
มุมรวม 30°							
มุมมนรัศมี 1.3 มม.							

3.5 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

การเปรียบเทียบผลการทดลองทั้งหมดที่ได้จากการวัดค่าด้วยกล้อง Stereo Microscope และใช้การวิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟเส้นของลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตน ที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อม

บทที่ 4

ผลการทดลองของงานวิจัย

4.1 บทนำ

การดำเนินการทดลอง และการศึกษาอิทธิพลของลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตน ที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อม เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของปลายลวดเชื่อมแต่ละลักษณะ คือ มุมรวม 30°, มุมรวม 60°, มุมรวม 120°, มุมตรง และมุมมนรัศมี 1.3 มม. ว่ามีผลต่อแนวเชื่อมอย่างไรบ้าง

4.2 ผลการทดลอง

การดำเนินการทดลองและการศึกษาของงานวิจัยนี้ เพื่อศึกษาเปรียบเทียบลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อม ซึ่งได้ผลการทดลองดังตารางที่ 4.1, 4.2, 4.3 และ 4.4

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าความกว้างของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วย กระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)

ค่าความกว้างของแนวเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)							
ลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตน	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	
มุมตรง	4.10	4.09	4.12	4.10	4.11	4.12	**4.10**
มุมรวม120°	3.75	3.76	3.79	3.79	3.78	3.77	**3.77**
มุมรวม60°	3.60	3.62	3.64	3.64	3.63	3.64	**3.62**
มุมรวม30°	3.51	3.49	3.48	3.52	3.51	3.49	**3.50**
มุมมนรัศมี 1.3 มม.	3.23	3.22	3.20	3.25	3.24	3.25	**3.23**

จากตารางที่ 4.1 ค่าความกว้างของแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว (DCEP) ของลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่แตกต่างกัน ปลายลวดเชื่อมที่มุมตรงมีค่าความกว้างแนวเชื่อมเท่ากับ 4.10 มม. มุมรวม 120° มีความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.77 มม., มุมรวม 60° มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.62 มม., มุมรวม 30° มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.50 มม. และมุมมนรัศมี 1.3 มม. มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.23

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าความกว้างของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN)

ค่าความกว้างของแนวเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN)							
ลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตน	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	
มุมตรง	3.98	4.00	3.98	3.97	3.99	4.01	**3.98**
มุมรวม 120°	3.50	3.49	3.47	3.51	3.50	3.48	**3.49**
มุมรวม 60°	3.38	3.36	3.38	3.35	3.37	3.34	**3.36**
มุมรวม 30°	3.14	3.16	3.12	3.14	3.14	3.15	**3.14**
มุมมนรัศมี 1.3 มม.	3.00	2.99	2.98	3.01	3.00	2.97	**2.99**

จากตารางที่ 4.2 ค่าความกว้างของแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง (DCEN) ของลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่แตกต่างกัน ปลายลวดเชื่อมที่มุมตรง มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.98 มม. , มุมรวม 120 ° มีความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.49 มม. , มุมรวม 60° มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.36 มม. , มุมรวม 30° มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 3.14 มม. และมุมมนรัศมี 1.3 มม. มีค่าความกว้างของแนวเชื่อมเท่ากับ 2.99 มม.

จากตารางที่ 4.3 ค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว (DCEP) ของลักษณะปลายลวดทังสเตนที่แตกต่างกัน ปลายลวดเชื่อมที่มุมตรงมีค่าการซึมลึกแนวเชื่อมเท่ากับ 0.61 มม. , มุมรวม 120 ° มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 0.70 มม. , มุมรวม 60° มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 0.93 มม. , มุมรวม 30° มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 1.20 มม. และมุมมนรัศมี 1.3 มม. มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 1.51 มม.

จากตารางที่ 4.4 ค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง **(DCEN)** ของลักษณะปลายลวดทังสเตนที่แตกต่างกัน ปลายลวดเชื่อมที่มุมตรง มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 0.65 มม. , มุมรวม 120° มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 1.15 มม. , มุมรวม 60° มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 1.32 มม., มุมรวม 30 ° มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 1.46 มม. และมุมมนรัศมี 1.3 มม. มีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมเท่ากับ 1.57 มม.

ตารางที่ 4.3 แสดงค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)

ค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)							
ลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตน	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	
มุมตรง	0.61	0.62	0.60	0.63	0.61	0.63	**0.61**
มุมรวม120°	0.70	0.69	0.72	0.71	0.68	0.70	**0.70**
มุมรวม60°	0.95	0.93	0.91	0.91	0.94	0.95	**0.93**
มุมรวม30°	1.21	1.19	1.18	1.22	1.20	1.22	**1.20**
มุมมนรัศมี 1.3 มม.	1.50	1.51	1.52	1.49	1.53	1.53	**1.51**

ตารางที่ 4.4 แสดงค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง**(DCEN)**

ค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN)							
ลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตน	ตัวอย่างที่ 1		ตัวอย่างที่ 2		ตัวอย่างที่ 3		ค่าเฉลี่ย
	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	ชิ้นที่ 1	ชิ้นที่ 2	
มุมตรง	0.67	0.64	0.66	0.64	0.63	0.67	**0.65**
มุมรวม120°	1.13	1.15	1.15	1.18	1.14	1.16	**1.15**
มุมรวม60°	1.31	1.35	1.32	1.32	1.35	1.31	**1.32**
มุมรวม30°	1.45	1.48	1.46	1.49	1.45	1.46	**1.46**
มุมมนรัศมี 1.3 มม.	1.58	1.55	1.57	1.55	1.58	1.56	**1.57**

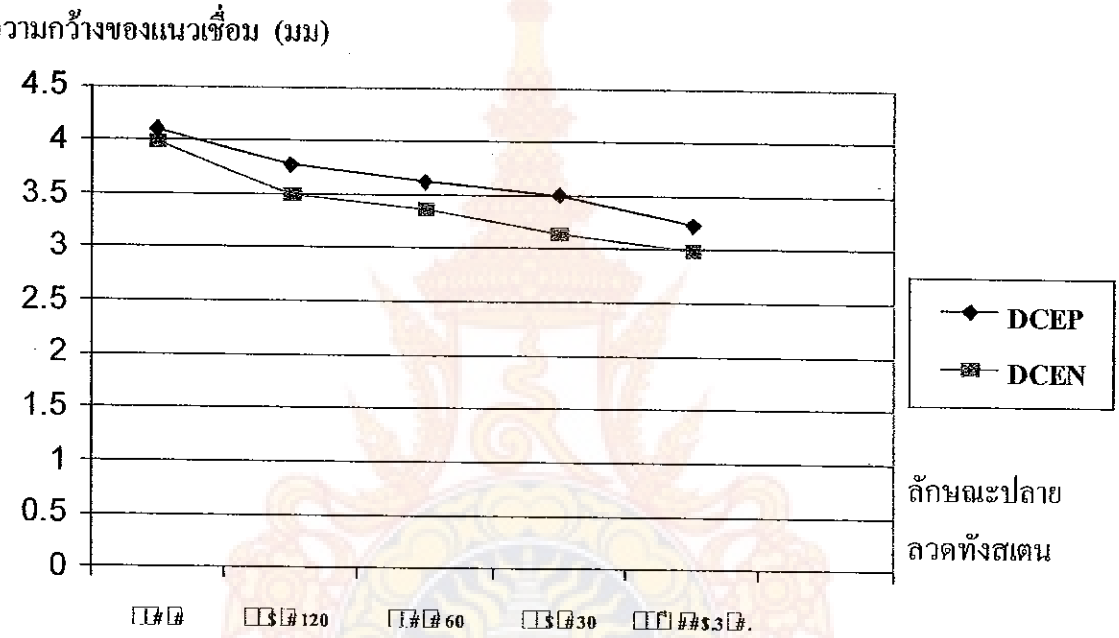
จากค่าผลการทดลองในตารางที่ 4.1 , 4.2 , 4.3 และ 4.4 สามารถนำมาเปรียบเทียบผลการทดลองของค่าความกว้างของแนวเชื่อมระหว่างการใช้กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง**(DCEN)**และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) ได้ดังรูปที่ 4.1 และเปรียบเทียบค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมระหว่างการใช้กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง**(DCEN)**และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) ได้ดังรูปที่ 4.2

จากรูปที่ 4.1 พบว่าค่าความกว้างของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) จะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากกว่า แนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง**(DCEN)** และ

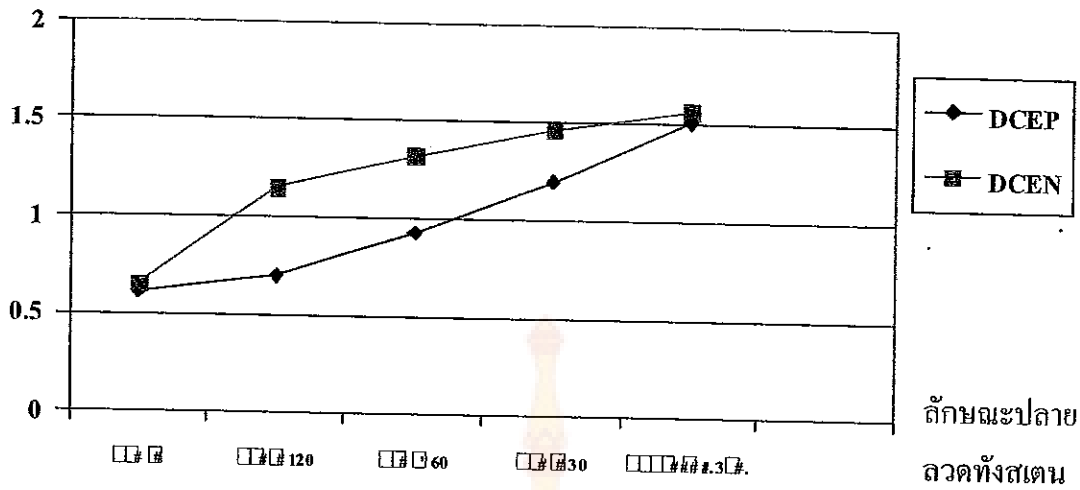
ลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมมาก จะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากกว่า ปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมน้อย

จากรูปที่ 4.2 พบว่าค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) จะมีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมมากกว่า แนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) และลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมน้อย จะมีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมมากกว่า ปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมมาก

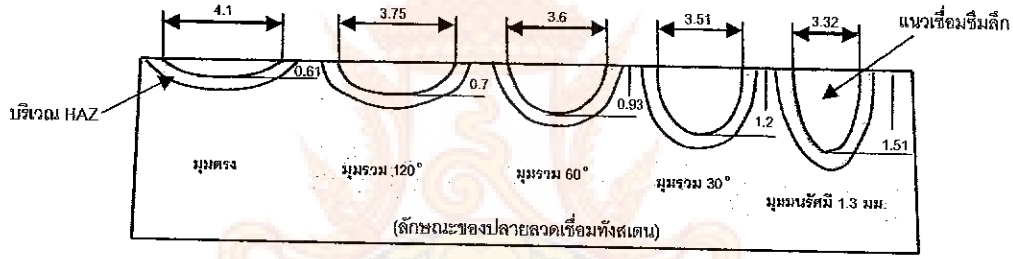
4.3 วิเคราะห์ผลการทดลอง



รูปที่ 4.1 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกว้างของแนวเชื่อมระหว่างกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)



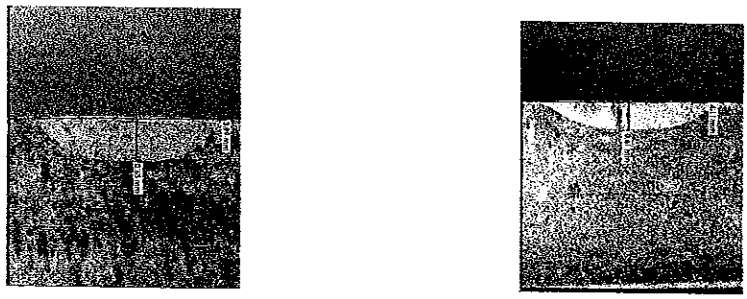
รูปที่ 4.2 แสดงการเปรียบเทียบค่าความกว้างของแนวเชื่อมระหว่างกระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP)



รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะความกว้าง การซึมลึก และลักษณะอิทธิพลความร้อนของแนวเชื่อมของลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนทั้ง 5 มุม ที่เชื่อมด้วยกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว (DCEP)

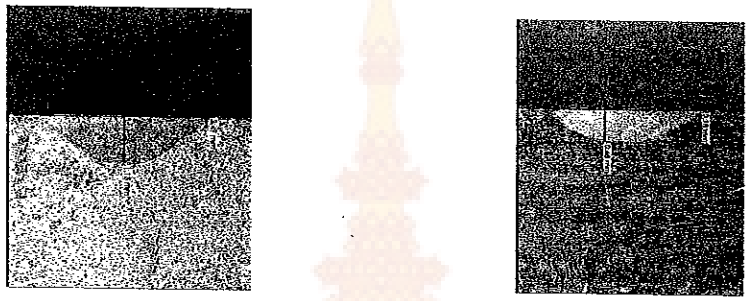
จากรูปที่ 4.3 พบว่าค่าความกว้างของแนวเชื่อมแตกต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตน ซึ่งปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมมาก จะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมมาก และปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมน้อย จะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมน้อย และค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตน ซึ่งปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมมากจะมีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมน้อย และปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวมน้อย จะมีค่าการซึมลึกมาก

จากรูปที่ 4.3 อิทธิพลของความร้อนในการเชื่อมทิก คือ การที่ความร้อนจากการเชื่อมทำให้โครงสร้างของเหล็กกล้าไร้สนิมเปลี่ยนแปลงไป จะเห็นว่าค่าความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วย กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) จะเกิดบริเวณอิทธิพลของความร้อนที่มีลักษณะรูปร่างเป็นไปตามลักษณะการซึมลึกของแนวเชื่อม



ก) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN) ข) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP)

รูปที่ 4.4 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบลักษณะแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อม
ด้วยปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมตรง



ก) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN) ข) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP)

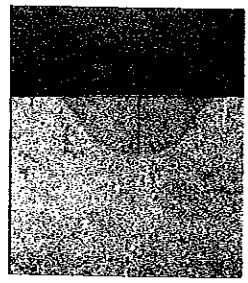
รูปที่ 4.5 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบลักษณะแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อม
ด้วยปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวม 120°

ก) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN) ข) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP)

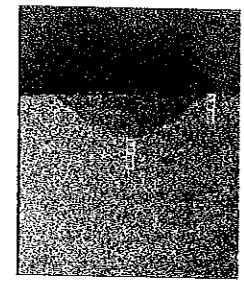
รูปที่ 4.6 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบลักษณะแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อม
ด้วยปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวม 60°

ก) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN) ข) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP)

รูปที่ 4.7 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบลักษณะแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อม
ด้วยปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมรวม 30°



ก) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN)



ข) เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP)

รูปที่ 4.8 แสดงตัวอย่างการเปรียบเทียบลักษณะแนวเชื่อมที่ได้จากการเชื่อม
ด้วยปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีมุมมนรัศมี 1.3 มม.

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย

5.1 บทนำ

จุดประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาอิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อมและลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิม ด้วยกระบวนการเชื่อมทิก(TIG)โดยการทดลองนี้ก็เพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้ลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนในกระบวนการเชื่อมทิกสำหรับเหล็กกล้าไร้สนิม ได้อย่างเหมาะสม

5.2 สรุปผลการวิจัย

การศึกษาอิทธิพลของชนิดกระแสไฟเชื่อม และลักษณะปลายลวดเชื่อมทังสเตนที่มีผลต่อความกว้าง และการซึมลึกของแนวเชื่อมของเหล็กกล้าไร้สนิม ด้วยกระบวนการเชื่อมทิก(TIG) สามารถสรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

5.2.1 กระแสไฟเชื่อมแบบกลับขั้ว(DCEP) กล่าวคือลวดเชื่อมทังสเตนเป็นขั้วบวกและชิ้นงานเป็นขั้วลบ ซึ่งขณะเชื่อมจะมีการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปขั้วบวก จึงทำให้ความร้อนที่ลวดเชื่อมมากกว่าชิ้นงาน แนวเชื่อมที่ได้จึงมีความกว้างมากและการซึมลึกน้อย เนื่องจากความร้อนจะเกิดขึ้นที่ลวดเชื่อมประมาณ 70% และความร้อนที่ชิ้นงานประมาณ 30%

5.2.2 กระแสไฟเชื่อมแบบขั้วตรง(DCEN) กล่าวคือ ลวดเชื่อมทังสเตนเป็นขั้วลบ และชิ้นงานเป็นขั้วบวก ซึ่งขณะเชื่อมจะมีการไหลของอิเล็กตรอนจากขั้วลบไปขั้วบวก จึงทำให้ความร้อนที่ชิ้นงานมากกว่าลวดเชื่อม แนวเชื่อมที่ได้จึงมีการซึมลึกมากและมีความกว้างน้อย เนื่องจากความร้อนจะเกิดขึ้นที่ชิ้นงานประมาณ 70% และความร้อนที่ลวดเชื่อมประมาณ 30%

5.2.3 ลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตน ที่มีมุมรวมมากจะมีค่าความกว้างของแนวเชื่อมมากกว่าลักษณะของปลายลวดทังสเตนที่มีมุมรวมน้อย

5.2.4 ลักษณะของปลายลวดเชื่อมทังสเตน ที่มีมุมรวมน้อยจะมีค่าการซึมลึกของแนวเชื่อมมากกว่าลักษณะของปลายทังสเตนที่มีมุมรวมมาก

5.2.5 การเชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP) จะเกิดบริเวณของอิทธิพลความร้อน (Heat Affected Zone : HAZ) ที่เป็นไปตามลักษณะความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อม

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ควรให้ความสำคัญ ของการเตรียมชิ้นงานทดสอบ ความละเอียดของผิว และขนาดชิ้นทดสอบต้องได้มาตรฐานเพื่อป้องกันการผิดพลาดในการทดสอบ

5.3.2 ควรใช้อุปกรณ์ช่วยในการเชื่อมจะมีความแม่นยำมากกว่าใช้มือเชื่อม

5.3.3 ควรตัดชิ้นงานหัวและท้ายออก เนื่องจาก เป็นการเริ่มต้นในการเชื่อมและสิ้นสุดแนวเชื่อม ซึ่งจะให้ผลการทดลองที่แม่นยำ

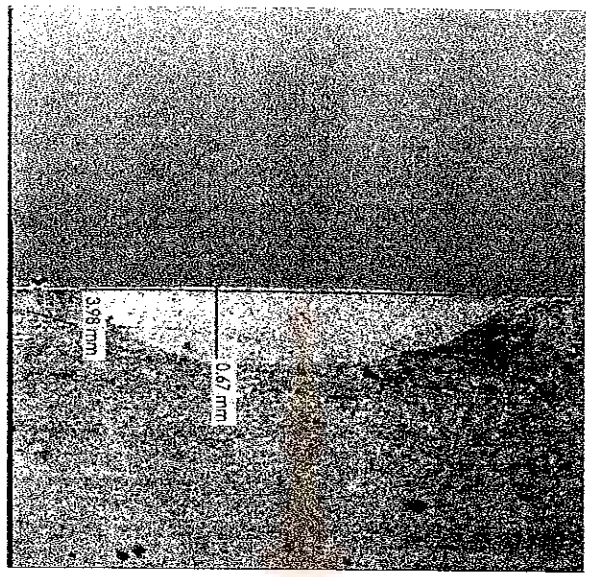
เอกสารอ้างอิง

1. เจริญ พรหมคชสุต และ สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ. 2529. **เชื่อมโลหะ 2.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
2. เจริญ. พรหมคชสุต, สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ และ บัณฑิต ใจชื่น. 2529. **เชื่อมโลหะ 1.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
3. บัณฑิต ใจชื่น. 2527. **โลหะวิทยากายภาพ.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ประกอบเมไตร.
4. มนัส สถิรจินดา. 2543. **เหล็กกล้า.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5. สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ และ บัณฑิต ใจชื่น. 2540. **การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
6. สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ. 2534. **ลวดเชื่อม.** กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
7. สถาบันพัฒนาอุตสาหกรรมเครื่องจักรกลและโลหะการ. 2533. **การอบชุบเหล็กกล้าด้วยความร้อน.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ หจก. ภาพพิมพ์.
8. สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ. 2540. **การตรวจสอบงานเชื่อมโลหะ.** พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
9. สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ. 2547. **ลวดเชื่อม.** พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพฯ : ม.ป.ท.
10. ศิวะ พงศ์พิพัฒน์. 2537. **การวิเคราะห์ความเสียหายในงานโลหะ.** กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ หจก. เม็ดทรายพริ้นติ้ง.
11. ASM. 1977. **Metals Handbook. Vol. 6 Welding and Brazing.** 8th ed. Ohio : American Society For Metals.
12. AWS. 1991. **Welding Process.** 8th ed. Florida : American Welding Society.
13. Kennedy, Gower A. 1980. **Welding Technology.** BOBBS. Mirrill Education Publishing. Indianapolis.
14. Lincoln Electric. 1994. **The Procedure Handbook of Arc Welding.** 13th ed. Ohio : Lincoln Electric Company.

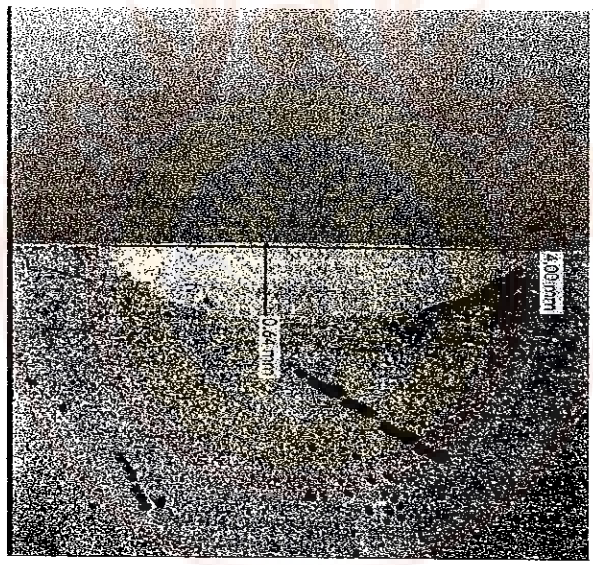
ภาคผนวก

รูปแสดงความกว้างและการซึมลึกของแนวเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟแบบขั้วตรง(DCEN) และกระแสไฟแบบกลับขั้ว(DCEP)

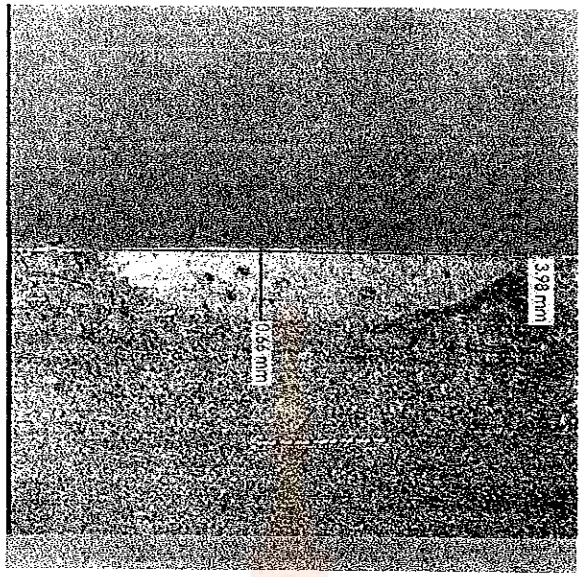
จำนวน 60 ชิ้น



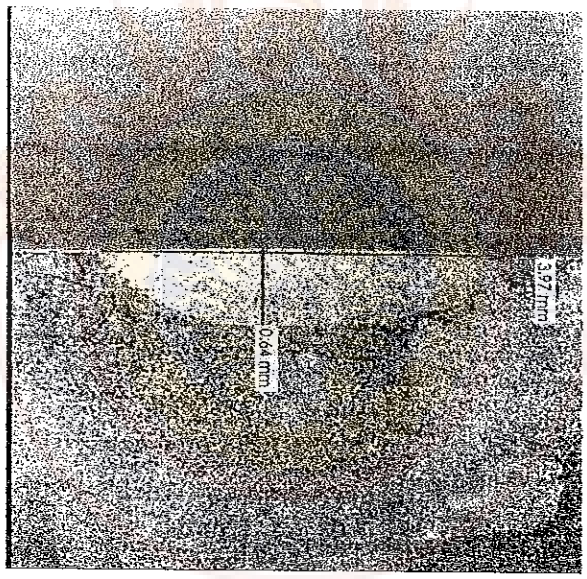
รูปที่ 1 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 1



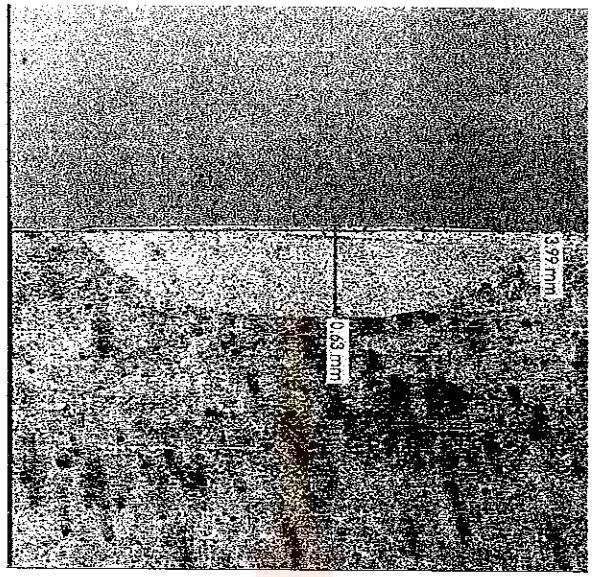
รูปที่ 2 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 2



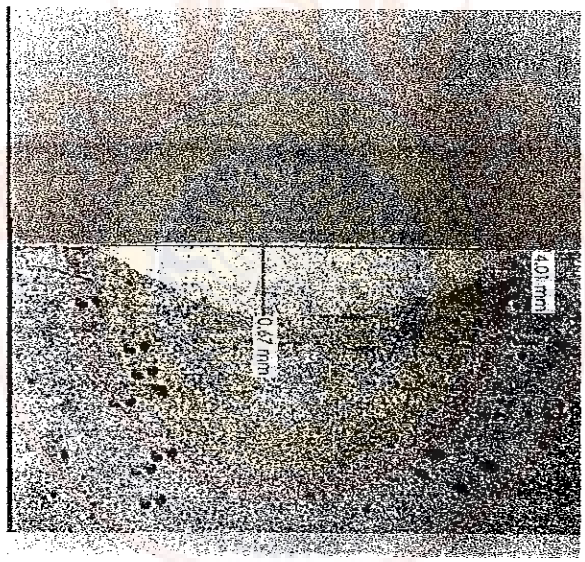
รูปที่ 3 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 3



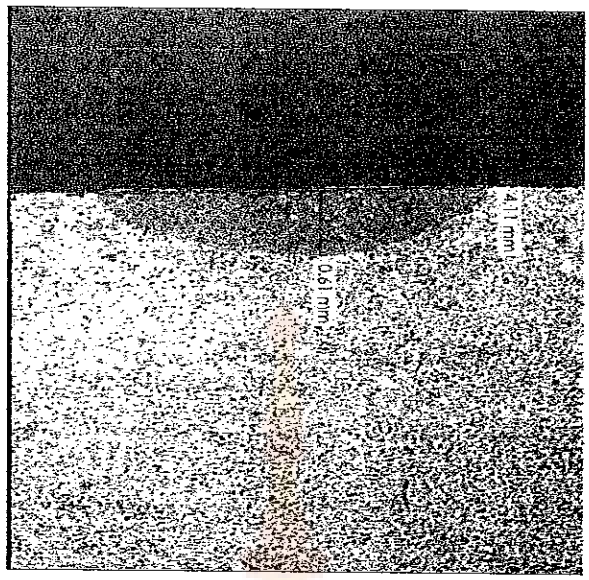
รูปที่ 4 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 4



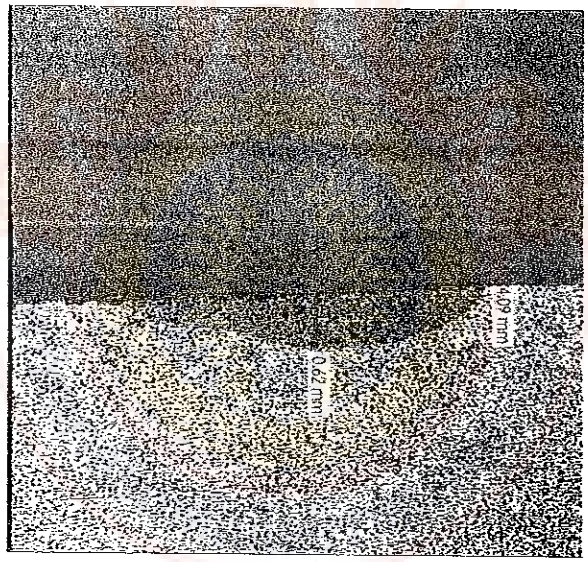
รูปที่ 5 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 5



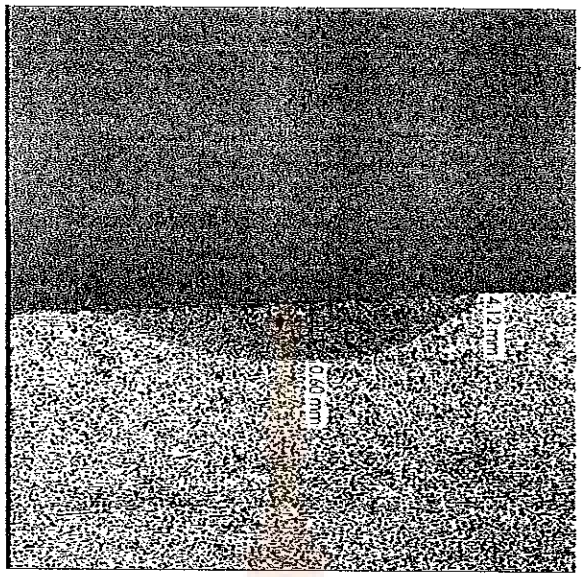
รูปที่ 6 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 6



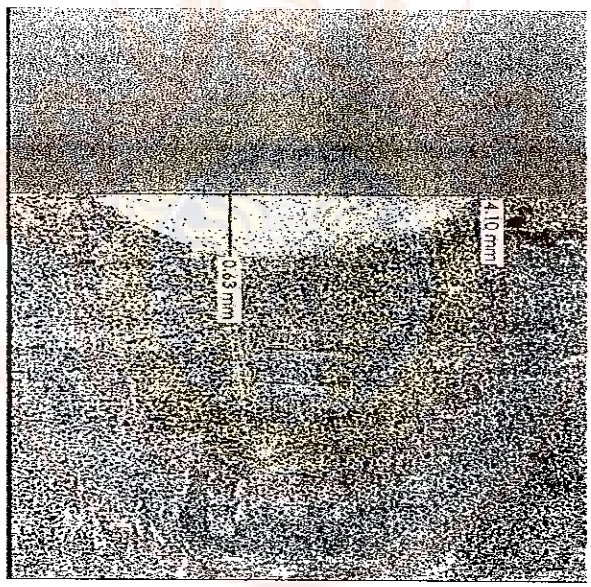
รูปที่ 7 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 1



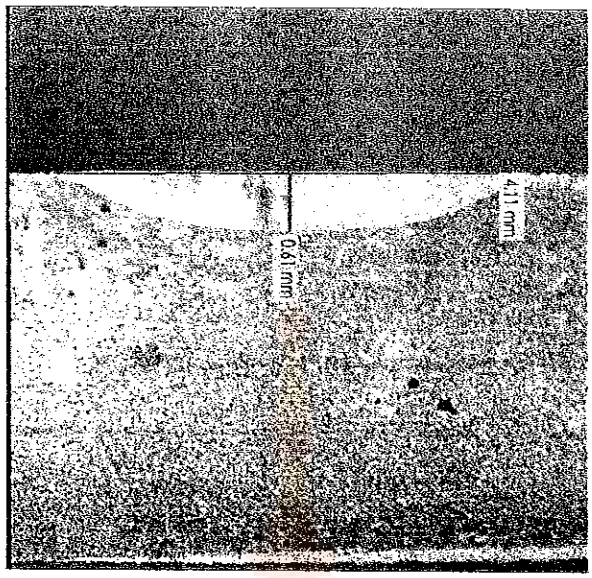
รูปที่ 8 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 2



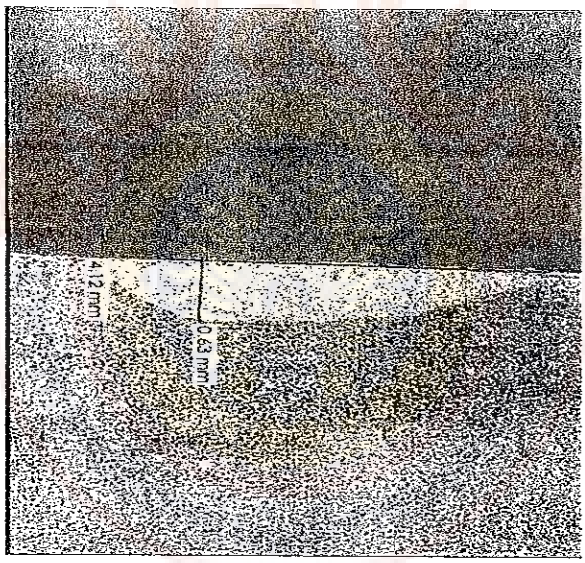
รูปที่ 9 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 3



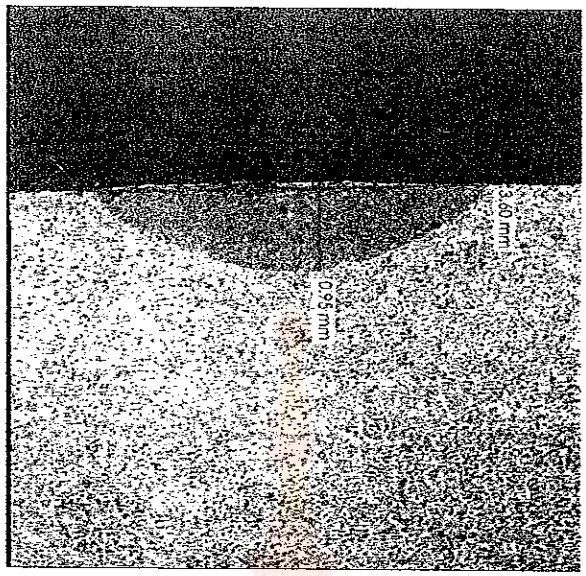
รูปที่ 10 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 4



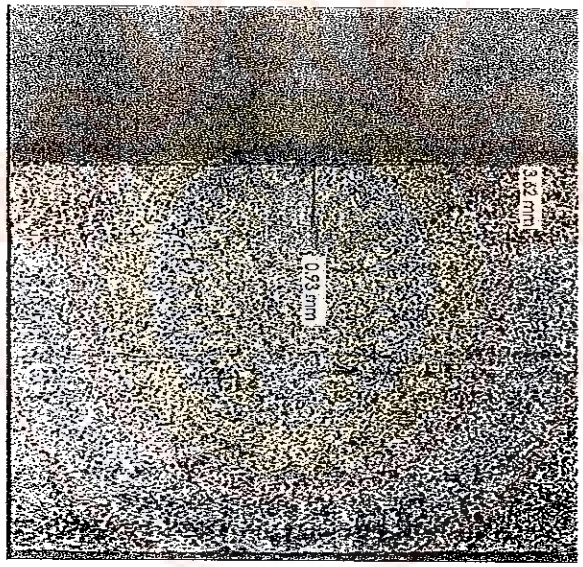
รูปที่ 11 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 5



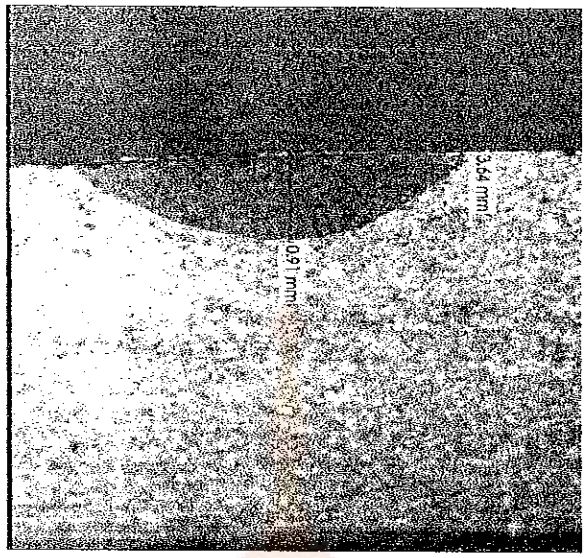
รูปที่ 12 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมตรง
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 6



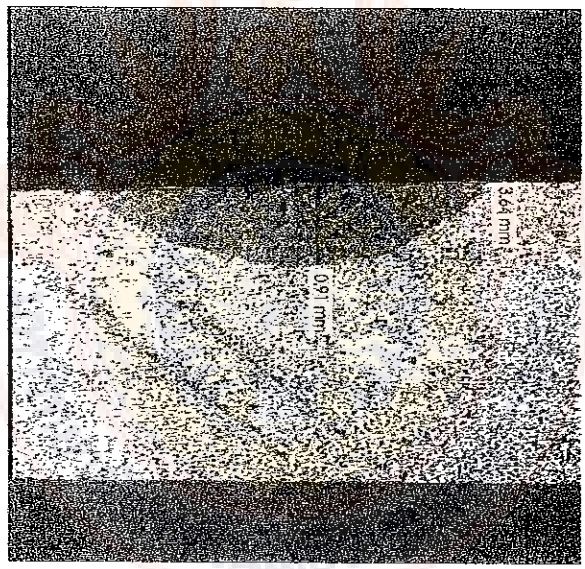
รูปที่ 13 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 1



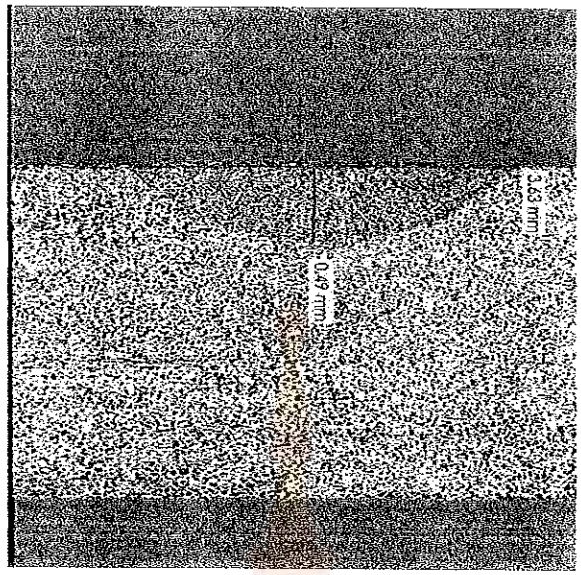
รูปที่ 14 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 2



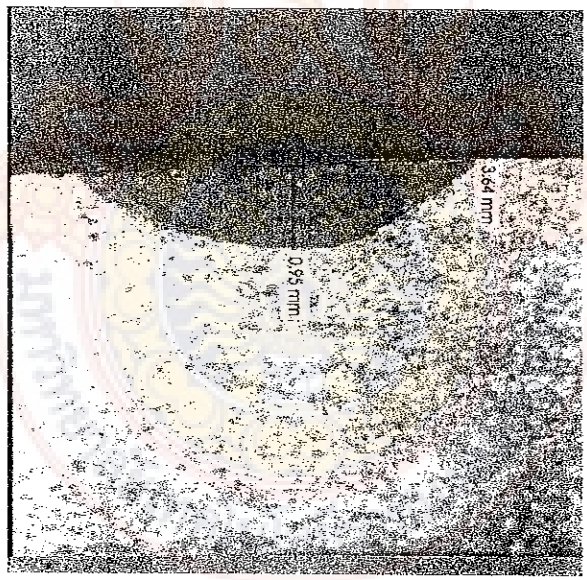
รูปที่ 15 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 3



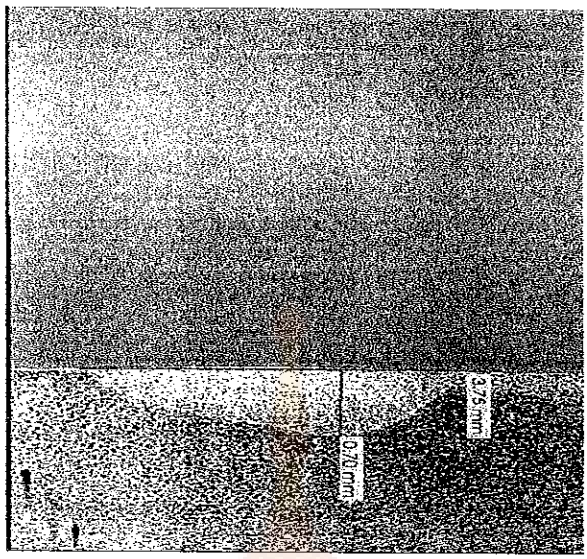
รูปที่ 16 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 4



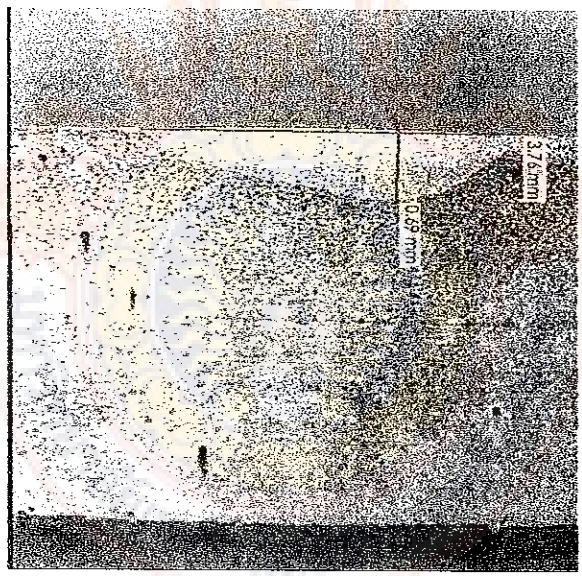
รูปที่ 17 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 5



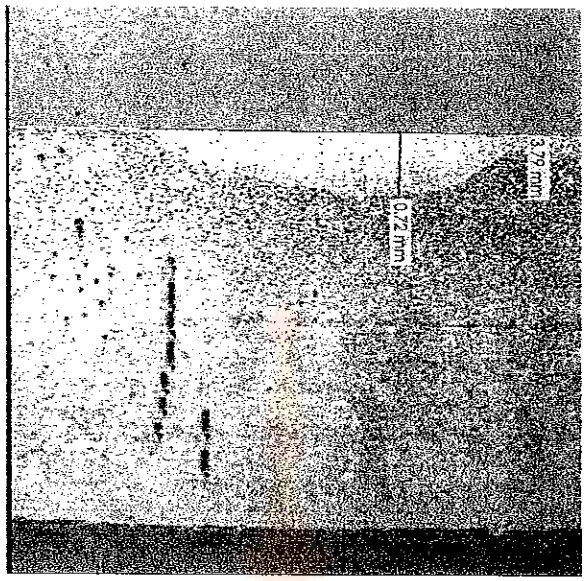
รูปที่ 18 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 6



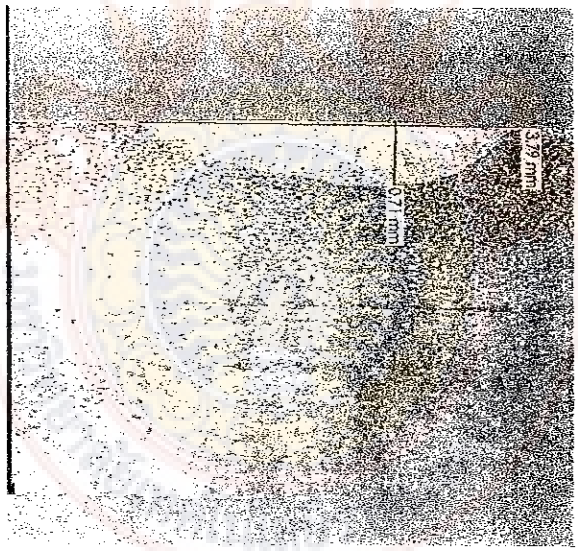
รูปที่ 19 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 1



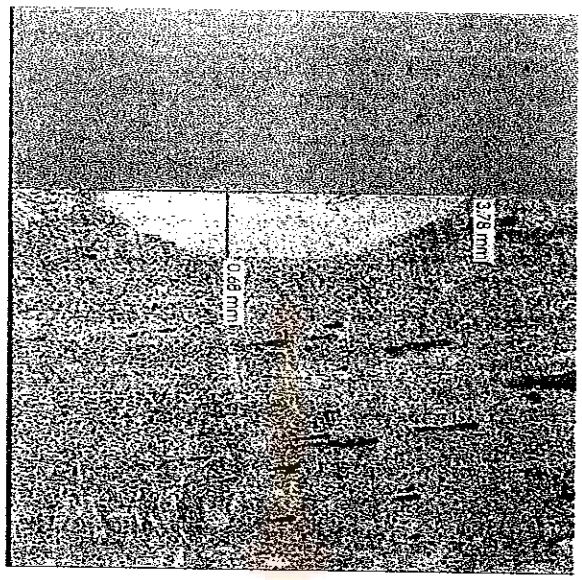
รูปที่ 20 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 2



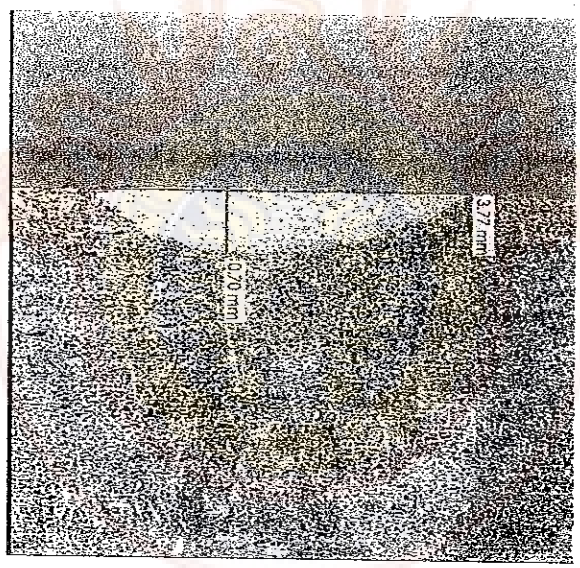
รูปที่ 21 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 3



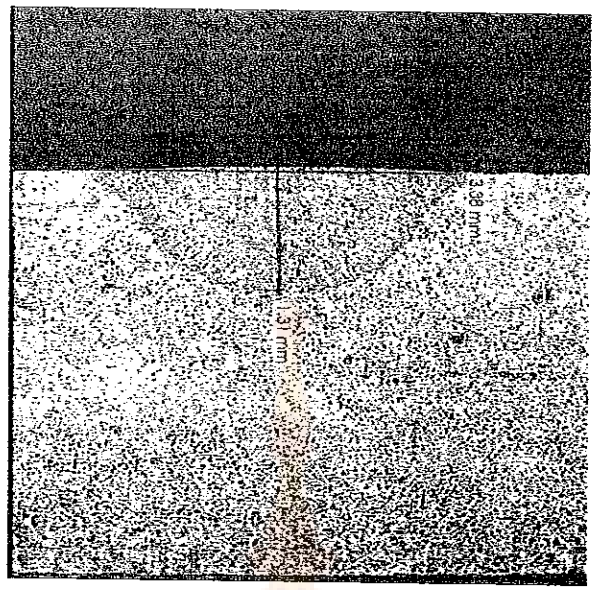
รูปที่ 22 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 4



รูปที่ 23 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 5

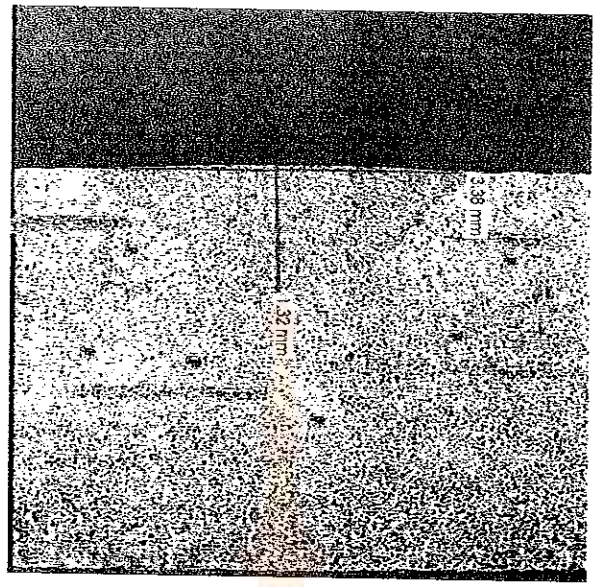


รูปที่ 24 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 120°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 6

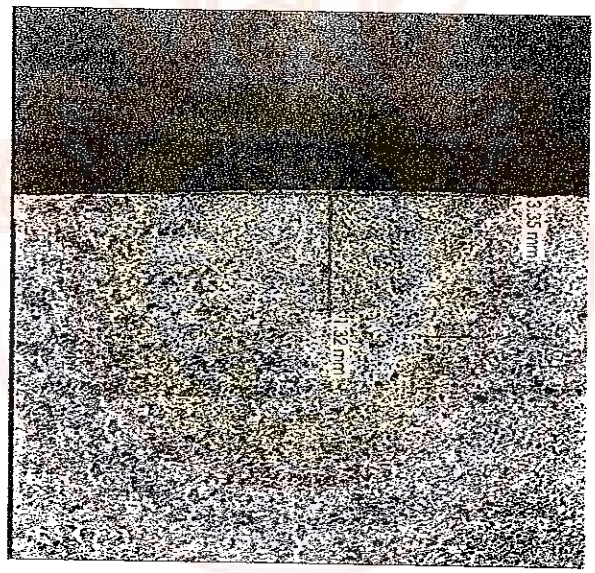


รูปที่ 25 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 1

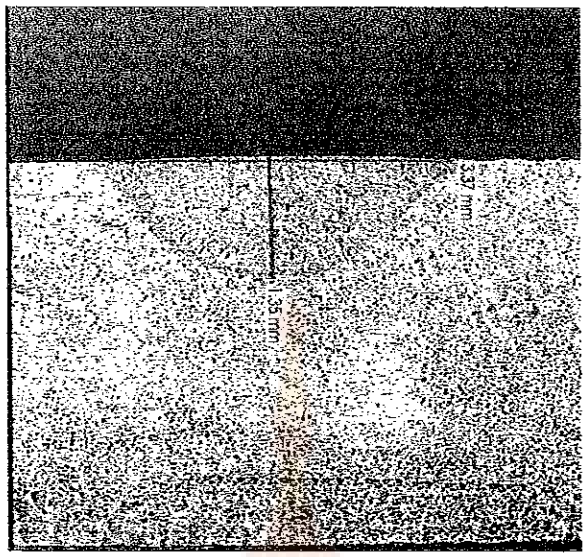
รูปที่ 26 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 2



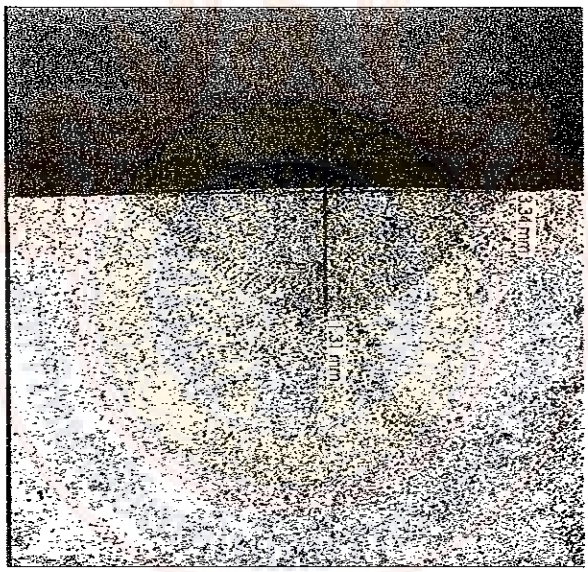
รูปที่ 27 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 3



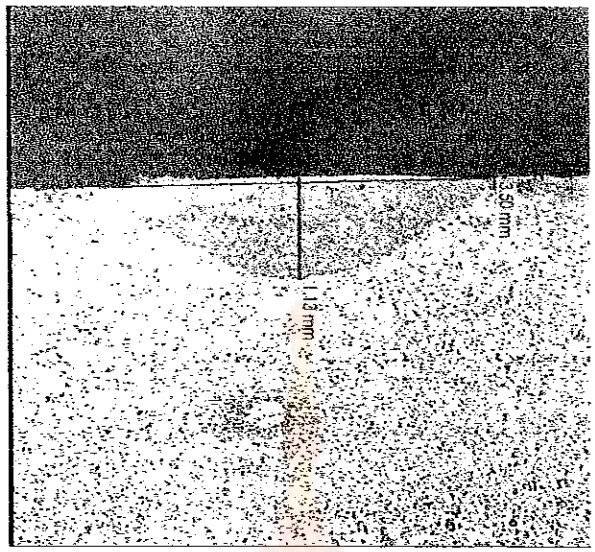
รูปที่ 28 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 4



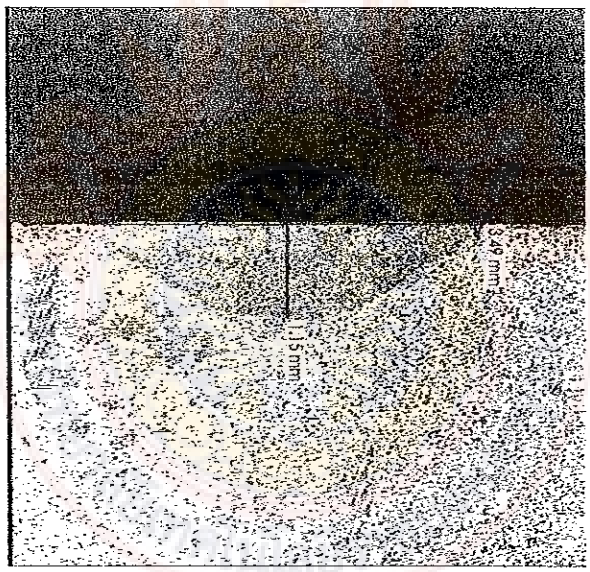
รูปที่ 29 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60° ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 5



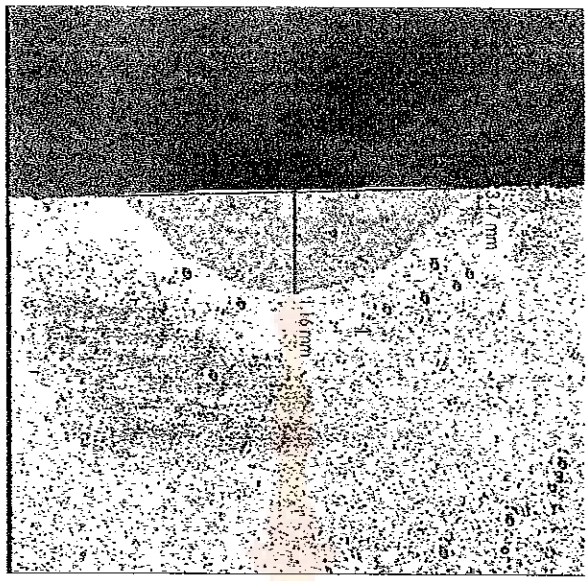
รูปที่ 30 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วปลายยลวดทังสเตนมุมรวม 60° ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 6



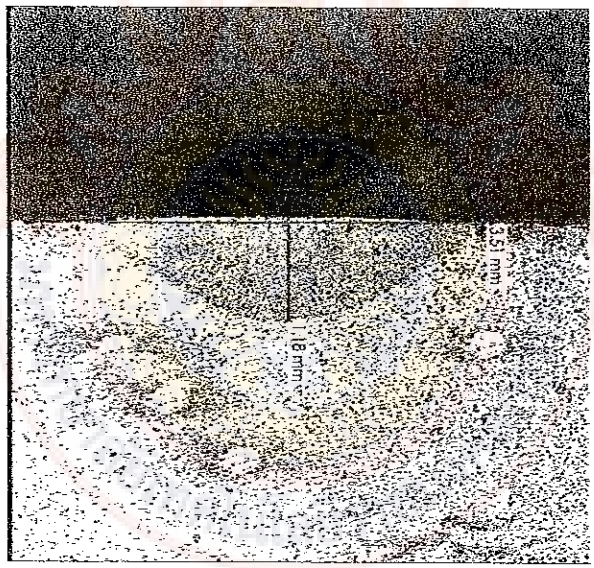
รูปที่ 31 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60° ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 1



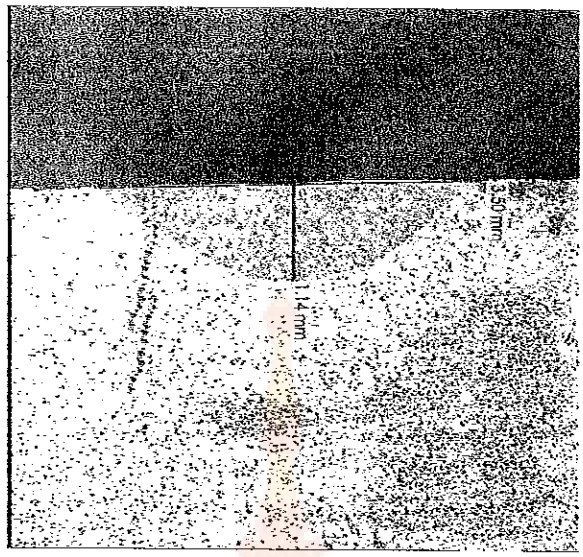
รูปที่ 32 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60° ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 2



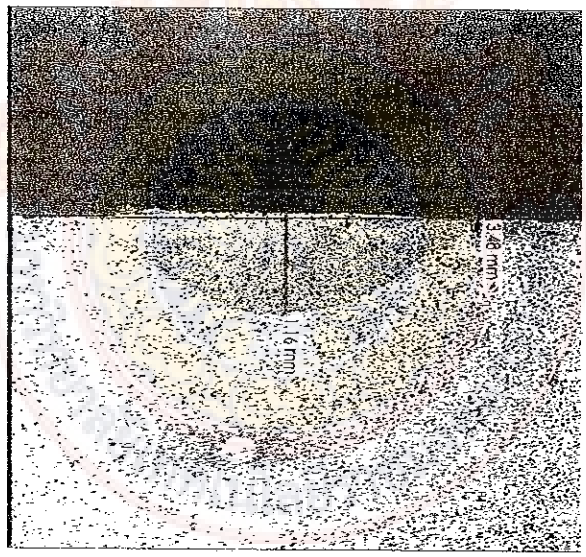
รูปที่ 33 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 3



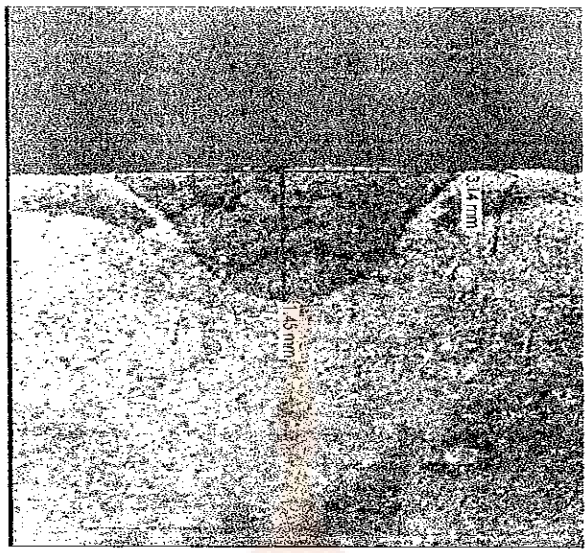
รูปที่ 34 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 4



รูปที่ 35 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 5

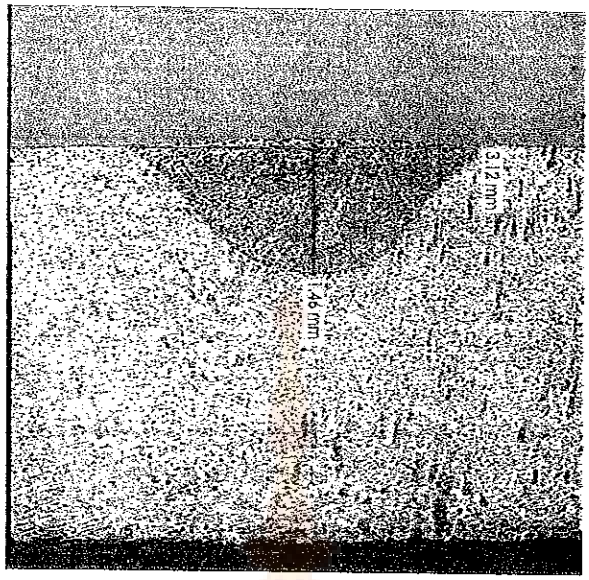


รูปที่ 36 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 60°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 6

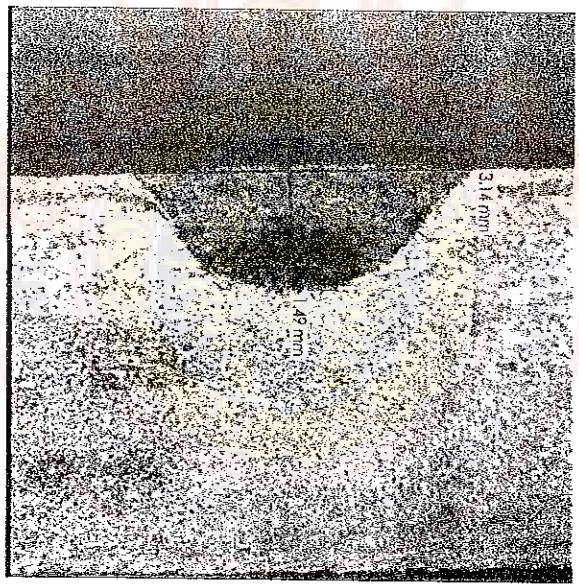


รูปที่ 37 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 1

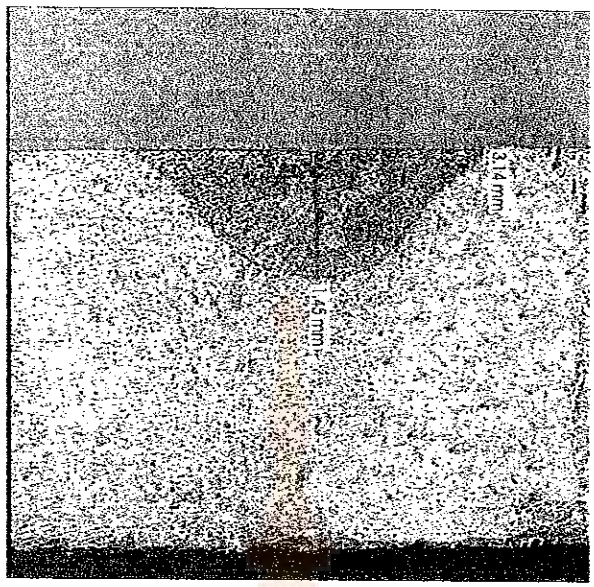
รูปที่ 38 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 2



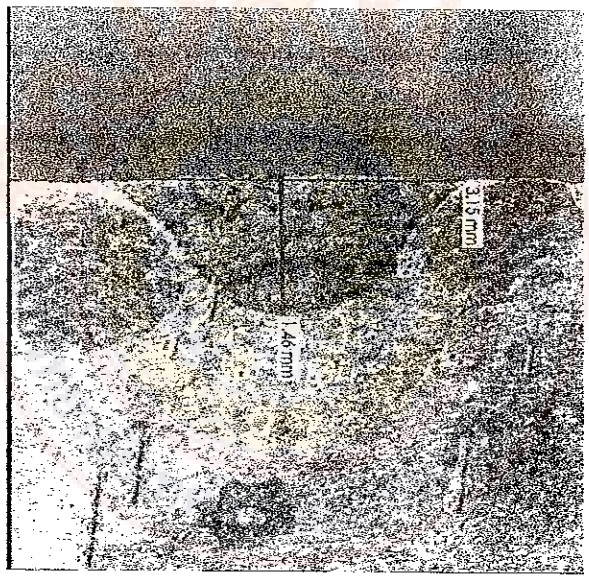
รูปที่ 39 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 3



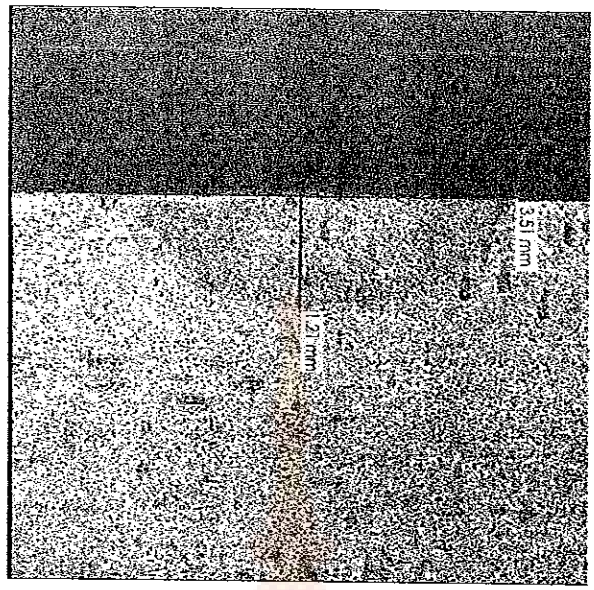
รูปที่ 40 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 4



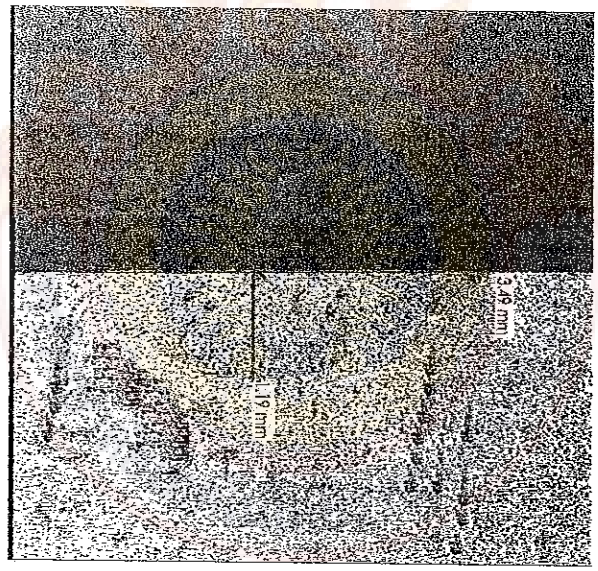
รูปที่ 41 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 5



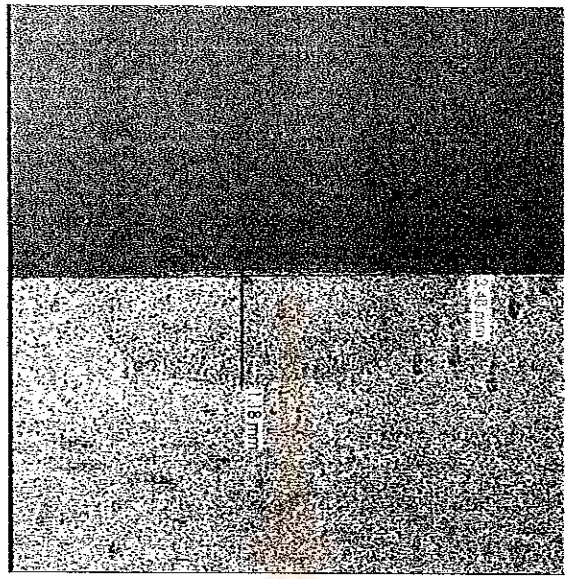
รูปที่ 42 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 6



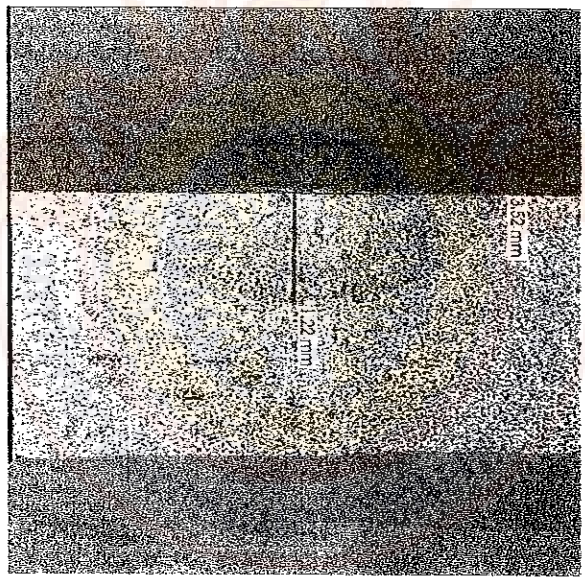
รูปที่ 43 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 1



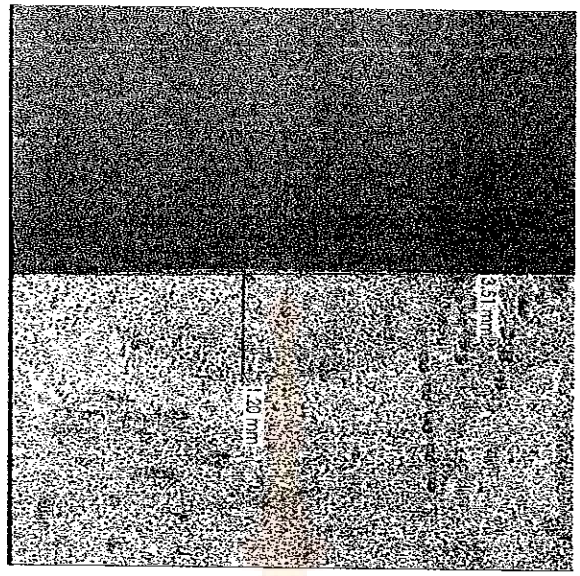
รูปที่ 44 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 2



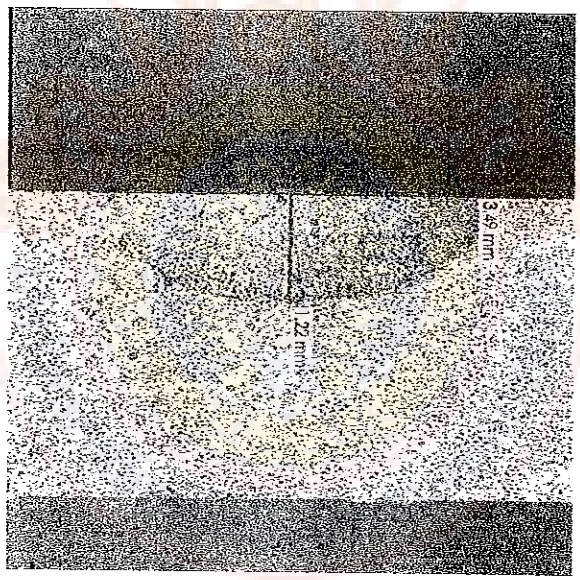
รูปที่ 45 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 3



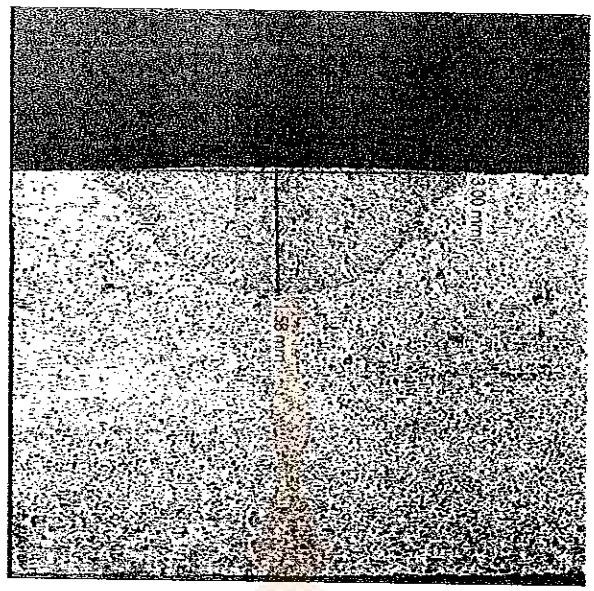
รูปที่ 46 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 4



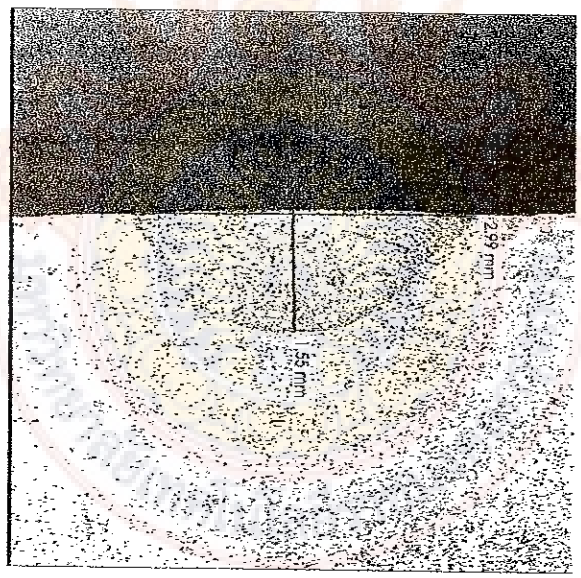
รูปที่ 47 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 5



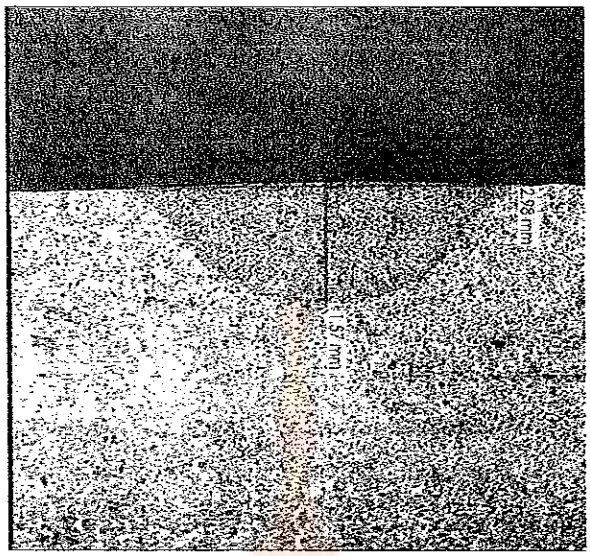
รูปที่ 48 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมรวม 30°
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 6



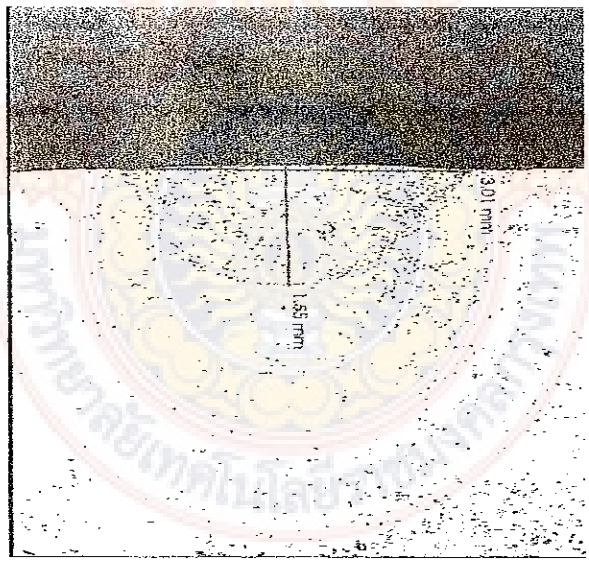
รูปที่ 49 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 1



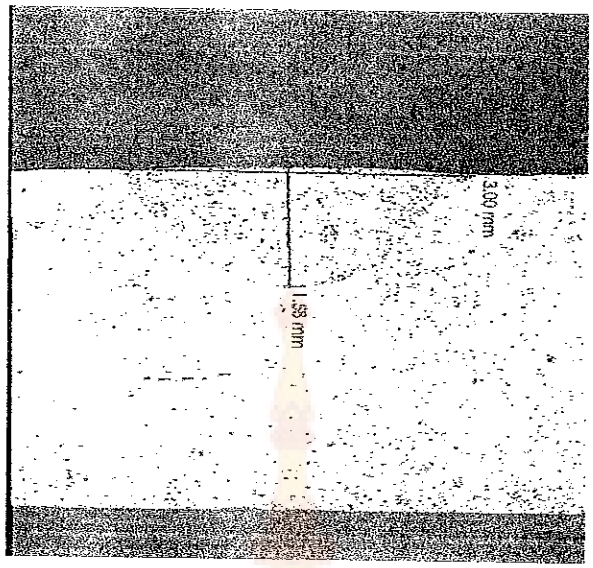
รูปที่ 50 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 2



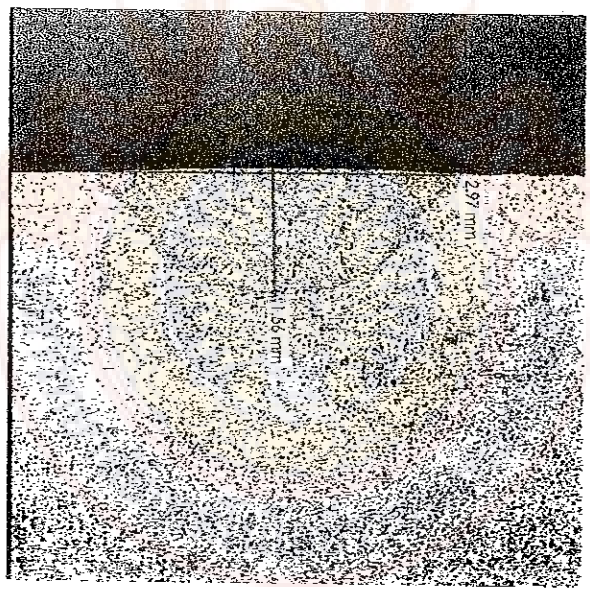
รูปที่ 51 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 3



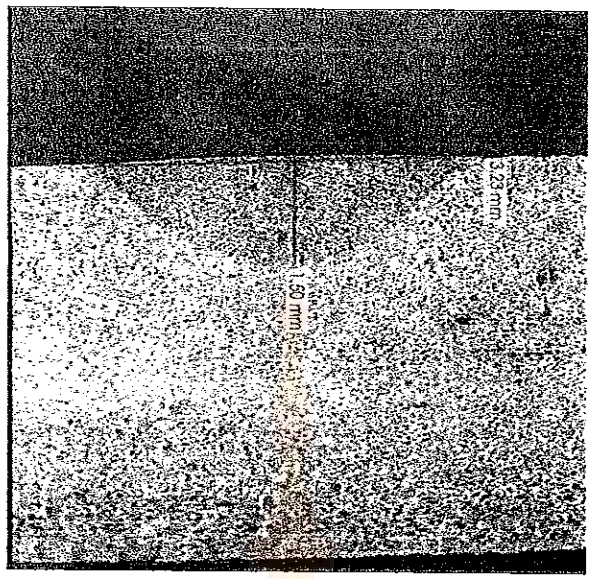
รูปที่ 52 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEN ชิ้นที่ 4



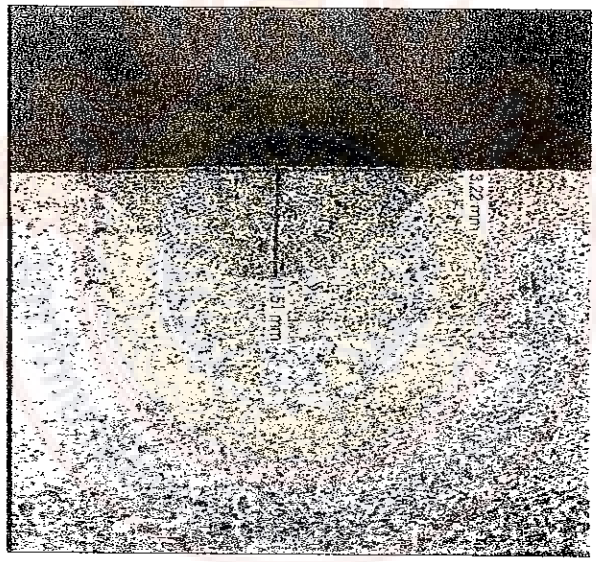
รูปที่ 53 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม. ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCENชิ้นที่ 5



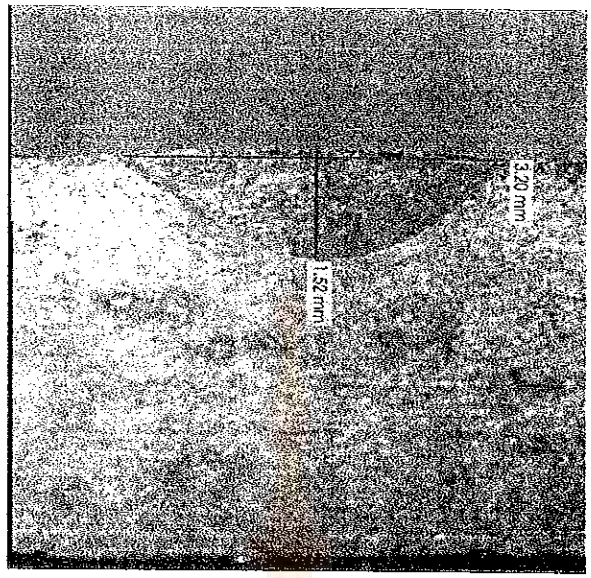
รูปที่ 54 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม. ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCENชิ้นที่ 6



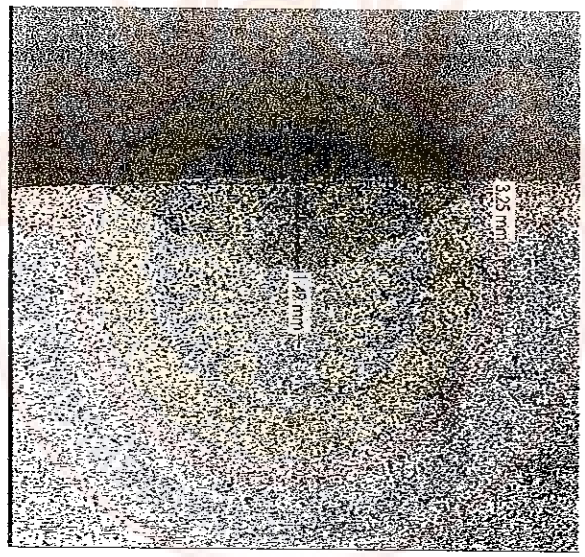
รูปที่ 55 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 1



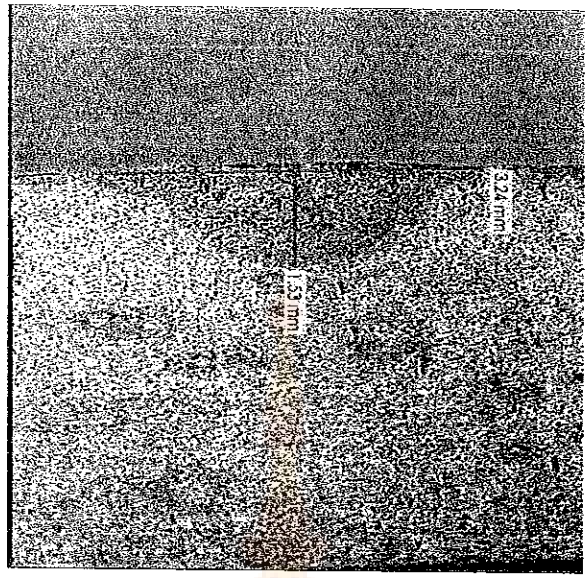
รูปที่ 56 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 2



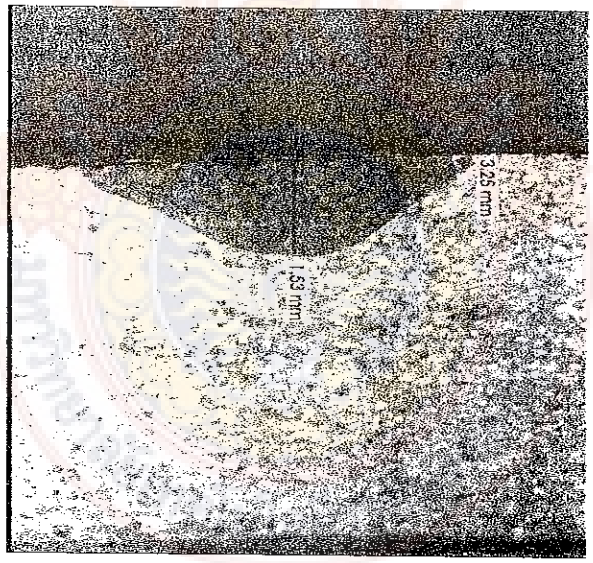
รูปที่ 57 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 3



รูปที่ 58 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 4



รูปที่ 59 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบ DCEP ชิ้นที่ 5



รูปที่ 60 แสดงลักษณะรอยเชื่อมด้วยปลายลวดทังสเตนมุมมนรัศมี 1.3มม.
ด้วยไฟกระแสตรงแบบDCEPชิ้นที่ 6

ประวัติผู้ทำวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ไพบูลย์ หาญมนต์

ประวัติการศึกษา

* **ปี 2528** จบการศึกษาระดับประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านหนองแวง จ. สระแก้ว
* **ปี 2531** จบการศึกษาระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนซับนกแก้ววิทยา จ. สระแก้ว
* **ปี 2534** จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ(ป.ว.ช.) สาขาวิชาช่างเชื่อมและโลหะแผ่น จากวิทยาลัยเทคนิคฉะเชิงเทรา จ. ฉะเชิงเทรา
* **ปี 2536** จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง(ป.ว.ส.) สาขาวิชาช่างโลหะ คณะเทคโนโลยีการผลิต จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
* **ปี 2538** จบการศึกษาระดับปริญญาตรี (วศ.บ.) สาขาวิศวกรรมอุตสาหการการผลิต คณะวิศวกรรมเทคโนโลยี จากสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
* **ปี 2543** จบการศึกษาระดับปริญญาโท (วศ.ม.) สาขาวิศวกรรมเทคโนโลยีการขึ้นรูปโลหะ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ประวัติการทำงาน

* **ปี 2538** ตำแหน่ง อาจารย์ 1 ระดับ 3 แผนกวิชาช่างโลหะ คณะวิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตเทคนิคกรุงเทพฯ
* **ปี2547 -ปัจจุบัน** ตำแหน่ง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระดับ 6 สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
* **ปี 2543 - ปัจจุบัน** เป็นอาจารย์พิเศษของ โปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการผลิต และโปรแกรมวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏราชนครินทร์ จ. ฉะเชิงเทรา
* **ปี 2547 - 2549** เป็นวิทยากรผู้สอน(Trainner) ของ สถาบันยานยนต์ (Thailand Automotive Institute : TAI) เกี่ยวกับงานปั๊มขึ้นรูปโลหะชิ้นส่วนรถยนต์ (Forming and Stamping)
* **ปี 2547** ฝึกอบรมเรื่อง **Forming and Stamping** ของสถาบันยานยนต์(ไทย) ร่วมกับ AOTS และ JETRO (ประเทศญี่ปุ่น)

* **ปี 2550** ฝึกอบรมเรื่อง **Mold & Die Finishing** ของสถาบันยานยนต์ (ไทย) ร่วมกับ JETRO , JICA และ JCC (ประเทศญี่ปุ่น)
* **ปี 2550** ฝึกอบรมเรื่อง **Training for Technical** จากสถาบัน CJD VALLENDAR ประเทศเยอรมันนี
* **ปี 2549-2550** เป็นกรรมสรรหาคณบดี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล-กรุงเทพ
* **ปี 2550-2553** เป็นกรรมการสภาคณาจารย์และข้าราชการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ
* **ปี 2538 - ปัจจุบัน** เป็นอาจารย์ผู้สอน , เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา,เป็นกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ของนักศึกษาและอื่น ๆ โดยการสอน และให้คำปรึกษาแก่ นักศึกษาทั้งด้านความรู้วิชาการ, ด้านคุณธรรม, จริยธรรมอย่างสม่ำเสมอ

ผลงานวิชาการ

* ตำราเรียนวิชาวัสดุช่างอุตสาหกรรม สำนักพิมพ์เอ็ดดูเท็ด จำกัด
* ตำราเรียนวิชางานฝึกฝีมือ สำนักพิมพ์แม็ค จำกัด
* เอกสารเรียบเรียงวิชา การทดสอบวัสดุวิศวกรรมพื้นฐาน
* เอกสารประกอบการสอนวิชาวัสดุวิศวกรรม
* เอกสารประกอบการสอนวิชาการศึกษางาน
* เอกสารประกอบการสอนวิชาการออกแบบงานเชื่อมโลหะ
* เอกสารประกอบการสอนวิชาความปลอดภัยในงานวิศวกรรม

****