60001673

รายงานการวิจัย

การหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

นายสุรพล สุภารัตน์

นายพิชิต เพ็งสุวรรณ

057717
2.671.24
ส852
2547

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

วิทยาเขตสงขลา

พ.ศ. 2547

บทคัดย่อ

การหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ด้วยกระบวนการเชื่อม SMAW หาได้จากน้ำหนักของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ด้วยกระบวนการเชื่อม ต่อน้ำหนักแกนลวดเชื่อมที่ใช้จริง

ผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กจะแปรผันกับชนิดของลวดเชื่อม กระแสไฟเชื่อม และขนาดของลวดเชื่อม ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ที่เชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม SMAW อยู่ระหว่าง 70 – 90 เปอร์เซ็นต์ ในการทดลองพบว่าลวดเชื่อม E7018 ให้ประสิทธิภาพสูงสุด 119 เปอร์เซ็นต์ ลวดเชื่อมขนาด 2.6 มม. กระแสไฟ 80 แอมแปร์

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัย "การหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์" ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี โดยได้รับความอนุเคราะห์ทุนสนับสนุนการวิจัยและความช่วยเหลือต่าง ๆ จากฝ่ายวิจัยและฝึกอบรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีคราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา ที่กรุณาจัดสรรเงินผลประโยชน์ของมหาวิทยาลัยฯ ให้เป็นอย่างดี

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณฝ่ายวิจัยฯ และคุณวิมล วงศ์ภักดี ที่ช่วยเหลือในการจัดพิมพ์ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
สารบัญ	ค
รายการตารางประกอบ	จ
รายการรูปประกอบ	ฉ
รายการประมวลศัพท์	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ	1
1.2 ขอบเขตของโครงการ	1
1.3 วิธีดำเนินการ	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	2
2.1 หลักการเชื่อมไฟฟ้า	2
2.2 ลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์	3
2.3 รายละเอียดของลวดเชื่อมแต่ละชนิด	6
2.4 เหล็กกล้าคาร์บอน	8
บทที่ 3 อุปกรณ์และขั้นตอนในการทดลอง	13
3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	13
3.2 ขั้นตอนในการทดลอง	13
บทที่ 4 ผลการทดลอง	14
4.1 น้ำหนักของเนื้อเชื่อม	14
4.2 น้ำหนักของลวดเชื่อม	14
4.3 ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลาย	14
บทที่ 5 อภิปรายและสรุปผล	17
5.1 ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์	17
5.2 สรุปผลการทดลอง	17
5.3 ข้อเสนอแนะ	17

เอกสารอ้างอิง 18

ภาคผนวก

ก. ประเภทของลวดเชื่อม 19

ข. ค่าการทดสอบแรงดึงที่ต้องการ 21

ค. การทดสอบค่าแรงกระแทกที่ต้องการ (Charpy V Notch) 23

ง. ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อเชื่อม 25

รายการตารางประกอบ

		หน้า
ตารางที่	2.1 ส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอน	9
	2.2 คุณสมบัติเชิงกลต่ำสุดของแท่งเหล็ก	10
	4.1 ลวดเชื่อม E 6010	14
	4.2 ลวดเชื่อม E 6011	15
	4.3 ลวดเชื่อม E 6013	15
	4.4 ลวดเชื่อม E 701615	15
	4.5 ลวดเชื่อม E 7018	16

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รายการรูปประกอบ

รูปที่		หน้า
2.1	แผนผังประกอบการผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์	4
2.2	การผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์	6
3.1	เครื่องเชื่อม	12
3.2	เครื่องชั่ง	13

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

รายการประมวลศัพท์

การเชื่อมไฟฟ้า	=	Are Welding
การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์	=	Shielded Metal Are Welding
การเชื่อมอาร์กด้วยมือ	=	Manual Metal Are Welding
ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลาย	=	Deposition Efficiency
อัตราการเติมลวดเชื่อม	=	Deposition Rate

บทที่ 1
บทนำ

การหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์เป็นสิ่งสำคัญสำหรับการประมาณราคางานเชื่อมโลหะ ซึ่งจะต้องกระทำก่อนที่จะรับงานหรือเสนองาน หรือถ้าหากต้องการหาข้อมูลเพื่อการประมาณราคางานเชื่อมโลหะ หรือการบริหารงานนั้น มักจะคิดราคาหลังจากเชื่อมเสร็จแล้ว

การประมาณการลวดเชื่อมที่เติมลงไปหนึ่งปอนด์ ไม่ได้เปลี่ยนเป็นแนวเชื่อมได้ทั้งหมด บางส่วนของลวดเชื่อมอาจเกิดการสูญเสียไปกลายเป็นสแลก เม็ดโลหะ และกลายเป็นควัน การเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW ปลายของลวดไม่สามารถใช้ได้หมด จำนวนลวดเชื่อมที่เติมลงไปกลายเป็นแนวเชื่อมสามารถวัดได้จากประสิทธิภาพการเติมของลวดเชื่อม (Deposition Effeeiency) ถ้าเติมลวดเชื่อมได้ทั้งหมดจะได้ประสิทธิภาพการเติมเท่ากับ 100 เปอร์เซ็นต์ ถ้าสูญเสียไปครึ่งหนึ่งก็จะได้ประสิทธิภาพการเติมลวดเชื่อมเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1.1.1 เพื่อหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

1.1.2 เพื่อให้รู้ว่าลวดเชื่อมแต่ละชนิดมีอัตราการหลอมละลายเป็นอย่างไร

1.2 ขอบเขตของโครงการ

1.2.1 คำนวณน้ำหนักเนื้อเชื่อมของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ในกลุ่ม A5.1

1.2.2 คำนวณหาอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ในกลุ่ม A5.1

1.3 วิธีดำเนินการ

1.3.1 การศึกษาข้อมูลงานวิจัย

1.3.2 ดำเนินการทดลอง

1.3.3 ดำเนินการหาประสิทธิภาพ

1.3.4 สรุปผลและจัดทำรายงาน

1.3.5 จัดพิมพ์รายงาน

1.3.6 นำเสนอรายงาน

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 ได้ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

1.4.2 เพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ในกลุ่มอื่น ๆ

บทที่ 2
ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 หลักการเชื่อมไฟฟ้า

การเชื่อมไฟฟ้า(Arc Welding)

การเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้ามีมานานแล้ว โดยใช้สำหรับเชื่อมซ่อมแซมชิ้นส่วนโลหะที่ชำรุด หรือประกอบชิ้นส่วนเข้าด้วยกัน ซึ่งในระยะแรกนั้นคุณภาพแนวเชื่อมยังไม่ดีนัก ปัจจุบันเทคโนโลยีการเชื่อมได้ก้าวหน้าไปมาก มีการปรับปรุงทั้งด้านกลวิธีการเชื่อมและคุณภาพของแนวเชื่อม นอกจากนั้นยังมีการคิดค้นกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่แปลกใหม่อีกมากมาย อาทิเช่น การเชื่อมมิก การเชื่อมทิก การเชื่อมใต้ฟลั๊กซ์ การเชื่อมพลาสมา และอื่น ๆ

กระบวนการเชื่อมไฟฟ้าที่จะกล่าวถึงต่อไปนี้คือ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์ (Shielded Metal Arc Welding) หรือ เรียกว่า การเชื่อมด้วยธูปเชื่อม ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากต้นทุนต่ำ งานที่เชื่อมด้วยกระบวนการนี้ได้แก่ ท่อส่งแก๊ส ท่อส่งน้ำมัน งานโครงสร้าง งานจักรกลเกษตร และอื่น ๆ ข้อดีของกระบวนการเชื่อมแบบนี้คือ สามารถเชื่อมได้ทั้งโลหะที่เป็นเหล็กและโลหะนอกกลุ่มเหล็ก ที่มีความหนาตั้งแต่ 1.2 มม. ขึ้นไป และสามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม กระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์ มีชื่อเรียกหลายชื่อ ได้แก่

1) Shielded Metal Arc Welding (SMAW)
2) Coated Electrode Welding
3) Sticked Electrode Welding
4) Covered Electrode Welding

สำหรับในยุโรป เรียกว่า การเชื่อมอาร์กด้วยมือ มาจากภาษาอังกฤษว่า Manual Metal Arc Welding (MMAW)

การเชื่อมโลหะด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์ คือกรรมวิธีการต่อโลหะให้ติดกัน ซึ่งได้รับความร้อนจากการอาร์กระหว่างลวดเชื่อมไฟฟ้า (Electrode) กับชิ้นงาน ความร้อนที่เกิดจากการอาร์กสูงประมาณ 9,000° F(5,000°C) เพื่อหลอมละลายโลหะให้ติดกันโดยโลหะแกนลวดเชื่อมทำหน้าที่เป็นตัวนำกระแสไฟฟ้า และหลอมละลายเป็นเนื้อโลหะเชื่อม ส่วนฟลั๊กซ์ที่หุ้มลวดเชื่อมจะได้รับความร้อนและหลอมละลายปกคลุมแนวเชื่อมเอาไว้ เพื่อป้องกันอากาศภายนอกเข้ามาทำปฏิกิริยากับแนวเชื่อม พร้อมทั้งช่วยลดอัตราการเย็นตัวของแนวเชื่อมอีกด้วย เมื่อเย็นตัวแล้วฟลั๊กซ์จะแข็งและเปราะเหมือนแก้ว เรียกว่า สแลก(Slag)

2.2 ลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์

2.2.1 การผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์

การพอกหุ้มฟลั๊กซ์ลวดเชื่อมด้วยเครื่องยิงความเร็วสูง ซึ่งเป็นวิธีการพอกหุ้มลวดเชื่อมที่ใช้กันอยู่ในโลก ลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ 3 ส่วน ได้แก่ 1. แกนลวดเชื่อม 2. เคมีและส่วนประกอบของฟลั๊กซ์หุ้มแกนลวดเชื่อม 3. ของเหลวเป็นตัวประสานส่วนผสมให้สามารถหุ้มแกนลวดเชื่อมไว้ด้วยกัน จากรูปที่ 2.1 แสดงขั้นตอนการผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์

ลวดเชื่อมเหล็กกล้าละมุนและลวดเชื่อมเหล็กกล้าผสมต่ำ ปกติแกนลวดเชื่อมทำด้วยเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมีคาร์บอนผสมประมาณ 0.01% แมงกานีสและซิลิกอนผสมต่ำ และมีฟอสฟอรัสกับกำมะถันผสมอยู่ในปริมาณน้อยมาก แท่ง Ingot ที่นำมาผลิตนี้ต้องผ่านการรีดร้อนลดขนาดให้เป็น Billet หลังจากนั้นนำไปรีดให้เหลือกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1/4 นิ้ว (6.4 มม.) - 3/8 นิ้ว (9.5 มม.) ซึ่งการผลิตนี้เป็นการรีดร้อนให้เป็นลวดที่เรียกว่า "Hot – rolled wire rod" ต่อไปจึงนำไปดึงขึ้นรูป (Drawn) ให้ได้ขนาดแกนลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์ หลังจากผ่านการดึงให้ได้ขนาดแล้วจึงนำไปตัดให้ตรงและตัดตามขนาดความยาวลวดเชื่อม ขนาดความยาวของแกนลวดเชื่อม 12-14 นิ้ว สำหรับสหรัฐอเมริกา ส่วนมาตรฐานอื่นยาว 200-500 มม.

การพอกหุ้มฟลั๊กซ์จะแตกต่างกันตามส่วนผสมเคมีและธาตุผสม ส่วนผสมจะมีการตรวจสอบและคัดขนาดให้เหมาะสม แล้วชั่งน้ำหนักส่วนผสมแต่ละชนิดและนำมาผสมกันในสภาพแห้ง เมื่อผสมกันดีแล้วจึงเติมตัวประสานและน้ำลงไป แล้วผสมต่อไปในสภาพเปียกจนผสมกันดี ต่อไปจึงเตรียมนำเข้าเครื่อง Extrude เพื่อพอกหุ้มแกนลวดโดยเครื่อง Extrude การพอกหุ้มจะให้แกนลวดเชื่อมอยู่กึ่งกลางของฟลั๊กซ์ อัตราการพอกหุ้มลวดประมาณ 10 เส้นต่อวินาที ลวดเชื่อมที่ผ่านการพอกหุ้มฟลั๊กซ์แล้วจะตกลงในสายพานลำเลียง โดยผ่านอุปกรณ์กำจัดฟลั๊กซ์ที่หุ้มหลายลวดทั้งสองข้างออกข้างหนึ่งเว้นไว้สำหรับหัวเชื่อมจับ อีกข้างหนึ่งเหลือแกนเหล็กโผล่เพื่อให้ง่ายต่อการเริ่มต้นอาร์ก ต่อไปสายพานลำเลียงจะพาลวดเชื่อมเข้าเตาอบแห้ง และคงไว้ในเตาอบเป็นระยะเวลาหนึ่ง เพื่อให้ฟลั๊กซ์แห้งแข็งตัวและมีความเหนียว ลวดเชื่อมเมื่อผ่านการอบแล้วจะถูกพิมพ์เครื่องหมาย ผ่านการตรวจสอบและทำการบรรจุเพื่อการขนส่ง กระบวนการผลิตจากเริ่มต้นจนสำเร็จจะกระทำต่อเนื่อง

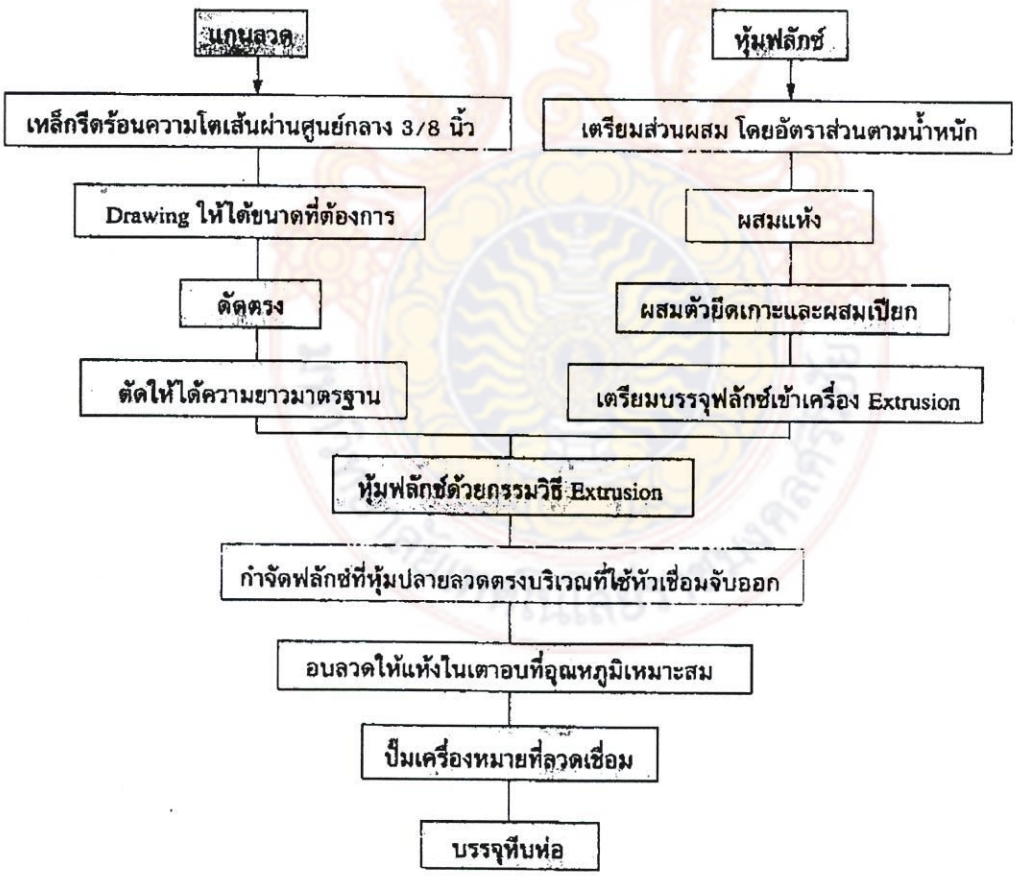
2.2.2 ชนิดของลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์

ลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์ใช้สำหรับเชื่อมเหล็กกล้าละมุน แบ่งตามสมบัติหลักของฟลั๊กซ์หุ้มได้ปลายประเภท ได้แก่

1) ฟลั๊กซ์หุ้มประเภทกรด (Acid Coverings) มีส่วนผสมหลักของเหล็กออกไซด์ ซิลิเกท และออกซิเจนผสมอยู่ปริมาณสูง รูปร่างแนวเชื่อมค่อนข้างเว้า และมีเกล็ดเชื่อมเรียบ สแลกที่แข็งตัวมีลักษณะคล้ายรังผึ้งเคาะออกได้ง่าย ถึงแม้เนื้อแนวเชื่อมจะมีความเหนียวสูงก็ตาม แต่ความแข็งแรงต่ำด้วยเหตุผลนี้จึงไม่ค่อยนิยมใช้ลวดเชื่อมประเภทนี้

2) ฟลั๊กซ์หุ้มประเภทเซลลูโลส (Cellulosic Coverings) มีส่วนผสมของวัสดุอินทรีย์จำพวกไม้อยู่จำนวนมาก เมื่อถูกเผาไหม้จะเกิดแก๊สไฮโดรเจนเข้าไปแทนที่อากาศในบริเวณลำอาร์กและยังเพิ่มแรงดันอาร์กอีกด้วย ดังนั้นลวดเชื่อมเซลลูโลสจึงมีการซึมลึกสูงกว่าลวดเชื่อมชนิดอื่นอยู่มาก จึงไม่นำไปเชื่อมเหล็กความแข็งแรงสูง (Hight-strength steel) ประมาณ 70% สแลกบางและเคาะออกได้ง่าย ในบางครั้งสามารถเชื่อมทับแนวได้โดยไม่จำเป็นต้องเคาะสแลกออกก่อน ลักษณะผิวหน้าแนวเชื่อมไม่สวย ขณะที่สมบัติทางกลดีแต่มีไฮโดรเจนผสม

3) ฟลั๊กซ์หุ้มประเภทรูไทล์(Rutile Coverings) มีส่วนผสมของไทเทเนียมออกไซด์เป็นหลัก ลวดชนิดนี้ให้สแลกที่ดี การอาร์กสม่ำเสมอ และมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะในอุตสาหกรรมการประกอบ น้ำโลหะหลอมมีปริมาณออกซิเจนปานกลาง สแลกเคาะออกง่าย รูปร่างแนวเชื่อมดี สำหรับความหนืดและความดึงผิวของน้ำโลหะสามารถปรับให้เหมาะสมกับท่าเชื่อมได้ ด้วยการเติมธาตุผสมลงในฟลั๊กซ์หุ้ม ลวดเชื่อมชนิดนี้มีสมบัติทางกลเพียงพอแก่การเชื่อมเหล็กโครงสร้าง แต่ไม่เหมาะสมกับการเชื่อมเหล็กที่มีความเค้นแรงดึงสูง เนื่องจากลวดชนิดนี้มีปริมาณไฮโดรเจนเกินกว่าพิกัดที่จะใช้เชื่อม



รูปที่ 2.1 แผนผังขั้นตอนการผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์

4) ฟลั๊กซ์หุ้มประเภทด่าง (Basic Coverings) มีส่วนผสมหลักได้แก่ แคลเซียมฟลูออไรด์ และแคลเซียมคาร์บอเนต ลวดนี้ใช้กับการเชื่อมเหล็กความแข็งแรงสูง (Hight Strength Steel) โดยลวดเชื่อมจะต้องอบให้แห้งที่อุณหภูมิประมาณ 480° C และการเก็บรักษาต้องอบไว้ที่อุณหภูมิ 150° C ตลอดจนกว่าจะนำไปใช้ ถึงจะทำให้ปริมาณของไฮโดรเจนลดน้อยลง เหลือระหว่าง 10-15 ml / 100 g ซึ่งเป็นปริมาณที่เกิดการแตกน้อยที่สุดเมื่อนำไปเชื่อมเหล็กกล้าความเค้นสูง ลวดเชื่อมชนิดนี้สามารถควบคุมไฮโดรเจนได้แนวเชื่อมมีสมบัติทางกลดี เหมาะกับการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน, เหล็กกล้าคาร์บอน-แมงกานีส และเหล็กผสมต่ำ ในสแลกมีปริมาณออกซิเจนผสมน้อย จึงมีรูปร่างแนวเชื่อมนูนข้อเสียของลวดเชื่อมประเภทนี้คือเคาะสแลกออกยาก และมีควนเชื่อมมากกว่าลวดชนิดอื่น ๆ ลวดเชื่อมต่างที่รู้จักกันอีกชื่อ คือ ลวดเชื่อมไฮโดรเจนต่ำ (Low Hydrogen)

5) ฟลั๊กซ์หุ้มประเภทพิเศษ นอกเหนือจากที่กล่าวไว้

การเติมผงเหล็ก (Iron-Powder) ในบางครั้งอาจเติมผงเหล็กร่วมไปกับฟลั๊กซ์หุ้มลวดเชื่อม เพื่อเพิ่มอัตราการเติมเนื้อโลหะเชื่อม สำหรับประสิทธิภาพการเติมเนื้อโลหะเชื่อม (Electrode Efficiency) จะหาได้ดังนี้

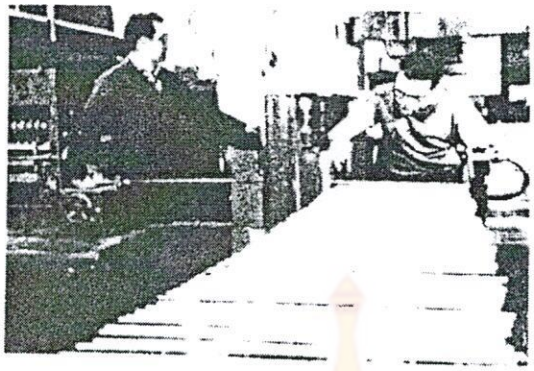
น้ำหนักเนื้อโลหะเชื่อม(ไม่รวมสแลก) = น้ำหนักของชิ้นงานทดลองที่เชื่อมแล้ว - น้ำหนักของชิ้นงานทดลอง ---1

น้ำหนักเหล็กแกนลวดเชื่อม(ไม่รวมสแลก) = น้ำหนักเหล็กแกนลวดเชื่อม - น้ำหนักลวดเชื่อมที่เหลือ ---2

$$\text{ประสิทธิภาพการเติมเนื้อโลหะเชื่อม \%} = \frac{\text{น้ำหนักเนื้อโลหะเชื่อม(ไม่รวมสแลก)} \times 100}{\text{น้ำหนักเหล็กแกนลวดเชื่อม(ไม่รวมฟลักซ์หุ้ม)}} \quad ---3$$

โดยทั่วไปแล้ว ประสิทธิภาพของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์อยู่ระหว่าง 75 และ 90% การที่เนื้อโลหะลวดเชื่อมลดลงเนื่องจากการสูญเสียในลักษณะโลหะเปลี่ยนสภาพเป็นควันและออกไซด์ แต่มีที่สูญเสียไปมากคือ เม็ดสะเก็ดเชื่อม (Spatter) ลวดเชื่อมเติมผงเหล็กจะมีประสิทธิภาพ 160% หมายความว่า ถ้าไม่มีการสูญเสียเป็นอย่างอื่นก็จะได้ 100% จากการแกนลวดเท่านั้น และอีก 60% คือเนื้อโลหะที่เติมไว้เป็นผงในฟลั๊กซ์หุ้ม

การเติมผงเหล็กในฟลั๊กซ์หุ้ม นอกจากจะเติมเนื้อเชื่อมแล้ว ยังมีแนวโน้มในการเพิ่มออกซิเจนให้อีกด้วย จะทำให้แนวเชื่อมมีผิวเรียบและราบแบน สแลกเคาะออกง่าย เหมาะแก่การเชื่อมในท่าราบและท่าระดับ



รูปที่ 2.2 การผลิตลวดเชื่อมไฟฟ้าหุ้มฟลั๊กซ์

2.3 รายละเอียดของลวดเชื่อมแต่ละชนิด

2.3.1 E6010 และ 7010 (เซลลูโลส)

ลวดเชื่อมชนิดนี้ใช้สำหรับกระแสไฟตรงต่อกลับขั้วเท่านั้น(DCRP) ฟลั๊กซ์เป็นเซลลูโลสจะให้แก๊สปริมาณสูง ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์, คาร์บอนมานออกไซด์ และไฮโดรเจน แก๊สดังกล่าวจะปกป้องน้ำโลหะหลอมละลายที่ส่งผ่านอาร์ก โดยปกติลวดชนิดนี้มีสีขาวหรือสีเทา ฟลั๊กหุ้มเซลลูโลสก่อให้เกิดความร้อนในชิ้นงานสูง การซึมลึกสูงในการเชื่อมจะต้องควบคุมการส่ายลวดเชื่อมอย่าให้เกิดการกัดแหว่งขอบรอยเชื่อม

เนื่องจากฟลั๊กซ์หุ้มเป็นจำพวกวัสดุอินทรีย์ จึงมีสแลกปกคลุมรอยเชื่อมบาง การปกคลุมรอยเชื่อมของสแลกอาจจะไม่สมบูรณ์ ลักษณะทั่วไปของสแลก มีรูพรุน, เบา และเปราะ จึงสามารถเคาะออกได้ง่าย แต่ผลที่เกิดกับรอยเชื่อมมีน้อยและผิวรอยเชื่อมค่อนข้างหยาบ สแลกบางจึงทำให้เย็นตัวเร็ว ดังนั้นลวดเชื่อมชนิดนี้จึงเหมาะกับการเชื่อมท่าตั้งและท่าเหนือศีรษะ

ลวดเชื่อมชนิดนี้ แกนลวดหลอมละลายเร็วกว่าที่ฟลั๊กหุ้ม ในขณะอาร์กจึงทำให้ปลายลวดมีลักษณะคล้ายรูปถ้วย โดยฟลั๊กซ์หุ้มยื่นโผล่ออกมาคลุมแกนลวดได้ ปกติฟลั๊กจะยื่นเลยแกนลวดออกมาประมาณ 1/16 นิ้ว การเชื่อมด้วยลวดชนิดนี้สามารถใช้ระยะอาร์กติดกับชิ้นได้ โดยไม่มีการติดของลวดเชื่อมกับชิ้นงาน การจับลวดเชื่อมติดกับชิ้นงาน จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในหารปกป้องไม่ให้เกิดออกซิเดชั่นและช่วยลดการเกิดสะเก็ดกระเด็นอีกด้วย แต่ถ้าเชื่อด้วยกระแสไฟสูงเกินไป หรือใช้ระยะอาร์กยาวจะเป็นเหตุให้เกิดสะเก็ดกระเด็นมาก

2.3.2 E 6011 และ E 7011(เซลลูโลส)

ความต้องการที่จะให้เกิดลวดเชื่อมที่มีคุณสมบัติที่สามารถเชื่อมด้วยไฟสลับคุณภาพรอยเชื่อมดีเท่ากับลวดเชื่อม E 6010 อีกด้วยนั้น ยังไม่สามารถที่จะทำได้เนื่องจากแร่ธาตุที่เติมลงไปในฟลั๊กหุ้มไม่สามารถที่จะให้คุณสมบัติดีได้ทุกด้าน อย่างไรก็ตามได้มีผู้ผลิตได้ผลิตลวดเชื่อมที่มีคุณสมบัติตรงตามข้อกำหนด โดยมีการปรับคุณสมบัติด้านอื่นไปบ้าง แต่ยังยึดถือคุณสมบัติหลักด้านการซึมลึกดีเอาไว้

เซลลูโลสปกติเป็นวัสดุที่เกิดอีออน (Ionized) ต่ำและยาก ดังนั้นจึงต้องเติมธาตุโปรตัสเซียมฟิลด์สปาร์ลงไป เพื่อให้อาร์กสม่ำเสมอที่แรงดันวงจรเปิดต่ำและกระแสเชื่อมต่ำสะเก็ดเชื่อมที่เกิดจากลวดเชื่อม EXX 11 โดยปกติมีขนาดละเอียดและกำจัดออกได้ เมื่อเชื่อมด้วยกระแสไฟสลับอาร์กจะมีเสียงดังกว่าเชื่อมด้วยลวดเชื่อม EXX10 ซึ่งความเหนียว, ความเค้นแรงดึงและ Yield Strength ของลวดเชื่อม EXX11 สูงกว่าลวดเชื่อม EXX10

2.3.3 E 6013 และ E 7013(รูไทล์)

ลวดเชื่อมชนิดนี้ได้มีการใช้กระแสไฟฟ้าสับเพิ่มขึ้น ฟลั๊กซ์หุ้มหนากว่าลวดเชื่อม E6012 มีเซลลูโลสผสมอยู่สูงแต่ปริมาณของรูไทล์จะผสมไว้สูงกว่า เพื่อให้สามารถใช้เชื่อมได้กับกระแสไฟสลับ การเติมสารประกอบ Potassium –bearing ได้แก่โปตัสเซียมไตตาเนทและโปตัสเซียมเฟลด์สปาร์ จะช่วยเพิ่มอีออนในบรรยากาศอาร์ก เพื่อให้ได้ความร้อนสูงและอาร์กยังคงอยู่ในทุกสภาพ

ในการเชื่อมใช้ระยะอาร์กสั้นสะเก็ดเชื่อมกระเด็นน้อย การเติมน้ำโลหะเรียบสม่ำเสมอทุกตำแหน่งท่าเชื่อม สแลกค่อนข้างหนาและเย็นตัวช้ากว่าลวดเชื่อม E6012 แต่สามารถเชื่อมทุกท่าเชื่อม สแลกกำจัดหรือหลุดออกได้เอง รอยเชื่อมที่ได้เรียบ มันเงา เกล็ดเชื่อมเรียบสม่ำเสมอ รอยเชื่อมแบนและขอบรอยเชื่อมสะอาด

E 7015 และ E 7016 (Basic หรือ ด่าง)

เป็นที่ยอมรับกันว่าไฮโดรเจนนั้นเป็นสาเหตุของการแตกในรอยเชื่อม จึงได้มีการพัฒนาลวดเชื่อมให้มีไฮโดรเจนต่ำ โดยสามารถเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำได้โดยไม่แตก และยังผลิตลวดที่สามารถเชื่อมได้โดยไม่ต้องอุ่นงานก่อนเชื่อม เพื่อหลีกปัญหาในการเชื่อม Sulphur Bearing และยังปรับปรุงคุณสมบัติด้าน Toughness ซึ่งลวดเชื่อมชนิดนี้รู้จักกันว่าลวดเชื่อมไฮโดรเจนต่ำ (Low Hydrogen) ในปัจจุบันเรียกว่า ลวดเชื่อมเบสิก (Basic Electrode) คำว่าเบสิก อ้างอถึงส่วนผสมทางเคมีของฟลั๊กซ์หุ้ม ได้แก่ Lime หรือแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ผสมอยู่ในลวดเชื่อมชนิดนี้สูง

เมื่อฟลั๊กซ์หุ้มลวดหลอมละลายให้คาร์บอนไดออกไซด์ปกคลุมลำอาร์ก ซึ่งมีปริมาณไฮโดรเจนต่ำ โดยเฉพาะเซลลูโลสก็ไม่นำมาผสมเพราะเซลลูโลสจะให้ไฮโดรเจนสูง การเชื่อมใช้กระแสไฟสูง แต่ไม่แนะนำให้ใช้เทคนิคการตะวัดลวดเชื่อม การซึมลึกปานกลางและการกัดแหว่างขอบรอยเชื่อมมีน้อยมาก

เมื่อเชื่อมท่าตั้งจะมีสแลกหลอมเหลวมากและเคาะออกยาก หลายลวดเชื่อมเกิดลักษณะรูปถ้วย ดังนั้นควรเชื่อมด้วย “Drag TechniqueW รอยเชื่อมเรียบ เกล็ดสม่ำเสมอ สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อมและมีสะเก็ดกระเด็นน้อย

ลวดเชื่อม E7015 ออกแบบให้ใช้เฉพาะไฟ DC สำหรับลวด E 7016 จะผสมพวกโปตัสเซียมเพื่อเพิ่มการเกิดอีออน จึงสมมารถเชื่อมได้กับไฟ AC

2.3.4 E 7018 (Basic หรือด่าง)

ถึงแม้ว่าลวดเชื่อม E7015 และ E7016 จะถูกมาแทนที่ด้วยลวดเชื่อม E7018 ซึ่งเป็นลวดเชื่อมผสมผงเหล็ก ให้อัตราการเติมเนื้อเชื่อมสูงและนิยมนำไปเชื่อมงานได้มากมาย ฟลั๊กซ์หุ้มหนากว่าลวดเชื่อม E 7015 E 7016 เล็กน้อย และ ปริมาณของผงเหล็กมีจำนวนอยู่ระหว่าง 25-40% โดยน้ำหนัก

สามารถใช้ได้ทั้งไฟ DCRP และไฟ AC แต่ไฟ DC จะให้ความเร็วการเชื่อมสูงกว่าไฟ AC การใช้งานได้ออกแบบไว้เหมือนกับลวด E7015 และ E7016 การเชื่อมต้องใช้ระยะอาร์กสั้น

นอกจากจะเหมาะสมกับการเชื่อมเหล็กกล้าละมุนแล้ว ยังเหมาะกับการเชื่อมฟิลเลทเหล็กกล้าความแข็งแรงสูงสุด เหล็กคาร์บอนสูง หรือเหล็กกล้าผสม รอยเชื่อมฟิลเลทที่เชื่อมในท่าระดับและท่าเรียบ รอยเชื่อมจะนูนเล็กน้อย เรียบและเกล็ดรอยเชื่อมสม่ำเสมอ ลวดนี้ยังให้อาร์กที่เสียงนิ่มเงียบ สะเก็ดเชื่อมกระเด็นน้อยการซึมลึกน้อยและความเร็วเชื่อมสูง

2.4.เหล็กกล้าคาร์บอน

เหล็กกล้าคาร์บอนผลิตขึ้นมาใช้งานปัจจุบันจะเป็นเหล็กกล้าคาร์บอน เพื่องานก่อสร้างและอุปกรณ์ตลอดจนเครื่องมือที่ใช้ในงานอุตสาหกรรมต่างๆ

เหล็กกล้าส่วนมากสามารถเชื่อมได้ แต่ความยากง่ายในการเชื่อมและคุณภาพของรอยเชื่อมจะแตกต่างกันโลหะที่ถือว่ามีความสามารถในการเชื่อมดีนั้นจะต้องสามารถเชื่อมได้ง่าย ไม่มีปัญหา ไม่ต้องการอุปกรณ์หรือความชำนาญ หรือกรรมวิธีพิเศษและค่าใช้จ่ายไม่สูงเกินไป ความสามรถในการเชื่อมเหล็กกล้าจะเปลี่ยนแปลงตามเกรด ส่วนผสมและคุณสมบัติเชิงกล ดังนั้นการผลิตงานเชื่อมโลหะจะต้องพิจารณาความสามารถในการเชื่อมให้ดีเพื่อกำหนดและสั่งวัสดุให้เหมาะสม

การแบ่งเหล็กกล้าคาร์บอนโดยทั่วไปจะยึดถือตามปริมาณคาร์บอน ซึ่งแบ่งได้ดังนี้ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ (คาร์บอนไม่เกิน 0.30-0.45%) และเหล็กกล้าคาร์บอนสูง (คาร์บอนมากกว่า 0.45%) กลุ่มแรกอาจจะแยกย่อยออกไปอีกสองกลุ่มคือ เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำมาก (คาร์บอนไม่เกิน 0.15%) และเหล็กละมุน (คาร์บอน 0.15-0.30%) ตารางที่ 2.1 เป็นส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอนตามมาตรฐาน SAE

คุณสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้ารีดร้อนขึ้นอยู่กับส่วนผสมเคมีเป็นสำคัญ (โดยเฉพาะอย่างยิ่งปริมาคาร์บอน)และองค์ประกอบที่มีความสำคัญรองลงมาได้แก่ อุณหภูมิรีด ขนาดงาน และปริมาณธาตุมลทิน เช่น เหล็กแผ่นหนา ¾ นิ้ว มีความต้านทานแรงดึงสูงกว่าการยืดตัว (Elongation) ต่ำกว่าเหล็กแผ่นหนา 1 ½ นิ้ว ทั้งที่มีส่วนผสมเหมือนกัน ทั้งนี้เนื่องจากเหล็กแผ่นหนา ¾ นิ้ว เย็นตัวเร็วกว่า คุณสมบัติต่างๆ ของเหล็กกล้าคาร์บอนต่ำที่ผ่านการรีดร้อนและเย็นมาแล้ว แสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.1 ส่วนผสมของเหล็กกล้าคาร์บอน

SAE Number	Chemical Composition Limits (%)			
	C	Mn	P, max.	S, max.
1005	0.06 max.	0.35 max.	0.040	0.050
1006	0.08 max.	0.25-0.40	0.040	0.050
1008	0.10 max.	0.30-0.50	0.040	0.050
1010	0.08-0.13	0.30-0.60	0.070	0.050
1011	0.08-0.13	0.60-0.90	0.040	0.050
1012	0.10-0.15	0.30-0.60	0.040	0.050
1013	0.11-0.16	0.60-0.80	0.040	0.050
1015	0.13-0.18	0.30-0.60	0.040	0.050
1016	0.13-0.18	0.60-0.90	0.040	0.050
1017	0.15-0.20	0.30-0.60	0.040	0.050
1018	0.15-0.20	0.60-0.90	0.040	0.050
1019	0.15-0.20	0.70-1.00	0.040	0.050
1020	0.18-0.23	0.30-0.60	0.040	0.050
1021	0.18-0.23	0.60-0.90	0.040	0.050
1022	0.18-0.23	0.70-1.00	0.040	0.050
1023	0.20-0.25	0.30-0.60	0.040	0.050
1025	0.22-0.28	0.30-0.60	0.040	0.050
1026	0.22-0.28	0.60-0.90	0.040	0.050
1029	0.25-0.31	0.60-0.90	0.040	0.050
1030	0.28-0.34	0.60-0.90	0.040	0.050
1035	0.32-0.38	0.60-0.90	0.040	0.050
1037	0.32-0.38	0.70-1.00	0.040	0.050
1038	0.35-0.42	0.60-0.90	0.040	0.050
1039	0.37-0.44	0.70-1.00	0.040	0.050
1040	0.37-0.44	0.60-0.90	0.040	0.050
1042	0.40-0.47	0.60-0.90	0.040	0.050
1043	0.40-0.47	0.70-1.00	0.040	0.050
1044	0.43-0.50	0.30-0.60	0.040	0.050
1045	0.43-0.50	0.60-0.90	0.040	0.050
1046	0.43-0.50	0.70-0.90	0.040	0.050
1049	0.46-0.53	0.60-0.90	0.040	0.050
1050	0.48-0.55	0.60-0.90	0.040	0.050
1053	0.48-0.55	0.70-1.00	0.040	0.050
1055	0.50-0.60	0.60-0.90	0.040	0.050
1060	0.55-0.65	0.60-0.90	0.040	0.050
1064	0.60-0.70	0.50-0.80	0.040	0.050
1065	0.60-0.70	0.60-0.90	0.040	0.050
1069	0.65-0.75	0.40-0.70	0.040	0.050
1070	0.65-0.75	0.60-0.90	0.040	0.050
1074	0.70-0.80	0.50-0.80	0.040	0.050
1075	0.70-0.80	0.40-0.70	0.040	0.050
1078	0.72-0.85	0.30-0.60	0.040	0.050
1080	0.75-0.88	0.60-0.90	0.040	0.050
1084	0.80-0.93	0.60-0.90	0.040	0.050
1085	0.80-0.93	0.70-1.00	0.040	0.050
1086	0.80-0.93	0.30-0.50	0.040	0.050
1090	0.85-0.98	0.60-0.90	0.040	0.050
1095	0.90-1.03	0.30-0.50	0.040	0.050

057717
ว. 671.24
ท852
2548

ตารางที่ 2.2 คุณสมบัติเชิงกลต่ำสุดของแท่งเหล็กกล้าคาร์บอน

AISI or SAE No.	Condition*	Tensile Strength (1000 psi)	Yield Strength (1000 psi)	Elongation in 2 in. (%)
1010	HR	47	26	28
	CF	53	44	20
1015	HR	50	28	28
	CF	56	47	18
1020	HR	55	30	25
	CF	61	51	15
1025	HR	58	32	25
	CF	64	54	15
1030	HR	68	38	20
	CF	76	64	12
1035	HR	72	40	18
	CF	80	67	12
1040	HR	76	42	18
	CF	85	71	12
1045	HR	82	45	16
	CF	91	77	12
1050	HR	90	50	15
	CF	100	84	10

2.4.1 เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำ

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนไม่เกิน 0.30% สามารถเชื่อมไฟฟ้าได้ดีซึ่งเหล็กเหล่านี้นิยมใช้ทำงานโครงสร้างโดยทั่วไป ตลอดจนถัง ภาชนะ ฐานเครื่อง เครื่องมือการเกษตรและงานเชื่อมทั่วไป

เหล็กกล้าคาร์บอนต่ำจนถึง 0.13% สามารถเชื่อมได้ดี แต่ยังไม่ถึงขั้นดีที่สุดโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเชื่อมด้วยความเร็วสูง เหล็กกล้าคาร์บอนและแมงกานีสต่ำ (Mn $\leq$ 0.30%) มีโอกาสเกิดรูพรุนภายในได้ง่าย ซึ่งจะแก้ไขได้โดยการปรับปรุงวิธีเชื่อม เช่น เชื่อมให้ช้ากว่าเดิม ถ้ายอมให้รอยเชื่อมมีรูพรุนอยู่บ้าง ก็ไม่ต้องลดความเร็วในการเชื่อมก็ได้

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอน 0.15-0.20% มีความสามรถในการเชื่อมดีมาก สามรถเชื่อมตามวิธีมาตรฐาน โดยทั่วไปด้วยลวดเชื่อมเหล็กเหนียวทุกชนิด จึงเหมาะกับงานที่ต้องการความรวดเร็ว

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอน 0.25-0.30% มีความสามารถในการเชื่อมดี แต่ถ้ามีธาตุผสมบางตัวสูงเกินขีดจำกัด งานอาจแตกร้าวได้ง่ายโดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเชื่อมแบบฟิลเลท การแก้ไขโดยความเร็วและกระแส ความสามารถใช้ลวดเชื่อมมาตรฐานทุกชนิด ถ้างานหนาไม่เกิน 5/16 นิ้ว ให้เชื่อมตามวิธีมาตรฐานได้เลย

ถ้ามีธาตุผสมมากเกินไป มีโอกาสเกิดโพรงอากาศได้ง่าย ซึ่งแก้ไขโดยลดความเร็วและกระแสไฟขณะเชื่อม

เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและคาร์บอนสูง

เนื่องจากว่าความสามารถชุบแข็งของเหล็กกล้าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณคาร์บอนเพิ่ม ดังนั้น เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางและสูงจึงเหมาะกับงานที่ต้องการความแข็ง ความต้านทานการสึกหรอ และความแข็งแรงสูง เหล็กกล้าคาร์บอนปานกลาง (0.45%) ใช้ทำแผ่นกันสึก สปริงและชิ้นส่วนรถไฟ อุปกรณ์และเครื่องมือขุด-ตักดิน เป็นต้น แต่เป็นที่น่าเสียดายว่าเหล็กกล้าซึ่งมีคุณสมบัติเชิงกลสูงขึ้นนี้ กลับเชื่อมยากกว่าเดิม การเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนปานกลางจึงต้องอุ่นงานก่อนเชื่อม (Preheat) และบางครั้งหลังจากเชื่อมแล้วต้องอุ่นงานอีกเพื่อคลายความเค้น (post heat)

เหล็กกล้าคาร์บอนสูงนิยมใช้ในสภาพอบชุบแข็ง เช่น ใช้ทำเครื่องมืองานโลหะและงานไม้ ดอกสว่าน พิมพ์ มีด ผาลไถ และแผ่นกันสึก เป็นต้น อุปกรณ์ทำฟาร์มบางชนิดทำจากเหล็กรางรถไฟนำไปรีดใหม่ (0.65% C) โดยเชื่อมในสภาพหลังจากรีด (อุ่นแนวเชื่อมเดิมก่อนเชื่อมทับลงไป (Interpass heating) และอุ่นงานหลังเชื่อมเพื่อคลายความเค้น

เหล็กกล้าคาร์บอนสูงสามารถควบคุมให้มีความแข็งต่ำ (อบอ่อน) จนถึง 65 HRC (อบชุบแข็ง) เหล็ก 1020 สามารถชุบแข็งได้ไม่เกิน 50 HRC และชั้นผิวแข็งตื้นมาก ถ้าคาร์บอนสูงขึ้นความแข็งจะสูงแลลึกยิ่งขึ้น ธาตุผสมช่วยเพิ่มความสามารถชุบแข็ง แต่มีผลเล็กน้อยต่อความแข็งสูงสุด

เหล็กกล้าที่มีคาร์บอนตั้งแต่ 0.30% ขึ้นไปควรเชื่อมทดลองก่อนเชื่อมจริง เพื่อหาแนวโน้มที่งานจะแตกร้าว ถ้างานมีโอกาสแตกร้าวง่ายต้องอุ่นงานก่อนและหลังเชื่อม อุณหภูมิอุ่นงานของเหล็กกล้าแต่ละชนิดจะไม่เท่ากันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับส่วนผสม ขนาด รูปร่างงาน และปริมาณความร้อนที่ได้จากการเชื่อม ถ้าปริมาณคาร์บอนหรือธาตุผสมสูง และงานหนาให้ใช้อุณหภูมิงานสูงเพื่อให้งานเย็นตัวช้ากว่าปกติ

ถ้าเชื่อมด้วยขบวนการไฮโดรเจนต่ำ สามารถใช้อุณหภูมิอุ่นงานต่ำกว่าปกติ สำหรับงานที่บางกว่าเบอร์ 14 ไม่จำเป็นต้องอุ่นงาน โดยทั่วไปแล้วการเชื่อมด้วยลวดไฮโดรเจนต่ำให้อุ่นงานอุณหภูมิต่ำกว่าปกติประมาณ 100^0-200^0 F

บทที่ 3
อุปกรณ์และขั้นตอนในการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงอุปกรณ์และขั้นตอนในการทดลองหาอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ ซึ่งจะแยกกล่าวได้ดังต่อไปนี้

3.1 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

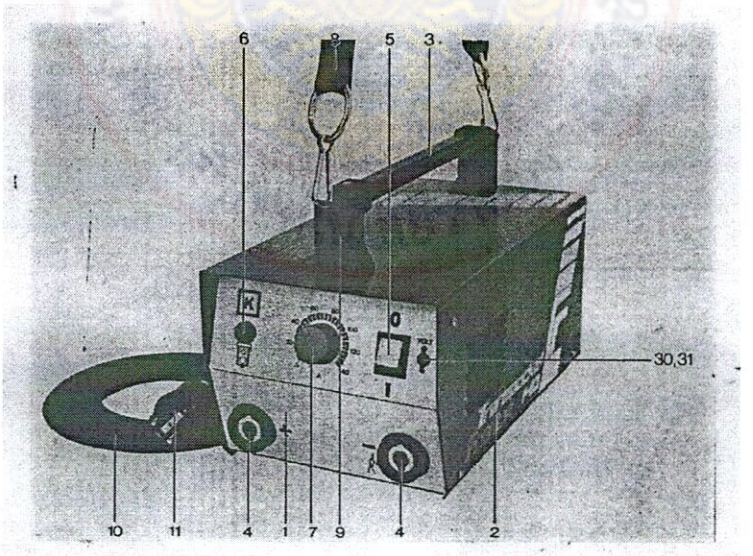
อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลองหาอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ ประกอบด้วย เครื่องเชื่อม เครื่องชั่ง ดังรูปที่ 3.1 และ 3.2

3.1.1 เครื่องเชื่อม

เครื่องเชื่อม เป็นเครื่องเชื่อมแบบ DC ยี่ห้อฟอร์เนียรุ่น TRANSPOCKET 140 เทคโนโลยีอินเวอร์เตอร์ (INVERTER) ที่ทำให้เครื่องมีน้ำหนักเบาเพียง 12 กิโลกรัม แต่สมรรถนะสูง ใช้งานได้ทันที่ที่เสียบเข้าปลั๊กไฟฟ้า 220 โวล์ท หนึ่งเฟส

คุณสมบัติเฉพาะทางเทคนิค

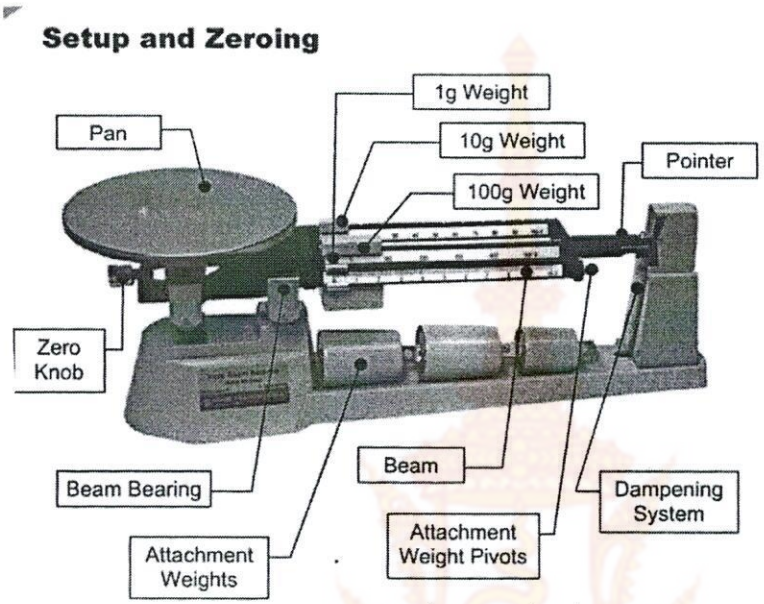
เมนโวล์เตจ	หนึ่งเฟส 220 V
เมนฟิวส์	16 แอมป์
กระแสไฟเชื่อมสูงสุด	140 แอมป์
เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Cos Phi)	0.9
ศักดาวงจรเปิด	66 โวล์ท
หลังไฟฟ้าปรากฏที่กระแสเชื่อมสูงสุด	4.2 KVA
ประสิทธิภาพของเครื่อง	90%
การระบายความร้อนด้วย	พัดลม



รูปที่ 3.1 เครื่องเชื่อม

3.1.2 เครื่องชั่ง

เครื่องชั่งเป็นแบบ Triple Beam Balance ที่มีความสามารถชั่งน้ำหนักได้ 610 กรัมโดยไม่มีน้ำหนักประกอบ และชั่งได้ 2610 กรัม เมื่อใช้น้ำหนักประกอบ ความไวของเครื่องชั่ง 0.1 กรัม ความสามารถในการอ่านค่า 0.1 กรัม คานสำหรับปรับน้ำหนัก คานหน้า 10 กรัม × 0.1 กรัม คานหลัง 100 กรัม × 10 กรัม คานกลาง 500 กรัม × 100 กรัม



รูปที่ 3.2 เครื่องชั่ง

3.2 ขั้นตอนในการทดลอง

ในการหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ในกลุ่ม AWS A5.1 มีขั้นตอนที่ใช้ในการทดลองหาดังนี้

1. ชั่งน้ำหนักของชิ้นงานทดลอง
2. ชั่งน้ำหนักของลวดเชื่อม (ไม่รวมฟลั๊กซ์)
3. ทำการเชื่อมชิ้นงานทดลอง
4. ชั่งน้ำหนักลวดเชื่อมที่เหลือ(ไม่รวมฟลั๊กซ์)
5. เคาะสแลคและทำความสะอาดชิ้นงานทดลอง
6. ชั่งน้ำหนักของชิ้นงานทดลอง
7. คำนวณหาน้ำหนักเนื้อเชื่อม(ขั้นตอนที่ 6 – ขั้นตอนที่ 1)
8. คำนวณหาน้ำหนักของลวดเชื่อมนี้ใช้จริง (ขั้นตอนที่ 2 – ขั้นตอนที่ 4)
9. คำนวณหาประสิทธิภาพของการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

บทที่ 4

ผลการทดลอง

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อม เชื่อมฟลั๊กซ์ ซึ่งได้จากน้ำหนักของเนื้อเชื่อมและน้ำหนักของลวดเชื่อม และคำนวณหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

4.1 น้ำหนักของเนื้อเชื่อม

น้ำหนักของเนื้อเชื่อมคือน้ำหนักของลวดเชื่อมที่เติมลงไปในชิ้นงานทดลอง และหลอมละลายรวมกับชิ้นงานทดลองในขณะที่ทำการเชื่อม มีหน่วยเป็นปอนด์

4.2 น้ำหนักลวดเชื่อม

น้ำหนักของลวดเชื่อมคือน้ำหนักของแกนลวดเชื่อมที่ไม่รวมกับฟลั๊กซ์หุ้ม มีหน่วยเป็นปอนด์

4.3 ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลาย

ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์หาได้จากน้ำหนักเนื้อโลหะเชื่อม (ไม่รวมสแลก) คูณด้วย 100% หารด้วยน้ำหนักแกนลวดเชื่อม (ไม่รวมฟลั๊กซ์หุ้ม)

ตารางที่ 4.1 ลวดเชื่อม E 6010

Electrode Diameter(mm.)	Amps	Deposition Rate lbs/hr	Efficiency %
2.6	70	1.5	72
	90	1.6	73
	110	1.76	75
3.2	100	2.1	76.3
	120	2.2	68
	130	2.3	68.8

ตารางที่ 4.2 ลวดเชื่อม E 6011

Electrode Diameter(mm.)	Amps	Deposition Rate lbs/hr	Efficiency %
2.6	70	1.3	72
	90	1.75	75
	110	2.14	71.69
3.2	100	2.1	76.3
	120	2.3	70.7
	130	2.62	81.95

ตารางที่ 4.3 ลวดเชื่อม E 6013

Electrode Diameter(mm.)	Amps	Deposition Rate lbs/hr	Efficiency %
2.6	70	1.3	86
	90	1.67	86.61
	110	1.87	78
3.2	100	1.97	87
	120	2.35	86.63
	130	2.52	83.87

671.24
ส 47
2547

ตารางที่ 4.4 ลวดเชื่อม E 7016

Electrode Diameter(mm.)	Amps	Deposition Rate lbs/hr	Efficiency %
2.6	70	1.39	99.2
	90	1.67	96.6
	110	2.02	99
3.2	100	1.99	97.6
	120	2.26	92.82
	130	2.5	95.50

ตารางที่ 4.5 ลวดเชื่อม E 7018

Electrode Diameter(mm.)	Amps	Deposition Rate lbs/hr	Efficiency %
2.6	70	1.69	115
	90	1.83	108
	110	2.12	103
3.2	100	1.92	104.65
	120	1.97	106.77
	130	2.30	103.7

บทที่ 5
อภิปรายและสรุปผล

ในบทนี้จะกล่าวถึงการอภิปราย สรุปผลการทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

5.1 ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์ จะขึ้นอยู่กับกระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อม และขนาดของลวดเชื่อมที่ใช้ดังนี้

5.1.1 กระแสไฟเชื่อม

กระแสไฟที่ใช้ในการเชื่อมแปรผกผันกับประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อม ถ้ากระแสไฟเชื่อมน้อยประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมสูง แต่ถ้าเพิ่มกระแสไฟเชื่อม ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมจะลดลง

5.1.2 ขนาดของลวดเชื่อม

ขนาดของลวดเชื่อมที่ใช้แปรผันโดยตรงกับประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อม ถ้าขนาดของลวดเชื่อมเล็ก ต้องการกระแสไฟเชื่อมน้อย ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมต่ำ แต่ถ้าเพิ่มขนาดของลวดเชื่อม ต้องเพิ่มกระแสไฟในการเชื่อม ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมของลวดเชื่อมเพิ่มขึ้นด้วย

5.2 สรุปผลการทดลอง

(1) ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมลดลงตามกระแสไฟเชื่อม

(2) ประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมเพิ่มขึ้นตามขนาดของลวดเชื่อม

(3) ในการทดลองพบว่าลวดเชื่อม E 7018 ให้ประสิทธิภาพการเติมสูงสุด 119% โดยใช้ลวดเชื่อมขนาด 2.6 มม. กระแสไฟ 80 แอมป์

5.3 ข้อเสนอแนะ

การทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมครั้งต่อไป ควรมีแนวทางที่จะทำการทดลองกับลวดเชื่อมในกลุ่มอื่นดังต่อไปนี้

(1) การทดลองหาประสิทธิภาพการหลอมละลายของลวดเชื่อมในกลุ่ม A5.2

(2) การทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมในกลุ่ม A5.4

(3) การทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมในกลุ่ม A5.5

(4) การทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมในกลุ่ม A5.11

(5) การทดลองหาประสิทธิภาพของอัตราการหลอมละลายของลวดเชื่อมในกลุ่ม A5.18

อ้างอิง

สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ.**งานเชื่อมโลหะ 2.** กรุงเทพ, : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, ม.ป.ป.

———— **ลวดเชื่อม**. กรุงเทพ, : ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ, ม.ป.ป.

ไทย-โกเบ เวลดิ้ง จำกัด. **หนังสือคู่มือการเชื่อม.** สมุทรปราการ,: ม.ป.พ., ม.ป.ป.

YAVATA Electrode (Thailand) co.,ltd. **YAVATA Covered Arc Welding Electrodes.**

Bangkok:

Larry Jeefus. **Welding Principles and Applications**. Delmar Publishing. 1999.

http://www.millerwelds.com/education/calculators/ online เมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2548

ภาคผนวก ก

ประเภทของลวดเชื่อม

ตารางที่ 1 ประเภทของลวดเชื่อม

AWS Classification	Type of Covering	Welding Position[a]	Type of Current[b]
E6010	High cellulose sodium	F,V,OH,H	deep
E6011	High cellulose potassium	F,V,OH,H	ac or deep
E6012	High titania sodium	F,V,OH,H	ac or deen
E6013	High titania potassium	F,V,OH,H	ac, deep or deen
E6019	Iron oxide titania potassium	F,V,OH,H,	ac, deep or deen
E6020	High iron oxide	H-fillets F	ac or deen ac, deep or deen
E6022[c]	High iron oxide	F,H	ac or deen
E6027	High iron oxide, iron powder	H-fillets F	ac or deen ac, deep or deen
E7014	Iron powder, titania	F,V,OH,H	ac, deep or deen
E7015[d]	Low hydrogen sodium	F,V,OH,H	deep
E7016[d]	Low hydrogen potassium	F,V,OH,H	ac or deep
E7018[d]	Low hydrogen potassium, iron powder	F,V,OH,H	ac or deep
E7018M	Low hydrogen iron powder	F,V,OH,H	deep
E7024[d]	Iron powder, titania	H-fillets,F	ac, deep or deen
E7027	High iron oxide, iron powder	H-fillets F	ac or deen ac, deep or deen
E7028[d]	Low hydrogen potassium, iron powder	H-fillets,F	ac or deep
E7048[d]	Low hydrogen potassium, iron powder	F,OH,H,V-down	ac or deep

หมายเหตุ

a) อักษรย่อแสดงตำแหน่งท่าเชื่อม ดังนี้

F = ท่าราบ, H = ท่าระดับ H – Fillets = ฟิลเลทท่าระดับ

V = Down = ท่าตั้งเชื่อมลง

V = ท่าตั้ง } ใช้สำหรับลวดเชื่อมขนาด 3/16 นิ้ว (4.8 ม.ม.) และต่ำกว่า

OH = ท่าเหนือศรีษะ } ยกเว้นลวดขนาด 5/32 นิ้ว (4.0 ม.ม.) และต่ำกว่า สำหรับลวด E 7014 , E 7015 , E 7016 , E 7018 และ E 7018M

b) De ep คือกระแสตรงลวดเชื่อมขั้วบวก(DCRP) และ DEEN คือกระแสตรงลวดเชื่อมขั้วลบ(DCSP)

c) ลวดเชื่อม E 6022 จุดประสงค์สำหรับการเชื่อมรอยเชื่อมเดียวเท่านั้น (Single Pass)

d) ลวดเชื่อมที่ระบุการยืดตัว , Toughness , การดูดความชื้น , การแพร่ซึมของไฮโดรเจน จะมีการกำหนดไว้ใน

ตารางที่ 2,3

ภาคผนวก ข

ประเภทของลวดเชื่อม

ตารางที่ 2 ค่าการทดสอบแรงดึงที่ต้องการ

AWS Classification	Tensile Strength ksi	Tensile Strength MPa	Yield Strength at 0.2% Offset ksi	Yield Strength at 0.2% Offset MPa	Elongation in 2 in. (50.8 mm) Percent
E6010	60	414	48	331	22
E6011	60	414	48	331	22
E6012	60	414	48	331	17
E6013	60	414	48	331	17
E6019	60	414	48	331	22
E6020	60	414	48	331	22
E6022[d]	60	414	not specified		not specified
E6027	60	414	48	331	22
E7014	70	482	58	399	17
E7015	70	482	58	399	22
E7016	70	482	58	399	22
E7018	70	482	58	399	22
E7024	70	482	58	399	17[e]
E7027	70	482	58	399	22
E7028	70	482	58	399	22
E7048	70	482	58	399	22
E7018M	note g	482	53-72[f]	365-496[f]	24

หมายเหตุ

e) เนื้อเชื่อมที่ได้จากลวดเชื่อม E 7024-1 จะมีการยืดตัวต่ำสุด 22 %

f) สำหรับลวดเชื่อมขนาด 3/32 นิ้ว (2.4 ม.ม.) ค่า Yield Strength สูงสุด 77 ksi (531 Mpa)

g) ค่าความเค้นแรงดึงสูงสุดของเนื้อเชื่อมปกติ 70 ksi (482 Mpa)

ภาคผนวก ค

การทดสอบค่าแรงกระแทกที่ต้องการ

ตารางที่ 3 การทดสอบแรงกระแทกที่ต้องการ

AWS Classification	Limits for 3 out of 5 Specimens[a] Average, Min.	Single Value, Min.
E6010, E6011, E6027, E7015, E7016[b], E7018[b], E7027, E7048	20 ft-lb at -20°F (27 J at -29°C)	15 ft-lb at -20°F (20 J at -29°C)
E6019 E7028	20 ft-lb at 0°F (27 J at -18°C)	15 ft-lb at 0°F (20 J at -18°C)
E6012, E6013, E6020, E6022, E7014, E7024[b]	Not Specified	Not Specified
	Limits for 5 out of 5 Specimens[c] Average, Min.	Single Value, Min.
E7018M	50 ft-lb at -20°F (67 J at -29°C)	40 ft-lb at -20°F (54 J at -29°C)

หมายเหตุ

a. ค่าสูงสุดและต่ำสุดไม่นำมาใช้เป็นค่าเฉลี่ย ดังนั้นจากชิ้นทดสอบ 5 ชิ้น จะเหลือค่าที่นำมาเฉลี่ยเพียง 3 ค่า แต่ทั้ง 3 ค่าจะต้องเท่ากับหรือเกินกว่า 20 ft-Ib(27 J)

b. ลวดเชื่อมเพิ่มเติมมานี้ จะต้องได้ตามค่าทดสอบแรงกระแทกที่อุณหภูมิต่ำสุดที่กำหนดให้ข้างล่างนี้

AWS Classification	Electrode Designation	Charpy V-Notch Impact Requirements, Limits for 3 out of 5 specimens (Refer to Note a above) Average, Min.	Single Value, Min.
E7016 E7018	E7016-1 E7018-1	20 ft-lb at -50°F (27 J at -46°C)	15 ft-lb at -50°F (20 J at -46°C)
E7024	E7024-1	20 ft-lb at 0°F (27 J at -18°C)	15 ft-lb at 0°F (20 J at -18°C)

c. ค่าทดสอบนำมาใช้ทั้ง 5 ค่าเฉลี่ย และ 4 ใน 5 ค่าจะต้องเท่ากับหรือสูงกว่า 50 ft-Ib(67 J)

ภาคผนวก ง

ส่วนผสมเคมีของเนื้อเชื่อม

ารางที่ 4 ส่วนผสมเคมีของเนื้อเชื่อม

AWS Classification	UNS[a] Number	Weight, Percent[b]									Combined Limit for Mn + Ni + Cr + Mo + V
		C	Mn	Si	P	S	Ni	Cr	Mo	V	
E6010	W06010	Not Specified									
E6011	W06011										
E6012	W06012										
E6013	W06013										
E6019	W06019										
E6020	W06020										
E6022	W06022										
E6027	W06027										
E7016	W07016	Not Specified	1.60	0.75	Not Specified		0.30	0.20	0.30	0.08	1.75
E7018	W07018										
E7027	W07027										
E7014	W07014	Not Specified	1.25	0.90	Not Specified		0.30	0.20	0.30	0.08	1.50
E7015	W07015										
E7024	W07024										
E7028	W07028	Not Specified	1.60	0.90	Not Specified		0.30	0.20	0.30	0.08	1.75
E7048	W07048										
E7018M	W07018	0.12	0.40 to 1.60	0.80	0.030	0.020	0.25	0.15	0.35	0.05	Not Specified

*ค่าที่ให้มาค่าเดียวเป็นค่าสูงสุด