เรียบร้อยแล้ว
เรียบร้อย แล้ว /งานวิจัย 5 : ค
1988 3

รายงานการวิจัย

การสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

นายเดช เหมือนขาว
นายยงยุทธ ดุลยกุล
นายวิทยา ศิริคุณ

หอสมุดวิทยาเขตภาคใต้
รับเมื่อ - 6 ส.ค. 2548 เลขทะเบียน 047062
เลขเรียกหนังสือ 621-314
ด 831
2545

สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล
วิทยาเขตภาคใต้

ประจำปีงบประมาณผลประโยชน์ 2545

หนังสือนี้เป็นสมบัติของห้องสมุด
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตภาคใต้
ผู้ใดพบเห็นกรุณาส่งคืน จักขอบคุณยิ่ง

บทคัดย่อ

การออกแบบและสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ และใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนวิชากระบวนการเชื่อมในหัวข้อการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า โดยใช้เครื่องเชื่อมขนาดกระแสไม่น้อยกว่า 140 แอมแปร์ จุดประสงค์เพื่อให้นักศึกษาสามารถเข้าใจในหลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับได้ดีขึ้น ชุดสาธิตดังกล่าวจัดเป็นสื่อการสอนประเภทของจริง ที่เน้นให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ทางภาคปฏิบัติ เพื่อให้เห็นของจริงขณะปฏิบัติการเชื่อม ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้น

การดำเนินการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอน คือ การวางแผนและการเตรียมการ การออกแบบและคำนวณ ดำเนินการสร้าง และหาประสิทธิภาพของชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ โดยผู้เชียวชาญที่มีความรู้และประสบการณ์ ซึ่งให้ค่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับเท่ากับ 80.25 เปอร์เซ็นต์

กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยเล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณทุกท่าน ที่ให้คำปรึกษาและคำแนะนำต่างๆ ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาวิจัย และขอกราบขอบพระคุณอาจารย์คณะวิชาเทคโนโลยีการผลิต สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตภาคใต้ ที่ได้กรุณาให้ความสะดวกในการใช้อุปกรณ์ เครื่องมือ และเครื่องจักร และท้ายสุดขอกราบขอบพระคุณพ่อและแม่อันเป็นที่รัก ที่ได้เลี้ยงดู อบรมผู้วิจัยด้วยความรักให้เติบโตและมีการศึกษาที่ดีในวันนี้ ตลอดจนเพื่อนๆ ทุกท่านที่ช่วยให้ความดูแลและเป็นกำลังใจตลอดมา

หากรายงานวิจัยเล่มนี้มีผลดีและก่อให้เกิดประโยชน์ต่อส่วนรวม ตลอดจนการแก้ปัญหาในงานอุตสาหกรรมแล้ว ผู้วิจัยขอมอบความดีนี้ให้แก่ผู้มีพระคุณทุกท่าน

คณะผู้วิจัย

สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อ	
กิตติกรรมประกาศ	
สารบัญรูป	
สารบัญตาราง	
บทที่ 1 บทนำ	
1. ความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย	1
2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย	2
3. ขอบเขตของการวิจัย	2
4. ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
1. ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการผลิตสื่อการเรียนการสอน	3
2. ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเชื่อมไฟฟ้าแบบกระแสสลับ	7
3. ทฤษฎีที่เกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ	23
บทที่ 3 วิธีดำเนินการและวิธีการวิจัย	
1. การวางแผนและการเตรียมการ	39
2. การออกแบบและคำนวณ	39
3. การดำเนินการสร้าง	43
บทที่ 4 ผลการวิจัย	
1. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพของชุดสาธิต	46
2. อภิปรายผล	48
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	
1. สรุปผล	50
2. ผลการดำเนินงานวิจัย	50
3. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน	50
4. ข้อเสนอแนะ	51
บรรณานุกรม	
ภาคผนวก	

สารบัญรูป

รูปที่		หน้า
2.1	แสดงการพิจารณาเลือกลักษณะของสื่อ	4
2.2	แสดงสื่อประเภทจริง	4
2.3	แสดงลักษณะการอาร์คของลวดเชื่อมกับชิ้นงานในกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW	7
2.4	แสดงรูปไซน์เวฟของกระแสสลับ	8
2.5	แสดงเครื่องเชื่อมแบบเยเนอเรเตอร์กระแสสลับขับเครื่องด้วยเครื่องยนต์	9
2.6	แสดงส่วนประกอบของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง	10
2.7	แสดงลักษณะขดลวดเคลื่อนที่เพื่อปรับกระแสไฟฟ้าเชื่อม	10
2.8	แสดงวงจรเครื่องเชื่อมแบบทรานสฟอร์มเมอร์ ชนิดเคลื่อนที่แกน	13
2.9	แสดงหน้ากากเชื่อม	15
2.10	แสดงหัวจับลวดเชื่อมไฟฟ้า	16
2.11	แสดงสายเชื่อม	16
2.12	แสดงมาตรฐานของลวดเชื่อมระบบ AWS	17
2.13	แสดงแอมมิเตอร์กระแสสลับผลิตภัณฑ์ KAISE	19
2.14	แสดงหม้อแปลงกระแสสำหรับงานห้องปฏิบัติการ	21
2.15	แสดงวงจรภายในของหม้อแปลงกระแส	21
2.16	แสดงหลักการของอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า	27
2.17	แสดงชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า	27
2.18	แสดงการกระจายของปริมาณอนุภาคขนาดต่าง ๆ ในควันจากการเชื่อม	29
2.19	แสดงตัวอย่างหน้ากากกันฝุ่นแบบใช้กันฝุ่นโดยตรง	35
2.20	แสดงตัวอย่างหน้ากากกันฝุ่นแบบแยกส่วน	36
2.21	แสดงตัวอย่างหน้ากากป้องกันไอพิษ	36
2.22	แสดงตัวอย่างแว่นกันฝุ่นที่มีเครื่องป้องกันด้านข้าง	37
2.24	แสดงตัวอย่างแว่นตากันฝุ่น	37

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

2.1 แสดงส่วนผสมทางเคมีของแกนลวดโลหะ 17

2.2 แสดงหลักการเลือกแว่นตาเชื่อม ตามมาตรฐาน JIS T 8141-1970 25

2.3 แสดงกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ผู้ถูกกระแสไฟฟ้าเกิดปฏิกิริยา 26

2.4 แสดงการจำแนกประเภทของหัวจับลวดเชื่อมแบบมีฉนวนหุ้ม ตาม JIS E 9302 - 1976 28

2.5 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของควันเชื่อม 30

2.6 แสดงขีดจำกัดของโลหะต่าง ๆ ในควันเชื่อม 31

2.7 แสดงวิธีวัดปริมาณความเข้มของก๊าซชนิดต่าง ๆ 33

2.8 แสดงถุงมือหนังแบบต่าง ๆสำหรับงานเชื่อม 37

4.1 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตที่ประเมินโดยผู้เชียวชาญ 47

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

บทที่ 1
บทนำ

1. ความสำคัญของปัญหาที่ทำการวิจัย

การเชื่อมนับว่าเป็นกระบวนการที่มีบทบาทต่อการผลิตในงานอุตสาหกรรมมาก โดยเฉพาะงานประกอบชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์และงานซ่อมบำรุงต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับโลหะประเภทเหล็ก และโลหะที่ไม่ใช่เหล็ก กระบวนการเชื่อมที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ การเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เพราะเป็นกระบวนการเชื่อมที่มีหลักการทำงานง่าย ใช้งานได้กว้างขวาง มีหลักการทำงาน คือ ใช้ความร้อนซึ่งเกิดจากการอาร์ค (Arc) ของกระแสไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อมกับชิ้นงานที่ทำการเชื่อม ความร้อนเกิดจากการอาร์ค จะหลอมละลายโลหะบางส่วนบริเวณแนวเชื่อม ในขณะเดียวกันปลายของลวดเชื่อมก็จะหลอมละลายรวมกับโลหะชิ้นงานกลายเป็นแนวเชื่อม ดังนั้นกระบวนการเชื่อม ไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์จะต้องอาศัยความร้อนที่เกิดจากการอาร์ค ความร้อนจากการอาร์คได้มาจากเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ซึ่งถือเป็นอุปกรณ์หลักในงานเชื่อม เครื่องเชื่อมไฟฟ้ามีหลายชนิด อาทิเช่น เครื่องเชื่อมแบบมอเตอร์เยเนอเรเตอร์ ทั้งขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าและขับด้วยเครื่องยนต์ เครื่องเชื่อมแบบเรกติไฟเออร์ (Rectifier) เครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง เป็นต้น เครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เป็นเครื่องเชื่อมที่นิยมใช้กันมากที่สุด เพราะมีหลักการทำงานง่ายและสามารถหาซื้อได้ตามท้องตลาดทั่วไป จึงมีการใช้กันมากในภาคอุตสาหกรรมการผลิตโลหะต่าง ๆ โดยเครื่องเชื่อมมีหน้าที่เป็นแหล่งควบคุม พลังงานไฟฟ้าให้เหมาะสมกับงานเชื่อม

ภาคอุตสาหกรรมการผลิตที่เกี่ยวข้องกับโลหะในปัจจุบัน ยังต้องการแรงงานที่มีความรู้ความสามารถเกี่ยวกับการเชื่อมโลหะเป็นจำนวนมาก จึงต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพเข้ามาช่วยในการศึกษาด้านหลักการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ รวมถึงหลักการทำงานและอุปกรณ์ชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อมด้วย ในปัจจุบันการเรียนการสอนเรื่องการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า จะเน้นให้นักศึกษาฝึกเทคนิคการเชื่อมแบบต่างๆ ซึ่งทำให้นักศึกษามีทักษะเฉพาะการเชื่อมและวิธีการใช้เครื่องเชื่อมเท่านั้นส่วนระบบวงจรและอุปกรณ์ภายในของเครื่องเชื่อมไฟฟ้านักศึกษาเข้าใจแต่เพียงทฤษฎีเท่านั้น ชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงAC จึงเป็นวัสดุช่วยสอนที่จะช่วยเสริมจุดด้อยดังกล่าวของนักศึกษาได้ โดยจะเน้นให้นักศึกษาได้มองเห็นภาพอุปกรณ์และวงจรภายในของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าจริง ๆ รวมทั้งขณะที่สาธิตการเชื่อมสามารถที่จะสังเกตการเปลี่ยนแปลงของค่าพารามิเตอร์ต่าง ๆ ได้ชัดเจน อาทิเช่น กระแสไฟเชื่อม แรงดันไฟฟ้าของเครื่องเชื่อม เป็นต้น ดังนั้นเมื่อนักศึกษาเข้าใจระบบวงจรของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้แล้วก็จะนำไปสู่การประยุกต์ใช้ในการแก้ไขข้อขัดข้องต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้ต่อไป

2. **วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

2.1 เพื่อสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้า 220 โวลต์ จำนวน 1 ชุด

2.2 เพื่อศึกษาหลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

3. **ขอบเขตของการวิจัย**

เป็นการสร้างชุดสาธิตแสดงวงจร และ อุปกรณ์ภายในของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ขนาดไม่น้อยกว่า 100 แอมแปร์ 220 โวลท์ สามารถสาธิตการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้าได้จริงและเคลื่อนที่ไปตามสถานที่ต่าง ๆ ได้ด้วยล้อเลื่อน พร้อมติดตั้งอุปกรณ์เพื่อความปลอดภัยในการเชื่อมไฟฟ้า 1 ชุด

หลักการ วิธีการ และกรรมวิธี

3.1 ศึกษาข้อกำหนดเกี่ยวกับความปลอดภัยในงานเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า

3.1.1 การระบายอากาศ

3.1.2 อุปกรณ์ป้องกันอันตรายจากการเชื่อม

3.2 ศึกษาขั้นตอนการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลง

3.2.1 ศึกษากระแสในการเชื่อมและการแสดงผล

3.2.2 แรงเคลื่อนไฟฟ้าและการแสดงผล

3.3 ขั้นตอนการออกแบบและเขียนแบบชุดสาธิต

3.3.1 ขนาดของเครื่องเชื่อม

3.3.2 กำหนดระบบแสดงผลของกระแสและแรงดัน

3.3.3 การเลือกวัสดุและอุปกรณ์ป้องกันอันตราย

3.4 ขั้นตอนการผลิตและประกอบชุดสาธิต

3.5 ขั้นตอนการทดลองและปรับปรุงชุดสาธิต

3.6 สรุปและประเมินผล

4. **ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

4.1 ได้ชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ จำนวน 1 ชุด

4.2 ได้ศึกษาหลักการทำงานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง เป็นการศึกษาข้อมูลในการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งหัวข้อไว้ดังนี้

1. ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการผลิตสื่อการเรียนการสอน

ในกระบวนการเรียนการสอนนั้น สื่อการสอนนับได้ว่าเป็นองค์ประกอบที่สำคัญช่วยให้การเรียนการสอนบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นการจัดเตรียมสื่อการสอนให้มีประสิทธิภาพสูงสุด จำเป็นต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับการหลักการของสื่อการสอนอย่างถูกต้อง

1.1 ความหมายของสื่อการเรียนการสอน

สื่อการสอน (Instructional Media) หมายถึง ตัวกลางหรือสิ่งต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการเรียนการสอน เมื่อใช้เป็นเครื่องหรือช่องทางลัดสำหรับทำให้การถ่ายทอดความรู้ของครูถึงผู้เรียน และทำให้ผู้เรียนรู้ได้ตามวัตถุประสงค์หรือจุดมุ่งหมายที่วางไว้เป็นอย่างดี

1.2 หลักการพิจารณาในการเลือกสื่อการเรียนการสอน

การเลือกสื่อการสอนเพื่อนำไปใช้ประกอบการเรียนการสอน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพนั้นเป็นสิ่งสำคัญยิ่ง โดยในการเลือกสื่อผู้สอนต้องตั้งวัตถุประสงค์นั้นเป็นตัวชี้นำในการเลือกสื่อการเรียนการสอนให้เหมาะสม นอกจากนี้ยังมีหลักการเพื่อประกอบในการพิจารณาคือ

1.2.1 สื่อนั้นจะต้องสัมพันธ์กับเนื้อหาบทเรียนและจุดมุ่งหมายที่จะสอน

1.2.2 เลือกสื่อที่มีเนื้อหาถูกต้อง ทันสมัย น่าสนใจ ช่วยให้ผู้เรียนนั้นเข้าใจเนื้อหาได้ดี เป็นลำดับขั้นตอน

1.2.3 เป็นสื่อที่เหมาะสมกับวัย ระดับชั้นเรียน ความรู้ และประสบการณ์ของผู้เรียน

1.2.4 สื่อนั้นควรสะดวกในการใช้ มีวิธีใช้ไม่ซับซ้อนยุ่งยากจนเกินไป

1.2.5 ต้องเป็นสื่อที่มีคุณภาพ เทคนิคการผลิตที่ดี มีความชัดเจน และเป็นจริง

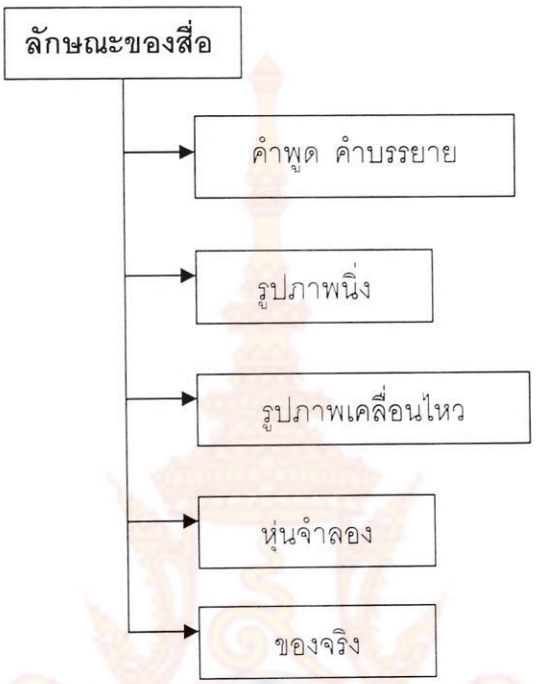
1.2.6 มีราคาไม่แพงจนเกินไป หรือถ้าจะผลิตเองควรคุ้มกับเวลาและการลงทุน

1.2.7 ครูผู้สอนต้องตระหนักถึงผู้เรียนอยู่เสมอ เพราะต้องเน้นสื่อการสอนที่ผู้เรียนใช้เป็นการเรียนรู้ของผู้เรียน

1.2.8 ครูผู้สอนควรศึกษาคู่มือ หรือแผนการสอนก่อน เพราะในคู่มือ หรือแผนการสอนจะบ่งบอกถึงเนื้อหาสาระ และสื่อการเรียนที่เหมาะสมในการใช้งาน

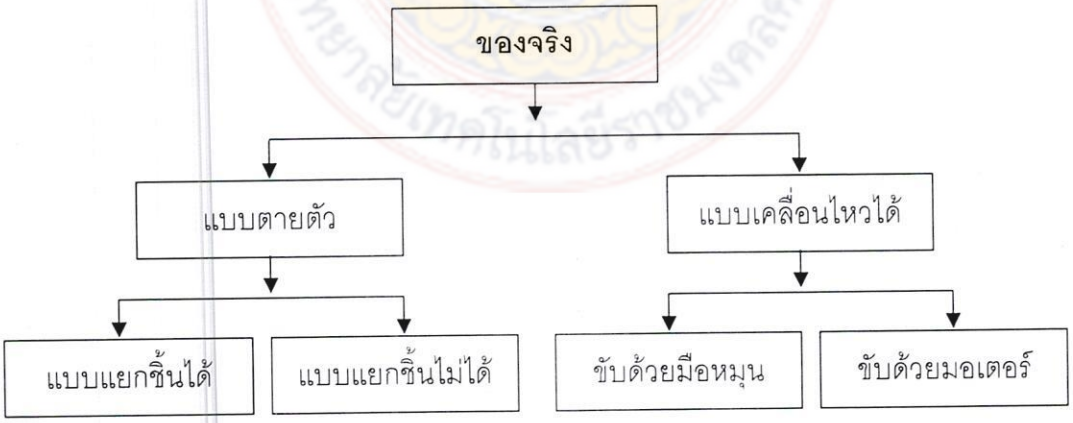
1.2.9 ผู้สอนควรให้ความสนใจ เนื้อหาสื่อการเรียนที่ช่วยให้ผู้เรียนเกิดความคิดและเป็นสิ่งเร้าใจให้เกิดกิจกรรมและแก้ปัญหาร่วมกัน

ลักษณะของสื่อการเรียนการสอน



รูปที่ 2.1 แสดงการพิจารณาเลือกลักษณะของสื่อ

จากรูปที่ 2.1 ได้เลือกสื่อประเภทของจริงมาใช้ในการผลิตสื่อ ซึ่งของจริงนั้นยังสามารถแยกได้หลายชนิดด้วยกัน ดังแสดงตามแผนภูมิดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แสดงสื่อประเภทของจริง

1.3 คุณค่าของสื่อการสอน

สื่อการสอนนั้นนับว่าเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการสอนของผู้สอนทุกครั้ง เพราะสื่อการสอนจะช่วยให้การสอนของผู้สอน และการเรียนของผู้เรียนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ

1.3.1 คุณค่าของผู้เรียน

1) ช่วยให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ เพราะทำให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาบท เรียนที่ยุ่งยากซับซ้อนได้ง่ายขึ้น ในระยะเวลาอันสั้น และสามารถช่วยให้เกิดความคิดรวบยอดในเรื่องนั้นได้อย่างถูกต้อง และรวดเร็ว

2) ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้แก่ผู้เรียน ทำให้เกิดความสนุกและไม่เบื่อหน่ายต่อการเรียน

3) ช่วยให้ผู้เรียนมีความเข้าใจตรงกันและเกิดประสบการณ์ร่วมกัน

4) ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนการสอนมากขึ้น

5) ช่วยสร้างเสริมลักษณะที่ดีในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้

6) ช่วยแก้ปัญหาในเรื่องความแตกต่างระหว่างบุคคล โดยจัดให้มีการใช้สื่อในการสอนรายบุคคล

1.3.2 คุณค่าต่อครูผู้เรียน

1) ช่วยให้บรรยากาศในการเรียนการสอนเป็นไปอย่างน่าสนใจ จะทำให้ครูผู้สอนมีความสนุกสนานในการสอนมากกว่าวิธีสอนโดยบรรยายเพียงอย่างเดียว

2) สื่อจะช่วยแบ่งเบาภาระของผู้สอนในการเตรียมเนื้อหา เพราะเนื้อหานั้นมีอยู่ในตัวสื่ออยู่แล้ว

3) ทำให้ผู้สอนตื่นตัวอยู่เสมอในการเตรียมและการผลิตวัสดุใหม่ ๆ เพื่อใช้เป็นสื่อการสอน

1.4 การประเมินประสิทธิภาพของสื่อ

หลังจากได้ทำการเลือกสื่อได้เหมาะสมแล้ว จากนั้นทำการผลิตสื่อขึ้นมาใช้เพื่อให้รู้ว่าสื่อที่ผลิตขึ้นมานั้น สามารถใช้ในการสอนได้ตามต้องการหรือไม่ จะต้องมีการประเมินประสิทธิภาพของสื่อ การประเมินประสิทธิภาพของสื่อสามารถทำได้ 4 วิธี

1.4.1 ให้ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้สอน ที่มีประสบการณ์ ในสายงานที่เกี่ยวกับสื่อที่ผลิตขึ้นเป็นผู้ประเมินผลสื่อดังกล่าว โดยใช้แบบประเมินเพื่อหาประสิทธิภาพในการหาประสิทธิภาพของสื่อนั้น จะต้องทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยวิธีทางสถิติ เพื่อหาคะแนนเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพดังสมการต่อไปนี้ (จรัญ 2529 : 20)

สูตรการหาคะแนนเฉลี่ย

จากสูตร $\bar{X} = \frac{\sum X}{N}$ .....(1)

เมื่อ $\bar{X}$ คือ คะแนนเฉลี่ย

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของระดับการประเมินประสิทธิภาพ

N คือ จำนวนของผู้ประเมิน

สูตรการหาเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ

จากสูตร $E = \frac{\sum X}{A}$ .....(2)

เมื่อ E คือ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพ

$\sum X$ คือ คะแนนรวมของระดับการประเมินประสิทธิภาพ

A คือ คะแนนเต็มของระดับการประเมินประสิทธิภาพ

จากคะแนนเฉลี่ยของระดับการประเมิน และ เปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่ได้จากวิธีทางสถิติ นำมาวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายสื่อที่ผลิตขึ้นว่าอยู่ในเกณฑ์ใด เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นสื่อการเรียนการสอนได้หรือไม่ ซึ่งสื่อที่ดีจะต้องมีค่าเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่ 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป

1.4.2 ทดลองใช้สอนในห้องเรียน โดยการนำสื่อไปทดลองสอน และให้นักศึกษาประเมินดูประสิทธิภาพและข้อบกพร่อง

1.4.3 ให้อาจารย์แต่ละคนดูเป็นรายบุคคล และวิจารณ์ข้อบกพร่อง

1.4.4 ใช้ทั้ง 3 วิธี ที่กล่าวมาแล้วรวมกัน

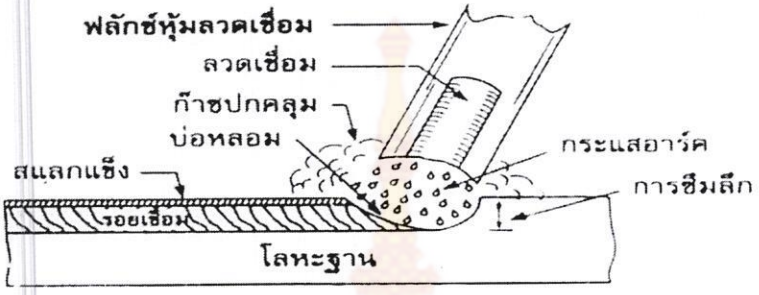
2. <u>ทฤษฎีที่เกี่ยวกับการเชื่อมไฟฟ้าแบบกระแสสลับ</u>

ปัจจุบันการเชื่อมแบบอาร์คด้วยกระแสสลับกำลังแพร่หลายอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเครื่องเชื่อมกระแสสลับมีประสิทธิภาพสูงขึ้น ใช้งานได้สะดวกและอิเล็คโทรดสำหรับกระแสสลับ ได้รับการพัฒนาจนมีชนิดต่าง ๆ สามารถเลือกใช้ได้ตามต้องการและมีคุณภาพสูงสามารถเชื่อมได้ง่าย โดยมีรายละเอียดของเครื่องเชื่อมและอุปกรณ์การเชื่อมด้วยกระแสสลับ จะกล่าวดังนี้

2.1 หลักการเชื่อมไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

ในกระบวนการเชื่อมไฟฟ้าแบบ Shield Metal Arc Welding (SMAW) หรือการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์นั้น จะใช้ความร้อนจากการอาร์คหลอมละลายชิ้นงาน (Base Metal) และปลายของลวดเชื่อมเป็นแนวเชื่อม (Weld Bead) บริเวณบ่อหลอมละลายนั้นจะมีก๊าซปกคลุม

(Gas Shield) ซึ่งเกิดจากฟลักซ์ที่หลอมละลาย ป้องกันไม่ให้ก๊าซออกซิเจนและก๊าซไนโตรเจนในอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยากับโลหะหลอมละลายและควบคุมการอาร์ค ฟลั๊กซ์ที่หลอมละลายจะลอยขึ้นมาปกคลุมแนวเชื่อมไว้ เรียกว่า สแลก (Slag) ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 แสดงลักษณะการอาร์คของลวดเชื่อมกับชิ้นงานในกระบวนการเชื่อมแบบ SMAW

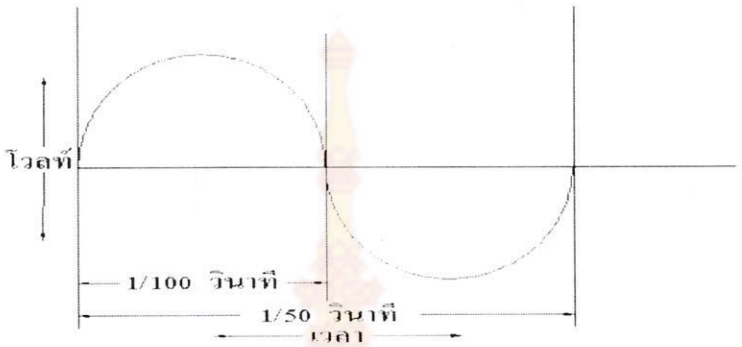
ในการเชื่อมไฟฟ้าให้ได้ผลดีนั้นจะต้องคำนึงถึงหลักสำคัญของการเชื่อม เช่น ขนาดของลวดเชื่อมที่ใช้ (Electrode Size) กระแสไฟฟ้าในการเชื่อม (Current) ระยะอาร์ค (Arc length) ความเร็วในการป้อนลวดเชื่อม (Travel Speed) มุมของลวดเชื่อม (Electrode Angle) สิ่งกล่าวมามีความสำคัญทั้งนั้น ที่จะก่อให้เกิดผลดีต่อการเชื่อมไฟฟ้า คือ ขนาดของลวดเชื่อมต้องใช้ให้เหมาะสมกับขนาดของชิ้นงานกระแสไฟฟ้าในงานเชื่อมต้องไม่น้อยหรือมากเกินไป ระยะอาร์ค ความเร็วและมุมของลวดเชื่อมก็เช่นกัน

ในการเดินแนวเชื่อมต้องพยายามควบคุมระยะอาร์คคือระยะจากปลายลวดเชื่อมถึงผิวหน้าของชิ้นงานให้อยู่ระหว่าง 2 เท่าของความโตของแกนลวดเชื่อมและมุมของลวดเชื่อมเอียงจากแนวตั้งไปทางของทิศทางการเชื่อมประมาณ 5 ถึง 10 องศา เริ่มต้นเชื่อมจากขอบของชิ้นงานและเดินแนวด้วยความเร็วสม่ำเสมอไม่เร็ว หรือช้าเกินไป

2.1.1 คุณลักษณะของการเชื่อมแบบอาร์คด้วยกระแสสลับ กระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกจากโรงไฟฟ้าเป็นกระแสสลับที่มีความถี่ขนาด 50 ไซเกิลต่อวินาที กระแสไฟสลับเป็นชนิดกระแสที่สามารถเพิ่มหรือลดขนาดแรงเคลื่อนได้ตามต้องการ โดยใช้หม้อแปลงเป็นเครื่องมือ

กระแสไฟสลับที่มีทิศทางไหลกลับกันเป็นอัตราต่าง ๆ ตามที่กำหนดให้กำหนดขึ้นอัตราการไหลสลับทิศทางนี้เมื่อนำมาเขียนเป็นรูปไซน์เวฟ ดังแสดงในรูปที่ 2.4 จะสามารถอธิบายกระแสไฟสลับให้เข้าใจได้ง่ายขึ้น อัตราการเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลของกระแสที่ใช้อยู่ในขณะนี้มีอัตราการเปลี่ยนแปลงการไหล 100 ครั้งต่อวินาที เมื่อกระแสไหลในทิศทางหนึ่งแล้วเปลี่ยนแปลงทิศ

ทางการไหลในทิศทางตรงกันข้ามครบหนึ่งครั้งจะเรียกว่า 1 ไซเกิล ดังนั้น 1 ไซเกิล จะใช้เวลาเปลี่ยนแปลงการไหลเท่ากับ 1 ต่อ 50 วินาที ซึ่งเมื่อกระแสไหลครบ 50 ไซเกิล จึงใช้เวลาทั้งหมดเท่ากับ 1 วินาที โดยเหตุนี้จึงเรียกอัตราการเปลี่ยนแปลงการไหลของกระแสขนาดนี้ว่ากระแสสลับความถี่ 50 ไซเกิล



รูปที่ 2.4 แสดงรูปไซน์เวฟของกระแสสลับ

เครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบหม้อแปลง เป็นเครื่องมือสำหรับเปลี่ยนแปลงขนาดแรงเคลื่อนให้มีขนาดต่ำลงเพื่อเพิ่มขนาดกระแสให้สูงขึ้นเป็นขนาดที่พอเหมาะสำหรับการเชื่อม ซึ่งอาร์คของอิเล็คโทรดด้วยกระแสสลับในช่วงหนึ่งไซเกิล

2.1.2 ข้อดีของการเชื่อมด้วยกระแสสลับ การเชื่อมแบบอาร์คด้วยกระแสสลับมีข้อดี ซึ่งเหนือกว่าการเชื่อมด้วยกระแสตรง คือ ไม่เกิดอาร์คโบว์ขึ้นในขณะเชื่อม อาร์คโบว์ไม่เกิดขึ้นในการเชื่อมด้วยกระแสสลับเนื่องจากกระแสเปลี่ยนแปลง ทิศทางการไหลทุก 1 ต่อ 100 วินาที จึงมีสนามแม่เหล็กเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อย และขั้วแม่เหล็กของสนามแม่เหล็กจะเปลี่ยนแปลงไปพร้อมกับจำนวนความถี่ของกระแสด้วย อำนาจแม่เหล็กจึงเกิดขึ้นไม่มากพอที่จะทำให้อาร์คแกว่ง หรืออาร์คหมดความสม่ำเสมอ ฉะนั้นการเชื่อมด้วยกระแสสลับจึงเป็นวิธีการเชื่อมที่ให้รอยเชื่อมมีคุณภาพดี

การเริ่มต้นอาร์คด้วยกระแสสลับ จะทำให้ยากกว่าการเริ่มต้นอาร์คด้วยกระแสตรงเล็กน้อย เนื่องจากกระแสสลับเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลอยู่ตลอดเวลา แต่หลังจากการเริ่มต้นผ่านไปแล้วอาร์คจะเกิดสม่ำเสมอ จึงทำให้รักษาการอาร์คได้ง่าย การเชื่อมด้วยกระแสสลับ การซึมลึกในรอยเชื่อมจะมีขนาดเพียงพอสำหรับการเชื่อม เพื่อให้การเริ่มต้นด้วยกระแสสลับทำได้ง่ายขึ้น เครื่องเชื่อมบางแบบจะมีวงจรพิเศษ ซึ่งเรียกว่า ฮอท สตาร์ท (Hot Start) สำหรับผลิตกระแสความถี่สูง (High Frequency Current) เพื่อใช้ในการอาร์คเริ่มต้น แต่สำหรับเครื่องเชื่อมบางเครื่องจะใช้ตัว

ประจุ (Capacitor) ต่อไว้ในวงจรทุติยภูมิของเครื่องเชื่อม เพื่อเพิ่มกระแสให้สูงขึ้นขณะที่เริ่มต้นอาร์ค ต่อจากนั้นขนาดกระแสจะลดลงจนมีขนาดตามปกติเช่นเดิม

การเชื่อมด้วยกระแสสลับ เป็นการเชื่อมที่ทำได้รวดเร็วมากกว่าการเชื่อมด้วยกระแสตรง เนื่องจากสามารถเลือกใช้อิเล็คโทรดที่มีขนาดใหญ่ด้วยกระแสสูง โดยไม่เกิดอาร์คโบว์ขณะเชื่อม

ข้อดีของการเชื่อมด้วยกระแสสลับ สรุปได้ดังนี้

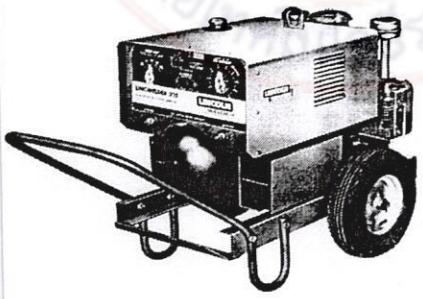
1) อาร์คมีกำลังแรง
2) ไม่เกิดอาร์คโบว์ขึ้นขณะเชื่อม
3) หลังจากการเริ่มต้นอาร์คแล้วจะควบคุมการอาร์คได้ง่าย
4) เป็นวิธีการเชื่อมที่ดีที่สุดในขบวนการเชื่อมแบบอาร์ควิธีต่าง ๆ
5) เป็นวิธีการเชื่อมซึ่งนิยมใช้สำหรับการเชื่อมเหล็กกล้าที่มีความหนามาก ๆ

2.2 ชนิดของเครื่องเชื่อมแบบกระแสสลับ

เครื่องเชื่อมกระแสสลับมีหลายแบบอาจแบ่งเป็นแบบพื้นฐานได้ 2 แบบ คือ

2.2.1 เครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบมอเตอร์เยเนอเรเตอร์ ซึ่งจะเป็นเครื่องเชื่อมที่มีประสิทธิภาพในการเชื่อมสูง เป็นแบบเครื่องเชื่อมซึ่งสามารถผลิตกระแสที่มีความถี่สูงสำหรับการเชื่อม จึงทำให้การเริ่มต้นอาร์คทำได้ง่าย และอาร์คที่เกิดขึ้นขณะเชื่อมมีความสม่ำเสมอและคงที่ดี

มอเตอร์สำหรับหมุนขับเคลื่อนเยเนอเรเตอร์จะเป็นแบบใช้กระแสไฟเดี่ยว หรือสามเฟส หมุนด้วยความเร็วประมาณ 1,750 รอบต่อนาที สำหรับเยเนอเรเตอร์จะผลิตกระแสตรงด้วยความถี่ขนาด 500 ไซเกิลต่อวินาที เครื่องเชื่อมแบบเยเนอเรเตอร์กระแสสลับ นอกจากจะใช้มอเตอร์หมุนขับเคลื่อนเยเนอเรเตอร์แล้วยังใช้เครื่องยนต์ขนาดต่าง ๆ หมุนขับเคลื่อนเยเนอเรเตอร์แทนมอเตอร์ เครื่องเชื่อมแบบเยเนอเรเตอร์ ซึ่งใช้เครื่องยนต์ขับเคลื่อนนี้ส่วนมากจะใช้สำหรับการเชื่อมงานภายนอก โรงงาน ซึ่งไม่มีกระแสไฟผ่านเข้าไปถึง ดังแสดงในรูปที่ 2.5

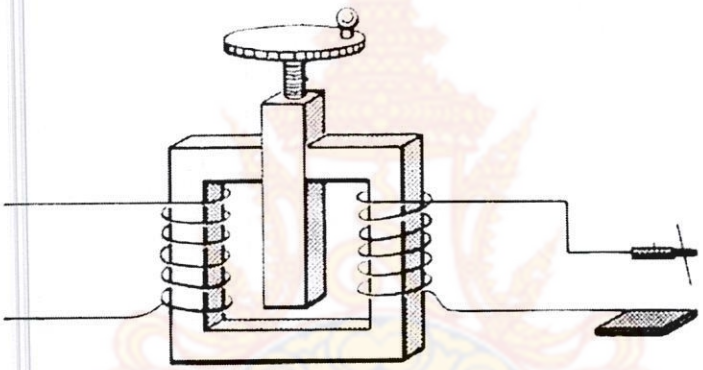


รูปที่ 2.5 แสดงเครื่องเชื่อมแบบเยเนอเรเตอร์กระแสสลับขับเคลื่อนด้วยเครื่องยนต์

2.2.2 เครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบทรานสฟอร์มเมอร์ เป็นเครื่องเชื่อมแบบที่นิยมใช้กันมากในขณะนี้ เครื่องเชื่อมส่วนมากจะใช้ต่อกับไฟฟ้าขนาด 220 โวลต์ กระแสเฟสเดี่ยว สายเชื่อมและสายดิน สำหรับต่อกับเครื่องเชื่อมและวงจรของเครื่องเชื่อมแบบทรานสฟอร์มเมอร์ จะเหมือนกับเครื่องเชื่อมกระแสตรง

เครื่องแบบทรานสฟอร์มเมอร์นี้ยังแยกออกเป็นชนิดต่าง ๆ ได้ 3 ชนิด ซึ่งการแยกชนิดของเครื่องเชื่อมนี้จะแยกตามวิธีการที่ใช้ปรับขนาดกระแสคือ

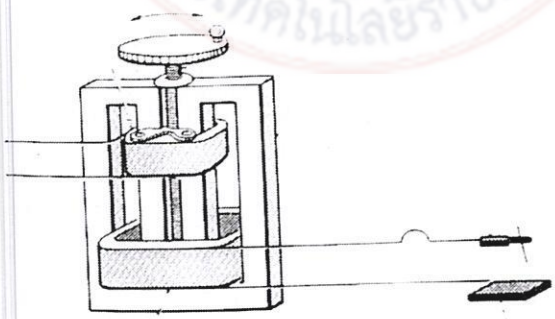
1) แบบแกนเหล็กเคลื่อนเข้าออก (Moveable Cole) ดังรูปที่ 2.6 แกนเหล็กเคลื่อนเข้ากระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้น เพราะเกิดการเหนี่ยวนำไฟฟ้าสูงถ้าเคลื่อนออกการเหนี่ยวนำไฟฟ้าลดลง กระแสไฟฟ้าลดลง



รูปท 2.6 แสดงสวนประกอบของเครองเชอมไฟฟาแบบหมอแปลง

2) แบบขดลวดเคลื่อนที่ (Moveable Winding) ขดลวดขดใดขดหนึ่งอยู่กับที่อีกขดหนึ่งเคลื่อนที่ได้เคลื่อนเข้าใกล้กระแสไฟฟ้าจะสูงขึ้น เคลื่อนออกห่างกระแสไฟฟ้าจะต่ำลง

3) แบบปรับเปลี่ยนด้วยขดลวดความต้านทานของกระแสไฟฟ้า (Reactor) ใช้ ขดลวดความต้านทานทำหน้าที่ลดและเพิ่มกระแสไฟฟ้า ดังลักษณะในรูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 แสดงลักษณะขดลวดเคลื่อนเพื่อปรับกระแสไฟฟ้าเชื่อม

2.3 วงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบกระแสสลับ

กระแสสลับสำหรับการเชื่อม เป็นกระแสที่มีคุณลักษณะเฉพาะตัว การเชื่อมด้วยไฟฟ้ากระแสสลับ จะแยกแขนงออกเป็นการเชื่อมแบบต่าง ๆ ซึ่งจะได้กล่าวดังต่อไปนี้

2.3.1 ทรานสฟอร์มเมอร์สำหรับการเชื่อมด้วยกระแสสลับ เครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบที่นิยมใช้มาก คือ แบบทรานสฟอร์มเมอร์ หรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่าเครื่องแปลงกระแส เครื่องเชื่อมแบบทรานสฟอร์มเมอร์จะมีขนาดต่าง ๆ ตั้งแต่ขนาด 100 140 200 300 400 แอมแปร์ ขนาดแอมแปร์นี้ คือ ขนาดกระแสเชื่อมที่เครื่องเชื่อมสามารถจ่ายออกมาได้ ที่ขนาดแรงเคลื่อน 40 โวลต์ เครื่องเชื่อมมาตรฐานควรมีดิวตี้ไซเกิล (Duty Cycle) ไม่ต่ำกว่า 60 เปอร์เซ็นต์

เครื่องเชื่อมมาตรฐานควรแปลงแรงเคลื่อนในวงจรเปิด ไม่ควรเกิน 75 ถึง 80 โวลต์ ถ้าแรงเคลื่อนสูงกว่านี้ จะไม่มีความปลอดภัยสำหรับใช้งาน เครื่องเชื่อมกระแสสลับแบบทรานสฟอร์มเมอร์ จะมีส่วนประกอบที่สำคัญ คือตัวทรานสฟอร์มเมอร์โครงเครื่องระบบถ่ายเทอากาศ แกนเหล็กของทรานสฟอร์มเมอร์และกลไกปรับขนาดกระแส

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลง หรือทรานสฟอร์มเมอร์มีดังนี้

1) แกนเหล็ก (Transformer Core) เป็นแผ่นเหล็กผสมซิลิคอนบาง ๆ อัดเป็นชั้นมีฉนวนทำจากวานิชหรือกระดาษกั้นระหว่างแผ่นเหล็กผสมซิลิคอน เหตุที่ต้องใช้วานิชหรือกระดาษเป็นฉนวนกั้นระหว่างแผ่นก็เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้นเรียงกันได้ดีไม่เกิดกระแส ไหลวนและไม่เกิดความร้อนภายในตัวเครื่อง แกนของหม้อแปลงเครื่องเชื่อมไฟฟ้า ทำหน้าที่เป็น ตัวนำหรือทางเดินของฟลักซ์แม่เหล็ก ที่นิยมใช้กันมี 2 ประเภทคือ

- แบบคอร์ (Core Type) การพันขดลวดบนแกนชนิดนี้ มักพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิแยกกัน แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์นิยมใช้กับหม้อแปลงไฟฟ้าที่มีขนาดใหญ่ เพราะการพันขดลวดเช่นนี้ ทำให้เกิดการรั่วไหลของฟลักซ์แม่เหล็ก (Flux Leakage) ได้น้อย แกนของหม้อแปลงไฟฟ้าแบบคอร์ ทำจากแผ่นลามิเนทรูป U และ I วางซ้อนกัน

- แบบเชลล์ (Shell Type) การพันขดลวดบนแกนชนิดนี้มักพันขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิที่แกนเดียวกัน คือ แกนอันกลางแบบเชลล์ทำด้วยแผ่นลามิเนท เป็นรูป Eและ I วางซ้อนกัน

2) ขดลวดปฐมภูมิ (Primary) เป็นขดลวดเส้นเล็กพันรอบแกนเหล็กมีจำนวนรอบสูง ที่ปลายทั้งสองต่อกับสายเมนกระแสสลับแรงเคลื่อน 110 ถึง 500 โวลต์ ค่าใดค่าหนึ่งตามขนาดการใช้งาน ขณะที่กระแสไฟฟ้าจากสายเมนไหลผ่านขดลวด จะทำให้เกิดเส้นแรงแม่เหล็กที่ไหลวนในแกนเหล็ก

3) ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary) เป็นขดลวดเส้นโตกว่าขดลวดปฐมภูมิ และมีจำนวนรอบน้อยกว่าพันอยู่รอบแกนเหล็ก เช่นเดียวกับขดลวดปฐมภูมิซึ่งอยู่ด้านตรงข้าม เนื่องจากแกนเหล็กที่ขดลวดทุติยภูมิพันรอบนั้น มีเส้นแรงแม่เหล็กวิ่งเกิดจากการเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิไหลผ่านตัดกับขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดความต้านทานในตัวนำต่ำ ทำให้มีกระแสไหลใน ตัวนำสูง 30 ถึง 40 แอมแปร์ และเราได้นำเอากระแสนี้ไปใช้ประโยชน์ในการเชื่อม

วงจรปฐมภูมิของทรานสฟอร์มเมอร์ของเครื่องเชื่อม เป็นวงจรสำหรับกระแสเข้าทรานสฟอร์มเมอร์วงจรนี้ เป็นวงจรที่ทำขึ้นโดยใช้เส้นลวดทองแดงพันรอบแกนเหล็ก ซึ่งอำนาจแม่เหล็กเกิดจากขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับจำนวนขอบของขดลวด ขดลวดที่พันรอบแกนเหล็กแต่ละชิ้น จะมีฉนวนพันป้องกันกระแสลัดวงจรระหว่างขดลวดชิ้นต่อชิ้น และขดลวดกับแกนเหล็กฉนวนที่ใช้พันขดลวดมี 3 ชนิด ชนิด A เป็นวัสดุอินทรีย์ ชนิด B เป็นวัสดุอินทรีย์ ชนิด C เป็นวัสดุผสมระหว่างสารอินทรีย์กับอนินทรีย์ ฉนวนชนิด B มีคุณภาพดีที่สุด สามารถใช้ได้อย่างปลอดภัยเมื่อใช้กับอุณหภูมิสูง โดยไม่ต้องคำนึงถึงความชื้น ฉนวนชนิดนี้ได้แก่ ใยแร่ ใยแก้ว และซิลิกอน

ในวงจรปฐมภูมิของเครื่องเชื่อมบางเครื่องมีตัวประจุ (Capacitor) ต่อคล่อมไว้กับขดลวด เพื่อช่วยแก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ (Power Factor) เครื่องเชื่อมซึ่งสร้างขึ้นด้วยมาตรฐานของ NEMA จะมีค่า เพาเวอร์แฟคเตอร์ไม่น้อยกว่า 80 เปอร์เซ็นต์ ในวงจรปฐมภูมิมีอุปกรณ์ต่าง ๆ ประกอบด้วย

1) สวิทซ์ ปิด เปิด วงจร

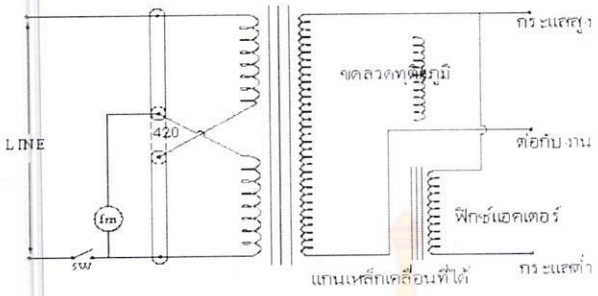
2) อุปกรณ์ป้องกันกระแสไหล ฟิวส์ หรือเซอกิตเบรคเกอร์

3) ตัวประจุ

4) วงจรสำหรับมอเตอร์พัดลม และ 5) วงจรหลอดไฟสัญญาณ

เครื่องเชื่อมกระแสสลับชนิดปรับกระแสโดยการเคลื่อนที่แกนวงจรของเครื่องชนิดนี้ ดังแสดงในรูปที่ 2.8 วงจรประกอบด้วยขดลวดปฐมภูมิ 2 ชุด แกนชนิดเคลื่อนที่และความต้านทานของกระแสสลับ (Reactor) จะต่อไว้กับสายเคเบิลสำหรับกระแสต่ำ ในวงจรนี้ ไลน์ (Line) คือสายกระแสกำลัง เอฟ เอ็ม (FM) คือ มอร์เตอร์ในระบบถ่ายเทอากาศ เอส ดับเบิลยู (SW) คือ สวิทซ์ ปิด เปิดวงจร ขดลวดปฐมภูมิ จะต่อแบบขนานใช้กับแรงเคลื่อน 220 โวลท์ เมื่อเคลื่อนขั้วต่อสาย (Bar) สองตัว ตัวหนึ่ง จะใส่อยู่ในตำแหน่งศูนย์กลางขดลวด ถึง ปฐมภูมิทั้งสองจะต่อแบบอนุกรม ใช้สำหรับการต่อกับแรงเคลื่อนขนาด 440 โวลท์

ข้อสังเกต ไม่ว่าจะเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนเป็นขนาด 440 โวลท์ หรือ 220 โวลท์ มอเตอร์พัดลมก็จะทำงานด้วยแรงเคลื่อน 220 โวลท์



รูปที่ 2.8 แสดงวงจรเครื่องเชื่อมแบบทรานสฟอร์มเมอร์ ชนิดเคลื่อนที่แกน

วงจรทุติยภูมิ เป็นวงจรที่สร้างกระแสไฟฟ้าสูงจากสนามแม่เหล็ก ซึ่งเกิดจากวงจรปฐมภูมิโดยเส้นแรงแม่เหล็กจะไหลทวนทิศทางกันในขดลวด ขดลวดทุติยภูมิจะประกอบด้วยเส้นลวดทองแดงพันรอบแกนเหล็กจำนวนไม่กี่รอบ แต่ขนาดของเส้นลวดที่พัน จะมีขนาดใหญ่มากกว่าเส้นลวด ของขดลวดปฐมภูมิ การใช้เส้นลวดขนาดใหญ่นี้เพื่อให้ขดลวดสามารถต้านทานกระแสได้สูง ขดลวดปฐมภูมิและขดลวดทุติยภูมิ จะซ้อนอยู่ในแกนเหล็กชุดเดียวกัน สายเคเบิลซึ่งต่อจากขดลวดทุติยภูมิและปลายสายอีกด้านหนึ่งจะต่อกับหลักต่อสาย (Terminal) ของตัวเครื่องเชื่อม หลักต่อสายคู่นี้ จะเป็นหลักหรือเต้าเสียบของสายเชื่อมกับสายดิน เพราะฉะนั้นหลักต่อสายนี้จะต้องยึดติดกับตู้เชื่อมอย่างแข็งแรงและต้องมีความต้านทานกระแสต่ำ เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนเมื่อกระแสไหลผ่าน

เครื่องเชื่อมบางแบบ จะมีขดลวดความต้านทานชนิดปรับขนาดได้ต่อไว้ในวงจรทุติยภูมิสำหรับปรับขนาดกระแสเชื่อม ขดลวดความต้านทานนี้จะให้กำเนิดแรงเคลื่อน ซึ่งไหลสวนทางกับทางเคลื่อนของทรานสฟอร์มเมอร์ ซึ่งมีผลทำให้ความเข้มของสนามแม่เหล็กของทรานสฟอร์มเมอร์เปลี่ยนแปลง จึงทำให้ขนาดกระแสเชื่อมเมื่อเปลี่ยนแปลงลงไปด้วย

2.3.2 ดิวตี้ไซเคิล งานเชื่อมบางอย่างจะไม่ปฏิบัติการเชื่อมติดต่อกันตลอดเวลาทั้งหมด หรือ 100 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นเครื่องเชื่อมที่ใช้จึงจ่ายกระแสเป็นช่วงสั้น ๆ จึงไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องเชื่อมที่มีขนาดใหญ่และมีความต้านทานสูงเหมือนเครื่องเชื่อมของงานที่ต้องทำงานติดต่อกันตลอดเวลาโดยไม่มีเวลาหยุด ดิวตี้ไซเคิล จะมีความสำคัญในการกำหนดขนาดกระแสเชื่อมของเครื่องเชื่อมเมื่อใช้งานในเวลาที่จำกัดไว้ เครื่องเชื่อมไม่จำเป็นต้องจ่ายกระแสเชื่อมติดต่อตลอดเวลา เนื่องจากช่างเชื่อมจะหยุดเชื่อมเพื่อเปลี่ยนอิเลคโทรด ประกอบงาน เปลี่ยนตำแหน่งท่าเชื่อม หรือเปลี่ยนขนาดกระแส แต่อย่างไรก็ตามเครื่องเชื่อมที่ใช้ในระบบเชื่อมอัตโนมัติจะเป็นเครื่องเชื่อมที่จ่ายกระแสออกมาได้โดยไม่จำกัดเวลา

ดิวตี้ไซเคิล จะแสดงขนาดไว้เป็นเปอร์เซ็นต์ คือเวลาในช่วง 10 นาที เครื่องเชื่อมมีความสามารถจ่ายกระแสที่พิกัดกำหนดโดยไม่ทำให้เครื่องเชื่อมเครื่องนั้นร้อนจนมีอุณหภูมิเกินพิกัดที่กำหนดได้ ดังนั้นถ้าเครื่องเชื่อมมีดิวตี้ไซเคิล 60 เปอร์เซ็นต์ หมายถึง เครื่องเชื่อมเครื่องนั้นสามารถจ่ายกระแสตามพิกัดได้นาน 6 นาที ในช่วงเวลาทุก ๆ 10 นาที เครื่องเชื่อมที่มีดิวตี้ไซเคิล 100 เปอร์เซ็นต์ คือ เครื่องเชื่อมที่สามารถจ่ายกระแสตามขนาดพิกัดติดต่อกันตลอดเวลา โดยที่เครื่องเชื่อมเครื่องนั้นมีอุณหภูมิไม่เกินขนาดที่พิกัดไว้

พื้นฐานการคำนวนดิวตี้ไซเคิล จะคำนวณมาจากอัตราระหว่างเวลาที่ใช้เครื่องเชื่อม มีภาระโหลด (Load) ตามพิกัดและเวลาที่ไม่ต้องการให้เรื่องเชื่อมมีภาระเพื่อให้อุปกรณ์ ขดลวด และฉนวนเย็นต่ำลงจนมีขนาดพิกัด ฉะนั้นเครื่องเชื่อมจะมีขนาดดิวตี้ไซเคิลเท่าไรก็ตาม อุณหภูมิสูงสุดที่ยอมให้อุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในเครื่องเชื่อมร้อนขึ้นได้จะเป็นปัจจัยในการกำหนดขนาดของดิวตี้ไซเคิล การกำหนดขนาดอุณหภูมิสูงสุดของเครื่องเชื่อม จะกำหนดขึ้นโดยสถาบันที่ทำหน้าที่เป็นตัวกำหนดมาตรฐานของฉนวนไฟฟ้า อุณหภูมิสูงสุดที่กำหนดไว้จะไม่เปลี่ยนแปลงไปตามดิวตี้ไซเคิลหรือขนาดกระแสของเครื่องเชื่อม ดังนั้นถ้าเครื่องเชื่อมเครื่องหนึ่งมีขนาด 200 แอมแปร์ 28 โวลท์ ขนาดของดิวตี้ไซเคิล 40 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจะมีความร้อนภายในเครื่องเชื่อมใกล้เคียงกับเครื่องเชื่อมอีกเครื่องหนึ่ง ที่มีขนาดกระแสและแรงเคลื่อนเท่ากัน แต่มีขนาดดิวตี้ไซเคิล 100 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเครื่องเชื่อมทั้งสองทำงานที่ภาระและดิวตี้ไซเคิลตามอัตราที่กำหนดไว้

ดิวตี้ไซเคิลของเครื่องเชื่อมจะมีพื้นฐานการกำหนดมาตรฐานมาจากกระแสที่จ่ายออกจาก เครื่องเชื่อมในสูตรทั้งสองสูตรที่แสดงไว้ข้างล่างนี้ จะใช้ในการคำนวณหาค่าของดิวตี้ไซเคิล ซึ่งกำหนดขึ้นดังต่อไปนี้

จากสูตร $$T_a = \frac{I^2}{(I_a)^2} \times T$$ .....(3)

จากสูตร $$I_a = \sqrt{\frac{T}{T_a}} \times I$$ .....(4)

เมื่อ T คือ ค่าพิกัดดิวตี้ไซเคิลเป็นเปอร์เซ็นต์

T_a คือ ดิวตี้ไซเคิลที่ต้องการเป็นเปอร์เซ็นต์

I คือ อัตรากระแสตามพิกัดดิวตี้ไซเคิล

I_a คือ กระแสสูงสุดตามดิวตี้ไซเคิลที่ต้องการ

2.3.3 การระบายความร้อน เครื่องเชื่อมแบบทรานสฟอร์มเมอร์ทุก ๆ เครื่องจะมีระบบรายความร้อนอยู่ด้วย ถ้าเป็นเครื่องเชื่อมขนาดเล็กจะระบายความร้อนด้วยอากาศ โดยมีช่องทางให้อากาศไหลผ่านเข้าออกในเครื่องตามธรรมชาติ แต่สำหรับเครื่องเชื่อมขนาดใหญ่จะระบายความร้อนด้วยมอเตอร์พัดลม พัดลมจะทำหน้าที่เป่าหรือดูดอากาศให้ไหลผ่านส่วนต่าง ๆ ของเครื่องเชื่อมมอเตอร์พัดลมนี้จะติดต่อกับวงจรปฐมภูมิ มอเตอร์จะทำงานอัตโนมัติเมื่อเปิดสวิทช์วงจร

2.4 วัสดุและอุปกรณ์สำหรับการเชื่อมด้วยกระแสสลับ

การเชื่อมด้วยไฟฟ้า นับว่าเป็นการเชื่อมที่มีอันตรายมากกว่าการเชื่อมแก๊ส ฉะนั้นก่อนการเชื่อมควรทราบถึงวัสดุอุปกรณ์ว่ามีประโยชน์หรือมีความสำคัญอย่างไร ตลอดจนถึงการบำรุงรักษาและวิธีใช้อุปกรณ์ที่สำคัญๆ ในการนำไปใช้ในการเชื่อมไฟฟ้ามีดังนี้

2.4.1 หน้ากากเชื่อม (Welding Helmet) ผู้ปฏิบัติการเชื่อมอาร์คด้วยไฟฟ้าจำเป็นต้องมีเครื่องมือเก็บส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ในที่นี้จะกล่าวถึงการป้องกัน ใบหน้า ดวงตา ตลอดจนถึงศีรษะเครื่องมือจะป้องกันได้นั้น ได้แก่หน้ากาก (Helmet) หน้ากากทำด้วยไฟเบอร์ (Fiber) เจาะเป็นช่อง สี่เหลี่ยมอยู่ระหว่างระดับตาชั้นนอกใส่กระจกใสธรรมดา เพื่อป้องกันสะเก็ดเชื่อมถูกเลนต์กรองแสงด้านใน ซึ่งมีราคาแพง หน้ากากมี 2 ชนิด คือ หน้ากากสวมศีรษะ (Head Shield) และหน้ากากที่ใช้มือถือ (Hand Shield) ดังแสดงในรูปที่ 2.9

047062
ว.
621.374
ว831ก
2545

รูปที่ 2.9 แสดงหน้ากากเชื่อม

2.4.2 เครื่องแต่งกายสำหรับผู้ปฏิบัติการเชื่อม (Welder Wearing) ผู้ปฏิบัติการเชื่อมที่ดีหรือการเชื่อมอาร์คด้วยไฟฟ้าเป็นอาชีพ มักจะสวมเสื้อหนา หรือแจ็คเก็ต (Jacket) เพื่อป้องกันโลหะซึ่งกำลังหลอมเหลว หรือสะเก็ดเชื่อม ซึ่งเกิดขึ้นในขณะปฏิบัติงานและอาจเป็นอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานหรือเชื่อม

2.4.3 หัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder) หัวจับลวดเชื่อมใช้สำหรับจับอิเลคโทรด (Electrode) หรือธูปเชื่อม หัวจับมีหลายแบบแต่มีลักษณะการจับงานเหมือนกัน ที่ด้ามจับมีฉนวนหุ้มเพื่อป้องกันไม่ให้กระแสไหลผ่านผู้ปฏิบัติการเชื่อม แต่กระแสสามารถไหลไปหัวธูปเชื่อมได้ หัวจับปลอกเชื่อมสามารถจับลวดเชื่อมเป็นมุมต่าง ๆ ตามที่ต้องการ และการต่อสายเคเบิล (Cable) ต่อได้โดยใช้สลักเกลียวซึ่งเป็นที่นิยม ซึ่งแสดงดังรูปที่ 2.10

รูปที่ 2.10 แสดงหัวจับลวดเชื่อมไฟฟ้า

2.4.4 สายเชื่อม (Welding Cable) สายเคเบิล (Cable) มีหน้าที่สำหรับนำกระแสไฟฟ้าไปยังเครื่องเชื่อมงานและอิเลคโทรด (Electrode) สายเคเบิลทำจากลวดทองแดงขนาดเล็กประมาณ 500 ถึง 2,000 เส้น มีฉนวนที่สามารถทนความร้อน รอยขูดขีดได้เป็นอย่างดี สายเคเบิลที่นำกระแส ไฟฟ้าจากเครื่องเชื่อมไปยังอิเลคโทรด เรียกว่าสายเชื่อม และสายเคเบิลที่นำกระแสไฟฟ้าจากงานกลับมายังเครื่องเชื่อม เรียกว่าสายดิน (Ground) ดังแสดงในรูปที่ 2.11

รูปที่ 2.11 แสดงสายเชื่อม

2.4.5 ลวดเชื่อม ลวดเชื่อมเป็นแท่งโลหะที่จะทำให้เกิดการอาร์คขึ้นในขณะทำการเชื่อมแล้วแท่งโลหะนี้ จะมีส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกับโลหะชิ้นงาน ดังนั้นลวดเชื่อมจึงมีหลายชนิด เพื่อให้เหมาะสมกับโลหะงานและขบวนการเชื่อมต่าง ๆ เช่น ลวดเชื่อมเหล็กเหนียว ลวดเชื่อมเหล็กหล่อ ลวดเชื่อมเหล็กสแตนเลส เป็นต้น แต่ถ้าเราจะแยกประเภทของลวดเชื่อมตาม

รูปร่างและลักษณะแล้ว สามารถแยกได้ 2 ประเภทใหญ่ ๆ คือ ลวดเชื่อมเปลือยไม่มีสายพอกหุ้ม และลวดเชื่อมหุ้มฟลั๊กซ์

แกนลวดโลหะ (Core) ทำจากลวดโลหะ ซึ่งเป็นเหล็กที่มีส่วนผสมทางเคมีแตกต่างกันออกไปตามชนิดลวดเชื่อมที่จะใช้กับงาน ซึ่งเป็นโลหะชนิดต่าง ๆ เช่น ลวดเชื่อมเหล็กเหนียว ลวดโลหะก็จะมีส่วนผสมทางเคมีใกล้เคียงกับเหล็กเหนียว เป็นต้น

ตารางที่ 2.1 แสดงส่วนผสมทางเคมีของแกนลวด

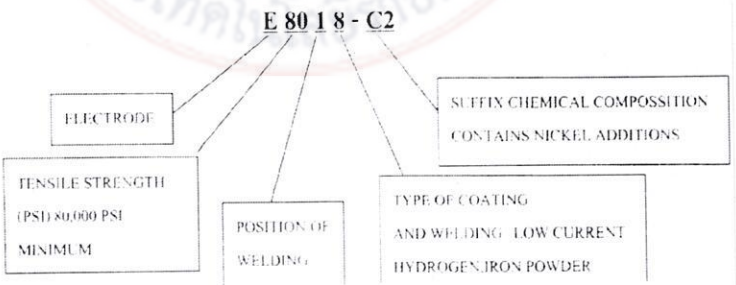
TYPE		C%	Mn%	Si%	S% P%	Mo%	Ni%	Cr%
Metric	Imperial							
Kpa	Psi							
410,000	60,000	0.8-0.11	0.28-0.5	0.05-0.25	0.035	-	-	-
480,000	70,000	0.7-0.1	0.25-1.2	0.1-0.8	0.01-0.26	0.54	0.3	0.2

ที่มา : พิเนต 2522

สารพอกหุ้มหรือฟลั๊กซ์ (Flux) มีส่วนผสมของสารเคมีหลายชนิดรวมกันซึ่งมีหน้าที่หรือคุณสมบัติแตกต่างกันออกไป

จากสารต่าง ๆ ที่ได้กล่าวมาแล้วนั้น ก็มีคุณสมบัติและหน้าที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นลวดเชื่อมแต่ละชนิด ก็จะมีสารพอกหุ้มที่แตกต่างกันออกไปตามส่วนผสมของสารต่าง ๆ เพื่อให้เหมาะสมกับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นเราสามารถจะแบ่งสารพอกหุ้มออกเป็นชนิด ๆ 4 ชนิด คือ เซลลูโลส รูไทล์ ไฮโดรเจนต่ำ และแร่โลหะ

ในมาตรฐานของลวดเชื่อมแต่ละระบบ พยายามที่จะกำหนดรูปแบบของสัญลักษณ์ หรือรหัสต่าง ๆ เพื่อให้สื่อความหมายได้เข้าใจง่ายและจดจำง่ายดังตัวอย่างในระบบ AWS ที่เราพบและใช้กันบ่อย ๆ ก็จะกำหนดสัญลักษณ์เป็นทั้งตัวอักษรและตัวเลข ดังรูปที่ 2.12 ซึ่งระบบให้ทราบถึงสิ่งต่อไปนี้



รูปที่ 2.12 แสดงมาตรฐานของลวดเชื่อมระบบ AWS

Exxxx อักษรE หมายถึง ลวดเชื่อม (Electrode) หุ้มฟลักซ์

E60xx ตัวเลขสองตัวแรกหมายถึง ค่าความเค้นแรงดึง ต่ำสุดของลวดเชื่อม 60,000 Psi

E410xx ตัวเลขสามตัวแรกหมายถึง ค่าความเค้นแรงดึงต่ำสุดของลวดเชื่อม 410,000 Kpa

Exx1x ตัวเลขรองตัวสุดท้ายหมายถึง ท่าเชื่อม (Welding Position)

Exx1x หมายถึง ลวดเชื่อมชนิดนี้สามารถเชื่อมได้ทุกท่าเชื่อม

Exx2x หมายถึง ลวดเชื่อมชนิดนี้เหมาะสำหรับการเชื่อมท่าราบและขนานนอนเท่านั้น

Exx3x หมายถึง เชื่อมได้เฉพาะท่าราบเท่านั้น

Exxx3 ตัวเลขตัวสุดท้าย หมายถึง ชนิดของสารพอกหุ้ม (Flux) และลักษณะของกระแส ไฟฟ้าซึ่งเป็นต้นกำลัง

Exxx0 หมายถึง ฟลักซ์ชนิดเซลลูโลส โซเดียม ใช้ AC / DC

Exxx1 หมายถึง ฟลักซ์ชนิดเซลลูโลส โปตัสเซียม ใช้ AC / DC

Exxx2 หมายถึง ฟลักซ์ชนิดรูไทล์ ไททาเนียม โซเดียม ใช้กระแสไฟ AC/DC

Exxx3 หมายถึง ฟลักซ์ชนิดรูไทล์ ไททาเนียม โปตัสเซียม

Exxx4 หมายถึง ฟลักซ์ผสมผงโลหะเหล็ก (Iron Power)

2.4.5 เครื่องมือทำความสะอาดรอยเชื่อม การทำความสะอาดรอยเชื่อมเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่ง ถ้าไม่ทำความสะอาด หรือปล่อยให้สกปรกเป็นสนิมจะทำให้รอยเชื่อมไม่ดีเท่าที่ควร ฉะนั้นควรมี เครื่องมือ ทำความสะอาด เช่น ค้อน สกัด แปรงลวด เครื่องพ่นทราย หรืออาจจะใช้น้ำยาเคมีที่ผลิตขึ้นเพื่อทำความสะอาดของเนื้อโลหะโดยเฉพาะ

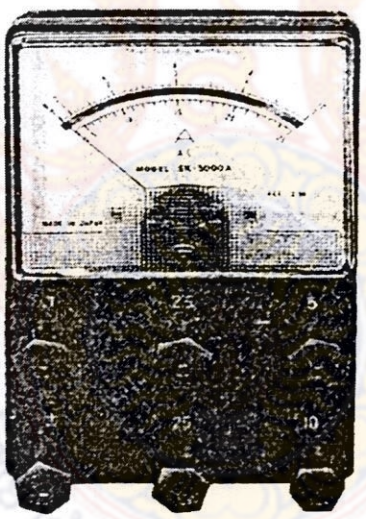
2.5 เครื่องวัดไฟฟ้าสำหรับการเชื่อมด้วยกระแสสลับ

กระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการเชื่อม ไม่สามารถที่จะมองเห็นจับต้อง หรือสัมผัสกันกับกระแส เครื่องมือที่ใช้ในการวัดค่าทางไฟฟ้ามีจำนวนมาก แต่ที่นิยมใช้วัดค่าของกระแสไฟฟ้าและแรงดันไฟฟ้า เพราะมีราคาที่ถูกและสามารถหาซื้อตามท้องตลาดทั่วไปและสามารถใช้กับไฟฟ้ากระแสสลับมีดังนี้

2.5.1 โวลต์มิเตอร์กระแสสลับ (Ac Voltmeter) เป็นเครื่องมือวัดที่ใช้สำหรับวัดค่าแรงดังไฟฟ้าในวงจรที่มีแหล่งจ่ายไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้เป็นค่า อาร์ เอ็ม เอส

(RMS) โครงสร้างของมิเตอร์ไฟสลับจะเป็นชนิดแกนเหล็กเคลื่อนที่ การต่อโวลต์มิเตอร์ต้องต่อขั้วทั้งสองขนานกับวงจรที่จะวัด หรือขนานกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ต้องการวัดแรงดังตกคร่อมอุปกรณ์นั้น การเลือกย่านวัดของมิเตอร์ควรเลือกใช้ย่านวัดสูงสุดก่อน แล้วจึงปรับย่านวัดลดลงในย่านที่เหมาะสมจนถึงค่าที่สามารถวัดได้อย่างถูกต้องชัดเจน และต้องระมัดระวังเรื่องความปลอดภัยในการวัด เพราะแรงดันไฟกระแสสลับเป็นแรงดันสูงมีอันตรายถึงชีวิตได้

2.5.2 แอมมิเตอร์กระแสสลับ (AC Ampmeter) เป็นเครื่องมือที่ใช้สำหรับวัดกระแสไฟสลับในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่วัดได้จากวงจรไฟสลับ จะเป็นค่าอาร์ เอ็ม เอส และโครงสร้างของแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ จะเป็นชนิดแท่งเหล็กเคลื่อนที่ การต่อแอมมิเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับวัดกระแสไฟฟ้าในวงจรให้ต่อมิเตอร์อนุกรมกับวงจรที่วัด หรืออนุกรมกับอุปกรณ์ไฟฟ้าที่จะวัดเหมือนแอมมิเตอร์กระแสตรง แต่ไม่ต้องคำนึงถึงขั้วของมิเตอร์เหมือนกับแอมมิเตอร์กระแสตรง การเลือกย่านวัดใช้หลักการเดียวกับโวลต์มิเตอร์กระแสสลับ ลักษณะของแอมมิเตอร์กระแสสลับแสดงในรูปที่ 2.13



รูปที่ 2.13 แสดงแอมมิเตอร์กระแสสลับผลิตภัณฑ์ KAISE

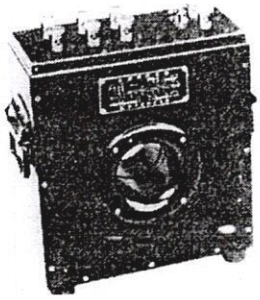
2.5.3 หม้อแปลงกระแส ในวงจรไฟฟ้ากระแสสลับ การแบ่งกระแสจะไม่เพียงขึ้นกับความต้านทานของเครื่องวัดกับชันต์เท่านั้น แต่ยังขึ้นกับค่ารีแอกแตนซ์ของมันด้วย เพราะว่าการวัดกระแสสลับอาจกระทำในพิสัยความถี่กว้าง ดังนั้นเป็นการยากที่จะได้ความถูกต้องสูง หม้อแปลงกระแส ทำให้เกิดการขยายพิสัยที่ต้องการผ่านอัตราส่วนการแปลงและทำให้เกิดค่าที่อ่านเกือบจะเหมือนกัน โดยไม่คำนึงถึงค่าคงที่ของเครื่องวัด หรือจำนวนของเครื่องวัด ที่ต่ออยู่ในวงจร

ปกติจะออกแบบให้ขดลวดทุติยภูมิจ่ายกระแสทุติยภูมิขนาด 5 แอมแปร์ แผ่นป้ายชื่อบนตัวจะกำหนดอัตราส่วนของหม้อแปลง เช่น 500 ต่อ 5 แอมแปร์ ค่านี้ไม่ใช่อัตราส่วนรอบเพียงแต่แสดงว่า กระแสปฐมภูมิ 500 แอมแปร์จะให้กระแสทุติยภูมิ 5 แอมแปร์ เพื่อต่อขดลวดทุติยภูมิเข้ากับแอมมิเตอร์พิสัย 5 แอมแปร์ เพราะว่าโหลดในระบบจะกำหนดกระแสปฐมภูมิ กระแสทุติยภูมิจะสัมพันธ์กับกระแสปฐมภูมิ โดยอัตราส่วนรอบผกผัน ในการสร้างจะต้องทำให้กระแสทำแม่เหล็ก ความสูญเสียในแกน และเส้นแรงรั่วซึมน้อยที่สุด เพื่อจะแน่ใจว่า อันตราส่วนกระแสปฐมภูมิต่อทุติยภูมิจริง ๆ จะเข้าใกล้อัตราส่วนรอบผกผันแสดงผลของกระแสทำแม่เหล็กและความสูญเสียในแกนต่อขนาดเฟสสัมพัทธ์ของกระแสปฐมภูมิและทุติยภูมิ

จะมีความผิดพลาดที่สำคัญในหม้อแปลง คือ ความผิดพลาดของกระแส หรืออัตราส่วนกับความผิดพลาดมุมเฟส มีการนิยามความผิดพลาดกระแส หรืออัตราส่วน (Current or Ratio Error) เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ความผิดพลาดของกระแส} = \frac{\text{อัตราส่วนตามพิกัด - อัตราส่วนจริง}}{\text{อัตราส่วนจริง}} \times 100\% \quad \text{.....(5)}$$

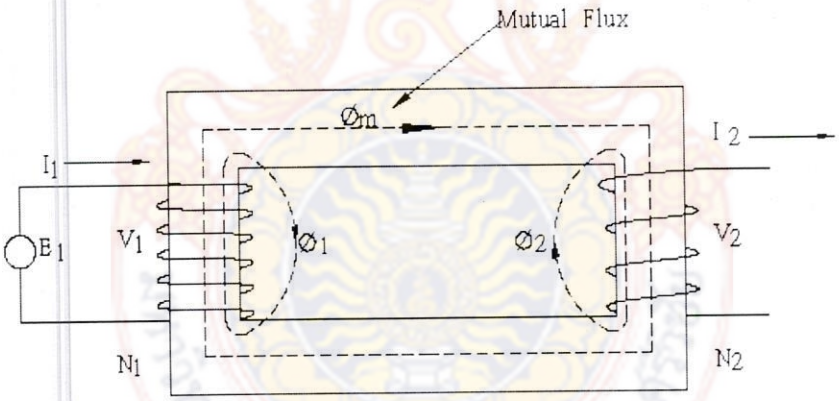
มีข้อควรระวังในการใช้หม้อแปลงกระแส คือ จะต้องไม่เปิดวงจรทุติยภูมิของหม้อแปลงกระแสขณะที่มีกระแสไหลทางด้านปฐมภูมิ จำนวนแอมแปร์ ถึง รอบปฐมภูมิ จะถูกทำให้คงที่โดยกระแสปฐมภูมิและจะไม่ลดลงเมื่อทางทุติยภูมิเปิดวงจร การเปิดวงจรทางด้านทุติยภูมิ จะลดแอมแปร์เป็นศูนย์ ซึ่งไม่มีแรงเคลื่อนแม่เหล็กกลับไปต่อต้านแรงเคลื่อนแม่เหล็กจากแอมแปร์ ถึงรอบปฐมภูมิ และความหนาแน่นของเส้นแรงจะเพิ่มขึ้นจนกระทั่งแกนอิ่มตัว ผลที่ตามมาของการที่เส้นแรงอิ่มตัว จะกระทำต่อจำนวนรอบทางทุติยภูมิที่มีค่ามาก ทำให้แรงดันที่ถูกเหนี่ยวนำในขดทุติยภูมิจะมีค่าสูง ซึ่งอาจเป็นอันตรายต่อผู้เปิดวงจรหรือทำความเสียหายต่อฉนวนของหม้อแปลง นอกจากนั้น จะเกิดความร้อน เนื่องจากความสูญเสียในแกนขณะที่มันอิ่มตัว อาจมากพอที่จะทำลายหม้อแปลงได้ หม้อแปลงกระแสที่ใช้งานจะมีหลายลักษณะ เช่น เครื่องวัดแบบคลิ๊พออน (Clip On) เป็น ซี ที แบบหนึ่ง โดยแกนเหล็กสามารถแยกจากกัน เพื่อให้สอดเข้าไปวัดสายตัวนำ ทำให้สามารถวัดค่ากระแสโดยไม่จำเป็นต้องตัดวงจรและโพรบกระแส (Current Probe) ของออสซิลโลสโคปสำหรับใช้วัดกระแสสลับ จะทำงานในลักษณะเดียวกัน โดยมีแกนแยกจากกันที่ปลายของโพรบ



รูปที่ 2.14 แสดงหม้อแปลงกระแสสำหรับงานห้องปฏิบัติการ

ซี ที แบบที่ใช้ในห้องปฏิบัติการส่วนมาก จะมีลักษณะดังรูปที่ 2.14 คือ จะมีรูตรงกลางให้สายตัวนำพันรอบ โดยทางด้านปฐมภูมิจะมีหลายจุดแยก ทางด้านทุติยภูมิจะมีจำนวนรอบคงที่ ซึ่งมีโครงสร้างภายในดังนี้

1) หม้อแปลงกระแสไฟฟ้า (Current Transformer) ที่ใช้กับงานจริงจะมีประสิทธิภาพสูงถึง 95 เปอร์เซ็นต์ 99 เปอร์เซ็นต์ แต่ยังมีความสูญเสียอยู่ การอธิบายหลักการทำงานขั้นพื้นฐานของหม้อแปลงจึงเป็นไปได้ยาก เพราะต้องกล่าวถึงความสูญเสียที่เกิดในหม้อแปลงไฟฟ้าด้วย ดังนั้นจึงสมมุติหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ไม่มีความสูญเสีย หม้อแปลงไฟฟ้าชนิดนี้เรียกว่า หม้อแปลงกระแสไฟฟ้าในอุดมคติ



รูปที่ 2.15 แสดงวงจรภายในของหม้อแปลงกระแส (Current Transformer)

เมื่อจ่ายแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับ (E_1) ให้ขดลวดปฐมภูมิของหม้อแปลงดังรูปที่ 2.15 จะเกิดกระแสไฟฟ้า (I_1) ซึ่งทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าเหนี่ยวนำ (V_1) แรงดันแม่เหล็กขึ้นที่ขดลวดปฐมภูมินี้ จะสร้างฟลักซ์แม่เหล็กร่วม (M) เคลื่อนตัวตัดขดลวดทุติยภูมิ ทำให้เกิดการเหนี่ยวนำ เกิดแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าขึ้นที่ขดลวดทุติยภูมิ

ความสัมพันธ์ที่เกิดระหว่างแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้หม้อแปลงไฟฟ้ากับค่าสูงสุดของฟลักซ์แม่เหล็กร่วม สามารถนำมาเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

จากสูตร $E_1 = 4.44\ fN_1\ M$ .....(6)

เมื่อ E_1 คือ แรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิ

f คือ ความถี่ของแรงดันไฟฟ้า

N_1 คือ จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

M คือ ฟลักซ์แม่เหล็กร่วม

หม้อแปลงไฟฟ้าในอุดมคติไม่มีความสูญเสียใด ๆ ดังนั้นแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้ขดลวดปฐมภูมิ (E_1) มีค่าแรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากเหนี่ยวนำของขดลวดปฐม เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

จากสูตร $V_1 = 4.44\ fN\ M$ .....(7)

ส่วนแรงดันไฟฟ้าที่เกิดการเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิ ซึ่งสามารถเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

จากสูตร $V_1 = 4.44\ fN\ M$ .....(8)

เมื่อ N_1 คือ จำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิ

N_2 คือ จำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ

V_1 คือ การเหนี่ยวนำของขดลวดปฐมภูมิ

V_2 คือ การเหนี่ยวนำของขดลวดทุติยภูมิ

นำสมการที่ (7) หารสมการที่ (8) ทำให้เกิดสมการใหม่ดังนี้

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} \quad \text{.....(9)}$$

จากสมการที่ (9) อัตราส่วนระหว่าง $\frac{N_1}{N_2}$ หรืออัตราส่วนระหว่างจำนวนรอบของขดลวดปฐมภูมิต่อจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ ซึ่งเรียกว่า อัตราส่วนของจำนวนรอบ (Turns Ratio)

จากสูตร $T = \frac{N_1}{N_2}$ .....(10)

เมื่อ T คือ อัตราส่วนของจำนวนรอบ

3. **ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยในงานเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ**

อันตรายจากการเชื่อมมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น อันตรายดังกล่าวอาจมิได้เกิดจากการเชื่อมโลหะโดยตรง ส่วนมากเกิดจากความมักง่าย การใช้เครื่องมือไม่ถูกต้อง ใช้เครื่องป้องกันไม่ถูกต้อง เป็นต้น ซึ่งส่วนใหญ่สามารถป้องกันอันตรายได้ การป้องกันมิให้เกิดอันตราย ผู้ปฏิบัติจะต้องมีความรู้และเข้าใจวิธีการป้องกันอันตรายเป็นอย่างดี

3.1 อันตรายจากประกายไฟ (Arc Light)

อันตรายที่เกิดจากประกายไฟที่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน ซึ่งมีอันตรายจากรังสีต่างๆ และอันตรายจากรังสีดังต่อไปนี้

3.1.1 รังสีอันตรายอันตรายจากประกายไฟ เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นได้ง่ายที่สุด และจะเป็นอันตรายได้มากที่สุดในการปฏิบัติงาน ผลเสียหายมิได้เกิดขึ้นเฉพาะแก่ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมเท่านั้น แต่จะเกิดแก่บุคคลใกล้เคียงบริเวณปฏิบัติงานเชื่อมด้วย ในการเชื่อมจะเกิดรังสีต่างๆ ต่อไปนี้

1) รังสีอุลตราไวโอเลท (Ultraviolet Rays) ถึงแม้ว่ารังสีอุลตราไวโอเลทเมื่อแพร่กระจายออกไป จะถูกดูดกลืนไปได้โดยง่ายก็ตาม รังสีดังกล่าวมีผลรุนแรงในการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีในสิ่งมีชีวิต ซึ่งจะต้องระมัดระวังเป็นอย่างยิ่ง ในบรรดารังสีที่จัดเป็นรังสีอุลตราไวโอเลทนี้ รังสีส่วนหนึ่งมีความยาวคลื่น 297 เอ็น เอ็ม (nm) หรือสั้นกว่า จะถูกดูดซึมโดยเยื่อตาและแก้วตา (Cornea and Eye Lenses) ถ้าตาได้รับรังสีอุลตราไวโอเลทดังกล่าวมากเกินปริมาณหนึ่ง จะทำให้เกิดความรู้สึกเหมือนมีสิ่งแปลกปลอมหรือเม็ดทรายเข้าไปอยู่ในตาและจะเกิดอาการต่าง ๆ เช่น การมีน้ำตาไหล เนื่องจากการตีบตันของทางเดินน้ำตาอย่างรุนแรง (Epiphora) การเกร็งของกล้ามเนื้อ (Spasm) ระยะเวลานับจากเมื่อได้รับรังสีถึงแสดงอาการดังกล่าวจะประมาณ 30 นาที ถึง 24 ชั่วโมง และส่วนใหญ่จะอยู่ในระหว่าง 6 ถึง 12 ชั่วโมง ช่วงเวลาก่อนแสดงอาการนี้ เป็นสัดส่วนกับความเข้มของรังสีที่ได้รับและปริมาณของรังสีที่ได้รับสูงอาการดังกล่าวจะเกิดเร็วขึ้นอาการรุนแรงจะเป็นติดต่อกัน 6 ถึง 24 ชั่วโมง โดยทั่วไปอาการทั้งหลายจะหายไปใน 48 ชั่วโมง

2) รังสีอินฟาเรด (Infrared Rays) อันตรายที่เกิดจากรังสีอินฟาเรดจะไม่แสดงออกให้เห็นทันที ดังนั้นคนงานมักจะมิได้ทำการป้องกันเพื่อให้ถูกรังสีนี้แต่อย่างใด ซึ่งเป็นอันตรายมาก ในบรรดารังสีที่จัดเป็นรังสีอินฟาเรดนี้ รังสีที่มีช่วงคลื่นยาวมาก จะไม่ผ่านเข้าตาแต่รังสีที่มีความยาวคลื่น 1600 เอ็น เอ็ม (nm) หรือสั้นกว่าจะผ่านเข้าตาเช่นเดียวกับรังสีที่มองเห็นได้และก่อให้เกิดอันตรายได้ รังสีอินฟาเรดเมื่อถูกดูดซึม จะเปลี่ยนเป็นความร้อน ถ้าดวงตาได้รับรังสีเหล่านี้เป็นเวลานานจะทำให้เกิดอาการต่างๆ เช่น การอักเสบ (Green Inflammation of the Eye Lid)

การอักเสบของเนื้อเยื่อแก้วตา (Corneitis) สายตาเสื่อมสภาพก่อนวัย (Early Presbyopia) ต้อกระจก (Eataroct) เป็นต้น

3) รังสีที่มองเห็นได้ (Visible Rays) รังสีที่มองเห็นได้จะผ่านเยื่อหน้าแก้วตา (Corneas) และแก้วตา (Eye Lenses) ไปยังส่วนรับภาพโดยไม่มีการเปลี่ยนสภาพรังสี ดังนั้นเมื่อตาได้รับรังสีเป็นเวลานานจะทำให้เกิดการล้าและประสิทธิภาพในการมองเห็นลดลง อย่างไรก็ตาม เนื่องจากรังสีที่มองเห็นได้นี้เมื่อผ่านแก้วตา แก้วตาจะทำการโฟกัสเพื่อให้แสงตกที่ส่วนรับภาพ ดังนั้นถ้าได้รับรังสีที่มองเห็นได้ซึ่งมีความเข้มมาก อาจทำให้ดวงตามีอาการผิดปกติได้

3.1.2 อุปกรณ์ป้องกัน อุปกรณ์ป้องกันอันตรายที่เกิดจากประกายไฟ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1) แว่นตาเชื่อม (Goggles) หลักในการเลือก แว่นตาเชื่อมใช้สวมเพื่อป้องกันอันตรายจากประกายไฟแว่นตาเชื่อมที่ควรเลือกใช้ควรมีคุณสมบัติ เช่น ยอมให้รังสีที่มองเห็นได้ผ่านในปริมาณที่พอเหมาะ ป้องกันรังสีที่เป็นอันตราย เนื้อแก้วสม่ำเสมอ มีความคงทน และให้ความสบายแก่ผู้สวมใส่ การเลือกสีของแว่นตาเชื่อม จะต้องทำให้ถูกต้องในแง่ของจิตวิทยาของการมองเห็นของตาด้วย สีฟ้าบริสุทธิ์ เขียว แดง และม่วง เป็นสีที่ไม่ควรใช้ ควรเลือกแว่นตาที่มีคุณสมบัติการส่งผ่านของรังสีที่ดี ในช่วงของรังสีที่มองเห็นได้ สีที่ควรเลือกใช้ คือ สีเทา น้ำตาล เขียวเข้ม ฯลฯ

คุณสมบัติในด้านรังสีอินฟาเรดและอุลตราไวโอเลท แว่นตาเชื่อมที่ดีสมบูรณ์แบบจะต้องไม่ยอมให้รังสีอุลตราไวโอเลทและอินฟาเรดผ่านได้เลย แต่ในทางปฏิบัติจะยอมให้รังสีดังกล่าวผ่านได้บ้าง ในหลายประเทศซึ่งยอมให้รังสีดังกล่าวผ่านได้ จะมีการกำหนดค่าสูงสุดของการส่งผ่านที่ยอมรับได้ (Limit of Transmitivity) ที่ระดับความเข้มของสี (Shade Number) ต่าง ๆ ดังนั้นไม่ควรเลือกใช้แว่นตาเชื่อมที่ยอมให้แสงผ่านเกินค่าที่กำหนด

การเลือกใช้แว่นตาเชื่อม เพื่อป้องกันโรคที่เกี่ยวกับตาที่เกิดกับช่างเชื่อม อันเนื่องมาจากรังสีที่เป็นอันตราย ซึ่งรวมถึงรังสีอุลตราไวโอเลท รังสีที่มองเห็นได้และรังสีอินฟาเรด ได้กำหนดมาตรฐานไว้ และ JIS ได้กำหนดมาตรฐานเลนส์กรองแสงและแผ่นกรองแสงที่ใช้ในระดับความเข้มของสีต่าง ๆ ไว้ตาม JIS T 8141 Eyes Protectors of Radiation ซึ่งแสดงไว้ในตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 หลักการเลือกแว่นตาเชื่อม ตาม มาตรฐาน JIS T 8141 - 1970

ระดับความเข้มของสี	การเชื่อมหรือตัดโดยใช้ไฟฟ้า	การเชื่อมหรือตัดโดยใช้ก๊าซ
1.5 , 1.7 2	การทำงานอาจถูกรบกวนเนื่องจากการแผ่รังสี หรือแสงที่ผ่านเข้า มาได้บ้าง	-
2.5 , 3 4	-	งานที่มีความจ้าของแสงต่ำ
5 6	งานเชื่อมที่ใช้กระแสไฟเชื่อมต่ำกว่า 30 A	งานที่มีความจ้าของแสงปานกลาง
7 8	งานเชื่อมที่ใช้กระแสไฟเชื่อมระหว่าง 30 แอมแปร์ ถึง 75 แอมแปร์	-
9 , 10 11	งานเชื่อมที่ใช้กระแสไฟเชื่อมระหว่าง 75 แอมแปร์ ถึง 200 แอมแปร์	-
12 13	งานเชื่อมที่ใช้กระแสไฟเชื่อมระหว่าง200 แอมแปร์ ถึง 400 แอมแปร์	-

ที่มา : อดิศักดิ์ 2521

2) หน้ากาก (Face Shield) หน้ากากจะใช้เพื่อป้องกันใบหน้าทั้งหมด โดยอาจเป็นแบบสวมหัว (Helmet Type) หรือแบบมือถือ (Hand Shield Type) หน้ากากเชื่อมมีประโยชน์ในการป้องกันหน้าจากการไหม้อันเกิดจากประกายไฟ สะเก็ดเชื่อม เป็นต้น ซึ่งไม่สามารถป้องกันได้โดยใช้แว่นตาเชื่อม

3) เครื่องกำบังอื่น ๆ แว่นตาเชื่อมและหน้ากากเชื่อม ไม่สามารถป้องกันอันตรายจากรังสีได้ทั้งหมด เนื่องจากอาจมีรังสีกระจายมาในทิศทางอื่น ๆ ซึ่งยากต่อการป้องกัน ดังนั้นจะต้องมีการระมัดระวังอย่างพอเพียงตลอดเวลา เพื่อเป็นการป้องกันคนงานที่ทำงานอื่นในบริเวณใกล้เคียงไม่ให้ได้รับอันตรายจากรังสี จะเป็นการดีถ้าแบ่งบริเวณเชื่อมออกจากการทำงานอื่นอย่างเด็ดขาด โดยมีการป้องกันอย่างเหมาะสม ในกรณีที่มิได้ทำการเชื่อมในบริเวณดังกล่าวจะต้องเตรียมเครื่องป้องกัน เช่น ฉาก หรือม่าน

3.2 อันตรายจากไฟฟ้าดูด

อันตรายจากไฟฟ้าดูดเกิดได้หลายแบบและอาจเป็นสาเหตุให้เสียชีวิตได้ ซึ่งแล้วแต่ความรุนแรงของอุบัติเหตุ ในกรณีที่เกิดการดูดเพียงเล็กน้อย การถูกดูดดังกล่าว อาจเป็นต้นเหตุของอุบัติเหตุอื่น ๆ เช่น การตกจากที่สูง การล้ม หรือส่วนหนึ่งส่วนใดของร่างกายสบัดไปกระแทกสิ่งอื่น เป็นต้น ความมักง่ายของคนงานบางคนอาจทำให้ผู้อื่นได้รับอันตรายได้

3.2.1 กระแสไฟฟ้า ความรุนแรงของอันตรายจากไฟฟ้าดูด ขึ้นอยู่กับปริมาณของกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านร่างกายมนุษย์ในขณะที่มีกระแส 50 ถึง 60 เฮิทซ์ (Hz) ไหลผ่านร่างกายมนุษย์จะเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ซึ่งขึ้นอยู่กับสภาพร่างกาย ความแข็งแรงของสุขภาพของผู้ถูกกระแสไฟฟ้าจะเกิดปฏิกิริยาดังตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงกระแสไฟฟ้าที่ทำให้ผู้ถูกกระแสไฟฟ้าเกิดปฏิกิริยา

กระแสไฟ (มิลลิแอมป์)	ปฏิกิริยา
1 มิลลิแอมป์	รู้สึกกระตุก กระแสไฟฟ้าขนาดนี้ไม่มีอันตรายใด ๆ
5 มิลลิแอมป์	กล้ามเนื้อถูกกระตุ้นอย่างรุนแรง เกิดความรู้สึกเจ็บปวดมาก
10 มิลลิแอมป์	รู้สึกปวดจนทนไม่ได้
20 มิลลิแอมป์	กล้ามเนื้อหดตัวอย่างรุนแรง ผู้ป่วยไม่สามารถออกจากวงจรไฟฟ้าได้ด้วยตนเอง
50 มิลลิแอมป์	เป็นอันตรายมาก
100 มิลลิแอมป์	เสียชีวิต

ที่มา : อดิศักดิ์ 2521

3.2.2 การป้องกันมิให้เกิดไฟฟ้าดูด การใช้เครื่องมือเชื่อมที่มีแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิขณะไม่มีโหลดต่ำ อันตรายถึงแก่ชีวิตที่เกิดในการเชื่อมไฟฟ้า ส่วนใหญ่เกิดในขณะที่วงจรทุติยภูมิของเครื่องเชื่อมไม่มีโหลด ดังนั้นควรใช้เครื่องเชื่อมที่มีแรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิมีขนาดต่ำสุดเท่าที่จะเป็นไปได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าว JIS C 9301 AC Arc Welders ได้กำหนดค่าสูงสุดเป็น 95 โวลต์ (V)

เมื่อช่างเชื่อมยืนบนพื้นหรือบนสถานที่สามารถต่อถึงดินได้ และสัมผัสส่วนใดส่วนหนึ่งของหัวเชื่อมหรือลวดเชื่อมที่ต่อวงจรพร้อมจะมีกระแสไหลได้ และถูกไฟดูดกระแสที่ไหลผ่านร่างกายอาจคำนวณโดยประมาณได้จากสมการ

จากสูตร $$I = \frac{E}{R_1 + R_2 + R_3} \quad \text{.....(11)}$$

เมื่อ I คือ กระแสไฟผ่านร่างกาย แอมแปร์ (Amp)

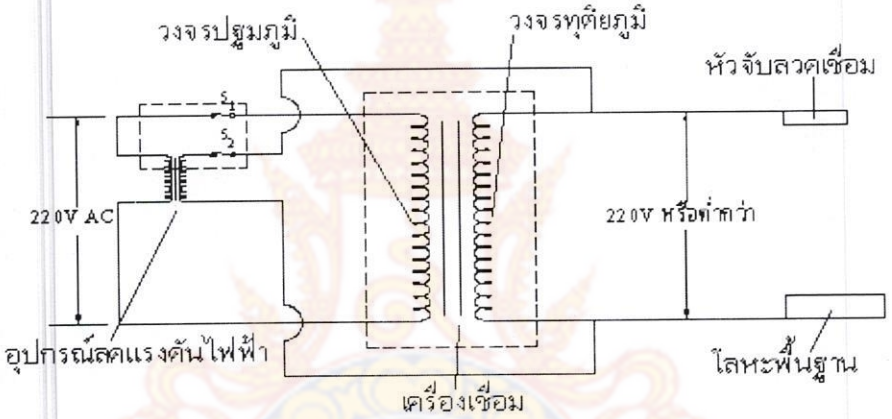
E คือ แรงดันไฟฟ้าผ่านร่างกาย โวลต์ (Volt)

R_1 คือ ความต้านทานที่จุดสัมผัสระหว่างมือกับหัวเชื่อม โอห์ม (Ω)

R_2 คือ ความต้านทานของร่างกายมนุษย์ โอห์ม (Ω)

R_3 คือ ความต้านทานที่จุดสัมผัสระหว่างเท้ากับพื้น โอห์ม (Ω)

1) ใช้อุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้าอัตโนมัติ หน้าที่ (Function) ของอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้าจะบังคับใช้ในการเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ (AC Arc Welding) เท่านั้น เนื่องจากในการเชื่อมกระแสไฟฟ้าตรง(DC Arc Welding) นั้น แรงดันไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิขณะไม่มีโหลด (Secondary no Load Voltage) มีค่าต่ำกว่าของการเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ ในการเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้าขณะไม่มีโหลด มีค่าประมาณ 85 โวลต์ ซึ่งเป็นอันตรายมากในกรณีที่เกิดไฟฟ้าดูด เมื่อนำอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้ามาใช้อุปกรณ์ จะทำหน้าที่ควบคุมแรงดันไฟฟ้า หรือลดแรงดันให้อยู่ในขนาดที่ปลอดภัย ซึ่งมีค่าประมาณ 25 โวลต์หรือต่ำกว่า โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า อุปกรณ์ดังกล่าวจะจ่ายกระแสไฟฟ้าที่มีแรงดันตามต้องการเมื่อเครื่องเชื่อมทำงานเท่านั้น



รูปที่ 2.16 หลักการของอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า

รูปที่ 2.17 แสดงชิ้นส่วนภายในอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า

การทำงาน (Operations) รูปที่ 2.16 แสดงหลักการของอุปกรณ์ลดแรงดันไฟฟ้า รูปที่ 2.18 แสดงชิ้นส่วนภายในของอุปกรณ์ ในขณะไม่มีโหลด (No Load) แรงดันไฟฟ้าระหว่างลวดเชื่อมกับโลหะพื้นฐานจะเป็น 25 โวลต์ หรือต่ำกว่า และจะไม่มีอันตรายจากไฟฟ้าดูด เมื่อหัวเชื่อมแตะกับโลหะพื้นฐานจะมีกระแสไหลในวงจรทุติยภูมิของทรานสฟอร์มเมอร์ แรงดันไฟฟ้าขณะที่ไม่มีโหลดในวงจรทุติยภูมิดังกล่าวระหว่างหัวเชื่อมและโลหะพื้นฐานทำให้เกิดประกายไฟฟ้าขึ้น เนื่องจากจะกินเวลาประมาณ 0.03 วินาที ถ้าประกายไฟดับวงจรควบคุมจะทำการเปิดวงจร (Main Contacts) โดยใช้ 1 วินาที หรือ 1.5 วินาที ถ้าแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับเครื่องเชื่อมมีค่าไม่คงที่

2) การใช้หัวจับลวดเชื่อมแบบมีฉนวนหุ้ม (Insulation Holders) เพื่อให้ปลอดภัยจากการถูกไฟฟ้าดูด (Electric Shock) หัวจับลวดเชื่อมจะต้องมีฉนวนคลุมป้องกันบริเวณส่วนเปลือยของลวดเชื่อม (Contact Charging Portion of Electrode) ทั้งหมดได้ การเลือกใช้หัวจับลวดเชื่อม จะต้องเลือกให้เหมาะสมกับขนาดของลวดเชื่อม ตามระบุไว้ในมาตรฐาน JIS C 9302-1961 Welding Electrode Holders

3) ใช้สายเชื่อม (Welding Cable) ให้เหมาะสม อันตรายที่เกิดจากสายเชื่อมส่วนใหญ่เกิดจากความเสียหายของฉนวนที่หุ้มสายเชื่อม สถานที่เชื่อมที่รกรุงรังมีเครื่องมือและวัสดุวางไม่เป็นระเบียบ หรือการใช้สายเชื่อมที่มีขนาดเล็กเกินไปจนทำให้เกิดความร้อน สิ่งเหล่านี้เป็นเหตุให้ฉนวนหุ้มเกิดการเสียหายได้และทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ในที่สุด ดังนั้น ควรจัดสถานที่เชื่อมให้มีระเบียบและเลือกใช้สายเชื่อมที่มีขนาดถูกต้องตามมาตรฐาน และใช้สายเชื่อมที่ฉนวนหุ้มอยู่ในสภาพเรียบร้อยเท่านั้น

ตารางที่ 2.4 การจำแนกประเภทของหัวจับลวดเชื่อมแบบมีฉนวนหุ้ม (Insulation Holder) ตามมาตรฐาน JIS C 9302 - 1976

ประเภท	พิกัดการใช้งาน			เส้นผ่าศูนย์กลางของลวดเชื่อม (มม.)	ขนาดของสายเคเบิล (มม.)^2
	ดิวตี้ ไซเกิล (%)	กระแสไฟเชื่อม (A)	แรงดันไฟฟ้า (V)		
หมายเลข 100	70	100	25	1.2-3.2	22
หมายเลข 200	70	200	30	2.0-5.0	38
หมายเลข 300	70	300	30	3.2-6.4	50
หมายเลข 400	70	400	30	4.0-8.0	60
หมายเลข 500	70	500	30	5.0-9.0	80

ที่มา : ชวิน 2522

4) การระวังป้องกันอุบัติเหตุจากไฟฟ้าดูด ไฟฟ้าดูดอาจทำให้ตายได้ จึงต้องระมัดระวังอย่างมาก ต้องพยายามป้องกันมิให้เกิดขึ้นได้

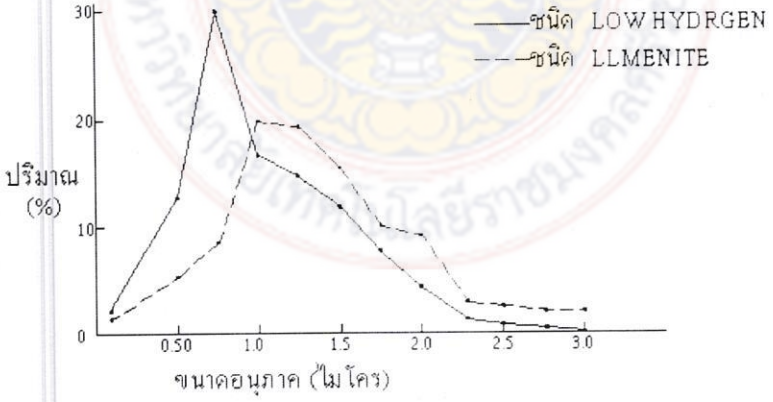
3.1 อันตรายจากควันและก๊าซ

อันตรายจากควันและก๊าซจะส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานเชื่อมได้ ดังนั้น ผู้ปฏิบัติงานต้องมีความรู้เรื่องอันตรายจากควันและก๊าซ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.3.1 ควัน คุณสมบัติทางกายภาพของควันจากการเชื่อม (Weld Fumes)

1) คุณสมบัติทางกายภาพของควัน รูปที่ 2.15 แสดงตัวอย่างของขนาดอนุภาค (Grain Size) ที่มีอยู่ในควันที่เกิดจากการเชื่อม เมื่อใช้ลวดเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มแบบไฮโดรเจนต่ำ (Low Hydrogen) ในการทำการวัดตัวอย่างจะถูกดูดจากแหล่งกำเนิดเข้าเก็บในภาชนะปิด และปล่อยทิ้งไว้ให้ตกตะกอนโดยธรรมชาติ จากนั้นจะใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนตรวจดูอนุภาคที่ตกตะกอนโดยธรรมชาติเหล่านี้ เพื่อดูปริมาณของอนุภาคขนาดต่าง ๆ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าควันที่เกิดจากลวดเชื่อมแบบมีสารพอกหุ้มจะประกอบด้วยอนุภาคขนาดประมาณ 1 ไมโคร เป็นส่วนใหญ่

เมื่อคนหายใจดูดสารอินทรีย์ที่เป็นเม็ดเล็ก ๆ เข้าไป จะเกิดปฏิกิริยาที่ซับซ้อนขึ้นในร่างกาย อนุภาคที่มีขนาดใหญ่ จะติดตามขนจมูกและเยื่อบุหลอดลม อนุภาคที่มีขนาด 0.5 ไมโครหรือเล็กกว่าจะผ่านเข้าไปสู่ปอดและกลับออกมากับลมหายใจที่ออก ส่วนอนุภาคที่มีขนาดระหว่าง 0.5 ไมโคร ถึง 5 ไมโคร จะเข้าไปในปอดและตกตะกอนอยู่ภายในถุงลม



รูปที่ 2.18 แสดงการกระจายของปริมาณอนุภาคขนาดต่าง ๆ ในควันจากการเชื่อม

2) รูปร่างของอนุภาคของควันขึ้นอยู่กับขบวนการเชื่อม และวัสดุที่ใช้ทำการเชื่อม จากภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็คตรอนของอนุภาคของควัน ที่เกิดจากลวดเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มชนิด ไฮโดรเจนต่ำ (Low Hydrogen) ส่วนประกอบทางเคมีของควันเชื่อม จะประกอบด้วยออกไซด์ของเหล็ก (Fe_2O_3) เป็นส่วนใหญ่ ตามแสดงไว้ในตารางที่ 2.5 และจะมีฟลูออรีน (F) เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก จาก CaF_2 โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อใช้ลวดเชื่อมที่มีสารพอกหุ้มประเภทไฮโดรเจนต่ำ (Low Hydrogen) โดยจะมีสารประเภท อาล์คาลิ เมททอล (Alkali Metal K_2O) จำนวนมาก แต่จะมีปริมาณ ซิลิกอนออกไซด์ (SiO_2) เป็นจำนวนน้อย ซึ่งเป็นปรากฏการณ์ที่ตรงข้ามกับกรณีทั่วไป ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 แสดงส่วนประกอบทางเคมีของควันเชื่อม

ชนิดของวัสดุที่ใช้ในการเชื่อม		ส่วนประกอบทางเคมีของควันเชื่อม									
		Fe_2O_3	SiO_2	MnO	TiO_2	Al_2O_3	CaO	Mg	Na_2O	K_2O	F
ลวดเชื่อมชนิดมีสารพอกหุ้ม	D 4361	50.9	18.2	9.5	1.8	0.4	0.5	0.5	7.8	4.7	-
	D 4327	42.1	30.8	7.7	0.5	0.5	0.1	1.9	6.7	4.3	-
	D 4316	25.8	5.8	4.5	0.8	0.5	15.2	-	5.3	17	18
เชื่อมในบรรยากาศของ CO_2		75.5	10.7	12.6	-	-	-	-	-	-	-
เชื่อมแบบไม่มีบรรยากาศของก๊าซปกคลุม		16.2	1.3	2.1	-	7.8	18.3	42	0.3	-	11

ที่มา : พิเนต 2522

ตารางที่ 2.6 แสดงขีดจำกัดของโลหะต่าง ๆ ในควันเชื่อม

โลหะ	สาร	ขีดจำกัด	
		ACGIH	สมาคมสุขอนามัยในโรงงานของญี่ปุ่น
Cd	ควัน (as Cd)	0.05	0.1
Cr	กรดโครมิค (Chromic acid) และ		
	โครเมท (as CrO_3)	0.1	0.1
Co	ควัน และฝุ่น	0.1	-
Cu	ควัน	1	-
Sb	ธาตุและสารผสม (as Sb)	0.5	-
Mn	ธาตุและสารผสม (as Mn)	5	5
Pb	ควันและฝุ่น	0.15	15
Fe	ควันออกไซด์ของเหล็ก	5	-
i	โลหะและสารผสม ที่ไม่ละลาย (as Ni)	1	1
V	สารผสมที่ละลายได้ (as Ni)	0.1	-
	ฝุ่น V_2O_5 (as V)	0.5	0.5 (as V_2O_5)
W	ควัน V_2O_5 (as V)	0.05	0.1 (as V_2O_5)
	สารผสมที่ละลายได้ (as W)	1	-
Mo	สารผสมที่ไม่ละลาย (as W)	5	-
	สารผสมที่ละลายได้	5	-
Zn	สารผสมที่ไม่ละลาย	10	-
	ควัน ZnO	5	5
F	ควัน $ZnCl_2$	1	-
Ag	ฟลูออไรด์ (as F)	2.5	-
	โลหะและสารผสมที่ละลายได้ (as Ag)	0.9	-

ที่มา : พิเนต 2522

3.3.2 ก๊าซ ขีดจำกัดของปริมาณก๊าซ (Threshold Limited Valve of Gases) ก๊าซพิษที่เกิดจากการเชื่อม ซึ่งเกิดขึ้นจากการสลายตัวเนื่องจากความร้อนของสีกันสนิม สารทำ

ความสะอาดซึ่งเป็นส่วนประกอบของไฮโดรเจน (Hydrocarbon) คลอรีน (Chorinated Hydrocarbon Detergent) เป็นต้น ในการเชื่อมภายใต้บรรยากาศของก๊าซ (Gas Shield Arc Welding) เช่น มิก (MIG) และการเชื่อมไฟฟ้าแบบใช้ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) นั้นปริมาณของก๊าซพิษที่เกิดขึ้น จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับขบวนการเชื่อมธรรมดา ดังนั้นจะต้องมีการระมัดระวังเป็นพิเศษ ผลของก๊าซพิษที่มีต่อร่างกายมนุษย์และขีดจำกัดของปริมาณก๊าซที่เกิดขึ้นตามข้อแนะนำของ ACGIH และ Society of Industrial Hygiene of Japan เป็นดังนี้

1) คาร์บอนมอนออกไซด์ ในบริเวณประกายไฟก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) บางส่วนจะแปรสภาพเป็นคาร์บอนมอนนอกไซด์ มีคุณสมบัติที่รวมตัวกับเฮโมโกลบินได้อย่างรวดเร็ว เป็นผลให้ความสามารถในการนำพาอ๊อกซิเจนของเฮโมโกลบินลดลง ขีดจำกัดของปริมาณคาร์บอน คือ 50 ส่วนในล้าน มนุษย์จะต้องได้รับคาร์บอน ในปริมาณที่ไม่เกิน 400 ส่วนในล้าน ในช่วงเวลา 1 ชั่วโมง

2) คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ในบรรยากาศจะมีคาร์บอนไดออกไซด์ ผสมอยู่ประมาณ 300 ส่วนในล้านและในที่ปิดทึบปริมาณของ คาร์บอนไดออกไซด์ จะเพิ่มขึ้นโดยทั่วไป คาร์บอนไดออกไซด์ ไม่นับว่าเป็นก๊าซพิษและไม่มีอันตรายในตัวของมันเอง แต่การหายใจโดยขาดออกซิเจนเป็นอันตราย เนื่องจากก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์หนักกว่าอากาศ สามารถทำการป้องกันได้ ถ้าจำเป็นต้องทำการเชื่อมในสถานที่ซึ่งปิดทึบ ขีดจำกัดของปริมาณ คาร์บอนไดออกไซด์ คือ 500 ส่วนในล้านส่วน

3) โอโซน เกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี เนื่องจากรังสีอุลตราไวโอเลท ถ้ามนุษย์ได้รับโอโซนปริมาณ 0.5 ส่วนในล้าน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะทำให้ความต้านทานของโรคเกี่ยวกับระบบหายใจลดลงและถ้าได้รับโอโซนปริมาณ 1 ถึง 2 ส่วนในล้านเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะเกิดอาการปวดศีรษะ ปวดหน้าอก และเกิดการแห้งในอวัยวะระบบหายใจส่วนบน ขีดจำกัดของปริมาณ 0.2 ถึง 0.1 ส่วนในล้าน

4) ไนโตรเจนมอนออกไซด์ ไม่เป็นตัวกระตุ้นแต่สามารถรวมตัวกับเฮโมโกลบินในเลือดได้ โดยมีแรงยึดเหนี่ยวเป็น 1000 เท่าของคาร์บอนมอนอ๊อกไซด์ และ 3 เท่าของไนโตรเจนไดออกไซด์ การยึดเหนี่ยว (Bond) ของไนโตรเจนมอนอ๊อกไซด์และเฮโมโกลบิน ในเลือดจะถูกเติมด้วยออกซิเจน (Oxidixed) เกิดเป็น เม็ทเทอโมโกลบิล (Methemoglobin) ถ้ามีปริมาณเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จะเกิดการขาดออกซิเจนในเลือด จนทำให้เกิดอาการป่วยของระบบประสาทส่วนกลางได้ขีดจำกัดของปริมาณ ไนโตรเจนมอนออกไซด์ คือ 25 ส่วนในล้าน

5) ไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO_2) เป็นตัวกระตุ้นที่มีผลอย่างมากต่อดวงตาและเนื้อเยื่อที่มีน้ำเมือก ถ้ามนุษย์ได้รับก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ มีความเข้มสูง จะเกิดอาการไอและปวดหน้าอกทันที ไนโตรเจนไดออกไซด์ มีเพียงแต่ทำให้เกิดการสลายตัวของเฮโมโกลบินเท่านั้น แต่จะทำให้ระบบหายใจและปอดทำงานช้าลงด้วย ขีดจำกัดของปริมาณ ไนโตรเจนไดออกไซด์ คือ 5 ส่วนในล้าน

โดยทั่วไปไนโตรเจนและไนโตรเจนไดออกไซด์ มักจะไม่เกิดแยกกันโดยอิสระ แต่จะอยู่ในลักษณะ ของส่วนผสมที่เป็นอันตรายต่อร่างกายมนุษย์ได้

ตารางที่ 2.7 แสดงวิธีวัดปริมาณความเข้มของก๊าซชนิดต่าง ๆ

ก๊าซที่ต้องการวัด	วิธีการวัด
CO	วิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า วิธีวัดจากช่วงคลื่นรังสีอินฟาเรด วิธีใช้หลอดดักจับ
CO_2	วิธีวัดจากช่วงคลื่นรังสีอินฟาเรด วิธีใช้หลอดดักจับ
O_2	วิธีใช้สารเคมีเรืองแสง วิธีใช้หลอดดักจับ
NO	วิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า
NO_2	วิธีทางเคมีไฟฟ้า โดยควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้า วิธีใช้หลอดดักจับ
NOx	วิธีใช้หลอดดักจับ

ที่มา : พิเนต 2522

3.3.3 การระบายอากาศ เป็นการควบคุมสภาพแวดล้อมที่อยู่ของมนุษย์ ในที่นี้จะกล่าวถึงการระบายอากาศของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถระบายอากาศได้โดยระบบท่อระบายอากาศ โดยมีส่วนประกอบหลัก คือ ท่อลม และพัดลมดูดอากาศ

1) ท่อลมเป็นอุปกรณ์ที่จะอำนวยให้ลมจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่ง เช่น จากคอยล์เย็นไปยังหัวกระจายลมในห้อง หรือลมกลับผ่านช่องลมกลับคืนไปยังคอยล์เย็น เป็นต้น ท่อลมที่ใช้ในปัจจุบันจะพิจารณาถึงระบบท่อลม ตามความเร็วลมและความดันของลมสามารถแบ่งออกได้ เช่น ท่อลมความเร็วต่ำ ท่อลมความเร็วปานกลาง ท่อลมความเร็วสูง

การคำนวณขนาดของท่อลม การกำหนดขนาดของท่อลม จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความเร็วลมในท่อ แต่ขณะเดียวกันความเร็วลมในท่อจะถูกกำหนดโดยลักษณะการใช้งาน กล่าวคือ ในงานที่ต้องการความเงียบความเร็วลมในท่อจะต่ำ แต่ในงานที่ไม่ต้องการความเร็วลมสูง

การหาการสูญเสียกำลังงานเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อลม โดยทางทฤษฎีจะหาได้จากสมการต่อไปนี้

จากสูตร $h_L = f \frac{L}{D}$ .....(12)

เมื่อ h_L คือ กำลังงานที่สูญเสียเนื่องจากความเสียดทานภายในท่อลม

f คือ สัมประสิทธิ์ของความเสียดทานในท่อลม

L คือ ความยาวของท่อลม

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อลม

ในงานจริงเนื่องจากท่อลมโดยทั่วไปทำด้วยเหล็กอาบสังกะสี และน้ำหนักจำเพาะของอากาศประมาณ 0.75 ปอนด์ ต่อ ลูกบาตรฟุต ดังนั้นจึงมีการคำนวณกำลังงานที่สูญเสียเนื่องจากความเสียดทานจากการกำหนดค่าปริมาณลม ความเร็วลม ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง และเขียนกราฟซึ่งสามารถอำนวยความสะดวกในการหากำลังงานที่สูญเสียในได้อย่างมาก

2) พัดลมดูดอากาศ อาจแบ่งพัดลมตามทิศที่อากาศไหลผ่านออกเป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ พัดลมเซ็นติฟูกอลและพัดลมเอ็กเซียล อากาศจะไหลผ่านพัดลมเซ็นติฟูกอลในแนวรัศมีและไหลผ่านพัดลมเอ็กเซียลตามแนวแกน เมื่อเทียบกับเพลาของมันพัดลมเวนเอ็กเซียสเป็นพัดลมที่ปรับปรุงมาจากพัดลมทิ้วเอ็กเซียส เพิ่มครีบนำลมติดอยู่ในด้านทางออกของลม เพื่อปรับลักษณะการเคลื่อนที่ของลมออกจากพัดลมในรูปเกลียวให้เคลื่อนที่เป็นเส้นตรง ทั้งนี้เป็นการเพิ่มความดัน สแตติดส์ลดความเสียดทานในท่อลมและลดเสียงดังลงด้วย พัดลมที่ใช้งานจะต้องคำนึงและคำนวณสิ่งต่อไปนี้ เป็นการพิจารณาการตัดสินใจเลือก

กำลังงานที่ใช้ขับพัดลมหาได้จากสมการต่อไปนี้

จากสูตร $\text{Fan hp} = \frac{Q \times \text{Fan } P_t}{6356}$ .....(13)

เมื่อ Fan hp คือ กำลังงานที่ใช้ขับพัดลม (hp)

Q คือ ปริมาณลมของลม (cfm)

Fan p_t คือ ความดันทั้งหมดของลม

3.3.4 การควบคุมสภาพแวดล้อม การควบคุมสภาพแวดล้อมภายในของโรงงานสามารถควบคุมได้ดังนี้

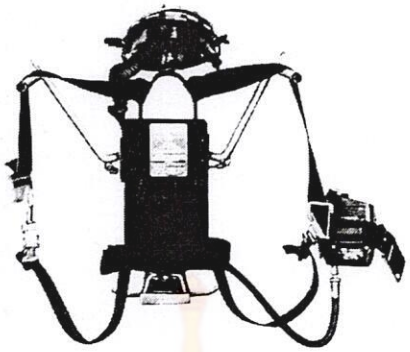
1) การระบายอากาศ การระบายอากาศทั่วโรงงานควรเลือกการระบายอากาศที่เหมาะสมกับสภาพโรงงาน โดยทั่วไปมักใช้พัดลมดูดอากาศติดหลังคา (Roof Ventilator) หรือ พัดลมธรรมดา ในกรณีที่โรงงานมีหลังคาต่ำ การระบายอากาศทั้งหมดทั่วโรงงานจะทำได้ง่ายกว่า โรงงานและถ้าการระบายอากาศไม่ถูกต้อง จะเป็นการกวนให้ควันเสียแผ่กระจายมากขึ้น การเลือกใช้วิธีระบายอากาศซึ่งใช้การดูดเข้าและเป่าออกในขณะเดียวกัน หรือการใช้ม่านอากาศอาจเป็นวิธีที่ดี อย่างไรก็ตามถ้าต้องการปริมาณการถ่ายเทอากาศสูง อาจทำให้เกิดกระแสลมภายในโรงงาน ซึ่งมีผลเสียต่อการเชื่อมแบบเชื่อมในบรรยากาศของก๊าซ (Gas Shield Arc Welding) จึงต้องระมัดระวังในข้อนี้ด้วย

การระบายอากาศเฉพาะบริเวณ อาจทำได้ 2 แบบ แบบแรกเป็นการดูดควันและก๊าซที่เกิดจากการเชื่อมจากบริเวณเชื่อมออกไปทิ้งภายนอกโรงงาน ส่วนอีกแบบหนึ่งใช้ในกรณีที่ควันและก๊าซที่เกิดขึ้นมีปริมาณน้อย ควันและก๊าซจะถูกดูดผ่านอุปกรณ์กรองอากาศ ซึ่งจะกลายเป็นอากาศดีสามารถปล่อยออกภายในโรงงานได้

การระบายอากาศที่สมบูรณ์แบบ คือ การดูดควันและก๊าซจากแหล่งกำเนิดก่อนที่มันจะกระจายออกไป ส่วนสำคัญที่จะทำการดูดได้ผล คือ รูปร่างและวิธีการติดตั้งฝาครอบดูดอากาศ (Suction Hood)

2) อุปกรณ์ป้องกัน ควันและก๊าซที่เกิดจากการเชื่อมควรขจัดออกด้วยการระบายอากาศ ตามวิธีที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อทำให้เกิดสภาพการทำงานที่ดี ในงานบางอย่างที่ไม่สามารถใช้วิธีระบายอากาศได้ ควรทำการป้องกันโดยสวมหน้ากาก (Face Maskes) เช่น หน้ากากกันฝุ่น (Dust Respirators) ดังรูปที่ 2.19 และรูปที่ 2.21 หน้ากากป้องกันไอพิษ (Poison Respirators)

รูปที่ 2.19 แสดงตัวอย่างหน้ากากกันฝุ่นแบบใช้กันฝุ่นโดยตรง



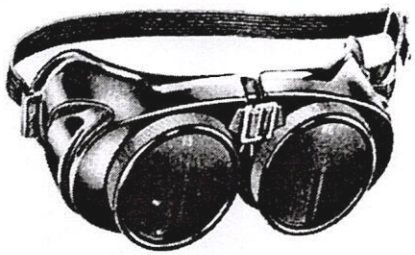
รูปที่ 2.20 แสดงตัวอย่างหน้ากากกันฝุ่นแบบแยกส่วน

รูปที่ 2.21 แสดงตัวอย่างหน้ากากป้องกันไอพิษ

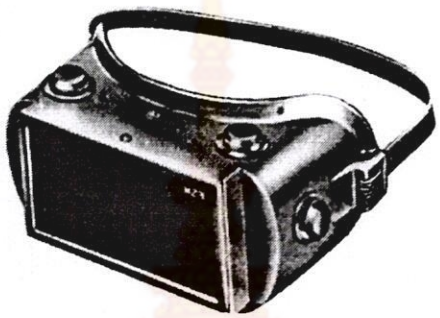
3.4 อันตรายจากสะเก็ดเชื่อม (Spatter) และตะกรันเชื่อม (Slag)

อันตรายจากสะเก็ดเชื่อมและตะกรันเชื่อมจะส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้น ต้องมีการศึกษาเกี่ยวกับอันตรายดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.4.1 อุปกรณ์ป้องกันดวงตา ในระหว่างทำการเชื่อม อันตรายที่อาจเกิดจากสะเก็ดเชื่อม หรือตะกรันเชื่อมจะลดลงถ้าสวมแว่นตาเชื่อม แต่สะเก็ดเชื่อมหรือตะกรันก็ยังอาจเข้าตาได้ในขณะทำความสะอาดบริเวณรอยเชื่อมหลังจากการเชื่อม ดังนั้น ช่างเชื่อมหรือคนงานที่ทำงานเกี่ยวข้องจะต้องสวมแว่นกันฝุ่นซึ่งอาจเป็นแว่นธรรมดา หรือแว่นป้องกันตา (Dust Goggle) ตามรูปที่ 2.23 และรูปที่ 2.24 ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสภาพการทำงาน เลนซ์ของแว่นกันฝุ่น จะต้องมีคุณภาพในด้านต่าง ๆ เช่น ความแข็งแรงของวัสดุ เป็นต้น



รูปที่ 2.23 แสดงตัวอย่างแว่นกันฝุ่นที่มีเครื่องป้องกันด้านข้าง



รูปที่ 2.24 แสดงตัวอย่างแว่นตากันฝุ่น

3.4.2 อุปกรณ์ป้องกันผิวหนัง ถ้าไม่สวมเครื่องป้องกันที่สมบูรณ์หรือใช้เสื้อทำงานที่เหมาะสมในขณะทำการเชื่อม สำเก็ดเชื่อมที่กระเด็นอาจทำให้เสื้อผ้าเสียหายหรือผิวหนังไหม้ได้ โดยเฉพาะเมื่อทำการเชื่อมหรือศีรษะ หรือเชื่อมในที่จำกัด จะต้องใช้ความระมัดระวังมากขึ้น

1) ถุงมือป้องกัน (Protective Gloves) ถุงมือป้องกันควรทำด้วยหนังตามชนิดที่แนะนำไว้ในมาตรฐาน JIS T 8113 Protective Leather Gloves for Melders ซึ่งได้รวบรวมสรุปไว้ใน ตารางที่ 2.8

ตารางที่ 2.8 แสดงถุงมือหนังแบบต่าง ๆ สำหรับช่างเชื่อม

ชนิด		วัสดุ	รูปร่าง	การใช้งาน
ประเภท 1	หมายเลข 1	อุ้งมือและหลังมือ - หนังวัว ข้อมือ - หนังวัวกลับ	2 นิ้ว	ส่วนใหญ่ใช้กับการเชื่อมไฟฟ้า
	หมายเลข 2		3 นิ้ว	
	หมายเลข 3		5 นิ้ว	
ประเภท 2	หมายเลข 1	อุ้งมือและหลังมือ - หนังวัว ข้อมือ - หนังวัวกลับ	2 นิ้ว	ส่วนใหญ่ใช้กับการเชื่อมไฟฟ้าและการตัด
	หมายเลข 2		3 นิ้ว	
	หมายเลข 3		5 นิ้ว	

ที่มา : อดิศักดิ์ 2521

2) ผ้ากันเปื้อนเครื่องหุ้มห่อเท้า (Aprons and Foot Covers) ผ้ากันเปื้อนควรทำด้วยหนัง ใช้ป้องกันร่างกายของผู้เชื่อมตั้งแต่หน้าอกถึงสะโพกได้ เครื่องหุ้มห่อเท้าควรทำด้วยหนัง เช่นกัน ถ้าไม่สวมเครื่องหุ้มห่อเท้า เท้าอาจถูกสะเก็ดเชื่อมที่กระดอนมาจากส่วนหัวของรองเท้า ทำให้เท้าไหม้ได้

3) รองเท้าปลอดภัย (Safety Shoes) ในทุกกรณีจะต้องสวมรองเท้า ทั้งนี้มิใช่เพื่อป้องกันมิให้เท้าไหม้เท่านั้น แต่ยังช่วยป้องกันเท้าจากอันตรายไฟฟ้าดูดด้วย

3.5 อันตรายอื่น ๆ

นอกจากอันตรายทั้งหมดที่ได้กล่าวมา ยังมีอันตรายอื่น ๆ อีกที่เกิดขึ้นในงานเชื่อม ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.5.1 ไฟ ก่อนทำการเชื่อมควรจัดรอบ ๆ บริเวณเชื่อมให้เรียบร้อย โดยเฉพาะของที่ลุกไหม้ได้ควรแยกไว้ต่างหาก สิ่งของบางอย่างเช่น สี น้ำมัน เชื้อเพลิง น้ำมัน เศษไม้ กระดาษ เป็นต้น จะเกิดลุกไหม้ได้เมื่อถูกสะเก็ดเชื่อมกระเด็นใส่

3.5.2 รังสีเอ็กซ์และรังสีแกมม่า (X Rays and Y rays) ถึงแม้ว่ารังสีเอ็กซ์และรังสีแกมม่า จะไม่มีส่วนเกี่ยวข้องโดยตรงกับการเชื่อม แต่ผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับรังสีเอ็กซ์และรังสีแกมม่า โดยการใช้ตรวจสอบบริเวณรอยเชื่อม ควรมีความระมัดระวังเป็นพิเศษ เนื่องจากรังสีดังกล่าวเป็นอันตรายต่อเม็ดโลหิตและทำให้เกิดการเจ็บป่วยที่อาจถึงแก่ชีวิตได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการและวิธีการวิจัย

ในการดำเนินงานจะต้องมีการวางแผนงานต่าง ๆ ไว้ล่วงหน้า เพื่อเป็นตัวกำหนดระยะเวลาที่ใช้ในการทำงาน ซึ่งในการดำเนินงานได้มีการวางแผน กำหนดหัวข้อที่ใช้ในการดำเนินการดังนี้

1. **<u>การวางแผนและการเตรียมการ</u>**

ในการดำเนินการใด ๆ ถ้าได้มีการวางแผน และเตรียมการไว้ล่วงหน้าก็จะสามารถกำหนดขั้นตอนการทำงาน ซึ่งสามารถกำหนดได้ดังนี้

1.1 ศึกษาความเป็นไปได้ ในการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

1.2 หาข้อมูลเกี่ยวกับการสร้างตลอดจนราคาวัสดุอุปกรณ์ที่จะทำการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

1.3 หาแหล่งเงินทุนทำการสร้างชุดสาธิตวงจรเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

1.4 ดำเนินการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ และทำการ แก้ไขปรับปรุงข้อผิดพลาด

2. **<u>การออกแบบและคำนวณ</u>**

ในการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อนำชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เป็นสื่อการสอนในการศึกษากระบวนการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งจะเป็นประโยชน์อย่างมากในการเรียนการสอน และเพื่อให้ผู้ศึกษาเข้าใจถึงกระบวนการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า อาทิเช่น กระแสเชื่อม ระยะอาร์ค การเดินลวดเชื่อม และอุปกรณ์ประกอบภายในเครื่องเชื่อม ดังนั้นในการอออกแบบชุดสาธิตวงจรเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เพื่อให้ผู้ศึกษาเกิดการเรียนรู้จึงอาศัยหลักในการออกแบบดังนี้

2.1 ขนาดของชุดสาธิต ในการศึกษาขนาดความกว้าง ความยาว และความสูงเพื่อจะกำหนดขนาดของชุดสาธิต โดยให้ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมเกิดความคล่องตัว และดำเนินการเชื่อมได้อย่างสมบูรณ์ที่สุด โดยที่ความสูงของโต๊ะและเก้าอี้ปฏิบัติงาน ควรมีขนาดที่สามารถนั่งหรือทำงานสลับกันได้ตามถนัด และปรับเปลี่ยนอริยาบทได้ตามความเมื่อยล้าของกล้ามเนื้อ ในขณะปฏิบัติงานในแต่ละครั้ง

2.2 มุมมองหรือทิศทางการมอง ส่วนมุมมองและทิศทางการมองนี้จะศึกษาจากผู้ที่มองดูการสาธิต โดยจะกำหนดทิศทางการมอง เพื่อเกิดประสิทธิภาพการมองเห็นให้มากที่สุด

2.3 การเคลื่อนที่ของชุดสาธิต การออกแบบของชุดสาธิตนี้ จะเน้นการเคลื่อนที่หรือการเคลื่อนย้ายที่มีความสะดวก และสามารถเคลื่อนที่ในหลายทิศทางตามความเหมาะสมกับสถานที่ ในการทำการเชื่อมสาธิต โดยมีการออกแบบเป็นการติดตั้งลูกล้อหมุนได้ตลอดทิศทาง และล้อสามารถล็อกได้ เพิ่มความสะดวกในขณะทำการเชื่อมสาธิต

2.4 ทิศทางการเคลื่อนที่ของควันจากการเชื่อม เมื่อทำการเชื่อมความร้อนจากการอาร์คจะทำให้ลวดเชื่อมหลอมละลาย และเกิดการเผาไหม้ของฟลักซ์ที่หุ้มลวดเชื่อมอยู่ เป็นผลทำให้เกิดควันขึ้นเพราะส่วนผสมของฟลักซ์ประกอบด้วย ไททาเนียม แคลเซียมฟลูออไรด์ และผงโลหะ เป็นต้น นอกจากนี้แกนลวดเชื่อมเองก็ประกอบไปด้วยธาตุต่างๆ เช่น คาร์บอน กำมะถัน แมงกานีส ฟอสฟอรัส เป็นต้น และชิ้นงานซึ่งเป็นโลหะเมื่อได้รับความร้อนจะมีไอระเหย กลิ่นของไอระเหยจะรบกวนประสาทหรือเป็นไอพิษ โลหะที่มีไอระเหยมีกลิ่น และเป็นไอพิษ ได้แก่ แคดเมียม สังกะสี และตะกั่ว เป็นต้น ซึ่งธาตุบางชนิดเป็นพิษต่อร่างกาย และยังทำให้ปริมาณของออกซิเจนบริเวณที่ทำการเชื่อมลดน้อยลงด้วย ดังนั้นจากข้อมูลดังกล่าวจึงได้ออกแบบระบบระบายอากาศเพื่อให้เกิดความปลอดภัยแก่ผู้ปฏิบัติงาน

ระบบระบายอากาศนี้จะมีพัดลมดูดอากาศติดตั้งไว้ทางด้านบนของชุดสาธิตนี้ เพราะตามหลักการเคลื่อนที่ของควันจะลอยขึ้นสูง จะทำให้เครื่องดูดควันสามารถดูดอากาศที่เสียหรือควันออกไปจากพื้นที่หรือบริเวณการเชื่อม ซึ่งทำให้ผู้ปฏิบัติการเชื่อมสามารถเชื่อมได้โดยไม่มีสิ่งขัดต่อสมาธิในการเชื่อม

2.5 การออกแบบการติดตั้งเครื่องมืออุปกรณ์ ในการทำการเชื่อมจะต้องมีการใช้เครื่องมือที่เกี่ยวข้อง อาทิ เช่น สกัด ค้อนเคาะสแลก คีม แปรงลวด ถุงมือหนัง ปอกแขนหนัง เสื้อหนัง เป็นต้น จึงต้องมีการจัดเก็บเป็นที่และวางที่เป็นระเบียบ สะดวกต่อการทำงาน ดังนั้น จึงต้องออกแบบตู้เก็บเครื่องมืออุปกรณ์ ขึ้น เป็นอุปกรณ์ประจำชุดสาธิต และเป็นการออกแบบการให้ประโยชน์ใช้สอยของชุดสาธิตให้เกิดประโยชน์มากที่สุด

2.6 การออกแบบการแสดงชิ้นส่วนภายในของเครื่องเชื่อม จะต้องคำนึงถึงการแสดงชิ้นส่วนภายในเครื่องเชื่อม เช่น ตัวทรานสฟอร์มเมอร์ กลไกปรับขนาดกระแส เป็นต้น ซึ่งจะต้องแยกชิ้นส่วน ต่างๆ ให้เห็นชัดเจน ดังนั้นจึงต้องออกแบบโดยติดชิ้นส่วนภายในเครื่องเชื่อมกับแผ่นกระดานไม้อัดไว้ด้านหน้าของชดุสาธิต เพื่อให้แสดงชิ้นส่วนภายในของเครื่องเชื่อมต่าง ๆ ได้เห็นชัดเจนยิ่งขึ้น

2.7 การเลือกขนาดของเครื่องเชื่อมชุดสาธิตนี้ ได้นำเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับขนาด 140 แอมป์ ซึ่งมีการใช้กันอย่างกว้างขวาง มีน้ำหนักเบา และมีพิกัดดิ้วตี้ไซเคิล 40 เปอร์เซ็นต์ ดิ้วตี้ไซเกิลของเครื่องเชื่อมจะมีการกำหนดมาจากกระแสที่ออกจากเครื่องเชื่อม ซึ่ง

สามารถคำนวณหาค่าดิ้วตี้ไซเกิลหรือคำนวณหาค่ากระแสจากดิ้วตี้ไซเกิลได้จากสมการที่ (3) และ (4) ตามลำดับ

2.7.1 เครื่องเชื่อมเครื่องนี้มีพิกัดดิ้วตี้ไซเคิล 40 เปอร์เซ็นต์ ที่กระแส 120 แอมแปร์ กระแสเชื่อมสูงสุดตามพิกัดดิ้วตี้ไซเคิลเท่ากับ 140A หาค่าพิกัดดิ้วตี้ไซเคิลได้จากสมการที่ (3)

จากสูตร $T_a = \frac{I^2}{(I_a)^2} \times T$

กำหนดให้ $I = 120$ แอมแปร์

$I_a = 140$ แอมแปร์

$T = 40$ เปอร์เซ็นต์

แทนค่า $T_a = \frac{120^2}{140^2} \times 40$

$T_a = 2.93$ เปอร์เซ็นต์

2.7.2 จากข้อ 2.7.1 ถ้าต้องการเชื่อมติดต่อกันโดยไม่มีการหยุด ดิ้วตี้ไซเคิล 100 เปอร์เซ็นต์ จะต้องเชื่อมด้วยกระแสขนาดเท่าไรโดยใช้สมการที่ (4)

จากสูตร $I_a = \sqrt{\frac{T}{T_a}} \times I$

กำหนดให้ $T = 40$

$T_a = 100$

$I = 120$

แทนค่า $I_a = \sqrt{\frac{40}{100}} \times 120$

$I_a = 76$ แอมแปร์

เพราะฉะนั้นเครื่องเชื่อมเครื่องนี้เมื่อเชื่อมด้วยกระแส 140 แอมแปร์ ดิ้วตี้ไซเกิลของเครื่องเชื่อมจะลดลงเหลือเพียง 29.3 เปอร์เซ็นต์ หรือเครื่องเครื่องนี้เชื่อมได้นานไม่เกิน 2.93 นาที ของช่วงเวลาทุก ๆ 10 นาที เมื่อเชื่อมด้วยกระแสขนาด 140 แอมแปร์ ถ้าต้องการใช้เรื่องเชื่อมเครื่องนี้ติดต่อกันโดยไม่ต้องพัก จะต้องใช้กระแสเชื่อมได้ไม่เกิน 76 แอมแปร์

จากข้อมูลดังกล่าวจึงได้ตัดสินเลือกเครื่องเชื่อมกระแสขนาด 140 แอมแปร์ ซึ่งน้ำหนักเบา สะดวกในการติดตั้งและเคลื่อนย้าย ใช้งานง่ายและกว้างขวาง

2.8 การเลือกหม้อแปลงกระแส (Current Transformer) เพื่อนำมาติดตั้งแผงวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแส ในการพิจารณาเลือกใช้ จะต้องคำนวณหาค่าดังต่อไปนี้

2.8.1 คำนวณหาค่าจำนวนรอบของขดลวดทุติยภูมิ จากสมการที่ (9) หม้อแปลงไฟฟ้าที่ใช้มีแรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดปฐมภูมิ 120 โวลต์ แรงดันไฟฟ้าที่ขดลวดทุติยภูมิ 24 โวลต์ มีขดลวดปฐมภูมิที่มีจำนวน 400 รอบ

จากสูตร $$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

แทนค่า $$\frac{120}{24} = \frac{400}{N_2}$$

$$N_2 = 400 \times \frac{24}{120}$$

$$N_2 = 80 \text{ รอบ}$$

ดังนั้นเลือกขดลวดทุติยภูมิ จำนวน 80 รอบ

2.8.2 คำนวณหาค่าอัตราส่วนของจำนวนรอบ จากสมการที่ (10) จากข้อมูลดังกล่าว

จากสูตร $$T = \frac{N_1}{N_2}$$

แทนค่า $$T = \frac{400}{80}$$

$$T = 5$$

ดังนั้นอัตราส่วนของจำนวนรอบของขดลวด เท่ากับ 5

2.9 หาขนาดของพัดลมดูดอากาศซึ่งพิจารณาการเลือกขนาดพัดลม โดยคำนวณกำลังงานที่ใช้ขับพัดลมโดยการใช้ สมการที่ (13) คำนวณหากำลังงานขับพัดลม โดยมีปริมาณลมเท่ากับ 8000 cfm และมีความดันทั้งหมดของพัดลมเท่ากับ 24 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่าดังกล่าวนำมาหากำลังงานที่ใช้ขับพัดลมได้ดังนี้

จากสูตร $$\text{Fan hp} = \frac{Q \times \text{Fan } P_t}{6356}$$

$$= \frac{8000 \times 0.24}{6356}$$

$$\text{Fan hp} = 0.3 \text{ Hp}$$

ดังนั้นเลือกพัดลมที่มีกำลังงานที่ใช้ขับพัดลม เท่ากับ 0.3 แรงม้า (Hp)

3. <u>การดำเนินการสร้าง</u>

การดำเนินการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ จะต้องผ่านการดำเนินการวางแผน ขั้นตอนการออกแบบ การสั่งซื้อวัสดุ การผลิตชิ้นส่วนต่าง ๆ และการประกอบติดตั้งชิ้นส่วนต่าง ๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

3.1 การสั่งซื้อวัสดุ ในการสั่งซื้อวัสดุที่ใช้ในการดำเนินการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้ากระแสสลับ โดยการหาซื้อตามร้านค้าตามท้องตลาดโดยทั่วไป

3.2 การออกแบบและการประกอบโครงสร้าง หลังจากที่ได้วัสดุเข้ามาตามแผนงานเรียบร้อยแล้ว จึงทำการออกแบบ และการประกอบโครงสร้างของชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ตามแบบในภาคผนวก

3.3 การติดตั้งวงจรเครื่องไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ในการติดตั้งวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เพื่อทำให้การติดตั้งวงจรมีประสิทธิภาพ จะต้องออกแบบวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงให้มีประสิทธิภาพในการใช้และสะดวกต่อการใช้งาน

ในการออกแบบวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ต้องนำอุปกรณ์ต่าง ๆ มาประกอบเข้าเป็นวงจร ซึ่งมีอุปกรณ์ที่นำมาประกอบดังนี้

3.3.1 หม้อแปลงไฟฟ้ากระแสสลับแบบเลื่อน ขนาด 140 แอมแปร์ จำนวน 1 ชุด

3.3.2 อุปกรณ์แสดงผลของกระแสไฟฟ้า เช่น แอมป์มิเตอร์กระแสเข้า (Amp Meter In Put) แอมป์มิเตอร์กระแสออก (Amp Meter Out Put) โวลต์มิเตอร์กระแสเข้า (Volt Meter In Put) โวลต์มิเตอร์กระแสออก (Volt Meter Out Put) อย่างละ 1 ตัว

3.3.3 หลอดไฟฟ้าแสดงการทำงาน 1 ตัว

3.3.4 พัดลมระบายความร้อน 1 ตัว

3.3.5 กระแส ซี ที (Current Transformer)

3.3.6 เกจบอกขนาดของกระแสไฟเชื่อม

จากนั้นนำอุปกรณ์ติดตั้งวงจร มาประกอบเข้ากับแผ่นกระดานอัดหน้า 20 มิลิเมตร เพื่อให้วงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เกิดความปลอดภัยในการใช้งานจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าช๊อต ดังนั้นจะต้องนำแผ่นพลาสติกมาติดตั้งบนแผงวงจรดังกล่าว เพื่อให้เกิดความปลอดภัยในการใช้งาน

3.4 การสร้างชุดดูดควันเชื่อม ในการปฏิบัติในงานเชื่อมไฟฟ้าในแต่ละครั้งนั้น ย่อมเกิดอันตรายจากการเชื่อม เช่น อันตรายจากการใช้กระแสไฟฟ้า อันตรายจากรังสีที่เกิดจากการเชื่อม อันตรายจากควันเชื่อม ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของชิ้นงานเชื่อมและลวดเชื่อม โดยโลหะบางชนิดเมื่อมีการเผาไหม้ก็จะมีควันและไอพิษ ซึ่งจะเกิดในขณะทำการเชื่อม

ตามธรรมชาติของควันจะมีน้ำหนักเบาและจะลอยตัว ดังนั้นจึงควรออกแบบชุดดูดควันให้อยู่เหนือพื้นที่ปฏิบัติงาน เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการขจัดควันเชื่อม ให้ออกนอกพื้นที่ปฏิบัติงานเชื่อม ซึ่งจะส่งผลให้ผู้ปฏิบัติงานเชื่อม มีสมาธิในการเชื่อมเพิ่มมากขึ้นและมีความปลอดภัยต่อ สุขภาพของผู้ปฏิบัติงาน ดังนั้นจะต้องมีการออกแบบชุดดูดควันและสร้างชุดดูดควันให้ตรงกับ จุดประสงค์ดังกล่าว ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.4.1 ออกแบบและวัดขนาด โดยมีการกำหนดขนาดตามหมายเลขแบบ

3.4.2 ทำการร่างแบบแผ่นคลี่และตัดโลหะแผ่นตามแบบที่กำหนดไว้

3.4.3 พับโลหะตามขนาดที่ร่างไว้

3.4.4 ทำการประกอบเข้ารูปและเจาะรูเพื่อย้ำหมุด โดยใช้ขนาดหมุดย้ำ ตามตะเข็บที่ออกแบบและร่างไว้

3.4.5 ออกแบบขายึดพัดลมมอเตอร์ โดยใช้พัดลมดูดอากาศ ขนาด 0.3 แรงม้า (HP) จำนวน 1 ตัว

3.4.6 ทำการตกแต่งและพ่นสีรองพื้น

3.4.7 ทำการพ่นสี่จริง โดยใช้สีเขียวลายค้อน

3.5 การติดตั้งกระจกกรองแสง ในขณะทำการเชื่อมไฟฟ้า เมื่อมีการอาร์คเกิดขึ้นจะมีประกายแสงสว่างจ้า และรังสีอันตรายเกิดขึ้น ซึ่งเป็นอันตรายต่อผู้ดูและผู้ปฏิบัติงานเชื่อมไฟฟ้า โดยที่รังสีเป็นอันตรายต่อเยื่อแก้วตามากที่สุด รังสีดังกล่าว คือ รังสีอุลตร้าไวโอเลตและรังสีอินฟาเรด ดังนั้นในการดูจุดที่ทำการเชื่อมจึงต้องมีการติดตั้งกระจกกรองแสง โดยที่กระจกกรองแสงที่ใช้นั้นจะต้องมีความสามารถในการกรองแสง หรือดูดซับรังสีอุลตร้าไวโอเลตและรังสีอินฟาเรดได้ประมาณ 99.5 ถึง 99.75 เปอร์เซ็นต์ สืบเนื่องจากกระจกแสงที่มีขนาดใหญ่ ไม่จำหน่ายในท้องตลาด เพราะในประเทศไทยเองไม่สามารถผลิตได้ ดังนั้นจึงต้องเทียบความเข้มของแสง โดยใช้

ฟิล์มกรองแสงติดกระจกชาเป็นชั้น ๆ จนกว่าจะมีความเข้มใกล้เคียงกับกระจกกรองแสงตามมาตรฐาน JIS T 8141-1970 โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

3.5.1 ศึกษาและหาข้อมูลของฟิล์มกรองแสง โดยได้ข้อมูลจากเอกสารต่าง ๆ

3.5.2 ออกแบบและวัดขนาดของขอบกระจกที่จะทำการติดตั้ง โดยใช้กระจกติดฟิล์มกรองแสง โดยกำหนดทิศทางการมองการเชื่อม 5 ทิศทาง

3.5.3 ตัดกระจกตามขนาดที่กำหนดไว้ 5 ทิศทาง

3.5.4 ติดฟิล์มกรองแสง โดยทำการเปรียบเทียบตามความเข้มของกระจกกรองแสงตามมาตราฐาน JIS T 8141-1970 ที่ระดับความเข้มของสีที่ 11 หรือเบอร์ 11 โดยใช้คุณสมบัติของฟิล์มกรอง 3 เอ็ม สก๊อตซ์ทินต์ RE65NIART ดังแสดงในภาคผนวก ก.

3.5.5 ทำการทดลองเพื่อตรวจสอบความเข้มของสี

3.5.6 ประกอบติดขอบอลูมิเนียมตามขนาดที่กำหนดตามหมายเลขแบบ

3.5.7 ประกอบเข้ากับโครงชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ เพื่อเป็นอุปกรณ์ช่วยสอน วิชากระบวนการเชื่อมในหัวข้อการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับจะแสดงแยกชิ้นส่วนภายในของเครื่องเชื่อมและหลักการทำงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ขนาด 140 แอมแปร์ ชุดสาธิตดังกล่าวที่สร้างขึ้นได้ผ่านการทดลองและบันทึกใช้ข้อมูลไว้เพื่อวิเคราะห์ผลของข้อมูลจำแนกได้ดังนี้

1. <u>การวิเคราะห์หาคุณภาพของชุดสาธิต</u>

การทดลองครั้งนี้ มีจุดมุ่งหมายเพื่อตรวจสอบคุณภาพของชุดสาธิต เพื่อนำไปใช้เป็นชุดสาธิตในการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยผู้จัดทำวิจัยได้จัดทำแบบประเมินผลกับผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 ท่าน ซึ่งมีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับการสร้างชุดสาธิตดังกล่าว การประเมินผลครั้งนี้ทำให้คะแนนตามรายละเอียดหัวข้อที่กำหนดขึ้น

จากคะแนนที่ได้จากการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ มาหาคะแนนเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในแต่ละหัวข้อ โดยวิธีทางสถิติ และนำค่าประเมินเฉลี่ยไปพิจารณาการประเมินตามเกณฑ์ดังต่อไปนี้

ค่าประเมินเฉลี่ย 4.6-5.0 หมายถึง ชุดสาธิตมีความเหมาะสมดีมาก
ค่าประเมินเฉลี่ย 3.6-4.5 หมายถึง ชุดสาธิตมีความเหมาะสมดี
ค่าประเมินเฉลี่ย 2.6-3.5 หมายถึง ชุดสาธิตมีความเหมาะสมดีพอใช้
ค่าประเมินเฉลี่ย 1.6-2.5 หมายถึง ชุดสาธิตมีความเหมาะสมปานกลาง
ค่าประเมินเฉลี่ย 1.0-1.5 หมายถึง ชุดสาธิตมีความเหมาะสมน้อย

นำค่าประเมินเฉลี่ยไปพิจารณาผลของชุดสาธิตดังกล่าว ซึ่งแสดงรายละเอียดของค่าประเมินดังกล่าว ตามตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตกับผู้เชี่ยวชาญ

ลำดับที่	รายการ	คะแนนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์คุณภาพ
1.	ความเหมาะสมของขนาดชุดสาธิต	4	80
2.	ความเหมาะสมของการจัดวางอุปกรณ์วงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้า	4	80
3.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายของชุดสาธิต	3.75	75
4.	ความเหมาะสมของการติดตั้งของชุดป้องกันไฟฟ้าดูดบนแผงวงจรเครื่องเชื่อม	4	80
5.	ความสะดวกในการเชื่อมสาธิต	4	80
6.	ความปลอดภัยในการเชื่อมสาธิต	4.25	85
7.	ความเหมาะสมของสีชุดสาธิต	3.25	65
8.	ความเข้มของกระจกกรองแสง	4.5	90
9.	ความชัดเจนในการมองแนวเชื่อมในขณะเชื่อมสาธิตผ่านกระจกแสง	4.25	85
10.	ความเหมะสมของการจัดเก็บอุปกรณ์ที่ใช้ในงานเชื่อม	4.25	85
11.	ความชัดเจนของเกจบอกค่ากระแสไฟและแรงดันไฟฟ้า	4	80
12.	ความแข็งแรงของชุดสาธิต	4.25	85
13.	การจัดเก็บสายไฟได้อย่างเหมาะสมและปลอดภัย	4.25	85
14.	ความเหมาะสมของตำแหน่งติดตั้งอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน	3.75	75

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตกับผู้เชี่ยวชาญ (ต่อ)

ลำดับที่	รายการ	คะแนนเฉลี่ย	เปอร์เซ็นต์คุณภาพ
15.	ความเหมาะสมของการติดตั้งกระจกกรองแสง	4	80
16.	ความเหมาะสมของการติดตั้งชุดดูดควัน	3.5	70
17.	แสงสว่างในขณะเชื่อมสาธิต	3.5	70
18.	ความเที่ยงตรงของเกจบอกกระแสไฟเชื่อม	3.25	65
19.	ความเหมาะสมของการติดตั้งตะแกรงรองรับชิ้นงาน	4.75	95
20	ความเหมาะสมของการติดตั้งถาดรองรับขี้ตะกรัน	4.75	95

เมื่อพิจารณาจากผลการประเมินตามตารางที่ 4.1 ซึ่งได้ข้อมูลจากผู้เชี่ยวชาญปรากฏว่า เปอร์เซ็นต์คุณภาพของชุดสาธิตดังกล่าวมีค่าเท่ากับ 80.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งอยู่ระหว่าง 80 เปอร์เซ็นต์ขึ้นไป สรุปว่าประสิทธิภาพของชุดสาธิตดังกล่าวสามารถนำไปใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนในการให้ความรู้ได้ดี

2. **<u>อภิปรายผล</u>**

ผลการดำเนินงานในการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับเพื่อใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนการเชื่อมโลหะไฟฟ้า ผู้จัดทำ พอที่จะอภิปรายผลได้ดังต่อไปนี้

2.1 ชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับนี้ เป็นอุปกรณ์ช่วยสอนในหัวข้อการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า ชุดสาธิตดังกล่าวจะช่วยให้การเรียนการสอนเกิดประสิทธิภาพสูง ทำให้ผู้ดูการสาธิตการเชื่อมสามารถศึกษาเกี่ยวกับวงจรไฟฟ้าในเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ซึ่งจะแสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมแบบหม้อแปลงกระแสสลับในขณะทำการเชื่อมสาธิต ซึ่งทำการเชื่อมได้ทั้ง 4 ท่าเชื่อม คือ ท่าราบ ท่าขนานนอน ท่าตั้งเชื่อมขึ้นและท่าตั้งเชื่อมลง ท่าเหนือศีรษะ และชุดสาธิตดังกล่าวจะเป็นตัวช่วยกระตุ้นความสนใจของผู้ดูการเชื่อมสาธิต เพราะการเชื่อมสาธิตเป็นการเรียนการสอนที่เป็นประสบการณ์จริงสามารถทำให้ผู้ดูการเชื่อมสาธิตเข้าใจในเนื้อหาวิชาที่เรียน ซึ่งจะส่งผลให้การเรียนการสอนมี ประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น

2.2 จากผลการหาค่าประสิทธิภาพ ของชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ โดยการประเมินผลจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีความเชี่ยวชาญและมีประสบการณ์ในการทำงานเป็นกลุ่มในการประเมิน ปรากฏว่าค่าคะแนนเฉลี่ยได้ 4.01 และเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพได้ 80.25 เปอร์เซ็นต์ จากค่าดังกล่าวแสดงว่าชุดสาธิตนี้ อยู่ในระดับคะแนนเฉลี่ยและเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพที่ดี เหมาะสำหรับเป็นอุปกรณ์ช่วยสอนในการให้ความรู้ได้ดี เพื่อให้นักศึกษาเกิดการเรียนรู้และเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอน

บทที่ 5
สรุป และข้อเสนอแนะ

จากการที่ผู้จัดทำวิจัย ชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ผู้ดำเนินการได้ประสบปัญหาต่าง ๆ มากมาย อีกทั้งข้อเสนอแนะต่าง ๆ กล่าวสรุปเป็นหัวข้อไว้ในบทนี้ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้

1. สรุปผล

จากการประเมินผลของชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ พอสรุปผลได้ว่า ชุดสาธิตดังกล่าวมีคุณภาพอยู่ในระดับที่ดี สามารถนำชุดสาธิตดังกล่าวไปใช้เป็นอุปกรณ์ช่วยสอน ในหัวข้อการเชื่อมโลหะด้วยไฟฟ้า และสามารถนำชุดสาธิตดังกล่าวออกนอกสถานที่ได้สะดวก เพื่อใช้ในการอบรมนอกสถานที่ได้ มีความปลอดภัยในการใช้งาน ใช้งานง่าย โดยที่ชุดสาธิตดังกล่าวมีระดับค่าประสิทธิภาพ 80.25 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งสามารถใช้เป็นสื่อการสอนได้เป็นอย่างดี อีกทั้งอาจจะนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายอื่น ๆ ได้อีกด้วย

2. ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการดำเนินงานสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ สามารถสรุปผลการดำเนินงาน ได้ดังนี้

2.1 ได้ศึกษาและทราบถึงวงจรไฟฟ้าของเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ และหลักการทำงานของวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้า

2.2 ได้ประสบการณ์จากการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับได้สร้างความสัมพันธ์กับเพื่อนร่วมงานและการติดต่อประสานงานในรูปแบบต่าง ๆ ที่เกี่ยวกับการทำงาน

2.3 ได้ชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ ที่สามารถนำชุดสาธิตดังกล่าวไปใช้งานได้ตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

3. ปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงาน

จากการดำเนินงานในการสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อแปลงกระแสสลับ จะเกิดปัญหาและอุปสรรคในการดำเนินงานดังนี้

3.1 ปัญหาเกี่ยวกับแหล่งและสถานที่จำหน่ายอุปกรณ์ที่ต้องการในการดำเนินงานสร้างชุดสาธิต

3.2 ปัญหาเกี่ยวกับการหาข้อมูลของอุปกรณ์บางอย่างที่ใช้ในการดำเนินงานสร้างชุดสาธิต

3.5 ขาดทักษะบางประการและความรู้ ในการดำเนินการสร้างชุดสาธิต เช่น ขาดความรู้ในเรื่องของระบบไฟฟ้าและวงจรไฟฟ้า จำเป็นต้องปรึกษาผู้ที่มีความชำนาญงานด้านไฟฟ้า

4. **ข้อเสนอแนะ**

ในการดำเนินงานสร้างชุดสาธิตวงจรเครื่องเชื่อมไฟฟ้าแบบหม้อปลงกระแสสลับ ก่อนที่จะดำเนินการจะต้องคำนึงถึงหลักการในการออกแบบ วิธีการทำงาน การวางแผนในการดำเนินการ ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนแล้วเป็นปัจจัยในการดำเนินการ เพื่อบรรลุถึงความสำเร็จ และพัฒนาในอนาคตข้างหน้าต่อไป ซึ่งจะมีข้อเสนอแนะดังนี้

4.1 ควรมีระบบแสงสว่างในการดำเนินการสาธิตติดตั้งไว้

4.2 ควรมีระบบเครื่องขยายเสียงในการบรรยายการสาธิต เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพในการ บรรยายการสาธิต

4.3 ควรติดตั้งระบบการเชื่อมแบบอัตโนมัติ หรือแขนกลเชื่อมสาธิต เพราะจะได้ความเที่ยงตรงต่อการอ่านค่ากระแส

4.4 ควรมีระบบการเคลื่อนที่ โดยใช้ระบบการขับเคลื่อนโดยมอเตอร์

4.5 ติดตั้งระบบการค่าวัดอุณหภูมิขณะทำการเชื่อมสาธิต

4.6 ควรลดขนาด และน้ำหนักของชุดกระจกกรองแสง

4.7 ควรเลือกใช้พัดลมดูดอากาศอยู่ด้านล่างของชุดสาธิต เพื่อป้องกันอันตรายจากควันเชื่อมเข้าสู่ร่างกายผู้ปฏิบัติงาน