

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

- 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม
- 2.2 หลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)
- 2.3 ทฤษฎีการเชื่อมไฟฟ้า
- 2.4 ทฤษฎีการเชื่อมแก๊ส
- 2.5 การสอนทักษะปฏิบัติ
- 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างชุดฝึกทักษะ
- 2.7 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ
- 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

รายละเอียดของเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

#### 2.1 หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม

##### 2.1.1 หลักการของหลักสูตร (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2556 : 2)

2.1.1.1 เป็นหลักสูตรระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ หลังมัธยมศึกษาตอนต้น หรือเทียบเท่าด้านวิชาชีพ ที่สอดคล้องกับแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ แผนการศึกษาแห่งชาติและประชาคมอาเซียน เพื่อผลิตและพัฒนากำลังคนระดับฝีมือให้มีสมรรถนะ มีคุณธรรม จริยธรรมและจรรยาบรรณวิชาชีพ สามารถประกอบอาชีพได้โดยตรงตามความต้องการของสถานประกอบการและการประกอบอาชีพอิสระ

2.1.1.2 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้เลือกรเรียนได้อย่างกว้างขวาง เน้นสมรรถนะ เฉพาะด้านด้วยการปฏิบัติจริง สามารถเลือกวิธีการเรียนได้ตามศักยภาพและโอกาสของผู้เรียน เปิดโอกาสให้ผู้เรียนสามารถเทียบโอนผลการเรียน สะสมผลการเรียน เทียบความรู้ และประสบการณ์ จากแหล่งวิทยาการ สถานประกอบการและสถานประกอบอาชีพอิสระ

2.1.1.3 เป็นหลักสูตรที่สนับสนุนการประสานความร่วมมือในการจัดการศึกษาร่วมกัน ระหว่างหน่วยงานและองค์กรที่เกี่ยวข้อง ทั้งภาครัฐและเอกชน

2.1.1.4 เป็นหลักสูตรที่เปิดโอกาสให้สถานศึกษา สถานประกอบการ ชุมชน และท้องถิ่น มีส่วนร่วมในการพัฒนาหลักสูตรให้ตรงตามความต้องการ และสอดคล้องกับสภาพ ยุทธศาสตร์ของภูมิภาค เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ

## 2.1.2 จุดมุ่งหมายของหลักสูตร (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2556 : 2)

2.1.2.1 เพื่อให้มีความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพ สอดคล้องกับมาตรฐานวิชาชีพ สามารถนำความรู้ ทักษะและประสบการณ์ในงานอาชีพไปปฏิบัติงานอาชีพได้อย่างมีประสิทธิภาพ เลือกวิธีการดำรงชีวิต การประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสมกับตน สร้างสรรค์ความเจริญต่อชุมชน ท้องถิ่นและประเทศชาติ

2.1.2.2 เพื่อให้เป็นผู้มีปัญญา มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ใฝ่เรียนรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตและการประกอบอาชีพ สามารถสร้างอาชีพ มีทักษะในการจัดการ และพัฒนาอาชีพให้ก้าวหน้าอยู่เสมอ

2.1.2.3 เพื่อให้มีเจตคติที่ดีต่ออาชีพ มีความมั่นใจและภาคภูมิใจในวิชาชีพที่เรียน รักงาน รักหน่วยงาน สามารถทำงานเป็นหมู่คณะได้ดี โดยมีความเคารพในสิทธิและหน้าที่ของตนเอง และผู้อื่น

2.1.2.4 เพื่อให้เป็นผู้มีพฤติกรรมทางสังคมที่ดีงาม ทั้งในการทำงาน การอยู่ร่วมกัน การต่อต้านความรุนแรงและสารเสพติด มีความรับผิดชอบต่อครอบครัว หน่วยงาน ท้องถิ่น และประเทศชาติ อุทิศตนเพื่อสังคม เข้าใจและเห็นใจคุณค่าของศิลปวัฒนธรรม ภูมิปัญญาท้องถิ่น มีจิตสำนึกด้านปรัชญาเศรษฐกิจพอเพียง รู้จักใช้ และอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมที่ดี

2.1.2.5 เพื่อให้มีบุคลิกภาพที่ดี มีมนุษยสัมพันธ์ มีคุณธรรม จริยธรรมและวินัย ในตนเอง มีสุขภาพอนามัยที่สมบูรณ์ทั้งร่างกายและจิตใจ เหมาะสมกับอาชีพ

2.1.2.6 เพื่อให้ตระหนัก และมีส่วนร่วมในการแก้ปัญหาเศรษฐกิจ สังคม การเมืองของประเทศและโลก มีความรักชาติ สำนึกในความเป็นไทย เสียสละเพื่อส่วนรวม ดำรงไว้ซึ่งความมั่นคงของชาติ ศาสนา พระมหากษัตริย์ และการปกครองระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

## 2.1.3 โครงสร้างของหลักสูตร

โครงสร้างของหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 แบ่งเป็น 3 หมวดวิชาและกิจกรรมเสริมหลักสูตร ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2556 : 4)

### 2.1.3.1 หมวดวิชาทักษะชีวิต

- 1) กลุ่มวิชาภาษาไทย
- 2) กลุ่มวิชาภาษาต่างประเทศ
- 3) กลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์
- 4) กลุ่มวิชาคณิตศาสตร์
- 5) กลุ่มวิชาสังคมศึกษา
- 6) กลุ่มวิชาสุขศึกษาและพลศึกษา

### 2.1.3.2 หมวดวิชาทักษะวิชาชีพ

- 1) กลุ่มทักษะวิชาชีพพื้นฐาน
- 2) กลุ่มทักษะวิชาชีพเฉพาะ
- 3) กลุ่มทักษะวิชาชีพเลือก
- 4) ฝึกประสบการณ์ทักษะวิชาชีพ
- 5) โครงการพัฒนาทักษะวิชาชีพ

### 2.1.3.3 หมวดวิชาเลือกเสรี

### 2.1.3.4 กิจกรรมเสริมหลักสูตร

จำนวนหน่วยกิตของแต่ละหมวดวิชาตลอดหลักสูตร ให้เป็นไปตามที่กำหนดในโครงสร้างของแต่ละประเภทวิชาและสาขาวิชา ส่วนรายวิชาแต่ละหมวดวิชาสถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันสามารถจัดตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร หรือจัดตามความเหมาะสมของภูมิภาคตามยุทธศาสตร์ เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ทั้งนี้ สถานศึกษาอาชีวศึกษาหรือสถาบันต้องกำหนดรหัสวิชา จำนวนหน่วยกิต และจำนวนชั่วโมงเรียนตามที่กำหนดไว้ในหลักสูตร

## 2.2 หลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005)

วิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ถูกบรรจุไว้ในหลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2556 ประเภทวิชาอุตสาหกรรม ในกลุ่มทักษะวิชาชีพพื้นฐาน รายละเอียดของหลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) ดังนี้ (สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา, 2556 : 136 - 137)

### 2.2.1 จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

2.2.1.1 รู้และเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กระบวนการเชื่อมแก๊ส การเชื่อมไฟฟ้า และงานโลหะแผ่น

2.2.1.2 มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานเชื่อมแก๊ส เชื่อมไฟฟ้าและการใช้เครื่องมืออุปกรณ์ในงานเชื่อม

2.2.1.3 มีทักษะเกี่ยวกับการปฏิบัติงานขึ้นรูปโลหะแผ่น รูปทรงทางเรขาคณิต และการใช้เครื่องมืออุปกรณ์โลหะแผ่น

2.2.1.4 มีเจตคติและกิจนิสัยที่ดีในการทำงานด้วยความละเอียดรอบคอบ ปลอดภัย เป็นระเบียบ สะอาด ตรงต่อเวลา มีความซื่อสัตย์ รับผิดชอบและรักษาสิ่งแวดล้อม

### 2.2.2 สมรรถนะรายวิชา

2.2.2.1 แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการ กระบวนการเชื่อมแก๊ส และการเชื่อมไฟฟ้า

2.2.2.2 เชื่อมแผ่นประสาน และตัดโลหะแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนด้วยแก๊ส

2.2.2.3 เชื่อมอาร์กลวดหุ้มฟลักซ์แผ่นเหล็กกล้าคาร์บอน

2.2.2.4 เขียนแบบแผ่นคลี่ลงแผ่นงานตามแบบ

2.2.2.5 ขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โลหะแผ่นตามแบบ

### 2.2.3 คำอธิบายรายวิชา

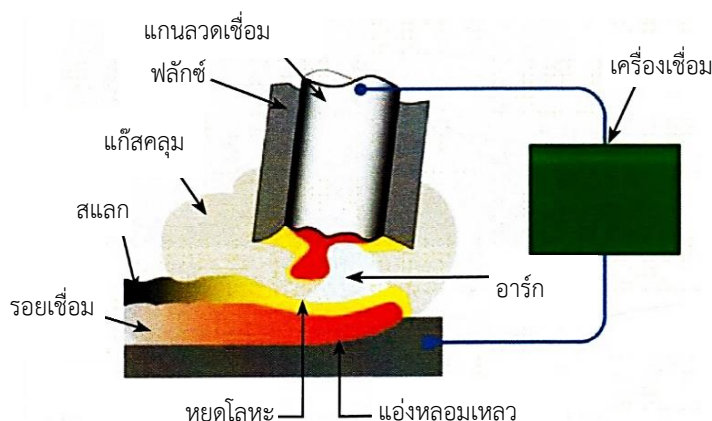
ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับหลักการเบื้องต้นของกระบวนการเชื่อมและโลหะแผ่น หลักความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน การเลือกใช้วัสดุ เครื่องมือและอุปกรณ์งานเชื่อม ทำเชื่อมรอยต่อที่ใช้ในงานเชื่อมและการแล่นประสาน การประกอบติดตั้งเครื่องมือ และอุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส การแล่นประสาน (Brazing) และการเชื่อมไฟฟ้า การเริ่มต้นอาร์ก การเชื่อมเดินแนว ต่อมุม ต่อตัวที่ เครื่องจักร และเครื่องมือที่ใช้ในงานโลหะแผ่น การเขียนแบบแผ่นคลี่ การถ่ายแบบ การเข้าขอบ การทำตะเข็บ การย้ำหมุด การบัดกรี (Soldering) การขึ้นรูปด้วยการพับ ดัด ม้วน เคาะ และประกอบชิ้นงาน

## 2.3 ทฤษฎีการไฟฟ้า

การเชื่อมไฟฟ้าที่ระบุในหลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) หมายถึง กระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

### 2.3.1 หลักการ

ประทีป ระวังทุกข์ (2558 : 3) กล่าวว่า กระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) เป็นการเชื่อมโลหะชนิดหนึ่ง ซึ่งได้รับความร้อนจากการอาร์กของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์กับชิ้นงาน โดยฟลักซ์จะทำหน้าที่ป้องกันบรรยากาศภายนอกไม่ให้แทรกเข้าไปรวมกับรอยเชื่อม ในขณะที่ทำการอาร์กจะเกิดความร้อนสูงสุดทำให้ชิ้นงานหลอมเหลว ลวดเชื่อมจะถูกหลอมและเติมลงในแนวเชื่อม ซึ่งได้แสดงหลักการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 แสดงหลักการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW)

(ที่มา : <https://fuazsukarya.wordpress.com/category/smaw-2/> (Online))

### 2.3.2 ข้อดีของกระบวนการเชื่อมอาร์กลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

กระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ มีข้อดีในหลายประการ ดังนี้ (ฉัตรทอง ไสแสง, 2557 : 46 - 47)

- 1) กระบวนการเชื่อมมีความคล่องตัวสูงเมื่อเทียบกับกระบวนการเชื่อมอื่น
- 2) การปฏิบัติงานของกระบวนการเชื่อมไม่ต้องใช้วัสดุหรืออุปกรณ์เพิ่ม เช่น แก๊สคลุมหรือผงฟลักซ์
- 3) ในพื้นที่ที่จำกัดก็สามารถส่งลวดเชื่อมเข้าไปปฏิบัติงานได้ เพียงแต่ตัดโค้งลวดเชื่อม
- 4) ในพื้นที่ปฏิบัติงานที่มีลมพัดแรง ๆ ก็สามารถเชื่อมได้ดี เช่น บริเวณหน้างานก่อสร้าง เป็นต้น
- 5) ในพื้นที่ปฏิบัติงานที่อยู่ห่างไกลจากต้นกำลังก็สามารถทำการเชื่อมได้ โดยการต่อสายเชื่อมให้ยาวออกไป
- 6) รอยเชื่อมมีคุณภาพสูง คงทนและสวยงาม

### 2.3.3 เครื่องมือ อุปกรณ์

กระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์มีเครื่องมือ อุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้ (ประทีป ระวังบุทกซ์, 2558 : 7 - 25)

#### 2.3.3.1 เครื่องเชื่อม (Welding Minchin)

เครื่องเชื่อม (Welding Minchin) เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานที่ใช้ผลิตกระแสเชื่อม (Welding Current) และแรงดันอาร์ก (Arc Voltage) ให้ออกมาคงที่และเพียงพอต่อการเชื่อม เครื่องเชื่อมโดยทั่วไปจะทำหน้าที่ลดแรงดันไฟฟ้าจากแรงดันสูงให้มาเป็นแรงดันต่ำเพื่อให้มีความเหมาะสมกับการเชื่อม โดยที่ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจะไม่เป็นอันตรายใด ๆ ทั้งนี้ เนื่องจากแรงดันไฟฟ้าที่ระดับ 220 โวลต์ ไม่สามารถนำมาเชื่อมได้โดยตรง เพราะจะเป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ โดยปกติเครื่องเชื่อมจะผลิตแรงดันไฟฟ้าออกมาให้มีค่าอยู่ระหว่าง 50 - 80 โวลต์ จึงจะไม่เป็นอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน

เครื่องเชื่อมสำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) มีทั้งชนิดกระแสตรง (DC.) และชนิดกระแสสลับ (AC.) เป็นระบบกระแสไฟฟ้าคงที่ (Constant Current : CC) หมายถึง ระบบของเครื่องเชื่อมที่จ่ายกระแสเชื่อมออกมาคงที่ ไม่ว่าจะแรงดันไฟฟ้าจะมีการเปลี่ยนแปลงเท่าใดก็ตาม เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าเครื่องเชื่อม แล้วเปิดเครื่องเชื่อมแต่ยังไม่ทำการเชื่อม (กระแสไฟจะเท่ากับศูนย์) ในขณะนี้ เครื่องเชื่อมจะมีแรงดันวงจรเปิด (Open Circuit Voltage) มีค่าอยู่ระหว่าง 50 - 80 โวลต์ (ถ้ามากกว่านี้อาจเกิดอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงานได้ แต่ถ้าน้อยกว่าก็จะทำให้การเริ่มต้นอาร์กยาก) และเมื่อทำการเชื่อมแล้วแรงดันวงจรเปิดจะเปลี่ยนไปเป็น

แรงดันอาร์ก (Arc Voltage) ที่มีค่าอยู่ระหว่าง 20 - 40 โวลต์ ซึ่งได้แสดงลักษณะของเครื่องเชื่อม ดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 แสดงเครื่องเชื่อมสำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW)

### 2.3.3.2 ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Covered Electrode)

ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Covered Electrode) คือ ลวดเชื่อมเส้นเปลือยที่มีฟลักซ์หรือวัสดุอื่นห่อหุ้มอยู่ ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์จะทำหน้าที่นำกระแสไฟให้ไหลผ่านตัวมันเอง เพื่อให้เกิดการอาร์กกับชิ้นงานที่ส่วนของปลายลวดเชื่อม จนทำให้บริเวณอาร์กเกิดความร้อนที่สามารถหลอมชิ้นงานกลายเป็นแอ่งหลอมเหลวได้ และลวดเชื่อมเองก็จะหลอมบริเวณส่วนปลายกลายเป็นหยดโลหะเล็ก ๆ ถ่ายโอนลงไปรวมตัวกับโลหะหลอมเหลวในแอ่งหลอมเหลว เมื่อแข็งตัวจะกลายเป็นรอยเชื่อมที่มีความมั่นคงและแข็งแรง ส่วนฟลักซ์เมื่อได้รับความร้อนในเวลาเดียวกันก็จะแตกตัวเป็นแก๊สคลุมบริเวณอาร์กเอาไว้ เพื่อป้องกันบรรยากาศภายนอกไม่ให้ไปทำปฏิกิริยากับโลหะเหลว บางส่วนจะหลอมภายในแอ่งหลอมเหลวช่วยดึงสารมลทิน หรือสิ่งสกปรกออกจากโลหะเหลว และจะแข็งตัวกลายเป็นสแลกปกคลุมรอยเชื่อมเอาไว้เมื่อเย็นตัวลง ซึ่งได้แสดงลักษณะของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ดังภาพที่ 2.3



ภาพที่ 2.3 แสดงลักษณะของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (Covered Electrode)

ข้อแนะนำที่จำเป็นในการเก็บรักษาหลอดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ มีดังนี้

1) ผู้ผลิตจะต้องระบุวันหมดอายุของหลอดเชื่อมไว้อย่างชัดเจน หลอดเชื่อมที่ซื้อมาก่อนจะต้องนำไปใช้งานก่อน และควรใช้งานให้ทันก่อนวันหมดอายุ

2) การเก็บรักษาหลอดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ควรวางไว้ให้เป็นระเบียบ เป็นหมวดหมู่ เลือกลงได้ง่าย หยิบใช้ได้สะดวก ใช้งานได้ทันทีเมื่อต้องการ ไม่ควรวางทับกันสูง ๆ เพราะจะทำให้ฟลักซ์แตกได้

3) เพื่อสมบัติการใช้งานตามข้อกำหนด หลอดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ก่อนนำไปใช้งาน จะต้องทำการอบไล่ความชื้นก่อนทุกครั้ง โดยเฉพาะหลอดเชื่อมชนิดไฮโดรเจนต่ำ ความชื้นเป็นบ่อเกิดของรูพรุนและการแตกร้าวของรอยเชื่อมได้ ซึ่งได้แสดงลักษณะของตู้อบหลอดเชื่อม ดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 แสดงลักษณะของตู้อบหลอดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

### 2.3.3.3 ตัวจับหลอดเชื่อม (Electrode Holder)

ตัวจับหลอดเชื่อม (Electrode Holder) จะต่อเข้ากับปลายของสายเชื่อมที่ต่อออกจากเครื่องเชื่อม การประกอบปลายสายเชื่อมจะต้องต่อให้แน่นยึดด้วยสกรู ตัวจับหลอดเชื่อมจะทำหน้าที่จับ หรือค้ำหลอดเชื่อมเพื่อส่งกระแสเชื่อมผ่านหลอดเชื่อมไปยังบริเวณอาร์ก ปากจับจะถ่างออกเมื่อเราบีบคั้นถ่างปากจับหลอดเชื่อมลง ปากจับจะเป็นร่องกำหนดเป็นมุมต่าง ๆ สำหรับจับหลอดเชื่อม สปริงจะเพิ่มแรงกดหลอดเชื่อมให้แน่นไม่หลวมส่ายไปมาในขณะที่เชื่อม ด้ามจับจะทำจากฉนวนทนความร้อนเป็นที่ยึดถือเพื่อทำการเชื่อม โครงสร้างภายในทำจากทองแดง ภายนอกหุ้มด้วยฉนวนมีสมบัติทนความร้อนได้ดี ซึ่งได้แสดงลักษณะของตัวจับหลอดเชื่อม ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 แสดงลักษณะตัวจับลวดเชื่อม (Electrode Holder)

#### 2.3.3.4 สายเชื่อม (Welding Cable)

สายเชื่อมที่ต่อออกจากเครื่องเชื่อมจะมีสองสาย คือ สายที่ต่อไปยังตัวจับลวดเชื่อมและสายที่ต่อไปยังที่ยึดสายดิน สายเชื่อมทั้งสองจะทำหน้าที่นำกระแสเชื่อมที่ผลิตได้จากเครื่องเชื่อมออกไปสู่บริเวณอาร์ก ซึ่งได้แสดงลักษณะของสายเชื่อม ดังภาพที่ 2.6



ภาพที่ 2.6 แสดงสายเชื่อมต่อเข้ากับตัวจับลวดเชื่อม และต่อเข้ากับที่ยึดสายดิน

#### 2.3.3.5 ที่ยึดสายดิน (Ground Clamp)

ที่ยึดสายดิน จะต่อเข้ากับปลายของสายเชื่อมที่ต่อมาจากเครื่องเชื่อมอีกเส้นหนึ่ง การประกอบปลายสายเชื่อมจะต้องต่อให้แน่นยึดด้วยสกรูหรือเข็มขัดรัดสาย ที่ยึดสายดินใช้สำหรับจับยึดกับชิ้นงาน มีหลายแบบ แต่ที่นิยมจะมีลักษณะคล้ายคีม เพิ่มแรงจับยึดชิ้นงานด้วยสปริง ที่ยึดสายดินแต่ละแบบจะต้องจับยึดชิ้นงานให้แน่นอย่าจับยึดแบบหลวม ๆ เพราะจะทำให้เกิดความต้านทานขึ้นได้ ที่ยึดสายดินทำด้วยวัสดุตัวนำไฟฟ้า เพื่อเป็นทางผ่านให้กระแสเชื่อมไหลจากสายดินไปยังชิ้นงานได้สะดวก ข้อควรระวัง คือ ไม่ควรเอาปลายลวดเชื่อมไปอาร์กกับที่ยึดสายดิน เพราะจะมีรอยเชื่อมไปเกาะติด หากมีมากก็จะดูเหมือนไม้เซี่ยที่ยึดสายดิน ซึ่งได้แสดงลักษณะของที่ยึดสายดิน ดังภาพที่ 2.7





ภาพที่ 2.7 แสดงลักษณะที่ยึดสายดิน

#### 2.3.3.6 หน้ากากเชื่อม (Welding Helmets)

หน้ากากเชื่อม จะใช้เพื่อป้องกันใบหน้าและศีรษะของช่างเชื่อมจากสะเก็ดโลหะหรือประกายไฟขณะเชื่อม ป้องกันสายตาจากรังสีที่เกิดจากการเชื่อม กระจกกรองแสงจะทำหน้าที่ลดความเข้มข้นของรังสีที่เกิดจากการอาร์ก เพื่อให้ดวงตาสามารถมองเห็นแอ่งหลอมเหลวได้โดยไม่เป็นอันตราย กระจกกรองแสงที่ใช้สำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์กด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์จะใช้เบอร์ 10 ที่ใช้งานกันทั่วไปมี 2 แบบ คือ แบบมือถือและแบบสวมศีรษะ ซึ่งได้แสดงลักษณะของหน้ากากเชื่อมแบบมือถือและแบบสวมศีรษะ ดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 แสดงหน้ากากเชื่อมแบบมือถือและแบบสวมศีรษะ

ในปัจจุบันหน้ากากสวมศีรษะแบบปรับแสงอัตโนมัติ มีการใช้งานกันอย่างกว้างขวาง เพราะมีราคาถูกกว่าในอดีตมาก อีกทั้งมีข้อดีกว่าหน้ากากแบบมือถือและแบบสวมศีรษะธรรมดา เนื่องจากเมื่อหยุดการเชื่อมจะต้องวางหน้ากากลง หรือต้องคอยเปิด - ปิด ฝาครอบ

กระจกกรองแสงอยู่ตลอด ทำให้การเชื่อมประสบกับปัญหาอยู่บ้าง แต่ถ้าเป็นหน้ากากสวมศีรษะแบบปรับแสงอัตโนมัติปัญหาดังกล่าวจะไม่เกิดขึ้น เพราะการทำงานของหน้ากากเมื่อมีรังสีเชื่อมกระทบกับกระจกกรองแสงหน้ากาก็ปรับกระจกให้มืดโดยอัตโนมัติภายในเวลาเพียง 1 - 2 มิลลิวินาที (1 - 2 ใน 1,000 วินาที) ด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์ที่มีความเที่ยงตรงสูง และจะกลับสู่สภาวะปกติภายใน 20 มิลลิวินาที สามารถตัดการทำงานโดยอัตโนมัติเมื่อไม่มีการใช้งานเกิน 20 นาที และสามารถเลือกปรับระดับการป้องกันแสงอาร์คได้หลายระดับ ซึ่งได้แสดงลักษณะของหน้ากากเชื่อมสวมศีรษะแบบปรับแสงอัตโนมัติ ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 แสดงหน้ากากเชื่อมสวมศีรษะแบบปรับแสงอัตโนมัติ

#### 2.3.3.7 ค้อนเคาะสแลก (Chipping Hammer)

การใช้งานก็เหมือนกับค้อนทั่ว ๆ ไป คือ จะใช้สำหรับเคาะสแลกที่คลุมรอยเชื่อมให้หลุดออกไป เพื่อการตรวจสอบรอยเชื่อมหรือทำความสะอาดรอยเชื่อม การเคาะสแลกไม่ควรเคาะแรงจนทำให้รอยเชื่อมเสียหาย เช่น เกิดรอยบิ่น รอยยุบ เพราะดูแล้วรอยเชื่อมจะไม่สวยงาม ซึ่งได้แสดงลักษณะของค้อนเคาะสแลก ดังภาพที่ 2.10



ภาพที่ 2.10 แสดงลักษณะของค้อนเคาะสแลก

### 2.3.3.8 แปรงลวด (Wire Brush)

แปรงลวด เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ขัดทำความสะอาดชิ้นงาน ทั้งก่อนการเชื่อม และทำความสะอาดรอยเชื่อมเมื่อทำการเคาะสแลกออกแล้ว ซึ่งได้แสดงลักษณะของแปรงลวด ดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 แสดงลักษณะของแปรงลวด

### 2.3.3.9 คีมจับชิ้นงานร้อน (Pliers)

คีมจับชิ้นงานร้อน เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับจับชิ้นงานขณะร้อน ๆ ที่เชื่อมเสร็จใหม่ ๆ ออกไปจากคูหาเชื่อม เพื่อนำไปเคาะสแลกหรือทำความสะอาดรอยเชื่อม คีมจับชิ้นงานร้อน จะต้องมีด้ามที่ยาวพอสมควร และต้องมีความแข็งแรงในการจับชิ้นงาน ซึ่งได้แสดงลักษณะของคีมจับชิ้นงานร้อน ดังภาพที่ 2.12



ภาพที่ 2.12 แสดงลักษณะของคีมจับชิ้นงานร้อน

(ที่มา : <http://www.populatetheweb.com/woodworking-machines-for-sale-ebay/> (Online))

### 2.3.3.10 ชุดปฏิบัติงานเชื่อม (Protective Equipment)

ในระหว่างการเชื่อมอาจเกิดอันตรายเกิดขึ้นได้บ้าง เช่น ความร้อน เม็ดโลหะกระเด็น และแสง เป็นต้น ช่างเชื่อมจะต้องสวมใส่เสื้อผ้าที่ทำมาจากวัสดุที่ติดไฟได้ยาก ห้ามสวมใส่เสื้อผ้าที่ติดไฟง่าย เช่น เสื้อผ้าที่ทำมาจากไนลอน และจะต้องไม่เปื้อนน้ำมันหรือจาระบี เพราะอาจจะทำให้ติดไฟได้ง่าย สำหรับชุดปฏิบัติงานที่จะต้องสวมป้องกันอันตรายในระหว่างการเชื่อมนั้นควรทำมาจากหนังสัตว์ที่สามารถทนความร้อนได้ดี ดังนี้

#### 1) ถุงมือหนัง (Gloves)

ถุงมือหนัง ใช้สวมเพื่อป้องกันไม่ให้มือได้รับความร้อนในขณะที่ทำการเชื่อม และยังช่วยป้องกันเม็ดโลหะกระเด็นมาถูกมืออีกด้วย

#### 2) เอี๊ยมหนัง (Apron)

เอี๊ยมหนัง ใช้สวมสำหรับป้องกันความร้อนจากการเชื่อม และเม็ดโลหะกระเด็นไม่ให้ทำอันตรายด้านหน้าของร่างกาย

#### 3) ปลอกแขน (Sleeves)

ปลอกแขน ใช้สวมแขนทั้งสองข้างเพื่อป้องกันความร้อนจากการเชื่อม และเม็ดโลหะกระเด็นไม่ให้ทำอันตรายกับแขนได้

#### 4) ปลอกขา (Leggings)

ปลอกขา ใช้สำหรับสวมคลุมรองเท้าเอาไว้ เพื่อป้องกันไม่ให้เม็ดโลหะกระเด็นเข้าไปในรองเท้า ปลอกขาจะหุ้มจากใต้หัวเข่าลงมาคลุมทั้งรองเท้า

#### 5) รองเท้านิรภัย (Safety Shoes)

รองเท้านิรภัย ใช้สวมใส่สำหรับป้องกันสิ่งของตกหล่นใส่เท้า และป้องกันเท้าจากการเดินเหยียบชิ้นงานขณะร้อนได้

### 2.3.4 องค์ประกอบของการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW)

นริศ ศรีเมฆ และพิชัย โอภาสอนันต์ (2556 : 170 - 174) กล่าวว่า องค์ประกอบในการเชื่อมไฟฟ้าด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) ดังนี้

#### 2.3.4.1 การเลือกลวดเชื่อมให้ถูกต้องเหมาะสมกับชิ้นงาน

การเลือกลวดเชื่อมให้ถูกต้องเหมาะสมกับชิ้นงานจะมีความสำคัญมาก เนื่องจากในปัจจุบันนี้ ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ที่ใช้สำหรับงานเชื่อมมีมากมายหลายชนิด หลายยี่ห้อ องค์ประกอบนี้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ช่างเชื่อมจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจ เพื่อจะสามารถเลือกใช้ลวดเชื่อมให้ถูกต้องและเหมาะสมกับชิ้นงาน โดยมีข้อพิจารณา ดังนี้

1) พิจารณาจากความแข็งแรงของชิ้นงาน ก่อนการเชื่อมช่างเชื่อมจะต้องรู้สมบัติทางกลของชิ้นงานก่อน และต้องเลือกลวดเชื่อมที่มีสมบัติที่ใกล้เคียงกันมากที่สุด ก่อนจะนำ

ลวดเชื่อมไปเชื่อมชิ้นงานนั้นๆ เช่น ถ้าชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าละมุน (Mild Steels) ก็ควรเลือกลวดเชื่อมในกลุ่ม E XXXX เช่น E 6013 ซึ่งเป็นลวดเชื่อมที่มีสมบัติทางกลใกล้เคียงกับเหล็กกล้าละมุน

2) พิจารณาจากส่วนผสม ในทางปฏิบัติในการเลือกลวดเชื่อมไปใช้งานนั้น จะต้องเลือกลวดเชื่อมที่มีส่วนผสมเหมือนกับชิ้นงาน หรือให้ใกล้เคียงกันให้มากที่สุด เช่น ถ้าชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าแรงดึงสูงหรือเหล็กกล้าชนิดต่าง ๆ ข้างเชื่อมต้องเลือกลวดเชื่อมในกลุ่ม E XXXX BX ได้แก่ ลวดเชื่อม E 8018 B8 เป็นต้น

3) พิจารณาจากตำแหน่งท่าเชื่อมของชิ้นงานก่อน โดยดูได้จากสัญลักษณ์ที่กำหนดในลวดเชื่อม เช่น มาตรฐาน AWS จะกำหนดด้วยตัวเลขตัวที่ 3 ที่บ่งบอกถึงตำแหน่งท่าเชื่อม ซึ่งจะสามารถเชื่อมได้ในตำแหน่งท่าเชื่อมใดได้บ้าง เช่น E 6013 (ตัวเลขตัวที่ 3 คือ 1) แสดงว่าเป็นลวดเชื่อมที่สามารถเชื่อมได้ทุกตำแหน่งท่าเชื่อม

4) พิจารณาจากชนิดของกระแสไฟฟ้าที่ใช้ การเลือกลวดเชื่อมควรเลือกให้เหมาะสมกับกระแสไฟฟ้า จะมีลวดเชื่อมบางชนิดจะเชื่อมได้ผลดีกับไฟฟ้ากระแสตรงเท่านั้นหรือบางชนิดจะเชื่อมได้ผลดีกับไฟฟ้ากระแสสลับ สำหรับมาตรฐาน AWS ให้พิจารณาตัวเลขตัวที่ 4 เช่น E 6013 (ตัวเลขตัวที่ 4 คือ 3) ซึ่งเป็นลวดเชื่อมที่สามารถเชื่อมได้ทั้งกระแสสลับและกระแสตรง

5) พิจารณาจากลักษณะของรอยต่อ ในกรณีเชื่อมรอยต่อชน (Butt Joint) ไม่บากขอบชิ้นงานควรเลือกลวดเชื่อมที่มีการอาร์กนิ่มนวล เพื่อช่วยป้องกันงานทะลุ ส่วนการเชื่อมต่อชนที่บากขอบชิ้นงานควรใช้ลวดเชื่อมที่มีการอาร์กรุนแรง เพื่อให้เกิดส่วนหลอมลึก (Penetration) ที่สมบูรณ์ เช่น ลวดเชื่อม E 7016 พิจารณาจากตัวเลขตัวที่ 4 (ตัวเลขตัวที่ 4 คือ 6)

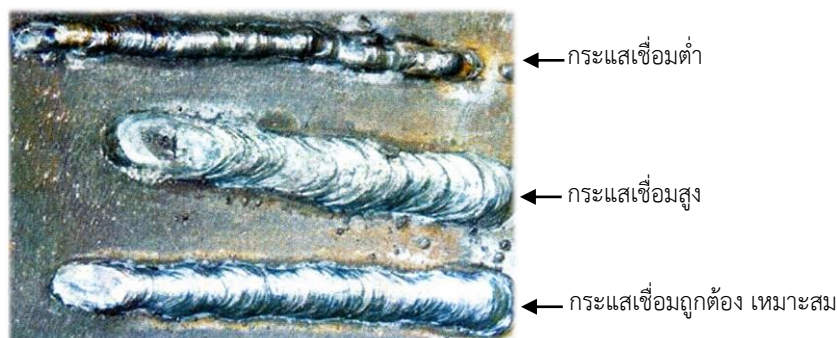
#### 2.3.4.2 การเลือกชนิดและปริมาณกระแสเชื่อม

การใช้กระแสเชื่อมให้เหมาะสมกับชิ้นงานเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอีกองค์ประกอบหนึ่ง เนื่องจากกระแสเชื่อมจะใช้ตามความหนาของชิ้นงานที่นำมาเชื่อม การใช้กระแสเชื่อมที่ต่างกันจะมีผลต่อชิ้นงานมาก เช่น ถ้าเชื่อมชิ้นงานบางแต่ใช้กระแสเชื่อมสูงก็จะเกิดรอยแห่ของบรอยเชื่อม (Undercut) หรือชิ้นงานอาจจะทะลุได้ แต่ถ้าหากเชื่อมชิ้นงานหนามาก ๆ แต่ใช้กระแสเชื่อมต่ำก็จะทำให้รอยเชื่อมนูนและเกิดรอยเกย (Overlap) ขึ้นได้ หรือการเลือกใช้ระบบกระแสไฟฟ้าระหว่างกระแสสลับและกระแสตรงก็มีผลต่อการอาร์กเหมือนกัน ดังนั้น การเลือกชนิดและปริมาณกระแสเชื่อมให้เหมาะสมกับชิ้นงาน ผู้ปฏิบัติงานจำเป็นจะต้องดูข้อมูลที่พิมพ์ไว้ข้างกล่องของลวดเชื่อมที่ใช้ให้เข้าใจเสียก่อน ซึ่งจะบอกถึงชนิดและช่วงกระแสเชื่อม เช่น E 6010 ใช้กระแสไฟฟ้า DC - EP ส่วน E 6012 ใช้กระแสไฟฟ้า AC และ DC - EN เป็นต้น ส่วนปริมาณกระแสเชื่อมนั้นไม่มีข้อกำหนดกฎเกณฑ์ตายตัว เนื่องจากมีองค์ประกอบอื่น ๆ เข้ามาเกี่ยวข้องอีกมาก เช่น ทักษะของช่างเชื่อม ตำแหน่งท่าเชื่อม ขนาดของลวดเชื่อม ชนิดของชิ้นงาน ดังนั้น ผู้ปฏิบัติการเชื่อมควรปรับ

ปริมาณกระแสเชื่อม โดยใช้ค่าเฉลี่ยตามตารางข้างกล่องของลวดเชื่อมที่ระบุไว้ ซึ่งได้แสดงตัวอย่าง รอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยกระแสไฟในระดับที่ต่างกัน ดังภาพที่ 2.13

**ตารางที่ 2.1** แสดงตารางข้างกล่องลวดเชื่อมไฟฟ้าหรือลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์

ขนาด X ความยาว (มม.)	ช่วงกระแสไฟที่ใช้ (แอมแปร์)		ชนิดกระแสไฟฟ้า
	ทำราบ	ทำตั้งหรือทำเหนือศีรษะ	
3.2 X 350	90 - 140	90 - 130	AC หรือ DC - EN, DC - EP



**ภาพที่ 2.13** แสดงตัวอย่างรอยเชื่อมด้วยกระแสเชื่อมในระดับที่ต่างกัน

(ที่มา : <http://www.mig-welding.co.uk/arc-welding-faults.htm> (Online))

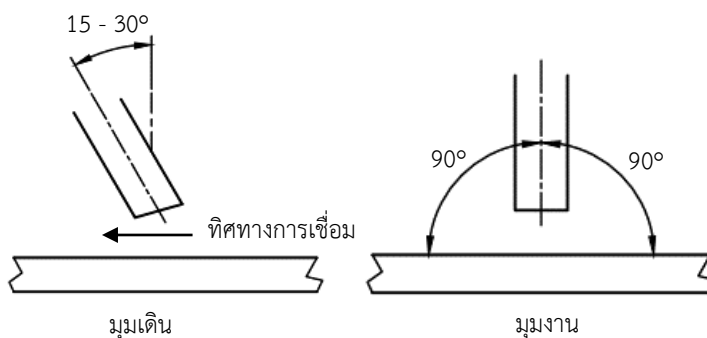
#### 2.3.4.3 ลวดเชื่อมทำมุมกับชิ้นงานถูกต้อง

มุมของลวดเชื่อมที่กระทำกับชิ้นงาน จะมีอิทธิพลต่อคุณภาพของรอยเชื่อม ตำแหน่งของการถ่ายโอนโลหะ การลอยตัวของสแลกและรูปร่างของรอยเชื่อม มุมของลวดเชื่อม ที่กระทำกับชิ้นงานประกอบด้วย

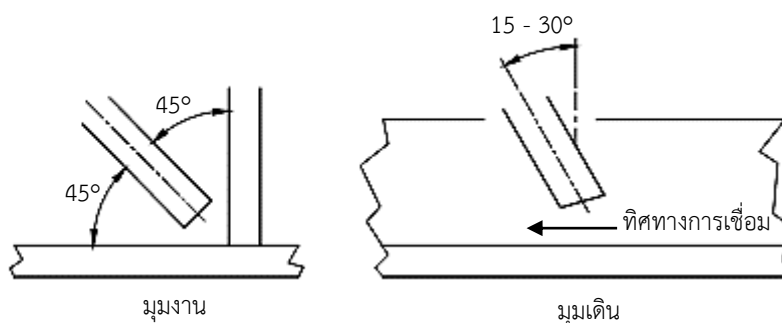
1) มุมเดิน (Travel Angle) ในตำแหน่งทำราบ ทำเหนือศีรษะ มุมเดินกระทำไปตามทิศทางเดียวกับทิศทางการเชื่อม โดยเอียงลวดเชื่อมที่วัดจากแนวตั้ง 90 องศา เอียงไปในทิศทางเดียวกันกับทิศทางการเชื่อมประมาณ 15 - 30 องศา สำหรับรอยต่อตัวที่ เช่น ในตำแหน่งทำราบ ทำระดับมุมเดินวัดจากมุม 90 องศา จะเอียงไปตามทิศทางการเชื่อมประมาณ 15 - 30 องศา

2) มุมงาน (Work Angle) ในตำแหน่งทำราบ ทำเหนือศีรษะ คือ มุมของลวดเชื่อมที่กระทำกับด้านข้างของชิ้นงานทั้งสองข้างเป็นมุมเท่ากับ 90 องศา สำหรับรอยต่อตัวที่ เช่น ในตำแหน่งทำราบ และทำระดับมุมงาน จะกระทำกับชิ้นงานเป็นมุม 45 องศา

ซึ่งได้แสดงมุมเดิน มุมงานในการเชื่อมในตำแหน่งทำเชื่อมต่าง ๆ ดังภาพที่



ภาพที่ 2.14 แสดงมุ่มเดิน มุ่มงาน ในการเชื่อมตำแหน่งทำราบ ทำเหนือศีรษะ  
ที่มา : [https://www.google.co.th/?gws\\_rd=cr,ssl&ei=0RdWliqlcTgvgTJ8oGYCw#q=saw+manual](https://www.google.co.th/?gws_rd=cr,ssl&ei=0RdWliqlcTgvgTJ8oGYCw#q=saw+manual) (Online))



ภาพที่ 2.15 แสดงมุ่มเดิน มุ่มงาน ในการเชื่อมตัวที่ตำแหน่งทำราบ ทำระดับ  
ที่มา : [https://www.google.co.th/?gws\\_rd=cr,ssl&ei=0RdWliqlcTgvgTJ8oGYCw#q=saw+manual](https://www.google.co.th/?gws_rd=cr,ssl&ei=0RdWliqlcTgvgTJ8oGYCw#q=saw+manual) (Online))

#### 2.3.4.4 การใช้ระยะอาร์กที่เหมาะสม

ระยะอาร์ก คือ ระยะห่างระหว่างปลายของลวดเชื่อมกับชิ้นงาน การใช้ระยะอาร์กที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับความเชี่ยวชาญ หรือกับสถานการณ์ในขณะที่เชื่อม ระยะอาร์กที่เหมาะสมโดยทั่ว ๆ ไป จะมีระยะเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลวดเชื่อม ระยะอาร์กจะมีผลต่อคุณภาพของรอยเชื่อม ดังนี้

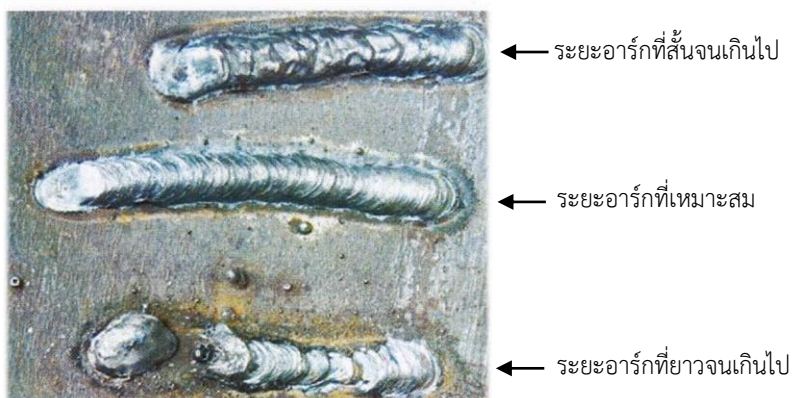
- 1) การใช้ระยะอาร์กที่ยาวจนเกินไปจะมีผล คือ การอาร์กจะรุนแรง ควบคุมแอมป์หลอมเหลวยาก เม็ดโลหะกระเด็นมาก (Spatter)
- 2) การใช้ระยะอาร์กที่สั้นจนเกินไปจะมีผล คือ ในขณะที่ทำการเชื่อมปลายของลวดเชื่อมติดกับชิ้นงานบ่อยและอาร์กจะดับลงได้ง่าย
- 3) การใช้ระยะอาร์กที่เหมาะสมจะมีผล คือ แก๊สคลุ่มจะมีประสิทธิภาพช่วยป้องกันไม่ให้อากาศภายนอกแทรกเข้าไปรวมตัวกับโลหะหลอมภายในแอมป์หลอมเหลว



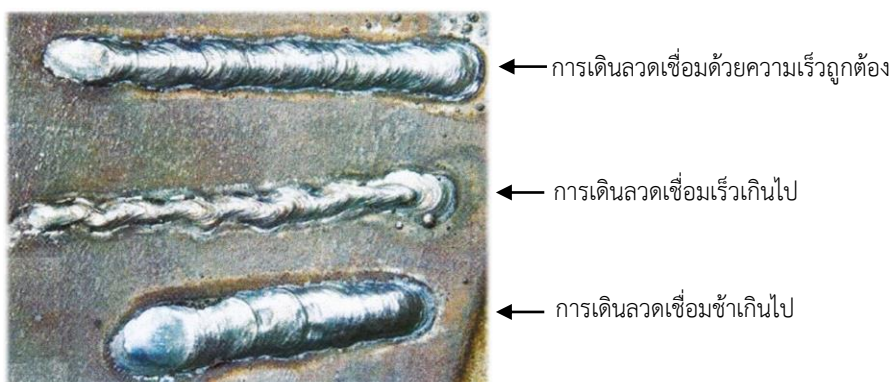
การอาร์กที่เกิดขึ้นจะมีความสม่ำเสมอและเม็ดโลหะกระเด็นน้อย ซึ่งได้แสดงตัวอย่างรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยการใช้ระยะอาร์กต่าง ๆ ดังภาพที่ 2.16

#### 2.3.4.5 การใช้ความเร็วในการเดินลวดเชื่อมที่ถูกต้อง

การใช้ความเร็วในการเดินลวดที่ถูกต้อง เหมาะสมและสม่ำเสมอ จะส่งผลต่อความกว้าง ความนูนของรอยเชื่อม การใช้ความเร็วในการเดินลวดเชื่อมที่ถูกต้อง และมีความสม่ำเสมอหรือคงที่นั้น ช่างเชื่อมต้องสังเกตจากขนาดของแอ่งหลอมเหลวต้องมีขนาดเท่า ๆ กัน และเป็นระเบียบตลอดของการเดินลวดเชื่อม ความเร็วในการเดินลวดจะมีผลต่อความแข็งแรงของรอยเชื่อม เช่น ถ้าเดินลวดเชื่อมเร็วเกินไปจะทำให้แอ่งหลอมเหลวแคบและตื้น รอยเชื่อมที่ได้จะเล็กทำให้ขาดความแข็งแรง หรือหากเดินช้าเกินไปรอยเชื่อมจะนูนและกว้างเกินความจำเป็น เกิดความร้อนสะสมกับชิ้นงานมากอาจบิดงอและชิ้นงานเสียรูปทรงได้ ซึ่งได้แสดงตัวอย่างรอยเชื่อมที่เชื่อมด้วยการใช้ความเร็วในการเชื่อมที่ระดับต่าง ๆ ดังภาพที่ 2.17



ภาพที่ 2.16 แสดงตัวอย่างของรอยเชื่อมด้วยการใช้ระยะอาร์กต่าง ๆ  
(ที่มา : <http://www.mig-welding.co.uk/arc-welding-faults.htm> (Online))



ภาพที่ 2.17 แสดงตัวอย่างของรอยเชื่อมด้วยการใช้ความเร็วในการเดินลวดเชื่อมระดับต่าง ๆ  
(ที่มา : <http://www.mig-welding.co.uk/arc-welding-faults.htm> (Online))

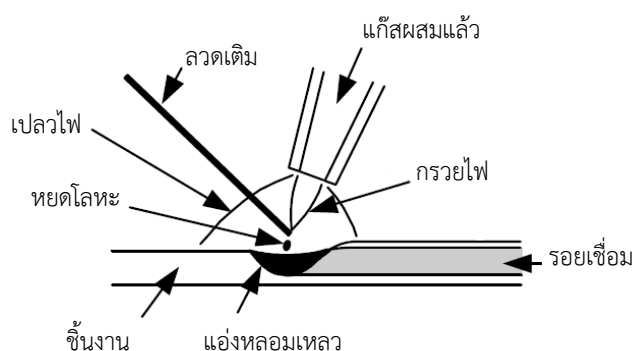


## 2.4 ทฤษฎีการเชื่อมแก๊ส

การเชื่อมแก๊สที่ระบุในหลักสูตรรายวิชางานเชื่อมและโลหะแผ่นเบื้องต้น (2100 - 1005) หมายถึง กระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) โดยรายละเอียดของกระบวนการเชื่อม ดังนี้

### 2.4.1 หลักการ

ทรงวุฒิ เสมาคำ (2557 : 141) กล่าวว่า กระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) เป็นกระบวนการเชื่อมที่ได้รับความร้อนจากเปลวไฟระหว่างแก๊สอะเซทิลีนกับแก๊สออกซิเจน ในอัตราส่วนประมาณ 1 : 1 โดยปริมาณ เปลวไฟที่เกิดจากการลุกไหม้จะมีความร้อนที่อุณหภูมิ ประมาณ 6,000 องศาฟาเรนไฮต์ หรือ 3,315 องศาเซลเซียส และหลอมเหลวจักรงานให้ติดกัน โดยการเติมลวดเชื่อม หรือทำให้เนื้อของชิ้นงานหลอมประสานกันเอง โดยไม่ต้องเติมลวดเชื่อมก็ได้ ซึ่งได้แสดงหลักการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) ดังภาพที่ 2.18



ภาพที่ 2.18 แสดงหลักการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW)

(ที่มา : Sindo Kou, 2003 หน้า 9)

#### 2.4.1.1 แก๊สออกซิเจน (Oxygen)

ออกซิเจน เป็นแก๊สที่มีความสำคัญมากต่อการดำรงชีวิตของพืชและสัตว์ มีส่วนประกอบในอากาศมากเป็นอันดับ 2 รองจากไนโตรเจน ในสถานะปกติออกซิเจนเป็นแก๊สที่ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส เป็นแก๊สไม่ติดไฟแต่ช่วยให้ไฟติด เมื่อสันดาปกับแก๊สเชื้อเพลิงแล้วจุดไฟจะได้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูง สามารถทำให้โลหะหลอมเหลวได้

##### 1) สมบัติของแก๊สออกซิเจน

(1) ในสภาพที่เป็นแก๊สจะไม่มีสี ไม่มีกลิ่น ไม่มีรส แต่ถ้าอยู่ในสภาพที่เป็นของเหลวจะมีสีน้ำเงินอ่อน

(2) มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิ  $-183$  องศาเซลเซียส เมื่อถูกทำให้แข็งจะกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ  $-218.4$  องศาเซลเซียส

(3) ออกซิเจนเป็นแก๊สที่ช่วยให้ไฟติด แต่ตัวมันเองไม่ติดไฟ  
 (4) ออกซิเจนสามารถเป็นได้ทั้ง 3 สถานะ คือ แก๊ส ของเหลว และของแข็ง

(5) ออกซิเจนสามารถทำปฏิกิริยาโดยตรงกับโลหะและอโลหะ เช่น ถ้ารวมตัวกับเหล็กจะกลายเป็นเหล็กออกไซด์ หรือที่เรียกว่า “สนิมเหล็ก”

## 2) ประโยชน์ของแก๊สออกซิเจน

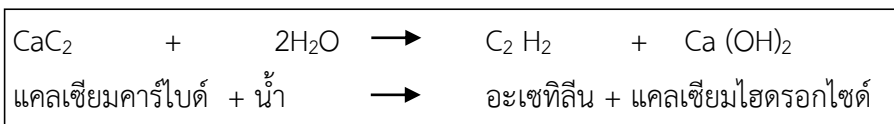
(1) เมื่อนำไปสันดาปกับอะเซทิลีนแล้วจุดเปลวไฟจะได้เปลวไฟแก๊สที่อุณหภูมิสูงประมาณ 3,480 องศาเซลเซียส (6,300 องศาฟาเรนไฮต์)

(2) ใช้ในทางการแพทย์

(3) ช่วยในการเผาไหม้และช่วยในการสันดาปให้กับเครื่องยนต์

### 2.4.1.2 แก๊สอะเซทิลีน (Acetylen)

แก๊สอะเซทิลีน เป็นสารประกอบไฮโดรเจนและคาร์บอน มีสัญลักษณ์ทางเคมีคือ  $C_2H_2$  เป็นแก๊สที่มีสมบัติในการติดไฟ เมื่อรวมตัวกับออกซิเจนแล้วจุดเป็นเปลวไฟจะให้ความร้อนที่มีอุณหภูมิสูง แก๊สอะเซทิลีนผลิตได้โดยให้น้ำทำปฏิกิริยากับแคลเซียมคาร์ไบด์ โดยคาร์บอนที่อยู่ในแคลเซียมคาร์ไบด์กับไฮโดรเจนที่อยู่ในน้ำจะรวมตัวกันกลายเป็นแก๊สอะเซทิลีน ดังสมการ



แคลเซียมคาร์ไบด์ เป็นสารเคมีชนิดหนึ่งที่มีสูตรเคมีคือ  $CaC_2$  มีลักษณะเป็นของแข็งคล้ายก้อนหินสีขาว หรือหากมีสิ่งเจือปนก็จะมีสีเทาหรือน้ำตาลอ่อน แคลเซียมคาร์ไบด์ผลิตขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างหินปูนกับถ่านโค้กภายในเตาอาร์คที่อุณหภูมิ 2,200 องศาเซลเซียส กระบวนการดังกล่าวนี้ ค้นพบโดย โทมัส วิลสัน (Thomas L. Wilson) นักประดิษฐ์ชาวแคนาดา เมื่อปี ค.ศ.1892 และยังคงเป็นวิธีการผลิตแคลเซียมคาร์ไบด์ที่ใช้กันมาจนทุกวันนี้



## 1) สมบัติของแก๊สอะเซทิลีน

(1) อะเซทิลีนเป็นแก๊สที่ไม่มีสี มีกลิ่นฉุนรุนแรง  
 (2) อะเซทิลีนเป็นแก๊สที่ติดไฟ เมื่อรวมตัวกับแก๊สออกซิเจนในอัตราส่วนที่เหมาะสม หากจุดเป็นเปลวไฟจะให้ความร้อนที่สูงกว่า 3,000 องศาเซลเซียส  
 (3) อะเซทิลีนมีน้ำหนักเบากว่าอากาศ

(4) อะเซทิลีนเป็นแก๊สที่มีกลิ่นฉุนคล้าย ๆ กับกลิ่นกระเทียม

(5) อะเซทิลีนสามารถละลายน้ำได้ดีพอสมควร แต่จะละลายได้ดีมากหากเป็นแอลกอฮอล์ และอะซิโตน

(6) อะเซทิลีนจะไม่สามารถควบคุมได้ เมื่อมีความดันเกินกว่า 30 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (2.1 กิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร) หรือที่อุณหภูมิสูงกว่า 780 องศาเซลเซียส (1,435 องศาฟาเรนไฮต์) ซึ่งถ้าหากว่าความดันหรืออุณหภูมิสูงกว่าจุดวิกฤตก็จะเกิดการระเบิดขึ้นได้

(7) อะเซทิลีนเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอน ที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน 92.3% ไฮโดรเจน 7.7% โดยน้ำหนัก

## 2) ประโยชน์ของแก๊สอะเซทิลีน

(1) อะเซทิลีนเป็นเชื้อเพลิงอย่างดีที่ให้ความร้อนสูงมาก

(2) อะเซทิลีนเมื่อรวมตัวกับออกซิเจนจะได้เปลวไฟที่มีอุณหภูมิสูงสามารถใช้ในการเชื่อม การตัดโลหะได้

(3) อะเซทิลีนใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมการผลิตแอลกอฮอล์และกรดน้ำมัน

(4) อะเซทิลีนใช้ในการเตรียมไวนิลคลอไรด์ (Vinyl Chloride) ซึ่งจะนำไปใช้ทำพลาสติกโพลีไวนิลคลอไรด์ (PVC)

### 2.4.2 ข้อดีของกระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW)

กระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) มีข้อดีในหลายประการ ดังนี้ (ฉัตรทอง ไสแสง, 2557 : 95)

1) สามารถเชื่อมโลหะบาง ๆ ได้ดี เช่น ท่อผนังบาง ท่อขนาดเล็ก

2) สามารถเชื่อมประกอบงานที่เตรียมรอยต่อไว้ไม่ได้

3) สามารถควบคุมความเร็วในการเชื่อม ขนาดของแอ่งหลอมเหลวและการไหลตัวของน้ำโลหะหลอมเหลวได้ง่าย

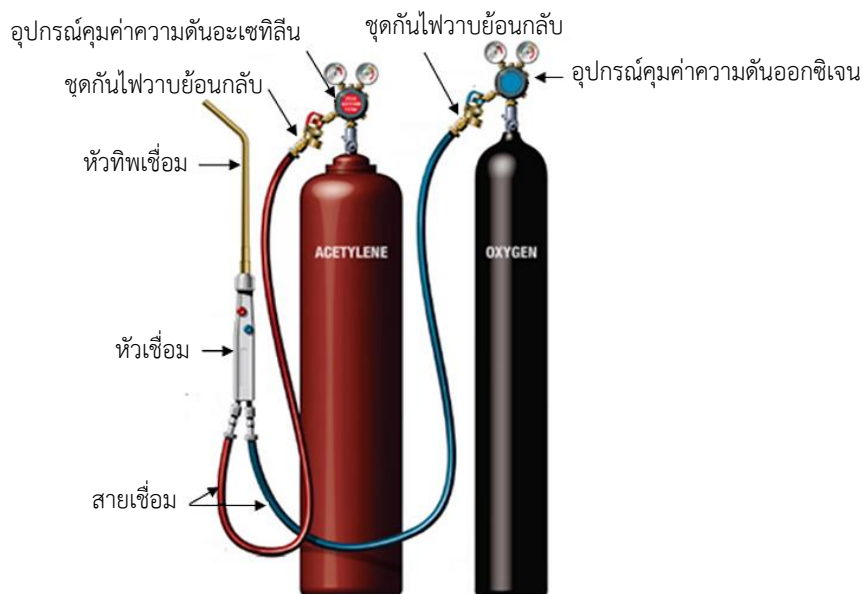
4) สามารถควบคุมการหลอมเหลวของชิ้นงานและการหลอมเหลวของลวดเชื่อมแยกออกจากกันได้

5) ไม่ต้องใช้แก๊สคลุมบริเวณแอ่งหลอมเหลว และใช้ฟลักซ์ในขณะที่ทำการเชื่อม

6) ชุดเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีนและอุปกรณ์มีต้นทุนต่ำ สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก

### 2.4.3 เครื่องมือ อุปกรณ์

กระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) มีเครื่องมือ อุปกรณ์ที่สำคัญ ดังนี้ (ประทีป ระวังทุกข์, 2558 : 97 - 112)



ภาพที่ 2.19 แสดงภาพเครื่องมือ อุปกรณ์ของกระบวนการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW)

(ที่มา : [http://www.adorwelding.com/images/pdf/e\\_weldone\\_newsletter/eWeldone\\_Oct\\_12.html](http://www.adorwelding.com/images/pdf/e_weldone_newsletter/eWeldone_Oct_12.html) (Online))

#### 2.4.3.1 ถังบรรจุแก๊สออกซิเจน (Oxygen Cylinder)

ถังบรรจุแก๊สออกซิเจน ผลิตขึ้นจากเหล็กกล้าคาร์บอนสูง (High Carbon Steel) ด้วยเหล็กกล้าชั้นเดียวโดยไม่มีรอยเชื่อมต่อใด ๆ จะใช้วิธีการอัดขึ้นรูป เมื่อผลิตเป็นถังบรรจุเรียบร้อยแล้วจะต้องนำไปผ่านกรรมวิธีอบคืนตัว เพื่อลดความเครียดและให้มีความเหนียวจะมีความแข็งแรง สามารถทนต่อความดันสูง ๆ ได้ แผ่นเหล็กกล้าที่ใช้ผลิตถังบรรจุออกซิเจนจะต้องมีความหนาไม่น้อยกว่า 9 มิลลิเมตร ที่ใช้งานในทางอุตสาหกรรมทั่วไปจะทาดำด้วยสีดำ

ข้อควรระวังในการใช้งานถังบรรจุแก๊สออกซิเจน

แก๊สออกซิเจนที่บรรจุภายในถังมีความดันสูง ดังนั้น ในการใช้งานจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษและปฏิบัติอย่างเคร่งครัด ดังนี้

- 1) ไม่ควรวางถังบรรจุแก๊สออกซิเจนตากแดดหรืออยู่ใกล้แหล่งความร้อนใด ๆ
- 2) เมื่อมีการขนย้ายถังบรรจุแก๊สทุกครั้ง จะต้องสวมฝาครอบวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส ที่หัวถังบรรจุแก๊ส
- 3) ถังบรรจุแก๊สจะต้องอยู่ในตำแหน่งที่ตั้งตรงตลอด ยึดให้มั่นเพื่อป้องกันการล้ม
- 4) ไม่ควรเปิดแก๊สเล่น นอกจากจะสิ้นเปลืองแล้วอาจเกิดอันตรายขึ้นได้
- 5) หันทางออกของแก๊สให้พ้นจากร่างกายเมื่อเปิดแก๊ส

6) อย่าโยนหรือให้ถังบรรจุแก๊สกระแทกกับสิ่งใด ๆ เพราะอาจทำให้ถังบรรจุแตกร้าวได้

7) เมื่อใช้แก๊สหมดแล้วต้องปิดวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส ให้เรียบร้อยทุกครั้ง

8) ห้ามก่อกองถังบรรจุแก๊สในลักษณะนอนราบกับพื้น ถ้าจำเป็นต้องขนย้ายโดยไม่มีรถเข็นช่วยให้ก่อกองถังบรรจุแก๊สในลักษณะตั้งและจะต้องระมัดระวัง

9) ห้ามเก็บแก๊สออกซิเจนไว้ใกล้กับวัสดุที่เป็นเชื้อเพลิงใด ๆ เด็ดขาด

10) ห้ามนำแก๊สออกซิเจนไปใช้กับเครื่องมือกลที่ใช้ลมดัน (Pneumatic)

11) ห้ามใช้คีม ประแจ หรือเครื่องมืออื่นใดกับวาล์วเปิด - ปิดแก๊สที่หัวถังบรรจุแก๊ส ซึ่งในการเปิด - ปิด ให้ใช้มือเปล่าเท่านั้น

#### 2.4.3.2 ถังบรรจุแก๊สอะเซทิลีน (Acetylene Cylinder)

แก๊สอะเซทิลีนสำเร็จรูป จะถูกบรรจุไว้ในถังบรรจุที่ผลิตจากแผ่นเหล็กกล้าขึ้นรูปโดยการม้วนแล้วนำมาเชื่อมประกอบ แก๊สอะเซทิลีนจะบรรจุที่ความดันต่ำกว่าแก๊สออกซิเจนมาก คือ ประมาณ 250 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส (70 องศาฟาเรนไฮต์) ดังนั้นรอยเชื่อมจึงสามารถรับแรงดันได้ ถังบรรจุแก๊สอะเซทิลีนมีหลายขนาด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิตได้ออกแบบมาและขึ้นอยู่กับมาตรฐานของแต่ละประเทศ ที่นิยมใช้กันโดยทั่วไปจะมีขนาดสูงจากฐานถึงบริเวณคอถังประมาณ 1,028 มิลลิเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 304 มิลลิเมตร สามารถบรรจุแก๊สได้ถึง 275 ลูกบาศก์ฟุต ที่บริเวณหัวถังบรรจุแก๊สจะทำเป็นเกลียวไว้สำหรับต่อเข้ากับวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส ด้านนอกจะทำเป็นเกลียวตัวผู้ไว้สำหรับปิดฝาครอบวาล์วถัง ถังบรรจุแก๊สอะเซทิลีนจะทาสีน้ำตาลเป็นสัญลักษณ์

ข้อควรระวังในการใช้ถังบรรจุอะเซทิลีน

แก๊สอะเซทิลีนเป็นแก๊สเชื้อเพลิงและไวไฟ การใช้งานเชื่อมโลหะจะต้องระมัดระวังเป็นพิเศษและปฏิบัติอย่างเคร่งครัด ดังนี้

1) ไม่ควรเปิดวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส ที่หัวถังบรรจุเกิน 1 รอบ เนื่องจากเมื่อเกิดอันตรายจะไม่สามารถปิดแก๊สได้ในทันที

2) ในขณะใช้งานจะต้องตั้งถังบรรจุแก๊สให้ตรง ยึดให้มั่นคง ถ้าไม่สามารถตั้งให้ตรงได้ให้วางกับพื้นโดยให้หัวถังบรรจุแก๊สสูงจากพื้นไม่น้อยกว่า 30 เซนติเมตร เพื่อป้องกันอะซีโตนไหลปนออกมากับแก๊ส

3) การขนย้ายห้ามก่อกองกับพื้น ถ้าขนย้ายโดยไม่มีอุปกรณ์ให้เอียงถังบรรจุแก๊สเล็กน้อย โดยให้ขอบก้นถังด้านล่างวางบนพื้นแล้วหมุนก่อกองไป ระวังอย่าให้ล้ม

4) ถังบรรจุแก๊สที่ไม่ได้ใช้งานต้องสวมฝาครอบวาล์วเปิด - ปิดแก๊สให้เรียบร้อย

5) ห้ามเก็บถังบรรจุแก๊สใกล้แหล่งความร้อนใด ๆ เช่น ตากแดดหรืออยู่ใกล้บริเวณที่ปฏิบัติงานเชื่อม

6) ห้ามใช้ไขมันหรือน้ำมันทุกชนิดสัมผัสกับถังบรรจุแก๊ส หรืออุปกรณ์อื่น

7) หากแก๊สรั่วที่วาล์วเปิด - ปิดแก๊ส ให้รีบแก้ไข ถ้าไม่สามารถแก้ไขได้ให้นำถังบรรจุแก๊สออกนอกอาคารที่ไกลจากแหล่งความร้อน เปิดวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส เล็กน้อยเพื่อปล่อยแก๊สออกทิ้งไปจนหมดถัง

8) ห้ามใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ สลับกับอุปกรณ์แก๊สชนิดอื่น

9) ถ้าวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส เป็นชนิดก้าน 4 เหลี่ยม ที่ต้องใช้ประแจเปิดหรือปิด เมื่อทำการเปิดแก๊สให้คาประแจสวมทิ้งไว้ตลอดเวลาในขณะที่ใช้งาน เมื่อมีเหตุการณ์ฉุกเฉินจะได้ปิดแก๊สได้ทันที

#### 2.4.3.3 อุปกรณ์คุมค่าความดัน (Regulator)

อุปกรณ์คุมค่าความดัน เป็นอุปกรณ์ที่สำคัญชิ้นหนึ่งในงานเชื่อมแก๊ส เพราะถ้าขาดอุปกรณ์นี้ไปจะไม่สามารถทำการเชื่อมได้ อุปกรณ์คุมค่าความดันจะทำหน้าที่ควบคุมความดันของแก๊สในขณะที่ใช้งาน ซึ่งจะช่วยบอกให้ทราบถึงความดันของแก๊สที่มีอยู่ในถังบรรจุ และควบคุมความดันของแก๊สที่จะไหลออกไปใช้งาน ทำให้ความดันแก๊สในขณะใช้งานนั้นสม่ำเสมอ ถึงแม้ว่าความดันภายในถังบรรจุจะเปลี่ยนไปก็ตาม อุปกรณ์คุมค่าความดันจะมีเกจวัดความดันสูงจะบอกให้ทราบถึงความดันภายในถังบรรจุและเกจวัดความดันต่ำที่จะต้องปรับออกไปใช้งานจะมี 2 สเกล คือ มีหน่วยเป็นกิโลกรัมแรงต่อตารางเซนติเมตร และปอนด์ต่อตารางนิ้ว ซึ่งได้แสดงลักษณะของอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊สออกซิเจนและอะเซทิลีน ดังภาพที่ 2.20



ภาพที่ 2.20 แสดงภาพอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊สออกซิเจน (ซ้าย) และอะเซทิลีน (ขวา)

ข้อควรระวังในการใช้งานอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊ส

1) ห้ามใช้น้ำมัน ไขมันทุกชนิดสัมผัสกับอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊ส

2) ก่อนจะประกอบอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊สเข้ากับวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส ที่ถึงบรรจุ ให้เปิดวาล์วเปิด - ปิดแก๊ส และปิดทันทีเพื่อเป็นการไล่ฝุ่นที่ติดอยู่บริเวณทางออกของแก๊ส เพื่อเป็นการป้องกันไม่ให้ละอองฝุ่นเข้าไปในอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊ส

3) การเปิดวาล์วเปิด - ปิดที่ถึงบรรจุแก๊สควรเปิดช้า ๆ เพื่อไม่ให้ชิ้นส่วน ภายในอุปกรณ์คุมค่าความดันได้รับแรงกระแทก เพื่อเป็นการยืดอายุการใช้งาน

4) ให้ใช้น้ำสบู่สำหรับหล่อลื่นสกรูปรับความดันเท่านั้น

5) ห้ามใช้อุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊สสลับกันและ เลือกลงใช้ให้ถูกกับชนิด ของแก๊ส

6) เมื่อเลิกใช้งานให้คลายสกรูปรับความดันออกทุกครั้ง

7) ห้ามใช้คีมต่าง ๆ ชันข้อต่อ ให้ใช้ปะแจปากตายขนาดเดียวกันกับข้อต่อ เท่านั้น

8) การซ่อมแซมอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊สที่ชำรุด ต้องใช้ช่างที่มีความรู้ มีความชำนาญ และใช้ชิ้นส่วนที่ได้ขนาดเท่านั้น

#### 2.4.3.4 สายเชื่อมแก๊ส (Hose)

สายเชื่อมแก๊ส มีหน้าที่ส่งแก๊สออกซิเจนและอะเซทิลีน ที่ต่อออกมาจาก อุปกรณ์คุมค่าความดันของแก๊สทั้งสองไปยังหัวเชื่อม สายเชื่อมแก๊สจะต้องมีสมบัติในการทนความดัน ได้สูงถึง 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ผลผลิตขึ้นจากวัสดุสังเคราะห์หรือยางธรรมชาติ โครงสร้างภายใน จะใช้เส้นใยไนลอนหรือลिनินถักเสริมความแข็งแรง สายเชื่อมแก๊สที่ใช้งานจะต้องมีสมบัติ ดังนี้

- 1) ต้องสามารถทนต่อความดันได้สูง (ประมาณ 400 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว)
- 2) ต้องไม่ทำปฏิกิริยากับแก๊สที่ไหลผ่าน
- 3) ต้องมีความอ่อนตัวได้ดีเพื่อให้ง่ายต่อการใช้งานในลักษณะต่าง ๆ
- 4) ต้องมีความสามารถทนต่อความร้อนและการเผาไหม้ได้ดี

ซึ่งได้แสดงลักษณะของสายเชื่อมแก๊สแบบชนิดคู่ ดังภาพที่ 2.21



ภาพที่ 2.21 แสดงสายเชื่อมแก๊สแบบชนิดคู่ ทั้งสายออกซิเจนและอะเซทิลีน

ข้อควรระวังในการใช้สายเชื่อมแก๊ส

- 1) สายเชื่อมแก๊สที่ผลิตออกมาจำหน่ายจะโรยด้วยฝุ่นแป้ง ดังนั้น ก่อนการนำไปใช้งานควรทำความสะอาด หรือเป่าฝุ่นแป้งออกเสียก่อน
- 2) อย่าให้สายเชื่อมแก๊สถูกสะเก็ดไฟ ความร้อนหรือโดนของมีคมบาด เพราะถ้าหากเกิดขึ้นจะถือว่าสายเชื่อมได้ชำรุดเสียหายแล้ว

#### 2.4.3.5 หัวเชื่อมแก๊ส (Welding Torch)

หัวเชื่อมแก๊ส เป็นอุปกรณ์ที่ใช้เพื่อการรวมแก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีน เข้าด้วยกันในห้องผสม (Mixing Chamber) จากนั้น แก๊สผสมจะไหลผ่านไปสันดาปกันภายนอก ที่บริเวณปลายหัวทิพเชื่อม โดยสามารถปรับอัตราการไหลของแก๊สทั้งสองได้ตามต้องการ ด้วยการปรับวาล์วทั้งสองที่หัวเชื่อม นอกจากนี้ หัวเชื่อมยังใช้จับหรือถือสำหรับการเชื่อมด้วย หัวเชื่อมแก๊สมีอยู่ 2 ชนิด คือ แบบสมดุลความดัน (Equal Pressure Typ) ใช้กับแก๊สอะเซทิลีน แบบบรรจุถังสำเร็จที่ให้ความดันแก๊สสูง และแบบหัวฉีด (Injector Typ) ลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของหัวเชื่อม ซึ่งได้แสดงลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของหัวเชื่อม ดังภาพที่ 2.22



ภาพที่ 2.22 แสดงลักษณะและส่วนต่าง ๆ ของหัวเชื่อมแก๊ส

#### 2.4.3.6 หัวทิพเชื่อม (Welding Tip)

หัวทิพเชื่อม คือ อุปกรณ์ที่จะประกอบเข้ากับหัวเชื่อมตรงบริเวณส่วนปลาย ซึ่งเป็นทางออกของแก๊สที่ผ่านการผสมตามอัตราส่วนก่อนการจุดเปลวไฟ หัวทิพเชื่อมผลิตขึ้นจากทองแดงที่เจาะรูไว้ตรงกลาง ขนาดของรูจะมีขนาดต่างกัน เช่น หัวทิพที่มีรูใหญ่จะให้เปลวไฟใหญ่ และหัวทิพที่มีรูขนาดเล็กก็จะให้เปลวไฟเล็ก ซึ่งได้แสดงลักษณะของหัวทิพเชื่อม ดังภาพที่ 2.23



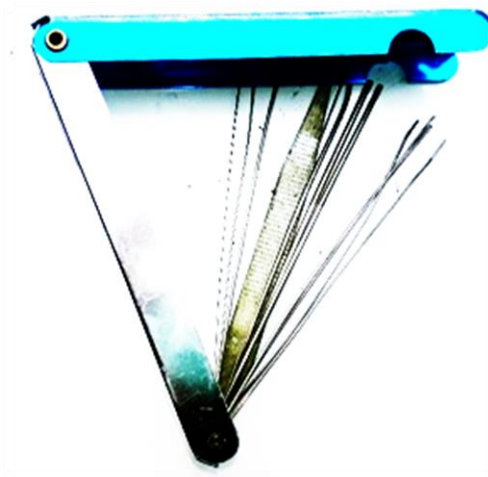


ภาพที่ 2.23 แสดงลักษณะของหัวทิพเชื่อม

การเลือกขนาดของหัวทิพเชื่อม จะต้องคำนึงถึงความหนาและชนิดของชิ้นงานที่จะเชื่อม เช่น ถ้าใช้ขนาดหัวทิพใหญ่เกินไปจะทำให้ได้ปริมาณของความร้อนมาก ชิ้นงานอาจจะทะลุได้ แต่ถ้าใช้ขนาดเล็กเกินไปจะทำให้เสียเวลามาก เพราะปริมาณความร้อนที่ได้จากเปลวไฟไม่เพียงพอสำหรับการหลอมชิ้นงาน

#### 2.4.3.7 เข็มแยงหัวทิพเชื่อม (Tip Cleaner)

รูของหัวทิพเชื่อมจะสกปรกบ่อยครั้งในขณะที่ทำการเชื่อม ทำให้การเชื่อมได้ผลไม่ดี จะต้องหมั่นคอยทำความสะอาดรูของหัวทิพเชื่อมให้สะอาดอยู่เสมอ จึงจะสามารถปรับแต่งเปลวไฟเชื่อมได้ง่าย การทำความสะอาดหัวทิพเชื่อมจะต้องไม่ให้รูขยายโตขึ้น หรือเกิดรอยขึ้นภายในลักษณะของเข็มแยงหัวทิพเชื่อมประกอบด้วยลวดเส้นเล็ก ๆ มีผิวและลักษณะคล้ายกับตะไบกลม ความโตของเส้นลวดจะมีขนาดเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของรูหัวทิพ และมีหลายขนาด พับเก็บได้อยู่ในตลับ ใช้งานง่าย สะดวกและปลอดภัย ซึ่งได้แสดงลักษณะของเข็มแยงหัวทิพ ดังภาพที่ 2.24



ภาพที่ 2.24 แสดงลักษณะของเข็มแยงหัวทิพเชื่อม



ภาพที่ 2.25 แสดงการทำความสะอาดรูหัวทิฟเชื่อมด้วยเข็มแยงหัวทิฟเชื่อม

#### 2.4.3.8 อุปกรณ์จุดเปลวไฟ (Spark Lighter)

อุปกรณ์จุดเปลวไฟ เป็นอุปกรณ์เฉพาะที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการจุดเปลวไฟเชื่อมแก๊สโดยเฉพาะ การใช้ไม้ขีดไฟ ไฟแช็กหรือกระดาษที่ติดไฟไว้มากจุดเปลวไฟเชื่อมไม่ควรปฏิบัติเป็นอันขาด เพราะอาจเกิดอันตรายขึ้นได้ เช่น อาจเกิดไฟลวกหรือเกิดการระเบิดได้ อุปกรณ์จุดเปลวไฟจะมีลักษณะคล้ายถ้วยประกอบติดอยู่ที่ปลายขาข้างหนึ่ง ซึ่งมีแกนเหล็กมีลักษณะคล้ายตะไบติดอยู่ ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งจะมีแกนถ่าน เมื่อใช้มือบีบให้แกนถ่านถูกกับแกนตะไบเหล็กก็จะเกิดประกายไฟ และในขณะที่จุดเปลวไฟควรให้ปลายหัวทิฟอยู่ห่างจากถ้วยพอสมควร ซึ่งได้แสดงลักษณะของอุปกรณ์จุดเปลวไฟพร้อมถ่าน ดังภาพที่ 2.26



ภาพที่ 2.26 แสดงลักษณะของอุปกรณ์จุดเปลวไฟพร้อมถ่าน



ภาพที่ 2.27 แสดงการจุดเปลวไฟเชื่อมด้วยอุปกรณ์จุดเปลวไฟ

#### 2.4.3.9 แวนตาเชื่อมแก๊ส (Gas Goggles)

แว่นตาเชื่อมแก๊ส เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ป้องกันดวงตาจากแสงเชื่อมและสะเก็ดไฟ กระเด็นในขณะที่เชื่อม การสวมแว่นตาเชื่อมจะทำให้ช่างเชื่อมสามารถมองเห็นแอ่งหลอมเหลว เพื่อให้เห็นทิศทางในการเชื่อมและสังเกตการณ์หลอมเหลวของชิ้นงานและลวดเติม ในการปฏิบัติงานเชื่อม ทุกครั้งจะต้องสวมแว่นตาเชื่อม การใช้ตาเปล่ามองไปที่แอ่งหลอมเหลวจะทำให้ม่านตาเกิดการอักเสบ เป็นสาเหตุให้ตาเสีย เพื่อเป็นการถนอมสายตาช่างเชื่อมควรสวมแว่นตาเชื่อมที่มีกระจกกรองแสงด้วย เบอร์ที่เหมาะสม ซึ่งได้แสดงลักษณะของแว่นตาเชื่อมแก๊ส ดังภาพที่ 2.28



ภาพที่ 2.28 แสดงลักษณะของแว่นตาเชื่อมแก๊ส

#### 2.4.3.10 ประแจ (Wrench)

ประแจ ที่ใช้กับอุปกรณ์เชื่อมแก๊สเป็นประแจพิเศษที่ผลิตจากโรงงานผู้ผลิต อุปกรณ์การเชื่อมจะมีขนาดพอดีกับอุปกรณ์การเชื่อม การถอดประกอบอุปกรณ์การเชื่อมทุกครั้ง ควรใช้ประแจประจำเครื่องอย่าใช้ประแจอื่น ซึ่งได้แสดงลักษณะของประแจ ดังภาพที่ 2.29

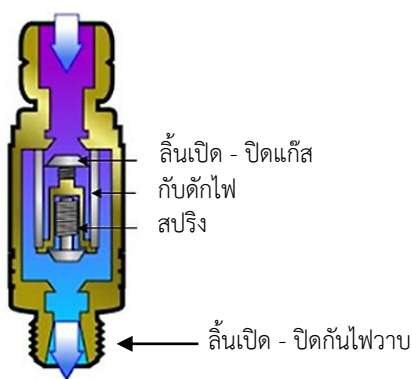


ภาพที่ 2.29 แสดงลักษณะประแจใช้กับอุปกรณ์การเชื่อมแก๊ส

(ที่มา : สมบูรณ์ เต็งหงษ์เจริญ, ม.ป.ป. หน้า 42)

#### 2.4.3.11 ชุดกันไฟวabayย้อนกลับ (Flashback Arrestors)

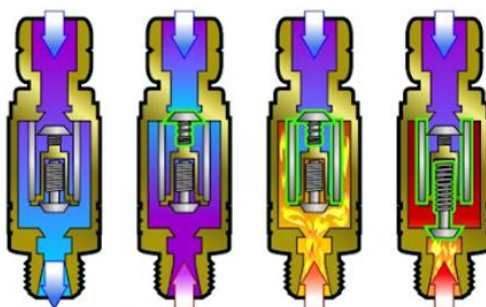
ไฟวabayย้อนกลับ เป็นปรากฏการณ์ที่เปลวไฟลุกไหม้ย้อนกลับจากหัวเชื่อมเข้าไปในสายแก๊ส ผ่านอุปกรณ์คุมค่าความดันแก๊สไปยังถังบรรจุแก๊สเชื้อเพลิง ขณะเดียวกันออกซิเจนก็จะไหลตามเข้าไปด้วยเพื่อเพิ่มปฏิกิริยาการลุกไหม้ ถ้าหากไม่ติดตั้งอุปกรณ์กันไฟวabayย้อนกลับ ในช่วงนี้อาจจะทำให้เกิดการระเบิดที่ถังออกซิเจนหรือถังแก๊สเชื้อเพลิงขึ้นได้ การเกิดไฟวabayย้อนกลับ จะเกิดขึ้นเร็วมาก อาจสูงถึง 2 เท่าของความเร็วของเสียงหรือประมาณ 2,000 ฟุตต่อวินาที หรือ 1,400 ไมล์ต่อชั่วโมง ซึ่งได้แสดงลักษณะโครงสร้างภายในของชุดกันไฟวabayย้อนกลับ ดังภาพที่ 2.30



ภาพที่ 2.30 แสดงโครงสร้างภายในของชุดกันไฟวabayย้อนกลับ

(ที่มา : <http://www.eu.harrisproductsgroup.com/Flashback-Arrestors.aspx> (Online))

หลักการทำงานของชุดกันไฟวabayย้อนกลับ เมื่อมีเปลวไฟวabayย้อนกลับเข้าไปภายในชุดกันไฟวabayย้อนกลับ ชุดสปริงจะทำการปิดลิ้นเปิด - ปิดแก๊สอัตโนมัติ ทำให้แก๊สหยุดไหล เมื่ออุณหภูมิภายในสูงขึ้นเกินกว่าที่ตั้งไว้ จะทำให้สปริงทำการปิดลิ้นเปิด - ปิดไฟวabay และเปลวไฟจะถูกกับดีกไฟดับลง โดยชั้นกรองไฟ (Flame Arrestors) ซึ่งทำจากเหล็กกล้าไร้สนิมอัดแน่น ที่ผ่านขั้นตอนการผลิตให้มีลักษณะเป็นรูพรุน (ฉัตรทอง ไส้แสง, 2559 : 112 - 113) ซึ่งได้แสดงหลักการทำงานของชุดกันไฟวabayย้อนกลับ ดังภาพที่ 2.31



ภาพที่ 2.31 แสดงขั้นตอนการทำงานของชุดกันไฟวabayย้อนกลับ

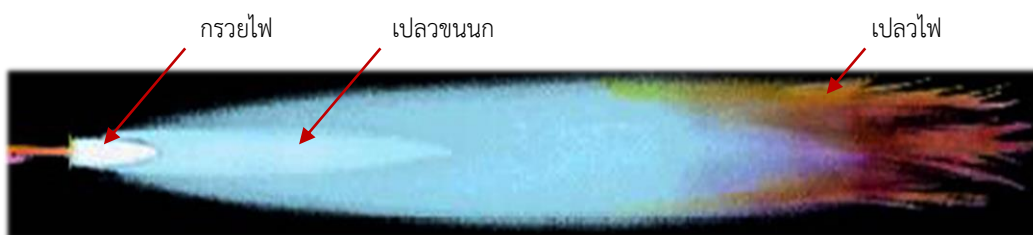
(ที่มา : <http://www.eu.harrisproductsgroup.com/Flashback-Arrestors.aspx> (Online))

#### 2.4.4 เปลวไฟเชื่อม

เปลวไฟเชื่อม เกิดขึ้นจากส่วนผสมระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีน มีหลายชนิดและอุณหภูมิที่ได้ก็แตกต่างกันไปด้วยตามอัตราส่วนผสมระหว่างแก๊สทั้ง 2 ชนิด เปลวไฟจะใช้ประโยชน์เพื่อให้ความร้อนแก่ชิ้นงานจนกระทั่งโลหะที่ต่อกันหลอมเหลวรวมเข้าเป็นเนื้อเดียวกัน ในการเชื่อมจะเติมลวดเชื่อมหรือไม่เติมก็ได้ เมื่อเย็นตัวลงก็จะได้รอยเชื่อมเกิดขึ้น เปลวไฟของการเชื่อมออกซิอะเซทิลีน แบ่งออกเป็น 3 ชนิด (ฉัตรทอง ไสแสง, 2559 : 113 - 115) ดังนี้

##### 2.4.4.1 เปลวคาร์บอนมาก (Carburizing Flame)

เมื่อจุดเปลวแก๊สติดและปรับปริมาณอะเซทิลีนเหมาะสมได้ที่แล้ว ในขณะที่เปิดออกซิเจนเข้าผสมเล็กน้อยก็ได้เปลวคาร์บอนมาก เป็นเปลวที่มีแก๊สอะเซทิลีนมากกว่าแก๊สออกซิเจนในอัตรา 2 : 1 ลักษณะโครงสร้างของเปลวไฟจะยาวมี 3 ชั้น เปลวไฟมีลักษณะเป็นเปลวยาวสีส้มอ่อนล้อมรอบกรวยไฟและเปลวขนนกเอาไว้ ส่วนเปลวขนนกจะมีสีฟ้าและกรวยไฟจะมีสีขาว ในระยะที่ห่างจากกรวยไฟประมาณ 3 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิประมาณ 2,800 องศาเซลเซียส (5,700 องศาฟาเรนไฮต์) เปลวคาร์บอนมากการเผาไหม้จะทำให้มีคาร์บอนบางส่วนหลงเหลืออยู่บางส่วน เหมาะสำหรับเชื่อมงานที่ต้องการเติมคาร์บอนที่ผิวโลหะ หรือเชื่อมโลหะที่ไม่ใช่เหล็กที่ต้องใช้อุณหภูมิในการหลอมไม่สูงมากนัก เช่น อะลูมิเนียม แมกนีเซียม และใช้ในการเล่นประดาน ซึ่งได้แสดงลักษณะโครงสร้างและเปลวคาร์บอนมาก ดังภาพที่ 2.32 - 2.33



ภาพที่ 2.32 แสดงลักษณะโครงสร้างของเปลวคาร์บอนมาก

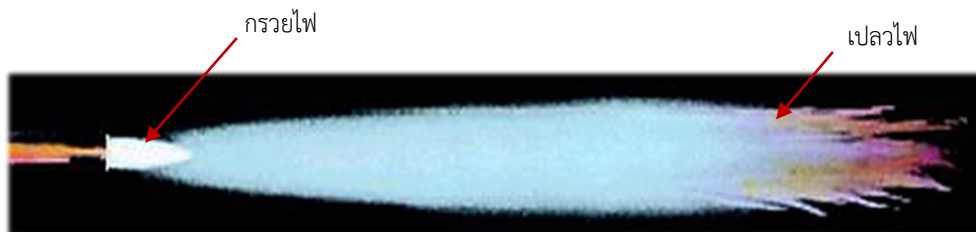
(ที่มา : <http://www.mechanicalwalkins.in/2015/03/lighting-adjustment-of-oxyacetylene.html> (Online))



ภาพที่ 2.33 แสดงลักษณะของเปลวคาร์บอนมาก

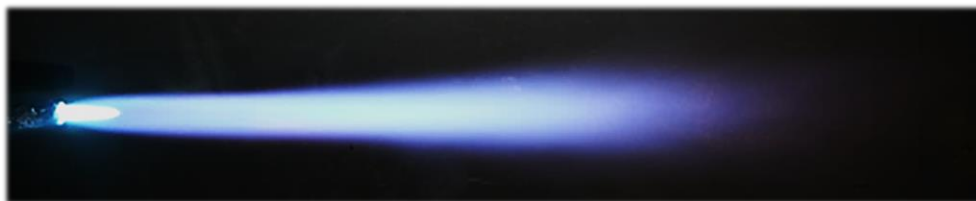
#### 2.4.4.2 เปลวกลาง (Neutral Flame)

เป็นเปลวที่ได้มาจากการผสมกันระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีน ในอัตราส่วน 1 : 1 การเผาไหม้เกิดขึ้นสมบูรณ์ โครงสร้างของเปลวกลางประกอบด้วยเปลวไฟ 2 ชั้น ชั้นในเป็นกรวยไฟปลายมน ระยะห่างจากปลายกรวยไฟประมาณ 3 มิลลิเมตร จะมีอุณหภูมิประมาณ 3,150 องศาเซลเซียส (6,000 องศาฟาเรนไฮต์) เปลวกลางจะให้รอยเชื่อมสะอาด มีความแข็งแรง เปลวไฟชนิดนี้จึงเหมาะสำหรับการเชื่อมและตัดโลหะโดยเฉพาะเหล็ก เนื่องจากการเผาไหม้ที่สมบูรณ์จึงไม่เกิดการเติมธาตุคาร์บอนลงในรอยเชื่อม ซึ่งได้แสดงลักษณะโครงสร้างและเปลวกลาง ดังภาพที่ 2.34 - 2.35



ภาพที่ 2.34 แสดงลักษณะโครงสร้างของเปลวกลาง

(ที่มา : <http://www.mechanicalwalkins.in/2015/03/lighting-adjustment-of-oxyacetylene.html> (Online))

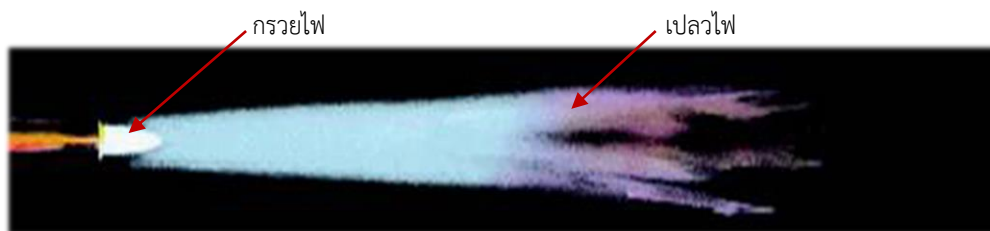


ภาพที่ 2.35 แสดงลักษณะของเปลวกลาง

#### 2.4.4.3 เปลวออกซิเจนมากหรือเปลวเพิ่ม (Oxidizing Flame)

เป็นเปลวไฟที่ได้มาจากการผสมกันระหว่างแก๊สออกซิเจนกับแก๊สอะเซทิลีน โดยปรับให้ออกซิเจนมากกว่าอะเซทิลีน ลักษณะเปลวไฟจะมี 2 ชั้น ชั้นในเป็นรูปกรวยไฟแหลมสั้น เปลวนี้มีอุณหภูมิสูงกว่าเปลวอีก 2 ชนิด ที่กล่าวมาคือ มีอุณหภูมิประมาณ 3,480 องศาเซลเซียส (6,300 องศาฟาเรนไฮต์) เมื่อทำการเชื่อมจะเกิดประกายไฟ หรือสะเก็ดไฟกระเด็นออกมาจากแอ่งหลอมเหลว ทำให้เกิดฟองอากาศไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้เชื่อมเหล็ก เพราะการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จะมีออกซิเจนหลงเหลืออยู่และจะถูกเติมลงในเนื้อเหล็กทำให้รอยเชื่อมเปราะ แต่นิยมนำไปใช้ในการตัดโลหะแผ่นบาง ซึ่งได้แสดงลักษณะโครงสร้าง และเปลวออกซิเจนมากหรือเปลวเพิ่ม ดังภาพที่ 2.36 - 2.37





ภาพที่ 2.36 แสดงลักษณะโครงสร้างของเปลวออกซิเจนมากหรือเปลวเพิ่ม  
(ที่มา : <http://www.mechanicalwalkins.in/2015/03/lighting-adjustment-of-oxyacetylene.html> (Online))



ภาพที่ 2.37 แสดงลักษณะของเปลวออกซิเจนมากหรือเปลวเพิ่ม

#### 2.4.5 ลวดเชื่อม

ลวดเชื่อมแก๊สโดยทั่วไปรู้จักกันว่า “ลวดเติม” (Filler Rod) มีหน้าที่เติมเข้าไปในรอยต่อเพื่อให้ได้รอยเชื่อม ไม่ได้มีหน้าที่อาร์กหรือทำให้เกิดความร้อน แต่ในการเติมเนื้อเชื่อมจะต้องใช้ความร้อนจากเปลวไฟมาหลอมลวดเชื่อมและชิ้นงานในเวลาเดียวกัน ลวดเชื่อมแก๊สมีลักษณะเป็นเส้นกลมเปลือยตัน

พื้นฐานและสมรรถนะการใช้งาน (ฉัตรทอง ไสแสง, 2559 : 115 - 117)

ลวดเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ สำหรับกระบวนการเชื่อมออกซิอะเซทิลีน ตามมาตรฐาน AWS A 5.2 ดังนี้

1) R 45 เป็นลวดเชื่อมที่ใช้ได้กับงานทั่ว ๆ ไป มีค่าความต้านทานแรงดึงต่ำสุดในบรรดาลวดเชื่อมในกลุ่มเดียวกัน มีคาร์บอนต่ำเป็นองค์ประกอบหลัก เหมาะสำหรับการเชื่อมเหล็กเหนียว เช่น งานเชื่อมตัวถังรถยนต์ ปลายท่อไอเสียรถยนต์ เป็นต้น

2) R 60 เป็นลวดเชื่อมที่ใช้ได้กับงานทั่ว ๆ ไป มีปริมาณคาร์บอนเพิ่มขึ้นเล็กน้อยและยังมีซิลิคอนและแมงกานีสเจือมาด้วย ทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้น คือ 60,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เหมาะกับการเชื่อมเหล็กกล้าคาร์บอน เหล็กกล้าผสมต่ำ

3) R 65 เป็นลวดเชื่อมชนิดเหล็กกล้าผสมต่ำ มีคาร์บอนซิลิคอนและแมงกานีสเจือในปริมาณสูง ทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นด้วย คือ 65,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เหมาะกับการนำไปใช้ในงานเชื่อมเหล็กแผ่นบางและหนา ที่ทำมาจากเหล็กกล้าคาร์บอนและเหล็กกล้าผสมต่ำ

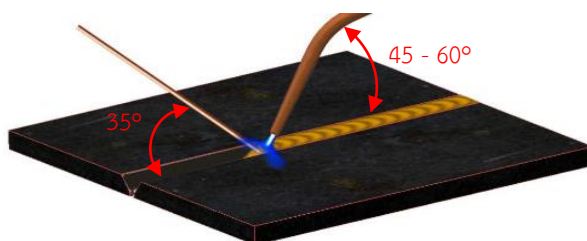
4) R 100 เป็นลวดเชื่อมชนิดเหล็กกล้าผสมต่ำที่มีคาร์บอน ซิลิคอนและแมงกานีสเจือในปริมาณกว่าทุกชั้นคุณภาพ ทำให้ค่าความต้านทานแรงดึงเพิ่มขึ้นมาก คือ 100,000 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

#### 2.4.6 องค์ประกอบของการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน

ฤทธิเดช ทองวรรณ, (2556 : 35 - 37) กล่าวว่า องค์ประกอบในการเชื่อมแก๊สออกซิอะเซทิลีน (OAW) ดังนี้

##### 2.4.6.1 หัวทิพเชื่อมทำมุมที่ถูกต้อง

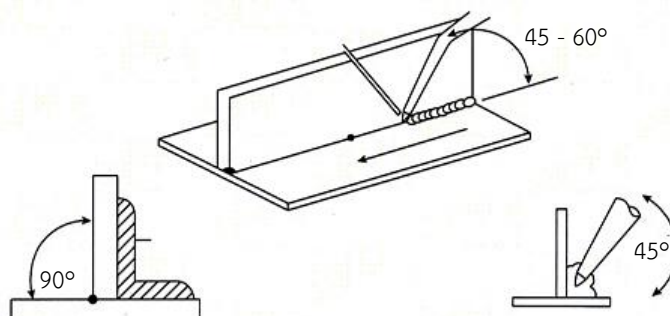
1) การเชื่อมในตำแหน่งท่าราบ ท่าเหนือศีรษะ หัวทิพเชื่อมทำมุมเดินกับชิ้นงาน 45 - 60 องศา มุมงาน 90 องศา กับชิ้นงานทั้งสองข้าง ส่วนลวดเชื่อมทำมุม 30 องศา กับชิ้นงาน ในการปฏิบัติงานช่างเชื่อมต้องรักษามุมตามที่กำหนดไว้ตลอดจนกว่าจะเสร็จงาน ซึ่งได้แสดงลักษณะมุมหัวทิพเชื่อมที่ถูกต้องในตำแหน่งท่าราบ ท่าเหนือศีรษะ ดังภาพที่ 2.38



ภาพที่ 2.38 แสดงมุมหัวทิพ มุมลวดเชื่อมในการเชื่อมตำแหน่งท่าราบ

(ที่มา : [http://www.km.sukhothaitc.ac.th/files/10101910105625\\_1010200001814.pdf](http://www.km.sukhothaitc.ac.th/files/10101910105625_1010200001814.pdf) : (Online))

2) งานเชื่อมต่อตัวที่ตำแหน่งท่าราบ ท่าระดับ ผู้ปฏิบัติงานเชื่อมจะต้องให้หัวทิพเชื่อมทำมุมเดินกับชิ้นงานประมาณ 45 - 60 องศา มุมงาน 45 องศา กับชิ้นงานทั้งสองข้าง ลวดเติมทำมุมประมาณ 30 องศา และต้องรักษามุมตามที่กำหนดไว้ตลอดจนกว่าจะเสร็จงาน ซึ่งได้แสดงลักษณะมุมหัวทิพเชื่อมที่ถูกต้องในงานเชื่อมต่อตัวที่ตำแหน่งท่าราบ ท่าระดับ ดังภาพที่ 2.39



ภาพที่ 2.39 แสดงมุมเดินลวด มุมลวดเชื่อมในการเชื่อมตัวที่ตำแหน่งท่าระดับ

(ที่มา : ฉัตรทอง ไสแสง, 2557 หน้า 133)



#### 2.4.6.2 ระยะห่างระหว่างกรวยไฟกับชิ้นงานที่เหมาะสม

เป็นองค์ประกอบที่สำคัญมาก เพราะหากในการเชื่อมผู้ปฏิบัติงานใช้ระยะห่างของกรวยไฟไม่ถูกต้องและไม่เหมาะสมแล้ว เช่น ถ้าใช้ระยะที่ห่างกันมากจะทำให้ใช้เวลาในการหลอมชิ้นงานมากกว่าปกติ เนื่องจากความร้อนไม่เพียงพอทำให้สูญเสียเวลาและเป็นการสิ้นเปลือง ระยะห่างที่เหมาะสม คือ ประมาณ 3 มิลลิเมตร

#### 2.4.6.3 การใช้ความเร็วในการเคลื่อนหัวทิฟเชื่อมถูกต้องและสม่ำเสมอ

ความเร็วในการเคลื่อนหัวทิฟเชื่อมเป็นองค์ประกอบสำคัญอีกประการหนึ่งเช่นกัน เพราะถ้าผู้ปฏิบัติงานใช้ความเร็วในการเคลื่อนหัวทิฟเชื่อมช้าเกินไป ชิ้นงานจะหลอมมาก รอยเชื่อมจะใหญ่และเกิดรอยยุบได้ แต่ถ้าใช้ความเร็วในการเคลื่อนหัวทิฟเชื่อมเร็วเกินไป ก็อาจทำให้ชิ้นงานหลอมไม่สมบูรณ์ รอยเชื่อมจะมีขนาดเล็กจนไม่มีความแข็งแรง การเคลื่อนหัวทิฟจะต้องควบคุมความเร็วให้คงที่สม่ำเสมอตลอดของการเชื่อม ซึ่งได้แสดงลักษณะการใช้ความเร็วในการเคลื่อนหัวทิฟเชื่อมที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง ดังภาพที่ 2.40



ภาพที่ 2.40 แสดงการใช้ความเร็วในการเคลื่อนหัวทิฟที่ถูกต้องและไม่ถูกต้อง

(ที่มา : ฤทธิเดช ทองวรรณ, 2556 หน้า 35)

## 2.5 การสอนทักษะปฏิบัติ

การจัดการเรียนการสอนปฏิบัติ หรือการจัดประสบการณ์การเรียนรู้ทางการปฏิบัติงาน มีจุดมุ่งหมายที่สำคัญ คือ ให้ผู้เรียนมีความรู้และมีทักษะฝีมือควบคู่กันไป เพื่อใช้ในการทำงานจริง เมื่อสำเร็จการศึกษาไปแล้ว สิ่งสำคัญในการจัดการเรียนการสอนปฏิบัติก็คือ จะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือทำงานกันจริง ๆ ในเวลาที่เพียงพอเหมาะสม ส่วนเนื้อหาความรู้ที่ใช้ในการเรียนปฏิบัตินั้น จะจำกัดอยู่แต่สิ่งที่จำเป็นสำหรับการทำงานหนึ่ง ๆ เท่านั้น

### 2.5.1 หลักและวิธีการสอนทักษะปฏิบัติ

เป็นที่ทราบกันดีแล้วว่า การสอนแต่ละครั้งจะมีองค์ประกอบผสมผสานกันทั้งในด้านพุทธิพิสัย จิตพิสัยและทักษะพิสัย แต่การสอนทักษะต่าง ๆ เช่น ทักษะการสื่อสารเป็นการสอนที่มุ่งเน้นในด้านทักษะพิสัย ซึ่งต้องอาศัยการสร้างให้เกิดความชัดเจนในตัวทักษะให้เห็นเป็นขั้นตอนที่

ปฏิบัติได้ง่ายและผู้เรียนได้มีโอกาสลงมือปฏิบัติในสถานการณ์ใกล้ตัว เมื่อดูจากองค์ประกอบทั่วไป ทั้ง 4 ประการของการเรียนรู้แบบมีส่วนร่วม การสอนทักษะจึงควรมีลักษณะเฉพาะตัว ดังต่อไปนี้ (ประยูร บุญใช้ และคณะ, (2546 : 37 - 39)

1) องค์ประกอบเรียนรู้ คือ ประสบการณ์ ลักษณะเฉพาะตัว คือ เหตุการณ์ที่ตรงกับชีวิตจริงในการเรียนรู้ทักษะ

2) องค์ประกอบการเรียนรู้ คือ การสะท้อนความคิดและถกเถียงลักษณะเฉพาะตัว คือ ผู้เรียนได้แลกเปลี่ยนซึ่งกันและกันในการหาเหตุผลและประเมินผลการฝึกทักษะ

3) องค์ประกอบการเรียนรู้ คือ การสรุปความคิดรวบยอด ลักษณะเฉพาะตัว คือ ได้ความคิดรวบยอดหลายขั้นตอน ทั้งจากการฟังบรรยาย จากการสังเกต การสาธิต การประเมินผลในกลุ่ม และการประเมินผลรวม

4) องค์ประกอบการเรียนรู้ คือ การทดลองหรือประยุกต์แนวคิดลักษณะเฉพาะตัว คือ ผู้เรียนได้มีโอกาสฝึกซ้ำ ๆ โดยการแสดงบทบาทสมมติตามสถานการณ์ต่าง ๆ

ทักษะ เป็นความสามารถที่คนเราไม่เคยมีมาก่อน แต่ได้เรียนรู้จนกระทั่งทำได้อย่างชำนาญ ดังนั้น การสอนทักษะจึงมีขั้นตอน คือ

1) ขั้นรู้ชัดเห็นจริง เป็นขั้นตอนที่มุ่งให้ผู้เรียนรับรู้ ว่า ทักษะเหล่านั้น มีความสำคัญ และฝึกฝนให้ทำเป็นหรือทำได้เป็นอย่างไร ในขั้นนี้จะใช้การบรรยายนำประกอบ การยกตัวอย่าง และให้ผู้เรียนร่วมอภิปรายถึงความสำคัญและวิธีการฝึกทักษะนั้น ๆ แล้วจึงใช้สถานการณ์จำลองให้ผู้เรียนคิดใช้ทักษะดังกล่าวหรือการสาธิต ซึ่งอาจทำให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมได้ การสาธิตจะทำให้ผู้เรียนเห็นจริงเป็นลำดับขั้นตอนอย่างชัดเจน

2) ขั้นลงมือกระทำ เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติตามที่ได้เรียนรู้มาจากระดับแรก ในขั้นนี้เป็นการให้ผู้เรียนฝึกทักษะโดยใช้บทบาทสมมติ (Role Play) หรือการซ้อมบท (Rehearsal Play) เป็นกิจกรรมหลัก ดังนั้น การฝึกอบรมนี้จึงต้องฝึกให้มีทักษะในการใช้สถานการณ์จำลองและการสาธิต เพื่อให้ผู้เรียนเห็นจริง ขณะเดียวกันก็มีทักษะในการนำมาฝึกบทบาทสมมติหรือการซ้อมบทและประเมินผลการฝึกได้

## 2.5.2 กิจกรรมในการสอนทักษะ

### 2.5.2.1 ขั้นรู้ชัดเห็นจริง กิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่

1) การบรรยายนำ เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนให้เกิดความน่าสนใจและให้ข้อมูลหรือความรู้ที่จำเป็น ควรใช้เวลาสั้น ๆ และดึงการมีส่วนร่วมจากผู้เรียน เช่น การตั้งคำถามหรือยกตัวอย่างที่ใกล้ตัวและให้ผู้เรียนได้แสดงความคิดเห็น

2) สถานการณ์จำลอง แบ่งได้ 2 ชนิด คือ

(1) กรณีศึกษา คือ วิทยากรเสนอสถานการณ์ ข้อเท็จจริง ตั้งเป็นโจทย์ และแสดงการสนทนาตอบโต้กับผู้เรียนทั้งห้อง ซึ่งสมมติเป็นคู่สนทนา

(2) กรณีจำลอง คือ วิทยากรตั้งเป็นโจทย์และแสดงการสนทนาตอบโต้กับผู้เรียนทั้งห้อง ซึ่งสมมติเป็นคู่สนทนา

3) การสาธิต มักให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมเป็นคู่สนทนาคนใดคนหนึ่งหรือเป็นทั้ง 2 คน โดยจะซ้อมบทกับผู้เรียนที่ขึ้นมาร่วมสาธิตก่อน หลังจากนั้น วิทยากรจะนำบทสนทนาขึ้นกระดานหรือแผ่นใส เพื่ออภิปรายและประกอบการสนทนา

#### 2.5.2.2 ชั้นลงมือกระทำ กิจกรรมการฝึกอบรมแบ่งได้เป็น 2 ส่วน คือ

1) การฝึกปฏิบัติ ทำได้โดยการฝึกบทบาทสมมติ เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพในการฝึกทักษะโดยสมมติตัวละครและสถานการณ์ขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสมมติตนเองเป็นตัวละครตามโจทย์ ดังนั้น ต้องกำหนดโจทย์ให้ชัดเจน คือ สถานการณ์ บทบาทของตัวละคร 2 ฝ่ายและบทบาทของผู้สังเกตการณ์ การฝึกบทบาทสมมติแบ่งเป็นกลุ่ม 2 - 3 กลุ่ม หรือ กลุ่มย่อย 5 - 6 คน ยิ่งกลุ่มมีคนจำนวนมากขึ้นก็จะมี การเรียนรู้กันเองมากขึ้นจากการอภิปรายกลุ่ม แต่จะใช้เวลามากกว่าจะฝึกได้ ทัวถึง

2) การประเมินการฝึก เป็นการช่วยกันสะท้อนความคิดว่าสิ่งที่ผู้ฝึกทักษะได้ทำไปนั้น ตรงตามขั้นตอนที่ควรจะเป็นหรือไม่ การประเมินการฝึกสามารถทำได้โดยให้ผู้เรียนประเมินกันเองในกลุ่ม หรือวิทยากรกับผู้เรียนช่วยกันประเมินในชั้นเรียนหรือทั้ง 2 แบบ ในกรณีแรก ผู้เรียนประเมินเอง วิทยากรควรกำหนดใบบางให้ชัดเจนว่า จะประเมินอย่างไร เช่น “หลังการฝึกให้ผู้เรียนช่วยกันอภิปรายว่า ผู้ที่แสดงเป็นผู้ให้การปรึกษาทำได้ตามขั้นตอนหรือไม่ ผู้รับการปรึกษาตอบสนองอย่างไร ขั้นตอนไหนที่มีความยุ่งยากในการฝึก”

กระบวนการปฏิบัติ มีแนวทางการจัดกิจกรรม ดังนี้

1) การสังเกตรับรู้ เช่น ครูนำผลงานจริงแล้วสาธิตพร้อมอธิบายความสำคัญวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ ขั้นตอนและวิธีการทำสิ่งนั้น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจตรงกัน อาจใช้วีดิทัศน์ สไลด์ หรืออื่น ๆ ประกอบ

2) ทำตามแบบ ให้นักเรียนปฏิบัติตามขั้นตอนและวิธีการที่กำหนดให้ หรือพานักเรียนฝึกงานย่อย ๆ ทีละอย่าง โดยทำตามครู

3) ทำเองโดยไม่มีแบบ ให้นักเรียนฝึกปฏิบัติสิ่งนั้นด้วยตนเอง โดยไม่ต้องพึ่งพาครู หรือสิ่งอื่น ๆ

4) ฝึกให้ชำนาญ ให้นักเรียนฝึกฝนสิ่งนั้นบ่อย ๆ จนเกิดความคล่องแคล่ว ปฏิบัติการกระทำนั้นโดยอัตโนมัติ (ประยูร บุญใช้ และคณะ, 2546 : 39 - 42)

### 2.5.3 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นการพัฒนาทักษะปฏิบัติ

#### 2.5.3.1 รูปแบบการเรียนการสอนที่เน้นทักษะปฏิบัติสำหรับครูวิชาชีพ

นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์ (อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี 2545 : 294) อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล เป็นผู้พัฒนารูปแบบนี้ขึ้นเป็นผลงานวิทยานิพนธ์ระดับปริญญาเอก สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งต่อมาได้รับพิจารณาให้ได้รับรางวัลชมเชยด้านงานวิจัยทางการศึกษา จากสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ ในปี พ.ศ. 2536 นวลจิตต์ เขาวีรติพงศ์ ได้พัฒนารูปแบบนี้เพื่อการเรียนการสอนวิชาสายอาชีพต่าง ๆ ซึ่งส่วนใหญ่จะเน้นทักษะปฏิบัติโดยอาศัยแนวคิดและหลักการเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะปฏิบัติ 9 ประการ ซึ่งมีสาระโดยสรุปว่า การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดทักษะปฏิบัติที่ดีนั้น ผู้สอนควรเริ่มตั้งแต่การวิเคราะห์งานที่จะให้ผู้เรียนทำ โดยแบ่งงานออกเป็นส่วนย่อย ๆ และลำดับงานง่ายไปสู่ยาก แล้วให้ผู้เรียนได้ฝึกทำงานย่อย ๆ แต่ละส่วนให้ได้ แต่ก่อนที่จะลงมือทำงาน ควรให้ผู้เรียนมีความรู้ในงานถึงขั้นเข้าใจในงานนั้นเป็นอย่างดี เป็นอย่างน้อย รวมทั้งได้เรียนรู้ลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงานด้วย แล้วจึงให้ผู้เรียนฝึกทำงานด้วยตัวเองในสถานการณ์ที่ใกล้เคียงกับการทำงานจริง โดยจัดลำดับการเรียนรู้ตามลำดับตั้งแต่ง่ายไปยาก คือ เริ่มจากการให้ผู้รับรู้งานปรับตัวให้พร้อม ลองทำโดยการเลียนแบบ ลองผิดลองถูก (ถ้าไม่เกิดอันตราย) แล้วจึงให้ฝึกทำเอง และทำหลาย ๆ ครั้งจนกระทั่งชำนาญ สามารถทำได้เป็นอัตโนมัติ ขณะฝึกผู้เรียนควรได้รับข้อมูลย้อนกลับเพื่อการปรับปรุงงานเป็นระยะ ๆ และผู้เรียนควรได้รับการประเมินทั้งทางด้านความถูกต้องของผลงาน ความชำนาญในงาน (ทักษะ) และลักษณะนิสัยในการทำงานด้วย

#### 1) วัตถุประสงค์ของรูปแบบ

รูปแบบนี้ มุ่งพัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับงานที่ทำและเกิดทักษะสามารถที่จะทำงานนั้น ได้อย่างชำนาญตามเกณฑ์ รวมทั้ง มีเจตคติที่ดีและลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงานด้วย

#### 2) กระบวนการเรียนการสอนของรูปแบบ

รูปแบบการเรียนการสอนนี้ กำหนดยุทธวิธีย่อยไว้ 3 ยุทธวิธี เพื่อให้ผู้สอนได้เลือกใช้ให้เหมาะสมกับเงื่อนไขของสถานการณ์ต่าง ๆ รวมทั้ง ได้ให้ลำดับขั้นตอนในการดำเนินการที่เหมาะสมกับแต่ละยุทธวิธีด้วย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

##### (1) ยุทธวิธีที่ 1 การสอนทฤษฎีก่อนสอนงานปฏิบัติ

การดำเนินการมีขั้นตอน ดังนี้

ก. ชี้้นำ เป็นขั้นแนะนำงาน และกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจและเห็นคุณค่าในงานนั้น

ข. ชั้นให้ความรู้ เป็นชั้นให้ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับงานที่จะทำ ซึ่งครูสามารถใช้วิธีการใด ๆ ก็ได้ แต่ควรเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้ซักถาม จนกระทั่งผู้เรียนเข้าใจ

ค. ชั้นให้ฝึกปฏิบัติ เป็นชั้นที่ให้ผู้เรียนลงมือทำงาน ซึ่งเริ่มจากการให้ผู้เรียนทำตามหรือเลียนแบบหรือให้ลองผิดลองถูก (ถ้าไม่เกิดอันตราย) ต่อไปจึงให้ลองทำเอง โดยครูคอยสังเกตและให้ข้อมูลป้อนกลับเป็นระยะ ๆ จนกระทั่งทำได้ถูกต้องแล้ว จึงให้ฝึกทำหลาย ๆ ครั้ง จนทำได้ชำนาญ

ง. ชั้นประเมินผลการเรียนรู้ เป็นชั้นที่ผู้สอนประเมินทักษะปฏิบัติ และลักษณะนิสัยในการทำงานของผู้เรียน

จ. ชั้นประเมินผลความคงทนของการเรียนรู้ เป็นชั้นที่ผู้สอนจะรู้ว่าการเรียนรู้ของผู้เรียนมีความยั่งยืนหรือไม่ หากผู้เรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างชำนาญ ผู้เรียนก็ควรจะทำสิ่งที่เรียนรู้ได้ดีและนาน

## (2) ยุทธวิธีที่ 2 การสอนงานปฏิบัติก่อนสอนทฤษฎี

มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

ก. ช้่นนำ ปฏิบัติเช่นเดียวกับยุทธวิธีที่ 1

ข. ชั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติและสังเกตการณ์ ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติงาน และมีการสังเกตการณ์ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติ มีการสังเกตการณ์ปฏิบัติและจดบันทึกข้อมูลไว้

ค. ชั้นวิเคราะห์การปฏิบัติและสังเกตการณ์ ร่วมกันวิเคราะห์ พฤติกรรมการปฏิบัติ และอภิปรายผลการวิเคราะห์

ง. ชั้นเสริมความรู้ จากผลการวิเคราะห์และอภิปรายการปฏิบัติ ผู้สอนจะทราบว่า ควรเสริมความรู้อะไรให้แก่ผู้เรียนจึงจะเป็นประโยชน์แก่ผู้เรียนในการปฏิบัติ

จ. ชั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติงานใหม่ เมื่อรู้จุดบกพร่องและได้ความรู้เสริมที่จะใช้ในการแก้ไขข้อบกพร่องแล้ว จึงให้ผู้เรียนปฏิบัติงานใหม่อีกครั้งหนึ่ง

ฉ. ชั้นประเมินผลการเรียนรู้ ปฏิบัติเช่นเดียวกับยุทธวิธีที่ 1

ช. ชั้นประเมินผลความคงทนการเรียนรู้ ปฏิบัติเช่นเดียวกับยุทธวิธีที่ 1

## (3) ยุทธวิธีที่ 3 การสอนทฤษฎีและปฏิบัติไปพร้อม ๆ กัน

มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

ก. ช้่นนำ

ข. ชั้นให้ความรู้ให้ปฏิบัติและให้ข้อมูลย้อนกลับไปพร้อม ๆ กัน

ค. ชั้นให้ปฏิบัติงานตามลำพัง

ง. ชั้นประเมินผลการเรียนรู้

จ. ชั้นประเมินผลความคงทนของการเรียนรู้งานปฏิบัติ

เงื่อนไขที่ใช้ในการพิจารณาเลือกยุทธวิธีสอน ดังนี้

1) ยุทธวิธีที่ 1 เหมาะสำหรับการสอนเนื้อหาองงานปฏิบัติที่มีลักษณะซับซ้อนหรือเสียงอันตราย และลักษณะของเนื้อหาสามารถแยกส่วนภาคทฤษฎีและปฏิบัติได้อย่างชัดเจน

2) ยุทธวิธีที่ 2 เหมาะสำหรับเนื้อหาองงานปฏิบัติที่มีลักษณะไม่ซับซ้อนหรือเป็นงานปฏิบัติที่ผู้เรียนเคยมีประสบการณ์มาบ้างแล้ว เป็นงานที่มีอัตราการเสี่ยงต่ออันตรายกับชีวิตน้อย

3) ยุทธวิธีที่ 3 เหมาะสำหรับบทเรียนที่มีลักษณะของเนื้อหาภาคทฤษฎีและปฏิบัติ ที่ไม่สามารถแยกจากกันได้เด็ดขาด

3) ผลที่ผู้เรียนจะได้รับจากการเรียนตามรูปแบบ นวลจิตต์ เชาวกิริติพงศ์ ได้ทดลองใช้รูปแบบนี้กับอาจารย์และนักศึกษาของสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล 5 วิทยาเขต เป็นเวลา 1 ภาคเรียน ในปีการศึกษา 2534 ผลการทดลองพบว่า ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ทางด้านทฤษฎีถึงขั้นความเข้าใจ คือ ได้คะแนนไม่ต่ำกว่า 60% และประสบผลสำเร็จในด้านการพัฒนาทักษะในระดับที่สามารถปฏิบัติงานให้มีคุณภาพได้ถึงเกณฑ์ที่ต้องการ รวมทั้ง ได้แสดงพฤติกรรมของการมีลักษณะนิสัยที่ดีในการทำงานด้วย

#### 2.5.3.2 รูปแบบการเรียนการสอนพัฒนาทักษะปฏิบัติตามแนวคิดของ ซิมป์สัน

ซิมป์สัน (Simpson 1972 อ้างถึงใน ทิศนา แคมมณี 2545 : 242) กล่าวว่าทักษะเป็นเรื่องที่มีความเกี่ยวข้องกับการพัฒนาทางกายของผู้เรียน เป็นความสามารถในการประสานการทำงานของกล้ามเนื้อหลาย ๆ ส่วน การทำงานดังกล่าว เป็นการสั่งการของสมอง ซึ่งต้องมีปฏิสัมพันธ์กับความรู้สึกที่เกิดขึ้น ทักษะปฏิบัติสามารถพัฒนาได้ด้วยการฝึกฝน หากได้รับการฝึกฝนแล้วจะเกิดความถูกต้อง ความคล่องแคล่ว ความเชี่ยวชาญ ชำนาญการและความคงทน ผลของพฤติกรรมสามารถสังเกตได้จากความรวดเร็ว ความแม่นยำ ความแรงหรือความราบรื่นในการจัดการสามารถสรุปขั้นตอนได้ 7 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้ (Perception) เป็นขั้นให้ผู้เรียนรับรู้ในสิ่งที่จะทำ

ขั้นที่ 2 ขั้นเตรียมความพร้อม (Readiness) เป็นขั้นการปรับตัวให้พร้อมเพื่อทำงานหรือแสดงพฤติกรรมทั้งทางด้านร่างกาย จิตใจและอารมณ์

ขั้นที่ 3 ขั้นการสนองตอบภายใต้การควบคุม (Guided Response) เป็นขั้นให้โอกาสผู้เรียนตอบสนองต่อสิ่งที่รับรู้ หรือให้ผู้เรียนลองผิดลองถูก จนกระทั่งสนองตอบได้อย่างถูกต้อง

ขั้นที่ 4 ขั้นการให้ลงมือปฏิบัติจนกลายเป็นกลไกที่สามารถกระทำได้ (Mechanism) เป็นขั้นที่ทำให้ผู้เรียนประสบผลสำเร็จและเกิดความเชื่อมั่น

ขั้นที่ 5 ขั้นการกระทำอย่างชำนาญ (Complex Over Response) เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนฝึกฝนการกระทำนั้น ๆ จนทำได้อย่างคล่องแคล่ว ชำนาญ เป็นไปอย่างอัตโนมัติ

ขั้นที่ 6 ขั้นการปรับปรุงและการประยุกต์ใช้ เป็นขั้นที่ช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงทักษะการปฏิบัติให้ดีขึ้น

ขั้นที่ 7 ขั้นการคิดริเริ่ม เมื่อผู้เรียนปฏิบัติได้อย่างชำนาญแล้ว จะสามารถประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ที่หลากหลาย แล้วผู้เรียนจะเกิดแนวคิดใหม่ ๆ เพื่อปรับใช้ตามความต้องการได้

#### 2.5.3.3 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะปฏิบัติตามแนวคิดของ แฮร์โรว์

แฮร์โรว์ (Harrow, 1972 : 96 - 99 อ้างอิงใน ทิศนา ขัมมณี 2545 : 243) ได้จัดลำดับขั้นของการเรียนรู้ทางด้านทักษะปฏิบัติไว้ 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นการเลียนแบบ เป็นขั้นให้ผู้เรียนสังเกตการกระทำ ที่ต้องการให้ผู้เรียนทำได้

ขั้นที่ 2 ขั้นการลงมือกระทำตามคำสั่ง เมื่อผู้เรียนได้เห็นและบอกขั้นตอนการกระทำได้แล้ว ผู้เรียนจะสามารถกระทำตามคำสั่งได้

ขั้นที่ 3 ขั้นการกระทำอย่างถูกต้องสมบูรณ์ (Precision) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะต้องกระทำสิ่งนั้น ๆ อย่างสมบูรณ์

ขั้นที่ 4 ขั้นการแสดงออก (Articulation) เป็นขั้นที่ผู้เรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนมากขึ้น จนสามารถกระทำสิ่งนั้น ๆ ได้อย่างสมบูรณ์ อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็ว ราบรื่นและด้วยความมั่นใจ

ขั้นที่ 5 ขั้นการกระทำอย่างเป็นธรรมชาติ (Naturalization) เป็นขั้นที่ผู้เรียนสามารถกระทำสิ่งนั้น ๆ อย่างสบาย ๆ เป็นไปอย่างอัตโนมัติ

#### 2.5.3.4 รูปแบบการเรียนการสอนทักษะ ปฏิบัติตามแนวคิดของ เดวีส์

เดวีส์ (Davies, 1971 : 50 - 56 อ้างอิงใน ทิศนา ขัมมณี 2545 : 244) ได้นำเสนอแนวคิดเกี่ยวกับการพัฒนาทักษะปฏิบัติว่า ทักษะส่วนใหญ่ประกอบด้วยทักษะย่อย ๆ จำนวนมาก มีกระบวนการเรียนการสอน 5 ขั้น ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสาธิตหรือการกระทำ เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้เห็นทักษะ หรือการกระทำ ในภาพรวม โดยการสาธิตให้ผู้เรียนดูทั้งหมดตั้งแต่เริ่มจนจบ

ขั้นที่ 2 ขั้นสาธิตและให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย เมื่อผู้เรียนได้เห็นภาพรวมของการปฏิบัติทั้งหมดแล้ว ผู้สอนควรแตกทักษะทั้งหมดให้เป็นทักษะย่อย และสาธิตแต่ละส่วนย่อยให้ผู้เรียนได้สังเกตและทำตามไปที่ละส่วนซ้ำ ๆ

ขั้นที่ 3 ขั้นให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย เป็นขั้นให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติโดยไม่มี การสาธิต หากผู้เรียนติดขัดครูผู้สอนจะคอยชี้แนะ

ขั้นที่ 4 ขั้นให้เทคนิควิธีการ เมื่อผู้เรียนได้ปฏิบัติได้ดีแล้ว ผู้สอนอาจแนะนำ เทคนิควิธีการที่จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถปฏิบัติได้ดีขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นให้ผู้เรียนเชื่อมโยงทักษะย่อย ๆ เป็นทักษะที่สมบูรณ์เมื่อผู้เรียน สามารถปฏิบัติตามทักษะย่อยได้แล้ว จึงให้ผู้เรียนปฏิบัติทักษะย่อย ๆ ต่อเนื่องกันไปจนครบ กระบวนการอย่างสมบูรณ์

2.5.3.5 วิธีสอนภาคปฏิบัติ ไพโรจน์ ตีรณธนากุล (2542 : 61 - 73) ได้แบ่งประเภท ของวิธีสอนภาคปฏิบัติ 8 วิธี ดังนี้

1) วิธีสอนแบบควบคุมทุกขั้นตอน เป็นการสอนภาคปฏิบัติภายใต้การควบคุม ทุกขั้นตอน คือ การสอนโดยให้ผู้เรียนปฏิบัติงานโดยตรง ต้องทำงานเป็นขั้น ๆ ตามที่ผู้สอนกำหนด ภายใต้การดูแลและให้คำแนะนำอย่างใกล้ชิด การที่ให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติหรือทำงานในโรงฝึกงาน ภายใต้สภาพที่มีการควบคุมสภาพแวดล้อม การกระทำ การเคลื่อนไหวและทักษะ เป็นต้น การเรียน แบบนี้มีความสำคัญต่อการสอนภาคปฏิบัติอย่างมาก ซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

- (1) สอนสิ่งที่จะต้องทำด้วยมือเพื่อให้เกิดทักษะ
- (2) สอนควบคุมและการทำงานของอุปกรณ์ต่าง ๆ
- (3) สอนทักษะในการทำงานร่วมกัน
- (4) สอนขั้นตอนในการรักษาความปลอดภัย

2) วิธีสอนแบบสาธิตก่อนปฏิบัติ การสาธิตการทำงานก่อนการปฏิบัติเป็นการ สาธิตกระบวนการทำงานให้ผู้เรียนได้เข้าใจและสามารถปฏิบัติตามได้แล้ว จึงให้ลงมือปฏิบัติต่อไป โดยในการสาธิตนั้น ผู้สอนจะต้องทำการศึกษาคู่มือครูให้เข้าใจ และต้องศึกษาเอกสารเนื้อหาที่จะทำ การฝึกนี้ให้กับผู้เรียนก่อนการสาธิต และผู้เรียนก็สามารถที่จะทำการทบทวนหรือศึกษาเพิ่มเติมจากที่ เรียนมาแล้ว เพื่อให้แม่นยำในเนื้อหายิ่งขึ้น ซึ่งจะมีผลในการทำงานต่อผู้ที่ทำการฝึกให้มีการทำงาน ที่ถูกต้องและปลอดภัย

3) วิธีสอนแบบบรรยายก่อนปฏิบัติ เป็นการสอนโดยการอธิบายทฤษฎี หลักการ และวิธีการที่เกี่ยวกับงานที่จะปฏิบัติให้ฟังพอสังเขป แล้วจึงให้ผู้เรียนลงมือปฏิบัติจริง ผู้สอน ควรยึดหลัก ดังนี้



- (1) ผู้สอนควรศึกษาคู่มือครูเกี่ยวกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ก่อนสอน แล้วจึงศึกษาเนื้อหาในเอกสารประกอบการสอน
  - (2) ผู้สอนอาจจะมอบคู่มือผู้เรียนให้แก่ นักศึกษาก่อนหรือหลังการบรรยาย
  - (3) ควรจะมอบเนื้อหาให้พร้อม ๆ กับคู่มือผู้เรียนให้กับผู้เรียน หากจะให้ดีควรมอบก่อนสอนล่วงหน้า 1 สัปดาห์
  - (4) จัดทำแบบฟอร์มการตรวจสอบและประเมินผล โดยต้องศึกษารายละเอียดให้เข้าใจ
- 4) วิธีสอนแบบปฏิบัติตามใบงาน เป็นการให้ปฏิบัติโดยตรง มักจะใช้กับผู้เรียนที่มีประสบการณ์เรียนปฏิบัติมาแล้ว และเป็นการเรียนที่ต่อเนื่องกับการเรียนที่ผ่านมาในการสอนแบบนี้ ผู้ควบคุมหรือผู้สอนจะต้องทำการศึกษเกี่ยวกับคู่มือครูให้เข้าใจว่า สิ่งต่าง ๆ ที่กำหนดลงไปนั้น จะเหมาะสมกับทักษะหรือผลงานของนักเรียนหรือไม่
- 5) วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วอภิปรายกลุ่ม เป็นการติดตามผลจากผู้เรียน และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้แสดงออกถึงข้อเสียของทักษะที่ฝึก รวมทั้งการวิจารณ์เสนอแนะในแนวประยุกต์ต่อไปด้วย การสอนแบบนี้ ควรมีการเตรียมการเป็นอย่างดี โดยการศึกษาคู่มือครู และการมอบเอกสารสำหรับผู้เรียน
- 6) วิธีสอนแบบปฏิบัติแล้วเขียนรายงาน เป็นการติดตามผลการปฏิบัติในรูปแบบของลายลักษณ์อักษร สามารถเก็บไว้อ้างอิงต่อไปในภายหลังได้ มีแนวปฏิบัติ คือ
- (1) ผู้สอนจะแจกเอกสารสำหรับผู้เรียนก่อน โดยอาจจะแจกล่วงหน้า 2 - 3 วัน เพื่อให้ผู้เรียนได้ทราบแนวปฏิบัติและสามารถหาความรู้เพิ่มเติมได้
  - (2) เมื่อถึงชั่วโมงปฏิบัติ ผู้สอนจะใช้เอกสารของผู้สอนในการบรรยายเน้นหรือบอกกฎเกณฑ์ต่าง ๆ ในการปฏิบัติงานและการประเมินผล
  - (3) ผู้เรียนจะปฏิบัติตามเอกสารของผู้เรียน และจากการแนะนำของครูผู้สอน การส่งรายงานการปฏิบัติงานนั้น จะส่งตามที่ผู้สอนกำหนด
  - (4) ผู้สอนจะใช้แบบฟอร์มการประเมินผลทำการประเมินงานของผู้เรียน
- 7) วิธีสอนแบบปฏิบัติตามชุดการสอนสำเร็จรูป เป็นการสอนติดตามผลการปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งนับวันจะมีจำนวนมากขึ้นในการสอนแบบนี้ เอกสารต่าง ๆ มีความสำคัญซึ่งประกอบด้วย คู่มือผู้เรียน คู่มือผู้สอนและแบบประเมินผลการปฏิบัติงาน โดยผู้เรียนต้องศึกษาอ่านบทเรียนด้วยตนเองและปฏิบัติตามบทเรียนอย่างเคร่งครัด ผู้สอนต้องทำความเข้าใจคู่มือและต้องทดลองปฏิบัติตามขั้นตอนในบทเรียนก่อนผู้เรียนล่วงหน้า เพื่อให้เกิดความแม่นยำและความปลอดภัยแก่ผู้เรียน

8) วิธีสอนแบบปฏิบัติตามโครงการงาน ใช้ในการแก้ปัญหาให้นักเรียน นักศึกษา ขาดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ การแจกแจงปัญหาและรู้คุณค่าในการแก้ปัญหาหลาย ๆ ด้าน ขาดการมีปฏิสัมพันธ์ในการทำงานร่วมกันของผู้เรียน การให้ความร่วมมือ การยอมรับฟังความคิดเห็นคนอื่น คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ได้เสนอให้ใช้รูปแบบวิธีการสอนแบบโครงการงาน (Project Method) โดยสรุปขั้นตอน ดังนี้

- (1) ครูสอนศึกษา ทำความเข้าใจคู่มือครู
- (2) เมื่อสอนในสัปดาห์ที่ 1 แล้วให้แจกคู่มือสำหรับผู้เรียน
- (3) ผู้เรียนปฏิบัติงานตามคู่มือ
- (4) ผู้สอนประเมินผลผู้เรียน โดยให้ผู้เรียนประเมินตนเองด้วย
- (5) ผู้เรียนส่งชิ้นงาน และรายงานผลการปฏิบัติงาน

จากแนวคิดรูปแบบการเรียนการสอนพัฒนาทักษะทั้ง 5 รูปแบบนี้ ผู้วิจัยได้สรุป ขั้นตอนเป็นขั้นในการสอนทักษะปฏิบัติ ดังนี้

- 1) ขั้นนำ เป็นขั้นที่ครูสร้างแรงจูงใจให้ผู้เรียนเห็นความสำคัญจนเกิดความสนใจ และต้องการที่จะปฏิบัติงานนั้น ๆ
- 2) ขั้นเตรียมความพร้อม เป็นขั้นตอนที่ครูและผู้เรียนร่วมกันเตรียมเครื่องมือ อุปกรณ์ ที่จะใช้ในการปฏิบัติงาน
- 3) ขั้นสาธิตและเสริมความรู้ให้เทคนิคที่ถูกต้อง เป็นขั้นที่ครูสาธิตการใช้เครื่องมือ และสาธิตการปฏิบัติงานตามขั้นตอน ให้ผู้เรียนได้เห็นเป็นลำดับขั้นตอนก่อนหลังตามลักษณะของงาน พร้อมระบุข้อความระมัดระวัง เทคนิคการใช้เครื่องมือ และทักษะการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง
- 4) ขั้นลงมือปฏิบัติ เป็นขั้นตอนการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ หลังจากได้เรียนรู้จากการสาธิตของครูและการเสริมความรู้ และเทคนิคที่ถูกต้องแล้ว ปฏิบัติต่อเนื่องจนกระทั่งได้ผลงาน โดยครูจะคอยควบคุมดูแลอย่างใกล้ชิด เพื่อป้องกันการเกิดอุบัติเหตุในขณะปฏิบัติงาน
- 5) ขั้นประเมินผล เป็นขั้นตอนการประเมินผลการปฏิบัติงาน ทั้งด้านกระบวนการ และคุณภาพของผลงาน โดยครูบันทึกผลจากการสังเกตการทำงาน แจ้งให้ผู้เรียนได้ทราบข้อบกพร่อง หรือสิ่งที่ต้องแก้ไขปรับปรุง

## 2.6 แนวคิดเกี่ยวกับการสร้างชุดฝึกทักษะ

### 2.6.1 ความหมายของชุดฝึกทักษะ

สนิท สัตโยภาส (2529 : 15 - 16) กล่าวว่า ชุดฝึกทักษะเป็นสื่อการเรียนการสอน ประเภทหนังสือ สื่อ สิ่งพิมพ์ เครื่องมือหรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ ๆ ที่ครูใช้เป็นเครื่องมือในการให้นักเรียน ได้ฝึกฝนให้เกิดทักษะในการเรียนรู้ของแขนงวิชาต่าง ๆ ซึ่งทักษะจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อได้ทำซ้ำ ๆ

ฝึกซ้ำ ๆ จนเกิดความชำนาญ คล่องแคล่ว ว่องไวและถูกต้อง สอดคล้องกับ สุภิญญา โภธิสุวรรณ (2541 : 20) ที่กล่าวว่า ชุดฝึกทักษะเป็นนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีทางการศึกษา สร้างขึ้นเพื่อช่วยส่งเสริมให้เกิดทักษะในการเรียนรู้ในแขนงวิชาต่าง ๆ ซึ่งอาจมีลักษณะเป็นรูปเล่ม บัตรงาน ชิ้นงาน เครื่อง หรือรูปแบบอื่น ๆ นอกจากนี้ วรสุดา บัญยะไวโรจน์ (2537 : 3) ยังได้กล่าวไว้ว่า ชุดฝึกทักษะเป็นสื่อการสอนที่จัดทำขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนได้ศึกษาทำความเข้าใจ และฝึกฝนจนเกิดแนวคิดที่ถูกต้อง และเกิดทักษะในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง

### 2.6.2 คุณค่าและประโยชน์ของชุดฝึกทักษะ

ในปัจจุบันการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนจำเป็นต้องมีการเปลี่ยนแปลงรูปแบบให้ทันกับความต้องการทางเทคโนโลยีและความต้องการของสังคม ทำให้ได้มีการนำนวัตกรรมทางการศึกษาในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ชุดฝึกทักษะ ชุดสาธิต และอื่น ๆ โดยอาศัยแนวคิดจิตวิทยาการเรียนรู้เป็นแนวทางในการแก้ปัญหาและพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ นับว่าชุดฝึกทักษะมีคุณค่าต่อการเรียนการสอนมาก

สำลี รักษุณี (2553 : 15) กล่าวถึงคุณค่าและประโยชน์ของชุดฝึกทักษะ ดังนี้

- 1) เป็นเครื่องอำนวยความสะดวกให้ครูสอนเนื้อหาให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น
- 2) เป็นเครื่องช่วยเร่งเวลาการสอนให้สั้นลง
- 3) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจง่ายขึ้น
- 4) ช่วยทำเรื่องที่เป็นนามธรรมให้เป็นรูปธรรม
- 5) ช่วยทำเรื่องยากให้เป็นเรื่องง่าย
- 6) ช่วยกระตุ้นและสร้างความสนใจให้กับนักเรียนมากขึ้น
- 7) นักเรียนประสบความสำเร็จจากการเรียนมากขึ้น
- 8) ช่วยให้นักเรียนไม่เบื่อในการเรียน
- 9) ช่วยให้นักเรียนมีทัศนคติที่ดีต่อการเรียน ซึ่งจะเป็นผลดีต่อการเรียนโดยรวม
- 10) เป็นเครื่องยืนยันถึงการพัฒนาตนเองของครู
- 11) เป็นเกราะกำบังตนเองของครูได้อย่างดี
- 12) เป็นตัวชี้วัดถึงคุณภาพของครูได้เป็นอย่างดี

### 2.6.3 หลักการสร้างชุดฝึกทักษะ

ชุดฝึกทักษะจัดเป็นกิจกรรม หรือสื่อการเรียนการสอนอย่างหนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อใช้สำหรับการฝึกทักษะตามจุดมุ่งหมาย ลักษณะของชุดฝึกทักษะพัฒนาขึ้นจะต้องมีรูปแบบหรือลักษณะของชุดฝึกทักษะที่สนองตอบกับจุดมุ่งหมายและเหมาะสมกับผู้ใช้ รวมทั้ง ทำให้ชุดฝึกที่พัฒนาขึ้นต้องมีคุณภาพและมีประสิทธิภาพ

พรรณี ชูทัยเจนจิต (2528 : 165) กล่าวว่า การสร้างชุดฝึกทักษะควรสร้างขึ้น โดยอาศัยหลักการทางจิตวิทยาว่าด้วยทฤษฎีการเรียนรู้ คือ

1) การจูงใจ (Motivation) โดยการสร้างชุดฝึกที่สั้น ง่าย เรียงลำดับไปจนถึงเรื่องที่ยาก และใช้รูปภาพประกอบเพื่อสร้างความสนใจ

2) ชุดฝึกทักษะ (Practice) โดยการฝึกทำซ้ำ ๆ เพื่อช่วยสร้างความรู้ความเข้าใจ และมีพฤติกรรมที่สมบูรณ์

3) ความใกล้ชิด (Contiguity) คือ การใช้สิ่งเร้าและการตอบสนองเกิดขึ้นในเวลาใกล้เคียงกันจนสร้างความพอใจให้ผู้เรียน

4) กฎแห่งผล (Law of Effect) คือ การให้ผู้เรียนรู้ผลการทำงานของตนเองอย่างรวดเร็วจะเป็นการสร้างความพอใจให้ผู้เรียน และไชยศ เรื่องสุวรรณ (2522 : 196) ก็กล่าวว่า กระบวนการเรียนการสอนสาขาวิชาช่างอุตสาหกรรม คือ การมีสื่อการเรียนการสอนที่ดี มีความสอดคล้องกับหลักสูตร และผู้สอนได้นำไปใช้อย่างถูกวิธี จะเป็นผลให้คุณภาพการเรียนการสอนดีขึ้น หลักการในการผลิตสื่อเพื่อการเรียนการสอน โดยเฉพาะสื่อในวิชาฝึกปฏิบัติ เช่น ชุดสาธิต ชุดฝึกทักษะ นอกจากจะพิจารณาถึงแบบและวิธีการสอนที่จะต้องใช้แล้ว ยังมีหลักอีก 3 ประการ คือ

(1) เทคนิคการผลิต

(2) ความคิดสร้างสรรค์ในการผลิต

(3) การออกแบบให้สอดคล้องกับกระบวนการสอน จุดมุ่งหมายการสอน และลักษณะที่จะนำไปใช้ เป็นต้น

#### 2.6.4 การทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

ชุดฝึกทักษะที่สร้างขึ้นมาก่อนนำไปใช้ในการเรียนการสอนจริง จะต้องนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพเสียก่อน เพื่อดูว่าชุดฝึกทักษะจะทำให้ผู้เรียนมีความรู้เพิ่มขึ้นหรือไม่ มีประสิทธิภาพในการช่วยให้กระบวนการเรียนการสอนดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด มีความสัมพันธ์กับผลลัพธ์หรือไม่ ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนกับชุดฝึกทักษะในระดับใด ดังนั้น ผู้ผลิตชุดฝึกทักษะจำเป็นจะต้องนำไปหาคุณภาพเสียก่อน เรียกว่า “การทดสอบประสิทธิภาพ”

##### 2.6.4.1 ความหมายของการทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2531 : 490 - 492) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ หมายถึง การหาระดับประสิทธิภาพ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ และเป็นระดับที่ผู้สร้างชุดฝึกทักษะจะพึงพอใจ หากชุดฝึกทักษะมีประสิทธิภาพถึงระดับนั้นแล้ว ก็จะมีคุณค่าที่จะนำไปสอนนักเรียน การหาประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะก็คือการนำไปทดลองใช้ (Try Out ) โดยการนำไปใช้ตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ เพื่อนำข้อมูลมาปรับปรุงแก้ไขแล้วจึงนำไปสอนจริง (Trial Run ) ผู้สร้างชุดฝึกทักษะจำเป็นต้องหาประสิทธิภาพเพราะสาเหตุต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

- 1) เพื่อให้เกิดความมั่นใจว่าชุดฝึกทักษะสร้างขึ้นมีคุณภาพ
- 2) เพื่อให้แน่ใจได้ว่าชุดฝึกทักษะสามารถทำให้การเรียนการสอนบรรลุวัตถุประสงค์ได้อย่างแท้จริง ซึ่งสอดคล้องกับ ไชยยศ เรื่องสุวรรณ (2533 : 127) ที่กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะ หมายถึง การประเมินหรือพิจารณาคุณค่าด้านต่าง ๆ ของชุดฝึกทักษะ เพื่อจะได้แก้ไขปรับปรุงให้ได้ผลตามจุดมุ่งหมายก่อนที่จะนำไปใช้ในระบบการเรียนการสอนและเผยแพร่ ต่อไป

#### 2.6.4.2 ความจำเป็นที่จะต้องทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2531 : 490 - 492) กล่าวว่า การทดสอบประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะมีความจำเป็นด้วยเหตุผล 3 ประการ คือ

- 1) สำหรับหน่วยงานผลิตชุดฝึกทักษะ การทดสอบประสิทธิภาพช่วยประกันคุณภาพของชุดฝึกทักษะว่าอยู่ในขั้นสูง เหมาะสมที่จะลงทุนผลิตออกมาเป็นจำนวนมาก หากไม่มีการทดสอบประสิทธิภาพเสียก่อนแล้ว เมื่อผลิตออกมาใช้ประโยชน์ไม่ได้ก็จะต้องผลิตหรือทำขึ้นใหม่ เป็นการสิ้นเปลือง ทั้งเวลา แรงงานและเงินทอง
- 2) สำหรับผู้ใช้ชุดฝึกทักษะ ชุดฝึกทักษะที่ผ่านการทดสอบประสิทธิภาพ จะทำหน้าที่เป็นเครื่องมือช่วยสอนได้ดี ในการสร้างสภาพการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เปลี่ยนแปลงพฤติกรรมตามที่มุ่งหวัง บางครั้งต้องช่วยครูสอน บางครั้งต้องสอนแทนครู (อาทิในโรงเรียนครูคนเดียว) ดังนั้นก่อนนำชุดฝึกทักษะไปใช้ ครูจึงควรมั่นใจว่าชุดฝึกทักษะนั้นมีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จริง การทดสอบประสิทธิภาพตามลำดับขั้นจะช่วยให้เราได้ชุดฝึกทักษะที่มีคุณค่าทางการสอนจริงตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้
- 3) สำหรับผู้ผลิตชุดฝึกทักษะ การทดสอบประสิทธิภาพ จะทำให้ผู้ผลิตมั่นใจว่าได้ชุดฝึกทักษะที่มีคุณภาพ

#### 2.6.4.3 การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2531 : 490 - 492) กล่าวว่า การกำหนดเกณฑ์ประสิทธิภาพ กระทำได้โดยการประเมินผลพฤติกรรมของนักเรียน 2 ประเภท คือ พฤติกรรมต่อเนื่อง (กระบวนการ) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_1 = \text{Efficiency of Process}$  (ประสิทธิภาพกระบวนการ) และพฤติกรรมสุดท้าย (ผลลัพธ์) กำหนดค่าประสิทธิภาพเป็น  $E_2 = \text{Efficiency of Product}$  (ประสิทธิภาพผลลัพธ์)

ประสิทธิภาพของชุดฝึกทักษะจะกำหนดเป็นเกณฑ์ที่ผู้สอนคาดหวังว่าผู้เรียนจะเปลี่ยนพฤติกรรมเป็นที่พึงพอใจ โดยกำหนดให้ผลเฉลี่ยของคะแนนการทำงานและการประกอบกิจกรรมของผู้เรียนทั้งหมดต่อร้อยละของผลการประเมินหลังเรียนทั้งหมด นั่นคือ  $E_1/E_2 =$  ประสิทธิภาพกระบวนการ/ประสิทธิภาพผลลัพธ์ ตัวอย่าง 80/80 หมายความว่า เมื่อเรียนจากชุดฝึก

ทักษะนี้แล้ว ผู้เรียนจะสามารถทำแบบฝึกปฏิบัติหรืองานได้ผลเฉลี่ย 80 เปอร์เซนต์ และประเมินหลังเรียนและงานสุดท้ายได้ผลเฉลี่ย 80 เปอร์เซนต์ การที่จะกำหนดเกณฑ์  $E_1/E_2$  ให้มีค่าเท่าใดนั้น ให้ผู้สอนเป็นผู้พิจารณาตามความพอใจ โดยพิจารณาพิสัยการเรียนรู้ที่จำแนกเป็นวิทย์พิสัย (Cognitive Domain) จิตพิสัย (Affective Domain) และทักษะพิสัย (Skill Domain) ในขอบข่ายวิทย์พิสัย (เดิมเรียกว่า พุทธิพิสัย ซึ่งคำว่า พุทธิ เป็นคำในพระพุทธานุศาสตร์ แปลว่า ความรู้แจ้ง ครอบคลุมทั้งความรู้ที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม จึงมีความหมายใหญ่กว่าคำว่า Cognitive ที่หมายถึง ความรู้ ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ สังเคราะห์และการประเมินตามแนวคิดของ Bloom's Taxonomy) เนื้อหาที่เป็นความรู้ความจำมักจะตั้งไว้สูงสุดแล้วลดต่ำลงมา คือ 90/90, 85/85, 75/75 แต่ไม่ต่ำกว่า 75/75 เพราะเป็นระดับความพอใจต่ำสุด จึงไม่ควรตั้งเกณฑ์ไว้ต่ำกว่านี้ หากตั้งเกณฑ์ไว้เท่าใดก็มักได้ผลเท่านั้น

#### 2.6.4.4 วิธีการคำนวณหาประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 10) กล่าวว่า การคำนวณหาประสิทธิภาพกระทำโดยใช้สูตร ดังนี้

$$\text{สูตรที่ 1} \quad E_1 = \frac{\sum X_1}{N \times A} \times 100$$

เมื่อ  $E_1$  คือ ประสิทธิภาพของกระบวนการ  
 $\sum X_1$  คือ คะแนนรวมของกิจกรรมระหว่างเรียนด้วยชุดฝึกทักษะ  
 $A$  คือ คะแนนเต็มของกิจกรรมระหว่างเรียนด้วยชุดฝึกทักษะ  
 $N$  คือ จำนวนนักเรียน

$$\text{สูตรที่ 2} \quad E_2 = \frac{\sum X_2}{N \times B} \times 100$$

เมื่อ  $E_2$  คือ ประสิทธิภาพของผลลัพธ์  
 $\sum X_2$  คือ คะแนนรวมการทดสอบเชื่อมนอกชุดฝึก (เชื่อมมือเปล่า)  
 $B$  คือ คะแนนเต็มของการทดสอบเชื่อมนอกชุดฝึก (เชื่อมด้วยมือเปล่า)  
 $N$  คือ จำนวนนักเรียน

#### 2.6.4.5 ขั้นตอนการทดสอบประสิทธิภาพชุดฝึกทักษะ

ชัยยงค์ พรหมวงศ์ (2556 : 11 - 12) กล่าวว่า เมื่อสร้างชุดฝึกทักษะเป็นต้นแบบแล้วจะต้องนำไปทดสอบหาประสิทธิภาพตามขั้นตอน ดังนี้

### 1) ชั้นการทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพกับผู้เรียน 1 คน โดยใช้เด็กอ่อน ปานกลางและเด็กเก่ง คำนวณหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วแก้ไขปรับปรุงชุดฝึกทักษะให้ดีขึ้น โดยปกติคะแนนที่ได้จากการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยวนี้อาจได้คะแนนต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานมาก คือ ประมาณ 60/60

### 2) ชั้นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพกับผู้เรียน 6-10 คน (คณะผู้เรียนที่เก่ง ปานกลางกับอ่อน) คำนวณหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วแก้ไขปรับปรุงชุดฝึกทักษะให้ดีขึ้น ในขั้นนี้ คะแนนของผู้เรียนจะเพิ่มขึ้นเกือบเท่ากับเกณฑ์ที่กำหนด คือ 70/70

### 3) ชั้นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100)

เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน ทดสอบประสิทธิภาพกับผู้เรียนทั้งชั้น (40 - 100 คน) คำนวณหาประสิทธิภาพเสร็จแล้วผลลัพธ์ที่ได้จะใกล้เคียงกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากค่าที่ได้ต่ำกว่าเกณฑ์มากกว่า -2.5 ให้แก้ไขปรับปรุงและทดสอบประสิทธิภาพภาคสนามซ้ำจนกว่าจะถึงเกณฑ์

## 2.7 เอกสารที่เกี่ยวข้องกับความพึงพอใจ

### 2.7.1 ความหมายของความพึงพอใจ

กาญจนา อรุณสุขรุจี (2546 : 5) กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง การแสดงออกทางพฤติกรรมที่เป็นนามธรรม การที่เราจะทราบว่า บุคคลมีความพึงพอใจหรือไม่สามารถสังเกตโดยการแสดงออกที่ค่อนข้างสลับซับซ้อน และต้องมีสิ่งเร้าที่ตรงต่อความต้องการของบุคคล จึงจะทำให้บุคคลเกิดความพึงพอใจ ดังนั้น การสร้างสิ่งเร้าจึงเป็นแรงจูงใจของบุคคลให้เกิดความพึงพอใจในงานนั้น และพจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตสถาน (2525 : 455) ก็กล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง สมใจ ชอบใจ และพึงใจ และฟ้ามุ่ย สุกัญศีล (2548 : 25) ก็ยังกล่าวว่า ความพึงพอใจ หมายถึง ความรู้สึกที่ดี หรือทัศนคติที่ดีของบุคคล ซึ่งมักจะเกิดจากการได้รับการตอบสนองตามที่ตนต้องการ ก็จะเกิดความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น ตรงกันข้ามหากความต้องการของตนไม่ได้รับการตอบสนอง ความพึงพอใจก็จะไม่เกิดขึ้น

### 2.7.2 ทฤษฎีเกี่ยวกับการสร้างความพึงพอใจ

อารี พันธมณี (2546 : 86 - 87) กล่าวว่า ทฤษฎีสำหรับการสร้างความพึงพอใจมีหลายทฤษฎี แต่ที่ยอมรับและมีชื่อเสียง คือ ทฤษฎีความต้องการตามลำดับขั้นของ มาสโลว์ (Maslow's Hierarchy of Need) ที่กล่าวว่า ทุกคนมีความต้องการเหมือนกัน แต่ความต้องการนั้นเป็นลำดับขั้น เขาได้ตั้งสมมติฐานเกี่ยวกับความต้องการของมนุษย์ไว้ ดังนี้

1) มนุษย์มีความต้องการอยู่เสมอและไม่มีที่สิ้นสุด ขณะที่ความต้องการสิ่งใดได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการอย่างอื่นก็จะเกิดขึ้นอีกไม่มีวันจบสิ้น

2) ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองแล้ว จะไม่เป็นสิ่งจูงใจสำหรับพฤติกรรมอื่นต่อไป ความต้องการที่ได้รับการตอบสนองเท่านั้น ที่เป็นสิ่งจูงใจของพฤติกรรม

3) ความต้องการของมนุษย์จะเรียงเป็นลำดับชั้นตามลำดับความสำคัญ กล่าวคือ เมื่อความต้องการในระดับต่ำได้รับการตอบสนองแล้ว ความต้องการระดับสูงก็จะเรียกร้องให้มีการตอบสนอง ซึ่งลำดับชั้นความต้องการของมนุษย์มี 5 ขั้นตอน ตามลำดับจากชั้นต่ำไปชั้นสูง ดังนี้

(1) ความต้องการด้านร่างกาย (Physiological Needs) เป็นความต้องการเบื้องต้นเพื่อความอยู่รอดของชีวิต เช่น ความต้องการในเรื่องของอาหาร น้ำ อากาศ เครื่องนุ่งห่ม ยารักษาโรค ที่อยู่อาศัยและความต้องการทางเพศ ความต้องการด้านร่างกายจะมีอิทธิพลต่อพฤติกรรมของมนุษย์ก็ต่อเมื่อ ความต้องการทั้งหมดของคนยังไม่ได้ได้รับการตอบสนอง

(2) ความต้องการด้านความปลอดภัยหรือความมั่นคง (Security of Safety Needs) ถ้าความต้องการทางด้านร่างกายได้รับการตอบสนองตามสมควรแล้ว มนุษย์จะต้องการในขั้นสูงต่อไป คือ เป็นความรู้สึกปลอดภัย หรือความมั่นคงในปัจจุบัน และอนาคต รวมถึงความก้าวหน้า และอบอุ่นใจ

(3) ความต้องการทางด้านสังคม(Social or Belonging Needs) หลังจากที่มนุษย์ได้รับการตอบสนองในสองขั้นดังกล่าวแล้ว จะมีความต้องการสูงขึ้นอีก คือ ความต้องการทางด้านสังคม เป็นความต้องการที่จะเข้าร่วมและได้รับการยอมรับในสังคม ความเป็นมิตรและความรักจากเพื่อน

(4) ความต้องการที่จะได้รับการยอมรับนับถือ (Esteem Needs) เป็นความต้องการให้คนอื่นยกย่อง ให้เกียรติและเห็นความสำคัญของตนเอง อยากเด่นในสังคม รวมถึงความสำเร็จ ความรู้ความสามารถ ความเป็นอิสระและเสรีภาพ

(5) ความต้องการความสำเร็จในชีวิต (Self Actualization) เป็นความต้องการระดับสูงสุดของมนุษย์ ส่วนมากจะเป็นการอยากจะเป็น อยากจะได้ตามความคิดของตน หรือต้องการจะเป็นมากกว่าที่ตัวเองเป็นอยู่ในขณะนั้น

### 2.7.3 องค์ประกอบที่มีผลต่อความพึงพอใจ

เชดคักดี โฆวาสิษฐ์ (2525 : 136) กล่าวว่า ความพึงพอใจจะต้องมีองค์ประกอบต่าง ๆ ประกอบเข้าด้วยกัน 3 ด้าน ดังนี้

1) องค์ประกอบทางความรู้หรือความเข้าใจ ได้แก่ ความรู้ ความเข้าใจกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นองค์ประกอบที่มนุษย์ใช้ในการคิด ตอบสนอง รับรู้และวินิจฉัยข้อมูลต่าง ๆ ที่ได้รับ ซึ่งมีขอบเขตครอบคลุมไปถึงความคิดเห็น ความเชื่อมั่นที่มีต่อสิ่งแวดล้อมหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ



2) องค์ประกอบทางด้านความรู้สึก เป็นลักษณะทางอารมณ์ที่คล้อยตามความคิด ถ้าบุคคลมีความคิดที่ดีต่อสิ่งใดก็จะมีความรู้สึกที่ดีต่อสิ่งนั้น จะแสดงออกมาในรูปของความรัก ความโกรธ ความชอบ ความไม่ชอบ ความเกลียดและความชิงชังต่อสิ่งต่าง ๆ

3) องค์ประกอบทางด้านพฤติกรรม คือ ความพร้อมที่จะกระทำอันเป็นผลเนื่องมาจาก ความคิด ความรู้สึก ซึ่งออกมาในรูปของการยอมรับหรือปฏิเสธ เป็นการแสดงออกในทางปฏิบัติ ในทางพฤติกรรมที่แสดงออกนั้น สามารถที่จะสังเกตได้

#### 2.7.4 การวัดความพึงพอใจ

ลัวน สายยศ และอังคณา สายยศ (2538 : 3 - 4) กล่าวว่า วิธีการวัดความพึงพอใจ ดังนี้

1) การสังเกต (Observation) เป็นการวัดโดยคอยสังเกตพฤติกรรมที่บุคคลแสดงออก ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แล้วนำข้อมูลไปอนุมานว่าบุคคลมีเจตคติต่อสิ่งนั้น ๆ อย่างไร

2) การรายงานตนเอง (Self-Report) เป็นการวัดโดยการให้บุคคลเล่าความรู้สึกที่มี ต่อสิ่งนั้นออกมา จากการเล่านี้สามารถที่จะกำหนดค่าของคะแนนความพึงพอใจ

3) วิธีการสัมภาษณ์ (Interview) เป็นการซักถามกลุ่มบุคคลที่ใช้เป็นตัวอย่าง ในการศึกษา แต่บางครั้งอาจไม่ได้ความจริงตามที่คาดหวังไว้ เพราะบุคคลที่ใช้เป็นตัวอย่างอาจไม่ยอม เปิดเผยความรู้สึกที่แท้จริง

4) เทคนิคจินตนาการ (Projective Techniques) วิธีนี้อาศัยสถานการณ์หลายอย่าง ไปเร้านักเรียน เมื่อนักเรียนเห็นภาพแปลกๆ ก็จะเกิดจินตนาการออกมาแล้วนำมาตีความหมาย จากการตอบนั้น ๆ ก็พอจะวัดเจตคติได้ว่าพอใจหรือไม่

5) วิธีการวัดทางสรีระ คือ ใช้เครื่องมือเพื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงทางร่างกาย การวัดทางสรีระนี้สามารถกระทำได้โดยการวัดการต้านกระแสไฟฟ้าของผิวหนัง การขยาย ของลูกนัยน์ตา การวัดฮอร์โมนบางชนิด

6) การใช้แบบสอบถาม ซึ่งเป็นวิธีที่แพร่หลายอีกวิธีหนึ่ง

#### 2.7.5 การสร้างเครื่องมือวัดความพึงพอใจ

เชิดศักดิ์ โฆวาสินทร์ (2525 : 146) และประพาเพ็ญ สุวรรณ (2526 : 45 - 46) กล่าวว่า การสร้างเครื่องมือวัดความพึงพอใจ ดังนี้

1) รวบรวมข้อความที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ต้องการวัด

2) พิจารณาว่าต้องการวัดความพึงพอใจใคร ที่มีต่ออะไรและให้ความหมาย ของความพึงพอใจและสิ่งที่จะวัดนั้นให้แน่นอน

3) เมื่อตีความหมายของสิ่งที่ต้องการวัดแน่นอนแล้ว ก็สร้างข้อความในแต่ละข้อนั้น ๆ ให้ครอบคลุมเนื้อหาในหัวข้อเหล่านั้นซึ่งมีลักษณะ ดังนี้

- สิ่งหนึ่ง
- (1) ต้องเป็นข้อความที่เขียนในแง่ความรู้สึก ความเชื่อหรือความตั้งใจที่จะทำสิ่งใด
  - (2) ข้อความที่บรรจุในสเกล จะต้องประกอบด้วยข้อความที่เป็นบวกและลบ คละกันไป
  - (3) ข้อความในแต่ละข้อต้องสั้น เข้าใจง่าย ชัดเจน ไม่กำกวม
  - 4) เมื่อได้ข้อความเพียงพอแล้วก็บรรจุลงในสเกล โดยมีตัวเลือก 5 ตัวเลือก ดังนี้
    - 1) พึงพอใจมากที่สุด
    - 2) พึงพอใจมาก
    - 3) พึงพอใจปานกลาง
    - 4) พึงพอใจน้อย
    - 5) พึงพอใจน้อยที่สุด
  - 5) การกำหนดน้ำหนักในการตอบตัวเลือกต่าง ๆ แต่ละข้อ ซึ่งในการกำหนดน้ำหนักว่าตัวเลือกใดจะมีน้ำหนักเท่าใดนั้น มีวิธีการอยู่ 3 วิธี แต่ที่นิยมใช้กันมากที่สุด คือ Arbitrary Weighting Method ซึ่งกำหนดให้แต่ละตัวเลือกมีน้ำหนักเป็น 5, 4, 3, 2 และ 1 ถ้าข้อความที่เป็นบวก และ 1, 2, 3, 4 และ 5 ถ้าชนิดของข้อความเป็นลบ
  - 6) ตรวจสอบข้อความที่สร้างขึ้นโดยให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ให้เขาระบุข้อบกพร่อง การใช้ภาษา ความเข้าใจตรงกัน นำมาปรับปรุงแก้ไข จากนั้นเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญอีกครั้ง เพื่อประเมินความสอดคล้องเป็นรายชื่อ
  - 7) ปรับปรุงข้อความและเลือกข้อความที่มีคุณภาพ
  - 8) นำแบบสอบถามไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างต่อไป

## 2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ณรงค์ อินทรโฆษิต (2534 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกปฏิบัติงานกลึง โดยทดลองกับนักเรียน ระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 2 (ปวช.2) โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 10 คน ใช้ชุดฝึกปฏิบัติกับเครื่องกลึงที่สร้างขึ้น และกลุ่มที่ 2 คือ กลุ่มควบคุม ให้ฝึกกับเครื่องกลึงของวิทยาลัย

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกปฏิบัติงานกลึงมีประสิทธิภาพเท่ากับ 89/88 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

อุดม สัญญา (2539 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกปฏิบัติระบบไฟฟ้ารถจักรยานยนต์ นำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ชั้นปีที่ 1 (ปวช. 1) แผนกวิชาช่างยนต์ จำนวน 30 คน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกปฏิบัติระบบไฟฟ้ารถจักรยานยนต์มีประสิทธิภาพ 86.13/81.91 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

วีระพล ทับแก่น (2542 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพ ชุดฝึกอบรมการประกันคุณภาพงานเชื่อมไฟฟ้า นำชุดฝึกอบรมไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 25 คน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกอบรมการประกันคุณภาพงานเชื่อมไฟฟ้ามีประสิทธิภาพ 82.58/83.73 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80 และทำให้ผู้เข้ารับการฝึกอบรมมีความรู้เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

สุเทพ อริยพฤษ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพอุปกรณ์จำลองสถานการณ์ เพื่อฝึกทักษะในการควบคุมหัวเชื่อมและลวดเชื่อมในงานเชื่อมแก๊ส

ผลการวิจัยพบว่า

1) อุปกรณ์จำลองสถานการณ์ เพื่อฝึกทักษะในการควบคุมหัวเชื่อมและลวดเติมในงานเชื่อมแก๊สมีประสิทธิภาพ 83.57 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80

2) ผลสัมฤทธิ์ทางการฝึกทักษะในการควบคุมหัวเชื่อมและลวดเติมในงานเชื่อมแก๊สไม่แตกต่างกับการสอนปกติ ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานที่ตั้งไว้

สุนิทร สุขเจริญ (2546 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพของชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ และเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างการเรียนด้วยชุดฝึกกับเรียนด้วยวิธีการสอนตามแผนการสอน ในรายวิชามอเตอร์ไฟฟ้าและควบคุม เรื่อง การต่อวงจรควบคุมไฟฟ้าสามเฟส นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 20 คน โดยกลุ่มทดลองใช้หาประสิทธิภาพของชุดฝึกความสามารถแบบอิงเกณฑ์ ส่วนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนตามแผนการสอน

ผลการวิจัยพบว่า ชุดฝึกมีประสิทธิภาพตามเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จิรายุทธ แก้วอาสา (2552 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง สร้างและหาประสิทธิภาพชุดทดลองการประยุกต์ใช้งานไมโครคอนโทรลเลอร์ ในระบบควบคุมทางไฟฟ้าวิชไมโครคอนโทรลเลอร์ (3104-2011) สำหรับนักเรียน ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พุทธศักราช 2546 สาขาวิชาไฟฟ้ากำลัง

ผลการวิจัยพบว่า

1) ชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 86.06/82.21 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

2) นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงขึ้นจากก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3) ค่าดัชนีประสิทธิผลของชุดทดลองที่สร้างขึ้นเท่ากับ 0.76 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ .60 ซึ่งหมายถึง หลังเรียนนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน คิดเป็นร้อยละ 76

4) นักเรียนที่เรียนด้วยชุดทดลองที่สร้างขึ้นมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

ประเสริฐ กลมภพตระกูล (2555 : 8) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดทดลองไมโครคอนโทรลเลอร์ PIC 18f458 เพื่อใช้ในรายวิชาไมโครคอนโทรลเลอร์ ตามหลักสูตร

ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาวิชาอิเล็กทรอนิกส์ สาขางานเทคนิคคอมพิวเตอร์ สำนักงาน  
คณะกรรมการการอาชีวศึกษา

ผลการวิจัยพบว่า

- 1) การพัฒนาชุดทดลองและใบงานมีคุณภาพอยู่ในระดับดีมาก
- 2) การหาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยการเปรียบเทียบจากคะแนนที่ได้จากก่อนเรียนและการทดสอบหลังเรียน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
- 3) ผลของคะแนนทดสอบที่ใช้ใบงานร่วมกับชุดทดลอง เมื่อพิจารณาทางด้านประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ คือ 80/80

วิชาญ โขติกลาง (2559 : บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การสร้างและหาประสิทธิภาพชุดฝึกเชื่อมทิก เพื่อใช้ฝึกทักษะการเชื่อมในรายวิชางานเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสกลุ่ม 1 (2103 - 2005) นำไปทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 16 คน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย ดังนี้

- 1) เพื่อศึกษาความคิดเห็นของครู นักเรียน ที่จะนำชุดฝึกเชื่อมทิกมาใช้ฝึกเชื่อมในรายวิชางานเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสกลุ่ม 1 (2103 - 2005)
- 2) ประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกเชื่อมทิก
- 3) หาประสิทธิภาพของชุดฝึกเชื่อมทิก
- 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะการเชื่อมระหว่างใช้ชุดฝึกเชื่อมทิกกับการฝึกเชื่อมแบบปกติ
- 5) ศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนที่มีต่อการจัดการเรียนการสอน (ฝึกเชื่อม) โดยใช้ชุดฝึกเชื่อมทิก
- 6) ประเมินรับรองผล และความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญ ที่มีต่อการดำเนินการจัดการเรียนการสอน (ฝึกเชื่อม) โดยใช้ชุดฝึกในรายวิชางานเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสกลุ่ม 1 (2103 - 2005)

ผลการวิจัยพบว่า

- 1) ครู นักเรียนมีความเห็นด้วยที่จะนำชุดฝึกเชื่อมทิกมาใช้ในการฝึกเชื่อมในรายวิชางานเชื่อมอาร์กทั้งสแตนเลสกลุ่ม 1 (2103 - 2005) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก
- 2) ชุดฝึกเชื่อมทิกมีความเหมาะสมโดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด
- 3) การทดสอบประสิทธิภาพได้ผล ดังนี้
  - (1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบรายบุคคล (1 : 1) มีประสิทธิภาพ 66.49/65.54
  - (2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มเล็ก (1 : 10) มีประสิทธิภาพ 73.93/73.27
  - (3) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่มใหญ่ (1 : 100) มีประสิทธิภาพ 82.33/80.83

- 4) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ด้านทักษะการเชื่อมของนักเรียนที่ฝึกเชื่อมด้วยชุดฝึกเชื่อมทิกสูงกว่าที่ฝึกเชื่อมแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 5) นักเรียนมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกเชื่อมทิก โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก
- 6) การประเมินรับรองผล และความพึงพอใจของผู้เชี่ยวชาญที่มีต่อการดำเนินการจัดการเรียนการสอน (ฝึกเชื่อม) โดยใช้ชุดฝึกเชื่อมทิก ในรายวิชางานเชื่อมอาร์กทั้งสแตนแก๊สคลุม 1 (2103 - 2005) โดยรวมมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมากที่สุด