

BUILDING A TRAINING SYSTEM FOR WELDERS IN HAZARDOUS SUBSTANCE  
STORAGE TANKS MANUFACTURING

The Engineering Institute of Thailand under H.M. The King's Patronage



The Engineering Institute of Thailand  
under H.M. The King's Patronage

การสร้างรูปแบบการถ่ายทอดความรู้สำหรับช่างเชื่อมในการผลิตแท็งก์บรรจุวัตถุอันตราย  
BUILDING A TRAINING SYSTEM FOR WELDERS IN HAZARDOUS SUBSTANCE  
STORAGE TANKS MANUFACTURING

วรพร นาคประสงค์, ธเรศ ดาปิง และจิตรา รุกิจการพานิช  
ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ถนนพญาไท กทม. 10300  
โทรศัพท์ 02-2186814-6 โทรสาร 02-2186813  
E-mail: fieckp@eng.chula.ac.th

บทคัดย่อ

แท็งก์บรรจุวัตถุอันตรายมีความสำคัญต่อการขนส่งอย่างปลอดภัย ขั้นตอนการผลิตสำคัญที่มีผลต่อคุณภาพแท็งก์ คืองานเชื่อมโลหะ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างรูปแบบการถ่ายทอดความรู้สำหรับงานเชื่อม การดำเนินงานวิจัยเริ่มจาก 1) การศึกษาข้อบกพร่องที่เกิดจากการเชื่อม ได้แก่ รูพรุน รอยแตก รอยเชื่อมไม่เต็ม และการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ 2) การวิเคราะห์สาเหตุของ การเกิดข้อบกพร่อง 3) การจัดทำบทเรียนเฉพาะเรื่อง (OPL) โดยใช้สไลเด็ตเป็นชื่อบทเรียน 4) การสืบค้นวิธีทัศน์ที่เกี่ยวข้องเพื่อ จัดทำเนื้อหาของบทเรียน OPL และ 5) การกลั่นกรองความถูกต้องของบทเรียน บทเรียน OPL ที่ได้มี 13 เรื่อง เป็นความรู้กับการ จัดการก่อนการเชื่อม 3 เรื่อง เทคนิคการเชื่อม TIG 5 เรื่อง และการเชื่อม MIG 5 เรื่อง หลังจากช่างเชื่อมระดับ 1 ได้รับการถ่ายทอด ความรู้ด้วยบทเรียน OPL โดยช่างเชื่อมระดับ 4 และพบว่าข้อบกพร่องจากการเชื่อมลดลง 36.6 %

ABSTRACT

For transport safety, hazardous substance storage tanks are important. The objective of this research was to build a training system for welding process. The procedure started from 1) study type of defects. Those were porosity, crack, underfil and incomplete fusion, 2) analysis root causes from defects, 3) definition OPL topics from root causes, 4) investigation videos and pictures that related to content, and 5) OPL verification. From this study, 13 OPL were developed. Those were 3 topics about prepare welding with knowledge management, 5 topics about TIG welding, and 5 topics about MIG welding. After training, defects in welding process could be decreased 36.6%.

## 1. บทนำ

ในการขนส่งวัตถุอันตราย แท็งก์ติดตั้ง (Fixed Tank) ที่นำมาใช้งานต้องผ่านการรับรองด้านคุณภาพและเป็นไปตามข้อกำหนดของ “ประกาศคณะกรรมการวัตถุอันตราย เรื่องการขนส่งวัตถุอันตรายทางบก พ.ศ. 2545” ซึ่งสอดคล้องกับความตกลงของสหภาพยุโรปว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตรายระหว่างประเทศทางถนน (European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road, ADR) และข้อแนะนำของสหประชาชาติว่าด้วยการขนส่งสินค้าอันตราย (UN Recommendation on the Transport of Dangerous Goods) เพื่อให้การขนส่งวัตถุอันตรายเกิดความเป็นระบบ และเพื่อลดความเสี่ยงจากการเกิดอุบัติเหตุ อีกทั้งในอนาคตจะมีการขนส่งผ่านทางท่าระหว่างประเทศในกลุ่มประชาคมเศรษฐกิจอาเซียน (ASEAN Economic Community, AEC) ขั้นตอนการผลิตแท็งก์บรรจุวัตถุอันตรายที่สำคัญ คือ ขั้นตอนการเชื่อมโลหะ โดยแท็งก์ต้องไม่เกิดการร้าวไหลหรือแตกร้าวซึ่งจะส่งผลให้เกิดอุบัติเหตุขณะขนส่งได้ ดังนั้น ขั้นตอนดังกล่าวจำเป็นต้องใช้ทักษะความชำนาญเป็นหลักงานวิจัยนี้ได้ ทำการศึกษาการผลิตแท็งก์ของโรงงานแห่งหนึ่ง พบว่า ในปีพ.ศ.2554 พ.ศ.2555 และพ.ศ. 2556 มีแท็งก์ที่ไม่ผ่านการทดสอบแบบไม่ทำลายโดยการทดสอบด้วยภาพถ่ายรังสี 70, 54 และ 67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ เมื่อทำการวิเคราะห์โดยการระดมสมอง พบว่าเกิดข้อบกพร่องในขั้นตอนการเชื่อมซึ่งมีสาเหตุส่วนใหญ่มาจากการทำงานของช่างเชื่อม และช่างเชื่อมบางส่วนมีสัญชาติพม่าจึงอาจเกิดความไม่เข้าใจในวิธีการทำงานที่ถูกต้อง เมื่อได้ทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการอบรมพนักงานที่เป็นต่างด้าว พบว่า การนำสื่อการสอนแบบบทเรียนเฉพาะเรื่อง (One Point Lesson, OPL) สามารถใช้ได้ผลเป็นอย่างดี [1] ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงทำการสร้างการรูปแบบการถ่ายทอดความรู้ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของระบบการฝึกอบรมช่างเชื่อมเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพการเชื่อมโลหะ โดยใช้ OPL เป็นสื่อการสอน

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 รูปแบบการถ่ายทอดความรู้ทางเรียนเฉพาะเรื่อง (One Point Lesson, OPL)

OPL เป็นรูปแบบการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้จากบุคคลที่มีความชำนาญไปสู่อีกบุคคลหนึ่ง เพื่อให้เกิดการพัฒนาภายในองค์กร เนื้อหาใน OPL ประกอบด้วยความรู้พื้นฐานที่สำคัญในขั้นตอนการทำงาน ตัวอย่างปัญหาการทำงานที่เคยเกิดขึ้นในอดีต หรือการปรับปรุงการทำงานที่ทำแล้วได้ผล เป็นต้น พื้นที่ชั้น และจิตรา [1] ได้ทำการวิจัยในอุตสาหกรรมการตัดเย็บเสื้อ พับปัญหาผลผลิตไม่เป็นไปตามเป้าหมาย จึงวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา พบว่า เกิดจากแรงงานคนมีสัญชาติพม่าเป็นส่วนใหญ่ไม่รู้วิธีการตัดเย็บผ้าที่ถูกต้อง และพบปัญหาในการสื่อสารระหว่างหัวหน้างานคนไทยกับแรงงานพม่า การแก้ไขปัญหาด้วยการใช้วิธีการทุกคนมีส่วนร่วม ค้นหาสาเหตุของการเกิดของเสียและสร้าง OPL ในรูปแบบวิดีทัศน์เพื่อสอนขั้นตอนการทำงานที่ถูกวิธี ผลคือ ทั้งแรงงานไทยและพม่าสามารถเข้าใจในวิธีการทำงานที่ถูกต้องและลดของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิตลงได้

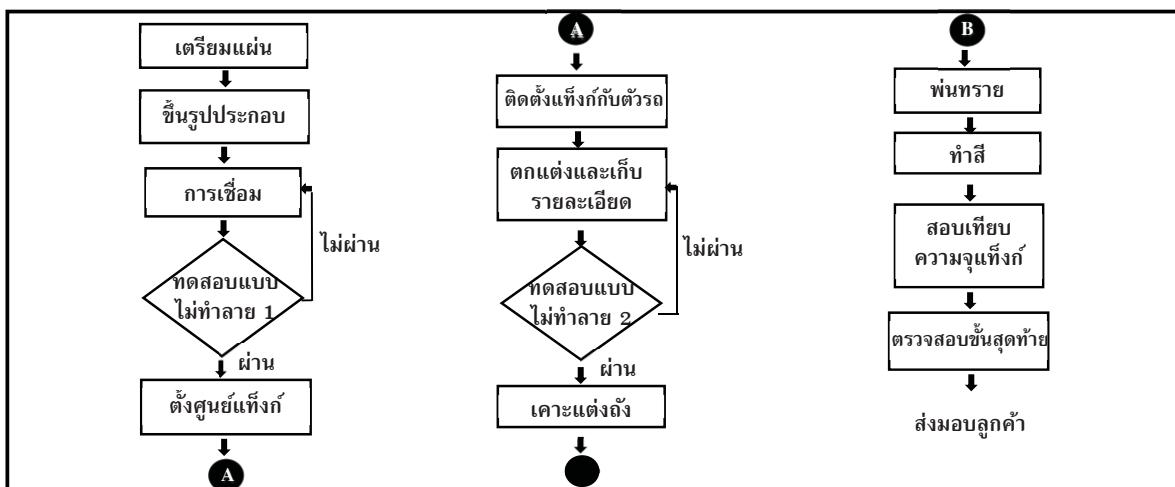
### 2.2 ระบบการฝึกอบรม

ระบบการฝึกอบรม [3] คือ ระบบการจัดการเรียนรู้เพื่อสร้างและเพิ่มพูนความรู้ (Knowledge) ทักษะ (Skill) ความสามารถ (Ability) และเจตคติ (Attitude) ของพนักงานในองค์กร ซึ่งจะช่วยปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น งานวิจัยของ วัชฤทธิ์ และจิตรา [4] ได้ศึกษาความต้องการในระบบการฝึกอบรมพนักงานในอุตสาหกรรมผลิตชั้นส่วนยานยนต์ พบว่า ความต้องการในระบบการฝึกอบรมสามารถแบ่งได้เป็น 4 ส่วน ได้แก่ เนื้อหาการฝึกอบรม ผู้สอน สภาพแวดล้อมในการอบรม และการประเมินผล ในส่วนเนื้อหาการฝึกอบรมประกอบด้วย ความรู้ด้านทฤษฎีของการผลิต การอบรมหน้างาน (On the Job Training) การฝึกภาคปฏิบัติและการจัดทำเอกสารประกอบ ผลการปรับปรุงระบบการฝึกอบรม พบว่า ความผิดพลาดจากการทำงานและจำนวนของเสียลดลง สำหรับโรงงานฯ เดิมมีการให้ความรู้แก่ช่างเชื่อมหน้างานอยู่แล้ว งานวิจัยนี้จึงได้เพิ่มเติมในทฤษฎีและเทคนิคในการเชื่อม และความรู้ด้านคุณภาพ พร้อมทั้งจัดทำเป็นเอกสารประกอบ

## 3. วิธีการดำเนินงานวิจัยและการวิเคราะห์สาเหตุของข้อบกพร่อง

### 3.1 การศึกษาข้อมูลทั่วไปของโรงงานกรณีศึกษา

โรงงานคีกษาเป็นโรงงานผลิตแท็งก์ติดตั้งสำหรับถังอันตรายที่ประกอบเข้ากับตัวรถบรรทุก การผลิตเป็นไปในรูปแบบของการผลิตตามคำสั่งซื้อ (Make to Order) มี 13 ขั้นตอนหลักการผลิต แสดงดังรูปที่ 1 โดยขั้นตอนการผลิตที่สำคัญ คือ การเชื่อมโลหะ ก่อนการนำแท็งก์ไปใช้งานหรือส่งมอบแก่ลูกค้า ต้องผ่านการทดสอบคุณภาพแบบไม่ทำลาย (Non-Destructive Testing, NDT) จากหน่วยงานอิสระที่ได้รับการรับรองจากกรมโรงงานอุตสาหกรรม การทดสอบ 2 ครั้งประกอบด้วย ครั้งที่ 1 คือ การทดสอบด้วยภาพถ่ายรังสี (Radiographic Testing, RT) เพื่อตรวจสอบคุณภาพของการเชื่อม ครั้งที่ 2 เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายด้วยสารแทรกซึม (Liquid Penetrant Test, PT) เพื่อทดสอบการรั่วซึมของแท็งก์ และการทดสอบด้วยคลื่นความถี่สูง เพื่อตรวจสอบความหนาของผนังแท็งก์ (Ultrasonic Thickness Measurement, UTM)



รูปที่ 1 ภาพรวมของกระบวนการผลิตแท็งก์

### 3.2 การศึกษาลักษณะข้อบกพร่องและสาเหตุในขั้นตอนการเชื่อมโลหะ

ทำการศึกษาข้อมูลตั้งแต่ปี พ.ศ. 2554 ถึง 2556 พบว่าเกิดข้อบกพร่องจากขั้นตอนการเชื่อมโลหะ และไม่ผ่านการทดสอบแบบไม่ทำลายครั้งที่ 1 แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ความถี่ที่เกิดข้อบกพร่องในขั้นตอนการเชื่อมโลหะ

ปี พ.ศ.	ความถี่ที่พบ (ครั้ง)				จำนวนแท็งก์ที่ผลิตทั้งหมด (ลูก)
	รูพรุน	รอยแตก	รอยเชื่อม ไม่เต็ม	หลอมละลายไม่สมบูรณ์	
2554	15	6	4	3	24
2555	5	3	1	3	13
2556	6	2	1	2	15

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่า ในแต่ละปีการเกิดข้อบกพร่องจากการเชื่อมโลหะมีค่าสูง จึงทำการระดมสมองกับหัวหน้างานและผู้ที่เกี่ยวข้องเพื่อวิเคราะห์สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง ด้วยผังแสดงเหตุและผล (Cause and Effect Diagram) โดยทำการวิเคราะห์ตามหลักทำไม่ (Why-Why Analysis) จากลักษณะข้อบกพร่องทั้ง 4 ประเภท ได้แก่ รูพรุน รอยแตก รอยเชื่อมไม่เต็ม และการเชื่อมที่หลอมละลายไม่สมบูรณ์ ได้สาเหตุรวมทั้งสิ้น 8 สาเหตุ สาเหตุทั้งหมดจะถูกนำมาเป็นบทเรียน OPL แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ตามหลักทาม

ลักษณะข้อบกพร่อง	สาเหตุที่ทำให้เกิดข้อบกพร่อง
1. รูปrun	ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการทำมุ่งระหว่างหัวเชื่อมกับแผ่นโลหะ
	ช่างเชื่อมไม่มีความรู้ด้านคุณภาพและสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง
2. รอยแตก	ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการเลือกชนิดการเชื่อมให้เหมาะสมกับประเภทของโลหะ
	ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการใช้ความเร็วที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่หัวเชื่อม
3. รอยเชื่อมไม่เต็ม	ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการเคลื่อนที่หัวเชื่อมที่เหมาะสม
	ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการป้อนเติมลวดเชื่อมที่เหมาะสม
4. การหลอมละลายไม่สมบูรณ์	ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการใช้ความเร็วที่เหมาะสมในการเคลื่อนที่หัวเชื่อม
	ช่างเชื่อมไม่รู้การกำหนดกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับประเภทของโลหะ
	ช่างเชื่อมไม่รู้การเลือกใช้รอยต่อที่เหมาะสม

3.3 การนำสาเหตุมากำหนดเป็นบทเรียน OPL

การกำหนดบทเรียน OPL จากสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องโดยสามารถแบ่งบทเรียนตามความรู้ได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 ความรู้กับการจัดการก่อนการเชื่อม และ กลุ่มที่ 2 ความรู้ด้านเทคนิคการเชื่อม แสดงดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การกำหนดบทเรียน OPL

สาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง	บทเรียน OPL	กลุ่มความรู้	
		กลุ่ม 1	กลุ่ม 2
1. ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการทำมุ่งระหว่างหัวเชื่อมกับแผ่นโลหะ	วิธีการทำมุ่งระหว่างหัวเชื่อมกับแผ่นโลหะ		✓
2. ช่างเชื่อมไม่มีความรู้ด้านคุณภาพและสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง	คุณภาพและสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องจาก การเชื่อม	✓	
3. ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการเลือกชนิดการเชื่อมให้เหมาะสมกับ ประเภท ของโลหะ	วิธีการเลือกชนิดการเชื่อมให้เหมาะสมกับ โลหะ	✓	
4. ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการใช้ความเร็วที่เหมาะสมในการ เคลื่อนที่หัวเชื่อม	วิธีการใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่ของหัวเชื่อม		✓
5. ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการเคลื่อนที่หัวเชื่อมที่เหมาะสม	วิธีการและทิศทางการเคลื่อนที่หัวเชื่อม		✓
6. ช่างเชื่อมไม่รู้วิธีการป้อนเติมลวดเชื่อมที่เหมาะสม	วิธีการป้อนเติมลวดเชื่อม		✓
7. ช่างเชื่อมไม่รู้การกำหนดกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับ ประเภทของโลหะ	วิธีกำหนดกระแสไฟฟ้าให้เหมาะสมกับชนิดของ โลหะ		✓
8. ช่างเชื่อมไม่รู้การเลือกใช้รอยต่อการเชื่อม	วิธีการเลือกใช้รอยต่อการเชื่อม	✓	

จากตารางที่ 3 สามารถกำหนดบทเรียน OPL ได้ทั้งหมด 8 เรื่อง แบ่งได้ 2 กลุ่ม ได้แก่ ความรู้กับการจัดการก่อนการเชื่อม 3 เรื่อง และ ความรู้ด้านเทคนิคการเชื่อม 5 เรื่อง

### 3.4 การดำเนินการสร้างบทเรียน OPL

หลังจากกำหนดบทเรียน OPL แล้วจึงดำเนินการสร้างบทเรียน OPL โดยมีขั้นตอนในการสร้างดังนี้

- 1) สืบค้นวิดีทัศน์และรูปภาพจากแหล่งข้อมูลปัจจุบัน โดยงานวิจัยนี้เลือกใช้สื่อออนไลน์ (Online) ที่เผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการเชื่อมโลหะในรูปแบบของวิดีทัศน์ออกสู่สาธารณะ ซึ่งมีความน่าเชื่อถือและได้รับการยอมรับ โดยสื่อออนไลน์ที่เลือกใช้ได้แก่ [www.weldingtipsandtricks.com](http://www.weldingtipsandtricks.com) [9] [www.millerwelds.com](http://www.millerwelds.com) [10] และ [www.mig-welding.co.uk](http://www.mig-welding.co.uk) [11]
- 2) บทเรียน OPL จัดทำเป็น 2 รูปแบบ คือ วิดีทัศน์และแผ่นภาพ สำหรับวิดีทัศน์ใช้โปรแกรม Sony Vegas Pro 12.0 ในการตัดต่อเพื่อให้เนื้อหาตรงกับประเด็นสำคัญซึ่งเกี่ยวข้องกับเทคนิคการเชื่อม โดยแสดงทำทางการเชื่อมแบบภาพเคลื่อนไหวเพื่อให้ช่างเชื่อมเกิดการเรียนรู้และปฏิบัติตาม แต่ละบทเรียนมีความยาวไม่เกิน 5 นาที อีกรูปแบบคือ แผ่นภาพ แสดงจุดสำคัญที่ช่างเชื่อม จะต้องทำการตรวจสอบหรือต้องให้ความระมัดระวังและการเบริร์ยเบี่ยบลักษณะของแนวเชื่อม ซึ่งเกิดจากการเลือกใช้ปัจจัยในการเชื่อมที่เหมาะสมและไม่เหมาะสม มีความยาวไม่เกิน 1 หน้ากระดาษ A4
- 3) จัดทำเอกสารประกอบบทเรียน OPL ทั้ง 2 รูปแบบ สำหรับหัวหน้างานและผู้อบรมช่างเชื่อม โดยเอกสารคำอธิบายประกอบด้วย วัตถุประสงค์ ประเด็นสำคัญและรูปประกอบ มีความยาว 1-2 หน้ากระดาษ A4
- 4) นำบทเรียน OPL ให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งมีคุณวุฒิการศึกษาทางวิศวกรรมการเชื่อมและมีประสบการณ์สอนการเชื่อมในระดับมหาวิทยาลัยประเมินความเหมาะสมและความถูกต้องของเนื้อหา ผลคือผู้เชี่ยวชาญยอมรับในเนื้อหาบทเรียน OPL ซึ่งเป็นไปตามแนวทางการแก้ไขปัญหาการเกิดข้อบกพร่อง นอกจากนี้ ระยะเวลาของภาระสอนการถ่ายทอดความรู้บทเรียน OPL มีความเหมาะสมดีไซน์เวลาไม่เกิน 5 ถึง 10 นาที [6]

ตารางที่ 4 บทเรียน OPL

บทเรียน OPL วิดีทัศน์ แผ่นภาพ	รูปแบบ OPL		
<b>ความรู้กับการจัดการก่อนการเชื่อม</b>			
1. คุณภาพและสาเหตุการเกิดข้อบกพร่องจากการเชื่อม (OPL1)	-	✓	
2. วิธีการเลือกใช้ร้อยต่อการเชื่อม(OPL2)	-	✓	
3. วิธีการเลือกชนิดการเชื่อมให้เหมาะสมกับโลหะ(OPL3)	-	✓	
<b>เทคนิคการเชื่อมแบ่งเป็นการเชื่อม TIG และ MIG</b>			
บทเรียน OPL	ประเภทการเชื่อม		
	TIG	MIG	
4. วิธีการทำมุนระห่วงหัวเชื่อมกับแผ่นโลหะ	OPL4	OPL5	✓ (นาที 1.50)
5. วิธีการใช้ความเร็วในการเคลื่อนที่หัวเชื่อม	OPL6	OPL7	✓ (นาที 1.50)
6. วิธีการและทิศทางการเคลื่อนที่หัวเชื่อม	OPL8	OPL9	✓ (นาที 1.50)
7. วิธีการป้อนเติมลวดเชื่อม	OPL10	OPL11	✓ (นาที 1.00)
8. วิธีการกำหนดค่ากระแสไฟ	OPL12	OPL13	✓ (นาที 1.50)

#### 4. การวางแผนการถ่ายทอดความรู้โดยใช้บทเรียน OPL

##### 4.1 แผนการประเมินระดับทักษะช่างเชื่อม

โรงงานฯ มีช่างเชื่อมทั้งหมด 11 คน ทำการประเมินระดับทักษะช่างเชื่อม โดยสามารถแบ่งได้เป็น 2 กลุ่ม คือ ช่างเชื่อมกลุ่มที่ไม่ได้รับและกลุ่มที่ได้รับการรับรองมาตรฐานช่างเชื่อม (Welding Certification) สำหรับกลุ่มที่ไม่ได้รับการรับรองมาตรฐานช่างเชื่อม สามารถแบ่งระดับทักษะโดยใช้แนวทางจากงานวิจัยของ ภาณุเทพและจิตรา [7] ซึ่งใช้การฝึกอบรมและผลการประเมินการทำงานเป็นเกณฑ์ในส่วนของกลุ่มช่างเชื่อมที่ได้รับการรับรองมาตรฐานสามารถแบ่งระดับทักษะได้เป็น 2 ระดับ โดยใช้ความสามารถในการสอนงานให้แก่ช่างเชื่อมคนอื่น ๆ เป็นเกณฑ์ รวมทั้งหมดจัดระดับช่างเชื่อมได้เป็น 4 ระดับ ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 เกณฑ์การประเมินระดับทักษะช่างเชื่อมและบทเรียน OPL สำหรับการอบรมเพื่อยกระดับทักษะ

ระดับ ทักษะ	การรับรองมาตรฐาน ช่างเชื่อม	การประเมินผลการทำงาน	การเพิ่มขีดความสามารถ	OPL เพื่อยกระดับ ทักษะ
ระดับ 1	ไม่ได้รับการรับรอง	ไม่สามารถปฏิบัติการเชื่อมได้โดย ลำพัง ต้องอยู่ภายใต้การดูแลของ หัวหน้างาน		OPL1 และ OPL4 ถึง OPL13
ระดับ 2		สามารถปฏิบัติการเชื่อมได้โดยลำพัง		OPL1 ถึง OPL13
ระดับ 3	ได้รับการรับรอง		ไม่สามารถสอนงานแก่ช่าง เชื่อมคนอื่น ๆ ได้	OPL1 ถึง OPL13
ระดับ 4			สามารถสอนงานแก่ช่างเชื่อม คนอื่น ๆ ได้	

จากตารางที่ 5 ช่างเชื่อมระดับ 1 และ 2 จะใช้บทเรียน OPL เพื่อการเรียนรู้ โดยช่างเชื่อมระดับ 1 สามารถเลื่อนเป็นระดับ 2 และช่างเชื่อมระดับ 2 สามารถเลื่อนเป็นระดับ 3 โดยใช้บทเรียน OPL ในการทบทวนความรู้เพื่อเตรียมความพร้อมสำหรับการทดสอบเพื่อขอรับการรับรองมาตรฐานช่างเชื่อมจากหน่วยงานของรัฐ โดยบทเรียน OPL ที่จัดทำขึ้นในงานวิจัยนี้ เป็นความรู้ส่วนหนึ่งที่อยู่ในขอบเขตความรู้ด้านเทคโนโลยีการเชื่อม (Welding Technology) และด้านลวดเติมและแก๊สปักป้อง (Filler Rod and Shielding Gases) ตามที่ประกาศคณะกรรมการส่งเสริมการพัฒนาฝีมือแรงงาน [8] ได้กำหนดขอบเขตความรู้ในการทดสอบช่างเชื่อมไว้ สำหรับช่างเชื่อมในระดับ 4 จะใช้บทเรียน OPL เป็นสื่อในการสอนแก่ช่างเชื่อมระดับ 1 และ 2 โดยช่างเชื่อมระดับ 3 สามารถเลื่อนเป็นระดับ 4 ได้จากการศึกษาบทเรียน OPL เพื่อเป็นสื่อในการถ่ายทอดความรู้ แสดงผลการประเมินระดับทักษะช่างเชื่อมก่อนการฝึกอบรมและผลที่คาดหวังหลังการฝึกอบรม แสดงดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลการประเมินระดับทักษะช่างเชื่อมและแผนการเลื่อนระดับทักษะช่างเชื่อม

ระดับทักษะช่างเชื่อม	จำนวนช่างเชื่อม (คน)	
	จำนวนก่อนฝึกอบรม	จำนวนที่คาดหวัง
ระดับที่ 1	2	-
ระดับที่ 2	5	7
ระดับที่ 3	3	-
ระดับที่ 4	1	4
รวม	11	11

จากตารางที่ 6 แผนการเลื่อนระดับทักษะช่างเชื่อมมีความคาดหวังว่าช่างเชื่อมที่อยู่ในระดับ 1 จะมีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นมาเป็นระดับที่ 2 คือ มีความรู้และทักษะการเชื่อมเพียงพอที่จะปฏิบัติการเชื่อมได้เองโดยที่ไม่ต้องมีหัวหน้างานควบคุม และช่างเชื่อมที่อยู่ในระดับ 3 สามารถพัฒนามาอยู่ในระดับ 4 ได้ คือ ช่างเชื่อมสามารถถ่ายทอดความรู้แก่ช่างเชื่อมระดับ 1 และ 2 ได้

#### 4.2 การนำ OPL ไปใช้ในการฝึกอบรมช่างเชื่อม

จากการศึกษาการทำงานในแต่ละวันของโรงงานกรณีศึกษา พบว่า ในช่วงเวลา 8.00 ถึง 9.00 น. ของทุกวันจะมีการประชุมระหว่างหัวหน้าช่างเชื่อมและช่างเชื่อม จึงวางแผนให้มีการนำบทเรียน OPL มาใช้ฝึกอบรมช่างเชื่อมต่อจากการประชุมในแต่ละวัน เป็นเวลา 5 ถึง 10 นาที สำหรับ 1 บทเรียน โดยการฝึกอบรมมี ดังนี้

- 1) ช่างเชื่อมระดับ 3 ศึกษาการใช้บทเรียน OPL เป็นสื่อในการสอน โดยเริ่มต้นใช้เวลาฝึกอบรม 1 ครั้งต่อบทเรียน รวมใช้เวลารวม 13 ครั้ง จากนั้นช่างเชื่อมระดับ 3 ทดลองใช้บทเรียน OPL เพื่อสอนงาน โดยมีหัวหน้างานและหัวหน้าช่างเชื่อม ทำการประเมินศักยภาพเพื่อพิจารณาเลื่อนระดับทักษะเป็นช่างเชื่อมระดับ 4
- 2) ช่างเชื่อมระดับ 4 ถ่ายทอดความรู้แก่ช่างเชื่อมระดับ 1 และ 2 โดยช่างเชื่อมระดับ 1 เรียนรู้บทเรียน OPL1 และ OPL4 ถึง OPL13 ส่วนช่างเชื่อมระดับ 2 เรียนรู้ทุกบทเรียน OPL ช่างเชื่อมระดับ 1 และ 2 ใช้เวลาในการเรียนรู้รวม 11 และ 13 ครั้ง ตามลำดับ จากนั้นหัวหน้างานและหัวหน้าช่างเชื่อมทำการประเมินศักยภาพช่างเชื่อมระดับ 1 เพื่อพิจารณาเลื่อนเป็นระดับ 2 ส่วนช่างเชื่อมระดับ 2 เป็นการทบทวนความรู้เพื่อเตรียมพร้อมสำหรับการทดสอบเพื่อขอการรับรองมาตรฐานช่างเชื่อม
- 3) สำหรับช่างเชื่อมระดับ 1 ที่ไม่ผ่านการประเมิน จะต้องเรียนรู้บทเรียน OPL ในเรื่องนั้นอีกครั้ง

#### 4.3 ผลการประเมินทักษะการทำงานภายหลังการถ่ายทอดความรู้โดยใช้บทเรียน OPL

หลังการถ่ายทอดความรู้ช่างเชื่อมระดับ 1 โดยใช้บทเรียน OPL เป็นเวลา 11 วัน ทำการวัดประสิทธิภาพการทำงานของช่างเชื่อมโดยการใช้แบบทดสอบการทำงาน (check sheet) ซึ่งแบ่งการตรวจสอบเป็น 3 ระยะ ดังนี้ ระยะที่ 1 การตรวจสอบก่อนการเชื่อม โดยตรวจสอบการเตรียมแผ่นโลหะและอุปกรณ์ต่าง ๆ ว่าเป็นไปตามข้อกำหนดการเตรียมงานเชื่อมหรือไม่ ระยะที่ 2 คือ การตรวจสอบขณะปฏิบัติงานโดยพิจารณาจากลักษณะการทำการเชื่อมและการเลือกใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ เพื่อประเมินทักษะการทำงานของช่างเชื่อมและระยะที่ 3 คือ การตรวจสอบภายหลังการเชื่อม เป็นการตรวจสอบลักษณะข้อบกพร่องบนรอยเชื่อมด้วยสายตาว่า เป็นไปตามมาตรฐานที่ยอมรับหรือไม่ โดยทำการตรวจสอบ รอยร้าว รอยกัดแห้ง รอยเชื่อมไม่ได้ขนาด รอยนูนและรอยเชื่อมไม่เต็ม แสดงผลการประเมิน ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การประเมินการทำงานของช่างเชื่อมระดับ 1 ก่อนและหลังการฝึกอบรม

จำนวนการตรวจสอบ	การตรวจสอบก่อนการฝึกอบรมบทเรียน OPL			การตรวจสอบหลังการฝึกอบรมบทเรียน OPL		
	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3	ระยะที่ 1	ระยะที่ 2	ระยะที่ 3
การตรวจสอบทั้งหมด(ครั้ง)	38	30	29	30	33	25
ไม่ผ่านการตรวจสอบ(ครั้ง)	12	11	14	4	5	3
คิดเป็น %	31.6	36.7	48.3	13.3	15.2	11.7

จากตารางที่ 7 ผลการประเมินการปฏิบัติงานของช่างเชื่อมก่อนและหลังการถ่ายทอดความรู้โดยใช้บทเรียน OPL พบว่า การปฏิบัติงานในระยะที่ 1 ช่างเชื่อมมีความรู้และระหabilidad ในด้านการเตรียมงานเชื่อมมากขึ้นทำให้ความผิดพลาดในการเตรียมงาน เชื่อมลดลงจาก 31.6 % เหลือ 13.4 % ในส่วนของการตรวจสอบระยะที่ 2 พบว่า ช่างเชื่อมมีทักษะการทำงานดีขึ้น เช่นกันทำให้ ความผิดพลาดในการปฏิบัติงานลดลงจาก 36.7 % เหลือ 15.2 % จากการที่ช่างเชื่อมมีความตระหนักในด้านการเตรียมงานและ

ทักษะในการเชื่อมที่เพิ่มขึ้น ล่วงผลให้ผลการตรวจสอบในระยะที่ 3 การเกิดข้อบกพร่องของรอยเชื่อมลดลงจาก 48.3 % เหลือ 11.7 %

## 5. สรุปและอภิปรายผล

ขั้นตอนการเชื่อมโลหะ เป็นขั้นตอนสำคัญในการผลิตแท็งก์บรรจุน้ำอุ่นตราย โดยพบว่าเกิดข้อบกพร่องในขั้นตอนการเชื่อมได้แก่ รูพรุน รอยแตก รอยเชื่อมไม่เต็ม และการหลอมละลายไม่สมบูรณ์ ทำการวิเคราะห์สาเหตุ และสืบค้นวีดิทัศน์และรูปภาพจากสื่อออนไลน์ที่มีเนื้อหาเกี่ยวกับสาเหตุการเกิดข้อบกพร่อง จากนั้นตัดต่อเพื่อให้เนื้อหาตรงกับประเด็นสำคัญในบทเรียนโดยใช้โปรแกรม Vegas Pro 12 สามารถสร้าง OPL ได้ทั้งหมด 13 เรื่อง ประกอบด้วย OPL ด้านความรู้กับการจัดการก่อนการเชื่อม 3 เรื่อง ด้านเทคนิคการเชื่อมแบ่งเป็นการเชื่อม TIG 5 เรื่อง และการเชื่อม MIG 5 เรื่อง โดยบทเรียน OPL จัดทำเป็น 2 รูปแบบ คือ วีดิทัศน์และแผ่นภาพ

ในการสร้างรูปแบบการถ่ายทอดความรู้ ทำการแบ่งระดับช่างเชื่อมเป็น 4 ระดับ โดยช่างเชื่อมระดับที่มีทักษะการทำงานน้อยที่สุดคือระดับ 1 และระดับที่มีทักษะการทำงานสูงที่สุดและสามารถสอนงานแก่ช่างเชื่อมคนอื่นๆได้ คือระดับ 4 สำหรับช่างเชื่อมระดับ 1 ต้องใช้บทเรียน OPL1 และ OPL4 ถึง OPL13 ใน การเรียนรู้ ส่วนช่างเชื่อมระดับ 2 และ 3 ใช้บทเรียน OPL1 ถึง OPL14

ภายหลังการเรียนรู้การใช้บทเรียน OPL ของช่างเชื่อมระดับ 3 พบว่า ช่างเชื่อมสามารถเรียนรู้การใช้บทเรียน OPL เพื่อเป็นสื่อในการสอนงานเชื่อมได้เป็นอย่างดี และสามารถสอนงานแก่ช่างเชื่อมระดับ 1 ให้สามารถเข้าใจและปฏิบัติตามได้ สำหรับการถ่ายทอดความรู้แก่ช่างเชื่อมระดับ 1 พบว่า การอบรมด้านความรู้และการจัดการก่อนการเชื่อม สามารถช่วยลดความผิดพลาดในการเตรียมแผ่นโลหะจากเดิม 31.6 % เหลือ 13.3 % และในการเชื่อมงานของช่างเชื่อมภายหลังการฝึกอบรมโดยใช้บทเรียน OPL ด้านเทคนิคการเชื่อม พบว่า ช่างเชื่อม มีทักษะในการทำงานดีขึ้น โดยข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมลดลงจากเดิม 48.3 % เหลือ 11.7 % และล่วงผลให้ระยะเวลาที่ใช้ในการแก้ไขข้อบกพร่องบนรอยเชื่อมลดลงอีกด้วย

## เอกสารอ้างอิง

- [1] พัทธ์ชลิต วีรภรณ์กุลและจิตรา รุกิจการพานิช, “การเพิ่มขีดความสามารถในการยึดเสื้อผ้าสำเร็จรูปของแรงงานพม่าโดยใช้ หลักการที่ทุกคนมี ส่วนร่วม”, การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.2554, กรุงเทพฯ, 20-21 ตุลาคม, 2554.
- [2] สมชาย เก้าสมบัติ, “เทคโนโลยีการเชื่อมและประปาน”, พิมพ์ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ในเต็งบุ๊คส์, 2529.
- [3] ดุสิต ขาวเหลือง, “การฝึกอบรมที่มีประสิทธิภาพและสมรรถนะ”, วารสารการศึกษาเพื่อพัฒนาสังคม, ปีที่ 7, ฉบับที่ 1, 2554
- [4] วัชฤทธิ์ เอกนิพิรและจิตรา รุกิจการพานิช, “การพัฒนาระบบการฝึกอบรมความสามารถสำหรับพนักงานฝ่ายผลิต ในอุตสาหกรรมผลิตชิ้นส่วน ยานยนต์ ประเภทปืนขึ้นรูป”, วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, ปีที่ 21, ฉบับที่ 2, 2554.
- [5] ประกาศกระทรวงอุตสาหกรรม, มติคณะกรรมการวัตถุอันตราย (พ.ศ. 2545), “เรื่องการขันส่งวัตถุอันตรายทางบก”, เล่มที่ 119 ตอนพิเศษ 95 ง, ราชกิจจานุเบกษา, 4 ตุลาคม 2545.
- [6] Productivity Press Development Team, “One-Point Lessons: Rapid Transfer of Best Practices for the Shop Floor (Participants Guide and Leader’s Guide)”, Productivity Press, U.S.A., 2000
- [7] ภาณุเทพ อธิปัญญาพันธุ์และจิตรา รุกิจการพานิช, “การปรับปรุงมาตรฐานการตรวจสอบคุณภาพในการผลิตสีสง”, การประชุมวิชาการข่ายงาน วิศวกรรมอุตสาหกรรม ประจำปี พ.ศ.2555, ชะอ่า จ.เพชรบูรี, 17 – 19 ตุลาคม 2555.
- [8] ประกาศกระทรวงแรงงาน, “มาตรฐานฝีมือแรงงานแห่งชาติ สาขาช่างเชื่อมทิก”, เล่มที่ 129 ตอนพิเศษ 39, ราชกิจจานุเบกษา, 23 กุมภาพันธ์ 2555.
- [9] “MIG Welding Tips” [Online]. Available: <http://www.weldingtipsandtricks.com/Mig-welding-tips.html>
- [10] “TIG Welding Aluminum for Beginners: Steps 3 & 4” [Online]. Available: <http://www.millerwelds.com/resources/articles/TIG-gtaw-tips-aluminum-beginners-parts-three-four/> 2013.
- [11] “MIG Welding Tutorial” [Online]. Available: <http://www.mig-welding.co.uk/>