



บทบรรณาธิการ (Editorial)

สำหรับ ISTRS Journal ฉบับที่ 2 ปี 2560 (เมษายน – มิถุนายน 2560) กองบรรณาธิการต้องขอกล่าวสวัสดิ์ปีใหม่นี้กับท่านผู้อ่านทุกท่าน และขอแสดงความยินดีกับผู้อ่านหลายท่านที่ได้มีวันหยุดพักผ่อนยาวๆ อีกครั้งหนึ่งของปี ได้ละจากงานประจำ ได้เดินทางกลับบ้านต่างจังหวัด ได้ร่วมงานเลี้ยง งานพบปะสังสรรค์กับบุคคลในครอบครัวหรือเพื่อนฝูงอันเป็นที่รัก และอื่นๆ อีกมากมาย พวกเราก็ขออวยพรให้ทุกท่านประสบความสำเร็จ โชคดีปีใหม่นี้ ขอให้ได้รับข้อมูลข่าวสารและความรู้ใหม่ๆ จาก ISTRS Journal ฉบับนี้ของเราทุกท่านด้วย

สำหรับของขวัญปีใหม่นี้ที่พวกเราตั้งใจมอบให้ผู้อ่านทุกท่าน คือบทสัมภาษณ์ ท่านอาจารย์สุชาติ เจริญศรี ที่ปรึกษาอธิการบดี ที่กรุณาให้รายละเอียดภารกิจ มจร. ในบทบาทของการส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตของคณาจารย์ให้มีความพร้อมในการเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ นอกจากนี้ในคอลัมน์ Industrial Trend ท่านจะได้ทราบถึงแนวคิดและประสบการณ์จากฐานที่ถึงรุ่งน้อมจากบทสัมภาษณ์ คุณศุภวัฒน์ ธาดาจารย์มงคล ศิษย์เก่า มจร. ที่ปัจจุบันดำรงตำแหน่ง นายกสมาคมหมอน้ำและภาชนะรับความดันไทย รวมถึงบทความที่ดีจากศิษย์ปัจจุบันที่มาร่วมแชร์ประสบการณ์ในการสร้างแรงบันดาลใจของคนที่ไม่เชื่อมั่นตนเอง จนมาเป็น “เด็กกิจกรรม” ในปัจจุบัน

พวกเราหวังเป็นอย่างยิ่งว่าบทความจาก ISTRS Journal ฉบับนี้จะเป็นส่วนหนึ่งที่จะสร้างองค์ความรู้ใหม่ๆ ให้แก่ผู้อ่านทุกท่านได้บ้าง

กองบรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
Senior Vision	
● กิจกรรมการฝึกอบรม-ฝึกงาน การเตรียมพร้อมให้คนพิการเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ	4
Experience show case	
● มาตรฐานการรับรองห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 กับการทดสอบเครื่องเชื่อม ISO/IEC 17025 in Welding Machine Testing	7
● การออกแบบห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร Classroom design integrated with information technology	11
Industrial Trend	
● ศุภวัฒน์ ธาตารุ่งมงคล นายกสมาคมหม้อน้ำและภาชนะรับความดันไทย	19
Research Supplement	
● ความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคลอกลายแบบตึงสำหรับการลอกลายคาร์ไบด์ของเหล็กกล้า โครเมียม-โมลิบดีนัม	22
Variety	
● กิจกรรม กับแรงบันดาลใจ กับ นายพงศกร จงชีวีวัฒน์ อดีตนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี	36

กิจกรรมการฝึกอบรม-ฝึกงาน

การเตรียมพร้อมให้คนพิการเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ

บทสัมภาษณ์ อาจารย์สุชาติ เปริตพริ้ง
ตำแหน่งที่ปรึกษาอธิการบดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
ถอดบทสัมภาษณ์โดย พิมชนก เปรมสมาน

ภารกิจหนึ่งของมหาวิทยาลัยฯ นอกจากการเรียนการสอน การศึกษา การพัฒนางานวิจัย แล้วนั้น มหาวิทยาลัยฯ ยังให้ความสำคัญในเรื่องของการส่งเสริมพัฒนา สังคม และชุมชน รวมถึงผู้สูงอายุและคนพิการ ให้มีคุณภาพชีวิตที่ดียิ่งขึ้น โดยคณะกรรมการส่งเสริมมหาวิทยาลัยฯ ได้ตระหนักถึงความคิดของภาคเอกชน และภาครัฐ ต่อผู้ด้อยโอกาส หรือคนพิการ ในการรับคนกลุ่มนี้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งขององค์กร เพื่อตอบสนอง กฎกระทรวงว่าด้วยการจ้างคนพิการตามมาตรา 33 ที่กำหนดให้สถานประกอบการและหน่วยงานของรัฐ จะต้องรับคนพิการเข้าทำงานในอัตรา 100:1 ซึ่งหากสถานประกอบการและหน่วยงานของรัฐไม่มีการจ้างคน พิการตามมาตรา 33 ก็จะต้องสมทบเงินเข้ากองทุนพัฒนาคนพิการตามมาตรา 34

คุณสนั่น อังอุบลกุล ซึ่งเป็นประธานคณะกรรมการส่งเสริมมหาวิทยาลัยฯ มีความสนใจที่จะต้องการ ให้มหาวิทยาลัยฯ เป็นหน่วยงานพัฒนาศักยภาพด้านการประกอบอาชีพของคนพิการที่ตรงกับความต้องการ ของสถานประกอบการ รวมทั้งเพื่อให้สถานประกอบการ ได้ปฏิบัติตาม พรบ. ส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิต คนพิการ พ.ศ. 2550 โดยใช้มาตรา 33-35⁽¹⁾ เป็นแนวทางการจัดกิจกรรม มหาวิทยาลัยฯ จึงได้ศึกษา กฎกระทรวง และ พรบ. ที่เกี่ยวข้องกับคนพิการ จนทำให้เกิดแนวคิดที่จะจัดการฝึกอบรม-ฝึกงาน เพื่อ เตรียมพร้อมให้คนพิการก่อนเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ

● ภาคเอกชน มีส่วนร่วมกับโครงการนี้อย่างไรบ้าง

หากบริษัทเอกชน ไม่มีการจ้างคนพิการเข้ามาทำงานในองค์กร ตามมาตรา 33 ก็จะทำให้ต้องสมทบเงิน เข้ากองทุนพัฒนาคนพิการตามมาตรา 34 หรือหากไม่สมทบเงินเข้ากองทุนก็จะต้องมีการจัดสัมมนาพื้นที่ให้ คนพิการสามารถขายของในบริเวณบริษัทในพื้นที่ที่เหมาะสม ซึ่งจะมีคณะกรรมการประเมินจากกรมส่งเสริม และพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ มาประเมินสถานที่ว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ ซึ่งคนพิการจะต้องมีรายได้ขั้นต่ำ



ต่ำไม่น้อยกว่า 300 บาทต่อวัน หรืออาจจัดเป็นการฝึกอบรม ที่คล้ายกับลักษณะโครงการที่มหาวิทยาลัยฯ ได้ดำเนินการอยู่ นั้น

ทางเราได้รับทราบข้อมูลมาบ้างว่า มีบริษัทเอกชนหลายๆ แห่ง มีความต้องการจะจ้างคนพิการเข้าทำงาน แต่เนื่องจาก รูปแบบโรงงานหรือบริษัทนั้น ไม่ได้มีการออกแบบมาเพื่อ

อำนวยความสะดวกให้กับคนพิการ ทางเราจึงชักชวนกลุ่มบริษัทเอกชนดังกล่าวมาร่วมเป็นผู้สนับสนุนเงินทุน การจัดกิจกรรมการฝึกอบรม-ฝึกงาน การเตรียมพร้อมให้คนพิการเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ เนื่องจากในการจัดกิจกรรมดังกล่าว ตามกฎหมายได้ระบุว่า ให้คนพิการที่เข้าร่วมการฝึกอบรม ได้รับการดูแล ในส่วนของค่าเบี้ยเลี้ยงต่อวันในการเข้าอบรมไม่ต่ำกว่าค่าแรงขั้นต่ำ เราจึงประสานงานกับบริษัทที่ต้องการ สนับสนุนเงินทุนในการจัดกิจกรรม แทนที่บริษัทจะจ่ายเงินเป็นค่าจ้างคนพิการในการทำงานองค์กร

- **การจัดกิจกรรมการฝึกอบรม-ฝึกงาน การเตรียมพร้อมให้คนพิการเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ เริ่มมีการจัดทำมาแล้วที่รุ่น และมีการประเมินผลการจัดอบรมอย่างไรบ้าง**

ปี 2560 นี้ ถือว่าเป็น รุ่นที่ 4 แล้ว ซึ่งทางมหาวิทยาลัยฯ ก็ได้หน่วยงาน ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง และศูนย์วิจัยและบริการ เพื่อชุมชนและสังคม สังกัดสำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เป็นผู้ดำเนินกิจกรรมดังกล่าวมาทั้งหมด 4 รุ่น โดยเรานำประสบการณ์รวมทั้งรูปแบบในการจัดแต่ละครั้งมา พัฒนาให้ดียิ่งขึ้น เพื่อตอบโจทย์ให้กับภาคเอกชนได้ ซึ่งในการ จัดกิจกรรมที่ผ่านมา มีบริษัทเอกชนหลายแห่งที่สนใจเชิญคน พิการที่ผ่านโครงการ ไปร่วมงาน ในเบื้องต้นให้คนพิการทดลอง ปฏิบัติงานหรือฝึกงาน 2 เดือน ซึ่งส่วนใหญ่บริษัทก็จะรับเข้า ทำงานประจำต่อหลังจากการทดลองงานหรือฝึกงาน และเราก็ ได้มีการติดตามว่าคนพิการที่เข้าไปอยู่ในบริษัทว่าสามารถ



ดำเนินชีวิตใน การทำงานได้

จริงหรือไม่อย่างไร หลังจากที่เราได้ดำเนินโครงการมา 3 รุ่น เราก็เริ่มมีการจัดทำเป็นระบบการทำงานและจัดเก็บข้อมูล ตั้งแต่การพิจารณารับคนพิการเข้าร่วมการอบรม

- **รบกวนอาจารย์พูดถึงมุมมอง ทิศทางการจัดกิจกรรมการฝึกอบรม-ฝึกงาน และการเตรียมพร้อม ให้คนพิการเข้าสู่การทำงานในสถานประกอบการ ในอนาคต**

ผมต้องการให้มหาวิทยาลัยฯ สนับสนุนโดยจัดให้มี หน่วยงานที่ดูแลสำหรับเรื่องคนพิการโดยตรง เพราะปัจจุบัน เราใช้เจ้าหน้าที่จากหน่วยงานภายในมหาวิทยาลัย หลายๆ หน่วยงานมาร่วมกันดำเนินการ ลักษณะแบบจิตอาสา ที่ผ่านมา ได้ความร่วมมือจากบุคลากรของศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง และ ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม เป็นหลัก ซึ่งหากเรามี หน่วยงานที่ดูแลสำหรับเรื่องคนพิการโดยตรง จะทำให้สามารถ ดำเนินโครงการได้อย่างเต็มประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะจะมีกลุ่มคนทำงานโดยตรงรับหน้าที่สนับสนุนการ



พัฒนาศักยภาพคนพิการ รวมทั้งบริหารจัดการระบบข้อมูล การติดตาม การวัดผล การออกแบบหลักสูตรในการอบรมให้ตอบสนองความต้องการของภาคเอกชนและคนพิการ ตามความคาดหวังทั้งสองฝ่าย

(1) พระราชบัญญัติส่งเสริมและพัฒนาคุณภาพชีวิตคนพิการ พ.ศ.2550 และที่แก้ไขเพิ่มเติม (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2556 มีการกำหนดใน 3 มาตรา คือ ม.33-35 ที่มีเจตนารมณ์ให้คนพิการได้มีโอกาสใช้ความสามารถในการมีรายได้และพึ่งพาตนเอง ลดภาระของครอบครัวและสังคม ประกอบด้วย

ม.33 กำหนดให้นายจ้างหรือเจ้าของสถานประกอบการ และหน่วยงานของรัฐ รับคนพิการเข้าทำงานตามลักษณะของงานในสัดส่วนที่เหมาะสมในอัตรา 100 คนต่อ คนพิการ 1 คน (โดยนับจำนวนผู้ปฏิบัติงานเพื่อคำนวณจำนวนคนพิการที่ต้องรับเข้าทำงาน ณ วันที่ 1 ตุลาคม ของแต่ละปี)

ม.34 นายจ้างหรือเจ้าของสถานประกอบการที่ไม่ได้รับคนพิการเข้าทำงานตามจำนวนที่กำหนดตามมาตรา 33 ให้ส่งเงินเข้ากองทุนตามอัตรากำหนดขั้นต่ำคูณด้วย 365 วัน คูณด้วยจำนวนคนพิการที่ต้องรับเข้าทำงาน

และ ม.35 กรณีที่ไม่รับคนพิการเข้าทำงานตาม ม.33 และไม่ประสงค์ส่งเงินเข้ากองทุนตาม ม.34 หน่วยงานรัฐ หรือเจ้าของสถานประกอบการ อาจให้สัมปทาน จัดสถานที่จำหน่ายสินค้าหรือบริการ จัดจ้างเหมาช่วงงาน ฝึกงาน หรือจัดให้มีอุปกรณ์หรือสิ่งอำนวยความสะดวก ล่ามภาษามือ หรือการช่วยเหลือต่างๆให้กับคนพิการ/ผู้ดูแลได้

มาตรฐานการรับรองห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 กับการทดสอบเครื่องเชื่อม ISO/IEC 17025 in Welding Machine Testing

โดย ผศ.ดร.อิศรทัต พึ่งอัน
ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา สวท.

เหมือนดังเช่นเคย อุตสาหกรรมเชื่อมแม้จะมีความสำคัญมากเพียงใด แต่ก็ยังมีผู้คนให้ความสนใจน้อยอยู่ ไม่เว้นแม้แต่วิชาการที่จำเป็น (แต่อาจจะไม่เกี่ยวข้องโดยตรง) อย่างเช่น มาตรฐานการรับรองห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025 ซึ่งมาตรฐานนี้สำคัญในการดูแลความถูกต้องของเครื่องเชื่อมที่ใช้ในการปฏิบัติการเชื่อมในกระบวนการต่าง ๆ อย่างไรก็ตามการดูแลเครื่องเชื่อมยังคงไม่ได้รับความสนใจมากเท่าที่ควร แม้จะมีความสำคัญต่อตัวแปรกำหนดในการเชื่อม (Welding Parameters) ก็ตาม จนอาจจะเรียกได้ว่า “**เป็นสิ่งจำเป็น แต่ไม่มีคนสนใจ เพราะไม่มีใครทำ**” สิ่งนี้เป็นจุดตัดสินใจสำหรับ ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มจร. ที่ริเริ่มในการดูแลจุดบกพร่องดังกล่าว เพื่อความถูกต้องในการเชื่อมอันยังส่งผลต่อความปลอดภัยสาธารณะ (Public Safety) อันเกิดจากการใช้งานเชื่อม

แล้วเหตุใดการทดสอบเครื่องเชื่อมจึงเป็นสิ่งจำเป็น หากท่านกลับไปพิจารณามาตรฐานในการเชื่อมไม่ว่าค่ายไหน AWS ASME API EN AS JIS ทุกค่ายต่างต้องการที่จะควบคุมคุณภาพ (Quality Control) และประกันคุณภาพ (Quality Assurance) การเชื่อมทั้งสิ้น จึงเป็นที่จะต้องมีการควบคุมดูแลและประเมิน (Qualification) องค์ประกอบทั้งหลายของงานเชื่อม เช่น

- วัสดุ (Materials) ทั้งวัสดุชิ้นงานและวัสดุสิ้นเปลืองที่จะต้องมีการรับรองวัสดุ (Certificate) ทุกครั้ง
- กระบวนการเชื่อมที่ใช้จะต้องได้รับการรับรองยืนยัน (Qualified Procedure) โดยผ่านการจัดทำขั้นตอนกระบวนการเชื่อม (Welding Procedure Specification; WPS) และมีผลการทดสอบกระบวนการ (Procedure Qualification Record; PQR)
- ผู้ดำเนินการเชื่อม ทั้งเชื่อมด้วยฝีมือและใช้เครื่องจักรในการเชื่อมจะต้องได้รับการรับรอง (Performance Qualification)
- ผู้ตรวจสอบงานเชื่อม (Inspector) จะต้องได้รับการรับรองเป็นผู้ตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (Nondestructive Testing; NDT) ที่จะมีระดับ (Levels) สำหรับวิธีการตรวจสอบต่าง ๆ เช่น RT UT PT MT ET AE เป็นต้น
- เครื่องเชื่อมที่ใช้จะต้องผ่านการรับรอง (Qualified) เช่นเดียวกัน เพื่อให้มั่นใจได้ว่าตัวแปรกำหนดในการเชื่อมที่ใช้เป็นไปตามที่ได้กำหนดไว้ในขั้นตอนกระบวนการเชื่อม (WPS)

อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติจริง ๆ แล้ว องค์ประกอบที่กล่าวข้างต้นจะได้รับการตอบสนองแทบทั้งสิ้น ยกเว้นแต่การดูแลและทดสอบเครื่องเชื่อมที่มีได้เป็นไปตามข้อกำหนดมากนัก ทั้งนี้เนื่องจากยังไม่มีผู้ดำเนินการที่ดูแลเรื่องดังกล่าวอย่างเป็นทางการ จึงทำให้ในการปฏิบัติการเชื่อมจึงดำเนินการทดสอบเครื่องเชื่อมแบบคร่าว ๆ ในการปฏิบัติการเท่านั้น ทำให้ขาดความน่าเชื่อถือ และขาดการสอบกลับได้ (Traceability) ว่าได้ใช้ตัวแปรกำหนดตามที่กล่าวไว้อย่างถูกต้องหรือไม่

เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว ทางศูนย์ฯ จึงได้ทำการประยุกต์ใช้มาตรฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อดำเนินการจัดทำขั้นตอนในการทดสอบเครื่องเชื่อมและขอการรับรองมาตรฐานห้องปฏิบัติการ ISO/IEC 17025:2005 [1] ให้สามารถเข้ามาดูแลข้อจำกัดดังกล่าว โดยมีมาตรฐานการดำเนินงานที่เกี่ยวข้อง คือ BS EN 60974 – 1:2012

Arc welding equipment Part 1: Welding power sources [2] และ BS EN 50504:2008 Validation of arc welding equipment [3] โดยทั้ง 2 มาตรฐานมีวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกัน BS EN 60974 – 1 จะระบุถึงข้อกำหนดในการเป็นเครื่องเชื่อมอาร์ก (Arc welding equipment) ในแต่ละกระบวนการเชื่อม ให้มีกระแสเชื่อมและแรงดันเชื่อมเท่าใด และรวมถึงวัฏจักรการทำงาน (Duty cycle) ของเครื่องเชื่อมอาร์ก ซึ่งในกรณีดังกล่าวเราอาจจะพิจารณาได้ว่าเป็นการทดสอบคุณสมบัติของเครื่องเชื่อมใหม่ (Type test) นอกจากนี้ มาตรฐานยังได้ระบุถึงการทดสอบเครื่องเชื่อมเมื่อถูกใช้งานแล้ว เป็นการทดสอบตามการใช้งาน (Routine test)

สำหรับมาตรฐาน BS EN 50504:2008 นั้น จะเน้นการทดสอบตามการใช้งาน (Routine test) เพื่อใช้ในการสนับสนุนมาตรฐาน BS EN 60974 – 1 โดยระบุข้อกำหนดของเครื่องเชื่อมว่าจะสามารถใช้งานต่อได้หรือไม่ในประเด็นความถูกต้องของกระแสเชื่อมและแรงดันเชื่อม โดยระบุดังตาราง 1 ดังนั้นในกรณีที่ผลการทดสอบเครื่องเชื่อมแล้วค่าที่ได้อยู่ภายนอกเกณฑ์การยอมรับ เครื่องเชื่อมดังกล่าวจะไม่เหมาะสมที่จะใช้งานต่อได้

ตาราง 1 ข้อกำหนดความถูกต้องของเครื่องเชื่อมอาร์ก [3]

ตัวแปร		ความถูกต้อง	
Current and voltage	and	± 10%	of the true value, between 100 % and 25 % of the maximum setting
		± 2,5%	of the maximum setting, below 25 % of the maximum setting

นอกจากนี้ในประเด็นเรื่องความปลอดภัยอันเนื่องมาจากความสมบูรณ์ของงานเชื่อมนั้น หากจะดำเนินการตามมาตรฐาน AWS หรือแม้กระทั่ง ASME การทดสอบเครื่องเชื่อมจะมีประโยชน์ที่การใช้ตัวแปรกำหนดในการเชื่อมดังแสดงใน รูปภาพ 1 สำหรับในกรณีของ AWS D1.1 [4] Table 4.5 จะระบุถึงตัวแปรที่จำเป็น (Essential Variables) ซึ่งหากมีการเปลี่ยนแปลงจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบ WPS ใหม่ โดยจะระบุไว้ว่าหากมีการเปลี่ยนแปลงกระแสเชื่อมเกิน 10% สำหรับ SAW GMAW FCAW และเกิน 25% สำหรับ GTAW หรือนอกช่วงการยอมให้ใช้งานของลวดเชื่อมสำหรับ SMAW จะต้องทำการทดสอบ WPS ใหม่เป็นต้น ทั้งนี้ในกรณีของ ASME [5] แม้จะมีได้ระบุเป็นตัวแปรที่จำเป็นก็ตาม แต่จะระบุไว้เป็นตัวแปรเสริม (Supplementary Essential) ซึ่งจะต้องทำการทดสอบ WPS ใหม่อยู่ดี หากใช้กระแสเชื่อมนอกช่วงที่ได้ทำ PQR มาแล้ว เช่น กรณีต้องการ Impact property ของชิ้นงาน

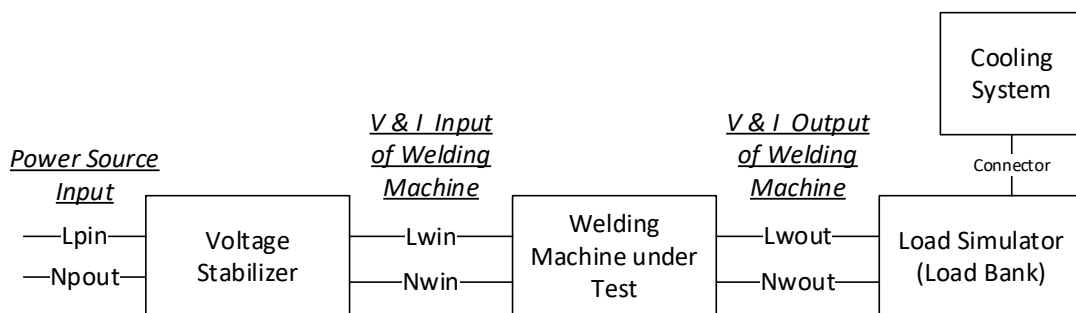
Weld Layer(s)	Process	Filler Metal		Current		Volt Range (V)	Travel Speed Range (cm/min)	Other (e.g. remarks, Comment, Hot Wire Addition, etc)
		Class	Diameter (mm)	Type / Polar	Amp Range (A)			
1	SMAW	ENiFe-CI	3.2	DCEN	120 - 130	25 - 26	9 - 10	
2 to All	SMAW	ENiFe-CI	3.2	DCEN	120 - 130	25 - 26	8 - 12	

รูปภาพ 1 ตัวแปรกำหนดในการเชื่อม (Welding parameters)

ดังนั้นจะเห็นได้ว่าการทดสอบเครื่องเชื่อมมีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการควบคุมตัวแปรกำหนดในการเชื่อม ซึ่งหากไม่ทำการทดสอบเครื่องเชื่อม จะไม่สามารถทราบได้เลยว่าเครื่องเชื่อมที่ใช้งานอยู่นั้น จ่ายกระแสได้ตามที่ระบุไว้ตามตัวแปรกำหนดใน WPS หรือไม่ เช่น กระบวนการเชื่อม GMAW กำหนดให้จ่าย

กระแส 100 A แต่เครื่องเชื่อมผิดพลาดอยู่ที่ +7 A ดังนั้นหากตั้งกระแสที่ใช้เชื่อมของผู้ปฏิบัติงานตั้งอยู่ที่ 105 A แสดงว่ากระแสเชื่อมจริงจะอยู่ที่ 112 A ซึ่งอยู่นอกช่วงที่กำหนดให้เปลี่ยนแปลงไม่เกิน 10% ทำให้ชิ้นงานเชื่อมดังกล่าวผิดพลาดโดยที่ผู้ปฏิบัติงานไม่อาจทราบได้เลย

ในการดำเนินงานของศูนย์ฯ เพื่อการทดสอบเครื่องเชื่อมนั้น จะทำการวัดค่าตัวแปรกำหนดทางไฟฟ้าที่เครื่องเชื่อมจ่ายออกมา รวมถึงการวัดวัฏจักรในการทำงานของเครื่องเชื่อมด้วย โดยจะทำการติดตั้งเครื่องเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ทดสอบดังแสดงในรูปภาพ 2 เครื่องเชื่อมจะจ่ายกระแสให้กับอุปกรณ์รับภาระจำลองภายใต้กระแสเชื่อมและแรงดันเชื่อมคงที่ ทำให้สามารถวัดค่าตัวแปรดังกล่าวได้แม่นยำกว่าการที่จะวัดผ่านการเชื่อมจำลองในชิ้นงานจริงแล้วใช้เครื่องมือ (Clamp mete) วัด เนื่องจากการเชื่อมจริงด้วยผู้ปฏิบัติงานนั้นจะมีการเคลื่อนไหว ทำให้ค่าที่ไม่คงที่นั่นเอง



รูปภาพ 2 การติดตั้งเครื่องเชื่อมเข้ากับอุปกรณ์ในการทดสอบเครื่องเชื่อม

การทดสอบเครื่องเชื่อมของศูนย์ฯ ได้รับการรับรองห้องปฏิบัติการตามมาตรฐาน ISO/IEC 17025:2005 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (ดูได้จากเว็บไซต์) ผลการทดสอบที่ได้จึงมีความน่าเชื่อถือ ดังแสดงในรูปภาพ 1 สำหรับตัวอย่างผลการทดสอบเครื่องเชื่อม GMAW ซึ่งสามารถนำไปใช้อ้างอิงได้ นอกจากนี้ เพื่อเพิ่มขอบเขตการให้บริการของศูนย์ฯ ให้สามารถบริการทดสอบเครื่องเชื่อมในลักษณะที่เป็นหน่วยงาน โดยไม่จำเป็นต้องนำเครื่องเชื่อมมาทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

1. ISO/IEC 17025:2005 General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
2. BS EN 60974 – 1:2012 Arc welding equipment Part 1: Welding power sources
3. BS EN 50504:2008 Validation of arc welding equipment
4. AWS D1.1/D1.1M:2015 Structural Welding Code – Steel
5. ASME Boiler & Pressure Vessel Code:2004 – Section IX

Certificate No. : MTC/16WLWM002-04_r1

DATE OF TESTING : Aug 11, 2016

TEST PROCEDURE : TP-TST-02

INSTRUMENT NAME :

INSTRUMENT NO. :

MANUFACTURE :

SERIAL NO. :

MODEL :

WELDING PROCESS :

TEST RESULTS

OUTPUT RESULTS

☒ DC

☐ AC

Rated: 235 A

Test Value (A)	Current (A)				Criteria ¹	Voltage (V)				Criteria ¹
	Display	Reading	Error	Uncert ±		Display	Reading	Error	Uncert ±	
74	74.00	75.57	-1.57	1.182	7.56	17.97	18.28	-0.31	0.385	2.30
108	108.00	109.83	-1.83	1.541	10.98	19.87	20.10	-0.23	0.366	2.43
156	156.00	157.57	-1.57	1.405	15.76	22.03	22.25	-0.21	0.361	2.62
200	200.00	201.77	-1.77	2.636	20.18	24.23	24.43	-0.20	0.362	2.80
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

¹EN 50504:2008

INPUT AND DUTY CYCLE RESULTS

Test Value (A)	Input		PF*	Efficiency*
	Current (A)	Voltage (V)		
74	11.68	228.80	0.60	86.13%
108	18.02	227.33	0.62	86.90%
156	27.70	225.83	0.65	86.22%
200	38.72	223.93	0.67	84.87%
N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

100% Duty Cycle	200.00	A	24.00	V	Pass
-----------------	--------	---	-------	---	------

OCV (Open circuit voltage)		49.72	Volt
----------------------------	--	-------	------

Maximum Power Factor*	0.67	Minimum Power Factor*	0.60
-----------------------	------	-----------------------	------

Maximum Efficiency*	86.90%	Minimum Efficiency*	84.87%
---------------------	--------	---------------------	--------

NOTES:

- Test results indicate with an asterisk ** are traceable, but not TISI Accredited.
- Test results mark Not TISI Accredited on this Certificate have been included for completeness.
- The uncertainties quoted apply only to the values obtained during the period of testing and are not indicative of the stability of the specimen.

END OF REPORT

Supplement to Certificate of Testing : MTC/16WLWM002-04

FO-TST-02 Rev: 01

This report is not official unless it carries the raised seal of the university and the genuine authorized signature (s)
This report is valid only for the specimens tested. It does not apply to other pieces of material or products even through made by the same manufacturer

การออกแบบห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร Classroom design integrated with information technology

โดย ปรีชญ์ จงศิริวิไล
ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง สวท.

การเรียนการสอนยุคใหม่โดยเฉพาะอย่างยิ่งในยุคศตวรรษที่ 21 มีความเปลี่ยนแปลงไปจากเดิมมาก โดยทั้งผู้สอนและผู้เรียนสามารถเรียนรู้ไปด้วยกัน การศึกษาหาความรู้ได้มีแค่เพียงในหนังสือหรือตำรา การเรียนการสอนไม่ได้เกิดขึ้นเฉพาะในห้องเรียนแต่เพียงอย่างเดียว การเรียนรู้เกิดขึ้นได้ตลอดเวลาผ่านทางสื่อและอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ทันสมัย ซึ่งสามารถเชื่อมโยงแหล่งเรียนรู้ที่มีอยู่ทั่วโลกผ่านระบบเครือข่ายคอมพิวเตอร์ทำให้ผู้เรียนเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ได้อย่างไร้ขีดจำกัด และไม่จำเป็นต้องคอยรับจากครูแต่เพียงฝ่ายเดียว ดังนั้นการเรียนการสอนยุคใหม่ทั้งบทบาทหน้าที่และกิจกรรมการเรียนการสอนของผู้เรียนและผู้สอนจะเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม จากห้องเรียนสี่เหลี่ยมแคบๆ สู่โลกกว้าง รูปแบบของการศึกษายุคใหม่จะประกอบด้วยกิจกรรมเชิงแลกเปลี่ยนเรียนรู้ และการสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง ตลอดจนใช้เทคโนโลยีเพื่อการเรียนรู้มากขึ้น นักเรียนมีโอกาสในการเรียนรู้ด้วยตนเองเป็นรายบุคคลมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถเชื่อมโยงเป็นเครือข่ายการเรียนรู้ที่ขยายวงกว้างออกไปจากสังคมโรงเรียนสู่สังคมเครือข่าย (Social Network) ผ่านทางสื่อสังคมที่เรียกว่า “Social Media” ทักษะการเรียนรู้หลายประการที่นักเรียนในโลกยุคใหม่มีโอกาสมากกว่ายุคเก่า ได้แก่

- ทักษะการใช้ภาษาและการสื่อสาร
- ทักษะการคิดและการสร้างสรรค์
- ทักษะการใช้ชีวิตและการแก้ปัญหา
- ทักษะการใช้เทคโนโลยีอย่างมีคุณค่า

เนื่องจากการเรียนรู้ในโลกยุคใหม่เกิดขึ้นอยู่ตลอดเวลา ทุกโอกาสและทุกสถานที่ ดังนั้นบทบาทของครูผู้สอนยุคใหม่จะต้องพัฒนาศักยภาพด้านเทคโนโลยีอยู่เสมอ เพื่อจะได้เข้าถึงสื่อและเทคโนโลยี ที่ผู้เรียนใช้อยู่ในปัจจุบันเป็นช่องทางหนึ่งให้ผู้สอนจะเข้าถึงผู้เรียนได้ สามารถเข้าไปพูดคุยพบปะให้คำแนะนำ หรือทำหน้าที่เป็นผู้ชี้แนะในสิ่งที่ถูกต้องควรได้อย่างถูกต้อง

จากที่กล่าวในเบื้องต้น การออกแบบห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เป็นการนำเอาเทคโนโลยีมาประยุกต์ใช้ในด้านทางการศึกษา โดยนำเอา ระบบ Internet Protocol television ; IPTV มาใช้ในการนำความรู้ในวิชาต่างๆ โดยผ่านเครือข่ายอินเทอร์เน็ตความเร็วสูงซึ่งทำให้ผู้ที่ต้องการอยากได้ความรู้สามารถเข้ามารับชมได้ และถ้าผู้ชมหรือนักเรียนนักศึกษา รวมถึงคุณครู มีสาระความรู้ที่อยากจะเผยแพร่ให้กับคนอื่นได้รู้ ก็สามารถที่จะทำเป็นสื่อและอัปโหลดเข้าสู่ระบบให้ผู้ชมท่านอื่นๆ เข้ามาศึกษาหาความรู้ได้เช่นกัน นอกจากการนำระบบ IPTV มาใช้แล้วนั้น ยังนำระบบ Video conference และระบบ Learning Management System ; LMS นำมาประยุกต์ใช้กับการศึกษา โดยเมื่อก่อนจะใช้ระบบ Video conference ในการประชุมทางไกลเพียงอย่างเดียว แต่เข้าสู่การเรียนการสอนยุคใหม่ซึ่งจะใช้ระบบ Video conference ในการติดต่อกันเพื่อทำการสอนหรือ ส่งสื่อที่เป็นการสอน ให้ห้องเรียนต้นทางและห้องเรียนปลายทาง โดยจะมีระบบ LMS ที่เป็นระบบการจัดการเรียนรู้เป็นซอฟต์แวร์ที่ทำหน้าที่บริหารจัดการการเรียนการสอนผ่านเว็บ จะประกอบด้วยเครื่องมืออำนวยความสะดวกให้แก่ผู้สอน ผู้เรียน และผู้ดูแลระบบ ให้

สามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพ เมื่อนำทั้งสองระบบนี้มาใช้ก็จะทำให้ห้องเรียนที่เป็นห้องเรียนแบบธรรมดากลายเป็น ห้องเรียนที่มีประสิทธิภาพสามารถจัดการเรียนการสอนได้อย่างสมบูรณ์แบบ

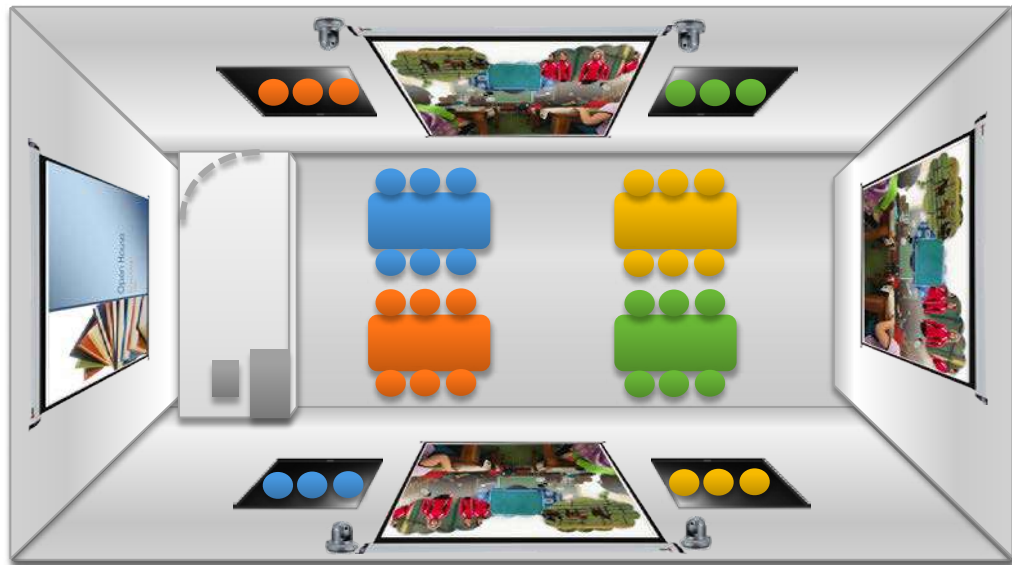
ผู้เขียนได้มีส่วนร่วมในโครงการพัฒนาห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร ซึ่ง สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ได้รับเลือกให้เป็นผู้ดำเนินการจัดทำให้กับสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) โดยได้ออกแบบติดตั้งให้กับ วิทยาลัยเทคนิคทั่วประเทศ และมีศูนย์กลางอยู่ที่สำนักพัฒนาสมรรถนะครูและบุคลากรอาชีวศึกษา รามอินทรา นอกจากงานทางด้านเทคนิคแล้ว งานด้านการเผยแพร่ความรู้ การจัดการฝึกอบรมให้กับบุคลากรทางการศึกษาของ สอศ. ได้มอบหมายให้ ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง เป็นผู้ดำเนินการ

หลังจากได้มีการใช้งานห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร ผู้เขียนได้ทำการวิจัยผลสัมฤทธิ์ของการใช้ห้องเรียนดังกล่าว ซึ่งผลการวิจัยที่ได้รับมีประเด็นที่น่าสนใจ ดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนผ่านห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสาร มีผลสัมฤทธิ์สูงกว่าผู้เรียนที่เรียนในห้องเรียนแบบปกติ จากผลการทดลอง พบว่าเป็นเรื่องแปลกและเป็นเรื่องใหม่สำหรับการเรียนการสอนของผู้เรียนที่ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเต็มรูปแบบ ซึ่งผู้เรียนจะค้นหาความรู้ใหม่ ๆ จากแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ดังนั้นการที่ผู้เรียนเรียนผ่านห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารทำให้มีโอกาสในการสืบค้นข้อมูลจากเครือข่ายอินเทอร์เน็ตได้ทันที และสามารถเรียนรู้จากแหล่งความรู้ที่มีอยู่ได้ ส่วนผู้เรียนที่เรียนในห้องเรียนปกติจะต้องไปค้นหาและศึกษาจากสื่อทำให้ขาดความต่อเนื่อง และขาดการติดตามประสานงานกัน เนื่องจากผู้เรียนอาจมีเวลาว่างไม่ตรงกัน หรือไม่มื่ออุปกรณ์ในการศึกษาค้นคว้า การร่วมกันศึกษาค้นคว้าและอภิปรายจึงอาจขาดหายไปบ้าง แต่การเรียนในห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร เมื่อผู้เรียนเข้าสู่ห้องเรียนสามารถทำได้ตลอดเวลา สามารถติดตามและประสานงานกับสมาชิกอื่นๆ ได้ ในลักษณะไม่ประสานเวลา (Asynchronous) โดยผ่านเครื่องมือในการติดต่อสื่อสารสามารถร่วมอภิปราย หรือติดตามผลสรุปได้ทันที ทำให้การเรียนในลักษณะนี้เหมาะสมและสอดคล้องมากกับการใช้ห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

แม้ผลสัมฤทธิ์ที่ได้ค่อนข้างมีความชัดเจนว่า ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ดีกว่าการเรียนรู้ในห้องเรียนแบบเดิม แต่อย่างไรก็ตาม บทบาทของครูผู้สอนอาจจะต้องได้รับการพัฒนาควบคู่กันไป ผู้สอนต้องมีการปรับตัว เพื่อให้ตอบสนองต่อสังคมที่เปลี่ยนไปเพื่อให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ได้ตลอดเวลา หรือ เพื่อให้สามารถพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนอย่างเต็มศักยภาพ มีทักษะที่จำเป็นในการดำรงชีวิตและอยู่ในสังคม ของยุคศตวรรษที่ 21 ได้อย่างมีความสุข

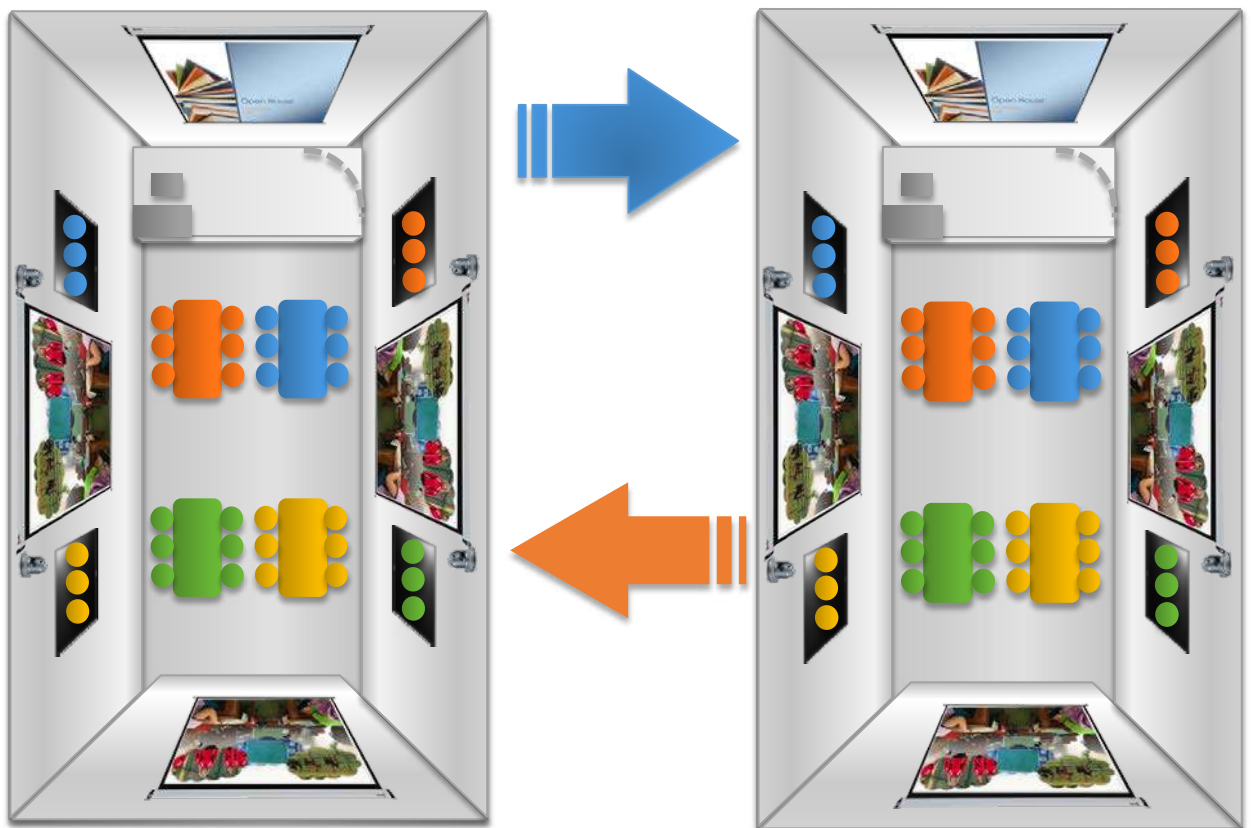
แบบห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร



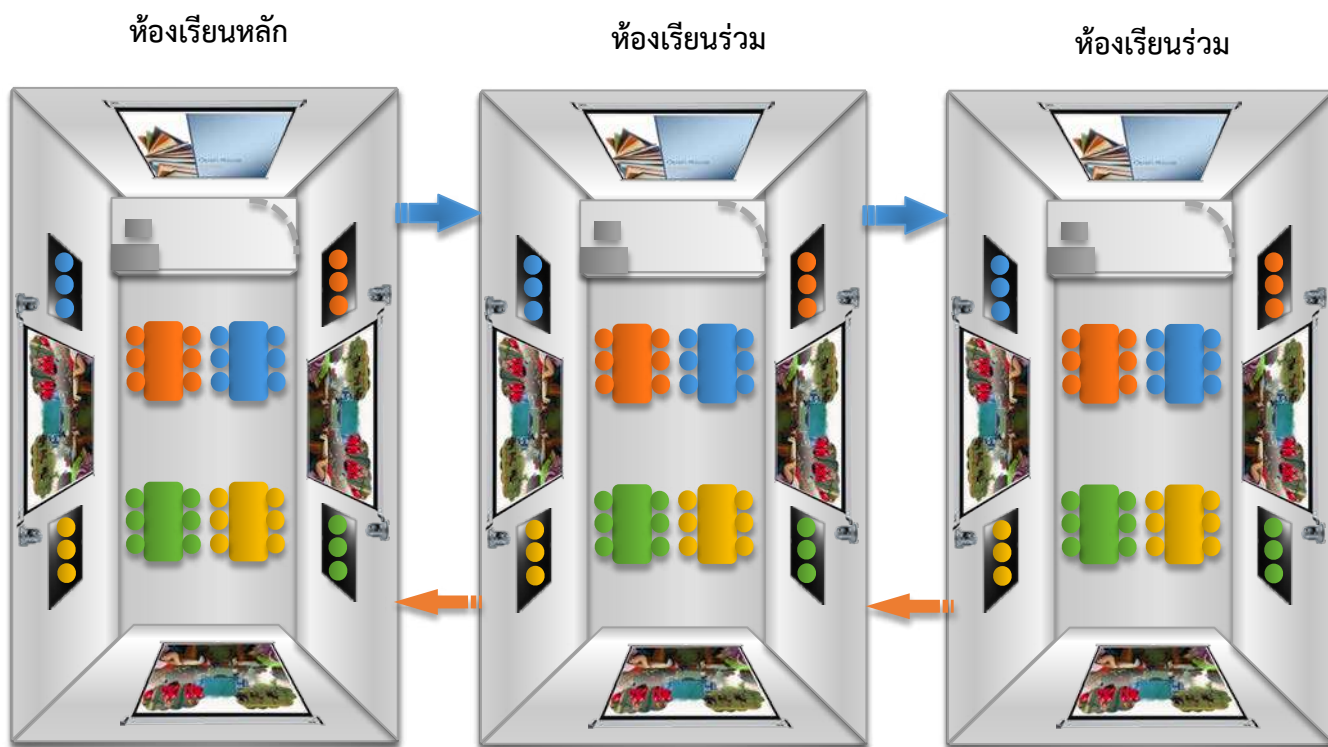
ห้องเรียนแบบที่ 1

ห้องเรียนหลัก

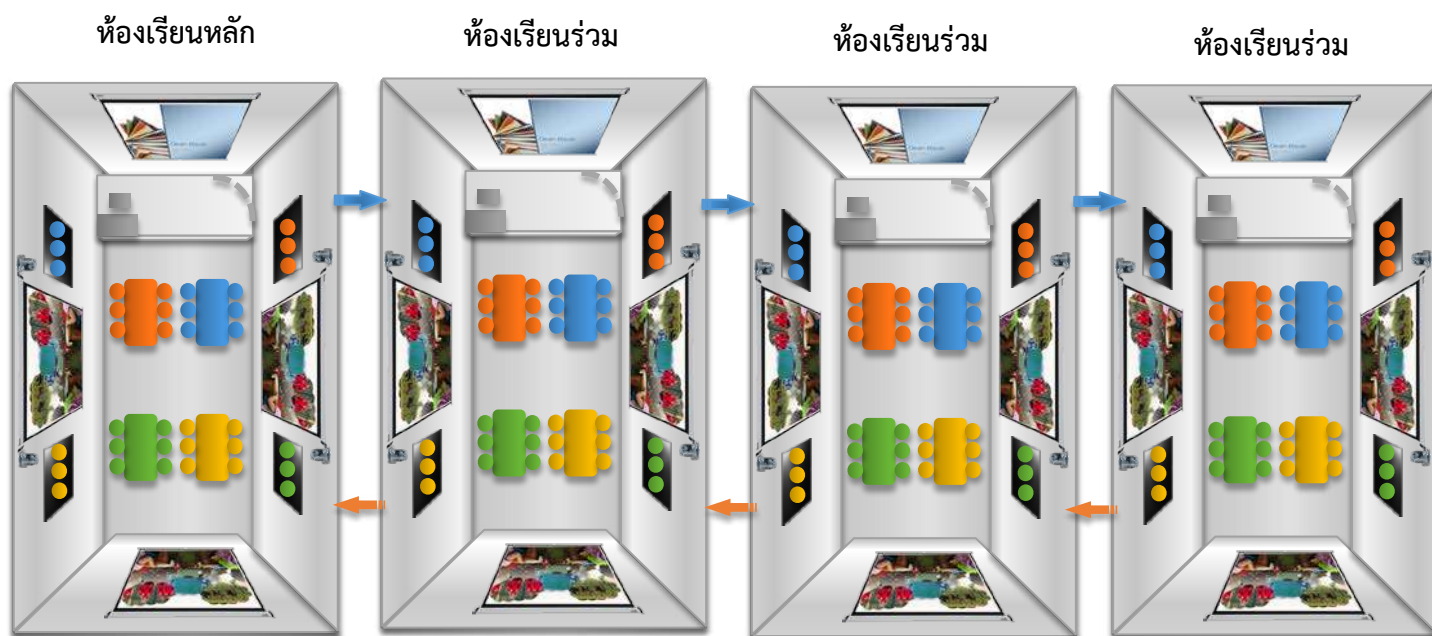
ห้องเรียนร่วม



ห้องเรียนแบบที่ 2



ห้องเรียนแบบที่ 3



ห้องเรียนแบบที่ 4

ห้องเรียนแบบบูรณาการด้วยเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารบริเวณหน้าห้องตรงโต๊ะอาจารย์











ศุภวัฒน์ ชาติอาจารย์มงคล นายกสมาคมหม้อน้ำและภาชนะรับความดันไทย

ถอดบทสัมภาษณ์โดย ธนะศักดิ์ ทวนทอง

“การเรียนทุกหลักสูตร บางครั้งรู้สึกว่ายากไปแล้ว เวลาทำงานไม่ได้ใช้ แต่การทำงานเราต้องเข้าใจในหลักการทำงานของทุกอย่าง ทุกสาขาที่เกี่ยวข้อง ต้องแม่นยำ เพราะทุกอย่างต้องเอาหลักการมาใช้”

แหล่งกำหนดพลังงานในกระบวนการอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต เนื่องจากมีต้นทุนที่ต่ำ และไอน้ำสามารถสะสมความร้อนได้มาก โดยมี หม้อน้ำ (Boiler) เป็นอุปกรณ์หลักในการสร้างไอน้ำ เนื่องจากการระเหยของน้ำถูกจำกัดอยู่ในพื้นที่ของหม้อน้ำ จึงทำให้เกิดความดันที่นำไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตหรือขับเคลื่อนเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ต่างๆ ในโรงงานอุตสาหกรรม วันนี้เราได้มีโอกาสสัมภาษณ์ศิษย์เก่า มจร. คุณศุภวัฒน์ ชาติอาจารย์มงคล ที่คลุกคลีอยู่กับเรื่องหม้อน้ำ (Boiler) ในอุตสาหกรรม มาตั้งแต่เริ่มทำงานจนถึงปัจจุบัน

คุณศุภวัฒน์ เล่าให้ฟังว่า เรียนจบบางมดรุ่น 14 ปี พ.ศ. 2520 คณะวิศวกรรมศาสตร์อุตสาหกรรม สาขาวิศวกรรมเครื่องกล โดยเรียน ปวส ที่วิทยาลัยเทคนิคกรุงเทพ แล้วจึงมาต่อปริญญาตรี 2 ปี ที่บางมด หลังเรียนจบปริญญาตรี เข้าทำงานในบริษัทเอกชน 1 ปี ทำตำแหน่ง Sale แต่ไม่ประสบความสำเร็จเพราะพูดไม่ค่อยเป็น หลังจากนั้นจึงมาสอบรับราชการ ที่กรมโรงงานอุตสาหกรรม โดยอยู่ที่หน่วยตรวจหม้อน้ำ ต่อมาหน่วยก็เปลี่ยนชื่อเป็น กลุ่มงานวิศวกรรมเครื่องกล ทำอยู่ที่นั่นนานที่สุด ทำงานเรื่องการตรวจความปลอดภัยของหม้อน้ำ ตอนหลังก็เปลี่ยนบทบาทจากการออกไปตรวจเป็นกำกับดูแลวิศวกรให้ตรวจสอบความปลอดภัย จัดหลักสูตรอบรมผู้ควบคุมหม้อน้ำ ปรับปรุงกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับหม้อน้ำ ซึ่งปัจจุบัน Boiler แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภทหลักๆ ได้แก่ 1. หม้อน้ำ 2. ภาชนะรับความดัน (พวกถังแก๊สอุตสาหกรรม) 3. หม้อน้ำมันร้อน (ภาษากฎหมายเรียกว่า “หม้อต้มที่ใช้ของเหลวเป็นสื่อนำความร้อน”) ทำงานอยู่กับ Boiler มา 36 ปี ก่อนเกษียณ ในตำแหน่งผู้อำนวยการสำนักเทคโนโลยีความปลอดภัย หลังจากเกษียณแล้วช่วงเดือนตุลาคม ในปีนี้เกษียณ ก็ได้รับเลือกให้เป็นนายกสมาคมหม้อน้ำและภาชนะรับความดันไทย

สำหรับเทคโนโลยีหม้อไอน้ำ ในความเห็นของคุณศุภวัฒน์ ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คุณศุภวัฒน์ ได้แบ่งออกเป็นช่วงการเปลี่ยนแปลงต่างๆ และเล่าให้เราฟังอย่างง่ายๆ ว่า หม้อน้ำในปี 2522 ที่ผมเริ่มเข้าไปทำงาน ถือว่าเป็น version 1.0 เพราะใช้มือใช้คนเป็นผู้ควบคุมทุกระบบ เรียกว่า Man Control เช่น โยนฟืนด้วยมือ ป้อนน้ำด้วยมือ คอยดูระดับน้ำ ทุกอย่างควบคุมด้วยมือล้วนๆ ในสมัยนั้นใช้ในโรงสีข้าว โรงถลุงเหล็ก ตัว Boiler ไม่ค่อยใหญ่มากนัก



เชื้อเพลิงที่ใช้เป็น เชื้อเพลิงแข็ง (Biomass) อาทิ แกลบ ชี้เลื่อย ชานอ้อย ชังข้าวโพด โดยเฉพาะไม้ฟืน ที่มาจากโรงเลื่อยซึ่งมีจำนวนมากเพราะช่วงนั้นยังไม่ปิดป่า บางพื้นที่ใช้ทั้งไม้จากไทย ทั้งจากประเทศเพื่อนบ้าน พอปิดป่าไป โรงเลื่อยพวกนี้ก็ไม่มีแล้ว หรือมีน้อยมาก เรานำ Boiler มาใช้งานหลักๆ คือ นำพลังงานความร้อนมาถ่ายเทความร้อนในการอบ นึ่ง ฆ่าเชื้อ เช่น การนึ่งกล้วยเตี๋ยให้สุก นึ่งขนมจีน อบหรือนึ่งพวกอาหารกระป๋องทั้งหลาย ฆ่าเชื้อด้วยความร้อน (Retort) หรือพวกโรงงานยาง ก็เอาความร้อนจากไอน้ำไปเข้าเข้าหล่อดอกยาง พวกโรงงานไม้อัดต่างๆ ก็เอาไม้บางๆ มาประกบกันโดยใช้กาวแล้วใช้เครื่องมือกดให้แน่น และนำความร้อนเข้ามาช่วยให้กาวมันเซตตัว ถ้าโรงงานใหญ่ๆ อย่างโรงไฟฟ้า โรงผลิตน้ำตาลทราย โรงงานผลิตผงชูรส โรงงานปาล์ม พวกนี้ จะใช้หม้อน้ำที่เป็น Water Tube สมัยนั้นอาจจะประมาณ 20-30 ตัน ยิ่งเล็กๆ แต่พอโรงงานมันใหญ่ขึ้นก็เป็น 200-300 ตัน โรงงานใหญ่ขึ้นเรื่อยๆ Boiler ประเภท Steam จะใช้ไอน้ำความร้อนสูงหน่อย 20-30 บาร์ แล้วไปปั่น Steam Turbine ให้เกิดพลังงานไฟฟ้าแล้วก็เอาไปใช้งาน หรือสรุปง่ายๆ คือ เปลี่ยนจากพลังงานไอน้ำ ให้เป็นพลังงานกล โดยผ่าน Steam Turbine แล้ว Steam Turbine ก็ไปปั่น



ไฟฟ้า ยกตัวอย่าง ถ้าเป็นโรงงานน้ำตาลทราย ก็ใช้ไอน้ำไปปั่น Steam Turbine ให้เกิดไฟฟ้าได้ 200 หรือ 300 หรือ 400 แรงไปหีบอ้อย ส่วนไอน้ำที่เหลือออกจาก Steam Turbine ก็นำมาใช้ในกระบวนการพวกต้ม เคี้ยว เคี้ยวน้ำตาลให้ น้ำระเหยจนกระทั่งตกผลึกเป็นน้ำตาลทราย หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง โรงน้ำมันปาล์ม ก็เอาปาล์มทั้งหลายมาเข้าหม้อใหญ่ๆ เป็นหม้อยาวๆ แล้วใช้ไอน้ำไปนึ่งให้ปาล์มอ่อนแล้วเอาปาล์มออกมาสไลด์ลูก แล้วนำมาเข้าเครื่องบีบ ให้น้ำมันปาล์มออกมา แล้วก็ต้องนำไปผ่านกระบวนการ

ความร้อนอีกทีให้น้ำระเหยออกไป โดยการให้ Boiler ให้ความร้อน

ปัญหาของ Boiler ในยุคนี้นี้ คือ น้ำที่นำมาเข้า Boiler แทบจะไม่มีมีการปรับสภาพน้ำกันเลย เอาน้ำดิบขึ้นมาเลย เช่น น้ำคลอง น้ำบ่อ น้ำบาดาล ฯลฯ พวกโคลน ตะกอน ตะก้น ความกระด้าง ความเป็นกรดเป็นด่าง เข้าไปใน Boiler โดยตรง ทำให้พวก Boiler เกิดพวกตะกรัน เกิดการอุดตันของอุปกรณ์ตรวจวัดในระบบหม้อน้ำ อุบัติเหตุมันเลยเกิดถี่เลยเมื่อก่อน หม้อน้ำระเบิดบ่อยมาก และก็ค่อยๆ พัฒนาขึ้นมาเป็นหม้อน้ำที่ใช้ น้ำมัน ซึ่งจริงๆ แล้ว สมัยแรกที่ผมเข้าไปทำงานก็มี Boiler ที่ใช้น้ำมันแล้วนะแต่น้อยมาก เป็นพวก Fire Tube Boiler หรือเราเรียกกันว่า Package Boiler ซึ่งมันก็จะมีหัว Burner ซึ่งพอมีหัว Burner ก็จะมีระบบความปลอดภัย ควบคุมระบบน้ำอัตโนมัติ ควบคุมความดันตัดต่อ Burner อัตโนมัติ ซึ่งโดยทั่วไป Boiler ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งจะเป็นแบบใช้มือไม่อัตโนมัติ ยกเว้นพวก Boiler ใหญ่ๆ เช่น โรงไฟฟ้า ก็จะมีระบบอัตโนมัติ พอตอนหลังๆ ก็เริ่มพัฒนา Boiler ที่ใช้เชื้อเพลิงแข็งให้มีความเป็นอัตโนมัติขึ้น เช่น ป้อนเชื้อเพลิงได้เองอัตโนมัติ โดยทำเชื้อเพลิงแข็งให้เล็กลง เช่น ทำเป็นชีเลื่อย เป็นต้น อย่างไรก็ตามระบบอัตโนมัติใน Boiler ก็ยังเป็นแบบ Analog คือ ลูกลอย ลอยขึ้น-ลอยลง และมีสวิตช์ตัดต่อ หรือ อิเล็กทรอนิกส์ขึ้นลง-ขึ้นลง เรียกว่าเป็น Analog Control ก็ใช้คนในการจดบันทึก ใช้คนในการตรวจสอบแต่ละชั่วโมง โดยจะเช็คความดัน ความร้อน อุณหภูมิอะไรก็ว่าไป คุณศุภวัฒน์ให้ความหมายกับ Boiler ที่เป็นอัตโนมัติ และใช้คนเข้าช่วยตรวจสอบแบบนี้ว่า เป็น version 2.0

หลังจากนั้นก็เริ่มพัฒนา Boiler เปลี่ยนระบบการควบคุมมาเป็น Transmitter ซึ่งเริ่มมาเป็นระบบแบบ ดิจิตอล เพื่อตรวจวัดระดับน้ำต่ำสุดและสูงสุด (max / min) ส่งสัญญาณเป็นระยะตามระดับน้ำ

เพื่อส่งสัญญาณ เข้าสู่ระบบ digital control ต่อไป ดังนั้นระบบที่ตั้งวัดระดับละเอียดมากเท่าไร การตรวจสอบก็ยิ่งต้องใช้การตรวจสอบถี่ขึ้นเท่านั้น ซึ่งการใช้สัญญาณดิจิทัลในการควบคุมแบบนี้คุณศุภวัฒน์มองว่าเริ่มเป็นหมอน้ำแบบ version 3.0 แล้ว อย่างไรก็ตาม การควบคุมทุกระบบยังต้องมีผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ (Operator) โดยกฎหมายบังคับไว้เลยว่าจะต้องมีคนดูแล ซึ่งผู้ควบคุมหม้อไอน้ำนี้จะต้องจบการศึกษาขั้นต่ำระดับ ปวส. ช่างยนต์ ช่างกลโรงงาน หรือผ่านการอบรมหลักสูตรผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ ซึ่งบังคับใช้มาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2528 ว่าจะต้องมีผู้ควบคุมหม้อไอน้ำ (Operator) ทุกโรงงานที่มีการใช้หม้อไอน้ำ เพราะต้องใช้คนควบคุม จดบันทึก เตรียมหม้อไอน้ำก่อนจุดเตาใช้งาน Flow down กันหม้อไอน้ำ ป้องกันการการอดตัน คือ ใช้คนเตรียม ตรวจสอบ Operate ดูแลรักษา

ถ้ามีระบบ Transmitter ต่างๆ แล้วมีสัญญาณดิจิทัลออกมา ก็จะสามารถดึงสัญญาณมาเข้าพวก Cloud Network ระบบคอมพิวเตอร์ พวกนี้ต้องมีพวก ตัวประมวลผล มีโปรแกรมที่เกี่ยวข้องต่าง ใส่เข้าไป อันนี้จะเริ่มเป็นหมอน้ำ version 4.0 ตัวอย่างที่ใช้งานปัจจุบัน เช่น โรงไฟฟ้าทุกแห่ง ส่วนใหญ่เป็นแบบ 4.0 หมดแล้ว คือมีการ Monitor หม้อไอน้ำผ่านระบบเครือข่ายได้ ซึ่งการจะ Monitor ได้ก็จะต้องมี Sensor ในทุกๆ เรื่องที่จะ Monitor เช่น เซนเซอร์ระดับน้ำ เซนเซอร์อัตราการไหลของน้ำ เซนเซอร์อุณหภูมิ ฯลฯ อะไรทุกอย่างที่มี parameter ทุกเรื่อง โดยมี monitor control และมีคนเป็นผู้ติดตาม/ควบคุม รวมทั้งมีการจัดเก็บและพิมพ์ข้อมูลได้ เรียกว่า smart boiler ที่มีระบบประมวลผลเพื่อบอกค่ามาตรฐานควรเป็นเท่าไร ซึ่งแรงจูงใจที่ต้องการทำเรื่อง Boiler 4.0 คือเรื่องของความปลอดภัย เพราะมีการระเบิดของหม้อไอน้ำบ่อยครั้ง โดยหาแนวทางการแก้ปัญหา และได้มาปรึกษาคุณอาจารย์ของ มจร. โดยมีเป้าหมายให้เกิดการสร้าง confianza เชื่อถือ และประสิทธิภาพของ Boiler ที่ดีขึ้น ส่วนหนึ่งเป็นการทำงานที่สอดคล้องกับนโยบาย Thailand 4.0 ในทุกระบวนการทำงาน ในขณะนี้ได้ร่วมกับบริษัท อัมพลฟู้ด จำกัด ทำเป็นโรงงานต้นแบบ ระบบมาตรฐานที่ได้ทำขึ้นนี้จะนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงอุปกรณ์ควบคุม ตรวจสอบ เซนเซอร์ที่ต่อเข้า Hardware ผ่านการประมวลผล สุดท้ายจะก่อให้เกิด “ความปลอดภัย” และ “ลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม”



ข้อคิดที่อยากจะฝากให้นักศึกษา คือ การเรียนทุกหลักสูตร บางครั้งรู้สึกว่าเรียนไปแล้ว เวลาทำงานไม่ได้ใช้ แต่การทำงานเราต้องเข้าใจในหลักการทำงานของทุกอย่าง ทุกสาขาที่เกี่ยวข้อง ต้องแม่นยำ เพราะทุกอย่างต้องเอาหลักการมาใช้ ตั้งแต่วางแผนการเลือก เพื่อให้ได้ product ที่ดี และ process ที่ต้นทุนต่ำ ดังนั้น “ต้องแม่นยำในหลักการ จะทำงานได้ดี” เพราะถ้าเข้าใจหลักการแล้ว จะสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้ ต้องเข้าใจหลักการของแต่ละกระบวนการ ต้องเข้าใจเครื่องจักร นั้นๆ มีองค์ประกอบอะไร เมื่อมีปัญหา/อุบัติเหตุ จะได้ว่ามีอะไรเกี่ยวข้องบ้าง จะได้สามารถตั้งข้อสันนิษฐาน บนหลักฐานตามองค์ประกอบ จะได้ว่าวางแผนแก้ไข และป้องกันได้ ตามสาเหตุที่แท้จริง

ความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงสำหรับการลอกลายคาร์ไบด์ ของเหล็กกล้า โครเมียม-โมลิบดีนัม

Possibility of Using Extraction Replicas for Carbide Peeling of Cr-Mo Steels

สุพศิน ฟองศรี¹ อิศรทัต พึงอัน²

Supasin Fongsre¹ Isaratat Phung-on²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคลอกลายแบบดึง (Extraction Replicas) ในเหล็กกล้า 9Cr-1Mo เพื่อกำหนดถึงปัจจัยที่มีผลต่อการดึงคาร์ไบด์ออกจากผิวหน้าวัสดุ ให้มีปริมาณคาร์ไบด์ที่เพียงพอต่อการประเมินอายุที่เหลืออยู่ของวัสดุ โดยนำชิ้นงานทดสอบ อบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 27 ชั่วโมง เพื่อจำลองสภาวะการเกิดอนุภาคคาร์ไบด์ในขณะใช้งาน สำหรับการทดสอบลอกลายคาร์ไบด์แบบดึงจะแบ่งการทดสอบออกเป็นการลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าและใช้ไฟฟ้า ผลการศึกษาพบว่า เทคนิคการลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าสามารถดึงคาร์ไบด์ได้ปริมาณสูงสุดถึง 3.44 เปอร์เซ็นต์ต่อพื้นที่ ในขณะที่เทคนิคลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้าสามารถดึงปริมาณคาร์ไบด์ได้ปริมาณสูงสุด 2.75 เปอร์เซ็นต์ ต่อพื้นที่ ซึ่งทั้ง 2 เทคนิคดึงคาร์ไบด์ได้สูงสุดที่ระยะเวลา 90 วินาที ในการกัดกรด ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าคาร์ไบด์ที่ติดอยู่บนฟิล์ม เกิดหลุดออกในระหว่างที่แผ่นฟิล์มลอยตัวภายหลังจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าจากเทคนิคลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า สำหรับการวัดการกระจายพลังงาน (EDS) ของคาร์ไบด์ดังกล่าวพบว่าเป็นคาร์ไบด์ชนิดที่มีปริมาณโครเมียมเข้มข้น

คำสำคัญ การคืบ, การลอกลายแบบดึง, ประเมินอายุที่เหลืออยู่ของวัสดุ

Abstract

This research was to study the possibility in using extraction replicas technique on 9Cr-1Mo steel. This was to determine factors affected on pulling carbides from the surface of materials sufficient for using in remaining life assessment. The specimens were heated at 600 Celsius for various time (27 hrs maximum) in order to simulate the aging of carbide formation during in service. The extraction replica technique studies were electrolytic and non-

electrolytic. The results showed that the non-electrolytic extraction replicas could pull-out carbide at 3.44 % per area while the electrolytic could pull-out only 2.75 % per area where the both techniques had the maximum pull-out at 90 seconds etching. This was possibly due to the fall-off of carbide during floating after excited by electricity. The quantitative study (EDS) of carbide presented the Cr-rich carbide.

Keywords: Creep, Extraction Replicas, Remaining Life Assessment

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

² ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

1. บทนำ

ท่อไอน้ำแรงดันสูง (Steam Piping) เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งสำหรับการผลิตกระแสไฟฟ้าในโรงไฟฟ้า โดยอุปกรณ์แรงดันสูงส่วนใหญ่ผลิตมาจากเหล็กกล้าโครเมียม-โมลิบดีนัม (Cr-Mo steels) วัสดุประเภทนี้ได้มีการนำมาใช้อย่างกว้างขวางในอุตสาหกรรมปิโตรเคมีและโรงไฟฟ้าเป็นต้น เมื่อวัสดุถูกใช้งานไประยะหนึ่งภายใต้สภาวะอุณหภูมิสูงตลอดระยะเวลาการใช้งาน ปัญหาหนึ่งที่พบในระหว่างการใช้งานคือการคืบ (Creep) ของวัสดุ [1] ซึ่งนำไปสู่การแตกร้าวที่ตามมาหนึ่งในสาเหตุของการคืบ คือการเกิดคาร์ไบด์ $M_{23}C_6$ ตามบริเวณขอบเกรนที่เกิดจากสภาวะการทำงานเป็นผลให้ขอบเกรนมีแรงยึดเหนี่ยวระหว่างเกรนลดลง เมื่อมีความเค้นภายในท่อจึงเกิดการเคลื่อนที่ของขอบเกรนในตำแหน่งระนาบผิวสัมผัสระหว่างคาร์ไบด์และขอบเกรน จึงส่งผลให้เกิดช่องว่าง (Void) ตามบริเวณขอบเกรนจากนั้นเมื่อช่องว่างเกิดเรียงตัวกันจึงกลายเป็นรอยแตกขึ้นในวัสดุ อีกทั้งการเกิดโครเมียมคาร์ไบด์ยังส่งเสริมให้เกิดการกัดกร่อนตามขอบเกรนเนื่องมาจากธาตุโครเมียมที่ช่วยต้านทานกันการกัดกร่อนสูญเสียให้กับคาร์บอนในบริเวณขอบเกรน ส่งผลให้อุปกรณ์และระบบการผลิตได้รับความเสียหาย [2]

ดังนั้นการตรวจสอบอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของวัสดุจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งที่ช่วยประเมินอายุของวัสดุก่อนเกิดความเสียหาย ซึ่งการตรวจสอบอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ในปัจจุบันนั้นได้แบ่งเป็น 2 วิธีโดยวิธีการที่ 1 เป็นการประเมินอายุที่เหลืออยู่ของวัสดุโดยอาศัยข้อมูลจากสภาวะความดัน และอุณหภูมิจากการทำงานในปัจจุบันว่ามีอายุการใช้งานเหลืออยู่เท่าใด ซึ่งมีข้อจำกัดที่ไม่สามารถประเมินถึงการเปลี่ยนแปลงทางด้านโครงสร้างทางจุลภาคและส่วนผสมทางเคมีของวัสดุเปลี่ยนแปลงไป [3] อาจส่งผลให้การประเมินอายุที่เหลืออยู่เกิดความคลาดเคลื่อน ส่วนวิธีที่ 2 เป็นการประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ จากภาพถ่ายโครงสร้างทางจุลภาคที่ได้จากการลอกลาย (Replicas) [4] เพื่อตรวจสอบช่องว่าง (Void) ที่เกิดขึ้นในบริเวณขอบเกรน ซึ่งความน่าเชื่อถือจะมากขึ้นเพียงใดขึ้นอยู่กับวิธีการเตรียมผิวหน้าชิ้นงานและความเชี่ยวชาญ ประสบการณ์ของผู้ตรวจสอบภาพถ่ายเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ [5]

ทั้งนี้การประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่จากเฟสหรือส่วนผสมทางเคมีในอนุภาคคาร์ไบด์ที่เปลี่ยนแปลงไปจากการใช้งาน จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการประเมินอายุ โดยไม่จำเป็นต้องอาศัยความชำนาญหรือเทคนิคในการลอกลายมากนัก อีกทั้งยังครอบคลุมถึงการเสื่อมสภาพของวัสดุที่เกิดขึ้นจริงจากการใช้งาน ดังนั้นวิธีการ

ได้มาซึ่งอนุภาคคาร์ไบด์ต้องอาศัยเทคนิคลอกลายแบบดึง (Extraction Replicas) [6] ที่สามารถนำอนุภาคคาร์ไบด์จากผิวหน้าวัสดุมาวิเคราะห์เฟส หรือส่วนผสมทางเคมี [7] ที่เปลี่ยนแปลงไปซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งานที่เหลืออยู่ [8] แต่ปัญหาสำคัญในการลอกลายแบบดึงเกิดจากการขาดวิธีในการเตรียมชิ้นงานเพื่อให้ได้ปริมาณคาร์ไบด์ที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ผล และในเชิงของหลักสถิติส่งผลให้ขาดความแม่นยำใน การประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่

ด้วยเหตุนี้งานวิจัย จึงได้ศึกษาเทคนิคและขั้นตอนการเตรียมชิ้นงาน การดึงคาร์ไบด์จากผิวหน้าวัสดุด้วยเทคนิคลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าและลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า เพื่อให้ได้ปริมาณคาร์ไบด์ที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์ไบด์ที่เปลี่ยนแปลงในการประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของวัสดุในขั้นตอนต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

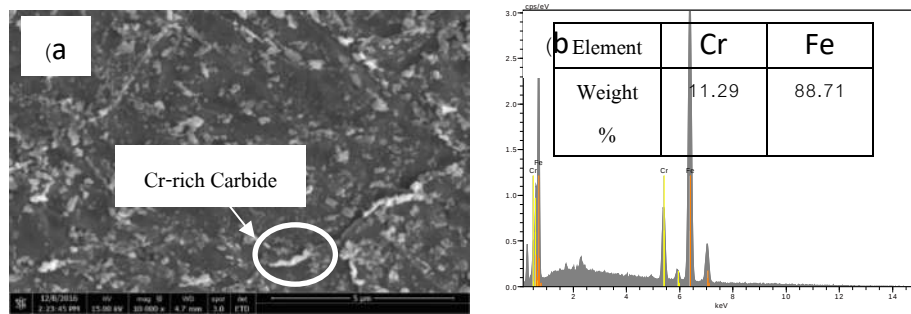
2.1 การเตรียมชิ้นงานทดสอบ

ชิ้นงานทดสอบเป็นท่อเหล็กกล้า โครเมียม-โมลิบดีนัม 9Cr-1Mo ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมี ดังตารางที่ 1 และทำการอบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส 27 ชั่วโมง เพื่อเป็นการจำลองเหล็กกล้าที่ผ่านสภาวะการทำงานที่มีอนุภาคคาร์ไบด์เกิดขึ้น จากนั้นตัดชิ้นงานทดสอบให้ได้ขนาด กว้าง 5 มิลลิเมตร ยาว 10 มิลลิเมตร หนา 5 มิลลิเมตร และทำการขัดผิวหน้าชิ้นงานก่อนนำไปกัดกรด (Etching) 5 กรัม เหล็กคลอไรด์ 5 หยด กรดไฮโดรคลอริก น้ำ 100 มิลลิลิตร [9] สำหรับงานวิจัยนี้ทำการถ่ายภาพโครงสร้างทางโลหะวิทยาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนระบบส่องกวาด (Scanning electron microscope : SEM) ชื่อทางการค้า NovananoSEM 450 และการวัดการกระจายพลังงาน (Energy dispersive spectrometry : EDS) ด้วย ชื่อทางการค้า Bruker Nano Xfla5 6/30 ในการปฏิบัติงาน

ตารางที่ 1 เหล็กกล้า Cr-Mo SA 213 Gr T91 มีส่วนผสมทางเคมีดังนี้ [10]

C	Mn	P	S	Si	Ni	Cr	Mo	Va	Nb	N	Al	Ti
0.07	0.3	0.02	0.01	0.2	0.40	9	0.85	0.18	0.06	0.030	0.02	0.01

ก่อนทำการลอกลายแบบดึง (Extraction Replicas) ได้นำท่อเหล็กกล้า โครเมียม-โมลิบดีนัม 9Cr-1Mo อบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส 27 ชั่วโมง เพื่อเป็นการจำลองเหล็กกล้าที่ผ่านสภาวะการทำงานที่มีอนุภาคคาร์ไบด์เกิดขึ้นก่อนนำไปลอกลายแบบดึงซึ่งยืนยันได้จากรูปที่ 1

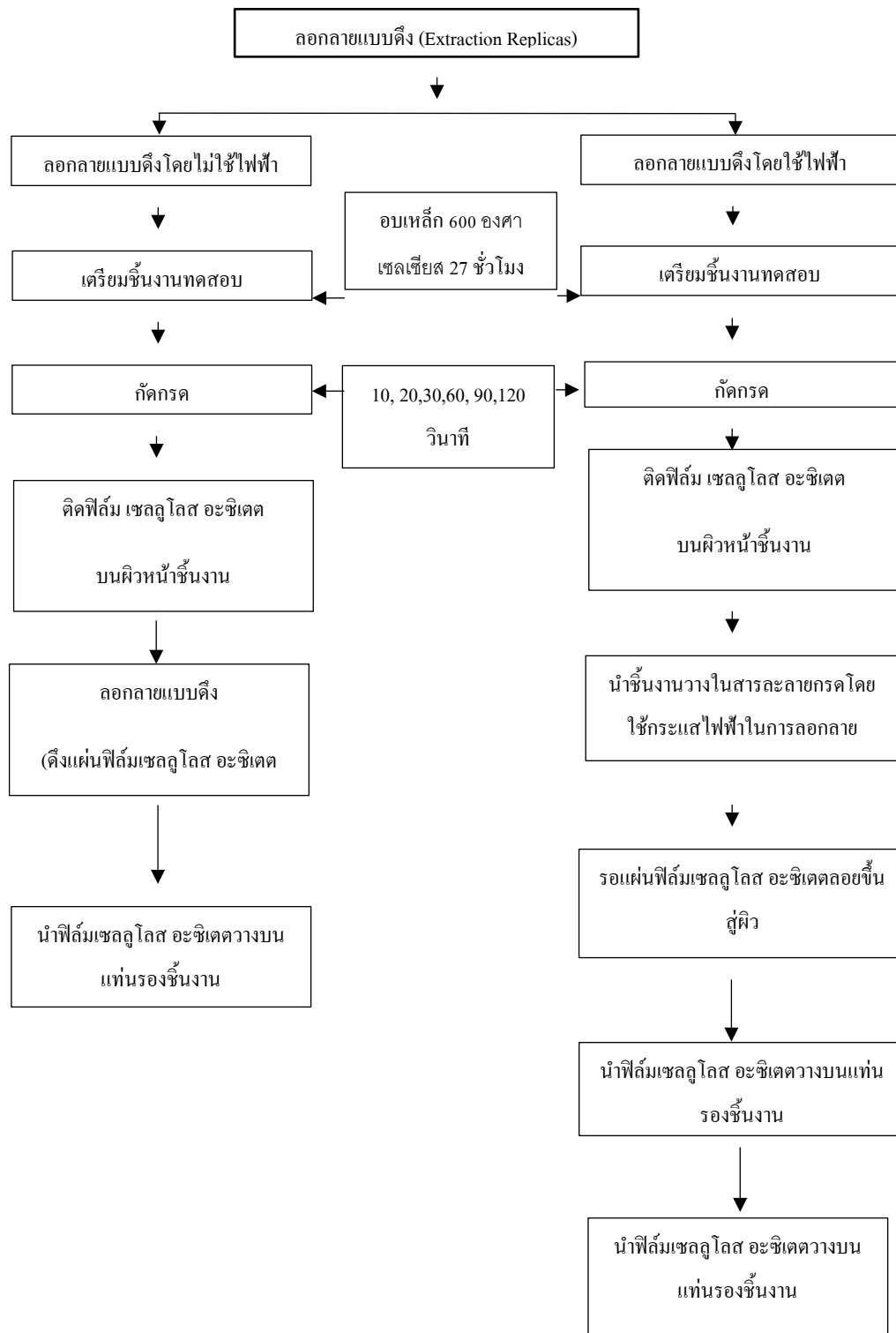


รูปที่ 1 ภาพถ่ายโครงสร้างทางจุลภาคของเหล็กกล้าโครเมียม-โมลิบดีนัม (a) โครงสร้างทางจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่อง กวาดที่มีอนุภาคคาร์ไบด์เกิดขึ้นในบริเวณขอบเกรน (b) การวัดการกระจายพลังงานของธาตุโครเมียมและเหล็กในอนุภาคคาร์ไบด์

รูปที่ 1 แสดงถึงการสร้างคาร์ไบด์ก่อนการลอกลายแบบดึง ด้วยการอบชิ้นงานทดสอบที่อุณหภูมิอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส 27 ชั่วโมง รูปที่ 1 (a) โครงสร้างจุลภาคของเหล็กกล้าโครเมียม-โมลิบดีนัม 9Cr-1Mo พบว่ามีอนุภาคคาร์ไบด์ในบริเวณขอบเกรนและกลางเกรน ซึ่งยืนยันจาก รูปที่ 1 (b) ส่วนผสมทางเคมีของคาร์ไบด์จากการวัดการกระจายพลังงาน พบธาตุโครเมียมจึงเชื่อว่าอนุภาคดังกล่าวเป็นคาร์ไบด์ชนิดที่มีปริมาณโครเมียมเข้มข้น (Cr-rich Carbide) อย่างไรก็ตามเนื่องจากเครื่องมือสำหรับวัดการกระจายพลังงานมีหัวโพรบขนาดใหญ่กว่าอนุภาคคาร์ไบด์จึงโดนเฟสที่อยู่รอบข้างอนุภาคที่ต้องการตรวจสอบซึ่งคือโครงสร้างโลหะพื้นที่ประกอบไปด้วยเหล็กเป็นหลักทำให้สัดส่วนคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง [11]

2.2 ขั้นตอนการลอกลายแบบดึง

องค์ประกอบขั้นตอนการเตรียมชิ้นงานการลอกลายแบบดึงดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ขั้นตอนการลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าและลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า

2.3 ตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบ

ในงานวิจัยนี้ได้กำหนดตัวแปรที่ใช้ในการทดสอบคือระยะเวลาในการกัดกรดเพื่อเป็นการเปรียบเทียบความต่างของเวลาในการกัดกรดที่ส่งผลต่อปริมาณคาร์ไบด์ ที่ติดมายังแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าและลอกลายแบบดิงโดยใช้ไฟฟ้าในการทดสอบ ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ตัวแปรที่ใช้สำหรับการทดสอบ

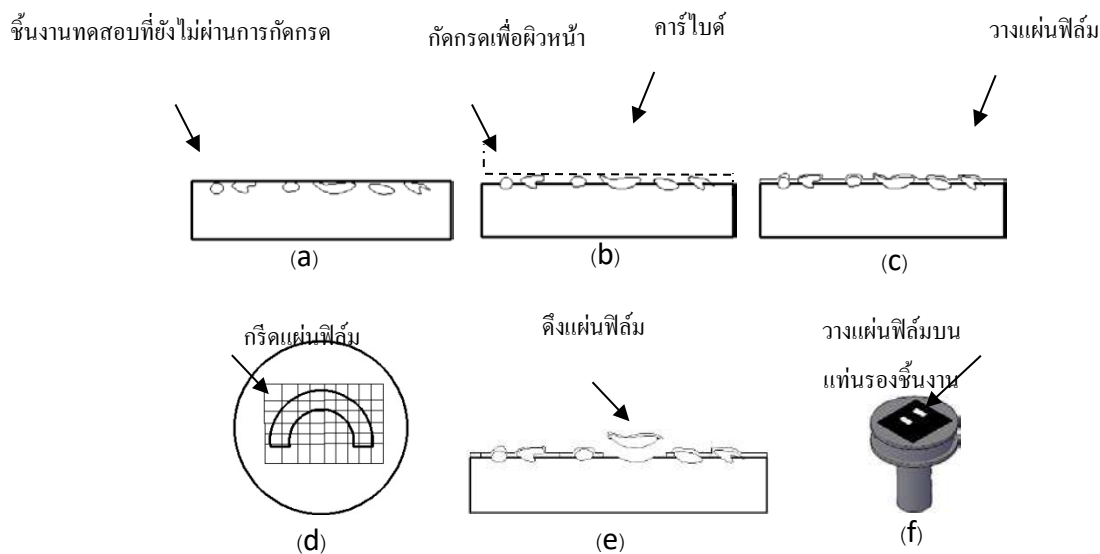
ตัวแปร	ระยะเวลาในการกัดกรด(วินาที)	เทคนิคการลอกลายแบบดิง	
1	10	ไม่ใช้ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้า
2	20	ไม่ใช้ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้า
3	30	ไม่ใช้ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้า
4	60	ไม่ใช้ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้า
5	90	ไม่ใช้ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้า
6	120	ไม่ใช้ไฟฟ้า	ใช้ไฟฟ้า

2.4 วิธีการและขั้นตอนการลอกลายแบบดิง

ความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคลอกลายแบบดิงสำหรับการลอกลายคาร์ไบด์ของเหล็กกล้าได้แบ่งเทคนิคการลอกลายแบบดิงเป็น 2 วิธีการได้แก่ เทคนิคลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าและลอกลายแบบดิงโดยใช้ไฟฟ้า ซึ่งเทคนิคทั้ง 2 มีวิธีการเตรียมชิ้นงานดิงคาร์ไบด์ที่แตกต่างกันโดยรายละเอียดขั้นตอนการเตรียมงานมีดังต่อไปนี้

2.4.1 เทคนิคลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า

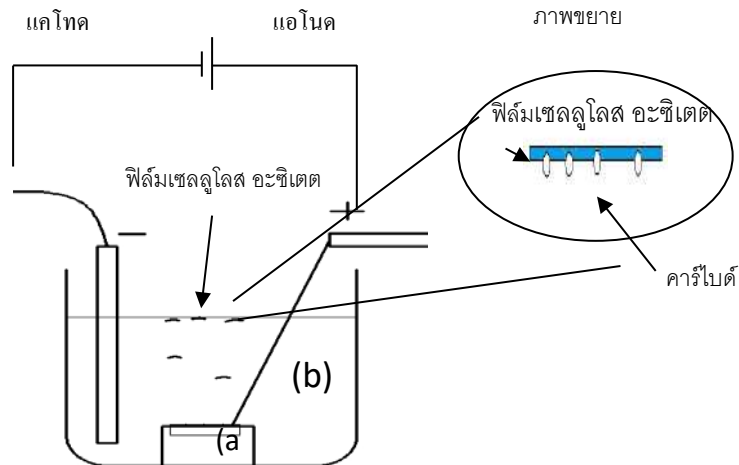
เทคนิคการลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าแบบ Direct Carbon Replica [12] ดังรูปที่ 3 แสดงถึงขั้นตอนการลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าโดยขั้นตอนเตรียมชิ้นงานทดสอบด้วยการจับยึดชิ้นงานทดสอบ (Mounting) ขัดกระดาษทราย และขัดมัน (Polishing) จากนั้นกัดกรดตามระยะเวลาที่กำหนดดังตารางที่ 2 ในรูปที่ 3 (b) กัดกรดเพื่อเปิดผิวหน้าชิ้นงานทดสอบเพื่อให้พื้นโลหะ (Matrix) หลุดหายและคาร์ไบด์ใกล้หลุดจากพื้นโลหะ รูปที่ 3 (c) ทำการหยด อะซิโตน ลงในชิ้นงานทดสอบให้ทั่วบริเวณผิวหน้าเหล็กกล้า และนำแผ่นฟิล์มเซลลูโลสอะซิเตต วางบนผิวหน้าชิ้นทดสอบเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ฟิล์มแห้ง (ฟิล์มเมื่อสัมผัสกับ อะซิโตนจะมีลักษณะคล้ายกาบส่งผลให้มีการยึดติดระหว่างฟิล์ม กับอนุภาคคาร์ไบด์) รูปที่ 3 (d) จากนั้นกรีดฟิล์มให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก แล้วนำคีมขนาดเล็ก (Tweezers) จับฟิล์มบางส่วน ออกจากชิ้นงานทดสอบ ดังรูปที่ 3 (e) จากนั้นนำไปติดบนแท่นรองชิ้นงาน (Aluminium Stud) ที่มีคาร์บอนเทปติดอยู่ [2] ดังแสดงในรูปที่ 3 (f)



รูปที่ 3 เทคนิคการลอกแบบดิ่งโดยไม่ใช้ไฟฟ้า (a) ชิ้นงานทดสอบ (b) กัดกรอด (c) หยดอะซิโตน บริเวณผิวหน้าจากนั้นนำแผ่นฟิล์มวางบนชิ้นงานทดสอบ (d) กรีดฟิล์ม เซลลูโลส อะซิเตด (e) ดึงแผ่นฟิล์มที่กรีดออกจากชิ้นงานทดสอบ (f) วางแผ่นฟิล์มบนแท่นรองชิ้นงาน

2.4.2 เทคนิคการลอกแบบดิ่งโดยใช้ไฟฟ้า

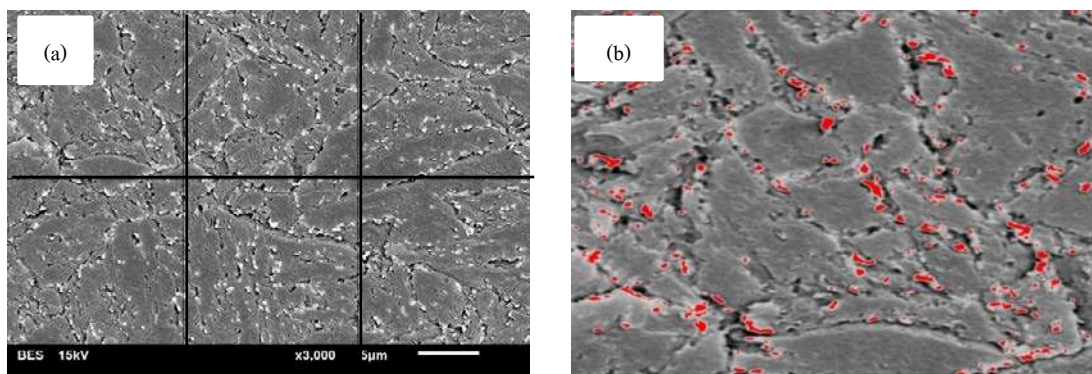
เทคนิคการลอกแบบดิ่งโดยใช้ไฟฟ้าเป็นวิธีการดึงฟิล์มเซลลูโลส อะซิเตด ออกจากชิ้นงานโดยใช้กระบวนการทางไฟฟ้าเพื่อช่วยให้ฟิล์มลอกขึ้นสู่ผิว โดยมีขั้นตอนดังรูปที่ 4 แสดงถึงขั้นตอนการลอกแบบดิ่งโดยใช้ไฟฟ้าโดยขั้นตอนเตรียมชิ้นงานทดสอบด้วยการจับยึดชิ้นงานทดสอบ ขัดกระดาษทราย และขัดมัน จากนั้นกัดกรอดตามระยะเวลาที่กำหนดดังตารางที่ 2 จากนั้นทำการหยด อะซิโตน ลงในชิ้นงานทดสอบให้ทั่วบริเวณผิวหน้าเหล็กกล้า และนำแผ่นฟิล์มเซลลูโลส อะซิเตด วางบนผิวหน้าชิ้นทดสอบเป็นเวลา 5 นาที เพื่อให้ฟิล์มแห้งจากนั้นกรีดฟิล์มให้เป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมขนาดเล็ก ก่อนนำไปจุ่มในสารละลาย 5 กรัม เหล็กคลอไรด์ 5 หยด กรดไฮโดรคลอริก น้ำ 100 มิลลิลิตร [9] ดังรูปที่ 4 โดยใช้กระแสไฟฟ้า 0.3 แอมแปร์ 3.5 โวลต์ ใช้เส้นลวดเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นแอโนด สัมผัสบริเวณผิวหน้าชิ้นงานในตำแหน่งที่ไม่มีฟิล์มติดอยู่ และแผ่นเหล็กกล้าไร้สนิมเป็นแคโทด จากนั้นรอฟิล์มลอกขึ้นสู่ผิวแล้วนำใช้คีมขนาดเล็กคีบแผ่นฟิล์มที่ลอกขึ้นสู่ผิว วางบนแท่นรองชิ้นงานที่มีคาร์บอนเทปติดอยู่ ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 เทคนิคการละลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า (a) ชิ้นงานทดสอบที่ผ่านการ Mounting (b) สารละลายกรด 5 กรัม เหล็กคลอไรด์ 5 หยด กรด ไฮโดรคลอริก น้ำ 100 มิลลิลิตร [8]

2.4 การวัดปริมาณคาร์ไบด์จากภาพอิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ด้วยโปรแกรม Image J

การวัดปริมาณคาร์ไบด์จากแผ่นฟิล์มเซลูโลสอะซิเตด โดยการนำแผ่นฟิล์มไปทำการเคาะทอง (Buttering) เพื่อให้มีความสามารถในการนำกระแสไฟฟ้า ก่อนนำไปถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด เมื่อได้ภาพถ่ายจากนั้นจึงวัดปริมาณคาร์ไบด์ โดยใช้โปรแกรม Image J รุ่น 1.47 [13] ซึ่งโปรแกรมจะใช้ความต่างของเฉดสีในการวิเคราะห์ภาพถ่าย เพื่อหาปริมาณพื้นที่ของเฉดสีระหว่างอนุภาคคาร์ไบด์และพื้นโลหะ ซึ่งอนุภาคคาร์ไบด์มีลักษณะสีขาวส่วนโครงสร้างพื้นมีลักษณะสีเทา ก่อนทำการวัดปริมาณความต่างของเฉดสีต้องนำภาพแบ่งเป็น 6 ช่องเพื่อสามารถวัดปริมาณคาร์ไบด์ให้มีผลที่ใกล้เคียงกันเมื่อทำซ้ำ ดังรูปที่ 5 (a)



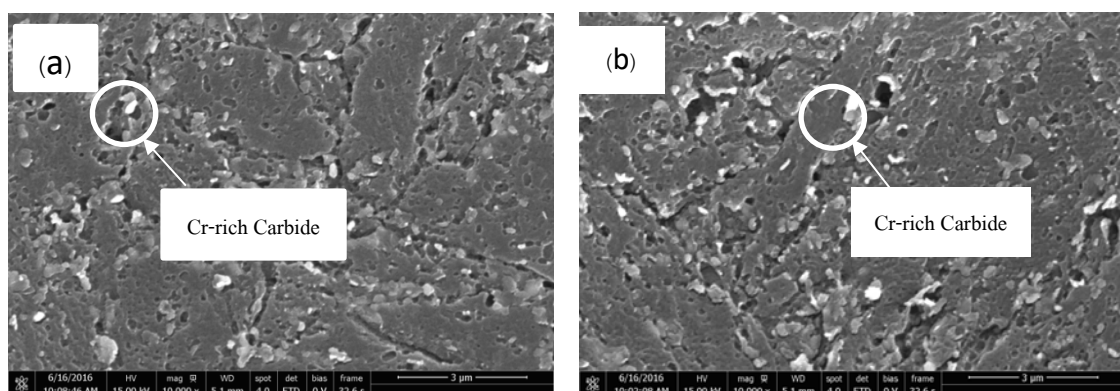
รูปที่ 5 โครงสร้างจุลภาคของวัสดุ 9Cr-1Mo ถ่ายจากฟิล์มเซลูโลส อะซิเตด ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (a) แบ่งภาพ เป็น 6 ช่อง (b) วัดปริมาณคาร์ไบด์ด้วยคำสั่ง Threshold ที่ละช่อง

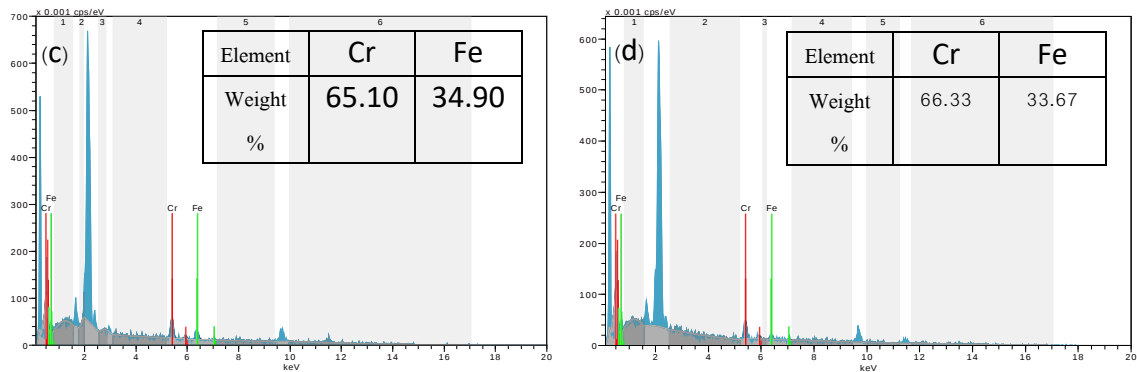
รูปที่ 5 (b) เป็นการวัดปริมาณคาร์ไบด์ด้วยความต่างของเฉดสีโดยใช้ค่าสั่ง Threshold โดยที่อนุภาคคาร์ไบด์จากเดิมมีลักษณะสีขาวเมื่อใช้ค่าสั่ง Threshold จะเปลี่ยนเป็นลักษณะสีแดงส่วนโลหะพื้น ที่มีลักษณะสีเทาจะไม่มีเปลี่ยนแปลงของสี การวัดความต่างของเฉดสีหรือวัดปริมาณคาร์ไบด์ จะทำการวัดปริมาณที่ละช่องจากทั้งหมด 6 ช่องดังรูปที่ 5 (b) จากนั้นจึงนำมาหาค่าเฉลี่ยในรูปถ่าย การถ่ายรูปจะทำการถ่ายรูปชิ้นงานทดสอบ 5 รูปต่อหนึ่งตัวแปรดังตารางที่ 2 และวัดปริมาณคาร์ไบด์ 7 ครั้งต่อ 1 รูปถ่าย เพื่อให้ค่าเปอร์เซ็นต์ความแม่นยำที่ (Relative accuracy: RA) ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ CI [11] หากกำหนดเปอร์เซ็นต์ Relative accuracy 20 เปอร์เซ็นต์ อาจเกิดความคลาดเคลื่อนในการวัดที่สูงส่งผลให้ความเชื่อถือน้อยในการวัดปริมาณคาร์ไบด์ที่ตั้งได้ หากกำหนดค่า Relative accuracy 5 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ระยะเวลาในการวัดปริมาณคาร์ไบด์มากขึ้น อีกทั้งยังใช้ค่าใช้จ่ายสูงขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นเปอร์เซ็นต์ Relative accuracy ที่ 10 เปอร์เซ็นต์ จึงมีความเหมาะสมในการวัดปริมาณคาร์ไบด์ที่ตั้งได้จากวัสดุ

3. ผลการทดสอบ

3.1 การยืนยันธาตุผสมในอนุภาคคาร์ไบด์บนแผ่นฟิล์ม เซลลูโลสอะซิเตต

การยืนยันผลการลอกลายแบบดึงว่าวิธีการทั้ง 2 สามารถดึงอนุภาคคาร์ไบด์ออกจากวัสดุ ก่อนทำการวัดปริมาณคาร์ไบด์จากเทคนิคในการลอกลายและระยะเวลาในการกัดกรดที่แตกต่างกัน ซึ่งในการประเมินอายุที่เหลืออยู่ของวัสดุจากการวิเคราะห์ธาตุผสมในอนุภาคคาร์ไบด์ที่เปลี่ยนไป จำเป็นต้องรู้สัดส่วนระหว่างโครเมียมต่อเหล็กอันเนื่องมาจากเมื่อวัสดุถูกใช้งานมาเป็นระยะเวลานานปริมาณโครเมียมในคาร์ไบด์จะเพิ่มสูงขึ้นและธาตุเหล็กจะลดลง เป็นผลให้อนุภาคคาร์ไบด์มีขนาดมีโตและบริเวณโดยรอบขอบเกรนสูญเสียโครเมียมมากขึ้นตามระยะเวลาการใช้งานที่มากขึ้น [6,8,15-17] ในส่วนของการวัดการกระจายพลังงาน ของคาร์ไบด์พบว่าคาร์ไบด์เป็นชนิด Cr-rich Carbide สามารถบ่งชี้ได้จากชิ้นงานทดสอบอบที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 27 ชั่วโมง ซึ่งเป็นช่วงการตกผลึก Sensitization ระหว่างธาตุโครเมียมกับคาร์บอนในบริเวณขอบเกรน [8,18]





รูปที่ 6 โครงสร้างจุลภาคของวัสดุ 9Cr-1Mo ถ่ายจากฟิล์มเซลลูโลส อะซิเตด ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด (a) คาร์ไบด์ที่ดึงได้จากเทคนิคลอกลายแบบดึงไม่ใช่ไฟฟ้า (b) คาร์ไบด์ที่ดึงได้จากเทคนิคลอกลายแบบดึงใช้ไฟฟ้า (c) ผลการวัดการกระจายพลังงาน ของคาร์ไบด์จากฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช่ไฟฟ้า (d) ผลการวัดการกระจายพลังงานของคาร์ไบด์จากฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า

โดยที่รูปที่ 6 (a) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคจากแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงไม่ใช่ไฟฟ้าที่มีอนุภาคคาร์ไบด์ติดอยู่บนแผ่นฟิล์ม รูปที่ 6 (b) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคจากแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงใช้ไฟฟ้าที่มีอนุภาคคาร์ไบด์ติดอยู่บนแผ่นฟิล์ม รูปที่ 6 (c) ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของคาร์ไบด์ที่ติดมายังฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช่ไฟฟ้า ในส่วนรูปที่ 6 (d) ผลการตรวจสอบส่วนผสมทางเคมีของคาร์ไบด์ที่ติดมายังฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า ในส่วนของการวัดการกระจายพลังงานในอนุภาคคาร์ไบด์บนแผ่นฟิล์ม ดังรูปที่ 6 (c) และ (d) ได้ทำการวัดการกระจายพลังงานเฉพาะธาตุ โครเมียม และเหล็ก อย่างไรก็ตามเครื่องมือสำหรับวัดการกระจายพลังงานมีหัวโพรบขนาดใหญ่กว่าอนุภาคคาร์ไบด์จึงโดนฟิล์มเซลลูโลส อะซิเตด ที่อยู่รอบข้างคาร์ไบด์ [6] ที่มีองค์ประกอบเป็นคาร์บอน ออกซิเจน และทองที่เกิดจากการทำ Battering ในการเตรียมชิ้นงานเพื่อให้แผ่นฟิล์มนำไฟฟ้าขณะทำการถ่ายรูปด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาด ดังนั้นจึงได้ตัดธาตุผสมที่ไม่เกี่ยวข้องอันเป็นผลให้การวิเคราะห์เกิดคลาดเคลื่อน [17]

3.2 การวิเคราะห์ปริมาณคาร์ไบด์ที่สามารถดึงได้จากผิวหน้าวัสดุ

ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกวาดจำนวน ทั้งหมด 60 ภาพถ่าย จากตัวแปรดังตารางที่ 2 และวัดปริมาณคาร์ไบด์ด้วยโปรแกรม Image J รุ่น 1.47 [13] จึงสรุปปริมาณคาร์ไบด์ที่ดึงได้จากผิวหน้าชิ้นงานทดสอบ ไว้ในตารางที่ 3 ซึ่งใช้ มาตรฐาน ASTM E562-99 [14] ในการวัดปริมาณคาร์ไบด์ โดยกำหนดค่า (Relative accuracy) ต่ำกว่า 10 เปอร์เซ็นต์ ความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ CI ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบระหว่างเทคนิคการลอกลาย และระยะเวลาในการกัดกรดที่ส่งผลต่อปริมาณคาร์ไบด์ที่หลุดติดมายังแผ่นฟิล์มมากที่สุด เพื่อให้มีปริมาณคาร์ไบด์ที่เพียงพอต่อการวิเคราะห์ผลตามหลักสถิติ ในการประเมินอายุที่เหลืออยู่ของวัสดุจากส่วนผสมทางเคมีของคาร์ไบด์ที่เปลี่ยนแปลงให้มีความแม่นยำยิ่งขึ้น

ตารางที่ 3 ผลการลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าและการลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า

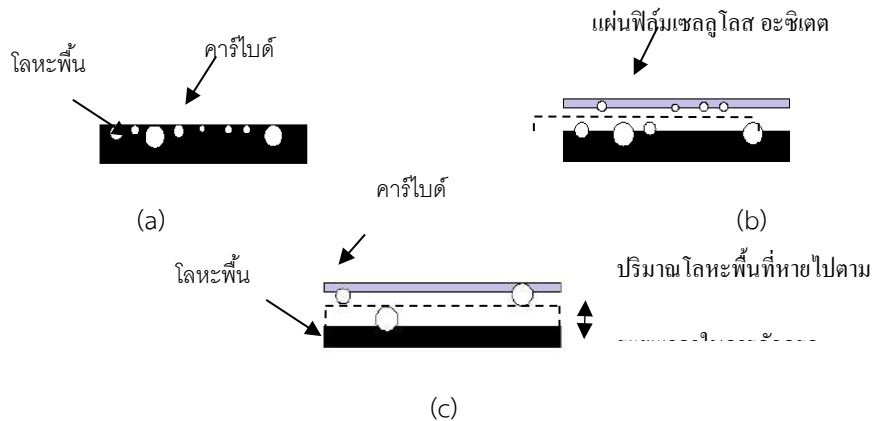
ระยะเวลาในการ กัดกรด (วินาที)	ไม่ใช้ไฟฟ้า		ใช้ไฟฟ้า	
	ปริมาณคาร์ ไบต์ (พื้นที่)	RA (เปอร์เซ็นต์)	ปริมาณคาร์ไบต์ (พื้นที่)	RA (เปอร์เซ็นต์)
10	1.76 ± 0.05	7.10	1.65 ± 0.06	4.03
20	2.29 ± 0.05	6.18	1.75 ± 0.15	8.56
30	2.66 ± 0.08	8.20	1.87 ± 0.17	9.43
60	2.94 ± 0.03	2.90	2.74 ± 0.10	3.94
90	3.44 ± 0.05	4.25	2.75 ± 0.12	4.70
120	3.11 ± 0.04	3.22	2.66 ± 0.10	3.90

ตารางที่ 3 แสดงถึงปริมาณคาร์ไบต์ที่หลุดติดมายังแผ่นฟิล์มพบว่า เทคนิคลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าสามารถดึงคาร์ไบต์ได้สูงสุด 3.44 ± 0.05 เปอร์เซ็นต์ ต่อพื้นที่ ส่วนการลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้าสามารถดึงคาร์ไบต์ได้สูงสุด 2.75 ± 0.12 เปอร์เซ็นต์ ต่อพื้นที่ โดยจากผลการวัดปริมาณคาร์ไบต์แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า สามารถดึงคาร์ไบต์จากผิวหน้าวัสดุได้มากกว่าลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า เนื่องจาก การลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้าเป็นการใช้กระแสไฟฟ้าในการกระตุ้นให้โลหะพื้น และอนุภาคคาร์ไบต์หลุดติดมายังแผ่นฟิล์มมากยิ่งขึ้น ดังนั้นจึงคาดการณ์ได้ว่าเทคนิคลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้ามีอนุภาคคาร์ไบต์ที่ติดมายังแผ่นฟิล์มมากกว่า การลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า แต่เมื่อทำการวัดปริมาณคาร์ไบต์ที่ติดมายังแผ่นฟิล์มโดยใช้เทคนิคลอกลายแบบใช้ไฟฟ้า พบว่าปริมาณคาร์ไบต์ที่ติดมายังแผ่นฟิล์มมีปริมาณต่ำกว่าการลอกลายแบบดึงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า ทั้งนี้มีความเป็นไปได้ว่าในระหว่างการลอกลายแบบดึงโดยใช้ไฟฟ้า การเตรียมชิ้นงานทดสอบมีอนุภาคคาร์ไบต์บางส่วนหลุดออกจากแผ่นฟิล์มในขณะที่แผ่นฟิล์มลอยขึ้นสู่ผิวหน้าสารละลายกรด จึงได้ทำการทดสอบลอกลายแบบดึงเพิ่มเติมโดยการวัดปริมาณอนุภาคคาร์ไบต์ บนแผ่นฟิล์มก่อนใส่ในสารละลายกรดและหลังใส่สารละลายกรดเพื่อเปรียบเทียบผล โดยทดสอบที่ระยะเวลาในการกัดกรด 90 วินาที ดังตารางที่ 4 พบว่าปริมาณคาร์ไบต์ที่ติดมายังแผ่นฟิล์มก่อนใส่ในสารละลายกรด มีปริมาณมากกว่าแผ่นฟิล์มที่ใส่ในสารละลายกรด

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบปริมาณคาร์ไบต์ที่ติดมายังแผ่นฟิล์มก่อนและหลังในการใส่ในสารละลายกรด

ปริมาณคาร์ไบต์ที่ติดมายังแผ่นฟิล์ม			
แผ่นฟิล์มก่อนใส่ในสารละลาย กรด (พื้นที่)	RA (เปอร์เซ็นต์)	แผ่นฟิล์มหลังใส่ในสารละลาย กรด (พื้นที่)	RA (เปอร์เซ็นต์)
3.48 ± 0.63	6.81	2.68 ± 0.87	4.53

ในส่วนของระยะเวลาในการกัดกรด ดังรูปที่ 7 เห็นได้ว่าทั้งสองเทคนิคเมื่อระยะเวลาในการกัดกรดมากกว่า 90 วินาที ปริมาณคาร์ไบด์ที่หลุดจากชิ้นงานทดสอบมีแนวโน้มลดลงเนื่องจากระยะเวลาในการกัดกรดมากขึ้น โลหะพื้นเกิดความเสียหายมากส่งผลให้อนุภาคคาร์ไบด์ บางส่วนหลุดในระหว่างการเตรียมชิ้นทดสอบก่อนที่จะผ่านฟิล์มเซลล์โลส อะซิเตดติดกับชิ้นทดสอบ เช่นกันกับระยะเวลาในการกัดกรดน้อย พื้นเกิดความเสียหายน้อยส่งผลให้อนุภาคคาร์ไบด์หลุดจากชิ้นงานน้อยเพราะอนุภาคคาร์ไบด์ยังฝังแน่นอยู่ในพื้น ดังนั้นระยะเวลาในการกัดกรดและขั้นตอนการเตรียมผิวชิ้นงานเพื่อให้ได้ปริมาณคาร์ไบด์ จากวิธีลอกลายแบบดิงจึงมีความสำคัญต่อการประเมินอายุที่เหลืออยู่ของวัสดุ [15-16,18]



รูปที่ 7 ระยะเวลาในการกัดกรดที่ส่งผลต่อปริมาณคาร์ไบด์ (a) ชิ้นทดสอบที่ยังไม่ผ่านการกัดกรด (b) ชิ้นงานที่ผ่านการกัดกรดใช้ระยะเวลาน้อย (c) ชิ้นงานผ่านการกัดกรดที่ใช้ระยะเวลามาก

4. สรุปผลการทดลอง

4.2 การลอกลายแบบดิง Extraction Replicas มีข้อได้เปรียบกว่าการลอกลาย Replicas ที่สามารถนำภาพถ่ายโครงสร้างทางจุลภาคจากผิวหน้าวัสดุและสามารถนำอนุภาคคาร์ไบด์จากผิวหน้าวัสดุมาวิเคราะห์ประเมินอายุที่เหลืออยู่จากปริมาณธาตุโครเมียมต่อเหล็กในอนุภาคคาร์ไบด์ที่เปลี่ยนไป

4.1 การเปรียบเทียบเทคนิคลอกลายแบบดิงโดยใช้ไฟฟ้าและลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าจากการศึกษาพบว่า เทคนิคลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้า สามารถดึงคาร์ไบด์ได้มากกว่าเทคนิคลอกลายแบบดิงโดยใช้ไฟฟ้า เนื่องจากมีอนุภาคคาร์ไบด์บางส่วนหลุดออกจากแผ่นฟิล์มในขณะที่แผ่นฟิล์มกำลังลอยขึ้นสู่ผิว ส่งผลให้เมื่อนำแผ่นฟิล์มมาวัดปริมาณคาร์ไบด์จึงมีปริมาณที่น้อยกว่า

4.2 ระยะเวลาในการกัดกรดที่ทำให้อนุภาคคาร์ไบด์หลุดติดมายังแผ่นฟิล์ม เซลล์โลส อะซิเตด มากที่สุดคือ 90 วินาที จากเทคนิคลอกลายแบบดิงโดยไม่ใช้ไฟฟ้าได้ปริมาณสูงสุด 3.44 เปอร์เซ็นต์ ต่อพื้นที่ และการลอกลายแบบดิงโดยใช้ไฟฟ้าสามารถดึงคาร์ไบด์จากผิวหน้าวัสดุได้ปริมาณสูงสุด 2.75 เปอร์เซ็นต์ ต่อพื้นที่

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผศ.ดร.อิศรทัต พึ่งอัน สำหรับการสนับสนุนและคำปรึกษา

เอกสารอ้างอิง

1. Regev M., Berger S. and Weiss B.Z. 1996. "Investigation of Microstructure Mechanical and Creep Properties of Weldments between T91 and T22 Steels", Welding Journal, 75: 261-168.
2. เสกศักดิ์ อัสวะวิสิทธิ์ชัย, 2557, "การวิเคราะห์ความเสียหายทางโลหการ", สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. รัชชัย ภัควิฑูรชัย, 2552, "การศึกษาการประเมินอายุการใช้งานที่เหลืออยู่ของท่อ Radiant Coils ที่ถูกใช้งานที่อุณหภูมิสูงภายในอุปกรณ์ Fired Heater", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
4. ASTM American Society for Testing and Materials 2013., E 1351 Standard Practice for Production and Evaluation of Field Metallographic Replicas.
5. ธนา ครุเสถียรพร, 2552, "การประเมินอายุการใช้งานของท่อ Convection Bare Tube ภายในเตาเผาของโรงงานปิโตรเคมี", วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
6. E.A.Kenik.,and P.J., Maziasz. 2012 "Application of Extraction Replicas and Analytical Electron Microscopy to Precipitate Phases Studies," ISIJ international, Vol. 43 (2012) No.3 pp. 420-427.
7. ชัญชนา ธนขยานนท์, สิทธิสุนทร สุโพธิณะ, จุริรัตน์ ประสาร, John T.H.Rearce, วิลาสินี วุฒิธิรสกล. "การประยุกต์ TEM ในงานด้านวัสดุศาสตร์และวิศวกรรม" สำนักพิมพ์ศูนย์เทคโนโลยีโลหะและวัสดุแห่งชาติ
8. ECCC, 2005, "Residual Life Assessment and Microstructure", ECCC Recommendation Volume6, ECCC-WG1.1,ECCC publishers, pp.2-16.
9. ASTM American Society for Testing and Materials 2013., E 407-99 Standard Practice for Micro etching Metals and Alloys1.
10. ASTM American Society for Testing and Materials 2013., Section 2 Part A, 319.
11. สลิตา เพชรสังข์, 2559 "การศึกษาการประเมินอายุในการเชื่อมวัสดุเหล็กกล้าโครเมียม-โมลิบดีนัม เกรด 2.25 Cr-1Mo กับเกรด 9Cr-1Mo-V" , วิทยานิพนธ์ปริญญาปรัชญาดุษฎีบัณฑิตวิศวกรรมอุตสาหการและระบบการผลิต คณะ วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยพระจอมเกล้าธนบุรี
12. ASTM American Society for Testing and Materials 1973., STP 547 Electron Metallography Techniques.
13. Volker Baecker "Image Processing and analysis with ImageJ and MRI Cell Image Analyzer" Online document <https://imagej.nih.gov/ij/docs/guide/user-guide.pdf> accessed on July 21, 2017
14. ASTM American Society for Testing and Materials ., Standard Test Method for Determining Volume Fraction by Systematic Manual PointCount1.,E562-99
15. A.Benvenuti., and P.Bontempi. 2012 "Assessment of material thermal history in elevated temperature components". Materials Characterization., 36:271-278.
16. Authors C.A.Be and Benvenuti. 2012 "In field Assessment of Material Damage and Ageing" Microstructural Diagnostics Laboratory., 65-74.

17. N.Zavaleta Gutierrez., and H.De Cicco.2011 “Evolution of Precipitated phases during Prolonged Tempering in a 9%Cr1%MoVNb Ferritic-Martensitic Steel: Influence on Creep Performance” Materials Science and Engineering A528 (2011) 4019-4029.
18. D.R.G Mitchell and S.Sulaiman. 2012 “Advanced TEM specimen Preparation methods for Replication of P 91 Steel”. Materials Characterization 56 (2012) 49-58.

กิจกรรม กับแรงบันดาลใจ

นายพงศกร จงชีวิวัฒน์

อดีตนักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

และอดีตเลขานุการ องค์การนักศึกษา มจร.

‘เด็กกิจกรรม’ เป็นอีกหนึ่งคำที่คนจำนวนไม่น้อย คุ้นเคยกันถึงข้อดี และข้อเสียของมัน หลายฝ่ายมองว่าเด็กที่ทำกิจกรรมจะทำให้เด็กเติบโตไปพร้อม ๆ กับการได้รับประสบการณ์อันล้ำค่า ในขณะที่เดียวกันก็มีอีกหลายฝ่ายที่ได้แย้งว่า เด็กที่ทำกิจกรรม มักจะมีผลการเรียนที่ไม่ค่อยจะสู้ดีนัก เป็นเหตุให้ผู้ปกครองหลาย ๆ ท่าน มีคำสั่งห้ามไม่ให้บุตรหลานทำกิจกรรมต่าง ๆ ซึ่งข้อถกเถียงเหล่านี้ ก็ยังคงหาบทสรุปที่ชัดเจนไม่ได้ซะทีเดียว ทั้งหมดนี้ ขึ้นกับความคิด ความเข้าใจ ของแต่ละบุคคลอย่างแท้จริง แล้วคุณล่ะ มีความเห็นอย่างไรกับคำว่า ‘เด็กกิจกรรม’ ?

สำหรับตัวของผมเองนั้นเติบโตมาในครอบครัวที่พ่อแม่ให้เราเติบโตเป็นคนขี้เก๋ ทำงานบ้านเป็น และเป็นคนขยันในทุก ๆ เรื่อง ซึ่งนั่นทำให้สมัยเด็ก ผมตั้งใจเรียน เรียน และก็เรียนอย่างเดียว กล้าพูดได้อย่างเต็มปากเลยว่า ตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ ๑ กระทั่งชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๖ ได้เกรดเฉลี่ย ๔.๐๐ มาโดยตลอด และไม่มีแววของการเป็นเด็กกิจกรรมได้เลย กระทั่งเริ่มเข้าสู่ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น การเรียนก็ยังคงไม่ขาดตกบกพร่องแต่อย่างใด ทว่า มีโอกาสที่ดี ที่ถือว่าเป็นจุดเริ่มต้นของการก้าวเข้าสู่เส้นทางที่ไม่มีทางหวนกลับมาได้ โอกาสนั้นเริ่มต้นมา



จากการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนในวิชาภาษาไทย ที่คุณครูให้นำเสนอสิ่งของอะไรก็ได้ ให้คนสนใจ และพร้อมจะซื้อ หรือใช้สิ่งของนั้น ในวันนั้นผมเลือกที่จะนำเสนอ “แว่นตา” ใครจะไปรู้ล่ะครับว่า การนำเสนอเพียงแค่ “แว่นตา” ซึ่งเป็นส่วนประกอบชิ้นเล็ก ๆ ในร่างกายผม จะนำพาผมมาพบกับความเป็นจริงที่ยิ่งใหญ่ในวันนี้ หลังจากที่เราเสนอเสร็จสิ้นเป็นที่เรียบร้อย คุณครูก็เรียกเข้าไปพบ ความรู้สึกในช่วงเวลานั้นมันกระอักกระอ่วนค่อนข้างมาก เพราะไม่สามารถรู้ได้เลยว่าคุณครูเรียกเข้าไปพบด้วยจุดประสงค์อันใด แต่เมื่อฟังคำพูดของคุณครูที่ว่า “คุณครูเห็นแววในการพูด การนำเสนอ จึงอยากให้ผมไปแข่งขันบรรยายธรรม” เท่านั้นแหละครับ จากความกระอักกระอ่วนใจ กลับการเป็นความหนักใจเข้ามาแทนที่ นั่นเป็นเพราะสมัยนั้นผมเป็นเด็กที่ค่อนข้างเรียบร้อย ไม่ค่อยกล้าแสดงออกเท่าที่ควร จึงทำให้ผมค่อนข้างหนักใจว่าจะสามารถทำได้หรือไม่ แต่ถึงกระนั้นคุณครูก็ยังยืนยันว่า คุณครูเชื่อมั่น และมองเห็นถึงพรสวรรค์ในตัวผม ผมจึงไม่สามารถขัดความตั้งใจของคุณครูได้ แต่อีกใจหนึ่งก็คิดว่า ลองดูสักตั้งคงไม่เสียหายอะไร ผมจึงจำเป็นจะต้องฝึกฝนอย่างต่อเนื่องในทุก ๆ เย็น

หลังเลิกเรียน เคยมีวันหนึ่งที่ค่อนข้างท้อ และไม่อยากฝึกต่อ เพราะเรานั้นไม่สามารถจำเนื้อหาในบทความที่คุณครูให้มาได้ จึงได้เข้าไปนั่งคุย พร้อมขอคำแนะนำจากคุณครู ซึ่งในครั้งนั้นมีประโยคจากปากคุณครูอยู่ประโยคหนึ่ง ที่เสมือนแรงผลักดัน เหมือนกำลังใจ เหมือนสิ่งเร้าที่ทำให้ผมอยากที่จะเอาชนะตัวเอง ประโยคนั้นก็คือ “ถ้าเราคิดว่าทำไม่ได้ เราก็ไม่มีวันพัฒนา ถ้าเราคิดว่าเก่งแล้ว เราก็จะไม่มีวันเอาชนะคนที่เก่งกว่า อย่ากดดันตัวเอง ลองปล่อยตัวเองให้เป็นไปตามธรรมชาติ และทำมันให้ดีที่สุด ครูเชื่อมั่นในตัวเรา” หลังจากนั้นผมก็เริ่มต้นฝึกฝนใหม่ กลับมาบ้าน



ก็ยังนั่งท่อง หาทุกวิถีทางที่จะทำให้เราสามารถเอาชนะตัวเองให้ได้ กระทั่งวันแข่งขัน บรรยากาศภายในห้องค่อนข้างตึงเครียด เนื่องจากนักเรียนที่ลงแข่งขันรายการนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๓ ทั้งสิ้นมีเพียงผมคนเดียวที่เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๑ และยังเป็นผู้ชายเพียงคนเดียวอีกด้วย ผมนึกถึงคำพูดที่คุณครูคอยพร่ำสอน และพยายามทำมันออกมาให้ดีที่สุดโดยไม่คิด หรือกังวลอะไรมากมาย เพียงแค่ชนะตัวเองได้ก็เพียงพอแล้ว เพราะนั่นจะเป็นประสบการณ์ครั้งแรกที่ผมได้ทำอะไรจากกรอบเดิม ๆ ที่ทำอยู่ และในที่สุดผมก็สามารถคว้ารางวัลชนะเลิศกลับมาได้ นี่ล่ะครับ คือจุดเริ่มต้นที่ผมเปลี่ยนแปลงอะไรมันไม่ได้ แต่ผมก็ไม่เคยเสียใจเลยที่ตัดสินใจเลือกหนทางนี้ แต่กลายเป็นว่าอยากกลับไปขอบคุณคุณครูท่านนี้มาก ที่ชี้แนะหนทาง และเห็นถึงความสามารถของผมในวันนั้น หลังจากที่ได้ไปแข่งขันในครั้งนั้น ก็เริ่มรับรู้ถึงความสนุกของการทำกิจกรรม อยากจะรู้ดีกว่าเราสามารถทำอะไรได้อีกบ้าง นับแต่นั้นเป็นต้นมา มีแข่งขันทางวิชาการอะไร ผมจะเข้าร่วมเสมอ โดยเฉพาะการแข่งขันสุนทรพจน์ ทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ มาถึงตรงนี้ หลายคนก็ยังอาจจะสงสัยว่า แค่นี้หรอ คือจุดเริ่มต้น ผมก็ตอบได้อย่างเต็มปากอีกว่า ใช่ !!! คนแต่ละคนมีจุดเริ่มต้น ที่เป็นแรงบันดาลใจที่แตกต่างกัน และมันจะนำพาเราไปสู่จุดหมายที่ต่างกันด้วย



การเริ่มต้นแข่งขันสุนทรพจน์ เป็นเพียงจุดเริ่มต้น ของเส้นทางสายนี้ แต่ก็ยังมีอีกเหตุการณ์หนึ่งที่เป็นจุดพลิกผันของชีวิตผม เหตุการณ์นี้เกิดขึ้นตอนมัธยมศึกษาปีที่ ๕ ได้มีโอกาสเข้าร่วมการประชุม เพื่อคัดเลือกตัวแทนดำรงตำแหน่งประธานสภาเด็กและเยาวชนประจำอำเภอ (ขณะนั้นโรงเรียนอยู่อำเภอบางพลี จังหวัดสมุทรปราการ) และหาว่าไม่รู้ว่าการที่ผมมีทักษะในการพูดที่

ได้จากการแข่งขันสุนทรพจน์ จะนำพาผมให้ได้รับการคัดเลือกเป็นประธานสภาเด็กและเยาวชนอำเภอบางพลี รวมไปถึงการควบตำแหน่ง รองประธานสภาเด็กและเยาวชนจังหวัดสมุทรปราการ หลังจากที่ได้เข้ารับตำแหน่งดังกล่าวนี้ ทำให้ผมได้ดำเนินการจัดกิจกรรมต่าง ๆ มากมายทั้งภายในอำเภอ และ ภายในจังหวัด ซึ่งกิจกรรมเหล่านี้ ล้วนแล้วแต่เป็นกิจกรรม ที่สอนให้ผมเติบโต ทำให้ผมได้เจอกับคนหลากหลายตา และทำให้ผมรักในการทำกิจกรรมเหล่านี้ โดยไม่หวังสิ่งใดตอบแทน นั้นเพราะการเริ่มต้นที่เกิดจากความกล้าที่จะเอาชนะ ความรักในสิ่งที่ตัวเองอยากจะทำ และทำให้ผมมีทัศนคติที่แตกต่างจากเด็กคนอื่น ๆ

เหตุการณ์ดำเนินต่อไปด้วยลักษณะเฉกเช่นเดิม คือ ผมทำกิจกรรมไป ควบคู่กับการเรียนไปด้วย ถึงแม้ว่าจะต้องสละเวลาเรียน เพื่อไปทำกิจกรรมบ้าง แต่ก็ถือว่าเป็นความโชคดีที่ทางโรงเรียนสนับสนุนให้ทำกิจกรรม จึงไม่ติดปัญหาเรื่องลาเรียน เพื่อไปทำกิจกรรม มาถึงตรงนี้ ผู้ปกครองหลายท่านคงไม่อยากให้บุตรหลานของท่าน มาทำกิจกรรมแล้ว เพราะเกรงว่าการลาเรียน จะทำให้กระทบกับผลการเรียนได้ แต่ข้าก่อน มันไม่ใช่อย่างนั้น เพราะผมสามารถจบระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ด้วยเกรดเฉลี่ยกว่า ๓.๘๖ พร้อมกับประสบการณ์อันล้ำค่าจากการทำกิจกรรม แต่ถึงอย่างนั้น ผมเองก็ยังไม่กล้าเรียกตัวเองว่า ‘เด็กกิจกรรม’ ได้อย่างเต็มปาก



เวลาล่วงเลยผ่านไป กำลังจะต้องก้าวเข้าสู่รั้วมหาวิทยาลัย ถือได้ว่าเป็นอีกหนึ่งโอกาสอันสำคัญในช่วงชีวิตของการเป็นเด็กกิจกรรม คือ การได้รับทุนเพชรพระจอมเกล้าด้านผู้นำ ซึ่งจะต้องทำกิจกรรมต่าง ๆ ทั้งภายนอก และภายในมหาวิทยาลัย มีผลงานเป็นที่ประจักษ์ และพัฒนาทั้งตัวเอง รวมถึงคนรอบข้างไปพร้อม ๆ กัน ความสนุกสนานของการได้ทำกิจกรรมในช่วงชีวิตของนักศึกษา ก็คือ เพื่อน ผมก้าวสู่รั้วมหาวิทยาลัยด้วยตัวคนเดียว ไม่มีเพื่อนจากโรงเรียนเก่าเลย ต้องสร้างสัมพันธ์ใหม่ทั้งสิ้น แต่นั่นก็ได้เป็นปัญหาแต่อย่างไร เพราะการทำกิจกรรมในช่วงมัธยมศึกษา สอนให้ผมรู้ถึงวิธีการเข้าหาคนอื่น การสร้างมนุษยสัมพันธ์ที่ดีต่อกัน และทำให้ผมได้เป็นรองประธานรุ่นในที่สุด ผมก็ใช้ชีวิตเฉกเช่นเดิม เรียนบ้าง

เล่นบ้าง ทำกิจกรรมบ้าง การทำกิจกรรมส่วนใหญ่ก็ไม่ได้แตกต่างจากตอนมัธยมศึกษาเท่าใดนัก เพียงแต่เพิ่มเติมความท้าทายอีกหนึ่งอย่างในชีวิต คือการก้าวเข้าสู่การเป็นพิธีกร อย่างจริงจัง ผมเข้าร่วมกิจกรรมแทบจะทุกกิจกรรม เป็นผู้จัด บุกเบิก ริเริ่ม สิ่งใหม่ ๆ ให้กับกิจกรรมในมหาวิทยาลัย ดำรงตำแหน่งมากมาย ตลอดระยะเวลาที่ศึกษาอยู่ในรั้วมหาวิทยาลัยแห่งนี้ เพื่อที่จะลบคำสบ



ประมาทของอาจารย์ ที่เคยพูดกับผมไว้ตอนสัมภาษณ์ทุนว่า “ผมจะคอยดูว่าคุณจะทำได้อย่างที่คุณเคยทำมาก่อนหรือเปล่า” หรือว่าจะเป็น “ผมไม่เห็นว่าการดำเนินกิจกรรมนี้จะสื่อถึงความเป็นผู้นำในตัวคุณเลย” ผมนำคำเหล่านี้มาเป็นแรงผลักดันให้เกิดการพัฒนาตัวเอง จนบัดนี้ ผมกล้าพูดได้อย่างภาคภูมิใจว่า ผมเป็น ‘เด็กกิจกรรม’ โดยแท้จริง

การทำกิจกรรมต่าง ๆ มันอาจจะกระทบกับการเรียนบ้างเป็นเรื่องธรรมดา แต่เราจะต้องเรียนรู้ แยกแยะ และแบ่งเวลาให้ถูกต้อง หากเราใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากเกินไป เราก็ต้องแบ่งเวลาในส่วนที่ต้องพัก มาทบทวนเนื้อหาหมากกว่าคนอื่น ๆ สักเล็กน้อย เพื่อที่จะตามคนอื่นได้ทัน แล้วอย่างไรรู้ ที่จะเรียกว่าแบ่งเวลาเป็น ? การแบ่งเวลาไม่ใช่เรื่องยาก เราเพียงต้องพิจารณา



ก่อนว่าอะไรเป็นสิ่งที่ควรจะต้องทำเป็นอย่างแรก อะไรที่สำคัญมากกว่ากัน อย่างที่กล่าวไว้ตอนต้น หากเราใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่าการเรียน เราก็ต้องขยันอ่านหนังสือมากกว่าเพื่อน ๆ เป็นสอง หรือสามเท่า ขึ้นกับระยะเวลาที่เสียไป เช่น เราเสียเวลาเรียนไป สามชั่วโมง เราก็สละเวลาในการพักผ่อนที่บ้านสักสามถึงสี่ชั่วโมง ไม่ว่าจะเป็นดูหนัง ฟังเพลง เล่นเกม มา

ทบทวนเนื้อหาที่คุณครูสอน หรือ หากมีให้เลือกว่าระหว่างไปแข่งขันเพื่อเป็นตัวแทนจังหวัดไปแข่งขันในระดับประเทศ กับ การสอบในโรงเรียน หรือมหาวิทยาลัย เราก็ควรชั่งน้ำหนักก่อนว่า อะไรสำคัญกับชีวิตเรามากกว่ากัน ผมเองก็ไม่สามารถตอบได้ร้อยเปอร์เซ็นต์หรอกครับว่าอะไรสำคัญกว่ากัน เพราะมันขึ้นกับทัศนคติ และมุมมองการใช้ชีวิตของแต่ละคน เพียงแค่เราลำดับความสำคัญให้ได้ เราก็จะรู้ว่าเราควร



จะทำอะไรก่อน/หลัง หรือควรทำอะไร/ไม่ควรทำอะไร หากใครพูดว่าการทำกิจกรรมทำให้การเรียนเสีย ผมกล้ายืนยันได้ตรงนี้เลยครับว่า บุคคลนั้น ไม่ใช่เด็กกิจกรรมที่แท้จริง เพราะการทำกิจกรรม จะต้องสอนให้คุณเติบโต สอนให้คุณแบ่งเวลาเป็น สอนให้คุณรู้จักหน้าที่ความรับผิดชอบที่เราจะต้องทำจริงอยู่ที่หลายคนบอกว่าไม่จำเป็นต้องทำกิจกรรม ก็สามารถมีชีวิตในสังคมได้ มีหน้าที่การงานดี ๆ ได้ แต่ผมถามกลับครับว่า

แล้วคุณคิดว่า ชีวิตของคุณมีความสุขแล้วหรือยัง ?



การทำกิจกรรมไม่ได้ให้เพียงแค่ประสบการณ์การใช้ชีวิต แต่มันให้คำว่า ‘มิตรภาพ’ ที่ไม่อาจเลือนหายไปจากใจเราได้ มิตรภาพที่ได้จากการทำกิจกรรม มิตรภาพที่คอยส่งเสริมเกื้อหนุนกัน มิตรภาพที่คอยสร้างทั้งเสียงหัวเราะ และความสุข และมิตรภาพที่จะไม่มีวันเปลี่ยนแปลงไป ผมไม่อาจบังคับใครให้เป็นเหมือนผม เพราะแต่ละคนก็มีหนทางที่ต่างกันออกไป ผมไม่อาจบังคับ

ใครให้มาทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ประสบการณ์มากมาย เพราะนั่นก็เหมือนการยึดเยียดสิ่งที่ไม่พร้อมให้กับบุคคลนั้นไป แต่ผมบอกได้แต่เพียงว่า หากไม่มีกิจกรรมในวันนั้น ชีวิตของผมในวันนี้ก็ไม่ว่าจะมีชีวิตที่มีความสุขได้เท่านี้หรือไม่ ชีวิตอยู่ในมือคุณ อยู่ที่คุณเลือก และใช้มัน

The Conference of International Welding and Inspection Technology (IWIT 2017)

การประชุมระดับชาติ ด้านวิชาการเทคโนโลยีการเชื่อม
และการตรวจสอบ (TWIT 2017)

The 4.0 in Welding :
Processes, Design,
Metallurgy, and Inspection

11-12/11/17

Sand Dunes Chaolao Beach Resort

Title	Presented by
Electromagnetic Inspection	Prof. Dr. Zhenmao CHEN (Xi'an Jiaotong U., China)
Metallurgical Aspect in Welding	Prof. Dr. Toshiya Shibayanagi (Toyama U., Japan)
Welding Process Observation	Prof. Dr. Manabu Tanaka (JWRI, Japan)
Welding for Transportation in Thailand	Assoc. Prof. Dr. Bovornchok Poopat (KMUTT, Thailand)

Registration	
Early Bird Before 23 October 2017	Normal Before 23 October 2017
Student 3,500 THB	Student 4,000 THB
General 4,500 THB	General 5,000 THB

Activities : - Conference
- Sponsor Booths



Organized by : - Institute of Scientific and Technological Research and Services (ISTRS)
- King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)
- Department of Industrial Engineering, Mahidol University

Contact : Continuing Education Center, King Mongkut's University of Technology Thonburi
Tel. 02-470-9634 Email: twit2017@kmutt.ac.th www.twit2017.kmutt.ac.th

 **TWIT**
2017