ISSN 2465 4493

ISTRS e-Journal

VOLUME 3 ISSUE 1 (JANUARY - MARCH 2017)

หุ่นพ่อ TQM

ภาค 2

By Institute for Scientific and Technological

Research and Services (ISTRS)

King Mongkut's University of Technology Thonburi (KMUTT)

บทบรรณาธิการ (Editorial)

ISTRS Journal ฉบับที่ 1 ปี 2560 (มกราคม – มีนาคม 2560) ขอต้อนรับศักราชใหม่ กับบทสัมภาษณ์ คุณมนตรี อุวรรณโณ ศิษย์เก่า มจธ.วิศวกรรมไฟฟ้า ซึ่งผันตัวเองมาทำธุรกิจก่อสร้างและอสังหาริมทรัพย์ ซึ่งไม่ใช่สาขาวิชาชีพที่เรียนจบมา แต่สามารถประสบความสำเร็จจนเป็นที่รู้จัก เรามาพบแนวคิดและวิธีการทำงานของท่านร่วมกัน นอกจากนี้แล้วเรายังนำเสนอที่มาที่ไปของการประชุมวิชาการเทคโนโลยีการเชื่อมและการตรวจสอบ หรือ The Emerging of TWIT ว่ามีกำเนิดมาอย่างไร จวบจนมาถึงการจัดงานครั้งล่าสุดที่จะมีขึ้น ระหว่างวันที่11-12 พฤศจิกายน 2560 นี้ ที่จะเป็นการจัดงานประชุมวิชาการที่เข้าสู่ความเป็นระดับนานาชาติมากขึ้น

ในฉบับนี้ ยังมีการนำเสนอมุมมองการทำ TQM ให้สำเร็จ (ภาค 2) ของ ผศ.เจริญ สุนทราวาณิชย์ และในคอลัมน์Research Supplement มีบทความที่ผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิ เรื่องผลกระทบของกระบวนการเชื่อมและอนุภาคต่อการสึกหรอแบบขัดถู โดยหวังว่า ISTRS Journal นี้ จะเป็นแหล่งรวมองค์ความรู้ดี ๆ ของพวกเราชาว มจธ.ต่อไป

กองบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผศ.นิธิ บุรณจันทร์	**ที่ปรึกษา**
รศ.ดร.ประเวทย์ ตุ้ยเต็มวงศ์	**ที่ปรึกษา**
นายเกษมศักดิ์ ศรีธาราธร	**ที่ปรึกษา**
ผศ.ดร.อิศรทัต พึ่งอ้น	**บรรณาธิการ**
นางรุ่งนภา เตาทองนันตสิน	**รองบรรณาธิการ**
ผศ.ดร.ธิติมา วงษ์ชีรี	**กองบรรณาธิการ**
นางวาสนา มานิช	**กองบรรณาธิการ**
นางสาวภัทธีรา ม้วนจั่น	**กองบรรณาธิการ**
นายธนะศักดิ์ ทวนทอง	**กองบรรณาธิการ**
นางสาวชาลินี กระจ่างพจน์	**กองบรรณาธิการ**
นางสาวอัญชลี รอดภัย	**กองบรรณาธิการ**
นางสาวพิมชนก เปรมสมาน	**กองบรรณาธิการ**
นางสาวชนนิกานต์ ขลิบทอง	**กองบรรณาธิการ**

สารบัญ

หน้า

Senior Vision

- มุมมองการทำ TQM ให้สำเร็จของ ผศ.เจริญ สุนทราวาณิชย์ (ตอนที่ 2) 4

Experience show case

- กำเนิดแห่ง “การประชุมวิชาการเทคโนโลยีการเชื่อมและการตรวจสอบ”The Emerging of TWIT 6
- การพัฒนาหลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ 10

Industrial Trend

- คุณมนตรี อุวรรณโณ 14
  กรรมการผู้จัดการบริษัท เอ็ม อี ซี อินดัสตรี จำกัด / บริษัท อุวรรณโณ จำกัด

Reseach Supplement

- ผลกระทบของกระบวนการเชื่อมและอนุภาคต่อการสึกหรอแบบขัดถู 17

มุมมองการทำ TQM ให้สำเร็จของ ผศ.เจริญ สุนทราวาณิชย์ (ตอนที่ 2)

ถอดบทสัมภาษณ์โดย พิมชนก เปรมสมาน

ความเดิมจากบทความที่แล้ว เราได้ทำความรู้จักกับ TQM และ C^3 แล้วนั้น รวมทั้งได้รู้จักกับประเภทปัญหาและเครื่องมือที่ใช้ในการแก้ไขปัญหาแบบ TQM อย่างคร่าวๆ ไปแล้วฉบับนี้เราจะมาสัมภาษณ์ ผศ.เจริญ สุนทราวาณิชย์ กันต่อในเรื่องการประยุกต์ใช้ TQM สำหรับการทำงาน

จากที่ผมได้กล่าวมาแล้ว ในบทความก่อนหน้านั้น เทคนิคในการแก้ไขปัญหาแบบ TQM นอกจากจะช่วยแก้ไขปัญหาได้แล้ว ยังสามารถเป็นเครื่องมือในการพัฒนาศักยภาพของพนักงานได้ด้วย ซึ่งเทคนิควิธีการหาสาเหตุก็มีหลายแบบอย่าง เช่น การใช้ผังก้างปลา การใช้เทคนิค Why-Why Analysis เพื่อหาสาเหตุ และใช้ How-How Analysis เพื่อหาวิธีการแก้ไขและกำหนดเป็นแผนในการดำเนินงานให้สำเร็จ และสามารถบรรลุ Company Wide ได้

คนส่วนใหญ่วางแผนโดยใช้ PDCA แต่อาจยังไม่รู้วิธีการเขียนแผนและการดำเนินงานให้สำเร็จต้องทำอย่างไร

ต้องกล่าวก่อนว่า PDCA (Plan , Do , Check , Act) เป็นกระบวนการเมื่อเราจะเริ่มแก้ไขปัญหา โดยเริ่มจากการวางแผน (P : Plan) โดยส่วนใหญ่การวางแผนจะมีกิจกรรม เช่น การค้นหาปัญหา คัดเลือกปัญหา การกำหนดเป้าหมาย การค้นหาสาเหตุ การหาวิธีการแก้ไข พอได้วิธีการแก้ไขก็นำไปปฏิบัติ (D : Do) การตรวจสอบ (C : Check) หมายความว่าขณะที่เราตั้งเป้าหมายแล้วนำไปปฏิบัติ ก็เทียบดูว่าผลลัพธ์ได้ตามเป้าหมายหรือไม่ ถ้าได้ตามเป้าหมาย การปรับปรุงแก้ไข (A : Action) หมายความว่านำแผนนี้ไปตั้งเป็นมาตรฐานในการทำงานได้ แต่ถ้าเกิดตรวจสอบแล้ว ไม่ได้ตามเป้าหมาย ก็ต้องปรับเปลี่ยนแผนใหม่ เพื่อให้ผลดำเนินงานสามารถสำเร็จตามเป้าหมายได้ นี่ก็คือการเริ่มไปสู่วงจร PDCA อีกครั้ง

ส่วนการเขียนแผนการดำเนินงานผมใช้หลักการในการเขียนแผนก็คือ 5W1H ได้แก่ What ทำอะไร When ทำเมื่อไร Where ทำที่ไหน Who ใครเป็นคนทำ และ How รายละเอียดวิธีการ และWhy เหตุผลของทั้งหมด แผนงานส่วนใหญ่มักจะเขียนออกมาเป็น Gantt Chart โดยจะแสดงให้เห็นขั้นตอน ระยะเวลาการทำงาน ว่าแต่ละช่วงเวลาต้องทำอะไร การเขียนแผนงานได้ เราต้องรู้ก่อนว่าจะทำอะไร พอตรวจสอบแล้ววิธีการนี้ได้ผล เช่น เราอยากจะออมเงิน จะออมยังไงดี เดือนไหนต้องตัดเท่าไร ต้องลดค่าใช้จ่ายอะไร แต่พอลองทำแล้วได้ตามเป้าหมาย ก็นำมาทำเป็นมาตรฐาน

การเขียนแผนไม่มีรูปแบบการเขียนที่ตายตัว คือส่วนใหญ่จะเขียนให้ดูแล้วรู้ว่า ต้องทำอะไร ต้องทำที่ไหน จะต้องทำเมื่อไร ใครต้องทำ ทำอย่างไร มีการเรียงลำดับขั้นตอนว่าเรื่องใดควรทำก่อน เรื่องใดควรทำหลัง และมีการกำหนดช่วงเริ่มต้นและช่วงสิ้นสุด และถ้าจะให้ดีควรกำหนดผู้รับผิดชอบในแต่ละเรื่อง เพราะคนรับผิดชอบอาจจะไม่ใช่คนทำ และมีการเขียนผลของการลงมือทำในแต่ละขั้นตอนตามแผน

สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี(สวท.) เป็นธุรกิจให้บริการ ควรเริ่มทำ TQM อย่างไร

เริ่มต้นจาก **เราต้องมองว่าทุกคนในองค์กร เป็นลูกค้าของเรา Company Wide จึงจะเกิดขึ้นได้** และ**Quality เป็นความรับผิดชอบของทุกคนในองค์กร** เราสร้างคุณภาพเพื่อลูกค้า ทุกคนจึงต้องเกี่ยวข้องกับคุณภาพเพราะทุกคนเกี่ยวข้องกับลูกค้า **ในองค์กรทุกคนต่างเป็นลูกค้าซึ่งกันและกัน** จากนั้นผมต้องการให้เริ่มสร้างจิตสำนึกที่จะไม่ยึดแต่งานประจำ คิดค้นหา คิดปรับปรุงจะเริ่มอย่างไร ซึ่งขึ้นอยู่กับแนวทางว่าเราจะบริหารอย่างไร ควรเริ่มจากการทำกิจกรรมข้อเสนอแนะ (Suggestion) เพื่อให้เกิดเป็นการกระทำที่ทุกคนต้องทำ ในภาคอุตสาหกรรมบริษัทจะกำหนดเป็นนโยบายว่าอย่างน้อยพนักงานต้องส่งกี่เรื่องต่อคนต่อปี โดยต้องมีการกำหนดผู้รับผิดชอบ การเริ่มที่กิจกรรมข้อเสนอแนะ (Suggestion) ผมมองว่าสามารถทำได้ง่าย แต่ก็ต้องระวังความเข้าใจผิดของพนักงาน เช่น ส่งข้อเสนอแนะในการขอขึ้นเงินเดือน อย่างนี้ไม่ใช่ เราต้องมีการตรวจสอบเรื่องที่พนักงานส่งข้อเสนอแนะ โดยมีการตั้งเป็นคณะกรรมการ ซึ่งอาจจะประกอบไปด้วยผู้บริหารและพนักงาน เพื่อกรองเรื่องอะไรที่มันนอกลู่นอกทางเอาออกไป ถ้าเป็นโรงงานจะตั้งเป็นกล่องรับข้อเสนอแนะและมีแบบฟอร์ม ให้พนักงานนำเสนอเรื่องในการปรับปรุงพัฒนางานให้ดียิ่งขึ้น เรื่องไหนคณะกรรมการเห็นว่าควรปรับปรุงก็จะให้ไปทำ อาจจะมีการให้เป็นรางวัล เพื่อเป็นการกระตุ้น แต่อาจจะไม่ได้ให้เป็นรางวัลใหญ่มาก นอกจากนี้ยังทำให้พนักงานรู้สึกว่าผู้บริหารระดับสูงรับฟังความคิดเห็นของพวกเขา ทำให้พนักงานรู้สึกว่าตัวเองมีคุณค่าและรู้สึกมีส่วนร่วม

พอผ่านจุดนี้ไปได้ก็จะเริ่มไปทำกิจกรรมกลุ่ม เช่น Kaizen ถ้าเป็นคนในสำนักงานก็มีการทำ Office Kaizen โดยในภาคอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการทำกิจกรรม QCC โดยให้พนักงานเสนอเรื่องที่อยากทำ หรืออยากปรับปรุงแก้ไข โดยกำหนดให้ทำเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 1-3 เรื่องต่อปี ซึ่งจะมีการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่องงานประจำก็ทำ ทั้งนี้ทุกอย่างขึ้นอยู่กับนโยบายของแต่ละบริษัทว่าจะให้พนักงานแบ่งเวลามาทำกิจกรรม QCC อย่างไร อาจจะกำหนดให้มีการทำกิจกรรมสัปดาห์ละ 1 ชั่วโมง โดยให้พนักงานเลือกเวลาที่สะดวกและถือว่าเวลานั้นเป็นเวลาทำงานด้วย

TQM หรือ ระบบการบริหารองค์กรแบบอื่น ส่วนใหญ่เริ่มมาจากโรงงานเพราะปัญหาในโรงงานเห็นได้ชัด ด้วยสายตา เช่น ชิ้นงานบกพร่อง ชิ้นงานเสียหาย จึงเริ่มเกิดมาเป็น 7 QC Tools จนได้เห็นเป็นรูปธรรม พอสำนักงานเห็นในโรงงานทำแล้วได้ผลดี ก็ต้องการทำบ้าง แต่ข้อมูลไม่เหมือนกันจึงต้องใช้เครื่องมือที่แตกต่างกันไปบ้าง เมื่อองค์กรได้ทำการปรับปรุงแก้ไขปัญหาต่างๆจนหมดไป เราก็ยังต้องทำให้ดียิ่งๆขึ้นไปเรื่อยๆ หรือที่เรียกว่า Continuous Improvement ลูกค้ายังไม่ตำหนิ แต่เราทำก่อนที่เขาจะตำหนิ ให้ลูกค้าประทับใจในคุณภาพและการให้บริการของเราที่เหนือความคาดหวัง ซึ่งหากมองในด้านของการแข่งขันธุรกิจก็คือ เราจะรอให้คู่แข่งเท่ากับเราทำไม เราต้องพัฒนาไปเรื่อยๆ ให้มากกว่าคู่แข่งยิ่งๆขึ้นไป

กำเนิดแห่ง “การประชุมวิชาการเทคโนโลยีการเชื่อมและการตรวจสอบ”
The Emerging of TWIT

โดย ผศ.ดร.อิศรทัต พึ่งอ้น
รักษาการหัวหน้าศูนย์ซ่อมบำรุงรักษา : สวท.

ตามที่เคยแจ้งไว้ในคราวก่อนถึงอุตสาหกรรมงานเชื่อมที่ถือได้ว่าเป็นอุตสาหกรรมลำดับสอง (Secondary Industry) ที่มีความสำคัญอย่างยิ่งแล้วนั้น เราจำเป็นที่จะต้องทำการส่งเสริมอุตสาหกรรมดังกล่าวอย่างต่อเนื่อง เพื่อเป็นการยกระดับอุตสาหกรรมทั้งทางด้านเทคโนโลยี มาตรฐาน และทักษะ มิฉะนั้นจะส่งผลต่ออุตสาหกรรมอื่น ๆ ที่เป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องได้ เช่น อุตสาหกรรมการประกอบ (Fabrication) ซึ่งจะต้องทำการประกอบโครงสร้างต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นสะพาน (อาจจะใช้มาตรฐาน AWS D1.1) หม้อไอน้ำ (อาจจะใช้มาตรฐาน ASME Pressure & Pressure Vessel) หรือท่อส่งน้ำมัน (อาจจะใช้มาตรฐานตระกูล API) โดยมาตรฐานดังกล่าวจะคลอบคลุมทั้งการบริหารจัดการ เครื่องมืออุปกรณ์ วัสดุที่ใช้ รวมถึงแรงงานที่ใช้ในการปฏิบัติการและการตรวจสอบด้วย ดังนั้นหากเราไม่ส่งเสริมหรือพัฒนาทางด้านงานเชื่อม จะทำให้เรามีโอกาสที่จะสูญเสียรายได้จากอุตสาหกรรมดังกล่าวไป

เทคโนโลยีที่เกี่ยวกับงานเชื่อมมีความหลากหลายอย่างมาก ทั้งนี้เราสามารถแบ่งกลุ่มการทำงานได้ออกเป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ การออกแบบงานเชื่อม (Design) กระบวนการเชื่อม (Processes) การตรวจสอบงานเชื่อม (Non-Destructive Evaluation) และโลหะวิทยางานเชื่อม (Welding Metallurgy) ทั้ง 4 กลุ่มงานนี้จะต้องทำงานประสานกันเพื่อให้ได้มาซึ่งการปฏิบัติงานที่มีประสิทธิภาพ ไม่พบข้อบกพร่องในการเชื่อม สามารถรับภาระการใช้งานได้ตามที่ได้ออกแบบ มีอายุใช้งานตามที่ต้องการ

อย่างไรก็ตาม แม้ว่างานเชื่อมจะเป็นงานที่มีความสำคัญต่ออุตสาหกรรมต่าง ๆ ของประเทศ แต่เนื่องจากเป็นอุตสาหกรรมลำดับสอง (Secondary Industry) ทำให้ได้รับการรับรู้จากสังคมเป็นวงจำกัดเฉพาะผู้ที่อยู่ในวงการเท่านั้น นอกจากนี้ยังได้รับการรับรู้ในด้านที่ไม่ค่อยดีมากนัก เช่น การเรียนช่างเชื่อมเพื่อจะไปเป็นช่างทำเหล็กดัดหรือ การเรียนเชื่อมจำเป็นจะต้องเรียนสูงระดับปริญญาโท – เอก ขนาดนั้นเลยหรือ และยังรวมถึงการเรียนการสอนทางด้านงานเชื่อมมีต้นทุนที่สูง ทำให้หน่วยงานภาคการศึกษาไม่ค่อยให้ความสนใจในการพัฒนาทางด้านนี้เท่าที่ควร

เพื่อเป็นการส่งเสริมอุตสาหกรรมงานเชื่อมให้ได้รับการรับรู้ในวงกว้าง จึงได้มีการหารือเพื่อพัฒนาโครงการ “การประชุมวิชาการเทคโนโลยีการเชื่อมและการตรวจสอบ” (Thailand Welding and Inspection Technology” (TWIT) ทั้งนี้ได้จัดงานมาแล้ว 3 ครั้งในปี 2013 2015 2016 และอยู่ระหว่างการดำเนินงานอีกในปีนี้ 2017 โดยมีผู้จัดงาน คือ สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (ผ่านศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา) ร่วมกับ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นเจ้าภาพร่วมกันในเบื้องต้น

ในการจัดงานครั้งแรกปี 2013 นั้น ทางทีมงานได้จัดงานร่วมกับ “การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการ” (IE Network) ซึ่งในปีดังกล่าว ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยมหิดล เป็นเจ้าภาพหลักในการจัดงานดังกล่าว ทางศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา สวท. จึงเสนอที่เข้าจัดงานนี้ร่วมกันเพื่อ

เพิ่มโอกาสในการขยายเครือข่ายซึ่งกันและกัน โดยมีการจัดงานในระหว่างวันที่ 16 – 18 ตุลาคม 2013 ที่ A-One the Royal Cruise Hotel พัทยา ประเทศไทย

การจัดงานครั้งต่อมาในปี 2015 ในครั้งนี้ได้แยกตัวออกมาจากการจัดงานร่วมกับงาน IE Network อย่างไรก็ตามยังคงเป็นความร่วมมือกันระหว่างเจ้าภาพเดิม จัดขึ้นระหว่างวันที่ 5 – 6 พฤศจิกายน 2015 ที่โรงแรม The Zign Hotel พัทยา ประเทศไทย การจัดงานครั้งนี้มีโปรแกรมการบรรยายอย่างแน่นหนาเป็นอย่างมาก ทั้งบทความวิจัย และบทความที่บรรยายเพิ่มขึ้นในตอนต้นของแต่ละช่วงเวลาการบรรยาย (Sessions) โดยผู้เชี่ยวชาญทั้งจากภาครัฐ และเอกชน รวมถึงการบรรยายพิเศษ เช่น

- Prof.Dr.-Ing Fritz Hartung: Welding for Repair and Maintenance
- Dr. Prasitthipon Sowapee, BTS Group Holdings Public Company Limited: Inspection Trends for Rail Transportation System

ภาพ แสดงการจัดงาน TWIT2013

ภาพ แสดงการจัดงาน TWIT2015 ซ้าย Prof.Dr.-Ing Fritz Hartung ขวา Dr. Prasitthipon Sowapee

ในการจัดงานครั้งล่าสุด ทางคณะทำงานมีแนวคิดที่จะเริ่มพัฒนาการจัดงานไปสู่ระดับนานาชาติ จึงได้เริ่มมีการเชิญผู้เชี่ยวชาญจากต่างประเทศมาร่วมในการบรรยายมากขึ้น รวมถึงปรับเปลี่ยนแนวทางการดำเนินงานใหม่ โดยต้องการให้มีการจัดประชุมวิชาการ (Conference) ร่วมกับการบรรยายให้ความรู้โดยผู้เชี่ยวชาญ (Symposium) ปีเว้นปี ดังนั้นการจัดงานในปี 2016 จึงเป็นงาน TWIT Symposium ซึ่งได้รับเกียรติจากอาจารย์และผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศเข้าร่วมและบรรยายทั้งหมด 12 หัวข้อในวันที่ 11 พฤศจิกายน 2016 ที่ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยมีเจ้าภาพร่วมเช่นเดิม นอกจากนี้การบรรยายตลอดทั้งงานยังมีการเผยแพร่ถ่ายทอดสดผ่าน YouTube ที่

https://www.youtube.com/channel/UC8bFrTgyJ04qTW_EyoHWnXg

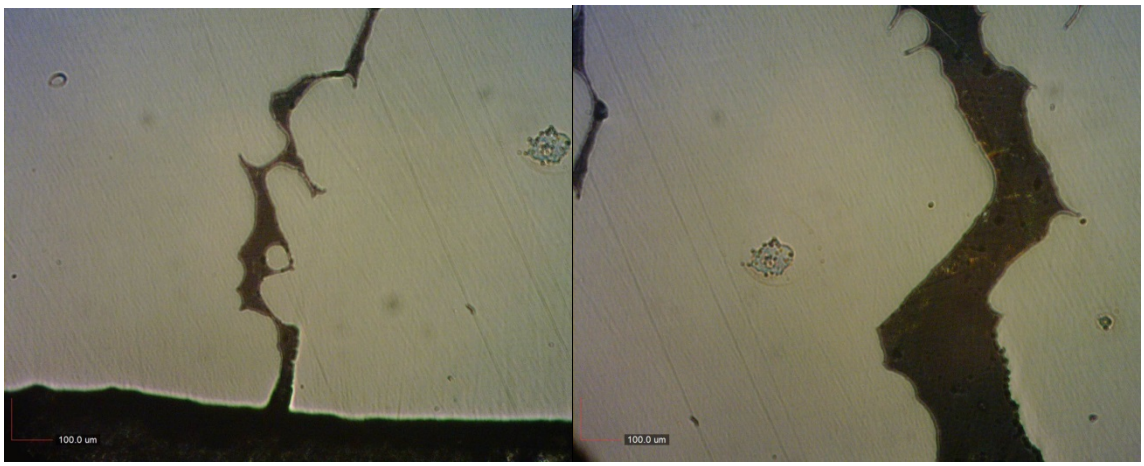
Prof. Dr. Manabu Tanaka (JWRI, Japan)	Prof. Dr. Zhenmao CHEN (Xi'an Jiaotong U., China)
Prof. Dr. Toshiya Shibayanagi (Toyama U., Japan)	Assoc. Prof. Dr. Bovornchok Poopat (KMUTT, Thailand)
Assoc. Prof. Dr. Torranin Chairuangsri (CMU, Thailand)	Dr. Chaiyasit Banjongprasert (CMU, Thailand)
Dr. Peeraphong Kiattisaksri (TAI, Thailand)	Asst. Prof. Dr. Isaratat Phung-on (KMUTT, Thailand)
Dr. Chatree Saiyasombut (SLRI Thailand)	Asst. Prof. Chalermkiet Jirarungsatien (KMUTT, Thailand)
Dr. Pinit Kidkhunthod (SLRI Thailand)	

ตารางรายชื่ออาจารย์และผู้เชี่ยวชาญต่างประเทศที่เข้าร่วมและบรรยาย

ภาพ แสดงการจัดงาน TWIT2016

สำหรับการจัดงานครั้งที่จะถึงนี้ จะจัดโดยเจ้าภาพร่วมคู่เดิม ในระหว่างวันที่ 11 – 12 พฤศจิกายน 2017 ที่ Sand Dumes Chaolao Beach Resort ครั้งนี้จะเป็นเป็นการจัดงานประชุมวิชาการ (Conference) ที่มีความพยายามเข้าสู่ความเป็นนานาชาติมากยิ่งขึ้น มีการรวมงานทั้งระดับประเทศ (Thailand Welding and Inspection Technology; TWIT) และระดับนานาชาติ (International Welding and Inspection Technology; IWIT) เข้าด้วยกัน เพื่อให้ผู้เข้าร่วมได้ส่งผลงานที่เป็นได้ทั้งระดับชาติสำหรับผู้ที่เริ่มเข้าสู่วงการวิชาการใหม่ และให้ผู้เข้าร่วมที่อยากยกระดับตนเองเข้าสู่นานาชาติได้ร่วมส่งผลงานด้วย ผลงานวิชาการที่ส่งเข้าร่วมจะถูกประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญทั้งระดับชาติและนานาชาติที่เกี่ยวข้อง นี่จึงเป็นโอกาสที่ดีในการส่งผลงานเข้าร่วม หรือแม้กระทั่งเข้าร่วมงานเพื่อเรียนรู้ความเคลื่อนไหวของเทคโนโลยีงานเชื่อมและการตรวจสอบทั้งในประเทศและต่างประเทศที่เริ่มพัฒนาและประยุกต์ใช้ ท่านสามารถดูรายละเอียดได้ที่ http://www.twit2017.kmutt.ac.th/

ในฉบับหน้า จะมาลงรายละเอียดเกี่ยวกับงานนี้อีกครั้งหนึ่ง ว่ามีความน่าสนใจอย่างไรบ้าง ดูตัวอย่าง Fabricated Stress Corrosion Cracking หรือ รอยแตกประเภท Stress Corrosion Cracking ที่สร้างขึ้นมาจากรูปร่างของรอยแตกจริงเป็นน้ำจิ้มก่อนนะครับ ของปลอมทั้งนั้นไม่ใช่รอยแตกจริง (ท่านเห็นด้วยหรือไม่ ?)



ตัวอย่าง Fabricated Stress Corrosion Cracking

การพัฒนาหลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์

วรารักษ์ วิลัย
ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง สวท.

การจัดทำโครงการฝึกอบรมเป็นกระบวนการที่จัดขึ้นอย่างเป็นระบบ เพื่อพัฒนาบุคลากรขององค์กร โดยมุ่งเน้นให้เกิดความรู้ ความเข้าใจ ในการปฏิบัติงาน สามารถปฏิบัติงานในความรับผิดชอบได้อย่างมีประสิทธิภาพ หรือเตรียมความพร้อมในการรับกับการเปลี่ยนแปลง หรือสภาพปัญหาอันอาจเกิดขึ้นได้ตลอดเวลา ความสำคัญของการฝึกอบรมจะประสบความสำเร็จได้ จำเป็นที่จะต้องทำให้เกิดความมั่นใจ ว่าผู้เข้ารับการอบรม ได้รับความรู้และเกิดความเข้าใจในเรื่องที่ฝึกอบรม วิธีการหนึ่งที่ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง ได้นำมาใช้คือการนำการวิจัยมาใช้เพื่อการออกแบบหลักสูตรให้มีความเหมาะสม ครบถ้วนทั้งเนื้อหาการเรียนรู้และความพึงพอใจต่อการเข้ารับการฝึกอบรม เราเชื่อว่า การวิจัยเพื่อการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมจะเป็นการเพิ่มพูนความรู้ใหม่ๆ ทางวิชาการ เป็นการแสวงหาความรู้ หรือความจริง เพื่อสร้างหลักสูตรการฝึกกอบรมและนำไปประยุกต์ใช้ ได้มีประสิทธิภาพและมีความเหมาะสมมากที่สุด

หลักสูตรหนึ่งที่ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง ได้นำหลักการวิจัยมาใช้เพื่อการออกแบบหลักสูตร คือ หลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ ซึ่งทำให้เราเข้าใจถึงเนื้อหา และบริบทของหัวข้อต่างๆ ในหลักสูตร รวมถึงความคาดหวัง และสัมฤทธิผล ที่ผู้เข้ารับการอบรมคาดหวัง โดยขอนำบทเรียนจากประสบการณ์การวิจัยเพื่อพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรม หลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ มาเล่าให้ฟัง ดังนี้

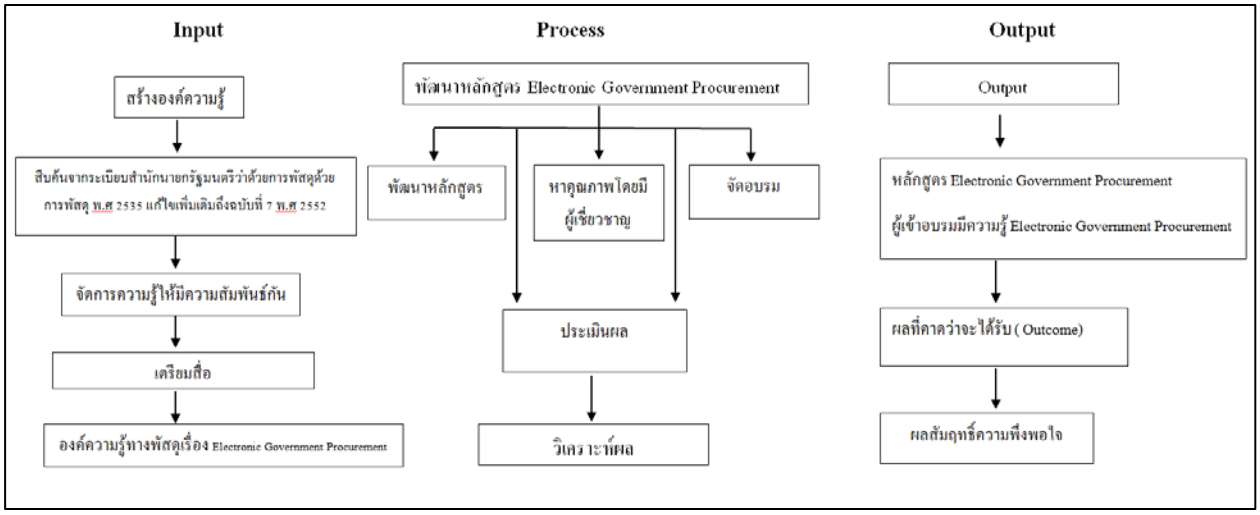
การบริหารงานพัสดุภาครัฐ เป็นกระบวนงานที่สำคัญ และเป็นสิ่งที่จะสะท้อนถึงผลสำเร็จของการบริหารจัดการภาครัฐ การบริหารจัดการบ้านเมืองที่ดี ตลอดจนระบบการเบิกจ่ายเงิน ซึ่งที่ผ่านมาปัญหาอุปสรรคที่เกิดขึ้น จากการศึกษาวิเคราะห์ผลการประเมินได้สะท้อนภาพของกระบวนการของการปฏิบัติงานในด้านการจัดซื้อจัดจ้างที่มีลักษณะการดำเนินการที่ซ้ำซ้อนกันหลายขั้นตอน ขาดความคล่องตัวในกระบวนการปฏิบัติงาน และไม่เป็นมาตรฐานเดียวกัน ทั้งที่ใช้ กฎหมาย ระเบียบ ที่มาจากบทบัญญัติหรือกติกากลางเดียวกัน คือระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ พ.ศ.2535 และที่แก้ไขเพิ่มเติม ประกอบกับคณะรัฐมนตรีได้มีการปรับปรุงกระบวนการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐโดยใช้ระบบอิเล็กทรอนิกส์ตามประกาศสำนักนายกรัฐมนตรี เรื่อง แนวทางปฏิบัติในการจัดหาพัสดุด้วยวิธีตลาดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Market : e-market) และด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Bidding : e-bidding) ประกาศสำนักนายกรัฐมนตรี เรื่อง แนวทางปฏิบัติในการจัดหาพัสดุด้วยวิธีตลาดอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Market: e-market) และด้วยวิธีประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Bidding : e-bidding)

ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) ได้พัฒนาหลักสูตรเพื่อจัดการอบรมให้สอดคล้องกับความจำเป็นดังกล่าว โดยใช้ชื่อหลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ เพื่อสร้างความรู้งานพัสดุและการจัดซื้อจัดจ้างภาครัฐ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพประสิทธิผลโดยรวมสูงสุด ผู้เขียนซึ่งปฏิบัติงานที่ ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง ซึ่งมีภารกิจ เป็นหน่วยงานที่ให้บริการวิชาการในรูปแบบการศึกษาต่อเนื่อง ซึ่งเป็นหน่วยงานหนึ่งที่เป็นลักษณะหน่วยงานหารายได้ การพัฒนาหลักสูตรที่

ทันสมัย ตรงกับความต้องการขององค์กรต่างๆ จึงเป็นหน้าที่หลักอย่างหนึ่ง ดังนั้น จึงได้ดำเนินการพัฒนาหลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ ขึ้น

มจธ. ของเรามีชื่อเสียงด้านการให้บริการและการวิจัย ในศาสตร์ของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี แต่การพัฒนาหลักสูตรเพื่อนำมาใช้จัดฝึกอบรมทางด้าน การบริหารงานภาครัฐ โดยเฉพาะด้านงานพัสดุ อาจจะยังไม่เป็นที่รู้จักอย่างกว้างขวางมากนัก ดังนั้น การสร้างความน่าเชื่อถือให้กับองค์กรภายนอก จึงจำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลอย่างรอบด้าน ในเรื่องของงานพัสดุ รวมทั้งมีที่ปรึกษาผู้เชี่ยวชาญด้านการบริหารงานพัสดุภาครัฐ คอยให้คำแนะนำ ซึ่งเราได้มีการศึกษา ระเบียบสำนักนายกรัฐมนตรีว่าด้วยการพัสดุ ฉบับล่าสุด และได้นำมาพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรมตามลำดับความสำคัญของการเรียนรู้ ให้เป็นไปตามระเบียบ ได้แก่ กระบวนการจัดซื้อจัดจ้าง และวิธีการจัดซื้อจัดจ้างวิธีต่างๆ การบริหารสัญญา ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับ Electronic Government Procurement (e-GP) ระบบตลาดอิเล็กทรอนิกส์ (e - Market) ระบบประกวดราคาอิเล็กทรอนิกส์ (e - Bidding)

ขั้นตอนการพัฒนาหลักสูตร การบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอิเล็กทรอนิกส์ สามารสรุปเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้



ผู้พัฒนาหลักสูตร ได้กำหนดวัดผลหลักสูตร ดังนี้

1. สร้างเครื่องมือประเมินคุณภาพของหลักสูตร โดยครั้งนี้ผู้ประเมินหลักสูตร คือ ผู้เชี่ยวชาญทางด้านพัสดุ จำนวน 3 ท่าน
2. ออกแบบเครื่องมือประเมินผลของผู้เข้ารับการอบรมรมและหลังรับการอบรม โดยนำมาให้กับผู้เข้ารับการอบรมประเมินผล จำนวน180 คน
3. เปรียบเทียบความรู้ของผู้เข้ารับการอบรม

สรุปผลการประเมินตามเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล

ผลการประเมินตามเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผล สรุปได้ดังนี้

1. ด้านคุณภาพหลักสูตร

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		ความหมาย
	μ	σ	
1. เนื้อหาของหลักสูตรมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของหลักสูตร	4.39	0.63	มาก
2. มุ่งเน้นผู้เรียนให้มีความรู้ ทักษะ กระบวนการชัดเจน	4.61	0.50	มากที่สุด
3. เนื้อหาของหลักสูตรนำไปสู่การพัฒนาคุณภาพการปฏิบัติงาน	4.37	0.74	มาก
4. กำหนดแนวการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสอดคล้อง	4.36	0.68	มาก
5. เอกสารประกอบหลักสูตรเหมาะสมกับเนื้อหา	4.33	0.77	มาก
6. การวัดผล ประเมินผล สอดคล้องกับสภาพจริง มีวิธีการที่หลากหลาย และสอดคล้องกับจุดประสงค์หลักสูตร	4.54	0.58	มากที่สุด
7. มีการวางแผนการพัฒนาหลักสูตรอย่างเป็นขั้นตอน	4.50	0.57	มากที่สุด
8. จัดกิจกรรมการเรียนการสอนสอดคล้องกับหลักสูตร	4.39	0.63	มาก
9. การพัฒนามีการให้ข้อมูลย้อนกลับเพื่อปรับปรุงคุณภาพ	4.33	0.77	มาก
รวมเฉลี่ย	4.42	0.62	มาก

2. ด้านความรู้ของผู้เข้ารับการอบรม

รายการประเมิน	ระดับคะแนน		ความหมาย
	μ	σ	
1. หัวข้อเรื่องและเนื้อหาในการจัดอบรม	4.24	0.63	มาก
2. การเรียงลำดับหัวข้อการอบรม	4.28	0.58	มาก
3. ความรู้ที่ได้รับสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้	4.45	0.61	มาก
รวมเฉลี่ย	4.32	0.59	มาก

3. ด้านความรู้ก่อนเข้ารับการอบรมและหลังอบรม

รายการเปรียบเทียบ	μ	σ	ความหมาย
ก่อนอบรม	2.60	0.84	ปานกลาง
หลังอบรม	4.11	0.66	มาก

สรุปผลการพัฒนาหลักสูตร

ผลการพัฒนาหลักสูตรเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ดังนี้ ผลของการพัฒนาหลักสูตรการบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอีเล็กทรอนิกส์ ประเมินคุณภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ พบว่า หลักสูตรมีคุณภาพเหมาะสมมาก ระดับคะแนน 4.42 ผลการประเมินความรู้ของผู้เข้ารับการอบรม ในภาพรวม พบว่า ผู้เข้าอบรมมีความรู้ตามหลักสูตร อยู่ในระดับมาก ที่ระดับคะแนน 4.32 ผลของการเปรียบเทียบความรู้ของผู้เข้ารับการอบรม ก่อนอบรมและหลังอบรม พบว่า หลังการเข้าอบรม ผู้อบรมมีความรู้เรื่องการบริหารงานพัสดุด้วยวิธีการทางอีเล็กทรอนิกส์ สูงกว่าก่อนเข้ารับการอบรม ก่อนอบรมความรู้ปานกลาง ระดับคะแนน 2.60 หลังอบรมมีความรู้มาก ระดับคะแนน 4.11

ปัจจุบัน ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง ได้นำหลักสูตร การบริหารงานพัสดุ ที่พัฒนาขึ้น มาดำเนินการจัดการอบรมให้กับบุคลากรภาครัฐ โดยปรับเนื้อหาให้เหมาะสมกับกลุ่มเป้าหมายที่เข้าร่วมโครงการ โดย**ปีงบประมาณ 2559 ที่ผ่านมา มีผู้เข้ารับการอบรมหลักสูตรการบริหารงานพัสดุ กับศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง มากกว่า 1,000 คน ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อมั่นต่อหลักสูตร**ที่ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ที่ได้ดำเนินการ ทั้งนี้ เกิดจากผลของการเข้าใจบริบทของเนื้อหาที่ผู้เข้ารับการอบรมคาดหวัง และการเปลี่ยนแปลงของระเบียบและแนวทางปฏิบัติที่ต้องมีความถูกต้อง และที่สำคัญต้องนำไปประยุกต์ใช้กับงานได้อย่างแท้จริง

คุณมนตรี อุวรรณโณ

กรรมการผู้จัดการบริษัท เอ็ม อี ซี อินดัสตรี จำกัด /
บริษัท อุวรรณโณ จำกัด
ธุรกิจทำบล็อกมวลเบาและธุรกิจอสังหาริมทรัพย์

“ การหาความรู้นอกห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญ
ไม่รู้อะไรต้องรู้จักศึกษา ค้นคว้าอยู่เสมอ ”

การประสบความสำเร็จในแวดวงธุรกิจ บางครั้งเราอาจจะไม่จำเป็นต้องจบการศึกษาในสาขาที่เราศึกษา เพียงแต่จะต้องขวนขวาย หมั่นศึกษาหาความรู้ และพร้อมที่จะเรียนรู้ ตลอดจนเข้าใจหลักการทำธุรกิจและผลิตภัณฑ์ธุรกิจที่เราทำอยู่อย่างถ่องแท้ ก็จะสามารถประสบความสำเร็จได้เช่นกัน ในฉบับนี้เราได้มาสัมภาษณ์วิศวกรไฟฟ้า ที่ผันตัวเองมาทำงานด้านธุรกิจการก่อสร้างจนประสบความสำเร็จ

คุณมนตรี อุวรรณโณ เรียนจบมัธยมจากโรงเรียนมหาวชิราวุธ จังหวัดสงขลา และได้เข้ามาเรียนต่อที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี โดยเป็นศิษย์เก่าวิศวกรรมไฟฟ้า รุ่น 3 หลังจากนั้น ได้เดินทางไปศึกษาต่อ ณ ประเทศเยอรมนี 6 ปี จึงเดินทางกลับมาทำงานในประเทศไทย ทำงานที่แรกที่ ห้างบี.กริมแอนโก เกี่ยวกับทางด้านไฟฟ้า ประมาณ 3 ปีครึ่ง ต่อมาจึงย้ายไปทำงานที่ บริษัท ไทยสงวน จำกัด ก่อนมาทำงานที่บริษัท เบอร์ลี่ยุคเกอร์ จำกัด (Berli Jucker) ซึ่งเป็นบริษัทแรกที่ทำสถานีไฟฟ้าย่อย 230 Kw คุณมนตรี เล่าว่าเมื่อก่อนจะมีแต่บริษัทญี่ปุ่น บริษัทฝรั่งเศส ที่ทำสถานีไฟฟ้าย่อย เราเป็นบริษัทไทยบริษัทแรกที่ทำ Turnkey หมายถึง การออกแบบระบบไฟฟ้ากำลัง ระบบสื่อสาร แบบเบ็ดเสร็จ หลังจากนั้นพี่ชายได้ชักชวนให้ไปทำงานร่วมกัน ที่ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา เป็นธุรกิจแผ่นพื้นคอนกรีตชนิดกลวง Hollow Core ที่พี่ชายทำอยู่เป็นรายแรกๆ ในเมืองไทย พอจะเริ่มวางเสาเข็มโรงงาน พี่ชายมีอาการป่วย คุณมนตรีจึงต้องลงมาทำงานที่บริษัทพี่ชายอย่างเต็มตัว

เมื่อถามถึงงานที่ทำแล้วประทับใจที่สุด คุณมนตรี บอกว่า งานที่ประทับใจที่สุด คือ การทำงานที่สถานีไฟฟ้าย่อย 230 Kw เพราะเป็นงานที่ความเสี่ยงมาก และมีหลายเรื่องที่ไม่รู้จึงพยายามที่จะศึกษาไปหาคนที่รู้มาช่วยให้คำแนะนำ จนทำงานได้สำเร็จ และมีคติพจน์ประจำใจ คือ “ทำงานด้วยความตั้งใจ ทำอะไรต้องเอาใจเขามาใส่ใจเรา”

ปัจจุบัน คุณมนตรี อุวรรณโณ มีบริษัทอยู่ 2 บริษัทด้วยกัน ได้แก่ 1) บริษัท เอ็ม อี ซี อินดัสตรี จำกัด เป็นบริษัทฯ ที่ทำเกี่ยวกับกับแผ่นพื้นคอนกรีตสำเร็จรูปอัดแรงแบบกลวง (Hollow Core) หนา 6-25 ซม. ทำอิฐบล็อกมวลเบาระบบเซลลูล่า (ดูดซึมน้ำน้อยใช้ปูนก่อ ฉาบแบบธรรมดา) ชิ้นส่วนคอนกรีตสำเร็จรูป เช่น คานอัดแรง บันได เสารั้ว รางระบายน้ำ บ่อพัก ถังพัก พื้นห้องน้ำ ถังดักไขมัน ฐานเสาไฟฟ้าและอื่น ๆ ซึ่งมีโรงงานผลิตเป็นของตัวเอง และ 2) บริษัท อุวรรณโณ จำกัด จะเน้นทำอสังหาริมทรัพย์ ที่ดินแบ่งขาย หรือสร้างบ้านขาย

สำหรับแนวโน้มธุรกิจที่ทำอยู่ คุณมนตรี ให้ความเห็นว่า แผ่นพื้น Hollow Core แบบกลวง ในธุรกิจนี้ในอนาคตถือว่าดี แผ่นพื้น Hollow Core มีคุณสมบัติเบากว่าแผ่นตันและรับความยาวได้มากกว่า ถ้าทำพื้นแบบระบบ Post Tension คือ ทั้งอาคาร ทั้งชั้นต้องเททีเดียว เปรียบเทียบกับระบบที่ทำคานและแผ่นพื้นแบบ Hollow Core ราคาการทำแผ่นพื้นแบบ Hollow Core จะถูกกว่า Post Tension สมมติว่าทำพื้นความยาว 90 เมตร เมื่อทำคานแล้วทำแบบ 1 ใน 3 ก็พอ เมื่อคานเสร็จก็ใช้ แผ่นพื้น Hollow Core ปู แต่ถ้าระบบ Post tension ต้องเททีเดียวทั้งชั้น เพราะฉะนั้นการลงทุนไม้แบบอะไรต่ออะไร ก็จะมากกว่า ต้องวางแผนให้ดี ทั้งนี้เมื่อพิจารณาค่าใช้จ่ายระบบ Post tension จะสูงกว่าระบบคานและแผ่นพื้น Hollow Core

ส่วนอิฐบล็อกมวลเบา ในอนาคตจากเดิมที่เราใช้ดินเหนียวที่เราทำอิฐมอญ อิฐแดงจะเริ่มหมดไป เราขุดมาใช้วันหนึ่งก็จะหมด แต่บล็อกมวลเบาเราใช้ปูนซีเมนต์ผสมทรายเนียน มีคุณสมบัติและข้อดีมากกว่าอิฐแบบเดิม เพราะฉะนั้นเอามาทดแทนได้เป็นอย่างดีและสิ่งที่เหนือกว่าอย่างเห็นได้ชัดคือ อิฐมวลเบากันความร้อนจากภายนอกได้ เก็บความเย็นภายใน น้ำหนักเบากว่า ความคงทนแข็งแรงเหมือนกัน ดังนั้นในอนาคตจะได้รับความนิยมเป็นอย่างมาก

สำหรับธุรกิจการผลิตบล็อกมวลเบาเราใช้เทคโนโลยีจากเยอรมัน ที่เมืองไทยมี 2 ระบบ คือ ระบบออโต้เครป หรือ ACC (Autoclaved Aerated Concrete) ซึ่งเยอรมันทำมา 60-70 ปี มีข้อเสีย คือ ฟองอากาศที่เกิดขึ้นในบล็อกมวลเบาสะเปะสะปะแต่มวลเบา ข้อเสียอีกอย่างคือดูดซึมน้ำมาก คนทำบล็อกมวลเบาระบบนี้ในเมืองไทยคนแรกก็คือบริษัท Land & House เขาสั่งเครื่องจักรมาจากเยอรมันแล้วก็นำมาสร้างบ้านขายฝรั่งที่ภูเก็ต หลังละ 20-30 ล้านบาท ปีเดียวเท่านั้นวอลเปเปอร์ด้านในขึ้นราหมดเพราะดูดซับน้ำมาก ซึ่งเทคโนโลยีนี้เยอรมันคิดขึ้นมา 60-70 ปีแล้ว จากข้อเสียเรื่องการดูดซึมน้ำมากก็เลยพัฒนาเป็น ระบบเซลลูลาร์(Cellular Lightweight Concrete : CLC) ขึ้นมา ก็เหมือนกับฟองลูกโป่งเล็ก ๆ ทั้งคู่ลอยน้ำได้แต่ระบบออโต้เครป ลอยได้ไม่นานจะจม การดูดซึมน้ำจะน้อย ดังนั้นระบบเซลลูลาร์จึงเป็นที่นิยมมากกว่าในขณะที่บริษัทใหญ่ ๆ ส่วนมากยังใช้ระบบออโต้เครป เพราะได้ลงทุนไว้ตั้งแต่แรก สำหรับบริษัทของผมทำด้วยระบบเซลลูล่าร์ แบบเดียว

ในเรื่องของราคา คุณมนตรี บอกเราว่า “บล็อกมวลเบาทั้งสองระบบจะมีราคาพอๆ กัน ไม่ต่างกัน เพราะระบบเซลลูลาร์ จะมีลักษณะบล็อกสีเข้มๆ เวลาใช้จะใช้ปูนธรรมดาผสมทรายเหมือนก่ออิฐฉาบ อิฐบล็อก แต่ระบบ ออโต้เครป จะมีลักษณะสีขาว ดูดซึมน้ำมากต้องใช้ปูนกาว ปูนพิเศษ ตัวก้อนเองถูกกว่าแต่ปูนกาวแพงกว่า เพราะฉะนั้นรวมวัตถุดิบแล้วก็พอๆ กัน ปัจจุบันตลาดที่ผมขายบล็อกมวลเบาแบบระบบเซลลูล่า ลูกค้าส่วนใหญ่จะเป็นภาคใต้ เพราะว่าผมส่งภาคใต้เป็นหลัก”

สิ่งที่ต้องการฝากถึงนักศึกษารุ่นหลัง คุณมนตรี ฝากไว้ 2 เรื่อง คือ

1. การทำงานทุกอย่างต้องมีความอดทน ต้องสู้งาน พยายามเรียนรู้อย่าไปคิดว่าไม่ใช่หน้าที่เรา
2. การหาความรู้นอกห้องเรียนเป็นสิ่งสำคัญ ไม่รู้อะไรต้องรู้จักศึกษาค้นคว้าอยู่เสมอ

ผลกระทบของกระบวนการเชื่อมและอนุภาคต่อการสึกหรอแบบขัดถู

Effect of Welding Process and Particles Types on Abrasive Wear

กิตตินันท์ เมธาจิตติพันธ์[1] อิศรทัต พึ่งอ้น[2]

Kittinun Matajitipun[1] Isaratat Phung-on [2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เสนอทางเลือกในการซ่อมและยืดอายุการใช้งานอุปกรณ์การเกษตร ด้วยกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็ง 2 กระบวนการ ได้แก่ การเชื่อมแก๊สออกซีอะเซทิลีน (Oxy Acetylene Welding; OAW) และการเชื่อมอาร์กทังสเตน (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW) ด้วยลวดป้อนเติมทังสเตนคาร์ไบด์ (Fused Tungsten Carbide; FTC) ทำการทดสอบการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear) กับอนุภาคขัดถู 4 ประเภท ได้แก่ ดินดำไม่มีหินร่วน ดินทราย ดินดำปนกรวดเล็ก และดินแดง จากการศึกษาพบว่าอนุภาคขัดถูที่มีอัตราการสึกหรอสูงสุดได้แก่ ดินดำปนกรวดเล็ก ดินทราย ดินดำร่วนไม่มีหิน และดินแดงตามลำดับ และชิ้นงานจากกระบวนการเชื่อม OAW สามารถต้านทานการสึกหรอดีกว่า GTAW ในทุกชนิดอนุภาคขัดถู เนื่องจากปริมาณเฟสทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ในบริเวณผิวหน้าแนวเชื่อมมากกว่าทำให้ค่าความแข็งสูง นอกจากนี้ชิ้นงานจาก GTAW เกิดการหลอมและแข็งตัวใหม่ของคาร์ไบด์เกิดเป็นยูเทคติกคาร์ไบด์ (Eutectic Carbides) จากความเข้มของพลังงานความร้อน (Heat Intensity) สูงส่งผลให้ค่าความแข็งลดลง

คำสำคัญ : กระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็ง กระบวนการการเชื่อมแก๊สออกซีอะเซทิลีน กระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตน การสึกหรอแบบขัดถู อนุภาคขัดถู

[1] ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

[2] ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

Abstract

This research was to study an alternative for repair and life extending of the agricultural equipment by 2 hardfacing processes: Oxy Acetylene Welding (OAW) and Gas Tungsten Arc Welding (GTAW) using Fused Tungsten Carbide material. Abrasive wear test was performed using 4 types of particles: loam, sand, sandy loam and red soil. The results showed the highest wear rate from particles were sandy loam, sand, loam and red soil respectively. Specimen from OAW had better abrasive wear resistance than GTAW in all kinds of wear particles due to higher tungsten carbide (WC) phase amount making high hardness on the weldment surface. In addition carbide in specimen from GTAW melted and resolidified to form the new Eutectic Carbides as a result of high heat intensity causing the decrease in hardness.

Keywords: General Hardfaceing, Oxy Acetylene, Gas Tungsten Arc Welding, Abrasive wear, Wear particles

1. บทนำ

ในงานด้านการเกษตรได้มีการนำเครื่องมือ เครื่องจักรกลมาใช้เป็นจำนวนมาก เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานและช่วยลดภาระในการทำงานลง โดยเฉพาะในการใช้งานบางประเภทที่ต้องใช้ในการทำงานเกี่ยวกับดิน ทรายที่เกิดการถูกขัดถู ขูดขีดและกระแทกบ่อยครั้งทำให้ผิวหน้าของชิ้นส่วนอุปกรณ์ได้รับความเสียหายซึ่งส่วนใหญ่เกิดจากการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive wear) จึงมีความจำเป็นจะต้องศึกษาวิธีการแก้ไขเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของอุปกรณ์ ด้วยการเสริมความแข็งแรงที่ผิวหน้าบริเวณที่เกิดการสึกหรอ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อการเพิ่มความแข็งแรงและทนต่อการสึกหรอให้กับวัสดุพื้น โดยที่วัสดุพื้น (Base Material) ไม่สูญเสียคุณสมบัติด้านความเหนียวลง [1-2] ส่วนใหญ่เป็นการเชื่อมพอกเพื่อให้เกิดโครงสร้างจุลภาคที่มีลักษณะของคาร์ไบด์ลงในโครงสร้างพื้นของออสเตนไทน์ในชิ้นงานเพื่อทนต่อการเสียดสี [3] โดยที่คุณสมบัติในการต้านทานการเสียดสีขึ้นกับปัจจัยหลายปัจจัยเช่น ชนิดของคาร์ไบด์ รูปร่างและการกระจายตัวของเฟสของแข็ง รวมทั้งความเหนียว [4] และลักษณะของเมทริกซ์ที่เกิดขึ้น [5]

งานวิจัยนี้เป็นการทดสอบเพื่อเปรียบเทียบการต้านทานการขัดถูของชิ้นงานตัวอย่างที่เชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊สออกซีอะเซทิลีน (Oxy Acetylene Welding; OAW) และกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตน (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW) ด้วยอนุภาคขัดถูที่แตกต่างกัน โดยอนุภาคขัดถูที่ใช้ในงานวิจัยนี้เป็นดินประเภทต่างๆ จำนวน 4 ประเภท ได้แก่ ดินดำร่วนไม่มีหิน ดินดำปนกรวดเล็ก ดินแดง และดินทราย ซึ่งดินแต่ละประเภทอาจะทำให้เกิดการสึกหรอที่ต่างกันจากลักษณะของดินแต่ละชนิด เช่น ค่าความกลมของเม็ดดิน เป็นต้น จึงต้องทำการทดสอบเพื่อที่จะสามารถเลือกนำไปใช้งานได้อย่างเหมาะสม

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 การเตรียมชิ้นงานตัวอย่าง

ชิ้นงานตัวอย่างที่ใช้ทดสอบ เป็นวัสดุเหล็กกล้าคาร์บอน เกรด A36 ซึ่งมีส่วนผสมทางเคมีดังแสดงในตารางที่ 1 และเตรียมผิวด้านที่จะทำการเชื่อมให้สะอาดปราศจากคราบสกปรกและปรับผิวหน้าให้เรียบก่อนทำการเชื่อม โดยทำการเชื่อมพอกผิวแข็งด้วยลวดเชื่อมทังสเตนคาร์ไบด์ (Fused Tungsten Carbide; FTC) ชื่อทางการค้า DURMAT-A ขนาด 3.5 มิลลิเมตร บนชิ้นงานตัวอย่างจำนวน 2 กระบวนการ ประกอบด้วย 1. กระบวนการเชื่อมด้วยแก๊สออกซีอะเซทิลีน (Oxy Acetylene Welding; OAW) 2. กระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุม (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW) เพื่อนำมาใช้เปรียบเทียบความสามารถในการต้านการสึกหรอกแบบขัดถูด้วยกรรมวิธีในการเชื่อมที่ต่างกันในการใช้งานของดินแต่ละประเภท ขั้นตอนการสร้างผิวแข็งสำเร็จด้วยกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. เตรียมชิ้นงานเป็นเหล็กกล้าคาร์บอนเกรด A36 ขนาดกว้าง 100 มิลลิเมตร ยาว 125 มิลลิเมตร โดยแผ่นเหล็กกล้าคาร์บอนมีความหนา 3 มิลลิเมตร

2. ทำการเชื่อมชั้นพอกผิวแข็ง (Hardfacing Layers) โดยมีตัวแปรกำหนดในการเชื่อมชั้นพอกผิวแข็งของกระบวนการเชื่อมแก๊สออกซีอะเซทิลีน และกระบวนการเชื่อมอาร์กทังสเตนแก๊สคลุมดังแสดงในตารางที่ 2 สำหรับกระบวนการ GTAW ใช้แก๊สปกคลุมเป็นแก๊สอาร์กอน 99.99% และกระบวนการ OAW ชนิดของเปลวไฟที่ใช้เป็นชนิดคาร์บูไรซิ่งเฟรม (Carburizing Flame)

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีโดยทั่วไปของวัสดุและลวดเชื่อมใช้

วัสดุ	ส่วนผสมทางเคมี (wt-%)						
	C	P	S	Si	Cu	WSC	Fe
A36 [6]	0.25	0.04	0.05	0.40	0.20	-	-
DURMAT-A [7]	-	-	-	-	-	58	balance

ตารางที่ 2 ค่าตัวแปรที่ใช้ในการเชื่อม

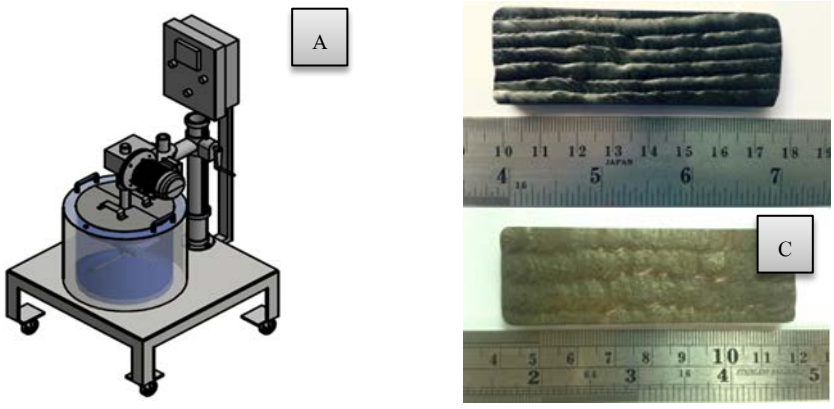
กระบวนการเชื่อม	ขั้วกระแสไฟฟ้า	กระแส (A)	แรงดัน (V)	พลังงานความร้อน (BTU/ft^3)	อัตราการไหลแก๊ส (ft^3/hr)	แก๊สปกคลุม (cfh)	ความเร็วการเชื่อม (cm/min)	ประสิทธิภาพความร้อน	ความร้อนเข้าสู่ชิ้นงาน (J/cm)
OAW	-	-	-	1470	2	-	5-7	0.5	1292.5
GTAW	DCEP	90-110	14-15	-	-	11	8-10	0.6	1450.2

2.2 การทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู (Abrasive Wear)

ขนาดของชิ้นงานและระยะทางในการขัดถูประยุกต์ใช้จากมาตรฐาน ASTM G65-04 [8] อย่างไรก็ตาม ผิวหน้าชิ้นงานที่ใช้ในการทดสอบเป็นผิวดิบที่ไม่ผ่านการเจียระไนและลักษณะของเครื่องที่ใช้ในการทดสอบเป็นเครื่องคนละชนิดจากมาตรฐาน เนื่องจากการออกแบบการทดลองเพื่อให้สอดคล้องกับลักษณะในหน้างานจริง โดยเครื่องที่ใช้ในการทดสอบเป็นจำลองลักษณะของใบพรวนแสดงดังรูปที่ 1 มีลักษณะเป็นแกนสองข้างสำหรับใส่ชิ้นงานตัวอย่าง และมีใบเหล็กสองข้างเพื่อยกดินที่อยู่ข้างล่างขึ้นมาทำให้เกิดการไหลเวียนของดินที่อยู่ภายในเครื่อง ทดสอบโดยการหมุนวนรอบจนครบระยะทาง สำหรับระยะทางที่ใช้ในการทดสอบคำนวณจากเส้นผ่าศูนย์กลางของวงล้อตามมาตรฐาน ASTM G65 และความเร็วรอบต่อนาที (rpm) เทียบกับเครื่องที่ใช้ในการทดสอบของงานวิจัยนี้

รูปที่1 เครื่องทดสอบการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู

การเตรียมชิ้นงานสำหรับทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูทำโดยนำชิ้นงานที่ผ่านกระบวนเชื่อมพอกผิวแข็ง มีขนาดของชิ้นงานภายหลังการเตรียมชิ้นงานตัวอย่างก่อนทำการสอบคือ 4 x 76.2 x 3 มิลลิเมตร แล้วทำความสะอาดผิวหน้าให้สะอาดปราศจากคราบสกปรกดังแสดงในรูปที่ 2 (B,C) โดยในการทดสอบการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู ค่าพารามิเตอร์ที่ใช้สำหรับการทดสอบของเครื่อง แสดงในตารางที่ 3



รูปที่ 2 (A) แบบจำลองเครื่องทดสอบการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู (B) ชิ้นงานตัวอย่างจากกระบวนการเชื่อม GTAW (C) ชิ้นงานตัวอย่างจากกระบวนการเชื่อม OAW

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์สำหรับการทดสอบ

จำนวนชิ้นงาน (ชิ้น)	2	จำนวนครั้งในการทดสอบ (ครั้ง/ชิ้น)	3
มุมใบกวน (องศา)	45	ความเร็วรอบของการกวนชิ้นงาน (รอบ/นาที)	30
ระยะทางในการทดสอบ (เมตร)	4309	ปริมาณ Particle (กิโลกรัม)	30

2.2.1 การวัดผลชิ้นงานทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู

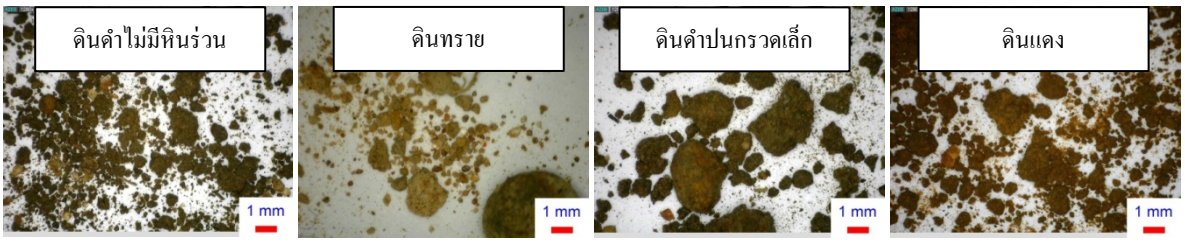
สำหรับการวัดผลการทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูในงานวิจัยนี้ ทำโดยการนำชิ้นงานก่อนที่จะนำไปทดสอบมาทำการชั่งน้ำหนักด้วยเครื่องชั่งน้ำหนักทศนิยมสี่ตำแหน่งตามมาตรฐาน ASTM G65 แล้วจึงนำไปทำการทดสอบ ภายหลังจากการทดสอบนำชิ้นงานเดิมมาทำการชั่งน้ำหนัก เพื่อดูการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก ซึ่งน้ำหนักที่ลดลงภายหลังจากการทดสอบคือ มวลที่หายไป (Mass Loss) แล้วนำค่ามวลที่หายไปเทียบกับระยะทางที่ใช้ในการทดสอบ (Distance) ตามมาตรฐาน ASTM G65 เพื่อหาค่าอัตราการสึกหรอ (Wear Rate) ดังแสดงในสมการที่ 1 แล้วนำผลที่ได้มาทำการเปรียบเทียบกัน

$$\text{Wear Rate} = \frac{\text{Mass loss (g)}}{\text{Distance (m)}} \qquad (1)$$

2.2.2 อนุภาคขัดถู

2.2.2.1 ชนิดของอนุภาคขัดถู

ชนิดของอนุภาคขัดถูที่ใช้ในงานวิจัยนี้ประกอบไปด้วยดินที่ใช้ในหน้างานจริงจำนวน 4 ชนิดได้แก่ ได้แก่ ดินดำไม่มีหินร่วน ดินดำปนกรวดเล็ก ดินทราย และดินแดงไม่มีหิน ดังแสดงในรูปที่ 3 โดยลักษณะของดินดำไม่มีหินร่วนจะมีเนื้อดินค่อนข้างละเอียดและไม่มีหินปน ดินดำปนกรวดเล็กจะมีลักษณะคล้ายดินดำไม่มีหินรวนแต่จะแตกต่างตรงมีก้อนกรวดขนาดเล็กเข้ามาปน ดินแดงมีลักษณะเนื้อดินที่ค่อนข้างละเอียดกว่าดินดำร่วนไม่มีหิน และดินทรายมีลักษณะคล้ายเม็ดทรายขนาดเล็ก



รูปที่ 3 ชนิดของอนุภาคขัดถูที่ใช้ในการทดสอบ

2.2.2.2 การวัดค่าความกลมของอนุภาคขัดถู

สำหรับการตรวจสอบลักษณะของอนุภาคขัดถูในงานวิจัยนี้ อาศัยการวัดความกลมมาทำการประยุกต์ใช้ในตรวจสอบลักษณะของดิน โดยนำข้อมูลความกลมของเม็ดดินมาทำการวิเคราะห์ เพื่อนำมาสนับสนุนขั้นตอนการทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู โดยการเก็บตัวอย่างด้วยวิธีการสุ่ม ค่าผลต่างของรัศมีนอก (R) และรัศมีใน (r) ของเม็ดดินแสดงถึงลักษณะความกลมของดิน ถ้าค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของเม็ดดินมีค่าน้อย แสดงว่าดินที่ทำการตรวจสอบมีลักษณะค่อนข้างกลม ในทางตรงกันข้ามถ้าค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของเม็ดดินมีค่ามาก แสดงว่าเม็ดดินที่ทำการตรวจสอบมีลักษณะไม่กลม [9] ซึ่งลักษณะของเม็ดดินจะส่งผลโดยตรงต่อการเกิดการสึกหรอแบบขัดถูบนผิวหน้าชิ้นงาน โดยการคำนวณเป็นไปตามสมการที่ 2

$$\text{ค่าความกลมของอนุภาค} = (R - r) \qquad (2)$$

2.2.2.3 การหาจำนวนชั่วโมงในการเปลี่ยนอนุภาคขัดถู

เนื่องจากเครื่องที่ใช้ในการทดสอบนี้ไม่ได้เป็นไปตามมาตรฐาน ASTM G65 ที่อนุภาคขัดถูถูกปล่อยลงมาจาก Hopper แล้วล้อยางหมุนนำอนุภาคนั้นเสียดสีกับผิวหน้าชิ้นงานทำการเกิดการสึกหรอเกิดขึ้น อนุภาคขัดถูที่ปล่อยลงมานั้นจึงเป็นอนุภาคขัดถูที่ยังไม่ผ่านการทดสอบทุกครั้งจึงทำให้สามารถควบคุมตัวแปรในการทดสอบได้ แต่เนื่องจากเครื่องที่ใช้ทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นการใส่อนุภาคขัดถูลงในเครื่องทดสอบแล้วชิ้นงานหมุนวนไปเรื่อยๆ เมื่อทดสอบซ้ำไปนานๆความสามารถในการขัดถูของอนุภาคมีการเปลี่ยนแปลงไป จึงต้องมีการหาจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมในการเปลี่ยนอนุภาคขัดถูใหม่ในการทดสอบ โดยประยุกต์ระยะทางที่คำนวณจากมาตรฐาน ASTM G65 เมื่อนำมาคำนวณเปรียบเทียบกับความเร็วรอบของเครื่องที่ใช้ในการทดสอบ จะได้ชั่วโมงที่ต้องใช้ในการทดสอบประมาณ 2 ชั่วโมง แล้วจึงทำการทดสอบโดยใช้เวลาทดสอบ 2 ชั่วโมง แล้วนำชิ้นงานมาวัดปริมาณที่สึกหรอไปทำทั้งหมด 4 ครั้ง โดยไม่มีการเปลี่ยนอนุภาคขัดถูใหม่ เพื่อเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้น เพื่อดูความสามารถในการขัดถูของอนุภาคที่ถูกใช้ซ้ำว่ายังคงให้อัตราการสึกหรอที่ใกล้เคียงกันอยู่หรือไม่

2.3 การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค (Metallographic Analysis)

2.3.1 การเตรียมชิ้นงาน

การเตรียมชิ้นงานสำหรับการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาค โดยชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งแต่ละกระบวนการจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณผิวหน้าด้านบน โดยตัดชิ้นงาน

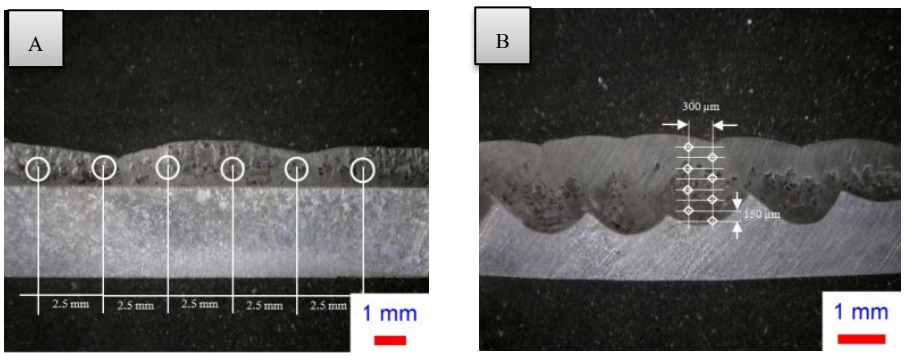
ที่ผ่านการเชื่อมพอกผิวแข็งให้มีขนาดความกว้าง 10 มิลลิเมตร ยาว 15 มิลลิเมตร หนา 10 มิลลิเมตร และทำการขัดผิวหน้าชิ้นงานก่อนจะนำไปกัดกรด (Etching) โดยกรดไนตรอนความเข้มข้น 5% ($CH_3OH + NH_3$) ทั้งนี้กรดที่เลือกใช้จะเป็นไปตามคำแนะนำในมาตรฐาน ASTM E-407 [10]

2.3.2 การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค (Macroscopic Examination) และระดับจุลภาค (Microscopic Examination)

ชิ้นงานภายหลังการกัดกรดจะถูกนำมาทำการวิเคราะห์โครงสร้างมหภาค และโครงสร้างจุลภาคได้ในหลายลักษณะ สำหรับงานวิจัยนี้ทำการวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาคด้วยการใช้กล้องจุลทรรศน์แบบแสง (Optical Microscope ยี่ห้อ Carl Zeiss รุ่น Axiovert 40 MAT) และใช้กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบกราด (Scanning Electron Microscope ยี่ห่อ JEOL รุ่น JSM-6610LV) แล้วทำการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค EDS (Energy Dispersive X-Ray Spectroscopy ยี่ห้อ OXFORD รุ่น INZA 350)

2.4 การทดสอบค่าความแข็ง (Hardness Test)

การทดสอบค่าความแข็งเพื่อนำมาสนับสนุนผลของการทดสอบความต้านทานการสึกหรอกับโครงสร้างทางจุลภาค สำหรับการทดสอบค่าความแข็งในงานวิจัยนี้ เลือกใช้วิธีการทดสอบความแข็งบริเนลล์ (Brinell Hardness Test) กดบริเวณผิวหน้าของชิ้นงานตัวอย่างตรงแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง โดยแต่ละจุดมีระยะห่าง 2.5 มิลลิเมตร ดังแสดงในรูปที่ 4 (A) และแบบไมโครวิกเกอร์ (Micro Vickers Hardness Test) กดบริเวณขอบแนวเชื่อม (Fusion Boundary) ไปจนถึงผิวด้านบนของแนวเชื่อม (Top Surface) โดยทำการกด 2 แถวสลับกัน แต่ละจุดห่างกัน 300 ไมครอน และระยะความสูงระหว่างแถวแรกกับแถวสองห่างกัน 150 ไมครอนดังแสดงในรูปที่ 4 (B)



รูปที่ 4 (A) ตัวอย่างการตรวจสอบค่าความแข็ง Brinell Hardness Test (B) ตัวอย่างการตรวจสอบค่าความแข็ง Micro Vickers Hardness Test

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 การทดสอบความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู

เนื่องจากการใช้งานจริงดินที่ถูกพรวนจะเป็นดินใหม่เสมอ แต่เครื่องที่ใช้ในการทดสอบในงานวิจัยนี้เป็นการหมุนซ้ำ ทำให้อนุภาคขัดถูที่ถูกใช้ในการทดสอบมีค่าความกลมลดลงส่งผลให้อัตราการสึกหรอไม่คงที่ จึงต้องทำการหาจำนวนชั่วโมงที่เหมาะสมในการเปลี่ยนดิน

3.1.1 การวัดขนาดของอนุภาคขัดถู

ทำการหาค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของดินแต่ละเม็ดด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ “Scentis” เพื่อทำการหาค่าเฉลี่ยของผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของเม็ดดินดังแสดงในตารางที่ 4 จากการวัดค่าผลต่างจะเห็นได้ว่าดินดำปนกรวดเล็กมีค่าความกลมน้อยสุด โดยค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในของดินมีค่าเฉลี่ยมากกว่าดินประเภทอื่นๆที่ใช้ในการทดสอบ รองลงมาคือดินทราย ดินดำร่วนและดินแดงตามลำดับ

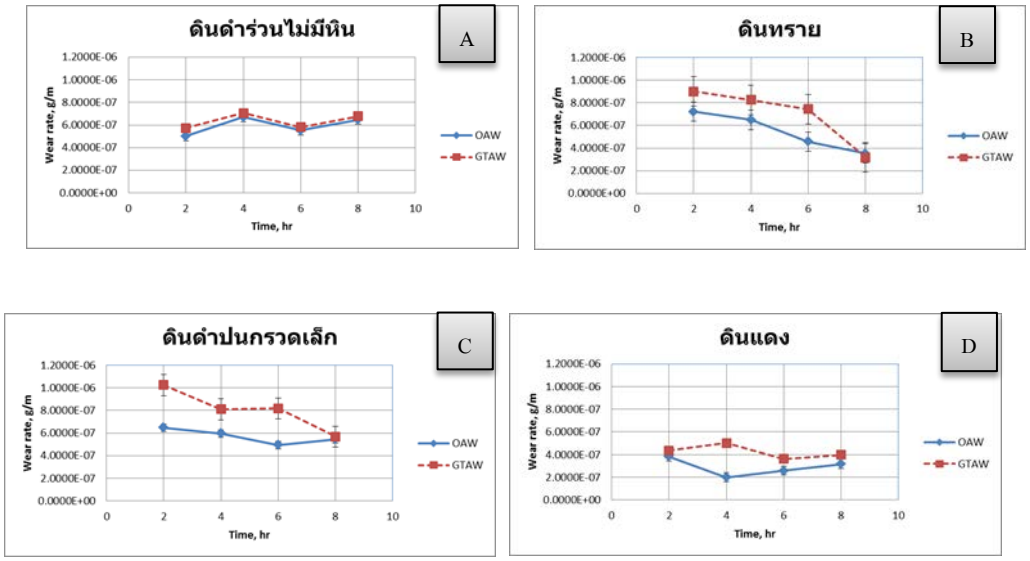
ตารางที่ 4 ค่าความกลมของอนุภาคขัดถู

อนุภาคขัดถู	ผลต่างระหว่างรัศมีภายนอกและรัศมีภายใน (mm)		ความเปลี่ยนแปลง
	ก่อนทดสอบ	หลังทดสอบ	
ดินดำร่วนไม่มีหิน	0.6322	0.5278	16.51%
ดินทราย	0.9512	0.7891	17.04%
ดินดำปนกรวดเล็ก	1.2534	1.0241	18.29%
ดินแดง	0.5211	0.4353	16.46%

ภายหลังการทดสอบได้นำเม็ดดินมาทำการวัดค่าผลต่างของรัศมีนอกและรัศมีในเพื่อเปรียบเทียบค่าความกลมก่อนและหลังทำการทดสอบ จากผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าดินที่มีค่าความกลมน้อยเมื่อถูกนำไปใช้ จะโดนแรงเสียดสีทำให้มีค่าความกลมเพิ่มขึ้นมากกว่าดินชนิดอื่นที่มีค่าความกลมมากกว่า โดยดินที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าความกลมมากสุดได้แก่ ดินดำปนกรวดเล็ก ดินทราย ดินดำร่วนไม่มีหิน และดินแดงตามลำดับ โดยค่าความกลมยิ่งมีค่าน้อยจะส่งผลต่ออัตราการสึกหรอที่สูงขึ้น

3.1.2 การหาจำนวนชั่วโมงในการเปลี่ยนอนุภาคขัดถู

การหาจำนวนชั่วโมงในการเปลี่ยนอนุภาคขัดถูเพื่อเป็นการหาค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมสำหรับใช้ในการทดสอบความสามารถความต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู โดยจากการทดสอบโดยใช้เวลาในการทดสอบ 2 ชั่วโมงทั้งหมด 4 ครั้งโดยไม่มีการเปลี่ยนดินเลยในการทดสอบ ผลการทดสอบแสดงในรูปที่ 5



รูปที่ 5 กราฟอัตราการสึกหรอของชิ้นงานจากการทดสอบทั้งหมด 4 ครั้งโดยไม่มีการเปลี่ยนดิน

จากกราฟแสดงให้เห็นว่าดินดำร่วนไม่มีหินแสดงดังรูปที่ 5 (A) และดินแดงแสดงดังรูปที่ 5 (D) ที่ทุกๆ 2 ชั่วโมง มีอัตราการสึกหรอที่ไม่แตกต่างกันมากนัก อย่างไรก็ตามสำหรับการทดสอบในชั่วโมงที่ 4 ของดินทั้งสองชนิดมีอัตราการสึกหรอเพิ่มขึ้นและลดลงตามลำดับ แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการขัดถูที่ไม่คงที่ของอนุภาคขัดถูเมื่อถูกใช้ซ้ำ ในกรณีนี้แตกต่างจากการทดสอบตาม ASTM G65 ที่ใช้อนุภาคขัดถูใหม่เสมอ ดังนั้นหากมีการใช้ซ้ำดังในการทดสอบนี้ จะส่งผลต่อความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบได้ ในทำนองเดียวกันอัตราการสึกหรอของดินทรายแสดงดังรูปที่ 5 (B) และดินดำปนกรวดเล็กแสดงดังรูปที่ 5 (C) มีค่าลดลง แสดงให้เห็นถึงความสามารถในการขัดถูของดินทั้งสองชนิดมีแนวโน้มลดลง ดั้งนั้นจากข้อมูลข้างต้นจึงควรเปลี่ยนอนุภาคขัดถูเมื่อใช้งานไปแล้วจำนวน 2 ชั่วโมงเพื่อลดความคลาดเคลื่อนของผลการทดสอบ

3.1.3 ผลทดสอบการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถู

จากผลการทดสอบได้นำเครื่องมือทางสถิติมาช่วยในการวิเคราะห์สำหรับการหากระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งที่ดีที่สุดในงานวิจัยนี้และอัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้นจากดินชนิดต่างๆ ด้วยโปรแกรมเจเอ็มพี (JMP) โดยก่อนทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนจะต้องทำการตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรตาม (อัตราการสึกหรอ) กับตัวแปรต้น (กระบวนการเชื่อมและชนิดของอนุภาคขัดถูที่ใช้ทดสอบ) ก่อนเพื่อพิจารณาว่าตัวแปรตามสามารถอธิบายโดยตัวแปรต้นได้มากน้อยเพียงใด ที่ได้กำหนดระดับนัยสำคัญเท่ากับ 0.05

จากผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนพบว่า ค่า P-value ของกระบวนการเชื่อม เท่ากับ 0.0313 และอนุภาคขัดถู เท่ากับ 0.0046 ซึ่งค่า P-value น้อยกว่า 0.05 จึงสรุปได้ว่า กระบวนการเชื่อมพอกผิวแข็งและ

ชนิดของดินที่ใช้ทดสอบที่แตกต่างกันมีผลต่ออัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้นภายใต้การทดสอบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 แต่ค่า P-value ของปัจจัยร่วมระหว่างกระบวนการเชื่อมและอนุภาคขัดถูเท่ากับ 0.8218 ซึ่งมากกว่า 0.05 จึงสามารถสรุปได้ว่าระหว่างกระบวนการเชื่อมและอนุภาคขัดถูไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ จึงทำการตัดออกแล้วค่าคำนวณด้วยโปรแกรม JMP อีกรอบดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 การวิเคราะห์ความแปรปรวน

Source	Nparm	DF	SS	F	P
กระบวนการเชื่อม	1	1	3.60×10^{13}	6.2607	0.0216
อนุภาคขัดถู	3	3	12.45×10^{13}	7.2139	0.0020
	S = 0.001478		R-Square = 59.49%		R-Square (adj) = 50.96%

ภายหลังการวิเคราะห์ความแปรปรวนทำให้ทราบว่าเงื่อนไขการเชื่อมพอกผิวแข็งมีค่าเฉลี่ยของอัตราการสึกหรอของชิ้นงานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ณ ระดับนัยสำคัญ 0.05 สำหรับอนุภาคขัดถูที่ใช้ในการทดสอบจากค่า P-value เท่ากับ 0.002 ที่แสดงในตารางที่ 5 ทำให้ทราบว่าอนุภาคขัดถูแต่ละชนิดมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เพื่อให้ทราบแน่ชัดจึงต้องทำการทดสอบต่อไปว่าค่าเฉลี่ยของอนุภาคขัดถูใดบ้างที่แตกต่างกัน โดยอาศัยการเปรียบเทียบพหุคูณตามวิธีของการทดสอบของทูกี้ (Tukey's Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ซึ่งเป็นวิธีการหนึ่งของการเปรียบเทียบพหุคูณ โดยเปรียบเทียบค่าสมบูรณ์ความแตกต่างค่าเฉลี่ยของทรีเมนต์เป็นรายคู่กับค่า $T\alpha$ ทีละคู่จนครบทุกคู่ เพื่อทำการจัดกลุ่ม

จากตารางที่ 6 พบว่า จากค่าเฉลี่ยอัตราการสึกหรอที่แตกต่างกันของอนุภาคขัดถูแต่ละชนิดของ ทั้งหมด 4 ค่า เมื่อทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยอัตราการสึกหรอของแต่ละเงื่อนไขการเชื่อมพอกผิวแข็งทีละคู่จนครบสามารถจัดกลุ่มได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม เรียงจากกลุ่มที่มีค่าเฉลี่ยอัตราการสึกหรอของชิ้นงานที่มากที่สุดไปหาน้อยที่สุด

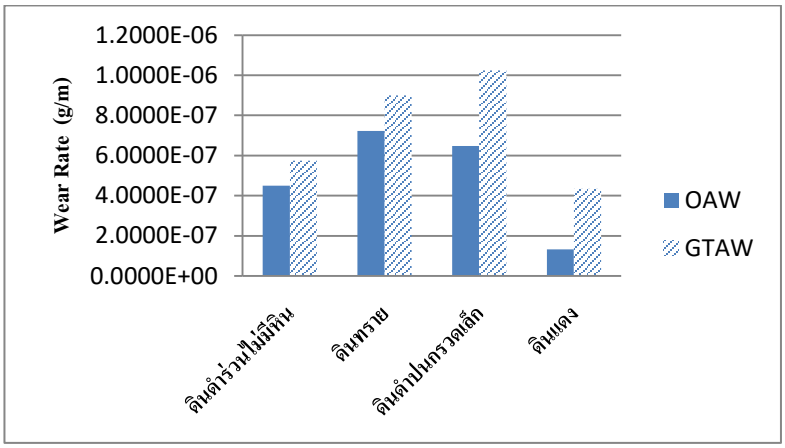
ตารางที่ 6 การเปรียบเทียบพหุคูณตามวิธี Tukey's Test ที่ช่วงความเชื่อมั่น 95%

Level	Grouping		Least Sq Mean
ดินดำปนกรวดเล็ก	A		8.36327×10^{-7}
ดินทราย	A		8.10537×10^{-7}

Level	Grouping		Least Sq Mean
ดินดำร่วนไม่มีหิน	A	B	5.12112×10^{-7}
ดินแดง		B	2.83688×10^{-7}

จากผลการแบ่งกลุ่มที่อาศัยการเปรียบเทียบพหุคูณตามวิธีของ Tukey's Test ทำให้สามารถเรียงลำดับการสึกหรอแบบขัดถูของชิ้นงานต่อชนิดของอนุภาคขัดถู จากมากที่สุดไปหาน้อยที่สุดประกอบด้วย ดินดำปนกรวดเล็ก,ดินทราย,ดินดำร่วนไม่มีหิน และดินแดง ตามลำดับ โดยที่กลุ่ม A มีการสึกหรอแบบขัดถูมากที่สุด รองลงมาคือค่าเฉลี่ยอัตราการสึกหรอที่อยู่ได้ทั้งกลุ่ม A และกลุ่ม B และสุดท้ายกลุ่ม B ที่มีการสึกหรอแบบขัดถูน้อยที่สุด

จากการศึกษาความต้านทานสึกหรอด้วยกระบวนการทดสอบจากการเสียดสีแบบขัดถู ของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม GTAW และวิธีการเชื่อม OAW นั้นจะพิจารณาความสามารถในการต้านทานการเสียดสีจากน้ำหนักของชิ้นงานที่สูญเสียไปภายหลังการทดสอบ ซึ่งหากชิ้นงานสามารถต้านทานการเสียดสีได้ดีนั้นจะมีการสูญเสียน้ำหนักของชิ้นงานภายหลังการทดสอบน้อย สำหรับผลการทดสอบความต้านทานการเสียดสี แสดงในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟแสดงอัตราการสึกหรอภายหลังการทดสอบ

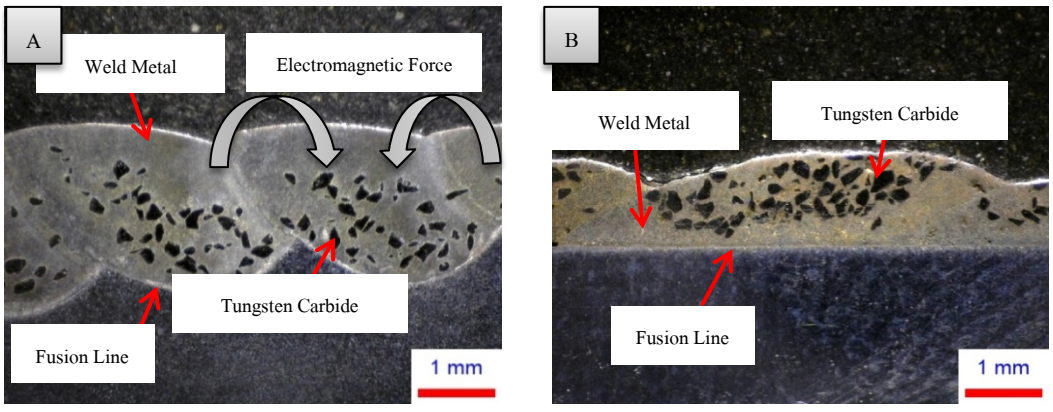
จากรูปที่ 6 ที่ทดสอบกับดินชนิด ดินดำไม่มีหินร่วน พบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม GTAW มีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 5.7474 ไมโครกรัม/เมตร และชิ้นงานที่ผ่านด้วยวิธีการเชื่อม OAW มีมีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 3.8316 ไมโครกรัม/เมตร ทดสอบกับดินชนิด ดินทรายพบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม GTAW มีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 8.9896 ไมโครกรัม/เมตร และชิ้นงานที่ผ่านด้วยวิธีการเชื่อม OAW มีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 7.2211 ไมโครกรัม/เมตร ทดสอบกับดินชนิด ดินดำปนกรวดเล็ก

พบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวธีการเชื่อม GTAW มีมีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 10.2420 ไมโครกรัม/เมตร และชิ้นงานที่ผ่านด้วยวิธีการเชื่อม OAW มีมีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 6.4843 ไมโครกรัม/เมตร และทดสอบกับดินชนิด ดินแดงพบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวธีการเชื่อม GTAW มีมีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 4.3474 ไมโครกรัม/เมตร และชิ้นงานที่ผ่านด้วยวิธีการเชื่อม OAW มีอัตราการสึกหรอจากการทดสอบ 1.3263 ไมโครกรัม/เมตร ซึ่งเป็นการแสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม OAW นั้นสามารถต้านทานการสึกหรอได้ดีกว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม GTAW ในทุกอนุภาคขัดถูที่ถูกใช้ในการทดสอบ โดยชนิดของอนุภาคขัดถูที่ทำให้เกิดการสึกหรอสูงสุดคือดินดำปนกรวดเล็ก ดินทราย ดินดำร่วนไม่มีหิน และดินแดง ทั้งนี้ความเป็นไปได้ว่าค่าความกลมของอนุภาคขัดถูส่งผลต่ออัตราการสึกหรอโดยดินที่มีลักษณะมีอนุภาคที่มีค่าความกลมน้อยอย่างเช่น ดินดำปนกรวดเล็กจะส่งผลให้มีอัตราการสึกหรอที่สูง แต่ในขณะที่ดินที่มีอนุภาคมีค่าความกลมมากกว่าอย่างดินทราย ดินดำร่วนไม่มีหิน และดินแดงจะมีอัตราการสึกหรอที่ต่ำลงตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการวัดขนาดของอนุภาคขัดถู

3.2 การวิเคราะห์ทางโลหะวิทยา (Metallographic Analysis)

3.2.1 การตรวจสอบโครงสร้างมหภาค (Marco Structures)

จากภาพถ่ายโครงสร้างมหภาคของชิ้นงานตัวอย่างที่เชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม GTAW คาร์ไบด์ที่ถูกส่งถ่ายมาบนชิ้นงาน กระจายตัวอยู่ด้านล่างของแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง ใกล้กับบริเวณขอบแนวเชื่อม (Fusion Boundary) ของชิ้นงานดังแสดงในรูปที่ 7 (A) ในทางตรงกันข้าม ชิ้นงานตัวอย่างที่เชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อม OAW โครงสร้างที่ได้ พบว่ามีก้อนทังสเตนคาร์ไบด์ของลวดป้อนเติมทังสเตนคาร์ไบด์ (Fuse Tungsten Carbide; FTC) กระจายตัวปนกับพื้น (Matrix) ที่ด้านบนผิวหน้าและทั่วทั้งแนวเชื่อม ดังแสดงในรูปที่ 7 (B)



รูปที่ 7 (A) ภาพถ่ายโครงสร้างมหภาคของชิ้นงานทดสอบ GTAW (B) ภาพถ่ายโครงสร้างมหภาพของชิ้นงานทดสอบ OAW

ทั้งนี้มีความเป็นไปได้จากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Force) เป็นสาเหตุที่ทำให้คาร์ไบด์ที่ถูกส่งถ่ายมาถูกผลักลงไปด้านล่างของบ่อหลอม (Weld Pool) ซึ่งแรงดังกล่าวมีเฉพาะในกรณีที่เป็นการเชื่อมด้วย

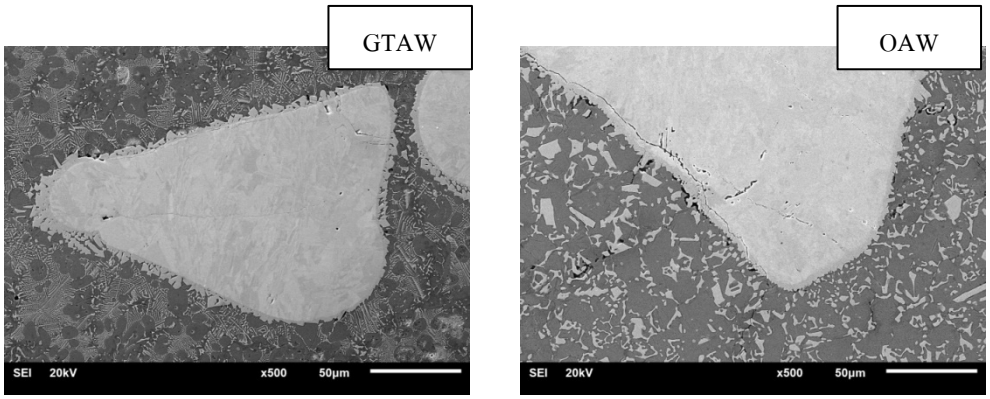
ไฟฟ้าเท่านั้น หรือในกรณีนี้คือการเชื่อม GTAW นั้นเอง ในขณะที่การเชื่อม OAW ไม่ไฟฟ้าเข้ามาเกี่ยวข้อง จึงไม่มีแรงดังกล่าวทำให้คาร์ไบด์กระจายตัวอยู่ด้านบนของแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง

แรงจากสนามแม่เหล็กไฟฟ้า (F) กระทำกับชิ้นงานตามสมการที่ 3 โดยคำนวณจากความหนาแน่นของกระแส (J) และฟลักซ์สนามแม่เหล็ก (B) ซึ่งแรงดังกล่าวจะกระทำในทิศทางดิ่งลงตามความลึกของบ่อหลอม จึงเป็นการผลักคาร์ไบด์จมลงสู่ใต้บ่อหลอม นอกจากนี้แรงดังกล่าวยังส่งผลต่อความลึกของแนวเชื่อม (Penetration) ชิ้นงานหลอมละลายมากขึ้น ทำให้อัตราการเจือจาง (Dilution) ของลวดเชื่อมมากยิ่งขึ้น ดังแสดงผลสอดคล้องกับความสูงของแนวเชื่อมและรวมถึงค่าความแข็ง (HB) ที่ต่ำลงของการเชื่อม GTAW เมื่อเปรียบเทียบกับการเชื่อม OAW [11]

$$F = J \times B \qquad (3)$$

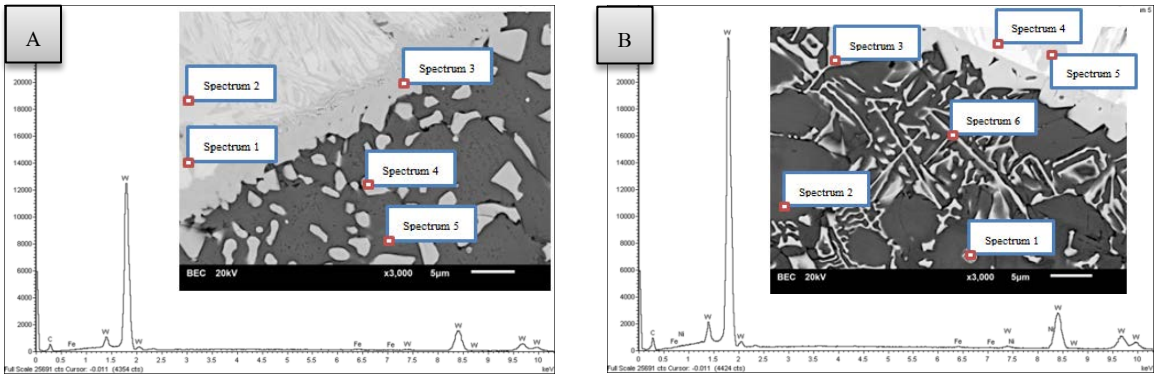
3.2.2 การตรวจสอบโครงจุลภาค (Microscopic Structures)

จากภาพถ่ายโครงสร้างมหภาคของชิ้นงานจากกระบวนการเชื่อมทั้ง GTAW และ OAW ที่กำลังขยายไม่สูงมาก พบเพียงการกระจายตัวของคาร์ไบด์ขนาดใหญ่ที่แตกต่างกัน แต่ยังไม่สามารถระบุโครงสร้างพื้น (Matrix) ที่เกิดขึ้น



รูปที่ 8 พื้นของแนวเชื่อมบริเวณขอบของก้อนทังสเตนคาร์ไบด์

ที่กำลังขยายสูงขึ้นในรูปที่ 8 โครงสร้างเริ่มมีความแตกต่างกัน โดยชิ้นงานจากการเชื่อม OAW มีการกระจายตัวของก้อนคาร์ไบด์ขนาดเล็กอยู่บนโครงสร้างพื้น ในทางตรงกันข้าม ชิ้นงานจากการเชื่อม GTAW ไม่ปรากฏปรากฏก้อนคาร์ไบด์ขนาดเล็กเหลืออยู่ ทั้งนี้มีโครงสร้างของยูเทคติกคาร์ไบด์ (Eutectic Carbides) เกิดขึ้นแทน ซึ่งเกิดจากการหลอมละลายของก้อนคาร์ไบด์และแข็งตัวใหม่ตามปฏิกิริยายูเทคติก (Eutectic reaction) เนื่องจากความเข้มของพลังงานความร้อน (Heat Intensity) ของกระบวนการเชื่อม GTAW มีมากกว่ากระบวนการเชื่อม OAW



รูปที่ 9 (A) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม OAW (B) ภาพถ่ายโครงสร้างจุลภาคชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม GTAW

สำหรับสเปกตรัม 1 (spectrum 1) สเปกตรัม 2 (spectrum 2) และสเปกตรัม 3 (spectrum 3) ของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม OAW แสดงดังรูปที่ 9 (A) พบองค์ประกอบของทังสเตน (W) และคาร์บอน (C) ในปริมาณที่สูง เป็นการยืนยันได้ว่าโครงสร้างของก้อนดังกล่าวเป็นทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ซึ่งมาจากลวดเชื่อมและถูกหลอมละลายไม่หมดหรือไม่ถูกหลอมละลายเลยอย่างไรก็ตาม บริเวณโครงสร้างพื้นรอบทังสเตนคาร์ไบด์ดังกล่าว มีก้อนขนาดเล็ก ซึ่งเมื่อทำการวิเคราะห์ส่วนผสมสเปกตรัม 4 (spectrum 4) พบว่าเป็นทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) เช่นเดียวกัน ในขณะที่สเปกตรัม 5 (spectrum 5) เป็นส่วนผสมทางเคมีของโครงสร้างพื้น (Matrix)

ในทำนองเดียวกันสำหรับชิ้นงานจากการเชื่อม GTAW ส่วนผสมทางเคมีของส่วนต่างๆในโครงสร้างจุลภาคถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค EDS ดังแสดงในรูปที่ 9 (B) แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างก้อนขนาดใหญ่ในสเปกตรัม 4 (spectrum 4) และสเปกตรัม 5 (spectrum 5) เป็นทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ซึ่งเป็นไปได้เช่นเดียวกับการเชื่อม OAW ที่คาร์ไบด์ดังกล่าวมาจากลวดเชื่อม และเป็นเช่นเดียวกันกับคาร์ไบด์ที่ของชิ้นงานในสเปกตรัม 3 (spectrum 3)

ในบริเวณที่แตกต่างกันของการเชื่อม GTAW จากการเชื่อม OAW คือโครงสร้างยูเทคติก (Eutectic) ซึ่งในกรณีนี้เชื่อว่าเป็นยูเทคติกคาร์ไบด์ (Eutectic Carbides) จากการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีในสเปกตรัม 6 (spectrum 6) พบว่ามีปริมาณทังสเตนมากกว่าสเปกตรัม 2 (spectrum 2) ซึ่งเป็นโครงสร้างพื้น แสดงให้เห็นว่าสเปกตรัม 6 (spectrum 6) เป็นโครงสร้างยูเทคติกคาร์ไบด์ (Eutectic Carbides) ที่เกิดจากการหลอมละลายก้อนคาร์ไบด์และแข็งตัวใหม่ของตามปฏิกิริยายูเทคติก (Eutectic reaction)

ส่วนผสมทางเคมีข้างต้นของชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อมด้วย OAW และ GTAW แสดงให้เห็นว่าโครงสร้างก้อนขนาดใหญ่ที่แสดงในภาพเป็นก้อนทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) โดยขนาดของก้อนทังสเตนคาร์ไบด์จากชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม OAW มีขนาดใหญ่กว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม GTAW และยังมี

ก้อนทังสเตนคาร์ไบด์ขนาดเล็กกระจายตัวอยู่รอบๆ อาจจะส่งผลให้มีค่าความแข็งโดยรวมสูงกว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม GTAW

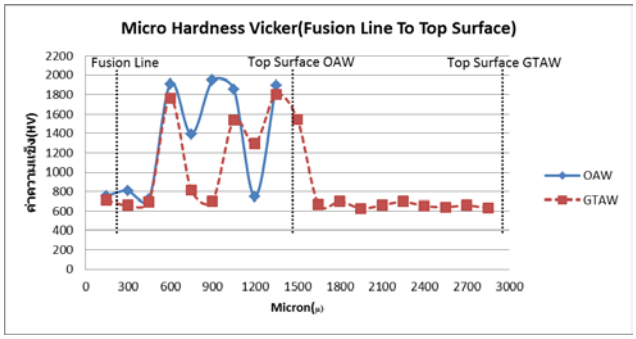
3.3 ผลการทดสอบค่าความแข็ง (Hardness)

3.3.1 การทดสอบความแข็งบริเนลล์ (Brinell Hardness Test)

จากการทดสอบค่าความแข็งจากการทดสอบแบบบริเนลล์ จากผลการทดลองพบว่าค่าความแข็งของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม GTAW มีค่าความแข็งเฉลี่ย 580 HB ในขณะที่ชิ้นงานที่เชื่อมด้วยวิธีการเชื่อม OAW มีค่าความแข็งเฉลี่ย 650 HB แสดงให้เห็นว่าชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการเชื่อม OAW มีค่าความแข็งที่ผิวหน้ามากกว่าทำให้มีความสามารถต้านทานการสึกหรอจากการเสียดสีได้ดีกว่า สอดคล้องกันการทดสอบการต้านทานการสึกหรอในทุกๆประเภทดิน

3.3.2 การทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์ (Micro Vickers Hardness Test)

เพื่อเป็นการศึกษาการกระจายตัวของค่าความแข็ง การวัดด้วยการทดสอบความแข็งแบบไมโครวิกเกอร์สามารถระบุการกระจายตัว (Profile) ของค่าความแข็งดังกล่าวได้ จากรูปที่ 10 แสดงการกระจายตัวของความแข็งจากขอบแนวเชื่อม (Fusion Boundary) ไปจนถึงผิวด้านบนของแนวเชื่อม (Top Surface) โดยตำแหน่งที่มีทังสเตนคาร์ไบด์ (Tungsten Carbide) อยู่เป็นตำแหน่งที่มีค่าความแข็งสูงสุด ทั้งนี้ตำแหน่งความแข็งของทั้งสองกระบวนการอยู่ห่างจากขอบแนวเชื่อมไม่ต่างกันที่ระยะประมาณ 400-1200 ไมครอน อย่างไรก็ตามกระบวนการเชื่อม GTAW มีบริเวณที่ไม่พบทังสเตนคาร์ไบด์เป็นบริเวณที่กว้างกว่า ดังจะเห็นได้จากบริเวณที่มีคาร์ไบด์แคบกว่าในการวัดไปถึงผิวบนของแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง จากระยะ 1500 ไมครอนถึง 3,000 ไมครอน ซึ่งช่วงระยะดังกล่าวรอยเชื่อมพอกผิวแข็งจะมีแต่พื้น (Matrix) เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งสอดคล้องกับภาพถ่ายของโครงสร้างมหภาพในรูปที่ 7



รูปที่ 10 กราฟค่าความแข็งของแนวเชื่อมพอกผิวแข็ง ระหว่างกระบวนการเชื่อม GTAW และ OAW จาก ขอบแนวเชื่อมถึงผิวหน้าแนวเชื่อม

4. สรุปผลการทดลอง

4.1 การทดสอบอัตราการสึกหรอที่เกิดจากอนุภาคขัดถู

การทดสอบอัตราการสึกหรอจากการนำชิ้นงานตัวอย่างไปทดสอบกับอนุภาคขัดถู ซึ่งเป็นดินจำนวน 4 ชนิด เพื่อเปรียบเทียบอัตราการสึกหรอที่เกิดขึ้น จากผลการทดสอบพบว่า

- อนุภาคที่ส่งผลให้มีอัตราการสึกหรอสูงสุดคือดิน ชนิดดินดำปนกรวดเล็ก ดินทราย ดินดำร่วนไม่มีหินและดิน ตามลำดับ
- ลักษณะของดินที่มีค่าความกลมน้อยจะส่งผลให้เกิดอัตราการสึกหรอที่สูง

4.2 การเปรียบเทียบการต้านทานการสึกหรอระหว่างกระบวนการเชื่อม

จากทดสอบการต้านทานการสึกหรอแบบขัดถูชิ้นงานด้วยกระบวนการเชื่อมแก๊สออกซีอะเซทิลีน(Oxy Acetylene Welding; OAW) สามารถต้านทานการสึกหรอได้ดีกว่าชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมอาร์กทังสเตน(Gas Tungsten Arc Welding; GTAW) โดยปัจจัยสำคัญที่ทำให้มีความสามารถในการต้านทานการสึกหรอได้ดีคือ

- ทังสเตนคาร์ไบด์ (WC) ที่อยู่ในโครงสร้างพื้น (Matrix) มีการกระจายตัวอยู่บนพื้นผิวแนวเชื่อมในบริเวณที่กว้างกว่า ทำให้ผิวหน้าแนวเชื่อมมีความแข็งมากกว่าชิ้นงานเชื่อมอาร์กทังสเตน (Gas Tungsten Arc Welding; GTAW)
- ลักษณะโครงสร้างทางจุลภาคของโครงสร้างพื้น (Matrix) ที่แตกต่างกันโดยชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านกระบวนการเชื่อม GTAW จะมีความเข้มของพลังงานความร้อน (Heat Intensity) มากกว่าส่งผลให้มีความเข้มของพลังงานความร้อนมากพอที่ทำให้เกิดการหลอมละลายของก้อนคาร์ไบด์และแข็งตัวใหม่เป็นยูเทคติกคาร์ไบด์ (Eutectic Carbides) ตามปฏิกิริยายูเทคติก (Eutectic reaction) ทำให้ค่าความแข็งลดลง

5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ ผศ.ดร.อิศรทัต พึ่งอ้น สำหรับการสนับสนุนและคำปรึกษา และคุณอธิวิชญ์ อามิตร สำหรับการเตรียมชิ้นงานเชื่อม ในงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

1) Crook, P., 1992, “Friction and wear of hardfacing alloys,” in: ASM Handbook vol. 18, Friction, Lubrication and Wear Technology, p.758–765.

2) Hutchings, I.M., 1992, Tribology: Friction and Wear of Engineering Materials, 1st Edition, Butterworth-Heinemann, Cambridge, p. 133–171.

3) Roda V´ azquez, C., Loureiro, A. and Pita Cribeiro, J., 2000, “Comportamientofrente al desgaste abrasivo de las aleaciones con tendencia a laformaci´ on de carburos aplicados por soldadura,” Mantenimiento, p.78-89.

4) Buchely, M.F., Gutierrez, J.C., Le´on, L.M. and Toro, A., 2005, “The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys,” Wear 259, p.52–61.

5) Chatterjee S. and Pal T.K., 2003, “Wear behavior of hardfacing deposits on castiron,” Wear 255, p.417–425.

6) ASME Boiler and Pressure Vessel Code, 2013, Section II Part A, “Ferrous Material Specifications-Materials,” American Society of Mechanical Engineers.

7) Welding Rod DIN EN 14700: T Fe20, DIN 8555: G21-GF-55-CG.

8) ASTM Designation: G 65 – 04, 2010, “Standard Test Methods for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus”, American Society for Testing Materials.

9) Wentao sui and Dan Zhang, 2012, “Four Methods for Roundness Evaluation, Physics Procedia,” p.2159-2164.

10) ASTM Committee E 04, 2007, “ASTM E407-07 Standard Practice for Microteaching Metal and Alloy”, American Society for Testing and Material.

11) อธิวิชณ์ อามิตร, 2559, เปรียบเทียบผลของกระบวนการเชื่อมที่แตกต่างกันในการเชื่อมพอกผิวแข็ง, วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมการเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

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

การประชุมระดับชาติ ด้านวิชาการเทคโนโลยีการเชื่อม และการตรวจสอบ (TWIT 2017)

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