

ทิศทางและนโยบาย
การบริหารจัดการ
สวท. ยุค 4.0

สวท.
กับการมีส่วนร่วม
ในการสร้าง
ความเป็นเลิศ
ในงานวิจัยพัฒนา
สวท.



บทบรรณาธิการ (Editorial)

วารสารของสำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรีฉบับนี้ ถือว่าเป็นวารสารฉบับพิเศษที่จัดพิมพ์ขึ้นมาเป็นรูปเล่มในวาระแรกของการดำรงตำแหน่งผู้อำนวยการ สวท. ของรศ.เอนก ศรีพานิชกร (วาระดำรงตำแหน่งตั้งแต่กันยายน 2560 - สิงหาคม 2564) และเป็นส่วนหนึ่งในช่องทางการประชาสัมพันธ์ วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สวท. ที่ผู้อ่านสามารถติดตามข่าวสารได้จาก www.istrsjournal.org เป็นปกติอยู่แล้ว ในวารสารฉบับนี้ท่านจะได้พบกับบทสัมภาษณ์ผู้อำนวยการ สวท. ท่านใหม่เกี่ยวกับทิศทางและนโยบายการบริหารจัดการองค์กร เพื่อรองรับแนวโน้มของสภาพการณ์ที่กำลังก้าวออกไปสู่สังคมอุดมปัญญาและเต็มไปด้วยการขับเคลื่อนด้านนวัตกรรมของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การวางนโยบายในการดำเนินโครงการสำคัญ ๆ ที่จะทำให้ สวท. บรรลุวิสัยทัศน์ด้วยพันธกิจที่กำหนดไว้อย่างชัดเจนและร่วมเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างความเป็นเลิศในงานวิจัยและพัฒนาให้แก่มหาวิทยาลัยด้วย นอกจากนี้ยังมีบทความที่สอดคล้องรับกับสถานการณ์ในปัจจุบัน ดังจะเห็นได้จากบทความเรื่องการจัดการน้ำสำหรับระเบียบเศรษฐกิจพิเศษ EEC และบทความวิจัยที่ผ่านการศึกษาอย่างละเอียดจากนักวิจัยในสังกัดของศูนย์ความเชี่ยวชาญของ สวท. ด้วย

การดำเนินการของวารสารฉบับวิจัยและพัฒนาเหล่านี้คงไม่สามารถดำเนินการไปได้โดยลำพัง หากไม่ได้รับการตอบรับจากผู้อ่าน กองบรรณาธิการของวารสารจึงใคร่ขอคำแนะนำและความเห็นจากผู้อ่านทุกท่านผ่านทุกช่องทางของสวท.

กองบรรณาธิการ วารสารอิเล็กทรอนิกส์ สวท.

ศ. ดร.ชัยยุทธ ชินณะราศรี

นางรุ่งนภา เตาทองนันทสิน

ผศ. ดร.ธิติมา วงษ์ชีรี

นายธนะศักดิ์ ทวนทอง

นางสาวชาลินี กระจ่างพจน์

นางสาวอัญชลี รอดภัย

นายสุรินทร์ การเกตุ

นางสาวพิมชนก เปรมสมาน

นางสาวชนนิกานต์ ขลิบทอง

หัวหน้ากองบรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ

ผู้ช่วยกองบรรณาธิการ

คณะกรรมการจัดทำวารสารอิเล็กทรอนิกส์

คณะกรรมการจัดทำวารสารอิเล็กทรอนิกส์

คณะกรรมการจัดทำวารสารอิเล็กทรอนิกส์

คณะกรรมการจัดทำวารสารอิเล็กทรอนิกส์

คณะกรรมการจัดทำวารสารอิเล็กทรอนิกส์

สารบัญ

หน้า

◆ Senior Vision	
ทิศทางและนโยบายการบริหารจัดการ สวท. ในยุค Thailand	1
การบริหารจัดการน้ำเพื่อรองรับระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก	4
◆ Experience Show Case	
สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับการมีส่วนร่วม	13
ในการสร้างความเป็นเลิศในงานวิจัยพัฒนาของ มจร.	
แนวทางการพัฒนามูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ตาลโตนดในจังหวัดเพชรบุรี	16
◆ Reseach Supplement	
การศึกษาผลกระทบของการเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเกิดโคเมียม6+	18
จากควั่นละอองโลหะของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์สำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์ค	
◆ Variety	
การบริจาคอวัยวะ คือการให้ที่ยิ่งใหญ่	27

ผมต้องการทำให้เกิดสำนักงาน
ที่มีการบริหารจัดการโครงการเป็น
**Project Management
Office-PMO**
ให้กับทุกโครงการที่ผ่าน สวก.



ทิศทางและนโยบายการบริหารจัดการ
สวก.ในยุค Thailand 4.0

Q ในฐานะที่อาจารย์เข้ามาดำรงตำแหน่ง ผู้อำนวยการ สวก. ท่านใหม่ อาจารย์มองทิศทางและวางนโยบายการบริหารจัดการ สวก.อย่างไร

ผมมองว่า ปัจจุบันประเทศไทยกำลังก้าวเข้าสู่ยุค Thailand 4.0 การทำ Research and Development หรือที่เรียกว่า R&D เป็นสิ่งสำคัญที่จะขับเคลื่อนองค์กร สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หรือ สวท. เป็นหน่วยงานที่มีพื้นฐานมาจาก R&D รวมทั้งนวัตกรรมต่างๆ ที่จะเปลี่ยนแปลงไป ทั้งด้านอุตสาหกรรมและการศึกษา ดังนั้นทิศทางการบริหารจัดการ สวท.ที่วางนโยบายหลักไว้จะมีอยู่สามประเด็น ดังนี้

อันดับแรก ผมมองว่า สวท. ควรให้ความสำคัญกับ Massive Open Online Course หรือ MOOC ซึ่งเป็นรูปแบบการนำเสนอการเรียนรู้อันหลากหลายแบบออนไลน์ ที่สามารถเข้าถึงผู้เรียนจำนวนมากๆ ได้ ผ่านหน้าเว็บไซต์ ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นการให้บริการแบบไม่คิดค่าบริการ ปัจจุบันจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยได้มีการจัดทำโครงการลักษณะนี้ไปแล้ว ผมต้องการให้ สวท.เป็นหน่วยงานหลักที่ เชิญชวนหรือชักจูงหน่วยงานต่างๆ ใน มจร. ให้เข้ามาช่วยกันทำโครงการสนับสนุนการผลิตสื่อการเรียนรู้ออนไลน์ เรื่องนี้สำคัญต่อการพัฒนาระบบการศึกษาในยุค Thailand 4.0 รวมถึงควรเตรียมจัดทำหลักสูตรเพื่อการเรียนการสอนของผู้ใหญ่มากขึ้นเช่น หลักสูตรสำหรับวัยทำงาน (Working Adult Education-WAE) และหลักสูตรการเรียนรู้สำหรับผู้สูงอายุ เพราะผมเชื่อว่าในปี 2564 จะมีผู้สูงอายุเพิ่มขึ้นประมาณ 20% ซึ่งถือว่าเป็นตัวเลขที่สูงมาก โดยคิดว่าศูนย์การศึกษาต่อเนื่องจะเป็นหน่วยงานหลักในเรื่องนี้

อันดับที่สอง ผมมองว่า สวท. ควรเป็นผู้นำในด้านเทคโนโลยี เนื่องจากการทำ Research and Development ของแต่ละศูนย์ภายใต้สวท. นั้น จะเกิดสิ่งที่เราเรียกว่า In-depth Experience ของแต่ละศูนย์ ซ่อนอยู่ สวท.ควรเป็นตัวกลางในการเชื่อมความสามารถเฉพาะทางของแต่ละศูนย์ ให้มาทำงานวิจัยและงานบริการวิชาการร่วมกัน ผมอยากเห็น สวท. เป็น Platform สำคัญของมหาวิทยาลัย ที่ไม่มีแต่เฉพาะศูนย์ภายใต้สวท.เท่านั้น แต่เป็นการรวมความรู้ความสามารถของภาควิชาในคณะอื่นๆ ด้วย ซึ่งตอนนี้ผมเองก็ได้ให้ความเห็นต่อมหาวิทยาลัยว่า ถ้าเราจะทำให้ Cluster เกิดขึ้นได้จริงในมหาวิทยาลัยนั้น ควรคำนึงถึงข้อเท็จจริงที่ว่า การทำงานร่วมกันของศูนย์ไม่สามารถที่จะกำหนดได้ตายตัว ตัวอย่างเช่น สาขาวิศวกรรมโยธา สาขาวิศวกรรมเครื่องกล หรือสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม หากต้องการนำมารวมเป็น Cluster จะพบความจริงว่า ไม่จำเป็นต้องรวมกันเฉพาะในสาขาที่ใกล้เคียงกันเท่านั้น สาขาวิศวกรรมโยธาก็อาจจะไปทำเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวกับสาขา Food Safety ได้ เราสามารถสร้าง Cluster ที่มีความหลากหลายของสาขาวิชาได้ และขณะนี้ก็ได้พยายามส่งเสริมให้ศูนย์ต่างๆ ร่วมกันทำงานมากขึ้น หากทำได้ผมเชื่อว่า สวท. จะเป็นหน่วยงานที่สามารถขับเคลื่อนในเรื่องนี้ได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้จากการเข้ามาบริหาร สวท. ในช่วงเวลาที่ผ่านมามีความยั่งยืนของ บุคลากรใน สวท. ยังมีน้อย เช่น ถ้าผู้ก่อตั้งศูนย์ไม่อยู่หรือไม่ได้ทำงานในมหาวิทยาลัยต่อแล้ว ศูนย์นั้นก็จะจืดจางหรือเลิกได้ เพราะฉะนั้นในช่วงที่ผมบริหาร สวท. ในวาระแรก คิดว่าจะผลักดันเรื่องนี้ให้มีความยั่งยืนมากขึ้นให้ได้ ผมได้หาหรือรองผู้อำนวยการและที่ปรึกษา โดยคิดว่าเราต้องมีเครื่องมือหรือตัวช่วยที่สามารถทำให้เกิดการสร้างควมยั่งยืนให้กับศูนย์ให้ได้ เช่น การจัดตั้งเงินกองทุนไว้เบื้องต้น แล้วให้แต่ละศูนย์ได้มีส่วนในการเติมเงินเข้าไป ก็น่าจะเป็นเรื่องที่ได้ในช่วงแรก

อันดับที่สาม อย่างที่เราทราบกันมานานแล้วว่า ปัจจุบัน Internet มีบทบาทสำคัญอย่างมากในยุค Thailand 4.0 ซึ่งเดิมคนมักพูดถึงเรื่อง คนและอุปกรณ์เท่านั้น แต่วันนี้ Internet ถือว่าเป็นของทุกสิ่งทุกอย่าง หรือที่เราเรียกว่า Internet of things - IoT IoT ที่สำคัญและพบเห็นกันได้ทั่วไป เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นโทรศัพท์มือถือ สวท. ควรจะมีการทำต้นแบบ IoT โดยตั้งเป้าไว้ว่า ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม (ศวช.) จะเป็นศูนย์ที่จะนำร่องเรื่องนี้และสร้างชื่อเสียงให้แก่มหาวิทยาลัยได้อย่างดี โดยจะผลักดันให้ ศวช. ซึ่งที่ผ่านมาเป็นผู้รวบรวมข้อมูลสิ่งต่างๆ ที่ได้เรียนรู้จากการทำงานร่วมกับชาวบ้าน และชุมชน นำเทคโนโลยีที่เหมาะสมไปใช้พัฒนาการเกษตรในพื้นที่ ให้เปลี่ยนแปลงมาเป็นการขับเคลื่อนด้วย Internet ขณะนี้ได้พยายามที่จะสร้างเรื่องราวต่างๆ ที่ได้รวบรวมและเก็บข้อมูลไว้ ตัวอย่างเช่น ศวช. มีการส่งเสริมและพัฒนาสายพันธุ์สตอเบอรี่ในพื้นที่อำเภอนาแห้ว จังหวัดเลย เราก็จะสร้างแรงจูงใจให้มีการนำ IoT มาใช้ผ่านกองทุนสนับสนุนของสำนักงานคณะกรรมการการกระจายเสียงกิจการโทรทัศน์และกิจการโทรคมนาคมแห่งชาติ (กสทช.) ได้ ซึ่ง กสทช. พร้อมเปิดให้มีการทำวิจัยในลักษณะนี้แล้ว เราสามารถที่จะถอดบทเรียนการทำแปลงสตอเบอรี่ที่เคยปฏิบัติด้วยคนให้กลายมาใช้ IoT แทน และหากสามารถสร้าง Big Data ควบคู่กันไป เช่น การจัดทำข้อมูล Big Data เชิงเกษตรกรรมของการทำสตอเบอรี่ อาทิ ข้อมูลวิศวกรรมแหล่งน้ำและปฐพีวิทยา ข้อมูลด้านการเกษตร ที่เกี่ยวกับโรคพืช และดิน เป็นต้น หากนำข้อมูลเหล่านี้มาบันทึกจัดเก็บและรวบรวมไว้จำนวนมากในแต่ละสถานที่ จะทำให้สามารถหาคำตอบที่ถูกต้องได้เร็วมากขึ้น และคำตอบนั้นจะส่งผ่านการดำเนินงานและสั่งการของกลไกต่างๆ ในการดำเนินการได้เร็วมากขึ้น โดยไม่ต้องใช้คน ผมเข้าใจว่าในประเทศไทยยังมีคนทำเรื่องนี้อย่างจริงจังไม่มากนัก และต้องการให้ ศวช.เป็นผู้ริเริ่มในการนำ IoT เข้ามาใช้ ตัวอย่างเช่น การติด Sensor ควบคุมการวัดอุณหภูมิ ความชื้น ความหวาน และวัดค่าต่างๆ และส่งข้อมูลไปจัดเก็บไว้ที่ตัวกลางเก็บข้อมูลที่มีขนาดใหญ่ ข้อมูลต่างๆ เหล่านี้ จะเข้าไปประมวลผลกับข้อมูลที่ได้มีการบันทึกไว้โดยผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ ในลักษณะนี้ก็เป็น IoT กับ Big Data ที่สอดคล้องกับเทคโนโลยีของประเทศไทย หลังจากนั้น ควรนำองค์ความรู้ที่นำมาจัดทำเป็น Story Board ในลักษณะที่มีเนื้อหา ที่สามารถใช้สอนหนังสือได้ นำกลับไปช่วยพัฒนานักศึกษาในวิชา GenEd ของมหาวิทยาลัยให้เรียนรู้หลักการนี้ หรือทำเป็นสื่อให้สังคมทั่วไปได้ทราบ นอกจากนี้อาจนำ IoT มาพัฒนางานชุมชนและสังคมบริเวณโดยรอบของมหาวิทยาลัย ตัวอย่างเช่น การเลี้ยงแพะในเขตทุ่งครุ ที่พบว่าแพะสามารถขายได้แทบทุกชิ้นส่วน ไม่ว่าจะเป็นชีแพะ เนื้อแพะ หนังแพะ นมแพะ หากเราสามารถติดตามหรือ Tag แพะได้ว่าไปที่ผลิตภัณฑ์ใดเพื่อให้ทราบว่ามีมีการเคลื่อนย้ายผลิตภัณฑ์ไปที่ไหนบ้าง ก็จะสามารถรายงานผลหรือให้ข้อมูลอย่างอื่นกับเจ้าของ Farm ได้ หรือการทำนาทุ้งในบริเวณเขตบางขุนเทียน ที่มีปัญหาเรื่องน้ำเค็มเข้ามาในนาทุ้ง การติด Sensor ที่สามารถส่งข้อมูลไปยังเจ้าของนาทุ้งให้ทราบอย่างทันทีจะเป็นประโยชน์อย่างมากกับชุมชนข้างเคียงมหาวิทยาลัย ดังนั้นภายใน 4 ปีนี้จะต้องทำให้ ศวช. เป็นผู้นำในการนำเอาเทคโนโลยีที่เรียนรู้จากมหาวิทยาลัยไปสู่ชุมชนให้ได้





ในส่วนของสำนักงานผู้อำนวยการ พบว่าบุคลากรส่วนใหญ่เป็นกลุ่มสนับสนุนการบริหาร ผมมีความต้องการทำให้เกิดสำนักงานที่มีการบริหารจัดการโครงการเป็น Project Management Office-PMO ให้กับทุกโครงการที่ผ่าน สวท. ช่วยทำหน้าที่ติดตามงานให้เป็นไปตามแผนงานของโครงการ มีการส่งมอบงานที่ตรงตามเวลา เป็นผู้ช่วยให้กับศูนย์ต่างๆ โดยศูนย์ไม่จำเป็นต้องมี Project Manager ของแต่ละงาน และที่สำคัญ คือ ทำหน้าที่บริหารจัดการงานบริการวิชาการที่สำนักงานผู้อำนวยการรับผิดชอบดำเนินการเองอย่างเต็มรูปแบบ ผมเชื่อว่า PMO จะเป็นลักษณะงานที่มีบทบาทสำคัญและเป็นฐานสำคัญ ที่จะช่วยอำนวยความสะดวกให้กับทุกศูนย์ได้เป็นอย่างดี ช่วยให้แต่ละศูนย์สามารถลดค่าใช้จ่าย ในขณะที่เดียวกันสามารถเพิ่มทักษะให้แก่บุคลากรของ สวท. ด้วย หากเราทำสำเร็จจะสามารถเป็นต้นแบบในการดำเนินการในลักษณะแบบนี้ให้แก่มหาวิทยาลัย

นอกจากนี้ผมยังมองว่า ณ วินาทีโลกมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็ว มีการนำหุ่นยนต์เข้ามาทำงานแทนคนมากขึ้น และเชื่อว่าในอีก 5 - 10 ปีข้างหน้า หุ่นยนต์อาจเข้ามาทำงานแทน Counter Service หรือทำงานจัดซื้อจัดจ้างได้ สวท. จึงจำเป็นต้องกำหนดเป้าหมายการพัฒนาบุคลากรใหม่ให้สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงที่ท้าทายนี้ ต้องพัฒนาบุคลากรให้ทำงานที่หุ่นยนต์ไม่สามารถทำแทนได้ เช่น งานเขียนข้อเสนอโครงการ เนื่องจากหุ่นยนต์เป็นเพียงคอมพิวเตอร์ที่ถูกออกแบบให้ทำตามคำสั่งแบบวนซ้ำไป จึงทำแทนคนได้ค่อนข้างยากหากทำได้ก็ต้องใช้เวลาในการพัฒนาอีกระยะหนึ่ง เป็นต้น ขอยกตัวอย่างปัญหาที่เกิดขึ้นกับ บริษัทชั้นนำในประเทศขณะนี้ที่ปัจจุบันซื้อหุ่นยนต์มาใช้งานจัดซื้อจัดจ้างแล้ว โดยหุ่นยนต์หนึ่งตัวสามารถแทนที่พนักงานได้หกคน หุ่นยนต์นี้มีมูลค่าเพียงตัวละหนึ่งล้านหกแสนบาท แต่พนักงานเงินเดือนรวมกันสามล้านกว่าบาทต่อปี ปัญหาคือพนักงานที่มีเงินเดือนสามล้านบาทต่อปีกลุ่มนี้จะให้ไปทำอะไร นี่เป็นตัวอย่างที่เห็นชัดและมีความสำคัญมาก ผมจึงต้องการให้ สวท. เริ่มเป็นผู้นำในเรื่องนี้ เพราะเรามีงานที่เป็น Function อยู่แล้วในอีก 5-10 ปีข้างหน้า คนที่จะมาบริหาร สวท. จะขับเคลื่อนและพัฒนาให้บุคลากรมีความรู้ความสามารถในการทำงานที่หุ่นยนต์เข้ามาแทนที่ไม่ได้ ได้อย่างไร? และสวท. ต้องเตรียมในการขับเคลื่อนด้านนวัตกรรมให้เป็น Innovation driven Institute ให้ได้

การบริหารจัดการน้ำเพื่อรองรับระเบียบเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก

ชัยยุทธ ชินณะราศรี¹ และกิตติธัช โพธิ์จิตร²

ที่มาและความสำคัญ

พื้นที่ภาคตะวันออกของประเทศไทย นับว่าเป็นจุดยุทธศาสตร์ที่ดี ด้วยพื้นที่ที่สามารถเชื่อมโยงภูมิภาคเอเชียตะวันออกและภูมิภาคเอเชียใต้ ด้วยการคมนาคมผ่านเส้นทางดังกล่าวได้อย่างสะดวก อีกทั้งประเทศที่มีอัตราการขยายตัวทางเศรษฐกิจสูงอย่าง จีน ฮองกง ไต้หวัน เกาหลี ญี่ปุ่นหรืออินเดีย มีส่วนเกี่ยวข้องกับพื้นที่ดังกล่าวนี้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนั้น 3 จังหวัดในภาคตะวันออก ซึ่งได้แก่ จังหวัดระยอง ชลบุรีและฉะเชิงเทรา ยังเป็นจังหวัดหลักในการขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรมของประเทศอีกด้วย (สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, 2559)

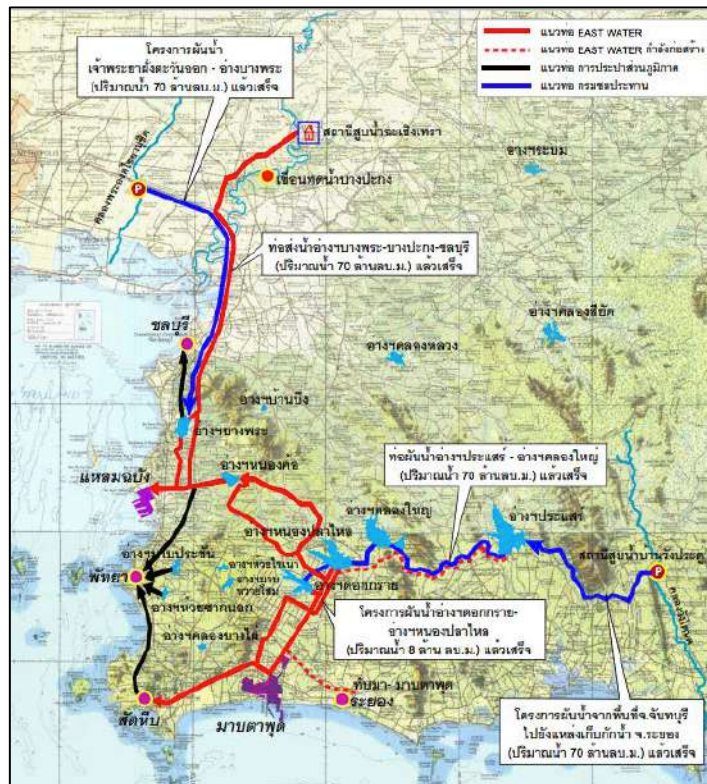
โครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก ประกอบด้วยแผนดำเนินการ 3 ระยะ ได้แก่ แผนระยะสั้น (พ.ศ. 2559-2560) เป็นการเร่งรัดโครงการด้านโครงสร้าง เช่น ก่อสร้างระบบคมนาคมเชื่อมโยง การขนส่งระบบราง ถนน ทางน้ำและทางอากาศ ปรับปรุงระบบส่งและสถานีไฟฟ้า เพิ่มความจุอ่างเก็บน้ำ ก่อสร้างระบบผันน้ำ ปรับปรุงขยายระบบประปา ระบบส่งน้ำ ระบบระบายน้ำ การจัดการขยะ เพิ่มศักยภาพการให้บริการสาธารณสุข แผนระยะกลาง (พ.ศ. 2561-2563) เป็นการพัฒนาโครงสร้างเพิ่มเติมของระยะแรก และขยายขีดความสามารถในการรองรับการพัฒนาให้เพิ่มมากขึ้น ครอบคลุมการพัฒนาระบบคมนาคมทางอากาศ ทางบกและทางน้ำ ระบบท่อส่งน้ำ/ผันน้ำ ระบบบำบัดน้ำเสีย และวางผังเมืองรวมชุมชน โดยมีรูปแบบการลงทุนทั้งภาครัฐและให้เอกชนร่วมลงทุน และแผนระยะยาว (พ.ศ. 2564 เป็นต้นไป) เป็นการสร้างเสถียรภาพของพื้นที่เศรษฐกิจในระยะยาว ครอบคลุมการคมนาคมทุกประเภท และระบบน้ำเป็นเครือข่ายเชื่อมโยงทั้งระบบไปยังภูมิภาคต่างๆ ทั้งในประเทศและประเทศเพื่อนบ้าน (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

การบริหารจัดการน้ำ เป็นประเด็นหลักสำคัญที่ภาครัฐให้ความสำคัญในทุกระยะของการดำเนินการ เพราะน้ำเป็นปัจจัยหลักในการขับเคลื่อนการผลิต และใช้ในกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ และเมื่อมีโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก จึงจำเป็นต้องมีการบริหารจัดการน้ำที่เป็นระบบ เพื่อไม่ให้เกิดความขัดแย้งกันระหว่างภาคอุตสาหกรรมกับภาคการเกษตรและภาคครัวเรือน

ในอดีตแหล่งน้ำทางภาคตะวันออกจัดสรรเพื่อใช้ในครัวเรือนและการเกษตรเป็นหลัก จนกระทั่งมีการสร้างอ่างเก็บน้ำเขาระกำ เขื่อนบางพระและเขื่อนดอกกราย (พ.ศ. 2515-2518) ทำให้มีเสถียรภาพในการบริหารจัดการน้ำเพิ่มมากขึ้น ต่อมาเมื่อมีการท่องเที่ยวโดยเฉพาะพื้นที่ชลบุรี ทำให้เกิดการแบ่งน้ำเพื่อใช้ดำเนินอุตสาหกรรมท่องเที่ยว และเมื่อมีการก่อตั้งนิคมอุตสาหกรรมต่าง ๆ ขึ้นในพื้นที่ภาคตะวันออก ทำให้มีการสร้างอ่างเก็บน้ำมากขึ้นเรื่อย ๆ เพื่อรองรับความต้องการน้ำที่เพิ่มมากขึ้น ซึ่งในปัจจุบันความต้องการน้ำรวมสำหรับอุปโภคบริโภคและอุตสาหกรรม ของพื้นที่ภาคตะวันออกที่เกี่ยวข้องกับระเบียบเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก มีประมาณ 325 ล้านลูกบาศก์เมตร (ลบ.ม.) และมีแหล่งน้ำต้นทุนเท่ากับ 427 ล้าน ลบ.ม. (กรมชลประทาน, 2560) โดยในปัจจุบัน แหล่งน้ำและโครงข่ายท่อส่งน้ำพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกแสดงดังรูปที่ 1

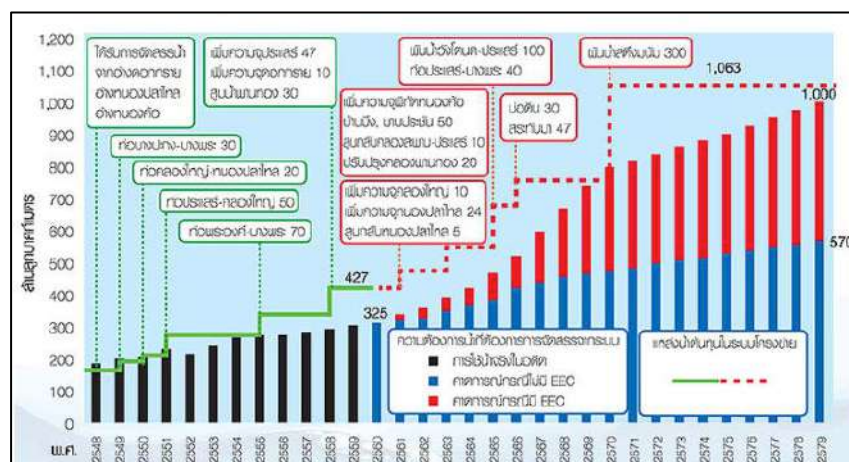
¹ สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มจร.

² ศูนย์วิจัยวิศวกรรมและการจัดการน้ำ (วาริ) มจร.



รูปที่ 1 แหล่งน้ำและโครงข่ายท่อส่งน้ำพื้นที่บริเวณชายฝั่งทะเลตะวันออกที่สร้างแล้วเสร็จ
(สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2559)

ปัญหาที่เกิดขึ้นหลัก ๆ ของพื้นที่ภาคตะวันออก คือ ช่วงฤดูฝน ฝนตกชุก แต่ไม่มีพื้นที่กักเก็บน้ำ ซึ่งทำให้ช่วงฤดูแล้งเกิดการขาดแคลนน้ำ การขาดแคลนน้ำเพื่อการเกษตรและกลุ่มอุตสาหกรรม ปัญหาการรุกรานของน้ำเค็ม ทว่าหากมีโครงการระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (EEC) ได้มีการคาดการณ์ถึงความต้องการใช้น้ำในปี 2579 ซึ่งจะมีความต้องการน้ำเพิ่มถึง 675 ล้าน ลบ.ม. (รูปที่ 2) เพื่อให้พอที่จะขับเคลื่อนภาคอุตสาหกรรมตามโรดแมพที่วางไว้ และปัญหาของการใช้น้ำคือ จำเป็นต้องมีอ่างเพื่อกักเก็บน้ำในฤดูฝนไว้ใช้ในเวลาที่ต้องการ ต้องเชื่อมโยงอ่างเก็บน้ำและแหล่งน้ำด้วยระบบท่อ และต้องมีการจัดการน้ำอย่างเป็นระบบและมีประสิทธิภาพ ที่เหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของภาคตะวันออก



รูปที่ 2 แนวโน้มความต้องการน้ำอุปโภคบริโภค อุตสาหกรรม รวมถึงแหล่งน้ำต้นทุนในพื้นที่ EEC
(กรมชลประทาน, 2560)

น้ำต้นทุนและแผนจัดการบริหารน้ำ

อ่างเก็บน้ำ ในพื้นที่จังหวัดชลบุรี ระยอง และฉะเชิงเทรา มี 23 แห่ง ความจุรวมประมาณ 1,300 ล้าน ลบ.ม. อ่างเก็บน้ำสำคัญ เช่น อ่างเก็บน้ำบางพระ อ่างเก็บน้ำหนองค้อ อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล อ่างเก็บน้ำดอกกราย อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่ อ่างเก็บน้ำประแสร์ และอ่างเก็บน้ำคลองสียัด ปัจจุบันมีการจัดสรรน้ำให้แก่ภาคส่วนต่าง ๆ รวม 1,188.20 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี และมีน้ำสำรองใช้ประมาณ 100 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ซึ่งรองรับการใช้น้ำอย่างสมดุลได้ถึงปี 2565 แต่หลังจากนั้น หากไม่มีมาตรการใด ๆ เพิ่มเติม อาจประสบภาวะการขาดแคลนน้ำได้

ความคิดริเริ่มในโครงการผันน้ำจากประเทศกัมพูชา เป็นความคิดเก่าที่นำมาพูดกันใหม่ โดยเป็นการผันน้ำผ่านทางระบบท่อ ซึ่งโครงการนี้จะเชื่อมโยงกับโครงการโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำสตริงมัม นับว่าเป็นการร่วมมือกันระหว่างสองประเทศ ฝั่งของประเทศไทย คือ สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน และฝั่งของกัมพูชา คือ รัฐบาลของประเทศกัมพูชา โดยที่ตั้งของเขื่อนสตริงมัม อยู่ใกล้กับชายแดนไทย-กัมพูชา บริเวณอำเภอคลองใหญ่ จังหวัดตราด ประมาณปริมาณน้ำ 1,500 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี กัมพูชาใช้ประโยชน์จากโครงการเขื่อนนี้คือ เพื่อดันน้ำทะเลรุกเข้าในกรณีที่น้ำแล้ง และใช้เกษตรกรรมบางส่วน โดยศักยภาพในการผลิตไฟฟ้าประมาณ 438.7 เมกกะวัตต์ สามารถผันน้ำให้กับประเทศไทย 595 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ผ่านท่อลอดจากเขื่อนสตริงมัมที่ 2 ไปจนถึงประตูระบายน้ำวังโตนด 130 กิโลเมตร และอีกระยะคือจากประตูระบายน้ำวังโตนดถึงอ่างเก็บน้ำประแสร์อีก 60 กิโลเมตร (**กรมทรัพยากรน้ำ, 2549**) อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาต้นทุน ได้แก่ ราคาค่าก่อสร้างเขื่อน ท่อส่งน้ำ ค่าที่ดิน สถานที่สูบน้ำ ค่าดำเนินการรักษาและบำรุงรักษา จะพบว่าราคาค่าน้ำจากการสร้างเขื่อนสตริงมัม มีราคาไม่ต่ำกว่า 16.06 บาท ต่อปริมาณน้ำหนึ่ง ลบ.ม. ซึ่งมีราคาสูง ทำให้เกิดความไม่คุ้มค่าได้ในอนาคต ดังนั้นจึงควรที่จะใช้น้ำจากลุ่มน้ำภาคตะวันออกให้เต็มศักยภาพจึงจะเหมาะสมกว่า (**ชูลิต วัชรสินธุ์, 2560**)

การพัฒนาเพื่อการจัดการใช้น้ำจากลุ่มน้ำตะวันออกให้เต็มประสิทธิภาพ สามารถแยกอธิบายได้โดยแยกย่อยในแต่ละลุ่มน้ำได้ดังต่อไปนี้ (**กรมชลประทาน, 2558 และกรมชลประทาน, 2560**)

1. ลุ่มน้ำบางปะกง โดยการผันน้ำจากแม่น้ำบางปะกง 140 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี ซึ่งโครงข่ายลุ่มน้ำประกอบด้วยอ่างเก็บน้ำและเขื่อน ช่วยให้สามารถบริหารจัดการให้สอดคล้องกับแผนได้ และมีโครงการที่จะก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเพิ่มเติมอีก 2 แห่ง คือ อ่างเก็บน้ำพระสทิง 65 ล้าน ลบ.ม. และอ่างเก็บน้ำคลองมะเดื่อ 80 ล้าน ลบ.ม.
2. ลุ่มน้ำวังโตนด โดยการผันน้ำจากลุ่มน้ำวังโตนด 140 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยลุ่มน้ำวังโตนดมีปริมาณน้ำท่าเฉลี่ย 1,469 ล้าน ลบ.ม. หากมีการพัฒนาระบบลุ่มน้ำให้เกิดการบริหารจัดการน้ำอย่างมีประสิทธิภาพ และในอนาคตจะมีอ่างเก็บน้ำที่สร้างแล้วเสร็จในระบบจำนวน 3 แห่ง คือ อ่างเก็บน้ำคลองปะเกด ความจุ 60.26 ล้าน ลบ.ม. อ่างเก็บน้ำคลองพวาใหญ่ 68.10 ล้าน ลบ.ม. และอ่างเก็บน้ำคลองหางแมว 80.70 ล้าน ลบ.ม. อีกทั้งยังมีแผนการก่อสร้างอ่างเก็บน้ำคลองวังโตนด ที่จะมี ความจุประมาณ 100 ล้าน ลบ.ม. โดยจะมีการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำมากักเก็บไว้ยังเขื่อนประแสร์ เพื่อส่งน้ำไปยังพื้นที่ใช้น้ำต่อไป
3. ลุ่มน้ำจันทบุรี ในแผนจะมีการผันน้ำจากลุ่มน้ำจันทบุรี 60 ล้าน ลบ.ม. แต่ด้วยพื้นที่ก่อสร้างอ่างเก็บน้ำมีน้อย แม้ว่าปริมาณน้ำท่าเฉลี่ยต่อปีจะสูงถึง 3,227 ล้าน ลบ.ม. (โดยประมาณ) ปัจจุบันมีอ่างเก็บน้ำที่ใช้งานได้ คือ อ่างเก็บน้ำบ้านพลวง ความจุ 80 ล้าน ลบ.ม. และในอนาคต จะมีแผนก่อสร้างอ่างเก็บน้ำอีก 2 แห่ง คืออ่างเก็บน้ำตารอง ความจุ 44 ล้าน ลบ.ม. และอ่างเก็บ

น้ำตาหลิว ความจุ 52 ล้าน ลบ.ม. โดยจะมีการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำมากักเก็บไว้ยังเขื่อนประแสร์ เพื่อส่งน้ำไปยังพื้นที่ใช้น้ำต่อไป

4. ลุ่มน้ำตราด ในแผนจะมีการผันน้ำจากลุ่มน้ำตราด 100 ล้าน ลบ.ม. ต่อปี โดยแบ่งเป็น เขื่อนศรีธาร์ และอ่างเก็บน้ำห้วยสะตอ อ่างเก็บน้ำคลองแ่อง และผันน้ำจากแม่น้ำตราด ปัจจุบันโครงการอยู่ในแผนการพัฒนาพื้นที่จัดเก็บน้ำ หากโครงการแล้วเสร็จ จะมีการผันน้ำข้ามลุ่มน้ำมากักเก็บไว้ยังเขื่อนประแสร์ เพื่อส่งน้ำไปยังพื้นที่ใช้น้ำต่อไป (กลุ่มงานศูนย์ดำรงธรรมจังหวัดตราด, 2561)

แผนจัดการน้ำเพื่อรองรับการพัฒนาของระบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก ในรอบ 10 ปี ที่เร่งรัดให้เกิดขึ้น (รูปที่ 3) เพื่อให้มีความเพียงพอกับความต้องการของอุตสาหกรรม (กรมชลประทาน, 2560) ได้แก่

1. การปรับปรุงแหล่งน้ำเดิม เช่น อ่างเก็บน้ำที่มีในพื้นที่ รวมถึงก่อสร้างอ่างเก็บน้ำเพื่อรับน้ำในฤดูฝน รองรับการใช้พื้นที่ที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นทุกปี โดยทำการปรับปรุงอ่างเก็บน้ำจำนวน 6 แห่ง ดังตารางที่ 1
2. การพัฒนาแหล่งน้ำในลุ่มน้ำข้างเคียง เช่น ลุ่มน้ำจันทบุรี ลุ่มน้ำวังโตนด ลุ่มน้ำตราด และพัฒนาอ่างเก็บน้ำ 4 แห่ง คือ อ่างเก็บน้ำคลองประแกด อ่างเก็บน้ำคลองพะวาใหญ่ อ่างเก็บน้ำคลองหางแมวและอ่างเก็บน้ำคลองวังโตนด ซึ่งจะทำให้เพิ่มความจุน้ำในระบบ 308.3 ล้าน ลบ.ม. ตารางที่ 2 โดยบริหารจัดการน้ำเพื่อการเกษตรประมาณ 170 ล้าน ลบ.ม. และผันน้ำเพื่ออุปโภคบริโภคภาคอุตสาหกรรมประมาณ 100 ล้าน ลบ.ม.
3. เชื่อมโยงแหล่งน้ำและผันน้ำจากลุ่มน้ำข้างเคียง (รูปที่ 4) โดยมี 3 โครงการ คือ โครงการปรับปรุงคลองพานทองเพื่อผันน้ำไปยังอ่างเก็บน้ำบางพระให้เต็มศักยภาพ โครงการเพิ่มศักยภาพผันน้ำวังโตนด-ประแสร์ ภายใต้เงื่อนไขพัฒนา 4 อ่าง เพื่อผันน้ำส่วนเกิน และโครงการผันน้ำ ประแสร์-หนองค้อ-บางพระ รองรับการพัฒนาจากลุ่มน้ำวังโตนด ตารางที่ 3 ซึ่งจากทั้งสามโครงการจะทำให้มีน้ำใช้การเพิ่มขึ้นเพื่ออุปโภคและอุตสาหกรรม 120 ล้าน ลบ.ม./ปี

ตารางที่ 1 การปรับปรุงแหล่งน้ำเดิมในพื้นที่ EEC

อ่างเก็บน้ำ	ความจุเดิม (ล้าน ลบ.ม.)	ความจุหลังการปรับปรุง (ล้าน ลบ.ม.)
อ่างเก็บน้ำคลองใหญ่	40.10	50.15
อ่างเก็บน้ำหนองค้อ	21.40	24.00
อ่างเก็บน้ำหนองปลาไหล	163.70	173.75
อ่างเก็บน้ำบ้านบึง	10.90	13.30
อ่างเก็บน้ำมาบประชัน	16.00	16.90
อ่างเก็บน้ำคลองสียัด	420.00	455.00
รวม	672.10	733.10

ตารางที่ 2 การปรับปรุงแหล่งน้ำเดิมในพื้นที่ EEC

อ่างเก็บน้ำ	ความจุ (ล้าน ลบ.ม.)	กำหนดแล้วเสร็จ (พ.ศ.)	สถานะการดำเนินการ
อ่างเก็บน้ำคลองประแกด	60.00	เสร็จสมบูรณ์	ใช้งาน
อ่างเก็บน้ำคลองวังโตนด	99.50	2566	ศึกษาความเป็นไปได้
อ่างเก็บน้ำคลองทางแมว	80.70	2564	เตรียมก่อสร้าง
อ่างเก็บน้ำคลองพะวาใหญ่	68.10	2564	เตรียมก่อสร้าง
รวม	308.30		

- การวางระบบสูบน้ำกลับทำอ่างเก็บน้ำ เพื่อให้มีน้ำใช้การได้เพิ่มขึ้นมี 2 โครงการ คือ โครงการสูบน้ำกลับจากคลองสะพาน - อ่างประแสร์ และโครงการปรับปรุงระบบสูบน้ำกลับอ่างหนองปลาไหล โดยมีรายละเอียดดังตารางที่ 4
- แผนงานป้องกันน้ำท่วมของพื้นที่ มี 2 พื้นที่ คือ ป้องกันน้ำท่วมเมืองระยอง ก่อสร้างสถานีสูบน้ำ รวมถึงท่อผันน้ำหลากจากคลองทับมาให้เลี้ยวเมืองระยอง และป้องกันน้ำท่วมพื้นที่อุตสาหกรรมพนัสนิคม รวมถึงปรับปรุงระบบระบายน้ำ โดยการก่อสร้างประตูระบายน้ำควบคุม
- การหาแหล่งน้ำสำรองจากลุ่มน้ำอื่นในจังหวัดจันทบุรี トラด สระแก้ว หรือลุ่มน้ำทางภาคอีสานตอนล่าง หรือลุ่มจากประเทศเพื่อนบ้านอย่างกัมพูชา เป็นต้น หรือนโยบายลดการใช้น้ำ เพิ่มแหล่งน้ำของภาคเอกชน การผลิตน้ำจืดจากทะเล ทั้งนี้แผนในอนาคตที่อยู่ในระหว่างการพิจารณา คือ การบริหารน้ำจากบ่อดินเอกชนที่รับผิดชอบโดย East Water และ โดยทำการศึกษาความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า เพื่อความเหมาะสมของการลงทุนในอนาคต

ตารางที่ 3 แผนการเชื่อมโยงแหล่งน้ำ

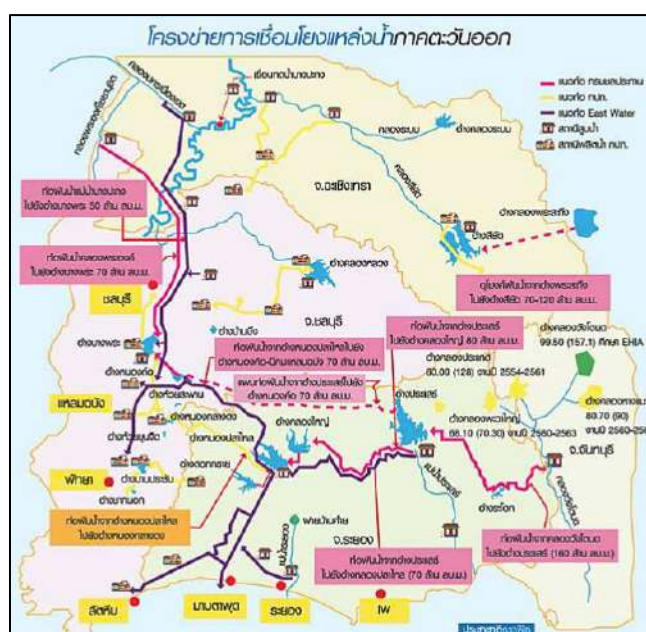
โครงการพัฒนาระบบผันน้ำ	มีน้ำใช้การเพิ่มขึ้น (ล้าน ลบ.ม.)	สถานะโครงการ
ปรับปรุงคลองพานทองเพื่อผันน้ำไปอ่างบางพระ	20.00	เริ่มก่อสร้างปี 2561
ผันน้ำอ่างประแสร์-หนองค้อ-อ่างบางพระ	100.00	เริ่มก่อสร้างปี 2564
เพิ่มศักยภาพผันน้ำ คลองโตนด- อ่างประแสร์	-	เริ่มก่อสร้างปี 2564
รวม	120.00	

ตารางที่ 4 แผนงานสูบน้ำกลับทำอ่าง

แผนงาน	มีน้ำใช้การเพิ่มขึ้น (ล้าน ลบ.ม.)	สถานะโครงการ
สูบน้ำกลับคลองสะพาน-อ่างประแสร์	50.00	เริ่มก่อสร้างปี 2561
ปรับปรุงระบบสูบน้ำกลับอ่างหนองปลาไหล	5.00	เริ่มก่อสร้างปี 2564
รวม	55.00	



รูปที่ 3 แผนจัดการน้ำในปัจจุบันเพื่อรองรับการพัฒนาของระบบเศรษฐกิจภาคตะวันออก ในกรอบ 10 ปี (กรมชลประทาน, 2560)



รูปที่ 4 โครงการเชื่อมโยงแหล่งน้ำภาคตะวันออกของท่อผันน้ำ (กรมชลประทาน, 2560)

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบายเพื่อการจัดการน้ำ

การจัดการน้ำให้สอดคล้องต่อการพัฒนา เป็นการจัดการด้านความต้องการ (Demand management) เช่น เพิ่มประสิทธิภาพการใช้น้ำให้เกิดความคุ้มค่าและใช้ประโยชน์อย่างสูงสุด รวมถึงการสนับสนุนอุตสาหกรรมที่มีนโยบายการประหยัดน้ำและอุตสาหกรรมที่ใช้น้ำน้อย หรือการบำบัดน้ำเสียด้วยระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพเพื่อนำน้ำกลับมาใช้ใหม่ เป็นต้น การบริหารการกักเก็บน้ำ (Storage management) ก็มีส่วนสำคัญ เช่น การเพิ่มปริมาณกักเก็บของอ่างเก็บน้ำ การลดการสูญเสียจากการขนส่งน้ำผ่านระบบต่าง ๆ การลด

การระเหยของน้ำในอ่างเก็บน้ำ เป็นต้น การจัดหาน้ำต้นทุน (Supply management) เช่น การส่งเสริมอุตสาหกรรมการผลิตน้ำจืดที่ใช้น้ำทะเลมาผลิต และรวมถึงการผันน้ำจากลุ่มน้ำในพื้นที่และจากลุ่มน้ำข้างเคียง

ด้วยลักษณะพื้นที่ลุ่มน้ำภาคตะวันออก เป็นลุ่มน้ำขนาดเล็กและมีระยะทางของแม่น้ำสั้น ๆ โดยมีทิวเขาจันทบุรีและทิวเขาบรรทัด เป็นแหล่งต้นน้ำที่มีความลาดชันการไหลของน้ำจากต้นน้ำไปยังท้ายน้ำจะใช้เวลาน้อย ๆ ดังนั้นพื้นที่ราบค่อนข้างน้อย อ่างเก็บน้ำขนาดกลางจึงเหมาะแก่การกระจายน้ำใช้ในพื้นที่ชลประทาน และอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่จึงเหมาะแก่การจัดการน้ำให้เป็นระบบกับภาคอุตสาหกรรมและภาคเกษตรกรรม นอกจากนี้แล้ว ประเด็นที่ควรพิจารณาเพิ่มเติม ได้แก่

- 1) การเชิญชวนให้ภาคเอกชน ให้มีการขายน้ำจากบ่อขนาดกลางให้กับภาคอุตสาหกรรม หรือวางระบบโครงข่ายน้ำเชื่อมโยงระหว่างอ่างเก็บน้ำขนาดใหญ่และอ่างเก็บน้ำขนาดกลางเข้าด้วยกัน ซึ่งจะช่วยให้ปัญหาการขาดแคลนน้ำในระยะยาวบรรเทาลง นอกจากนี้แล้วยังต้องศึกษา กำลังการผลิตน้ำ และการควบคุมความดัน โดยเฉพาะในช่วง Peak hour ให้คงที่
- 2) การจำลองการจัดสรรน้ำในสถานการณ์ต่าง ๆ เพื่อจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มของปริมาณน้ำ เพื่อการจัดสรรน้ำต้นทุนในอ่างเก็บน้ำ ให้กระจายสัดส่วนตามกิจกรรมอย่างเป็นธรรมและทั่วถึง โดยเฉพาะภาคส่วนที่มีส่วนได้ส่วนเสีย (ภาคการเกษตร ภาคครัวเรือน ภาคอุตสาหกรรม ภาคการท่องเที่ยว และอื่น ๆ) เพื่อมิให้เกิดการแย่งน้ำในอนาคตได้
- 3) การแบ่งพื้นที่กลุ่มอุตสาหกรรมตามประเภทต่าง ๆ อย่างจริงจัง เพื่อให้เกิดการจัดการนิคมอุตสาหกรรมที่มีความคล้ายคลึงกันอย่างเป็นระบบ และง่ายต่อการจัดสรรน้ำเพื่อใช้ในกิจกรรมที่เกิดขึ้นภายในนิคม ทั้งนี้เพื่อลดความสูญเสียระหว่างทางและเพิ่มประสิทธิภาพใช้น้ำให้เกิดประโยชน์สูงสุด ในกรณีของอุตสาหกรรมสะอาดที่ใช้น้ำน้อย ควรมีการส่งเสริมและสนับสนุน พร้อมทั้งมอบสิทธิพิเศษให้กับอุตสาหกรรมที่ปรับเปลี่ยนระบบ เพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำ หรือนำน้ำกลับมาใช้ใหม่
- 4) การบริหารจัดการร่วมกันระหว่างภาคการเกษตร กับ EEC รวมไปถึงการจัดหาแหล่งน้ำสำรองของภาคอุตสาหกรรมและภาคเอกชน พัฒนาการใช้เทคโนโลยีอุตสาหกรรมออสโมซิสผันกลับเพื่อผลิตน้ำจืดจากน้ำทะเล และการบริหารจัดการความต้องการ (3R) ให้มีประสิทธิภาพ

เอกสารอ้างอิง

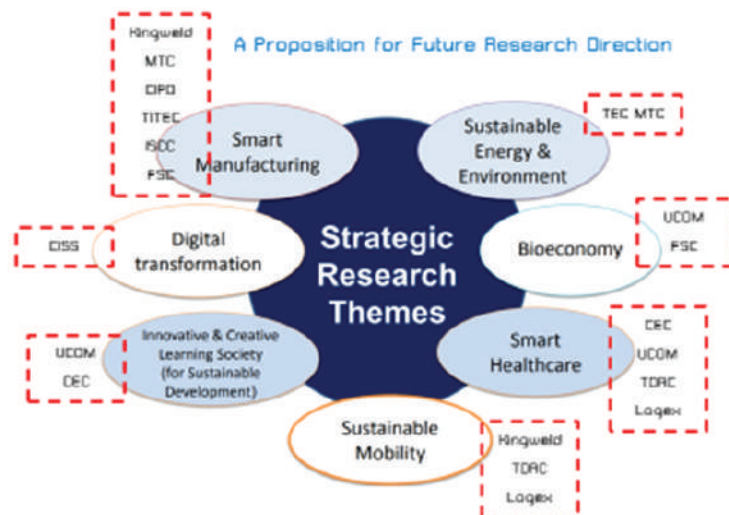
- กรมชลประทาน. เอกสารสรุป โครงการศึกษาทบทวนรายงานการวิเคราะห์ผลกระทบสิ่งแวดล้อม โครงการอ่างเก็บน้ำ จังหวัดตราด, สำนักบริหารโครงการ, กรุงเทพฯ, ตุลาคม 2558
- กรมชลประทาน. การบริหารจัดการน้ำและแนวทางการพัฒนาเพื่อรองรับระเบียบเศรษฐกิจภาคตะวันออก(EEC), เอกสารนำเสนอในที่ประชุมการศึกษาเพื่อรองรับระเบียบเศรษฐกิจ, สำนักบริหารโครงการ, กรุงเทพฯ, สิงหาคม 2560
- กรมทรัพยากรน้ำ. โครงการจัดทำแผนหลักการผันน้ำจากเขื่อนสตึงนม, กรมทรัพยากรน้ำ, กรุงเทพฯ, 2549
- สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ. รายงานหลักแผนงานพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจภาคตะวันออก (พ.ศ. 2560-2564), พฤศจิกายน 2559
- สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน. เขตพื้นที่เศรษฐกิจพิเศษ ภาคตะวันออก เพื่ออนาคตของ ASEAN [แผนพับ], กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมการลงทุน, พฤศจิกายน 2559
- ชลิต วัชรสินธุ์. การบริหารจัดการน้ำกับโครงการพัฒนาระเบียงเศรษฐกิจพิเศษภาคตะวันออก (EEC), เอกสารประกอบการสัมมนาหัวข้อ “การพัฒนาอุตสาหกรรมภาคตะวันออก”, สถาบันวิจัยเพื่อการพัฒนาประเทศไทย, ตุลาคม 2560
- กลุ่มงานศูนย์ดำรงธรรมจังหวัดตราด. วาระแถลงข่าวนโยบายของรัฐบาล ผลการดำเนินงานของจังหวัดตราด ครั้งที่ 7/2561. เข้าถึงได้จาก: <https://goo.gl/r7MqWi> [25 มีนาคม 2561]

สวท. •

กับการมีส่วนร่วมในการสร้างความเป็นเลิศ ในงานวิจัยพัฒนาของ มจร.

หนึ่งในวิสัยทัศน์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจร.) คือ "มุ่งสู่ความเป็นเลิศในเทคโนโลยีและการวิจัย" โดยดำเนินพันธกิจในการวิจัยและนำผลจากงานวิจัยไปใช้ให้เกิดประโยชน์ในการสร้างองค์ความรู้ใหม่ ที่สามารถเป็นส่วนหนึ่งในการพัฒนาประเทศไทยด้วยยุทธศาสตร์การวิจัยของมหาวิทยาลัย โดยในแผนพัฒนามหาวิทยาลัยฯ ฉบับที่ 12 (พ.ศ.2560-2564) มจร.ได้กำหนดยุทธศาสตร์งานวิจัย (Strategic Research Themes) ในภาพรวม ไว้ 7 กลุ่ม (รูปที่ 1) ดังนี้

1. Bio-economy
2. Smart Healthcare
3. Innovative & Creative Learning Society for Sustainable Development
4. Sustainable Energy & Environment
5. Digital Transformation
6. Smart Manufacturing (Innovative Materials Manufacturing & Construction)
7. Sustainable Mobility



รูปที่ 1 ยุทธศาสตร์การวิจัย

สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) เป็นหน่วยงานที่มีภารกิจหลักด้านวิจัยและบริการวิชาการ ได้เล็งเห็นความสำคัญของการขับเคลื่อนผลงานวิจัยจากศูนย์ความเชี่ยวชาญเฉพาะในสังกัดให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การวิจัยของมหาวิทยาลัย โดยใช้ความเชี่ยวชาญของศูนย์ร่วมสร้างผลงานวิจัยเพื่อสร้างความเข้มแข็งให้แก่กลุ่มวิจัยของ มจร. ตัวอย่างผลงานวิจัยและพัฒนา มีดังต่อไปนี้

1. Bioeconomy

- ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อสังคมและชุมชน (University for Community Research and Services Center : UCOM) มุ่งเน้นการสร้างงานวิชาการและงานวิจัยประยุกต์ เพื่อตอบโจทย์และแก้ปัญหาของชุมชนและสังคม ใช้ความสามารถเฉพาะของ มจร. ด้านพลังงาน วิศวกรรม และสิ่งแวดล้อมไปช่วยพัฒนาระบบเกษตรในพื้นที่เป้าหมาย เพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อการพัฒนาอาชีพ คุณภาพชีวิต และสิ่งแวดล้อม

- ศูนย์ความปลอดภัยอาหาร (Food Safety Center : FSC) รับผิดชอบการสร้างผลงานวิจัยด้านความปลอดภัยอาหาร ประเมินความเสี่ยงอันตรายด้านจุลินทรีย์และสารเคมีในอาหาร ถ่ายทอดเทคโนโลยีให้แพร่หลายและให้มีการนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมอย่างจริงจัง เพื่อทำให้เกิดความปลอดภัยให้แก่อาหารสำหรับอนาคต



2. Smart Healthcare

- ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง (Continuing Education Center : CEC) ร่วมกับศูนย์วิจัยและบริการเพื่อสังคมและชุมชน (University for Community Research and Services Center : UCOM) พัฒนาหลักสูตรและดำเนินการจัดหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อส่งเสริมและพัฒนาศักยภาพผู้พิการให้มีความรู้ความสามารถพร้อมเข้าทำงานในภาคอุตสาหกรรมและธุรกิจ
- ศูนย์วิจัยและพัฒนาการจราจรและขนส่ง (Traffic and Transport Development and Research Center : TDRC) รับทำงานวิจัยและพัฒนาให้แก่กระทรวงคมนาคม เพื่อประเมินและให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงและออกแบบโครงสร้างพื้นฐานการขนส่งสาธารณะเพื่อคนพิการ เด็ก และผู้สูงอายุ
- ศูนย์ความเป็นเลิศด้านโลจิสติกส์ (Center for Logistics Excellence : LOGEX) รับดำเนินการวิจัยและพัฒนาเพื่อปรับปรุงและพัฒนากฎหมายที่เกี่ยวข้องกับสาขาบริการรักษาพยาบาลและส่งเสริมสุขภาพให้แก่กระทรวงพาณิชย์



3. Innovative & Creative Learning Society for Sustainable Development

- ศูนย์การศึกษาต่อเนื่อง (Continuing Education Center : CEC) เป็นฐานกำลังสำคัญในด้านการพัฒนาหลักสูตรการฝึกอบรมเพื่อรองรับการศึกษาที่เปลี่ยนแปลงไปของสังคมไทยที่กำลังจะก้าวไปสู่การให้ความสำคัญกับการศึกษาของวัยทำงานและผู้สูงอายุ
- ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อสังคมและชุมชน (University for Community Research and Services Center : UCOM) เน้นการบูรณาการเรียน การสอน การวิจัยที่ตอบสนองต่อความต้องการของชุมชนและสังคม ส่งเสริมการเรียนรู้ในชุมชนเพื่อการพัฒนาตนเองอย่างยั่งยืน



4. Sustainable Energy & Environment

- ศูนย์วิศวกรรมอุณหภาพ (Thermal Engineering Center : TEC) เป็นศูนย์ความเชี่ยวชาญที่ให้ความสำคัญต่อกิจกรรมการวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีด้านความร้อนประยุกต์และพลังงานทดแทนในระดับอุตสาหกรรม ที่เป็นนโยบายหลักด้านการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศ



5. Digital Transformation

• ศูนย์การศึกษาด้านการสื่อสารและการบริการครบวงจร (Communications and Integrated Services Study Center : CISS) เป็นหน่วยงานหลักในการสร้างผลงานวิจัยด้านสื่อสารและโทรคมนาคม ให้การรับรองและฝึกอบรมวิชาชีพเทคโนโลยีสารสนเทศ การสื่อสารและดิจิทัลคอนเทนต์



6. Innovative Materials Manufacturing & Construction

• ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา (Maintenance Technology Center : MTC) เป็นหน่วยงานที่ให้ความสำคัญกับการวิจัยทางวิศวกรรมวัสดุ การพัฒนาระบบการตรวจสอบอุปกรณ์และการซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรภายในโรงงาน

• ศูนย์พัฒนาผลิตภาพอุตสาหกรรม (Center for Industrial Productivity Development : CIPD) เน้นการให้ความรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตแก่ภาคอุตสาหกรรมผ่านกระบวนการฝึกอบรม ร่วมกับสถาบันพัฒนาฝีมือแรงงานอย่างต่อเนื่อง

• ศูนย์บูรณาการเทคโนโลยีเพื่ออุตสาหกรรมไทย (Thai Industry Technology Integrating Center : TITEC) มีผลงานด้านการสร้างผลงานวิจัยเชิงบูรณาการเพื่อสนับสนุนพัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีแก่ ภาคอุตสาหกรรม ผู้ประกอบการ และนักศึกษาที่ต้องการการเป็นผู้ประกอบการ

• ศูนย์รับรองระบบมาตรฐานนานาชาติ (International Standard Certification Center : ISCC) ส่งเสริมและพัฒนาความสามารถด้านมาตรฐาน เพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันในตลาดโลกให้แก่ภาคธุรกิจ อุตสาหกรรมและวิชาชีพในโครงการต่าง ๆ ของภาครัฐ



7. Sustainable Mobility

• ศูนย์วิจัยและบริการวิศวกรรมการเชื่อม (King Mongkut's Welding Research and Consulting Center : Kingweld) ดำเนินการด้านห้องปฏิบัติการวิจัยและทดสอบระบบราง เพื่อทดสอบงานเชื่อมสำหรับโครงสร้างชิ้นส่วนตัวรถไฟ เพื่อสร้างชิ้นงานที่เกี่ยวข้อง สามารถลดการจัดซื้อชิ้นส่วนสำคัญจากต่างประเทศ อีกทั้งสามารถเพิ่มพูนความรู้ให้แก่นักศึกษาให้พร้อมรองรับอุตสาหกรรมระบบรางของประเทศ

• ศูนย์วิจัยและพัฒนาการจราจรและขนส่ง (Traffic and Transport Development and Research Center : TDRC) และ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านโลจิสติกส์ (Center for Logistics Excellence : LOGEX) เป็นศูนย์ความเชี่ยวชาญเฉพาะที่ดำเนินการวิจัยและพัฒนาองค์ความรู้ด้านการจราจรและความปลอดภัยทางถนน พัฒนางค์ความรู้เทคนิควิธีและเทคโนโลยีด้าน โลจิสติกส์เพื่อตอบสนองต่อภาคธุรกิจและอุตสาหกรรมของประเทศ



จากความรู้ความเชี่ยวชาญดังกล่าว จะเห็นได้ว่า สวท. เป็นอีกองค์กรหนึ่งของ มจร. ที่สนับสนุนความเป็นเลิศด้านวิจัยและพัฒนา เพื่อสร้างผลผลิตของงานวิจัย (Research Productivity) ทั้งในด้านความเป็นเลิศทางวิชาการ (Research Excellence) และเชื่อมโยงคุณค่าให้เกิดประโยชน์ต่อระบบเศรษฐกิจและสังคม (Research Relevance) ตามนโยบายของมหาวิทยาลัยฯ อย่างจริงจัง

แนวทางการพัฒนามูลค่าเพิ่มของผลิตภัณฑ์ตาลโตนดในจังหวัดเพชรบุรี

“ตาลโตนด” เป็นพืชเศรษฐกิจระดับท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบุรีมีความเกี่ยวเนื่องกับวิถีชีวิต และภูมิปัญญาที่สืบทอดกันมาตั้งแต่บรรพบุรุษจนถึงปัจจุบัน หลายคนอาจเคยเห็นต้นตาลโตนดเมื่อมาเยือนจังหวัดเพชรบุรีแล้วแวะชิมน้ำตาลโตนดสด ขนมตาล ลูกตาลลอยแก้ว ซึ่งเป็นผลิตภัณฑ์ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ส่วนต่าง ๆ ของต้นตาลโตนด ทั้งนี้ทุกส่วนของตาลโตนด ได้แก่ ลำต้น ทางตาล ใบตาล ช่อดอก ผลตาล เมล็ด ราก และน้ำตาลโตนด สามารถนำมาใช้ในด้านอาหาร มีสรรพคุณทางยา ใช้เป็นเฟอร์นิเจอร์ และเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ นอกจากนี้การดูแลรักษาหลังจากปลูกลงดินแล้วไม่จำเป็นต้องรดน้ำ พรวนดิน หรือใส่ปุ๋ย ตาลโตนดก็สามารถเติบโตและให้ผลผลิตได้อีกด้วย (สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2550)

ถิ่นกำเนิดของ “ตาลโตนด” นั้น มีข้อสันนิษฐานว่ามีถิ่นกำเนิดในทวีปแอฟริกา ต่อมาได้กระจายพันธุ์ไปสู่ประเทศเขตร้อนในแถบภูมิภาคเอเชีย (ปรัชญา, 2537) ทางฝั่งตะวันออกและตอนใต้ของอินเดีย สำหรับในประเทศไทยสันนิษฐานว่าตาลโตนดเข้ามาในประเทศไทยก่อนสมัยทวารวดี เนื่องจากพบตราประทับรูปคนป็นต้นตาล (จรงค์ศักดิ์ และสำเนา, 2545) แสดงว่าสมัยนั้นบรรพบุรุษของเรารู้จักการใช้ประโยชน์จากต้นตาลแล้ว ตาลโตนดจึงได้เข้ามาเป็นส่วนหนึ่งของวิถีชีวิตคนไทย สันนิษฐานว่ามีการปลูกตาลโตนดประมาณเมื่อปี พ.ศ. 1214 ปัจจุบันพบต้นตาลโตนดได้ทั่วไปในหลายภูมิภาคแต่มีแหล่งที่ปลูกมากเป็นพืชเศรษฐกิจของพื้นที่จังหวัดสงขลา จังหวัดเพชรบุรี จังหวัดสุพรรณบุรี และจังหวัดชัยนาทเป็นต้น (เคหะเกษตร, 2544)

“ตาลโตนด” เป็นพืชเศรษฐกิจที่เข้ามามีบทบาทในวิถีชีวิตของคนไทย โดยเฉพาะชาวบ้านในอำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี มีความผูกพัน วัฒนธรรมการดำรงชีพโดยอาศัยตาลโตนดเป็นพืชเก็บเกี่ยวหลังนา เพื่อสร้างรายได้ มีภูมิปัญญาการใช้ประโยชน์ต้นตาล การทำน้ำตาลโตนดที่สืบทอดมาจากบรรพบุรุษจนถึงคนรุ่นปัจจุบัน จากเสน่ห์ของ “ตาลโตนด” ทำให้ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคม สำนักวิจัยและบริหารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สวท.) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี (มจธ.) เกิดความสนใจเรื่อง “การศึกษาห่วงโซ่มูลค่า (value chain) ของมะพร้าว น้ำหอมและผลิตภัณฑ์ตาลโตนด กลุ่มจังหวัดภาคกลางตอนล่าง ๒ และจังหวัดราชบุรี” โดยได้รับงบประมาณการวิจัยโครงการของศูนย์ปฏิบัติการร่วมกลุ่มจังหวัด (Regional Operation Center : ROC) กระทรวงมหาดไทย ประจำปีงบประมาณ 2559 มีวัตถุประสงค์โครงการ เพื่อศึกษามูลค่าเพิ่มในห่วงโซ่อุปทานของมะพร้าว น้ำหอมและตาลโตนด สามารถวิเคราะห์จุดอ่อน จุดแข็ง โอกาส อุปสรรคในห่วงโซ่ และได้กรอบโครงการเพื่อยกระดับความสามารถในการแข่งขันของห่วงโซ่อุปทานได้ ทั้งนี้คณะทำงานวิจัยจึงได้ทำการสัมภาษณ์ผู้เกี่ยวข้องในห่วงโซ่อุปทานของตาลโตนดจำนวน 41 คนในพื้นที่อำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ในส่วนของผู้ผลิต (ต้นน้ำ) ผู้แปรรูป (กลางน้ำ) และผู้จำหน่าย (ปลายน้ำ) พบว่ามูลค่าวัตถุดิบ : สัดส่วนการแปรรูป : ราคาจำหน่าย มีความแตกต่างในด้านราคาดังตารางที่ 1

ต้นทุน (มูลค่าวัตถุดิบ)	ผลิตภัณฑ์	สัดส่วนการแปรรูป (วัตถุดิบสู่ผลิตภัณฑ์)	ภาพ	ราคาผลิตภัณฑ์ (มูลค่าที่เพิ่มขึ้น)	มูลค่าที่เพิ่มขึ้นต่อมูลค่าวัตถุดิบ
น้ำตาลดิบ 7 บาท/ลิตร	น้ำตาลโตนดสด	1.5 ลิตร = 1 ลิตร		57 บาท/ลิตร	5.43 เท่า
	น้ำตาลโตนดปึก	10 ลิตร = 1 กิโลกรัม		90 บาท/กิโลกรัม	1.28 เท่า
ผลตาลอ่อน 7 บาท/ลูก	ลอนตาลสด	1 ลูก = 3 ลอนตาลสด		100 บาท/กิโลกรัม (18 ลอน)	2.38 เท่า
ผลตาลสุก 5 บาท/ลูก	เนื้อมะพร้าว	2 ลูก = เนื้อมะพร้าว 1 กิโลกรัม		60 บาท/กิโลกรัม	6.0 เท่า
	จาวตาล	1 ลูก = 3 จาวตาล		150 บาท/กิโลกรัม (30 จาว)	3.0 เท่า

จากตารางที่ 1 พบว่า การแปรรูปวัตถุดิบ เช่น น้ำตาลโตนดดิบ ผลตาลอ่อน และผลตาลสุก ให้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่พร้อมรับประทาน จะช่วยเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบได้มากขึ้นหลายเท่าตัว ทำให้ชาวบ้านมีรายได้จากตาลโตนดโดยการใช้ภูมิปัญญาท้องถิ่นเลี้ยงครอบครัวได้ตลอดทั้งปี

นอกจากนี้ศูนย์วิจัยและบริการเพื่อชุมชนและสังคมได้จัดการสัมมนาโครงการการศึกษาห่วงโซ่มูลค่าของผลิตภัณฑ์ตาลโตนดขึ้น เพื่อพัฒนาและยกระดับความสามารถของห่วงโซ่อุปทานตาลโตนดในวันที่ 9 มีนาคม พ.ศ.2560 ณ บ้านอัมพวา รีสอร์ทแอนด์สปา ตำบลบ้านปรก อำเภอเมืองสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม ที่ผ่านมามีผู้เข้าร่วมงานกว่า 50 คน จากการสัมมนา พบว่า มี 3 กลยุทธ์ที่น่าสนใจ ได้แก่

1) กลยุทธ์ด้านการจัดการเกษตร คือ การพัฒนาสายพันธุ์ตาลต้นเดี่ยว 2) กลยุทธ์ด้านกระบวนการผลิต คือ การพัฒนากระบวนการผลิตให้มีมาตรฐานการผลิตขั้นต้น (Good Manufacturing Practice : GMP) หรือ การขอรับเลขสารบบอาหาร (เลข อย.) เพื่อลดการปนเปื้อน ทำให้ผู้บริโภคมั่นใจในผลิตภัณฑ์ยิ่งขึ้น 3) กลยุทธ์ด้านการพัฒนาผลิตภัณฑ์ คือ การส่งเสริมมาตรฐาน GMP/เลข อย. เพื่อการส่งออกผลิตภัณฑ์ไปสู่ต่างประเทศ รวมถึงการมีนโยบายภาครัฐส่งเสริมภาคการตลาด และการประสานข้อมูลการค้าระหว่างประเทศอย่างต่อเนื่อง สรุปได้ว่า “เมื่อเกษตรกรเห็นช่องทางการส่งออกที่เข้มแข็งจะเกิดความเชื่อมั่นในการผลิตสินค้า และพัฒนามาตรฐานการผลิต ทำให้ตาลโตนดสามารถเป็นพืชหลัก สร้างรายได้ให้เกษตรกรในอำเภอบ้านลาด จังหวัดเพชรบุรี ได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน” (มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560) ซึ่งจากการศึกษาข้างต้น มจร. สามารถทำงานวิจัยต่อยอดเพิ่มเติมในส่วนของการปรับปรุงกระบวนการผลิตน้ำตาลโตนดจะช่วยยกระดับมาตรฐานสินค้าให้ผู้บริโภคเกิดความไว้วางใจในการเลือกน้ำตาลโตนดมาประกอบอาหารเพิ่มขึ้น ตลอดจนพัฒนาผลิตภัณฑ์ใหม่ ๆ จากน้ำตาลโตนด เพื่อเพิ่มมูลค่าให้กับสินค้าท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบุรีได้ในอนาคต พร้อมทั้งส่งเสริมและอนุรักษ์วิถีชีวิต “คนกับตาล” ที่เป็นเอกลักษณ์ท้องถิ่นของจังหวัดเพชรบุรีให้คงอยู่อย่างมีคุณค่า มีมูลค่า ก่อเกิดคุณภาพชีวิตที่ดีอย่างยั่งยืนสืบไป

เอกสารอ้างอิง

- จรุงศักดิ์ ธรรมรักษ์ และสำเนา จันทรจวง, 2546, ตาลเมืองเพชร สำนักงานเกษตรจังหวัดเพชรบุรี, เพชรบุรี.
- เคหการเกษตร, 2544, ตาลโตนดพืชเสริมรายได้ที่ยั่งยืน, ปีที่ 25 ฉบับที่ 6 มิถุนายน 2544, หน้า 106 – 112.
- ปรัชญา รัชมีธรรมวงศ์, 2537, การปลูกและขยายพันธุ์ตาลโตนด, สำนักพิมพ์เพชรการัต, กรุงเทพฯ.
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2560, ข้อเสนอจากการสัมมนาโครงการการศึกษาห่วงโซ่มูลค่าของผลิตภัณฑ์ตาลโตนด, บ้านอัมพวา รีสอร์ทแอนด์สปา ตำบลบ้านปรก อำเภอเมืองสมุทรสงคราม จังหวัดสมุทรสงคราม, วันที่ 9 มีนาคม พ.ศ. 2560.
- สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร, 2550, ตาลโตนด, หจก.รักษ์พิมพ์, กรุงเทพฯ.

การศึกษาผลกระทบของการเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ต่อการเกิด โครเมียม⁶⁺ จากควันละอองโลหะ
ของลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์สำหรับกระบวนการเชื่อมอาร์ค

Study the Effect of ZnO Nanoparticles Coating on Cr⁶⁺ Fume Generation
of Shield Metal Arc Welding Electrodes

พลากร หอมสวัสดิ์¹ อิศรทัต พึ่งอัน² เชิดพงษ์ จอมเดช³ ประพัทธ์ พงษ์เกียรติกุล⁴
P. HOMSAWAT¹, I. PHUNG-ON², C. JOMDECHA³ and P. PONGKIATKUL⁴

บทคัดย่อ

ในกระบวนการเชื่อมโลหะ โดยเฉพาะกระบวนการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์นั้นเกิดควันละอองโลหะขึ้นจำนวนมากและเป็นอันตรายต่อสุขภาพของช่างเชื่อม เช่น การเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิมนั้นควันละอองโลหะที่เกิดขึ้นมีธาตุโครเมียมค่อนข้างสูง ซึ่งมีส่วนผสมของ โครเมียม⁶⁺ และโครเมียม³⁺ โดยโครเมียม⁶⁺ ที่สามารถถูกดูดซึมผ่านระบบทางเดินหายใจได้ดี และเป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่า โครเมียม³⁺ ดังนั้นหากสามารถทำการลดปริมาณควันละอองโลหะและลดปริมาณของ โครเมียม⁶⁺ ที่เกิดขึ้นขณะการเชื่อมได้ ก็สามารถลดความเสี่ยงต่อผลกระทบของระบบทางเดินหายใจของช่างเชื่อมได้ โดยที่ในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าการใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (ZnO) มาช่วยในการลดหรือบำบัดสารโลหะหนัก เช่น โครเมียม⁶⁺ ที่เกิดขึ้นได้ ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้ทำการวิจัยภายใต้สมมติฐานที่ว่าอิเล็กตรอนอิสระที่ถูกปล่อยออกมาจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์นั้นสามารถลดระดับการเกิดออกซิเดชัน (Oxidation Stage) ของโครเมียม⁶⁺ ได้โดยงานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินผลของการใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในการลดการเกิดโครเมียม⁶⁺ จากการเชื่อม โดยใช้ลวดเชื่อมเกรด E309L-16 เคลือบด้วยอนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์ โดยใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เป็นตัวประสานและผสมให้อยู่ในรูปสารละลายคอลลอยด์ด้วยเทคนิคการสังเคราะห์แบบโซลเจล (Sol-gel) และนำไปอบให้ความร้อนเพื่อให้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เช็ดตัว ทำการเชื่อมบนชิ้นงานเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 ซึ่งในระหว่างการเชื่อม ได้ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างควันละอองโลหะที่เกิดขึ้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ตามมาตรฐาน AWS F1.4 โดยที่ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนสามารถลดความเข้มข้นของโครเมียม⁶⁺ ได้ เมื่อเทียบกับลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงและไม่ได้ผ่านการเคลือบ อีกทั้งลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบอนุภาคนาโนแล้วสามารถเก็บไว้ได้ไม่น้อยกว่า 2 เดือน ก่อนนำมาใช้งาน โดยที่อนุภาคนาโนยังสามารถทำปฏิกิริยาในการลดการเกิดโครเมียม⁶⁺ ได้อยู่ ส่วนชิ้นงานเชื่อมที่ได้จากลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงและลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนนั้นถูกนำไปทดสอบทางกลตามมาตรฐาน AWS D1.6 ซึ่งผ่านการทดสอบตามเกณฑ์ของมาตรฐาน รวมถึงยังมีโครงสร้างทางจุลภาคที่ประกอบด้วยเฟอร์ไรต์และออสเตนไนต์ที่ผ่านการแข็งตัวแบบเฟอร์ไรต์-ออสเตนไนต์ เหมือนกันทั้ง 2 สภาวะ จากนั้นยังได้นำเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน มาใช้วิเคราะห์ในบริเวณเนื้อเชื่อม (Weld Metal) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณของสังกะสี (Zn) ที่อาจจะหลงเหลืออยู่ ซึ่งผลการวิเคราะห์ไม่พบปริมาณของสังกะสี ละลายเข้าไปผสมกับบ่อหลอมเลย โดยเป็นผลมาจากอนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์นั้นสามารถที่จะระเหยออกไปจากบ่อหลอมได้ รวมทั้งอาจจะเข้าไปผสมอยู่ในสแลกก็เป็นได้

คำสำคัญ: ควันละอองโลหะจากการเชื่อม อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ กระบวนการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ เฮกซะวาเลนต์โครเมียม

Abstract

The welding process, especially the shield metal arc welding process, generates large amount of fume which harms to the welder. For example, the fume from the stainless-steel welding process consist of Cr⁶⁺ and Cr³⁺, which Cr⁶⁺ is effectively absorbed by respiratory system than Cr³⁺. Therefore, decreasing of fume and Cr⁶⁺ from

¹ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ สาขาวิศวกรรมเชื่อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

²ศูนย์เทคโนโลยีซ่อมบำรุงรักษา สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

³สำนักวิจัยและบริการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

⁴ภาควิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

welding process should reduce risks to welder's health. Previous research found that application of ZnO particle decreased the emission of heavy metals such as Cr^{6+} . Therefore, this research assumed that the emitted free

electron from ZnO nanoparticles can reduce oxidation stage of Cr^{6+} . This study aims to evaluate the effect of the ZnO nanoparticle to decrease emission of Cr^{6+} from welding process. Electrode "E309L-16 grade" with ZnO nanoparticle coating is used in this study. These electrodes are prepared by sol-gel technique using PVA as a blinder, and then heated for curing PVA. The base materials SUS304 (Stainless Steel) were welded by prepared electrodes. During welding process, the fume was collected for analysis in accordance with AWS F1.4. standards. The results showed that the nanoparticle coated electrode generated lower concentration of Cr^{6+} than uncoated electrode which was supplied by general manufacturer. The coated electrode can maintain its condition for over 2 months. The weldment samples, from coated electrode and un-coated electrode, were tested according to AWS D1.6 and the results are acceptable. Additionally, the microstructure of both weldment samples solidified with ferrite-austenite solidification mode. The energy-dispersive spectrometry technique is utilized to analyze the Zn residual in weld metal. The result showed that there were no Zn in the weld pool due to the evaporation of ZnO nanoparticles from the weld pool, and the possible mixing of ZnO in slack.

Keywords: Welding Fume, ZnO Nanoparticles, SMAW, Hexavalent Chromium

1. บทนำ

กระบวนการเชื่อมเป็นกระบวนการทำงานที่นิยมกันอย่างแพร่หลายทั้งในกระบวนการผลิตและซ่อมบำรุงรักษา และในทุกครั้งของการเชื่อมก็จะทำให้เกิดควันละอองโลหะ (Fume) [1-2] โดยเฉพาะในกระบวนการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ (SMAW) ที่มีการใช้งานอย่างแพร่หลาย ซึ่งเป็นกระบวนการเชื่อมที่ทำให้เกิดควันละอองโลหะขึ้นเป็นจำนวนมากและเป็นอันตรายต่อช่างเชื่อมที่ปฏิบัติงาน [3-4] จากการทบทวนงานวิจัยที่กล่าวถึงปัญหาเกี่ยวกับสุขภาพของช่างเชื่อมที่มีปัจจัยมาจากควันละอองโลหะที่เกิดขึ้น มีอยู่หลายฉบับ ยกตัวอย่างเช่น Hull, M.J. และคณะ [4] ได้ทำการศึกษาติดตามสภาวะสุขภาพของช่างเชื่อมที่ปฏิบัติงาน และได้พบถึงความเสี่ยงเปลี่ยนแปลงและความเสียหายที่เกิดขึ้นกับปอดของช่างเชื่อม นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยอีกเป็นจำนวนมากที่แสดงให้เห็นถึงผลกระทบของควันละอองโลหะที่เกิดต่อระบบทางเดินหายใจ ทั้งนี้งานวิจัยที่เกี่ยวกับงานเชื่อมวัสดุที่เป็นเหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel) ยังพบว่าควันละอองโลหะที่เกิดขึ้นจะพบ โครเมียม⁶⁺ (Hexavalent chromium: Cr^{6+}) และโครเมียม³⁺ (Trivalent chromium: Cr^{3+}) เป็นจำนวนมาก [5-6] โดยที่ โครเมียม⁶⁺ สามารถก่อให้เกิดมะเร็งได้และจะถูกดูดซึมจากระบบทางเดินหายใจได้ดีกว่าโครเมียม³⁺ [2] เป็นอันตรายต่อสุขภาพมากกว่า โครเมียม³⁺ แต่ในส่วนของ โครเมียม³⁺ มีความเป็นอันตรายต่อสุขภาพต่ำมาก เนื่องจาก โครเมียม³⁺ เป็นธาตุชนิดหนึ่งในเกลือแร่ที่จำเป็นต่อร่างกาย ดังนั้นหากสามารถทำการลดปริมาณควันละอองโลหะที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเชื่อมได้ รวมทั้งลดปริมาณของ โครเมียม⁶⁺ ที่เกิดขึ้นขณะการเชื่อมได้ ก็จะสามารถที่จะลดความเสี่ยงต่อผลกระทบของระบบทางเดินหายใจของช่างเชื่อมได้ ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยพบว่ามีการใช้อนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์ (ZnO) และปฏิกิริยาโฟโตคะตะไลซิส (Photocatalysis Reaction) มาช่วยในการลดหรือบำบัดสารโลหะหนักที่เกิดขึ้นได้ โดยปฏิกิริยาดังกล่าวนั้นอาศัยพลังงานแสงในช่วงอัลตราไวโอเลต (Ultraviolet) หรือในช่วงที่เห็นได้ด้วยตาเปล่า (Visible) เป็นแสงที่มีความยาวคลื่น (Wavelength) ระหว่าง 800 นาโนเมตร ถึง 200 นาโนเมตร [7-9] ซึ่งแสงเหล่านี้โดยปกติสามารถเกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการเชื่อมได้อยู่แล้ว งานวิจัยนี้ได้นำฟอติไวน์ลแอลกอฮอล์เข้ามาใช้เป็นตัวประสานระหว่างอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เข้ากับลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ซึ่งฟอติไวน์ลแอลกอฮอล์สามารถละลายได้เมื่อได้รับอุณหภูมิสูง โดยทั่วไปสามารถละลายได้หมดที่อุณหภูมิสูงกว่า 90 องศาเซลเซียส [10] แต่ทั้งนี้ต้องคำนึงถึงผลกระทบของปริมาณตัวประสานด้วย ซึ่งจากการทบทวนงานวิจัยพบว่าลวดเชื่อมที่มีปริมาณความเข้มข้นของตัวประสานที่ต่างกัน มีผลต่อการเกิดปริมาณควันละอองโลหะ คือความเข้มข้นของตัวประสานปริมาณมากจะทำให้ปริมาณควันละอองโลหะที่ได้มากขึ้นเช่นกัน [11]

จากที่มาและเหตุผลดังกล่าวข้างต้น งานวิจัยนี้จึงศึกษา โครเมียม⁶⁺ ที่เกิดจากการเชื่อม ทั้งก่อนและหลังการใช้อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์โดยนำควันละอองโลหะที่เกิดขึ้นจากการเชื่อมนำไปวิเคราะห์ตามมาตรฐาน AWS F1.4 พร้อมทำการทดสอบทางกลตาม

มาตรฐาน AWS D1.6 เพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกลกับชิ้นงานที่ทำการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมตามมาตรฐานผู้ผลิต ซึ่งหากเป็นไปได้ก็จะทำให้สามารถนำไปใช้กำหนดกระบวนการผลิตลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ ที่มีปริมาณของ โครเมียม⁶⁺ ที่น้อยลงตามไปด้วยเพื่อใช้ในการเชื่อมในอุตสาหกรรมต่อไป

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

2.1 ชิ้นงานและการเตรียมลวดเชื่อมสำหรับการทดลอง

ในการเตรียมชิ้นงานสำหรับการทดลอง ชิ้นงานที่ใช้เป็นเหล็กกล้าไร้สนิมเกรด SUS304 มีส่วนผสมทางเคมีดังตารางที่ 1 และแบ่งออกเป็น 2 ขนาด สำหรับการทดลองใน 2 ส่วนการทดลอง ดังนี้

- ชิ้นงานสำหรับการทดลองในส่วนแรกมีขนาดกว้าง 300 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร และหนา 9 มิลลิเมตร สำหรับการเชื่อมเพื่อเก็บควันละอองโลหะ และนำไปวิเคราะห์ตาม มาตรฐาน AWS F1.4
- ชิ้นงานสำหรับการทดลองในส่วนที่สองมีขนาดกว้าง 150 มิลลิเมตร ยาว 300 มิลลิเมตร และหนา 9 มิลลิเมตร จำนวน 2 ชิ้น สำหรับทำการรับรองคุณสมบัติการเชื่อม (Welding Procedure Qualification: PQR) ตามมาตรฐาน AWS D1.6

ในส่วนการเตรียมลวดเชื่อมสำหรับการทดลอง ได้ใช้ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ E309L-16 [12] และมีการจำลองสภาวะที่ต่างกันไป 3 สภาวะ คือ

- สภาวะที่ 1 ลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงและทำการอบไล่ความชื้นตามการระบุจากผู้ผลิตก่อนการเชื่อมทดลอง
- สภาวะที่ 2 ลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ด้วยวิธีการจุ่ม (Dip) มีระยะเวลาในการผสมสารละลาย พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (Polyvinyl alcohol: PVA) ไม่ต่ำกว่า 1 ชั่วโมง ใช้อุณหภูมิในการผสมสารละลายที่ 190 องศา

เซลเซียส และอบเพื่อให้ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เซ็ดตัว ที่อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาระหว่าง 1 ชั่วโมง และทำการเชื่อมทันทีหลังจากการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

- สภาวะที่ 3 ลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์จากสภาวะที่ 2 และทำการเก็บไว้ 2 เดือน ก่อนนำมาทำการเชื่อมทดลองและนำไปวิเคราะห์

ตารางที่ 1 ส่วนผสมทางเคมีของวัสดุชิ้นงานและลวดเชื่อม

วัสดุ	ปริมาณธาตุผสม (เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก)									หมายเหตุ
	C	Cr	Ni	Mo	Mn	Si	P	S	Cu	
SUS304	0.050	17.604	7.954	-	1.390	0.444	0.052	0.002	0.50	ส่วนผสมจากการวัด
E309L-16	0.04	22.0-25.0	12.0-14.0	0.75	0.5-2.5	1.0	0.04	0.03	0.75	ส่วนผสมโดยทั่วไป ¹

Note: 1 Refer to [12]

2.2 การเก็บตัวอย่างควันละอองโลหะ(Fume Correction)

ในงานวิจัยได้ทำการเก็บตัวอย่างควันละอองโลหะจากการเชื่อมชิ้นงานด้วยลวดเชื่อมที่เตรียมไว้ทั้ง 3 สภาวะเพื่อนำไปวิเคราะห์ โดยเชื่อมด้วยกระบวนการเชื่อมอาร์คด้วยลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ กำหนดกระแสที่ใช้คือ 100 แอมป์ ในการทดลองจะทำการเชื่อมและเก็บตัวอย่างควันละอองโลหะในระยะเวลา 60 วินาที โดยใช้การสูดตัวอย่างควันละอองโลหะด้วยปั๊มที่มีอัตราการสูดตัวอย่าง 20 ลิตร/นาที่ และเก็บควันละอองโลหะด้วยตัวกรองแบบเซลลูโลส (Cellulose Filter) ที่ทำการอบเพื่อไล่ความชื้นและชั่งน้ำหนักมาก่อน เมื่อทำการเก็บควันละอองโลหะเรียบร้อยแล้วจึงนำมาทำการชั่งน้ำหนักตัวกรองทันทีอีกครั้งและนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับให้ทราบถึงปริมาณควันละอองโลหะทั้งหมดที่ทำการสูดมาจากการเชื่อม เมื่อได้ตัวอย่างควันละอองโลหะแล้วจึงทำการส่งตัวอย่างไปทำการวิเคราะห์ทันทีภายใน 24 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการลดระดับการเกิดออกซิเดชันของ โครเมียม⁶⁺ ที่อาจจะเกิดขึ้น

2.3 ทดสอบหาปริมาณธาตุในควันละอองโลหะ

เตรียมตัวอย่างควันละอองโลหะที่เก็บมาจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมทั้ง 3 สภาวะ จากนั้นทำการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน AWS F1.4 โดยมีการหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม (Atomic Absorption Spectrophotometer) เพื่อหาปริมาณธาตุโครเมียมโดยรวม และวิธีการวัดการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Spectrophotometric) เพื่อหาปริมาณโครเมียม⁶⁺ ที่เกิดขึ้นจากตัวอย่างควันละอองโลหะ

2.4 การทดสอบความสามารถของรอยเชื่อม

ทำการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม (SUS304) ด้วยลวดเชื่อม 2 สภาวะ คือ ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ E309L-16 ที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงและทำการอบไล่ความชื้นตามตามการระบุจากผู้ผลิตและลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ชิ้นงานถูกนำมาเชื่อมรอยต่อชน (Butt Joint) เพื่อทำการทดสอบความสามารถในการเชื่อม ชิ้นงานทดสอบและการทดสอบ ดำเนินการเตรียมตามมาตรฐาน AWS D1.6 โดยที่วิธีการทดสอบประกอบด้วย การวิเคราะห์ภาพถ่ายรังสี (X-Ray) การทดสอบแรงดึง และการทดสอบการดัดโค้ง

2.5 การวิเคราะห์โครงสร้างจุลภาค

ทำการวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณขอบรอยเชื่อม (Weld Interface) และในเนื้อเชื่อม โดยที่ทำการวิเคราะห์ถึงรูปแบบการแข็งตัว ด้วยการดูโครงสร้างจุลภาคจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope: SEM) และใช้เทคนิคการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน (Energy Dispersive Spectroscopy: EDS) ด้วยการส่องกวาดพื้นที่ (Area Scan) ขนาด 600 ตารางไมโครเมตร เพื่อวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีโดยรวม ของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมเกรด E309L-16 ที่ทำการเคลือบและไม่เคลือบด้วยอนุภาคนาโน รวมถึงการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อเชื่อมยังสามารถนำมาใช้ในการยืนยันธาตุสังกะสี (Zn) ที่หลอมละลายรวมอยู่กับเนื้อเชื่อมด้วย

3. ผลและการวิจารณ์ผล

3.1 การวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม⁶⁺

ในงานวิจัยได้ใช้การวิเคราะห์ตามมาตรฐาน AWS F1.4 โดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงของอะตอม ในการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียมโดยรวมและเทคนิคในการวิเคราะห์ด้วยวิธีการวัดการดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ต สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณโครเมียม⁶⁺ ทั้งนี้เนื่องมาจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมเกรด E309L-16 จะทำให้เกิดโครเมียม⁶⁺ ในควันละอองโลหะ ซึ่งเป็นอันตรายต่อสุขภาพและอิเล็กทรอนิกส์ที่เกิดจากอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์นั้นมีความเป็นไปได้ที่จะทำให้เกิดปฏิกิริยาลดระดับการเกิดออกซิเดชัน ขึ้น จนทำให้สภาวะการเกิดออกซิเดชันของโครเมียมลดลงเป็นโครเมียม³⁺ ซึ่งมีอันตรายต่อร่างกายน้อยกว่า ซึ่งจากผลการทดลองตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าปริมาณโครเมียมโดยรวมของตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง มีปริมาณ 3.79 เปอร์เซ็นต์ ของตัวอย่างควันละอองโลหะทั้งหมด และมีปริมาณโครเมียม⁶⁺ อยู่ที่ 3.10 เปอร์เซ็นต์ และในผลการวัดเปอร์เซ็นต์โครเมียม⁶⁺ ของตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ในลำดับที่ 2 3 และ 4 ดังตารางที่ 2 นั้นมีปริมาณที่ลดลงเมื่อเทียบกับปริมาณโครเมียมโดยรวมของตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง คือมีปริมาณอยู่ที่ 1.91 เปอร์เซ็นต์ 1.76 เปอร์เซ็นต์ และ 1.77 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบปริมาณโครเมียม⁶⁺ สำหรับลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

ลำดับ	สภาวะของลวดเชื่อม	ปริมาณจากการสุ่มตัวอย่าง (ลิตร)	ปริมาณความเข้มข้น (มิลลิกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณโครเมียมโดยรวม (ไมโครกรัม)	ความเข้มข้นของโครเมียม (ไมโครกรัม/ลูกบาศก์เมตร)	เปอร์เซ็นต์โครเมียมในอุภาค	โครเมียม ⁶⁺ (ไมโครกรัม)	เปอร์เซ็นต์โครเมียม ⁶⁺ ในอุภาค	ปริมาณเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์โครเมียม ⁶⁺
1	จากผู้ผลิตโดยตรง	40.33	308.22	470.53	11666.03	3.79	385.91	3.10	3.10
2	เคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (ชุดที่ 1)	36.43	483.59	481.21	13209.17	2.73	335.83	1.91	1.52
3	เคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (ชุดที่ 2)	40.57	458.31	343.10	8456.99	1.85	326.78	1.76	
4	เคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (ชุดที่ 3)	41.16	396.51	381.58	9269.90	2.34	288.33	1.77	
5	เคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ (ชุดที่ 4)	37.33	267.60	187.57	5024.20	1.88	108.69	1.09	

ลำดับ	สภาวะของลวดเชื่อม	ปริมาตรจาก การสุ่ม ตัวอย่าง (ลิตร)	ปริมาณความ เข้มข้น (มิลลิกรัม/ ลูกบาศก์เมตร)	ปริมาณ โครเมียม โดยรวม (ไมโครกรัม)	ความเข้มข้น ของโครเมียม (ไมโครกรัม/ ลูกบาศก์เมตร)	เปอร์เซ็นต์ โครเมียม ในอุภาค	โครเมียม ⁶⁺ (ไมโครกรัม)	เปอร์เซ็นต์ โครเมียม ⁶⁺ ในอุภาค	ปริมาณเฉลี่ย เปอร์เซ็นต์ โครเมียม ⁶⁺
	(2 เดือน)								
6	เคลือบอนุภาคนาโน ซิงค์ออกไซด์ (ชุดที่ 5) (2 เดือน)	39.00	315.04	216.23	5544.36	1.76	131.48	1.07	

ลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์และผ่านการเก็บรักษามาระยะเวลา 2 เดือน ได้นำมาใช้ในการทดลองเปรียบเทียบกับชิ้นเดียวกัน ซึ่งจากการทดลองพบว่า ตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมดังกล่าวยังคงให้ผลของปริมาณโครเมียม⁶⁺ ที่ลดลงเช่นเดียวกับตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมก่อนการเก็บรักษา ดังแสดงในตารางที่ 2 ในลำดับที่ 5 มีปริมาณ โครเมียม⁶⁺ อยู่ที่ 1.09 เปอร์เซ็นต์ และลำดับที่ 6 มีปริมาณโครเมียม⁶⁺ อยู่ที่ 1.07 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งยังต่ำกว่าค่าที่ได้จากตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมที่ไม่ผ่านการเคลือบอนุภาคนาโนคือ 3.10 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ช่วยให้สามารถเก็บรักษาลวดเชื่อมไว้ใช้ได้เป็นระยะเวลาหนึ่ง ก่อนนำไปใช้งาน และยังคงความสามารถในการลดปริมาณ โครเมียม⁶⁺ ได้อยู่เช่นเดิม

ผลค่าเฉลี่ยของเปอร์เซ็นต์ โครเมียม⁶⁺ ที่แสดงในตารางที่ 2 สำหรับตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงหรือไม่มีการเคลือบอนุภาคนาโน (As-received condition) มีปริมาณ โครเมียม⁶⁺ อยู่ 3.10 เปอร์เซ็นต์ โดยในที่นี้ถือเป็นค่าพื้นฐานเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับปริมาณเฉลี่ยของ โครเมียม⁶⁺ ที่ได้จากตัวอย่างควันละอองโลหะของลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ที่มีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับ 1.52 เปอร์เซ็นต์ แสดงให้เห็นว่าอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ที่ใช้ในการเคลือบลวดเชื่อมนั้น สามารถช่วยลดสัดส่วนการเกิด โครเมียม⁶⁺ ลงได้เมื่อเทียบกับลวดเชื่อมที่ออกแบบมาจากผู้ผลิตโดยตรงและไม่มีการเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์

3.2 การทดสอบความสามารถรอยเชื่อม

ผลการทดสอบความสามารถในการเชื่อม (Weldability) จากการเชื่อมเหล็กกล้าไร้สนิม (SUS304) ด้วยลวดเชื่อม 2 สภาวะ คือ ลวดเชื่อมหุ้มฟลักซ์ E309L-16 ที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงและลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ เพื่อทำการทดสอบความสามารถในการเชื่อม โดยอ้างอิงมาตรฐาน AWS D1.6 ได้แสดงดัง ตารางที่ 3 และในส่วนแรกได้ทำการวิเคราะห์ผลจากภาพถ่ายรังสีของชิ้นงานจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ พบว่าเกิดข้อบกพร่องชนิดรูพรุน (Porosity) ขึ้นในชิ้นงาน โดยมีขนาดเล็กและผ่านตามเกณฑ์ของมาตรฐาน AWS D1.6 นั้นแสดงให้เห็นว่ามีโอกาสในการพบข้อบกพร่องชนิดรูพรุนขึ้นจากการใช้ลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบผิวด้วยอนุภาคนาโนมาทำการเชื่อมชิ้นงาน ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการที่ใช้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ เป็นตัวประสานในการเคลือบอนุภาคนาโนกับลวดเชื่อม และเมื่อได้รับความร้อนขณะทำการเชื่อมจึงแตกตัวกลายเป็นแก๊สไฮโดรเจนและคาร์บอนฝังตัวอยู่ในบ่อหลอมเป็นรูพรุนขึ้นได้ นอกจากนี้ในการเตรียมลวดเชื่อมสำหรับการทดลองต้องมีการจุ่มลงในคอลลอยด์ของอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ทำให้มีโอกาสที่น้ำจะเข้าไปแทรกตัวอยู่ในสารพอกหุ้มของลวดเชื่อมได้ ถึงแม้จะทำการอบให้ความร้อนเพื่อให้พอลิไวนิลแอลกอฮอล์เซ็ดตัว แต่ความชื้นที่เกิดขึ้นอาจยังคงหลงเหลืออยู่ รวมถึงการเซ็ดตัวของพอลิไวนิลแอลกอฮอล์นั้นอาจไปขัดขวางการระเหยอีกด้วย สำหรับกรณีชิ้นงานที่เชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง ไม่พบข้อบกพร่องชนิดรูพรุนหรือข้อบกพร่องอื่น ๆ จากภาพถ่ายรังสีที่ทำการทดสอบ

การทดสอบแรงดึง สำหรับลวดเชื่อมทั้ง 2 สภาวะ พบว่าตำแหน่งของความเสียหายที่เกิดขึ้นอยู่ที่บริเวณเนื้อเชื่อม แต่ยังคงมีความแข็งแรงสูงกว่า 95% ของความแข็งแรงของชิ้นทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม (SUS304) จึงสามารถยอมรับการดำเนินการดังกล่าวได้ ทั้งนี้ในการทดสอบความสมบูรณ์จากการเชื่อม ได้ทำการทดสอบผ่านการดัดโค้ง เพื่อหาร่องรอยความบกพร่องที่เกิดขึ้นบริเวณแนวเชื่อมระหว่างเนื้อเชื่อมกับชิ้นงาน โดยมีการดัดโค้งทั้งด้านหน้ารอยเชื่อม (Face Bend) และด้านหลังรอยเชื่อม (Root Bend) ผลการทดสอบที่ได้นั้น ไม่พบข้อบ่งชี้ (Indication) หรือข้อบกพร่องใด ๆ ที่จะระบุถึงความไม่สมบูรณ์ของการหลอมละลาย (Incomplete Fusion) ที่เกิดขึ้นกับชิ้นงานเลย

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบความสามารถรอยเชื่อม

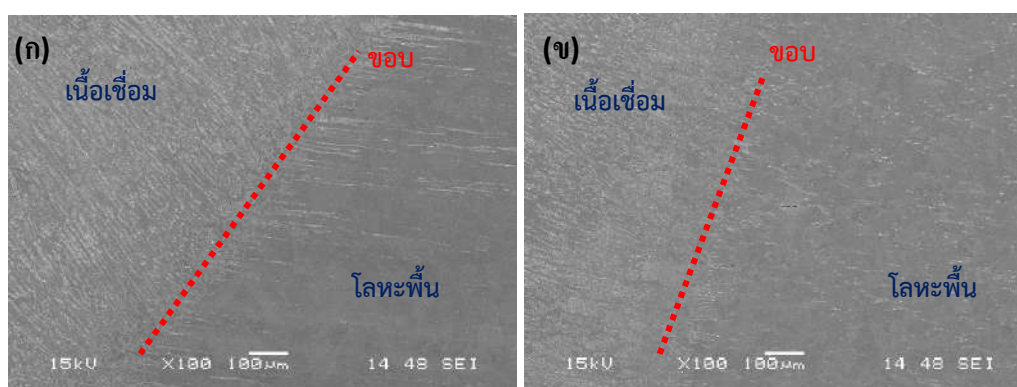
การทดสอบ	ชิ้นงานที่เชื่อมด้วย ลวดเชื่อมเคลือบอนุภาคนาโน	ผล	ชิ้นงานที่เชื่อมด้วย ลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง	ผล
ภาพถ่ายรังสี	รูปทูน 0.5, 1.0 มิลลิเมตร	ผ่าน	ไม่พบรูปทูน	ผ่าน
	รูปทูนแบบรวมกลุ่ม	ผ่าน		
การทดสอบแรงดึง	ครั้งที่ 1	601.019 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (เนื้อเชื่อม)	611.082 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (เนื้อเชื่อม)	ผ่าน
	ครั้งที่ 2	620.571 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (เนื้อเชื่อม)	595.930 นิวตัน/ตารางมิลลิเมตร (เนื้อเชื่อม)	ผ่าน
การทดสอบการดัดโค้ง	ด้านหน้ารอยเชื่อม	ไม่พบข้อบกพร่อง	ไม่พบข้อบกพร่อง	ผ่าน
	ด้านหลังรอยเชื่อม	ไม่พบข้อบกพร่อง	ไม่พบข้อบกพร่อง	ผ่าน

ผลการทดสอบความสามารถของรอยเชื่อมดังตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่ผ่านการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ ยังคงความสามารถในการเชื่อม และชิ้นงานที่ได้รับมีสมบัติทางกลไม่แตกต่างจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง

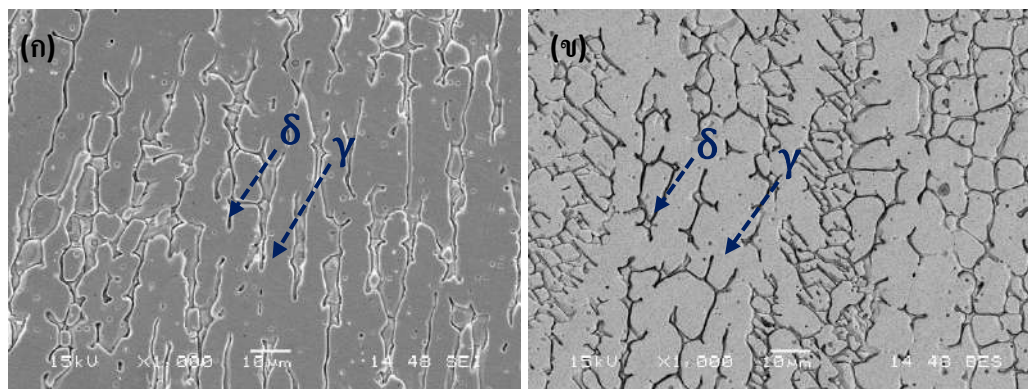
3.3 การตรวจสอบโครงสร้างทางจุลภาค

การวิเคราะห์โครงสร้างทางจุลภาคบริเวณขอบรอยเชื่อมและในเนื้อเชื่อม มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างในระดับโครงสร้างทางจุลภาคของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อม 2 สภาวะ คือ ลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรงและลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ จากรูปที่ 1(ก) แสดงขอบแนวเชื่อมของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง พบว่าเนื้อเชื่อมที่ได้มีความสมบูรณ์ เมื่อทำการวิเคราะห์จากบริเวณขอบรอยเชื่อมในทางด้านขวาเป็นโลหะพื้น (Base Material) และทางซ้ายเป็นโลหะเชื่อม (Weld Metal) โดยมีการแข็งตัวของรอยเชื่อมออกจากขอบแนวเชื่อมเข้าสู่กลางเนื้อเชื่อม ส่วนประกอบที่พบจะเป็นเฟอร์ไรต์และมัยอสเตนไนต์ที่มากกว่า ทั้งนี้ในการแข็งตัวเป็นในลักษณะ เฟอร์ไรต์ - มัยอสเตนไนต์

(Ferrite-Austenite: FA) ส่วนในโครงสร้างจุลภาคของชิ้นงานที่เชื่อมด้วยลวดเชื่อมเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ใน รูปที่ 1(ข) การแข็งตัวเริ่มจากบริเวณขอบแนวเชื่อมจากโลหะพื้น (ขวา) เข้าสู่กลางแนวเชื่อม (ซ้าย) มีลักษณะการแข็งตัวเป็นแบบ เฟอร์ไรต์ - มัยอสเตนไนต์ และโครงสร้างจุลภาคเป็นเฟอร์ไรต์และมัยอสเตนไนต์ เช่นเดียวกัน



รูปที่ 1 แสดงภาพถ่ายอิเล็กตรอน บริเวณขอบแนวเชื่อม (ก) ลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง และ (ข) ลวดเชื่อมเคลือบอนุภาคนาโน



รูปที่ 2 แสดงภาพถ่ายอิเล็กตรอน บริเวณเนื้อเชื่อม (ก) ลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง และ (ข) ลวดเชื่อมเคลือบอนุภาคนาโน

เมื่อพิจารณาเนื้อเชื่อมใน รูปที่ 2(ก) และ รูปที่ 2(ข) จากชิ้นงานที่เชื่อมด้วยลวดเชื่อมทั้ง 2 สภาวะ มีโครงสร้างเนื้อเชื่อมคล้ายกันประกอบด้วยเฟอร์ไรต์และออสเตนไนต์ ดังที่กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าอนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์นั้น ไม่ส่งผลต่อโครงสร้างทางจุลภาคและรูปแบบการแข็งตัวของเนื้อเชื่อมที่เกิดขึ้น

ทั้งนี้การใช้ลวดเชื่อมที่ทำการเคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ อาจทำให้เกิดการตกค้างของธาตุสังกะสี (Zinc: Zn) ภายในเนื้อเชื่อมได้ เพื่อเป็นการยืนยันถึงธาตุสังกะสีที่ตกค้างอยู่ในเนื้อเชื่อม จึงได้ทำการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของเนื้อเชื่อมเพื่อใช้ในการยืนยัน โดยได้นำผลจากเทคนิคการวิเคราะห์ธาตุเชิงพลังงาน จากบริเวณการวิเคราะห์ที่ 2 ที่ใช้เทคนิคการส่องกวาดพื้นที่ เพื่อให้ได้ผลเฉลี่ยของปริมาณส่วนผสมทางเคมีในชิ้นงานเชื่อมที่แม่นยำและเชื่อถือได้มากขึ้น รูปที่ 3(ก) แสดงถึงบริเวณที่ทำการวิเคราะห์ปริมาณส่วนผสมทางเคมีในชิ้นงานเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง และแสดงผลใน ตารางที่ 4 ในส่วนของลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง โดยส่วนผสมทางเคมีโดยรวม พบองค์ประกอบของ ซิลิกอน นิเกิล เหล็ก และ โครเมียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบปกติของลวดเชื่อมเกรด E309L-16 และโลหะพื้น เหล็กกล้าไร้สนิม (SUS304) ในส่วนการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมีของชิ้นงานที่ผ่านการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่เคลือบด้วยอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ โดยเน้นการวิเคราะห์หาธาตุสังกะสี จากรูปที่ 3(ข) แสดงบริเวณเนื้อเชื่อมที่ทำการวิเคราะห์ส่วนผสมทางเคมี ผลการวิเคราะห์ในตารางที่ 4 เป็นผลที่มาจากบริเวณการวิเคราะห์ที่ 2 เทคนิคส่องกวาดพื้นที่ เช่นเดียวกัน พบว่าชิ้นงานที่เชื่อมด้วยลวดเชื่อมเคลือบอนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์ มีส่วนผสมของ นิเกิล เหล็ก

โครเมียม และไม่พบสังกะสี (สังกะสี = 0 เปอร์เซ็นต์) แสดงให้เห็นว่าไม่พบการตกค้างของธาตุสังกะสีในเนื้อเชื่อม ซึ่งสอดคล้องกับโครงสร้างทางจุลภาคและรูปแบบการแข็งตัวของเนื้อเชื่อมที่ไม่แตกต่างจากการเชื่อมด้วยลวดเชื่อมที่มาจากผู้ผลิตโดยตรง ทั้งนี้ในการเตรียมลวดเชื่อมที่ใช้อนุภาคนาโนมาเคลือบบริเวณบนผิวของลวดเชื่อมแทนการผสมลงไปในส่วนผสมหรือวิธีการอื่นๆ นั้น เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการทำปฏิกิริยาให้มากขึ้นและเป็นการลดปริมาณสารที่ต้องใช้ ดังนั้นเมื่อได้รับความร้อนจากการเชื่อม อนุภาคนาโนของซิงค์ออกไซด์ที่เคลือบไว้สามารถที่จะละลายหรือระเหยออกไปจากบ่อหลอม (Weld Pool) ได้ รวมทั้งอาจจะเข้าไปผสมอยู่ในสแลก (Slag) ได้ จึงเป็นผลทำให้ไม่พบการตกค้างของสังกะสีในเนื้อเชื่อม [13]

