

The Journal of Industrial Technology

Suan Sunandha Rajabhat University

Volume 6 / Number 1 / January - June 2018

ISSN 2351-0811

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม - มิถุนายน 2561

Keywords

- Defect reduction, Fixture, Welding process, Motorcycle STAY R- L parts
- Rigid PVC Plain-End Pipe; Motion and Time Study, Standard Time; Short-Time Hydrostatic Failure Pressure Test, Process Improvement, ECRS, Maytag Table, Time Allowances
- Low-Strength Concrete, Confinement, Polyester
- Production of Varnish, Varnish, Coconut Oil
- Natural Rubber, Calcium Carbonate, Sponges, Teaching Media
- Diesel Engine, Injector Cleaning, Fuel Consumption, Acceleration
- Concrete Mix Plastic Coated Crumb Rubber, LDPE Plastic, Compressive Strength
- Competency, Technology Literacy, International Technology Education (ITEA) Association, Standards for Technology Literacy (STL)

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วัตถุประสงค์ของการจัดพิมพ์วารสาร

1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการหรือผลงานวิจัยที่มีคุณภาพด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
2. เพื่อเป็นช่องทางในการนำเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ที่ปรึกษา

รองศาสตราจารย์ ดร.ฤๅเดช เกิดวิชัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พลัง วงษ์ธนสุภรณ์

อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คณบดีคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

บรรณาธิการ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิบูล ไวจิตรกรรม

รองคณบดีฝ่ายวิจัยและบริการวิชาการ

กองบรรณาธิการ

ศาสตราจารย์ ดร.พานิช วุฒิพฤษชัย

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ วุฒิมวงศา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.สุขปา เนตรประดิษฐ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วินัย ไจกล้ำ

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รจนา จันทราสา

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นารีนารถ รักสุนทร

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ดร.ชนมภัทร ไตรระสะ

มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

คณะกรรมการประเมินบทความ

รองศาสตราจารย์ ดร.มาโนช สรรพกิจทิพากร

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

รองศาสตราจารย์ ดร.ทรงวุฒิ เอกวุฒิมวงศา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัฐไชย์ สีนาวงศ์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

เจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รองศาสตราจารย์ ดร.อรัญ หาญสืบสาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รองศาสตราจารย์ ดร.ไพโรจน์ เนียมมณฑ

มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

รองศาสตราจารย์ ดร.อุทัย ผ่องรัศมี

มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงษ์ สอนสุวิทย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า

พระนครเหนือ

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทชัย ชูศิลป์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ไพจิตร ผาวัน	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประทุมทอง ไตรรัตน์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.คมวุธ วิศวไพศาล	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เผด็จมู จันทร์สา	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อดุลย์ พัฒนภักดี	มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์เชี่ยวชาญ หัวหาญ	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้า พระนครเหนือ

กองการจัดการ

นางสาวรฤทัย หาญโชติพันธ์

กำหนดการเผยแพร่

ปีละ 2 ฉบับ คือ ฉบับที่ 1 (เดือนมกราคม – มิถุนายน) และ ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม)

เจ้าของวารสาร

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

สำนักงาน

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทงนอก เขตดุสิต
กรุงเทพมหานคร 10300

โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 22 โทรสาร 0 2160 1440 www.fit.ssru.ac.th

พิมพ์ที่

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ดี-วิทย์ (สำนักงานใหญ่) 589/1091 ถนนจรัญสนิทวงศ์ แขวงบางอ้อ
เขตบางพลัด กรุงเทพมหานคร โทรศัพท์ 081 1321651

บทบรรณาธิการ

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ฉบับนี้เป็นฉบับที่ 1 ของปีที่ 6 (เดือนมกราคม - มิถุนายน 2561) ขอบเขตเนื้อหาของบทความประกอบด้วยองค์ความรู้ด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์และสหวิทยาการ ที่มีรูปแบบทางวิทยาศาสตร์ประยุกต์ ทางเทคโนโลยีที่มีผลกระทบต่ออุตสาหกรรม บทความวิจัยในเล่มนี้มี 8 เรื่อง ประกอบด้วย การลดของเสียในกระบวนการเชื่อมด้วยอิเล็กโทรดสกริปต์, การผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวเพื่อสิ่งแวดล้อม, การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวกรณีศึกษากระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ), คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก, การศึกษาผลของการล้างหัวฉีดต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลในรถบรรทุกขนาดเล็ก, ข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี ตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมเทคโนโลยีนานาชาติ (ITEA), การพัฒนาสูตรยางพองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับเด็ก และการเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีตกำลังต่ำโดยผ้าโพลีเอสเตอร์ เนื้อหาของบทความดังกล่าวมานี้เรียบเรียงจากผลการวิจัยที่เป็นนวัตกรรมใหม่ มีความร่วมสมัยและสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ เหมาะสมสำหรับใช้ประกอบการศึกษาค้นคว้าของคณาจารย์ นักวิชาการ และผู้ที่สนใจทั่วไป

สำหรับวารสารฉบับต่อไป คือ ฉบับที่ 2 ของปีที่ 6 (เดือนกรกฎาคม - ธันวาคม 2561) กำลังเปิดรับบทความเพื่อการตีพิมพ์ วารสารยังมีพื้นที่ให้ผู้สนใจ นักวิจัย อาจารย์ และนักศึกษา ส่งผลงานมาให้พิจารณาในรูปแบบบทความวิชาการหรือบทความวิจัยด้านวิทยาศาสตร์ ด้านเทคโนโลยี รวมทั้ง ศาสตร์ด้านการพัฒนาและการจัดการ ที่มีผลกระทบต่อโดยตรงกับการสร้างนวัตกรรมในแวดวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและอุตสาหกรรม วารสารยินดีเป็นสื่อกลางสำหรับการเผยแพร่ผลงาน โดยบทความจะได้รับการประเมินคุณภาพจากกองบรรณาธิการและพิจารณาถ่วงดุล (peer review) โดยผู้ทรงคุณวุฒิตามสาขาที่เกี่ยวข้อง

กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า วารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน ขอขอบคุณสมาชิกวารสาร ที่ได้ให้ความสนใจติดตามวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา มา ณ โอกาสนี้

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิบูล ไวกิจตรกรรม
บรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
บทความวิจัย	
การลดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ Defect Reduction in the Welding Process of Motorcycle STAY R-L Parts ธนิดา สุนารักษ์	6
การผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวเพื่อสิ่งแวดล้อม Production of Varnish with Coconut Oil-Based for Environment ไกรพ เจริญโสภา, วัฒน์ พลอยศรี	16
การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวกรณีศึกษากระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของ ท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) Motion and Time Study: A Case Study on A Short-Time Hydrostatic Failure Pressure Testing Process of Rigid PVC Plain-End Pipes วรพนธ์ ชีววรรณตรี, ปิยะ รนต์ละออง, ณัฐพล บุญรักษ์	26
คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก The Mechanical Properties of Concrete Mixed with Plastic Coated Crumb Rubber วิรัช วงศ์ประชุม, อธิธิพล มีผล	39
การศึกษาผลของการล้างหัวฉีดต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลในรถบรรทุกขนาดเล็ก Study on the effect of fuel injectors cleaning on diesel engine performance in a small truck กฤษฎางค์ ศุภระมุข	46

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทความวิจัย	
ข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคม เทคโนโลยีนานาชาติ (ITEA) Propositions of Technology Literacy Competency Development regarding Standards of the International Technology Education Association (ITEA) <i>ไสว ศิริทองถาวร</i>	55
การพัฒนาสูตรยางฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับเด็ก The development of natural rubber sponge formulations as teaching media for children <i>กุชชานา ยาวออาซัน</i>	66
การเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีตกำลังต่ำโดยผ้าโพลีเอสเตอร์ Ultimate Compressive Strengthening of Low Strength Concrete by Polyester Fabric <i>ชิษญาสุ์ บุญมี, กิตติภูมิ รอดสิน</i>	76

Defect Reduction in the Welding Process of Motorcycle STAY R-L Parts

Thanida Sunarak

Mahanakorn Institute of Innovation, Faculty of Engineering, Mahanakorn University of Technology

ABSTRACT

The case study company runs the business of automotive and motorcycle parts manufacturing. In the past, the company faced the main problem of a lot of defects of the STAY R-L part welding process. This research aims to reduce these defects by applying Pareto Chart, Cause-and-Effect Diagram to identify and classify defect types, and also analyze the cause of defects. It was revealed that the number of defects from welds without full penetration was the most. The main cause is that the previous welding fixture wasn't locked firmly and angular fixture hid welding alignment. Therefore, the improvement was performed by designing and developing new fixture in order to reduce the defects in the welding process. The results show that the defects from welds without full penetration decreased from 2.04 percent to 0.34 percent or decreased by 1.70 percent, representing 83.33 percent decrease of the defects.

Keywords : Defect reduction, Fixture, Welding process, Motorcycle STAY R- L parts

บทนำ

อุตสาหกรรมยานยนต์มีการขยายตัวขึ้นอย่างต่อเนื่อง ทั้งในส่วนของอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ ไปจนถึงอุตสาหกรรมประกอบรถยนต์ ด้วยเหตุแห่งความเจริญทางด้านยานยนต์นี้ จึงก่อให้เกิดการแข่งขันของผู้ประกอบการในอุตสาหกรรมดังกล่าวอย่างมาก ซึ่งการแข่งขันนี้เป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้แต่ละบริษัทมีการพัฒนาในด้านคุณภาพการผลิตของสินค้า โดยมุ่งเน้นความพึงพอใจของลูกค้าเป็นหลัก ดังนั้นการผลิตชิ้นส่วนใดชิ้นส่วนหนึ่งของรถยนต์ ควรผลิตออกมาโดยไม่ให้เกิดของเสียหรือเกิดน้อยที่สุด เนื่องจากของเสียมีผลต่อกำไรของบริษัทและความพึงพอใจของลูกค้า (ศุภชัย นาทะพันธ์, 2551) จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ทางผู้ผลิตต้องให้ความสำคัญในกระบวนการผลิต เพื่อจะได้ชิ้นงานออกมามีคุณภาพตรงต่อความต้องการของลูกค้า

บริษัทกรณีศึกษาเป็นหนึ่งในผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ และรถจักรยานยนต์หลากหลายชนิด เช่น ตัวยึดไฟหน้ารถจักรยานยนต์ ตัวยึดตะแกรงรถจักรยานยนต์ ตัวยึดล้อหลังรถจักรยานยนต์ ตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ ตัวยึดไฟหน้ารถไถ เป็นต้น จากการเข้าศึกษาการปฏิบัติงานภายในบริษัท พบปัญหาหลักคือของเสียที่เกิดขึ้นในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L) โดยสามารถแบ่งเป็นของเสียประเภทต่างๆ เช่น แนวเชื่อมไม่ชิมลิก แนวเชื่อมปูด แนวเชื่อมเป็นฟองอากาศ เป็นต้น ทั้งนี้สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากอุปกรณ์จับยึดแบบเดิมล๊อคชิ้นงานไม่แน่นทำให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ได้ รวมไปถึงอุปกรณ์จับยึดต้องคาบแนวเชื่อมทำให้ไม่สามารถมองเห็นตำแหน่งที่จะเชื่อมได้อย่างชัดเจน โดยของเสียดังกล่าวนี้ทำให้ต้นทุนในกระบวนการเชื่อมสูงขึ้น และส่งผลให้ต้นทุนผลิตภัณฑ์สูงขึ้นในที่สุด

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน หรืออุปกรณ์ทางวิศวกรรมใดๆ ให้เหมาะสมกับการปฏิบัติงานในขั้นตอนต่างๆ จะสามารถช่วยลดของเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพในกระบวนการผลิตได้เป็นอย่างดี (เกรียงไกร ศรีเลิศ และ ณิชญา คุปดิษฐ์ชัย, 2559; ธงชัย เพ็งจันทร์ดี, ชุมพล อินทร์มณี, อัญชลี ทองใบศรี, คุณากร ธรรมวิจิตร, และ ชลิตา รัศมี, 2555; ยงยุทธ เสริมสุธีอนุวัฒน์, 2556; วชิระ มีทอง, 2535; วชิรินทร์ สิทธิเจริญ, 2558; อำนาจ มีแสง, 2554) ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดใหม่ให้สามารถล๊อคชิ้นงานได้แน่นตรงตำแหน่งที่แน่นอน รวมทั้งไม่บ่งแนวเชื่อม เพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L) ให้กับบริษัทกรณีศึกษา ซึ่งจะส่งผลให้มูลค่าความเสียหาย และต้นทุนการผลิตของบริษัทกรณีศึกษาลดลงได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L)
2. เพื่อศึกษาวิเคราะห์สาเหตุของปัญหาการเกิดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L)
3. เพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L) ด้วยการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ จับยึด

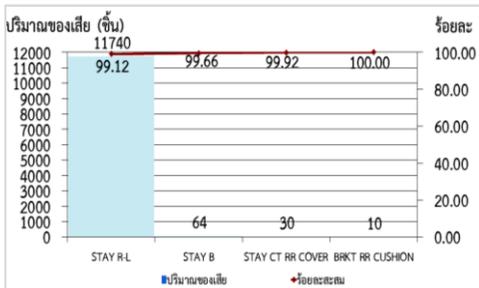
วิธีการดำเนินงานวิจัย

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L) โดยได้ทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องวิเคราะห์ปัญหา สาเหตุของปัญหา และกำหนด

แนวทางในการแก้ไขปรับปรุง โดยมีรายละเอียดดังหัวข้อต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลพื้นฐานของสถานประกอบการ บริษัทกรณีศึกษาเป็นผู้ผลิตชิ้นส่วนรถยนต์และรถจักรยานยนต์ หลากหลายชนิด เช่น ตัวยึดไฟหน้ารถจักรยานยนต์ ตัวยึดตะกร้ารถจักรยานยนต์ ตัวยึดล้อหลังรถจักรยานยนต์ ตัวยึดชุดสปีดรถจักรยานยนต์ ตัวยึดไฟหน้ารถไถ เป็นต้น โดยมีลูกค้าหลัก คือ คูโบต้า โตโยต้า ฮอนด้า

ภายในบริษัทมีแผนกงาน 2 แผนก คือ (1) แผนกขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ ซึ่งรับผิดชอบกระบวนการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์ และ (2) แผนกเชื่อมผลิตภัณฑ์



ภาพที่ 1 แผนภูมิพารेटโตแสดงปริมาณของเสียแต่ละผลิตภัณฑ์

จากภาพที่ 1 พบว่า ตัวยึดชุดสปีดรถจักรยานยนต์ (STAY R-L) มีของเสียจากการเชื่อมถึงร้อยละ 99.12 ซึ่งสูงกว่าผลิตภัณฑ์ชนิดอื่นอย่างมาก จึงมีแนวคิดที่จะดำเนินการลดของเสียสำหรับผลิตภัณฑ์ดังกล่าว โดยได้ทำการศึกษาระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดรถจักรยานยนต์ (STAY R-L) เพื่อวิเคราะห์ถึงสาเหตุของปัญหา ดังหัวข้อต่อไป

2. ศึกษากระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดรถจักรยานยนต์ (STAY R-L) และวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา

กระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดรถจักรยานยนต์ (STAY R-L) แสดงดังตารางที่ 1

ซึ่งรับผิดชอบกระบวนการเชื่อมผลิตภัณฑ์จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นพบว่าปัญหาหลักของบริษัท คือ ปัญหาของเสียในแผนกเชื่อม โดยพบว่าในแผนกเชื่อมมีการเชื่อมผลิตภัณฑ์ของรถจักรยานยนต์อยู่ 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ ตัวยึดชุดสปีด (STAY R-L), ตัวยึดชุดไฟ (STAY B), ตัวยึดชุดสปีดเคเอสอาร์ (BRKT RR CUSHION) และ แชนด์ (STAY CT RR COVER)

ข้อมูลปริมาณและร้อยละของเสียของทั้ง 4 ผลิตภัณฑ์ ย้อนหลัง 6 เดือนสามารถวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพารेटโต ดังภาพที่ 1

ตารางที่ 1 กระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดรถจักรยานยนต์ (STAY R-L)

<p>ขั้นตอนที่ 1. เตรียมหัวน็อตกับ STAY และ ลวด เพื่อเตรียมประกอบ</p> 
<p>ขั้นตอนที่ 2 นำหัวน็อตมาประกอบกับ STAY เพื่อเตรียมการเชื่อม</p> 
<p>ขั้นตอนที่ 3 นำหัวน็อตกับ STAY ที่เตรียมไว้ มาเชื่อมเข้าด้วยกัน</p> 



หลังจากทำการเชื่อมประกอบแล้วเสร็จจะได้
ตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ ด้านขวา (STAY R)
และด้านซ้าย (STAY L) ที่สมบูรณ์ แสดงดังภาพที่ 2



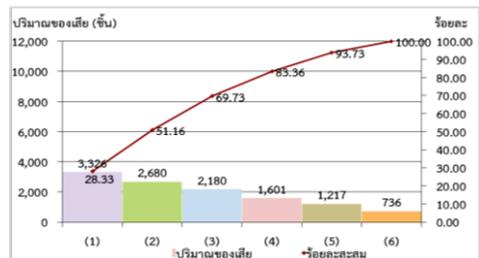
ภาพที่ 2 ตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L)
ที่เสร็จสมบูรณ์

จากขั้นตอนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์
(STAY R-L) พบของเสียที่เกิดขึ้น 6 ประเภท โดย
ได้ทำการศึกษารวบรวมข้อมูลปริมาณของเสีย
แต่ละประเภท ย้อนหลัง 6 เดือน ดังตารางที่ 2
และทำการวิเคราะห์โดยใช้แผนภูมิพาเรโต
ดังภาพที่ 3

ตารางที่ 2 ปริมาณของเสียแต่ละประเภท

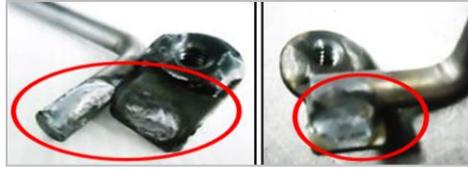
ประเภท ของเสีย	ปริมาณ ของเสีย	ร้อยละของ เสีย	ร้อยละ สะสม	ร้อยละ สะสม
(1) แนว เชื่อมไม่ซีม ล็ก	3,326	2.04	28.33	28.33
(2) แนว เชื่อมปูด	2,680	1.64	22.83	51.16
(3) ทะลุ	2,180	1.33	18.57	69.73
(4) ฟอง อากาศ	1,601	0.98	13.64	83.36
(5) แนว เชื่อมไม่ตรง กลาง	1,217	0.75	10.37	93.73
(6) ลวด เชื่อมไม่ ละลาย	736	0.45	6.27	100.00
รวม	11,740	7.19	100.00	

หมายเหตุ ปริมาณการผลิตรวมย้อนหลัง 6 เดือน เท่ากับ
163,310 ชิ้น

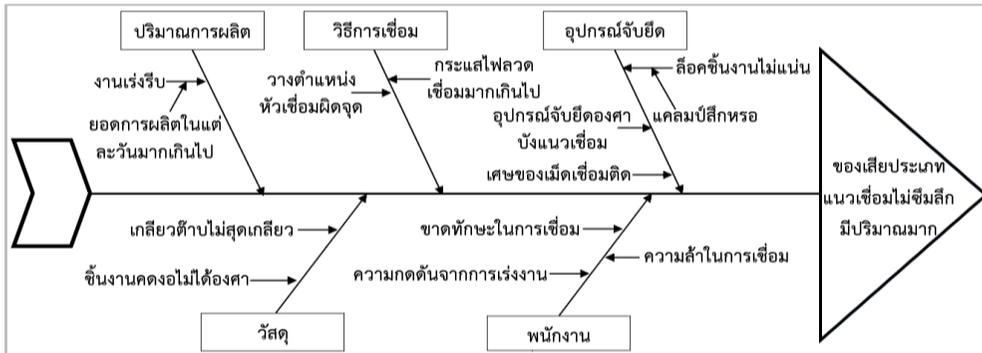


ภาพที่ 3 แผนภูมิพาเรโตแสดงปริมาณของเสีย
แต่ละประเภท

จากภาพที่ 3 พบว่าของเสียประเภทแนว
เชื่อมไม่ซีมล็กดังภาพที่ 4 มีปริมาณมากที่สุด โดย
คิดเป็นร้อยละ 28.33 จึงได้ทำการวิเคราะห์ถึง
สาเหตุของของเสียประเภทดังกล่าวด้วยแผนผัง
แสดงเหตุและผล (Cause-and-Effect Diagram)
แสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 4 แนวเชื่อมไม่ซีมลึก



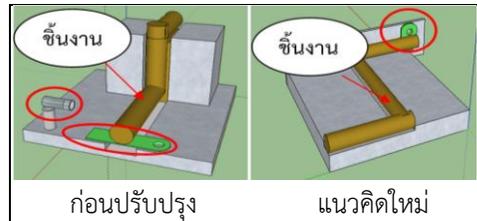
ภาพที่ 5 แผนผังแสดงเหตุและผล

จากภาพที่ 5 พบว่า ปัญหาของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมลึกเกิดจาก 5 สาเหตุ ได้แก่ ปริมาณการผลิต วิธีการเชื่อม อุปกรณ์จับยึด พนักงาน และวัสดุ อย่างไรก็ตามอุปกรณ์จับยึดเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดของเสียมากที่สุด เนื่องจากอุปกรณ์จับยึดแบบเดิมล๊อคชิ้นงานไม่แน่นจึงทำให้ชิ้นงานนั้นเคลื่อนที่ได้ รวมไปถึงอุปกรณ์จับยึดองศาบังแนวเชื่อมทำให้มองไม่เห็นแนวที่จะเชื่อม จึงได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดใหม่ เพื่อช่วยลดปัญหาของเสียดังกล่าว

3. ดำเนินการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์จับยึด

3.1 การออกแบบแนวคิดเบื้องต้น

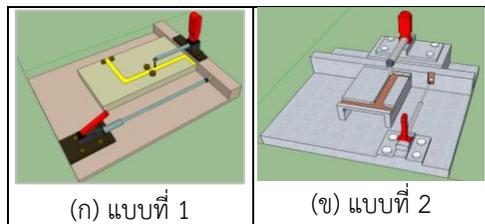
อุปกรณ์จับยึดแบบปัจจุบันจับยึดชิ้นงานในแนวตั้งทำให้ใช้งานได้ยาก เนื่องจากมีอุปกรณ์จับยึดองศาบังแนวเชื่อม จึงทำการออกแบบอุปกรณ์จับยึดใหม่ให้อยู่ในแนวนอน ซึ่งจะทำให้เห็นแนวเชื่อมชัดเจน โดยไม่มีอุปกรณ์จับยึดองศาบังแนวเชื่อม ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แนวคิดเบื้องต้นในการออกแบบอุปกรณ์จับยึด

3.2 การพัฒนาแบบอุปกรณ์จับยึด

หลังจากการออกแบบแนวคิดเบื้องต้น ได้ทำการพัฒนาแบบ โดยเริ่มต้นจากแบบที่ 1: แบบที่ใช้สลักในการบังคับชิ้นงาน ดังภาพที่ 7 (ก)



ภาพที่ 7 อุปกรณ์จับยึด (ก) แบบที่ 1 และ (ข) แบบที่ 2

หลักการการทำงานของแบบที่ 1 คือ นำชิ้นงานไปวางตรงช่องใส่ชิ้นงาน แล้วทำการดึงแคลมป์ลงมากับชิ้นงานเพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนตัว แล้วทำการเชื่อม อย่างไรก็ตามจากการวิเคราะห์แบบที่ 1 พบว่ามีข้อเสียดังนี้

- ไม่สามารถรู้ได้ว่าลวด R, L นั้น คดงอหรือ รูปทรงบิดเบี้ยวจากมาตรฐานหรือไม่ เนื่องจากลวดบางจุดอาจจะคดงอในส่วนที่อยู่เหนือออกไปจากตำแหน่งสลัก

- เศษของเม็ดเชื่อมติดอุปกรณ์จับยึดในส่วนของฐาน และสลัก ทำให้ทำความสะอาดไม่ทั่วถึง

- ฐานวางชิ้นงานมีลักษณะตัน ทำให้ใช้วัสดุสิ้นเปลือง และอุปกรณ์จับยึดมีน้ำหนักเพิ่มขึ้น

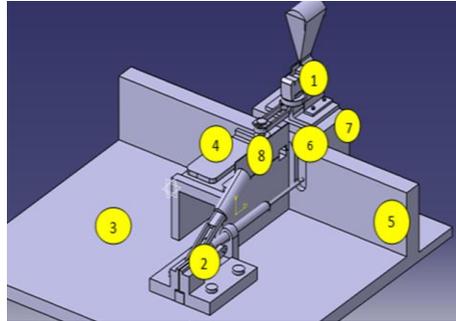
- สลักเกิดการสึกหรอเมื่อใช้งานเป็นระยะเวลาานาน อาจส่งผลให้ชิ้นงานวางไม่ได้ตำแหน่งเชื่อม

จากข้อเสียที่พบในแบบที่ 1 จึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาเป็นแบบที่ 2: แบบที่ใช้การเจาะร่องในการบังคับชิ้นงาน ดังภาพที่ 7 (ข) โดยหลักการทำงานแบบที่ 2 คล้ายกับแบบที่ 1 คือ นำชิ้นงานไปวางตรงร่องที่เจาะไว้ แล้วทำการดึงแคลมป์ลงมากับชิ้นงานเพื่อไม่ให้มีการเคลื่อนตัว แล้วทำการเชื่อม อย่างไรก็ตามมีข้อแตกต่าง คือ แบบที่ 1 ฐานวางชิ้นงานมีลักษณะตัน และใช้สลักเป็นตัวล็อกชิ้นงาน อีกทั้งไม่มีช่องใส่หนีตและ STAY ส่วนแบบที่ 2 ฐานวางชิ้นงานมีลักษณะยกสูงขึ้นและไม่ตัน และทำการเจาะร่องให้เท่ากับชิ้นงานแทนการใช้สลักล็อกชิ้นงาน อีกทั้งมีช่องใส่หนีตและ STAY

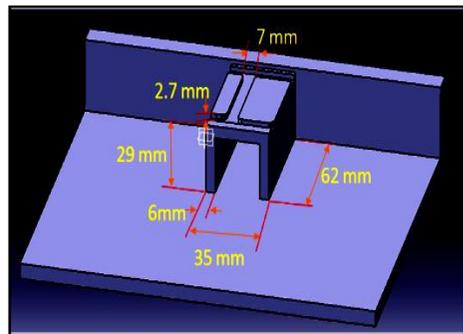
3.3 การออกแบบอุปกรณ์จับยึด โดยละเอียด

จากการพัฒนาแบบดังกล่าวข้างต้นได้แบบที่เหมาะสม คือ แบบที่ 2 จึงได้ทำการออกแบบโดยละเอียด ด้วยโปรแกรม Catia โดยการ

กำหนดชิ้นส่วน ดังภาพที่ 8 และกำหนดขนาดต่าง ๆ ของแต่ละชิ้นส่วน ซึ่งแสดงตัวอย่างสำหรับชิ้นส่วนฐานวางชิ้นงานดังภาพที่ 9

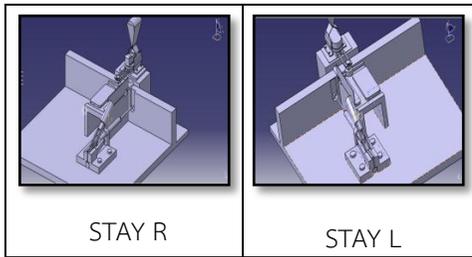


ภาพที่ 8 ชิ้นส่วนอุปกรณ์จับยึด



ภาพที่ 9 แบบละเอียดฐานวางชิ้นงาน

จากภาพที่ 8 อุปกรณ์จับยึด ประกอบด้วย 8 ชิ้นส่วน ได้แก่ (1) แคลมป์กด (2) แคลมป์ดัน (3) ฐานรองอุปกรณ์ (4) ฐานวางชิ้นงาน (5) แท่นสำหรับเจาะช่องใส่ STAY (6) ตัวกัน STAY ขยับ (7) ฐานวางแคลมป์กด และ (8) แผ่นกันเศษเม็ดเชื่อม โดยอุปกรณ์จับยึดสำหรับตัวยึดชุดสีด้านขวา (STAY R) มีชิ้นส่วนและขนาดต่าง ๆ เหมือนกับอุปกรณ์จับยึดสำหรับตัวยึดชุดสีด้านซ้าย (STAY L) อย่างไรก็ตามมี 2 ชิ้นส่วนที่อยู่สลับด้านกัน คือ ฐานวางชิ้นงาน และตัวกัน STAY ขยับ ซึ่งแบบสมบูรณ์ของอุปกรณ์จับยึดตัวยึดชุดสีรถจักรยานยนต์ (STAY R-L) แสดงดังภาพที่ 10



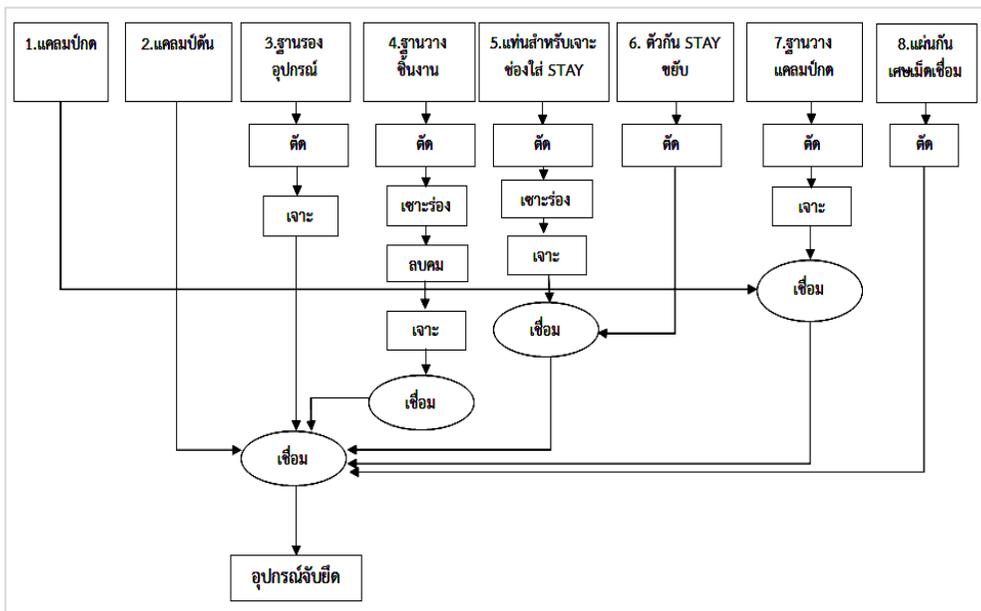
ภาพที่ 10 แบบสมบูรณัอุปกรณ์จับยึดตัวยึดชุดสี่รถจักรยานยนต์ (STAY R-L)

3.4 การคัดเลือกวัสดุ การจัดทำ และการทดลองใช้อุปกรณ์จับยึด

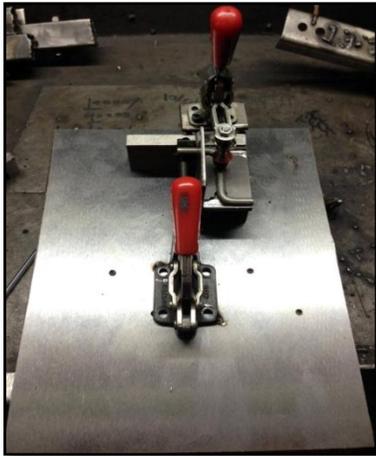
อุปกรณ์จับยึดประกอบด้วย 8 ชิ้นส่วน ดังกล่าวข้างต้น โดยชิ้นส่วนที่ 1 และ 2 ทำการ จัดซื้อตามขนาดที่ต้องการ ส่วนชิ้นส่วนที่ 3-8 ทำ การผลิตขึ้นเอง โดยเลือกใช้เหล็กเหนียวผสม คาร์บอนกลาง (0.3-0.5%) เป็นวัสดุในการจัดทำ

เนื่องจากมีคุณสมบัติตรงตามความต้องการ คือ มีความแข็งแรง ทนต่อแรงกระแทก ราคาไม่แพง และหาซื้อได้ง่าย

ขั้นตอนการจัดทำอุปกรณ์จับยึด แสดง ดังภาพที่ 11 โดยระหว่างการผลิตชิ้นส่วน ต่างๆ พบว่าชิ้นส่วนที่ 5 แทนสำหรับเจาะช่องใส่ STAY มีความยาวของแท่นยาวเกินไป ซึ่งความยาว ที่เกินออกมานี้ไม่มีความจำเป็นใด ๆ ต่อการใช้ งานของอุปกรณ์จับยึด จึงทำการลดความยาวของ แท่นลง จากเดิมยาว 225 มิลลิเมตร เหลือ 100 มิลลิเมตร ซึ่งหลังจากทำการปรับปรุงดังกล่าวแล้ว ทำให้อุปกรณ์จับยึดมีขนาดเหมาะสมกับการ ใช้งาน อีกทั้งสามารถลดการใช้วัสดุลงได้อีกด้วย โดยอุปกรณ์จับยึด ที่เสร็จสมบูรณ์แล้ว แสดงดัง ภาพที่ 12



ภาพที่ 11 ขั้นตอนการจัดทำอุปกรณ์จับยึดตัวยึดชุดสี่รถจักรยานยนต์ (STAY R-L)



ภาพที่ 12 อุปกรณ์จับยึดตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L)

จากนั้นได้ทำการทดลองใช้อุปกรณ์จับยึด ซึ่งพบว่าอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ตามที่ต้องการ จึงนำไปใช้ในกระบวนการเชื่อมชิ้นงานจริง ซึ่งได้ทำการศึกษาผลด้านปริมาณของเสียตั้งหัวข้อถัดไป

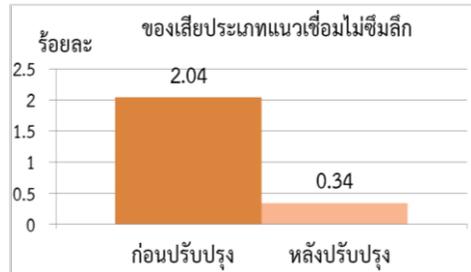
ผลการดำเนินงานวิจัย

จากการออกแบบและจัดทำอุปกรณ์จับยึดเพื่อลดของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมติกในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L) สามารถสรุปผลเปรียบเทียบก่อนและหลังดำเนินการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 3 และ ภาพที่ 13

ตารางที่ 3 ผลเปรียบเทียบปริมาณของเสียก่อนและหลังปรับปรุง

ประเภทของเสีย	ก่อนปรับปรุง			หลังปรับปรุง		
	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	ร้อยละ	ปริมาณการผลิต (ชิ้น)	ของเสีย (ชิ้น)	ร้อยละ
แนวเชื่อมไม่ซีมติก	163,310	3,326	2.04	47,000	158	0.34

หมายเหตุ ก่อนปรับปรุงรวบรวมข้อมูล 6 เดือน หลังปรับปรุงรวบรวมข้อมูล 2 เดือน



ภาพที่ 13 ร้อยละของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมติก ก่อนและหลังปรับปรุง

จากตารางที่ 3 และภาพที่ 13 พบว่า หลังการปรับปรุงโดยการนำอุปกรณ์จับยึด ที่ออกแบบและจัดทำขึ้นใหม่มาใช้ในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L) สามารถลดของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมติกลงได้จากร้อยละ 2.04 เหลือร้อยละ 0.34 หรือลดลงร้อยละ 1.70 โดยคิดเป็นการลดลงร้อยละ 83.33

สรุปและอภิปรายผล

จากการเข้าศึกษากระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L) ของบริษัท กระจกศึกษาผู้ประกอบการผลิตชิ้นส่วนรถยนต์ และรถจักรยานยนต์ พบปัญหาสำคัญ คือ มีของเสียจำนวนมากโดยเฉพาะอย่างยิ่งของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมติกซึ่งมีปริมาณมากที่สุด เนื่องจากอุปกรณ์จับยึดแบบเดิมล็อกชิ้นงานไม่แน่นทำให้ชิ้นงานเคลื่อนที่ได้ รวมไปถึงอุปกรณ์จับยึดต้องคาบแนวเชื่อม ทำให้ไม่สามารถมองเห็นตำแหน่งที่จะเชื่อมได้อย่างชัดเจน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อลดของเสียในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L) โดยได้ทำการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดสำหรับการเชื่อมตัวยึดชุดสกรูจักรยานยนต์ (STAY R-L) ขึ้นใหม่ ซึ่งหลังจากการนำอุปกรณ์

ดังกล่าวมาใช้งาน พบว่าของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมีล็กลดลงจากร้อยละ 2.04 เหลือร้อยละ 0.34 หรือลดลงร้อยละ 1.70 โดยคิดเป็นการลดลงร้อยละ 83.33

ข้อเสนอแนะ

อุปกรณ์จับยึดที่ออกแบบและพัฒนาขึ้นใหม่มุ่งเน้นการลดของเสียประเภทแนวเชื่อมไม่ซีมีล็กซึ่งเป็นประเภทที่เกิดขึ้นมากที่สุดในกระบวนการเชื่อมตัวยึดชุดสปีดจักรยานยนต์ (STAY R-L) อย่างไรก็ตามพบว่าข้อเสียประเภทอื่น ๆ ยังคงมีอยู่ ซึ่งหากสามารถหาวิธีลดของเสียประเภทอื่น ๆ ได้ด้วย ก็จะเป็นประโยชน์กับบริษัทกรณีศึกษามากขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบขอบคุณบริษัทกรณีศึกษาที่ให้เข้าทำการศึกษาวิจัย ขอขอบคุณ คุณจตุรภัทร เพ็ชรยอด และ คุณเกริกชัย บุตรแสง นักศึกษาโครงการวิจัยที่ช่วยเก็บข้อมูล และดำเนินงานโครงการ

References

Amnaj Meesaeng. (2011). **Reduction of Waste in Rubber-tube Cutting Process for Engine Parts.** Industrial Engineering Network Conference in 2011. 20-21 October 2554. 151-157.

Kriangkrai Srilert, and Natha Kuptasthien. (2016). **Reducing Losses in Induction Heating Process, A Case Study: Company Model.** *Journal of Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi*, 14(2), 1-9.

Supphachai Nathaphan. (2008). **Quality Control** (1st Edition). Bangkok: SE-EDUCATION.

Thongchai Pangjundee, Chumpol Inmanee, Anchalee Thongbaisri, Kunakorn Thummawijit, and Chalita Ratsamee. (2012). **Waste Reduction in the Manufacture of Motorcycle Seat Locks.** *Journal of Industrial Technology: Suansunandha Rajabhat University*, 4(2), 73-82.

Wachira Methong. (2002). **Jig and Fixture Design** (12th Edition). Bangkok: Technology Promotion Association (Thailand-Japan).

Watcharin Sitticharoen. (2015). **The Design of Drill and Handle** (1st Edition). Bangkok: Odian Store Press.

Yongyooth Sermsuti-anuwat. (2013). **The Fundamental Tool-engineering Principles: The Design of Jig, Fixture and Gauge** (1st Edition). Nonthaburi: 21 Century Printing Works.

การผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวเพื่อสิ่งแวดล้อม ไกรพ เจริญโสภา¹, วัฒน พลอยศรี²

^{1,2} สาขาวิชาอุตสาหกรรมการพิมพ์ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ (1) เพื่อผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว (2) เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต และ (3) เพื่อทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพงานพิมพ์ของสารเคลือบ ทำการผสมสารเคลือบโดยใช้น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนผสม จากนั้นทำการทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบ ได้แก่ ความเหนียว ความหนืด การไหล และการกระจายตัว ของสารเคลือบเปรียบเทียบกับสารเคลือบเชิงพาณิชย์

ผลการวิจัยได้สูตรที่ใช้ในการผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว คือ ใช้น้ำมันมะพร้าว 50 % Phenolic resin 35 % และ solvent oil 15 % การทดสอบค่าความเหนียว (Tack) พบว่า มีค่าน้อยกว่าสารเคลือบเชิงพาณิชย์ และทำการทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว ว่าค่าความหนืด (Viscosity) การทดสอบค่าการไหล (Ink Flow) การทดสอบค่าการกระจายตัว (Ink Spread) ของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวพบว่ามีค่ามากกว่าสารเคลือบเชิงพาณิชย์

ผลการทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ฐานน้ำมันมะพร้าว บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 230 แกรม ค่าความเงาเฉลี่ย เท่ากับ 82.30 gloss unit (GU) คุณภาพงานพิมพ์สารเคลือบเชิงพาณิชย์ บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 230 แกรม ค่าความเงาเฉลี่ย เท่ากับ 97.20 gloss unit (GU) และผลการทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ฐานน้ำมันมะพร้าว บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 260 แกรม ค่าความเงาเฉลี่ย เท่ากับ 82.50 gloss unit (GU) คุณภาพงานพิมพ์สารเคลือบเชิงพาณิชย์ บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 260 แกรม ค่าความเงาเฉลี่ย เท่ากับ 97.60 gloss unit (GU)

ผลความพึงพอใจของสถานประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ด้านคุณภาพภายหลังพิมพ์ โดยรวมมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.48 และความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ความพึงพอใจด้านคุณภาพภายหลังพิมพ์ มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ที่ค่าเฉลี่ย 4.31

คำสำคัญ : การผลิตสารเคลือบ, สารเคลือบ, น้ำมันมะพร้าว

Production of Varnish with Coconut Oil-Based for Environment

Krairop Charoensopa¹, Wat Ploysr²

^{1,2} Lecturer of Department of Printing Industrial, Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This research aimed (1) to produce varnish, offset base oil, (2) to test the properties of the varnish, offset base oil, (3) to analyze the print quality of varnish, offset base. Coconut oil operations conducted three steps, which are (i) the manufacture and formulation of ink offset printing base oil, (ii) testing of inks, and (iii) quality prints from the ink off set base oil. The process of mixing varnish by using coconut oil was one of ingredients to produce varnish with Coconut Oil-Based which were the subject of testing issues such as tack, viscosity, ink flow and ink spread in order to compare with commercial offset printing inks.

The research results can be obtained with the appropriate formulation of using a coating containing coconut oil base solvent. For the production, the best blend was 50% coconut oil, 35% phenolic resin and 15% solvent oil. Tack values were found to be less than commercial coatings. And tested the properties of the coating with coconut oil base solvent. Viscosity, Ink Flow, Ink Spread of Coatings with Coconut Oil Base Solvents were found to be less than those of commercial coatings.

Coconut Oil Quality Test Results On 2-sided 230-page art paper, the average gloss is 82.30 gloss unit (GU). On 230-page art paper, the average gloss was 97.20 gloss unit (GU) and the print quality of coconut oil On 260 sheets of art paper, 260 grams of gloss is 82.50 gloss unit (GU). On 260-page art-card 260 gsm, the average gloss is 97.60 gloss unit (GU).

The satisfaction of operators in the use of coconut oil The overall quality of printed matter was 4.48. Satisfaction was at a high level. Consumers' satisfaction in using Coconut Oil Coating Agent Post-print quality satisfaction Overall, the mean was 4.31. Satisfaction was high.

Keywords : Production of Varnish, Varnish, Coconut Oil

บทนำ

ในกระบวนการพิมพ์ ประกอบไปด้วยขั้นตอนการพิมพ์ 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนก่อนพิมพ์ (Pre-press) ขั้นตอนการพิมพ์ (Press) และขั้นตอนหลังพิมพ์ (Post-press) โดยขั้นตอนนี้เป็นกระบวนการที่สามารถเพิ่มมูลค่าแก่สิ่งพิมพ์ได้ โดยมี การเคลือบผิว (Coating) เป็นหนึ่งในวิธีการหนึ่งซึ่งช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับสิ่งพิมพ์ได้ การเคลือบผิวมีหลายวิธี เช่น การเคลือบวาร์นิช วาร์นิชด้าน วาร์นิชแบบใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย (water based varnish) การเคลือบยูวี ยูวีด้าน การเคลือบพีวีซีเงา พีวีซีด้าน การเคลือบเงาเฉพาะจุด (Spot UV)

สารเคลือบ หรือเรียกว่า วาร์นิช มีส่วนผสมของเรซิน ตัวทำละลายและน้ำมัน มีหน้าที่สำคัญคือทำการห่อหุ้มสารให้สี ควบคุมการไหลของหมึกพิมพ์ และวาร์นิชบนสิ่งพิมพ์และทำการยึดติดผงสีให้อยู่บนวัสดุรองรับการพิมพ์ หลังจากพิมพ์แห้งตัวแล้ว

ปัญหาและอุปสรรคเกี่ยวกับสารเคลือบและวัสดุสิ้นเปลืองในการพิมพ์ สารเคลือบที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่นำเข้าวัตถุดิบอย่างเช่น เรซิน และน้ำมัน มาผสมกันในโรงงานภายในประเทศ บางส่วนนำเข้าที่ผสมสำเร็จแล้วนำมาบรรจุลงภาชนะขนาดต่าง ๆ บางส่วนนำเข้ามาบรรจุในภาชนะสำเร็จรูป (เกรียงไกร เขียรกุล และคณะ, 2552 : 511) ทำให้ต้องใช้ต้นทุนในการผลิตสูงและประกอบกับการที่น้ำมันมีราคาสูงขึ้นเรื่อย ๆ จึงมีผลต่อต้นทุนในการผลิตและนำเข้า จากค่าขนส่งและการนำเข้าน้ำมันมาจากต่างประเทศ ปัจจุบันมีการพัฒนาเทคโนโลยีด้านหมึกพิมพ์ โดยได้มีการประยุกต์ใช้วัสดุใหม่ ๆ เสมอ โดยเฉพาะน้ำมันวานิช (Varnish) (สุชปา เนตรประดิษฐ์, 2553 : 75) ดังนั้นการนำเอาน้ำมันมะพร้าวที่มีปลูกอยู่มากในจังหวัด

สมุทรสงครามจึงเป็นการลดการนำเข้าวัตถุดิบได้เช่นกัน

นอกจากนี้ที่ถูกปล่อยออกมาจากส่วนประกอบของสารเคลือบแบบเดิม มีอันตรายจากสาร VOCs เนื่องจากถ้ามีการปล่อยไอระเหยของสารเป็นจำนวนมาก ไอระเหยของสารก็จะมีผลกระทบต่อสุขภาพของประชาชนซึ่งจะส่งผลต่อระดับชั้นโอโซนของโลก ทำให้ความสามารถของชั้นโอโซนในการทำหน้าที่ป้องกันรังสี UV ที่ตกกระทบมาถึงโลกลดลงส่งผลให้เกิดภาวะโลกร้อน และหากสาร VOCs เข้าสู่ร่างกายจะทำให้ระบบภูมิคุ้มกันบกพร่อง ระบบประสาทถูกทำลาย เกิดอาการวิงเวียนศีรษะหน้ามืด แสบตา หายใจลำบาก และหากได้รับในปริมาณมากอาจทำให้หมดสติ แต่ถ้าสะสมในร่างกายเป็นเวลานานจะทำให้เยื่อหุ้มปอดถูกทำลายในที่สุด รวมถึงเสี่ยงต่อการเกิดโรคมะเร็งสมองชนิด Astrocytic (Jutarut_DPM, 2555)

การผลิตน้ำมันมะพร้าวในจังหวัดสมุทรสงคราม ถือว่าเป็นแหล่งที่มีการปลูกมะพร้าวผลที่มีจำนวนมาก และในแง่ภูมิของการใช้เป็นวัตถุดิบสำคัญในการผลิตน้ำมันไบโอดีเซล เพื่อทดแทนน้ำมันดีเซล (อ้างถึงในประภาพร ขัติสมบุรณ์, 2547) จึงเป็นแนวคิดในการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบในการผลิตสารเคลือบ

ได้มีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการผลิตหมึกพิมพ์สกรีนฐานน้ำจากธรรมชาติโดยใช้ไขมันเปนนสารให้สีและแป้งมันสำปะหลังเปนนสารยึดติด (วีระ โชติธรรมภรณ์, 2016.) และการวิเคราะห์หมึกพิมพ์ที่ได้จากน้ำมันมะพร้าว (Wat Ploysri, 2014.) แต่ยังไม่มีการทำสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว

จากที่มาของปัญหาและปัญหาดังกล่าวข้างต้นทำให้คณะผู้วิจัยเห็นความสำคัญของการใช้น้ำมันที่สกัดได้จากพืชมาแทนที่น้ำมันที่มี

อยู่ในสารเคลือบเดิมที่เป็นหมึกพิมพ์ฐานน้ำมันปิโตรเลียม เพื่อลดปัญหาสิ่งแวดล้อม โดยผู้วิจัยเลือกใช้ น้ำมันมะพร้าว ในการมาใช้เป็นองค์ประกอบของหมึกพิมพ์ออฟเซตเนื่องจากในพื้นที่จังหวัดสมุทรสงครามมีผลผลิตของมะพร้าวอยู่จำนวนมาก ทำให้ผู้วิจัยทำการทดลองมุ่งเน้นในการเพิ่มช่องทางการนำเอา น้ำมันมะพร้าวไปใช้ในอุตสาหกรรมการพิมพ์ จากนั้นนำสารเคลือบที่ผลิตสำเร็จไปทำการผลิตสิ่งพิมพ์เพื่อต่อยอดและขยายผลสู่เชิงพาณิชย์ จึงทำให้เกิดโครงการวิจัย เรื่อง การผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวเพื่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อผลิตสารเคลือบจากหมึกพิมพ์ฐานน้ำมันมะพร้าว
2. เพื่อหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิต
3. เพื่อทดสอบคุณสมบัติและคุณภาพงานพิมพ์ของสารเคลือบ

ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยครั้งนี้เป็นการผลิตสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวเพื่อสิ่งแวดล้อม โดยมีขอบเขตของการวิจัย ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1. สารเคลือบมีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว คือ สารเคลือบที่ใช้ น้ำมันมะพร้าวจากจังหวัดสมุทรสงครามเป็นตัวทำละลาย และใช้กับกระบวนการผลิตงานพิมพ์แบบออฟเซต
2. วิธีการทดสอบสมบัติของสารเคลือบ ได้แก่ ความหนืด (Viscosity) ความเหนียว (Tack) การกระจายตัว (Spread) การไหล (Flow) ความมันวาว (Gloss) บนกระดาษไม่เคลือบผิวด้าน 175 แกรม, กระดาษเคลือบผิวมัน 175 แกรม, กระดาษไม่เคลือบผิว 70 แกรม และกระดาษไม่เคลือบผิวสีเหลือง 75 แกรม
3. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาความพึงพอใจของผู้ประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐาน

น้ำมันมะพร้าว ใช้ผู้ประกอบการโรงพิมพ์ในเขตจังหวัดภาคกลางที่ตั้งอยู่ใกล้ในแต่ละวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ได้แก่ จังหวัด นครปฐม สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 10 แห่ง

4. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการหาความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ใช้ผู้บริโภคที่ใช้บริการสิ่งพิมพ์จากสถานประกอบการ ในเขตจังหวัดภาคกลางที่ตั้งอยู่ใกล้ในแต่ละวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ได้แก่ จังหวัด นครปฐม สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) จำนวน 200 คน

ตัวแปรที่ศึกษา

ตัวแปรต้น คือ สารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว
ตัวแปรตาม คือ

1. สมบัติของสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว
2. ความพึงพอใจของผู้ประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว
3. ความพึงพอใจของผู้บริโภคในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว

วิธีดำเนินการทดลอง

การดำเนินการทดลอง ได้ทำการผลิตและหาสูตรสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ซึ่งมีวิธีการผลิตคล้ายกับการผลิตหมึกพิมพ์ มีขั้นตอน ดังนี้

1. การผลิตและหาสูตรสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว การดำเนินการทดลอง ได้ทำการผลิตและหาสูตรสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว (น้ำมันวานิช) ซึ่งมีวิธีการผลิตตามขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1.1 ทำการผลิตน้ำมันวาร์นิชจากน้ำมันมะพร้าว โดยสูตรการผลิตได้จากผู้เชี่ยวชาญด้านหมึกพิมพ์ออฟเซตของบริษัท เกลิมชัยชาญ จำกัด

1.2 ขั้นตอนการตมน้ำมันวาร์นิช

1.2.1 ตมน้ำมันมะพร้าวตวงปริมาณตามเปอร์เซ็นต์ของสูตรหมึก ให้ได้อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียส

1.2.2 เมื่อน้ำมันได้อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียสแล้ว ให้เติม Phenolic resin ลงไปในน้ำมันโดยตวงปริมาณตามเปอร์เซ็นต์ของสูตรหมึก เมื่อเติมลงไปแล้วต้องคอยตรวจจนกว่า Phenolic resin จะละลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมัน

1.2.3 เมื่อ Phenolic resin ละลายกลายเป็นเนื้อเดียวกับน้ำมันแล้ว ให้นำไปพักให้อุณหภูมิลดลง ให้ได้อุณหภูมิลดลงเหลือประมาณ 50-60 องศาเซลเซียส แล้วจึงเติม Solvent oil ลงไป

1.2.4 เมื่อเติม Solvent oil ลงไปแล้ว ก็คนให้เข้ากันแล้วปล่อยให้เย็นตัวลงเท่ากับอุณหภูมิห้องแล้วจึงนำน้ำมันวาร์นิชไปทดสอบสมบัติต่างๆ

2. การทดสอบสมบัติต่าง ๆ ของน้ำมันวาร์นิช เมื่อได้สารฐานน้ำมันมะพร้าว (วาร์นิช) ที่จากขั้นตอนการผลิต ผู้วิจัยทำการทดสอบดังต่อไปนี้

2.1 ทดสอบค่าความเหนียว (Tack) โดยใช้เครื่อง Ink-o-meter ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้ความเร็ว 400 รอบต่อนาที ด้วยเวลา 30 และ 60 วินาที

2.2 ทดสอบค่าความหนืด (Viscosity) โดยใช้เครื่อง Laray Viscometer น้ำหนักที่ทดสอบ 50,100,150,200 และ 250 กรัม ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.3 ทดสอบค่าการไหล (Flow Plate) ที่ความเอียง 60 องศา โดยแบ่งเวลาในการวัดเป็น

3 ช่วง คือ 5, 10 และ 15 นาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.4 ทดสอบค่าการกระจายตัว (Spread Flow) โดยใช้เครื่อง Spread-o-meter ด้วยเวลา 15 และ 60 วินาที ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส

2.5 ทดสอบค่าความมันวาว (Gloss) โดยใช้เครื่อง Gloss meter

3. คุณภาพงานพิมพ์

นำสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าวไปทำการพิมพ์ลงบนกระดาษพิมพ์ 2 ชนิด แล้วจึงนำมาทดสอบสมบัติ ดังนี้

3.1 ทำการพิมพ์ทดสอบ

3.1.1 การเตรียมวัสดุทางการพิมพ์

3.1.1.1 กระดาษพิมพ์ ในการทดสอบใช้กระดาษ 2 ชนิด คือ กระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 230 แกรม กระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 260 แกรม

3.1.1.2 ฝ้ายาง ที่ใช้เป็นฝ้ายางสำหรับเครื่องพิมพ์ออฟเซตป้อนแผ่น มีความหนา 1.95 มิลลิเมตร

3.1.1.3 แม่พิมพ์ เป็นแม่พิมพ์ ขนาดตัด 4 มีความหนาประมาณ 0.3 มิลลิเมตร

3.1.1.4 หมึกพิมพ์ เป็นหมึกพิมพ์ ฐานน้ำมันมะพร้าวที่ใช้ในการทดสอบ

3.2 ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ โดยทำการวัดค่าความเงา (Gloss) โดยใช้เครื่อง Gloss meter

ผลการวิจัย

1. ผลการใช้ น้ำมันมะพร้าวเป็นส่วนผสมในการเตรียมวานิชสามารถสรุปผลได้ดังนี้

ตารางที่ 1 สูตรส่วนผสมวานิชจากน้ำมันมะพร้าว

ลำดับ	ส่วนผสม	ร้อยละ
1	Coconut oil	50.00
2	Phenolic resin	35.00
3	Solvent oil	16.00
	Total	100.00

ผลการทดลองการผสมวานิชพบว่าสูตรผสมที่ดีที่สุดคือใช้น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 50 Phenolic resin ร้อยละ 35 และ solvent oil ร้อยละ 16 จากนั้นนำวานิชที่ได้ไปเป็นส่วนผสมในการผลิตสารเคลือบ โดยทำการชั่งส่วนผสมและสารเคมีต่างๆตามสูตรการผลิตด้วยเครื่องชั่งจากนั้นนำส่วนผสมต่าง ๆ ใส่ลงในเครื่องบดหมึก และบดจนกว่าจะได้ความเหนียวที่ต้องการ

2. การทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบก่อนพิมพ์

ตารางที่ 2 ตารางแสดงสมบัติของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว ในแต่ละสูตร

สมบัติของสารเคลือบ	สูตร A	สูตร B	สูตร C
1. ค่าความเหนียว	6.79	5.20	12.3
2. ค่าการไหล 5 นาที	17.0 cm	16.3 cm	6.4 cm
10 นาที	22.8 cm	23 cm	8.5 cm
15 นาที	27.6 cm	26.2 cm	9.7 cm
3. ค่าการกระจายตัว 15 วินาที	4.3 cm	3.7 cm	2.9 cm
60 วินาที	5.0 cm	4.2 cm	3.4 cm
4. ค่าความหนืด	33.90 Pa.s	20.22 Pa.s	68.23 Pa.s

จากการทดสอบสมบัติต่างแล้วได้ทำการเลือกสารเคลือบขึ้นมา 3 สูตร คือสูตร A สูตร B และสูตร C เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับสารเคลือบที่ใช้เชิงพาณิชย์ จะใช้สารเคลือบ 3 สูตรที่ให้สมบัติต่างกัน ในการวิจัยนี้จึงเลือกสารเคลือบสูตร A

เพื่อปรับความเหนียวของหมึกพิมพ์ให้ได้ค่าตามที่ต้องการ

ตารางที่ 3 ตารางแสดงสมบัติของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว เปรียบเทียบกับสารเคลือบที่ใช้เชิงพาณิชย์

สมบัติของสารเคลือบ	สารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว สูตร A	สารเคลือบเชิงพาณิชย์
1. ค่าความเหนียว	6.79	8.00
2. ค่าการไหล 5 นาที	17.0 cm	12.3 cm
10 นาที	22.8 cm	17.1 cm
15 นาที	27.6 cm	22.4 cm
3. ค่าการกระจายตัว 15 วินาที	4.3 cm	3.4 cm
60 วินาที	5.0 cm	4.1 cm
4.ค่าความหนืด	33.90 Pa.s	29.00 Pa.s

จากตารางแสดงสมบัติของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว เปรียบเทียบกับสารเคลือบที่ใช้เชิงพาณิชย์ พบว่า ค่าความเหนียวสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว มีค่าเท่ากับ 6.79 สารเคลือบเชิงพาณิชย์มีค่าเท่ากับ 8.00 การทดสอบค่าการกระจายตัวของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว มีค่าการกระจายตัวที่ 15 วินาทีเท่ากับ 4.3 เซนติเมตรที่ 60 วินาทีเท่ากับ 5.0 เซนติเมตร การทดสอบค่าการกระจายตัวของสารเคลือบเชิงพาณิชย์ มีค่าการกระจายตัวที่ 15 วินาทีเท่ากับ 3.4 เซนติเมตรที่ 60 วินาทีเท่ากับ 4.1 เซนติเมตร การทดสอบค่าไหลของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว มีค่าการไหลที่ 15 วินาทีเท่ากับ 4.3 เซนติเมตรที่ 60 วินาทีเท่ากับ 5.0 เซนติเมตร และการทดสอบค่าไหลของสารเคลือบเชิงพาณิชย์ มีค่าการไหลที่ 15 วินาทีเท่ากับ 4.3 เซนติเมตรที่ 60 วินาทีเท่ากับ 5.0 เซนติเมตร

3. ผลการทดสอบคุณภาพงานพิมพ์

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ฐานน้ำมันมะพร้าว เคลือบเชิงพาณิชย์ บนกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 230 แกรม และ 260 แกรม

ชนิดของกระดาษ	ประเภทสารเคลือบ	ค่าความเงาเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
กระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 230 แกรม	สารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว	82.30	0.55
	สารเคลือบเชิงพาณิชย์	97.2	0.66
กระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 260 แกรม	สารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว	82.50	1.48
	สารเคลือบเชิงพาณิชย์	97.6	0.63

4. ผลการหาความพึงพอใจของสถานประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว

การหาความพึงพอใจของสถานประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ใช้ผู้ประกอบการโรงพิมพ์ในเขตจังหวัดภาคกลางที่ตั้งอยู่ใกล้ในแต่ละวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ได้แก่ จังหวัด นครปฐม สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวน 10 แห่ง ได้ผลดังต่อไปนี้

ตารางที่ 5 ความพึงพอใจของสถานประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว

ด้านการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลค่า
คุณภาพภายหลังพิมพ์			
1. สีเส้นของหมึกพิมพ์ที่ปรากฏบนแผ่นพิมพ์	4.30	0.48	พึงพอใจมาก
2. สีตรงตามต้นฉบับหรือปรู๊ฟ (สีไม่เพี้ยน)	4.70	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
3. สีของรูปภาพที่พิมพ์มีคมชัดและเหมือนจริง	3.80	0.42	พึงพอใจมาก
4. พิมพ์ภาพขาวดำ ไม่ซีดและดำเกินไป	4.40	0.69	พึงพอใจมาก
5. ตัวอักษรมีความชัดเจน	4.50	0.52	พึงพอใจมาก
6. ไม่มีคราบหรือรอยเปื้อนที่เกิดจากการสกัมและขับหลัง	5.00	0.00	พึงพอใจมากที่สุด
7. ระยะเวลาการของหมึกแห้ง ไม่ทำให้แผ่นพิมพ์ติดกันหรือเสียหายได้ (กรณีงานด่วน)	4.40	0.51	พึงพอใจมาก
8. ความมันวาวของสารเคลือบ	4.60	0.84	พึงพอใจมากที่สุด
9. ความทนทานต่อการขีดถู	4.40	0.69	พึงพอใจมาก
10. ความสม่ำเสมอของสีที่ปรากฏบนแผ่นพิมพ์	4.70	0.48	พึงพอใจมากที่สุด
รวม	4.48	0.16	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 5 ความพึงพอใจของสถานประกอบการในการใช้งานสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ความพึงพอใจด้านคุณภาพภายหลังพิมพ์เรื่องไม่มีคราบหรือรอยเปื้อนที่เกิดจากการสกิมและซับหลัง มีความพึงพอใจมากที่สุด เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 5.00 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.00 และมีความพึงพอใจเรื่องสีของรูปภาพที่พิมพ์มีคมชัดและเหมือนจริง มีความพึงพอใจน้อยที่สุด เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.80 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.42 เมื่อรวมทุกด้านมีค่าเฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.48 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.16

5. ผลการหาความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว

การหาความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ใช้ผู้บริโภคที่ใช้บริการสิ่งพิมพ์จากสถานประกอบการ ในเขตจังหวัดภาคกลางที่ตั้งอยู่ใกล้ในแต่ละวิทยาเขตของมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ได้แก่ จังหวัด นครปฐม สมุทรสงคราม สมุทรสาคร กรุงเทพมหานคร สมุทรปราการ โดยผู้วิจัยเลือกกลุ่มตัวอย่างการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบบังเอิญ (Accidental sampling) จำนวน 200 คน ได้ผลดังต่อไปนี้ ข้อมูลทั่วไปของผู้บริโภคได้ผลตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 จำนวนผู้ตอบแบบสอบถามจำแนกตาม เพศ อายุ และอาชีพ

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	144	72
หญิง	56	28
อายุ		
16-30 ปี	40	20
31-45 ปี	61	30.5

ข้อมูล	จำนวน	ร้อยละ
45-60 ปี	78	39
60 ปีขึ้นไป	21	10.5
อาชีพ		
ข้าราชการ/พนักงานของ	21	10.5
รัฐ	152	76
พนักงานเอกชน	13	6.5
นักเรียน/นักศึกษา	14	7
อื่น ๆ		

ความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ได้ผลตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว

ด้านการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลค่า
1. สีสีนที่ปรากฏบนแผ่นพิมพ์	4.19	0.76	พึงพอใจมาก
2. สีตรงตามต้นฉบับหรือปรูฟ (สีไม่เพี้ยน)	4.53	0.53	พึงพอใจมากที่สุด
3. สีของรูปภาพที่พิมพ์มีคมชัดและเหมือนจริง	3.99	0.79	พึงพอใจมาก
4. พิมพ์ภาพขาวดำไม่ขีดและดำเกินไป	4.31	0.67	พึงพอใจมาก
5. ตัวอักษรมีความชัดเจน	4.51	0.54	พึงพอใจมากที่สุด
6. คราบหรือรอยเปื้อน	4.19	0.60	พึงพอใจมาก
7. ระยะเวลาการของหมึกแห้ง ไม่ทำให้แผ่นพิมพ์ติดกันหรือเสียหายได้ (กรณีงานด่วน)	4.43	0.69	พึงพอใจมาก
8. ความมั่นใจของสารเคลือบ	4.33	0.69	พึงพอใจมาก
9. ความทนทานต่อการขีดถู	4.40	0.56	พึงพอใจมาก

ด้านการประเมิน	ค่าเฉลี่ย	ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	แปลค่า
10. ความสม่ำเสมอของสีที่ปรากฏบนแผ่นพิมพ์	4.24	0.62	พึงพอใจมาก
รวม	4.31	0.30	พึงพอใจมาก

จากตารางที่ 7 ความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ความพึงพอใจด้านคุณภาพงานพิมพ์ มีความพึงพอใจเรื่องสีตรงตามต้นฉบับหรือรูป (สีไม่เพี้ยน) มากที่สุด เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.53 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.53 อยู่ในระดับความพึงพอใจมากที่สุด และเรื่องสีของรูปภาพที่พิมพ์มีคมชัดและเหมือนจริงมีความพึงพอใจน้อยที่สุด เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 3.99 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.79 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก และเฉลี่ยความพึงพอใจรวมของผู้บริโภค อยู่ที่เฉลี่ยรวมอยู่ที่ 4.31 มีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานอยู่ที่ 0.30 มีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก ผลการเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ได้ผลตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว จำแนกตาม เพศ อายุ และอาชีพ

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค	ss	df	Ms	F	p
เพศ					
ระหว่างกลุ่ม	2.054	12	.171	.837	.613
ภายในกลุ่ม	38.266	187	.205		
รวม	40.320	199			

ปัจจัยที่ส่งผลต่อความพึงพอใจของผู้บริโภค	ss	df	Ms	F	p
อายุ					
ระหว่างกลุ่ม	7.237	12	.603	.693	.757
ภายในกลุ่ม	162.763	187	.870		
รวม	170.000	199			
อาชีพ					
ระหว่างกลุ่ม	5.690	12	.474	1.077	.382
ภายในกลุ่ม	82.310	187	.440		
รวม	88.000	199			

$P < .05$

จากตารางที่ 8 แสดงว่าปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว พบว่าเพศ อายุ และอาชีพมีปัจจัยที่มีผลต่อความพึงพอใจของผู้ใช้สิ่งพิมพ์ผู้ใช้สิ่งพิมพ์ที่เคลือบด้วยสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว ทุกด้านมีความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญ โดยมีค่า p มากกว่า .05

สรุปผล

1. สารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว สูตรผสมที่ดีที่สุดคือใช้น้ำมันมะพร้าวร้อยละ 50 Phenolic resin ร้อยละ 35 และ solvent oil ร้อยละ 16 ซึ่งเป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมในการทำสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว

2. การทดสอบคุณภาพก่อนพิมพ์ของสารเคลือบฐานน้ำมันมะพร้าว สามารถสรุปได้ดังนี้ การทดสอบค่าความเหนียว (Tack) พบว่า มีค่าน้อยกว่าสารเคลือบเชิงพาณิชย์ และทำการทดสอบคุณสมบัติของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว ว่าค่าความหนืด (Viscosity) การทดสอบค่าการไหล (Ink Flow) การทดสอบค่าการกระจายตัว (Ink Spread) ของสารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าว พบว่า มีค่าน้อยกว่าสารเคลือบเชิงพาณิชย์

3. สรุปผลการทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ฐานน้ำมันมะพร้าว บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 230 แกรม ค่าความเงาเฉลี่ย น้อยกว่าคุณภาพงานพิมพ์สารเคลือบเชิงพาณิชย์ และผลการทดสอบคุณภาพงานพิมพ์ฐานน้ำมันมะพร้าว บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 260 แกรม ค่าความเงาเฉลี่ย น้อยกว่าคุณภาพงานพิมพ์สารเคลือบเชิงพาณิชย์ บนกระดาษกระดาษอาร์ตการ์ด 2 หน้า 260 แกรม เช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. สามารถใช้น้ำมันมะพร้าวในการผลิตหมึกพิมพ์ระบบอื่นเพื่อเป็นทางเลือกแก่อุตสาหกรรมการพิมพ์
2. สารเคลือบที่มีตัวทำละลายฐานน้ำมันมะพร้าวมีการหมักแห้งตัวช้าจึงควรปรับปรุงก่อนนำมาทำการผลิตหมึกพิมพ์เพื่อให้การแห้งตัวดีขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา สำหรับทุนอุดหนุนงานวิจัย และสูตรการผลิตหมึกพิมพ์ออฟเซตของบริษัท เฉลิมชัยชาญ จำกัด

References

Jutarut_DPM. 2012. What is Volatile Organic Compounds? (Online). Available URL: <http://dpm.nida.ac.th/main/index.php/articles/chemical-hazards/item/92> Volatile Organic Compounds-volatile-organic-compounds-is-?. (2014, June 24).

Kiangkrai Tiannukul and others. 2009. **Thai Printing Industry, Handbook: General Knowledge of Printing Unit 8–15.** Nonthaburi: Sukhothai Thammathirat Open University.

Prapaporn Kantisomboon. 2004. **Coconut oil business operation in Samut Songkhram province.** Master of Business Administration, Chiang Mai University.

Suchapa Netpradit. 2010. Clean Technology for the Printing and Packaging Industry, **The Thai Printing Association Journal,** 75.

Wat Ploysri. (2014). **The Analysis of Printing Quality of Offset - Printing Ink with Coconut Oil Base.** International Scholarly and Scientific Research & Innovation 8(9), 906-909.

Weera Chotithammapom. 2016. Production of Screen Printing Ink from Natural Base Using Turmeric as a Colorant and Tapioca Starch as Adhesive. **The Journal of Industrial Technology : Suan Sunandha Rajabhat University,** 4(1): 26.

การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวกรณีศึกษากระบวนการทดสอบ

ความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ)

วรพนธ์ ชีววรรณตรี¹, ปิยะ รัตตะอง², ณัฐพล บุญรักษ์³

^{1,2,3}สาขาวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการประยุกต์ใช้เทคนิคการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวโดยมีจุดประสงค์เพื่อหาเวลามาตรฐานของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ซึ่งเป็นส่วนงานที่เป็นคอขวดในกระบวนการผลิต และอาศัยหลักการปรับปรุง ECRS เพื่อเสนอแนวทางการทำงานใหม่ที่สามารถลดระยะเวลาการทำงานของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ของโรงงานกรณีศึกษา จากการศึกษาพบว่า กระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) มีขั้นตอนกระบวนการทดสอบย่อย 20 ขั้นตอน และจากการหาเวลามาตรฐานโดยใช้วิธีการจับเวลางานย่อยละ 10 วิถุจักรเพื่อใช้คำนวณหาจำนวนวิถุจักรที่เหมาะสมโดยใช้ตาราง Maytag ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และความละเอียดแม่นยำ $\pm 5\%$ ผลที่ได้พบว่า มีจำนวนวิถุจักรที่เหมาะสมในการจับเวลาทั้ง 20 งานย่อย ไม่เกิน 10 วิถุจักร จากนั้นนำเวลาเฉลี่ยเป็นเวลาตัวแทนที่ได้มาคำนวณหาเวลาเมื่อที่จำเป็นเพื่อกำหนดเวลามาตรฐาน ผลลัพธ์จากการนำหลักการเพิ่มผลผลิต ECRS มาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในงานย่อยพบว่า สามารถลดจำนวนงานย่อยก่อนการปรับปรุงจากเดิม 20 งาน เหลือจำนวนงานย่อยหลังการปรับปรุง 16 งาน และสามารถลดเวลามาตรฐานจากเดิม (ก่อนการปรับปรุง) 978.16 วินาที/ชิ้น (ไม่รวมเวลาที่ใช้ทดสอบความดันด้วยเครื่องอัดแรงดันน้ำ) ลงเหลือ 687.25 วินาที/ชิ้น หรือลดลง 290.90 วินาที/ชิ้น คิดเป็นร้อยละ 30 ของเวลามาตรฐานเดิม

คำสำคัญ : ท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ), การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว, เวลามาตรฐานการทดสอบความดันระยะสั้น, การปรับปรุงกระบวนการ ECRS, ตาราง Maytag, เวลาเมื่อ

Motion and Time Study: A Case Study on A Short-Time Hydrostatic Failure Pressure Testing Process of Rigid PVC Plain-End Pipes

Woraphon Cheewaworanontree¹, Piya Rontlaong², Nattapon Boonrak³

^{1,2,3}Department of Industrial Technology, Faculty of Science and Technology
Bansomdejchaopraya Rajabhat University

ABSTRACT

This research work is relevant to the application of motion and time study techniques with two key objectives of the study. The first is to determine standard time of the short-time hydrostatic failure pressure testing process of rigid PVC plain-end pipes which is a bottleneck on the production line in a case study factory. The second is to introduce a practical guideline for a new approach to working that are capable to shorten the cycle time of the testing process on the basis of ECRS four principles. The result of preliminary survey on the hydrostatic failure pressure testing process of the rigid PVC plain-end pipes indicated that operations of the testing process can be divided into 20 sub-tasks. To determine the standard time of the process, counting the timing of sub-tasks was carried out with 10 cycles each in order to use for calculating the optimal number of cycles by using the Maytag table at a 95% confidence level and accuracy of $\pm 5\%$. The result showed that the optimal number of timing cycles for all of 20 sub-tasks are not greater than 10, thus, the number of timing cycle of all elements were sufficient to satisfy the confidence and accuracy level. The average selected time and time allowances for each sub-tasks were then calculated and adjusted to obtain the individual standard times. The results from using ECRS principle for rendering process improvement have proved very effective in the new work method that not only could reduce the number of sub-tasks from 20 before the improvement to 16 after the improvement done, but also shortens the standard time from 978.16 seconds/piece (excluding the time required for failure pressure test with the hydrostatic pressure machine) down to 687.25 seconds/piece or cut down 290.90 seconds/piece which is 30% of the previous standard time.

Keywords: Rigid PVC Plain-End Pipe; Motion and Time Study, Standard Time; Short-Time Hydrostatic Failure Pressure Test, Process Improvement, ECRS, Maytag Table, Time Allowances

บทนำ

สภาพการแข่งขันทางธุรกิจและอุตสาหกรรมที่สูงขึ้น รวมทั้งการขยายตัวของภาคอุตสาหกรรมในช่วงหลายปีที่ผ่านมาส่งผลให้ผู้ประกอบการต้องเพิ่มความใส่ใจในเรื่องการปรับปรุงผลิภาพการผลิตและคุณภาพ (productivity and quality) มากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะการมองภาพของกระบวนการจัดการงานอย่างเป็นระบบ (systematic approach) ซึ่งได้กลายเป็นปัจจัยสำคัญต่อความสำเร็จของการปรับปรุงการทำงาน กระบวนการจัดการงานอย่างเป็นระบบไม่เพียงแต่จะช่วยพัฒนาให้ขั้นตอนการปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพมากขึ้นเท่านั้น แต่ยังทำให้ระยะเวลาที่ใช้ในการผลิต (production cycle time) สั้นลงอีกด้วย

การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว (time and motion study) เป็นหนึ่งในเทคนิคเชิงระบบซึ่งเป็นที่ยอมรับในอุตสาหกรรมภาคการผลิตและบริการซึ่งปัจจุบันได้กลายเป็นที่นิยมใช้เป็นเครื่องมือในการปรับปรุงและ/หรือออกแบบวิธีการทำงานที่ดีซึ่งสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของการผลิตได้ (Hendrich และคณะ, 2008) วัตถุประสงค์ของการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว คือ การระบุหาเนื้องานที่ไม่จำเป็น (unnecessary work contents) เพื่อกำจัดเนื้องานที่ไม่จำเป็นเหล่านี้ออก

Barnes (1980) ได้นิยามความหมายของการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวไว้ว่า การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวเป็นเทคนิคการศึกษาวิธีการทำงานอย่างเป็นระบบภายใต้เงื่อนไขที่กำหนด โดยมีเป้าหมายในการพัฒนาให้ได้ระบบการทำงานที่พึงประสงค์ด้วยต้นทุนการทำงานที่น้อยที่สุด เพื่อสร้างมาตรฐานระบบและวิธีการทำงาน และสามารถกำหนดเวลามาตรฐานที่ผู้ปฏิบัติงานต้องใช้ในการทำงานที่กำลังศึกษาด้วยอัตราการทำงานปกติ และเพื่อใช้ฝึกอบรม

ผู้ปฏิบัติงานให้สามารถทำงานด้วยวิธีการทำงานที่พัฒนาขึ้น

บริษัทตัวอย่าง ที่ใช้เป็นกรณีศึกษาในงานวิจัยนี้เป็นโรงงานผลิตท่อพีวีซีและผลิตภัณฑ์พีวีซีเพื่อจัดส่งจำหน่ายทั้งภายในประเทศและภายนอกประเทศ ผลิตภัณฑ์ที่โรงงานแห่งนี้ผลิตประกอบด้วยท่อพีวีซีและอุปกรณ์ข้อต่อท่อพีวีซีที่แบ่งแยกสีตามการใช้งานซึ่งกำหนดขึ้นเป็นมาตรฐานโดยสำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก.) เช่น ท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อร้อยสายไฟฟ้าสายโทรศัพท์กำหนดเป็นท่อสีเหลืองอ่อน (มอก.216-2520) ท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้เป็นท่อน้ำดื่มกำหนดเป็นท่อน้ำเงิน (มอก.17-2523) ท่อพีวีซีแข็งสำหรับใช้ในงานอุตสาหกรรมและชลประทานกำหนดเป็นท่อน้ำเทา (มอก.999-2533) เป็นต้น ลักษณะผลิตภัณฑ์ท่อน้ำพีวีซี (ท่อปลายเรียบ) ที่ผลิตโดยโรงงานกรณีศึกษาแสดงไว้ในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ลักษณะท่อน้ำพีวีซี (ท่อปลายเรียบ)

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสำรวจปัญหาในระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ส่วนงานที่เป็นคอขวด (bottleneck) ในกระบวนการผลิตคือ กระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดันท่อน้ำพีวีซี (ท่อปลายเรียบ) ซึ่งมักประสบปัญหาเกี่ยวกับระยะเวลาที่ต้องใช้ในการทำงานนานและไม่มีความสม่ำเสมอ กล่าวคือ กระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดัน

ท่อมักกระบวนการทำงานตรวจสอบล่าช้าและไม่มีเวลามาตรฐานในกระบวนการทำงาน จึงทำให้กระบวนการผลิตไม่ได้เป็นไปตามเวลาหรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามแผนการผลิต อีกทั้งยังมีบางขั้นตอนในกระบวนการทำงานเกิดความสูญเสียเปล่าในการผลิตท่อพีวีซี

จากปัญหาสำคัญข้างต้น หากสามารถแก้ไข ปัญหา และ ปรับปรุง ประสิทธิภาพ ของ กระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) และศึกษาหาเวลามาตรฐานการทำงานนี้ได้ ก็จะได้ผลลัพธ์ที่คาดหวังจากการศึกษา คือ การกำหนดมาตรฐานการปฏิบัติงานที่สามารถลดเวลาการทำงานในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดันท่อน้ำพีวีซีแบบปลายเรียบ ซึ่งสามารถใช้ประโยชน์ในการวางแผนควบคุมการตรวจสอบคุณภาพ การวางแผนกำลังคนให้เหมาะสมกับสายงานมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษากระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดันท่อน้ำพีวีซี (ท่อปลายเรียบ) ด้วยการใช้เทคนิคการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว โดยมีวัตถุประสงค์ของงานวิจัย เพื่อหาเวลามาตรฐานกระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดันท่อน้ำพีวีซี (ท่อปลายเรียบ) พร้อมทั้งเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพท่อน้ำพีวีซีแข็งเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการทำงาน

ระเบียบวิธีวิจัย

การศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหวเพื่อหาเวลามาตรฐานในกระบวนการตรวจสอบคุณภาพ

ท่อพีวีซีแข็งแบบท่อปลายเรียบสามารถสรุปเป็นแผนผังแสดงขั้นตอนได้ดังภาพที่ 2 โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนการศึกษาดังนี้

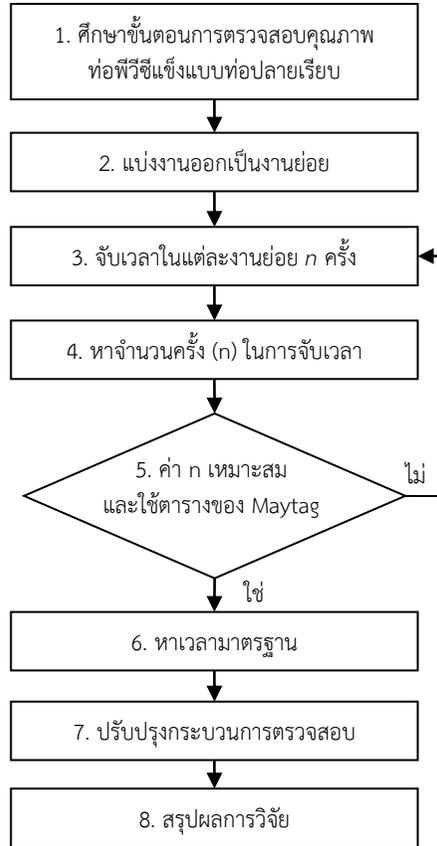
2.1 ศึกษาขั้นตอนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ซึ่งมีขั้นตอนการปฏิบัติงานหลัก 6 ขั้นตอน แสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ)

ลำดับ	ขั้นตอนการปฏิบัติงาน
1	เตรียมขึ้นทดสอบ
2	ประกอบขึ้นทดสอบเข้ากับหัวทดสอบ
3	นำขึ้นทดสอบใส่อ่างทดสอบ
4	ควบคุมแรงดัน
5	นำขึ้นทดสอบออกจากอ่างทดสอบ
6	ถอดหัวทดสอบ

2.2 แบ่งงานหลักออกเป็นงานย่อยของขั้นตอนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) จะได้ 20 งานย่อย

2.3 ทำการจับเวลาในแต่ละงานย่อยโดยใช้หลักการจับเวลาโดยตรงแบบวิธีการจับซ้ำ (Repetitive Timing) ถ้าวัฏจักรงานสั้นกว่า 2 นาที ให้จับเวลามา 10 ค่าและถ้าวัฏจักรงานยาวกว่า 2 นาที ให้จับเวลามา 5 ค่า (รัชต์วรรณ, 2552) ในการจับเวลาของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ในแต่ละงานย่อยมีเวลาไม่เกิน 2 นาที จึงต้องจับเวลาจำนวน 10 วัฏจักร (ซึ่งหน่วยที่จับเป็นวินาที) แสดงดังตารางที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนการวิจัย

2.4 คำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม (n) แล้วเปิดตาราง Maytag เพื่อหาระดับความเชื่อมั่นของข้อมูล 95% และความผิดพลาดไม่เกิน + 5% ดังแสดงในภาพที่ 3

2.5 หาเวลามาตรฐานในการทำงาน หลังจากได้ข้อมูลจากการคำนวณเวลามาตรฐานที่

เหมาะสมแล้ว จึงนำข้อมูลการจับเวลามาทำการหาค่าเวลาตัวแทน (Selected Time: ST) ดังสมการที่ (1)

$$\text{Selected Time (ST)} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1)$$

ตารางที่ 2 การจับเวลางานย่อยของขั้นตอนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ)

ขั้นตอนการทดสอบ	งานย่อย	ครั้งที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย (วินาที)										n
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1.เตรียมชิ้นทดสอบ	1.หีบข้อ		10	10	11	10	12	10	11	11	11	12	7
	2.ตัดท่อ		40	38	45	47	42	38	45	39	40	45	8
	3.ลบมุมปลายท่อทั้งสองด้าน		35	42	40	38	36	39	38	40	42	40	6
	4.เป่าลมทำความสะอาดท่อ		15	14	16	15	17	17	16	14	15	17	7
	5.นำเศษท่อที่เหลือจากการตัดไปเก็บ		28	30	33	29	27	29	30	32	28	32	7
	6.นำท่อไปยังจุดประกอบหัวทดสอบ		71	70	60	60	70	60	60	72	70	72	6
2.ประกอบชิ้นทดสอบเข้ากับหัวทดสอบ	7.ทาน้ำยาหล่อลื่น		5	6	6	6	5	6	6	5	5	6	6
	8.ประกอบหัวทดสอบ		11	98	11	11	11	10	10	11	10	11	7
	9.เคาะหัวทดสอบให้แน่น		50	58	56	56	55	58	52	59	55	56	4
	10.ขันนอต		72	60	60	60	75	60	70	60	60	70	10
3.นำชิ้นทดสอบใส่อ่างทดสอบ	11.เติมน้ำให้เต็มชิ้นทดสอบ		33	32	34	35	32	32	35	30	29	35	6
	12.ประกอบสายทดสอบแรงดันกับชิ้นงานทดสอบ		14	15	15	15	16	17	15	14	17	15	7
4.ควบคุมแรงดัน	13.อัดน้ำใส่ชิ้นงานทดสอบ		25	32	30	30	29	25	29	30	31	30	10
	14.ทดสอบแรงดันน้ำ		3,600 วินาที (เวลาคงที่ของเครื่องจักร)										-
5.นำชิ้นทดสอบออกจากอ่างทดสอบ	15. ถอดสายทดสอบแรงดัน		12	12	14	14	13	14	13	15	15	15	8
	16. เทน้ำออก		22	25	26	24	26	26	25	24	24	26	4
	17. ไปที่จุดประกอบหัวทดสอบ		20	25	20	20	25	25	22	22	24	20	8
6.ถอดหัวทดสอบ	18. ขันนอต		45	42	40	42	44	42	45	40	40	43	2
	19. ถอดหัวทดสอบ		60	60	60	60	73	60	60	70	72	60	7
	20. นำท่อที่ผ่านการทดสอบไปเก็บใส่รถ		5	5	6	5	6	5	5	5	6	5	7

หลังจากนั้นจึงทำการประเมินอัตราเร็วในการทำงาน (Rating Factor: RF) ด้วยการใช้วิธีประเมินการทำงานของ Westinghouse System of

Rating โดยอาศัยองค์ประกอบ 4 องค์ประกอบในการพิจารณา ได้แก่ 1) ความชำนาญ (Skill) 2) ความพยายาม (Effort) 3) สภาพการทำงาน

(Condition) และ 4) ความสม่ำเสมอในการทำงาน (Consistency) โดยสาเหตุที่ใช้วิธีดังกล่าวมาประเมินการทำงานเนื่องจาก องค์ประกอบทั้ง 4 ที่ใช้ประเมิน สามารถสังเกตได้ชัดเจนเมื่อทำการจับเวลา (วัชรินทร์, 2547) จากนั้นทำการเปรียบเทียบอัตราเร็วในการทำงานเทียบกับอัตราเร็วปกติ (100%) ถ้าอัตราความเร็ว (RF) ในการทำงานมีอัตราเร็วกว่าปกติค่า RF จะมีค่าเป็น + (>100%) แต่ถ้าอัตราเร็วในการทำงานช้ากว่าปกติค่า RF จะมีค่าเป็น - (<100%) จากนั้นจึงปรับความเร็วในการทำงาน โดยนำค่า RF คูณเข้าไปกับเวลาตัวแทน (ST) เพื่อปรับเป็นเวลาปกติ (Normal Time: NT) ดังสมการที่ (2)

$$Normal\ Time\ (NT) = ST \times RF \quad (2)$$

การกำหนดเวลาปกติจากการใช้เวลาตัวแทนด้วยการปรับค่าอัตราความเร็วในการทำงานจะยังถือเป็นเวลามาตรฐานไม่ได้ เนื่องจากยังไม่ได้รวมเวลาเผื่อ (Allowance Time) ในการทำงานเข้าไป ดังนั้นก่อนการหาเวลามาตรฐานในการทำงานจึงต้องหาเวลาเผื่อในการทำงานประกอบด้วย

1. เวลาเผื่อกิจธุระส่วนตัว (Personal Allowance)
2. เวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้า (Fatigue Allowance)
3. เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า (Delay Allowance)

สำหรับการทำงานทั่วไป กำหนดเวลาเผื่อ (Allowance Time: A) ไว้ประมาณ 5% ดังนั้นเมื่อทำการประเมินเวลาเผื่อในการทำงานได้แล้ว จะทำการหาเวลามาตรฐานในการทำงาน ดังสมการที่ 3

$$Standard\ Time\ (Std) = NT \times (1 + A) \quad (3)$$



ภาพที่ 3 ขั้นตอนการคำนวณหาเวลามาตรฐาน

2.6 ปรับปรุงกระบวนการทำงาน หลังจากได้ทำการศึกษาขั้นตอนกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) แล้วจึงได้ทำการปรับปรุงกระบวนการทำงานโดยใช้หลักการเพิ่มผลผลิต ECRS (วัชนะชัย, 2546) ได้แก่ 1) Eliminate (E) เป็นการกำจัดความสูญเปล่า 7 ประเภท (ความสูญเสียจากการผลิตมากเกินไป ความสูญเสียจากการเก็บวัสดุคงคลัง ความสูญเสียจากการขนส่ง ความสูญเสียจากการเคลื่อนไหว ความสูญเสียจากกระบวนการผลิต ความสูญเสียจากการรอคอย และความสูญเสียจากการผลิตของเสีย) 2) Combination (C) เป็นการรวมกันเพื่อลดการทำงานที่ไม่จำเป็นลง โดยการพิจารณาว่าสามารถรวมขั้นตอนการทำงานให้ลดลงได้หรือไม่ 3) Rearrange (R) การจัดใหม่เป็นการจัดขั้นตอนการทำงานใหม่เพื่อลดการเคลื่อนที่ที่ไม่จำเป็นหรือการรอคอย และ 4) Simplify (S) การทำให้ง่าย เป็นการปรับปรุงการทำงานให้ง่าย

และสะดวกขึ้น โดยอาจจะออกแบบเครื่องมือใหม่เข้ามาช่วยในการทำงาน เพื่อให้วิธีการทำงานสะดวกและแม่นยำมากขึ้น

ผลการวิจัย

ในการศึกษาการทำงานครั้งนี้ได้ทำการศึกษาระดับขั้นตอนการทำงานในกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) เพื่อหาเวลามาตรฐานในการทำงานและปรับปรุงกระบวนการทำงานเพื่อก่อให้เกิดประสิทธิภาพในการทำงานสูงขึ้น และเวลาที่ใช้การทำงานลดลง โดยมีผลการศึกษาดังนี้

3.1 การศึกษาเวลาการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ)

ในการศึกษาหาเวลามาตรฐานเป็นการศึกษาเฉพาะในส่วนของการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ด้วยการจับเวลาในแต่ละงานย่อยของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง งานย่อยละ 10 ครั้ง แล้วหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลา (n) โดยที่มิวิจัยได้แสดงตัวอย่างวิธีการคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสมในการจับเวลาของงานย่อยที่ 1 โดยมีผลการจับเวลาแสดงไว้ในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การจับเวลาก่อนการปรับปรุง

รอบที่	ผลการจับเวลาของงานย่อย									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ขั้นตอนที่ 1 งานย่อยที่ 1	10	10	11	10	12	10	11	11	11	12

จากตารางที่ 3 เป็นการจับเวลา 10 ครั้งของงานย่อยที่ 1 นำมาคำนวณหาจำนวนครั้งที่เหมาะสม ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติที่ 95% และความละเอียดแม่นยำ +5% โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ทำการจับเวลางานย่อยที่ 1 ก่อน โดยทำการจับเวลา 10 ครั้ง (เนื่องจากแต่ละงานย่อยมีการทำงานไม่ถึง 2 นาที จึงจับเวลาจำนวน

10 ครั้ง แต่ถ้างานย่อยมีการทำงานเกิน 2 นาที ให้จับเวลาจำนวน 5 ครั้ง)

ขั้นตอนที่ 2 คำนวณหาค่าพิสัย (Range: R) จากค่าสูงสุด (High: H) ลบด้วยค่าต่ำสุด (Low: L)

$$R = H - L = 12 - 10 = 2 \text{ วินาที}$$

ขั้นตอนที่ 3 คำนวณค่าเฉลี่ย (\bar{x}) จากผลรวมของเวลาในงานย่อยของทุก ๆ วัฏจักร

$$\bar{x} = \sum x_i / n \text{ เมื่อ } i = 1, 2, \dots, 10$$

$$\bar{x} = 108 / 10 = 10.8 \text{ วินาที}$$

ขั้นตอนที่ 4 คำนวณค่า R/\bar{x}

$$R/\bar{x} = 2 / 10.8 = 0.19 \text{ วินาที}$$

ขั้นตอนที่ 5 หลังจากได้ค่าคำนวณในขั้นตอนที่ 4 คือ 0.19 แล้วนำค่าที่ได้ไปเปิดตาราง Maytag แสดงดังภาพที่ 4 เพื่อหาจำนวนการจับเวลาที่เหมาะสม (n) เพื่อให้ได้ระดับความเชื่อมั่น 95% และความละเอียดแม่นยำ 5% จะได้จำนวนการจับเวลาที่เหมาะสม 7 วัฏจักร (n=7)

$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม		$\frac{R}{\bar{x}}$	ข้อมูลจากกลุ่ม	
	5	10		5	10		5	10
0.1	3	2	0.42	52	30	0.74	162	93
0.12	4	2	0.44	57	33	0.76	171	98
0.14	6	3	0.46	63	36	0.78	180	103
0.16	8	4	0.48	68	39	0.8	190	108
0.18	10	6	0.5	74	42	0.82	199	113
0.2	12	7	0.52	80	46	0.84	209	119
0.22	14	8	0.54	86	49	0.86	218	125
0.24	17	10	0.56	93	53	0.88	229	131
0.26	20	11	0.58	100	57	0.9	239	138
0.28	23	13	0.6	107	61	0.92	250	143
0.3	27	15	0.62	114	65	0.94	261	149
0.32	30	17	0.64	121	69	0.96	273	156
0.34	34	20	0.66	129	74	0.98	284	162
0.36	38	22	0.68	137	78	1	296	169
0.38	43	24	0.7	145	83			
0.4	47	27	0.72	153	88			

ภาพที่ 4 ตาราง Maytag (รัชต์วรรณ, 2552)

ขั้นตอนที่ 6 สรุปได้ว่าในการจับเวลาจำนวน 10 ครั้งของงานย่อยที่ 1 มีความเพียงพอต่อความต้องการจึงไม่ต้องเก็บข้อมูลเพิ่ม (แต่ถ้าในการจับเวลาไม่เพียงพอก็ต้องให้ไปจับเวลาเพิ่ม)

3.2 จากนั้นจึงทำการประเมินอัตราความเร็วในการทำงาน (Rating Factor: RF) โดยใช้วิธีประเมินการทำงานของ Westinghouse System of Rating

ในที่นี้จะแสดงวิธีการประเมินโดยเลือกขั้นตอนการผลิตที่ 1 (เตรียมชิ้นทดสอบ) และงานย่อยที่ 1 (หยิบท่อ) มาทำการประเมินแสดงดังเป็นตัวอย่าง

Skill	: A2	= +0.13
Effort	: B1	= +0.10
Conditions	: B	= +0.04
Consistency	: B	= +0.03
Total		= +0.30

ค่าที่ได้จากการประเมินมีค่าเป็น + แสดงว่าพนักงานทำงานเร็วกว่าปกติ (วันชัย, 2545) โดยค่า +0.30 จะถูกนำไปรวมกับ 1 ซึ่งจะได้ประสิทธิภาพในการทำงาน = 1.30 หรือ ร้อยละ 1.30 จากนั้นจึงทำการหาค่าเวลาปกติ (Normal Time: NT) จากสมการที่ (2) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เวลาปกติ (NT)} &= 10.8 \times 1.30 \\ &= 14.04 \text{ วินาที} \end{aligned}$$

3.3 หลังจากทราบเวลาปกติจากการคำนวณขั้นตอนต่อไปจะคำนวณหาเวลามาตรฐาน (Standard Time: Std) ดังสมการที่ (3) โดยใช้เวลาเผื่อ (Allowance) เวลาเผื่อที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้ถูกกำหนดโดยประเมินด้วยการใช้ตารางเวลาเผื่อซึ่งประกอบด้วย

เวลาเผื่อสำหรับส่วนบุคคล	= 5%
เวลาเผื่อสำหรับความเมื่อยล้า	= 4%
เวลาเผื่อสำหรับความล่าช้า	= 0%
รวม	= 9%

3.4 การคำนวณหาค่าเวลามาตรฐานสามารถคำนวณได้จากการนำเอาเวลาปกติมาคำนวณร่วมกับเวลาเผื่อร้อยละ 9 ของเวลาในการผลิตทั้งหมด ซึ่งแสดงตัวอย่างการคำนวณหาเวลามาตรฐานในขั้นตอนการการทดสอบที่ 1 (เตรียมชิ้นทดสอบ) และงานย่อยที่ 1 (หยิบท่อ) ดังนี้

$$\begin{aligned} \text{เวลาปกติ} &= 14.04 \text{ วินาที} \\ \text{เวลาเผื่อทั้งหมด} &= \text{ร้อยละ } 9 = 0.09 \\ \text{เวลามาตรฐาน} &= 14.04 \times (1+0.09) \\ &= 15.30 \text{ วินาที} \end{aligned}$$

ส่วนผลการคำนวณหาค่าเฉลี่ยของเวลาตัวแทน (Selected Time) อัตราความเร็วในการทำงาน (Rating Factor) เวลาปกติ (Normal Time) และเวลามาตรฐาน (Standard Time) ของขั้นตอนการปฏิบัติงานทั้งหมดของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) ได้แสดงไว้ในตารางที่ 4

3.5 จากผลของการศึกษากระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) พบว่า สามารถปรับปรุงวิธีการทำงานเสียใหม่โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

งานย่อยที่ 1 (หยิบท่อ): ออกแบบให้พื้นที่เป็นชั้นวาง (rack) สำหรับใช้ในการจัดเก็บท่อพีวีซีที่ผลิตเสร็จเพื่อเตรียมนำมาทำการทดสอบ ให้เป็นสัดส่วนของชนิดท่อ

ตารางที่ 4 เวลามาตรฐานของกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ)

ขั้นตอนการทดสอบ	งานย่อย	S.T.	R.F.	N.T.	%A	Std.
1. เตรียมชิ้นทดสอบ	1. หยิบท่อ	10.8	+1.3	14.04	9 %	15.30
	2. ตัดท่อ	41.9	+1.3	54.47	9 %	59.37
	3. ลบมุมปลายท่อทั้งสองด้าน	39.0	+1.3	50.7	9 %	55.26
	4. เป่าลมทำความสะอาดท่อ	15.6	+1.3	20.28	9 %	22.10
	5. นำเศษท่อที่เหลือจากการตัดไปเก็บ	29.8	+1.3	38.74	9 %	42.22
	6. นำท่อไปยังจุดประกอบหัวทดสอบ	66.5	+1.3	86.45	9 %	94.23
2. ประกอบชิ้นทดสอบเข้ากับหัวทดสอบ	7. ทาน้ำยาหล่อลื่น	5.6	+1.3	7.28	9 %	7.93
	8. ประกอบหัวทดสอบ	111.9	+1.3	145.47	9 %	158.56
	9. เคาะหัวทดสอบให้แน่น	55.5	+1.3	72.15	9 %	78.64
	10. ชันน็อต	64.7	+1.3	84.11	9 %	91.67
3. นำชิ้นทดสอบใส่อ่างทดสอบ	11. เติมน้ำให้เต็มชิ้นทดสอบ	32.7	+1.3	42.51	9 %	46.33
	12. ประกอบสายทดสอบแรงดันกับชิ้นงานทดสอบ	15.3	+1.3	19.89	9 %	21.68
4. ควบคุมแรงดัน	13. อัดน้ำใส่ชิ้นงานทดสอบ	29.1	+1.3	37.83	9 %	41.2347
	14. ทดสอบแรงดันน้ำ (เวลาคงที่)	3,600 วินาที (ใช้เครื่องอัดแรงดันน้ำทดสอบ)				
5. นำชิ้นทดสอบออกจากอ่างทดสอบ	15. ถอดสายทดสอบแรงดัน	13.7	+1.3	17.81	9 %	19.41
	16. เทน้ำออก	24.8	+1.3	32.24	9 %	35.14
	17. ไปที่จุดประกอบหัวทดสอบ	22.3	+1.3	28.99	9 %	31.59
6. ถอดหัวทดสอบ	18. คลายน็อต	42.3	+1.3	54.99	9 %	59.93
	19. ถอดหัวทดสอบ	63.5	+1.3	82.55	9 %	89.97
	20. นำท่อที่ผ่านการทดสอบเก็บใส่รถ	5.3	+1.3	6.89	9 %	7.51

อย่างชัดเจน (Simplify) ทำให้สามารถหยิบท่อได้รวดเร็วและถูกต้อง

งานย่อยที่ 2 (ตัดท่อ): ใช้เครื่องมือจับยึดชิ้นงาน (ท่อ) รวมทั้งมีแท่นกำหนดตำแหน่งบนโต๊ะวางชิ้นงานเพื่อให้ได้ความยาวของท่อที่ได้จากการตัดตามที่กำหนด (Simplify)

งานย่อยที่ 3 (ลบมุมปลายท่อทั้งสองด้าน): ออกแบบแท่นเอียงทำมุมของการเจียรปลายท่อเพื่อให้ง่ายและสะดวกต่อการลบมุม (Simplify)

งานย่อยที่ 4 (เป่าลมทำความสะอาดท่อ): ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

งานย่อยที่ 5 (นำเศษท่อที่เหลือจากการตัดไปเก็บ) : จัดหารถเข็นที่มีกะบะเพื่อใช้เก็บเศษท่อที่เหลือจากการตัดซึ่งจะทำให้ไม่เสียเวลาในการเดินไปจัดเก็บ (Eliminate)

งานย่อยที่ 6 (นำท่อไปยังจุดประกอบหัวทดสอบ): ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

งานย่อยที่ 7 (ทาน้ำยาหล่อลื่น)

งานย่อยที่ 8 (ประกอบหัวทดสอบ)

งานย่อยที่ 9 (เคาะหัวทดสอบให้แน่น): ยุบรวมเหลือเพียงงานย่อยเดียว (Combine) โดยทำการจัดวางเรียงอุปกรณ์ที่ใช้ให้เป็นไปตามลำดับของขั้นตอนการทำงาน

งานย่อยที่ 10 (ขันน็อต): ใช้เครื่องขันน็อตไฟฟ้าแทนการใช้ประแจ (Simplify) โดยเครื่องขันน็อตไฟฟ้าที่นำมาใช้เป็นอุปกรณ์ที่โรงงานได้รับโอนมาจากฝ่ายงานซ่อมบำรุง

งานย่อยที่ 11 (เติมน้ำให้เต็มชิ้นทดสอบ): จัดเตรียมน้ำตามปริมาณที่จะใช้ในถังเก็บไว้ล่วงหน้าสำหรับพร้อมเติมใส่เข้าระบบทดสอบได้

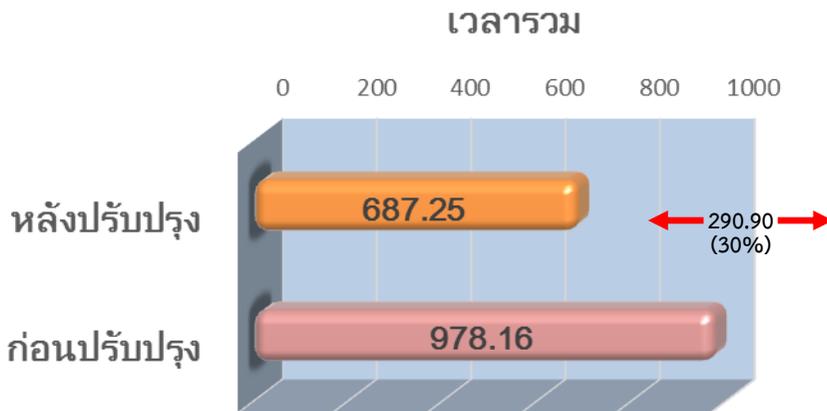
ทันที ทำให้ไม่เสียเวลาในการเติมน้ำจากระบบท่อ (Simplify)

งานย่อยที่ 13 (อัดน้ำใส่ชิ้นงานทดสอบ):
ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

งานย่อยที่ 12 (ประกอบสายทดสอบ แรงดันกับชิ้นงานทดสอบ): ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

ตารางที่ 5 ผลการเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงด้วยหลักการ Eliminate (E), Combination (C), Rearrange (R), และ Simplify (S)

ก่อนปรับปรุง			วิธีที่ใช้ปรับปรุง	หลังปรับปรุง		
ที่	ขั้นตอน	เวลามาตรฐาน (วินาที)		ที่	ขั้นตอน	เวลามาตรฐาน (วินาที)
1	หยิบท่อ	15.30	S	1	หยิบท่อ	10.25
2	ตัดท่อ	59.37	S	2	ตัดท่อ	36.22
3	ลบมุมปลายท่อทั้งสองด้าน	55.26	S	3	ลบมุมปลายท่อทั้งสองด้าน	36.47
4	เป่าลมทำความสะอาดท่อ	22.10	-	4	เป่าลมทำความสะอาดท่อ	22.11
5	นำเศษท่อที่เหลือจากการตัดไปเก็บ	42.22	E	5	นำท่อไปยังจุดประกอบหัวทดสอบ	94.23
6	นำท่อไปยังจุดประกอบหัวทดสอบ	94.23	-			
7	ทาน้ำยาหล่อลื่น	7.93	C	6	ทาน้ำยาหล่อลื่นเพื่อประกอบหัวทดสอบโดยใช้ค้อนยางเคาะหัวทดสอบให้แน่น	195.74
8	ประกอบหัวทดสอบ	158.56	C			
9	เคาะหัวทดสอบให้แน่น	78.64	C			
10	ขันน็อต	91.67	S	7	ขันน็อต	21.09
11	เติมน้ำให้เต็มชิ้นทดสอบ	46.33	S	8	เติมน้ำให้เต็มชิ้นทดสอบ	25.95
12	ประกอบสายทดสอบแรงดันกับชิ้นงานทดสอบ	21.68	-	9	ประกอบสายทดสอบแรงดันกับชิ้นงานทดสอบ	21.68
13	อัดน้ำใส่ชิ้นงานทดสอบ	41.23	-	10	อัดน้ำใส่ชิ้นงานทดสอบ	41.23
14	ทดสอบแรงดันน้ำ	-	-	11	ทดสอบแรงดันน้ำ	-
15	ถอดสายทดสอบแรงดัน	19.41	-	12	ถอดสายทดสอบแรงดัน	19.41
16	เทน้ำออก	35.14	R,C	13	ไปที่จุดประกอบหัวทดสอบเพื่อเปิดระบบระบายน้ำออก	51.60
17	ไปที่จุดประกอบหัวทดสอบ	31.59	R,C			
18	คลายน็อต	59.93	S	14	คลายน็อต	13.79
19	ถอดหัวทดสอบ	89.97	-	15	ถอดหัวทดสอบ	89.97
20	นำท่อที่ผ่านการทดสอบเก็บใส่รถ	7.51	-	16	นำท่อที่ผ่านการทดสอบเก็บใส่รถ	7.51
รวม		978.16		รวม		687.25



ภาพที่ 5 ผลการเปรียบเทียบก่อนปรับปรุงและหลังการปรับปรุงด้วยหลักการ ECRS

งานย่อยที่ 14 (ทดสอบแรงดันน้ำ): เป็นขั้นตอนที่กำหนดไว้เป็นมาตรฐานของการอัดแรงดันน้ำเข้าสู่ท่อโดยใช้เวลา 1 ชั่วโมง (3,600 วินาที) เพื่อทดสอบความทนแรงดันของท่อ จึงไม่อยู่ในขั้นตอนการแก้ไขปรับปรุงงานได้

งานย่อยที่ 15 (ถอดสายทดสอบแรงดัน): ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

งานย่อยที่ 16 (เทน้ำออก)

งานย่อยที่ 17 (ไปที่จุดประกอบหัวทดสอบ): สลับลำดับและยุบรวมเหลือเพียงงานย่อยเดียว (Rearrange and Combine) โดยจัดทำส่วนการระบายน้ำที่ถึงทดสอบในบริเวณที่อยู่ใกล้กับจุดประกอบหัวทดสอบ

งานย่อยที่ 18 (คลายน็อต): ใช้เครื่องขันน็อตไฟฟ้าแทนการใช้ประแจ (Simplify)

งานย่อยที่ 19 (ถอดหัวทดสอบ): ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

งานย่อยที่ 20 (นำท่อที่ผ่านการทดสอบเก็บใส่รถ): ไม่มีการแก้ไขปรับปรุง

ผลของการปรับปรุงการทำงานดังกล่าวข้างต้นทำให้สามารถลดงานย่อยในกระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) จากเดิม 20 งานลงเหลืองานย่อย

16 งาน และทำให้สามารถลดระยะเวลาทั้งหมดที่ต้องใช้ในกระบวนการทดสอบจากเดิม 978.16 วินาที (ไม่รวมเวลาที่ใช้ทดสอบความดันด้วยเครื่องอัดแรงดันน้ำ) ลงเหลือ 687.25 วินาที หรือลดลง 290.90 วินาที คิดเป็นร้อยละ 30 ของระยะเวลาที่สามารถลดลงได้ ดังแสดงผลลัพธ์ของการปรับปรุงในตารางที่ 5 และภาพที่ 5 ตามลำดับ

สรุปและอภิปรายผล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นเพื่อสำรวจปัญหาในระบบการผลิตของโรงงานกรณีศึกษาพบว่า ส่วนงานที่เป็นคอขวด (bottleneck) ในกระบวนการผลิตคือกระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดันท่อพีวีซี (ท่อปลายเรียบ) ซึ่งมีกระบวนการทำงานล่าช้าและไม่มีเวลายมาตรฐานในกระบวนการทำงาน จึงทำให้กระบวนการผลิตไม่ได้เป็นไปตามเวลาหรือเป้าหมายที่กำหนดไว้ตามแผนการผลิต อีกทั้งยังมีบางขั้นตอนในกระบวนการทำงานเกิดความสูญเปล่าในการผลิตท่อพีวีซี

ในงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการศึกษาเวลาและการเคลื่อนไหว เพื่อหาเวลามาตรฐานของกระบวนการตรวจสอบคุณภาพการทนความดันท่อน้ำพีวีซี (ท่อปลายเรียบ) พร้อมทั้งเสนอแนวทางการปรับปรุงกระบวนการตรวจสอบคุณภาพท่อน้ำพีวีซีแข็งเพื่อใช้เป็นมาตรฐานการทำงานผลที่ได้จากการศึกษาพบว่า กระบวนการทดสอบความดันระยะสั้นของท่อพีวีซีแข็ง (ท่อปลายเรียบ) มีขั้นตอนการทดสอบย่อย 20 ขั้นตอน โดยมีเวลามาตรฐานรวม เท่ากับ 978.16 วินาที/ชิ้น (ไม่รวมเวลาที่ใช้ทดสอบความดันด้วยเครื่องอัดแรงดันน้ำ)

จากการนำหลักการเพิ่มผลผลิต ECRS มาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขปัญหาในงานย่อยของขั้นตอนการทดสอบ โดยงานย่อยที่ 5 ใช้หลักการ Elimination (E) งานย่อยที่ 7, 8, 9, 16, และ 17 ใช้หลักการ Combine (C) งานย่อยที่ 16, และ 17 ใช้หลักการ Rearrange (R) และงานย่อยที่ 1, 2, 3, 10, 11, และ 18 ใช้หลักการ Simplify (S) ได้ผลลัพธ์ปรากฏว่า สามารถลดขั้นตอนการทดสอบย่อยลงเหลือ 16 งานย่อย และลดเวลามาตรฐานรวมเท่ากับ 290.90 วินาที คิดเป็นร้อยละ 30 ของเวลามาตรฐานเดิม (ก่อนการปรับปรุง)

References

Ann Hendrich, Marilyn Chow, Boguslaw A. Skierczynski, Zhenqiang Lu (2008). Hospital Time and Motion Study : How Do Medical Surgical Nurses Spend Their Time. **The Permanente Journal Summer, 12(3).** 25–34.

Ann Hendrich, Marilyn Chow, Boguslaw A. Skierczynski, Zhenqiang Lu 2008. A 36 – Hospital Time and Motion Study : How Do Medical Surgical Nurses Spend Their Time. **The Permanente Journal Summer, 12(3).** 25 – 34.

Barnes, R.M. **Motion and Time Study Design and Measurement of Work.** 7th ed. New York: John Wiley & Sons, 1980.

L. Aharonson Daniel (1996) Time Studies in A&E Departments-A Useful Tool for Management. **Journal of Management in Medicine, Vol 10 No 3** Pages 15-22.

Rachavarn Kanjanapanyakom. (2009). **The Study of Industry Project.** (1st Edition). Bangkok : Top Publishing Co., Ltd.

Thai Industrial Standards Institute. **Thai Industrial Standards (TIS) 17-2532 PVC Pipes Used for Drinking-water Pipes.** Bangkok, 1989

Vanchai Rijiravanich. (2002). **Study of Operation, Principles and Case Studies.** (3rd Edition). Bangkok :Chulalongkorn University Press.

Watchanachai Joompha. (2003). **The Study of Manufacturing Process and Investigating Ways to Increase Products of Medical Device Manufacturing.** Thesis of Master of Industry, Mechanical Engineering King Mongkut's University of Technology Thonburi.

Watcharin Sitticharoen. (2004). **Work Study.** (1st Edition). Bangkok: Odian Store Press.

คุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก

วรัญ วงศ์ประชุม¹, อธิธิพล มีผล²

¹สาขาวิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์และสถาปัตยกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ

²สาขาวิชาการบริหารทรัพยากรอาคาร คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาคุณสมบัติของคอนกรีต ซึ่งมีการแทนที่มวลรวมหยาบด้วยเม็ดยางเคลือบพลาสติก (ทำจากเม็ดยางเบอร์ 6 โดยเป็นเม็ดยางที่ได้จากการย่อยเศษยางรถยนต์เก่าเคลือบด้วยพลาสติก LDPE ที่มีสัดส่วนผสมเม็ดยางต่อเม็ดพลาสติก 50/100 กับ 70/100 ตามลำดับ) โดยมีการแทนที่มวลรวมหยาบโดยปริมาตรที่ร้อยละ 10 20 30 ตามลำดับ โดยมีการทดสอบคุณสมบัติทางวิศวกรรมเชิงกลในด้านกำลังรับแรงอัดและกำลังรับแรงดัด ผลการทดสอบแสดงให้เห็นว่าคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก ถึงแม้ว่าจะมีความสามารถในการรับกำลังอัดและกำลังดัดที่ลดลง แต่จะมีความยืดหยุ่นที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่ากำลังอัดและกำลังดัดของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก ร้อยละ 10 จะมีค่าสูงกว่าคอนกรีตที่มีร้อยละ 20 กับ 30

คำสำคัญ : คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก, พลาสติก LDPE, การทดสอบกำลังอัด

The Mechanical Properties of Concrete Mixed with Plastic Coated Crumb Rubber Warun Wongprachum¹, Ittipon Meepon²

¹Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering and Architecture,
Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi

²Program of Facility Management, Faculty of Industrial Technology Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This research studied the properties of concrete which can be used to replace coarse aggregate (by rubber pellets No.6 from old tire scraps coated with LDPE plastic with a proportion (ratio) of rubber pellets to plastic pellets at 50/100 and 70/100, respectively.) By replacing the coarse aggregate at 10, 20 and 30 percent, respectively, the mechanical properties of engineering in terms of compressive strength and flexural strength can be improved. The results show that although the compressive strength and flexural strength of concrete rubber is capable of being decreased, the flexibility increased. It was also found that the compressive strength and flexural strength of concrete at 10 percent is higher than at 20 and 30 percent.

Keywords : Concrete Mix Plastic Coated Crumb Rubber, LDPE Plastic, Compressive Strength

บทนำ

คอนกรีตเม็ดยาง หรือ Rubberized Concrete เป็นคอนกรีตพิเศษที่ถูกพัฒนาขึ้นมาโดยมีวัตถุประสงค์หลักเพื่อแก้ปัญหาที่เกิดจากการทิ้งยางรถยนต์เก่าที่ใช้แล้ว เนื่องจากการเผาทำลายก่อให้เกิดมลพิษในปริมาณสูง ซึ่งวิธีนี้ก่อให้เกิดปัญหาตามมาดังนี้ ปัญหาทางทัศนียภาพที่ไม่งดงาม ปัญหาแหล่งเพาะพันธุ์ยุงและเชื้อโรค ปัญหาต่อความเสี่ยงที่จะเกิดเพลิงไหม้ จากปัญหาดังกล่าวจึงได้มีการวิจัยเพื่อหาแนวทางการกำจัดยางรถยนต์ที่ใช้แล้วให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดและเกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมน้อยที่สุด โดยการนำมาย่อยเป็นเม็ดขนาดเล็ก และนำไปประยุกต์ใช้งานคอนกรีต เช่น การใช้งานกวางยางรถยนต์เก่าผสมในคอนกรีตเพื่อใช้แทนมวลรวมและงานถนน เป็นต้น [1], [2], [3], [4]

จากการศึกษาที่ผ่านมาแล้วแต่ เป็นการแทนที่มวลรวมละเอียด (ทราย) ทั้งนี้ แต่ยังไม่มีการวิจัยโดยใช้เม็ดยางรถยนต์แทนที่มวลรวมหยาบ (หิน) เม็ดยางรถยนต์มีขนาดเล็กกว่าจะนำมาแทนที่หิน จึงเกิดเป็นแนวคิดในการวิจัยที่จะใช้ยางรถยนต์แทนที่มวลรวมหยาบบางส่วน โดยจะหล่อขึ้นรูปเม็ดยางรถยนต์ให้มีขนาดแทนที่หินโดยอาศัยการเคลือบของพลาสติกชนิด LDPE ที่ผ่านความร้อนและอยู่ในสถานะของเหลว หลอมขึ้นรูปกับเม็ดยางให้เป็นรูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ขนาด 1X1X1 ลบ.ซม. ใช้แทนมวลรวมหยาบได้ ซึ่งตัวพลาสติก LDPE นั้นซึ่งก็เป็นขยะที่เหลือใช้ในปริมาณสูงไม่ต่างจากยางรถยนต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 2.1 เพื่อศึกษาการเคลือบเม็ดยางด้วยพลาสติก
- 2.2 เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก

2.3 เพื่อรณรงค์ในการลดปัญหาสิ่งแวดล้อมอันเนื่องมาจากการทิ้งและการทำลายยางรถยนต์เก่าให้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีกครั้ง

ระเบียบวิธีวิจัย

ในส่วนนี้จะกล่าวถึงแนวทางในการดำเนินวิจัยซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้ 1) เพื่อศึกษาการเคลือบเม็ดยางด้วยพลาสติก 2) เพื่อศึกษาคุณสมบัติเชิงกลของคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก

3.1 วัสดุที่ใช้ในการทดสอบ (Material)

ปูนซีเมนต์ (Cement) ใช้ปูนซีเมนต์พอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1

มวลรวมละเอียด (Fine Aggregate) ใช้ทรายที่มีขนาดประมาณ 0.30 – 0.60 มม. เป็นทรายแม่น้ำ

มวลรวมหยาบ (Coarse Aggregate) ใช้หินขนาดใหญ่สุดไม่เกิน 19 มม.

น้ำผสมคอนกรีต (Water) ใช้น้ำสะอาดมีความขุ่นไม่เกิน 2000 ppm.

เม็ดยางรถยนต์เก่าที่ใช้งานแล้ว มีขนาดเบอร์ 6 (ผ่านตะแกรงมาตรฐานเบอร์ 6) ขนาดโดยเฉลี่ย 3 มม. แสดงในภาพที่ 1 (ก)

เม็ดพลาสติก LDPE ขนาด 6 มม. ความหนาแน่น 0.922 กรัม/ซม³ จุดหลอมเหลว 112 องศาเซลเซียส อัตราการละลาย 190 องศาเซลเซียส แสดงในภาพที่ 1 (ข)



(ก)



(ข)

ภาพที่ 1 (ก) เม็ดยางเบอร์ 6 (ข) เม็ดพลาสติก LDPE

3.2 การออกแบบสัดส่วนผสมคอนกรีต

สัดส่วนผสมคอนกรีตที่ใช้ในการวิจัยทำการออกแบบตามการแนะนำของสถาบันคอนกรีตอเมริกา (ACI 211.1 – 91) โดยการออกแบบให้มีอัตราส่วนน้ำต่อปูนซีเมนต์เท่ากับ 0.60 และอัตราส่วนการแทนที่มวลรวมหยาบ (หิน) ด้วยเม็ดยางผสมพลาสติกจะแทนที่ไม่เกินร้อยละ 30 โดยปริมาตรคือ เริ่มต้นที่การแทนที่ร้อยละ 10 20 และ 30 ตามลำดับ โดยส่วนผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติกใช้ เม็ดยางกับพลาสติกในอัตราส่วน 0.5 : 1 กับ 0.7 : 1 โดยน้ำหนักสำหรับอัตราส่วน 0.5 : 1 ใช้เม็ดพลาสติก 100 กรัมกับเม็ดยาง 50 กรัม และ สำหรับอัตราส่วน 0.7 : 1 ใช้เม็ดพลาสติก

100 กรัมกับเม็ดยาง 70 กรัม เม็ดยางที่ผ่านการเคลือบพลาสติกดังแสดงในภาพที่ 2 และสัดส่วนผสมคอนกรีต ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยใช้ปูนซีเมนต์ 370 กก./ม³ มวลรวมละเอียด (ทราย) 796 กก./ม³ และน้ำ 222 กก./ม³ เท่ากันทุกสัดส่วนผสม



ภาพที่ 2 เม็ดยางที่ผ่านการเคลือบพลาสติก

ตารางที่ 1 ตารางส่วนผสมคอนกรีต (กก./ม³)

Type of Concrete	Plastic Coated Crumb Rubber 1x1x1 cm ³	
	50/100	70/100
PC	-	-
PCCR 50-10	37.74	
PCCR 50-20	75.47	
PCCR 50-30	113.21	
PCCR 70-10		37.74
PCCR 70-20		75.47
PCCR 70-30		113.21

โดยสัญลักษณ์ตัวอย่างคอนกรีตที่ใช้ในงานวิจัยเช่น PCCR 50-10 ตัวอักษร PCCR คือ คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติกตัวเลข 50 หมายถึง เม็ดยางเคลือบเม็ดพลาสติกในอัตรา 50/100 และตัวเลขสุดท้าย 10 หมายถึง การแทนที่ร้อยละ 10 ของมวลรวมหยาบ

3.3 ตัวอย่างในการทดสอบคุณสมบัติเชิงกล

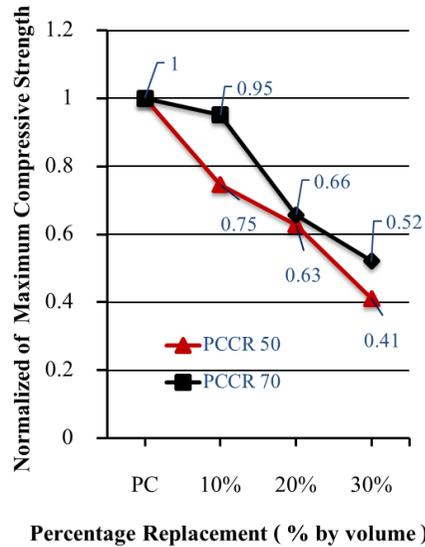
ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงอัดใช้แบบหล่อ ก้อนตัวอย่างทรงกระบอกขนาด กว้าง 10 ซม. สูง 20 ซม. ใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) โดยการหล่อก้อนตัวอย่างทรงกระบอก แล้วนำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังอัดของคอนกรีต ซึ่งจะทดสอบกำลังอัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

ทดสอบหาค่ากำลังรับแรงดัดใช้แบบหล่อ ก้อนตัวอย่างมาตรฐานรูปคาน ขนาด 10x10x35 ลบ.ซม. ใช้เครื่องทดสอบ Universal Testing Machine (UTM) โดยการหล่อก้อนตัวอย่างมาตรฐานรูปคาน แล้วนำไปทดสอบด้วยเครื่องทดสอบกำลังดัดของคอนกรีต ซึ่งจะทดสอบกำลังดัดของคอนกรีตที่อายุ 28 วันเป็นเกณฑ์

ผลการวิจัย

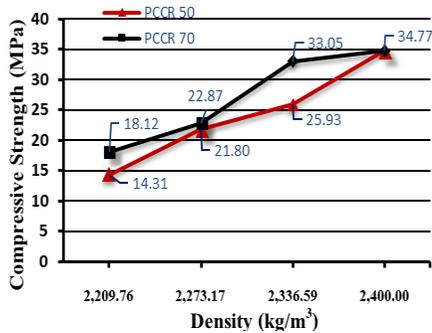
การศึกษาเรื่องคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก สามารถสรุปผลการทดสอบได้ดังนี้

เมื่อนำ PCCR 50 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังอัดได้ต่ำลง 25% 37% 59% ตามลำดับ และเมื่อแทนที่ PCCR 70 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังอัดได้ต่ำลง 5% 34% 48% ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 จากการศึกษาที่ผ่านมา สาเหตุที่ทำให้คอนกรีตกำลังต่ำลง เนื่องจากการแทนที่ด้วยเม็ดยางเคลือบพลาสติกในปริมาณที่สูง จะมีผลต่อการยึดเกาะกันระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ [5]



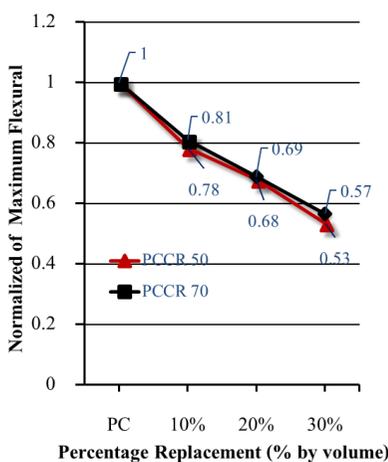
ภาพที่ 3 แสดงอัตราส่วนกำลังอัด คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก PCCR 50 และ PCCR 70

จากภาพที่ 4 พบว่า ค่าความหนาแน่น PC มีค่าเท่ากับ 2400 กิโลกรัม/ม³ เมื่อนำเม็ดยางเคลือบพลาสติกไปแทนที่หินโดยปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตมีค่าความหนาแน่นลดลง 2336.59 กิโลกรัม/ม³ 2273.17 กิโลกรัม/ม³ 2209.76 กิโลกรัม/ม³ ตามลำดับ และทำให้คอนกรีตมีกำลังรับแรงอัดต่ำลงตามลำดับด้วยเช่นกัน จากการศึกษาที่ผ่านมา สาเหตุที่ทำให้ค่าความหนาแน่นลดลงและรับแรงอัดได้ต่ำลง เนื่องจากเม็ดยางเคลือบพลาสติกมีค่าความหนาแน่นและคุณสมบัติการรับแรงอัดที่น้อยกว่ามวลรวมหยาบ (หิน)



ภาพที่ 4 แสดงการเปรียบเทียบระหว่างกำลังอัดกับความหนาแน่นคอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก PCCR 50 และ PCCR 70

จากภาพที่ 5 พบว่า เมื่อนำ PCCR 50 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังดัดได้ต่ำลง 22% 32% 47% ตามลำดับ และเมื่อนำ PCCR 70 แทนที่หินในอัตราส่วนต่อปริมาตร 10% 20% 30% จะทำให้คอนกรีตรับกำลังดัดได้ต่ำลง 19% 31% 43% ตามลำดับ จากการศึกษาที่ผ่านมา สาเหตุที่ทำให้คอนกรีตกำลังดัดต่ำลง เนื่องจากเมื่อใส่เม็ดยางเคลือบพลาสติกเข้าไปแทนที่หินจะทำให้การรวมตัวของมวลรวมไม่ดีเท่า PC [6]



ภาพที่ 5 แสดงอัตราส่วนกำลังดัด คอนกรีตผสมเม็ดยางเคลือบพลาสติก PCCR 50 และ PCCR 70

สรุปและอภิปรายผล

5.1 ด้านรับกำลังอัด

PCCR จะให้กำลังรับแรงอัดลดลงเมื่อเทียบกับ PC เนื่องจากเม็ดยางเคลือบพลาสติกที่ผสมเข้าไปแทนที่หินนั้นมีคุณสมบัติการรับแรงอัดได้ไม่ดีเท่าหิน และการแทนที่ด้วยเม็ดยางเคลือบพลาสติกในปริมาณที่สูงจะมีผลต่อการยึดเกาะกันระหว่างมวลรวมกับซีเมนต์เพสต์ จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องรับแรงอัดมาก ๆ

5.2 ด้านรับกำลังดัด

เช่นเดียวกับกรณีของแรงอัด PCCR จะให้กำลังรับแรงดัดลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับ PC เนื่องจากเมื่อใส่เม็ดยางเคลือบพลาสติกเข้าไปแทนที่หินจะทำให้การรวมตัวของมวลรวมไม่ดีเท่าคอนกรีตปกติ จึงทำให้ไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้กับงานที่ต้องรับแรงดัดมากๆ แต่ถึงแม้ว่า PCCR จะมีกำลังรับแรงดัดต่ำกว่า PC แต่จะมีค่าการโก่งตัวที่จุดวิบัติเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

จะเห็นว่าเม็ดยางเคลือบพลาสติกนำมาผสมคอนกรีตแทนที่มวลรวมหยาบโดยปริมาตร มีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้งานจริง หากมีการปรับปรุงคุณสมบัติเชิงกล โดยศึกษาเพิ่มเติมต่อจากนี้และอาจนำไปใช้ในการทำวัสดุในงานก่อสร้างอื่น ๆ ต่อไป และควรศึกษาปรับปรุงวิธีการเคลือบเม็ดยางด้วยพลาสติก เนื่องจากการเผาทำให้เกิดมลพิษทางอากาศส่งผลต่อสุขภาพ

References

- F. Aslani., G. Ma Dominic., L. Yim and W. Gojko Muselin. (2018). Development of High-Performance Self-Compacting Concrete Using Waste Recycled Concrete Aggregates and Rubber Granules. **The Journal of Cleaner Production**, 2018 (182), 553-556.
- S. Selvakumar., R. Venkatakrishnaiah. (2015). Strength Properties of Concrete Using Crumb Rubber with Partial Replacement of Fine Aggregate. **International Journal of Innovative Research in Science Engineering and Technology**, 2015 (4), 1171-1175.
- P. Lo Davide. (2013). Recycled Tyre Rubber Modified Bitumens for Road Asphalt Mixtures: A Literature Review. **Construction and Building Materials**, 2013 (49), 863-881.
- B. Tharaporn and T. Nipon. (2016) Properties of lightweight concrete containing crumb rubber and cement replacing with fly ash from coal power plant. **Veridian E-Journal, Science and Technology Silpakorn University**, 2016 (4), 62-75.
- S. Piti and C. Chalermphol. (2005). Concrete Pedestrian Block Containing Crumb Rubber from Recycled Tires. **The Journal Science and Technology Thammasalnt University**, 2005 (10), 1-8.
- S. Piti and W. Somyot (2009). Lightweight Concrete Mixed with Superfine Crumb Rubber Powder Part 1: Insulation Properties. **The Journal of KMUTNB**, 2009 (19), 297-305.

การศึกษาผลของการล้างหัวฉีดต่อสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล ในรถบรรทุกขนาดเล็ก กฤษฎางค์ ศุภระมุข

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์ ในพระบรมราชูปถัมภ์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ก่อนและหลังการล้างหัวฉีด ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานใช้งานจริงของรถยนต์ เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง อัตราเร่ง ของรถทดสอบทั้งก่อนและหลังการล้างหัวฉีด โดยได้ทดสอบรถยนต์ TOYOTA HILUX VIGO รุ่นปี 2008 พบว่าก่อนล้างหัวฉีด มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 4.945 km/l หลังทำการล้างหัวฉีดมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 8.331 km/l มีระยะทางที่วิ่งได้เพิ่มขึ้น 68.477% สำหรับอัตราเร่งก่อนล้างหัวฉีดมีค่า 6.208 km/h/s หลังล้างหัวฉีดมีค่า 11.366 km/h/s ดังนั้นจึงมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้น 83.086 % จากการวัดด้วยเครื่องมืออ่าน และวิเคราะห์เครื่องยนต์ LAUNCH พบว่า ค่าปริมาณการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ก่อนการล้างหัวฉีดมีค่าต่ำกว่าหลังการล้างหัวฉีดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 800, 1500 และ 3000 rpm โดยประมาณ จึงสรุปได้ว่า การล้างหัวฉีดทำให้หัวฉีดสะอาดขึ้น จึงมีปริมาณการจ่ายน้ำมันได้เข้าห้องเผาไหม้ได้สูงขึ้นซึ่งทำให้สมรรถนะการทำงานของเครื่องยนต์ดีขึ้น

คำสำคัญ : เครื่องยนต์ดีเซล, การล้างหัวฉีด, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง, อัตราเร่ง

Study on the effect of fuel injectors cleaning on diesel engine performance in a small truck

Krissadang Sookramoon

Faculty of Industrial Technology, Rajabhat University

ABSTRACT

This study investigates the small diesel engine performance in a small truck before and after cleaning the fuel injectors. The actual performance of the test car was studied. The comparison of fuel consumption, acceleration of the vehicle before and after cleaning the injectors was carried out. The experimental results for the 2008 TOYOTA HILUX VIGO indicated that the fuel consumption before injector cleaning was 4.945 km/l and after cleaning the injectors, the fuel consumption was 8.331 km/l. The running distance was increased by 68.477%. The acceleration before cleaning the injectors was 6.208 km/h/s. After cleaning the acceleration was 11.366 km/h/s, therefore the acceleration increased 83.086%. By using LAUNCH engine analyzer the injected volume of fuel before injector cleaning was lower than after cleaning the injector at the engine speeds of 800, 1500 and 3000 RPM, respectively. In conclusion cleaning the injectors make the injectors scrubbed, which could distribute more fuel to the combustion chamber that make the enhanced performance of the engine.

Keywords: Diesel engine, Injector cleaning, Fuel consumption, Acceleration

บทนำ

พลังงานเป็นสิ่งจำเป็นในกระบวนการดำรงชีวิตของมนุษย์ ทำให้มีการใช้พลังงานมากขึ้นและส่งผลกระทบต่อพลังงานจากแหล่งต่างๆมีจำนวนลดลงเรื่อยๆ เช่นทรัพยากรพลังงานฟอสซิลที่มีปริมาณจำกัดและในปัจจุบันมีปริมาณลดลงอย่างต่อเนื่องจนเป็นสิ่งขาดแคลนและจะหมดสิ้นไปในอนาคต การหาแหล่งพลังงานทดแทนพลังงานฟอสซิลจึงเป็นสิ่งที่ควรจะต้องให้ความสนใจ และในภาวะปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้พลังงานน้ำมันเพิ่มมากขึ้น แต่ปริมาณน้ำมันที่มีอยู่ลดน้อยลงทำให้ไม่เพียงพอต่อความต้องการของผู้ใช้ อีกทั้งยังมีราคาที่สูงขึ้นเรื่อยๆ ทำให้ผู้คนส่วนใหญ่เริ่มมองหาทางเลือกอื่นที่สามารถประหยัดการใช้และลดการใช้พลังงานน้ำมัน เนื่องจากน้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงที่สำคัญที่ใช้ในภาคขนส่ง ภาคอุตสาหกรรม และภาคเกษตรกรรมของประเทศ

การใช้น้ำมันดีเซลก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศ ซึ่งเป็นผลจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์เนื่องจากไอเสียของรถดีเซลประกอบด้วย ไอน้ำ (Vapor) คาร์บอนมอนนอกไซด์ (CO) และไนโตรเจนไดออกไซด์ (NO₂) ไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ (Sulfur dioxide) พวกอัลดีไฮด์ (Aldehyde) ออกซิเจน (Oxygen) ไฮโดรเจน (Hydrogen) ไนโตรเจน (Nitrogen) รถยนต์ใช้เครื่องยนต์ที่ปล่อยคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด คือรถประจำทาง รถบรรทุกที่บรรทุกน้ำหนักมากเกินไป เมื่อใช้งานเครื่องยนต์ดีเซลเป็นระยะเวลานานจึงควรทำความสะอาด หัวฉีดเครื่องยนต์ดีเซล แต่ประชาชนโดยส่วนใหญ่ยังไม่กล้าที่จะใช้น้ำมันดีเซลเพราะวิตกว่ากำลังของเครื่องยนต์จะตกลง หัวฉีดพังง่ายสมรรถนะลดลง ดังนั้นจำเป็นที่จะต้องข้อมูลทางวิชาการที่ชัดเจนให้ประชาชนได้ทราบไม่ว่าจะเป็นเรื่องสมรรถนะของเครื่องยนต์ การสึกหรอของ

เครื่องยนต์ อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง อัตราการทำงานต่อพื้นที่ เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยเรื่องนี้จึงทำการศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในการทำงานจริงหลังผ่านการล้างหัวฉีดเครื่องยนต์ด้วยน้ำยาล้างและเครื่องล้างหัวฉีดเป็นแนวทางหนึ่งที่จะแก้ปัญหา และเสริมสร้างศักยภาพการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพซึ่งสามารถช่วยให้ประชาชนทราบข้อเท็จจริงในการนำน้ำมันดีเซลไปใช้กับเครื่องยนต์ได้ และสามารถเผยแพร่ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้แก่ภาคอุตสาหกรรมยานยนต์ และชุมชนได้

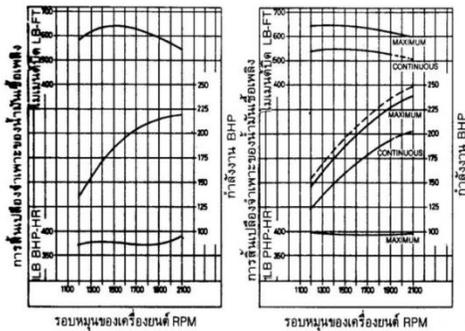
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก ก่อนและหลังการล้างหัวฉีด
2. ศึกษาประสิทธิภาพการทำงานใช้งานจริงของรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กก่อนและหลังการล้างหัวฉีด

หลักการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล 4 จังหวะ

โดยทั่ว ๆ ไปนิยมแสดงด้วยคุณสมบัติในการทำงานของเครื่องยนต์ 3 ประการคือ กำลังงาน โมเมนต์บิด และการสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง แต่บางครั้งอาจจะแสดงเฉพาะกำลังงานและแรงบิดก็ได้ คุณสมบัติทั้ง 3 ประการในการทำงานของเครื่องยนต์นี้จะแปรผันกับความเร็วยรอบของเครื่องยนต์ ดังนั้นสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซลก็จะแสดงในรูปของกราฟดังภาพที่ 1 แกนนอนจะเป็นรอบหมุนของเครื่องยนต์นิยมใช้หน่วยรอบต่อนาที (revolution per minute) แกนตั้งจะเป็นกำลังงาน โมเมนต์บิด และการสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิงแล้วแต่กรณี ซึ่งจะทำให้มีกราฟ 3 เส้นคือ กราฟของกำลังงาน กราฟของโมเมนต์บิด และกราฟของการสิ้นเปลืองจำเพาะของน้ำมันเชื้อเพลิง

หรืออาจมี 2 เส้น คือ กราฟของกำลังงาน และ กราฟของโมเมนต์บิดดังแสดงในภาพที่ 1 [1]



ภาพที่ 1 สมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล

ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

ในปี พ.ศ. 2550 วชิรินทร์ ดงบัง และ สุพจน์ ศิริเสนาพันธ์ [2] ได้ทำวิจัยเรื่อง การศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถบรรทุกหนัก โดยศึกษาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงของรถที่ใช้เพื่อการใช้งานจริง เพื่อเก็บข้อมูลทางสถิติ เส้นทางที่ใช้ทดสอบ ระหว่าง พนัสนิมคม(ชลบุรี) – สระบุรี – ขอนแก่น ทั้งขาไปและกลับ รวมระยะทางประมาณ 1090 กิโลเมตรสำหรับการศึกษานี้ได้ดำเนินการทั้งหมด 7 เที่ยว/คัน โดยกำหนดให้น้ำหนักบรรทุกเป็นตัวแปรควบคุม ในแต่ละเที่ยวรถจะบรรทุกน้ำหนักแตกต่างกัน ในปี พ.ศ. 2557 คุณัญญ์ สุรสิงห์ไกรสร[3] ได้ทำวิจัยเรื่องเครื่องล้างหัวฉีด เพื่อหาประสิทธิภาพประสิทธิผลของเครื่องล้างหัวฉีดที่นักเรียนนักศึกษาแผนกช่างยนต์วิทยาลัยเทคนิคราชบุรีสร้างขึ้นเพื่อให้เครื่องล้างหัวฉีดเป็นเครื่องมือช่วยทุ่นแรงอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานทำให้นักเรียนมีการศึกษาค้นคว้าเกิดการเรียนรู้ และทักษะในการปฏิบัติคิดค้นนวัตกรรม ในปี พ.ศ. 2553 ธรรมศักดิ์ พันธุ์แสนศรี และ อนุกุล จันทร์แก้ว [4] ได้ทำการศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซล

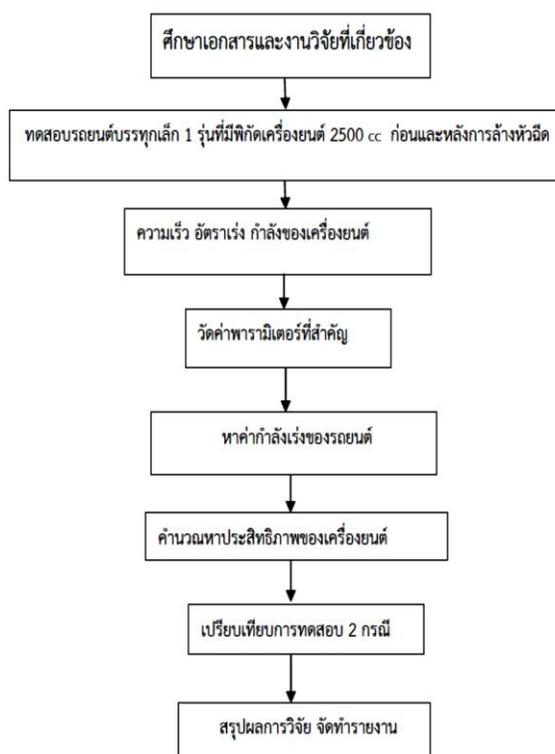
ขนาดเล็กในการทำงานจริงโดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลขนาดเล็กในการทำงานจริงโดยใช้ไบโอดีเซลจากน้ำมันพืชใช้แล้วเป็นเชื้อเพลิง และการสึกหรอของเครื่องยนต์ดีเซล และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อน้ำมันไบโอดีเซล เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้ น้ำมันดีเซล จากการศึกษาวิจัย พบว่า ค่าความร้อนทั้งค่าความร้อนสูงและค่าความร้อนต่ำของน้ำมันส่วนผสมต่าง ๆ จะลดลงเมื่ออัตราส่วนการผสมของน้ำมันไบโอดีเซลเพิ่มขึ้น น้ำมันไบโอดีเซลในอัตราส่วนผสมต่าง ๆ ให้ค่าแรงบิด และค่ากำลังของเครื่องยนต์ใกล้เคียงกับน้ำมันดีเซล โดยมีค่าต่ำกว่าเพียงเล็กน้อย ในปี พ.ศ. 2558 คณิต วัฒนวิเชียร และ พรหมรักษา ฤทธิประเสริฐธรมณีชญานนท์ [5] ได้เปรียบเทียบผลการใช้เชื้อเพลิงดีเซลเชิงพาณิชย์ (CD) และเชื้อเพลิงดีเซลสังเคราะห์จากน้ำมันพืชใช้แล้ว (HIBD) ที่มีต่อการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและมลพิษของรถยนต์เมื่อขับด้วยความเร็วรถยนต์คงที่ที่ 50, 60, 70 และ 80 กิโลเมตรต่อชั่วโมงบนแท่นทดสอบชนิดแชลชีส์ไดนาโมมิเตอร์ โดยที่แต่ละค่าความเร็วรถยนต์คงที่นั้นได้จำลองภาระขับเคลื่อนรถยนต์ด้วยการปรับค่าแรงต้านทานที่ตรึงของแท่นทดสอบที่ร้อยละ 6, 8 และ 10 ของค่าภาระสูงสุด และระหว่างการทดสอบได้วัดอัตราการใช้เชื้อเพลิงและปริมาณ HC, NO_x และ CO จากท่อไอเสียรถยนต์ โดยผลทดสอบรถยนต์พบว่า เมื่อความเร็วรถยนต์เพิ่มสูงขึ้น ค่าอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงและอัตราการสิ้นเปลืองจำเพาะมีค่าลดลง ในปี พ.ศ. 2558 เรนฮาร์ท ที อี [6] ได้ทำรายงานการศึกษาเทคโนโลยีประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของรถบรรทุกเชิงพาณิชย์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ โดยศึกษาประสิทธิภาพการใช้เชื้อเพลิงของเครื่องยนต์เผาไหม้แบบส่วนผสมบางในเครื่องยนต์ดีเซลแบบไดเร็กอินเจ็คชั่น ได้แก่ สเตเวลและคณะได้ทดสอบ

การประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงของรถยนต์โดยใช้รถยนต์โตโยตารุ่นปี 1998 ที่ใช้การฉีดน้ำมันเข้าห้องไหม้โดยตรงแบบส่วนผสมบาง โดยทำการทดสอบขับขึ้นบนท้องถนนจริง 5 โหลเมตรขับขึ้นอลิคาตาส ได้ผลลัพธ์ที่คล้ายคลึงกันและระบุวิธีการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงเช่นลดการสูบล้างเชื้อเพลิงในบางภาวะของเครื่องยนต์ส่วนหนึ่งพบว่า การขับในเมืองเมื่อเทียบกับการขับขึ้นทางหลวง มีการประหยัดเชื้อเพลิงลงได้มากขึ้น ในปี พ.ศ. 2558 งูเยน และคณะ [7] ได้ทำวิจัยเรื่อง อุปกรณ์สำหรับการทำความสะอาดหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายใน การออกแบบและผลิตอุปกรณ์ใหม่สำหรับการทำความสะอาดน้ำมันโดยตรงหัวฉีดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน ซึ่งสามารถใช้กับการฉีดเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์ของเครื่องยนต์เบนซิน อุปกรณ์ร่วมกับโซลูชันการทำความสะอาดที่เสนอใหม่จะทำให้ระยะเวลาการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ลดลง โดยไม่ต้องถอดหัวฉีดออกจากเครื่องยนต์และไม่ต้องถอดหัวเทียนออกจากเครื่องยนต์ อุปกรณ์ใหม่นี้ผลิตขึ้นในเวียดนามเป็นครั้งแรก เทคโนโลยีขั้นสูงในด้านวิศวกรรมไฟฟ้า – อิเล็กทรอนิกส์และเทคโนโลยีสารสนเทศช่วยลดมลพิษและสามารถนำมาใช้กับเครื่องยนต์เบนซินและดีเซลมาตรฐาน EURO 2 ที่ติดตั้งอยู่ในรถยนต์นั่งส่วนบุคคล กระบวนการผลิตที่มีต้นทุนต่ำเหมาะสมกับขีดความสามารถด้านเทคโนโลยีในประเทศเวียดนาม ลดเวลาในการบำรุงรักษาระบบฉีดเชื้อเพลิงสำหรับเครื่องยนต์สันดาปภายในได้ จากข้อมูลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ยังไม่มีรายงานผลเปรียบเทียบการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ก่อนและหลังการล้างหัวฉีด จึงเป็นแนวทางในการทำการวิจัยครั้งนี้

ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการศึกษาใช้อุปกรณ์และเครื่องมือประกอบด้วย

1. เครื่องล้างหัวฉีดประกอบด้วยตู้คอนโทรลปั้มน้ำยา และอุปกรณ์ควบคุม
 2. น้ำยาล้างหัวฉีด
 3. เครื่องวัดค่าความดันของหัวฉีด
 4. เครื่องวัดอัตราการไหลของน้ำมันดีเซล
- ขั้นตอนการศึกษาเป็นไปตามแผนภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ระเบียบวิธีวิจัย

วิธีการทดสอบรถยนต์บรรทุกขนาดเล็ก

เตรียมรถทดสอบ 1 คัน โดยเป็นรถที่ผ่านการใช้งานมา 9 ปี มีอาการเร่งไม่ค่อยขึ้น และสิ้นเปลืองค่าน้ำมันเชื้อเพลิงค่อนข้างมาก โดยนำมาทดลองตามขั้นตอนดังนี้ แล้วบันทึกข้อมูลการทดลองไว้ในตารางผลการทดลอง

การทดสอบหาสมรรถนะของรถทดสอบมีการดำเนินการทดสอบดังนี้

1. เตรียมรถทดสอบตามสภาพการใช้งานจริง
2. วัดแรงดันหัวฉีดโดยใช้เครื่องมืออ่านและวิเคราะห์เครื่องยนต์
3. นำรถทดสอบไปทดลองวิ่ง
4. วัดค่าการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
5. วัดกำลังแรงในแต่ละเกียร์โดยจับเวลาบันทึกข้อมูล
6. บันทึกผลการทดลองในตารางผลการทดลองตลอดการทดลองจะวัดและเก็บบันทึกข้อมูลของรถทดสอบ นำผลการทดสอบมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพารามิเตอร์ต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ คำนวณหาสมรรถนะของเครื่องยนต์ก่อนและหลังการล้างหัวฉีด



ภาพที่ 3 รถยนต์ทดสอบ TOYOTA HILUX VIGO รุ่น ปี 2008

แบ่งการทดลองเป็น 2 ขั้นตอน คือ ทดสอบก่อนและหลังทำการล้างหัวฉีด คณะผู้วิจัยได้เลือกเส้นทางที่ไม่มีจราจรที่หนาแน่นเกินไป เพื่อให้รถทำความเร็วจาก 0-120 km/h ได้ โดยกำหนดเส้นทางทดสอบเป็น ระยะทางไป-กลับมหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์-อ.เมือง จ.พระนครศรีอยุธยา ระยะทาง 60 กม. โดยทำการบันทึก vdo ความเร็วของรถ ความเร็วรอบเครื่องยนต์ และเวลาที่ใช้ในการวิ่งทดสอบรถยนต์ได้เตรียมความพร้อมในการตรวจสอบสภาพ

ได้แก่ ระบบเครื่องยนต์ ความดันลมยาง ให้พร้อมในการทำการทดสอบ และ ทดลองวิ่งโดยไม่มีน้ำหนักบรรทุก มีผู้ทดสอบ 2 คน กระทำในวันที่อากาศแจ่มใส ฝนไม่ตก จากนั้นนำข้อมูลมาทำการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราเร็ว-เวลา และหาอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ข้อมูลเหล่านี้จะนำมาแสดงผลด้วยตารางและกราฟเพื่อเปรียบเทียบตัวแปรจากค่าเฉลี่ยและนำไปใช้คำนวณหาอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่างๆกันด้วยหลักทางสถิติ

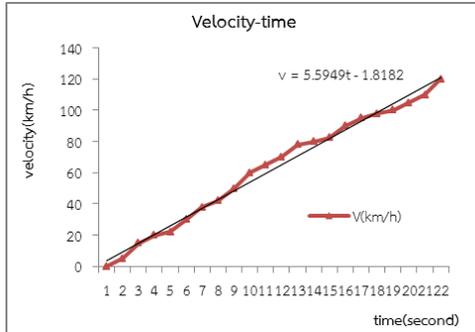
ผลการวิจัย

ผลการทดสอบแบ่งออกเป็น การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ความเร็ว-เวลา เพื่อนำไปคำนวณหาอัตราเร่งของรถยนต์ทดสอบ

ตารางที่ 1 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนและหลังล้างหัวฉีดของ TOYOTA HILUX VIGO

	ก่อนล้าง	หลังล้าง	ผลต่าง
ระยะทางที่รถวิ่งได้ต่อน้ำมันที่ใช้	4.945 กิโลเมตร/ลิตร	8.33119 กิโลเมตร/ลิตร	+68.477 %
ราคาเชื้อเพลิงต่อระยะทาง	5.095 บาท/กิโลเมตร	3.1217 บาท/กิโลเมตร	-38.73%

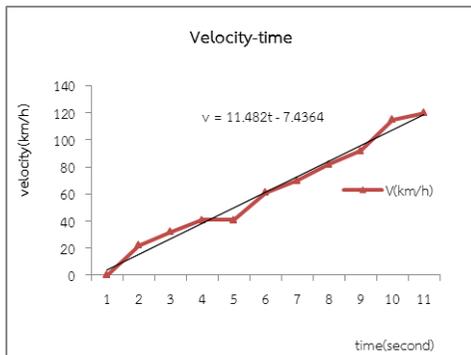
การทดสอบรถยนต์ TOYOTA HILUX VIGO ก่อนการล้างหัวฉีด ทำการทดสอบรถเพื่อหาอัตราเร่ง โดยวิ่งบนถนนจริงผลแสดงดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 ความเร็วและเวลาในการเคลื่อนที่ของรถยนต์ก่อนการล้างหัวฉีดรถมีอัตราเร่ง

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(5.5949t - 1.8182)}{dt} = 5.5949 \frac{\text{km}}{\text{h}} / \text{s}$$

ทดสอบรถยนต์ TOYOTA HILUX VIGO หลังการล้างหัวฉีดทำการทดสอบรถเพื่อหา อัตราเร่ง โดยวิ่งบนถนนจริงผลแสดงดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ความเร็วและเวลาในการเคลื่อนที่ของรถยนต์หลังการล้างหัวฉีดรถมีอัตราเร่ง

$$a = \frac{dv}{dt} = \frac{d(11.482t - 7.4364)}{dt} = 11.482 \frac{\text{km}}{\text{h}} / \text{s}$$

ตารางที่ 2 สรุปเปรียบเทียบอัตราเร่งก่อนและหลังล้างหัวฉีดของรถยนต์ TOYOTA HILUX VIGO

	ก่อนล้าง	หลังล้าง	ผลต่าง
อัตราเร่ง km/h/s	6.2086	11.3666	+83.086 %

ผลการวัดจากเครื่องมืออ่านและวิเคราะห์ เครื่องยนต์ LAUNCH ก่อนและหลังล้างหัวฉีดของรถยนต์ทดสอบ

จากเครื่องมืออ่านและวิเคราะห์เครื่องยนต์ LAUNCH พบว่าค่า Inj. FB Vol. For Idle ซึ่งแสดงปริมาณการฉีดน้ำมันในขณะที่เดินเบาของเครื่องยนต์ ก่อนการล้างหัวฉีดมีค่า 1.90-1.95 mm³/st. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 800, 1500 และ 3000 rpm โดยประมาณ หลังการล้างหัวฉีดมีค่า 3.03-3.08 mm³/st. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 750, 1500 และ 3000 rpm โดยประมาณ จึงสรุปได้ว่า การล้างหัวฉีดทำให้หัวฉีดสะอาดขึ้น จึงมีปริมาณการจ่ายน้ำมันได้มากขึ้น

สรุปและอภิปรายผล

การทดสอบรถยนต์บรรทุกขนาดเล็กยี่ห้อ TOYOTA HILUX VIGO ปี 2008 มีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ก่อนล้างหัวฉีด 4.945 km/l หลังทำการล้างหัวฉีดมีอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 8.331 km/l มีระยะทางที่วิ่งได้เพิ่มขึ้น 68.477 % สำหรับอัตราเร่งก่อนล้างหัวฉีดมีค่า 6.208 km/h/s หลังล้างหัวฉีดมีค่า 11.366 km/h/s ดังนั้นจึงมีอัตราเร่งเพิ่มขึ้น 83.086 % จากผลการวิจัยทดสอบพบว่า รถยนต์ TOYOTA HILUX VIGO มีระยะทางวิ่งและอัตราเร่งเพิ่มขึ้นมากกว่า 50 % จากการวัดด้วยเครื่องมืออ่านและวิเคราะห์เครื่องยนต์ LAUNCH พบว่าค่าแสดงปริมาณการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ ก่อนการล้างหัวฉีดมีค่าต่ำกว่าหลังการ

ล้างหัวฉีดที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 800, 1500 และ 3000 rpm โดยประมาณ เครื่องยนต์ใช้เวลาในการยกหัวฉีดลดลง จึงสรุปได้ว่า การล้างหัวฉีดทำให้หัวฉีดสะอาดขึ้น จึงมีปริมาณการจ่ายน้ำมันได้มากขึ้น รถยนต์ TOYOTA HILUX VIGO วัดค่า Inj. FB Vol. For Idle ซึ่งแสดงปริมาณการฉีดน้ำมันของเครื่องยนต์ ก่อนการล้างหัวฉีดมีค่า 1.90-1.95 mm³/st. หลังการล้างหัวฉีดมีค่า 3.03-3.08 mm³/st. ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ 750, 1500 และ 3000 rpm

ข้อเสนอแนะ

อาจมีการพัฒนางานวิจัยต่อโดยการนำรถทดสอบไปทดลองบนแซสซีไดนาโมมิเตอร์เพื่อวัดค่า แรงบิด แรงม้าที่หลายย่านความเร็วรอบ ความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ปริมาณอากาศที่เข้าเครื่องยนต์ และเพิ่มการตรวจวัดไอเสียจากรถทดสอบเพื่อให้ได้ข้อมูลด้านมลพิษจากรถทดสอบ ซึ่งจะสอดคล้องกับอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราเร่ง จากการสำรวจข้อมูลห้องปฏิบัติการด้านยานยนต์ในประเทศไทย จะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงในการทดลองดังกล่าว ค่าใช้จ่ายโดยประมาณคือ 40,000 บาท/ครั้ง/คัน และใช้เวลาค่อนข้างมากในการรอคิวเข้าห้องใช้ปฏิบัติการ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณบริษัท เฟรช คาร์ จำกัด ที่ได้ให้ข้อเสนอแนะแนวทางในการทำวิจัย และได้สนับสนุนทุนวิจัยสำหรับงานวิจัยครั้งนี้

References

Wanlop Makmee. (2016). **Four-stroke Gasoline Engine.** retrived in [1 November 2017] from:<https://vallo-pautomechanics.blogspot.com/2012/05/4.html>.

Watcharin Dongbang and Supoj Sirisenapan. (2007). **Study of Fuel Consumption of Heavy Trucks.** The 21th Conference of Thai Mechanical Engineering Network in 17-19 October 2007 in Chonburi.

Khunat Surasinghakraisorn. (2014). **Nozzle Cleaning Machine.** Vocational Certificate Program in Industrial Engineering, Automotive Engineering in Ratchaburi Technical College.

Tammasak Punsasensri and nukul Jankeaw. (2010). **Study of Small Diesel Engine Capacity in Actual Performance using Biodiesel from Used Vegetable Oil as Fuel.** Research Report of Maejo University.

Kanit Wattanavichien and Promraksa Rittiprasertmaneechan. (2015). **Comparison of the Results of High Bio Diesel Fuel from Used Vegetable Oils (HiBD) and Commercial Diesel Fuel (CD) on Fuel Consumption and Vehicle Pollution.** Journal of Engineering, Kasetsart University.

Einhart, T. E. (2015). **Commercial medium- and heavy-duty truck fuel efficiency technology study - Report #1.** (Report No. DOT HS 812 146). Washington, DC: National Highway Traffic Safety Administration.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
ปีที่ 6 ฉบับที่ 1 เดือนมกราคม – มิถุนายน 2561

Nguyen Huu Huong, Nguyen Huynh Minh,
Nguyen Le Duy Khai. (2015). An
equipment for directly cleaning out
fuel injectors of internal combustion
engine. **International Journal of
Mechanical Engineering and
Applications** 3(3-1): 1-6. published
online February 13, 2015.

ข้อเสนอการพัฒนาศมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยี ตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมเทคโนโลยีนานาชาติ (ITEA)

ไสว ศิริทองถาวร

สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อศึกษาระดับสมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยีของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ตามเกณฑ์มาตรฐานความรอบรู้ทางเทคโนโลยี (STL) ของสมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ (ITEA) และ 2) เพื่อจัดทำข้อเสนอในการพัฒนาศมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยี ของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยคือ นักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ภาคปกติ ชั้นปีที่ 1-3 มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา จำนวน 139 คน เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบสอบถามและแบบบันทึกการประชุม เครื่องมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การวิเคราะห์เชิงเนื้อหา และการใช้สถิติที่ประชุมผลการวิจัย เป็นดังต่อไปนี้

1. นักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมมีสมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยีในภาพรวมอยู่ในระดับปานกลาง หากพิจารณาเป็นรายองค์ประกอบ พบว่ามีค่าอยู่ในระดับปานกลางทุกองค์ประกอบเช่นกัน เรียงตามลำดับได้แก่ การออกแบบ โลโก้ที่ถูกออกแบบ ธรรมชาติของเทคโนโลยี ความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี และเทคโนโลยีและสังคม

2. ควรมีการจัดทำแผนพัฒนาศมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยีให้แก่ศึกษาทุกชั้นปี โดยกำหนดเป็นนโยบายในรูปวิชาแกนระดับคณะที่เชื่อมโยงไปสู่การจัดการเรียนการสอนรายวิชาอื่น ๆ และการฝึกอบรม ตามระดับความลึกซึ้งของเนื้อหา ความเชี่ยวชาญ และสมรรถนะ ตลอดจนจัดทำโครงการความร่วมมือกับสถานประกอบการในเครือข่ายเพื่อพัฒนาศมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยี ระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพของนักศึกษา

คำสำคัญ: สมรรถนะ, ความรอบรู้ทางเทคโนโลยี, สมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ (ITEA), มาตรฐานความรอบรู้ทางเทคโนโลยี (STL)

Propositions of Technology Literacy Competency Development regarding Standards of the International Technology Education Association (ITEA)

Sawai Siritongthaworn

Industrial Management Program, Faculty of Industrial Technology, Suan Sunandha Rajabhat University

ABSTRACT

This study has two main objectives: 1) to study the technology literacy competency level (TLCL) according to Standards for Technology Literacy (STL) issued by International Technology Education Association (ITEA), and 2) to make proposals for competency development in technology literacy. Samples include 139 students studying during their 1st – 3rd Year in the industrial management program. Research tools are questionnaire and meeting report. Data analysis tools comprise percentage, standard deviation, content analysis, and meeting resolution.

Results are:

1. Students in the industrial management program have technology literacy competency at a moderate level in both category and total perspectives. The categories ranked by students' TLCL include design, the designed world, the nature of technology, abilities for a technological world, and technology and society respectively.

Proposals for competency development in technology literacy should be prepared for all students as a policy according to the levels of content, skill, and competency in forms of core and supporting courses as well as training. In addition, they should also be enhanced during field experience under cooperation with networking enterprises.

Keywords: Competency, Technology Literacy, International Technology Education (ITEA) Association, Standards for Technology Literacy (STL)

บทนำ

เทคโนโลยีเป็นสิ่งที่แสดงถึงความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาการอย่างหนึ่งของมนุษยชาติในอดีต เทคโนโลยีมีความหมายที่ไม่ซับซ้อนเหมือนในปัจจุบัน เช่น อาจหมายถึงการใช้ภาษาคอมพิวเตอร์ได้อย่างคล่องแคล่ว แต่ในปัจจุบันเทคโนโลยีมีความซับซ้อนมากขึ้นตามสารสนเทศที่มีมากขึ้นอย่างต่อเนื่องในโลก รวมทั้งเครื่องมือสำหรับค้นหา ใช้ และสร้างสารสนเทศเหล่านั้นที่มีความหลากหลายและซับซ้อนมากขึ้นเช่นกัน จึงมีการเรียกความสามารถที่จะเรียนรู้และนำเทคโนโลยีไปใช้ประโยชน์นี้ว่าความรอบรู้ทางเทคโนโลยี (Technology Literacy)

ความรอบรู้ทางเทคโนโลยี หมายถึงความสามารถของบุคคลในการใช้เทคโนโลยีทำงานโดยปราศจากการพึ่งพาผู้อื่นอย่างเหมาะสมในการเข้าถึง จัดการ สร้าง สื่อสาร บูรณาการ และประเมินผลสารสนเทศ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ตลอดชีวิต (Montgomery County Public Schools, 2014; CDE, 2009; SETDA, 2007; ITEA, 2007, 7)

สมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ (International Technology Education Association: ITEA) ได้มีแนวคิดที่จะกำหนดเนื้อหาความรู้ ทักษะ และทัศนคติที่สำคัญของความรอบรู้ทางเทคโนโลยี โดยได้รับความร่วมมือจากหน่วยงานต่างๆ หลายแห่ง จัดทำเป็นมาตรฐานความรอบรู้ทางเทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy: STL; ITEA, 2007) เพื่อเป็นแนวทางให้หน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดทำหลักสูตร จัดกิจกรรมการเรียนรู้ และวัดประเมินผล แก่สถานศึกษาและประชาชนให้มีความรอบรู้ทางเทคโนโลยี โดยมีลักษณะพื้นฐานดังต่อไปนี้

- แสดงรายการของสิ่งที่คาดหวังทั่วไปที่ผู้เรียนควรจะเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี

- แสดงเนื้อหาที่เฉพาะเจาะจงที่ผู้เรียนทุกคนควรจะเรียนรู้เกี่ยวกับเทคโนโลยี
- มีความเหมาะสมกับพัฒนาการของผู้เรียน
- เป็นพื้นฐานในการพัฒนาหลักสูตรในรายละเอียด ทั้งในระดับท้องถิ่น และระดับรัฐ/ภูมิภาค
- ส่งเสริมความเชื่อมโยงกับเนื้อหาในวิชาอื่น ๆ ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน

มาตรฐานความรอบรู้ทางเทคโนโลยี (Standards for Technological Literacy: STL) ตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมเทคโนโลยีนานาชาติ (ITEA) แบ่งเป็น 5 องค์ประกอบ 20 มาตรฐาน (ITEA, 2007, 13-15) ดังนี้

1) ธรรมชาติของเทคโนโลยี เข้าใจถึงความหมาย มีความคุ้นเคยกับแนวคิดของเทคโนโลยี และเห็นความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยีกับวิชาอื่น ๆ โดยผู้เรียนจะพัฒนาความเข้าใจถึง

มาตรฐานที่ 1 คุณลักษณะและขอบเขตของเทคโนโลยี

มาตรฐานที่ 2 แนวคิดที่สำคัญของเทคโนโลยี

มาตรฐานที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างเทคโนโลยี

และสาขาวิชาอื่นๆ

2) เทคโนโลยีและสังคม ศึกษาการใช้เทคโนโลยีในบริบทที่กว้างขึ้น โดยพิจารณาผลกระทบต่อสังคมและสิ่งแวดล้อมทางกายภาพ รวมถึงประวัติของเทคโนโลยี โดยผู้เรียนจะพัฒนาความเข้าใจถึง

มาตรฐานที่ 4 ผลของวัฒนธรรม สังคม เศรษฐกิจ และการเมือง ที่มีต่อเทคโนโลยี

มาตรฐานที่ 5 ผลของเทคโนโลยีที่มีต่อสิ่งแวดล้อม

มาตรฐานที่ 6 บทบาทของสังคมในการพัฒนาและการใช้เทคโนโลยี

มาตรฐานที่ 7 อิทธิพลของเทคโนโลยีที่มีต่อประวัติศาสตร์

3) การออกแบบ สร้างความรู้ความเข้าใจในกระบวนการออกแบบ เน้นถึงคุณลักษณะของการออกแบบ กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรม และวิธีแก้ปัญห (problem-solving) อื่น ๆ โดยผู้เรียนจะพัฒนาความเข้าใจถึง

มาตรฐานที่ 8 คุณลักษณะของการออกแบบ

มาตรฐานที่ 9 การออกแบบเชิงวิศวกรรม

มาตรฐานที่ 10 บทบาทในการแก้ไขปัญหา เฉพาะหน้า การวิจัยและพัฒนา การประดิษฐ์ และสร้างนวัตกรรม และการทดลองเพื่อแก้ไขปัญหา

4) ความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี พัฒนาความสามารถในด้านการออกแบบ ผลิต พัฒนา ดำเนินงาน บำรุงรักษา จัดการ และประเมินผลิตภัณฑ์และระบบทางเทคโนโลยี โดยผู้เรียนจะพัฒนาความสามารถในกิจกรรมต่าง ๆ ต่อไปนี้

มาตรฐานที่ 11 การประยุกต์ใช้กระบวนการออกแบบ

มาตรฐานที่ 12 การใช้และบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์และระบบทางเทคโนโลยี

มาตรฐานที่ 13 การประเมินผลกระทบของผลิตภัณฑ์และระบบ

5) โลกที่ถูกออกแบบ ครอบคลุมถึงการเลือกใช้ และเข้าใจถึงเทคโนโลยีสำคัญ ๆ ที่ใช้เป็นปกติ ทุกวันนี้ โดยผู้เรียนจะพัฒนาความเข้าใจ ตลอดจนสามารถที่จะเลือกและใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ต่อไปนี้

มาตรฐานที่ 14 เทคโนโลยีทางการแพทย์

มาตรฐานที่ 15 เทคโนโลยีทางการเกษตรและเทคโนโลยีชีวภาพที่เกี่ยวข้อง

มาตรฐานที่ 16 เทคโนโลยีพลังงานและไฟฟ้ากำลัง

มาตรฐานที่ 17 เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร

มาตรฐานที่ 18 เทคโนโลยีการขนส่ง

มาตรฐานที่ 19 เทคโนโลยีการผลิต

มาตรฐานที่ 20 เทคโนโลยีการก่อสร้าง

คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ได้รับการจัดตั้งเป็นหน่วยงานระดับคณะตามการประกาศการแบ่งส่วนราชการ มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ในปี พ.ศ.2548 ที่มุ่งเน้นผลิตบัณฑิตที่มีความเชี่ยวชาญทางด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ปัจจุบันมีการจัดการเรียนการสอนจำนวน 13 สาขาวิชา สาขาการจัดการอุตสาหกรรมเป็นสาขาหนึ่งในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มุ่งผลิตบัณฑิตที่มีความเชี่ยวชาญด้านการจัดการในงานอุตสาหกรรมและวิศวกรรม เพื่อรองรับการเติบโตของระดับเทคโนโลยี และเพิ่มผลผลิตของภาคอุตสาหกรรม

ในการจัดการเรียนรู้ของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมให้บรรลุตามจุดมุ่งหมาย ผู้เรียนจำเป็นต้องมีสมรรถนะที่จะเรียนรู้ และนำเทคโนโลยีไปใช้ในบริบทต่าง ๆ ของการจัดการในงานด้านอุตสาหกรรมและวิศวกรรม ในอดีตที่ผ่านมา ผู้เรียนมีความแตกต่างในสมรรถนะพื้นฐานทางเทคโนโลยีค่อนข้างมาก การเตรียมความพร้อมให้แก่ผู้เรียนให้มีความรอบรู้ทางเทคโนโลยีจะช่วยให้ผู้เรียนมีพื้นฐานที่ดี มีโอกาสที่จะประสบผลสำเร็จในการเรียนสูง งานวิจัยนี้เป็นจุดเริ่มต้นในการศึกษาระดับความรอบรู้ทางเทคโนโลยีของนักศึกษาตามมาตรฐานความรู้ทางเทคโนโลยี (STL) ของสมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ (ITEA) เพื่อจัดทำข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี อันจะเป็นการเตรียมความพร้อมของผู้เรียน และพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนในสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ตลอดจนหลักสูตรอื่นในคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมที่มีลักษณะใกล้เคียงกัน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี ของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ตามเกณฑ์มาตรฐานความรู้ทางเทคโนโลยี (STL)

2. เพื่อจัดทำข้อเสนอในการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี ของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม

ระเบียบวิธีวิจัย

1 ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในงานวิจัยนี้ได้แก่ นักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม ภาคปกติ ชั้นปีที่ 1 2 และ 3 จำนวน 73 42 และ 38 คน ตามลำดับ รวมทั้งสิ้น 153 คน

กลุ่มตัวอย่าง เลือกจากประชากรโดยวิธีสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) หาขนาดกลุ่มตัวอย่างจากตารางของเครจซี่ และมอร์แกน (Krejcie and Morgan, 1970) ได้กลุ่มตัวอย่างขนาด 113 คน โดยผู้วิจัยจะเตรียมแบบสอบถามสำรองอีก 30 ชุด รวมเป็น 143 ชุด

2 เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ แบบสอบถาม สร้างขึ้นโดยนำมาตรฐานความรู้ทางเทคโนโลยี (STL) มาเป็นกรอบในการสร้างเครื่องมือ แบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 สถานภาพของนักศึกษาเป็นแบบตรวจสอบรายการ ประกอบด้วย เพศ ชั้นปี และเกรดเฉลี่ยสะสม ลักษณะเป็นคำถามแบบตรวจสอบรายการ (Check List)

ตอนที่ 2 สมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี มีลักษณะเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับตามแบบลิเคอร์ท (Likert, 1967, 90-95) โดยแบ่งเป็น 5 องค์ประกอบ 20 มาตรฐานตามเกณฑ์มาตรฐาน

ความรู้ทางเทคโนโลยี (STL) โดยแต่ละมาตรฐานจะสอบถามใน 2 ลักษณะ คือสอบถามถึงระดับของความเข้าใจและระดับของความสามารถในการนำไปใช้ รวม 40 ข้อ

การตรวจสอบคุณภาพของแบบสอบถามเริ่มจากการหาความเที่ยงตรงตามเนื้อหา (Content Validity) โดยสร้างเครื่องมือจากกรอบแนวคิดที่กล่าวข้างต้น หลังจากนั้นนำเครื่องมือไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหากับผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน แล้วนำผลมาวิเคราะห์ตามเทคนิค IOC (Index of Item-objective Congruence) ได้ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มีค่าอยู่ระหว่าง 0.67 – 1.00 หลังจากนั้นนำเครื่องมือที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม จำนวน 30 คน หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยวิธีการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ตามแบบของครอน บาค (Cronbach, 1974)

ในงานวิจัยนี้หาความเชื่อมั่นโดยหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟาได้ที่ค่าระดับความเชื่อมั่นของเครื่องมือวัดเท่ากับ 0.92 สรุปได้ว่าแบบสอบถามมีความน่าเชื่อถือและสามารถนำไปศึกษาในกลุ่มตัวอย่างจริงได้

3 การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการโดยแบ่งเป็นเฟสที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การวิจัยได้ดังต่อไปนี้

เฟสที่ 1

1) สร้างเครื่องมือวัดจากกรอบแนวคิดตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือวัด

2) ส่งแบบสอบถามไปให้นักศึกษากลุ่มตัวอย่างทั้ง 3 ชั้นปี

3) รวบรวมข้อมูลที่ได้รับ

4) วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบสอบถาม

เฟสที่ 2

1) สังเคราะห์ผลการวิจัยจากเฟสที่ 1

2) ยกร่างข้อเสนอจากผลการวิจัยที่ได้สังเคราะห์

3) นำยกร่างข้อเสนอไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณา โดยการประชุมวิพากษ์ข้อเสนอ

4) ปรับปรุงข้อเสนอ และนำเสนอผลการวิจัย

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลเชิงปริมาณ การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบสอบถาม ส่วนที่ 1 ใช้ค่าความถี่ (Frequency) ร้อยละ (Percentage) ส่วนที่ 2 ใช้ค่าเฉลี่ย (Mean) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) โดยวิเคราะห์รายข้อคำถาม (40 ข้อ) รายมาตรฐาน (20 มาตรฐาน) และรายองค์ประกอบ (5 องค์ประกอบ) ทั้งนี้ในการแปลความหมาย ผู้วิจัยแปลความหมายของค่าเฉลี่ยโดยใช้เกณฑ์ ตามแนวคิดของ เบสท์ (Best and Kahn, 1986, 181-183) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย	ความหมาย
4.51 – 5.00	มากที่สุด
3.51 – 4.50	มาก
2.51 – 3.50	ปานกลาง
1.51 – 2.50	น้อย
1.00 – 1.50	น้อยที่สุด

ข้อมูลเชิงคุณภาพ ข้อมูลที่จะจัดทำข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี ใช้ตามเกณฑ์มาตรฐานความรู้ทางเทคโนโลยี ใช้การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) และการใช้มิติที่ประชุมในการประชุมวิพากษ์ข้อเสนอ

ผลการวิจัย

ผลการวิจัยจะแบ่งไป 3 ส่วน ส่วนที่ 1 เป็นผลการวิจัยด้านสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 เป็นผลการวิจัยด้านระดับสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี และส่วนที่ 3 เป็น

ผลการวิจัยด้านข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี

1. ผลการวิจัยด้านสถานภาพของผู้ตอบแบบสอบถาม

ผู้ตอบแบบสอบถามศึกษาอยู่ในชั้นปีที่ 1 มากที่สุด จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 48.92 รองลงมาได้แก่นักศึกษาชั้นปีที่ 2 และ 3 จำนวน 36 และ 35 คน คิดเป็นร้อยละ 25.90 และ 25.18 ตามลำดับ มีสัดส่วนระหว่างเพศชายและเพศหญิงใกล้เคียงกัน กล่าวคือ เพศชาย จำนวน 66 คน คิดเป็นร้อยละ 47.48 เพศหญิง จำนวน 68 คน คิดเป็นร้อยละ 48.92 และไม่ระบุคำตอบที่ชัดเจน จำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 3.60 นอกจากนี้ ผู้ตอบแบบสอบถามมีระดับเกรดเฉลี่ยสะสมระหว่าง 1.76 – 2.25 สูงสุด จำนวน 54 คน คิดเป็นร้อยละ 38.85 รองลงมา ได้แก่ ช่วงระหว่าง 2.26 – 2.75 ระหว่าง 2.76 – 3.25 สูงกว่า 3.25 น้อยกว่า 1.75 และไม่ระบุคำตอบที่ชัดเจน จำนวน 50 17 7 6 และ 5 คน คิดเป็นร้อยละ 35.97 12.23 5.04 4.32 และ 3.60 ตามลำดับ

2. ผลการวิจัยด้านระดับสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี

กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของระดับความรู้ทางเทคโนโลยีเฉลี่ยโดยรวมทุกข้อคำถามเท่ากับ 3.14 ซึ่งจัดอยู่ในระดับปานกลาง ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ .598 ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดที่คำถามข้อที่ 40 “ท่านสามารถเลือกและใช้เทคโนโลยีการก่อสร้างได้อย่างเหมาะสม” เท่ากับ 3.27 ค่าเฉลี่ยต่ำสุดที่คำถามข้อที่ 1 “ท่านมีความเข้าใจถึงคุณลักษณะและขอบเขตของเทคโนโลยี” เท่ากับ 2.92 ซึ่งคำถามทุกข้อล้วนมีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับปานกลางทั้งสิ้น

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของระดับความรู้ทางเทคโนโลยีเป็นรายมาตรฐาน พบว่า มาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดได้แก่ มาตรฐานที่ 20

“เทคโนโลยีการก่อสร้าง” มีค่าเท่ากับ 3.22 มาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดได้แก่ มาตรฐานที่ 1 “คุณลักษณะและขอบเขตของเทคโนโลยี” มีค่าเท่ากับ 3.05 สอดคล้องกับผลการวิจัยค่าเฉลี่ยระดับรายข้อคำถาม

เมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของระดับความรู้ทางเทคโนโลยีรายองค์ประกอบ พบว่า แต่ละองค์ประกอบมีค่าเฉลี่ยไม่แตกต่างกันมากนัก

องค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดมีค่าเท่ากับ 3.15 โดยมี 2 องค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยเท่ากัน คือ องค์ประกอบที่ 3 การออกแบบ และองค์ประกอบที่ 5 โลกที่ถูกออกแบบ ส่วนองค์ประกอบที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดมีค่าเท่ากับ 3.12 ได้แก่ องค์ประกอบที่ 2 เทคโนโลยีและสังคม ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าเฉลี่ยระดับความรู้ทางเทคโนโลยีตามองค์ประกอบและโดยรวม

ความรู้ทางเทคโนโลยี	Mean	S.D.	ความหมาย
ค. การออกแบบ	3.15	.637	ปานกลาง
จ. โลกที่ถูกออกแบบ	3.15	.578	ปานกลาง
ก. ธรรมชาติของเทคโนโลยี	3.14	.677	ปานกลาง
ง. ความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี	3.13	.631	ปานกลาง
ข. เทคโนโลยีและสังคม	3.12	.668	ปานกลาง
รวม	3.14	.598	ปานกลาง

โดยภาพรวมจากผลการวิจัย พบว่า ค่าเฉลี่ยของระดับความรู้ทางเทคโนโลยีไม่ว่าจะเป็นรายข้อคำถาม รายมาตรฐาน และรายองค์ประกอบ มีค่าเฉลี่ยใกล้เคียงกัน และอยู่ในระดับปานกลางทั้งสิ้น

3. ผลการวิจัยด้านข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี

เนื่องจากผลของระดับสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีทั้งระดับรายข้อคำถาม รายมาตรฐาน และรายองค์ประกอบ มีค่าใกล้เคียงกัน และอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด ผู้วิจัยจึงได้ทำการยกย่องข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี โดยไม่ได้ให้ความสำคัญหรือนำหนักกับข้อคำถาม มาตรฐาน หรือองค์ประกอบใดเป็นพิเศษ ในเบื้องต้นผู้วิจัยได้ยกย่องข้อเสนอขึ้นมาจำนวน 9 ข้อ

หลังจากนั้น ผู้วิจัยได้นำข้อเสนอดังกล่าวไปเสนอต่อที่ประชุมผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อวิพากษ์ให้ข้อเสนอแนะ หลังจากนั้นนำข้อวิพากษ์และข้อเสนอแนะมาสังเคราะห์ปรับปรุงข้อเสนอเพิ่มเติมจากเดิม 9 ข้อ เป็นจำนวน 13 ข้อ โดยแยกประเภทเป็นข้อเสนอต่อสาขาวิชา และข้อเสนอต่อผู้บริหาร ดังต่อไปนี้

ข้อเสนอต่อสาขาวิชา

1. ควรมีการจัดทำแผนพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีเป็นกิจกรรมเสริมให้นักศึกษาทุกชั้นปีตามลำดับความลึกซึ้งของเนื้อหาและความเชี่ยวชาญระดับสมรรถนะ
2. ควรมีการจัดทำโครงการความร่วมมือระหว่างสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรมกับสถานประกอบการในการพัฒนาสมรรถนะ

ความรู้ทางเทคโนโลยีระหว่างการศึกษา
ประสบการณ์วิชาชีพ

3. ควรจัดให้มีการประเมินสมรรถนะ
ความรู้ทางเทคโนโลยีของนักศึกษาเป็น
รายบุคคล แล้วศึกษาค้นคว้าหาโปรแกรมที่
นักศึกษจะสามารถพัฒนาสมรรถนะด้วยตนเอง
ได้

4. การประเมินผลการพัฒนาสมรรถนะ
ควรประเมินทั้งแบบเป็นทางการและแบบไม่เป็น
ทางการ โดยพิจารณาผลลัพธ์กับเป้าหมายที่
กำหนด

5. การพัฒนาสมรรถนะความรู้ทาง
เทคโนโลยีควรสร้างความสมดุลระหว่าง
องค์ประกอบต่าง ๆ อันประกอบด้วย ธรรมชาติ
ของเทคโนโลยี เทคโนโลยีและสังคม การออกแบบ
ความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี และโลก
ที่ถูกออกแบบ ให้สอดคล้องกับความต้องการของ
สถานประกอบการและสภาพแวดล้อมขององค์กร

ข้อเสนอต่อผู้บริหาร

1. คณะควรส่งเสริมให้มีการสร้างรายวิชาที่
เสริมสร้างสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี
ที่สำคัญ โดยเฉพาะใน 3 องค์ประกอบแรกที่เป็น
แนวคิดพื้นฐานสำคัญ เป็นวิชาแกนระดับ
คณะในหมวดวิชาบังคับเลือกในคณะเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม ที่นักศึกษาทุกสาขาวิชามีความจำเป็น
ต้องลงทะเบียน

2. ผู้บริหารทุกระดับควรให้ความสำคัญโดย
กำหนดเป็นนโยบายที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะ
ความรู้ทางเทคโนโลยี เชื่อมโยงสู่การจัดการ
เรียนการสอนทุกรายวิชา และประเมินผลลัพธ์
การเรียนรู้เพื่อพัฒนาสมรรถนะอย่างต่อเนื่อง

3. ควรส่งเสริมให้มีการจัดการความรู้
เกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทาง
เทคโนโลยีของนักศึกษาในคณะและระหว่าง
เครือข่าย

4. ควรส่งเสริมให้มีการจัดทำโครงการ
แลกเปลี่ยนนักศึกษาเกี่ยวกับการพัฒนาสมรรถนะ
ความรู้ทางเทคโนโลยีในสถาบันการศึกษาที่
ได้มาตรฐานทางเทคโนโลยีหรือสถาบันเทคโนโลยี
เฉพาะทาง

5. ในระดับคณะ ควรมีการเตรียมความพร้อม
นักศึกษาให้มีความรู้ความเข้าใจและเห็นคุณค่า
ของสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี เพื่อใช้
ประกอบการศึกษาต่อ การประกอบอาชีพ และ
การดำรงชีวิต

6. ควรมีการวางแผนเพื่อพัฒนาสมรรถนะ
ความรู้ทางเทคโนโลยีร่วมกัน ระหว่างคณะ
ต่างๆ และระหว่างคณะกับสาขาวิชาต่าง ๆ โดยมี
การกำหนดเป้าหมายและกลยุทธ์การพัฒนาให้
สำเร็จตามเป้าหมาย

7. แนวทางการพัฒนาสมรรถนะความรู้
ทางเทคโนโลยี ควรพิจารณาถึงปัจจัยที่เป็น
นโยบายระดับชาติ อาทิเช่น การเข้าสู่ประชาคม
เศรษฐกิจอาเซียน ไทยแลนด์ 4.0 ปรัชญา
เศรษฐกิจพอเพียง เข้าไปบูรณาการด้วย

8. ควรส่งเสริมให้มีเวทีถ่ายทอดแลกเปลี่ยน
ความรู้และประสบการณ์ทางเทคโนโลยี ระหว่าง
ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมรุ่นใหม่และผู้ที่ประสบ
ความสำเร็จในวิชาชีพอุตสาหกรรม

สรุปและอภิปรายผล

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม
จากนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม
ผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 139 คน พบว่า
ส่วนใหญ่เป็นนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ร้อยละ 48.92
เป็นเพศหญิง ร้อยละ 48.92 และมีเกรดเฉลี่ย
สะสมระหว่าง 1.76-2.25 ร้อยละ 38.85

1.1.1 กลุ่มตัวอย่างมีค่าเฉลี่ยของระดับ
ความรู้ทางเทคโนโลยี โดยรวมเท่ากับ 3.14
จัดอยู่ในระดับปานกลาง รายละเอียดเป็นดังนี้

1.1.2 ในระดับข้อคำถาม ข้อคำถามที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.27 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 2.92 ทั้งหมดอยู่ในระดับปานกลาง

1.1.3 ในระดับมาตรฐาน มาตรฐานที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.22 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 3.05 ทั้งหมดอยู่ในระดับปานกลาง

1.1.4 ในระดับองค์ประกอบ องค์ประกอบมีค่าเฉลี่ยสูงสุด เท่ากับ 3.15 ค่าเฉลี่ยต่ำสุด เท่ากับ 3.12 ทั้งหมดอยู่ในระดับปานกลาง

1.2 ข้อเสนอการพัฒนาศมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี พบว่า ควรมีการจัดทำแผนพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีเป็นกิจกรรมเสริมให้แก่นักศึกษาทุกชั้นปีตามลำดับความลึกซึ้งของเนื้อหาและความเชี่ยวชาญ ระดับสมรรถนะกำหนดเป็นนโยบายในการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีในรูปวิชาแกนระดับคณะแล้วเชื่อมโยงไปสู่การจัดการเรียนการสอนทุกรายวิชา และจัดทำโครงการความร่วมมือทางวิชาการกับสถานประกอบการในการพัฒนาสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีระหว่างการฝึกประสบการณ์วิชาชีพ

2. การอภิปรายผล

การที่ระดับสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีทั้งระดับรายข้อคำถาม มาตรฐาน และรายองค์ประกอบ มีค่าใกล้เคียงกันและอยู่ในระดับปานกลางทั้งหมด ซึ่งถ้าเป็นกรณีผู้เรียนสาขาวิชาอื่น ๆ ทั่วไป ก็อาจไม่มีความสำคัญมากนัก อย่างไรก็ตาม การวิจัยนี้อยู่ในบริบทของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม การมีระดับสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีในระดับปานกลาง อาจยังไม่เพียงพอต่อสภาพการแข่งขันที่นักศึกษาจะต้องเผชิญในอนาคตเพื่อประกอบอาชีพที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมและเทคโนโลยีต่อไป

เมื่อพิจารณาองค์ประกอบของสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีตามมาตรฐาน STL พบว่าตั้งแต่องค์ประกอบที่ 1 ถึง 3 (ธรรมชาติของเทคโนโลยี เทคโนโลยีและสังคม และการออกแบบ) เป็นองค์ประกอบของสมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยีในระดับพื้นฐาน เพื่อสร้างความรู้ความเข้าใจ เตรียมความพร้อมไปสู่สมรรถนะในระดับที่สูงขึ้นไป ประกอบด้วยธรรมชาติของเทคโนโลยี เทคโนโลยีและสังคม และการออกแบบ องค์ประกอบที่ 4 (ความสามารถสำหรับโลกแห่งเทคโนโลยี) เป็นองค์ประกอบของสมรรถนะที่นำแนวคิดพื้นฐานต่าง ๆ ไปประยุกต์ใช้ ส่วนองค์ประกอบที่ 5 (โลกที่ถูกออกแบบ) เป็นองค์ประกอบของสมรรถนะในการเลือก ใช้ และเข้าใจเทคโนโลยีสำคัญกลุ่มต่าง ๆ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะตาม ประเภท หรือกลุ่มของเทคโนโลยีที่เกี่ยวข้องกับสาขาวิชาของผู้เรียนได้ลึกซึ้งมากขึ้น

การเรียงลำดับขององค์ประกอบดังกล่าว นับว่าสอดคล้องกับหลักการเรียนรู้ตามแนวคิดพุทธิพิสัย (Cognitive Domain) ของ เบนจามิน บลูม และคณะ (Bloom et al, 1956) กล่าวคือ องค์ประกอบที่ 1 ถึง 3 เป็นการสร้างความรู้ความเข้าใจ องค์ประกอบที่ 4 เป็นการพัฒนาผู้เรียนให้สามารถนำความรู้ความเข้าใจจากองค์ประกอบก่อนหน้าไปประยุกต์ใช้ ส่วนในองค์ประกอบที่ 5 เป็นการเลือกและใช้เทคโนโลยีผ่านการวิเคราะห์ สังเคราะห์ และประเมินค่า

ในการร่างข้อเสนอการพัฒนาศมรรถนะความรู้ทางเทคโนโลยี ผู้วิจัยคำนึงถึงปัจจัยที่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้ ตลอดจนการบริหารหลักสูตรและองค์กร อันได้แก่ การวางแผนการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ การเรียนรู้ด้วยรูปแบบที่หลากหลาย การประเมินผลการเรียนรู้ สื่อนวัตกรรม และแหล่งเรียนรู้ การฝึกประสบการณ์วิชาชีพ และการสร้างเครือข่ายการเรียนรู้ เพื่อให้

เกิดการพัฒนาคูณลักษณะของผู้เรียน อันได้แก่ ความรู้ ทักษะ ความสามารถ และคุณสมบัติต่าง ๆ (อานนท์ ศักดิ์วีระวิชัย, 2547)

ข้อเสนอการพัฒนาสมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยี มีความสอดคล้องกับงานวิจัยของ Baker (2008) ในส่วนของการปฏิบัติงานการเรียนการสอนของครูที่มีผลต่อความรอบรู้ทางเทคโนโลยีของผู้เรียน ประกอบด้วย การสร้างตัวแบบ (modeling) และสาธิต การมอบหมายงานให้ฝึกปฏิบัติ การเป็นพี่เลี้ยง การให้ความร่วมมือและประเมินผู้เรียนตามผลลัพธ์ที่เกิดขึ้น คาดว่า การพัฒนาสมรรถนะตามข้อเสนอดังกล่าวนี้จะส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของผู้เรียนในที่สุด

ข้อเสนอแนะ

ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะจากผลการวิจัยดังนี้

1. ข้อเสนอแนะเพื่อนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 สาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ควรมีการเตรียมความพร้อมนักศึกษาชั้นปีที่ 1 ก่อนที่จะเข้าศึกษาตามหลักสูตร (ก่อนเปิดภาคการศึกษา) ด้วยการอบรมเชิงปฏิบัติการให้นักศึกษามีความรู้ความเข้าใจถึงแนวคิดที่สำคัญของเทคโนโลยีและการออกแบบทางเทคโนโลยี เพื่อให้เกิดความเข้าใจต่อยอดในการนำไปสู่สมรรถนะ ความรอบรู้ทางเทคโนโลยีในองค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง

1.2 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมควรให้ความสำคัญและการสนับสนุนให้สาขาวิชาต่าง ๆ ในคณะ ได้ร่วมกันพัฒนาสมรรถนะนักศึกษาโดยจัดทำโครงการในการเสริมสร้างสมรรถนะในการแก้ปัญหาเฉพาะหน้า การพัฒนาเป็นรายวิชา แกนระดับคณะ การวิจัยและพัฒนา การประดิษฐ์ และการสร้างนวัตกรรมจากการทดลองเพื่อแก้ปัญหาทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

1.3 คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรมควรจัดกิจกรรมบริการวิชาการแก่สังคมและชุมชน เพื่อให้สามารถใช้เทคโนโลยีได้อย่างถูกต้องปลอดภัย และคุ้มค่า รวมทั้งการบำรุงรักษาผลิตภัณฑ์และระบบเทคโนโลยี โดยมีนักศึกษาเป็นส่วนหนึ่งของโครงการที่จะได้รับการเรียนรู้และพัฒนาสมรรถนะจากกิจกรรมบริการวิชาการดังกล่าว

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการวิจัยเรื่องรูปแบบการจัดการเรียนรู้เพื่อเสริมสร้างสมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยีของนักศึกษาสาขาวิชาการจัดการอุตสาหกรรม ตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ

2.2 ควรมีการวิจัยเรื่องการพัฒนาหลักสูตรวิชาชีพการจัดการอุตสาหกรรมระยะสั้น โดยเน้นพัฒนาสมรรถนะความรอบรู้ทางเทคโนโลยีตามเกณฑ์มาตรฐานของสมาคมเทคโนโลยีศึกษานานาชาติ

References

- Baker, J. M. (2008). *Exploring Technological Literacy: Middle School Teachers Perspectives*. (Doctoral Dissertation). Walden University, College of Education.
- Best, J. W. and Kahn, J.V. (1986). *Research in Education* (5th ed.). New Delhi: Prentice Hall.
- Bloom, B., Englehart, M., Furst, E., Hill, W., and Krathwohl, D. (1956). *Taxonomy of Educational Objectives: The Classification of Educational Goals. Handbook I: Cognitive Domain*. New York, Toronto: Longmans, Green.

- CDE. (2009). **Professional Development Module: What Is the Technology Literacy?**. retrieved on 23 October 2016 from <http://www.Coloradotechliteracy.org/org/documentation/module1/definition.htm>.
- Cronbach, L. J. (1974). **Essentials of Psychological Testing**. NY: Harper and Row.
- ITEA. (2007). **Standards for Technological Literacy: Content for the Study of Technology**. (3rd ed). Reston, VI: International Technology Education Association.
- Krejcie, R. V. and Morgan, D. W. (1970). Determining Sample Size for Research Activities. **Educational and Psychological Measurement**, (30), 607-610.
- Likert, R. (1967). The Method of Constructing and Attitude Scale. in Fishbein, M (Eds.), **Attitude Theory and Measurement**. (90-95). NY: Wiley & Son.
- Montgomery County Public Schools. (2014). **Definition of Technology Literacy**. retrieved on 26 July 2016 from <https://www.montgomeryschoolsmd.org/departments/techlit/docs/Definition%20of%20Technology%20Literacy.pdf>.
- Sakworawich, A. (2004). **Competency: The Old Subject Matter We Still Lost**. **Chulalongkorn Review**. (16, July – September), 57–72.
- SETDA. (2007). **2007 Technology Literacy Assessment and Educational Technology Standards Report**. retrieved on 26 October 2016 from <http://www.setda.org/wp-content/uploads/2015/03/TEchnologyLiteracy2007Final.pdf>.

การพัฒนาสูตรยางพองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับเด็ก

กุชชานา ยาวออาซัน

ภาควิชาวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ฮาลาล คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยฟาฏอนี

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสูตรยางและปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมพองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติเพื่อผลิตสื่อการสอนสำหรับเด็ก โดยการนำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 มาทำการบ่มเป็นระยะเวลา 32 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส จากนั้น กวนอย่างช้า ๆ ด้วยเครื่องตีขนมเค้ก (ในเวลาเดียวกันได้เติมสาร DPG,ZMBT, ZDEC, Sulphur, SFF ตามลำดับ) เทพองน้ำที่ได้ลงในเบ้ารองจนเกิดการเจลภายใต้อุณหภูมิห้อง และนำไปอบในตู้อบลมร้อน จนได้พองน้ำที่สุกสมบูรณ์ และได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของพองน้ำสูตรที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์เป็นสารตัวเติม โดยวิธีการแบบดันลอป ที่ปริมาณ 0, 15 และ 30 phr ผลจากการศึกษาพบว่า การใช้สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในการเตรียมพองน้ำจากยางธรรมชาติดีกว่าการใช้สารตัวเติมเคลย์ เนื่องจากสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตให้พองน้ำที่มีคุณสมบัติดี ผิวเรียบเกิดการเจลได้เร็ว และพองน้ำไม่เกิดการหดตัว ดังนั้น แคลเซียมคาร์บอเนตจึงเป็นสารตัวเติมที่ลดต้นทุนในการผลิตโดยแปรปริมาณในระดับ 50, 100 และ 150 phr พบว่าสามารถผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณสูง 100 phr โดยพองน้ำยังมีคุณสมบัติเด่น และสามารถนำไปแปรรูปเป็นสื่อการสอนได้

คำสำคัญ : น้ำยางธรรมชาติ, แคลเซียมคาร์บอเนต, พองน้ำ, สื่อการสอน

The development of natural rubber sponge formulations as teaching media for children

Kususana Yaworasan

Department of Research and Development of Halal Products,
Science and Technology Faculty, Fatoni University

ABSTRACT

This research aims to study the appropriate rubber and calcium carbonate for the preparation of natural latex sponges formulations as teaching material for children. The first rubber compound was incubate for 32 hours at 25 °C and use the eegwhick to slowly stir the rubber (At the same time pour DPG,ZMBT, ZDEC, Sulphur, SFF respectively). Next, Pour the sponges into the crucible and leave them when they become gelled and Bring a sponge into Hot Air Oven. Then, the rubber turned to be a complete sponge. The study comparison of the physical properties of natural rubber latex have a calcium carbonate and clay was filler with Dunlop process as adding different amount at 0, 15 and 30 phr. It was found the preparation of natural rubber sponge from filler as calcium carbonate is better than clay. Because calcium carbonate filler could be made a good properties smooth skin surface the gel quickly and sponge don't shrink so that the calcium carbonate is a filler to reduce the cost of produce and the difference amount at 50, 100 and 150 phr. It is possible to mix calcium carbonate amount at 100 phr. that The sponge also has good proparties and can be formulations into teaching media.

Keywords: natural rubber, calcium carbonate, sponges, teaching media

บทนำ

เกษตรกรในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่างมากกว่าร้อยละ 90 จะประกอบอาชีพกรีดยาง การจำหน่ายยางของเกษตรกรชาวสวนยางร้อยละ 100 จะจำหน่ายในรูปวัตถุดิบ เช่น น้ำยางสด ยางแผ่นดิบ และยางก้อนถ้วย ยังไม่มีเกษตรกรกลุ่มใดที่สามารถนำยางธรรมชาติซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ตนเองมีอยู่มาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่สามารถจำหน่ายได้ในมูลค่าที่สูงกว่าการจำหน่ายยางในรูปของวัตถุดิบได้ ทั้งๆที่ยางธรรมชาติสามารถแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์งานจุ่ม ผลิตภัณฑ์งานหล่อเข้าและผลิตภัณฑ์ฟองน้ำ เป็นต้น (สุรศักดิ์, 2551)

ปัจจุบันรูปแบบการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาทักษะการคิดและพัฒนาการด้านต่าง ๆ ของเด็กมีการเปลี่ยนแปลงจากอดีตเนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ได้มีบทบัญญัติที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีการศึกษาและนวัตกรรมการศึกษาไว้หลายมาตรา มาตราที่สำคัญคือ มาตรา 67 รัฐต้องส่งเสริมให้มีการวิจัยและพัฒนาการผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาวิธีหนึ่งของกระบวนการเรียนรู้ คือ การผลิตสื่อทางการศึกษา สื่อเป็นตัวกลางที่ผู้เลี้ยงดูเด็กนำมาช่วยในการถ่ายทอดความรู้ ประสบการณ์ และทักษะไปสู่เด็กได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ราชบัณฑิตยสถาน, 2542) สื่อเรียนรู้ที่ใช้สำหรับพัฒนาทักษะและพัฒนาการของเด็กที่มีอายุระหว่าง 2 ปี – 7 ปี ที่นิยมอย่างหนึ่งคือสื่อชิ้นงานตัวอักษร พยัญชนะ สระ และสัตว์ เป็นต้น ดังแสดงในรูปที่ 1 จึงมีความจำเป็นต้องศึกษา สี กลิ่น และสารก่อภูมิแพ้ ที่เกิดจากยางธรรมชาติ โดยแปรรูปจากพอลิเมอร์สังเคราะห์พอลิเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (Polyethylenevinylacetate, EVA) ซึ่งจำเป็นต้องผ่านกระบวนการผสม และฉีดขึ้นรูป (Injection moulding) ด้วยเครื่องมือ

ในระดับอุตสาหกรรม โดยชิ้นงานจะมีลักษณะเป็นแผ่นเรียบและมีรูพรุนเล็ก ๆ ด้านในคล้ายฟองน้ำ



รูปที่ 1 ลักษณะสื่อการสอนจากพอลิเอทิลีนไวนิลอะซิเตต (Polymethylenevinylacetate, EVA)

ฟองน้ำเป็นผลิตภัณฑ์ที่นิยมแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์เฟอร์นิเจอร์และที่นอน ซึ่งสามารถแปรรูปจากวัสดุพอลิเมอร์สังเคราะห์ และยางธรรมชาติ ฟองน้ำจากยางธรรมชาติจะมีสมบัติเด่นกว่า พอลิเมอร์สังเคราะห์หลายประการด้วยกัน เช่น ความสามารถในการคืนตัวได้ดี มีความยืดหยุ่นสูงและเหมาะต่อการแปรรูปเพื่อเป็นที่นอนสุภาพที่ปลอดจากไรฝุ่น จึงเป็นที่นิยมในกลุ่มผู้บริโภคที่เน้นสุภาพเป็นหลัก แต่เนื่องจากชิ้นงานมีขนาดใหญ่ และจำเป็นต้องใช้เทคโนโลยีขั้นสูงอื่น ๆ เพิ่มเติม เพื่อให้ชิ้นงานที่ได้มีความสวยงามและมีคุณภาพตามที่กลุ่มผู้บริโภคต้องการ ส่งผลให้ ณ ปัจจุบันเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกรยังไม่สามารถที่จะแปรรูปผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติไว้เพื่อจำหน่ายในรูปแบบเชิงพาณิชย์ได้

แนวความคิดและการค้นคว้า ทดลอง เพื่อผลิตยางรูพรุนสำหรับใช้งานในด้านต่าง ๆ มีมานานแล้ว หลักการพื้นฐานของการทำยางที่มีรูพรุนได้ประสบความสำเร็จอย่างชัดเจน เมื่อประมาณปี ค.ศ. 1929 ซึ่งเป็นเทคนิคที่เรียกว่า กระบวนการแบบดันลอป หรือกระบวนการซิลิโคฟลูออไรด์ ซึ่งเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลายในการผลิตยางฟองน้ำ ประกอบด้วย การทำให้น้ำยางธรรมชาติเข้มข้นขึ้นแรกทำการไล่แอมโมเนียในน้ำยางให้ได้ตามปริมาณที่ต้องการ (Klempnerb and Frisch,

1991) และเป็นฟองด้วยการใช้เครื่องกลตีหรือปั่นอากาศเข้าไปในน้ำยางที่มีส่วนผสมของสารเคมีต่าง ๆ อย่างเหมาะสมเมื่อได้ฟองดีแล้วจึงเติมสารเคมีที่จะช่วยให้เกิดเจลอย่างช้า ๆ (Delayed - action gelling agent) เพื่อให้ฟองเหลวได้มีเวลาฟอร์มรูปร่างตามแบบของเบ้าก่อนเกิดการเจล จากนั้น จึงวัดคาบไซฟองเจลที่เป็ยกแล้วนำฟองยางที่ได้มาล้าง อบแห้งและตากแห้งในชั้นสุดท้ายต่อไป (Morton, 1995)

สำหรับวิธีการอื่น ๆ ที่มีการค้นคว้า และยังคงมีการผลิตกันในปัจจุบัน ได้แก่วิธีการของ Joseph Talalay ซึ่งคิดค้นราวปี ค.ศ. 1936 เรียกว่า “กระบวนการแบบทาลาเลย์” (Talalay process) (Blackley, 1997) ซึ่งกระบวนการนี้ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้กระบวนการผลิตฟองน้ำสามารถแปรรูปผ่านกระบวนการอื่น ๆ ได้อีกเช่น กระบวนการรีเวอเท็กซ์ (Revertex process) (Blackley, 1997) เป็นต้น

เสาวนีย์ (2547) ได้ทำการศึกษาความหนืดของน้ำยางต่อการทำยางฟองน้ำ พบว่า ความหนืดของน้ำยางมีผลต่อพฤติกรรมการเตรียมฟองยาง และคุณสมบัติของยางฟองน้ำ

เสาวนีย์ และคณะ (2548) ได้ทำการศึกษาแคลเซียมคาร์บอเนตในรูปแบบที่กระจายตัวในของเหลว 72.6% นำมาใส่ในส่วนผสมน้ำยางธรรมชาติชั้นชนิดแอมโมเนียต่ำ เพื่อศึกษาความสามารถในการนำมาใช้เป็นสารตัวเติมในการทำยางฟองน้ำ พบว่า น้ำยางธรรมชาติชั้นที่ใส่สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตที่ปริมาณต่าง ๆ (30, 60, 90, 120, 150 และ 200 phr) มีผลทำให้ความหนืดของน้ำยางเพิ่มสูงขึ้น และความตึงผิวของน้ำยางค่อย ๆ เพิ่มขึ้น กระบวนการแบบตันลอย สามารถทำยางฟองน้ำที่มีลักษณะรูปร่างดี ผิวเรียบ

ธีรสุดา และคณะ (2550) ได้ศึกษาสูตรยางเพื่อทำรองเท้าวู้ดใช้รักษาอาการบาดเจ็บที่กึ่งเท้า

เลือกใช้อย่างธรรมชาติแบบแห้ง พบว่า สูตรที่ใช้เรซินร่วมกับเขม่าดำมีค่าความแข็งและความต้านทานต่อแรงกดสูงกว่าสูตรที่ใช้เรซินร่วมกับเส้นใยและซิลิกา ตามลำดับ จากการทดสอบใช้งานเบื้องต้น พบว่า สูตรที่ใช้เรซินร่วมกับเขม่าดำจะมีการยึดติดได้ดีกว่าสูตรที่ใช้เส้นใยร่วมกับเขม่าดำ

เสาวนีย์ และคณะ (2548) ศึกษาการขึ้นแปงจากอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นมาใช้เป็นสารตัวเติมในน้ำยางธรรมชาติและซีเมนต์ โดยแปรปริมาณของกากแปง ที่ระดับ 0, 250, 500, 750 และ 1000 phr. พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณกากขึ้นแปงทำให้ระยะเวลาการเซ็ทตัวและเปอร์เซ็นต์การหดตัวของพอลิเมอร์คอมโพสิทีมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนความต้านทานต่อแรงกดมีแนวโน้มลดลง เมื่อปล่อยให้เกิดการเซ็ทตัวที่ระยะเวลา 7 วัน 14 วัน และ 28 วัน พบว่า ความต้านทานต่อแรงกดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาที่ปล่อยให้เกิดการเซ็ทตัว

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีความสนใจที่จะต่อยอดงานวิจัยแปรรูปสื่อการสอนและสื่อพัฒนาทักษะการคิดและพัฒนาการของเด็กจากยางธรรมชาติ โดยจะศึกษาต่อยอดเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาสูตรยางที่ใช้ในการแปรรูปชิ้นงานสื่อการสอนและสื่อพัฒนาทักษะการคิดและพัฒนาการของเด็กจากยางธรรมชาติ ด้วยการแปรรูปในระดับสเกลที่ใหญ่ขึ้น และศึกษาถึงชนิดและปริมาณสารตัวเติมที่ใส่ลงไป ในสูตรยางเพื่อลดต้นทุนในการผลิต และสามารถแปรรูปได้ง่ายเหมาะสมต่อศักยภาพของเกษตรกรหรือกลุ่มเกษตรกร ในการพัฒนาและแปรรูปเพื่อจำหน่ายในเชิงพาณิชย์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาสูตรยางและปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ เพื่อนำมาใช้สร้างสื่อสำหรับการสอนสำหรับเด็ก

ระเบียบวิธีวิจัย

1. ศึกษาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมฟองน้ำ

ทำการผสมน้ำยางและสารเคมีสูตรต่าง ๆ ดังตารางที่ 1 จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์แต่ละสูตรทำการบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 16 – 48 ชั่วโมง โดยทำการทดสอบระดับของการพริ้วลาคาไนซ์ โดยการวัด Chloroform number test การผสมน้ำยางคอมปาวด์กับคลอโรฟอร์มในปริมาณเท่าๆ กัน กวนจนยางจับตัวเป็นก้อนสังเกตก้อนยางจับตัว สามารถจัดเกรดก้อนยางดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 สารเคมีที่ใช้เตรียมน้ำยางคอมปาวด์

สารเคมี	ปริมาณที่ใช้ (กรัม)
60% HA	100
20% Potassium oleate	1
50% Sulphur dispersion	2
50% ZDEC dispersion	1
50% ZMBT dispersion	1
50% Wingstay L dispersion	1
50% ZnO dispersion	3.5
50% DPG dispersion	2.5
75% Calcium Carbonate dispersion	30
20% SFF dispersion	1.1

ตารางที่ 2 ลำดับเกรดก้อนยาง

No.	ลักษณะก้อนยาง
1	ก้อนยางเหนียวเหมือนหมากฝรั่ง เมื่อยืดออกเป็นใย
2	ยางจับตัวเป็นก้อนเดียวกัน ยืดออกน้อย เมื่อดึงยืดแล้วขาด
3	ก้อนยางไม่เหนียว ขาดออกจากกันได้ง่าย
4	ก้อนยางเป็นผงร่วน

หมายเหตุ: No.2 เป็นน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้

2. ศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติ

เมื่อได้ระยะเวลาการบ่มที่เหมาะสมของน้ำยางคอมปาวด์สูตรต่าง ๆ จากนั้นนำน้ำยางคอมปาวด์แต่ละสูตรที่ผ่านการบ่มที่ระยะเวลาเหมาะสม จากข้อ 1 มาเตรียมเป็นแผ่นฟิล์มด้วยวิธีการ Casting บนแผ่นกระจกแล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 30, 60 และ 90 นาที จากนั้นนำแผ่นฟิล์มที่ได้ไปตัดเป็นชิ้นทดสอบรูปดัมเบลเพื่อนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล ความต้านทานต่อแรงดึงยืดความสามารถในการยืดจนขาดและค่า 300% โมดูลัส ตามมาตรฐาน ASTM-D412 ด้วยเครื่อง Tensile Testing (Tensomer)

3. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ

ตารางที่ 3 สูตรยางคอมปาวด์ที่ใช้เตรียมน้ำ

สารเคมี	สูตร Phr		
	1	2	3
60% HA	100	100	100
20% Potassium oleate	1	1	1
50% Sulphur dispersion	2	2	2
50% ZDEC dispersion	1	1	-
50% ZMBT dispersion	1	-	1
50% Wingstay L dispersion	1	1	1
50% ZnO dispersion	3.5	3.5	3.5
50% DPG dispersion	2.5	2.5	2.5

4. ศึกษาผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อคุณสมบัติของการเตรียมฟองน้ำ

เตรียมฟองน้ำจากน้ำยางคอมปาวด์ และสูตรยาง ดังตารางที่ 3 ตามวิธีการที่เหมาะสมที่ได้จากข้อ 3 โดยทำการศึกษาปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตและเคลย์ที่มีปริมาณต่าง ๆ และนำมาเปรียบเทียบความสามารถในการเตรียมฟองน้ำและคุณสมบัติของฟองน้ำที่เตรียมได้ในแต่ละสูตร

5. ศึกษาหาปริมาณสูงสุดของสารตัวเติมที่สามารถเติมลงไปนฟองน้ำ

เนื่องจากงานวิจัยมีความประสงค์ต้องการลดต้นทุนของผลิตภัณฑ์ฟองน้ำ โดยการผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตสูตรที่เหมาะสมมาทำการศึกษาเพื่อแปรปริมาณสารตัวเติมในระดับต่างๆ ที่สูงขึ้น (50, 100 และ 150 phr) จากนั้นศึกษาความสามารถในการเตรียมฟองน้ำ และคุณสมบัติของฟองน้ำที่เตรียมได้ในแต่ละสูตร

6. ศึกษาคุณสมบัติของฟองน้ำที่จะใช้เตรียมสื่อการสอน

ผลการวิจัย

1. ศึกษาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมฟองน้ำ ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่า น้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 จะมีระดับของการพรีวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานได้ดีที่สุด เนื่องจากน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 จะมีการผสมสารเคมีตัวเร่งปฏิกิริยาร่วมทั้งสารตัวเร่งที่ cure ได้ช้า ปานกลาง และเร็ว โดยใช้เวลาในการบ่มน้อยที่สุด คือ 32 ชั่วโมง ในการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยจึงเลือกน้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 เพื่อใช้ในการศึกษาและเตรียมฟองน้ำในการทดลองต่อไป

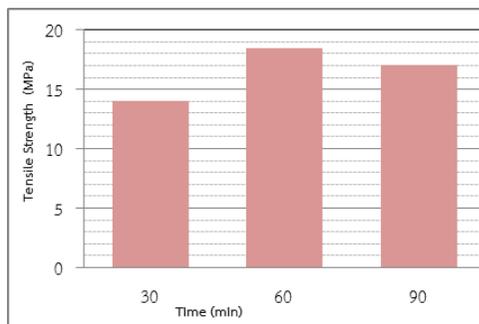
ตารางที่ 4 ติดตามระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางสูตรต่าง ๆ

ระยะเวลาบ่ม (ชั่วโมง)	เกรดก้อนยาง		
	สูตร 1	สูตร 2	สูตร 3
16	NO.1	NO.1	NO.1
32	NO.2	NO.1	NO.1
48	NO.3	NO.2	NO.2
64	NO.3	NO.3	NO.3

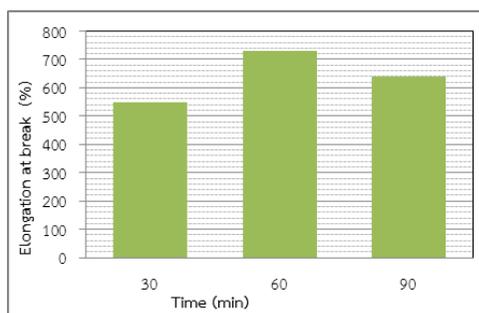
* หมายเหตุ: ระดับการพรีวัลคาไนซ์ของน้ำยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานคือ เกรดก้อนยาง No. 2.

2. ผลการศึกษาสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มจากยางธรรมชาติ

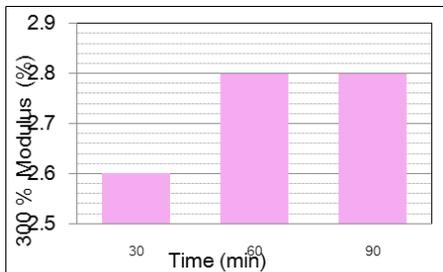
จากรูปที่ 2, 3 และ 4 พบว่า ยางวัลคาไนซ์ที่ให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 30 และ 90 นาที จะได้สมบัติเชิงกลค่อนข้างด้อย เนื่องจากเกิดการเชื่อมโยงของพันธะไม่แข็งแรง และเกิดการเสียหายของพันธะ หรือเกิด reversion ที่ระยะเวลา 60 นาที จะให้สมบัติเชิงกลดีที่สุด เนื่องจากยางสามารถเกิดการวัลคาไนซ์ได้สมบูรณ์ที่สุด



รูปที่ 2 ค่าความต้านทานต่อแรงดึงยึดของยางวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ระดับต่าง ๆ



รูปที่ 3 ค่าสามารถในการยืดจนขาดของยางวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ระดับต่าง ๆ



รูปที่ 4 ค่า 300% โมดูลัสของยางวัลคาไนซ์ที่ระยะเวลาการวัลคาไนซ์ระดับต่าง ๆ

3. ศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ

จากการศึกษา พบว่า วิธีที่จะทำให้ได้ฟองน้ำมีคุณสมบัติทางกายภาพดี คือ การนำน้ำยางคอมปาวด์ตามสูตรที่ 1 ดังตารางที่ 3 มาทำการบ่มเป็นระยะเวลา 32 ชั่วโมงภายใต้อุณหภูมิห้องและกวนอย่างช้า ๆ อย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาการบ่ม และในระหว่างทำการบ่มจะผสมสารเคมีเกือบทั้งหมดเข้าด้วยกัน และตามหลังด้วย DPG, ZMBT, ZDEC, Sulphur และ SFF ตามลำดับ เมื่อทำการเตรียมฟองน้ำด้วยเครื่องตีขนมเค้กเป็นที่เรียบร้อยแล้ว เทฟองน้ำที่ได้ลงในเบ้าและรอจนเกิดการเจลภายใต้สภาวะปกติที่อุณหภูมิห้อง ดังรูปที่ 5 เมื่อขึ้นงานเกิดการเจลอย่างสมบูรณ์ จากนั้นใส่น้ำให้หล่อในเบ้าประมาณ 10 นาที จึงแกะขึ้นงานออกจากเบ้าแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสเป็นระยะเวลา 60 นาที จนได้ฟองน้ำที่สุกอย่างสมบูรณ์ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 5 ลักษณะฟองน้ำเมื่อเกิดการเจลในเบ้า (ขนาด 20 cm x 30 cm)



รูปที่ 6 ลักษณะชิ้นงานฟองน้ำที่ผ่านการอบแห้ง (ขนาด 20 cm x 30 cm)

4. ผลของชนิดและปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติของการเตรียมฟองน้ำ

จากตารางที่ 5 และ 6 พบว่า การใช้สารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในการเตรียมฟองน้ำจากยางธรรมชาติดีกว่าการใช้สารตัวเติมเคลย์ เนื่องจากได้ฟองน้ำที่มีคุณสมบัติดีและผิวเรียบ และระยะเวลาในการเกิดเจลเร็ว ทำให้ฟองน้ำไม่เกิดการหดตัว ดังนั้นในการศึกษาในลำดับต่อไปจึงเลือกใช้สูตรที่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต

ตารางที่ 5 คุณสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำสูตรที่ใช้แคลเซียมคาร์บอเนตเป็นสารตัวเติม

สมบัติทางกายภาพ	CaCO ₃ (phr)		
	0	15	30
ลักษณะการเกิดฟอง	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ
ความสูงของฟอง (เท่า)	5	4.5	4
ระยะเวลาการเจล (นาที)	4	3	3
ลักษณะฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ

ตารางที่ 6 คุณสมบัติทางกายภาพของฟองน้ำสูตรที่ใช้เคลย์เป็นสารตัวเติม

สมบัติทางกายภาพ	Clay (phr)		
	0	15	30
ลักษณะการเกิดฟอง	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ	ง่าย ละเอียด สม่ำเสมอ
ความสูงของฟอง (เท่า)	5	4.5	4
ระยะเวลาการเจล (นาที)	4	5	7
ลักษณะฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์	หดตัวน้อย นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัว นิ่ม ผิวหน้าเรียบ	หดตัว แข็งเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ

5. ศึกษาหาปริมาณสูงสุดของสารตัวเติมที่สามารถเติมลงไปในฟองน้ำ

จากตารางที่ 7 พบว่า ยิ่งเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนตเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเป็นฟองน้ำลดลง เนื่องจากฟองน้ำจะแข็งและไม่ยืดหยุ่น ซึ่งสูตรที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับทางการค้าที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบสามารถเตรียมได้ง่าย และระยะเวลาการเจลเหมาะสม คือ สูตรที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr ส่วนการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 150 phr และ 200 phr จะทำให้ลักษณะฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์มีลักษณะแข็ง และแข็งเปราะ ตามลำดับ ไม่เหมาะต่อการนำไปเตรียมเป็นฟองน้ำเพื่อเตรียมเป็นสื่อเรียนรู้

ตารางที่ 7 สมบัติของฟองน้ำที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณต่าง ๆ

CaCO ₃ (phr)	สมบัติ			
	ลักษณะการเกิดฟอง	ความสูงของฟอง (เท่า)	ระยะเวลาการเจล (นาที)	ลักษณะฟองน้ำหลังวัลคาไนซ์
50	ง่าย ละเอียด และสม่ำเสมอ	3	3	หดตัวน้อย แข็งเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ
100	ง่าย ละเอียด และสม่ำเสมอ	3	3	หดตัวน้อย แข็งเล็กน้อย ผิวหน้าเรียบ
150	ยากขึ้น ไม่สม่ำเสมอ	2	2	หดตัวมาก ค่อนข้างแข็ง ผิวหน้าเรียบ
200	ยาก ไม่สม่ำเสมอ	1.5	2	หดตัวมาก แข็งเปราะ ผิวหน้าเรียบ

6. ศึกษาสมบัติของฟองน้ำที่จะใช้เตรียมสื่อการสอน

จากผลการทดลองดังตารางที่ 8 เมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติชนิดที่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr โดยตัดชิ้นงานเป็นรูปดาวดังรูปที่ 7 กับชนิดที่ไม่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต พบว่า ฟองน้ำที่ไม่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตจะมีน้ำหนักเบา (หรือความหนาแน่นน้อย) และนิ่ม ทำให้ความสามารถในการคืนตัวดีกว่า แต่เนื่องจากความนิ่มของฟองน้ำดังกล่าวมากเกินไปทำให้เกิดอุปสรรคในการตัดเป็นชิ้นตัวอย่าง และตัวอย่างที่ได้มีความสามารถในการทรงตัวน้อย

ตารางที่ 8 เปรียบเทียบสมบัติของฟองน้ำสูตรที่ดีที่สุดที่เตรียมได้จากการทดลองกับฟองน้ำที่ใช้แปรรูปสื่อเรียนรู้ที่จำหน่ายเชิงการค้าและฟองน้ำจากยางธรรมชาติสูตรที่ไม่ผสมสารตัวเติม

สมบัติ	ฟองน้ำผสม CaCO ₃ 100 phr	ฟองน้ำไม่ ผสม CaCO ₃	ฟองน้ำแปรรูปสื่อการสอนเชิงการค้า
ความแข็ง	แข็งปานกลาง	นิ่ม	แข็งปานกลาง
ความหนาแน่น (g/cm ³)	0.58	0.22	0.47
ความสามารถในการคืนตัว (%)	26.7	3.2	28.5



รูปที่ 7 ฟองน้ำที่เตรียมจากยางธรรมชาติชนิดที่ผสมสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr. (ขนาด 15cm x 15cm)

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาพบว่า ฟองน้ำสามารถเตรียมให้มีคุณสมบัติที่หลากหลายตามความต้องการของผู้ผลิต โดยการแปรปริมาณสารตัวเติมแคลเซียมคาร์บอเนต ที่ปริมาณต่าง ๆ (50, 100, 150 และ 200 phr.)

จากการศึกษาสูตรยางคอมปาวด์ที่เหมาะสมต่อการเตรียมฟองน้ำ พบว่า น้ำยางคอมปาวด์สูตรที่ 1 มีระดับการพรีวัลคาไนซ์ที่เหมาะสมต่อ

การใช้งานได้ดีที่สุด โดยใช้ระยะเวลาการบ่ม 32 ชั่วโมง

จากผลการศึกษาเชิงกล (Tensile Strength, Elongation at break (%), 300% Modulus (%)) พบว่า ยางวัลคาไนซ์ที่ให้ความร้อนด้วยการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 60 นาที จะให้สมบัติเชิงกลที่ดีที่สุด เนื่องจากยางเกิดการวัลคาไนซ์ได้ดีที่สุด

จากการศึกษาวิธีการที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำจากน้ำยางธรรมชาติ พบว่า การบ่มที่เวลา 32 ชั่วโมง ภายใต้อุณหภูมิห้องและกวนอย่างช้า ๆ พร้อมผสมสารเคมี (DPG, ZMBT, ZDEC, Sulphur) เข้าด้วยกันตามลำดับ ด้วยเครื่องตีขนมเค้ก เทฟองน้ำที่ได้ลงในเบ้ารอเกิดการเจลดน้ำไปอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 60 นาที จะได้ฟองน้ำสุกสมบูรณ์

จากผลการศึกษาของชนิด และปริมาณสารตัวเติมต่อสมบัติของการเตรียมฟองน้ำ พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณแคลเซียมคาร์บอเนต > 100 phr ทำให้ความเป็นฟองน้ำลดลง ฟองน้ำแข็งและไม่ยืดหยุ่น ซึ่งสูตรที่เหมาะสมในการเตรียมฟองน้ำ ให้มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับทางการค้าที่นำมาทดสอบเปรียบเทียบ สามารถเตรียมได้ง่ายและระยะเวลาการเจลดเหมาะสม คือ สูตรที่ผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 100 phr ส่วนการผสมแคลเซียมคาร์บอเนตในปริมาณ 150 phr และ 200 phr จะทำให้ลักษณะฟองน้ำหลังการวัลคาไนซ์มีลักษณะแข็งและแข็งเปราะตามลำดับ ไม่เหมาะต่อการนำไปเตรียมเป็นฟองน้ำเพื่อเตรียมเป็นสื่อการสอนสำหรับเด็กได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นความรู้เบื้องต้น เพื่อสร้างความเข้าใจต่อกระบวนการเตรียมฟองน้ำเพื่อให้ได้คุณสมบัติที่หลากหลายตามความต้องการของผู้ผลิต อาจมีการปรับปรุง

สัดส่วนของสารบางตัวเพื่อให้ได้ฟองน้ำที่มี
คุณสมบัติที่ดีที่สุดและลดต้นทุน

References

- Blackley, D.C. (1997a). **Polymer Latices Science and Technology Vol.3. Latex Foam Rubber**, Second Edition, Chapman & Hall, London, 283.
- D. Klemperer and K.C. Frisch. (1991). **Handbook of Polymeric Foam and Foam Technology**, Eds., D. Klemperer and K.C. Frisch, Hanser Publishers, Munich, Germany, 1991, p.1.
- Morton, M. (1997). **Rubber Technology** Second Edition, VanNostrandReinhold Company, Newyork, 422.
- Rajchabandittayasatan. (1999). **Provision Report Related to Educational Technology and Educational Innovation**. retrieved from: [https://krupatom.com/Elementary-school Educational Innovation](https://krupatom.com/Elementary-school-Educational-Innovation).
- Saowanee Korwuttikunrangri and others. (2004). **The Effects of Latex Viscosity on the Rubber Sponge**: Full research report. The Thailand Research Fund (TRF).
- Saowanee Korwuttikunrangri and others. (2005). **Using Latex Powder of Concentrated latex as Rubber Floor Filler**: Full research report. The Thailand Research Fund (TRF).
- Saowanee Korwuttikunrangri, Nateepat Pecharatmune and Nattapong Nithi-Uthai (2005). **Effect of Calcium Carbonate on Natural Rubber Sponge**: Full research report. The Thailand Research Fund (TRF).
- Surasak Theptong. (2008). **Effects of Natural Fillers on the Properties of Natural Rubber Sponges**. Full Research Report on Rubber Research Project. The Thailand Research Fund.
- Theerasuda Prasert and others. (2007). **Cow Boots from Natural Rubber**. Retrieved from: http://beyond.library.tu.ac.th/cdm/ref/collection/trf_or_th/id/8772.

การเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีตกำลังต่ำโดยผ้าโพลีเอสเตอร์ ชิชญาส์ บุญมี¹, กิตติภูมิ รอดสิน²

¹ภาควิชาครุศาสตร์โยธา คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

²ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมโยธาและสิ่งแวดล้อม ศูนย์วิจัยเฉพาะทางพลศาสตร์โครงสร้างและการจัดการเมือง
วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งเน้นที่จะศึกษารูปแบบการเสริมกำลังคอนกรีตที่มีกำลังต่ำกว่ามาตรฐาน โครงสร้างชนิดนี้เชื่อกันว่าพบได้ในประเทศกำลังพัฒนาที่มีคุณภาพด้านการออกแบบ และวัสดุก่อสร้างที่ คุณภาพต่ำมาก ทั้งนี้การเสริมกำลังคอนกรีตเหล่านี้ให้มีมาตรฐานจะมีราคาที่สูงจึงไม่เป็นที่สนใจจาก เจ้าของอาคาร อีกทั้งประเทศเหล่านี้มีจำนวนมากที่อยู่ในเขตแผ่นดินไหวสูง ทำให้มีความเสี่ยงอย่างมาก ซึ่งการนำวัสดุที่มีราคาถูก และหาซื้อได้ทั่วไปอย่างผ้าโพลีเอสเตอร์น่าจะช่วยในการเสริมกำลังคอนกรีต ได้ การทดสอบได้แบ่งกำลังของคอนกรีตออกเป็น 2 กลุ่มตัวอย่าง คือ 50 ksc และ 75 ksc แล้วนำ ผ้าโพลีเอสเตอร์มาพันรอบแท่งตัวอย่างคอนกรีตโดยแบ่งการพันออกเป็น 3 ชุด คือ 2 รอบ, 4 รอบ, 6 รอบ และตัวอย่างที่ไม่มีพัน อย่างละ 3 ตัวอย่าง ผลการทดสอบจะเห็นได้ว่าผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดที่ นำมาเสริมกำลังแท่งตัวอย่างคอนกรีต Group 1 ที่มีกำลังของคอนกรีต 57.56 ksc ไม่สามารถเพิ่มกำลัง อัดประลัยของคอนกรีตดังกล่าวได้ แต่ Group 2 ที่มีกำลัง 80.01 ksc สามารถเพิ่มกำลังอัดประลัยของ คอนกรีตได้ที่ประมาณ 30.98 – 42.16 % จากการพัน 4 รอบ

คำสำคัญ : คอนกรีตกำลังต่ำ, การโอบรัด, โพลีเอสเตอร์

Ultimate Compressive Strengthening of Low Strength Concrete by Polyester Fabric

Chichaya Boonmee¹, Kittipoom Rodsin²

¹ Department of Teacher Training in Civil Engineering Faculty of Technical Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² Department of Civil and Environmental Engineering Technology, Center of Excellence in Structural Dynamics and Urban Management, The College of Industrial Technology King Mongkut's University of Technology North Bangkok

ABSTRACT

This paper aims to investigate the forms of increasing compressive strength of low-strength concrete. It is believed that this type of structure is generally found in developing countries in which the quality of design and construction material is very low. However, standardizing the concrete by using reinforcement technique costs high price which entails owners' disinterest. In addition, most of buildings in those countries are commonly located in the seismic hazard zones which cause a high risk of the destruction from earthquakes. With these references, it is assumed that applying inexpensive as well as easy-to-purchase material, such as polyester fabric can improve the compressive strength of the concrete. The experiment was classified into two main groups depending on their compressive strength including 50 ksc and 75 ksc. Each group consisted of three confined concrete specimens which were confined with the polyester fabric 2 rounds, 4 rounds and 6 rounds as well as three un-confined concrete specimens. The results demonstrated that the concrete specimens which were confined with the polyester fabric in Group 1 (57.56 ksc) could not increase the compressive strength. On the other hand, those of Group 2 (80.01ksc) could increase the compressive strength of the concrete approximately 30.98 – 42.16 % from four-round confinement.

Keywords: Low-Strength Concrete, Confinement, Polyester

บทนำ

ในช่วงหลายทศวรรษที่ผ่านมาการก่อสร้างในพื้นที่ห่างไกลของประเทศที่กำลังพัฒนานั้นเป็นการก่อสร้างที่ไม่ได้รับการออกแบบตามหลักวิศวกรรม ทำให้โครงสร้างมีกำลังคอนกรีตที่ต่ำกว่าปกติ [1] เช่น ในประเทศบังคลาเทศพบโครงสร้างที่มีการนำอิฐมาเป็นส่วนผสมคอนกรีต [2] ดังภาพที่ 1, ในประเทศจีนที่วัสดุผสมคอนกรีตมีอัตราส่วนผสมของวัสดุผสมไม่ดี [3] ดังภาพที่ 2 ฯลฯ ทั้งนี้เนื่องจากสาเหตุหลายประการทั้งในเรื่องของการเข้าถึงด้านองค์ความรู้ และค่าใช้จ่าย

ของการก่อสร้างอาคารที่มีมาตรฐานที่มีราคาสูงกว่า รวมถึงเทคนิคในการก่อสร้างอาคารที่มักจะทำตามกันมาตั้งแต่อดีตโดยไม่ได้มีการตรวจสอบให้ถูกต้อง อีกทั้งประเทศเหล่านี้มีจำนวนมากที่อยู่ในเขตแผ่นดินไหว ทำให้มีความเสี่ยงอย่างมากดังเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นช่วงแผ่นดินไหวเมื่อไม่นานมานี้เช่นแผ่นดินไหวในมณฑลเสฉวนในปี 2008 [4] ตามภาพที่ 3 และแผ่นดินไหวในเฮติในปี 2010 จำนวนผู้เสียชีวิตทั้งหมดมากกว่า 200,000 คน [5] ตามภาพที่ 4

2.2.3 RC (Reinforced Concrete) Post

- Relatively expensive option, but resistant to deterioration by water.
- Better to produce on site to avoid handling and transport costs.
- If affordable, all posts of the house should be of RC. Otherwise, if some posts are bamboo or timber, they may rot at base and the structure can become weakened and hazardous and roof structure may sag and even collapse.
- Should use four steel $\frac{3}{8}$ inch diameter re-bars, one at each corner, tied together with $\frac{1}{4}$ inch diameter stirrups @ 8-10 inch nominal spacing.
- Length should be determined according to depth of penetration required into plinth and ground according to local soil conditions and plinth height. Minimum 9 feet. More depth of penetration required for weak, loose or wet soil.
- Post section = 4 inch x 4 inch.
- Better to have a small spread footing for stability and to avoid leaning over during flood.
- For attaching to roof structure, can have a $\frac{3}{8}$ inch re-bar projecting 6-8 inch from top and embedded 6-8 inch into the post. Re-bar can be bent around purlin for better grip. To prevent rust, the re-bar should be painted with molten bitumen.
- Can also use MS flat bar clamp (similar as in *kaatla*; see section 2.2.2) for screwing on to roof structure.
- Casting is to be done with mix of 1:4:6 (cement : sand : aggregate – $\frac{1}{2}$ inch brick chips) in horizontal position on the ground, using re-useable wooden shuttering.
- At least 3 weeks curing by water is necessary.
- Caution should be taken to avoid corner chipping during handling and installation.

ภาพที่ 1 คู่มือการสร้างบ้านในบังคลาเทศ [2]



ภาพที่ 2 เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่ไม่ได้มาตรฐานในประเทศจีน [3]

งานวิจัยด้านการเสริมกำลังของคอนกรีตในการต้านทานแผ่นดินไหวสำหรับอาคารเดิมหรืออาคารเก่าก็มีการพัฒนาวิธีการเสริมสร้างความแข็งแรงหลายอย่าง เช่น การโอบรัดโครงสร้างโดยใช้โพลีเมอร์เสริมคาร์บอนไฟเบอร์ (CFRP) [6-11] การพัฒนาการเสริมปลอกเหล็กเพื่อโอบรัดเสา (BRB) [12-15] จากงานวิจัยข้างต้นพบว่าวิธีการออกแบบและเทคนิคการเสริมสร้างความแข็งแรงที่พัฒนาขึ้นนั้นมีราคาที่สูงและได้มุ่งเน้นไปที่เสาคอนกรีตเสริมเหล็กที่มีกำลังปกติกำลังสูง และไม่ได้มีการศึกษาถึงคอนกรีตกำลังต่ำอย่างเพียงพอ เมื่อเกิดแผ่นดินไหวในประเทศกำลังพัฒนาจึงมีผู้เสียชีวิตจำนวนมาก

ด้วยเหตุนี้จึงควรศึกษาเพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการปรับปรุงโครงสร้างคอนกรีตกำลังต่ำด้วยการพัฒนาวัสดุที่มีราคาถูกเหมาะสมสำหรับประเทศที่กำลังพัฒนา โดยการเสริมกำลังนั้นไม่จำเป็นต้องมีคุณภาพเทียบเท่ากับวัสดุราคาสูงในการเสริมกำลังอาคารขนาดใหญ่ แต่เลือกใช้วัสดุเสริมกำลังให้อาคารขนาดเล็กเหล่านี้ไม่พังเสียหายลงมา เพื่อให้ผู้ใช้อาคารสามารถ

อพยพออกจากอาคารหลังการเกิดแผ่นดินไหวได้อย่างปลอดภัย

งานวิจัยนี้เป็นการเสริมกำลังคอนกรีตกำลังต่ำด้วยวิธีการโอบรัดคอนกรีตด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ที่มีราคาถูก เพื่อพัฒนากำลังของคอนกรีตให้มีกำลังอัดประลัยที่สูงขึ้น โดยจะศึกษาจำนวนรอบของการพันที่เหมาะสม รวมถึงวัสดุประสานที่นำมาใช้ในการยึดติดต้องหาง่ายในท้องถิ่น และมีราคาถูก



ภาพที่ 3 สภาพอาคารเสียหายหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหวที่มณฑลเสฉวนในประเทศจีน [4]



ภาพที่ 4 การพังทลายของสิ่งก่อสร้างหลังเหตุการณ์แผ่นดินไหวในประเทศเฮติ [5]

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเสริมกำลังการรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกำลังต่ำ
2. เพื่อหาจำนวนรอบที่เหมาะสมในการพันผ้าโพลีเอสเตอร์เสริมกำลังคอนกรีต

ระเบียบวิธีวิจัย

ผู้วิจัยขอเสนอวิธีการทดสอบและ ดำเนินการ ในการทำวิจัยเริ่มตั้งแต่การผสมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ มอก.15 การทดสอบปูนซีเมนต์ตาม มาตรฐาน ASTM ที่อายุคอนกรีตการบ่มที่ 28 วัน ประกอบไปด้วย คอนกรีตที่มีค่ากำลังที่แตกต่างกัน 2 กลุ่ม คือ กำลังรับแรงอัดประลัยที่ 50 ksc และกำลังรับแรงอัดประลัยที่ 75 ksc เพื่อจำลองคอนกรีตที่ไม่มีคุณภาพในการทำงาน และเสริมเพิ่มกำลัง คอนกรีตให้มีกำลังเพิ่มขึ้น ซึ่งการทำนายค่า ส่วนผสมหลาย ๆ ตัวอย่างเพื่อที่ได้ค่าที่ใกล้เคียง กับกำลังอัดประลัยที่ต้องการมากที่สุด การทดสอบ กำลังอัดประลัยของคอนกรีตจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราส่วนผสมคอนกรีตกำลังต่ำ

ส่วนผสม	50 ksc	75 ksc
ปูนซีเมนต์	162 kg	174 kg
น้ำ	111 kg	112 kg
ทราย	928 kg	917 kg
หิน	1169 kg	1169 kg

เมื่อได้กำลังคอนกรีตที่ต้องการแล้ว ทางผู้วิจัยได้นำมาพันด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ตาม จำนวนชั้นต่างกัน โดยผ้าโพลีเอสเตอร์เป็นวัสดุที่ ทางผู้วิจัยมีความสนใจในการนำมาทดสอบ การโอบรัดคอนกรีต ผ้าที่ใช้เป็นผ้าโพลีเอสเตอร์ 100% ตามภาพที่ 5 ที่หาซื้อได้จากร้านขายผ้าทั่วไปในท้องตลาด นำมาโอบรัดคอนกรีตโดยจะ ใช้อีพ็อกซีเรซิน สำหรับงานเคลือบชนิดแข็ง อัตราส่วนผสม 1/1 เป็นตัวผสมระหว่างชั้นผ้าที่ พันคอนกรีต การทดสอบผู้วิจัยจะแบ่ง การโอบรัด ออกเป็นสี่ชุดคือ 2 รอบ, 4 รอบ, 6 รอบ และไม่มี การพันหรือการโอบรัด ตามตารางที่ 2 เพื่อให้ได้

กราฟหรือผลการทดลองที่จะได้เห็นถึงความแตกต่าง ของการพันในแต่ละรอบ ในการโอบรัดคอนกรีต ด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์

ตารางที่ 2 แสดงจำนวนตัวอย่างในการวิจัย

กลุ่ม ตัวอย่าง	ไม่เสริมกำลัง (ตัวอย่าง)	เสริมกำลังด้วยผ้า โพลีเอสเตอร์(รอบ)		
		2	4	6
50 ksc	3	3	3	3
75 ksc	3	3	3	3



ภาพที่ 5 ผ้าโพลีเอสเตอร์ 100 % ที่นำมาทดสอบ เสริมกำลัง

วัสดุประสานที่นำมาใช้ในงานวิจัยนี้ทาง ผู้วิจัยเลือกใช้เรซินที่ผสมขึ้นด้วยอัตราส่วน 1 : 10 (เรซิน : ตัวเร่งปฏิกิริยา) ตามภาพที่ 6 ซึ่งการใช้ งานเรซินในแต่ละครั้งต้องใช้ให้หมดภายในเวลา ครั้งชั่วโมง



ภาพที่ 6 การผสมอีพ็อกซีเรซิน (เรซินเคลือบแข็ง) ตามอัตราส่วนที่กำหนด

การเสริมกำลังคอนกรีตทำได้โดยการทำเรซินลงไปบนผิวคอนกรีตให้ชุ่ม แล้วนำผ้าโพลีเอสเตอร์ที่ตัดเตรียมไว้มาพันให้แน่น แล้วทำเรซินทับอีกชั้นจนเรซินเคลือบทั่วผิวของตัวอย่าง ทำแบบนี้ไปจนครบรอบของการพันที่ต้องการตามภาพที่ 7 โดยการพันรอบขึ้นตัวอย่างจะใช้น้ำตามขนาดของก้นตัวอย่าง และพันซ้อนทับแบบต่อเนื่องตามจำนวนชั้นที่ระบุไว้ในการทดสอบ



ภาพที่ 7 การเตรียมตัวอย่างที่พันผ้าเสริมกำลังเรียบร้อยแล้ว

ผลการวิจัย

1. ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต 50 ksc และ 75 ksc ที่อายุคอนกรีต 28 วัน

ในการทดสอบต้องทำการออกแบบส่วนผสมคอนกรีตให้ได้กำลังเป้าหมายที่ต้องการ แต่เนื่องจากคอนกรีตกำลังต่ำมีความยากที่จะควบคุมให้ได้ กำลังตามต้องการพอดี ทางผู้วิจัยจึงใช้ค่ากำลังที่ใกล้เคียงมาทดสอบในครั้งนี้ ตามตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงผลของกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่อายุ 28 วัน ของ 2 กลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่าง	กำลังอัดประลัย(ksc)	กำลังอัดประลัยเฉลี่ย(ksc)
Group1	1	59.39
	2	57.86
	3	55.43
Group2	1	78.77
	2	80.97
	3	80.33

2. ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 50 ksc เมื่อนำมาโอบรัดคอนกรีตด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์

การเสริมกำลังคอนกรีต โดยจะใช้เรซินเป็นวัสดุที่ผสมระหว่างชั้นผ้าที่พันคอนกรีต การทดสอบผู้วิจัยจะแบ่ง ตัวอย่างการโอบรัดออกเป็น 3 ชุด คือ 2 รอบ, 4 รอบ, 6 รอบ ตามตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต 50 ksc เมื่อเสริมกำลังด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์ตามจำนวนรอบการพันที่ต่างกัน

ตัวอย่างที่	จำนวนการพันผ้า		
	2รอบ	4รอบ	6รอบ
1	63.55	69.47	70.17
2	67.06	63.24	63.48
3	64.39	65.12	65.47
กำลังเฉลี่ย(ksc)	65.00	65.94	66.37

จากตารางที่ 3 (Group1) และตารางที่ 4 พบว่า กำลังอัดประลัยของคอนกรีตไม่ได้เพิ่มจากเดิมมากนัก โดยค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยไม่ใช้วัสดุโอบรัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 57.56 ksc ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่าง โดยการใช้ผ้าโพลีเอสเตอร์โอบรัดจำนวน 2 รอบมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.00 ksc หรือ ค่าเพิ่มขึ้น 11.45 %

ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยการใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์โอบรัดจำนวน 4 รอบมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 65.94 ksc หรือค่าเพิ่มขึ้น 12.71 % และกำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยการใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์โอบรัดจำนวน 6 รอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 66.37 ksc หรือ ค่าเพิ่มขึ้น 13.27 % จากตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่ได้โอบรัด กล่าวคือ ผ้ายางกล่าวไม่ได้มีส่วนช่วยในการเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีต 50 ksc เนื่องจากเมื่อทำการแกะชิ้นตัวอย่างออกมาหลังทดสอบ พบว่า คอนกรีตมีการแตกหักเสียหายเป็นฝุ่นผง แต่ผ้าโพลีเอสเตอร์ไม่ได้มีการซึมน้ำซึมอากาศเลย แสดงว่าคอนกรีตอาจเกิดการวิบัติก่อนที่ผ้าที่นำมาเสริมกำลังจะเริ่มมีส่วนช่วยในการรับกำลังอัดประลัย

3. ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีตที่ 75 ksc เมื่อนำมาโอบรัดคอนกรีตด้วยผ้าโพลีเอสเตอร์

การเสริมกำลังคอนกรีต โดยจะใช้เรซินเป็นวัสดุที่ผสมระหว่างชั้นผ้าที่พันคอนกรีต การทดสอบผู้วิจัยจะแบ่งตัวอย่างการโอบรัดออกเป็น 3 ชุด คือ 2 รอบ, 4 รอบ, 6 รอบ ตามตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ผลการทดสอบกำลังอัดประลัยของคอนกรีต 75 ksc เมื่อเสริมกำลังด้วย ผ้าโพลีเอสเตอร์ตามจำนวนรอบการพันที่ต่างกัน

ตัวอย่างที่	จำนวนการพันผ้า		
	2รอบ	4รอบ	6รอบ
1	112.86	139.33	137.65
2	115.33	135.08	140.53
3	119.59	136.36	136.84
กำลังเฉลี่ย (ksc)	115.93	136.92	138.34

จากตารางที่ 3 (Group2) และตารางที่ 5 พบว่า กำลังอัดประลัยของคอนกรีตเพิ่มจากเดิมอย่างมีนัยสำคัญ โดยค่ากำลังรับแรงอัดประลัย

ของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยไม่ใช้วัสดุโอบรัดมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 80.01 ksc ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยการใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์โอบรัดจำนวน 2 รอบมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 115.93 ksc หรือ ค่าเพิ่มขึ้น 30.98% ค่ากำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยการใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์โอบรัดจำนวน 4 รอบมี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 136.92 ksc หรือ ค่าเพิ่มขึ้น 41.56 % และกำลังรับแรงอัดประลัยของแท่งคอนกรีตตัวอย่างโดยการใส่ผ้าโพลีเอสเตอร์โอบรัดจำนวน 6 รอบมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 138.34 ksc หรือ ค่าเพิ่มขึ้น 42.16 % จากตัวอย่างคอนกรีตที่ไม่ได้โอบรัด กล่าวคือ ที่คอนกรีตกำลัง 80 ksc พบว่า ผ้าโพลีเอสเตอร์ที่นำมาทดสอบสามารถเพิ่มกำลังอัดประลัยของแท่งคอนกรีตได้ 30.98 – 42.16% โดยรอบการพันที่เหมาะสมที่สุด คือ 4 รอบ จะทำให้คอนกรีตมีกำลังอัดประลัยใกล้เคียงกับกำลังอัดประลัยที่ระบุไว้ไม่เกิน 150 ksc โดยการออกแบบคอนกรีตเสริมเหล็กด้วยวิธีกำลังประลัย ตามกฎกระทรวงฯ พ.ศ. 2522



ภาพที่ 8 กำลังอัดประลัยของคอนกรีตเมื่อเสริมกำลังโดยวิธีการพันผ้าในแต่ละรอบ

จากภาพที่ 8 พบว่า กำลังของคอนกรีตใน Group 1 ไม่ได้เพิ่มขึ้นมากนักเมื่อเทียบกับตัวที่ไม่ได้เสริมกำลัง แต่ Group 2 มีการเพิ่มขึ้นของกำลังอัดประลัยเมื่อมีการเพิ่มจำนวนของการพัน

จนกระทั่งมีการพันที่ 4 รอบ กำลังอัดประลัยจะเริ่มคงที่และมีการเพิ่มขึ้นเพียงเล็กน้อย แสดงให้เห็นว่ารอบกันพันที่เหมาะสม คือ 4 รอบ และแม้เพิ่มจำนวนรอบการพันกำลังคอนกรีตก็อาจไม่ได้สูงขึ้นตามนั้น

เมื่อวิเคราะห์การวิบัติของตัวอย่างใน Group 1 พบว่า กำลังอัดประลัยของคอนกรีตไม่เพิ่มขึ้นมากนักเนื่องจากว่าคอนกรีตกำลังต่ำมาก ทำให้เกิดการวิบัติก่อนที่ผ้าโพลีเอสเตอร์จะรับแรง เครื่องทดสอบจึงหยุดทดสอบทันทีที่ตัวอย่างไม่สามารถรับกำลังได้ ซึ่งแตกต่างจากตัวอย่างใน Group 2 พบว่า คอนกรีตที่มีกำลังสูงขึ้น จะสามารถรับกำลังไปได้ระยะหนึ่งโดยไม่วิบัติจนถึงระดับที่ผ้าเริ่มมีส่วนในการรับกำลัง ทำให้ตัวอย่างสามารถรับกำลังไปได้อีกจนเกิดการวิบัติของคอนกรีตที่อยู่ภายในผ้าที่โอบรัดวิบัติ แล้วเครื่องทดสอบจึงหยุดทดสอบ

สรุปและอภิปรายผล

จากผลการทดสอบการปรับปรุงกำลังรับแรงอัดประลัยของคอนกรีตกำลังต่ำ สามารถสรุปได้ว่า

1. ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดที่นำมาเสริมกำลังแก่ตัวอย่างคอนกรีตที่มีกำลัง 57.56 ksc ไม่สามารถเพิ่มกำลังอัดประลัยของคอนกรีตดังกล่าวได้ เนื่องจากผ้าอาจมีกำลังที่สูงกว่าคอนกรีตมากเกินไปคอนกรีตจึงมีการวิบัติก่อนที่ผ้าที่นำมาเสริมกำลังจะเริ่มมีส่วนในการรับกำลัง
2. ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดที่นำมาเสริมกำลังแก่ตัวอย่างคอนกรีตที่มีกำลัง 80.01 ksc สามารถเพิ่มกำลังของคอนกรีตได้ประมาณ 30.98 – 42.16% จากกำลังคอนกรีตเดิม อย่างมีนัยสำคัญ เนื่องจากกำลังของคอนกรีตที่เพิ่มขึ้นจะมีผลมากจากรอบการพันที่เหมาะสม
3. ผ้าโพลีเอสเตอร์ชนิดที่นำมาเสริมกำลังแก่ตัวอย่างคอนกรีตที่มีกำลัง 80.01 ksc มีรอบ

การพันที่เหมาะสมอยู่ที่ 4 รอบ เพราะเมื่อพันจำนวนรอบที่มากขึ้น ผ้าจะไม่ได้มีส่วนช่วยในการรับกำลัง เนื่องจากคอนกรีตอาจเกิดการวิบัติก่อนที่ผ้าจะมีส่วนในการรับกำลัง

ข้อเสนอแนะ

จากผลการทดสอบจะพบว่ากำลังของผ้าแต่ละชนิด มีผลเมื่อนำมาใช้กับคอนกรีตกำลังต่ำ โดยที่ผ้าที่มีกำลังสูงเกินไปจะไม่สามารถช่วยในการปรับปรุงกำลังอัดประลัยของคอนกรีตได้ ดังนั้นจึงควรที่จะมีการทดสอบการรับแรงของผ้าที่เหมาะสมก่อนนำมาใช้ในการเสริมกำลัง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ นายทศพล พลมะศรี และ นายโนริ บิลดิ๊ะหมัด นักศึกษาคณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ที่มีส่วนช่วยในการทดสอบตัวอย่างในงานวิจัยนี้

References

- A. Ghobarah, A. Biddah, and M. Mahgoub. (1997). Rehabilitation of reinforced concrete columns using corrugated steel jacketing. *Journal of Earthquake Engineering*. vol. 1, no. 4, pp. 651–673.
- A. He, J. Cai, Q.-J. Chen, X. Liu, H. Xue, and C. Yu. (2017). Axial compressive behaviour of steel-jacket retrofitted RC columns with recycled aggregate concrete. *Construction and Building Materials* vol. 141, pp. 501–516.

- A. R. Rahai, P. Sadeghian, and M. R. Ehsani. (2008). Experimental behavior of concrete cylinders confined with CFRP composites. In **Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering**. October 2008. Beijing, China.
- Bixiong Li, Zhe Wang, Khalid M. Mosalam, and Heping Xie, (2008). Wenchuan Earthquake Field Reconnaissance on Reinforced Concrete Framed Buildings With and Without Masonry Infill Walls. In **Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering**. October 2008. Beijing, China.
- C. Boonmee, K. Rodsin and K. Sriboonma. (2018). Gravity Load Collapse Behavior of Nonengineered Reinforced Concrete Columns. **Advances in Civil Engineering**, Volume 2018, Article ID 9450978, 12 pages.
- Earthquake Engineering Research Institute. The 12 January 2010 Haiti earthquake: emerging research needs and opportunities. In **Proceedings of the Workshop on Earthquake Engineering and Design** October 2010. Oakland. CA. USA.
- F. Colomb, H. Tobbi. E. Ferrier, and P. Hamelin. (2008). Seismic retrofit of reinforced concrete short columns by CFRP materials. **Composite Structures**. vol. 82, no.4. pp. 475–487.
- K. Iftekhar Ahmed (2005). **Handbook on Design and Construction of Housing for Flood-prone Rural Areas of Bangladesh**. Dhaka: Asian Disaster Preparedness Center.
- K. Pletcher and J. Rafferty. (2008) **Sichuan earthquake of 2008 China**. (15 June 2017) <https://www.britannica.com/event/Sichuan-earthquake-of-2008,event/Sichuan-earthquake-of-2008>.
- M. Elchalakani and G. Ma.(2017). Tests of glass fibre reinforced polymer rectangular concrete columns subjected to concentric and eccentric axial loading. **Engineering Structures**. vol. 151, pp. 93–104, 2017.
- P. Faustino, P. Frade, and C. Chastre. (2016). Lateral cyclic behaviour of RC columns confined with carbon fibres. **Structures**, vol. 5,pp. 196–206,
- P.-C. Chen, M.-L. Lin, and K.-C. Tsai. (2008). Cyclic performance of full-scale RC columns retrofitted using external jacketing methods. In **Proceedings of the 14th World Conference on Earthquake Engineering**. October 2008. Beijing, China.
- R. S. Aboutaha, M. D. Engelhardt, J. O. Jirsa, and M. E. Kreger. (1999). “Rehabilitation of shear critical concrete columns by use of rectangular steel jackets. **ACI Structural Journal**. vol. 96, no. 1,

- R.-Y. Wu and C. P. Pantelides. (2017). Rapid repair and replacement of earthquake-damaged concrete columns using plastic hinge relocation. **Composite Structures**. vol. 180, pp. 467–483.
- Y. Xiao and H. Wu. (2003). Retrofit of reinforced concrete columns using partially stiffened steel jackets. **Journal of Structural Engineering**. vol. 129, no. 6, pp. 725–732, 2003.

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เป็นวารสารตีพิมพ์และเผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการในด้านเทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยบทความที่พิจารณาตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องไม่เคยตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารใดมาก่อน และไม่อยู่ในระหว่างการพิจารณาตีพิมพ์ของวารสารอื่น บทความที่ตีพิมพ์ลงในวารสารฉบับนี้จะต้องผ่านการพิจารณาจากผู้ทรงคุณวุฒิในสาขาที่เกี่ยวข้องจำนวน 2 ท่านต่อหนึ่งบทความ และได้รับความเห็นชอบจากบรรณาธิการวารสารเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับและการพิจารณาตีพิมพ์ตามลำดับก่อนหลัง โดยมีข้อเสนอแนะในการส่งบทความดังนี้

การเตรียมต้นฉบับบทความ

รูปแบบและการจัดพิมพ์

- เขียนบทความภาษาไทย ด้วยตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 บนกระดาษมาตรฐาน A4 มีความยาวไม่เกิน 10 หน้า
- เว้นระยะห่างจากขอบกระดาษ ขอบบน 1 นิ้ว ขอบล่าง 1 นิ้ว ขอบซ้าย 1.25 นิ้ว ขอบขวา 1 นิ้ว
- ชื่อเรื่องพิมพ์ไว้ตรงกึ่งกลางหน้ากระดาษด้วยอักษรขนาด 18 ตัวหนา ชื่อผู้เขียนพิมพ์ไว้ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษด้วยอักษรขนาด 16 ตัวหนา ส่วนหัวข้อหลักอื่น ๆ พิมพ์ไว้ตรงกึ่งกลางของหน้ากระดาษด้วยขนาด 16 ตัวหนา

รายละเอียดของบทความประกอบด้วย

- ชื่อเรื่องภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 18 ตัวหนา
- ชื่อผู้เขียนภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวหนา
- สถานที่ทำงานหรือหน่วยงานที่สังกัดของผู้เขียนบทความทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 14
- บทคัดย่อภาษาไทยจำนวนคำไม่เกิน 250 คำ และภาษาอังกฤษจำนวนคำไม่เกิน 300 คำ พร้อมด้วยคำสำคัญ (Keywords) จำนวน 3-5 คำ อยู่ด้วยกันใน 1 หน้ากระดาษ
 - บทคัดย่อและคำสำคัญภาษาไทย : ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวธรรมดา
 - บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract) : ใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวธรรมดา
- เนื้อหางานวิจัย หัวข้อหลักใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวหนา หัวข้อรองและส่วนเนื้อหาใช้ตัวอักษร TH SarabunPSK ขนาด 16 ตัวธรรมดา โดยเนื้อหาประกอบด้วย
 - บทนำ อธิบายถึงความสำคัญ ความเป็นมา และปัญหาของงานวิจัยภูมิหลังของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

- วัตถุประสงค์ของการวิจัย การกำหนดจุดมุ่งหมายของการวิจัยให้สอดคล้องกับความต้องการของปัญหาที่จะศึกษาโดยระบุเป็นข้อ ๆ
 - วิธีการวิจัย อธิบายขั้นตอนการวิจัย วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล และวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล
 - ผลการวิจัย อธิบายผลการทดลองต่างๆ การแปลความ ควรเสนอตามลำดับของวัตถุประสงค์ และหรือสมมติฐาน
 - สรุปและอภิปรายผล สรุปผลงานสำคัญที่ค้นพบจากการวิจัยหรือการศึกษา โดยนำแนวคิด ทฤษฎีและผลการวิจัยมาสนับสนุน
 - เอกสารอ้างอิง ให้เขียนเอกสารอ้างอิง ตามรูปแบบ ระบบ APA และแปลเอกสารอ้างอิงที่เป็นภาษาไทยให้เป็นภาษาอังกฤษ และให้ใส่ไว้ในหัวข้อ Translated Thai References
- รูปภาพและตาราง กรณีรูปภาพต้องเป็นภาพขาวดำที่ชัดเจน คำบรรยายรูปภาพให้อยู่ใต้รูปภาพ ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวธรรมดา

การเขียนเอกสารอ้างอิง

American Psychological Association (APA)

การอ้างอิงท้ายบทความ เป็นการรวบรวมเอกสารทั้งหมดที่ผู้เขียนบทความได้ใช้อ้างอิงในการเขียนบทความ และจัดเรียงรายการตามลำดับอักษรชื่อผู้แต่ง ตัวอย่าง เช่น

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). **ชื่อหนังสือ**. (พิมพ์ครั้งที่). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. ใน ชื่อบรรณาธิการ, **ชื่อหนังสือ**. (เลขหน้าบทความ). เมืองที่พิมพ์: สำนักพิมพ์หรือโรงพิมพ์.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่พิมพ์). ชื่อบทความ. **ชื่อวารสาร**, ปีที่พิมพ์ (ฉบับที่), เลขหน้าบทความ.

ชื่อผู้เขียนวิทยานิพนธ์. (ปีที่วิจัยสำเร็จ). **ชื่อวิทยานิพนธ์**. วิทยานิพนธ์ปริญญา (ระดับ) ชื่อสาขาวิชา สังกัดของสาขาวิชา มหาวิทยาลัย.

ชื่อผู้แต่ง. (ปีที่เผยแพร่). **ชื่อเรื่อง**. ค้นเมื่อ [วัน เดือน ปี] จาก แหล่งสารสนเทศ. [หรือ URL]

การส่งต้นฉบับบทความ

ส่งบทความผ่านระบบ <http://www.journal.fit.ssru.ac.th> เท่านั้น หากต้องการรายละเอียดเพิ่มเติม สามารถติดต่อได้ที่ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา คณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา เลขที่ 1 ถนนอุทองนอก แขวงวชิระ เขตดุสิต กรุงเทพฯ 10300 โทรศัพท์ 0 2160 1438 ต่อ 22 โทรสาร 0 2160 1440 Email : fit@ssru.ac.th



แบบฟอร์มส่งบทความวิจัย/บทความวิชาการเพื่อพิจารณาตีพิมพ์
วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

ชื่อบทความ (ภาษาไทย)

.....

(ภาษาอังกฤษ)

.....

ประเภทบทความ บทความวิจัย บทความวิชาการ

ชื่อ-สกุล ผู้เขียนบทความ

สถานที่ติดต่อผู้เขียนบทความ

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้ร่วมบทความ (1)

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ชื่อ-สกุล ผู้ร่วมบทความ (2)

เลขที่ ถนน แขวง/ตำบล

เขต/อำเภอ จังหวัด รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์..... โทรศัพท์มือถือ โทรสาร

E-mail.....

ข้าพเจ้าขอรับรองว่าบทความฉบับนี้ยังไม่เคยได้รับการเผยแพร่และตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อน

ลงชื่อผู้ส่งบทความ

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....