

## การพัฒนาผลิตภัณฑ์กาวติดโลหะจากยางธรรมชาติสำหรับอุตสาหกรรม รถยนต์ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ

### Development of Rubber Metal Glue for Using in an Automotive Industry by Quality Function Deployment Technique

นิรมล ศรีไหม<sup>1\*</sup>, รัญชนา สินธวาลัย<sup>2</sup>, เสกสรร สุธรรมานนท์<sup>3</sup> และ กันยา อัครอารีย์<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> สาขาวิชาวิศวกรรมโลจิสติกส์และโซ่อุปทาน ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์  
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110

<sup>4</sup> ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์  
ตำบลคอหงส์ อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา 90110 E-mail: kanya.a@psu.ac.th

E-mail: srimai.niramon@gmail.com\*

Niramon Srimai<sup>1\*</sup>, Runchana Sinthavalai<sup>2</sup>, Sakesun Suthummanon<sup>3</sup>, Kanya Auckara-aree<sup>4</sup>

<sup>1,2,3</sup> Logistics and Supply Chain Engineering, Industrial Engineering, Faculty of Engineering. Prince of Songkla  
University, Songkhla 90110, Thailand

<sup>4</sup> Department of Management Technology, Faculty of Agro-Industry. Prince of Songkla University, Songkhla  
90110, Thailand, E-mail: kanya.a@psu.ac.th

E-mail: srimai.niramon@gmail.com\*

#### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการปรับปรุงคุณค่า (Value Improvement; VI) ของผลิตภัณฑ์กาวสำหรับยึดประสานภายในและภายนอกแผงรถยนต์ (Mastic Adhesive; MA) ที่ผลิตจากยางสังเคราะห์ชนิดยางไนไตรล์ (Nitrile Butadiene Rubber; NBR) มาเป็นการใช้ยางธรรมชาติเพื่อทดแทนยางสังเคราะห์ ด้วยการนำเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) เข้ามาเป็นเครื่องมือในการศึกษาความต้องการของผู้ใช้งานและแปลงความต้องการเป็นการออกแบบข้อกำหนดทางเทคนิคของผลิตภัณฑ์ งานวิจัยเริ่มต้นจากการสำรวจความต้องการด้านคุณสมบัติของกาวติดโลหะจากผู้ใช้งาน และสำรวจความต้องการด้านเทคนิคจากผู้ผลิต จากนั้นนำความต้องการของทั้งสองฝ่ายมาวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการผลิตด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ ผลการวิเคราะห์พบว่า ความสำคัญของความต้องการทางเทคนิค 5 อันดับสูงสุด ที่ส่งผลต่อความต้องการด้านคุณสมบัติของผู้ใช้งาน ได้แก่ ความต้านทานแรงดึง ร้อยละ 18.77 ความหนืด ร้อยละ 18.58 แรงยึดเกาะ ร้อยละ 13.85 ความแข็ง ร้อยละ 10.46 และความยืดหยุ่น ร้อยละ 9.70 ตามลำดับ ต่อมาจึงนำคุณสมบัติต่าง ๆ ดังกล่าวไปวิเคราะห์เทียบกับคุณสมบัติของยางธรรมชาติ พบว่า ยางธรรมชาติที่สามารถผลิตเพื่อทำการทดแทนยางสังเคราะห์ชนิดยางไนไตรล์ได้ คือ ยางธรรมชาติอีพอกไซด์ (Epoxidized Natural Rubber; ENR) ผลจากการปรับปรุงคุณค่าของกาวติดโลหะจากยางธรรมชาติตามความต้องการของผู้ใช้งาน จะทำให้ผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจในผลิตภัณฑ์ อีกทั้งยังทำให้เกิดการไหลเวียนทางการค้าของเศรษฐกิจและอุตสาหกรรมภายในประเทศ

คำหลัก: เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ, การปรับปรุงคุณค่า, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, ยางธรรมชาติ

## Abstract

The objective of this research is to propose the value improvement (VI) for Mastic adhesive (MA) product made from synthetic rubber (SR)—Nitrile Butadiene Rubber (NBR) turning to use Natural Rubber instead. Quality Function Deployment (QFD) is the technique of studying the need of users and transforming to design and technical specifications of the product. This research started from identifying the glue characteristic from users and technical requirements from producers. Both requirements were analyzed to evaluate the possibility of rubber glue production using Quality Function Deployment (QFD) technique. The result was shown that five most important technical requirements were Tensile Strength (18.77%), Viscosity (18.58%), Adhesive Strength (13.85%), Hardness (10.46%) and Modulus (9.70%), respectively. Subsequently, those technical requirements were considered to the characteristics of natural rubber. It could be concluded that metal adhesive made from natural rubber can be used as a substitute for synthetic rubber. The result of the value improvement of the natural rubber metal glue could satisfy user needs. This would also cause a better flow of economy for the rubber industry within this country.

**Keywords:** Quality Function Deployment; QFD, Value Improvement; VI, Product Development, Natural Rubber

## 1. บทนำ

ปัจจุบันอุตสาหกรรมรถยนต์ภายในประเทศมีการเปลี่ยนแปลงไปอย่างรวดเร็วเพื่อให้สอดคล้องกับนโยบายไทยแลนด์ 4.0 ของรัฐบาลที่เน้นให้มีการพัฒนาอุตสาหกรรมโดยใช้นวัตกรรมเป็นตัวขับเคลื่อนตามแนวโน้มการเติบโตของอุตสาหกรรมรถยนต์ของโลก [1] ซึ่งอุตสาหกรรมรถยนต์นับว่าเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมนำร่องของประเทศไทย [2] และเมื่อประกอบกับแนวโน้มความต้องการสินค้าที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมของตลาดโลก ทำให้การผลิตรถยนต์แบบเก่าอาจไม่สอดคล้องกับการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว อุตสาหกรรมรถยนต์ของไทยจึงต้องมีการพัฒนา โดยเริ่มจากการผลิตรถยนต์ที่ใช้วัสดุประกอบให้เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม กลไกสำคัญในการพัฒนาอุตสาหกรรมยานยนต์ตามแผนยุทธศาสตร์และแผนปฏิบัติการของแผนแม่บทอุตสาหกรรมยานยนต์ พ.ศ. 2555-2559 มีส่วนหนึ่งของแผนที่ต้องการให้เป็น Light weight vehicle หมายถึง ใช้วัสดุในการผลิตชิ้นส่วนหรือการประกอบชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักเบามากขึ้น เนื่องจากเมื่อรถมีน้ำหนักเบาจะทำให้สามารถลดแรงฉุดลากจากเครื่องยนต์และระบบส่งกำลัง ส่งผลให้การบริโภคพลังงานเชื้อเพลิงลดลง ขณะที่สมรรถนะของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น การลดน้ำหนักโดยการเปลี่ยนเป็น

ใช้วัสดุที่เบาขึ้น เช่น เปลี่ยนจากการเชื่อมหรือบัดกรีเป็นการใช้กาว ซึ่งปัจจุบันได้มีการผลิตกาวติดโลหะจากยางสังเคราะห์เข้ามาทดแทนการเชื่อมหรือการบัดกรี นับได้ว่าเป็นสิ่งที่ท้าทายสำหรับผู้ประกอบการยานยนต์ [3] สามารถแสดงอัตราการเติบโตเฉลี่ยของมูลค่าตลาดกาวแบ่งตามอุตสาหกรรมได้ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะพบว่า อุตสาหกรรมขนส่งและยานยนต์ เป็นอุตสาหกรรมที่มีอัตราการเติบโตสูงที่สุด โดยกาวที่มีปริมาณการใช้งานในการประกอบชิ้นส่วนรถยนต์มากที่สุด คือ กาวที่ใช้สำหรับยึดประสานภายในและภายนอกแผงรถยนต์ (Mastic Adhesive; MA) เท่ากับ 0.49 กิโลกรัมต่อคัน (พื้นฐานการคำนวณปริมาณกิโลกรัมกาวจากรถยนต์ประเภท 6 ที่นั่ง 4 ประตู) ซึ่งกาวประเภทนี้เป็นกาวที่ผลิตจากยางสังเคราะห์ชนิดยางไนไตรล์ (Nitrile Rubber; NBR) ที่มีการนำเข้ามาในประเทศไทยเพื่อใช้สำหรับยึดติดระหว่างโลหะกับโลหะภายในรถยนต์ [4]

ตารางที่ 1 มูลค่าของตลาดกาแบ่งตามอุตสาหกรรมการ  
ใช้งาน [2]

| อุตสาหกรรม                | อัตราการเติบโต<br>เฉลี่ย (%) ระหว่าง<br>ปี พ.ศ. 2558-2563 |
|---------------------------|-----------------------------------------------------------|
| ขนส่งและยานยนต์           | 5.69                                                      |
| ก่อสร้าง                  | 4.91                                                      |
| สินค้าอุปโภคบริโภค        | 4.75                                                      |
| รองเท้าและเครื่องหนัง     | 4.61                                                      |
| บรรจุภัณฑ์                | 3.44                                                      |
| เฟอร์นิเจอร์และเครื่องไม้ | 3.07                                                      |
| อื่น ๆ                    | 5.58                                                      |

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการปรับปรุงคุณค่าของผลิตภัณฑ์กาติดโลหะประเภท MA ในมุมมองของผู้ใช้งาน ที่ผลิตจากยางสังเคราะห์ชนิด NBR ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (Quality Function Deployment; QFD) ทั้งนี้ เพื่อศึกษาถึงคุณสมบัติเชิงลึกของกาที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน และเพื่อประเมินความเป็นไปได้เบื้องต้นในการผลิตกาติดโลหะประเภท MA โดยใช้การทดแทนด้วยยางธรรมชาติ (Natural Rubber; NR)

## 2. ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### 2.1 ทฤษฎีเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ (QFD)

เทคนิค QFD เป็นการประกันคุณภาพในการออกแบบ โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้งาน (แสดงตัวแบบเมทริกซ์ QFD ได้ดังรูปที่ 1) โดยเริ่มจากเมทริกซ์ที่ 1 (HOQ) ฝ่ายพัฒนาผลิตภัณฑ์รับฟังเสียงความต้องการจากลูกค้า (A) เพื่อเปรียบเทียบกับแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตคำนึงถึงในการผลิต (B) โดยผลจากการเปรียบเทียบแบบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญวัดได้จากระดับความสำคัญของความต้องการที่ลูกค้าและผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ผลิตเป็นผู้ประเมิน (a) ผลจากการวางแผนผลิตภัณฑ์จะนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าในเมทริกซ์ที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบส่วนประกอบหรือวัตถุดิบที่สำคัญทางการผลิต

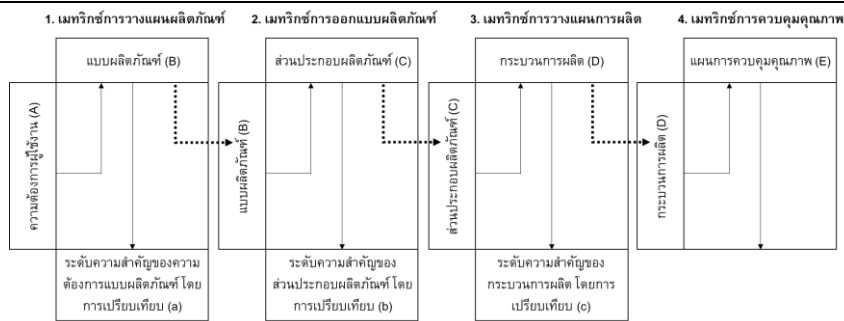
(C) โดยผลจากการเปรียบเทียบส่วนประกอบผลิตภัณฑ์ที่สำคัญวัดได้จากระดับความสำคัญที่ผู้เชี่ยวชาญหรือผู้ผลิตเป็นผู้ประเมิน (b) จากนั้น ผลจากการออกแบบผลิตภัณฑ์จะนำไปเป็นข้อมูลนำเข้าในเมทริกซ์ที่ 3 เพื่อวางแผนการผลิต และเมทริกซ์ที่ 4 เพื่อควบคุมคุณภาพทางการผลิตต่อไป ซึ่งจะนำไปสู่ความพึงพอใจให้แก่ลูกค้าได้อย่างต่อเนื่อง [5-6]

### 2.2 ทฤษฎีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์

การปรับปรุงผลิตภัณฑ์ หมายถึง การทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณค่าในสายตาของผู้ใช้งาน ซึ่งหมายถึง การทำให้ผลิตภัณฑ์เดิมมีคุณภาพที่ดีขึ้น อาจเปลี่ยนวัสดุในการผลิต หรือปรับปรุงคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน เป็นต้น โดยวิธีการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ อาจเป็นวิธีที่เคยทำมาก่อน หรือเป็นวิธีใหม่ หรืออาจปรับปรุงจากผลิตภัณฑ์ที่เคยจำหน่าย ซึ่งก็ถือได้ว่าเป็นการนำเสนอผลิตภัณฑ์ใหม่ จำเป็นต้องได้รับความร่วมมือจากทุกฝ่ายเพื่อสร้างความพึงพอใจให้กับผู้ใช้งาน เพื่อผลิตสินค้าให้มีคุณภาพที่สูงขึ้น ราคาต่ำลง หรือราคาสูงขึ้น แต่ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจ เพื่อเพิ่มปริมาณการค้าภายในตลาด ความสำคัญของการปรับปรุงผลิตภัณฑ์ คือ สามารถรักษาสถานภาพทางการแข่งขัน และเพิ่มความพึงพอใจให้แก่ผู้ใช้งาน เป็นต้น [8]

### 2.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผลงานการวิจัยจำนวนมาก ที่ได้ทำการศึกษาการปรับปรุงพัฒนาการติดโลหะจากยางธรรมชาติ แต่ทั้งนี้ ยังไม่มีการศึกษาเพื่อกระจายผลิตภัณฑ์สู่เชิงพาณิชย์ ที่ผ่านมามีการวิจัยเพื่อพัฒนาการจากยางธรรมชาติในการทดแทนการจากยางสังเคราะห์เพื่อลดการนำเข้าและแก้ปัญหาจากสารพิษ เช่น การพัฒนาโดยการศึกษาภายใต้ชื่อโครงการ “การเตรียมกาวยางจากการกาฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท (NR-g-PMMA)” โดยเริ่มจากการพัฒนาการจากยางธรรมชาติซึ่งมีนำเป็นตัวกลาง และปรับปรุงสมบัติของกาวยางธรรมชาติให้



รูปที่ 1 ตัวแบบเมทริกซ์ QFD [7]

ดีขึ้น กาวยางที่พัฒนาขึ้นนี้มีจุดเด่น คือ เป็นกาวที่ได้จากวัตถุดิบธรรมชาติไม่มีองค์ประกอบของสารพิษเจือปน [9] และอีกหนึ่งการวิจัยเพื่อการพัฒนาจากยางธรรมชาติ คือ การผลิตกาวติดไม้และกาวติดโลหะจากน้ำยางธรรมชาติดัดแปลงตัดโมเลกุลของยางพาราให้เล็กลงด้วยวิธีการทางเคมี เพื่อนำมาผลิตกาวที่มีความแข็งแรงในการเชื่อมติดสูงมาก ไม่มีองค์ประกอบของสารพิษเจือปน การนำไปใช้ประโยชน์ของงานวิจัยนี้ สามารถประยุกต์ใช้กับงานกาวติดโลหะต่าง ๆ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม และทองแดง เป็นต้น [10] สำหรับการวิจัยที่มีการปรับปรุงหรือพัฒนาผลิตภัณฑ์ทุกงานวิจัย ก่อนที่จะมีการปรับปรุงหรือพัฒนาได้นั้น ต้องมีการสำรวจความต้องการของผู้ใช้งาน เนื่องจากความต้องการของผู้ใช้งานคือปัจจัยสำคัญที่ผู้ผลิตจะต้องคำนึงถึงเป็นอันดับแรก โดย QFD จะเป็นเครื่องมือที่สามารถแปลงความต้องการของผู้ใช้งานมาเป็นคุณสมบัติที่สำคัญในการผลิต เช่น การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดสำหรับการสอบเทียบไขควงวัดแรงบิดตามมาตรฐาน ISO 6789: 2003 (E) ด้วยเทคนิค QFD ที่มุ่งเน้นในการออกแบบอุปกรณ์จับยึดให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน จากผลการวิจัยพบว่า คะแนนเต็ม 5 ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจด้วยคะแนนสูงมากเท่ากับ 4.75 คะแนน เป็นต้น [11]

### 3. ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานวิจัยนี้เป็นการสำรวจและรวบรวมข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งาน และผู้ผลิตที่เกี่ยวข้องกับ

ผลิตภัณฑ์กาวติดโลหะภายในรถยนต์ โดยนิยามคำว่าผู้ผลิต หมายถึง บริษัทผู้ผลิตกาวติดโลหะ (รวมถึงบริษัทที่เป็นตัวแทนจำหน่ายในการนำเข้า) ผู้ใช้งาน หมายถึง บริษัทผู้ผลิตและประกอบชิ้นส่วนรถยนต์และผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีความรู้ความเชี่ยวชาญด้านโครงสร้างทางเคมีต่าง ๆ และด้านการผลิตผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติและยางสังเคราะห์ โดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

#### 3.1 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์คุณสมบัติของกาวประเภท MA จากความต้องการของผู้ใช้งาน

รวบรวมความต้องการด้านคุณสมบัติของกาวประเภท MA จากผู้ใช้งานด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก โดยใช้ Prioritization Matrix ในการจัดลำดับความสำคัญ จากนั้นใช้วิธีการหาค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) เข้ามาช่วยในการจัดลำดับความสำคัญของความต้องการผู้ใช้งาน โดยวิธีการคำนวณค่าเฉลี่ยเรขาคณิต แสดงดังสมการที่ 1

$$IMP = \sqrt[n]{a_1 \times a_2 \times \dots \times a_n} \quad (1)$$

โดยที่ n คือ จำนวนตัวอย่างข้อมูล และ  $a_i$  คือ ค่าความสำคัญของคุณสมบัติผลิตภัณฑ์จากการประเมินของผู้ใช้งานที่ i (i = 1, 2, ..., n)

### 3.2 รวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เทคนิคทางการผลิตจากผู้ผลิต

รวบรวมความต้องการด้านเทคนิคทางการผลิตของผู้ผลิต เพื่อให้ทราบถึงแบบของผลิตภัณฑ์ หรือคุณสมบัติที่ผู้ผลิตคำนึงถึงในการผลิตด้วยวิธีการสัมภาษณ์เชิงลึก ข้อมูลส่วนนี้จะเป็นข้อมูลนำเข้าในกระบวนการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิค QFD

### 3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ และความเป็นไปได้เบื้องต้นทางการผลิต

นำข้อมูลที่รวบรวมจากผู้ใช้งานและผู้ผลิต เข้าสู่กระบวนการวิเคราะห์คุณสมบัติผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค QFD ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ด้วยเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือ HOQ โดยมีผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินคะแนนความสัมพันธ์ผลลัพธ์ที่ได้จากการวิเคราะห์ในแต่ละเมทริกซ์จะแสดงให้เห็นว่า ในแต่ละความต้องการสามารถตอบสนองได้เพียงใด โดยมีระดับความสำคัญเป็นตัวชี้วัด จากนั้นจึงทำการประเมินคุณสมบัติของมาตรฐานดัชนี ENR ถึงความเป็นไปได้เบื้องต้นทางการผลิต

## 4. ผลการวิจัย

### 4.1 ผลการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์คุณสมบัติของกาวประเภท MA จากความต้องการของผู้ใช้งาน

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ใช้งาน (บริษัทผู้ผลิตและผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์) จำนวน 6 ราย เกี่ยวกับคุณสมบัติที่ต้องการของกาวติดโลหะประเภท MA เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบหรือพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ โดยแบ่งเป็นการสัมภาษณ์ 3 ใน 5 อันดับของบริษัทผู้ผลิตรถยนต์ในประเทศ และ 3 ใน 10 อันดับของบริษัทผู้ผลิตชิ้นส่วนประกอบรถยนต์ในประเทศ ผู้วิจัยได้นำคุณสมบัติของกาวติดโลหะที่ผู้ใช้งานต้องการมาทำการเปรียบเทียบเพื่อหาลำดับคะแนนความสำคัญของคุณสมบัติกาว โดยให้ผู้ใช้งานและผู้ผลิตวิเคราะห์ ผลการวิเคราะห์ค่า

ความสำคัญของความต้องการ จากการนำค่าเฉลี่ยเรขาคณิต (Geometric Mean) เข้ามาจัดลำดับความสำคัญ (IMP) แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ระดับความสำคัญตามความต้องการผู้ใช้งาน กาวติดโลหะประเภท MA

| ความต้องการ<br>ผู้ใช้งาน | จำนวนผู้ใช้งานที่ให้ระดับคะแนน<br>ความสำคัญ |       |       |      |
|--------------------------|---------------------------------------------|-------|-------|------|
|                          | 5                                           | 3     | 1     | IMP  |
| แห้งเร็ว                 | 4 ราย                                       | 2 ราย | 0 ราย | 4.22 |
| กันน้ำ                   | 4 ราย                                       | 1 ราย | 1 ราย | 3.51 |
| กันฝุ่น                  | 1 ราย                                       | 2 ราย | 3 ราย | 1.89 |
| มีกลิ่นน้อย              | 3 ราย                                       | 3 ราย | 0 ราย | 3.87 |
| ยึดเกาะได้ดี             | 4 ราย                                       | 2 ราย | 0 ราย | 4.22 |
| ทนแรงดึง                 | 2 ราย                                       | 2 ราย | 2 ราย | 2.47 |
| ยืดหยุ่น                 | 5 ราย                                       | 1 ราย | 0 ราย | 4.59 |
| ทนความร้อน               | 2 ราย                                       | 4 ราย | 0 ราย | 3.56 |
| อุดรอยรั่ว               | 4 ราย                                       | 2 ราย | 0 ราย | 4.22 |
| ทนความชื้น               | 3 ราย                                       | 3 ราย | 0 ราย | 3.87 |

หมายเหตุ: ระดับคะแนนความสำคัญ 5 หมายถึง สำคัญมาก 3 หมายถึง สำคัญปานกลาง และ 1 หมายถึง สำคัญน้อย

จากตารางที่ 2 พบว่า ผู้ใช้งานให้ความสำคัญกับคุณลักษณะกาวในด้านความยืดหยุ่นมากที่สุด ด้วยค่าคะแนนความสำคัญ เท่ากับ 4.59 รองลงมาได้แก่ คุณลักษณะด้านการแห้งเร็ว การยึดเกาะได้ดี และคุณลักษณะด้านการอุดรอยรั่ว ด้วยค่าคะแนนความสำคัญ เท่ากับ 4.22 เท่ากัน และคุณสมบัตอื่น ๆ อีกตามลำดับ

### 4.2 ผลการรวบรวมข้อมูลและวิเคราะห์เทคนิคทางการผลิตจากผู้ผลิต

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ผลิตกาวติดโลหะ (รวมถึงบริษัทที่เป็นตัวแทนจำหน่ายในการนำเข้า) จำนวน 3 ราย โดยเลือกสัมภาษณ์จาก 3 ใน 5 อันดับของบริษัทผู้ผลิตกาวและตัวแทนจำหน่ายกาวติดโลหะสำหรับรถยนต์ในปัจจุบันที่บริษัทผู้ใช้งานเลือกใช้ พบว่า คุณสมบัติของกาวติดโลหะที่ผู้ผลิต

คำนึงถึง หรือที่เรียกกันว่า แบบของผลิตภัณฑ์ (ความต้องการทางด้านเทคนิค) ที่จำเป็นต่อการผลิตกาวยางดีเซล ได้แก่ ความหนืด (Viscosity) ปริมาณสารที่ไม่ระเหย (Non-Volatile content) แรงยึดเกาะ (Adhesive Strength) การทนความร้อน (Heat Resistance) ทนน้ำมัน (Oil Resistance) ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ความแข็ง (Hardness) ความยืดหยุ่น (Modulus) และเก็บไว้ในที่เย็น (Stored in cool place)

แบบของผลิตภัณฑ์พื้นฐานที่พึงมีสำหรับกาวยางดีเซลประเภท MA โดยคุณลักษณะสำคัญที่พึงมีในการผลิตกาวยางดีเซลสำหรับการใช้งานในรถยนต์แต่ละข้อ จะมีความสำคัญที่แตกต่างกันออกไป ผู้วิจัยจึงให้ผู้เชี่ยวชาญเข้ามาช่วยในการประเมินความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติของกาวยางตามความต้องการของผู้ใช้งานกับแบบของผลิตภัณฑ์ที่ผู้ผลิตคำนึงในการผลิต แสดงดังหัวข้อที่ 4.3

#### 4.3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ และความเป็นไปได้เบื้องต้นทางการผลิต

การแปลงข้อมูลความต้องการของผู้ใช้งานเป็นคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์กาวยางดีเซลประเภท MA ที่ควรมีการวิจัยพัฒนาหรือนำไปผลิตเพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่สอดคล้องตามความต้องการของผู้ใช้งานโดยใช้เทคนิค QFD ผู้วิจัยได้ให้ผู้เชี่ยวชาญจากภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และผู้เชี่ยวชาญของบริษัทผู้ผลิต มาทำการประเมินความสัมพันธ์ด้วยการวิเคราะห์ด้วยเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์หรือ HOQ โดยการให้คะแนนความสัมพันธ์เป็น ดังนี้ 9 หมายถึง มีความสัมพันธ์มาก 3 หมายถึง มีความสัมพันธ์ปานกลาง 1 หมายถึง มีความสัมพันธ์น้อย และช่องว่าง หมายถึง ไม่มีความสัมพันธ์ แสดงดังตารางที่ 3 โดยการแสดงความสัมพันธ์ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์พบว่า แบบของผลิตภัณฑ์ (ความต้องการทางด้านเทคนิค) ที่มีระดับความสำคัญของความต้องการทาง

เทคนิค โดยการเปรียบเทียบมากที่สุด 5 อันดับแรก คือ ความต้านทานแรงดึง (Tensile Strength) ร้อยละ 18.77 ความหนืด (Viscosity) ร้อยละ 18.58 แรงยึดเกาะ (Adhesive Strength) ร้อยละ 13.85 ความแข็ง (Hardness) ร้อยละ 10.47 และความยืดหยุ่น (Modulus) ร้อยละ 9.70 ตามลำดับ ซึ่งระดับความสำคัญของแบบผลิตภัณฑ์โดยการเปรียบเทียบจะแสดงให้เห็นถึงคุณลักษณะที่สำคัญที่สุดที่ผู้ผลิตควรคำนึงถึงในการผลิต หรือควรคำนึงถึงในการพัฒนา เพื่อให้สามารถตอบสนองต่อความต้องการของผู้ใช้งานได้มากที่สุด อีกทั้งระดับความสำคัญของแบบผลิตภัณฑ์ยังสามารถนำไปใช้ต่อในเมทริกซ์การออกแบบผลิตภัณฑ์ได้ในลำดับต่อไป

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการพัฒนาผลิตภัณฑ์กาวยางดีเซลประเภท MA สำหรับการใช้งานภายในอุตสาหกรรมรถยนต์เพื่อให้ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งาน ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์มาประเมินความเป็นไปได้ทางการผลิตเบื้องต้นทางการทดแทนด้วยยางพารา

จากการสัมภาษณ์เชิงลึกผู้ใช้งานและผู้ผลิตพบว่า กาวยางดีเซลประเภท MA ในปัจจุบันใช้วัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเป็นยาง SR ชนิดยาง NBR ซึ่งเป็นกาวยางที่มีการนำเข้ามาเพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ภายในประเทศ ร้อยละ 100 และเพื่อเป็นการสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่อุตสาหกรรมยางพาราภายในประเทศ ผู้วิจัยจึงวิเคราะห์การทดแทนทางการผลิตเบื้องต้น ด้วยการใช้อย่างชนิด ENR เนื่องจากเป็นผลผลิตของยาง NR ที่มีการปรับโครงสร้างให้ดีขึ้น เช่น ทำให้ยางมีความเป็นขี้ผึ้งมากขึ้น และสามารถทนต่อน้ำมันได้ดีอย่างไรก็ตาม ยาง ENR จะเป็นยางที่มีความยืดหยุ่น มีความเหนียว มีความต้านทานแรงดึง มีความแข็งแรง และมีแรงยึดเกาะที่ดี แสดงคุณสมบัติของยาง ENR ที่มีต่อความสามารถในการทดแทนทางการผลิตเบื้องต้น ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเมทริกซ์การวางแผนผลิตภัณฑ์ด้วยเทคนิค QFD

| ความต้องการ<br>ผู้ใช้งาน | ความ<br>ต้องการ<br>ด้าน<br>เทคนิค | ความ<br>หนัก | ปริมาณ<br>สารที่ไม่<br>ระเหย | แรงยึด<br>เกาะ | การทน<br>ความ<br>ร้อน | ทน<br>น้ำมัน | ความ<br>ต้านทาน<br>แรงดึง | ความ<br>แข็ง | ความ<br>ยืด<br>หยุ่น | เก็บ<br>ไว้ใน<br>ที่<br>เย็น |
|--------------------------|-----------------------------------|--------------|------------------------------|----------------|-----------------------|--------------|---------------------------|--------------|----------------------|------------------------------|
|                          | IMP                               |              |                              |                |                       |              |                           |              |                      |                              |
| แห้งเร็ว                 | 4.22                              | 3            | 1                            | 1              |                       |              |                           |              |                      | 3                            |
| กันน้ำ                   | 3.51                              | 1            |                              |                |                       | 3            | 9                         |              |                      |                              |
| กันฝุ่น                  | 1.89                              |              |                              |                |                       |              |                           |              |                      |                              |
| มีกลิ่นน้อย              | 3.87                              |              | 9                            |                |                       |              |                           |              |                      | 3                            |
| ยึดเกาะได้ดี/<br>กันคลาย | 4.22                              | 9            |                              | 9              |                       |              | 9                         | 1            |                      |                              |
| ทนแรงดึง                 | 2.47                              | 3            |                              | 9              |                       |              | 9                         |              |                      |                              |
| มีความ<br>ยืดหยุ่น       | 4.59                              |              |                              |                |                       |              |                           | 9            | 9                    |                              |
| ทนความร้อน               | 3.56                              |              |                              |                | 9                     |              |                           |              |                      |                              |
| อุดรอยรั่ว               | 4.22                              | 9            |                              | 3              |                       | 9            | 3                         | 3            | 3                    |                              |
| ทนความชื้น               | 3.87                              | 1            |                              |                | 1                     |              |                           |              |                      | 3                            |
| ระดับน้ำหนัก             |                                   | 103.34       | 39.07                        | 77.02          | 35.89                 | 48.49        | 104.41                    | 58.20        | 53.98                | 35.8<br>9                    |
| % ระดับความสำคัญ         |                                   | 18.58        | 7.02                         | 13.85          | 6.45                  | 8.72         | 18.77                     | 10.46        | 9.70                 | 6.45                         |
| ลำดับความสำคัญ           |                                   | 2            | 7                            | 3              | 8                     | 6            | 1                         | 4            | 5                    | 9                            |
| ความคาดหวังผู้ใช้งาน ก   | 2130                              | 99.27        | 25                           | 0.42           | 0.25                  | 310          | 40                        | 45           |                      | 10-<br>15                    |
| ความคาดหวังผู้ใช้งาน ข   | 2700                              | 98-99.5      |                              | 0.84           | 0.25                  |              | 34-45                     |              |                      |                              |
| ความคาดหวังผู้ใช้งาน ค   | 2200                              | 95           | 27                           | 0.5-0.6        | 0.25                  | 270          | 37-48                     | 46           |                      |                              |
| เป้าหมายการผลิต          | 2130-<br>2700                     | 95-99.5      | 25-27                        | 0.42-<br>0.84  | 0.25                  | 270-310      | 34-48                     | 45-46        |                      | 10-<br>15                    |
| หน่วยวัด                 | Pa.S/<br>25°C                     | %            | MPa/<br>25°C                 | MPa/<br>25°C   | MPa/<br>25°C          | N/mm         | -                         | %            | °C                   |                              |

ตารางที่ 4 ความสามารถในการทดแทนทางการผลิตของยาง ENR

| ลำดับ | ความต้องการทางด้าน<br>เทคนิค | ค่า<br>คุณสมบัติ<br>เป้าหมาย<br>(NBR) | ค่า<br>คุณสมบัติ<br>ENR | หน่วยวัด  | ความสามารถของยาง<br>ธรรมชาติอีพอกไซด์<br>(ENR) |                                    |
|-------|------------------------------|---------------------------------------|-------------------------|-----------|------------------------------------------------|------------------------------------|
|       |                              |                                       |                         |           | ทำได้<br>แน่นอน                                | ทำได้แต่<br>ต้องศึกษา<br>เพิ่มเติม |
| 1     | ความต้านทานแรงดึง            | 270-310                               | 270                     | N/mm      | ✓                                              |                                    |
| 2     | ความหนัก                     | 2130-<br>2700                         | 2130-2700               | Pa.S/25°C | ✓                                              |                                    |
| 3     | แรงยึดเกาะ                   | 25-27                                 | 25-27                   | MPa/25°C  | ✓                                              |                                    |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |               |   |   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|---------------|---|---|
| 4                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ความแข็ง             | 34-48                                                                                                                                                                                                                                                                             | 68   | -             | ✓ |   |
| 5                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ความยืดหยุ่น         | 45-46                                                                                                                                                                                                                                                                             | 46   | %             | ✓ |   |
| 6                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ทนน้ำมัน             | 0.25                                                                                                                                                                                                                                                                              | 0.25 | MPa/25°C (CF) | ✓ |   |
| 7                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ปริมาณสารที่ไม่ระเหย | 95-99.5                                                                                                                                                                                                                                                                           | -    | %             |   | ✓ |
| 8                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | การทนความร้อน        | 0.42-0.84                                                                                                                                                                                                                                                                         | 0.4  | MPa/25°C (CF) | ✓ |   |
| 9                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | เก็บไว้ในที่เย็น     | 10-15                                                                                                                                                                                                                                                                             | -    | °C            |   | ✓ |
| ค่าคุณสมบัติ ENR: ภายใต้อุณหภูมิการผลิตยาง ENR ที่มียาง 100 phr (สูตร NR ที่ใช้ คือ SML-L, สูตร ENR-25 ยางที่ใช้ คือ Epoxyprene 25, สูตร ENR-50 ยางที่ใช้ คือ Epoxyprene 50), Zinc oxide 5 phr, Stearic acid 2 phr, Antioxidant (Poly-2,2,4-trimethyl-1,2-dihydroquinoline) = 1 phr, Sulphur = 1 phr, Aggregate (Grade N330) = 50 phr, Dutrex 737MB 4 phr |                      |                                                                                                                                                                                                                                                                                   |      |               |   |   |
| ปัจจัยสำคัญในการสนับสนุนการทดแทนด้วยยาง ENR                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                      | คำอธิบายเพิ่มเติม                                                                                                                                                                                                                                                                 |      |               |   |   |
| ความสามารถในการหาวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตยาง ENR ภายในประเทศ                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                      | ยาง ENR เป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์ที่ได้จากน้ำยางชั้น เมื่อเปรียบเทียบกับ Supply chain ของยางพาราแล้ว เทียบได้ว่ายาง ENR อยู่ในลำดับชั้น (Tier) เดียวกับถุงมือ ยางพารา หรือหมอนยางพารา เป็นต้น ดังนั้น มีความเป็นไปได้แน่นอนที่จะสามารถหาวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตยาง ENR ได้ภายในประเทศ |      |               |   |   |
| ความสามารถในการผลิตการดัดโลหะประเภท MA ภายในประเทศ                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |                      | ข้อกำหนดที่สำคัญของการผลิต ได้แก่ วัตถุดิบที่สามารถหาได้ภายในประเทศ และเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องตัดยาง (Table saw) เครื่องตียาง/บดยาง (Kneader machine) และเครื่องผสมสารเคมี (Planetary machine) ซึ่งสามารถสั่งซื้อได้ภายในประเทศเช่นกัน                                         |      |               |   |   |
| ราคาถูก                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                      | ต้นทุนยาง NBR ต่อ 1 กิโลกรัม สูงกว่ายาง ENR เฉลี่ย 125 บาท                                                                                                                                                                                                                        |      |               |   |   |

จากข้อมูลดังตารางที่ 4 แสดงค่าเป้าหมายที่ยาง NBR มีความสามารถผลิต ได้ซึ่งเป็นค่าปัจจุบันของการดัดโลหะประเภท MA และค่าความเป็นไปได้ที่จะทดแทนทางการผลิตของยาง ENR ที่ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญภายใต้สมมติฐานตามสูตรการผลิตการ ENR ทั้งนี้ ทุกคุณสมบัติของความต้องการทางด้านเทคนิคสำหรับการผลิตการดัดโลหะจากยาง ENR มีความสามารถที่จะผลิตให้ตรงตามความต้องการได้ โดยต้องอาศัยการปรับปรุงทางกระบวนการผลิต เช่น หากมีการทดแทนทางการผลิตด้วยยาง ENR ผู้ผลิตต้องเพิ่มระยะเวลาในการบดยาง เพื่อให้ยางมีโมเลกุลที่เล็กลง ซึ่งจะส่งผลให้ยางมีความต้านทานแรงดึง มีความหนืด มีความยืดหยุ่น และคุณสมบัติด้านอื่น ๆ ที่ดียิ่งขึ้น หรือปรับปรุงกระบวนการผลิตด้านใดด้านหนึ่ง หรือเติมสารเคมีตัวใดตัวหนึ่งให้มากขึ้นหรือน้อยลง เพื่อปรับคุณสมบัติของยาง เป็นต้น

## 5. สรุปผล

จากการวิจัยการปรับปรุงคุณค่าของผลิตภัณฑ์การดัดโลหะประเภท MA ที่ผลิตจากยางสังเคราะห์ชนิด NBR เพื่อใช้สำหรับอุตสาหกรรมรถยนต์ในสายตาผู้ใช้งาน โดยนำเทคนิค QFD เข้ามาช่วยในการขับเคลื่อนความต้องการของผู้ใช้งาน (Demand Driven) ผลการวิจัย พบว่า เทคนิค QFD เป็นเครื่องมือที่สามารถทำให้ผู้ผลิตทราบถึงคุณสมบัติความต้องการที่แท้จริงของผู้ใช้งาน ซึ่งจะนำไปสู่การออกแบบคุณสมบัติพื้นฐานทางการผลิตการดัดโลหะที่ทำให้ผู้ใช้งานเกิดความพึงพอใจ (Customer Satisfaction) โดยข้อมูลการวิเคราะห์คุณสมบัติที่ได้จากเมทริกซ์ HOQ จะเป็นข้อมูลนำเข้าในการวิเคราะห์เมทริกซ์อื่นได้ต่อไป นอกจากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางการผลิตที่ตรงตามความต้องการของผู้ใช้งานแล้ว การปรับปรุงคุณค่าของผลิตภัณฑ์การดัดโลหะประเภท MA ที่ทำการวิจัยขึ้นเพื่อที่จะผลิตเองจากยางธรรมชาติชนิด ENR ที่สามารถหาวัตถุดิบได้

ภายในประเทศ ยังมีโอกาสที่จะลดมูลค่าการนำเข้าสินค้าประเภทนี้จากต่างชาติ เพื่อส่งเสริมอุตสาหกรรมผลิตภายในประเทศ ยิ่งไปกว่านั้นยังสามารถสร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่ผู้ประกอบการของยางธรรมชาติไม่มากนักได้อย่างแน่นอน

#### กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันการศึกษา โดยผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณ ดังนี้ (1) ทุนผลการเรียนดีเด่นเข้าศึกษาระดับปริญญาโท ประจำปี การ ศึ ก ษ า 2559 จาก บั ณ ฑิ ต วิ ท ย า ลั ย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ (2) ทุนวิจัยต่อยอดเพื่อสร้างนวัตกรรมยางพารา ประจำปีงบประมาณ 2560 จาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ และ (3) ทุนบัณฑิตศึกษา วิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีการศึกษา 2560 จาก มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

#### เอกสารอ้างอิง

- [1] ธนพร ศรีสว่างวงศ์ และนันทกฤษณ์ ยอดพิจิตร. การปรับปรุงงานในโรงงานผลิตชิ้นส่วนรถยนต์. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย. 2559. ปีที่ 2; เล่มที่ 3.
- [2] บริษัท ซีลิต คอร์พ จำกัด (มหาชน). วิเคราะห์ตลาดกาวโลก. [ออนไลน์]. 2558. [เข้าถึงเมื่อ 23 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: <http://capital.sec.or.th/>
- [3] วิญญู ตั้งวโรตมณกุล. วัสดุขั้นสูง (Advanced materials) ในอุตสาหกรรมยานยนต์. [ออนไลน์]. 2559. [เข้าถึงเมื่อ 23 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: <https://www.appicadthai.com/articles/>
- [4] บริษัท ชันสตาร์ เคมีคัล (ประเทศไทย). ประเภทของกาวติดภายในรถยนต์. พนักงานฝ่ายวิจัยและพัฒนา [ออนไลน์]. 2560. [เข้าถึงเมื่อ 28 พฤษภาคม 2561]. เข้าถึงได้จาก: <http://th.sunstar-chemical.com/>
- [5] Maguad, Ben A. Using QFD to Integrate the Voice of Customer into the Academic Planning Process [Online]. 2009 [Access 21 May2018]. Retrieved from: <https://www.researchgate.net/publication/268272118>
- [6] ศิริชัย ยศวังใจ. กระบวนการออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์. วารสารวิชาการวิศวกรรมศาสตร์ ม.อบ. 2558. ปีที่ 8; เล่มที่ 1.
- [7] Cohen, Lou. Quality Function Deployment Matrix. Quality Function Deployment: How to Make QFD Work for You. India. 2005.
- [8] ชินดิษฐ์ ทุมขาสี. การประยุกต์ใช้เทคนิควิศวกรรมคุณค่าสำหรับการออกแบบสวิตชิงพาวเวอร์ซัพพลาย กรณีศึกษา อุตสาหกรรมผลิตอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์. วารสารสถาบันเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น: บริหารธุรกิจและภาษา. 2555. ปีที่ 1; เล่มที่ 1.
- [9] เจริญ นาคะสรรค์ และคณะ. การเตรียมกาวยางจากการกราฟต์โคพอลิเมอร์ของยางธรรมชาติกับเมทิลเมทาคริเลท. ภาควิชาเทคโนโลยียางและพอลิเมอร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี. 2551.
- [10] เจริญ นาคะสรรค์ และคณะ. การผลิตกาวติดไม้และกาวติดโลหะจากน้ำยางธรรมชาติดัดแปลงโมเลกุล. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2558.
- [11] วิศรุต คงสกุล. การออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์จับยึดสำหรับการสอบเทียบไขควงวัดแรงบิดตามมาตรฐาน ISO 6789: 2003 (E) ด้วยเทคนิคการกระจายหน้าที่เชิงคุณภาพ. วารสารข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหกรรมไทย. 2561. ปีที่ 4; เล่มที่ 1.