



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้ เพื่อสร้างผู้เชี่ยวชาญ และผู้ประกอบการ BCG ในอุตสาหกรรมยาง
ล้อผ่านเครือข่ายวิทยาศาสตร์ การวิจัย และนวัตกรรมภายในประเทศ

DEVELOPMENT OF MANPOWER AND INSTITUTIONS OF KNOWLEDGE TO CREATE EXPERTS
AND BCG OPERATORS IN THE TIRE INDUSTRY THROUGH DOMESTIC SCIENCE, RESEARCH
AND INNOVATION NETWORKS

โดย

ศุภชัย หลักคำ
กุลยศ สุวันทโรจน์
อนันต์ เต็มเปี่ยม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เดือนกันยายน ปี พ.ศ.2566

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2566

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม



รายงานโครงการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้ เพื่อสร้างผู้เชี่ยวชาญ และผู้ประกอบการ BCG ในอุตสาหกรรมยาง
ล้อผ่านเครือข่ายวิทยาศาสตร์ การวิจัย และนวัตกรรมภายในประเทศ

DEVELOPMENT OF MANPOWER AND INSTITUTIONS OF KNOWLEDGE TO CREATE EXPERTS
AND BCG OPERATORS IN THE TIRE INDUSTRY THROUGH DOMESTIC SCIENCE, RESEARCH
AND INNOVATION NETWORKS

โดย

ศุภชัย หลักคำ
กุลยศ สุวันทโรจน์
อนันต์ เต็มเปี่ยม

คณะวิศวกรรมศาสตร์

เดือนกันยายน ปี พ.ศ.2566

งบประมาณสนับสนุนงานมูลฐาน (Fundamental Fund)

ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2566

กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม

กิตติกรรมประกาศ

รายงานการวิจัยฉบับนี้สำเร็จด้วยการสนับสนุนทุนการวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม กองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2566 ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณต่อหน่วยงานดังกล่าว และคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ได้ให้การสนับสนุนทุนวิจัยในครั้งนี้ ตลอดจนขอขอบคุณผู้ที่ให้ความร่วมมือและให้ความอนุเคราะห์ทุกท่านที่ไม่ได้กล่าวไว้ในที่นี้

คณะผู้วิจัย



ชื่อเรื่อง : การพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้ เพื่อสร้างผู้เชี่ยวชาญ และผู้ประกอบการ BCG ในอุตสาหกรรมยางล้อผ่านเครือข่ายวิทยาศาสตร์ การวิจัย และนวัตกรรม ภายในประเทศ

ผู้วิจัย : นายศุภชัย หลักคำ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
 ผศ.กุลยศ สุวันทโรจน์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร
 นายอนันต์ เต็มเปี่ยม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มทร.พระนคร

พ.ศ. : 2566

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนากำลังคนคุณภาพสูงร่วมระหว่างสถาบันอุดมศึกษา กับภาคเอกชนด้านการทดสอบยางล้อ 2) สร้างกลุ่มผู้ให้บริการมูลค่าสูงร่วมระหว่างสถาบันอุดมศึกษา กับภาคเอกชนด้านการสอบเทียบเฉพาะทาง และ 3) สร้างระบบตรวจวัดการขยายตัวยางล้อด้วย เทคโนโลยีขั้นสูงขณะทำการทดสอบบนเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ โดยการ ถ่ายทอดองค์ความรู้ทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติให้บุคลากรทั้งจากภาคการศึกษาและ ภาคอุตสาหกรรม จากองค์ความรู้ด้านการทดสอบแรงต้านทานการหมุนของยางล้อ ที่ถูกพัฒนาขึ้น ภายใต้ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี ราชมงคลพระนคร ผลการดำเนินงานภายใต้โครงการฯ ก่อให้เกิดบุคลากรผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบ ยางล้อเฉพาะทางตามมาตรฐานการทดสอบ UN ECE Regulation No.117 Annex 6 จำนวนไม่น้อย กว่า 10 คน และเกิดเครือข่ายความร่วมมือในประเทศ จากการใช้ประโยชน์เครื่องมือด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและ นวัตกรรมของห้องปฏิบัติการภายใต้โครงการอย่างเป็นรูปธรรม ระหว่าง บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตเนชั่นแนล จำกัด กับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งจะ ช่วยในการยกระดับความสามารถในการแข่งขันให้แก่ประเทศ ตอบสนองความต้องการของ ผู้ประกอบการ BCG ในอุตสาหกรรม ผ่านเครือข่ายวิทยาศาสตร์ การวิจัย และนวัตกรรม ภายในประเทศในยุค Thailand 4.0 โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ประกอบการรายย่อยที่มีศักยภาพ และเกิด ประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ

Title : Development of manpower and institutions of knowledge to create experts and BCG operators in the tire industry through domestic science, research and innovation networks

Researcher : Mr. Supachai	Lakkam,	Faculty of Engineering, RMUTP
Asst.Prof. Kullayot	Suwantaroj,	Faculty of Engineering, RMUTP
Mr. Anan	Tempiam,	Faculty of Engineering, RMUTP

Year : 2023

ABSTRACT

This research aims to 1) develop a high-quality manpower jointly between tertiary institutions and private sectors in tire testing, 2) create a joint high-value service provider group between tertiary institutions and private sectors in specialized calibration, and 3) build a high-tech tire expansion measurement system while testing it on a tire friction coefficient tester. To achieve this, theoretical and practical knowledge was transferred to personnel from both academia and industry based on the knowledge of tire rolling resistance testing that was developed under the laboratory Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon. The output of this project creates at least 10 specialized tire testing personnel according to UN ECE Regulation No.117 Annex 6 testing standards. Moreover, a network of cooperation in the country from the utilization of scientific tools, research and innovation of the laboratory under a concrete project between STI International Co., Ltd. and the Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, was established. The outcome is to enhance the country's competitiveness. Responding to the needs of BCG entrepreneurs in the industry through domestic science, research and innovation networks in the Thailand 4.0 era, especially small entrepreneurs with potential and both direct and indirect benefits that Thailand will receive.

สารบัญ

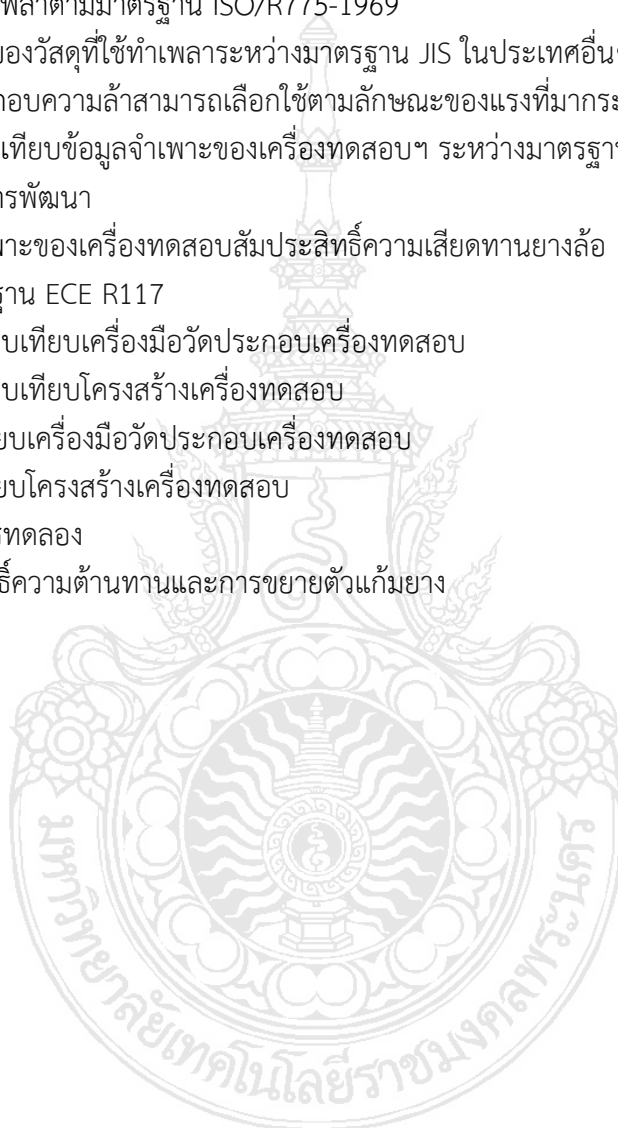
	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	I
บทคัดย่อ	II
ABSTRACT	III
สารบัญ	IV
สารบัญตาราง	VI
สารบัญรูป	VII
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย	3
1.4 แนวคิด นวัตกรรม ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	4
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้อง	5
2.1 ยาง	5
2.2 แรงต้านการหมุนของล้อ	6
2.3 การเปรียบเทียบยางรถยนต์ระหว่างยางแบบธรรมดา กับยางเรเดียลเส้นลวด	8
2.4 ความดันลมยางที่เหมาะสม	8
2.5 อายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์	9
2.6 การคำนวณหาเส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์	10
2.7 การคำนวณหาค่าแรงต้านทานการหมุนแผ่ของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว	10
2.8 แรงต้านการหมุนของยางล้อ	10
2.9 เพลลา	11
2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	16
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	16
3.2 การออกแบบเครื่องทดสอบและแนวทางการพัฒนาเครื่องทดสอบ	17
3.3 จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์	21
3.4 การปรับตั้ง พัฒนา และสอบเทียบเครื่องทดสอบ	22
3.5 การพัฒนาบุคลากรผ่านการถ่ายทอดองค์ความรู้	23
บทที่ 4 ผลการดำเนินการ	28
4.1 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบและโครงสร้างทดสอบ	28
4.2 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานของล้อรถจักรยานยนต์	29

บทที่ 5 สรุปผลการดำเนินการ	32
5.1 สรุปผลการดำเนินงานด้านอบรมบุคลากรผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบยางล้อและ การสร้างเครือข่ายความร่วมมือ	32
5.2 สรุปผลการดำเนินงานด้านการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบการตรวจวัด การขยายตัวแก้มยาง	32
5.3 ปัญหาและอุปสรรค	32
5.4 ข้อเสนอแนะ	33
บรรณานุกรม	34
ประวัติผู้วิจัย	35
ภาคผนวก ก ใบรับรองมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117 Annex 6	42
ภาคผนวก ข ข้อตกลงความร่วมมือด้านการทดสอบ	44



สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (Kr) ตามชนิดและสภาพถนน	8
2.2 การเปรียบเทียบยางรถยนต์	9
2.3 ขนาดของเพลตามาตรฐาน ISO/R775-1969	13
2.4 มาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลระหว่างมาตรฐาน JIS ในประเทศอื่นๆ	14
2.5 ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ	15
3.1 การเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะของเครื่องทดสอบฯ ระหว่างมาตรฐาน ECE R117 และ ที่ดำเนินการพัฒนา	19
3.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ ตามมาตรฐาน ECE R117	23
3.3 รายการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ	23
3.4 รายการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ	24
4.1 ผลสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ	28
4.2 ผลสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ	29
4.3 สภาวะการทดลอง	29
4.4 สัมประสิทธิ์ความต้านทานและการขยายตัวแก้มยาง	30



สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 กิจกรรมการพัฒนากำลังคนด้านการทดสอบและสถาบันความรู้	4
2.1 ลักษณะของโครงสร้างยาง	5
2.2 แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง	6
2.3 การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง	9
2.4 เพลายู่ภายใต้แรงต่างๆ	12
3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน	16
3.2 แบบเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียหายยางล้อ	17
3.3 แรงที่กระทำต่อเพลาลูกกลิ้ง	18
3.4 แรงและโมเมนต์ดัดที่กระทำต่อเพลาลูกกลิ้ง	19
3.5 แบบเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียหายยางล้อ	21
3.6 การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด เชิงปฏิบัติการ	24
3.7 การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด เชิงปฏิบัติการ (ต่อ)	24
3.8 การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด เชิงปฏิบัติการ (ต่อ)	25
3.9 การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ	26
3.10 การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ (ต่อ)	26
3.11 การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ (ต่อ)	27
4.1 การขยายตัวแก้มยาง	30
4.2 ความร่วมมือด้านการทดสอบระหว่างบริษัท เอส ที ไอ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด กับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	31

บทที่ 1

บทนำ

งานวิจัยบทนี้กล่าวถึงความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา วัตถุประสงค์การวิจัย ขอบเขตของการศึกษาประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ยางพาราถือเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีความโดดเด่น และมีการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อผลิตเป็นชิ้นส่วนต่างๆทั้งในภาคอุตสาหกรรมและภาคครัวเรือน ผลิตภัณฑ์จากยางพาราจำนวนมากถูกนำไปแปรรูปเป็นชิ้นส่วนต่างๆผ่านกระบวนการอุตสาหกรรมทั้งส่งออกและใช้ในประเทศ ยางล้อเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ปลายน้ำที่โดดเด่นและเป็นอีกชิ้นส่วนในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีขนาดกำลังการผลิตสูง โดยประเทศไทยถือเป็นประเทศที่ผลิตชิ้นส่วนยานยนต์รายใหญ่ระดับโลก ซึ่งชิ้นส่วนยางล้อเป็นหนึ่งในชิ้นส่วนดังกล่าวที่มีทั้งการผลิตเพื่อใช้ในประเทศและส่งออก โดยยางยานพาหนะหรือยางล้อเป็นผลิตภัณฑ์ในกลุ่มอุตสาหกรรมยางที่ใช้ยางธรรมชาติมากเป็นอันดับหนึ่งของกลุ่มผลิตภัณฑ์ยางทั้งหมด มีมูลค่าการส่งออกในปีที่ผ่านมาประมาณ 12 แสนล้านบาท ซึ่งทิศทางการของอุตสาหกรรมยางล้อที่ศึกษาโดยกลุ่มศึกษาเรื่องยางระหว่างประเทศ หรือ IRSG ได้คาดการณ์ปริมาณความต้องการใช้ยางธรรมชาติของโลกมีทิศทางเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2563 ความต้องการยางของโลกจะอยู่ที่ถึง 31.7 ล้านตัน เป็นมูลค่าประมาณ 13 ล้านล้านเหรียญสหรัฐ โดยกระทรวงอุตสาหกรรมได้คาดการณ์ทิศทางการเติบโตของอุตสาหกรรมรถยนต์ในประเทศจีนที่ก้าวกระโดดกลายเป็นตลาดรถยนต์อันดับ 1 ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 เป็นต้นมา ทำให้ความต้องการยางรถยนต์เพิ่มมากขึ้น ปริมาณความต้องการใช้ยางธรรมชาติทั้งในประเทศจีนและของโลกจึงเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ส่งผลให้ศักยภาพการผลิตยางล้อของไทย ต้องพร้อมรับกับมาตรฐานที่เกี่ยวข้องกับยางล้อที่เป็นมาตรฐาน UN/ECE และมาตรฐานสากลอื่น ๆ รวมถึงผลกระทบจากการก้าวเข้าสู่ประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนตั้งแต่ปลายปี พ.ศ. 2558 ผลักดันให้ไทยเป็นศูนย์กลางการผลิตล้อยางของเอเชีย

อย่างไรก็ตาม หากมองกลับมาสังเกตพฤติกรรมการณ์ผลิตยางล้อทั้งที่ส่งออกและใช้งานภายในประเทศจะพบว่า ผลิตภัณฑ์ยางล้อจะถูกควบคุมคุณภาพด้วยมาตรฐานสากลซึ่งผู้ผลิตทุกรายจำเป็นต้องทดสอบคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ของตนให้ผ่านมาตรฐานดังกล่าว เพื่อเปิดโอกาสให้ผลิตภัณฑ์ยางล้อของตนสามารถเข้าสู่การแข่งขันในท้องตลาดได้ ในขณะที่มีมาตรฐานการทดสอบคุณภาพยางล้อระดับสากลเข้ามาควบคุมหลายรายการ กลับพบว่าประเทศไทยซึ่งเป็นหนึ่งในผู้ผลิต

ยางล้อรายใหญ่ของโลกกลับไม่เครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อที่เพียงพอต่อความต้องการ เนื่องด้วยการลงทุนด้านเครื่องมือทดสอบที่ได้มาตรฐานสากลต้องนำเข้าจากต่างประเทศและมีต้นทุนสูง ทำให้ผู้ประกอบการส่วนใหญ่โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ประกอบการสัญชาติไทยซึ่งเป็นกลุ่มอุตสาหกรรมขนาดเล็กและขนาดย่อมและมีข้อจำกัดด้านการลงทุนไม่สามารถลงทุนด้านเครื่องมือทดสอบได้ เป็นสาเหตุให้เกิดอุปสรรคต่อการพัฒนาศักยภาพผู้ประกอบการภายในประเทศ

สำหรับสภาพปัญหาด้านเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อในประเทศจากการศึกษาพบว่า มีความต้องการใช้งานเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อที่ได้รับรองมาตรฐานสูงและยังขาดแคลนอยู่ แม้ว่าห้องปฏิบัติการทดสอบยางล้อที่มีเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อประจำการอยู่มีสถิติความถี่ในการใช้งานลดลงเป็นเพราะเครื่องทดสอบมีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน และไม่ได้ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อโดยเฉพาะ จากการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นจาก TUV Rheinland Thailand พบว่าการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อมีความต้องการสูง ปัจจุบัน TUV Rheinland Thailand มีกลุ่มลูกค้าที่ต้องการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ เพื่อออกการรับรองมาตรฐาน โดยส่งไปทดสอบในห้องปฏิบัติการต่างประเทศ ในแถบอาเซียน เช่น มาเลเซีย เป็นต้น ดังนั้นไม่เพียงแต่การยกระดับสมรรถนะเครื่องทดสอบจะสามารถนำไปสู่การนำไปใช้ประโยชน์ให้กับผลิตภัณฑ์ยางล้อ แต่ความจำเป็นในการสร้างเครือข่ายกับเอกชนผู้มีส่วนเกี่ยวข้องให้การรับรอง เช่น TUV Rheinland Thailand จะส่งผลให้มีแนวโน้มประสบความสำเร็จในการนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เพื่อออกการรับรองมาตรฐานจากในและต่างประเทศจำนวนมาก

ในฐานะที่มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร เป็นแหล่งพัฒนาองค์ความรู้ใหม่ที่สำคัญของประเทศและของโลก การสร้างนวัตกรรมและเทคโนโลยีที่มีประโยชน์จำเป็นต้องพัฒนามหาวิทยาลัยด้วยยุทธศาสตร์ตามพันธกิจ วิสัยทัศน์ ให้สอดคล้องกับยุทธศาสตร์การศึกษาและการพัฒนาประเทศเป็นสำคัญ ดังนั้นการพัฒนาหลักสูตรเพื่อจัดการเรียนการสอนผ่านระบบงานวิจัยที่มีคุณภาพ การสร้างองค์ความรู้ใหม่ด้วยการวิจัยและพัฒนา โดยมุ่งเน้นต่อยอดองค์ความรู้ด้วยการปฏิบัติเป็นเลิศให้เกิดประโยชน์ส่วนรวมจากการบริการทางวิชาการและการพัฒนาอาชีพถือเป็นพันธกิจที่สำคัญ

จากปัญหาดังกล่าว คณะนักวิจัยได้เล็งเห็นความสำคัญของข้อจำกัดด้านองค์ความรู้และขีดความสามารถในการแข่งขันอุตสาหกรรมยางล้อ และมีแนวคิดที่จะพัฒนากำลังคนด้านความรู้ ด้วยการเตรียมกำลังคน ผู้เชี่ยวชาญ และผู้ประกอบการ BCG โครงการพัฒนากำลังคนร่วมระหว่างสถาบันอุดมศึกษากับภาคเอกชนด้านการทดสอบยางล้อผ่านเครือข่ายวิทยาศาสตร์ การวิจัยและนวัตกรรมภายในประเทศ เป็นอีกหนึ่งกลยุทธ์ ในแผนยุทธศาสตร์การพัฒนามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ระยะ 15 ปี(พ.ศ. 2560-2574) และสอดคล้องกับแผนปฏิบัติการมหาวิทยาลัย

(Action Plan) เพื่อการบริหารอย่างมีคุณภาพ เป็นสถาบันการศึกษาพัฒนาองค์ความรู้ใหม่อย่างต่อเนื่อง ให้เกิดประโยชน์สูงสุดตามยุทธศาสตร์ชาติ เสริมสร้างวัฒนธรรมองค์กรเข้มแข็ง เป็นการปรับตัวตามสถานการณ์ที่เปลี่ยนแปลงและนำไปสู่การพึ่งตนเองได้อย่างมั่นคงและยั่งยืน

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

- 1.) เพื่อพัฒนากำลังคนคุณภาพสูงร่วมระหว่างสถาบันอุดมศึกษากับภาคเอกชนด้านการทดสอบยางล้อ
- 2.) เพื่อพัฒนากำลังคนเพื่อสร้างกลุ่มผู้ให้บริการมูลค่าสูงร่วมระหว่างสถาบันอุดมศึกษากับภาคเอกชนด้านการสอบเทียบเฉพาะทาง
- 3.) เพื่อสร้างระบบตรวจวัดการขยายตัวยางล้อด้วยเทคโนโลยีขั้นสูงขณะทำการทดสอบบนเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

- 1.) พัฒนานวัตกรรมต้นแบบด้านเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ ตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No.117 Annex 6
- 2.) อบรมบุคลากรด้านการทดสอบยางล้อไม่น้อยกว่า 10 คน จากหน่วยงานทั้งภาครัฐและอุตสาหกรรม
- 3.) ทดสอบและตรวจวัดการขยายตัวยางล้อ

1.4 แนวคิด นวัตกรรม ทฤษฎี และสมมติฐานงานวิจัย

เนื่องจากคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร มีนโยบายที่จะนำเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อต้นแบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นไปใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม โดยเครื่องทดสอบดังกล่าวได้รับการรับรองตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No.117 Annex 6 จาก บริษัท TUV Rheinland Thailand Ltd ดังนั้นรูปแบบการนำไปใช้ประโยชน์ผ่านกิจกรรมการพัฒนากำลังคนด้านการทดสอบและสถาบันความรู้เป็นทางเลือกที่ตรงตามพันธกิจสำหรับการพัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้เพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศไปสู่การเป็นประเทศรายได้สูง ดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 กิจกรรมการพัฒนากำลังคนด้านการทดสอบและสถาบันความรู้

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- 1.) บุคลากรด้านการทดสอบเฉพาะทาง ไม่น้อยกว่า 10 คน
- 2.) เครื่องทดสอบระดับห้องปฏิบัติการ
- 3.) ความร่วมมือด้านการทดสอบเกี่ยวข้องโดยตรงหรือโดยอ้อมจากการใช้เครื่องมือหรือห้องปฏิบัติการ
- 4.) องค์ความรู้จากการทดสอบการขยายตัวอย่างล้น

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยเกี่ยวข้อง

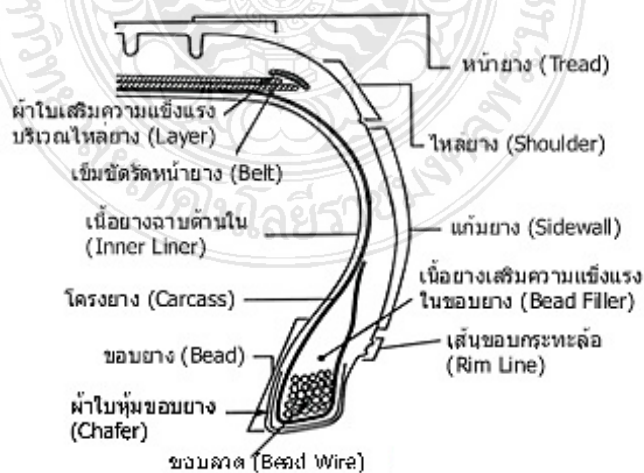
2.1 ยาง

ยางเป็นส่วนสำคัญอย่างยิ่งในด้านของความปลอดภัยในการขับเคลื่อนรถยนต์ ยางเป็นส่วนหนึ่งของรถยนต์ที่ใช้สำหรับทำหน้าที่รองรับน้ำหนักรถ ความนุ่มนวลขณะขับขี่ การหยุดเบรก และประสิทธิภาพการยึดเกาะพื้นผิวถนน รวมไปถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ซึ่งยางเป็นส่วนที่สัมผัสกับพื้นถนนอยู่ตลอดเวลา ซึ่งส่งผลต่ออายุการใช้งานของยาง และยังทำให้การยึดเกาะถนนลดลง

การออกแบบยางในปัจจุบันนี้ลักษณะของยางรถยนต์ที่จะแตกต่างกันไปตามองค์ประกอบของโครงสร้างพื้นฐานของยางรถยนต์สามารถจำแนกส่วนประกอบออกได้เป็น 6 ส่วน ดังนี้

- หน้ายาง (Tread)
- ไหล่ยาง (Shoulder)
- แก้มยาง (Sidewall)
- โครงยาง (Carcass)
- ผ้าใบเสริมหน้ายางหรือเข็มขัดรัดหน้ายาง (Breaker or Belt)
- ขอบยาง (Bead)

ส่วนประกอบแต่ละส่วนถูกออกแบบมาให้เหมาะสมกับหน้าที่และประสิทธิภาพในการใช้งาน ดังรูปที่ 2.1



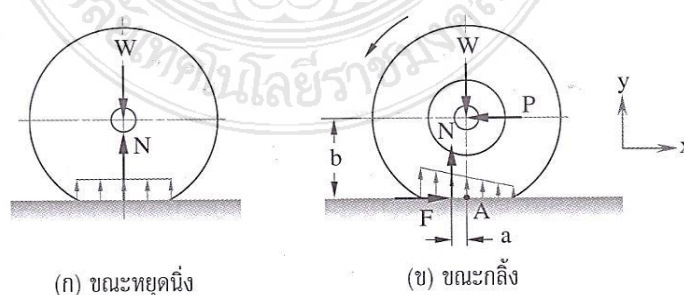
รูปที่ 2.1 ลักษณะของโครงสร้างยาง

นอกจากนี้ การออกแบบสำหรับรถยนต์บนท้องถนนต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลายอย่าง เช่น

- 1) ความปลอดภัย
 - ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงในทุกสภาพถนน (High friction coefficients)
 - ความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม (Top-speed)
 - รูปแบบโหลดที่กระทำต่อล้อ
 - ความปลอดภัยของการขับเคลื่อน
 - คุณสมบัติการวิ่งอย่างราบเรียบ
- 2) ความสะดวกสบาย
 - ความแข็งแรงของยางน้อย
 - ความราบรื่นในการขับเคลื่อน
- 3) ความประหยัด
 - มีความทนทานสูง
 - ความต้านทานการหมุนต่ำ (Low rolling resisting)
 - น้ำหนักล้อต่ำ (Low dynamic wheel load)
 - ค่าใช้จ่ายด้านการสร้างต่ำ
 - อัตราการรับภาระสูง

2.2 แรงต้านการหมุนของล้อ (ธีระยุทธ, 2552)

แรงต้านทานการหมุนของล้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สภาพผิวถนน ความเสียดทานในลูกปืนของล้อรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนน ความดันลมยางรถยนต์ การเสียดสีของเบรก และขนาดของล้อ แรงต้านการหมุนของล้อแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักของรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนนมีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยเฉพาะในกรณีความดันลมยางรถยนต์ต่ำมาก ยางจะยุบตัวมาก จะมีผลให้แรงต้านการหมุนของล้อสูงมากขึ้น



รูปที่ 2.2 แรงต้านการหมุนของล้อที่เกิดจากการยุบตัวของยางกลิ้งบนถนนแข็ง

ถ้า P เป็นแรงดันที่ทำให้ล้อรถยนต์สามารถกลิ้งไปได้บนถนนแข็ง แสดงดังรูปที่ 2.2 (ข) ส่วนของยางที่สัมผัสกับถนนจะยุบตัวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนนจะเป็นพื้นที่กว้าง น้ำหนักของรถยนต์จะกระจายบนผิวหน้าสัมผัสระหว่างยางกับถนน ในขณะที่ล้อกลิ้งไปบนถนนนั้น ยางจะยุบตัวและคืนตัวสลับกัน ทำให้เกิดความเสียดทานขึ้นในเนื้อยางและก่อให้เกิดความร้อนขึ้น แรงต้านทานการหมุนของล้อจะมีค่ามากหรือน้อยนั้นขึ้นอยู่กับ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (Coefficient of rolling resistance) ใช้สัญลักษณ์ (K_r) แรงต้านการหมุนของล้อจะมีค่าสูงขึ้น ถ้าเส้นผ่าศูนย์กลางของล้อมีขนาดใหญ่ขึ้น ค่า K_r จะลดลง แรงต้านการหมุนของล้อ ซึ่งเป็นค่าที่ใช้วัดความต้องการการใช้พลังงานสามารถหาได้จากความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$R_r = K_r W_v \quad (2.1)$$

เมื่อ R_r คือ แรงต้านทานการหมุนของล้อ (N)
 K_r คือ สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ
 W_v คือ น้ำหนักของรถยนต์ (N)

ในกรณีถนนมีลักษณะอ่อนตัว เช่น ถนนดินและถนนทราย ถนนมีการยุบตัวทำให้แรงต้านการหมุนของล้อเพิ่มขึ้น ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อบนสภาพถนนต่างๆ ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 สัมประสิทธิ์แรงต้านการหมุนของล้อ (K_r) ตามชนิดและสภาพถนน

ชนิดและสภาพถนน	K_r (เฉลี่ย)
ถนนลาดยางและคอนกรีต	
สภาพดีเยี่ยม	0.014 - 0.018
สภาพดีพอใช้	0.018 - 0.020
ถนนหินปูพื้น	0.023 - 0.030
ถนนลูกรัง	0.020 - 0.025
ถนนดิน	
ดินแข็งอัดแน่น	0.025 - 0.035
ดินเปียกหลังฝนตก	0.050 - 0.150
ถนนทราย	0.10 - 0.30

2.3 การเปรียบเทียบยางรถยนต์ระหว่างยางแบบธรรมดา กับยางเรเดียลเส้นลวด

ยางเรเดียลเส้นลวดมีความต้านทานต่อการสึกหรอสูงกว่ายางผ้าใบธรรมดา เนื่องจากหน้ายางที่แกร่งกว่าการบิดตัวของหน้ายางน้อยกว่าความร้อนจึงเกิดขึ้นได้น้อยกว่า และหน้ายางที่สัมผัสผิวถนนได้มากกว่า ช่วยลดปัญหาการบวมล่อนของยาง มีผลทำให้อายุการใช้งานของยางเรเดียลเส้นลวดยาวนานกว่ายางผ้าใบธรรมดา 1.5-2 เท่า ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับต้นทุนต่อระยะทางที่ใช้งาน และให้ความปลอดภัยในการใช้งานได้มากยิ่งขึ้น

ตารางที่ 2.2 การเปรียบเทียบยางรถยนต์

ชนิดยางรถยนต์ สภาวะการใช้งาน	ยางเรเดียล (Radial tyre)	ยางแบบธรรมดา (Bias tyre)
ประสิทธิภาพความทนทาน	มีความทนทานมาก	มีความทนทานน้อย
อายุการใช้งาน	เสื่อมสภาพช้า	เสื่อมสภาพเร็ว
ความต้านทานของมีคม	ต้านทานได้ดี	ร้าวซึมได้ง่าย
การระบายความร้อน	ระบายความร้อนได้เร็ว	ระบายความร้อนได้ช้า
ความแข็งแรงของโครงสร้างยาง	นำมาหล่อดอกยางใหม่ได้	ไม่สามารถหล่อดอกยางได้อีก
ประสิทธิภาพในการหยุดรถ	ใช้ระยะในการเบรกสั้น	ใช้ระยะในการเบรกยาว
เสียงรบกวนขณะใช้งาน	เสียงรบกวนน้อย	เสียงรบกวนมาก
การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง	ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่า	ใช้น้ำมันเชื้อเพลิงสิ้นเปลือง

(ที่มา: <http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/>)

ยางแบบเรเดียลเป็นยางที่ทำให้รถยนต์มีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงน้อยกว่าการใช้ยางแบบอื่น ทั้งนี้ก็เพราะว่า ยางแบบเรเดียลมีแรงต้านการหมุนน้อยกว่าทำให้ใช้กำลังในการขับเคลื่อนน้อยลง นอกจากนี้ยางแบบเรเดียลยังมีการสึกหรอช้ากว่า เกิดความร้อนน้อยกว่า หน้ายางไม่มีการบิดตัวเมื่อสัมผัสกับถนน โครงสร้างของยางแบบไดอะโกนัลไบแอส (Diagonal bias) การวางผ้าใบแต่ละชั้นจะถูกวางจากขอบยางด้านหนึ่งไปยังขอบยางอีกด้านหนึ่ง โดยให้แนวของเส้นใยชั้นผ้าใบในแต่ละชั้นเอียงเป็นแนวทแยงมุมกัน

2.4 ความดันลมยางที่เหมาะสม

ความดันลมยางที่เหมาะสมสำหรับยางรถยนต์นั่งโดยทั่วไป จะอยู่ที่ประมาณ 28-36 psi ส่วนรถบรรทุกขนาดเล็กจะอยู่ที่ประมาณ 30-45 psi (ไม่มีการบรรทุก) และประมาณ 35-65 psi (เมื่อมีการบรรทุก) แต่ละยี่ห้อ มีน้ำหนักต่างกัน หรือใช้ยางที่มีขนาดต่างกัน



(ก) ลมยางอ่อน

(ข) ลมยางเหมาะสม

(ค) ลมยางแข็ง

รูปที่ 2.3 การเปรียบเทียบระดับความดันลมยาง

(ที่มา: [http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-Radial/](http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre_Basics/Bias-Radial/))

นอกจากนี้ การออกแบบยางสำหรับรถยนต์ ต้องคำนึงถึงองค์ประกอบหลาย ๆ อย่าง (ธีระยุทธ, 2552) เช่น

- 1) ความปลอดภัย พิจารณาจาก ค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทานสูงในทุกสภาพถนน (High friction coefficients) ความเร็วสูงสุดที่เหมาะสม (Top speed) รูปแบบโหลดที่กระทำต่อล้อ ความปลอดภัยของการขับขี่ และคุณสมบัติการวิ่งอย่างราบเรียบ
- 2) ความสะดวกสบาย พิจารณาจาก ความแข็งของยางน้อย และความราบรื่นในการขับขี่
- 3) ความประหยัด พิจารณาจาก ความทนทานสูง ความต้านทานการหมุนต่ำ (Low rolling resisting) น้ำหนักล้อต่ำ (Low dynamic wheel load) ค่าใช้จ่ายด้านการสร้างต่ำ และ อัตราการรับภาระสูง

2.5 อายุการใช้งานของยางล้อรถยนต์

โดยปกติการพิจารณาเปลี่ยนยางรถยนต์ จะดูที่ความลึกของร่องดอกยางคงเหลือ ถ้าเหลือเพียง 1.6 มิลลิเมตร ควรถอดเปลี่ยนยางเส้นใหม่ โดยสังเกตในร่องดอกยาง จะพบว่ามีสันนูนเล็กๆอยู่รอบวงยาง ซึ่งสันนูนดังกล่าวจะเป็นตัวกำหนดอายุการใช้งานของยางเส้นนั้น คือ ถ้าหากดอกยางสึกหรองจนกระทั่งถึงสันนูนในร่องยาง หรือ ความลึกร่องดอกยางเหลือประมาณ 1.6 มิลลิเมตร ถือได้ว่ายางนั้นหมดอายุการใช้งาน นอกจากนี้ ถ้าหากตรวจพบว่า เนื้อยางมีความแข็งกระด้างมากจนทำให้ความรู้สึกว่ายางไม่ค่อยเกาะถนนควรถือว่ายางนั้นหมดอายุการใช้งานเช่นกัน หรือถ้าหากเกิดการชำรุดเสียหาย จนไม่สามารถซ่อมแซมได้ก็ถือว่ายางเส้นนั้นหมดอายุการใช้งานเช่นกัน หรือ ถ้าหากพบว่าเกิดการบวมล่อนที่ส่วนใดส่วนหนึ่งของยาง ก็ถอดเปลี่ยนได้ทันที เพื่อความปลอดภัย สำหรับระยะทางที่วิ่งได้เป็นเลขกิโลเมตร จึงไม่สามารถบอกได้อย่างแน่ชัด ว่าสมควรเปลี่ยนยางเส้นใหม่หรือยัง เนื่องจากปัจจัยที่ทำให้เกิดการสึกหรองของดอกยาง สำหรับผู้ใช้แต่ละคนจะแตกต่างกันออกไป ได้แก่

1. การบรรทุกน้ำหนัก
2. ความดันลมยาง
3. ความเร็วในการขับขี่

4. สภาพผิวถนน
5. อุณหภูมิสภาพอากาศ
6. สภาพรถยนต์ เช่น ระบบช่วงล่างและศูนย์ล้อ เป็นต้น
7. การหยุดรถและออกรถ

2.6 การคำนวณหาเส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์

โดยการหาค่าเส้นรอบวงกลม (เส้นรอบวงยางล้อรถยนต์) ดังสมการที่ 2.2

$$C = 2\pi r \quad (2.2)$$

เมื่อ

C คือ เส้นรอบวงของยางล้อรถยนต์ (m)

r คือ รัศมีของยางล้อรถยนต์ (m)

2.7 การคำนวณค่าแรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว

แรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว คือ แรงต้านทานที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ผ่านตัวกลาง เช่น อากาศ แรงต้านทานแฝงถือเป็นแรงต้านที่ถูกรวมกับแรงต้านรวม โดยเกิดขึ้นบริเวณผิวสัมผัสระหว่างการเคลื่อนที่ ค่าแรงต้านทานการหมุนแฝง แสดงดังสมการที่ 2.3

$$F_{pl} = \frac{T_p}{r} \quad (2.3)$$

เมื่อ F_{pl} คือ แรงต้านทานการหมุนแฝงของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (N)

T_p คือ แรงบิดเพลลาของเครื่องไดนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (Nm)

2.8 แรงต้านทานการหมุนของยางล้อ

แรงต้านทานการหมุนของยางล้อขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สภาพของผิวถนน ความเสียดทานในเบรคของล้อรถยนต์ การยุบตัวของยางและผิวถนน ความดันลมในยางรถยนต์ การเสียดสีที่เบรค และขนาดของล้อ ภายใต้เงื่อนไขที่คงที่ แรงต้านทานการหมุนของล้อแปรผันโดยตรงกับน้ำหนักของรถยนต์ ถ้าสามารถลดน้ำหนักรถยนต์ลงได้มากก็จะยิ่งประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มาก ทั้งในการวิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่และในการเร่งรถยนต์ (มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถยนต์ 367-2532) การลดน้ำหนักของรถยนต์จะนำไปสู่การลดขนาดของเครื่องยนต์ ห้องเกียร์ ระบบกันสะเทือน และชิ้นส่วนอื่นๆ แต่อย่างไรก็ตามสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักรถยนต์ระหว่างรถเปล่ากับรถที่มีภาระบรรทุกเต็มมันต่างกันมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับรถยนต์ขนาดเล็ก เทคโนโลยีสมัยใหม่ช่วยให้เรา

สามารถใช้วัสดุที่มีน้ำหนักเบาได้ ประกอบกับการออกแบบ ในปัจจุบันได้ใช้เทคโนโลยีด้านคอมพิวเตอร์ช่วยการออกแบบ (Computer Aided Design, CAD) และคอมพิวเตอร์ช่วยการผลิต (Computer Aided Manufacturing, CAM) เข้าช่วยอย่างมาก โดยเฉพาะอย่างยิ่งด้านไฟไนต์เอลิเมนต์ (Finite Element Modeling, FEM) ของตัวรอกยนต์และชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งนำไปสู่การลดน้ำหนักรอกยนต์ลงได้มาก โดยการคำนวณหาแรงต้านการหมุนของยางล้อรอกยนต์ และการคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรอกยนต์ แสดงดังสมการที่ 2.4 และ 2.5 ตามลำดับ

$$F_r = \frac{T_t}{R} - F_{pl} \quad (2.4)$$

- เมื่อ F_r คือ แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรอกยนต์ (N)
 T_t คือ แรงบิดเพลลาของเครื่องไคนาโมมิเตอร์เพลลาเดี่ยว (N.m)
 ภายใต้สภาวะรับน้ำหนักบรรทุก
 R คือ รัศมีของยางล้อรอกยนต์ ภายใต้สภาวะรับน้ำหนักบรรทุก (m)

$$C_r = \frac{F_r}{L_m} \quad (2.5)$$

- เมื่อ C_r คือ ค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรอกยนต์ (N/kN)
 L_m คือ แรงลงล้อรอกยนต์ (kN)

2.9 เพลลา ขาญ ถนััดงาน), และคนอื่น ๆ, (2546

เพลลาเป็นชิ้นส่วนที่มีใช้อยู่ในเครื่องจักรเกือบทุกชนิด ทำหน้าที่ในการส่งถ่ายกำลังหรือทำให้เกิดการหมุนระหว่างชิ้นส่วนต่าง ๆ ของเครื่อง ขณะใช้งานเพลลาจะอยู่ภายใต้ภาระการกระทำชนิดต่าง ๆ เช่น แรงกด แรงดึง โมเมนต์ดัด และโมเมนต์บิดซึ่งอาจมีทั้งแรงสถิตและแรงแบบวัฏจักร ทำให้เกิดการล้าได้ เพลลาอาจมีชื่อเรียกแตกต่างกันตามลักษณะการใช้งานดังนี้ คือ เพลลา (Shaft) เป็นชิ้นส่วนที่หมุนและใช้ในการส่งกำลัง

การเลือกวัสดุและวิธีที่ใช้ในการทำเพลลา นักออกแบบจะต้องคำนึงถึงสภาพการใช้งานและภาระที่เพลลาต้องรับเป็นหลัก วัสดุที่ใช้ทำเพลลาทั่วไปคือ เหล็กกล้าละมุน (Mild steel) แต่ถ้าต้องการให้มีความเหนียวและความทนทานเป็นพิเศษ มักจะใช้เหล็กกล้าผสมโลหะอื่นทำเพลลา เช่น AISI 3140, 1347, 4150, 4340 เป็นต้น เพลลาที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางโตกว่า 90 mm มักจะกลึงมาจาก

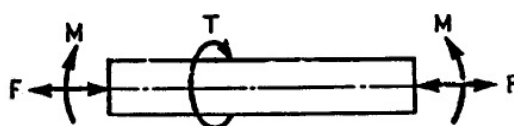
เหล็กกล้าคาร์บอน ซึ่งผ่านการรีดร้อนอย่างไรก็ตามเพื่อให้เพลามีราคาถูกที่สุด ผู้ออกแบบควรพยายามเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนธรรมดาก่อนที่จะเลือกใช้เหล็กกล้าคาร์บอนชนิดอื่น

การคำนวณหาขนาดเพลที่เหมาะสมขึ้นอยู่กับลักษณะการใช้งาน ดังนั้นมุมบิดของเพลที่เกิดขึ้นในขณะใช้งานจะต้องมีค่าไม่มากกว่าที่กำหนดไว้ นั่นคือ เพลจะต้องมีความแข็งแรงอยู่ในพิสัยที่ต้องการถ้ามุมบิดมากไปนอกจากจะเสียความเที่ยงตรงทางด้านตำแหน่งแล้วยังอาจก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนมีผลให้เฟืองและลูกปืนที่รองรับเพลายู่เกิดความเสียหายได้ง่ายขึ้น ขนาดมาตรฐานของเพลา ดังตารางที่ 2.3 และตารางมาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลา ดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.3 ขนาดของเพลามาตามมาตรฐาน ISO/R775-1969

ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (mm)				
6	25	70	130	240
7	30	75	140	260
8	35	80	150	280
9	40	85	160	300
10	45	90	170	320
12	50	95	180	320
14	55	100	190	340
18	60	110	200	360
20	65	120	220	380

การออกแบบเพลามาตามโค้ดของ ASME เป็นที่ยอมรับ ด้วยวิธีการคำนวณหาขนาดของเพลาส่งกำลังซึ่งกำหนดเป็นโค้ด (Code) โดยสมาคมวิศวกรเครื่องกลแห่งสหรัฐอเมริกา (ASME) แม้ว่าเวลาจะล่วงเลยมานานแล้วก็ตามวิธีการออกแบบเพลามาตามโค้ดของ (ASME) ก็ยังมีความสะดวกและง่ายต่อการใช้งาน ซึ่งจะได้กล่าวถึงต่อไป วิธีการดังกล่าวนี้ใช้ทฤษฎีความเค้นเฉือนสูงสุดและไม่พิจารณาถึงความล้าหรือความเค้นหนาแน่นที่เกิดขึ้นบนเพลา ซึ่งเป็นการออกแบบโดยวิธีสถิตศาสตร์ (Static design method) ในการหาสมการสำหรับออกแบบเพลาให้พิจารณาเพลา ดังแสดงในรูปที่ 2.4



รูปที่ 2.4 เพลาอยู่ภายใต้แรงต่างๆ

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานของวัสดุที่ใช้ทำเพลาระหว่างมาตรฐาน JIS ในประเทศอื่นๆ

เหล็กผสมโครเมียม- โมลิบดีนัม	SMCM 1	AISI 4337
	SMCM 2	BS 830 M 31
	SMCM 7	AISI 8645, BS En 100 D
	SMCM 8	AISI 4340, BS 817 M 40, 816 M 40
	SMCM 22	AISI 4315
	SMCM 23	AISI 4320 BS En 325
	SMCM 25	BS En 39 B
เหล็กผสมโครเมียม	SCr 3	AISI 4130, DIN 34 Cr Mo 4
	SCr 4	AISI 5140, BS 350 A 40
	SCr 5	AISI 5145
	SCr 21	AISI 5110
	SCr 22	AISI 5125
เหล็กผสมโครเมียม- โมลิบดีนัม	SCM 2	AISI 4130, DIN 34 Cr Mo 4
	SCM 3	AISI 4130, BS 708 A 37, DIN 34 Cr Mo 4
	SCM 4	AISI 4140
	SCM 5	AISI

เพลาส่วนมากจะอยู่ภายใต้ความเค้นที่เป็นวัฏจักรทั้งนั้นเพราะเพลามุนอยู่ตลอดเวลา นอกจากนั้นแรงที่กระทำยังอาจเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาได้ ดังนั้นเพลาก็เกิดความเสียหายเนื่องจากความล้าเป็นส่วนใหญ่ สำหรับวิธีการคำนวณของ ASME ใช้วิธีการแบบสถิติศาสตร์ ดังนั้นจึงต้องมีตัวประกอบความล้า (fatigue factor) มาเกี่ยวข้องด้วย โดยการหาขนาดเพลาดังสมการที่ 2.6

$$d^3 = \left(\frac{16}{\pi \tau} \right) \times \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{\frac{1}{2}} \quad (2.6)$$

เมื่อ	d	คือ	เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาด้านใน	[mm]
	τ	คือ	55 N / mm ² สำหรับเพลาลูกกลิ้งที่ไม่มีร่องลิ้น	[N/mm ²]
	C_m	คือ	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด	[-]
	C_t	คือ	ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด	[-]
	T	คือ	แรงบิดเพลาลูกกลิ้ง	[N.mm]
	M	คือ	โมเมนต์ดัด	[N.mm]

ตารางที่ 2.5 ค่าตัวประกอบความล้าสามารถเลือกใช้ตามลักษณะของแรงที่มากระทำ

ชนิดของแรง	C_m	C_t
เพลาอยู่นิ่ง : แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.0	1.0
แรงกระตุก	1.5 – 2.0	1.0 – 2.0
เพลาหมุน : แรงสม่ำเสมอหรือเพิ่มขึ้นช้า ๆ	1.5	1.0
แรงกระตุกอย่างเบา	1.5 – 2.0	1.0 – 1.5
แรงกระตุกอย่างแรง	2.0 – 3.0	1.5 – 3.0

2.10 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนและล้อหรือยางรถยนต์ พบว่าประเด็นดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากโดย Joshua M. Pearce และคณะ (2007) ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบันสหรัฐอเมริกา มีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้ใช้รถในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก๊มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166, 193 และ 221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก๊มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่างกัน

C. Halfmann และคณะ (1997) ได้เล็งเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเดินของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยให้การ

ขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับที่มีปลอดภัยมากขึ้น

จากการศึกษาหาข้อมูลและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความสัมพันธ์ระหว่างความต้องการพลังงานในการขับเคลื่อนและล้อหรือยางรถยนต์ พบว่าประเด็นดังกล่าวมีอิทธิพลอย่างมากโดย Joshua M. Pearce และคณะ (2007) ได้กล่าวถึงการกำหนดพระราชบัญญัติปี 2000 ในประเทศสหรัฐอเมริกาเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานจากการควบคุมความดันลมยางทั้งนี้ในปัจจุบัน สหรัฐอเมริกามีรถยนต์ 220 ล้านคัน ทำให้สูญเสียพลังงานจากแรงต้านการเคลื่อนที่ของยางเป็นจำนวนมาก ได้มีการศึกษาระดับความดันลมยางจากผู้ใช้รถในประเทศสหรัฐอเมริกา ที่มีผลกระทบเกี่ยวกับ 1) ด้านความปลอดภัย 2) ลดอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 3) ทางเศรษฐกิจในเรื่องลดการนำเข้าน้ำมันดิบ และ 4) ลดมลพิษและการปล่อยก๊าซเรือนกระจก 13.5 ล้านตัน/ปี

ในขณะที่ A.K. Elwaleed และคณะ (2006) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการขยายตัวของแก้มยางที่มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและได้ทำการทดสอบในสภาพดินทราย ดินเหนียว และ ดินร่วน ทดลองโดยใช้ค่าความดันที่ 166,193 และ 221 KPa ทำการศึกษาและการวิเคราะห์ ด้วยวิธี (ANCOVA) พบว่าการขยายของแก้มยางเนื่องจากความดัน มีผลต่อแรงต้านการเคลื่อนที่ของยานพาหนะและขึ้นอยู่กับระดับความดันที่แตกต่างกัน

C. Halfmann และคณะ (1997) ได้เล็งเห็นความสำคัญด้านความปลอดภัยเกี่ยวกับการดูแลรักษาสภาพยาง และความดันลมยาง ถือว่าเป็นขั้นพื้นฐานของความปลอดภัยของยานพาหนะ และยังเป็นปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอุบัติเหตุ ดังนั้น C. Halfmann และคณะ ได้นำเสนอวิธีการตรวจสอบความดันลมยาง โดยการวิเคราะห์คลื่นความถี่ของฟังก์ชัน จากการเดินของยางทั้งล้อหน้า และล้อหลัง

J.E. Purkyne และคณะ (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบดอกยางที่ใช้ในการเกษตรในรูปแบบต่างๆเพื่อลดแรงต้านการเคลื่อนที่ การแก้ปัญหาในเชิงลบสำหรับดอกยาง และความดันลมยาง การออกแบบดอกยางที่บริเวณหน้ายางมักอาศัยร่องลึก ในรูปแบบที่แตกต่างกัน ประกอบกับเพื่อออกแบบดอกยางให้มีคุณสมบัติเฉพาะตัว 1) เพื่อการยึดเกาะถนนขณะเลี้ยวโค้ง 2) เพื่อช่วยในการขับเคลื่อนและหยุดรถไม่ให้ลื่นไถล และ 3) เพื่อระบายน้ำให้ออกจากผิวหน้าของดอกยางอย่างรวดเร็ว ช่วยให้การขับที่มีปลอดภัยมากขึ้น

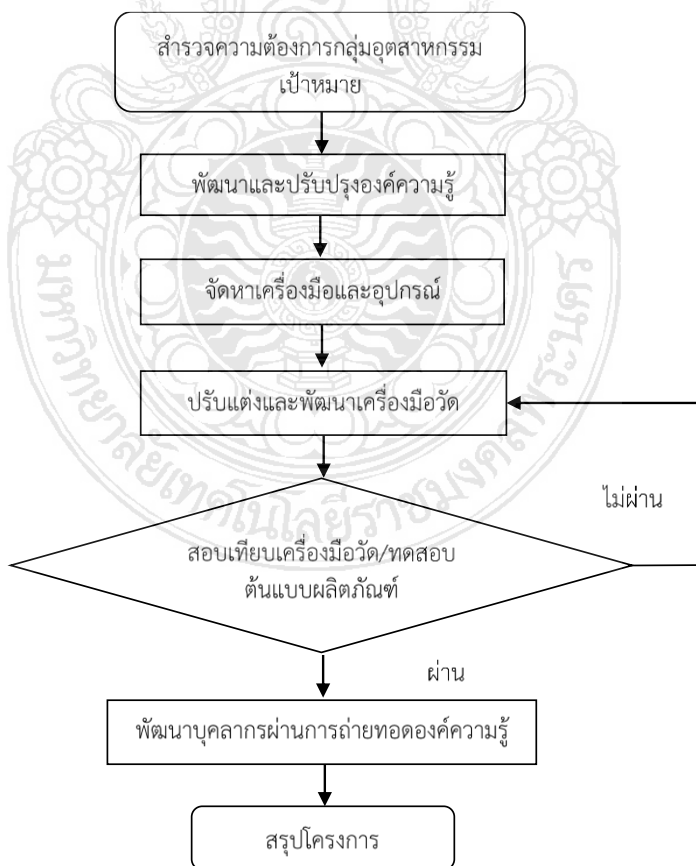
บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์งานวิจัยในครั้งนี้ จำเป็นต้องมีการศึกษาข้อมูลต่างๆ และออกแบบการทดสอบ โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ และแสดงดังรูปที่ 3.1

- 1) สำรวจความต้องการกลุ่มอุตสาหกรรมเป้าหมาย
- 2) พัฒนาและปรับปรุงองค์ความรู้
- 2) จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์
- 3) ปรับแต่ง พัฒนา และสอบเทียบเครื่องมือวัด
- 4) พัฒนากำลังคนและสถาบันความรู้ด้านห้องปฏิบัติการทดสอบมาตรฐาน
- 5) สรุปผลงานวิจัย

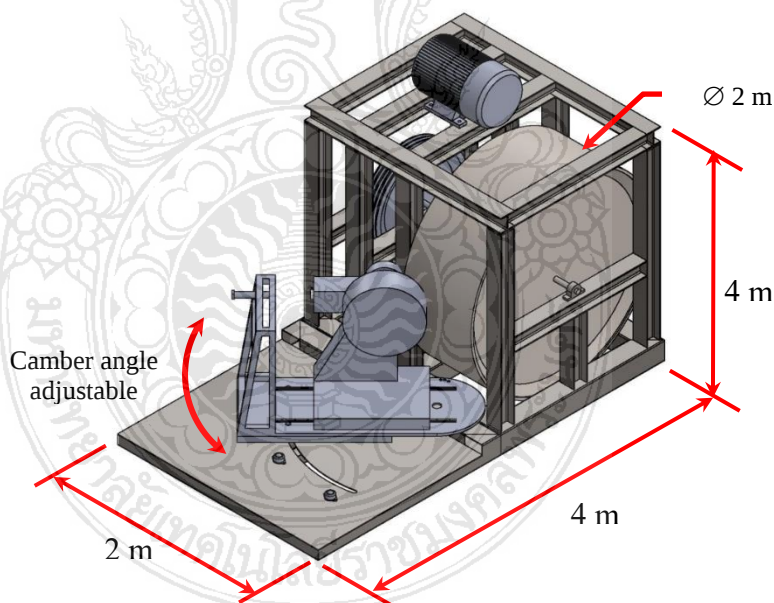


รูปที่ 3.1 ขั้นตอนการดำเนินงาน

3.2 การออกแบบเครื่องทดสอบและแนวทางการพัฒนาเครื่องทดสอบ

3.2.1 ภาพรวมการออกแบบเครื่องทดสอบและแนวทางการพัฒนาเครื่องทดสอบ

การออกแบบเครื่องทดสอบ Rolling Resistance Measurements จำเป็นต้องออกแบบให้เป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล (ECE R117 Annex 6 Test procedure for measuring rolling resistance) ซึ่งกำหนดปัจจัยสำคัญของส่วนประกอบเครื่องทดสอบไว้โดยกว้าง เช่น ความคลาดเคลื่อนของกำลังขับเคลื่อนชุด Test drum, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชุด Test drum ไม่น้อยกว่า 1.7 เมตร (โดยปกติอยู่ที่ 2 เมตร), ความละเอียดผิวของหน้าสัมผัส Test drum อยู่ที่ $6.3 \mu\text{m}$ จากข้อกำหนดดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องทดสอบให้สามารถไม่เพียงทำการทดสอบตามมาตรฐานได้เท่านั้น แต่ยังรองรับการทดสอบเชิงวิจัยได้อีกด้วย โดยการปรับองศาหน้าสัมผัสระหว่างยางล้อและผิวดรัม (Test drum) ดังรูปที่ 3.2 นอกจากนี้การเลือกใช้ตัวตรวจจับสัญญาณต่างๆของเครื่องทดสอบได้คำนึงถึงความแม่นยำและความน่าเชื่อถือเป็นหลัก โดยคณะผู้วิจัยได้ทำการเลือกและติดตั้งตัวตรวจจับสัญญาณที่ได้รับการสอบเทียบและผ่านการรับรองมาตรฐาน JIS จากบริษัทผู้แทนจำหน่ายจากประเทศญี่ปุ่น (KYOWA ELECTRONIC INSTRUMENTS CO.,LTD.) โดยมีค่าความแม่นยำดังตารางที่ 3.1



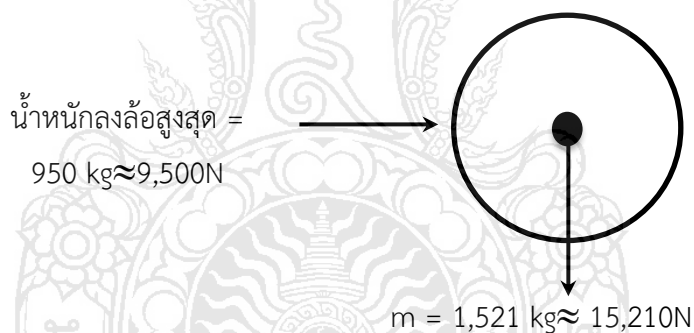
รูปที่ 3.2 แบบเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ

ตารางที่ 3.1 การเปรียบเทียบข้อมูลจำเพาะของเครื่องทดสอบฯ ระหว่างมาตรฐาน ECE R117 และ ที่ดำเนินการพัฒนา

ลำดับ	รายการ	ค่าตามมาตรฐาน	ค่าของเครื่องที่พัฒนา
1	Tyre load	$\pm 10\text{N}$ or 0.5%	$\pm 2.5\text{N}$ or 0.15%
2	Inflation pressure	$\pm 1\text{kPa}$	$\pm 0.25\text{kPa}$
3	Torque input	$\pm 0.5\text{Nm}$ or 0.5%	$\pm \text{Nm}$ or 0.3%
4	Distance	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$
5	Electrical power	$\pm 10\text{ W}$	$\pm 0.01\%$ of maximum frequency
6	Temperature	$\pm 0.2^{\circ}\text{C}$	$\pm 0.1^{\circ}\text{C}$

3.2.2 การคำนวณหาขนาดเพลาลูกกลิ้ง (Shaft of test drum)

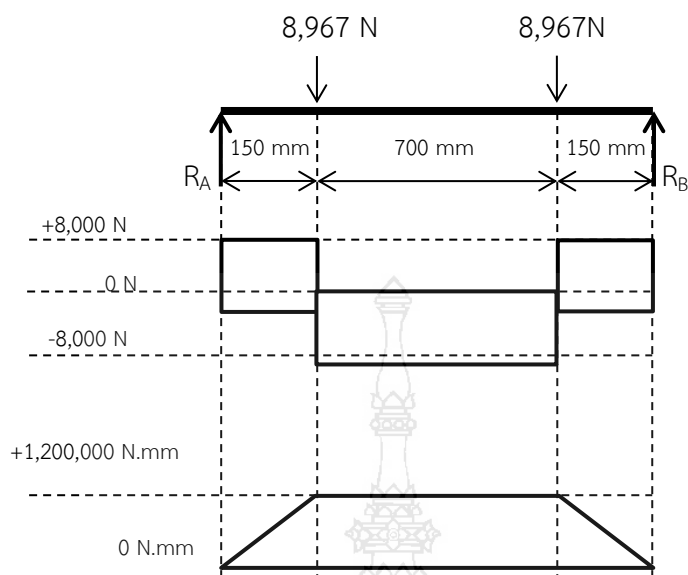
จากการออกแบบและประเมินมวลของลูกกลิ้ง (Test drum) มีขนาด 1,521 kg ในขณะที่ขนาดมวลล้อสูงสุดที่ยาล้อสามารถรับได้และใช้ในการทดสอบ คือ 950 kg ซึ่งมีทิศทางที่ตั้งฉากกัน ดังรูปที่ 3.3



รูปที่ 3.3 แรงที่กระทำต่อเพลาลูกกลิ้ง

$$\text{ดังนั้นแรงลัพธ์ที่กระทำต่อเพลาลูกกลิ้งคือ } F_R = \sqrt{9,500^2 + 15,210^2} \\ = 17,933\text{ N}$$

ดังนั้นจึงใช้แรงกดรวมขนาด 17,933 N ในการออกแบบเพลาลูกกลิ้ง จึงกำหนดแรงที่ใช้ในการออกแบบที่จุดรองรับลูกปืนทั้งสองข้าง ข้างละ 8,967 N



รูปที่ 3.4 แรงและโมเมนต์ตัดที่กระทำต่อเพลาลูกกลิ้ง

จากรูปที่ 3.4 คำนวณหาแรงปฏิกิริยา R_A R_B ,

$$+ \curvearrowright \sum M_A = 0$$

$$0 = (R_B \times 1000 \text{ mm}) - (8,000 \text{ N} \times 850 \text{ mm}) - (8,000 \text{ N} \times 150 \text{ mm})$$

$$R_B = \frac{(8,967 \text{ N} \times 850 \text{ mm}) + (8,967 \text{ N} \times 150 \text{ mm})}{1000 \text{ mm}}$$

$$= 8,967 \text{ N}$$

$$+ \uparrow \sum F_y = 0$$

$$0 = R_A - 8,967 - 8,967 + R_B$$

$$R_A = 8,967 \text{ N}$$

ฉะนั้น โมเมนต์ตัดที่ A และ B คือ

$$M_A \text{ และ } M_B = 8,967 \text{ N} \times 150 \text{ mm} = 1,345,050 \text{ N.mm} \approx 1.345 \text{ kN.m}$$

ดังนั้น โมเมนต์ตัดสูงสุดที่จุด A และ B มีค่าเท่ากัน

การคำนวณหาแรงบิดสูงสุดที่เกิดจากค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์ระหว่างทำการทดสอบ โดยค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อมาตรฐานสูงสุดเท่ากับ 0.3 ในขณะที่มวลล้อสูงสุดเท่ากับ 950 kg ดังนั้นแรงบิดสูงสุดที่เกิดจากค่าสัมประสิทธิ์ความต้านการหมุนของยางล้อรถยนต์คำนวณหาแรงที่กระทำกับเพลาลูกกลิ้ง จากสมการที่ 2.5

$$C_r = \frac{F_r}{L_m}$$

เมื่อ C_r คือ สัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อ

F คือ แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

L_m คือ แรงลงล้อรถยนต์

ดังนั้น

$$0.3 = \frac{F}{9,500 \text{ N}}$$

$$F = 0.3 \times 9,500 \text{ N}$$

$$= 2,850 \text{ N}$$

ดังนั้น แรงที่กระทำกับเพลาลูกกลิ้งเท่ากับ 2,850 N

คำนวณหาแรงบิดสูงสุดที่เกิดจากค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์กระทำกับเพลาลูกกลิ้ง

$$T = F \times r$$

เมื่อ T คือ แรงบิดสูงสุดที่กระทำกับเพลาลูกกลิ้ง

F คือ แรงต้านทานการหมุนของยางล้อรถยนต์

r คือ รัศมีลูกกลิ้ง

ดังนั้น

$$T = 2,850 \text{ N} \times 1,000 \text{ mm}$$

$$= 2,850,000 \text{ N mm}$$

ดังนั้น แรงบิดเพลาลูกกลิ้งเท่ากับ 2,850,000 N.mm $\approx$ 2.85 kN.m

จากทฤษฎีการออกแบบเพลาลูกกลิ้งอย่างเบาใช้ตัวประกอบความล้าเนื่องจากการดัด, $C_m = 2.0$ และตัวประกอบความล้าเนื่องจากการบิด, $C_t = 1.5$ และมาตรฐาน ASME ได้กำหนดคุณสมบัติของเพลาลูกกลิ้งที่ไม่มีร่องลึ้มแบบใช้งานทั่วไป ควรมีความเค้นเฉือนใช้งาน $\tau = 55 \text{ N/mm}^2$ จึงได้สมการออกแบบเพลาลูกกลิ้ง จากสมการที่ 2.6

$$d^3 = \left(\frac{16}{\pi \tau} \right) \times \left[(C_t T)^2 + (C_m M)^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d^3 =$$

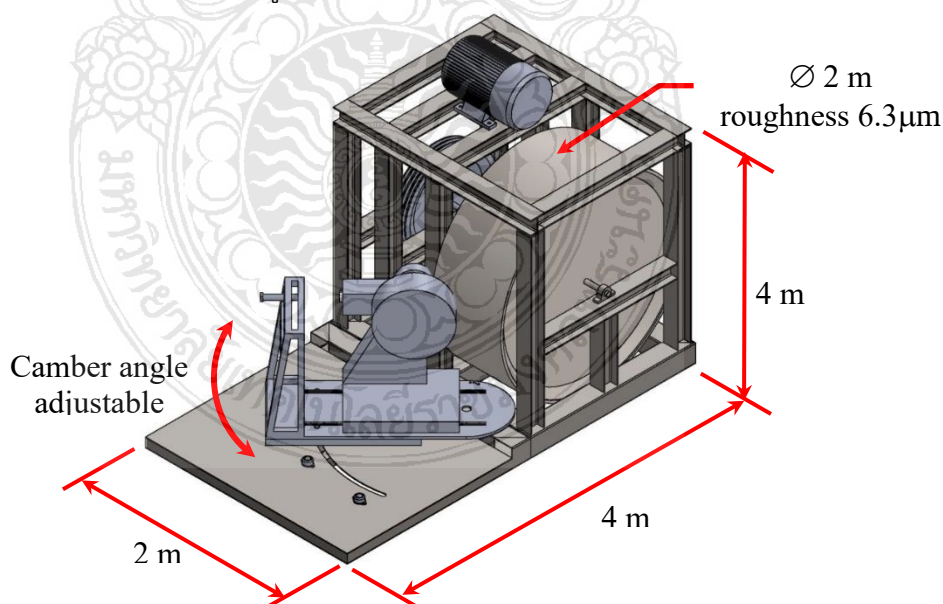
$$\left(\frac{16}{\pi \times 55 \text{ N/mm}^2} \right) \times \left[(1.5 \times 2,850,000 \text{ N.mm})^2 + (2.0 \times 1,345,050 \text{ N.mm})^2 \right]^{\frac{1}{2}}$$

$$d = 77.62 \text{ mm}$$

ดังนั้น เพลาของลูกกลิ้งที่คำนวณได้มีขนาด 77.62 mm $\approx$ 3.056 in จึงเลือกใช้เพลาขนาด 4 in

3.3 จัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์

การจัดเตรียมเครื่องทดสอบ Rolling Resistance Measurements จำเป็นต้องปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล (ECE R117 Annex 6 Test procedure for measuring rolling resistance) ซึ่งกำหนดปัจจัยสำคัญของส่วนประกอบเครื่องทดสอบไว้โดยกว้าง เช่น ความคลาดเคลื่อนของกำลังขับเคลื่อนชุด Test drum, ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางชุด Test drum ไม่น้อยกว่า 1.7 เมตร (โดยปกติอยู่ที่ 2 เมตร), ความละเอียดผิวของหน้าสัมผัส Test drum อยู่ที่ 6.3 μm จากข้อกำหนดดังกล่าว คณะผู้วิจัยได้ออกแบบเครื่องทดสอบให้สามารถไม่เพียงทำการทดสอบตามมาตรฐานได้เท่านั้น แต่ยังรองรับการทดสอบเชิงวิจัยได้อีกด้วย โดยการปรับองศาหน้าสัมผัสระหว่างยางล้อและผิวดรัม (Test drum) ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แบบเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อ

ตารางที่ 3.2 ข้อมูลจำเพาะของเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อตามมาตรฐาน ECE R117

ลำดับ	รายการ	ค่าตามมาตรฐาน	ค่าของเครื่องที่จัดเตรียม
1	Tyre load	$\pm 10\text{N}$ or 0.5%	$\pm 2.5\text{N}$ or 0.15%
2	Inflation pressure	$\pm 1\text{kPa}$	$\pm 0.25\text{kPa}$
3	Torque input	$\pm 0.5\text{Nm}$ or 0.5%	$\pm \text{Nm}$ or 0.3%
4	Distance	$\pm 1\text{mm}$	$\pm 0.1\text{mm}$
5	Electrical power	$\pm 10\text{ W}$	$\pm 0.01\%$ of maximum frequency
6	Temperature	$\pm 0.2^\circ\text{c}$	$\pm 0.1^\circ\text{c}$

3.4 การปรับตั้ง พัฒนา และสอบเทียบเครื่องทดสอบ

การปรับตั้ง พัฒนา และสอบเทียบเครื่องทดสอบเป็นขั้นตอนสำคัญที่ต้องดำเนินการให้อยู่ภายใต้กรอบมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117 โดยสามารถแบ่งออกเป็น 2 ส่วนหลัก คือ

- 1) การสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ และ
- 2) การสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

3.4.1 การสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ

การสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบเป็นการสำรวจและรวบรวมเครื่องมือวัดต่างๆ ทั้งที่ติดตั้งบนเครื่องทดสอบและเครื่องมือวัดที่มีความจำเป็นต้องใช้งานควบคู่ระหว่างการทดสอบ เครื่องมือวัดเหล่านี้สามารถถอดเคลื่อนย้ายได้ และถูกนำไปสอบเทียบยังห้องปฏิบัติการของสถาบันมาตรวิทยาแห่งชาติ ซึ่งเป็นห้องปฏิบัติการที่ได้รับมาตรฐาน ISO 17025 โดยมีรายการรายการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 รายการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ

ลำดับ	รายการ	ผู้ดำเนินการ
1	Pressure sensor	NIMT
2	Load cell 1 Ton	NIMT
3	Load cell 5 Ton	NIMT
4	Torque transducer	NIMT
5	Displace	NIMT
6	Temperature Sensors	NIMT
7	Pressure gauge*	NIMT
8	Mobile Tacho Meter*	NIMT
9	Watt meter*	NIMT
10	Dial gage*	NIMT
11	Surface roughness specimen*	NIMT

3.4.2 การสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

การสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบเป็นขั้นตอนการตรวจสอบความคลาดเคลื่อนของเครื่องจักรเชิงโครงสร้าง ซึ่งถูกกำหนดไว้ในมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117 ขั้นตอนการตรวจสอบดังกล่าวจำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดเฉพาะด้านที่มีความละเอียดสูงและผ่านการสอบเทียบจากห้องปฏิบัติการที่ได้รับมาตรฐาน ISO 17025 เช่นกัน โดยรายการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบถูกแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 รายการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

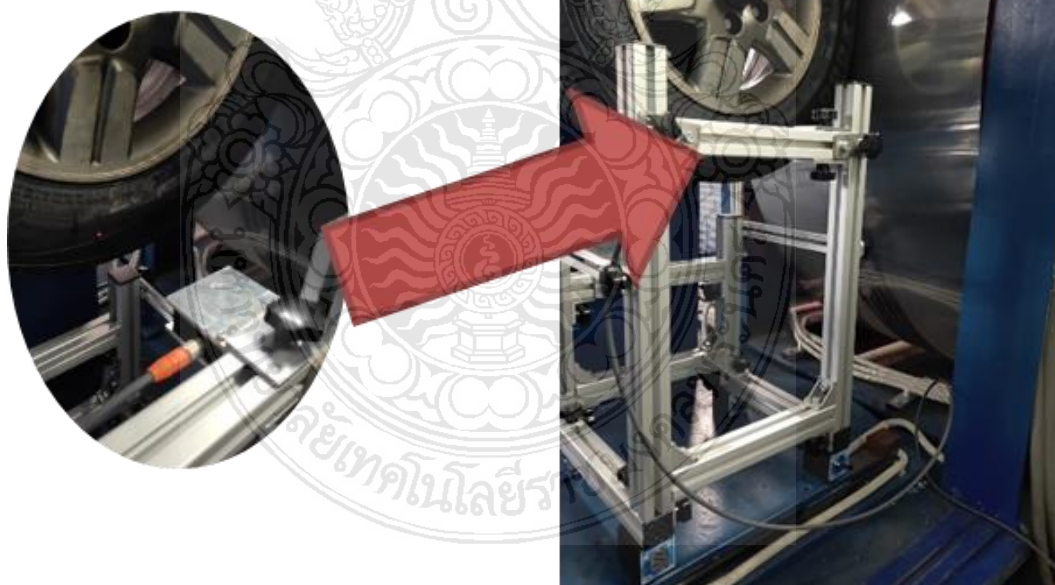
ลำดับ	รายการ	ผู้ดำเนินการ
1	Run-out of Test Rims	NIMT
2	Camber angle	NIMT
3	Slip angle	NIMT
4	Surface roughness	NIMT
5	Speed output (rpm)	NIMT
6	Load application ระหว่าง Drum / tyre alignment	NIMT
7	Drum Diameter	NIMT
8	Pre-Assessment for compliance with R117 requirements	TUV
9	Final Assessment for compliance with R117 requirements (on-site)	TUV

3.5 การพัฒนาบุคลากรผ่านการถ่ายทอดองค์ความรู้

นอกจากนี้คณะผู้วิจัยได้เริ่มดำเนินการในขั้นตอน การจัดหาเครื่องมือและอุปกรณ์ การปรับแต่งและพัฒนาเครื่องมือวัด พร้อมกันกับขั้นตอนการสอบเทียบเครื่องมือวัด และขั้นตอนการพัฒนาบุคลากร ไปพร้อมกัน เพื่อแก้ไขปัญหาการเบิกจ่ายงบประมาณที่ล่าช้า และหลีกเลี่ยงช่วงเวลาการเปิดการศึกษา ซึ่งคณะผู้วิจัยมีภาระการสอนค่อนข้างมาก โดยมีบุคลากรด้านวิศวกรรมเครื่องกลและด้านการทดสอบ เข้าร่วมไม่น้อยกว่า 10 คน ดังรูปที่ 3.6 ถึง 3.8



รูปที่ 3.6 การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด เชิงปฏิบัติการ



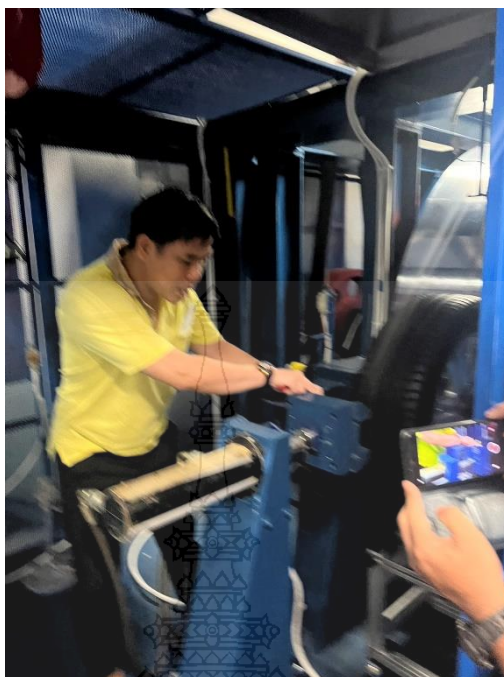
รูปที่ 3.7 การถ่ายทอดองค์ความรู้ด้านการสอบเทียบเครื่องมือวัด เชิงปฏิบัติการ (ต่อ)



รูปที่ 3.9 การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ



รูปที่ 3.10 การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ (ต่อ)



รูปที่ 3.11 การถ่ายทอดองค์ความรู้และเทคโนโลยีเชิงปฏิบัติการ (ต่อ)



บทที่ 4

ผลการดำเนินการ

4.1 ผลการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบและโครงสร้างทดสอบ

สำหรับขั้นตอนการสอบเทียบถูกแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ และการสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ โดยมีผลดังตารางที่ 4.1 และ ตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ผลสอบเทียบเครื่องมือวัดประกอบเครื่องทดสอบ

No.	Items/Descriptions	Standard tolerances	Calibration results	Verified by	Reference/Remark
1	Tire load	± 10 N or ± 0.5 %	Max. ± 1 N	NIMT	Cert. No. MFT-0182-18
2	Inflation pressure	± 1 kPa	Max. $+0.6$ kPa	NIMT	Cert. No. MP-0102-18
3	Torque input	± 0.5 Nm or $+0.5$ %	$+0.14$ %@ Full scale	NIMT	Cert. No. MFT-0233-18
4	Distance	± 1 mm	Max. $+1$ mm	NIMT	Cert. No. MH-0595-18
5	Temperature	± 0.2 °C	Calibration result in resistance	NIMT	Cert. No. TT-0070-18
6	Surface speed	± 0.1 km/h	-0.014 km/h $+0.020$ km/h	NIMT	Cert. No. MFT-0133-19

ตารางที่ 4.2 ผลสอบเทียบโครงสร้างเครื่องทดสอบ

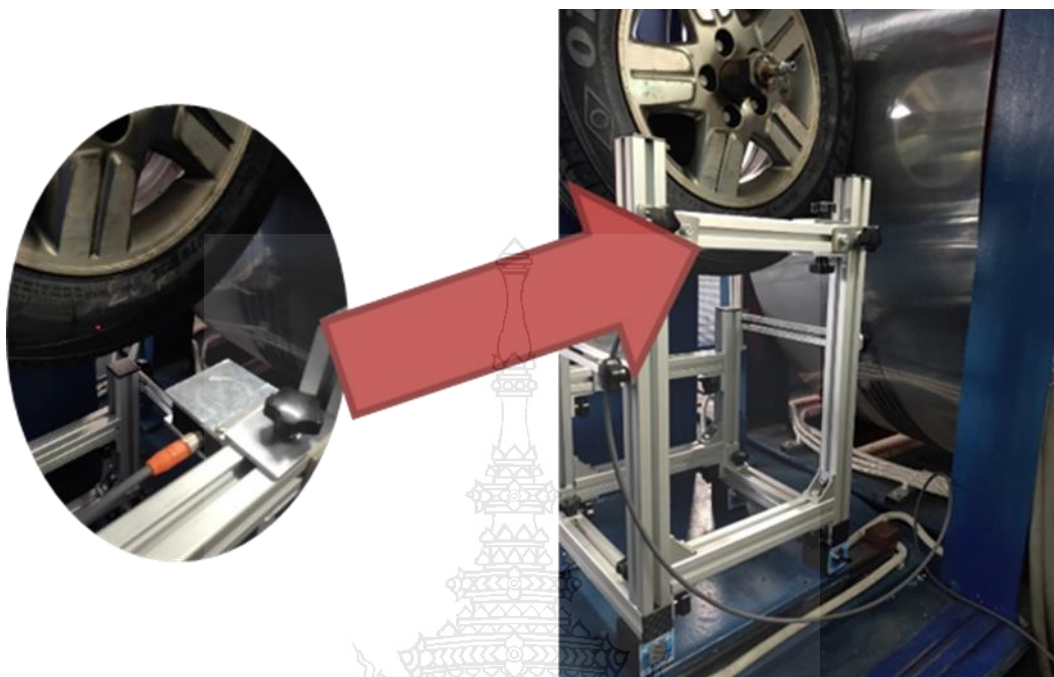
No.	Items/Descriptions	Standard tolerances	Calibration results	Verified by	Reference/Remark
1	Run-out of test rims	Radial 0.50 mm Lateral 0.50 mm	Radial 0.197 mm Lateral 0.393 mm	NIMT	Cert. No. MFT-0128-19
2	Load application between drum / tyre alignment (Torque method)	5 mrad	Max. 0.034° ≈ 0.593 mrad	NIMT	Cert. No. MFT-0129-19
3	Camber angle	2 mrad	0.099° ≈ 1.727 mrad	NIMT	Cert. No. MFT-0130-19
4	Slip angle	1 mrad	0.03° ≈ 0.523 mrad	NIMT	Cert. No. MFT-0131-19
5	Surface roughness	$6.3\mu\text{m}$	$0.18\mu\text{m}$	Validated by Department instrument	Standard surface specimen(attached doc.)
6	Drum diameter	2 m	2000.00 mm ≈ 2 m	NIMT	Cert. No. MFT-0132-19

4.2 ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานและการขยายตัวของแก้มยางล้อ

จากการทดลองหาค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานและการขยายตัวของแก้มยางล้อรถยนต์ โดยเลือกขนาดความกว้างหน้ายางที่เท่ากันเพื่อลดปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการทดลอง และเลือกความสูงของแก้มยางที่แตกต่างกันและเปรียบเทียบระหว่างยางเรเดียล และยางเรเดียลนิรภัยมีสภาวะการทดลองดังนี้

ตารางที่ 4.3 สภาวะการทดลอง

ยาง	ขนาดยาง	จำนวนครั้งที่ทดลอง n (ครั้ง)	ความเร็วที่ใช้ในการทดลอง v (km/hr)	น้ำหนักบรรทุกสูงสุด m (kg)	ความดันลมยางก่อนการทดสอบ P (psi)
เรเดียล	225/55R17	5	80	587	36
เรเดียล	225/50R17				
เรเดียลนิรภัย	225/55R17 ZP				
เรเดียลนิรภัย	225/50R17 ZP				



รูปที่ 4.1 การขยายตัวแก้มยาง

จากผลการทดลอง ภายใต้การควบคุมปัจจัยขนาดหน้าสัมผัสยางล้อ (ขนาดหน้ากว้างยาง) ที่เท่ากันพบว่า ความสูงของแก้มยางส่งผลกระทบต่อแบบแปรผันผกผันกับค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานยางล้อ ทั้งในชนิดยางเรเดียลและ ชนิดยางเรเดียลนิริภัย (Run-flat Tire) ในขณะที่ผลการขยายตัวของแก้มยางชนิดยางเรเดียลนิริภัยจะมีค่ามากกว่ายางเรเดียลเพียงเล็กน้อย ซึ่งอาจเกิดจากการสะสมความร้อนของเส้นลวดโลหะเสริมแรงที่บริเวณแก้มยาง แต่หากคิดเป็นสัดส่วนแล้วจะมีผลลัพธ์แตกต่างกันราว 10% ถึง 50% ดังตารางที่ 4.4

ตาราง 4.4 สัมประสิทธิ์ความต้านทานและการขยายตัวแก้มยาง

ยาง	ขนาดยาง	สัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุนเฉลี่ย $Cr_{25^{\circ}C}$ (N/kN)	จำนวนครั้งที่ทดลอง n (ครั้ง)	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสัมประสิทธิ์ความต้านทานการหมุน S.D.	การขยายตัวแก้มยางสูงสุด Δ (mm)
เรเดียล	225/55R17	7.57	5	0.33	1.17
เรเดียล	225/50R17	8.19	5	0.33	1.05
เรเดียล นิริภัย	225/55R17 ZP	6.45	5	0.33	1.16
เรเดียล นิริภัย	225/50R17 ZP	7.67	5	0.30	1.80

4.3 ความร่วมมือด้านการทดสอบ

จากผลการดำเนินงานภายใต้โครงการวิจัยฯ ก่อให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือในประเทศ จากการใช้ประโยชน์เครื่องมือด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและ นวัตกรรมของห้องปฏิบัติการภายใต้โครงการอย่างเป็นรูปธรรม ระหว่าง บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด กับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ซึ่งจะช่วยในการยกระดับความสามารถในการแข่งขันให้แก่ประเทศ ตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการ BCG ในอุตสาหกรรม ผ่านเครือข่ายวิทยาศาสตร์การวิจัย และนวัตกรรมภายในประเทศในยุค Thailand 4.0 โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้ประกอบการรายย่อยที่มีศักยภาพ และเกิดประโยชน์ทั้งทางตรงและทางอ้อมที่ประเทศไทยจะได้รับ ดังรูปที่ 4.2



บันทึกข้อตกลงการให้บริการ

โครงการ การให้บริการด้านการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องเล่น ครีส์ 1/2566
ระหว่าง บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด
กับ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับที่ ๕๓ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนน ประชาราษฎร์ 1 ตำบล/แขวง วัดสว่าง อำเภอ/เขต บางซื่อ จังหวัด กรุงเทพมหานคร
เมื่อวันที่ 7 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2566

ก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุเกศ คณะบดีและหัวหน้างานศูนย์ปฏิบัติการ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนน ประชาราษฎร์ 1 ตำบล/แขวง วัดสว่าง
อำเภอ/เขต บางซื่อ จังหวัด กรุงเทพมหานคร ซึ่งต่อไปในข้อตกลงนี้เรียกว่า “ผู้ให้บริการ”

ข. บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด โดย นางสาวณัฏฐิการ์ จันทร์แสงศรี และนางสาวณัฏฐิ
จันทร์แสงศรี ตำแหน่งกรรมการบริหาร บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด ในนาม บริษัท เอส ที
ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ ๓02 ถนนพระราม 3 แขวงบางโพงอ้ง เขตบางคอแหลม
กรุงเทพมหานคร 10120 ซึ่งต่อไปในนี้เรียกว่า “ผู้รับบริการ”

ข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. การให้บริการด้านการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องเล่น ณ บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล
จำกัด ภายใต้ชื่อโครงการว่า FLVNG STAR รุ่น FC90 โดยมีระยะเวลาดำเนินการทดสอบโครงการ รวมทั้งสิ้น
เริ่มต้นโครงการตั้งแต่วันที่ 20 มีนาคม 2566 เป็นต้นไป และวันสิ้นสุดโครงการ วันที่ 30 เมษายน 2566 เป็น
จำนวนเงินทั้งสิ้น 10,000 บาท (หนึ่งหมื่นบาทถ้วน)
2. ผู้ให้บริการ มีหน้าที่จัดหาทีมงานทดสอบ รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบการวางวงจร, ผู้ให้บริการ ให้ความ
และอาจจะบริการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่มีใช้ในการทดสอบการวางวงจร, ผู้ให้บริการ ให้ความ
ความจำเป็น โดย ผู้ให้บริการ เป็นผู้ทำการทดสอบ ภายใต้คำแนะนำจาก ผู้ให้บริการ
3. ผู้ให้บริการ มีหน้าที่รายงานผลการตรวจสอบผลิตภัณฑ์เครื่องเล่น ให้แก่ บริษัท เอส ที ไอ
อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด ตามที่ระบุไว้ในข้อตกลงนี้
4. ทั้งสองฝ่ายตกลงร่วมมือกันในเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องหรือมีผลประโยชน์ร่วมกันตามความ
ร่วมมือดังกล่าวข้างต้นตามที่ทั้งสองฝ่ายเห็นสมควร
5. บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้เป็นบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการทั่วไป ไม่รวม
ดำเนินการจัดซื้อไป หรืออาจมีสิ่งของจะร่วมกันกำหนดรายละเอียดข้อตกลงเฉพาะเรื่อง โดยให้ยกย่องใช้
ของทั้งสองฝ่ายในการให้บริการข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ และทั้งสองฝ่ายต้องปฏิบัติตาม และปฏิบัติตามข้อ
กล่าวรวม

/s/ บันทึกข้อตกลง _____

6. บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้อาจมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือแก้ไขเพิ่มเติมได้ตามความ
เหมาะสมโดยได้รับความเห็นชอบจากทั้งสองฝ่าย และในกรณีดังกล่าวให้ทั้งสองฝ่ายร่วมกันจัดทำข้อตกลงแบบ
ท้ายบันทึกข้อตกลงฉบับใหม่ โดยให้ถือบันทึกฉบับนี้ของบันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ด้วย
7. บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 มีนาคม 2566 ถึง วันที่
30 เมษายน 2566 โดยทั้งสองฝ่ายอาจลงนามขยายระยะเวลาในการดำเนินการภายใต้บันทึกข้อตกลงนี้ออกไป
ได้ตามความเหมาะสมโดยมีผลย้อนหลัง โดยทำเป็นบันทึกข้อตกลงแก้ไขเพิ่มเติมของบันทึกข้อตกลง
ฉบับนี้
8. หากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือทั้งสองฝ่าย ประสงค์ที่จะเปลี่ยนแปลง แก้ไข รายละเอียดของบันทึก
ข้อตกลง จะต้องแจ้งให้อีกฝ่ายหนึ่งทราบล่วงหน้าในลายลักษณ์อักษร และเมื่อทั้งสองฝ่ายเห็นชอบร่วมกันใน
ประเด็นที่ขอเปลี่ยนแปลงแล้ว ให้บันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรและให้แนบบันทึกในเวลาที่ตกลงกันไว้
9. ฝ่ายผู้ให้บริการประสงค์จะยกเลิกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ก่อนครบกำหนดตามบันทึกข้อตกลง
นี้ฝ่ายผู้ให้บริการมีสิทธิแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรให้ฝ่ายผู้รับทราบล่วงหน้าไม่น้อยกว่า 3 วัน โดย
ไม่จำเป็นต้องได้รับความยินยอมจากอีกฝ่ายหนึ่งแต่อย่างใดทั้งสิ้น
10. ความเสียหายที่เกิดขึ้นเนื่องมาจากการดำเนินงานวัตถุประสงค์ ข้อ 1 หากพิจารณาแล้วเป็น
ความผิดของผู้รับบริการฝ่ายหนึ่ง ให้ผู้รับบริการฝ่ายนั้นเป็นผู้รับผิดชอบ

บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ทั้งสองฝ่ายมีความถูกต้องครบถ้วน ทั้งสองฝ่ายได้อ่านเข้าใจ
ชัดเจนในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือโดยตลอดแล้ว เห็นว่าถูกต้องตรงตามเจตนารมณ์แห่งสัญญาประการ
เพื่อเป็นหลักฐานจึงได้ลงนามมีชื่อพร้อมประทับตรา (ถ้ามี) ไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยานและฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง
มิอาจถอน

(ลงชื่อ) _____ (ลงชื่อ) _____

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุเกศ) (นางสาวณัฏฐิการ์ จันทร์แสงศรี และ
นางสาวณัฏฐิการ์ จันทร์แสงศรี)

(ลงชื่อ) _____ (ลงชื่อ) _____

(ดร.สุวิทย์ นวกคำ) (นายณัฏฐิการ์ จันทวงกรม)



STI
TECHNOLOGY ON STI

รูปที่ 4.2 ความร่วมมือด้านการทดสอบระหว่างบริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด กับ คณะ
วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 5

สรุปผลการดำเนินการ

บทนี้จะกล่าวถึงการสรุปผลดำเนินการวิจัย การกำหนดปัญหาของการวิจัย อุปสรรค และข้อเสนอแนะซึ่งจะสะท้อนให้เห็นถึงระดับผลสำเร็จของการดำเนินการ

5.1 สรุปผลการดำเนินงานด้านอบรมบุคลากรผู้เชี่ยวชาญด้านการทดสอบยางล้อและการสร้างเครือข่ายความร่วมมือ

จากวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ คือ พัฒนากำลังคนคุณภาพสูงร่วมระหว่างสถาบันอุดมศึกษากับภาคเอกชนด้านการทดสอบยางล้อ คณะผู้วิจัยได้พัฒนาและปรับปรุงองค์ความรู้ด้านการทดสอบแรงต้านทานหมุนของยางล้อตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No. 117 Annex 6 ให้เหมาะสมกับบริบทในอุตสาหกรรมภายในประเทศ ผลจากการถ่ายทอดองค์ความรู้สามารถฝึกอบรมให้แก่บุคลากรแบบมุ่งเป้าทั้งเชิงทฤษฎีและเชิงปฏิบัติให้มีผู้เข้าร่วมทั้งสิ้น 11 ท่าน ณ ห้องปฏิบัติการ สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล และก่อให้เกิดเครือข่ายความร่วมมือในประเทศ จากการใช้ประโยชน์เครื่องมือด้านวิทยาศาสตร์ วิจัยและ นวัตกรรมของห้องปฏิบัติการภายใต้โครงการอย่างเป็นรูปธรรม ระหว่าง บริษัท เอส ที ไอ อินเทอร์เน็ตชั่นแนล จำกัด กับ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

5.2 สรุปผลการดำเนินงานด้านการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบการตรวจวัดการขยายตัวแก้มยาง

จากการพัฒนานวัตกรรมต้นแบบด้านเครื่องทดสอบสมบัติความเสียดทานยางล้อตามมาตรฐานสากล UN ECE Regulation No.117 Annex 6 เครื่องทดสอบดังกล่าวสามารถตรวจวัดการขยายตัวแก้มยางได้ละเอียดสูงสุด 10×10^{-6} เมตร ในขณะทำการทดสอบสมบัติความเสียดทานยางล้อไปพร้อมกัน เทคโนโลยีดังกล่าวจะช่วยให้ลดข้อจำกัดด้านการวิจัยและทำให้นักวิจัยสามารถเข้าใจถึงพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปขณะการใช้งานของยางล้อได้ดีขึ้น ซึ่งถือนวัตกรรมต้นแบบด้านเครื่องทดสอบสมบัติความเสียดทานยางล้อระดับห้องปฏิบัติการ

5.3 ปัญหาและอุปสรรค

- 1.) เนื่องจากเป้าประสงค์ของโครงการวิจัย คือ การถ่ายทอดองค์ความรู้เชิงวิศวกรรม และเชิงปฏิบัติการ จึงทำให้ได้รับผลกระทบจากสถานการณ์แพร่ระบาดของโรคโควิด 19 ในการดำเนินกิจกรรมการถ่ายทอดองค์ความรู้ดังกล่าว
- 2.) ขั้นตอนการหาค่าสมบัติความต้านทานเมื่อทดลองไประยะหนึ่งจะเกิดการคาดเคลื่อนของชิ้นส่วนทางกลของเครื่องทดสอบ เช่น ลูกปืนแกนล้อทดลองจะเกิดระยะคลอนขึ้น ทำให้ค่าสมบัติความต้านทานที่ได้มีความคาดเคลื่อน

5.4 ข้อเสนอแนะ

- 1.) ควรจัดให้มีการสอบถามประวัติก่อนเข้ารับการอบรมเชิงปฏิบัติการ และแบ่งกลุ่มการอบรมออกเป็นกลุ่มย่อย เพื่อลดความเสี่ยงต่อการแพร่ระบาดในช่วงสถานการณ์ดังกล่าว
- 2.) ควรหมั่นตรวจสอบอุปกรณ์แก๊สทดลองทุกครั้งก่อนการทดลอง



บรรณานุกรม

- ชาญ ถนัดงาน และ วรวิทย์ อึ้งภากรณ์ การออกแบบเครื่องกล เล่ม] 1หนังสือ.[– กรุงเทพฯ : ซีเอ็ด
ยูเคชั่น, .2546
- ประชา ธารแผ้ว, 2553, ยางประหยัดพลังงาน (ENERGY TIRE), เอกสารประกอบการบรรยาย
สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม[18/08/2563]
- ธีระยุทธ สุวรรณประทีป. 2552. วิศวกรรมยานยนต์. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ:วิทย์พัฒน์ ..
พฤศจิกายน, 2552
- สำนักงานมาตรฐานอุตสาหกรรม. 2532. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมยางรถยนต์ 367-2532 เล่ม
1-2. ตุลาคม 2557.
- M Triches Jr, S N Y Gerges, and R Jordan. (2004). Reduction of squeal noise from disc
brake systems using constrained layer damping ”, Journal of the Brazilian
Society of Mechanical Sciences and Engineering, pp. 3-4.
- Joshua M. Pearce and Jason T. Hanlon. (2007). Energy conservation from systematic
tire pressure regulation, Clarion University of Pennsylvania, Vol. 35, pp. 2673
-2677.
- A.K. Elwaleed, A. Yahya, M. Zohadie, D. Ahmad, and A.F. Kheiralla. (2006). Effect of
inflation pressure on motion resistance ratio of a high-lug agricultural
tyre, Department of Biological and Agricultural Engineering. Faculty of
Engineering, University Putra Malaysia, Vol. 43, pp. 69-84.
- C. Halfmann, M. Ayoubi, and H. Hoizmann. (1997). SUPERVISION OF VEHICLES' TYRE
PRESSURES BY MEASUREMENT OF BODY ACCELERATIONS, Institute of
Automatic Control. Darmstadt University of Technology. Laboratory for
Control Engineering and Process, Vol. 5, pp. 1151-1159.
- J.E. Purkyne, Thrust and slip of a low-pressure tire on compressible ground by the
compression-sliding approach. (2010). Faculty of Production Technologies and
Management University, Vol. 47, pp. 249-259.
- [http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre Basics/Bias-
Radial/](http://www.transport.michelin.co.th/Home/New-Retreaded-Tyres/Tyre_Basics/Bias-Radial/). [Online]. พฤศจิกายน 2557.

ประวัติผู้วิจัย



หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายศุภชัย หลักคำ
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Supachai Lakkam
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ (พนักงานมหาวิทยาลัย)
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-8363000 ต่อ 4138
โทรสาร:02-8363000 ต่อ 4138
E-mail: supachai.l@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับปริญญา	อักษรย่อปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาเอก	Ph.D.	Mechanical Engineering	The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2560	ไทย
ปริญญาโท	M.Sc.	Automotive Engineering	The Sirindhorn International Thai-German Graduate School of Engineering (TGGS) มหาวิทยาลัย เทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ	2552	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล เกียรตินิยมอันดับ) (สอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	2549	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ ระบุสาขาวิชาการ (ซึ่งอาจแตกต่างจากวุฒิการศึกษา)

- เทคนิคการจำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Computation and Simulation Techniques)
- เทคโนโลยีและการจัดการด้านพลังงาน (Energy Technology and Management)

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : -

- การพัฒนาบุคลากรเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันอุตสาหกรรมยางล้อ
- การศึกษาอิทธิพลของความหนาและวัสดุคั่นกลางของกระดกนริยหลายชั้น สำหรับรถโดยสารขนาดใหญ่ที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในกรณีชนคนเดินเท้า

ใหญ่ที่ส่งผลต่อความปลอดภัยในกรณีชนคนเดินเท้า

- การยกระดับเครื่องทดสอบสัมประสิทธิ์ความเสียดทานยางล้อเพื่อรองรับมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117

Regulation No.117

- เครื่องทดสอบพฤติกรรมวัสดุความเสียดทาน
- การศึกษาปัจจัยการออกแบบท่อพักไอเสียเพื่อลดเสียงรบกวนและรักษาสรรณะของเครื่องยนต์

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2022). Reducing brake noise, vibration, and harshness by damping layer on a brake pad. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 44 (2). 550-555.

Lakkam, S., & Koetnuyom, S. (2020). Development of city-bus assessment in Thailand. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 42(6). 1407-1413.

Lakkam, S., & Tempiam, A. (2020). Enhancement of the type rolling resistance testing machine. *The International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI)*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 16-18 Dec. 2020.

ณัฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง, ศุภชัย หลีกคำ, กุลยศ, สุวันทโรจน์ และ สถาพร วันนาพอ. (2562). การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียของรถจักรดีเซลไฟฟ้าจากการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง. งานประชุมวิชาการระดับชาติ นนทรีอีสาน ครั้งที่ 7, สกลนคร, วันที่ 2562 พฤศจิกายน 30.

Lakkam, S., & Suwantaroj, K. (2018). A study of the injury mitigation of pedestrians based on head injury criterion using the lifted-up hood technique. *Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th . 51-53.

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2018). Development of remote monitoring system of locomotive engine via cloud network for the state railway of Thailand.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายกุลยศ สุวันทโรจน์
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Kullayot Suwantaroj
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-8363000 ต่อ 4138
โทรสาร:02-8363000 ต่อ 4138
E- mail : kullayot.s@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับ ปริญญา	อักษร ย่อ ปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่ สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ	2546	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล เกียรตินิยมอันดับ) (สอง	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอม เกล้าพระนครเหนือ	2541	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ

การเผาไหม้ขยะชุมชน

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร

การผลิตไบโอดีเซลชุมชน

สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร

6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ
ในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ
ข้อเสนอการวิจัย

6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -

6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :

- การพัฒนาระบบทดสอบและติดตามสมรรถนะเครื่องยนต์ดีเซลของรถจักรขณะทำขบวน
- การออกแบบงานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2022). Reducing brake noise, vibration, and harshness by damping layer on a brake pad. *Songklanakarin Journal of Science and Technology*, 44 (2). 550-555.

ณัฏฐกิตติ์ ฤทธิ์ทอง, ศุภชัย หลีกคำ, กุลยศ, สุวันทโรจน์ และ สถาพร วันนาพอ. (2562). การเปรียบเทียบกำลังไฟฟ้าสูญเสียของรถจักรดีเซลไฟฟ้าจากการแปลงไฟฟ้ากระแสสลับเป็นกระแสตรง. งานประชุมวิชาการระดับชาติ นนทรีอีสาน ครั้งที่ 7, สกลนคร, วันที่ 2562 พฤศจิกายน 30.

สิทธิเดช มั่งมี, คชาภัส อุดมศรี, ธนกฤต เขมสุขสาราญ, อนันต์ เต็มเปี่ยม, พิเชษฐ์ บุญญาลัย, กุลยศ สุวันทโรจน์ และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย. (2562). การควบคุมเครื่องจัดเก็บชิ้นงานทรงกระบอกด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร พระนคร ครั้งที่.4, กรุงเทพฯ, 31 พฤษภาคม 2562.

ธวัชชัย ขาดิตานาญ, สุรสิทธิ์ ประกอบกิจ และ กุลยศ สุวันทโรจน์. (2561). การบูรณาการการมีส่วนร่วมเพื่อพัฒนาคุณภาพชีวิตชุมชนตาม แนวทางปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียงโครงการการคัดแยกเมล็ดถั่วเขียว. วารสารรับใช้สังคม มทรล้านนา ., 2(2), วันที่ 2561 ธันวาคม-กรกฎาคม 2.

Lakkam, S., & Suwantaroj, K. (2018). A study of the injury mitigation of pedestrians based on head injury criterion using the lifted-up hood technique . *Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well- Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th . 51-53.

Suwantaroj, K., & Lakkam, S. (2018). Development of remote monitoring system of locomotive engine via cloud network for the state railway of Thailand .*Proceedings of the 10th International Conference on Science, Technology and Innovation for Sustainable Well-Being (STISWB 2018)*, Vientiane, Lao PDR .July 11th- 13th. 54-56.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -

ผู้ร่วมโครงการ

1. ชื่อ-นามสกุล (ภาษาไทย) นายอนันต์ เต็มเปี่ยม
(ภาษาอังกฤษ) Mr.Anan Tempiam
2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์ระดับ 7
3. หน่วยงานและสถานที่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และ e-mail
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร
1381 ถ.ประชาราษฎร์ 1 แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800
โทรศัพท์:02-8363000 ต่อ 4138
โทรสาร:02-8363000 ต่อ 4138
E- mail : anan.t@rmutp.ac.th

4. ประวัติการศึกษา

ระดับ ปริญญา	อักษร ย่อ ปริญญา	วิชาเอก	สถานศึกษา	ปีที่ สำเร็จ	ประเทศ
ปริญญา เอก	ปร.ด.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล รัตนโกสินทร์	2563	ไทย
ปริญญาโท	วศ.ม.	วิศวกรรมเครื่องกล	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	2547	ไทย
ปริญญาตรี	วศ.บ.	วิศวกรรมเครื่องกล	สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล	2538	ไทย

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานและอาคาร
การผลิตไบโอดีเซลชุมชน
สิ่งประดิษฐ์ทางการเกษตร
6. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพ
ในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละ
ข้อเสนอการวิจัย
 - 6.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : -
 - 6.2 หัวหน้าโครงการวิจัย :
- การออกแบบงานเบรกเชิงการสะสมความร้อนเพื่อความปลอดภัย

6.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว :

Lakkam, S., & Tempiam, A. (2020). Enhancement of the type rolling resistance testing machine. *The International Conference on Materials Research and Innovation (ICMARI)*, IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 16-18 Dec. 2020.

ปฐวีติ คมวชิรกุล, พลรัชต์ บุญมี, อนันต์ เต็มเปี่ยม และทรงวุฒิ มงคลเลิศมณี. (2563). การอบแห้งดีปส์ด้วยลมร้อนร่วมกับการแผ่รังสีอินฟราเรด. การประชุมวิชาการครั้งที่ 4 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา, 28 สิงหาคม 2563.

สิทธิเดช มั่งมี, ศชาภัส อุดมศรี, ธนกฤต เขมสุขสาราญ, อนันต์ เต็มเปี่ยม, พิเชษฐ์ บุญญาลัย, กุลยศ สุวันทโรจน์ และ ภูภูมิ พ่วงเจริญชัย. (2562). การควบคุมเครื่องจัดเก็บชิ้นงานทรงกระบอกด้วยโปรแกรมเมเบิลลอจิก คอนโทรลเลอร์. การประชุมวิชาการวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มทร พระนคร ครั้งที่ 4, กรุงเทพฯ, 31 พฤษภาคม 2562.

6.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : -



ภาคผนวก ก

ใบรับรองมาตรฐาน UN ECE Regulation No.117 Annex 6



TÜV Rheinland Malaysia Sdn. Bhd.
UNECE Designation Code: E52D



CERTIFICATE

We hereby certify that the:

TYRE ROLLING RESISTANCE TESTING MACHINE

MODEL & SN: RDG60T0189

Is in compliance with the requirements of UNECE-R117 Annex 6 and that the tests listed there can get performed accordingly with this equipment under the condition that the operator is properly trained for the handling and operating of this equipment and the procedural requirements of UNECE-R117 Annex 6 will get applied and annual re-calibration of all required equipment will get performed.

Shah Alam, 02.08.2019

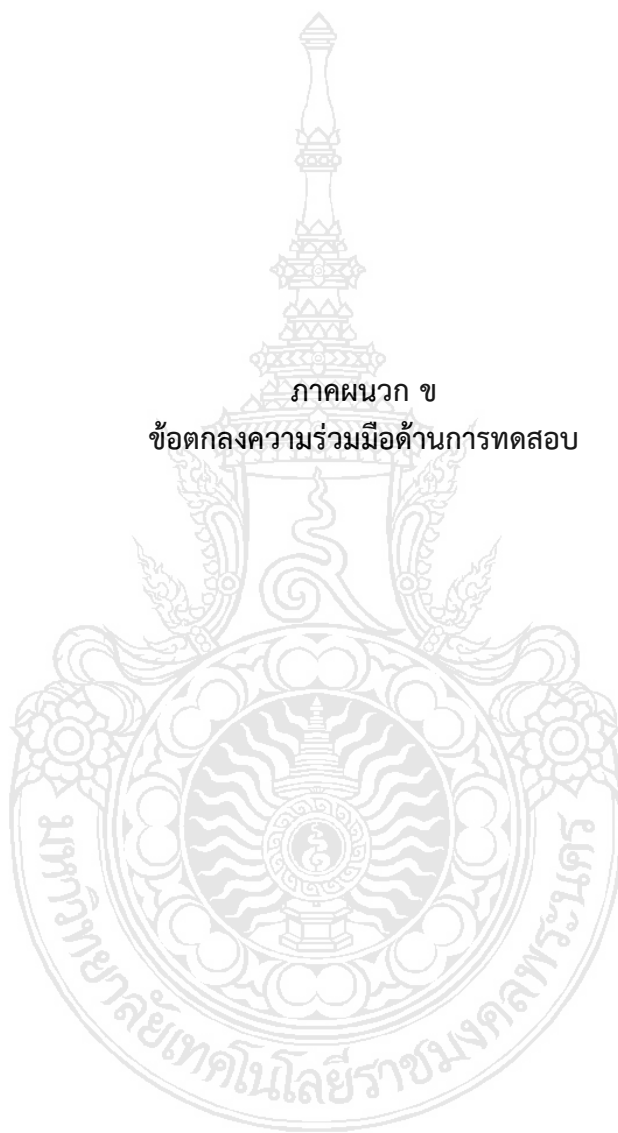
Manfred Lottig

TÜV Rheinland Malaysia Sdn. Bhd.
No. 27, Jalan Para U8/103
Metropolitan Business Park
Seksyen U8, Bukit Jelutong
40150 Shah Alam, Selangor, Malaysia
www.tuv.com

Tel. +60 3 7859 8023
Fax. +60 3 7859 8020
Email: asia@my.tuv.com
Web: www.tuv.com



ภาคผนวก ข
ข้อตกลงความร่วมมือด้านการทดสอบ





บันทึกข้อตกลงการให้บริการสังคม

โครงการ การให้คำปรึกษาด้านการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดับดิน ครั้งที่ 1/2566

ระหว่าง บริษัท เอส ที โอ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด

กับ

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บันทึกข้อตกลงร่วมมือนี้นี้ทำขึ้น ณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนน ประชาราษฎร์ 1 ตำบล/แขวง วงศ์สว่าง อำเภอ/เขต บางซื่อ จังหวัด กรุงเทพมหานคร เมื่อวันที่ 7 เดือน มีนาคม พ.ศ. 2566

ก. คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธนะ คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ ปฏิบัติราชการแทนอธิการบดี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ตั้งอยู่เลขที่ 1381 ถนน ประชาราษฎร์ 1 ตำบล/แขวง วงศ์สว่าง อำเภอ/เขต บางซื่อ จังหวัด กรุงเทพมหานคร ซึ่งต่อไปในข้อตกลงนี้เรียกว่า “ผู้ให้บริการ”

ข. บริษัท เอส ที โอ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด โดย นางสาวมัลลิกา จันทรแสงเจริญ และนางสาวณัฐินี จันทรแสงเจริญ ตำแหน่งกรรมการบริหาร บริษัท เอส. ที. โอ. อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ในนาม บริษัท เอส. ที. โอ. อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ตั้งอยู่เลขที่ 402 ถนนพระราม 3 แขวงบางโคล่ เขตบางคอแหลม กรุงเทพมหานคร 10120 ซึ่งต่อไปในข้อตกลงนี้เรียกว่า “ผู้รับบริการ”

ข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อ

1. การให้คำปรึกษาด้านการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดับดิน แก่ บริษัท เอส. ที. โอ. อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ภายใต้เครื่องหมายการค้า FLYING STAR รุ่น FC90 โดยมีระยะเวลาดำเนินการของโครงการ ระหว่างวัน เริ่มต้นโครงการตั้งแต่ วันที่ 20 มีนาคม 2566 เป็นต้นไป และวันสิ้นสุดโครงการ วันที่ 30 เมษายน 2566 เป็น จำนวนเงินทั้งสิ้น 10,000 บาท (หนึ่งหมื่นบาทถ้วน)
2. ผู้รับบริการ มีหน้าที่จัดหาชิ้นงานทดสอบ รวมถึงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทั้งหมด และอาจขอรับการสนับสนุนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบบางรายการจาก ผู้ให้บริการ ได้ตาม ความจำเป็น โดย ผู้รับบริการ เป็นผู้ทำการทดสอบ ภายใต้คำแนะนำจาก ผู้ให้บริการ
3. ผู้ให้บริการ มีหน้าที่รายงานรับรองผลการทดสอบผลิตภัณฑ์เครื่องดับดิน ให้แก่ บริษัท เอส ที โอ อินเตอร์เนชั่นแนล จำกัด ตามที่ปรากฏในข้อตกลงนี้
4. ทั้งสองฝ่ายตกลงร่วมมือกันในเรื่องอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องหรือมีส่วนสนับสนุนการดำเนินงานตามความ ร่วมมือดังกล่าวข้างต้นตามที่หน่วยงานทั้งสองเห็นสมควร
5. บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้เป็นบันทึกข้อตกลงความร่วมมือทางวิชาการทั่วไป ในการ ดำเนินการขั้นต่อไป หน่วยงานทั้งสองจะร่วมกันกำหนดรายละเอียดข้อตกลงเฉพาะเรื่อง โดยให้อยู่ภายใต้ ขอบเขตของหลักการในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ และให้สอดคล้องกับระเบียบ และวิธีปฏิบัติของแต่ ละหน่วยงาน

/6. บันทึกข้อตกลง.....

6. บันทึกข้อตกลงความร่วมมือนี้อาจมีการปรับปรุงเปลี่ยนแปลง หรือแก้ไขเพิ่มเติมได้ตามความเหมาะสมโดยได้รับความเห็นชอบจากทั้งสองฝ่าย และในกรณีดังกล่าวให้ทั้งสองฝ่ายร่วมกันจัดทำข้อตกลงแนบท้ายบันทึกข้อตกลงนี้ขึ้นใหม่ โดยให้ถือเป็นส่วนหนึ่งของบันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ด้วย

7. บันทึกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ มีผลนับตั้งแต่วันที่ลงนาม คือ วันที่ 20 มีนาคม 2566 ถึง วันที่ 30 เมษายน 2566 โดยทั้งสองฝ่ายอาจตกลงขยายระยะเวลาในการดำเนินงานภายใต้บันทึกข้อตกลงนี้ออกไปได้ตามความเหมาะสมโดยมีเหตุผลอันสมควร โดยทำเป็นบันทึกข้อตกลงแก้ไขเพิ่มเติมของบันทึกข้อตกลงฉบับนี้

8. หากฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง หรือทั้งสองฝ่าย ประสงค์ที่จะเปลี่ยนแปลง แก้ไข รายละเอียดของบันทึกข้อตกลง จะต้องแจ้งให้อีกฝ่ายหนึ่งทราบล่วงหน้าในเวลาอันควร และเมื่อทั้งสองฝ่ายเห็นชอบร่วมกันในประเด็นที่ขอเปลี่ยนแปลงแล้ว ให้บันทึกเป็นลายลักษณ์อักษรและให้มีผลบังคับในเวลาที่เกิดลงกันนั้น

9. ฝ่ายใดฝ่ายหนึ่งประสงค์จะยกเลิกข้อตกลงความร่วมมือฉบับนี้ก่อนครบกำหนดตามบันทึกข้อความนี้ ให้ฝ่ายที่ต้องการยกเลิกแจ้งเป็นลายลักษณ์อักษรให้อีกฝ่ายหนึ่งทราบล่วงหน้าเป็นเวลาไม่น้อยกว่า 3 วัน โดยไม่จำเป็นต้องได้รับความยินยอมจากอีกฝ่ายหนึ่งแต่อย่างไรทั้งสิ้น

10. ความเสียหายที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากการทำงานตามวัตถุประสงค์ ข้อ 1 หากพิจารณาแล้วเป็นความผิดของคู่สัญญาฝ่ายใดฝ่ายหนึ่ง ให้คู่สัญญาฝ่ายนั้นเป็นผู้รับผิดชอบ

บันทึกข้อตกลงความร่วมมือนี้ทำขึ้นเป็นสองฉบับมีข้อความถูกต้องตรงกัน ทั้งสองฝ่ายได้อ่านเข้าใจข้อความในบันทึกข้อตกลงความร่วมมือโดยตลอดดีแล้ว เห็นว่าถูกต้องตรงตามเจตนารมณ์แห่งตนทุกประการ เพื่อเป็นหลักฐานจึงได้ลงลายมือชื่อพร้อมประทับตรา (ถ้ามี) ไว้เป็นสำคัญต่อหน้าพยานและต่างยึดถือไว้ฝ่ายละหนึ่งฉบับ

(ลงชื่อ)

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณัฐพงศ์ พันธุ์นะ)

(ลงชื่อ)

(นางสาวมัลลิกา จันทรแสงเจริญ และ
นางสาวณัฐทิพย์ จันทรแสงเจริญ)

(ลงชื่อ)

(ดร.ศุภชัย หลักคำ)

(ลงชื่อ)

(นายมานะชญ์ งามอุซาวรรณ)