

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

นายธนัญชัย ศรีวงษ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)



นายธนัญชัย ศรีวงษ์

การค้นคว้าอิสระนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตร
ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ปีการศึกษา 2568
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ใบรับรองการค้นคว้าอิสระ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

โดย นายธนัญชัย ศรีวงษ์

ได้รับอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

.....
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)

คณะกรรมการสอบการค้นคว้าอิสระ

.....
ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุกัญญา บุญศรี)

.....
อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล)

.....
กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธา อึ่งทอง)

ชื่อ : **นายธนัญชัย ศรีวงษ์**

ชื่อการค้นคว้าอิสระ : การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

สาขาวิชา : **วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก : **ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล**

ปีการศึกษา : **2568**

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ 2) ศึกษาขนาดโมเม้นต์สูงสุดและการเกิดมุมบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของ วัสดุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และ ความยาว ที่แตกต่างกัน 3) พัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 4) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกับเกณฑ์ และ 5) ศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) จำนวน 30 คน เครื่องมือวิจัยประกอบด้วย แบบบันทึกสภาพปัญหาชุดกิจกรรม แบบประเมินความเหมาะสม และ แบบประเมินทักษะ ค่าความตรง 0.60–1.00 วิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และ t-test ผลการวิจัยพบว่า ชุดกิจกรรมมีความเหมาะสม อยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.83, S.D. = 0.42) มีประสิทธิภาพ 81.10/82.77 สูงกว่าเกณฑ์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนเท่ากับ 86.56 (S.D. = 3.50) สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.24, S.D. = 0.70) นอกจากนี้ การทดลองเพลากลมของวัสดุต่างชนิด เพลากลมเหล็กหล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm ขนาดความยาวเท่ากับ 200 mm รับแรงบิดได้สูงสุดเท่ากับ 28.50 N.m และ เกิดมุมบิดเท่ากับ 5,556 องศา

(มีจำนวนทั้งสิ้น 270 หน้า)

คำสำคัญ : ชุดกิจกรรม, การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้, การทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

อาจารย์ที่ปรึกษาการค้นคว้าอิสระหลัก

Name : Mr. Tanunchai Sriwong

Independent Study Title : Development of Learning Activities on Torsion Testing Using a Test Kit for Undergraduate Students in Automotive Technology (Continuing Program)

Major Field : Mechanical Engineering Education
King Mongkut's University of Technology North Bangkok

Independent Study Advisor : Surawut Yanil

Academic Year : 2025

ABSTRACT

This study aimed to: 1) investigate instructional problems and approaches in the Automotive Technology Testing course; 2) examine the torsion angle under variations in material type, diameter, and specimen length; 3) develop a torsion testing learning activity package integrated with a testing apparatus; 4) compare students' learning achievement with a specified criterion; and 5) evaluate student satisfaction. The sample consisted of 30 undergraduate students in Automotive Technology (Continuing Program). The research instruments included a problem-recording form, a learning activity package, an appropriateness evaluation form, and a skill assessment form, with content validity ranging from 0.60 to 1.00. Data were analyzed using mean, standard deviation, and t-test. The results showed that the learning activity package had the highest level of appropriateness ($\overline{X}$ = 4.83, S.D. = 0.42) and an efficiency of 81.10/82.77, exceeding the criterion. The post-learning achievement score was 86.56 (S.D. = 3.50), significantly higher than the 80% criterion at the 0.05 level. Student satisfaction was also at the highest level ($\overline{X}$ = 4.24, S.D. = 0.70). Furthermore The experiment involved testing round shafts made of different materials. A SUS304 stainless steel round shaft with a diameter of 6 mm and a length of 200 mm exhibited a maximum torque of 28.50 N.m and a torsional angle of 5,556 degrees.

(Total 270 Pages)

Keywords: learning activity package, torsion testing, automotive technology

_____ Advisor

กิตติกรรมประกาศ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) ในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยคำสั่งสอนจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำในการวางแผนงาน ตรวจสอบและชี้แนะในการทำเล่มสารนิพนธ์นี้ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เมธา อึ่งทอง ที่ให้ความช่วยเหลือแก้ไขปัญหาในทุก ๆ ด้าน ขอขอบคุณพระคุณผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและด้านการพัฒนาชุดกิจกรรมทุกท่านที่ได้สละเวลาตรวจสอบชุดกิจกรรม และให้คำแนะนำแก่ผู้วิจัยเพื่อนำไปพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ให้เหมาะสมทั้งด้านเนื้อหาและการพัฒนาชุดกิจกรรมให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณอาจารย์ ธวัช นนทธรรม ที่เมตตาให้ความช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในการทำสารนิพนธ์ครั้งนี้

สุดท้ายนี้ขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัว ญาติพี่น้อง ครูอาจารย์ และเพื่อนร่วมงานของผู้วิจัยที่ ให้กำลังใจ ให้คำแนะนำ ให้แนวทางการเรียนในหลักสูตรปริญญาโท และให้การสนับสนุนเป็นอย่างดีเสมอมา คุณค่าและประโยชน์ทั้งปวงอันพึงได้จากสารนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบและอุทิศแด่ผู้มี พระคุณทุก ๆ ท่าน

ธนัญชัย ศรีวงษ์

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย **ง**

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ **จ**

กิตติกรรมประกาศ **ช**

สารบัญ **ซ**

สารบัญตาราง **ฎ**

สารบัญรูปภาพ **ด**

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

1.2 วัตถุประสงค์ 3

1.3 สมมติฐานงานวิจัย 3

1.4 ขอบเขตงานวิจัย 3

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย 7

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ 8

1.7 ประโยชน์ของงานวิจัย 9

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 10

2.1 ทฤษฎีการบิดของเพลา 10

2.2 ชนิดของวัสดุ 14

2.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ 17

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 30

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 33

3.1 ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน
และการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 35

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

3.2 ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด ร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) 39

3.3 ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาสื่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 โดยใช้กับกลุ่มทดลอง 68

3.4 ขั้นตอนที่ 4 การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบใช้กับกลุ่มทดลอง 76

บทที่ 4 ผลการวิจัย 78

4.1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ 79

4.2 ผลการออกแบบและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 80

4.3 ผลการทดสอบใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 98

4.4 ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 98

4.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 99

4.6 ผลลัพธ์ผลการทดสอบของวัสดุ 101

บทที่ 5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 127

5.1 สรุปผลการวิจัย 127

5.2 อภิปรายผลการวิจัย 132

5.3 ข้อเสนอแนะ 141

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บรรณานุกรม	143
ภาคผนวก ก	147
รายนามผู้เชี่ยวชาญ	148
หนังสือขอความอนุเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ	154
ประมวลภาพเหตุการณ์ที่เกี่ยวข้อง	178
ภาคผนวก ข	180
แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	181
แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมินของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	188
แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	193
แบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	199
ภาคผนวก ค	201
ผลการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทอสอบ	202
ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	203
ผลการประเมินแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการ ประเมินของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	207

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

ผลการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 209
ผลการประเมินแบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรม
การเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 215
ภาคผนวก ง 222
ข้อมูลการหาค่า t-test แบบ t-test for one sample 223
แผนการจัดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วม
กับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต
สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) 224
ประวัติผู้เขียน 270

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
2-1	สมบัติเชิงกลของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400	15
2-2	สมบัติเชิงกลของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด 6061	16
2-3	สมบัติเชิงกลของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304	17
2-4	การเปรียบเทียบการวัดทางด้านกายภาพและทางด้านจิตวิทยา	19
2-5	แสดงองค์ประกอบขอการทดสอบ การวัดผล และการประเมินผล	23
3-1	ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1)	70
3-2	ผลการสังเกตการใช้ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	70
3-3	ผลการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	71
3-4	ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 2	71
3-5	ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	72
3-6	ผลการปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	72
3-7	ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100)	73
3-8	ผลการสังเกตการการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	74
3-9	ผลการปรับปรุงแก้ไขการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	75
3-10	แบบแผนผลการทดสอบ	76
4-1	ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	79
4-2	ผลการประเมินความเหมาะสมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ	90
4-3	ผลการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	98
4-4	ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	98

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

4-5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียน
รู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยนักศึกษา
ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)
วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ (n=30) 99

4-6 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400
อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 102

4-7 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม
ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm 103

4-8 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม
ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm 104

4-9 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400
อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm 105

4-10 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม
ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 106

4-11 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400
อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm 107

4-12 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400
อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304
ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm 108

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง		หน้า
4-13	ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm	109
4-14	ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm	111
4-15	ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm	113
4-16	ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm	114
4-17	ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm	115
4-18	ผลลัพธ์ของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	116
4-19	ผลลัพธ์ของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	117
4-20	ผลลัพธ์ของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	118
4-21	ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	119
4-22	ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	120
4-23	ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	121
4-24	ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	122
4-25	ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	124
4-26	ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว	125

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง	หน้า
ข-1 ประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาดัชนีความสอดคล้อง(IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์	183
ข-2 ประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน	190
ข-3 แบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	194
ข-4 แบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	200
ค-1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทอสอบ	202
ค-2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะสม	203
ค-3 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะสม	207
ค-4 ผลการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบสำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=15)	204
ค-5 ผลการประเมินแบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	215
ค-6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบมีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80	217
ค-7 ผลผลการทดสอบวัดผลหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (Post-test) โดยใช้แบบฝึกทักษะการปฏิบัติงานเป็นลักษณะแบบสังเกตุโดยวิธีการ (Rubrics Score)	219

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตาราง หน้า

ง-1 ข้อมูลการหาค่า t-test แบบ t-test for one sample 223

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	เครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT	2
1-2	กรอบแนวคิดงานวิจัย	8
2-1	การบิดรอบแกนของชิ้นงาน	10
2-2	การเกิดความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด	11
2-3	การเกิดความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด	12
2-4	เหล็กกล้า ชนิด SS400	14
2-5	อะลูมิเนียม ชนิด 6061	16
2-6	เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304	17
3-1	ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	34
3-2	ขั้นตอนแนวทางในการดำเนินชุดกิจกรรม	40
3-3	ขนาดของวัสดุทดสอบ	41
3-4	วัสดุสำหรับทดสอบแรงบิด	41
3-5	เครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT	42
3-6	ส่วนประกอบเครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT	42
3-7	โครงสร้างหลักของชุดวัดแรงบิด	44
3-8	สัญญาลักษณ์บนหน้าจอเครื่องอ่านค่าทดสอบแรงบิด	45
3-9	เตรียมเครื่องทดสอบแรงบิดรุ่น WP500 Torsion test 30 N.m	46
3-10	วัสดุชิ้นงานทดสอบ	46
3-11	วางชิ้นงานทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบแรงบิด	47
3-12	ปรับตั้งไดอัลเกจให้เป็นศูนย์บนอุปกรณ์ชดเชย	47
3-13	ตั้งค่าแรงบิดให้เป็นศูนย์	48
3-14	ล้อหมุนมือ(พร้อมเฟืองทดแรง)	48
3-15	บันทึกค่าแรงบิดและมุมบิด	49
3-16	วัสดุชิ้นงานที่ทดสอบจนขาด	49
3-17	ผลลัพธ์ของวัสดุจากการทดสอบแรงบิดทั้ง 3 รอบ	50
3-18	ผลลัพธ์ของแรงบิดและมุมบิด	50
3-19	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	51

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
3-20	ใบเนื้อหา	52
3-21	ใบคู่มือผู้สอน	53
3-22	ใบมอบหมายงาน	54
3-23	ใบสังเกตพฤติกรรม	55
3-24	แบบฝึกหัด	56
3-25	ใบกิจกรรม	57
3-26	บันทึกหลังการสอน	58
3-27	การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว	59
3-28	การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม	59
3-29	การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม	60
4-1	ชุดกิจกรรมการเรียนรู้	81
4-2	แผนชุดจัดกิจกรรมการเรียนรู้	82
4-3	ใบเนื้อหา	83
4-4	ใบคู่มือผู้สอน	84
4-5	ใบมอบหมายงาน	85
4-6	ใบสังเกตพฤติกรรม	86
4-7	แบบฝึกหัด	87
4-8	ใบกิจกรรม	88
4-9	บันทึกหลังการสอน	89
4-10	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100	101
4-11	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 150 mm	102
4-12	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 200 mm	103
4-13	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 250 mm	104

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-14	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm	106
4-15	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 150 mm	107
4-16	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 200 mm	108
4-17	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 250 mm	109
4-18	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm	111
4-19	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 150 mm	112
4-20	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 200 mm	113
4-21	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 250 mm	114
4-22	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm	116
4-23	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm	117
4-24	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm	118
4-25	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm	119
4-26	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm	120
4-27	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm	121

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
4-28	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm	122
4-29	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm	123
4-30	ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm	124
ก-1	ตรวจสอบการทำงานชุดทดสอบแรงบิด	173
ก-2	การทดสอบแรงบิด	173
ก-3	ตรวจสอบวิเคราะห์เก็บข้อมูลการทดสอบแรงบิด	174

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

แรงบิด เป็นพฤติกรรมที่เกิดขึ้นของวัสดุเมื่อรับแรงที่ทำให้เกิดการบิดรอบแกนของตัวชิ้นงาน โดยแรงบิดนั้นถือเป็นโมเมนต์ชนิดหนึ่งที่พยายามทำให้วัตถุหมุนรอบแกน สิทธิชัย (2546 : 5-1) ได้กล่าวว่า แรงบิด เป็นการบิดของชิ้นส่วนของโครงสร้างหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เช่น เพลารถยนต์ เป็นต้น เนื่องจากการกระทำของแรงบิด โดยที่แรงบิดเป็นโมเมนต์ ที่พยายามที่จะบิดชิ้นส่วนของโครงสร้างในแนวแกน ของชิ้นส่วนของโครงสร้างนั้น ซึ่งเป็นพื้นฐานที่สำคัญในงานด้านวิศวกรรม โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสาขาวิศวกรรมเครื่องกลและเทคโนโลยียานยนต์ ซึ่งอุปกรณ์และชิ้นส่วนหลากหลายประเภท เช่น เพลาขับ เพลาข้อเหวี่ยง เพลาส่งกำลัง หรือเพลาล้อ บุญธรรม (2560 : 101) อธิบายไว้ว่า เพลาคือส่วนประกอบทางกลสำหรับแรงบิดและการหมุน เพลาส่งกำลังจะทำให้เกิดการบิด และแรงเฉือน และจะส่งแรงบิดออกไป มีค่าเท่ากับความแตกต่างระหว่างแรงบิดอินพุดและภาระ เพลาส่งกำลังจึงต้องแข็งแรงพอที่จะแบกรับความเค้น (Stress) ได้ จำเป็นต้องรับแรงบิดอย่างต่อเนื่องระหว่างการทำงาน หากวัสดุหรือชิ้นส่วนโครงสร้างไม่สามารถรับแรงบิดได้อย่างเหมาะสม อาจทำให้เกิดการเสียรูป เสื่อมสภาพ หรือแม้กระทั่งเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน การศึกษาพฤติกรรมของวัสดุเมื่อถูกแรงบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินความแข็งแรงและความทนทานของวัสดุ เพื่อให้สามารถออกแบบและเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงบิด จะประกอบด้วยการพิจารณาค่าความเค้น (Stress) ความเครียดเฉือน (Shear Strain) และมุมบิด (Angle of Twist) ที่เกิดขึ้นในวัสดุ ซึ่งมีปัจจัยสำคัญหลายประการที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิด ได้แก่ 1) ชนิดของวัสดุ วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว และโมดูลัสเฉือน วัสดุประเภทเหล็กกล้า อะลูมิเนียม และเหล็กกล้าไร้สนิม ตอบสนองต่อแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการรับน้ำหนักและความปลอดภัยของระบบ 2) ขนาดของวัสดุ ขนาดหน้าตัดของวัสดุ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา มีผลต่อความสามารถในการรับแรงบิด เนื่องจากค่าความเครียดและแรงเฉือนจะเพิ่มขึ้นหากพื้นที่หน้าตัดลดลง 3) ความยาวของวัสดุ ความยาวของชิ้นงานที่รับแรงบิดมีผลโดยตรงต่อมุมบิด โดยวัสดุที่มีความยาวมากกว่าจะมีแนวโน้มเกิดการบิดตัวมากกว่าภายใต้แรงบิดเท่ากัน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการออกแบบเพื่อควบคุมการเสียรูป ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยียานยนต์มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ภาคการศึกษาต้องปรับตัวให้ทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะในการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมรรถนะทางวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์พฤติกรรมของโลหะและวัสดุผสม การออกแบบเพลาขับ ตลอดจน

การตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ซึ่งการทดสอบแรงบิดถือเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินความสามารถของวัสดุและโครงสร้างเชิงวิศวกรรม เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้องตรงตามลักษณะงานที่ต้องการ ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมของวัสดุที่มีชนิด ขนาด และความยาวที่แตกต่างกันเมื่อถูกทดสอบแรงบิด จึงเป็นแนวทางหนึ่งเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกในการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาในหลักสูตรเทคโนโลยียานยนต์ให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมในอนาคต

อย่างไรก็ตาม ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแรงบิดในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) พบว่าผู้เรียนขาดความเข้าใจในพฤติกรรมของวัสดุเมื่อเกิดแรงบิดเนื่องจาก เครื่องมือมีจำนวนจำกัด วัสดุทดสอบไม่หลากหลายและเนื้อหามีลักษณะเป็นสื่อการเรียนการสอนที่ใช้ในปัจจุบันยังคงเน้นการบรรยาย ทฤษฎีจากตำรา ภาพประกอบที่ไม่สามารถถ่ายทอดกระบวนการบิดหรือผลที่เกิดจากแรงบิดของวัสดุที่มี ชนิด ขนาด ความยาวที่แตกต่างกันเมื่อถูกทดสอบแรงบิดในวัสดุได้อย่างชัดเจน เช่น การคำนวณทางด้านการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ การประยุกต์สูตรทางคณิตศาสตร์มาใช้คำนวณในงานทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ ส่งผลให้ผู้เรียนขาดประสบการณ์เชิงปฏิบัติ ขาดทักษะในการคิดวิเคราะห์ และไม่สามารถเชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีกับสถานการณ์จริงได้ ซึ่งเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ของนักศึกษาไม่สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ได้จริง



ภาพที่ 1-1 เครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT

จากข้อจำกัดปัญหาและอุปสรรคในการจัดการเรียนการสอน ผู้วิจัยจึงเกิดแนวคิดในการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ แสดงในภาพที่ 1-1 โดยการเปลี่ยนแปลงของวัสดุที่มี 1) ชนิดวัสดุประเภท เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กไร้สนิม ชนิด 304 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ 4 mm 5 mm และ 6 mm 3) ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm มุ่งเน้นให้สื่อการเรียนรู้มีลักษณะ

เป็นใบเนื้อหาเชิงทฤษฎีและใบงานทดลองเชิงปฏิบัติที่เหมาะสม เพื่อช่วยในการจำลองสถานการณ์จริง หรือจำลองพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิด โดยการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ หรือ เครื่องมือทดลองในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบแรงบิดในหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) จะช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจหลักการและเห็นภาพพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิดได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นและสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม อันเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในระดับสูงต่อการพัฒนาทักษะวิชาชีพด้านวิศวกรรมในอนาคต

1.2 วัตถุประสงค์

1.2.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

1.2.2 เพื่อศึกษาขนาดโมเม้นต์บิดสูงสุดและการเกิดมุมบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และ ความยาว ที่แตกต่างกัน

1.2.3 เพื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

1.2.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิดกับเกณฑ์

1.2.5 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อสื่อการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

นักเรียนที่เรียนด้วยสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คะแนนทดสอบสูงกว่าเกณฑ์

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

งานวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบสำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) มี 4 ขั้นตอน แต่ละขั้นตอน มีขอบเขตของการวิจัย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอน มี 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนย่อยที่ 1.1 ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนโดยการสังเคราะห์เอกสาร

1.1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษาสภาพปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เอกสาร ซึ่งประกอบด้วย 2 องค์ประกอบ ดังนี้ สภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และผลการเรียนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

1.1.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ได้แก่ เอกสารเกี่ยวกับรายงานผลการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยใบรายงานผลการเรียน และบันทึกหลังแผนการสอน

1.1.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ สภาพปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นตอนย่อยที่ 1.2 ศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ

1.2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษาแนวทางการแก้ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้วิจัยได้สังเคราะห์เอกสาร ที่เกี่ยวกับรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และแนวสภาพปัญหา การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้ 1) หลักสูตรรายวิชา 2) วิธีการสอน 3) สื่อ และเอกสารประกอบการสอน และ 4) เครื่องมือวัดและประเมินผลตามลักษณะของรายวิชา

1.2.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยเลือกจากผู้มีคุณสมบัติ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นอาจารย์สถาบันอุดมศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสาขาวิชาช่างยนต์/เครื่องกล มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน

กลุ่มที่ 2 เป็นครูสังกัดสถานศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 6 คน

1.2.3 ขอบเขตตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ แนวทางการแก้ปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ขั้นตอนที่ 2 พัฒนาและหาประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

การพัฒนาและหาประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบมี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 สร้างสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้วิจัย

2.1.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา การสร้างสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ผู้วิจัยรายวิชาได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับและหลักการการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบประกอบไปด้วยเนื้อหาสาระสำคัญของเครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m โดยมีรายละเอียดดังประเด็นต่อไปนี้ 1) เนื้อหาสาระสำคัญของฟังก์ชันการทำการทดสอบกับวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กไร้สนิม ชนิด 304 2) เนื้อหาสาระสำคัญที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวของวัสดุที่ใช้ 3) เนื้อหาสาระสำคัญการพิสูจน์การคำนวณทางสูตรคณิตศาสตร์

2.1.2 ขอบเขตของเนื้อหาทางด้านวิศวกรรม 1) คู่มือการใช้เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m ใช้กับวัสดุขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm 2) วัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กไร้สนิม ชนิด 304

2.1.3 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ได้แก่ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด ประกอบด้วย 1) เอกสารคู่มือการใช้งานเครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m 2) ใบเนื้อหาเชิงทฤษฎีและใบงานทดลองเชิงปฏิบัติ

2.1.4 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ การพัฒนาสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด

ขั้นตอนที่ 2.2 ประเมินความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด เรื่องหรือรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 โดยผู้เชี่ยวชาญ

2.2.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา การประเมินความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด ผู้วิจัยได้ศึกษา หลักการ และแนวทางการประเมินสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด

2.2.2 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล ได้แก่ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 15 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยเลือกจากผู้มีคุณสมบัติ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นอาจารย์สถาบันอุดมศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสาขาวิชาช่างยนต์/เครื่องกล มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 5 คน

กลุ่มที่ 2 เป็นครูสังกัดสถานศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 10 คน

2.2.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ผลการประเมินความเหมาะสมสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด

ขั้นตอนที่ 2.3 ศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบโดยใช้กับกลุ่มทดลอง

2.3.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา การศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ผู้วิจัยได้ศึกษา แนวทาง หลักการ ศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด ซึ่งประกอบด้วย 3 หลักการ ดังนี้ 1) การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว 2) การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม และ 3) การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม

2.3.2 ขอบเขตด้านกลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างนักศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ที่เรียนรายวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ผ่านมาแล้ว ทำผลการทดสอบในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน ให้เป็นไปตามเงื่อนไข ของการหาประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์,2556) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว ประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียน ระดับเก่ง 1 คน ระดับปานกลาง 1 คน และระดับอ่อน 1 คน รวม 3 คน

กลุ่มทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม ประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียน ระดับเก่ง 3 คน ระดับปานกลาง 3 คน และระดับอ่อน 3 คน รวม 9 คน

กลุ่มทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม จำนวน 30 คน แบบคละความสามารถ

2.3.3 ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ผลการศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

ขั้นตอนที่ 3 ใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 สำหรับนักศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ (ต่อเนื่อง)

ใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด มีดังนี้ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ขอบเขตด้านกลุ่มทดลอง ได้แก่ นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน

ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ผลการใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ เรื่องหรือรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

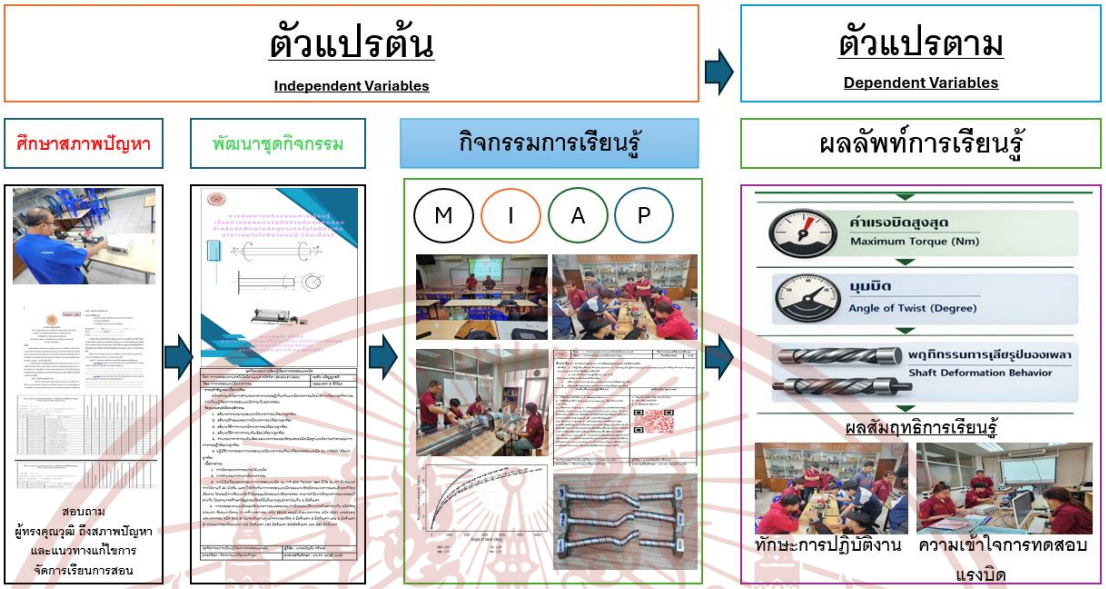
ศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด มีดังนี้

ขอบเขตด้านกลุ่มผู้ให้ข้อมูล ได้แก่ ศึกษาความพึงพอใจของการใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด จำนวน 30 คน

ขอบเขตด้านตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

1.5 กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดในการวิจัยในครั้งนี้เป็นการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 ผู้วิจัยเขียนกรอบแนวคิด แสดงในภาพที่ 1-2 ดังนี้



ภาพที่ 1-2 กรอบแนวคิดงานวิจัย

1.6 นิยามศัพท์เฉพาะ

1.6.1 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ หมายถึง สื่อการเรียนรู้ที่นำมาใช้เป็นหน่วยการเรียนหนึ่งในรายวิชาเรื่องหรือรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 ผู้วิจัยได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับและหลักการการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ ประกอบไปด้วยเนื้อหาสาระสำคัญของเครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด WP 500 Torsion test สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m ใช้กับวัสดุขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 6 mm ความยาวตั้งแต่ 75 mm ถึง 750 mm โดยมีรายละเอียดดังประเด็นต่อไปนี้ 1) เนื้อหาสาระสำคัญของฟังก์ชันการทำการทดสอบกับวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็ก อะลูมิเนียม และเหล็กกล้าไร้สนิม 2) เนื้อหาสาระสำคัญที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ความยาวของวัสดุที่ใช้ 3) เนื้อหาสาระสำคัญการพิสูจน์การคำนวณทางสูตรคณิตศาสตร์

1.6.2 นักศึกษา หมายถึง นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 ที่ลงทะเบียนเรียนในรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

1.6.3 ประสิทธิภาพการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ หมายถึง ประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ที่วัดจากคะแนนค่าเฉลี่ยของผู้เรียนทั้งหมดจากการ ทำกิจกรรม ใบงาน แบบทดสอบระหว่างเรียน และแบบทดสอบหลังเรียน ในรายวิชาเรื่องหรือรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 E1/E2 โดยที่

1.6.3.1 ประสิทธิภาพของกระบวนการ (E_1) เป็นการประเมินการทำกิจกรรมของผู้เรียนในทุกกิจกรรมตามกระบวนการระหว่างเรียน

1.6.3.2 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) เป็นการประเมินผลลัพธ์ของผู้เรียนโดยการพิจารณาจากการทำแบบทดสอบหลังเรียน

1.6.4 เกณฑ์ที่กำหนด 80/80 หมายถึง ระดับประสิทธิภาพที่คาดหวัง ซึ่งวัดได้จากค่าเฉลี่ยดังนี้

80 ตัวแรก คือ คะแนนที่ได้จากการทดสอบระหว่างเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ

80 ตัวหลัง คือ คะแนนที่ได้จากการทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยคิดเป็นร้อยละ

1.6.5 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ผลการเรียนในการใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

1.6.6 เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด WP 500 Torsion test หมายถึง เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด มีขอบเขตการใช้งานที่ 30 N.m ใช้กับวัสดุขนาดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 6 mm ความยาวตั้งแต่ 75 mm ถึง 350 mm

1.6.7 แบบประเมินความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้ หมายถึง ผลการประเมินความเหมาะสมสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิดและคู่มือการใช้สื่อ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 โดย ผู้ทรงคุณวุฒิ ประกอบด้วย 3 ตอน คือ 1) ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม 2) แบบสอบถามความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิดและคู่มือการใช้สื่อ ซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ 3) ข้อเสนอแนะอื่นๆ เป็นแบบปลายเปิด

1.7 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.7.1 ด้านผู้สอน สามารถใช้สื่อฝึกปฏิบัติที่พัฒนาแล้วเป็นเครื่องมือการสอน ทำให้การถ่ายทอดความรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดมีความเข้าใจง่ายขึ้น

1.7.2 ด้านผู้เรียน เสริมสร้างทักษะด้านการคิดวิเคราะห์ การแก้ปัญหา และการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

1.7.3 ด้านสถานศึกษา ส่งเสริมให้สถานศึกษามีสื่อการเรียนรู้ที่มีคุณภาพ เพิ่มคุณภาพการจัดการเรียนการสอน

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน เทียบกับเกณฑ์ ผู้จัดทำสารนิพนธ์ ศึกษาทฤษฎีและแนวคิดที่เกี่ยวข้องในการพัฒนา และศึกษาเอกสารต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินการทำสารนิพนธ์ในครั้งนี้ ดังนี้

2.1 ทฤษฎีการบิดของเพลา

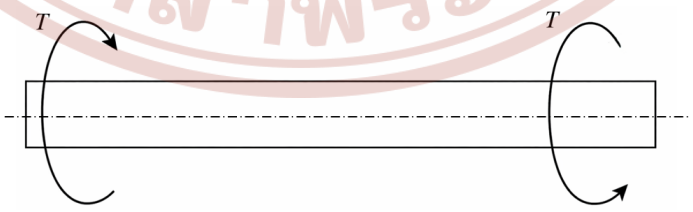
2.2 ชนิดของวัสดุ

2.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีการบิดของเพลา

แรงบิด (Torsion) เป็นลักษณะการรับแรงของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้น เมื่อมีแรงบิดกระทำที่ปลายทั้งสองด้านของชิ้นงานในทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้ชิ้นงานเกิดการหมุนรอบแกนตามแนวยาว ดังภาพที่ 2-1 ลักษณะการรับแรงดังกล่าวพบได้บ่อยในชิ้นส่วนทางวิศวกรรม เช่น เพลา เพลากลาง เพลาขับ และเพลาส่งกำลัง ในทางวิศวกรรม แรงบิด คือ โมเมนต์ของแรงที่ทำให้วัตถุมีแนวโน้มหมุนรอบแกน เมื่อแรงบิดกระทำต่อเพลา จะทำให้ภายในเนื้อวัสดุเกิดความเค้นเฉือน และส่งผลให้เพลาเกิดมุมบิดตลอดความยาวของชิ้นงาน โดยขนาดของความเค้นและมุมบิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ขนาดของแรงบิด ความยาวเพลา คุณสมบัติของวัสดุ และลักษณะหน้าตัดของชิ้นงาน ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมการบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ต้องรับการส่งกำลังหมุนให้มีความแข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน



ภาพที่ 2-1 การบิดรอบแกนของชิ้นงาน

บุญธรรม (2560 : 101) อธิบายไว้ว่า เพลา (Shaft) คือส่วนประกอบทางกลสำหรับแรงบิดและการหมุน เพลาส่งกำลังจะทำให้เกิดการบิด และแรงเฉือน และจะส่งแรงบิดออกไป มีค่าเท่ากับ

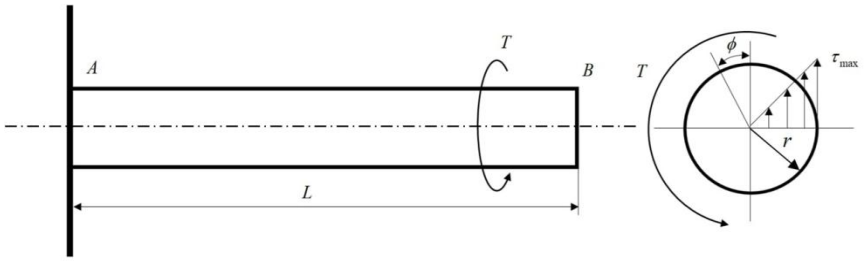
ความแตกต่างระหว่างแรงบิดอินพุตและภาระ เพลาส่งกำลังจึงต้องแข็งแรงพอที่จะแบกรับความเค้น (Stress) ได้ จำเป็นต้องรับแรงบิดอย่างต่อเนื่องระหว่างการทำงาน หากวัสดุหรือชิ้นส่วนโครงสร้างไม่สามารถรับแรงบิดได้อย่างเหมาะสม อาจทำให้เกิดการเสียรูป เสื่อมสภาพ หรือแม้กระทั่งเกิดอุบัติเหตุที่ส่งผลต่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพในการทำงาน

บุญธรรม (2560 : 102) ได้ให้ความหมายไว้ว่า แรงบิดของเพลา คือ โมเมนต์ของเพลาที่กระทำกับเพลาส่งกำลัง ซึ่งพยายามจะบิดเพลาส่งกำลังหรือทำให้เพลาส่งกำลังหมุน เรียกว่า แรงบิด เพลาส่งกำลังจึงทำหน้าที่รับแรงบิด เมื่อเพลาส่งกำลังหมุนขณะที่ส่งกำลังก็บิดไปด้วย ลักษณะเพลาส่งกำลังอันหนึ่งคล้ายกับว่าประกอบไปด้วยแผ่นโลหะกลมบางๆ หลายแผ่นซ้อนติดกัน ดังนั้นขณะบิดแผ่นโลหะแผ่นหนึ่งจะบิดไปเพียงเล็กน้อยเทียบกับอันถัดไป ทำให้เพลาส่กำลังมีความเครียดเฉือน (Shear Strain) ซึ่งจำทำให้มีความเค้นเฉือน (Shear Stress) เกิดขึ้น

Russell C. Hibbeler (2018 : 201) ได้อธิบายไว้ว่า แรงบิด (Torque) คือแรงโมเมนต์ที่มีแนวโน้มจะทำให้ชิ้นส่วนหมุนรอบแกนตามยาวของมัน ผลกระทบของแรงบิดมีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบเพลาขับที่ใช้ในยานพาหนะและเครื่องจักร ดังนั้นจึงจำเป็นต้องสามารถคำนวณความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นในเพลาเมื่อถูกโหลดด้วยแรงบิด

2.1.1 การคำนวณเกี่ยวกับแรงบิด คือ แรงในการทำให้วัตถุเกิดการหมุนรอบแกน ตามยาวของเพลาหรือชิ้นส่วนแกนยาวที่มีระยะทางจากจุดศูนย์กลางวงกลมเรียกรัศมีเพลา (r) ตั้งฉากกับแนวแรง (F) ผลคูณของแรงกับรัศมีของเพลาเรียกว่าโมเมนต์บิด $T = r\ x\ F$ ดังภาพที่ 2-2 แรงบิดเกิดขึ้นบนเพลา มีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบเพลาส่งกำลังของการส่งกำลังในยานยนต์ ดังนั้นการคำนวณเพื่อหาค่าความเค้นเฉือนและค่าความเครียดเฉือน แรงบิดเกิดขึ้นบนเพลาส่งกำลัง จึงมีความสำคัญที่จะต้องสามารถหาค่าความเครียดเฉือนและการเสียรูปที่เกิดขึ้นในเพลาเมื่อได้รับแรงบิด การหาค่าความเค้นเฉือนของเพลาที่เกิดการบิดหาได้ดังสมการที่ 2-1

ความเค้นเฉือนของเพลากลม $$\tau_{\max} = \frac{Tr}{J} \qquad (2\text{-}1)$$

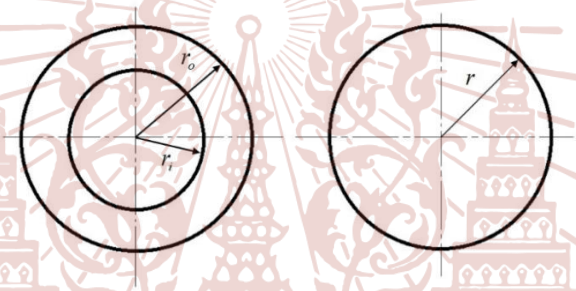


ภาพที่ 2-2 การเกิดความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด

เมื่อเพลาถูกยึดแน่นที่จุดรองรับ A แบบยึดแน่นเมื่อมีแรงกระทำรอบแกนกระทำกับปลายอีกด้านหนึ่ง รัศมีที่อยู่บนหน้าตัดเพลา เมื่อ L คือความยาวของเพลาจากจุดรองรับของเพลา ที่จุด B จะเกิดการเสียรูปเนื่องจากโมเมนต์บิดทำมุม ค่ามุมนี้เรียกว่ามุมบิด (Angle of Twist) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่ามุมบิดไปตามความยาวเพลา การหาค่ามุมบิดได้ดังสมการที่ 2-2

มุมบิดของเพลา

$$\theta = \frac{TL}{JG} \tag{2-2}$$



ภาพที่ 2-3 การเกิดความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด

การคำนวณหาค่าความเค้นเฉือนของเพลากลมจะต้องใช้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยพิกัดเชิงขั้ว (Polar Moment of Inertia) ของพื้นที่หน้าตัดของเพลาตัน ดังภาพที่ 2-3 ได้ดังสมการที่ 2-3

ความเฉื่อยพิกัดเชิงขั้วพื้นที่วงกลมเพลาตัน

$$J = \frac{\pi}{2} r^4 \tag{2-3}$$

เมื่อ T คือ แรงบิด (N.m)

J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยพิกัดเชิงขั้ว (m^4)

τ คือ ความเค้นเฉือน (Pa)

r คือ รัศมีของเพลา (m)

G คือ โมดูลัสแรงเฉือน (Pa)

θ คือ มุมบิด (rad)

L คือ ความยาวของเพลา (m)

2.1.2 ทฤษฎีการรับแรงบิดของวัสดุ การศึกษาพฤติกรรมของวัสดุเมื่อถูกแรงบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมิน ความแข็งแรงและความทนทานของวัสดุ เพื่อให้สามารถออกแบบและเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงบิด จะประกอบด้วยการพิจารณาค่าความเค้นเฉือน ความเครียดเฉือน และมุมบิด ที่เกิดขึ้นในวัสดุ ซึ่งมีปัจจัยสำคัญหลายประการที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิด ได้แก่ 1) ชนิดของวัสดุ วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว และโมดูลัสเฉือน วัสดุประเภทเหล็กกล้าอะลูมิเนียม และเหล็กกล้าไร้สนิม ตอบสนองต่อแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการรับน้ำหนักและความปลอดภัยของระบบ 2) ขนาดของวัสดุ ขนาดหน้าตัดของวัสดุ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา มีผลต่อความสามารถในการรับแรงบิด เนื่องจากค่าความเครียดเฉือนและความเค้นเฉือนจะเพิ่มขึ้นหากพื้นที่หน้าตัดลดลง 3) ความยาวของวัสดุ ความยาวของชิ้นงานที่รับแรงบิดมีผลโดยตรงต่อมุมบิด โดยวัสดุที่มีความยาวมากกว่าจะมีแนวโน้มเกิดการบิดตัวมากกว่าภายใต้แรงบิดเท่ากัน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการออกแบบเพื่อควบคุมการเสียรูป

ปัญญวรรธน์ (2561 : 2-9) ได้อธิบายไว้ว่า การรับแรงบิดของวัสดุ คือ การให้โมเมนต์ที่กระทำรอบแกนที่ตั้งฉากกับพื้นที่หน้าตัดของเพลา โดยแรงที่กระทำนี้จะเรียกว่า แรงบิด หรือ โมเมนต์ ซึ่งค่าแรงบิดจะแปรผันตามรัศมี ความยาว ค่าโมดูลัสแรงเฉือนของชิ้นงาน

2.1.2 แรงบิด คือ โมเมนต์ที่กระทำต่อชิ้นส่วนในลักษณะที่ทำให้เกิดการบิดเรียกว่า โมเมนต์บิด โมเมนต์นี้เป็นส่วนที่สำคัญที่จะทำให้วัสดุเกิดการเสียหายได้ถ้าหากโมเมนต์ที่กระทำกับวัสดุมากเกินไปในการออกแบบชิ้นส่วนให้รับโมเมนต์บิดจึงต้องไม่ให้โมเมนต์บิดมากเกินไปในการกระทำกับชิ้นวัสดุนั้นแรงบิด หมายถึง ส่วนของโครงสร้างที่รับแรงหรือโมเมนต์ที่พยายามบิดส่วนของโครงสร้างนั้นไปจากตำแหน่งเดิม

สิทธิชัย (2546 : 5-1) อธิบายว่า แรงบิด เป็นการบิดของชิ้นส่วนของโครงสร้างหรือชิ้นส่วนของเครื่องจักรกล เช่น เพลารถยนต์ เป็นต้น เนื่องจาก การกระทำของแรงบิด (torque) โดยที่แรงบิดเป็นโมเมนต์(moment) ที่พยายามที่จะบิดชิ้นส่วนของโครงสร้างในแนวแกน ของชิ้นส่วนของโครงสร้างนั้น

โมเมนต์บิด คือโมเมนต์ที่พยายามบิดท่อนวัสดุให้เปลี่ยนไปจากตำแหน่งเดิม มีค่าเท่ากับผลรวมทางพีชคณิตของโมเมนต์ของแรงต่าง ๆ รอบแกนของท่อนวัสดุนั้น

Russell C. Hibbeler (2018 : 201) ได้อธิบายไว้ว่า หน้าตัดทั้งหมดของเพลาจะยังคงแบนราบ หมายความว่าจะไม่บิดเบี้ยวหรือโป่งออกและเส้นรัศมียังคงตรงและหมุนไปในระหว่างการเปลี่ยนรูปนี้ หากมุมบิดมีขนาดเล็ก ความยาวของเพลาและรัศมีก็จะยังคงแทบไม่เปลี่ยนแปลง

Beer, F. P., Johnston, E. R., Jr., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2015 : 148) ได้อธิบายไว้ว่า ก่อนอื่นจะมีการวิเคราะห์ความเค้นและการเสียรูปที่เกิดขึ้นในเพลาทรงกลมจะมี

การแสดงคุณสมบัติสำคัญของเพลาทรงกลมดังนี้ เมื่อเพลาทรงกลมถูกแรงบิดกระทำ หน้าตัดทุกหน้าจะยังคงแบนราบและไม่บิดเบี้ยว ดังนั้น แม้ว่าหน้าตัดแต่ละหน้าตามความยาวของเพลาจะหมุนไปในมุมที่แตกต่างกัน แต่แต่ละหน้าตัดจะหมุนเหมือนแผ่นแข็งที่ไม่เปลี่ยนรูป

2.2 ชนิดของวัสดุ

ชนิดของวัสดุ วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว และโมดูลัสเฉือน วัสดุประเภทเหล็กกล้า อะลูมิเนียม และเหล็กกล้าไรสนิม ตอบสนองต่อแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการรับน้ำหนักและความปลอดภัยของระบบ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยการเปลี่ยนแปลงของวัสดุที่มี ชนิดวัสดุประเภท เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กไร้สนิม ชนิด 304

Branes, T.A. and Pashyby, I.R. , (2002) ได้กล่าวว่า อุตสาหกรรมการผลิตในปัจจุบันมีการนำโลหะหลายชนิด เข้ามาเป็นส่วนประกอบของโครงสร้างเพื่อต้องการนำข้อดี ของโลหะแต่ละชนิดมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด และทำให้โครงสร้างที่มีความยืดหยุ่น สามารถรับแรงที่กระทำที่อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้

2.2.1 เหล็กกล้า ชนิด SS400 คือ วัสดุเหล็กกล้าเหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน (Hot Rolled Carbon Steel) ดังภาพที่ 2-4 ที่จัดอยู่ในกลุ่ม เหล็กโครงสร้าง (Structural Steel) ตามมาตรฐาน JIS G3101 (Japan Industrial Standard) คุณสมบัติหลักของเหล็ก SS400 ชนิดของเหล็กเหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน (Rolled Carbon Structural Steel) การใช้งาน เหมาะสำหรับงานโครงสร้าง เช่น คาน เสา เพลท เหล็กรูปพรรณ รวมถึง เหล็กเส้นกลม ที่ใช้ทำชิ้นส่วนเครื่องจักรหรือโครงสร้าง และ งานทางวิศวกรรมยานยนต์ คุณสมบัติเชิงกล วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 มีรายละเอียดดังตารางที่ 2-1

(วรรณา, 2567 :1) ได้กล่าวว่า ปัจจุบันในอุตสาหกรรมมีการใช้งานเหล็กกล้าเครื่องมือกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากเป็นวัสดุที่ใช้ในการขึ้นรูปเครื่องมือ อุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ต้องการความแข็งแรงทนทาน สามารถใช้งานได้ยาวนาน



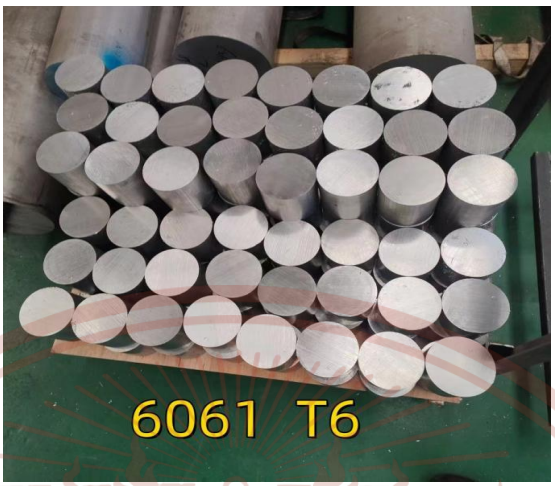
ภาพที่ 2-4 เหล็กกล้า ชนิด SS400

ตารางที่ 2-1 สมบัติเชิงกลของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400

สมบัติเชิงกล			
Young's Modulus (E) (GPa)	Shear Modulus (G) (GPa)	Yield Strength (MPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)
200–206	77–80	245	400–510

2.2.2 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 ดังภาพที่ 2-5 เป็นอะลูมิเนียมอัลลอยซีรีส์ 6000 จัดอยู่ในกลุ่ม Al-Mg-Si (Aluminum Magnesium Silicon Alloy) ชนิดของวัสดุประเภท อะลูมิเนียมอัลลอยชนิดทำการตกผลึกแข็ง (Heat-treatable alloy) ซีรีส์ 6000 series ส่วนประกอบหลัก อะลูมิเนียมผสมกับ แมกนีเซียม (Mg) และ ซิลิกอน (Si) คุณสมบัติเด่น น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงเชิงกลดี ทนต่อการกัดกร่อนสูง (ดีกว่า 2000 และ 7000 series) สามารถเชื่อมได้ดี กลึง ตัด เจาะ และแปรรูปได้ง่าย สามารถชุบแข็งโดยการ Heat Treatment ชนิดของวัสดุประเภท อะลูมิเนียมอัลลอยชนิดทำการ ตกผลึกแข็ง (Heat-treatable alloy) ซีรีส์ 6000 series ส่วนประกอบหลัก อะลูมิเนียมผสมกับแมกนีเซียม (Mg) และ ซิลิกอน (Si) สมบัติเชิงกลของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด 6061 มีรายละเอียดดังตารางที่ 2-2

มูหามัด (2559 : 79) ได้กล่าวว่า อะลูมิเนียมรีดผสม AA6061-T651 เป็นโลหะผสมของอะลูมิเนียมที่มีแมกนีเซียมและซิลิกอนเป็นส่วน ผสมสำคัญ สามารถเพิ่มความแข็งแรงได้ด้วยการผ่านกระบวนการบ่มแข็งและดึงเพื่อคลายความเค้นตามกระบวนการ T651 (Solution heat treatment 532oC follow by quenching, Annealing 414oC 2-3 hours, Aging 177oC 8 hours) เพื่อให้ได้ความแข็งแรงสูงสุด อะลูมิเนียมผสมชนิดนี้นิยมใช้งานที่ต้องการทั้งความแข็งแรงสูงร่วมกับความต้านทานต่อการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม เช่น งานโครงสร้างอาคาร (หมุดย้ำ) ราวสะพาน งานท่อขนส่ง สกีของเครื่องบินน้ำและเรือแคนู ท่อดูดของเครื่องดูดฝุ่น รางเลื่อนของรถขนของ อุปกรณ์จับยึดชิ้นงาน รวมทั้งงานในยานพาหนะต่างๆ เช่น เรือ รถบรรทุก และอากาศยาน



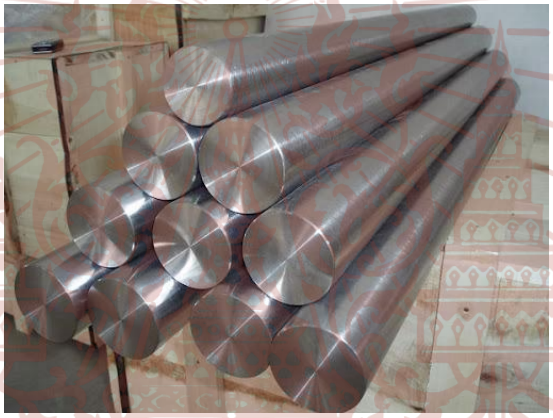
ภาพที่ 2-5 อะลูมิเนียม ชนิด 6061

ตารางที่ 2-2 สมบัติเชิงกลของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด 6061

สมบัติเชิงกล			
Young's Modulus (E) (GPa)	Shear Modulus (G) (GPa)	Yield Strength (MPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)
68–69	25–26	240	290–310

2.2.3 เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 ดังภาพที่ 2-6 มีคุณสมบัติเด่น คือ ทนการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นสนิม สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมทั่วไปได้ดีเยี่ยม ขึ้นรูปและเชื่อมง่าย มีความเหนียว ทำให้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความยืดหยุ่น และ ทนความร้อนได้ดี โดยมีส่วนผสมหลักคือโครเมียมและนิกเกิล คุณสมบัติสำคัญของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ทนการกัดกร่อนสูง ทนต่อสนิม ความชื้น และกรดอ่อนๆ ได้ดี สามารถทำความสะอาดง่าย และไม่ทำให้เกิดการปนเปื้อน ขึ้นรูปและเชื่อมง่าย มีความเหนียวสูง ทำให้ดัด พับ และเชื่อมประกอบได้ง่าย ทนความร้อน สามารถใช้งานที่อุณหภูมิสูงได้ดี คุณสมบัติ Food Grade เป็นเกรดที่ปลอดภัยสำหรับอาหาร ทนแรงกระแทก มีความเหนียวสูง จึงทนต่อ แรงกระแทกได้ดี เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมสามารถนำกลับมาใช้ใหม่และรีไซเคิลได้ 100% การนำไปใช้งานเครื่องใช้ในครัวเรือน เช่น หม้อ กระทะ อ่างล้างจาน อุปกรณ์ทางการแพทย์ ชิ้นส่วนรถยนต์ อุปกรณ์ตกแต่งและก่อสร้าง แก้วน้ำหรือกระติกเก็บความเย็น ตารางสมบัติเชิงกลของวัสดุสเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 มีรายละเอียดดังตารางที่ 2-3

Chaubey, SK, Gupta, K., & Jain, NK (2024) ได้กล่าวไว้ว่า 1) การใช้ SS 304 เป็นวัสดุเฟืองตรงขนาดเล็กทำให้ได้ผิวสำเร็จที่ดีกว่าอะลูมิเนียม ทองแดง และทองเหลือง 2) การใช้อะลูมิเนียมเป็นวัสดุเฟืองขนาดเล็กมีประสิทธิภาพการผลิตสูงกว่า SS 304 ทองแดง และทองเหลือง 3) อะลูมิเนียมมีความประหยัดและใช้วัสดุอย่างมีประสิทธิภาพมากกว่า SS 304 ทองแดงและทองเหลืองในการผลิตเฟืองขนาดเล็กโดย SEWC 4) วัสดุที่สูญเสียไปในทองแดงมีราคาสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุอื่นๆ ที่เลือกใช้ และ 5) ต้นทุนของเฟืองขนาดเล็ก SS 304 มีราคาสูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเฟืองอื่นๆ ที่ผลิตโดย SEWC



ภาพที่ 2-6 เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304

ตารางที่ 2-3 สมบัติเชิงกลของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304

สมบัติเชิงกล			
Young's Modulus (E) (GPa)	Shear Modulus (G) (GPa)	Yield Strength (MPa)	Ultimate Tensile Strength (MPa)
193–200	72–77	205	505–620

2.3 การวัดและประเมินผลการเรียนรู้

2.3.1 ความหมายของการวัดผล การประเมินผล และการทดสอบ

2.3.1.1 การวัดผล (Measurement) ความหมายของการวัดผล ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

อพันตรี พูลพุทธา (2560) กล่าวว่า การวัดจะเป็นการวัด คุณลักษณะภายในของมนุษย์ ซึ่งเป็นสิ่งที่สังเกตไม่ได้โดยตรง

ดนุพล กาญจนะกันโห (2560) กล่าวว่า การวัดผล กระบวนการเรียนรู้ คุณลักษณะ ความสามารถ พัฒนาการของผู้เรียนอย่างต่อเนื่องโดยประเมินจาก หลักสูตรการเรียนการสอนและการปฏิบัติจริงใน

ณัฐฌา ไกยะฝ่าย, วัลนิการ ฉลากบาง, วันเพ็ญ นันทะศรี (2562) กล่าวว่า การวัดผล หมายถึง เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการที่ ได้รับความสำคัญในฐานะ ช่วยปรับปรุงการเรียนการสอน และตัดสินผลการเรียนเพื่อ ตรวจสอบว่า ผู้เรียนได้พัฒนาไปตามหลักสูตรกำาหนดไว้หรือไม่

ยานี สังข์ศรีอินทร์ (2563) กล่าวว่า การวัดผล คือ ความถี่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน การทดสอบค่าที และการวิเคราะห์เนื้อหา

Ebel (1952) กล่าวว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการในการกำหนดตัวเลขให้กับสิ่งของหรือบุคคลที่ต้องการวัด เพื่อแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของคุณลักษณะที่ต้องการวัด ของสิ่งของหรือของบุคคลนั้นๆ

Ebel and Frisbie (1986) กล่าวว่า การวัดผล หมายถึง การกำหนดตัวเลข หรือสัญลักษณ์ที่มีความหมายแทนคุณลักษณะที่ต้องการวัดโดยอาศัยกฎเกณฑ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

Sax (1989) กล่าวว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์ให้กับคุณลักษณะของ บุคคล วัตถุหรือเหตุการณ์ตามแบบแผนหรือกฎเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น

Wiersma and Jurs (1990) กล่าวว่า การวัดผล หมายถึง กระบวนการกำหนด ตัวเลขให้กับคุณลักษณะของบุคคล วัตถุ หรือเหตุการณ์ตามแบบแผนหรือกฎเกณฑ์ที่ทำให้ตัวเลขมี ความหมายเชิงปริมาณ

สรุปได้ว่าการวัดผล (Measurement) หมายถึงกระบวนการกำหนดตัวเลขหรือสัญลักษณ์ให้กับคุณลักษณะที่ต้องการวัด อาจเป็นบุคคล วัตถุ หรือเหตุการณ์ตามแบบแผนหรือกฎเกณฑ์ที่ทำให้ตัวเลขมีความหมายเชิงปริมาณหรือความหมายเชิงคุณภาพ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับคุณลักษณะของสิ่งที่จะวัดและวัตถุประสงค์ของการวัด

2.3.1.2 องค์ประกอบของการวัดผล การวัดผลมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1) คุณลักษณะที่ต้องการวัด อาจเป็นบุคคล วัตถุ หรือเหตุการณ์

2) เครื่องมือหรือวิธีการรวบรวมข้อมูล

3) ข้อมูลซึ่งประกอบด้วยข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงคุณภาพ

2.3.1.3 ประเภทของการวัดผล การวัดผลถ้าใช้เกณฑ์ตามคุณลักษณะของสิ่งที่วัด แบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ

1) การวัดผลด้านกายภาพ (Physical Measurement) เป็นการวัดที่เกี่ยวกับภาวะการณ์ทางกายภาพหรือสิ่งที่ต้องการวัดจะมีลักษณะเป็นรูปธรรม เช่น น้ำหนักความยาว ส่วนสูง ระยะทาง เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นการวัดทางวิทยาศาสตร์ จะมีเครื่องมือที่เป็นมาตรฐาน ซึ่งตัวเลขที่ได้จากการวัดด้านกายภาพจะเป็นศูนย์แท้ (Absolute Zero) ผลของการวัดมีความน่าเชื่อถือมีความคลาดเคลื่อน (Error) น้อยมาก

2) การวัดผลด้านจิตวิทยา (Psychological Measurement) เป็นการวัดที่ เกี่ยวกับพฤติกรรมมนุษย์ หรือสิ่งที่ต้องการวัดจะมีลักษณะเป็นนามธรรม เช่น ความรู้ ความคิดเห็น เจตคติ ค่านิยม ความถนัด เป็นต้น ส่วนใหญ่เป็นการวัดทางอ้อม โดยอาศัยแนวคิดหรือทฤษฎีของสิ่งที่ต้องการจะวัด ซึ่งตัวเลขที ได้จากการวัดด้านจิตวิทยาจะไม่เป็นศูนย์แท้หรือศูนย์เทียม (Arbitrary Zero) ผลของการวัดมีความคลาดเคลื่อน (Eror) สูงกว่าการวัดผลด้านกายภาพ
การวัดทั้งสองประเภทมีลักษณะที่แตกต่างกัน 3 ประการ มีรายละเอียดดังตาราง 2-4

ตารางที่ 2-4 การเปรียบเทียบการวัดทางด้านกายภาพและทางด้านจิตวิทยา

รายการ	ด้านกายภาพ	ด้านจิตวิทยา
1. คุณลักษณะที่จะวัด	กำหนดหรือนิยามคุณลักษณะที่จะวัด ได้ชัดเจนและคงที่ เช่น น้ำหนัก อุณหภูมิ ความยาว	นิยามคุณลักษณะไม่ชัดเจน คลุมเครือ และแปรเปลี่ยนได้ง่าย เช่น ความรู้ เจตคติ ความคิดเห็น ค่านิยม ความถนัด
2. เครื่องมือที่ใช้ในการวัด	น่าเชื่อถือ มีความไวและแม่นยำ เช่น เครื่องชั่ง เทอร์โมมิเตอร์ ไม้เมตร	มีความน่าเชื่อถือและความไวน้อยกว่า การวัดด้านกายภาพ เช่น แบบทดสอบ แบบสอบถาม แบบ วัดเจตคติ แบบวัด ค่านิยม
3. ผลการวัด	ผลที่ได้จากการวัดแทนจำนวน หรือ ปริมาณที่แท้จริงของสิ่งที่วัด เช่น นายสุชาติสูง 180 ซม. หมายความว่า จำนวน 180 ซม. แทนปริมาณของคุณลักษณะหรือความสูงของ นายสุชาติอย่างแท้จริง	ผลที่ได้จากการวัดไม่ได้แทนจำนวน หรือ ปริมาณที่แท้จริงของสิ่งที่วัด เช่น นายเอก สอบได้ 25 คะแนน ไม่ได้แทน ความรู้ที่แท้จริงของนายเอก แต่เป็นตัวเลขที่เกี่ยว โยงหรือสัมพันธ์ (Relative) กับปริมาณ จริงเท่านั้น

2.3.2 การประเมินผล (Evaluation)

2.3.2.1 ความหมายของการประเมินผล ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

รัชฎาภรณ์ ทองคำ (2563) กล่าวว่า ประเมินผล หมายถึง กระบวนการรวบรวมข้อมูลสารสนเทศอย่างเป็นระบบ เพื่อนำมาวิเคราะห์ข้อมูลและเปรียบเทียบกับเกณฑ์ในการตัดสินใจเชิงบริหาร ซึ่งเกี่ยวกับความก้าวหน้าและความสำเร็จ

วรรณากร กลิ่นทอง (2564) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การพิจารณาตัดสินคุณค่าของกิจกรรมที่ดำเนินการไป ว่าสามารถตอบสนองต่อตัวชี้วัด (KPIs) ที่กำหนดไว้ในแผนงานได้เพียงใด

ณรงค์กรรณ รอดเนียม (2562) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง กระบวนการหาคำตอบว่าการจัดการเรียนรู้นั้นส่งผลให้เกิด การเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ของผู้เข้ารับการอบรมตามจุดมุ่งหมายที่วางไว้หรือไม่

ศิริพร อนันต์พานิช (2563) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การตรวจสอบความสัมพันธ์ระหว่าง ปัจจัยนำเข้า (Input) และ กระบวนการ (Process) เพื่อยืนยันว่าผลผลิตที่เกิดขึ้นเป็นไปตามที่ระบุไว้ในโครงการ

อภิชาติ เหล็กหนู (2565) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง กระบวนการย้อนกลับ (Feedback Loop) เพื่อตรวจสอบว่านโยบายที่นำไปปฏิบัติได้ช่วย แก้ปัญหาความเดือดร้อนของประชาชนได้จริงตามหลักการกระจายอำนาจ

พัชรพรรณ สิริเดชากร (2566) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การวัดระดับความพึงพอใจและประสิทธิภาพในการใช้งานนวัตกรรม เพื่อตัดสินว่าควรจะ ขยายผล (Scale-up) หรือปรับปรุงส่วนใดก่อนการใช้งานจริง

จุฑามาศ ศุภพันธ์ (2565) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง การวิเคราะห์เปรียบเทียบสถานภาพก่อนและหลัง การดำเนินโครงการเพื่อประเมินมูลค่าทางสิ่งแวดล้อมที่เพิ่มขึ้นหรือลดลงอย่างมีนัยสำคัญ

OECD DAC (2019/2021) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง กระบวนการตัดสินความหมายและความสำคัญของโครงการ โดยพิจารณาผ่านเกณฑ์ 6 ด้านคือ ความสอดคล้อง ประสิทธิผล ประสิทธิภาพผลกระทบ ความยั่งยืน และความครอบคลุม

Mertens, D. M. (2020) กล่าวว่า การประเมินผล หมายถึง เครื่องมือในการแสวงหาความจริงเชิงประจักษ์เพื่อ สร้างความเท่าเทียมในสังคม โดยเน้นการสะท้อนมุมมองของผู้มีส่วนได้ส่วนเสียที่หลากหลาย

สรุปได้ว่า การประเมินผล (Evaluation) หมายถึง กระบวนการตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ต้องการวัด โดยเทียบกับเกณฑ์ที่กำหนดเพื่อลงสรุปว่าสิ่งที่ต้องการวัด มีคุณลักษณะเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเป็นอย่างไร

2.3.2.2 องค์ประกอบของการประเมินผล การประเมินผลมีองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1) ผลการวัดเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ

2) เกณฑ์

3) การตัดสินคุณค่า

2.3.2.3 ประเภทของการประเมินผล

2.3.2.3.1 การประเมินผล ถ้าใช้เกณฑ์จุดมุ่งหมายของการประเมิน แบ่งได้ 2 ประเภท คือ

1) การประเมินผลความก้าวหน้า (Formative Evaluation) เป็นการประเมินผลระหว่างเรียนหรือการประเมินเป็นระยะ ๆ เพื่อนำผลมาใช้ในการพัฒนาผู้เรียนหรือเป็นข้อมูลย้อนกลับให้กับครูเพื่อใช้ปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

2) การประเมินผลรวมสรุป (Summative Evaluation) เป็นการประเมินผลหลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอน เพื่อตรวจสอบว่าผู้เรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด บรรลุ วัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้มากน้อยเพียงใด เพื่อตีค่าความรู้หรือเพื่อให้ระดับคะแนนหรือควรตัดสินว่าผ่าน/ ไม่ผ่าน หรือตัดสินได้/ตก

2.3.2.3.2 การประเมินผล ถ้าใช้เกณฑ์จำแนกตามระบบการวัดผล แบ่งได้ 2 ประเภท

1) การประเมินผลแบบอิงกลุ่ม (Norm-referenced Evaluation) เป็นการประเมินผลเพื่อตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ต้องการวัด โดยเปรียบเทียบกับผู้เรียนในกลุ่มเดียวกัน โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อจำแนกหรือจัดอันดับผู้เรียนในกลุ่มนั้น

2) การประเมินผลแบบอิงเกณฑ์ (Criterion-referenced Evaluation) เป็นการประเมินผลเพื่อตัดสินคุณค่าของสิ่งที่ต้องการวัด โดยเปรียบเทียบกับเกณฑ์ซึ่ง เกณฑ์มีทั้งเกณฑ์มาตรฐาน (Standard Criteria) ที่มีอยู่แล้วหรือเกณฑ์ที่ครูเป็นผู้กำหนดขึ้น (Arbitrary Criteria)

2.3.2.3.3 การประเมินผล ถ้าใช้เกณฑ์จำแนกตามขั้นตอนการเรียนการสอน แบ่งได้ 3 ประเภท คือ

1) การประเมินผลก่อนเรียน (Per-assessment or Pre-evaluation) เป็นการประเมินเพื่อค้นหาข้อบกพร่องของความรู้พื้นฐานของผู้เรียน เพื่อนำไปใช้จัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับสภาพพื้นฐานของผู้เรียนแต่ละบุคคล

2) การประเมินผลระหว่างเรียน หรือการประเมินความก้าวหน้า (Formative Evaluation) เป็นการประเมินขณะการเรียนการสอนดำเนินการอยู่หรือประเมินหลังการจบการเรียนการสอนแต่ละหน่วยหรือแต่ละบทหรือแต่ละจุดประสงค์ เพื่อนำผลไปใช้พัฒนา

ความก้าวหน้าในการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งจะเป็นข้อมูลป้อนกลับเกี่ยวกับประสิทธิภาพการสอนเพื่อครูจะได้นำไปปรับปรุงหรือพัฒนาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

3) การประเมินผลรวม (Summative Evaluation) เป็นการประเมินผลภายหลังที่ครูได้สอนจนจบรายวิชาที่สอนแล้ว เพื่อตัดสินผลการเรียนหรือผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนหรือความรอบรู้ตามวัตถุประสงค์การเรียนการสอน

2.3.3 การทดสอบ (Testing)

2.5.3.1 ความหมายของการทดสอบ ได้มีผู้ให้ความหมายไว้ดังนี้

อุทิศ พิมพร และคณะ (2567) กล่าวว่า การทดสอบ หมายถึง กระบวนการสร้างชุดคำถามหรือสถานการณ์เพื่อ กระตุ้นให้ผู้เรียนแสดงพฤติกรรม ตอบสนองออกมาในรูปของคะแนน เพื่อวัดความรู้ตามมาตรฐาน

รัชนีกร ขันธ์แสน และคณะ (2565) กล่าวว่า การทดสอบ หมายถึง การจัดสถานการณ์ให้ผู้ถูกทดสอบได้ ลงมือปฏิบัติจริง เพื่อรวบรวมหลักฐานเชิงประจักษ์เกี่ยวกับสมรรถนะด้านทักษะทางกายภาพและความแม่นยำ

ศิริดา บุรชาติ (2567) กล่าวว่า การทดสอบ คือ การใช้เครื่องมือวัดผลที่เป็นมาตรฐาน เพื่อ ประเมินความก้าวหน้า และใช้ข้อมูลที่ได้มาเป็นฐานในการยกระดับคุณภาพการเรียนการสอน

Eisty & Carver (2022) กล่าวว่า การทดสอบ หมายถึง กระบวนการที่ช่วย รับรองความถูกต้อง (Accuracy) ของโปรแกรมและผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณ เพื่อให้มั่นใจว่าผลงานวิจัยมีความน่าเชื่อถือและทำซ้ำได้

Pellegrino, J. W. (2023) กล่าวว่า การทดสอบ หมายถึง เครื่องมือที่ออกแบบมาเพื่อ สังเกตพฤติกรรมและข้อมูล ของผู้เรียน เพื่อนำมาใช้สรุปอ้างอิงถึงสิ่งที่ผู้เรียนรู้หรือความสามารถที่แท้จริง

สรุปได้ว่า การทดสอบ (Testing) หมายถึง กระบวนที่ใช้เครื่องมือคือแบบทดสอบไปเร้าบุคคลหรือผู้สอบให้มีการตอบสนองออกมาในรูปของพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่งที่วัดได้หรือหลักฐานอื่นประกอบ

2.3.3.2 องค์ประกอบของการทดสอบ การทดสอบมีองค์ประกอบ 2 ประการคือ

1) เครื่องมือวัด คือ แบบทดสอบ

2) ผลผลการทดสอบ คือ ผู้สอบมีการตอบสนองออกมาในรูปของพฤติกรรมอย่างใดอย่างหนึ่ง มีรายละเอียดดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 แสดงองค์ประกอบขอการทดสอบ การวัดผล และการประเมินผล

	การทดสอบ	การวัดผล	การประเมินผล
องค์ประกอบ	1. เครื่องมือวัด คือ แบบทดสอบ 2. ผลผลการทดสอบ คือ ผู้สอบมีการตอบสนอง ออกมาในรูปของ พฤติกรรมอย่างใด อย่างหนึ่ง	1. คุณลักษณะที่จะวัด อาจเป็นบุคคล วัตถุ หรือเหตุการณ์ 2.เครื่องมือหรือวิธีการรวบรวมข้อมูล 3. ข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ	1. ผลการวัดอาจเป็นข้อมูลเชิงปริมาณหรือข้อมูลเชิงคุณภาพ 2. เกณฑ์ 3. การตัดสินคุณค่า
ตัวอย่าง	นาย ก เข้าทำการสอบวัดมาตรฐานวิชาชีพ	นาย ก สอบได้คะแนน 36 คะแนน จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน	นาย ก สอบผ่านมาตรฐานวิชาชีพ

2.3.4 ลักษณะสำคัญของการวัดและประเมินผลการศึกษา การวัดและประเมินผลการศึกษาเป็นหัวใจสำคัญอย่างหนึ่ง ที่ครูทุกคนจะต้องให้ความสนใจการวัดและประเมินผลการศึกษาเป็นกระบวนการวัดและประเมินผลการศึกษาทางปัญญาความคิด หรือไม่ก็เป็นการวัดทางเจตคติ (Attitude) ความสนใจ (Interest) เชาว์ปัญญา (Intelligence) ซึ่งมีลักษณะสำคัญของการวัดและประเมินผลการศึกษา ดังนี้

2.3.4.1 การวัดผลการศึกษาเป็นการวัดผลทางอ้อม (Indirect Measurement) เป็นการวัดคุณลักษณะที่แฝงอยู่ภายใน เช่น การวัดระดับสติปัญญาซึ่งเป็น คุณลักษณะที่แฝงอยู่ภายในแต่สติปัญญาเป็นตัวบอกว่าเราทำอะไรได้และทำอะไรไม่ได้เราต้องแสดงออกแล้วจึงจะวัดได้ การทดสอบจึงเป็นพฤติกรรมตอบสนองเพื่อนำมาแปลความหมายเป็นระดับสติปัญญาได้ ดังนั้นการวัดสติปัญญาจึงเป็นการวัดที่ไม่ใช่ที่ตัวปัญญาโดยตรง เป็นการวัดทางอ้อม เช่นเดียวกันเมื่อเป็นการวัดพฤติกรรมเพื่อวัดคุณค่าภายในซึ่งเป็นความสามารถของมนุษย์ จึงเป็นการวัดผลทางอ้อมด้วย

2.3.4.2 การวัดผลการศึกษาเป็นการวัดที่ไม่สมบูรณ์ (Measurement is Incomplete) การวัดผลการศึกษาไม่ว่าจะเป็นสาขาวิชาใด ข้อสอบที่สร้างขึ้นเป็นเพียงการสุ่มตัวอย่างของวิชานั้นไม่สามารถออกข้อสอบถามเนื้อหาวิชาทั้งหมดได้ ทั้งนี้ อาจจำกัดด้วยเวลาที่จริงแล้วเราต้องวัดพฤติกรรมที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการเรียนรู้ทั้งหมด แต่ไม่สามารถทำได้ จึงทำให้การวัดผลไม่สมบูรณ์ เช่นการเรียนภาษาอังกฤษระดับหนึ่ง คือระดับพื้นฐาน จะต้องเรียนรู้คำศัพท์ประมาณ 4,000

คำ แต่ข้อสอบชุดหนึ่งสามารถออกข้อสอบได้ประมาณ 50 ถึง 100 คำเท่านั้น ไม่สามารถวัดได้ทุกคำ กลุ่มคำที่เป็นข้อสอบเป็นเพียงกลุ่มตัวอย่างของการวัดเท่านั้นจึงสรุปได้ว่า การวัดผลการศึกษาไม่สมบูรณ์

2.3.4.3 การวัดผลการศึกษาเป็นค่าคะแนนสัมพัทธ์ (Relative Score) นักศึกษาสอบได้คะแนน ร้อยละ 50 หมายความว่าอย่างไร นักศึกษามีความรู้เพียงครึ่งหนึ่งหรือไม่ นักศึกษามีความรู้ความสามารถปานกลางหรืออ่อนเราจะตีความหมายว่าอย่างไรในกรณีต่อไปนี้ ถ้าคะแนนที่ได้ร้อยละ 50 นั้นเป็นคะแนนสูงสุดของชั้นเพราะข้อสอบยาก นักศึกษาคนนี้นับ ได้ว่าเก่งที่สุดในชั้น และถ้าคะแนนดังกล่าวเป็นคะแนนต่ำสุดของห้องจึงน่าจะเป็นคนที่อ่อนที่สุดในชั้น คะแนนที่ได้จากการตรวจข้อสอบหรือคะแนนดิบ (Raw Score) ไม่มีความหมายใดคะแนนดิบจะมีความหมายเมื่อทำให้เป็นค่าคะแนนสัมพัทธ์ คือเป็นคะแนนที่อิงกลุ่ม (Group Reference or Norm Reference) คะแนนจึงเป็นคะแนนที่ได้จากการตรวจข้อสอบและคะแนนที่บอกร้อยละไม่ได้ ต้องเป็นค่าคะแนนสัมพัทธ์ (Relative Score)

2.3.4.4 การวัดผลการศึกษา เป็นการวัดเพื่อการจัดพวก (Classification) คะแนนที่แตกต่างกันทางตัวเลขเล็กน้อย เช่น 60 กับ 65 มีความแตกต่างกันอย่างไรผู้เรียนที่ได้คะแนนดังกล่าวจะมีความแตกต่างกันในด้านความรู้ความสามารถเท่ากับคะแนนที่แตกต่างกันแน่นอนหรือไม่และเนื่องจากคะแนนดิบมีความหมายในตัวเลข การวัดผลการศึกษา เป็นการวัดเพื่อการวัดจัดพวกหรือจัดกลุ่มเท่านั้น

2.3.4.5 การวัดผลทางการศึกษามีความคลาดเคลื่อน บรรดาการวัดทั้งหลาย ไม่ว่าจะเป็นการวัดใด ๆ จะต้องมีความคลาดเคลื่อน การวัดผลทางการศึกษาก็เช่นเดียวกัน การวัดผลทางการศึกษาอาจเกิดความคลาดเคลื่อน จากเครื่องมือ วิธีการ และ ผู้วัดผล รวมทั้งผู้ที่ถูกวัดผลด้วย ผลที่ได้จากการวัดผลทางการศึกษาสามารถเขียนความสัมพันธ์ดังนี้

คะแนนที่ได้จากการวัดผล = คะแนนที่แท้จริง + คะแนนความคลาดเคลื่อน

หรือ $X = T + E$

เมื่อ

X แทน คะแนนที่ได้จากการวัดผล (Observe Score)

T แทน คะแนนที่แท้จริง (True Score)

E แทน คะแนนความคลาดเคลื่อน (Error Score)

เพราะฉะนั้น นักวัดผลจะต้องตระหนักถึงความจริงข้อนี้จึงจะช่วยให้ผู้วัดผลมีความระมัดระวังในการใช้เครื่องมือ ความประณีตในการวัดผล รวมทั้งการให้ความระมัดระวังในการลงความเห็นด้วย

2.3.5 ความสำคัญของการวัดผลการศึกษา การวัดผลการศึกษาเป็นเครื่องมือที่สำคัญชนิดเดียวที่ สามารถลงความเห็นได้ว่าผลการเรียนเป็นตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรและวัตถุประสงค์การสอน เพียงไรซึ่งความสำคัญของการวัดผลการศึกษา มีดังนี้

1) เป็นเครื่องมือประเมินผลการเรียนของผู้เรียนที่สำคัญมาก เพราะช่วยบอกให้ทราบว่า ผู้เรียนได้พัฒนาตามวัตถุประสงค์ของหลักสูตรเพียงไร

2) ผลของการวัดผลทางการศึกษา เป็นแรงจูงใจให้ผู้เรียนได้เรียนอย่างขยันขันแข็ง (Actively และกระตือรือร้นที่จะเรียนต่อไป

3) เป็นเครื่องมือที่จะให้ผู้เรียนได้รู้ทราบและประเมินความสามารถของตนเองได้

4) ครูสามารถทราบว่า ผู้เรียนได้พัฒนาด้านความรู้ความสามารถเพียงใด เมื่อเทียบกับผู้เรียนทั้งหมด

5) ครูสามารถทราบว่า ผู้เรียนคนใดจะต้องพัฒนาหรือซ่อมเสริมส่วนใด

6) จากการวิเคราะห์ ผลการทำข้อสอบของผู้เรียน ทำให้ทราบว่าจะต้องพัฒนาเครื่องมือวัด การศึกษาให้ดีขึ้นอย่างไร

7) จากการวัดผลการศึกษา ช่วยให้ครูสามารถพัฒนาการสอนให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

8) การวัดผลทางการศึกษา เป็นเครื่องมือชนิดเดียวที่ช่วยพิจารณาประเมินผลการเรียนเพื่อลงความเห็นตัดสินว่า ผู้เรียนคนใดสมควรได้ระดับผลการเรียนอะไร และผู้เรียนคนใดสมควรเรียน ซ้ำในระบบการเรียนแบบหน่วยกิต ถือการสอบผ่านหรือเรียนซ้ำในแต่ละรายวิชา

9) การวัดผลทางการศึกษา เป็นเครื่องมือในการแนะแนวการศึกษาของฝ่ายแนะแนว

10) การวัดผลทางการศึกษา ช่วยพยากรณ์ผลการเรียนในอนาคตของผู้เรียนได้

11) การวัดผลทางการศึกษา ช่วยในการค้นหาบุคคลอัจฉริยะ (Genius Person) และค้นหา ผู้มีปัญญาสร้างสรรค์ (Creative Person) อันเป็นทรัพยากรบุคคลที่มีคำยิ่งของประเทศ

12) การวัดผลทางการศึกษา เป็นเครื่องมืออย่างหนึ่งที่ช่วยผู้บริหารในการจัดการภายใน สถาบันนั้น ๆ ได้

2.3.6 หลักการวัดและประเมินผลการศึกษา เครื่องมือวัดผลที่มีประสิทธิผลสูง มีลักษณะสำคัญดังนี้

2.3.6.1 เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องมีความเที่ยง (Reliability) เครื่องมือวัดผลที่ดีไม่ว่าจะวัดกี่ ครั้งก็ต้องได้ผลของการวัดเท่ากันหรือใกล้เคียงกันมากที่สุด จึงเชื่อได้ว่าเป็นเครื่องมือวัดมีค่าความเที่ยง

2.3.6.2 เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องมีความตรง (Validity) ของเครื่องมือวัดผล หมายถึงความแม่นยำในการวัด ซึ่งได้ตรงตามที่ต้องการจะวัดผลหรือเป็นดีกรีของความไม่ผิดพลาดในการวัด ซึ่งช่วยให้การวัดผลมีความหมาย

2.3.6.3 เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องมีความเป็นปรนัย (Objectivity) ความเป็นปรนัย หมายถึง การตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับสิ่งที่จะวัด กล่าวคือ เมื่อให้ข้อคำตอบจากผู้สอบแล้ว ข้อคำตอบนั้นจะได้รับการตรวจให้คะแนนได้เท่ากัน ไม่ว่าผู้ใดจะมาเป็นผู้ตรวจหรือจะตรวจกี่ครั้งจะได้คะแนนเท่ากัน ดังนั้นเรียกว่า มีความเป็นปรนัย แต่ถ้าการตรวจที่ผู้ตรวจอารมณ์ดีได้คะแนนมากคราวใดอารมณ์สียได้คะแนนน้อยไม่แน่นอนเช่นนี้เรียกว่า ไม่มีความเป็นปรนัย แต่มีความเป็นอัตนัย (Subjectivity)

2.3.6.4 เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องมีความสมดุล (Balance) เครื่องมือวัดผลที่ดีจะต้องมีความพอเหมาะพอดีกับเนื้อหา เมื่อมีการสอนไปเพียงไรก็มีการสอบเท่านั้นไม่สอบเกินเนื้อหาที่สอนหรือเกินหลักสูตร

2.3.6.5 เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องมีความยุติธรรม (Fai mess) เครื่องมือที่เป็นข้อสอบต้อง ให้ความยุติธรรมแก่ผู้สอบทุกคน ผู้สอบหลายชั้นเรียน แต่เนื้อหาที่สอนแตกต่างกันในวิชาเดียวกัน แต่วัดด้วยข้อสอบวัดชุดเดียวกัน ผู้ไม่ได้เรียนก็สอบไม่ได้หรือ ผู้ตอบได้ก็ไม่มีความหมาย

2.3.6.6 เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องสะดวกต่อการปฏิบัติ (Practicality) เครื่องมือวัดผลที่ดีต้องสร้างขึ้นโดยคำนึงถึงสถานการณ์ที่จะใช้เครื่องมือนั้น คำนึงถึงเวลาที่ใช้ว่าเวลามีค่ามากสำหรับการวัด เวลาที่เสียไปต้องมีความหมายต่อคุณประโยชน์ที่จะได้รับการสร้างเครื่องมือ ผู้ใช้ ผู้ตอบ และการให้คะแนนต้องสะดวก ถ้าเป็นข้อสอบ นอกจากจะมีความสะดวกแล้ว ยังมีความรู้สึกว่ามีคุณค่าและน่าใช้และน่าตอบด้วย

2.3.7 จุดมุ่งหมายของการวัดและการประเมินผล จุดมุ่งหมายของการวัดและการประเมินผลมีหลายประการ ทรงศรี (2552) ดังนี้

2.3.7.1 ตรวจสอบความรู้พื้นฐาน การวัดและการประเมินผลเป็นการตรวจสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนก่อนที่จะเริ่มเรียนบทเรียนใหม่ เพราะเนื้อหาบางบทเรียนอาจต้องใช้ความรู้หรือ ทักษะพื้นฐานบางประการครูจึงต้องตรวจสอบผู้เรียนมีความรู้หรือทักษะชั้นพื้นฐานมากน้อยเพียงใดเพื่อจะได้ปรับพื้นฐานของผู้เรียนก่อนที่จะเรียนเรื่องต่อไป

2.3.7.2 พัฒนาการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลการเรียน สามารถนำผลการประเมินมาพิจารณาว่าการเรียนการสอนมีข้อบกพร่องในเรื่องใด เช่น อาจเป็นเพียงวิธีสอน สื่อการสอนหรืออื่น ๆ เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงพัฒนาการสอนในครั้งต่อไป

2.3.7.3 วินิจฉัยข้อบกพร่องของผู้เรียน การวัดและการประเมินผลสามารถวิเคราะห์หาสาเหตุข้อบกพร่องในการเรียนของผู้เรียนและการสอนของครู เช่น อาจใช้แบบทดสอบวินิจฉัยข้อบกพร่องในการเขียนภาษาไทยถ้าตรวจสอบแล้วพบว่าผู้เรียนทำผิดในเรื่องใดก็จะช่วยให้ครูได้รู้ข้อบกพร่องของผู้เรียนเพื่อซ่อมเสริมผู้เรียนในเรื่องนั้นๆ ให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น

2.3.7.4 ตัดสินผลการเรียน การประเมินเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนหรือการประเมินเพื่อสรุปคุณภาพการจัดการเรียนการสอนโดยพิจารณาว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดได้มากน้อยเพียงใดโดยนำผลการวัดตลอดภาคเรียนหรือตลอดปี ไปตัดสินผลขั้นสุดท้ายในรูปเกรด เช่น A B C D E หรือ 4 3 2 1 0 เป็นต้น หรือในรูประดับคุณภาพ เช่น ผ่านยอดเยี่ยม, ผ่าน, ไม่ผ่าน หรือสอบได้, สอบตก เป็นต้น

2.3.7.5 จัดตำแหน่งหรือจัดประเภท การประเมินผลเพื่อการจัดตำแหน่งหรือจัดประเภท เป็นการนำผลที่ได้จากการวัดมาเปรียบเทียบหรือจัดอันดับความสามารถของผู้สอบในกลุ่มเดียวกัน เพื่อจะตอบว่ามีความรู้ความสามารถอยู่ในระดับใดของกลุ่ม เช่น เก่ง ปานกลาง หย่อน

2.3.7.6 ตรวจสอบพัฒนาการของผู้เรียน การตรวจสอบพัฒนาการของผู้เรียน เป็นการตรวจดูว่าผู้เรียนมีพัฒนาการหรือเปลี่ยนแปลงไปในทางที่ดีขึ้นหรือไม่ โดยเปรียบเทียบผู้เรียนคนเดียวหรือกลุ่มเดียวกันในระยะเวลาที่ต่างกัน เช่น ก่อนเรียนกับหลังเรียน

2.3.7.7 พยากรณ์หรือทำนาย การพยากรณ์เป็นการนำผลจากการวัดผลในปัจจุบันไปทำนายอนาคตว่าผู้เรียนจะเรียนสำเร็จหรือไม่ในอนาคตควรจะเรียนอะไร มักนำไปใช้กับการแนะแนวหรือสอบคัดเลือกเพื่อศึกษาต่อ อาจใช้ผลการเรียนในอดีตหรือผลการสอบจากแบบทดสอบความถนัด (Aptitude Test) ทำนายก็ได้

2.3.7.8 ประเมินค่า การประเมินค่าเป็นการประเมินคุณภาพการศึกษาในภาพรวม เช่น ดู ความเหมาะสมของหลักสูตรสถานศึกษา ดูการบริหารจัดการในโรงเรียนว่าเหมาะสมหรือไม่ ข้อมูลที่ได้จากการประเมินนี้เป็นประโยชน์สำหรับผู้บริหารเพื่อใช้วางแผนพัฒนาคุณภาพการศึกษา

2.3.7.9 เพื่อสร้างแรงจูงใจในการเรียน การประเมินผลโดยเฉพาะการประเมินผลระหว่าง เรียนสามารถนำมาใช้เพิ่มประสิทธิภาพการเรียนให้สูงขึ้น โดยนำผลการประเมินแจ้งให้ผู้เรียนทราบเพื่อเร้าหรือกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น อาจใช้วิธีซักถามหรือกำหนดปัญหาให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้เพิ่มเติม

2.3.8 ประโยชน์ของการวัดและประเมินผล ที่ได้รับจากการวัดและประมินผลนั้นจะคุ้มคำมากน้อยเพียงใด เป็นสิ่งที่ ผู้เกี่ยวข้องต้องคำนึงถึง ถ้าพิจารณาถึงประโยชน์ที่จะเกิดขึ้นจากกระบวนการดังกล่าว แยกพิจารณา ว่าเป็นประโยชน์แก่ใครหรือกิจการใดบ้าง ดังนี้ ภัทรา (2540)

2.3.8.1 ประโยชน์ต่อตัวผู้เรียน

1) ทำให้ผู้เรียนทราบจุดมุ่งหมายของการจัดการเรียนการสอนที่ชัดเจน

2) ทำให้เกิดแรงจงใจในการเรียนเพิ่มขึ้น เพื่อให้ได้ผลการวัดและประเมินดีขึ้น

3) ช่วยสร้างนิสัยในการใฝ่รู้ให้เกิดขึ้นกับผู้เรียน เมื่อไม่สามารถตอบคำถามหรือตอบแบบทดสอบได้ ผู้เรียนจะไปศึกษาเพิ่มเติมท่อให้เกิดนิสัยการใฝ่ ใฝเรียนมากขึ้น

4) ทำให้ทราบถึงสถานภาพทางการเรียนของตนเองว่ามีจุดเด่น จุดอ่อนในเรื่องใด ควรใต้รับการปรับปรุงอย่างไร

2.3.8.2 ประโยชน์ต่อครูโดยทั่วไปมักเข้าใจว่า การวัดและประเมินผลเป็นการตรวจสอบและตัดสินเกี่ยวกับผลการเรียนของผู้เรียนเท่านั้น แต่ในความเป็นจริงแล้วการวัดและประเมินผลยังเป็นข้อมูลบอกถึงการสอนของครูอีกส่วนหนึ่งด้วย เพราะผลการวัดและประเมินผลที่ได้รับเกิดจากปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับครูเป็นสำคัญ หากได้ผลไม่เป็นที่น่าพอใจข้อบกพร่องไม่ได้เกิดขึ้นจากตัวผู้เรียนฝ่ายเดียว กิจกรรมการสอนจุดมุ่งหมายของการสอน ตลอดจนเทคนิควิธีสอนของครูก็อาจผิดพลาดบกพร่องด้วยก็ได้

การวัดและประเมินผลการเรียน จึงเป็นการวัดและประเมินผลการสอนของครูในขณะเดียวกันด้วย ดังนั้นประโยชน์ของการวัดและประเมินผลทางการศึกษาต่อครู ดังนี้

1) ทราบข้อมูลเบื้องตันในด้านต่าง ๆ ของผู้เรียน

2) ทราบถึงผลการสอนของครูว่ามีประสิทธิผลมากน้อยเพียงไร

3) ทำให้ครูได้ข้อมูลในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการสอน หรือการกำหนด จุดมุ่งหมายในการสอนที่เหมาะสมต่อไป

4) ช่วยให้ครูกำหนดเทศนิควิธีสอนที่เหมาะสมให้แก่ผู้เรียนเป็นรายบุคคล กรณีที่ ประสงค์จะสอนเพิ่มเติมหรือสอนซ่อมเสริม

2.3.8.3 ประโยชน์ต่อผู้ปกครองผู้เรียน ผู้ปกครองผู้เรียนที่ส่งบุตรหลานเข้ามาศึกษาในสถานศึกษานั้นต้องการทราบถึงพัฒนาการหรือความก้าวหน้าในการเรียนของผู้เรียนในความปกครองเป็นระยะๆ และต้องการทราบถึงสมรรถภาพในการเรียนของผู้เรียนด้วย การวัดและการประเมินผลจะเป็นข้อมูลที่บ่งบอกรายการดังกล่าวได้เป็นอย่างดี ผลการวัดและการประเมินผลการศึกษาจึงต้องให้ผู้ปกครองผู้เรียนทราบด้วย เพื่อที่ผู้ปกครองผู้เรียนจะได้ใช้เป็นพื้นฐานในการตัดสินใจเกี่ยวกับการศึกษาของผู้เรียนต่อไป

2.3.8.4 ประโยชน์ต่องานแนะแนว งานแนะแนวในโรงเรียนเป็นงานที่มีความสำคัญงานหนึ่งเพราะผู้เรียนต้องการได้รับคำแนะนำหรือข้อชี้แนะเกี่ยวกับการเลือกอาชีพ การศึกษาต่อ และปัญหาส่วนตัวที่ประสบอยู่สถานศึกษาทุกแห่งจึงมีหน่วยงานบริการแนะแนว ที่ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาและให้คำแนะนำแก่ผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนได้แสวงหาแนวทางแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ในการจัดดำเนินงานการแนะแนวให้มีประสิทธิภาพ ข้อมูลเกี่ยวกับตัวผู้เรียนเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องมีอยู่อย่างครบถ้วนและถูกต้องตามการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความเป็นจริงข้อมูลเหล่านี้จะได้มาจากกระบวนการของการวัดผลและประเมินผล เช่น การวัดเจตคติ การวัดความสนใจ การวัดบุคลิกภาพ การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การวัดความถนัด เป็นต้น

2.3.8.5 ประโยชน์ต่อการบริหารการศึกษา การวัดและประเมินผล นอกจากเป็นประโยชน์ ในด้านการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียนแล้ว ผลการประเมินโดยภาพรวมของสถานศึกษานั้น ๆ จะ เป็นข้อมูลบอกถึง ประสิทธิภาพในการจัดและการบริหารการศึกษาอีกด้วย นอกจากนี้ในระบบการ บริหารการศึกษายังมีความจำเป็นต้องใช้การวัดและประเมินผล เพื่อเป็นเครื่องมือการดำเนินกิจกรรมหลาย ๆ ด้าน เช่น การคัดเลือกบุคลากรในตำแหน่งหน้าที่ต่าง ๆ การสอบคัดเลือก การคัดแยก ประเภทผู้เรียน และการประเมินผลการปฏิบัติงาน เป็นต้น

2.3.8.6 ประโยชน์ในการวิจัยการศึกษา ข้อมูลทางการศึกษาที่ได้จากการวัดและประเมินผลด้านต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็นด้านผู้เรียน ครู ผู้บริหาร บุคลากรในสถานศึกษา งบประมาณ ระบบการบริหาร การจัดการ และอุปกรณ์เครื่องมือต่าง ๆ นั้นจะเป็นข้อมูลเบื้องต้นที่สามารถนำไปใช้ในการศึกษา และวิเคราะห์เพื่อศึกษาวิจัยในประเด็นข้อสงสัยต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี การวัดผลและประเมินผล จึงต้องดำเนินการให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ตรง (Validity) และเชื่อถือได้ (Reliability) เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้พัฒนาระบบการศึกษาได้อย่างแท้จริง

2.3.8.7 ความรู้และความสนใจใฝ่รู้ในหลักวิชาการวัดผลและประเมินผล เนื่องจากการวัดผลและประเมินผลเป็นวิชาชีพที่มีวิทยาการเกิดขึ้นใหม่ ๆ เสมอผู้ทำหน้าที่วัดผลและประเมินผล จำเป็นต้องสนใจใฝ่รู้เกี่ยวกับองค์ความรู้ทางด้านการวัดผลและประเมินผล เพื่อพัฒนางานและวิชาชีพ ของตนเองให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

2.3.9 คุณลักษณะที่ดีของผู้ทำหน้าที่ด้านการวัดและประเมินผลการศึกษา

คุณภาพของการประเมินขึ้นอยู่กับผู้ทำหน้าที่ประเมินผลเป็นสำคัญ เพราะผู้ทำหน้าที่ประเมินผลเปรียบเสมือนผู้พิพากษาต้องตัดสินให้คุณให้โทษผู้ถูกประเมินหรือผู้เรียนหรือผู้เกี่ยวข้อง ดังนั้นผู้ที่ทำหน้าที่ประเมินผลควรมีคุณลักษณะที่ดีและมีจรรยาบรรณในการวัดและประเมินผลดังนี้ พิชิต (2556)

2.3.9.1 ความยุติธรรม การประเมินผลเป็นกระบวนการที่ต้องการความยุติธรมในทุกขั้นตอน ผลการวัดและการประมินจึงจะเชื่อถือได้ ดังนั้นครูจึงต้องตัดสินด้วยความบริสุทธิ์ยุติธรรม เพื่อให้ผลการประเมินสะท้อนคุณภาพผู้เรียนได้อย่างแท้จริง

2.3.9.2 ความซื่อสัตย์ ผู้ทำหน้าที่วัดผลและประเมินผลต้องมีความซื่อสัตย์ไม่นำความรู้ความสามารถของตนไปใช้ในทางทุจริตหรือเกิดผลเสียหายต่อหน้าที่ เช่น บอกข้อสอบ เปลี่ยนแปลงคะแนน หรือผลการเรียนโดยไม่ยึดหลักวิชา เป็นต้น

2.3.9.3 ความรับผิดชอบ ผู้ทำหน้าที่วัดผลและประเมินผลต้องทำงานสำเร็จให้ทันตามกำหนดเวลา เช่น การส่งข้อสอบการควบคุมการสอบให้เป็นไปตามระเบียบ และการส่งผลการประเมินตามเวลาที่กำหนด

2.3.9.4 ความละเอียดรอบคอบ การวัดผลและประเมินผลเป็นงานที่ต้องใช้ความละเอียด รอบคอบในการวัดและการตัดสินใจ เพื่อให้ผลการวัดและประเมินผลมีความตรง และเชื่อถือได้มากที่สุด กิจกรรมที่จัดต้องการความละเอียดรอบครอบ ตั้งแต่การออกข้อสอบ การให้คะแนน การตรวจทานคะแนนการรวมคะแนน และการตัดเกรด เป็นต้น

2.3.9.5 ความอดทน ผู้ทำหน้าที่วัดผลและประเมินผลต้องมีความละเอียดรอบครอบ อดทน ทุ่มเทกำลังกาย กำลังใจ และกำลังสติปัญญา เพื่อให้งานบรรลุเป้าหมาย เช่น การประเมินผลผู้เรียนต้องใช้วิธีการที่หลากหลาย เพื่อให้ได้ข้อมูลตามสภาพที่แท้จริงและมีความครอบคลุม โดยวิเคราะห์คุณภาพของข้อสอบเป็นรายข้อและการนำผลกาวัดและประเมินผลไปปรับปรุง และพัฒนาการเรียนการสอน เป็นต้น

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กรีฑา สมเกียรติกุล, วุฒิภิรณ์ จริยตันติเวทย์, & ชตูระกูล ศิริไพบูลย์. (2567) ได้ศึกษาว่า สมการแสดงพฤติกรรมของวัสดุที่เกิดจากการเสียรูปของวัสดุอย่างถาวร แบบไม่เป็นเชิงเส้น สมการแสดงพฤติกรรมเป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงกระทำกับวัตถุและการเสียรูปของวัตถุในช่วงเวลาที่สนใจ โดยที่แรงกระทำนั้นจะทำให้วัตถุเกิดการเปลี่ยนแปลงรูปร่างอย่างถาวร โดยทั่วไปแล้ววัตถุแข็งยืดหยุ่น (Elastic solid) เช่นเหล็กเหนียว (Steel) จะไม่เกิดการเสีย รูปถาวรถ้าถูกแรงกระทำน้อย ๆ และจะมีพฤติกรรมเชิงเส้นระหว่างความเค้นและความเครียดของวัสดุ แต่ถ้าแรงกระทำมากเกินกว่าความเค้นคราก (Yield stress) วัสดุจะเสียรูปอย่างถาวรและมีพฤติกรรมพลาสติก (Plastic behavior) กล่าวคือมีความเค้นเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุด (Maximum stress) จากนั้นความเค้นจะตกลงและสุดท้ายวัสดุจะขาดออกจากกันซึ่งเป็นพฤติกรรมที่ไม่เป็นเชิงเส้น ในขณะที่ วัสดุพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเป็นพลาสติกเปราะ พลาสติกแข็ง พลาสติกเหนียวไปจนถึงไฮเปอร์อิลาสติก (Hyperelastic) เช่นอิลาสโตเมอร์หรือยางคงรูป (Elastomer or rubber) จะมีพฤติกรรมเชิงเส้นที่ ความเครียดน้อย ๆ เป็นเชิงเส้นเช่นกันแต่จะไม่มีความเค้นคราก และจะมีพฤติกรรมที่ไม่เป็นเชิงเส้นที่ ความเครียดสูง ๆ เช่นเดียวกับวัตถุแข็งยืดหยุ่น (Elastic solid) แต่อย่างไรก็ตามวัสดุที่มีความยืดหยุ่นสูง มาก ๆ จะสามารถยืดออกไปได้เรื่อย ๆ โดยชิ้นทดสอบจะยังไม่ขาดออกจากกันถึงแม้ว่าความเครียดจะสูงเกินกว่าความสามารถที่เครื่องทดสอบจะสามารถดึงได้แล้วก็ตาม

Beladi, S. E. (n.d.). Experiment two. ได้กล่าวในผลการทดสอบไว้ว่า ผลการทดสอบนี้ตัวอย่างทดสอบจะได้รับแรงเฉือน (shearing stresses) อันเป็นผลมาจากการบิดตัวของชิ้นงาน และวัสดุที่มีความแข็งแรงมากกว่า หรือมีความต้านทานต่อการบิดมากกว่า จะมีค่าโมดูลัสความเฉือน (modulus of rigidity) สูงกว่าอีกวัสดุหนึ่ง กล่าวคือ เมื่อชิ้นงานถูกบิด จะเกิดแรงเฉือนภายในวัสดุ วัสดุที่บิดยากกว่า(แข็งแรงกว่า) จะมีค่าโมดูลัสความเฉือนสูงกว่า โมดูลัสความเฉือนเป็นคุณสมบัติของ

วัสดุ และภายใต้สภาวะแวดล้อมที่ไม่รุนแรง ค่านี้จะคงที่สำหรับวัสดุแต่ละชนิด หมายความว่า G เป็นค่าคงที่ของวัสดุ เช่น เหล็ก อะลูมิเนียม หรือทองเหลือง ในผลการทดสอบนี้จะมีการทดสอบตัวอย่าง 2 หรือ 3 ชิ้น ซึ่งมีขนาดทางเรขาคณิตเหมือนกันทุกประการ แต่แตกต่างกันที่ชนิดของวัสดุ เพื่อให้ผลผลการทดสอบเปรียบเทียบได้อย่างแม่นยำ จะใช้ชิ้นงานที่มีขนาดเท่ากัน แต่ทำจากวัสดุต่างกัน การหาค่าโมดูลัสความเฉือนจากผลการทดสอบนี้คล้ายกับการหาค่าโมดูลัสของความยืดหยุ่น (modulus of elasticity) ซึ่งใช้แรงดึงตามแนวแกน โดยไม่มีการเสียรูปแบบถาวร กล่าวถึงผลการทดสอบก่อนหน้า ที่ใช้แรงดึงเพื่อหาค่า E โดยไม่ทำให้วัสดุเสียรูปถาวรโมดูลัสของความยืดหยุ่นถูกคำนวณจากความชันของกราฟความเค้นตามแนวแกนกับความเครียดตามแนวแกน ส่วนโมดูลัสความเฉือนจะคำนวณจากความชันของกราฟความเค้นเฉือนกับความเครียดเฉือนสรุปว่า E มาจากกราฟแรงดึง ส่วน G มาจากกราฟแรงบิด ในผลการทดสอบนี้ ชิ้นงานจะถูกบิดจนเสียหาย เพื่อหาค่าความเค้นเฉือนที่ขีดจำกัดของความเป็นสัดส่วน (limit of proportionality) ซึ่งเป็นค่าความเค้นสูงสุดที่วัสดุยังคงแสดงพฤติกรรมแบบยืดหยุ่น จุดนี้คือจุดที่วัสดุเริ่มเสียรูปถาวร ไม่สามารถกลับคืนสภาพเดิมได้ ค่าที่บันทึกจริงระหว่างผลการทดสอบคือ มุมบิดของชิ้นงาน และค่าแรงบิดที่สัมพันธ์กับมุม

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (ม.ป.ป.). ได้ศึกษาและทดลองการทดสอบแรงบิดไว้ว่า โดยทั่วไปการบิดจะเกิดขึ้นเมื่อให้แรงบิด (Torque) หรือโมเมนต์บิด (Twisting moment) กับชิ้นงาน ทำให้วัสดุที่ทดสอบตกอยู่ภายใต้ภาระกรรมแบบ Pure shear การทดสอบวัสดุภายใต้แรงบิดจึงช่วยให้เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นเฉือนและความเครียดเฉือน อันนำไปสู่การได้ค่าพารามิเตอร์ที่ สำคัญต่างๆ ได้แก่ ค่าความแข็งแรงแรงเฉือนสูงสุด (Ultimate torsional shearing strength หรือ Modulus of rupture) ค่าโมดูลัสแรงเฉือน (Shear modulus หรือ Modulus of rigidity) เป็นต้น นอกจากนี้ยังสามารถใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ถึงความเปราะความเหนียวของวัสดุนั้นได้อีกด้วย การทดสอบแรงบิดในปฏิบัติการนี้จะใช้ชิ้นงานทดสอบแบบหน้าตัดกลมเท่านั้น เนื่องจากการรับแรงบิดของหน้าตัดวงกลมจะเป็นไปตามสมมุติฐาน “หน้าตัดไม่มีการบิดตัวหรือระนาบของหน้าตัดก่อนได้รับแรงกระทำยังคงอยู่ในระนาบเดิมหลังจากที่มีแรงกระทำ” ซึ่งสมมุติฐานนี้จะไม่เป็นจริงกับวัสดุที่มีหน้าตัดเป็นรูปแบบอื่น

สหภาพ ยืนทรัพย์ และคณะ (2561) ได้กล่าวไว้ว่า ความเครียดจากผลของภาระบิดมีค่าไม่สูงมาก ควรลดขนาดเพลาในขั้นตอนการออกแบบเพื่อให้สามารถวัดการเสียรูปได้ดีขึ้น

ธนิต เคนหงษ์ และคณะ (2014) ได้กล่าวไว้ว่า ความแข็งและพฤติกรรมแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการเคลือบไม่ได้ส่งผลกระทบต่อการตอบสนองทางกลของวัสดุ CS อย่างมีนัยสำคัญ ในขณะที่ SS มีพฤติกรรมที่ด้อยกว่าในแง่ของแรงบิด แต่มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ยอดเยี่ยม

วรางคณา (2562) ได้ศึกษาและพัฒนาชุดฝึกอบรมทักษะการปรึกษาเชิงจิตวิทยาเบื้องต้นสำหรับครูประจำชั้นระดับมัธยมศึกษาและศึกษาผลของการพัฒนาชุดฝึกอบรมซึ่งผู้วิจัยออกแบบ

การวิจัย แบ่งออกเป็น 2 ระยะได้แก่ระยะที่ 1 การพัฒนาชุดฝึกอบรมฯ และระยะที่ 2 การศึกษาผลการพัฒนาชุดฝึกอบรมฯผลการวิจัยในระยะที่ 1 พบว่าชุดฝึกอบรมประกอบด้วยเนื้อหา 3 ส่วน ได้แก่ (1) ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับการดูแลช่วยเหลือนักเรียนด้วยการปรึกษาเชิงจิตวิทยาและ (2) การฝึกปฏิบัติ ทักษะการปรึกษาเชิงจิตวิทยาส่วนผลการวิจัยในระยะที่ 2 พบว่า 1) ชุดฝึกมีค่าประสิทธิภาพของชุด การเรียนรู้ (E1/E2) เท่ากับ 88.20/80.00 ซึ่งเท่ากับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ 2) กลุ่มเป้าหมายมีร้อยละความก้าวหน้าของผลสัมฤทธิ์ภายหลังการเข้าร่วมการฝึกอบรมทักษะการปรึกษาเชิงจิตวิทยาเท่ากับ 45.00 3) กลุ่มเป้าหมายมีความพึงพอใจต่อชุดฝึกอบรมอยู่ในระดับมากที่สุด

น้ำฝน (2560) ได้ศึกษาและสร้างชุดฝึกทักษะการเรียกชื่อ โดยวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพด้วยวิธีวิเคราะห์เนื้อหา พบว่า 1) ค่าประสิทธิภาพ (E1/E2) ของชุดฝึกทักษะ เท่ากับ 96.85/93.48 ซึ่ง เป็นไปตามเกณฑ์ 80/80 ที่ตั้งไว้ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 3) จำนวนนิสิตที่สอบได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 80-100 มีจำนวน 35 คน คิดเป็นร้อยละ 100 และ 4) ผู้เรียนมีความพึงพอใจต่อการเรียนด้วยชุดฝึกทักษะการเรียกชื่อและเขียนสูตรโครงสร้างของสารอินทรีย์ อยู่ในระดับพึงพอใจมากโดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.07 (S.D.=0.34)

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) ในครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and development: R & D) แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มี 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1.1 ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

ขั้นตอนที่ 1.2 ศึกษาแนวทางการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) มี 3 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 2.1 ออกแบบและสร้างสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2.2 ประเมินความเหมาะสมของสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ขั้นตอนที่ 2.3 ศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาสื่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ขั้นตอนที่ 3 ใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 สำหรับนักศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ขั้นตอนที่ 4 ศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ เรื่องหรือรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ มี 4 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังภาพที่ 3-1



ภาพที่ 3-1 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มี 2 ขั้นตอนย่อย ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1.1 ศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1.1.1 แหล่งข้อมูล ได้แก่ เอกสารเกี่ยวกับรายงานผลการจัดการเรียนรู้รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ ประกอบด้วยใบรายงานผลการเรียน และบันทึกหลังแผนการสอน รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

1.1.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกสภาพปัญหาการจัดการเรียน การสอน วิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ (ฉบับที่ 1 แสดงในภาคผนวก ข) โดยมีประเด็นดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 สภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

ประเด็นที่ 2 ผลการเรียน รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

ประเด็นที่ 3 บันทึกหลังแผนการสอน รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

1.1.2.1 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษารายงานการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รายงานแบบบันทึกผลการเรียนและประเมินผลรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหา การจัดการเรียนการสอน

2) สร้างแบบบันทึกสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

3) นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมด้าน การใช้ภาษาและความสอดคล้องในแต่ละประเด็นของแบบบันทึกสภาพปัญหาการจัดการเรียนการ สอน วิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

4) ปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ จัดพิมพ์ และนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1.1.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ รายวิชา วิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รายงานแบบบันทึกผลการเรียนและ

ประเมินผลรายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน แล้วทำการบันทึกลงในแบบ บันทึกตามประเด็นที่กำหนดไว้ในช่วงเวลา วันที่ 19 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568

1.1.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 1.2 ศึกษาแนวทางการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

1.2.1 แหล่งข้อมูล ได้แก่ เอกสาร ตำรา งานวิจัยที่เกี่ยวข้องข้องเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และโดยการสัมภาษณ์ผู้ทรงคุณวุฒิ ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 9 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยเลือกจากผู้มีคุณสมบัติ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นอาจารย์สถาบันอุดมศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสาขาวิชาช่างยนต์/เครื่องกล มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 3 คน

1) ผศ.ดร.นำพร ปัญโญใหญ่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คุณวุฒิการศึกษา วศ.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 21 ปี

2) ผศ.ดร.สมศักดิ์ พุฒตาลดง ข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยกำแพงเพชร คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประเทศไทย คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 22 ปี

3) ดร.สุจินต์ วังใหม่ รองผู้อำนวยการ ชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษา ปร.ด สาขาวิจัยและพัฒนาการสอนเทคนิคศึกษา เชี่ยวชาญงานวิจัย สื่อการสอน เทคนิคการสอน การบริหารการศึกษาและสถิติวิจัย ประสบการณ์ 16 ปี

กลุ่มที่ 2 เป็นครูสังกัดสถานศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 6 คน

1) นายธวัช นนทธรรม อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 40 ปี

2) นายนิมิต รัศมี อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 42 ปี

3) ผศ.นรินทร์ ศรีธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการศึกษาภาคเหนือ 1 คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 30 ปี

4) นายธณิตพงษ์ สุภาชาติ ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 26 ปี

5) นายวิชัย กงพลนันท์ ครูวิทยฐานะเชี่ยวชาญ วิทยาลัยเทคนิคเชียงรายวุฒิการศึกษา ค.อ.ม เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ สอน 29 ปี

6) นายสมศักดิ์ แข็งแรง ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี

1.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบบันทึกแนวสภาพปัญหาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ (ฉบับที่ 2 แสดงในภาคผนวก ข) โดยมีประเด็นดังต่อไปนี้

ประเด็นที่ 1 แนวทางการแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

ประเด็นที่ 2 แนวทางการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

ประเด็นที่ 3 แนวทางการพัฒนาสื่อการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

1.2.2.1 การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษารายงานการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชา วิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รายงานแบบบันทึกผลการเรียนและประเมินผลรายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน

2) สร้างแบบบันทึกแนวทางการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

3) นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสมด้าน การใช้ภาษาและความสอดคล้องในแต่ละประเด็นของแบบบันทึกสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน วิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

4) ปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์จัดพิมพ์ และนำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

1.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยได้ศึกษารายงานการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชา วิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รายงานแบบบันทึกผลการเรียนและประเมินผลรายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ และ เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพปัญหาการ

จัดการเรียนการสอน แล้วทำการบันทึกลงในแบบ บันทึกตามประเด็นที่กำหนดไว้ในช่วงเวลาวันที่19 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2568

1.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 2 การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ขั้นตอนที่ 2.1 สร้างสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) มีวิธีวิจัย ดังนี้

แหล่งข้อมูล ได้แก่ เอกสารที่ได้จากการสังเคราะห์ ในขั้นตอนที่ 1

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

สร้างสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

คู่มือการใช้งานสื่อการเรียนรู้เรื่องทดสอบการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

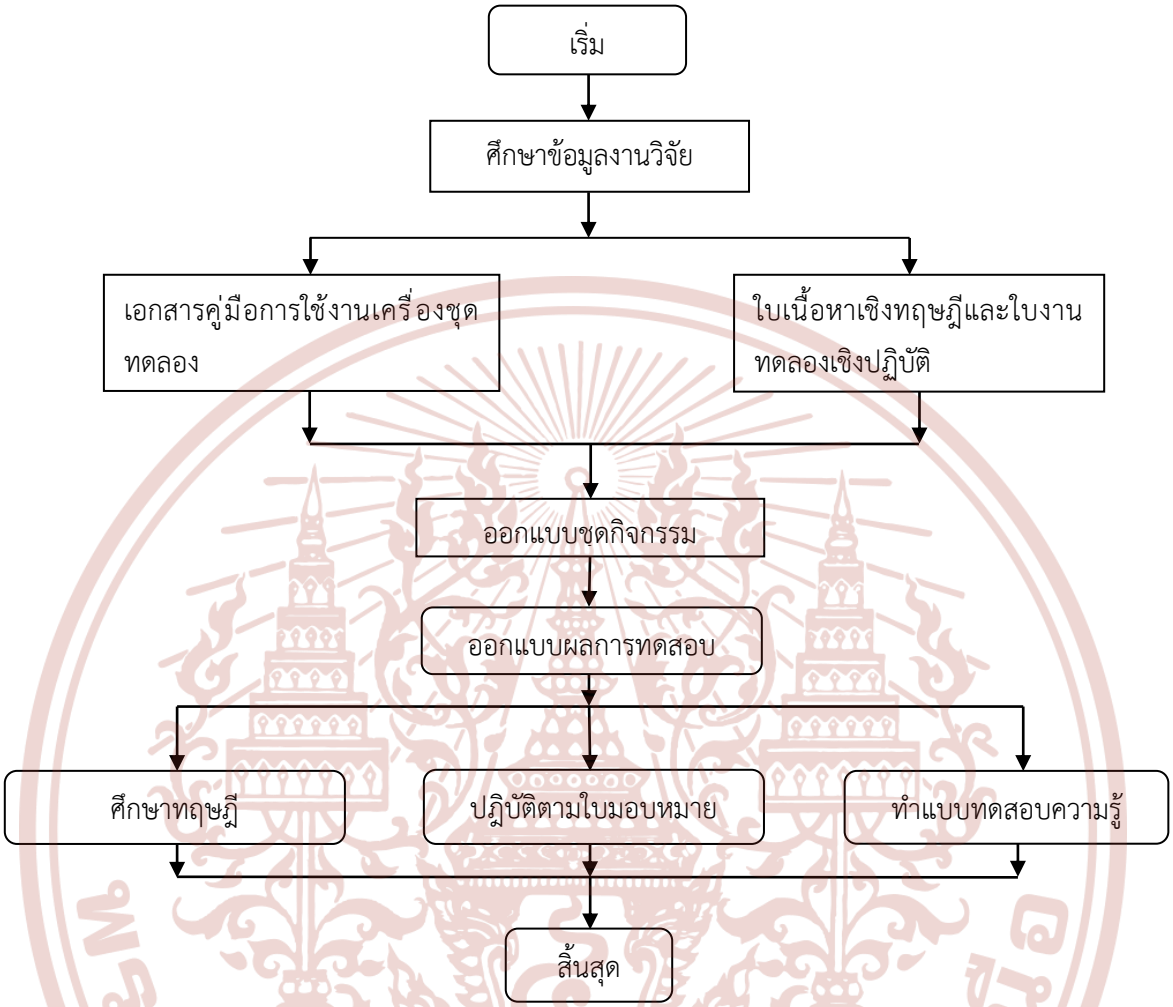
2.1.1 สร้างสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล

1) ศึกษา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับและหลักการการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ขั้นตอนที่ 1 และขั้นตอนที่ 2

2) กำหนดขอบเขตข้อจำกัดของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

3) รวบรวมข้อมูลโดยการศึกษาข้อมูลเกี่ยวข้อง เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความ ตำราเอกสาร ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ประกอบการออกแบบการสร้างสื่อการเรียนรู้เรื่องทดสอบการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ประกอบด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องทดสอบการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ วัดผลกิจกรรม ใบเนื้อหา แบบฝึกหัด ใบมอบหมายงาน แบบสังเกตพฤติกรรม เอกสารประกอบการสอน คู่มือครูและบันทึกหลังสอน

4) การออกแบบร่างเพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการสร้างสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยมีขั้นตอนการสร้างดังภาพที่ 3-2



ภาพที่ 3-2 ขั้นตอนแนวทางในการดำเนินชุดกิจกรรม

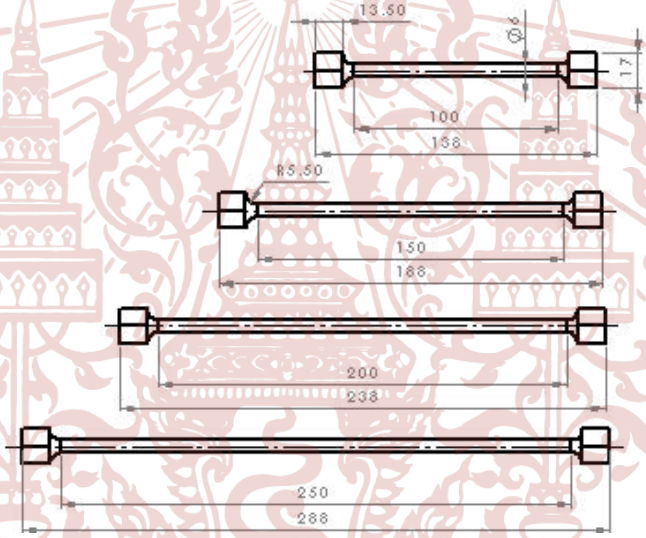
4.1 ศึกษาข้อมูล

4.1.1 การสร้างสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ได้ศึกษา แนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวกับและหลักการการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ประกอบไปด้วยเนื้อหาสาระสำคัญของเครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m โดยมีรายละเอียดดังประเด็นต่อไปนี้ 1) เนื้อหาสาระสำคัญของฟังก์ชันการทำการทดสอบกับวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 2) เนื้อหาสาระสำคัญที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm 3) เนื้อหาสาระสำคัญการพิสูจน์การคำนวณทางสูตรคณิตศาสตร์

4.1.2 ขั้นตอนผลการทดสอบ ประกอบไปด้วย ดังนี้ 1) วัสดุชิ้นทดสอบ 2) เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT 3) ขั้นตอนการทดสอบ 4) ผลลัพธ์ของ ผลการทดสอบ

4.1.2.1 วัสดุชิ้นทดสอบ

การเตรียมวัสดุสำหรับทดสอบแรงบิดชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm ดังภาพที่ 3-3 – 3-4

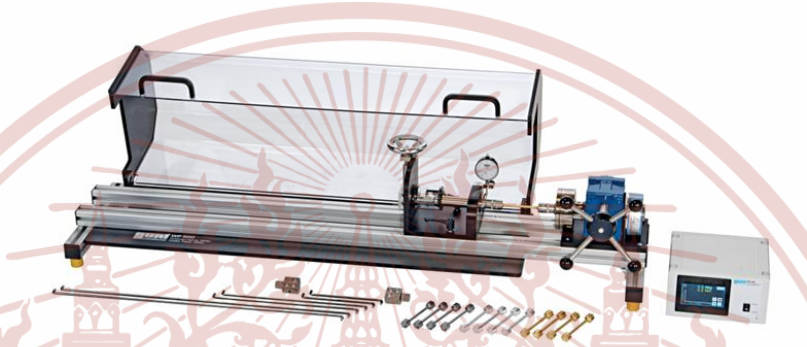


ภาพที่ 3-3 ขนาดของวัสดุทดสอบ

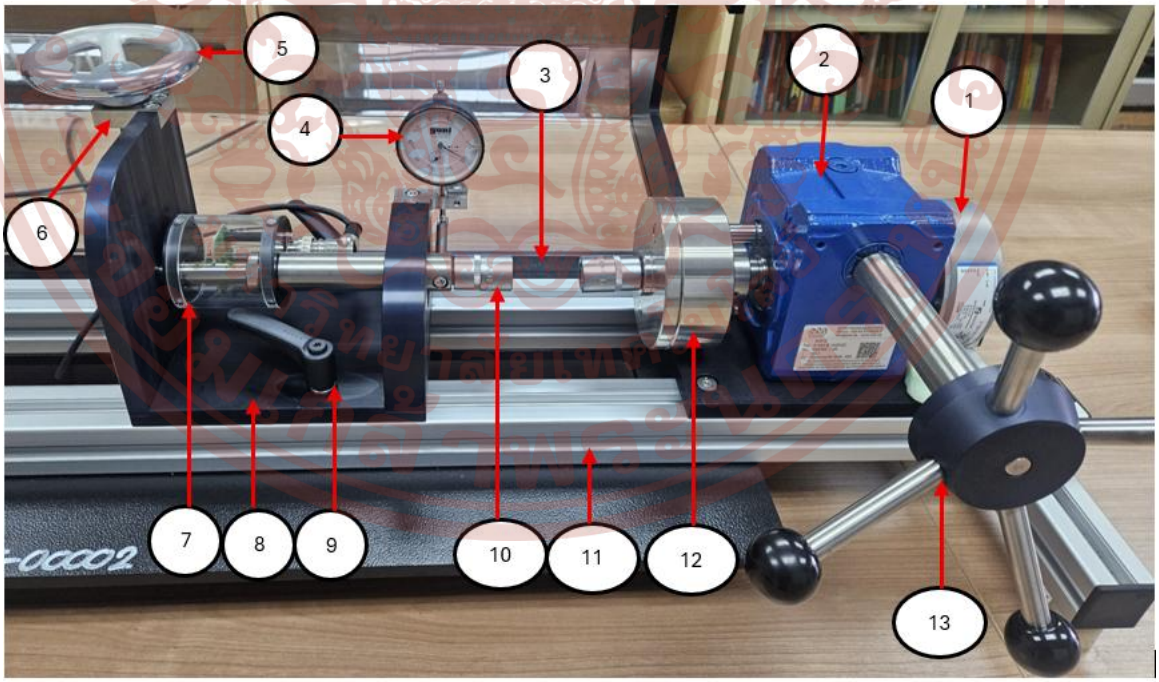


ภาพที่ 3-4 วัสดุสำหรับทดสอบแรงบิด

4.1.2.2 เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m ใช้สำหรับการทดสอบแรงบิดและมุมบิดของวัสดุโลหะเพลากลม จนถึงจุดที่ทำให้วัสดุเสียรูป โดยการทดสอบวัสดุเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 6 mm และความยาวขนาด ไม่เกิน 750 mm ดังภาพที่ 3-5



ภาพที่ 3-5 เครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT



ภาพที่ 3-6 ส่วนประกอบเครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT

ส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m ดังภาพที่ 3-6 และมีส่วนประกอบดังต่อนี้

1) ตัวเข้ารหัสเพลา (Shaft encoder) ทำหน้าที่ วัดมุมบิดของชิ้นงาน

2) เฟืองเกลียว (Worm gear) ทำหน้าที่ ระบบเฟืองทดแรงจากล้อหมุนมือ

3) ชิ้นงานทดสอบ (Specimen) ทำหน้าที่ แท่งวัสดุโลหะที่ใช้ในผลการทดสอบ

4) เกจวัดแบบเข็ม (Dial gauge) ทำหน้าที่ ตรวจสอบการชดเชยการบิดของเพลา

5) ล้อหมุนมือ (สำหรับชดเชย) Hand wheel (compensation) ทำหน้าที่ ปรับตำแหน่งของ dolly เพื่อชดเชยการบิด

6) ดอลลี่หมุน (Rotating dolly) ทำหน้าที่ รับแรงบิดจากเพลาวัดและหมุนเพื่อชดเชย

7) เพลาวัดแรงบิด (Torque measuring shaft) ทำหน้าที่ ติดตั้งเกจวัดความเครียดเพื่อวัดแรงบิด

8) หน่วยวัดแรงบิด (Torque measuring unit) ทำหน้าที่ วัดแรงบิดผ่านเพลาวัดและเกจวัดความเครียด

9) คันโยกล็อก (Clamping lever) ทำหน้าที่ ยึดหน่วยวัดแรงบิดให้อยู่กับที่

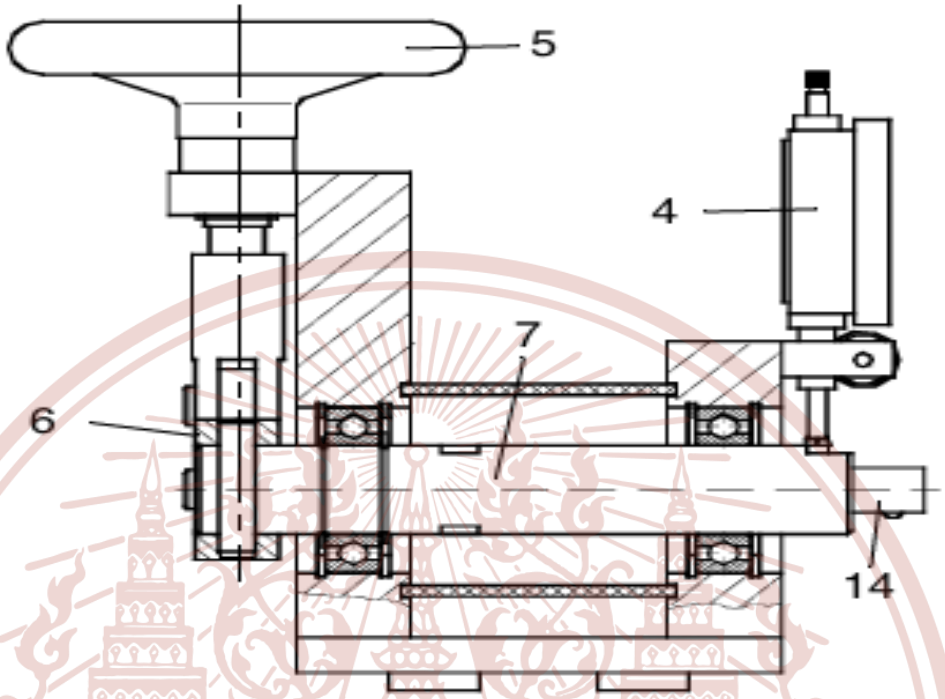
10) ฐานรับชิ้นงาน (Sockets) ทำหน้าที่ สำหรับใส่หัวชิ้นงาน ขนาด 17 mm หกเหลี่ยม

11) โครงเครื่อง (Frame) ทำหน้าที่ รองรับกลไกทั้งหมดของเครื่อง

12) ตัวขับเคลื่อนแบบเลื่อน (Moveable driver) ทำหน้าที่ ส่งแรงบิดและปรับตำแหน่งตามความยาวชิ้นงาน

13) ล้อหมุนมือ (พร้อมเฟืองทดแรง) (Hand wheel (gear) ทำหน้าที่ สร้างแรงบิดผ่านระบบ worm gear

เครื่องทดสอบประกอบด้วยกลไกการโหลดที่ใช้เฟืองเกลียวตัวหนอน (หมายเลข 2), ตัวขับเคลื่อนที่สามารถเคลื่อนที่ได้ (หมายเลข 12) สำหรับจับชิ้นทดสอบ, ล้อหมุนมือ (หมายเลข 13) และตัวเข้ารหัสเพลา (Shaft encoder) ที่ปลายทางของเฟือง เพื่อวัดมุมบิด



ภาพที่ 3-7 โครงสร้างหลักของชุดวัดแรงบิด

ชุดวัดแรงบิดประกอบด้วยเพลาวัดแรงบิด (หมายเลข 7) และอุปกรณ์ชดเชยความผิดพลาดจากการบิด ดังภาพที่ 3-7 อุปกรณ์ชดเชยนี้ประกอบด้วย

1) เกจวัดแบบเข็ม (Dial gauge) หมายเลข 4

2) แท่นหมุน (Rotating dolly) หมายเลข 6 ซึ่งควบคุมด้วยล้อหมุนมือ (หมายเลข 5) และแกนเกลียว

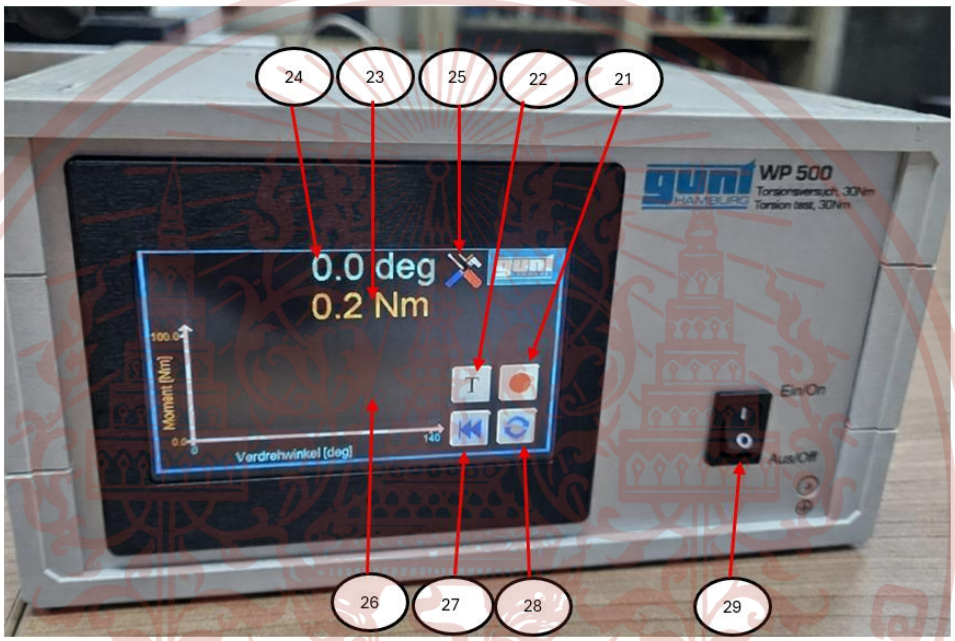
3) แรงบิดจะถูกส่งผ่านด้วยมือโดยใช้ล้อหมุนและชุดเฟือง โดยแรงบิดที่เกิดขึ้นจะถูกวัดผ่านเพลาวัดแรงบิดซึ่งติดตั้งเกจวัดความเครียด และสามารถอ่านค่าได้โดยตรงจากหน้าจอ ส่วนมุมบิดจะวัดด้วยตัวเข้ารหัสเพลา (Shaft encoder) และสามารถอ่านค่าได้โดยตรงเช่นกัน

4) แท่นหมุน (Rotating dolly) หมายเลข (6) ถูกควบคุมด้วยล้อหมุน (5) และแกนเกลียว เพื่อชดเชยการบิดของเพลาวัดแรงบิด

5) เพื่อให้สามารถปรับให้เหมาะสมกับความยาวของชิ้นทดสอบ หน่วยวัดแรงบิดสามารถเลื่อนตำแหน่งได้ตามแนวยาวของโครง (11)

6) กลไกการโหลดและหน่วยวัดแรงบิดมีข้อต่อมาตรฐานแบบสี่เหลี่ยมขนาด 1/2 นิ้ว (14) โดยมีหัวบล็อกขนาด 17 mm ที่จัดมาให้ ซึ่งช่วยให้สามารถผลิตชิ้นทดสอบ (3) ได้ง่ายจากวัสดุหกเหลี่ยมขนาด 17 mm

7) ทั้งกลไกการโหลดและหน่วยวัดแรงบิดถูกติดตั้งบนโครงที่แข็งแรง (11)



ภาพที่ 3-8 สัญญาลักษณ์บนหน้าจอเครื่องอ่านค่าทดสอบแรงบิด

สัญญาลักษณ์บนหน้าจอเครื่องอ่านค่าทดสอบแรงบิด โดยมีลำดับหมายเลข ดังภาพที่ 3-8

21) Record value ทำหน้าที่ บันทึกค่าการทดสอบใหม่

22) Tare ทำหน้าที่ แสดงผลเป็นศูนย์

23) Torsion moment ทำหน้าที่ ค่าแรงบิดที่ทดสอบ

24) Torsion angle ทำหน้าที่ ค่ามุมบิด

25) Settings ทำหน้าที่ ปรับตั้งค่าเปลี่ยนภาษา ขนาดของแกนและความสว่าง

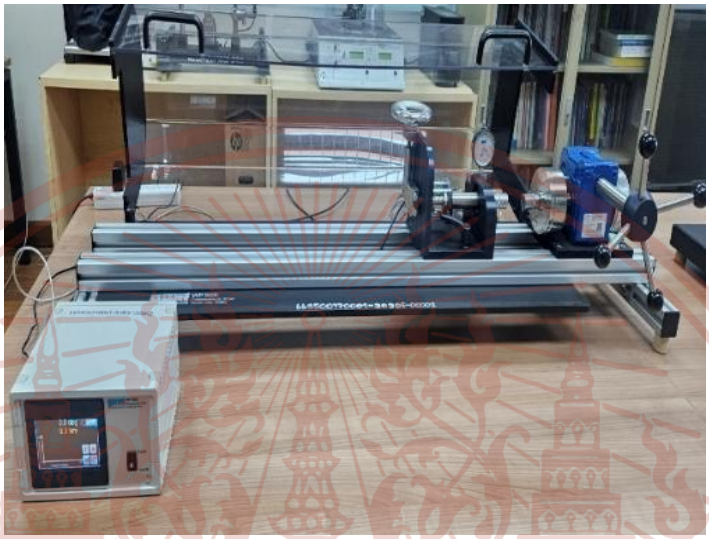
26) Diagram ทำหน้าที่ กราฟค่าทดสอบแรงบิดและมุมบิด

27) Delete value ทำหน้าที่ ลบข้อมูลที่อ่านค่าทั้งหมด

28) Change mode ทำหน้าที่ เปลี่ยนโหมดการทดสอบ การวัดอย่างต่อเนื่องหรือค่าเดียว

29) On/Off-switch ทำหน้าที่ ปิด-เปิด เครื่องขยายเสียงวัด

4.1.2.3 ขั้นตอนการทดสอบ โดยก่อนทำผลการทดสอบให้เปิดเครื่องและปล่อยให้อุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที



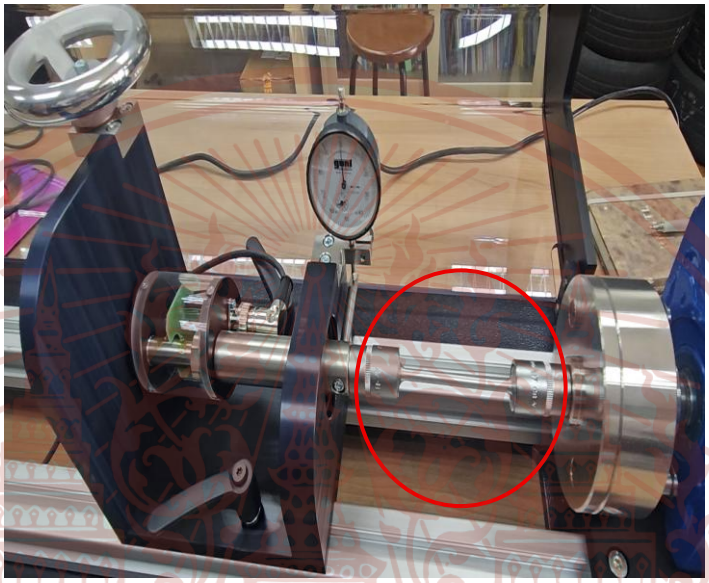
ภาพที่ 3-9 เตรียมเครื่องทดสอบแรงบิดรุ่น WP500 Torsion test 30 N.m

1) เตรียมชุดเครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 Torsion test 30 N.m เพื่อทำการทดสอบแรงบิดและมุมบิด ดังภาพที่ 3-9



ภาพที่ 3-10 วัสดุชิ้นงานทดสอบ

2) เตรียมวัสดุชิ้นงานทดสอบ ได้แก่ เหล็ก ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm ดังภาพที่ 3-10



ภาพที่ 3-11 วางชิ้นงานทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบแรงบิด

3) ติดตั้งวัสดุทดสอบเข้ากับเครื่องทดสอบแรงบิด ดังภาพที่ 3-11



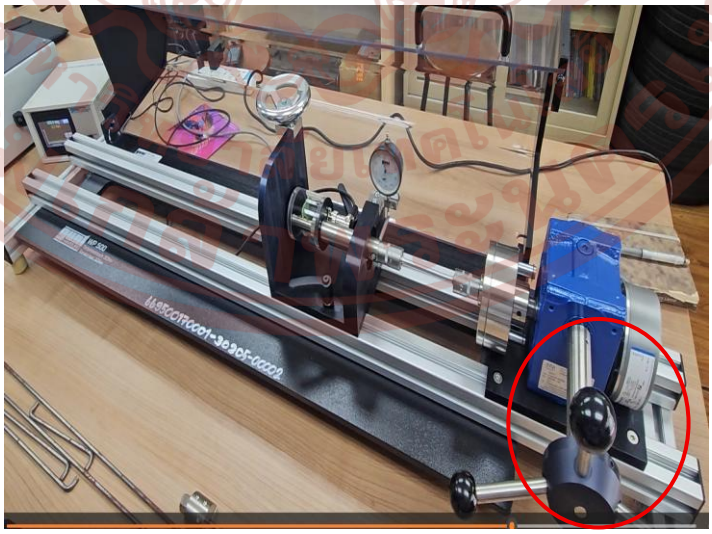
ภาพที่ 3-12 ปรับตั้งไดอัลเกจให้เป็นศูนย์บนอุปกรณ์ชดเชย

4) ปรับตั้งไดอัลเกจการแสดงแรงบิดให้เป็นศูนย์บนอุปกรณ์ชดเชยโดยการหมุนวงแหวน ดังภาพที่ 3-12



ภาพที่ 3-13 ตั้งค่าแรงบิดให้เป็นศูนย์

5) ปรับตั้งค่าขนาดของวัสดุทดสอบที่หน้าจอของเครื่องทดสอบแรงบิด โดยกดปุ่ม T (Tare) บนจอแสดงผลการแสดงผลกลับเป็นศูนย์ในซอฟต์แวร์ศูนย์จะแสดงเช่นกันขั้นตอนการเตรียมการทดสอบ ดังภาพที่ 3-13



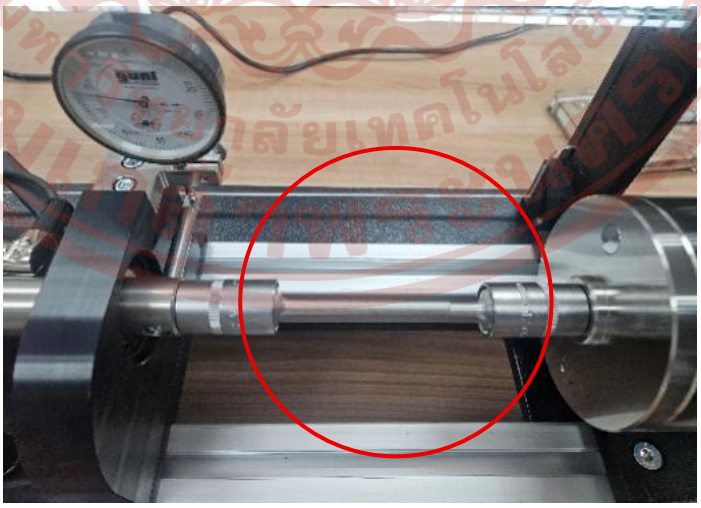
ภาพที่ 3-14 ล้อหมุนมือ (พร้อมเฟืองทดแรง)

6) ทำการทดสอบแรงบิดโดยการหมุนล้อหมุนมือ (พร้อมเฟืองทดแรง) ดังภาพที่ 3-14



ภาพที่ 3-15 บันทึกค่าแรงบิดและมุมบิด

7) บันทึกค่าแรงบิดและมุมบิด ที่จอแสดงผลเมื่อเกิดการเสียรูปของวัสดุชิ้นงานทดสอบ โดยกดปุ่มเปลี่ยนโหมดในการแสดงผลเป็นการวัดแบบต่อเนื่อง การกดปุ่มบันทึกค่าผลผลการทดสอบ ดังภาพที่ 3-15

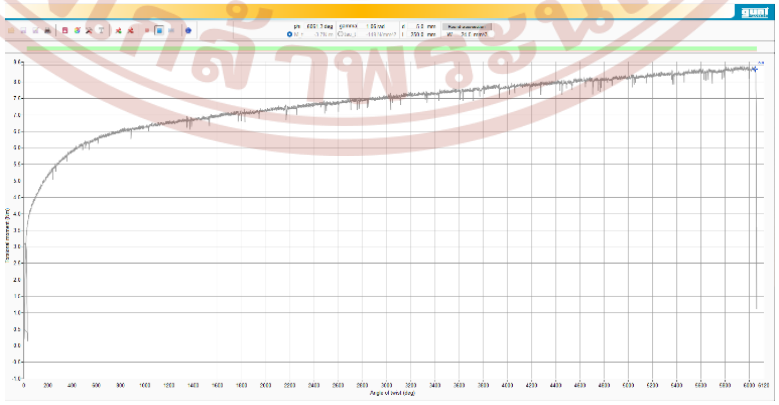


ภาพที่ 3-16 วัสดุชิ้นงานที่ทดสอบจนขาด

4.1.2.4 ผลลัพธ์ของผลการทดสอบ ของชิ้นงานที่ผ่านการทดสอบแรงบิด พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีพฤติกรรมการบิดตัวแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงสุด รองลงมาคือเหล็กกล้า ชนิด SS400 และอะลูมิเนียมอัลลอย ชนิด AL6061 แสดงให้เห็นว่าชนิดของวัสดุมีผลโดยตรงต่อความสามารถในการรับแรงบิดของชิ้นงาน นอกจากนี้ ยังพบว่ามุมบิดของชิ้นงานมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความยาวของชิ้นงานเพิ่มขึ้น เนื่องจากชิ้นงานที่มีความยาวมากจะมีความยืดหยุ่นในการบิดตัวสูงกว่า ดังนั้น ความยาวของชิ้นงานจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการเกิดการบิดตัว ในส่วนของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา พบว่าค่าการรับแรงบิดสูงสุดเพิ่มขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาส่งผลให้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยเชิงขั้วของหน้าตัดเพิ่มขึ้น จึงทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงบิดของเพลาสูงขึ้นตามไปด้วย ดังภาพที่ 3-17 แสดงการการบิดชิ้นงานบนเครื่องทดสอบแรงบิด WP 500 จนชิ้นงานขาดของวัสดุทั้ง 3 ชนิด และ ภาพที่ 3-18 แสดงผลลัพธ์แรงบิดและมุมบิดจากการทดสอบชิ้นงาน



ภาพที่ 3-17 ผลลัพธ์ของวัสดุจากการทดสอบแรงบิดทั้ง 3 ชนิด



ภาพที่ 3-18 ผลลัพธ์ของแรงบิดและมุมบิด

4.2 ออกแบบชุดกิจกรรม

4.2.1 ดำเนินการสร้างเอกสารประกอบสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ได้แก่

4.2.1.1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด ประกอบด้วย ขั้นตอนการสอน หัวข้อเรื่อง กิจกรรมผู้สอน กิจกรรมผู้เรียน สื่อการสอน เอกสารประกอบการสอน การวัดผล และ กำหนดเวลาสอน (แสดงในภาคผนวก ง) ดังภาพที่ 3-19

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	
วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**
สาระสำคัญของเนื้อหา สร้างความเข้าใจการคำนวณหาค่าทางทฤษฎีเกี่ยวกับแรงบิดเพลากลมโดยใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ **วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม** 1. อธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง 2. อธิบายลักษณะของการบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง 3. อธิบายวิธีการหาแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง 4. อธิบายวิธีการหาความเค้นเฉือนได้อย่างถูกต้อง 5. คำนวณหาค่าความเค้นเฉือนของเพลากลมของวัสดุแต่ละชนิดเมื่อถูกแรงบิดกระทำตามสมการทางทฤษฎีได้อย่างถูกต้อง 6. ปฏิบัติการทดลองการทดสอบแรงบิดเพลากลมด้วยเครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 ได้อย่างถูกต้อง **เนื้อหาสาระ** 1. การบิดของเพลากลมภายใต้แรงบิด 2. การคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม 3. การใช้เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT มีขอบเขตการใช้งานที่ 30 นิวตัน เมตร ใช้สำหรับการทดสอบแรงบิดของแท่งวัสดุโลหะเพลากลมจนถึงจุดที่วัสดุเสียหาย โดยจะมีการวัดแรงบิดที่ใช้และมุมบิดของแท่งวัสดุทดสอบ สามารถใช้แท่งวัสดุเพลากลมทดสอบที่ต่างกัน โดยสามารถศึกษาข้อมูลของวัสดุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 6 มิลลิเมตร 4. การทดลองหาแรงบิดของวัสดุเพลากลมแต่ละประเภทมีคุณสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน ชนิดวัสดุประเภท วัสดุแท่งโลหะ 1) เหล็กเพลากลม ชนิด SS400 อะลูมิเนียมเพลากลม ชนิด 6061 และสแตนเลสเพลากลม ชนิด 304 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ 4 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร 3) ความยาวของวัสดุขนาด 100 มิลลิเมตร 150 มิลลิเมตร 200มิลลิเมตร และ 250 มิลลิเมตร	
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 3-19 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด

4.2.1.2 ใบเนื้อหา ประกอบด้วยเนื้อหาและภาพประกอบในหน่วยการเรียนเรื่องการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) ได้แก่ 1) เนื้อหาสาระสำคัญของฟังก์ชันเครื่องชุดทดลอง

การทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m การทำการทดสอบกับวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 2) เนื้อหาสาระสำคัญที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผ่านศูนย์กลาง 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm 3) เนื้อหาสาระสำคัญการพิสูจน์การคำนวณทางสูตรคณิตศาสตร์ (แสดงใน ภาคผนวก ง) ดังภาพที่ 3-20

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา** 1/7

ทฤษฎีการบิดของเพลา

แรงบิด (Torsion) เป็นลักษณะการรับแรงของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้น เมื่อมีแรงบิดกระทำที่ปลายทั้งสองด้านของชิ้นงานในทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้ชิ้นงานเกิดการหมุนรอบแกนตามแนวยาว ดังภาพที่ 1-1 ลักษณะการรับแรงดังกล่าวพบได้บ่อยในชิ้นส่วนทางวิศวกรรม เช่น เพลา เพลากลาง เพลาข้บ และเพลาส่งกำลัง ในทางวิศวกรรม แรงบิด คือ โมเมนต์ของแรงที่ทำให้วัตถุมีแนวโน้มหมุนรอบแกน เมื่อแรงบิดกระทำต่อเพลา จะทำให้ภายในเนื้อวัสดุเกิดความเค้นเฉือนและส่งผลให้เพลาเกิดมุมบิดตลอดความยาวของชิ้นงาน โดยขนาดของความเค้นและมุมบิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ขนาดของแรงบิด ความยาวเพลา คุณสมบัติของวัสดุ และลักษณะหน้าตัดของชิ้นงาน ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมการบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ต้องรับการส่งกำลังหมุนให้มีความแข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน

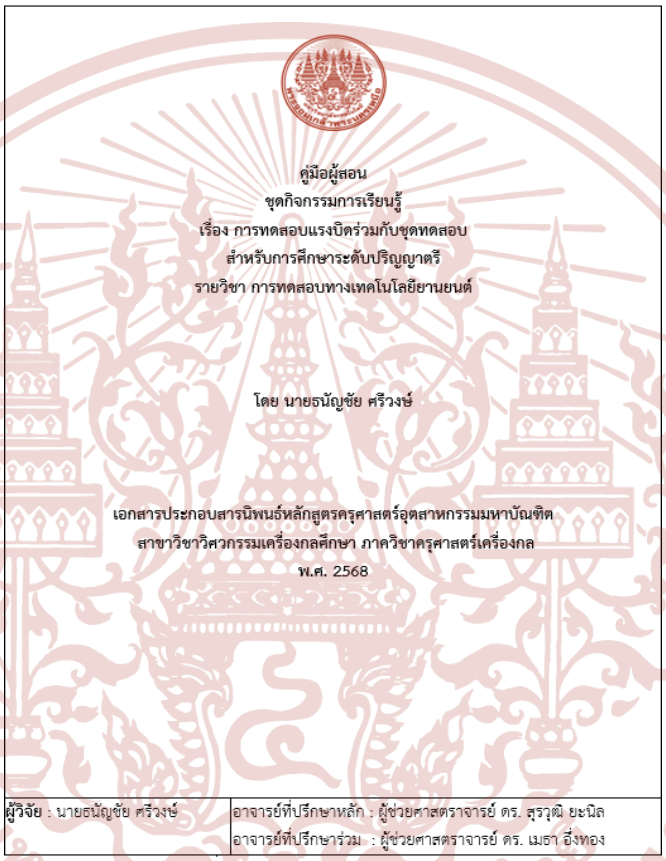


ภาพที่ 1-1 การบิดรอบแกนของชิ้นงาน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 3-20 ใบเนื้อหา

4.2.1.3 ใบคู่มือ สำหรับครูผู้สอนสามารถใช้เป็นเครื่องมือช่วยสอน ทั้งในภาคทฤษฎีและภาคปฏิบัติ โดยมี กิจกรรมของผู้สอน กิจกรรมของผู้เรียน ขั้นตอนการปฏิบัติ และการประเมินผล ที่สามารถวัดผล ทักษะของนักเรียนได้ ดังภาพที่ 3-21



คู่มือผู้สอน
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่อง การทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ
สำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี
รายวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

โดย นายธนัญชัย ศรีวงษ์

เอกสารประกอบสารนิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
พ.ศ. 2568

ผู้วิจัย : นายธนัญชัย ศรีวงษ์

อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมธา อึ่งทอง

ภาพที่ 3-21 ใบคู่มือผู้สอน

4.2.1.4 ใบมอบหมายงาน เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m การทำการทดสอบกับวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 2) เนื้อหาสาระสำคัญที่เกิดขึ้นจากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางผ่านศูนย์กลาง 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm ดังภาพที่ 3-22

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบมอบหมายงาน** 1/4

คำสั่ง 1. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานจนเข้าใจ
2. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ให้พร้อม
3. ปฏิบัติงานตามขั้นตอนของใบมอบหมายงาน

วัสดุ/เครื่องมือ/อุปกรณ์

1. เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. ผ้าทำความสะอาด
4. วัสดุชิ้นงานทดสอบ

วัสดุชิ้นงานทดสอบ : วัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กเลพากลม ชนิด SS400 อะลูมิเนียมเพลากลม ชนิด 6061 และสแตนเลสชนิดกลม ชนิด 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 มิลลิเมตร 150 มิลลิเมตร 200 มิลลิเมตร และ 250 มิลลิเมตร

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 3-22 ใบมอบหมายงาน

4.2.1.5 ใบสังเกตพฤติกรรม เป็นเอกสารที่ใช้บันทึกและประเมินพฤติกรรมของนักเรียน เพื่อใช้เป็น หลักฐานในการประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียน แบบ Rubic score โดยมีองค์ประกอบหลัก คือ ขั้นเตรียมการปฏิบัติ ขั้นกระบวนการปฏิบัติ และขั้นเวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน ดังภาพที่ 3-23

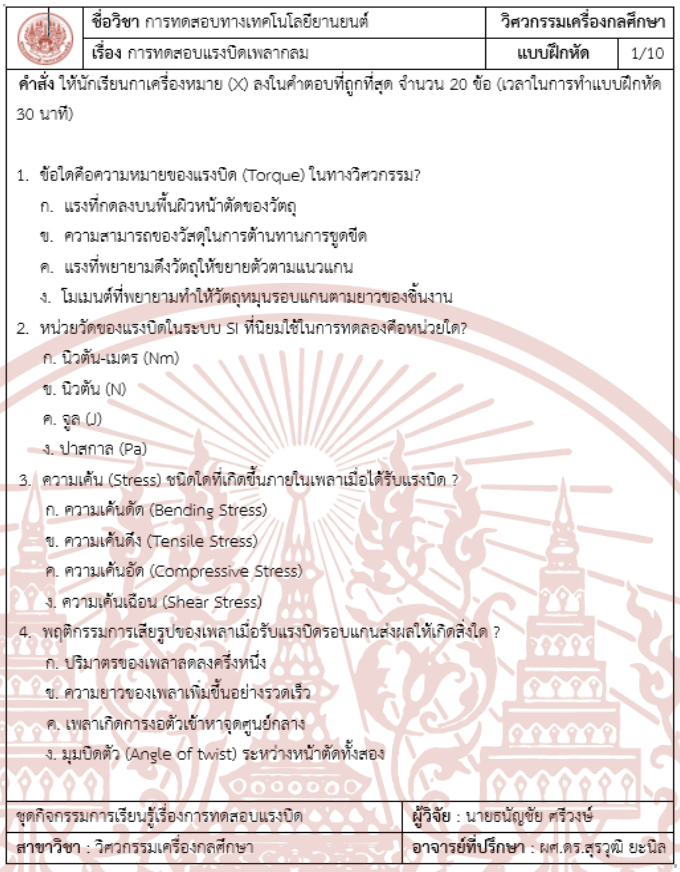
	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบสังเกตพฤติกรรม**	1/4

เกณฑ์การพิจารณาการประเมินการปฏิบัติงานของนักศึกษา แบบ Rubic score

จุดพิจารณา	**ระดับการปฏิบัติงาน**			
	3	2	1	0
ขั้นเตรียมการปฏิบัติงาน				
1. การเตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ หมายถึง การเตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ ไม่มีการปฏิบัติ
2. เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด 1) เปิดเครื่องคอมต่อเข้าระบบ 2) เชื่อมต่อสายขยายสัญญาณ 3) อุ่นเครื่องรอ 30 นาที	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อ1) เปิดเครื่องคอมต่อเข้าระบบ 2) เชื่อมต่อสายขยายสัญญาณ 3) อุ่นเครื่องรอ 30 นาที	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้
ขั้นกระบวนการปฏิบัติ				
3. นำวัสดุติดตั้งในชุดทดสอบ 1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในช็อกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อ1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในช็อกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด		**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์		
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา		**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล		

ภาพที่ 3-23 ใบสังเกตพฤติกรรม

4.2.1.6 แบบฝึกหัด ประกอบด้วย แบบฝึกหัดแบบปรนัย 4 ตัวเลือก แบ่งตามจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม ได้แก่ 1) อธิบายความหมายของแรงบิดได้ 2) อธิบายเนื้อหาสาระสำคัญการพิสูจน์การคำนวณทางสูตรคณิตศาสตร์ได้ 3) จำแนกส่วนประกอบที่สำคัญของเครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT ได้ 4) อธิบายขั้นตอนการทดสอบแรงบิดของเครื่อง รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT สามารถทดสอบแรงบิดสูงสุดได้ไม่เกินที่ 30 N.m ได้ (แสดงในภาคผนวก ง) ดังภาพที่ 3-24



	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด** 1/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 20 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

1. ข้อใดคือความหมายของแรงบิด (Torque) ในทางวิศวกรรม?
   ก. แรงที่กดลงบนพื้นผิวหน้าตัดของวัตถุ
   ข. ความสามารถของวัสดุในการต้านทานการขูดขีด
   ค. แรงที่พยายามดึงวัตถุให้ขยายตัวตามแนวแกน
   ง. โมเมนต์ที่พยายามทำให้วัตถุหมุนรอบแกนตามยาวของชิ้นงาน
2. หน่วยวัดของแรงบิดในระบบ SI ที่นิยมใช้ในการทดลองคือหน่วยใด?
   ก. นิวตัน-เมตร (Nm)
   ข. นิวตัน (N)
   ค. จูล (J)
   ง. ปาสกาล (Pa)
3. ความเค้น (Stress) ชนิดใดที่เกิดขึ้นภายในเพลาเมื่อได้รับแรงบิด ?
   ก. ความเค้นดัด (Bending Stress)
   ข. ความเค้นดึง (Tensile Stress)
   ค. ความเค้นอัด (Compressive Stress)
   ง. ความเค้นเฉือน (Shear Stress)
4. พฤติกรรมการเสียรูปของเพลาเมื่อรับแรงบิดรอบแกนส่งผลให้เกิดสิ่งใด ?
   ก. ปริมาตรของเพลาลดลงครึ่งหนึ่ง
   ข. ความยาวของเพลาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
   ค. เพลาเกิดการงอตัวเข้าหาจุดศูนย์กลาง
   ง. มุมบิดตัว (Angle of twist) ระหว่างหน้าตัดทั้งสอง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร.สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 3-24 แบบฝึกหัด

4.2.1.7 ใบรายการสื่อ ประกอบด้วย ใบรายการสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ และใบรายการสื่อ Power Point ที่ใช้ประกอบการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน (แสดงในภาคผนวก ง) ดังภาพที่ 3-25

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	ใบกิจกรรม	1/2

ขั้นให้เนื้อหา (Information) การบิดของเพลาภายใต้แรงบิด

คำสั่ง 1. ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้

2. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 40 นาที

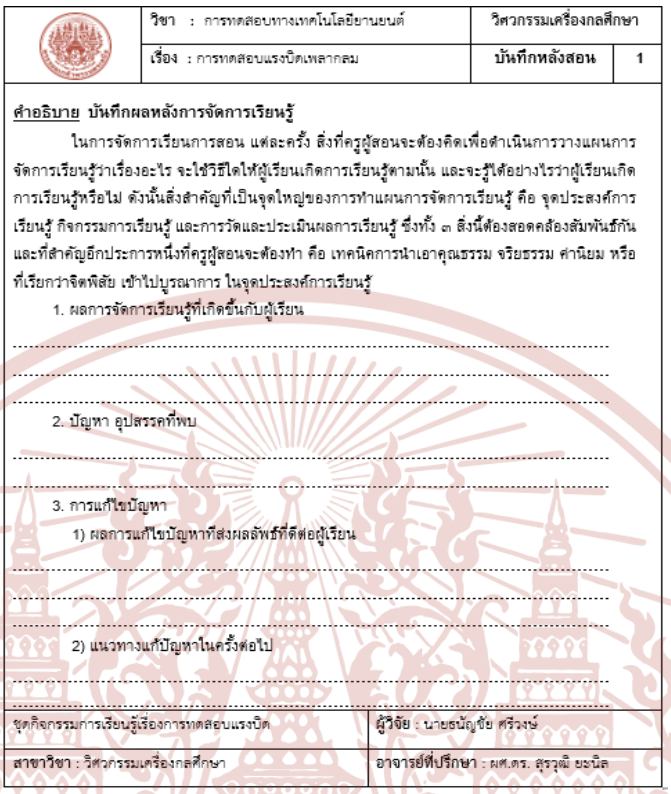
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. อธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายลักษณะของการบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน	เครื่องมือ อุปกรณ์
1. ให้ผู้เรียนเข้าใช้งาน AI Google Gemini 2. ให้ผู้เรียนสร้าง Prompt Engineering เกี่ยวกับแรงบิดเพลากลม 2.1 ข้อความ Prompt 1 *"ความหมายของแรงบิดเพลากลม จงอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลม ในทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยอธิบายให้เข้าใจง่ายพร้อมยกตัวอย่างจากงานจริงทางยานยนต์ เช่น เพลาขับรถยนต์"* 2.2 ข้อความ Prompt 2 *"ลักษณะของการบิดเพลากลม จงอธิบายลักษณะการบิดของเพลากลมเมื่อถูกแรงบิดกระทำ โดยอธิบายการกระจายความเค้นเฉือนตั้งแต่แกนกลางถึงผิวเพลา พร้อมอธิบายว่าบริเวณใดมีความเค้นเฉือนมากที่สุด"* 2.3 ข้อความ Prompt 3 *"จงหาความสัมพันธ์แรงบิดกับการใช้งานจริง แรงบิดทำงานกับเพลากลมส่งผลต่อการใช้งานจริงอย่างไร หากแรงบิดมากเกินไปจะเกิดผลเสียอย่างไร ยกตัวอย่างจากเพลาขับรถยนต์หรือเพลากระปุกเกียร์"*	1. คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน 2. ระบบอินเตอร์เน็ต 3. AI Google Gemini
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 3-25 ใบกิจกรรม

4.2.1.8 บันทึกหลังการสอน ประกอบด้วย 1) การบันทึกผลการจัดการเรียนรู้ ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน 2) ปัญหา อุปสรรคที่พบ 3) การแก้ไขปัญหา (แสดงในภาคผนวก ง) ดังภาพที่ 3-26



	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	บันทึกหลังสอน	1

คำอธิบาย บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนการสอน แต่ละครั้ง สิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องคิดเพื่อดำเนินการวางแผนการจัดการเรียนรู้ว่าเรื่องอะไร จะใช้วิธีใดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามนั้น และจะรู้ได้อย่างไรว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่เป็นจุดใหญ่ของการทำแผนการจัดการเรียนรู้ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งทั้ง ๓ สิ่งนี้ต้องสอดคล้องสัมพันธ์กัน และที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ครูผู้สอนจะต้องทำ คือ เทคนิคการนำเอาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม หรือที่เรียกว่าจิตพิสัย เข้าไปบูรณาการ ในจุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

2. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

3. การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	ผู้วิจัย : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 3-26 บันทึกหลังการสอน

4.3 ออกแบบผลการทดสอบ เป็นกระบวนการวางแผนและกำหนดโครงสร้างของผลการทดสอบ เพื่อหาประสิทธิภาพของนักเรียน โดยมีกลุ่มทดลองที่ 1 การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว ประกอบด้วย นักเรียนระดับเก่ง 1 คน ระดับปานกลาง 1 คน และระดับอ่อน 1 คน รวม 3 คน กลุ่มทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม ประกอบด้วยนักเรียนระดับเก่ง 3 คน ระดับปานกลาง 3 คน และระดับอ่อน 3 คน รวม 9 คน และกลุ่มทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม จำนวน 30 คน แบบคละความสามารถ โดยใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ดังภาพที่ 3-27 - 3-29



ภาพที่ 3-27 การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว



ภาพที่ 3-28 การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม



ภาพที่ 3-29 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม

4.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบสื่อการ การสร้างสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

2.1.2 คู่มือการใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (ฉบับที่ 6)

2.1.2.1 ศึกษาองค์ประกอบของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

2.1.2.2 รวบรวมข้อมูล โดยการศึกษาข้อมูลเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง บทความ ตำรา เอกสาร ต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ประกอบการออกแบบการสร้างคู่มือการใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

2.1.2.3 สร้างคู่มือประกอบการใช้งานการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบให้กับครูผู้สอนและผู้ใช้งาน โดยประกอบด้วย ส่วนนำ ส่วน เนื้อหา และส่วนสรุป

2.1.2.4 นำเสนออาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบคู่มือประกอบการใช้งานสื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินการเก็บข้อมูลดังนี้

1) วางแผนการสร้างการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

2) นำเสนอแผนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสม

3) ปรับปรุงแก้ไขแผนการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบตามคำแนะนำอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

4) สร้างการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

5) นำเสนอการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบให้อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องความเหมาะสม

6) ปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ปรึกษาสารนิพนธ์ พร้อมจัดทำ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

ขั้นตอนที่ 2.2 ประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) มีวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

2.2.1 ขอบเขตด้านแหล่งข้อมูล

แหล่งข้อมูล ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 15 คน โดยเลือกแบบเจาะจง (Purposive Sampling) แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม โดยเลือกจากผู้มีคุณสมบัติ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 เป็นอาจารย์สถาบันอุดมศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับสาขาวิชาช่างยนต์/เครื่องกล มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 5 คน

1) ผศ.ดร.นิวัตร มูลปา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกลาพระนครเหนือ ประสบการณ์ 26 ปี

2) รศ.รณชาติ มั่นศิลป์ รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์ 10 ปี

3) นายประพล รัตนไตร อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 8 ปี

4) ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ดุษฎีบันฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 34 ปี

5) นายศุภเกียรติ สุภสินธุ์ อาจารย์ประจำหลักสูตร สังกัด สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก กาญจนาภิเษก (คปก.) (คุณสมบัติดีเด่น) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประสบการณ์ 16 ปี

กลุ่มที่ 2 เป็นครูสังกัดสถานศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา ที่มีวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโทขึ้นไป มีความรู้และประสบการณ์เกี่ยวกับรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 มาแล้วไม่น้อยกว่า 10 ปี จำนวน 10 คน

1) นายศรีธร อุปคำ	อาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 30 ปี
2) ผศ.สมาน ดาวเวียงกัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิศวกรรมเครื่องกล สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 23 ปี
3) ผศ.พิเชษฐ์ โค้วตระกูล	อาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 21 ปี
4) นายเอกสิษฐ์ นันติ	ข้าราชการครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 15 ปี
5) นายปิติ นันทขว้าง	ข้าราชการครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคลำพูน คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี
6) นายณัฐวุฒิ อินสุ	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 22 ปี
7) นายสิงห์คราน จินะเขียว	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 29 ปี

8) นายทวีศักดิ์ เมืองมูล ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคแพร่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 11 ปี

9) นายเอกภพ ศรีรมย์ ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคแพร่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 12 ปี

10) นายศราวุธ สงล่า ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี

2.2.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (เพิ่มเติมในภาคผนวก ข) ประกอบด้วย 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 สอบถามความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและคู่มือการใช้ชุดกิจกรรม ซึ่งเป็นแบบมาตร ประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ ดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ เป็นแบบปลายเปิด

การสร้างและหาคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ศึกษาแนวคิดหลักการสร้างเครื่องมือประเมินความเหมาะสมของ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยมีกรอบการประเมินดังนี้ ด้านสาระสำคัญของเนื้อหา ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านเนื้อหาสาระ ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ด้านใบเนื้อหา

ด้านใบมอบหมายงาน ด้านใบสังเกตพฤติกรรม ด้านใบตรวจให้ คะแนน ด้านสื่อการเรียนการสอน ด้านการวัดและประเมินผลการเรียนการสอน ด้านคู่มือครู ด้านบันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน

2) วางแผนการสร้างแบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและคู่มือการใช้ชุดกิจกรรม เป็นข้อคำถาม โดยแบ่งออกเป็น 3 ตอน ประกอบด้วย ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ตอนที่ 2 สอบถามความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะระบบส่งกำลังร่วมกับการเรียนรู้เชิงวิศวกรรมและคู่มือการใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ซึ่งเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับเกี่ยวกับ และตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ เป็นแบบปลายเปิด

3) สร้างแบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

4) นำเสนอแบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและคู่มือการใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบที่สร้างขึ้น ให้ อาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม และการใช้ภาษา

5) ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์ และ ตรวจสอบความถูกต้อง

6) นำแบบประเมินที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญเพื่อประเมินความ เหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน ดังรายชื่อต่อไปนี้

1) ผศ.ดร.รณชาติ มั่นศิลป์	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์ 10 ปี
2) นายประพล รัตนไตร	อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 8 ปี

3) นายศุภเกียรติ สุภสินธุ์	อาจารย์ประจำหลักสูตร วศ.บ.วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และระบบควบคุมอัตโนมัติ วิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้ามหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก กาญจนาภิเษก (คปก.) (คุณสมบัติดีเด่น) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประสบการณ์ 16 ปี
4) นายศรีธร อุปคำ	อาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์20 ปี
5) ผศ.สมาน ดาวเวียงกัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 23 ปี
6) นายพิเชษฐ์ โค้วตระกูล	อาจารย์ เตรียมวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราขมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 21 ปี
7) นายณัฐวุฒิ อินสุ	ข้าราชการครูวิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 22 ปี
8) นายสิงห์คราน จินะเขียว	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 29 ปี

9) นายศราวุธ สงล่า ข้าราชการครูวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี

แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างรายการคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC: Index of Item Objective Congruence) และพิจารณาเลือกรายการที่มีค่า IOC ตั้งแต่ 0.50 ขึ้นไป ถ้าพบว่ารายการคำถามส่วนใหญ่มีค่าความสอดคล้องอยู่ ในช่วง 0.60 - 1.00 แสดงให้เห็นว่า รายการคำถามมีความเหมาะสมและสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการวิจัย อย่างไรก็ตาม มีบางรายการที่มีค่า IOC ต่ำกว่า 0.50 ซึ่งจำเป็นต้องปรับปรุงหรือตัดออกเพื่อให้เครื่องมือมีคุณภาพที่ดีขึ้น ก่อนนำไปใช้ในขั้นตอนการเก็บข้อมูลจริง

7) ปรับปรุงแก้ไขให้สมบูรณ์ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จัดพิมพ์ และ นำไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูล

2.2.3 การเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยดำเนินตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ติดต่อยื่นคำร้องขออนุมัติหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญในการทำวิจัยด้านต่าง ๆ จากงานบริหารวิชาการ ของภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2. นำหนังสือเชิญผู้เชี่ยวชาญส่งให้ผู้เชี่ยวชาญและประสานงานกำหนดวัน เวลาในการเก็บข้อมูล

3. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามวันและเวลาดังกล่าว

2.2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์การแปล ความหมายค่าเฉลี่ย บุญชม (2560)

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มี ความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

ค่าเฉลี่ย (Mean) ดังสมการที่ 3 – 1

$$\bar{X} = \frac{\sum x}{n} \quad (3\text{-}1)$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ตัวกลางเลขคณิตหรือค่าเฉลี่ย

$\sum x$ แทน ผลรวมทั้งหมดของคะแนน

n แทน จำนวนคนทั้งหมด

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) ดังสมการที่ 3 – 2 โดยใช้สูตร สมนึก (2546)

$$SD = \sqrt{\sum_{i}^{n} = 1\left(Xi - \bar{X}\right)} \quad (3\text{-}2)$$

เมื่อ SD แทน ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

Xi แทน ค่าของข้อมูลแต่ละตัวหรือจุดกึ่งกลางชั้นแต่ละต

$\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน จำนวนข้อมูลทั้งหมดของกลุ่มตัวอย่าง

ขั้นตอนที่ 3 ศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาสื่อชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 โดยใช้กับกลุ่มทดลอง

ขอบเขตด้านเนื้อหา

การศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ผู้วิจัยได้ศึกษา แนวทาง หลักการ ศึกษาประสิทธิภาพการพัฒนาสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด ซึ่งประกอบด้วย 3 หลักการ ดังนี้ 1) การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว 2) การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม และ 3) การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม

ขอบเขตด้านกลุ่มทดลอง

กลุ่มทดลอง ได้แก่ นักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง นักศึกษาเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ที่เรียนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ผ่านมาแล้ว ทำผลการทดสอบในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2567 จำนวน 30 คน ให้เป็นไปตามเงื่อนไข ของการหาประสิทธิภาพ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์, 2556) โดยแบ่งออกเป็น 3 กลุ่มดังนี้

กลุ่มทดลองที่ 1 การทดสอบหาประสิทธิภาพแบบเดียว ประกอบด้วย นักเรียนที่มีผลการเรียนระดับเก่ง 1 คน ระดับปานกลาง 1 คน และระดับอ่อน 1 คน รวม 3 คน

กลุ่มทดลองที่ 2 การทดสอบประสิทธิภาพกลุ่ม ประกอบด้วยนักเรียนที่มีผลการเรียน ระดับเก่ง 3 คน ระดับปานกลาง 3 คน และระดับอ่อน 3 คน รวม 9 คน

กลุ่มทดลองที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม จำนวน 30 คน แบบคละความสามารถ

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1) สื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (ฉบับที่ 6)

2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก (ฉบับที่ 5)

การเก็บรวบรวมข้อมูล การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1) ติดต่อยื่นคำร้องขออนุมัติหนังสือถึงผู้อำนวยการวิทยาลัยเพื่อขอความอนุเคราะห์เก็บรวบรวมข้อมูลในการทำวิจัย จากงานบริหารวิชาการ ของภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

2) นำหนังสือส่งผู้อำนวยการวิทยาลัย เพื่อขอความอนุเคราะห์และประสานงานกำหนดวันเวลาในการเข้าเก็บข้อมูล กับผู้เกี่ยวข้อง

3) วางแผนการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อทดลองใช้สื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ในการหาประสิทธิภาพ โดยแบ่งเป็น 3 ขั้น ผลการทดสอบ ดังนี้

ขั้นผลการทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพ ที่มีนักเรียนระดับอ่อน 1 คน ระดับปานกลาง 1 คน ระดับเก่ง 1 คน รวม 3 คน โดยกำหนดเกณฑ์ 80/80

ขั้นผลการทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่มีนักเรียนระดับอ่อน 3 คน ระดับปานกลาง 3 คน และระดับเก่ง 3 คน รวม 9 คน โดยกำหนดเกณฑ์ 80/80

ขั้นผลการทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบคละความสามารถ จำนวน 30 คน โดยกำหนดเกณฑ์ 80/80

4) ดำเนินขั้นผลการทดสอบที่ 1 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) เป็นการทดสอบ ประสิทธิภาพที่มีนักเรียนระดับอ่อน 1 คน ระดับปานกลาง 1 คน ระดับเก่ง 1 คน รวม 3 คน โดยกำหนดเกณฑ์ 80/80 โดยนำเสนอผล 3 ประเด็น ประกอบด้วย 4.1) ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) 4.2) ผลการสังเกตการใช้สื่อการเรียนรู้การเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ และ 4.3)

ผลการปรับปรุงแก้ไขสื่อการเรียนรู้การเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 ผลคะแนนผลการทดสอบ ขั้นผลการทดสอบที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1) ด้วยสื่อการเรียนรู้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 1 การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดี่ยว (1:1)

ผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน
	คะแนนใบงาน	รวม (100 คะแนน)	(100 คะแนน)
1	90	90	91
2	86	86	86
3	50	50	75
	รวม	75.33	84.00
ประสิทธิภาพชุดประลองแบบเดียว เท่ากับ 75.33/84.00			

4.2 ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 ผลการสังเกตการใช้ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ประเด็นการสังเกต	ผลการสังเกต
การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	นักศึกษายังมีพฤติกรรมที่ไม่มั่นใจในการปฏิบัติในบางขั้นตอน และมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือ

4.3 ผลการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 ผลการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ประเด็น	ประเด็นที่ปรับปรุงแก้ไข
ในขั้นตอนการปฏิบัติบางขั้นตอน	ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนในคู่มือเพิ่มเติมขณะทำการปฏิบัติและแบ่งหน้าที่กันทำอย่างชัดเจน

5) ดำเนินขั้นผลการทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่มี นักเรียนระดับเก่ง 3 คน ระดับปานกลาง 3 คน และระดับอ่อน 3 คน รวม 9 คน โดยกำหนดเกณฑ์ 80/80 โดยนำเสนอผล 2 ประเด็น ประกอบด้วย 5.1) ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) 5.2) ผลการสังเกตการชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและ 5.3) ผลการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 2 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:10) มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 2

ผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน (100 คะแนน)
	คะแนนใบงาน	รวม (100 คะแนน)	
1	82	82	83
2	78	78	79
3	81	81	81
4	78	78	80
5	75	75	76
6	80	80	81
7	73	73	74
8	72	72	74
9	86	86	86
รวม		78.33	79.33
การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม เท่ากับ 78.33/79.33			

5.2 ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ประเด็นการสังเกต	ผลการสังเกต
การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันได้ดี แสดงถึงความร่วมมือและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน อย่างไรก็ตาม ยังพบว่า นักเรียนใช้เวลานานในการวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติ

5.3 ผลการปรับปรุงแก้ไขชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 ผลการปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ประเด็น	ประเด็นที่ปรับปรุงแก้ไข
นักเรียนใช้เวลานานในก่อนลงมือปฏิบัติ	แบ่งหน้าที่และกำหนดขั้นตอนการทำงาน เพื่อเพิ่มความคล่องตัวในการวางแผนก่อนปฏิบัติจริง

6) ดำเนินขั้นผลการทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) เป็นการทดสอบประสิทธิภาพที่ผู้สอน 1 คน จำนวนนักเรียน 30 คน แบบคละความสามารถ โดยกำหนดเกณฑ์ 80/80 โดยนำเสนอผล 3 ประเด็น ประกอบด้วย 6.1) ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) 6.2) ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ 6.3) ผลการปรับปรุงแก้ไขการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 3 เป็นการทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม (1:100) มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-7

ตารางที่ 3-7 ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100)

ผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน (100 คะแนน)
	คะแนนใบงาน	รวม (100 คะแนน)	
1	90	90	91
2	50	50	75
3	82	82	83
4	86	86	86
5	75	75	78
6	88	88	89
7	78	78	79
8	88	88	89
9	85	85	85
10	82	82	83
11	88	88	88
12	81	81	80
13	86	86	86
14	86	86	87
15	78	78	80
16	86	86	87
17	75	75	76
18	85	85	85
19	83	83	84
20	85	85	85
21	72	72	74
22	80	80	81
23	73	73	75
24	83	83	84
25	73	73	74

ตารางที่ 3-7 ผลคะแนนผลการทดสอบขั้นผลการทดสอบที่ 3 การทดสอบประสิทธิภาพภาคสนาม (1:100) (ต่อ)

ผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน (100 คะแนน)
	คะแนนใบงาน	รวม (100 คะแนน)	
26	86	86	86
27	80	80	82
28	83	83	84
29	86	86	87
30	80	80	80
รวม		81.10	82.77
การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม เท่ากับ 81.10/82.77			

6.2 ผลการสังเกตการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังตารางที่ 3-8

ตารางที่ 3-8 ผลการสังเกตการการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ประเด็นการสังเกต	ผลการสังเกต
การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	นักเรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตามขั้นตอน มีความมั่นใจเพิ่มขึ้นในการใช้อุปกรณ์ และการใช้ชุดกิจกรรม

6.3 ผลการปรับปรุงแก้ไขการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบมีรายละเอียดดังตารางที่ 3-9

ตารางที่ 3-9 ผลการปรับปรุงแก้ไขการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ประเด็น	ประเด็นที่ปรับปรุงแก้ไข
นักเรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตามขั้นตอน มีความมั่นใจเพิ่มขึ้นในการใช้อุปกรณ์ และการใช้ชุดกิจกรรม	เสริมกิจกรรมฝึกทักษะเพิ่มเติมและการฝึกปฏิบัติในสถานการณ์จริง เพื่อให้ผู้เรียน มีประสบการณ์ที่หลากหลาย และเพิ่มความมั่นใจในการใช้อุปกรณ์และชุดกิจกรรมอย่างมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบและการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) โดยการการวิเคราะห์ประสิทธิภาพ ใช้สูตรดังนี้ (ชัยยงค์ พรหมวงศ์. 2556)

$$E_1 = \frac{\frac{\Sigma X}{N}}{A} \times 100 \qquad (3\text{-}4)$$

เมื่อ E_1 แทน ประสิทธิภาพของกระบวนการ

ΣX แทน คะแนนรวมของแบบทดสอบหรืองานที่ทำระหว่างเรียน

A แทน คะแนนเต็มของแบบทดสอบระหว่างเรียน

N แทน จำนวนผู้เรียน

$$E_2 = \frac{\frac{\Sigma F}{N}}{B} \times 100 \qquad (3\text{-}5)$$

เมื่อ E_2 แทน ประสิทธิภาพของผลลัพธ์

ΣF แทน คะแนนรวมของผลลัพธ์ของการประเมินหลังเรียน

B แทน คะแนนเต็มของการประเมินหลังเรียนและประเมินงานสุดท้าย

N แทน จำนวนผู้เรียน

ขั้นตอนที่ 4 การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด มีดังนี้ โดยใช้กับกลุ่มตัวอย่าง

ขอบเขตด้านกลุ่มทดลอง ได้แก่ นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568 จำนวน 30 คน

ขอบเขตด้าตัวแปรที่ศึกษา ได้แก่ ผลการใช้สื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิด รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2568

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วย

1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

2 แบบใบสังเกตพฤติกรรมเป็นลักษณะแบบสังเกตุโดยวิธีการ (Rubrics Score) เรื่องการทดสอบแรงบิดเพลากลม

การเก็บรวบรวมข้อมูล รูปแบบการวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง แบบ One-Shot Case Study (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538) ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้วิธีผลการทดสอบโดยการใช้ชุดฝึกทักษะและแบบฝึกทักษะการปฏิบัติงานและทำการเก็บข้อมูลหลังผลการทดสอบ โดยมีแผนผลการทดสอบ ดังนี้

ตารางที่ 3-10 แบบแผนผลการทดสอบ

Group	Pre-test	Treatment	Post-test
R	-	X	T

R หมายถึง กลุ่มตัวอย่าง

X หมายถึง ผลการทดสอบ

T หมายถึง การทดสอบหลังเรียน

1. ทำการชี้แจงการใช้การใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ร่วมกับการเรียนรู้เชิงสถานการณ์กับนักเรียนกลุ่มทดลอง

2. ให้นักเรียนกลุ่มทดลองการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบร่วมกับการเรียนรู้เชิงสถานการณ์ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว เพื่อเก็บข้อมูลหลังจากเรียนวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

3. ให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำใบงาน ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นและผ่านการตรวจสอบคุณภาพแล้ว เพื่อเก็บข้อมูล

4. ให้นักเรียนกลุ่มทดลองทำการทดสอบวัดผลหลังเรียนด้วยการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ(Post-test) โดยใช้แบบฝึกทักษะการปฏิบัติงานเป็นลักษณะแบบสังเกตุโดยวิธีการ (Rubrics Score)

การวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ สถิติที่ใช้ใน การทดสอบคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม โดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test for one sample) ดังนี้ (ชูศรี วงศ์รัตนะ , 2552)

$$t = \frac{\bar{X} - \mu_0}{\frac{s}{\sqrt{n}}} \quad \text{โดยมี} \quad df = n - 1 \qquad (3\text{-}6)$$

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยของกลุ่มตัวอย่าง

μ_0 แทน เกณฑ์ร้อยละ 80

s แทน ความเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

n แทน ขนาดของกลุ่มตัวอย่าง

df แทน ชั้นแห่งความเป็นอิสระ (degree of freedom)

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) ในครั้งนี้ เป็นการวิจัยและพัฒนา (Research and development: R & D) โดยผู้วิจัยนำเสนอผลตามขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

4.2 ผลการออกแบบและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

4.3 ผลผลการทดสอบใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

4.4 ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

4.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

4.6 ผลลัพธ์การเกิดมุมบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาว ที่แตกต่างกัน

4.1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาข้อมูลจากรายงานการบันทึกหลังแผนการจัดการเรียนรู้ รายงานแบบบันทึกผลการเรียนและประเมินผล เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับสภาพ ปัญหาการจัดการเรียนการสอน และวิเคราะห์ข้อมูล โดยการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis) มีผลการดำเนินการวิจัย มีรายละเอียดดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

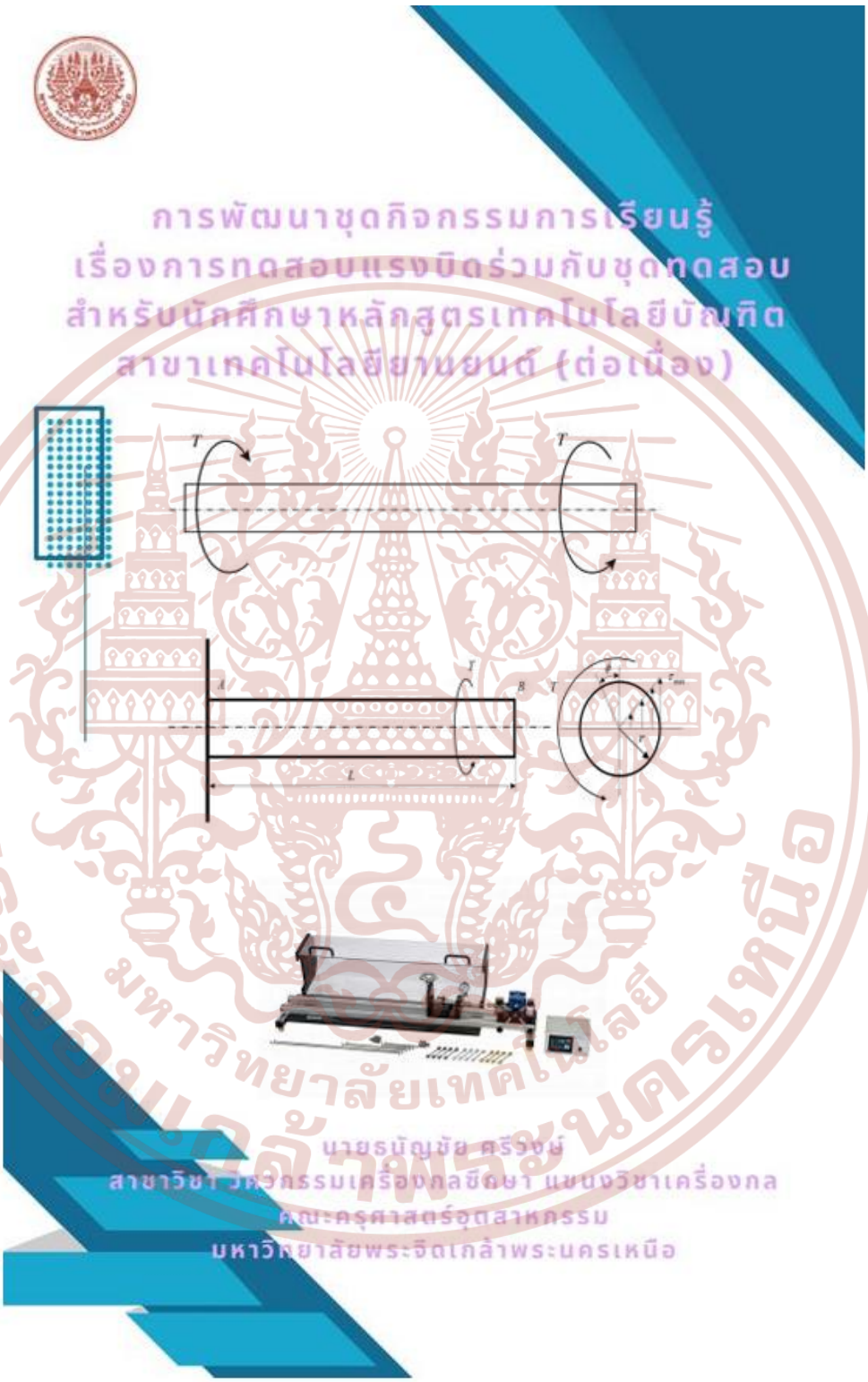
ประเด็นการศึกษา	ผลการศึกษา
1. สภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	นักศึกษาพบปัญหาด้านการเข้าถึงข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทาง เทคโนโลยียานยนต์ โดยเฉพาะนักศึกษาที่อาจไม่มีพื้นฐานที่ดีทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติ ทำให้มองภาพเรื่องของแรงบิดไม่เข้าใจ อีกทั้งการขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ เช่น ชุดทดสอบแรงบิด, เครื่องมือวัดต่าง ๆ และอุปกรณ์เฉพาะทางที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติจริงในห้องเรียนบางครั้งอาจไม่ได้รับการอัปเดตหรือบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ล้าสมัยอาจส่งผลให้ไม่สามารถทดสอบหรือวัดผลได้อย่างแม่นยำทำให้การเรียนการสอนไม่สามารถ สะท้อนผลผลการทดสอบในอุตสาหกรรมจริงได้

ตารางที่ 4-1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อ)

ประเด็นการศึกษา	ผลการศึกษา
2. ผลการเรียนและประเมินผล รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	นักศึกษาขาดการมีส่วนร่วมและไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง การขาดแคลนทรัพยากรที่เพียงพอ เช่น เครื่องมือทดสอบที่ทันสมัย หรืออุปกรณ์ ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบก็เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอนทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพต่ำ
3. แนวทางการแก้ปัญหาการ จัดการเรียนการสอน รายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	การการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นทักษะปฏิบัติของผู้เรียน ครูเป็นผู้ อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีองค์ ความรู้ที่เพิ่มขึ้น พัฒนาทักษะการคิดทางทฤษฎีและทักษะการปฏิบัติได้

4.2 ผลการออกแบบและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ผลการออกแบบและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีรายละเอียดดังภาพที่ 4-1 – 4-9



ภาพที่ 4-1 ชุดกิจกรรมการเรียนรู้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	
วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**

สาระสำคัญของเนื้อหา

สร้างความเข้าใจการคำนวณหาค่าทางทฤษฎีเกี่ยวกับแรงบิดเพลากลมโดยใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายลักษณะของการบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายวิธีการหาแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายวิธีการหาความเค้นเฉือนได้อย่างถูกต้อง
5. คำนวณหาค่าความเค้นเฉือนของเพลากลมของวัสดุแต่ละชนิดเมื่อถูกแรงบิดกระทำตามสมการทางทฤษฎีได้อย่างถูกต้อง
6. ปฏิบัติการทดลองการทดสอบแรงบิดเพลากลมด้วยเครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 ได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหาสาระ

1. การบิดของเพลากลมภายใต้แรงบิด
2. การคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม
3. การใช้เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT มีขอบเขตการใช้งานที่ 30 นิวตัน เมตร ใช้สำหรับการทดสอบแรงบิดของแท่งวัสดุโลหะเพลากลมจนถึงจุดที่วัสดุเสียหาย โดยจะมีการวัดแรงบิดที่ใช้และมุมบิดของแท่งวัสดุทดสอบ สามารถใช้แท่งวัสดุเพลากลมทดสอบที่ต่างกัน โดยสามารถศึกษาข้อมูลของวัสดุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 6 มิลลิเมตร
4. การทดลองหาแรงบิดของวัสดุเพลากลมแต่ละประเภทมีคุณสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน ชนิดวัสดุประเภท วัสดุแท่งโลหะ 1) เหล็กเพลากลม ชนิด SS400 อะลูมิเนียมเพลากลม ชนิด 6061 และสแตนเลสเพลากลม ชนิด 304 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ 4 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร 3) ความยาวของวัสดุขนาด 100 มิลลิเมตร 150 มิลลิเมตร 200มิลลิเมตร และ 250 มิลลิเมตร

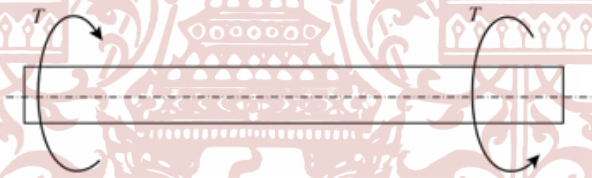
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 4-2 แผนชุดจัดกิจกรรมการเรียนรู้

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	ใบเนื้อหา	1/7

ทฤษฎีการบิดของเพลา

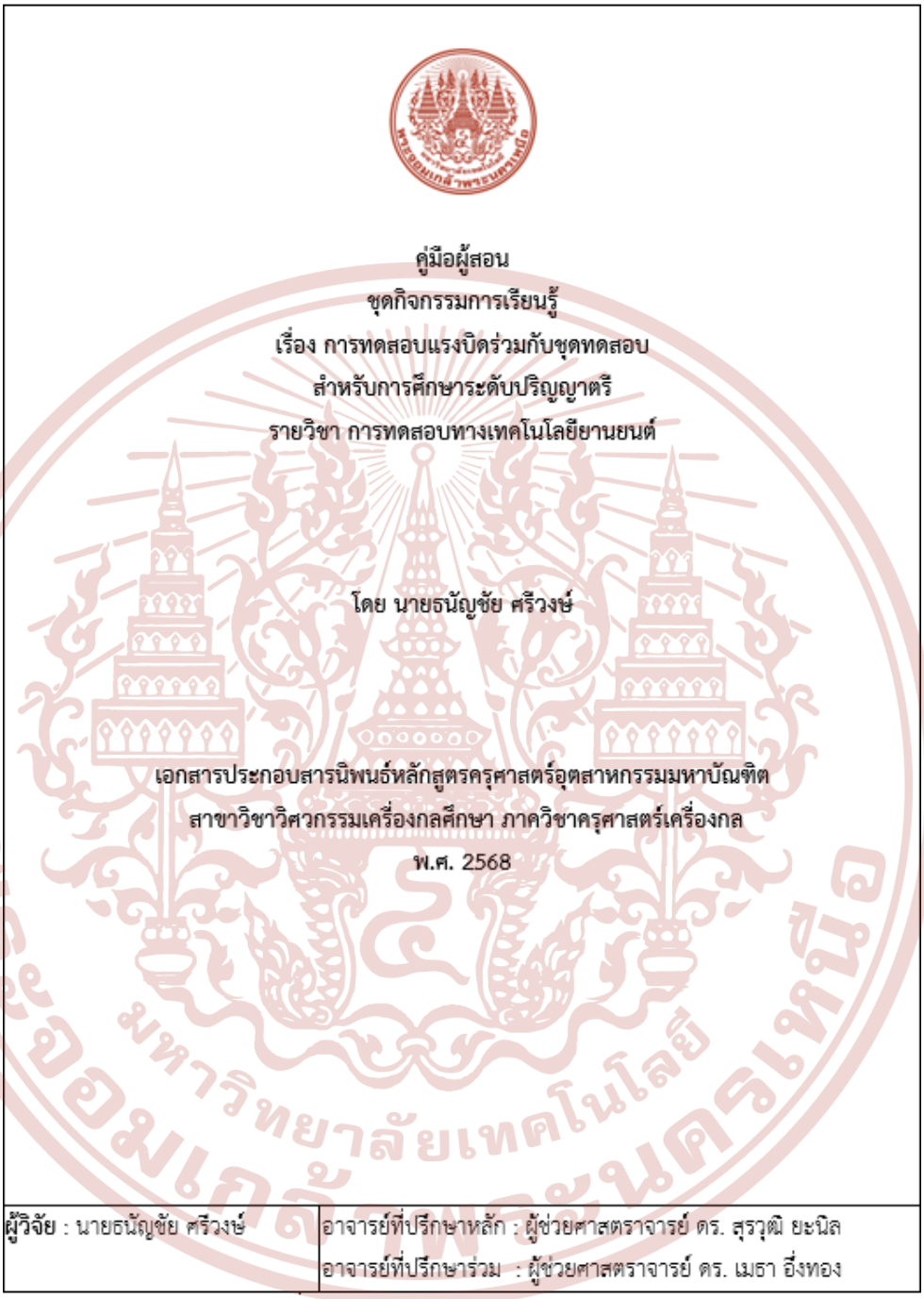
แรงบิด (Torsion) เป็นลักษณะการรับแรงของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้น เมื่อมีแรงบิดกระทำที่ปลายทั้งสองด้านของชิ้นงานในทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้ชิ้นงานเกิดการหมุนรอบแกนตามแนวยาว ดังภาพที่ 1-1 ลักษณะการรับแรงดังกล่าวพบได้บ่อยในชิ้นส่วนทางวิศวกรรม เช่น เพลาเพลากลาง เพลาขับ และเพลาส่งกำลัง ในทางวิศวกรรม แรงบิด คือ โมเมนต์ของแรงที่ทำให้วัตถุมีแนวโน้มหมุนรอบแกน เมื่อแรงบิดกระทำต่อเพลา จะทำให้ภายในเนื้อวัสดุเกิดความเค้นเฉือนและส่งผลให้เพลาเกิดมุมบิดตลอดความยาวของชิ้นงาน โดยขนาดของความเค้นและมุมบิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ขนาดของแรงบิด ความยาวเพลา คุณสมบัติของวัสดุ และลักษณะหน้าตัดของชิ้นงาน ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมการบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ต้องรับการส่งกำลังหมุนให้มีความแข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน



ภาพที่ 1-1 การบิดรอบแกนของชิ้นงาน

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 4-3 ใบเนื้อหา



คู่มือผู้สอน
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้
เรื่อง การทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ
สำหรับการศึกษาระดับปริญญาตรี
รายวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

โดย นายธนัญชัย ศรีวงษ์

เอกสารประกอบสารนิพนธ์หลักสูตรครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
พ.ศ. 2568

ผู้วิจัย : นายธนัญชัย ศรีวงษ์	อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล
	อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. เมธา อึ่งทอง

ภาพที่ 4-4 ใบคู่มือผู้สอน

<table>
<tr><td rowspan="2"></td><td>ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์</td><td colspan="2">วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา</td></tr>
<tr><td>เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม</td><td>ใบมอบหมายงาน</td><td>1/4</td></tr>
<tr><td colspan="4">คำสั่ง 1. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานจนเข้าใจ
2. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ให้พร้อม
3. ปฏิบัติงานตามขั้นตอนของใบมอบหมายงาน</td></tr>
<tr><td colspan="4">วัสดุ/เครื่องมือ/อุปกรณ์</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. ผ้าทำความสะอาด
4. วัสดุชิ้นงานทดสอบ</td></tr>
<tr><td colspan="4">วัสดุชิ้นงานทดสอบ : วัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กเลพากลม ชนิด SS400 อะลูมิเนียมเพลากลม ชนิด 6061 และสแตนเลสชนิดกลม ชนิด 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 มิลลิเมตร 5 มิลลิเมตร และ 6 มิลลิเมตร ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 มิลลิเมตร 150 มิลลิเมตร 200 มิลลิเมตร และ 250 มิลลิเมตร</td></tr>
<tr><td colspan="4"></td></tr>
<tr><td colspan="2">ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด</td><td colspan="2">ผู้วิจัย : นายธนัญชัย ศรีวงษ์</td></tr>
<tr><td colspan="2">สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา</td><td colspan="2">อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล</td></tr>
</table>

ภาพที่ 4-5 ใบมอบหมายงาน

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์		วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม		ใบสังเกตพฤติกรรม	1/3

เกณฑ์การพิจารณาการประเมินการปฏิบัติงานของนักศึกษา แบบ Rubic score

จุดพิจารณา	ระดับการปฏิบัติงาน			
	3	2	1	0
ขั้นเตรียมการปฏิบัติงาน				
1. การเตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์หมายถึง การเตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ ไม่มีการปฏิบัติ
2. เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด	☐ เปิดเครื่องคอมต่อเข้าระบบ	☐ เชื่อมต่อสายจยายสัญญาณ	☐ อุ่นเครื่องรอ 30 นาที	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้
ขั้นกระบวนการปฏิบัติ				
3. นำวัสดุติดตั้งในชุดทดสอบ 1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในชอกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อดังนี้ 1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในชอกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ	**ผู้สอน** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
แขนงวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร.สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 4-6 ใบสังเกตพฤติกรรม

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	1/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 20 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

1. ข้อใดคือความหมายของแรงบิด (Torque) ในทางวิศวกรรม?
   - ก. แรงที่กดลงบนพื้นผิวหน้าตัดของวัตถุ
   - ข. ความสามารถของวัสดุในการต้านทานการขูดขีด
   - ค. แรงที่พยายามดึงวัตถุให้ขยายตัวตามแนวแกน
   - ง. โมเมนต์ที่พยายามทำให้วัตถุหมุนรอบแกนตามยาวของชิ้นงาน
2. หน่วยวัดของแรงบิดในระบบ SI ที่นิยมใช้ในการทดลองคือหน่วยใด?
   - ก. นิวตัน-เมตร (Nm)
   - ข. นิวตัน (N)
   - ค. จูล (J)
   - ง. ปาสกาล (Pa)
3. ความเค้น (Stress) ชนิดใดที่เกิดขึ้นภายในเพลาเมื่อได้รับแรงบิด ?
   - ก. ความเค้นดัด (Bending Stress)
   - ข. ความเค้นดึง (Tensile Stress)
   - ค. ความเค้นอัด (Compressive Stress)
   - ง. ความเค้นเฉือน (Shear Stress)
4. พฤติกรรมการเสียรูปของเพลาเมื่อรับแรงบิดรอบแกนส่งผลให้เกิดสิ่งใด ?
   - ก. ปริมาตรของเพลาลดลงครึ่งหนึ่ง
   - ข. ความยาวของเพลาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
   - ค. เพลาเกิดการงอตัวเข้าหาจุดศูนย์กลาง
   - ง. มุมบิดตัว (Angle of twist) ระหว่างหน้าตัดทั้งสอง

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร.สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 4-7 แบบฝึกหัด

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	ใบกิจกรรม	1/2

ขั้นให้เนื้อหา (Information) การบิดของเพลาภายใต้แรงบิด

คำสั่ง 1. ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้

2. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 40 นาที

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. อธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายลักษณะของการบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน	เครื่องมือ อุปกรณ์
1. ให้ผู้เรียนเข้าใช้งาน AI Google Gemini 2. ให้ผู้เรียนสร้าง Prompt Engineering เกี่ยวกับแรงบิดเพลากลม 2.1 ข้อความ Prompt 1 *"ความหมายของแรงบิดเพลากลม จงอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลม ในทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยอธิบายให้เข้าใจง่ายพร้อมยกตัวอย่างจากงานจริงทางยานยนต์ เช่น เพลาขับรถยนต์"* 2.2 ข้อความ Prompt 2 *"ลักษณะของการบิดเพลากลม จงอธิบายลักษณะการบิดของเพลากลมเมื่อถูกแรงบิดกระทำ โดยอธิบายการกระจายความเค้นเฉือนตั้งแต่แกนกลางถึงผิวเพลา พร้อมอธิบายว่าบริเวณใดมีความเค้นเฉือนมากที่สุด"* 2.3 ข้อความ Prompt 3 *"จงหาความสัมพันธ์แรงบิดกับการใช้งานจริง แรงบิดที่กระทำกับเพลากลมส่งผลต่อการใช้งานจริงอย่างไร หากแรงบิดมากเกินไปจะเกิดผลเสียอย่างไร ยกตัวอย่างจากเพลาขับรถยนต์หรือเพลากระปุกเกียร์"*	1. คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน 2. ระบบอินเตอร์เน็ต 3. AI Google Gemini
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 4-8 ใบกิจกรรม



	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**บันทึกหลังสอน** 1

<u>คำอธิบาย</u> บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนการสอน แต่ละครั้ง สิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องคิดเพื่อดำเนินการวางแผนการจัดการเรียนรู้ว่าเรื่องอะไร จะใช้วิธีใดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามนั้น และจะรู้ได้อย่างไรว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่เป็นจุดใหญ่ของการทำแผนการจัดการเรียนรู้ คือ จุดประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งทั้ง ๓ สิ่งนี้ต้องสอดคล้องสัมพันธ์กัน และที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ครูผู้สอนจะต้องทำ คือ เทคนิคการนำเอาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม หรือที่เรียกว่าจิตพิสัย เข้าไปบูรณาการ ในจุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

2. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

3. การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	ผู้วิจัย : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	อาจารย์ที่ปรึกษา : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ภาพที่ 4-9 บันทึกหลังการสอน

4.2.1 ประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ดังตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\overline{X}$	S.D.	
1. สาระสำคัญของเนื้อหา	**4.89**	**0.32**	มากที่สุด
1.1 การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยเน้นเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเนื้อหา	4.87	0.35	มากที่สุด
1.2 สาระสำคัญครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้	4.87	0.35	มากที่สุด
1.3 สาระสำคัญของเนื้อหามีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา	4.93	0.26	มากที่สุด
2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	**4.77**	**0.53**	มากที่สุด
2.1 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความชัดเจน	4.73	4.73	มากที่สุด
2.2 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้	4.73	4.73	มากที่สุด
2.3 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงถึงผลลัพธ์ของการเรียนรู้ได้	4.60	4.60	มากที่สุด
2.4 วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน	5.00	5.00	มากที่สุด
3. เนื้อหาสาระ	**4.87**	**0.38**	มากที่สุด
3.1 เนื้อหาสาระที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ	4.93	0.26	มากที่สุด
3.2 เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้	4.73	0.59	มากที่สุด
3.3 เนื้อหาสาระครอบคลุมหัวข้อสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้	4.67	0.49	มากที่สุด
3.4 เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
3.5 เนื้อหาสาระตอบสนองความต้องการหรือแนวโน้มในบริบทปัจจุบัน	5.00	0.00	มากที่สุด

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5) (ต่อ)

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		**ระดับความเหมาะสม**
	$\overline{X}$	S.D.	
4. กิจกรรมการเรียนการสอน	**4.88**	**0.33**	มากที่สุด
1. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความชัดเจนและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.87	0.35	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทั้งในเชิงวิเคราะห์และปฏิบัติจริง	4.93	0.26	มากที่สุด
3. กิจกรรมการเรียนการสอนมีการใช้ทรัพยากรหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเรียนรู้	4.80	0.41	มากที่สุด
4. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้เรียน	4.93	0.26	มากที่สุด
5. กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน	4.87	0.35	มากที่สุด
6. กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้	4.87	0.35	มากที่สุด
5. การวัด และ ประเมินผล	**4.91**	**0.29**	มากที่สุด
1. เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.93	0.26	มากที่สุด
2. ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.87	0.35	มากที่สุด
3. เครื่องมือวัดผลมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียน	4.93	0.26	มากที่สุด
6. ใบเนื้อหา	**4.77**	**0.53**	มากที่สุด
1. ใบเนื้อหานำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.73	0.59	มากที่สุด
2. ใบเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้	4.73	0.59	มากที่สุด

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5) (ต่อ)

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		**ระดับความเหมาะสม**
	$\overline{X}$	S.D.	
3. ใบเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้	4.60	0.63	มากที่สุด
4. ใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน	5.00	0.00	มากที่สุด
7. ใบมอบหมายงาน	**4.90**	**0.30**	มากที่สุด
1. ใบมอบหมายงานระบุรายละเอียดของงานที่ต้องทำไว้อย่างชัดเจน	5.00	0.00	มากที่สุด
2. ใบมอบหมายงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้	5.00	0.00	มากที่สุด
3. ใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน	4.73	0.46	มากที่สุด
4. มีระยะเวลากำหนดในใบมอบหมายงานเหมาะสมกับความซับซ้อนของงาน	4.87	0.35	มากที่สุด
8. ใบสั่งงาน	**4.82**	**0.49**	มากที่สุด
1. ใบสั่งงานอ่านและทำความเข้าใจก่อนปฏิบัติงานจริง	4.87	0.35	มากที่สุด
2. ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างมีระบบและปลอดภัย	4.80	0.56	มากที่สุด
3. ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและปฏิบัติงานได้มีคุณภาพ	4.80	0.56	มากที่สุด
9. ใบสังเกตพฤติกรรม	**4.92**	**0.33**	มากที่สุด
1. จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมระบุพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้อย่างชัดเจน	4.93	0.26	มากที่สุด
2. จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.93	0.26	มากที่สุด

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5) (ต่อ)

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		**ระดับความเหมาะสม**
	$\overline{X}$	S.D.	
3. ระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมมีความชัดเจนและเหมาะสม	4.87	0.52	มากที่สุด
4. จุดพิจารณาและระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถและลักษณะของผู้เรียน	4.93	0.26	มากที่สุด
10. ใบตรวจให้คะแนน	**4.81**	**0.39**	มากที่สุด
1. ใบตรวจให้คะแนนระบุน้ำหนักคะแนนการประเมินไว้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.87	0.35	มากที่สุด
2. รายการประเมินในใบตรวจให้คะแนนสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน	4.73	0.46	มากที่สุด
3. ใบตรวจให้คะแนนมีรายการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นสำคัญของขั้นตอนการปฏิบัติงาน	4.87	0.35	มากที่สุด
4. ใบตรวจให้คะแนนมีการระบุคะแนนเต็มและช่องสำหรับบันทึกคะแนนอย่างครบถ้วน	4.73	0.46	มากที่สุด
5. ใบตรวจให้คะแนนสามารถประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานตามที่ระบุไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์	4.87	0.35	มากที่สุด
11. บันทึกหลังจากจัดการเรียนการสอน	**4.63**	**0.61**	มากที่สุด
1. บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน มีความครอบคลุม	4.67	0.62	มากที่สุด
2. บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนมีความสะดวก	4.60	0.63	มากที่สุด
12. คู่มือครู	**4.76**	**0.46**	มากที่สุด
1. คู่มือครูมีการอธิบายเนื้อหาวิชาอย่างชัดเจนและครบถ้วน	4.87	0.35	มากที่สุด
2. คู่มือครูมีแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	4.60	0.63	มากที่สุด

ตารางที่ 4-2 ผลการประเมินความเหมาะสมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=5) (ต่อ)

รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความเหมาะสม
	$\overline{X}$	S.D.	
3. คู่มือครูมีคำแนะนำสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง	4.73	0.46	มากที่สุด
4. คู่มือครูครอบคลุมเนื้อหาและแนวทางที่จำเป็นสำหรับการสอน	4.80	0.41	มากที่สุด
5. คู่มือครูมีรูปแบบที่ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริง	4.80	0.41	มากที่สุด
13. สื่อการเรียนรู้	**4.80**	**0.40**	มากที่สุด
1. สื่อนำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย	4.87	0.35	มากที่สุด
2. สื่อสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้	4.73	0.46	มากที่สุด
3. สื่อครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้	4.87	0.35	มากที่สุด
4. สื่อใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน	4.73	0.46	มากที่สุด
รวม	**4.83**	**0.42**	มากที่สุด

จากตารางที่ 4-2 ผลการศึกษาความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.83, S.D. = 0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ใบสังเกตพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.33) รองลงมา คือ การวัดและประเมินผลอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.91, S.D. = 0.29) และใบมอบหมายงาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.90, S.D. = 0.30) ตามลำดับ

ด้านสาระสำคัญของเนื้อหา พบว่า ด้านสาระสำคัญของเนื้อหามีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.89, S.D. = 0.39) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ สาระสำคัญของเนื้อหามีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26) รองลงมา คือ สาระสำคัญครอบคลุม

วัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) และ การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยเน้นเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) ตามลำดับ

ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พบว่า ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.77, S.D. = 0.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความชัดเจนและ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.59) และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงถึงผลลัพธ์ของการเรียนรู้ได้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.63) ตามลำดับ

ด้านเนื้อหาสาระพบว่า ด้านเนื้อหาสาระ มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.38) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนและเนื้อหาสาระตอบสนองความต้องการหรือแนวโน้มในบริบทปัจจุบัน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ เนื้อหาสาระที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26) และเนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.59) และเนื้อหาสาระครอบคลุมหัวข้อสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.49) ตามลำดับ

ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนพบว่า ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.88, S.D. = 0.33) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ กิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทั้งในเชิงวิเคราะห์และปฏิบัติจริง และกิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด($\overline{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26) รองลงมา คือ กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนและ กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้และ กิจกรรมการเรียนการสอนมีความชัดเจนและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) และกิจกรรมการเรียนการสอนมีการใช้ทรัพยากรหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.41) ตามลำดับ

ด้านการวัดและประเมินผลพบว่า ด้านการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.91, S.D. = 0.29) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า

รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเครื่องมือวัดผลมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26) รองลงมา คือ ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) ตามลำดับ

ด้านใบเนื้อหาพบว่า ด้านใบเนื้อหา มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.77, S.D. = 0.53) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ ใบเนื้อหานำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายและใบเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.59) และ ใบเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.63) ตามลำดับ

ด้านใบมอบหมายงานพบว่า ด้านใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.90, S.D. = 0.30) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบมอบหมายงานระบุรายละเอียดของงานที่ต้องทำไว้อย่างชัดเจน และใบมอบหมายงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 5.00, S.D. = 0.00) รองลงมา คือ มีระยะเวลากำหนดในใบมอบหมายงานเหมาะสมกับความซับซ้อนของงาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) และใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73, S.D. = 0.46) ตามลำดับ

ด้านใบสั่งงานพบว่า ด้านใบสั่งงานมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.82, S.D. = 0.49) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบสั่งงานอ่านง่ายและทำความเข้าใจได้ก่อนปฏิบัติงานจริง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) รองลงมา ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างมีระบบและปลอดภัย ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและปฏิบัติงานได้มีคุณภาพ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.56) ตามลำดับ

ด้านใบสังเกตพฤติกรรมพบว่า ด้านใบสังเกตพฤติกรรมมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.33) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมระบุพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้อย่างชัดเจน จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และจุดพิจารณาและระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถและลักษณะของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ใน

ระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.93, S.D. = 0.26) รองลงมา คือ ระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมมีความชัดเจนและเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.52) ตามลำดับ

ด้านใบตรวจให้คะแนนพบว่า ด้านใบตรวจให้คะแนนมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.81, S.D. = 0.31) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบตรวจให้คะแนนระบุน้ำหนักคะแนนการประเมินไว้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย ใบตรวจให้คะแนนมีรายการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นสำคัญของขั้นตอนการปฏิบัติงาน และใบตรวจให้คะแนนสามารถประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานตามที่ระบุไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) รองลงมา คือ รายการประเมินในใบตรวจให้คะแนนสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงานและ ใบตรวจให้คะแนนมีการระบุคะแนนเต็มและช่องสำหรับบันทึกคะแนนอย่างครบถ้วน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4 .73, S.D. = 0.46) ตามลำดับ

ด้านบันทึกหลังการสอน พบว่า ด้านบันทึกหลังการสอนมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.61) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน มีความครอบคลุม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.62) รองลงมา คือ บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนมีความสะดวก มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60, S.D. = 0.63) ตามลำดับ

ด้านคู่มือครู พบว่า ด้านคู่มือครูมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.76, S.D. = 0.0.46) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ คู่มือครูมีการอธิบายเนื้อหาวิชาอย่างชัดเจนและครบถ้วน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) รองลงมา คือ คู่มือครูครอบคลุมเนื้อหาและแนวทางที่จำเป็นสำหรับการสอน และคู่มือครูมีรูปแบบที่ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริงในชั้นเรีย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4 .80, S.D. = 0.41) รองลงมา คือ คู่มือครูมีคำแนะนำสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.73 S.D. = 0.46) และ คู่มือครูมีแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.60 S.D. = 0.63) ตามลำดับ

ด้านสื่อการเรียนรู้ พบว่า ด้านสื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.80, S.D. = 0.40) เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า สื่อนำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย และ สื่อครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด($\overline{X}$ = 4.87, S.D. = 0.35) รองลงมา คือ สื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

ที่กำหนดไว้ และสื่อใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4 .73, S.D. = 0.46) ตามลำดับ

4.3 ผลผลการทดสอบใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ผลการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 ผลการหาประสิทธิภาพชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

คะแนน	จำนวนนักเรียน	คะแนน		%	เกณฑ์ที่กำหนด
		คะแนนเต็ม	คะแนนเฉลี่ย		
กระบวนการ (E_1)	30	100	81.10	81.10	80
ผลลัพธ์ (E_2)		100	82.77	82.77	80

จากตารางที่ 4.3 พบว่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ของกระบวนการ (E_1) มีค่าเท่ากับ 81.10 ประสิทธิภาพของผลลัพธ์ (E_2) มีค่าเท่ากับ 82.77 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

4.4 ผลการใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานของนักศึกษาที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

ทักษะการปฏิบัติงานของ	n	$\overline{X}$	S.D.	t	df	P-Value
นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม	30	86.57	3.50	10.275	29	0.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากตารางที่ 4-4 ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ จำนวน 30 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 86.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.50 เมื่อทดสอบสมมติฐานการวิจัย พบว่า นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มีทักษะการปฏิบัติงานเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t= 10.275, df= 29, p=0.00)

4.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ดังตารางที่ 4-5

ตารางที่ 4-5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ (n=30)

รายการประเมิน	**ผลการประเมิน**		**ระดับความพึงพอใจ**
	$\overline{X}$	S.D.	
1. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมได้ดีขึ้น	4.63	0.49	มากที่สุด
2. กิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลาชัดเจนตามขั้นตอน	4.23	0.63	มาก
3. ใบเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน	4.27	0.69	มาก
4. แบบฝึกหัด ตรงตามเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน	4.07	0.78	มาก
5. ใบมอบหมายงานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้	4.07	0.74	มาก
6. ใบสั่งงานมีเกณฑ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เข้าใจง่าย	4.10	0.66	มาก

ตารางที่ 4-5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ (n=30) (ต่อ)

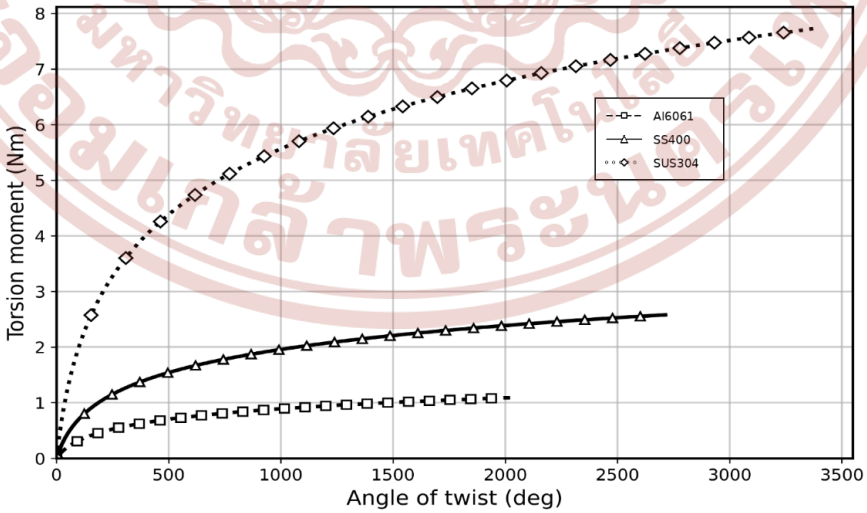
รายการประเมิน	ผลการประเมิน		ระดับความพึงพอใจ
	$\overline{X}$	S.D.	
7. เกณฑ์และวิธีการให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน	4.10	0.76	มาก
8. สื่อ มีความชัดเจนเข้าใจง่าย	4.13	0.82	มาก
9. ผู้สอนอธิบายวิธีการปฏิบัติงานและเกณฑ์ให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน	4.40	0.62	มาก
10. ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ดูแลเอาใจใส่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงและไม่เลือกปฏิบัติ	4.40	0.67	มาก
ผลรวม	**4.24**	**0.70**	มาก

จากตารางที่ 4-5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ พบว่า โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.24, S.D. = 0.70) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักศึกษาปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมได้ดีขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) รองลงมา คือ ผู้สอนอธิบายวิธีการปฏิบัติงานและเกณฑ์ให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.62) ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ดูแลเอาใจใส่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงและไม่เลือกปฏิบัติ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.67) ใบเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.27, S.D. = 0.69) กิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลาชัดเจนตามขั้นตอน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.23, S.D. = 0.63) สื่อ มีความชัดเจนเข้าใจง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.13, S.D. = 0.82) ใบสั่งงานมีเกณฑ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เข้าใจง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.66) เกณฑ์และวิธีการให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.10, S.D. = 0.76) ใบมอบหมายงานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.07, S.D. = 0.74) แบบฝึกหัด ตรงตามเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจ

ง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.07, S.D. = 0.78) ตามลำดับ

4.6 ผลลัพธ์การทดสอบของวัสดุ

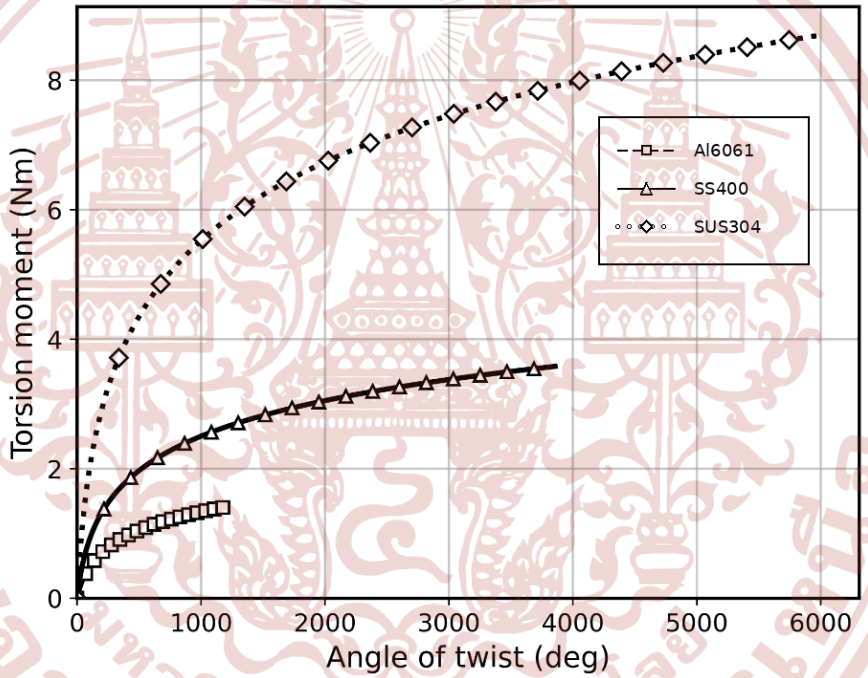
4.6.1 ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุต่างชนิด จากภาพที่ 4-10 ถึงภาพที่ 4-13 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากการทดสอบ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 7.73 N.m ที่มุมบิด 3,379 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.58 N.m ที่มุมบิด 2,713 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.09 N.m ที่มุมบิด 2,021 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-6



ภาพที่ 4-10 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm

ตารางที่ 4-6 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL606 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	1.09	2,021
SS400	2.58	2,713
SUS304	7.73	3,379



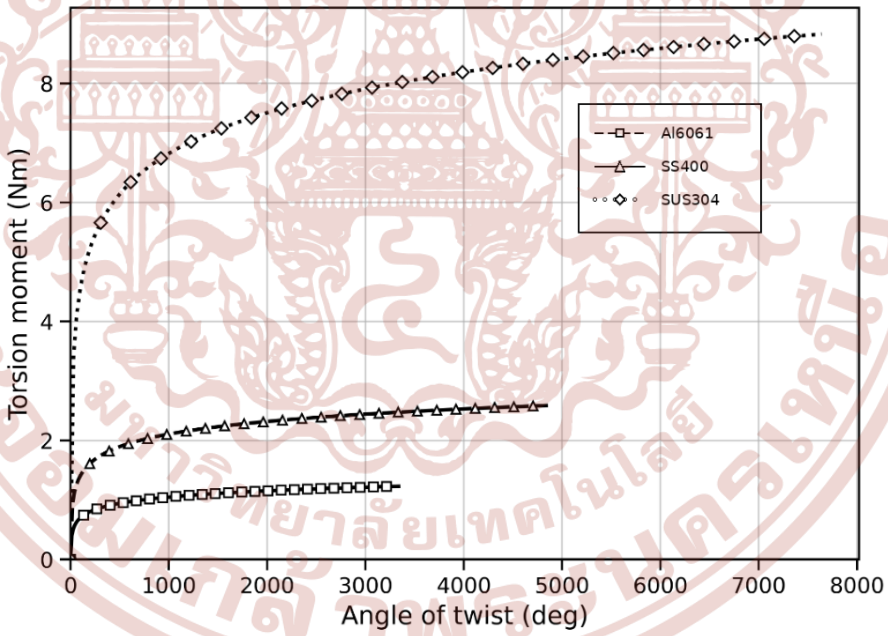
ภาพที่ 4-11 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 150 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.58 N.m ที่มุมบิด 2,021 องศา วัสดุเหล็กหล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 3.58 N.m ที่มุมบิด 3,857 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด Al6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดประมาณ 1.42

N.m ที่มุมบิด 1,230 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	1.42	1,230
SS400	3.58	3,857
SUS304	8.70	6,010



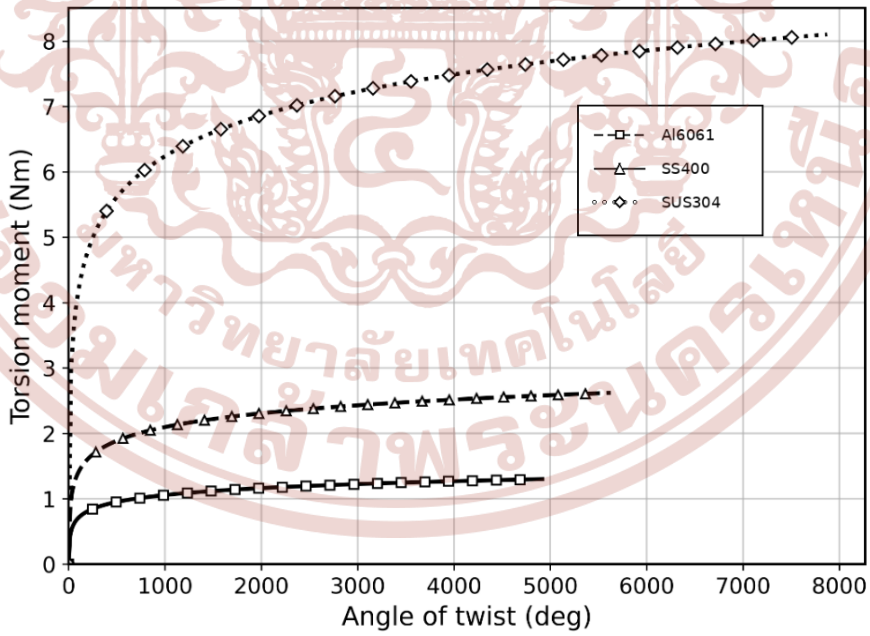
ภาพที่ 4-12 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 200 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมี

ความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 8.83 N.m ที่มุมบิด 7,638 วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.59 N.m ที่มุมบิด 4,882 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.23 N.m ที่มุมบิด 3,336 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-8

ตารางที่ 4-8 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	1.23	3,336
SS400	2.59	4,882
SUS304	8.83	7,638



ภาพที่ 4-13 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุขนาด 250 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 8.10 N.m ที่มุมบิด 7,873 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.62 N.m ที่มุมบิด 5,627 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.30 N.m ที่มุมบิด 4,915 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-9

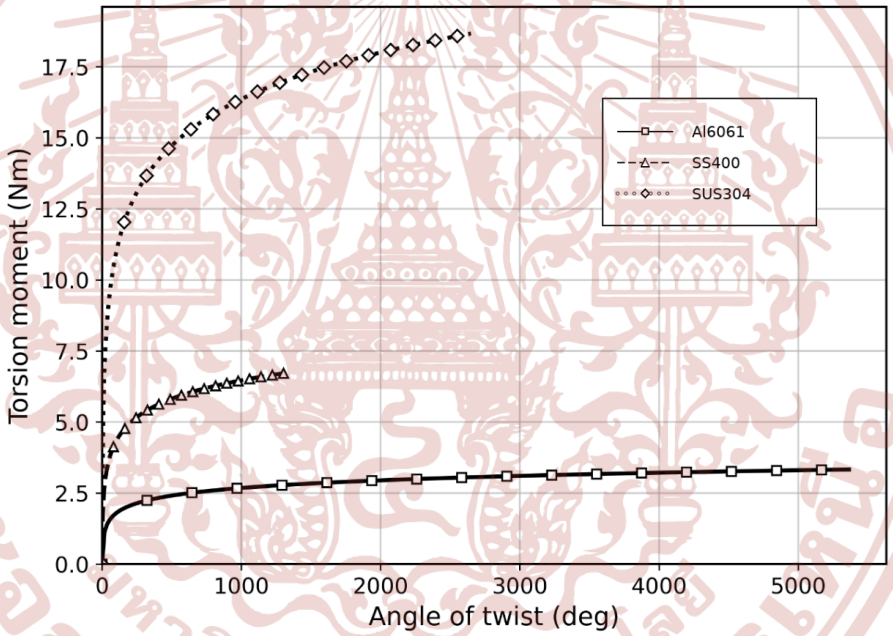
ตารางที่ 4-9 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	1.30	4,915
SS400	2.62	5,627
SUS304	8.10	7,873

จากผลการทดสอบแรงบิดของเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ผลการทดสอบแรงบิดของเพลากลมขนาด 4 mm พบว่าเมื่อมุมบิดเพิ่มขึ้น ค่าแรงบิดจะเพิ่มขึ้นตามลำดับในทุกวัสดุ โดยวัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุด รองลงมาคือ เหล็กกล้า ชนิด SS400 และแรงบิดต่ำที่สุดคือ อะลูมิเนียมอัลลอย AL6061 เมื่อพิจารณาผลของความยาวเพลา พบว่าเพลาที่มีความยาวมากขึ้นจะเกิดมุมบิดมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการบิดของเพลากลมที่ระบุว่ามุมบิดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของเพลา

4.6.2 ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุต่างชนิด จากภาพที่ 4-14 ถึงภาพที่ 4-17 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการ

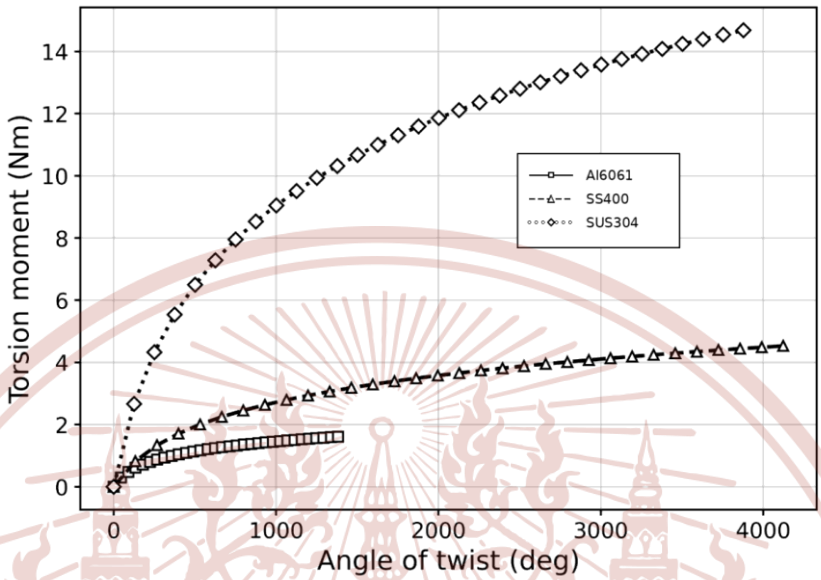
ทดสอบ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 18.67 N.m ที่มุมบิด 2,649 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.75 N.m ที่มุมบิด 1,353 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด Al6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 3.33 N.m ที่มุมบิดเท่ากับ 5,364 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-10



ภาพที่ 4-14 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm

ตารางที่ 4-10 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	3.33	5,364
SS400	6.75	1,353
SUS304	18.67	2,649

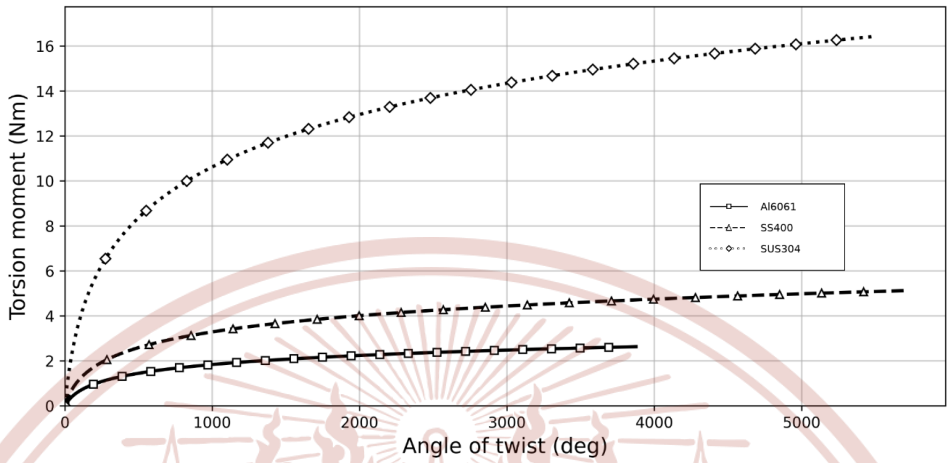


ภาพที่ 4-15 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 150 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้าชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างโดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 14.68 N.m ที่มุมบิด 3,879 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 4.53 N.m ที่มุมบิด 4,123 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.61 N.m ที่มุมบิด 1,381 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-11

ตารางที่ 4-11 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	1.61	1,381
SS400	4.53	4,123
SUS304	14.68	3,879

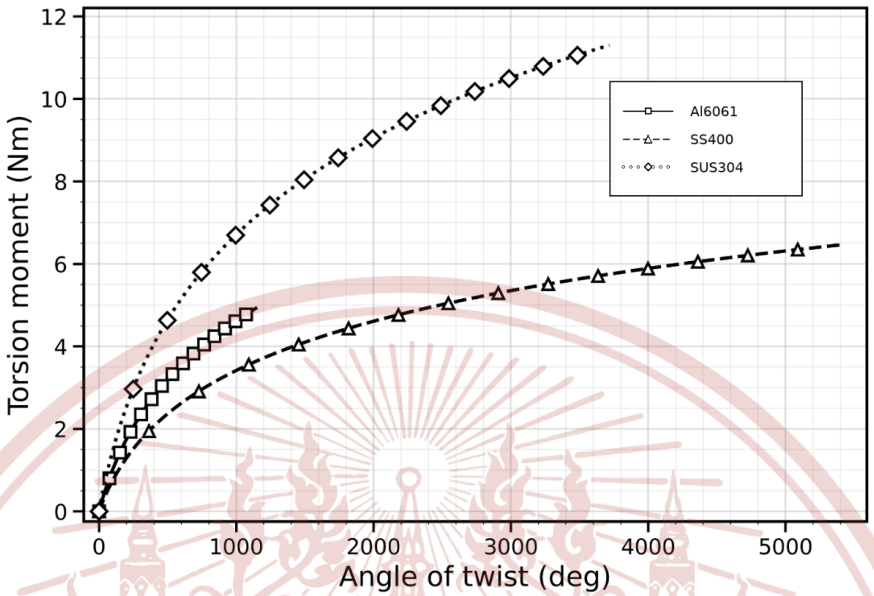


ภาพที่ 4-16 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 200 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้าชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 16.43 N.m ที่มุมบิด 5,498 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 5.12 N.m ที่มุมบิด 5,692 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 2.63 N.m ที่มุมบิด 3,875 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-12

ตารางที่ 4-12 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	2.63	3,875
SS400	5.12	5,692
SUS304	16.43	5,498



ภาพที่ 4-17 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุขนาด 250 mm

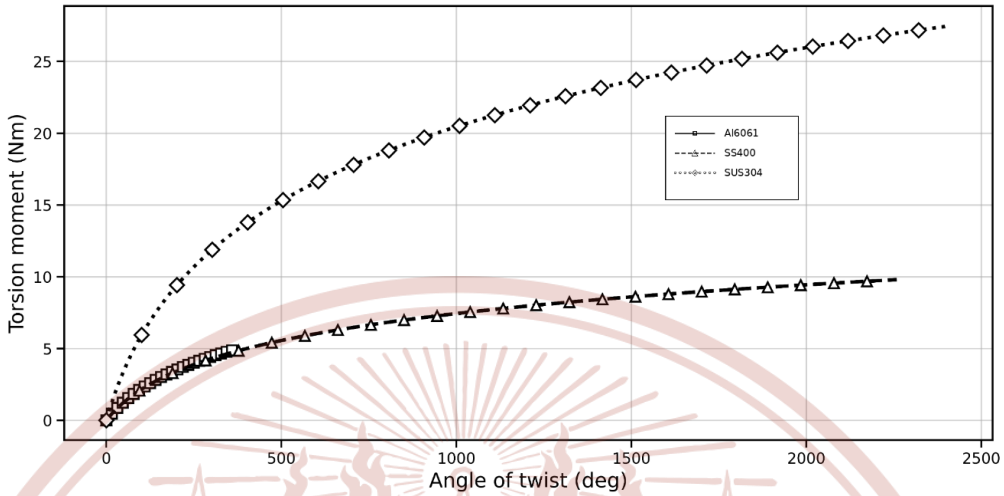
ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้าชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 11.30 N.m ที่มุมบิด 3,718 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.47 N.m ที่มุมบิด 5,429 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 4.92 N.m ที่มุมบิด 1,142 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-13

ตารางที่ 4-13 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	4.92	1,124
SS400	6.47	5,429
SUS304	11.30	3,718

ผลการทดสอบแรงบิดของเพลากลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm พบว่าแนวโน้มของแรงบิดมีลักษณะคล้ายกับของขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm แต่ค่าแรงบิดสูงสุดเพิ่มขึ้น เนื่องจากขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลามีขนาดใหญ่ขึ้น วัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ยังคงมีความสามารถในการรับแรงบิดสูงที่สุด ในขณะที่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 มีค่าการรับแรงบิดในระดับปานกลาง และอะลูมิเนียมอัลลอย AL6061 มีค่าการรับแรงบิดต่ำที่สุด แต่สามารถเกิดมุมบิดได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการบิดของเพลากลมที่ระบุว่ามุมบิดมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความยาวของเพลา

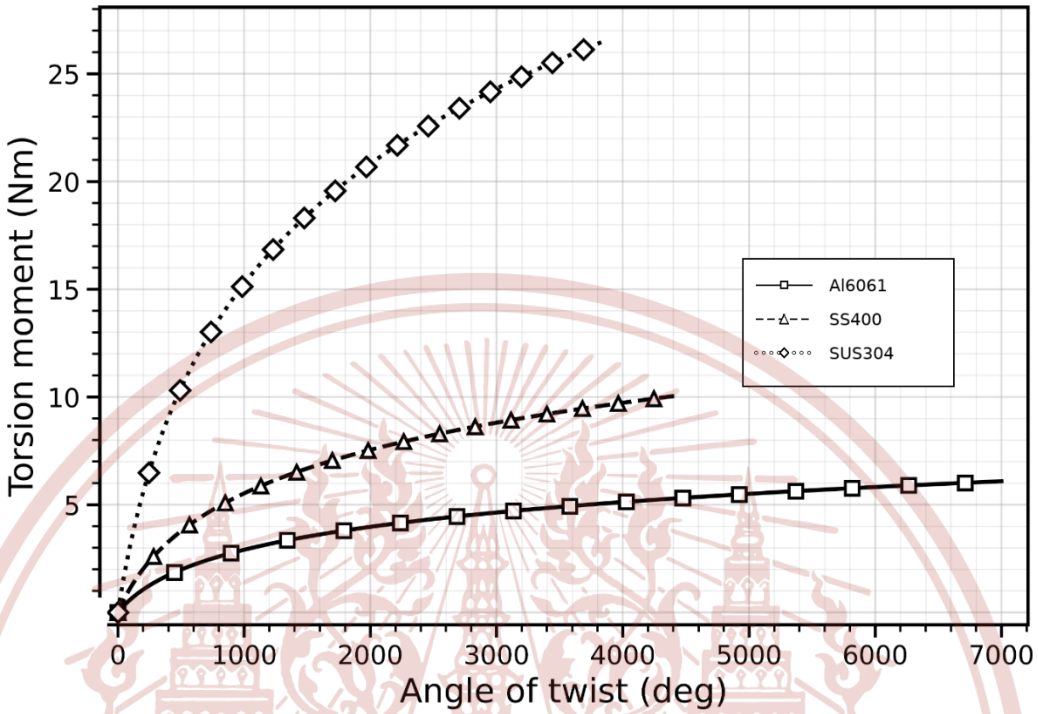
4.6.3 ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุต่างชนิด จากภาพที่ 4-18 ถึงภาพที่ 4-21 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 27.49 N.m ที่มุมบิด 2,412 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.80 N.m ที่มุมบิด 2,258 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 4.98 N.m ที่มุมบิด 373 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-14



ภาพที่ 4-18 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm

ตารางที่ 4-14 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	4.98	373
SS400	9.80	2,258
SUS304	27.49	2,412

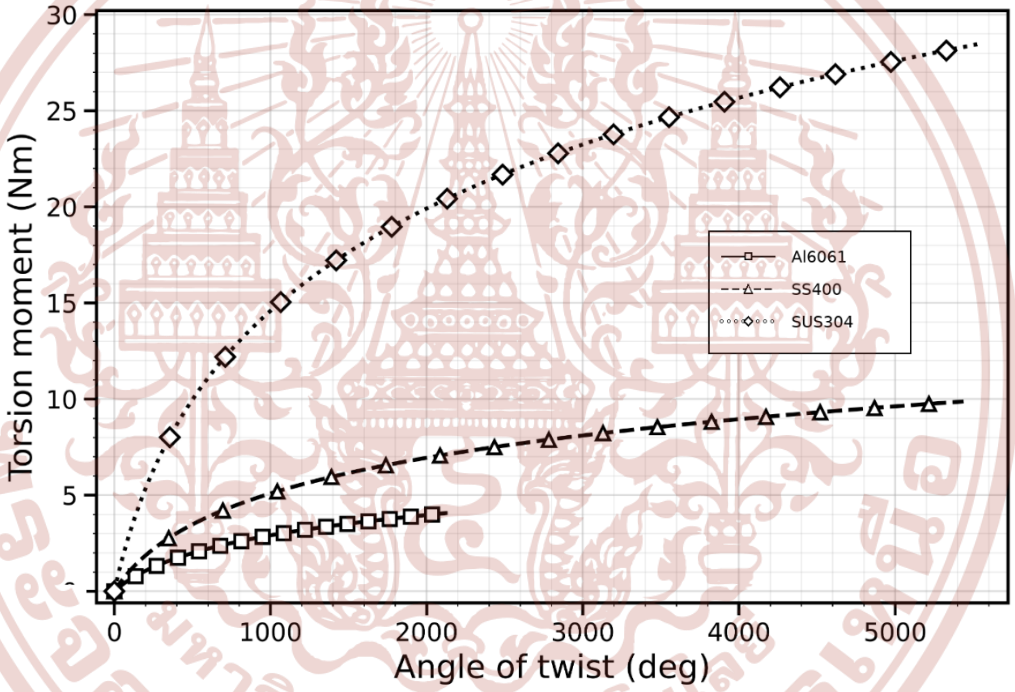


ภาพที่ 4-19 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 150 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้าชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 26.50 N.m ที่มุมบิด 3,846 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 10.06 N.m ที่มุมบิด 4,428 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 6.09 N.m ที่มุมบิด 7,000 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-15

ตารางที่ 4-15 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	6.09	7,000
SS400	10.06	4,428
SUS304	26.50	3,846



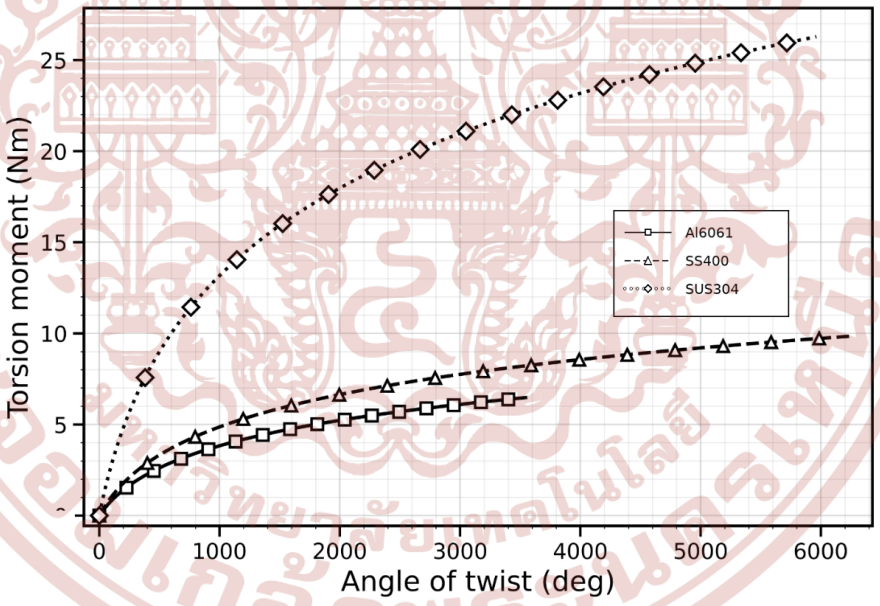
ภาพที่ 4-20 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 200 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 28.50 N.m ที่มุมบิด 5,556 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.87 N.m ที่มุมบิด 5,439 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุด

เท่ากับ 4.06 N.m ที่มุมบิด 2122 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-16

ตารางที่ 4-16 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	4.06	2,122
SS400	9.87	5,439
SUS304	28.50	5,556



ภาพที่ 4-21 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุขนาด 250 mm

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุ พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถ

รับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 26.27 N.m ที่มุมบิด 5,962 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.84 N.m ที่มุมบิด 6,241 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 6.47 N.m ที่มุมบิด 3,546 องศา เมื่อพิจารณาผลลัพธ์ของการรับแรงบิดพบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 มีความสามารถในการรับแรงบิดและการเสียรูปจากการบิดได้ดีกว่าวัสดุชนิดอื่น ดังตารางที่ 4-17

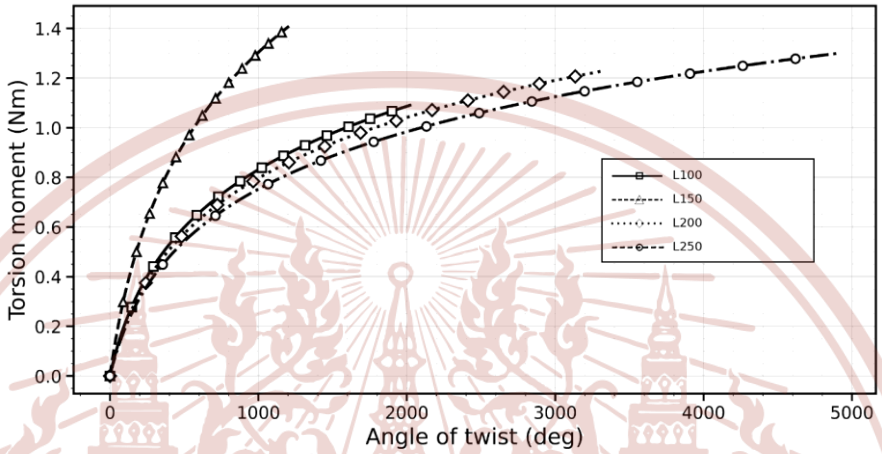
ตารางที่ 4-17 ผลลัพธ์ของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm

วัสดุ	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
AL6061	6.47	3,546
SS400	9.84	6,241
SUS304	26.27	5,962

ผลการทดสอบแรงบิดของเพลากลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm พบว่าค่าแรงบิดสูงสุดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนเมื่อเปรียบเทียบกับเพลาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm และ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm เนื่องจากพื้นที่หน้าตัดของเพลามีขนาดใหญ่ขึ้น ทำให้สามารถต้านทานแรงบิดได้มากขึ้น ในทุกความยาวของเพลา วัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 แสดงค่าการรับแรงบิดสูงที่สุด รองลงมาคือ เหล็กกล้า ชนิด SS400 และต่ำที่สุดคือ อะลูมิเนียมอัลลอย AL6061 ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความแตกต่างของคุณสมบัติทางกลของวัสดุแต่ละชนิด

4.6.4 ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-22 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่า วัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm สามารถรับค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น โดยช่วงเริ่มต้นมีการเพิ่มขึ้นของแรงบิดอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm และ 150 mm มีความสามารถในการรับแรงบิดสูงกว่าเมื่อเทียบกับเพลาที่มีความยาว 200 mm และ 250 mm นอกจากนี้เพลาที่มีความยาวมากขึ้นจะแสดงค่ามุมบิดที่สูงขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความแข็งแรงต่อการบิดที่ลดลงตามความยาวของเพลา ดังนั้นในเชิงการออกแบบทางวิศวกรรม เพลากลมที่มีความยาวสั้นจะให้ความ

แข็งแกร่งต่อแรงบิดมากกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะมีความสามารถในการบิดตัวได้มากกว่าแต่รับแรงบิดสูงสุดได้ต่ำกว่า ดังตารางที่ 4-18



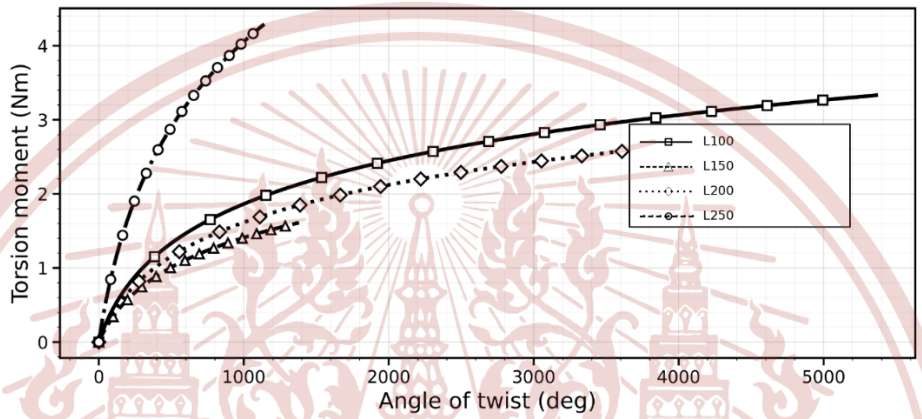
ภาพที่ 4-22 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm

ตารางที่ 4-18 ผลลัพธ์ของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	1.09	2,021
L150	1.42	1,230
L200	1.23	3,336
L250	1.30	4,915

4.6.5 ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-23 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบแรงบิดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาวมากขึ้นจะมีแนวโน้มเกิดมุมบิดได้มากกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาวสั้นกว่าจะสามารถรับแรงบิดได้สูงกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน โดยพบว่าความยาว 100 mm มีค่าความสามารถในการรับแรงบิดสูงสุด รองลงมาคือ 200 mm และ 150

mm ตามลำดับ ในขณะที่ 250 mm แสดงค่ามุมบิดที่สูงแต่มีความแข็งแรงต่อแรงบิดต่ำกว่าเล็กน้อย จากพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ความยาวของเพลามีผลโดยตรงต่อความแข็งแกร่งต่อการบิด โดยซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางกลศาสตร์ของวัสดุ กล่าวคือเพลาที่สั้นกว่าจะมีความแข็งแรงต่อการบิดมากกว่าเพลาที่มีความยาวมากกว่า ดังตารางที่ 4-19



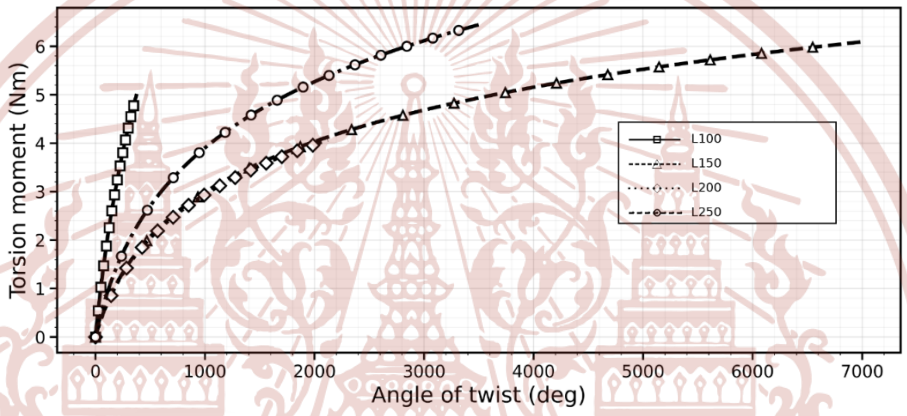
ภาพที่ 4-23 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm

ตารางที่ 4-19 ผลลัพธ์ของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	3.33	5,364
L150	1.61	1,381
L200	2.63	3,875
L250	4.29	1,142

4.6.6 ผลลัพธ์ผลการทดสอบอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-24 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงในช่วงมุมบิดต่ำ แสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ในขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm 200 mm

และ 250 mm จะสามารถเกิดมุมบิดได้มากกว่าแต่ต้องใช้แรงบิดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แสดงให้เห็นว่าความยาว 250 mm สามารถเกิดมุมบิดได้สูงที่สุดก่อนถึงค่าการรับแรงบิดสูงสุด ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้นตามความยาวของชิ้นงาน ดังนั้นในเชิงการออกแบบทางวิศวกรรม เพลากลมที่มีเส้น ผ่านศูนย์กลาง 6 mm และความยาวสั้นจะให้ความแข็งแรงต่อแรงบิดสูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะมีความยืดหยุ่นต่อการบิดมากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาว ดังตารางที่ 4-20



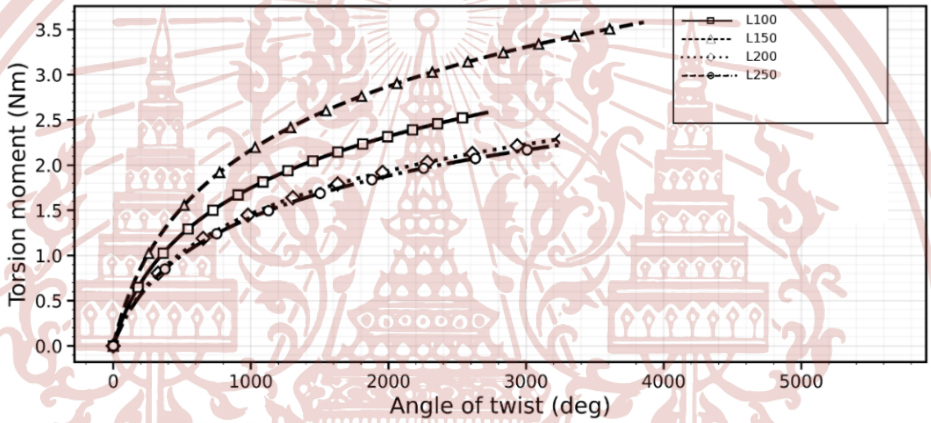
ภาพที่ 4-24 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm

ตารางที่ 4-20 ผลลัพธ์ของวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	4.98	374
L150	6.09	7,000
L200	4.06	2,122
L250	6.47	3,546

4.6.7 ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้า ชนิด SS400 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-25 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่องโดยช่วงต้นของแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้น

ทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน แสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 200 mm และ 250 mm จะแสดงค่ามุมบิดที่มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พบว่าความยาว 150 mm มีแนวโน้มให้ค่าแรงบิดสูงสุดในช่วงการทดสอบ ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการรับแรงบิดที่ดีของวัสดุในช่วงความยาวดังกล่าว โดยสรุป ความยาวของเพลามีผลต่อความแข็งแกร่งต่อการบิดตามหลักกลศาสตร์ของวัสดุ กล่าวคือเพลาที่มีความยาวสั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูงกว่าเพลาที่มีความยาวมากกว่า ดังตารางที่ 4-21



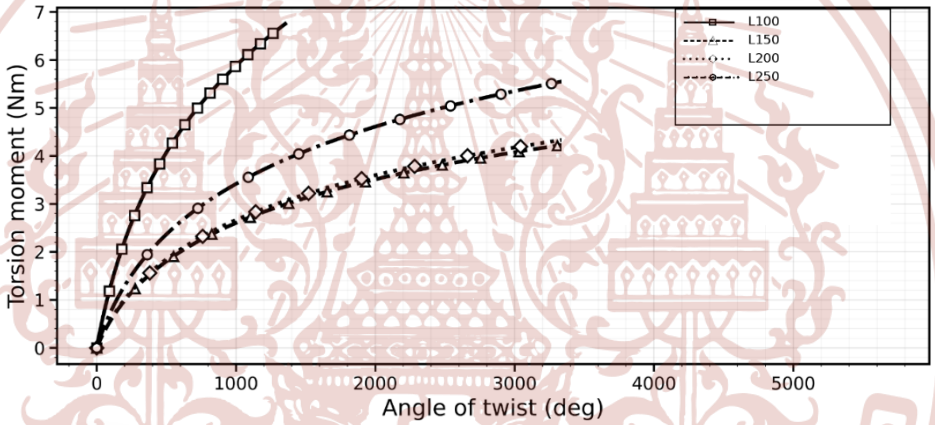
ภาพที่ 4-25 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm

ตารางที่ 4-21 ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	2.58	2,713
L150	3.58	3,857
L200	2.59	4,882
L250	2.62	5,627

4.6.8 ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้า ชนิด SS400 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-26 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่องโดยในช่วง

ต้นของการทดสอบค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดแสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่มากกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm 200 mm และ 250 mm จะแสดงค่ามุมบิดที่มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความยืดหยุ่นต่อการบิดที่เพิ่มขึ้น จากผลผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ความยาวของเพลามีผลโดยตรงต่อความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่มีความยาวสั้นจะมีความสามารถในการรับแรงบิดได้สูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะเกิดการบิดตัวได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน ดังตารางที่ 4-22



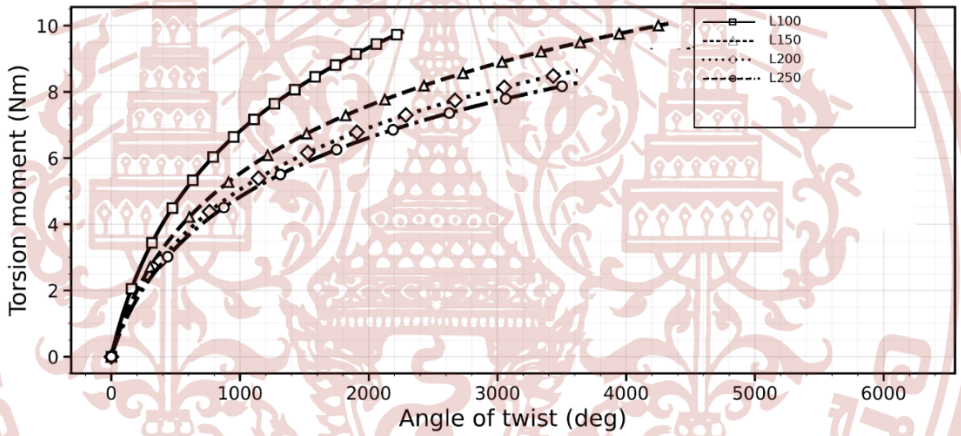
ภาพที่ 4-26 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm

ตารางที่ 4-22 ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	6.75	1,353
L150	4.53	4,124
L200	5.12	5,692
L250	6.47	5,429

4.6.9 ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้า ชนิด SS400 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-27 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm

200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงต้นของกราฟมีการเพิ่มขึ้นของแรงบิดอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดแสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาวมากขึ้น 150 mm 200 mm และ 250 mm จะมีค่ามุมบิดที่สูงขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่มากขึ้น จากผลผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ความยาวของเพลามีผลโดยตรงต่อค่าความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะสามารถรับแรงบิดได้สูงกว่า ในขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะมีความยืดหยุ่นต่อการบิดมากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน ดังตารางที่ 4-23



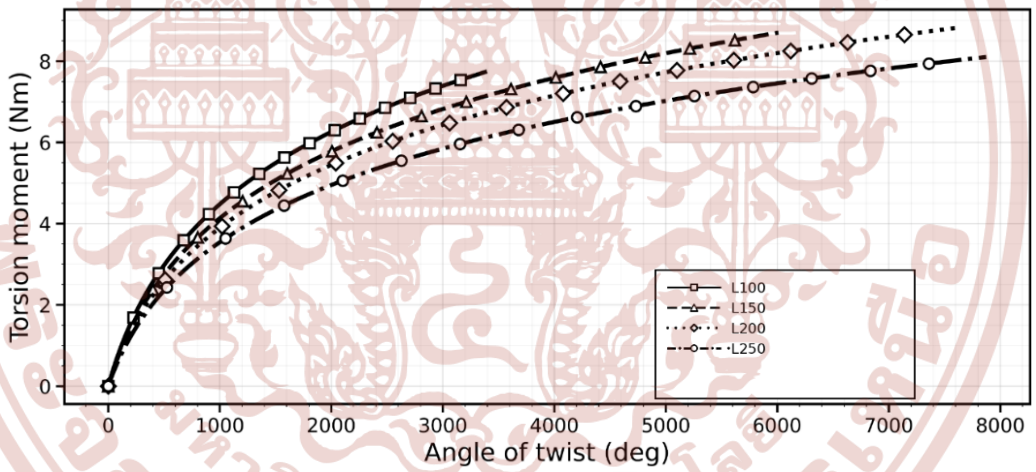
ภาพที่ 4-27 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SS400 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm

ตารางที่ 4-23 ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	9.80	2,258
L150	10.06	4,328
L200	9.87	5,439
L250	9.84	6,241

4.6.10 ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-28

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน แสดงถึงค่าความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ในขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm 200 mm และ 250 mm จะแสดงค่ามุมบิดที่มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าวัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับการบิดตัวได้ในช่วงมุมบิดที่กว้างโดยยังคงรับแรงบิดได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับคุณสมบัติความเหนียวและความสามารถในการเสียรูปของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ดังนั้นในเชิงวิศวกรรม ความยาวของเพลามีผลต่อความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวจะสามารถเกิดการบิดตัวได้มากกว่า ดังตารางที่ 4-24

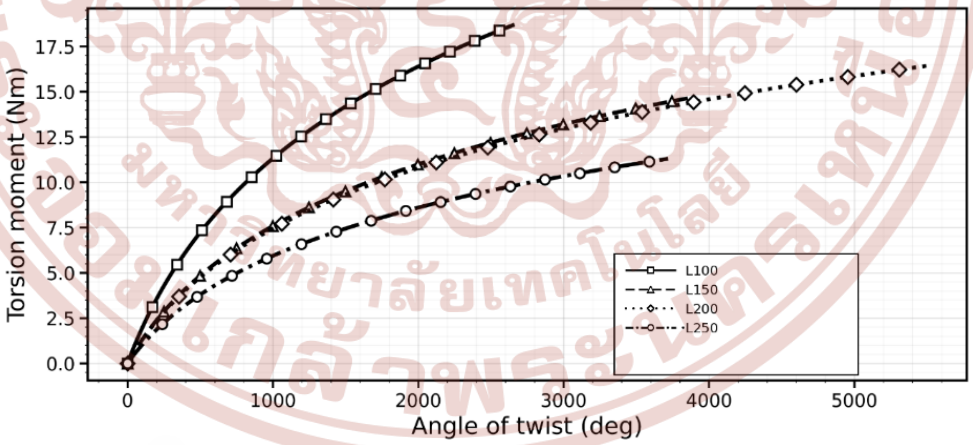


ภาพที่ 4-28 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm

ตารางที่ 4-24 ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	7.73	3,379
L150	8.70	6,010
L200	8.83	7,638
L250	8.10	7,873

4.6.11 ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-29 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุด แสดงถึงค่าความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm 200 mm และ 250 mm จะมีแนวโน้มเกิดมุมบิดได้มากกว่าแต่ต้องใช้แรงบิดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าความยาว 150 mm และ 200 mm มีค่าการรับแรงบิดใกล้เคียงกันในช่วงมุมบิดสูง ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการกระจายความเค้นของวัสดุที่มีความเหนียวสูง ดังนั้นในเชิงวิศวกรรม ความยาวของเพลามีผลต่อค่าความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะสามารถรับแรงบิดได้สูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวจะมีความสามารถในการบิดตัวได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน ดังตารางที่ 4-25

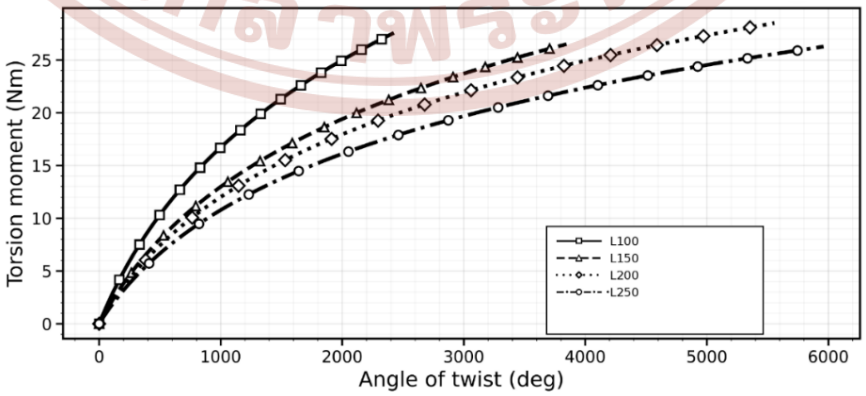


ภาพที่ 4-29 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm

ตารางที่ 4-25 ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	18.67	2,649
L150	14.68	3,879
L200	16.43	5,498
L250	11.30	3,718

4.6.12 ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน จากภาพที่ 4-30 กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่า แรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุด แสดงถึงค่าความแข็งแกร่งต่อการบิดที่มากกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm 200 mm และ 250 mm จะมีค่ามุมบิดที่สูงขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าวัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรองรับแรงบิดได้ในช่วงค่าที่สูงและมีพฤติกรรมการเสียรูปแบบเหนียว อย่างชัดเจน ดังนั้นในเชิงวิศวกรรมความยาวของเพลามีผลต่อค่าความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูงกว่าขณะที่เพลาที่ยาวจะสามารถบิดตัวได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน ดังตารางที่ 4-26



ภาพที่ 4-30 ผลลัพธ์ของวัสดุทดสอบ SUS304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm

ตารางที่ 4-26 ผลลัพธ์ของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว

ขนาดความยาว (mm)	Torsion moment $(N.m)$	Torsion angle (Deg)
L100	27.49	2,412
L150	26.50	3,846
L200	28.50	5,557
L250	26.27	5,962

จากผลการทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ การเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว แรงบิดและมุมบิดของเพลากลม ดังนี้ จากผลการทดสอบแรงบิดของเพลากลมที่ทำจากวัสดุ อะลูมิเนียมอัลลอย AL6061 เหล็กกล้า ชนิด SS400 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยกำหนดเงื่อนไขการเปรียบเทียบภายในวัสดุชนิดเดียวกัน คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน 4 mm 5mm และ 6 mm แต่มีความยาวของชิ้นทดสอบแตกต่างกัน ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm พบว่าวัสดุมีลักษณะคล้ายกัน คือค่าแรงบิด จะเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงเริ่มต้นของการทดสอบแรงบิดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากวัสดุยังคงอยู่ในช่วงพฤติกรรมยืดหยุ่น หลังจากนั้นเมื่อมุมบิดเพิ่มมากขึ้น อัตราการเพิ่มของแรงบิดจะเริ่มลดลง ซึ่งสะท้อนถึงการเข้าสู่ช่วงการเสียรูปแบบพลาสติก ของวัสดุ เมื่อพิจารณา ผลของความยาวของเพลา ภายใต้เงื่อนไขที่วัสดุและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากัน พบว่าเพลาที่มีความยาวสั้นกว่า เช่น 100 mm จะมีความชันของกราฟสูงกว่าและสามารถรับแรงบิดได้มากกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน แสดงถึงค่าความแข็งต่อการบิดที่สูงกว่า ในทางตรงกันข้าม เมื่อความยาวของเพลาเพิ่มขึ้นเป็น 150 mm 200 mm และ 250 mm ค่าแรงบิดที่ต้องใช้ในการทำให้เพลาเกิดมุมบิดเท่ากันจะลดลง และเพลาจะสามารถเกิดการบิดตัวได้มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดสูงสุด พฤติกรรมดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีทางกลศาสตร์ของวัสดุที่ระบุว่าความแข็งต่อการบิดของเพลาจะมีความสัมพันธ์แปรผกผันกับความยาวของเพลา กล่าวคือ เมื่อความยาวของเพลาเพิ่มขึ้น ความแข็งต่อการบิดจะลดลง นอกจากนี้ ยังแสดงให้เห็นว่าเพลาที่มีความยาวมาก เช่น 200 mm และ 250 mm จะมีค่ามุมบิดสูงกว่าก่อนที่จะถึงระดับแรงบิดที่ใกล้เคียงกับเพลาที่มีความยาวสั้นกว่า ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้นตามความยาวของชิ้นงาน อย่างไรก็ตาม แม้ว่าจะสามารถเกิดการบิดตัวได้มากกว่า แต่เพลาที่ยาวกว่าจะมีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดต่ำกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับเพลาที่สั้นกว่า จากผลผลการทดสอบในทุกวัสดุและทุกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง สามารถสรุปได้ว่า ความยาวของเพลาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อพฤติกรรมการรับแรงบิดของเพลากลม โดยเมื่อวัสดุและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางคงที่ เพลาที่มีความยาวสั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูง สามารถรับแรงบิดได้มากกว่า ในขณะที่เพลาที่มีความยาวมากจะสามารถ

เกิดมุมบิดได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลง ดังนั้นในการออกแบบชิ้นส่วนทางวิศวกรรมที่ต้องรับแรงบิด ควรพิจารณาความยาวของเพลาให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งาน เพื่อให้โครงสร้างมีความแข็งแรงและมีความปลอดภัยในการใช้งานสูงสุด

บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) ผู้วิจัยได้สรุปผล อภิปรายผลและข้อเสนอแนะดังนี้

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

5.3 ข้อเสนอแนะการวิจัย

5.1 สรุปผลการวิจัย

5.1.1 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

5.1.1.1 เพื่อศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

5.1.1.2 เพื่อศึกษาขนาดโมเม้นต์บิดสูงสุดและการเกิดมุมบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และ ความยาว ที่แตกต่างกัน

5.1.1.3 เพื่อการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์

5.1.1.4 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาที่เรียนด้วยสื่อการเรียนรู้การทดสอบแรงบิดกับเกณฑ์

5.1.1.5 เพื่อศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อสื่อการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด

5.1.2 สรุปผลการวิจัย

จากการดำเนินงานวิจัย การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) สรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

5.1.2.1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ด้านสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน พบว่านักศึกษาพบปัญหาด้านการเข้าถึงข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทาง เทคโนโลยียานยนต์ โดยเฉพาะนักศึกษาที่อาจไม่มีพื้นฐานที่ดี ทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติ ทำให้มองภาพเรื่องของแรงบิดไม่เข้าใจ อีกทั้งการขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางเทคโนโลยี

ยานยนต์ เช่น ชุดทดสอบแรงบิด, เครื่องมือวัดต่าง ๆ และอุปกรณ์เฉพาะทางที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติจริงในห้องเรียนบางครั้งอาจไม่ได้รับการอัปเดตหรือบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ล้าสมัยอาจส่งผลให้ไม่สามารถทดสอบหรือวัดผลได้อย่างแม่นยำทำให้การเรียนการสอนไม่สามารถสะท้อนผลการทดสอบในอุตสาหกรรมจริงได้ ด้านผลการเรียนและประเมินผล รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ พบว่า นักศึกษาขาดการมีส่วนร่วมและไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง การขาดแคลนทรัพยากรที่เพียงพอ เช่น เครื่องมือทดสอบที่ทันสมัย หรืออุปกรณ์ ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบก็เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน ทำให้การเรียนการสอนไม่เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของรายวิชา ด้านแนวทางการแก้ปัญหาการ จัดการเรียนการสอน รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ พบว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นทักษะปฏิบัติของผู้เรียน ครูเป็นผู้ อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีองค์ความรู้ที่เพิ่มขึ้น พัฒนาทักษะการคิดทางทฤษฎีและทักษะการปฏิบัติได้

5.1.2.2 ผลลัพธ์ผลการทดสอบแรงบิดของเพลากลมสามารถสรุปได้ว่า ชนิดของวัสดุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของเพลา ที่แตกต่างกัน พบว่าเพลาวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดความยาวเท่ากับ 200 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm สามารถในการรับแรงบิดสูงที่สุดเท่ากับ 28.50 N.m ที่มุมบิด 5,556 องศา เพลาวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 ขนาดความยาวเท่ากับ 250 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm สามารถในการรับแรงบิดสูงที่สุดเท่ากับ 6.47 N.m ที่มุมบิด 3,546 องศา และเพลาวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 ขนาดความยาวเท่ากับ 150 mm ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm สามารถในการรับแรงบิดสูงที่สุดเท่ากับ 10.06 N.m ที่มุมบิด 4,428 องศา จะเห็นด้วาความสามารถในการรับแรงบิดของวัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้สูงกว่าวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 แต่รับแรงบิดได้น้อยกว่าเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จาการทดลองกำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 4 mm พบว่าเพลากลมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดความยาวเท่ากับ 200 mm รับแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 8.83 N.m ที่มุมบิด 7,638 องศา และวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 ขนาดความยาวเท่ากับ 100 mm รับแรงบิดต่ำสุดเท่ากับ 1.09 N.m ที่มุมบิด 2,021 องศา กำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 5 mm พบว่าเพลากลมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดความยาวเท่ากับ 100 mm รับแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 18.67 N.m ที่มุมบิด 2,649 องศา และวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 ขนาดความยาวเท่ากับ 150 mm รับแรงบิดต่ำสุดเท่ากับ 1.61 N.m ที่มุมบิด 1,381 องศา กำหนดให้เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm พบว่าเพลากลมวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 ขนาดความยาวเท่ากับ 200 mm รับแรงบิดสูงสุดเท่ากับ 28.50 N.m ที่มุมบิด 5,556 องศา และวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 ขนาดความยาวเท่ากับ 200 mm รับแรงบิดต่ำสุดเท่ากับ 4.06 N.m ที่มุมบิด 2,122 องศา

ดังนั้น การทดลองเพลากลมของวัสดุต่างชนิด เพลากลมเหล็กหล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 เส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 6 mm ขนาดความยาวเท่ากับ 200 mm รับแรงบิดได้สูงสุดเท่ากับ 28.50 N.m และ เกิดมุมบิดเท่ากับ 5,556 องศา

5.1.2.3 ผลการออกแบบและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ผลการประเมินความเหมาะสมในภาพรวม มีระดับความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อแบ่งรายการประเมินออกเป็น 13 รายการ 1. สาระสำคัญของเนื้อหา 2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม 3. เนื้อหาสาระ 4. กิจกรรมการเรียนการสอน 5. การวัด และ ประเมินผล 6. ใบเนื้อหา 7. ใบมอบหมายงาน 8. ใบสั่งงาน 9. ใบสั่งเกตพฤติกรรม 10. ใบตรวจให้คะแนน 11. บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน 12. คู่มือครู 13. สื่อการเรียนรู้ ผลการประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) พบว่าด้านใบสังเกตพฤติกรรมมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมระบุพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้อย่างชัดเจน จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และจุดพิจารณาและระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถและลักษณะของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมมีความชัดเจนและเหมาะสม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านการวัดและประเมินผลพบว่า ด้านการวัดและประเมินผลมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม และเครื่องมือวัดผลมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดรองลงมา คือ ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านใบมอบหมายงาน พบว่า ด้านใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบมอบหมายงานระบุรายละเอียดของงานที่ต้องทำไว้อย่างชัดเจน และใบมอบหมายงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ มีระยะเวลากำหนดในใบมอบหมายงานเหมาะสมกับความซับซ้อนของงาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และ ใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านสาระสำคัญของเนื้อหา พบว่า ด้านสาระสำคัญของเนื้อหามีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ สาระสำคัญของเนื้อหามีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ

สาระสำคัญ ครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และการใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยเน้นเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเนื้อหา มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านกิจกรรมการเรียนการสอนพบว่า ด้านกิจกรรมการเรียนการสอน มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ กิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทั้งในเชิงวิเคราะห์และปฏิบัติจริง และกิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือกิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียนและ กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้และกิจกรรมการเรียนการสอนมีความชัดเจนและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และกิจกรรมการเรียนการสอนมีการใช้ทรัพยากรหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านเนื้อหาสาระพบว่า ด้านเนื้อหาสาระ มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียนและเนื้อหาสาระตอบสนองความต้องการหรือแนวโน้มในบริบทปัจจุบัน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ เนื้อหาสาระที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และเนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และเนื้อหาสาระครอบคลุมหัวข้อสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ ความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านใบสั่งงานพบว่า ด้านใบสั่งงานมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบสั่งงานอ่านง่ายและทำความเข้าใจได้ก่อนปฏิบัติงานจริง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างมีระบบและปลอดภัย ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและปฏิบัติงานได้มีคุณภาพ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านใบตรวจให้คะแนนพบว่า ด้านใบตรวจให้คะแนนมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบตรวจให้คะแนนระบุน้ำหนักคะแนนการประเมินไว้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย ใบตรวจให้คะแนนมีรายการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นสำคัญของขั้นตอนการปฏิบัติงาน และใบตรวจให้คะแนนสามารถประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานตามที่ระบุไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ รายการประเมินในใบตรวจให้คะแนนสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงานและ ใบตรวจให้คะแนนมีการระบุคะแนนเต็มและช่องสำหรับบันทึกคะแนนอย่างครบถ้วน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านสื่อการเรียนรู้ พบว่า ด้านสื่อการเรียนรู้มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า

สื่อนำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย และ สื่อครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ สื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ และสื่อใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม พบว่า ด้านวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความชัดเจนและ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงถึงผลลัพธ์ของการเรียนรู้ได้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านใบเนื้อหา พบว่า ด้านใบเนื้อหา มีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ ใบใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ใบเนื้อหานำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่ายและ ใบเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด และ ใบเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านคู่มือครู พบว่า ด้านคู่มือครูมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ คู่มือครูมีการอธิบายเนื้อหาวิชาอย่างชัดเจนและครบถ้วน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ คู่มือครูครอบคลุมเนื้อหาและแนวทางที่จำเป็นสำหรับการสอน และคู่มือครูมีรูปแบบที่ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ คู่มือครูมีคำแนะนำสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุดและคู่มือครูมีแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ด้านบันทึกหลังการสอน พบว่า ด้าบันทึกหลังการสอนมีความเหมาะสมในภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายการ พบว่า รายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงที่สุด คือ บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน มีความครอบคลุม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนมีความสะดวก มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

5.1.2.4 ผลการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่ใช้สื่อการเรียนรู้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบกับเกณฑ์ จำนวน 30 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยเท่ากับ 86.56 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.50 พบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยมากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็ม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 (t =10.275, df =29, p=0.00) ผลการหาประสิทธิภาพ

การศึกษาของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ของกระบวนการ (E_1) มีค่าเท่ากับ 81.10 ประสิทธิภาพของ (E_2) มีค่าเท่ากับ 82.77 ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ 80/80

5.1.2.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ โดยนักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ พบว่า โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมได้ดีขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ผู้สอนอธิบายวิธีการปฏิบัติงานและเกณฑ์ให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ดูแลเอาใจใส่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงและไม่เลือกปฏิบัติ อยู่ในระดับมาก ใบเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากกิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลา ชัดเจนตามขั้นตอน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก สื่อ มีความชัดเจนเข้าใจง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ใบสั่งงานมีเกณฑ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เข้าใจง่าย มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก เกณฑ์และวิธีการให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก ใบมอบหมายงานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้ มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก แบบฝึกหัด ตรงตามเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบสำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

5.2.1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์พบว่า นักศึกษาพบปัญหาด้านการเข้าถึงข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทาง เทคโนโลยียานยนต์ โดยเฉพาะนักศึกษาที่อาจไม่มีพื้นฐานที่ดี ทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติ ทำให้มองภาพเรื่องของแรงบิดไม่เข้าใจ อีกทั้งการขาดเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ เช่น ชุดทดสอบแรงบิด, เครื่องมือวัดต่าง ๆ และอุปกรณ์เฉพาะทางที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติจริงในห้องเรียนบางครั้งอาจไม่ได้รับการอัปเดตหรือบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ล้าสมัยอาจส่งผลให้ไม่สามารถทดสอบหรือวัดผลได้อย่างแม่นยำทำให้การเรียนการสอนไม่สามารถ สะท้อนผลผลการทดสอบในอุตสาหกรรมจริงได้ นักศึกษา

ขาดการมีส่วนร่วมและไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง การขาดแคลนทรัพยากรที่เพียงพอ เช่น เครื่องมือทดสอบที่ทันสมัย หรืออุปกรณ์ ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบก็เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพต่ำ จากแนวทางการแก้ปัญหาการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ การการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นทักษะปฏิบัติของผู้เรียน ครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีองค์ความรู้ที่เพิ่มขึ้น พัฒนาทักษะการคิดทางทฤษฎีและทักษะการปฏิบัติได้

5.2.2 ผลการศึกษาการเกิดมุมบิดเมื่อมีการเปลี่ยนแปลงชนิดของวัสดุ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง และ ความยาว ที่แตกต่างกัน ของเพลากลม ได้ดังนี้ จากผลลัพธ์การทดสอบพบว่าค่าแรงบิดสูงสุดที่เกิดขึ้นของวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด AL6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 โดยมีเงื่อนไข คือ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 7.73 N.m ที่มุมบิด 3,379 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.58 N.m ที่มุมบิด 2,713 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.09 N.m ที่มุมบิด 2,021 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.58 N.m ที่มุมบิด 2,021 องศา วัสดุเหล็กหล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 3.58 N.m ที่มุมบิด 3,857 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด Al6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.42 N.m ที่มุมบิด 1,230 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 8.83 N.m ที่มุมบิด 7,638 วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.59 N.m ที่มุมบิด 4,882 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.23 N.m ที่มุมบิด 3,336 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 8.10 N.m ที่มุมบิด 7,873 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.62

N.m ที่มุมบิด 5,627 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.30 N.m ที่มุมบิด 4,915 องศา

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 18.67 N.m ที่มุมบิด 2,649 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.75 N.m ที่มุมบิด 1,353 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด Al6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 3.33 N.m ที่มุมบิด 5,346 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างโดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 14.68 N.m ที่มุมบิด 3,879 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 4.53 N.m ที่มุมบิด 4,123 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 1.61 N.m ที่มุมบิด 1,381 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 16.43 N.m ที่มุมบิด 5,498 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 5.12 N.m ที่มุมบิด 5,692 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 2.63 N.m ที่มุมบิด 3,875 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 5 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 11.30 N.m ที่มุมบิด 3,718 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.47 N.m ที่มุมบิด 5,429 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 4.92 N.m ที่มุมบิด 1,142 องศา

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 27.49 N.m ที่มุมบิด 2,412 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.80 N.m ที่มุมบิด 2,258 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 4.98 N.m ที่มุมบิด 373 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 150 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 26.50 N.m ที่มุมบิด 3,846 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 10.06 N.m ที่มุมบิด 4,428 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 6.09 N.m ที่มุมบิด 7,000 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของ

วัสดุที่ใช้ขนาด 200 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 28.50 N.m ที่มุมบิด 5,556 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.87 N.m ที่มุมบิด 5,439 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 4.06 N.m ที่มุมบิด 2,122 องศา จากผลการทดสอบขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 250 mm พบว่าวัสดุแต่ละชนิดมีความสามารถในการรับแรงบิดแตกต่างกันอย่างชัดเจน โดยเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดเท่ากับ 26.27 N.m ที่มุมบิด 5,962 องศา วัสดุเหล็กกล้า ชนิด SS400 รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.84 N.m ที่มุมบิด 6,241 องศา และอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 สามารถรับแรงบิดต่ำที่สุดเท่ากับ 6.47 N.m ที่มุมบิด 3,546 องศา

ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้า ชนิด SS400 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่องโดยช่วงต้นของแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.58 N.m ที่มุมบิด 2,713 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน แสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.59 N.m ที่มุมบิด 4,882 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.62 N.m ที่มุมบิด 5,627 องศา จะแสดงค่ามุมบิดที่มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน นอกจากนี้พบว่าความยาว 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 3.58 N.m ที่มุมบิด 3,857 องศา มีแนวโน้มให้ค่าแรงบิดสูงสุดในช่วงการทดสอบ ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการรับแรงบิดที่ดีของวัสดุในช่วงความยาวดังกล่าว โดยสรุป ความยาวของเพลามีผลต่อความแข็งแกร่งต่อการบิดตามหลักกลศาสตร์ของวัสดุ กล่าวคือเพลาที่มีความยาวสั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูงกว่าเพลาที่มีความยาวมากกว่า

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่องโดยในช่วงต้นของการทดสอบค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ก่อนที่จะลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.75 N.m ที่มุมบิด 1,353 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดแสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่มากกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 4.53 N.m ที่มุมบิด 4,124 องศา 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 5.12 N.m ที่มุมบิด 5,692 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ

6.47 N.m ที่มุมบิด 5,429 องศา จะแสดงค่ามุมบิดที่มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความยืดหยุ่นต่อการบิดที่เพิ่มขึ้น จากผลผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า ความยาวของเพลามีผลโดยตรงต่อความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่มีความยาวสั้นจะมีความสามารถในการรับแรงบิดได้สูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะเกิดการบิดตัวได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยช่วงต้นของกราฟมีการเพิ่มขึ้นของแรงบิดอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.80 N.m ที่มุมบิด 2,258 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุดแสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาวมากขึ้น 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 10.06 N.m ที่มุมบิด 4,328 องศา 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.87 N.m ที่มุมบิด 5,439 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 9.84 N.m ที่มุมบิด 6241 องศา จะมีค่ามุมบิดที่สูงขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่มากขึ้น จากผลผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่าความยาวของเพลามีผลโดยตรงต่อค่าความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะสามารถรับแรงบิดได้สูงกว่า ในขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะมีความยืดหยุ่นต่อการบิดมากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน

ผลลัพธ์ผลการทดสอบวัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่า วัสดุอะลูมิเนียม ชนิด AL6061 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm สามารถรับค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดในลักษณะไม่เป็นเชิงเส้น โดยช่วงเริ่มต้นมีการเพิ่มขึ้นของแรงบิดอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 1.09 N.m ที่มุมบิด 2,021 องศา และ 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 1.42 N.m ที่มุมบิด 1230 องศา มีความสามารถในการรับแรงบิดสูงกว่าเมื่อเทียบกับเพลาที่มีความยาว 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 1.23 N.m ที่มุมบิด 3,336 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 1.30 N.m ที่มุมบิด 4915 องศา นอกจากนี้เพลาที่มีความยาวมากขึ้นจะแสดงค่ามุมบิดที่สูงขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความแข็งแรงต่อการบิดที่ลดลงตามความยาวของเพลา ดังนั้นในเชิงการออกแบบทางวิศวกรรม เพลา

กลมที่มีความยาวสั้นจะให้ความแข็งแกร่งต่อแรงบิดมากกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะมีความสามารถในการบิดตัวได้มากกว่าแต่รับแรงบิดสูงสุดได้ต่ำกว่า

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบแรงบิดจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาวมากขึ้นจะมีแนวโน้มเกิดมุมบิดได้มากกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาวสั้นกว่าจะสามารถรับแรงบิดได้สูงกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน โดยพบว่าความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 3.33 N.m ที่มุมบิด 5,346 องศา มีค่าความสามารถในการรับแรงบิดสูงสุด รองลงมาคือ 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 2.63 N.m ที่มุมบิด 3,875 องศา และ 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 1.61 N.m ที่มุมบิด 1381 องศา ตามลำดับ ในขณะที่ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 4.29 N.m ที่มุมบิด 1,142 องศา แสดงค่ามุมบิดที่สูงแต่มีความแข็งแรงต่อแรงบิดต่ำกว่าเล็กน้อย จากพฤติกรรมดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่า ความยาวของเพลามีผลโดยตรงต่อความแข็งแกร่งต่อการบิด โดยซึ่งสอดคล้องกับหลักการทางกลศาสตร์ของวัสดุ กล่าวคือ เพลาที่สั้นกว่าจะมีความแข็งแรงต่อการบิดมากกว่าเพลาที่มีความยาวมากกว่า

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 4.98 N.m ที่มุมบิด 374 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงในช่วงมุมบิดต่ำ แสดงถึงความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ในขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.09 N.m ที่มุมบิด 7,000 องศา 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 4.06 N.m ที่มุมบิด 2,122 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 6.47 N.m ที่มุมบิด 3546 องศา จะสามารถเกิดมุมบิดได้มากกว่าแต่ต้องใช้แรงบิดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้แสดงให้เห็นว่า ความยาว 250 mm สามารถเกิดมุมบิดได้สูงที่สุดก่อนถึงค่าการรับแรงบิดสูงสุด ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้นตามความยาวของชิ้นงาน ดังนั้นในเชิงการออกแบบทางวิศวกรรม เพลากลมที่มีเส้น ผ่านศูนย์กลาง 6 mm และความยาวสั้นจะให้ความแข็งแรงต่อแรงบิดสูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวกว่าจะมีความยืดหยุ่นต่อการบิดมากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาว

ผลลัพธ์ผลการทดสอบเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 จากผลการทดสอบกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm การทดสอบโดยมีเงื่อนไข คือ วัสดุชนิดเดียวกัน

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดมากขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 7.73 N.m ที่มุมบิด 3,379 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงกว่าในช่วงมุมบิดเดียวกัน แสดงถึงค่าความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ในขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 8.70 N.m ที่มุมบิด 6,010 องศา 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 8.83 N.m ที่มุมบิด 7,638 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 8.10 N.m ที่มุมบิด 7,873 องศา จะแสดงค่ามุมบิดที่มากขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรับการบิดตัวได้ในช่วงมุมบิดที่กว้างโดยยังคงรับแรงบิดได้อย่างต่อเนื่อง สอดคล้องกับคุณสมบัติความเหนียวและความสามารถในการเสียรูปของวัสดุเหล็กกล้าไร้สนิม ดังนั้นในเชิงวิศวกรรม ความยาวของเพลามีผลต่อความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวจะสามารถเกิดการบิดตัวได้มากกว่า

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่าแรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 18.67 N.m ที่มุมบิด 2,649 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุด แสดงถึงค่าความแข็งแกร่งต่อการบิดที่สูงกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 14.68 N.m ที่มุมบิด 3,879 องศา 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 16.43 N.m ที่มุมบิด 5,498 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 11.30 N.m ที่มุมบิด 3,718 องศา จะมีแนวโน้มเกิดมุมบิดได้มากกว่าแต่ต้องใช้แรงบิดเพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าความยาว 150 mm และ 200 mm มีค่าการรับแรงบิดใกล้เคียงกันในช่วงมุมบิดสูง ซึ่งสะท้อนถึงพฤติกรรมการกระจายความเค้นของวัสดุที่มีความเหนียวสูง ดังนั้นในเชิงวิศวกรรม ความยาวของเพลามีผลต่อค่าความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะสามารถรับแรงบิดได้สูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวจะมีความสามารถในการบิดตัวได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน

กำหนดให้ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm โดยมีการเปลี่ยนแปลงขนาดความยาว เท่ากับ 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm จากผลการทดสอบ พบว่า แรงบิดเพิ่มขึ้นตามมุมบิดอย่างต่อเนื่อง โดยในช่วงต้นของการทดสอบค่าแรงบิดเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และลดลงเมื่อมุมบิดสูงขึ้น เมื่อเปรียบเทียบตามความยาวของชิ้นทดสอบ พบว่าเพลาที่มีความยาว 100 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 27.49 N.m ที่มุมบิด 2,412 องศา สามารถรับแรงบิดได้สูงที่สุด แสดงถึงค่าความแข็งแกร่งต่อการบิด

ที่มากกว่า ขณะที่เพลาที่มีความยาว 150 รับแรงบิดได้เท่ากับ 26.50 N.m ที่มุมบิด 3,846 องศา mm 200 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 28.50 N.m ที่มุมบิด 5,557 องศา และ 250 mm รับแรงบิดได้เท่ากับ 26.27 N.m ที่มุมบิด 5,962 องศา จะมีค่ามุมบิดที่สูงขึ้นก่อนถึงระดับแรงบิดใกล้เคียงกัน ซึ่งสะท้อนถึงความสามารถในการบิดตัวของเพลาที่เพิ่มขึ้น นอกจากนี้พบว่าวัสดุ เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด SUS304 สามารถรองรับแรงบิดได้ในช่วงค่าที่สูงและมีพฤติกรรมการเสียรูปแบบเหนียว อย่างชัดเจน ดังนั้นในเชิงวิศวกรรม ความยาวของเพลามีผลต่อค่าความแข็งต่อการบิด โดยเพลาที่สั้นจะมีค่าความแข็งต่อการบิดสูงกว่า ขณะที่เพลาที่ยาวจะสามารถบิดตัวได้มากกว่าแต่มีค่าความแข็งแกร่งต่อแรงบิดลดลงตามความยาวของชิ้นงาน

5.2.3 ผลการประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบสามารถอภิปรายผลได้ว่า การที่ทุกด้านของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดนั้น เป็นผลมาจากการออกแบบและพัฒนาอย่างเป็นระบบ โดยเฉพาะด้านสาระสำคัญของเนื้อหาที่มีการสรุปประเด็นความรู้อย่างชัดเจนและครอบคลุม สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม ในด้านการจัดการเรียนการสอน พบว่าใบมอบหมายงานมีการระบุรายละเอียดชัดเจนและเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน ขณะที่ใบสังเกตพฤติกรรมและใบตรวจให้คะแนนมีการกำหนดเกณฑ์การประเมินที่ชัดเจน สอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน ส่วนสื่อการเรียนการสอนได้รับการออกแบบให้ช่วยส่งเสริมความเข้าใจ ประหยัดเวลา และกระตุ้นความสนใจของผู้เรียน นอกจากนี้ คู่มือครูยังมีการอธิบายเนื้อหาและให้คำแนะนำการสอนที่ชัดเจน สามารถนำไปปฏิบัติได้จริง การที่ทุกองค์ประกอบของชุดกิจกรรมมีความเหมาะสมในระดับมากที่สุดเช่นนี้ แสดงให้เห็นว่าชุดกิจกรรมได้รับการพัฒนาอย่างรอบด้าน มีความสอดคล้องและเชื่อมโยงกันในทุกองค์ประกอบ ตั้งแต่การกำหนดวัตถุประสงค์ การออกแบบกิจกรรม สื่อการสอน ไปจนถึงการวัดและประเมินผล ซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพและบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้

5.2.4 ผลการหาประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบสำหรับนักศึกษา เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนของการวิจัยและพัฒนา (Research and Development : R & D) โดยการการศึกษาเอกสาร แนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง นำมาออกแบบเป็นกระการบวนการสร้างสื่อ มีการตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสม รวมถึงผลการทดสอบใช้และเก็บข้อมูล เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขจนได้สื่อที่มีประสิทธิภาพ และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียน เพื่อให้นักศึกษาได้ลงมือปฏิบัติ ในการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบซึ่งประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบที่ผู้วิจัยได้พัฒนาขึ้นโดยใช้เกณฑ์ประสิทธิภาพมาตรฐาน (E_1 และ E_2) ผลการวิจัย พบว่าประสิทธิภาพของชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบการเก็บรวบรวมข้อมูล ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2568 ผลผลการทดสอบพบว่า

1) การทดสอบประสิทธิภาพแบบเดียว เท่ากับ 75.33/84.00 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลการสังเกตการณ์ใช้ชุดกิจกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักศึกษายังมีพฤติกรรมที่ไม่มั่นใจในการปฏิบัติในบางขั้นตอน และมีข้อผิดพลาดเล็กน้อยในการใช้อุปกรณ์เครื่องมือและดำเนินการปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ 2) การทดสอบประสิทธิภาพแบบกลุ่ม เท่ากับ 78.33/79.33 ไม่เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลการสังเกตของการใช้ชุดกิจกรรม พบว่า นักเรียนสามารถทำงานร่วมกันได้ดี แสดงถึงความร่วมมือและการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นระหว่างกัน อย่างไรก็ตาม ยังพบว่า นักเรียนใช้เวลานานในการวางแผนก่อนลงมือปฏิบัติ ดำเนินการปรับปรุงชุดกิจกรรมการเรียนรู้ และ 3) การทดสอบประสิทธิภาพแบบภาคสนาม เท่ากับ 81.10/82.77 เป็นไปตามเกณฑ์ที่กำหนด 80/80 ผลการสังเกตุของการใช้ชุดฝึกทักษะ พบว่า นักเรียนสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้องและครบถ้วนตามขั้นตอน มีความมั่นใจเพิ่มขึ้นในการใช้อุปกรณ์ และการใช้ชุดกิจกรรม ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ นักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบจำนวน 30 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เท่ากับ 86.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เท่ากับ 3.50 พบว่า นักศึกษาการคิดแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 (t=10.29 , df=29 , p=0.000) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการสอนด้วยชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ แบบ MIAP ชุดกิจกรรมการเรียนการสอนในรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ มีประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนากระบวนการเรียนรู้และผลลัพธ์ทางการศึกษาออกแบบมาเพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการลงมือทำจริง ผสมผสานกับการคิดวิเคราะห์และแก้ปัญหา ส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่ลึกซึ้งและมีประสิทธิภาพ โดยมีความสำคัญ ดังนี้ ส่งเสริมการเรียนรู้เชิงรุก ชุดกิจกรรมทำให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้มากขึ้น โดยการใช้กระบวนการทำงานจริงหรือสถานการณ์จำลองในการฝึกทักษะ นักเรียนไม่เพียงแค่รับข้อมูลจากอาจารย์ แต่ยังมีโอกาสได้ทดลองและแก้ไขปัญหาด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายและลึกซึ้ง (จิรพร, 2563) เชื่อมโยงเนื้อหาและบริบทการใช้งานจริง ชุดกิจกรรมช่วยให้นักเรียนเข้าใจการประยุกต์ใช้ความรู้ในสถานการณ์จริง เช่น การวิเคราะห์ผลแรงบิดต่อคุณสมบัติของวัสดุ ช่วยเสริมสร้างความรู้ที่สามารถนำไปใช้ได้จริง (วราภรณ์, 2562)

5.2.5 ผลการศึกษาความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบร่วมกับวิธีการสอนแบบการ เรียนรู้แบบ MIAP สำหรับสำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 พบว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักศึกษาปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมได้ดีขึ้น ผู้สอนอธิบายวิธีการปฏิบัติงานและเกณฑ์ให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ดูแลเอาใจใส่ผู้เรียนอย่าง

ทั่วถึงและไม่เลือกปฏิบัติ ใบเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน กิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลา ชัดเจนตามขั้นตอน สื่อมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ใบสั่งงานมีเกณฑ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เข้าใจง่าย เกณฑ์และวิธีการให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน ใบมอบหมายงานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้แบบฝึกหัด ตรงตามเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยเรื่องการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะเพื่อเป็นแนวทางในการนำผลการวิจัยไปใช้และเพื่อเป็นแนวทางในการศึกษาวิจัยในอนาคต ดังต่อไปนี้

5.3.1 ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1. ด้านผู้สอน สามารถนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบไปใช้เป็นสื่อประกอบการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ เพื่อช่วยอธิบายเนื้อหาทางทฤษฎีเกี่ยวกับการรับแรงบิดของวัสดุให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจได้ง่ายและชัดเจนมากยิ่งขึ้น อีกทั้งยังสามารถใช้เป็นเครื่องมือในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง ทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านกระบวนการทดสอบปฏิบัติ การสังเกตผลลัพธ์ของแรงบิดและมุมบิดของวัสดุชนิดต่างๆ ซึ่งจะช่วยพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์และการแก้ปัญหาตามกระบวนการทางวิศวกรรม นอกจากนี้ผู้สอนยังสามารถนำชุดกิจกรรมดังกล่าวไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนได้อย่างเป็นระบบ ทั้งในด้านความรู้ ทักษะ และพฤติกรรมการปฏิบัติงาน

2. ด้านผู้เรียน สามารถเรียนรู้หลักการทดสอบแรงบิดของวัสดุได้อย่างเป็นรูปธรรมผ่านกระบวนการปฏิบัติจริง และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ในงานทางวิศวกรรมได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังช่วยให้ผู้เรียนมีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ ซึ่งจะช่วยเสริมสร้างความพร้อมของผู้เรียนในการศึกษาต่อหรือการประกอบอาชีพในสาขาวิชาชีพด้านยานยนต์และวิศวกรรมในอนาคต

3. ด้านสถานศึกษา สามารถนำชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบไปใช้เป็นสื่อการเรียนรู้ในรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบทางวิศวกรรม เพื่อช่วยยกระดับคุณภาพการจัดการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ชุดกิจกรรมดังกล่าวยังสามารถใช้เป็นต้นแบบในการพัฒนาสื่อการเรียนรู้หรือชุดทดลองในรายวิชาอื่น ๆ เช่น รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ รายวิชากลศาสตร์ของวัสดุ

5.3.2 ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

1. ควรมีการพัฒนาสื่อการเรียนรู้ในรูปแบบดิจิทัล เช่น สื่อมัลติมีเดียหรือสื่อจำลองผลการทดสอบ (Simulation) เพื่อช่วยเสริมสร้างความเข้าใจเกี่ยวกับพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิด และเพิ่มความน่าสนใจให้กับการเรียนการสอนด้านวิศวกรรมในยุคเทคโนโลยีดิจิทัล

2. ควรมีการศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ด้านการทดสอบสมบัติทางกลของวัสดุในรูปแบบอื่น ๆ เช่น การทดสอบแรงดึง การทดสอบแรงอัด หรือการทดสอบความล้า เพื่อขยายองค์ความรู้ด้านการเรียนการสอน ในรายวิชาอื่นๆ เช่น รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รายวิชาความแข็งแรงของวัสดุ รายวิชากลศาสตร์ของวัสดุ หรือรายวิชาที่เกี่ยวข้องเพื่อให้มีความครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

บรรณานุกรม

ภาษาไทย

แก้วรัตนศรีโพธิ์, พงษ์ศลิป. (2568). *ชุดวัดแรงบิดแบบเชือก และการหากำลังเบรกด้วยแลปวิว.* วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม, 18(1), 24–33.

กรีฑา สมเกียรติกุล, วุฒิกรณ์ จริยตันติเวทย์, & ชูตระกูล ศิริไพบูลย์. (2567).*การออกแบบและสร้างเครื่องทดสอบการทนแรงบิดสำหรับทดสอบแท่งคอนกรีตผสมโฟมเสริมเหล็ก.* วารสารวิศวกรรมศาสตร์ มทร.ล้านนา, 9(1), 43–51. https://doi.org/10.14456/rmutlengj.2024.5

ขำสุวรรณ, ปัญญวรรธน์. (2561). *การออกแบบและวิเคราะห์เพลาคอมโพสิตภายใต้แรงบิด* (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.

บุญมาก, วิษณุ, & รจนากิจ, กนกอร. (2567). *การวิเคราะห์ความเสียหายของเพลารองในรถบรรทุกขนาดเล็ก.* วารสารวิศวกรรมศาสตร์และนวัตกรรม, 17(3).

บุญธรรม ภัทราจารุกุล. (2560). *ความแข็งแรงของวัสดุ.* กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พรหมวงศ์, ชัยยงค์. (2556). *การทดสอบประสิทธิภาพสื่อหรือชุดการสอน.* วารสารศิลปากรศึกษาศาสตร์วิจัย, 5(1), 7–20.

พรมภักดิ์, สาริน, ปิติภูมิสุขสันต์, ชลธิศ, สุ่มอิ่ม, สืบศักดิ์, & กังหัน, วรวุฒิ. (2566). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องเครื่องหมายและสัญลักษณ์ความปลอดภัย โดยใช้บอร์ดเกมร่วมกับกระบวนการเรียนรู้แบบ MIAP เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.* The New Viridian Journal of Arts, Humanities and Social Sciences, 3(4), 61–72.

เพชรจันทร์, พีรพงศ์, บัวคล้าย, น่านน้ำ, สุ่มอิ่ม, สืบศักดิ์, & อึ่งทอง, เมธา. (2566). *การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องวัสดุก่อสร้าง*

โดยใช้บอร์ดเกมร่วมกับกระบวนการเรียนรู้แบบ MIAP เพื่อส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน. วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 22(3). มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี. (ม.ป.ป.). *การทดสอบแรงบิด. เอกสารประกอบการสอน* สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์.

ยืนทรัพย์, สหภาพ, กองดี, สุดารัตน์, & โอ่งอิน, อภิรมย์. (2561). *การพัฒนาอุปกรณ์วัดภาระบิด* (ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต). มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วงศ์จินดา, วิไลวรรณ, ศรีสุมังคลังกูร, ทศพล, นิลนนท์, วาณิช, พิทักษ์วินัย, สุธิดา, &เจริญสุข,นาตยา.(2566).*การพัฒนาชุดการเรียนรู้รายวิชากลศาสตร์วัสดุสำหรับนักศึกษาสาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล.* วารสารสหวิทยาการวิจัยและวิชาการ, 3(5), 49–62. https://doi.org/10.14456/iarj.2023.239

วรรณา หอมจะบก, กมลพร นุ่นเล็ก, อาทิตย์ จันทร์น้ำใส, & รัฐิญา แก้วชนอบ. (2567). *กระบวนการดีฟโตรโอซิโนกรีที่มีผลต่อโครงสร้างจุลภาคและสมบัติเชิงกลของเหล็กกล้าเครื่องมือ.* วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, 34(3), 1–13.

วิชัยธนารักษ์, อลิสา, & พันธุ์โกศล, ปิยวัฒน์.(2554).*การทดสอบคุณสมบัติความต้านทานแรงดึง และแรงบิดของเดือยฟันสำเร็จรูป.* วารสารวิจัย มข. (บัณฑิตศึกษา), 11(2), 41–46.

โกลิตะวงษ์, ชาญยุทธ. (2562). *สมการแสดงพฤติกรรมไม่เป็นเชิงเส้นของวัสดุยืดหยุ่นเนื้อเดียว.* วารสารวิทยาศาสตร์ลาดกระบัง, 28(1), 65–84.

อินต๊ะ, คเณศ. (2566). *การพัฒนาสื่อการสอนสำหรับงานทดสอบแรงบิดในรายวิชาปฏิบัติการสำหรับวิศวกรรมเครื่องกล 1 และรายวิชาปฏิบัติการวิศวกรรมเครื่องกล.*มหาวิทยาลัยพะเยา

ภาษาอังกฤษ

Beer, F. P., Johnston, E. R., Jr., DeWolf, J. T., & Mazurek, D. F. (2015). *Mechanics of*

materials (7th ed.). McGraw-Hill Education.

Bernaczek, J., Dębski, M., Gontarz, M., Grygoruk, R., Józwik, J., Kozik, B., & Mikulski, P.

(2023). *Analysis of torsional strength of PA2200 material shape additively with the selective laser sintering technology.* Advances in Science and Technology Research Journal, 17(2), 12–24. https://doi.org/10.12913/22998624/158838

Chooppava, C., & Thinvongpituk, C. (2010). *Influence of friction time on the strength of AISI 1015 steel rods welded by friction welding.* Journal of Engineering, 3(2).

Copper Development Association. (n.d.). Leaded brasses—*Microstructures & properties*. Retrieved September 7, 2025, from https://www.copper.org

Goanta, V. (2016). *Influence of plastic deformation induced through torsion upon other mechanical characteristics*. In Proceedings of the 5th International Conference on Integrity-Reliability-Failure (pp. 95–104).

Hibbeler, R. C. (2018). *Mechanics of materials (10th ed., SI units)*. Pearson Education Limited.

Janani Kavi Priya, V. S., Pradeep, K., Madhumitha, M., & Mishra, A. K. (2022). *Experimental investigation on mild steel using torsion test method. Materials Today*: Proceedings. https://doi.org/10.1016/j.matpr.2022.02.245

Mansour, G., Tzikas, K., Tzetzis, D., Korlos, A., Sagris, D., & David, K. (2016). *Experimental and numerical investigation on the torsional behaviour of*

filament winding-manufactured composite tubes. Applied Mechanics and Materials, 834, 173–178. https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.834.173

Ono, Y., Ogawa, S., & Tachi, Y. (2020). *Evaluation of torsional characteristics of 6061-T6 aluminum alloy friction-welded butt joints using digital image correlation.* Advanced Materials Research.



ภาคผนวก ก

- รายนามผู้เชี่ยวชาญ
- หนังสือขอความอนุเคราะห์ของผู้เชี่ยวชาญ
- ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนรู้

รายนามผู้เชี่ยวชาญศึกษาสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ ดังนี้

1) ผศ.ดร.นำพร ปัญโญใหญ่	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต วิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คุณวุฒิการศึกษา วศ.ด.(วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 21 ปี
2) ผศ.ดร.สมศักดิ์ พุฒตาลดง	ข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษา วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยกำแพงเพชร คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม ประเทศไทย คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 22 ปี
3) ดร.สุจินต์ วังใหม่	รองผู้อำนวยการ ชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษา ปร.ด สาขาวิจัยและพัฒนาการสอนเทคนิคศึกษา เชี่ยวชาญงานวิจัย สี่การสอน เทคนิคการสอน การบริหารการศึกษาและสถิติวิจัย ประสบการณ์ 16 ปี
4) นายธวัช นนทธรรม	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 40 ปี
5) นายนิมิต รัศมี	อาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 42 ปี

6) ผศ.นรินทร์ ศรีธิการ	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการศึกษาภาคเหนือ 1 คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 30 ปี
7) นายธณิตพงษ์ สุภาชาติ	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 26 ปี
8) นายวิชัย กงพลนันท์	ครูวิทยฐานะเชี่ยวชาญ วุฒิการศึกษา ค.อ.ม เครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ สอน 29 ปี
9) นายสมศักดิ์ แข็งแรง	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน และแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบสำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) มีดังนี้

1) ผศ.นิวัตร มูลปา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกลาพระนครเหนือ ประสบการณ์ 26 ปี
2) รศ.รณชาติ มั่นศิลป์	รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์ 10 ปี
3) นายประพล รัตนไตร	อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 8 ปี
4) ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ศาสตรดุษฎีบันฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 34 ปี
5) นายศุภเกียรติ สุภสินธุ์	อาจารย์ประจำหลักสูตร สังกัด สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) (คุณสมบัติดีเด่น) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประสบการณ์ 16 ปี

รายนามผู้เชี่ยวชาญประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) มีดังนี้

1) ผศ.นิวัตร มูลปา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล สถาบันเทคโนโลยี พระจอมเกลาพระนครเหนือ ประสบการณ์ 26 ปี
2) รศ.รณชาติ มั่นศิลป์	รองศาสตราจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก วศ.ด. (วิศวกรรมเครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ประสบการณ์ 10 ปี
3) นายประพล รัตนไตร	อาจารย์ประจำหลักสูตร วิศวกรรมศาสตร สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ปร.ด. วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 8 ปี
4) ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอก ศาสตรดุษฎีบันฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 34 ปี
5) นายศุภเกียรติ สุภสินธุ์	อาจารย์ประจำหลักสูตร สังกัด สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาเอกกาญจนาภิเษก (คปก.) (คุณสมบัติดีเด่น) คณะวิศวกรรมศาสตร์ สาขาวิชาวิศวกรรมศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประสบการณ์ 16 ปี
6) นายศรีธร อุปคำ	อาจารย์สาขาวิศวกรรมเครื่องกล วิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 30 ปี

7) ผศ.สมาน ดาวเวียงกัน	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิศวกรรมเครื่องกล สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาคุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท วิศวกรรมพลังงาน มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ประสบการณ์ 23 ปี
8) ผศ.พิเชษฐ์ โค้วตระกูล	อาจารย์ เตรียมวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 21 ปี
9) นายเอกสิษฐ์ นันติ	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 15 ปี
10) นายปิติ นันทขว้าง	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคลำพูน คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี
11) นายณัฐวุฒิ อินสุ	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคลำปาง คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 22 ปี
12) นายสิงห์คราน จินะเขียว	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคเชียงราย คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 29 ปี
13) นายทวีศักดิ์ เมืองมูล	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคแพร่ คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 11 ปี
14) นายเอกภพ ศรีรมย์	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ วิทยาลัยเทคนิคแพร่

	คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 12 ปี
15) นายศราวุธ สงล่า	ข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ วิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร คุณวุฒิการศึกษาระดับปริญญาโท ค.อ.ม. (เครื่องกล) มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ ประสบการณ์ 17 ปี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/956

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผศ.ดร.นำพร ปัญโญใหญ่ ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ อาจารย์ผู้รับผิดชอบหลักสูตรวิศวกรรมศาสตร์บัณฑิตวิศวกรรมเกษตร เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/957

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 4

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผศ.ดร.สมศักดิ์ พุฒตาลดง ตำแหน่งข้าราชการครูและบุคลากรทางการศึกษาวิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/958

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ดร.สุจินต์ วังใหม่ ตำแหน่งรองผู้อำนวยการ ชำนาญการพิเศษ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะเพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/959

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายธวัช นนทธรรม ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/960

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายนิมิต รัตมี ตำแหน่งอาจารย์ประจำภาควิชาเทคโนโลยียานยนต์ สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/961

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการสถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผศ.นรินทร์ ศรีอิการ ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/962

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายธณิตพงษ์ สุภาชาติ ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/963

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายวิชัย กงพลนันท์ ตำแหน่งครูวิทยฐานะเชี่ยวชาญ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์ เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/964

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

17 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลำปาง

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสมศักดิ์ แข็งแรง ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์ เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/268

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์นิวัตร มูลปา สังกัดสาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/ 214

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ รองศาสตราจารย์รณชาติ มันศิลป์ สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนาเป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/213

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายประพล รัตนโตร สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



ที่ อว 7104.1/976

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการมหาวิทยาลัยแม่โจ้

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผศ.ดร.นิกราน หอมดวง ตำแหน่งผู้ช่วยศาสตราจารย์ วิทยาลัยพลังงานทดแทน เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/ 270

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายศุภเกียรติ สุภสินธุ์ สังกัด สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ฤทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/ 212

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายศรีธร อุปคำ สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/ 271

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมาน ดาวเวียงกัน สังกัด สาขาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



ที่ อว 7104.1/ 269

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

9 มีนาคม 2569

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา ได้จัดทำสารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ ผู้ช่วยศาสตราจารย์พิเชษฐ์ โค้วตระกูล สังกัด สาขาครุศาสตร์อุตสาหกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/981

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการมหาวิทยาลัยวิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายเอกสิษฐ์ นันติ ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ แผนกเทคนิคกายอุปกรณ์ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/982

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลำพูน

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายปิติ นันทขว้าง ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.ภิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/983

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคลำปาง

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายณัฐวุฒิ อินสุ ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/984

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคเชียงราย

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายสิงห์คราน จินะเชียว ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/985

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคแพร่

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายทวีศักดิ์ เมืองมูล ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/986

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคแพร่

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายเอกภพ ศรีรมย์ ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการ สาขาวิชาเทคนิคเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



ที่ อว 7104.1/987

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง
เขตบางซื่อ กรุงเทพฯ 10800

18 พฤศจิกายน 2568

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ให้บุคลากรภายในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยเทคนิคกำแพงเพชร

ด้วยนายธนัญชัย ศรีวงษ์ รหัสประจำตัว 6702017856145 นักศึกษาระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกลศึกษา สารนิพนธ์ เรื่อง การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ โดยมี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรวุฒิ ยะนิล เป็นอาจารย์ที่ปรึกษาสารนิพนธ์

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ พิจารณาเห็นว่าบุคลากรภายในหน่วยงานของท่านเป็นผู้มีความรู้ความสามารถและมีประสบการณ์เป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์ให้ นายศราวุธ สงล่า ตำแหน่งข้าราชการครู วิทยฐานะครูชำนาญการพิเศษ สาขาวิชาเทคโนโลยีเครื่องกล เป็นผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจเครื่องมือวิจัย โดยขอให้ท่านได้โปรดประเมิน ให้คำแนะนำ และข้อเสนอแนะ เพื่อเป็นข้อมูลในการจัดทำสารนิพนธ์เรื่องดังกล่าว และขอขอบพระคุณท่านที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ ทั้งนี้เพื่อประโยชน์สูงสุดของนักศึกษา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ด้วย จะเป็นพระคุณยิ่ง

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.กิตติวุฒิ ศุทธิวิโรจน์)
หัวหน้าภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล

ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล
โทร. 02-555-2000 ต่อ 3207
tm-admin@fte.kmutnb.ac.th

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ประมวลภาพกิจกรรมการเรียนรู้

1. ขั้นทำความเข้าใจกับปัญหาในสถานการณ์จริง



ภาพที่ ก-1 ตรวจสอบการทำงานชุดทดสอบแรงบิด

2. ขั้นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้



ภาพที่ ก-2 การทดสอบแรงบิด

3. ขั้นเสนอแนวทางการ แก้ไขปัญหา



ภาพที่ ก-3 ตรวจสอบวิเคราะห์เก็บข้อมูลการทดสอบแรงบิด

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ภาคผนวก ข

- แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

- แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมินของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

- แบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

- แบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)



แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของแบบประเมินความเหมาะสมชุดกิจกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ชื่อนักศึกษา ธนัญชัย ศรีวงษ์

รหัสประจำตัว 6702017856145

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

แขนงวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์

คำชี้แจง

แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์

แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 คำถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับนิยามศัพท์ กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่าน มีความหมายดังนี้

+1 แน่ใจว่าข้อคำถามกับนิยามศัพท์ มีความสอดคล้องกัน

0 ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามกับนิยามศัพท์ มีความสอดคล้องกัน

-1 แน่ใจว่าข้อคำถามกับนิยามศัพท์ ไม่มีความสอดคล้องกัน

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ประเด็นการประเมิน	นิยามศัพท์	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
สาระสำคัญของเนื้อหา	สาระสำคัญของเนื้อหาที่ปรากฏในแผนการจัดการเรียนรู้ ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ สรุปเนื้อหาหลักที่สำคัญ และเข้าใจได้ง่ายขึ้น	1. การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยเน้นเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเนื้อหา				
		2. สาระสำคัญครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้				
		3. สาระสำคัญของเนื้อหามีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา				
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม หรือเป้าหมายของการเรียนรู้ที่แสดงออกในรูปแบบของพฤติกรรมที่ผู้เรียนสามารถปฏิบัติหรือแสดงออกได้อย่างชัดเจนหลังจากการเรียนรู้	1. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความชัดเจน				
		2. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้				
		3. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงถึงผลลัพธ์ของการเรียนรู้ได้				
		4. วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน				
เนื้อหาสาระ	ข้อมูล ความรู้ หรือหัวข้อที่ถูกนำเสนอในกระบวนการเรียนรู้ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเป้าหมายการเรียนการสอน และครอบคลุมเนื้อหาที่จำเป็นในการบรรลุตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. เนื้อหาสาระที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ				
		2. เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้				
		3. เนื้อหาสาระครอบคลุมหัวข้อสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้				
		4. เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียน				
		5. เนื้อหาสาระตอบสนองความต้องการหรือแนวโน้มในบริบทปัจจุบัน				

ประเด็นการประเมิน	นิยามศัพท์	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
กิจกรรมการเรียนการสอน	กิจกรรมการเรียนการสอนเป็นกระบวนการชุดของกิจกรรมที่ออกแบบให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้ และจัดขึ้นโดยครู เพื่อส่งเสริมการเรียนรู้ของผู้เรียนให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความชัดเจนและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				
		2. กิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทั้งในเชิงวิเคราะห์และปฏิบัติจริง				
		3. กิจกรรมการเรียนการสอนมีการใช้ทรัพยากรหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเรียนรู้				
		4. กิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้เรียน				
		5. กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน				
		6. กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้				
การวัดและประเมินผล	กระบวนการรวบรวมข้อมูลและการตัดสินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อพิจารณาว่าผู้เรียนได้บรรลุจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้หรือไม่	1. เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม				
		2. ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย				
		3. เครื่องมือวัดผลมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียน				

ประเด็นการประเมิน	นิยามศัพท์	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ใบเนื้อหา	เอกสารหรือแหล่งข้อมูลที่ครูจัดทำขึ้นเพื่อให้ผู้เรียนใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเนื้อหาบทเรียน โดยมุ่งเน้นการนำเสนอข้อมูลสำคัญในรูปแบบที่เข้าใจง่าย และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	1. ใบเนื้อหานำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย				
		2. ใบเนื้อหาสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้				
		3. ใบเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้				
		4. ใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน				
ใบมอบหมายงาน	เอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อระบุรายละเอียดของงานหรือกิจกรรมที่ครูมอบหมายให้ผู้เรียนปฏิบัติ โดยมีวัตประสงค์เชิงพฤติกรรมเพื่อส่งเสริมการเรียนรู้และพัฒนาทักษะตามเป้าหมายที่กำหนด	1. ใบมอบหมายงานระบุรายละเอียดของงานที่ต้องทำไว้อย่างชัดเจน				
		2. ใบมอบหมายงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้				
		3. ใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน				
		4. มีระยะเวลากำหนดในใบมอบหมายงานเหมาะสมกับความซับซ้อนของงาน				
ใบสั่งงาน	เอกสารที่ให้ผู้เรียนหรือผู้ปฏิบัติงานดำเนินการตามใบสั่งงานที่กำหนดไว้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถทำงานได้อย่างเป็นระบบและถูกต้องตามมาตรฐาน	1. ใบสั่งงานอ่านง่ายและทำความเข้าใจได้ก่อนปฏิบัติงานจริง				
		2. ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างมีระบบและปลอดภัย				
		3. ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและปฏิบัติงานได้มีคุณภาพ				

ประเด็นการประเมิน	นิยามศัพท์	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
ใบสังเกตพฤติกรรม	เอกสารหรือเครื่องมือที่ครูใช้สำหรับรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับพฤติกรรมหรือการปฏิบัติตนของผู้เรียนระหว่างการเรียนการสอน หรือในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาโดยมีการกำหนดจุดพิจารณาและระดับการปฏิบัติงานอย่างชัดเจน	1. จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมระบุพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้อย่างชัดเจน				
		2. จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				
		3. ระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมมีความชัดเจนและเหมาะสม				
		4. จุดพิจารณาและระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถและลักษณะของผู้เรียน				
ใบตรวจให้คะแนน	เอกสารหรือเครื่องมือที่ครูใช้สำหรับประเมินผลการปฏิบัติงานโดยแสดงรายการประเมินและน้ำหนักคะแนนในแต่ละขั้นตอนอย่างชัดเจน	1. ใบตรวจให้คะแนนระบุน้ำหนักคะแนนการประเมินไว้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย				
		2. รายการประเมินในใบตรวจให้คะแนนสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน				
		3. ใบตรวจให้คะแนนมีรายการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นสำคัญของขั้นตอนการปฏิบัติงาน				
		4. ใบตรวจให้คะแนนมีการระบุคะแนนเต็มและช่องสำหรับบันทึกคะแนนอย่างครบถ้วน				
		5. ใบตรวจให้คะแนนสามารถประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานตามที่ระบุไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์				

ประเด็นการประเมิน	นิยามศัพท์	ข้อคำถาม	ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
			+1	0	-1	
บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน	การบันทึกเกี่ยวกับผลการจัดการเรียนการสอน ข้อดี ข้อด้อย ปัญหาและอุปสรรค แนวทางแก้ไข และข้อเสนอแนะ	1. บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน มีความครอบคลุม				
		2. บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนมีความสะดวก				
คู่มือครู	เอกสารหรือสื่อที่จัดทำขึ้นเพื่อช่วยครูในการจัดการเรียนการสอน โดยมีเนื้อหาและแนวทางที่ชัดเจนในการดำเนินการเรียนการสอน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1. คู่มือครูมีการอธิบายเนื้อหาวิชาอย่างชัดเจนและครบถ้วน				
		2. คู่มือครูมีแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม				
		3. คู่มือครูมีคำแนะนำสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง				
		4. คู่มือครูครอบคลุมเนื้อหาและแนวทางที่จำเป็นสำหรับการสอน				
		5. คู่มือครูมีรูปแบบที่ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริง				
สื่อการเรียนรู้	สื่ออิเล็กทรอนิกส์ที่สร้างขึ้น เพื่อใช้ในการนำเสนอเนื้อหาการเรียนรู้ในรูปแบบของข้อความ ภาพ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจเนื้อหาได้ง่ายขึ้น	1. สื่อนำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย				
		2. สื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้				
		3. สื่อครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้				
		4. สื่อใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน				

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

ลงชื่อ ..... ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)



แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมินของแบบสังเกตุพฤติกรรม

ชื่อสารนิพนธ์ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ชื่อนักศึกษา ธนัญชัย ศรีวงษ์

รหัสประจำตัว 6702017856145

ปริญญา ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา

แขนงวิชา วิศวกรรมเครื่องกล

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน

คำชี้แจง แบบประเมินฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน แบบประเมินนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : การทดสอบแรงบิดเพลากลม

คำถามความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน กรุณาทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องที่ตรงกับความคิดเห็นของท่านมีความหมายดังนี้

+1 แน่ใจว่าจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน มีความสอดคล้องกัน

0 ไม่แน่ใจว่าจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน มีความสอดคล้องกัน

-1 แน่ใจว่าจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน ไม่มีความสอดคล้องกัน

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	จุดพิจารณา	ประเด็นการประเมิน		ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		คะแนน	คำอธิบายระดับคะแนน	+1	0	-1	
1. ขั้นการปฏิบัติการ	1.1 การเตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ หมายถึงการเตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	3	เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ				
		2	เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ				
		1	เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ				
		0	ไม่มีการปฏิบัติ				
	1.2 เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด 1) เปิดเครื่องคอมต่อเข้าระบบ 2) เชื่อมต่อสายขยายสัญญาณ 3) อุ่นเครื่องรอ 30 นาที	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				
2. ขั้นกระบวนการปฏิบัติ	1.3 นำวัสดุติดตั้งในชุดทดสอบ 1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในซ็อกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				
	1.4 ปรับตั้งการแสดงแรงบิด 1) ปรับตั้งการแสดงแรงบิดให้เป็นศูนย์2) ปรับศูนย์ไดอัลเกจบนอุปกรณ์ชดเชย 3) หมุนวงล้อปรับตั้งศูนย์	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	จุดพิจารณา	ประเด็นการประเมิน		ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		คะแนน	คำอธิบายระดับคะแนน	+1	0	-1	
	1.5 ตั้งค่าเครื่องบันทึกข้อมูล 1) กดปุ่ม T (Tare) 2) ตั้งค่าการวัดให้เป็นศูนย์ 3) ตรวจสอบค่าเป็นศูนย์	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				
	1.6 ขึ้นผลการทดสอบ 1) ขีดเส้นแนวบนวัสดุ 2) หมุนวงล้อแรงบิดตามเข็มนาฬิกา 3) บันทึกค่าที่จอแสดงผล	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				
	1.7. นำค่าที่ได้มาคำนวณ 1) หาค่าเฉลี่ย 2) หาค่าแรงบิดของชิ้นงานเพลากลม 3) วิเคราะห์เทียบค่าวัสดุทั้ง 3 ชนิด	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				
3. ขั้นการทำความสะอาดเครื่องมือ ตามเงื่อนไขที่กำหนด	3.1 ทำความสะอาดเครื่องมือจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์ มีขั้นตอนดังต่อ ไปนี้ 1) ใช้ผ้าทำความสะอาดเครื่องทดสอบแรงบิด 2) ใช้ผ้าทำความสะอาดเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ 3) จัดเก็บเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ เข้าที่เรียบร้อย	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม	จุดพิจารณา	ประเด็นการประเมิน		ความสอดคล้อง			ข้อเสนอแนะ
		คะแนน	คำอธิบายระดับคะแนน	+1	0	-1	
3. ขั้นการทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานตามเงื่อนไขที่กำหนด	3.2 ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานมีขั้นตอนดังต่อ ไปนี้ 1) เลือกใช้อุปกรณ์ทำความสะอาดถูกต้อง 2) ทำความสะอาดคำนึงถึงความปลอดภัย 3) เก็บอุปกรณ์ทำความสะอาดเข้าที่เรียบร้อย	3	ปฏิบัติได้ครบถ้วน ทั้ง 3 ข้อ				
		2	ปฏิบัติได้ 2 ข้อ				
		1	ปฏิบัติได้ 1 ข้อ				
		0	ไม่สามารถปฏิบัติได้				

ตอนที่ 2 ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ความคิดเห็นเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....ผู้เชี่ยวชาญ

(.....)

ตำแหน่ง.....

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ



แบบประเมินความเหมาะสมของ
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

คำชี้แจง : แบบประเมินความเหมาะสมของการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) เป็นแบบสอบถามความเหมาะสมและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ผู้วิจัยจึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ ได้ทำการกรอกข้อมูลตรงตามความเป็นจริงมากที่สุด ข้อมูลที่ได้จากท่านจะนำไปแปลผลและสรุปรวม ซึ่งไม่มีผลต่อตัวท่านและสถานศึกษาแต่อย่างใด

เครื่องมือในการวิจัยเป็นแบบสอบถาม แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินความเหมาะสม

ตอนที่ 2 : รายการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะ

ตอนที่ 3 : ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

ตอนที่ 1 : ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบประเมินความเหมาะสม กรุณาทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ( ) ที่ตรงกับข้อมูลของท่าน ตามความเป็นจริง

1. เพศ

( ) ชาย

( ) หญิง

2. วุฒิการศึกษา

( ) ปริญญาตรี

( ) ปริญญาโท

( ) ปริญญาเอก หรือสูงกว่า

3. ประสบการณ์ในการทำงานด้านการสอน

( ) ต่ำกว่า 5 ปี

( ) 6 - 10 ปี

( ) 11 – 15 ปี

( ) 15 ปีขึ้นไป

<u>ตอนที่ 2</u> : รายการประเมินความเหมาะสมของชุดฝึกทักษะ โปรดทำเครื่องหมาย / ลงในช่อง ( ) ประเมินตามความคิดเห็นของท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมินความเหสาะสมดังนี้

5 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

3 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
สาระสำคัญของเนื้อหา						
1	การใช้ภาษาที่เข้าใจง่าย โดยเน้นเฉพาะประเด็นหลักที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อเนื้อหา					
2	สาระสำคัญครอบคลุมวัตถุประสงค์การเรียนรู้					
3	สาระสำคัญของเนื้อหามีความสอดคล้องกับเนื้อหารายวิชา					
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม						
1	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมมีความชัดเจน					
2	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมสอดคล้องกับเนื้อหาการเรียนรู้					
3	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมแสดงถึงผลลัพธ์ของการเรียนรู้ได้					
4	วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน					
เนื้อหาสาระ						
1	เนื้อหาสาระที่มีความถูกต้องตามหลักวิชาการ					
2	เนื้อหาสาระมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้					
3	เนื้อหาสาระครอบคลุมหัวข้อสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้					
4	เนื้อหาสาระมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความเข้าใจของผู้เรียน					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
เนื้อหาสาระ						
5	เนื้อหาสาระตอบสนองความต้องการหรือแนวโน้มในบริบทปัจจุบัน					
กิจกรรมการเรียนการสอน						
1	กิจกรรมการเรียนการสอนมีความชัดเจนและครอบคลุมตามวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	กิจกรรมการเรียนการสอนเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมทั้งในเชิงวิเคราะห์และปฏิบัติจริง					
3	กิจกรรมการเรียนการสอนมีการใช้ทรัพยากรหรือเทคโนโลยีที่เหมาะสมช่วยส่งเสริมการเรียนรู้					
4	กิจกรรมการเรียนการสอนมีความหลากหลายและตอบสนองความต้องการของผู้เรียน					
5	กิจกรรมการเรียนการสอนเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน					
6	กิจกรรมการเรียนการสอนสามารถวัดผลสัมฤทธิ์ของผู้เรียนได้					
การวัดและ ประเมินผล						
1	เครื่องมือวัดและประเมินผลมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
2	ระบุเกณฑ์ที่ใช้ในการวัดและประเมินผลมีความชัดเจนและเข้าใจง่าย					
3	เครื่องมือวัดผลมีความเหมาะสมกับระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียน					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
ใบเนื้อหา						
1	ใบเนื้อหานำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย					
2	ใบเนื้อหาสอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้					
3	ใบเนื้อหาครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้					
4	ใบเนื้อหาใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน					
ใบมอบหมายงาน						
1	ใบมอบหมายงานระบุรายละเอียดของงานที่ต้องทำไว้อย่างชัดเจน					
2	ใบมอบหมายงานสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้					
3	ใบมอบหมายงานมีความเหมาะสมกับระดับความสามารถของผู้เรียน					
4	มีระยะเวลากำหนดในใบมอบหมายงานเหมาะสมกับความซับซ้อนของงาน					
ใบสั่งงาน						
1	ใบสั่งงานอ่านง่ายและทำความเข้าใจได้ก่อนปฏิบัติงานจริง					
2	ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนทำงานได้อย่างมีระบบและปลอดภัย					
3	ใบสั่งงานช่วยให้ผู้เรียนมีความรับผิดชอบและปฏิบัติงานได้มีคุณภาพ					
ใบสังเกตพฤติกรรม						
1	จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมระบุพฤติกรรมที่ต้องการสังเกตไว้อย่างชัดเจน					
2	จุดพิจารณาในใบสังเกตพฤติกรรมสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
3	ระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมมีความชัดเจนและเหมาะสม					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
ใบสังเกตพฤติกรรม						
4	จุดพิจารณาและระดับการปฏิบัติงานในใบสังเกตพฤติกรรมเหมาะสมกับระดับความสามารถและลักษณะของผู้เรียน					
ใบตรวจให้คะแนน						
1	ใบตรวจให้คะแนนระบุน้ำหนักคะแนนการประเมินไว้อย่างชัดเจนและเข้าใจง่าย					
2	รายการประเมินในใบตรวจให้คะแนนสอดคล้องกับขั้นตอนการปฏิบัติงาน					
3	ใบตรวจให้คะแนนมีรายการประเมินที่ครอบคลุมประเด็นสำคัญของขั้นตอนการปฏิบัติงาน					
4	ใบตรวจให้คะแนนมีการระบุคะแนนเต็มและช่องสำหรับบันทึกคะแนนอย่างครบถ้วน					
5	ใบตรวจให้คะแนนสามารถประเมินขั้นตอนการปฏิบัติงานตามที่ระบุไว้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์					
บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน						
1	บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน มีความครอบคลุม					
2	บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอนมีความสะดวก					
คู่มือครู						
1	คู่มือครูมีการอธิบายเนื้อหาวิชาอย่างชัดเจนและครบถ้วน					
2	คู่มือครูมีแนวทางการสอนที่สอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม					
3	คู่มือครูมีคำแนะนำสำหรับการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมและสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง					
4	คู่มือครูครอบคลุมเนื้อหาและแนวทางที่จำเป็นสำหรับการสอน					
5	คู่มือครูมีรูปแบบที่ใช้งานง่ายและสะดวกต่อการนำไปใช้จริงในชั้นเรียน					

ข้อที่	รายการประเมิน	ระดับความเหมาะสม				
		5	4	3	2	1
สื่อการเรียนรู้						
1	สื่อนำเสนอเนื้อหาได้ชัดเจนและเข้าใจง่าย					
2	สื่อสอดคล้องกับวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่กำหนดไว้					
3	สื่อครอบคลุมเนื้อหาที่สำคัญที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้					
4	สื่อใช้ภาษาที่เหมาะสมกับระดับความรู้ของผู้เรียน					

<u>ตอนที่ 3</u> : ข้อเสนอแนะอื่น ๆ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้
ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษา
หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

คำชี้แจง

แบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 จัดทำเพื่อเป็นเครื่องมือสำหรับสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบร่วมกับวิธีการสอนแบบการ เรียนรู้แบบ MIAP สำหรับสำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401 แบ่งออกเป็น 3 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามคิดเห็น

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

ขอความอนุเคราะห์ท่านในการตอบแบบสอบถามให้ครบทุกข้อและตรงตามความเป็นจริงที่สุด เพื่อให้ได้ผลการศึกษาที่ตรงกับสภาพความเป็นจริง และขอขอบพระคุณอย่างสูงในความร่วมมือในการตอบแบบสอบถามความคิดเห็นฯ

นายธนัญชัย ศรีวงษ์
ตำแหน่ง อาจารย์ประจำหลักสูตร
สาขาวิชาเทคโนโลยียานยนต์ วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1

<u>ตอนที่ 1</u> ข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถามคิดเห็น

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย "✓" ลงในช่องหน้าข้อความ/เติมข้อความลงในช่องว่าง

1.1 ระดับการศึกษา ☐ ปริญญาตรี ปีที่ 2

1.2 สาขาวิชาที่เรียน ☐ เทคโนโลยียานยนต์

1.3 แผนกการเรียน ☐ ปกติ ☐ ทวิภาคี ☐ ทวิศึกษา

ตอนที่ 2 แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) รายวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401

คำชี้แจง โปรดทำเครื่องหมาย "✓" ลงในช่องระดับความคิดเห็น ระดับความคิดเห็นเป็นแบบมาตรประมาณค่า (Rating Scale) 5 ระดับ โดยแต่ละระดับ มีความหมาย ดังนี้

5 หมายถึง มีความความคิดเห็นว่า ในระดับมากที่สุด

4 หมายถึง มีความความคิดเห็นว่า ในระดับมาก

3 หมายถึง มีความความคิดเห็นว่า ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง มีความความคิดเห็นว่า ในระดับน้อย

1 หมายถึง มีความความคิดเห็นว่า ในระดับน้อยที่สุด

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมได้ดีขึ้น					
2. กิจกรรมการเรียนรู้ มีความเหมาะสมกับเวลา ชัดเจนตามขั้นตอน					
3. ใบเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน					
4. แบบฝึกหัด ตรงตามเนื้อหามีความชัดเจนเข้าใจง่าย เหมาะกับความสามารถของผู้เรียน					
5. ใบมอบหมายงานมีความชัดเจนเข้าใจง่าย ผู้เรียนสามารถปฏิบัติตามขั้นตอนได้					
6. ใบสั่งงานมีเกณฑ์และเงื่อนไขการปฏิบัติงานที่เข้าใจง่าย					
7. เกณฑ์และวิธีการให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน					
8. สื่อ มีความชัดเจนเข้าใจง่าย					
9. ผู้สอนอธิบายวิธีการปฏิบัติงานและเกณฑ์ให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน					
10. ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ดูแลเอาใจใส่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงและไม่เลือกปฏิบัติ					

ตอนที่ 3 ข้อเสนอแนะอื่นๆ

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

- ผลการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทอสอบ
- ผลการประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของชุดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)
- ผลการประเมินแบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมินของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)
- ผลการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=15)
- ผลการประเมินแบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ตารางที่ ค-1 ผลการศึกษาสภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอนและการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทอสอบ

ประเด็นการศึกษา	ผลการศึกษา
1. สภาพปัญหาการจัดการเรียนการสอน รายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	นักศึกษาพบปัญหาด้านการเข้าถึงข้อมูลและเครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบทาง เทคโนโลยียานยนต์ โดยเฉพาะนักศึกษาที่อาจไม่มีพื้นฐานที่ดี ทั้งในทางทฤษฎีและปฏิบัติ ทำให้มองภาพเรื่องของแรงบิดไม่เข้าใจ อีกทั้งการขาดแคลนเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ทันสมัย อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ เช่น ชุดทดสอบแรงบิด, เครื่องมือวัดต่าง ๆ และอุปกรณ์เฉพาะทางที่จำเป็นสำหรับการฝึกปฏิบัติจริงในห้องเรียนบางครั้งอาจไม่ได้รับการอัปเดตหรือบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอ เครื่องมือที่ล้าสมัยอาจส่งผลให้ไม่สามารถทดสอบหรือวัดผลได้อย่างแม่นยำทำให้การเรียนการสอนไม่สามารถ สะท้อนผลผลการทดสอบในอุตสาหกรรมจริงได้
2. ผลการเรียนและประเมินผล รายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	นักศึกษาขาดการมีส่วนร่วมและไม่สามารถเข้าใจเนื้อหาอย่างลึกซึ้ง การขาดแคลนทรัพยากรที่เพียงพอ เช่น เครื่องมือทดสอบที่ทันสมัย หรืออุปกรณ์ ต่างๆ ที่ใช้ในการทดสอบก็เป็นปัญหาที่ส่งผลกระทบต่อการเรียนการสอน ทำให้การเรียนการสอนมีประสิทธิภาพต่ำ
3. แนวทางการแก้ปัญหาการ จัดการเรียนการสอนรายวิชาวิชาการทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	การการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) เป็นรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นทักษะปฏิบัติของผู้เรียน ครูเป็นผู้ อำนวยความสะดวก ให้คำแนะนำซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนมีองค์ ความรู้ที่เพิ่มขึ้น พัฒนาทักษะการคิดทางทฤษฎีและทักษะการปฏิบัติได้

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)
ระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ของแบบประเมินความเหมาะสมชุดกิจกรรม
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษา หลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ตารางที่ ค-2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะสม

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
สาระสำคัญของเนื้อหา								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
เนื้อหาสาระ								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5.	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
กิจกรรมการเรียนการสอน								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้

ตารางที่ ค-2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะสม (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
กิจกรรมการเรียนการสอน								
5.	1	1	0	1	1	4	0.8	ใช้ได้
6.	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้
การวัดและ ประเมินผล								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ใบเนื้อหา								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ใบมอบหมายงาน								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ใบสั่งงาน								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ใบสังเกตพฤติกรรม								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้

ตารางที่ ค-2 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะส(ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ใบสังเกตพฤติกรรม								
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ใบตรวจให้คะแนน								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
คู่มือครู								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
4.	1	0	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
5.	1	1	1	0	1	4	0.8	ใช้ได้
สื่อการเรียนรู้								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
4.	0	1	1	1	1	4	0.8	ใช้ได้
5.	1	1	1	1	0	4	0.8	ใช้ได้

จากตารางที่ ค-2 พบว่า ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับนิยามศัพท์ (IOC) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ สาระสำคัญของเนื้อหา วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม เนื้อหาสาระ กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผล ใบเนื้อหา ใบมอบหมายงาน ใบสั่งงาน ใบสังเกตพฤติกรรม ใบตรวจให้คะแนน บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน คู่มือครู และ สื่อการเรียนรู้ ผ่านเกณฑ์ ทุกข้อ

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

แบบประเมินดัชนีความสอดคล้อง (IOC)

ระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน การประเมินของชุดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ตารางที่ ค-3 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะสม

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ขั้นการปฏิบัติการ								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
6.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
7.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
8.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ขั้นกระบวนการปฏิบัติ								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
5.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
6.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
7.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
8.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
9.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

ตารางที่ ค-3 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน (IOC) เพื่อสร้างแบบประเมินความเหมาะสม (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญ					รวม	IOC	ผลการประเมิน
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5			
ขั้นกระบวนการปฏิบัติการ								
10.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
11.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
12.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
13.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
14.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
15.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
16.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
17.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
18.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
19.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
20.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ขั้นการทำความสะอาดเครื่องมือ ตามเงื่อนไขที่กำหนด								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
ขั้นการทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน ตามเงื่อนไขที่กำหนด								
1.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
2.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
3.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้
4.	1	1	1	1	1	5	1	ใช้ได้

จากตารางที่ ค-3 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดพิจารณากับประเด็นการประเมิน (IOC) ประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ ขั้นการปฏิบัติการ ขั้นกระบวนการปฏิบัติ ขั้นการทำความสะอาดเครื่องมือตามเงื่อนไข ขั้นการทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงานตามเงื่อนไข ผ่านเกณฑ์ ทุกข้อ

แบบประเมินความเหมาะสมของ
การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ
สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=15)

ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																
คำถาม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\bar{x}$	S.D.
สาระสำคัญของเนื้อหา																	
1.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
2.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.87	0.35
3.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4.93	0.26
วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม																	
1.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.73	0.59
2.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.73	0.59
3.	5	5	4	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4.60	0.63
4.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00
เนื้อหาสาระ																	
1.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26
2.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.73	0.59
3.	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	4.67	0.49
4.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00
5.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00
กิจกรรมการเรียนการสอน																	
1.	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.87	0.35
2.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26
3.	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4.80	0.41
4.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26
5.	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4.87	0.35

ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																
คำถาม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\bar{x}$	S.D.
6.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4.87	0.35

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=15) (ต่อ)

ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																
คำถาม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\bar{x}$	S.D.
การวัด และ ประเมินผล																	
1.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26
2.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.87	0.35
3.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	4.93	0.26
ใบเนื้อหา																	
1.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.73	0.59
2.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.73	0.59
3.	5	5	4	5	3	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	4.60	0.63
4.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00
ใบมอบหมายงาน																	
1.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00
2.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5.00	0.00
3.	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	4	5	4.73	0.46
4	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4.87	0.35
ใบสั่งงาน																	
1.	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4.87	0.35
2.	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	4.80	0.56
3.	4	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	5	5	5	4.80	0.56
ใบสังเกตพฤติกรรม																	
1.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26
2.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26

ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																
คำถาม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\bar{x}$	S.D.
3.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.87	0.52
4.	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4.93	0.26

ตารางที่ ค-4 ผลการประเมินแบบประเมินความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) โดยผู้เชี่ยวชาญ (n=15) (ต่อ)

ข้อ	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ																
คำถาม	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	$\bar{x}$	S.D.
ใบตรวจให้คะแนน																	
1.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
2.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.73	0.46
3.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
4.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.73	0.46
5.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
บันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน																	
1.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.67	0.62
2.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.60	0.63
คู่มือครู																	
1.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
2.	5	4	4	5	3	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.60	0.63
3.	5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.73	0.46
4.	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.80	0.41
5.	5	5	4	5	5	5	4	5	5	5	5	4	5	5	5	4.80	0.41
สื่อการเรียนรู้																	
1.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
2.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.73	0.46
3.	5	5	4	5	5	5	5	5	5	5	5	4	5	5	5	4.87	0.35
4.	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5	4	4	5	5	4.73	0.46

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, *2560)*

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มี ความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

จากตารางที่ ค-4 ผลการศึกษาความเหมาะสมของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิ พบว่า โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.83, S.D. = 0.42) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ใบสังเกตพฤติกรรม มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.92, S.D. = 0.33) รองลงมา คือ การวัดและประเมินผลอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.91, S.D. = 0.29) และใบมอบหมายงาน มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.90, S.D. = 0.30) ตามลำดับ

แบบสอบถามความพึงพอใจของนักศึกษาต่อการใช้

ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ตารางที่ ค-5 ผลการประเมินแบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนัก ศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ข้อคำถาม	คะแนนความคิดเห็นของนักเรียน																															
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	$\bar{x}$	S.D.
1.	5	4	4	4	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	4	4	4	5	5	4	5	5	4	5	5	5	5	5	5	4	**4.63**	**0.49**
2.	4	4	5	5	4	3	4	3	5	4	5	5	4	5	4	4	5	4	4	3	4	4	5	4	4	5	4	5	4	4	**4.23**	**0.63**
3.	4	3	3	4	5	5	5	4	4	3	5	5	5	5	5	4	4	4	4	4	5	4	4	3	5	4	5	4	5	4	**4.27**	**0.69**
4.	3	3	4	3	3	4	5	4	4	4	5	5	5	4	5	4	4	5	5	5	4	4	3	4	3	3	5	5	3	4	**4.07**	**0.78**
5.	4	3	3	4	3	5	4	5	4	4	5	5	5	5	4	4	4	5	3	4	5	5	4	4	3	4	4	4	3	3	**4.07**	**0.74**
6.	4	4	4	4	4	3	5	3	4	5	5	3	4	4	4	5	4	3	4	3	5	4	5	5	4	4	4	4	4	5	**4.10**	**0.66**
7.	3	5	3	4	3	4	5	3	4	5	5	4	5	4	4	4	5	3	5	3	4	4	4	4	5	5	4	4	5	3	**4.10**	**0.76**
8.	5	4	4	3	3	4	5	3	3	4	4	5	5	5	3	5	5	4	3	4	5	5	4	3	5	4	4	5	5	3	**4.13**	**0.82**
9.	5	5	4	4	4	4	4	4	3	5	5	4	5	5	4	4	5	5	4	4	5	4	5	3	5	5	5	4	4	5	**4.40**	**0.62**
10.	4	4	3	4	4	5	5	4	3	4	4	4	4	5	5	5	4	5	5	5	5	5	4	3	5	5	5	4	5	5	**4.40**	**0.67**
ผลรวม																															**4.24**	**0.69**

การวิเคราะห์ข้อมูล โดยคำนวณหา ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน เกณฑ์การแปลความหมายค่าเฉลี่ย (บุญชม ศรีสะอาด, *2560)*

4.51 – 5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

3.51 – 4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ มาก

2.51 – 3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ ปานกลาง

1.51 – 2.50 หมายถึง มี ความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อย

1.00 – 1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับ น้อยที่สุด

จากตารางที่ ค-5 ผลการศึกษาการประเมินแบบสอบถามคิดเห็นของนักศึกษาต่อการใช้ชุดการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) พบว่า โดยภาพรวมมีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.24, S.D. = 0.69) เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ ให้นักศึกษาปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมได้ดีขึ้น มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\overline{X}$ = 4.63, S.D. = 0.49) รองลงมา คือ ผู้สอนมีความเป็นกันเอง ดูแลเอาใจใส่ผู้เรียนอย่างทั่วถึงและไม่เลือกปฏิบัติ อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.67) และผู้สอนอธิบายวิธีการปฏิบัติงานและเกณฑ์ให้คะแนนก่อนเริ่มการปฏิบัติได้อย่างชัดเจน อยู่ในระดับมาก ($\overline{X}$ = 4.40, S.D. = 0.62) ตามลำดับ

ตารางที่ ค-6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80

ผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน (100 คะแนน)
	คะแนนใบงาน	รวม(100 คะแนน)	
คนที่ 1	90	90	91
คนที่ 2	50	50	75
คนที่ 3	82	82	83
คนที่ 4	86	86	86
คนที่ 5	75	75	78
คนที่ 6	88	88	89
คนที่ 7	78	78	79
คนที่ 8	88	88	89
คนที่ 9	85	85	85
คนที่ 10	82	82	83
คนที่ 11	88	88	88
คนที่ 12	81	81	80
คนที่ 13	86	86	86
คนที่ 14	86	86	87
คนที่ 15	78	78	80
คนที่ 16	86	86	87
คนที่ 17	75	75	76
คนที่ 18	85	85	85
คนที่ 19	83	83	84
คนที่ 20	85	85	85
คนที่ 21	72	72	74
คนที่ 22	80	80	81
คนที่ 23	73	73	75
คนที่ 24	83	83	84

ตารางที่ ค-6 ผลการวิเคราะห์ประสิทธิภาพของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีค่าตามเกณฑ์ที่กำหนดที่ระดับ 80/80

ผู้เรียน	คะแนนระหว่างเรียน		คะแนนหลังเรียน (100 คะแนน)
	คะแนนใบงาน	รวม(100 คะแนน)	
คนที่ 25	73	73	74
คนที่ 26	86	86	86
คนที่ 27	80	80	82
คนที่ 28	83	83	84
คนที่ 29	86	86	87
คนที่ 30	80	80	80
รวม		81.10	82.77
ประสิทธิภาพของของชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ เท่ากับ 81.10/82.77 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด 80/80			

จากตารางที่ ค-6 คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนจากการทำใบงานระหว่างเรียนในขณะที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ มีคะแนนเต็ม 100 คิดเป็นร้อยละ 81.10 และได้ทำการประเมินผลการเรียนรู้หลังเรียนกับนักเรียน มีคะแนนเต็ม 100 คิดเป็นร้อยละ 82.77 แสดงว่าชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีประสิทธิภาพ 81.10/82.77 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ 80/80

ตารางที่ ค-7 ผลการทดสอบวัดผลหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่อง การทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (Post-test) โดยใช้แบบฝึกทักษะการปฏิบัติงานเป็นลักษณะแบบสังเกตุโดยวิธีการ (Rubrics Score)

ลำดับที่	คะแนนทดสอบหลังเรียนเรียน
	คะแนนใบงาน
คนที่ 1	91
คนที่ 2	75
คนที่ 3	83
คนที่ 4	86
คนที่ 5	78
คนที่ 6	89
คนที่ 7	79
คนที่ 8	89
คนที่ 9	85
คนที่ 10	83
คนที่ 11	88
คนที่ 12	80
คนที่ 13	86
คนที่ 14	87
คนที่ 15	80
คนที่ 16	87
คนที่ 17	76
คนที่ 18	85
คนที่ 19	84
คนที่ 20	85
คนที่ 21	74
คนที่ 22	81

ตารางที่ ค-7 ผลการทดสอบวัดผลหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (Post-test) โดยใช้แบบฝึกทักษะการปฏิบัติงานเป็นลักษณะแบบสังเกตุโดยวิธีการ (Rubrics Score) (ต่อ)

ลำดับที่	คะแนนทดสอบหลังเรียนเรียน
	คะแนนใบงาน
คนที่ 23	75
คนที่ 24	84
คนที่ 25	74
คนที่ 26	86
คนที่ 27	82
คนที่ 28	84
คนที่ 29	87
คนที่ 30	80
เฉลี่ย	86.56
S.D.	3.50

จากตารางที่ ค-8 ผลผลการทดสอบวัดผลหลังเรียนด้วยชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ (Post-test) โดยใช้แบบฝึกทักษะการปฏิบัติงานเป็นลักษณะแบบสังเกตุโดยวิธีการ (Rubrics Score) จำนวน 30 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 86.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.50

ตารางที่ ค-7 ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรม การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ กับเกณฑ์

ทักษะการปฏิบัติงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดฝึกทักษะ	n	$\bar{X}$	S.D.	t	df	P-Value*
	30	86.56	3.50	10.25	29	0.000

*มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ0.05

จากตารางที่ ค-9 ผลการเปรียบเทียบทักษะการปฏิบัติงานของนักเรียนที่เรียนด้วยชุดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ จำนวน 30 คน มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเท่ากับ 86.56 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 3.50 เมื่อทดสอบสมมติฐานการ

วิจัย นักศึกษา ชั้นปีที่ 2 เทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง) วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ มีทักษะการปฏิบัติงานเฉลี่ยมากกว่าเกณฑ์ร้อยละ 80 ของคะแนนเต็มอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ (t= 10.275 , df= 29 , p= 0.000)

ภาคผนวก ง

- ข้อมูลการหาค่า t-test แบบ t-test for one sample
- แผนการจัดกิจกรรมการพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)



ตารางที่ ง-1 ข้อมูลการหาค่า t-test แบบ t-test for one sample

T-Test

T-Test

[DataSet1]

One-Sample Statistics

	N	Mean	Std. Deviation	Std. Error Mean
หลังเรียน	30	86.5667	3.50057	.63911

One-Sample Test

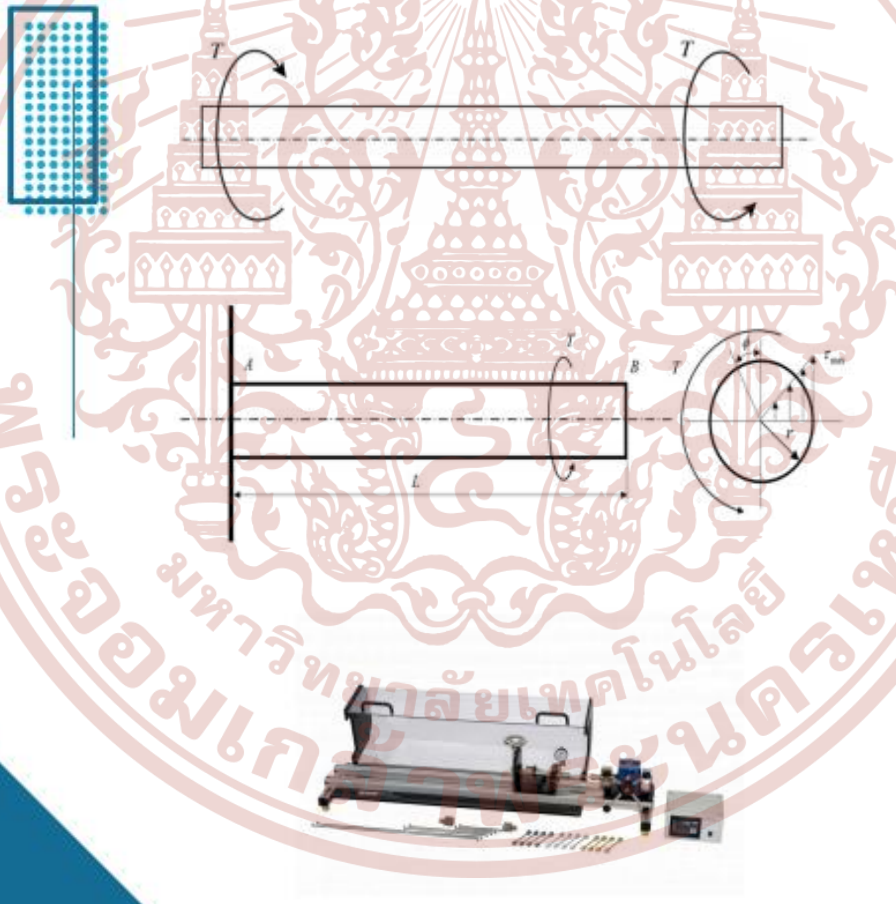
Test Value = 80

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
หลังเรียน	10.275	29	.000	6.56667	5.2595	7.8738

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี



การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้ เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)



นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา แขนงวิชาเครื่องกล
คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม
มหาวิทยาลัยพระจิตเกล้าพระนครเหนือ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

คำนำ

ในยุคปัจจุบันเทคโนโลยียานยนต์มีการเปลี่ยนแปลงและพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ภาคการศึกษาต้องปรับตัวให้ทันกับความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี โดยเฉพาะในการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวข้องกับการทดสอบสมรรถนะทางวิศวกรรม เช่น การวิเคราะห์พฤติกรรมของโลหะและวัสดุผสม การออกแบบเพลาขับ ตลอดจนการตรวจสอบคุณสมบัติเชิงกลของวัสดุ ซึ่งการทดสอบแรงบิดถือเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมินความสามารถของวัสดุและโครงสร้างเชิงวิศวกรรม เพื่อให้สามารถเลือกใช้วัสดุได้อย่างถูกต้องตรงตามลักษณะงานที่ต้องการ ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมของวัสดุที่มีชนิด ขนาด และความยาวที่แตกต่างกันเมื่อถูกทดสอบแรงบิด จึงเป็นแนวทางหนึ่งเสริมสร้างความเข้าใจเชิงลึกในการออกแบบและพัฒนาชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีประสิทธิภาพ และยังสามารถนำผลการศึกษาไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนเพื่อเตรียมความพร้อมให้กับนักศึกษาในหลักสูตรเทคโนโลยียานยนต์ให้สอดคล้องกับความต้องการของอุตสาหกรรมในอนาคต

ชุดกิจกรรมนี้ได้รับการออกแบบเพื่อให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ผ่านการปฏิบัติจริง เน้นการวิเคราะห์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถเข้าใจหลักการ เห็นภาพพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิดได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นและสามารถประยุกต์ใช้ได้อย่างเหมาะสม อันเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการเรียนรู้ในระดับสูงต่อการพัฒนาทักษะวิชาชีพด้านวิศวกรรมในอนาคต

นายธนัญชัย ศรีวงษ์

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

คำนำ	ก
สารบัญ	ข
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	1
วัดผลกิจกรรม	2
ใบกิจกรรม	6
ใบเนื้อหา	10
ใบมอบหมายงาน	19
ใบสั่งงาน	23
ใบบันทึกผลการทดสอบ	24
แบบสังเกตพฤติกรรม	26
ใบรวมคะแนน	29

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	
วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**

สาระสำคัญของเนื้อหา

สร้างความเข้าใจการคำนวณหาค่าทางทฤษฎีเกี่ยวกับแรงบิดเพลากลมโดยใช้การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายลักษณะของการบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
3. อธิบายวิธีการหาแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
4. อธิบายวิธีการหาความเค้นเฉือนได้อย่างถูกต้อง
5. คำนวณหาค่าความเค้นเฉือนของเพลากลมของวัสดุแต่ละชนิดเมื่อถูกแรงบิดกระทำตามสมการทางทฤษฎีได้อย่างถูกต้อง
6. ปฏิบัติผลการทดสอบการทดสอบแรงบิดเพลากลมด้วยเครื่องทดสอบแรงบิด รุ่น WP500 ได้อย่างถูกต้อง

เนื้อหาสาระ

1. การบิดของเพลากลมภายใต้แรงบิด
2. การคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม
3. การใช้เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด รุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT มีขอบเขตการใช้งานที่ 30 นิวตัน เมตร ใช้สำหรับการทดสอบแรงบิดของแท่งวัสดุโลหะเพลากลมจนถึงจุดที่วัสดุเสียหาย โดยจะมีการวัดแรงบิดที่ใช้และมุมบิดของแท่งวัสดุทดสอบ สามารถใช้แท่งวัสดุเพลากลมทดสอบที่ต่างกัน โดยสามารถศึกษาข้อมูลของวัสดุที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางไม่เกิน 6 mm
4. ผลการทดสอบหาแรงบิดของวัสดุเพลากลมแต่ละประเภทมีคุณสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน ชนิดวัสดุประเภท วัสดุแท่งโลหะ 1) เหล็กกล้า ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304 2) ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของวัสดุ 4 mm 5 mm และ 6 mm 3) ความยาวของวัสดุขนาด 100 mm 150 mm 200mm และ 250 mm

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**

กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อการสอน/การวัดผล

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบ MIAP	**หัวข้อเรื่อง**	**กิจกรรมผู้สอน**	**กิจกรรมผู้เรียน**	**สื่อการสอน**	**เวลา (นาที)**
-	เช็คชื่อผู้เรียน	ถาม	ตอบ	-	10
ขั้นสนใจ ปัญหาเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน (Motivation)	กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนและนำเข้าสู่เนื้อหา	- แจ้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม - อธิบายภาพรวมของเนื้อหาและกิจกรรม - สอบถามความคาดหวัง	- ศึกษาใบเนื้อหา - ศึกษาใบเนื้อหา - ตอบคำถาม	PowerPoint	20 30 10

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด

วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**

กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อการสอน/การวัดผล

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบ MIAP	**หัวข้อเรื่อง**	**กิจกรรมผู้สอน**	**กิจกรรมผู้เรียน**	**สื่อการสอน**	**เวลา (นาที)**
ขั้นให้เนื้อหา (Information)	การบิดของเพลาภายใต้แรงบิด	- บรรยายเนื้อหาความหมายของแรงบิดเพลากลมประกอบการใช้สื่อ	- ศึกษาใบเนื้อหาเกี่ยวกับอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลม	PowerPoint	10
		- ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและคอยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้ตามใบกิจกรรมที่ 1/2	- ใช้ AI Google Gemini หาการบิดของเพลาภายใต้แรงบิด	AI Google Gemini ใบกิจกรรมที่ 1/2	40
		- ตั้งคำถามเพื่อทดสอบ ความเข้าใจ เปิดให้ถามข้อสงสัย	- ตอบคำถาม ถามคำถาม เกี่ยวกับอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลม	ใบตอบคำถาม	10

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด

วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**

กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อการสอน/การวัดผล

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบ MIAP	**หัวข้อเรื่อง**	**กิจกรรมผู้สอน**	**กิจกรรมผู้เรียน**	**สื่อการสอน**	**เวลา (นาที)**
ขั้นให้เนื้อหา (Information)	การคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม	- บรรยายเนื้อหาความหมายของแรงบิดเพลากลม ประกอบการใช้สื่อ	- ศึกษาใบเนื้อหาเกี่ยวกับการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม	PowerPoint	10
		- ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและคอยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้ตามใบกิจกรรมที่ 2/2	- ใช้ AI Google Gemini หาการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม	AI Google Gemini ใบกิจกรรมที่ 2/2	40
		- ตั้งคำถามเพื่อทดสอบ ความเข้าใจ เปิดให้ถามข้อสงสัย	- ตอบคำถาม ถามคำถาม เกี่ยวกับการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม	ใบตอบคำถาม	10

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด

วิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์ รหัสวิชา 29-40137-2401	**ระดับ ปริญญาตรี**
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ระยะเวลา 6 ชั่วโมง**

กิจกรรมการเรียนการสอน/สื่อการสอน/การวัดผล

ขั้นตอนการเรียนรู้แบบ MIAP	**หัวข้อเรื่อง**	**กิจกรรมผู้สอน**	**กิจกรรมผู้เรียน**	**สื่อการสอน**	**เวลา (นาที)**
ขั้นให้เนื้อหา (Information)	การใช้เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิดรุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT	- บรรยายเนื้อหาประกอบการใช้สื่อ - สาธิตการใช้ชุดทดสอบ - ตั้งคำถามเพื่อทดสอบ ความเข้าใจ	- ศึกษาใบเนื้อหาที่ - ปฏิบัติการใช้งานชุดทดสอบ - ตอบคำถาม	PowerPoint - คู่มือการใช้งาน	30 20 10
ขั้นลงมือปฏิบัติ (Application)	ผลการทดสอบหาแรงบิดของวัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน	- แจ้งวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมผลการทดสอบ - สาธิตผลการทดสอบ - มอบหมายงาน	- ปฏิบัติผลการทดสอบครั้งที่ 1- 9 - บันทึกผลในใบทดลอง	- ชุดสาธิต - ใบมอบหมายงาน - ใบทดลอง	10 10 40
ขั้นตรวจปรับเนื้อหา (Progress)	สรุป ประเมินผลสัมฤทธิ์	- สรุปเนื้อหาและผล ผลการทดสอบและตอบ คำถาม - สรุปผลผลการทดสอบ - ตรวจงานทดลอง - วัดผลสัมฤทธิ์	- ถามคำถาม - สรุปผลการทดสอบ - ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์	- ใบตรวจ - แบบวัดผลสัมฤทธิ์	20 30

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบกิจกรรม**	**1/2**

ขั้นให้เนื้อหา (Information) การบิดของเพลาภายใต้แรงบิด

คำสั่ง 1. ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้

2. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 40 นาที

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง

1. อธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง
2. อธิบายลักษณะของการบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน	**เครื่องมือ อุปกรณ์**
1. ให้ผู้เรียนเข้าใช้งาน AI Google Gemini 2. ให้ผู้เรียนสร้าง Prompt Engineering เกี่ยวกับแรงบิดเพลากลม 2.1 ข้อความ Prompt 1 *“ความหมายของแรงบิดเพลากลม จงอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลม ในทางวิศวกรรมเครื่องกล โดยอธิบายให้เข้าใจง่ายพร้อมยกตัวอย่างจากงานจริงทางยานยนต์ เช่น เพลาขับรถยนต์”* 2.2 ข้อความ Prompt 2 *“ลักษณะของการบิดเพลากลม จงอธิบายลักษณะการบิดของเพลากลมเมื่อถูกแรงบิดกระทำ โดยอธิบายการกระจายความเค้นเฉือนตั้งแต่แกนกลางถึงผิวเพลา พร้อมอธิบายว่าบริเวณใดมีความเค้นเฉือนมากที่สุด”* 2.3 ข้อความ Prompt 3 *“จงหาความสัมพันธ์แรงบิดกับการใช้งานจริง แรงบิดที่กระทำกับเพลากลมส่งผลต่อการใช้งานจริงอย่างไร หากแรงบิดมากเกินไปจะเกิดผลเสียอย่างไร ยกตัวอย่างจากเพลาขับรถยนต์หรือเพลากระปุกเกียร์”*	1. คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน 2. ระบบอินเตอร์เน็ต 3. AI Google Gemini
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบกิจกรรม**	2/2

ขั้นให้เนื้อหา (Information) การบิดของเพลาภายใต้แรงบิด

คำสั่ง 1. ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้

2. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 40 นาที

วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมที่เกี่ยวข้อง

3) อธิบายวิธีการหาแรงบิดเพลากลมได้อย่างถูกต้อง

4) อธิบายวิธีการหาความเค้นเฉือนได้อย่างถูกต้อง

5) คำนวณหาค่าความเค้นเฉือนได้อย่างถูกต้อง

ลำดับขั้นการปฏิบัติงาน	**เครื่องมือ อุปกรณ์**
1. ให้ผู้เรียนเข้าใช้งาน AI Google Gemini 2. ให้ผู้เรียนสร้าง Prompt Engineering เกี่ยวกับแรงบิดเพลากลม 2.1 ข้อความ Prompt 1 *“สูตรและหลักการคำนวณแรงบิด จงอธิบายหลักการคำนวณแรงบิดเพลากลม พร้อมแสดงสมการที่ใช้ในการหาค่าความเค้นเฉือน และอธิบายความหมายของตัวแปรแต่ละตัวในสมการ”* 2.2 ข้อความ Prompt 2 *“ตัวอย่างการคำนวณเชิงตัวเลข จงยกตัวอย่างการคำนวณหาค่าความเค้นเฉือนของเพลากลมตัน เมื่อทราบค่าแรงบิด เส้นผ่านศูนย์กลาง และความยาวของเพลา พร้อมแสดงขั้นตอนการคำนวณอย่างละเอียด”* 2.3 ข้อความ Prompt 3 *“เปรียบเทียบวัสดุเพลากลม จงเปรียบเทียบพฤติกรรมการรับแรงบิดของเพลากลมที่ทำจากเหล็ก SS400 อะลูมิเนียม 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ว่าวัสดุใดเหมาะสมต่อการใช้งานที่ต้องรับแรงบิดสูง พร้อมเหตุผลทางวิศวกรรม”*	1. คอมพิวเตอร์ หรือ สมาร์ทโฟน 2. ระบบอินเตอร์เน็ต 3. AI Google Gemini
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	**ชื่อวิชา** การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบตอบคำถาม กิจกรรมที่ 1**	1/2

1. ยกตัวอย่างของแรงบิดเพลากลม

.....

.....

.....

.....

.....

2. ยกตัวแรงสาเหตุของการเกิดแรงบิดเพลากลม

.....

.....

.....

.....

.....

3. จงอธิบายการกระจายความเค้นเฉือนในเพลากลม และระบุบริเวณที่มีความเค้นเฉือนมากที่สุด

.....

.....

.....

.....

.....

4. จงอธิบายผลของแรงบิดต่อการใช้งานจริงของเพลากลมในงานยานยนต์ พร้อมยกตัวอย่างอย่างน้อย 1 ตัวอย่าง

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	**ชื่อวิชา** การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบตอบคำถาม กิจกรรมที่ 2**	2/2

1. จงเขียนสมการที่ใช้ในการคำนวณหาความเค้นเฉือนของเพลากลม และอธิบายความหมายของตัวแปรแต่ละตัว

.....

.....

.....

.....

.....

2. กำหนดให้เพลากลมตันมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 mm ถูกแรงบิดกระทำ 12 นิวตัน·เมตร จงคำนวณหาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดของเพลา

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

3. จากผลการทดสอบให้สรุปว่าวัสดุใดเหมาะสมกับงานที่ต้องรับแรงบิดสูง

.....

.....

.....

.....

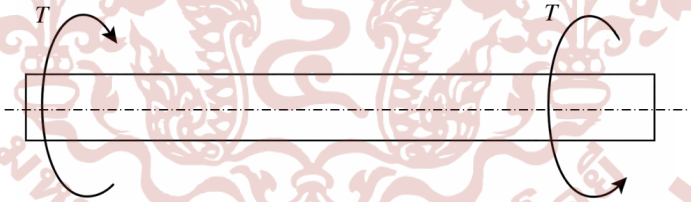
.....

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	1/7

ทฤษฎีการบิดของเพลา

แรงบิด (Torsion) เป็นลักษณะการรับแรงของชิ้นส่วนที่เกิดขึ้น เมื่อมีแรงบิดกระทำที่ปลายทั้งสองด้านของชิ้นงานในทิศทางตรงข้ามกัน ทำให้ชิ้นงานเกิดการหมุนรอบแกนตามแนวยาว ดังภาพที่ 1-1 ลักษณะการรับแรงดังกล่าวพบได้บ่อยในชิ้นส่วนทางวิศวกรรม เช่น เพลา เพลากลาง เพลาขับ และเพลาส่งกำลัง ในทางวิศวกรรม แรงบิด คือ โมเมนต์ของแรงที่ทำให้วัตถุมีแนวโน้มหมุนรอบแกน เมื่อแรงบิดกระทำต่อเพลา จะทำให้ภายในเนื้อวัสดุเกิดความเค้นเฉือน และส่งผลให้เพลาเกิดมุมบิดตลอดความยาวของชิ้นงาน โดยขนาดของความเค้นและมุมบิดจะขึ้นอยู่กับปัจจัยสำคัญ ได้แก่ ขนาดของแรงบิด ความยาวเพลา คุณสมบัติของวัสดุ และลักษณะหน้าตัดของชิ้นงาน ดังนั้น การศึกษาพฤติกรรมการบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการออกแบบและวิเคราะห์ชิ้นส่วนที่ต้องรับการส่งกำลังหมุนให้มีความแข็งแรงและปลอดภัยต่อการใช้งาน



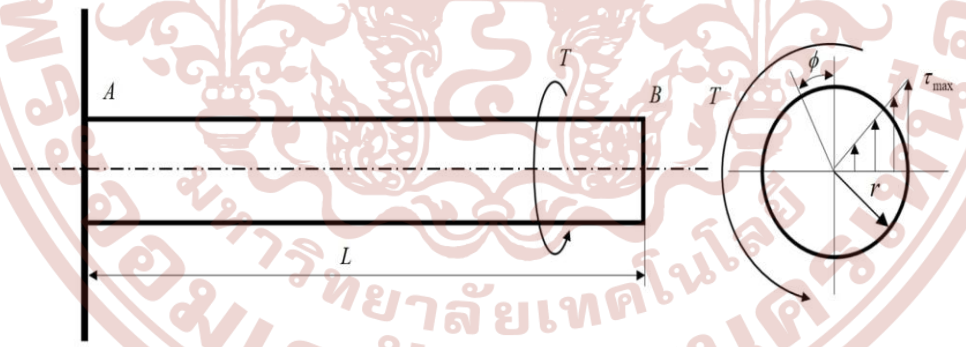
ภาพที่ 1-1 การบิดรอบแกนของชิ้นงาน

ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	2/7

การคำนวณเกี่ยวกับแรงบิด

การคำนวณเกี่ยวกับแรงบิด คือ แรงในการทำให้วัตถุเกิดการหมุนรอบแกน ตามยาวของเพลาหรือชิ้นส่วนแกนยาวที่มีระยะทางจากจุดศูนย์กลางวงกลมเรียกรัศมีเพลา (r) ตั้งฉากกับแนวแรง (F) ผลคูณของแรงกับรัศมีของเพลาเรียกว่าโมเมนต์บิด $T = r \; x \; F$ ดังภาพที่ 1-2 แรงบิดเกิดขึ้นบนเพลา มีความสำคัญอย่างมากในการออกแบบเพลาส่งกำลังของการส่งกำลังในยานยนต์ ดังนั้นการคำนวณเพื่อหาค่าความเค้นเฉือนและค่าความเครียดเฉือน แรงบิดเกิดขึ้นบนเพลาส่งกำลัง จึงมีความสำคัญที่จะต้องสามารถหาค่าความเครียดเฉือนและการเสียรูปที่เกิดขึ้นในเพลาเมื่อได้รับแรงบิด การหาค่าความเค้นเฉือนของเพลาที่เกิดการบิดหาได้ดังสมการที่ 1-1

ความเค้นเฉือนของเพลากลม $$\tau_{\max} = \frac{Tr}{J} \qquad (1\text{-}1)$$

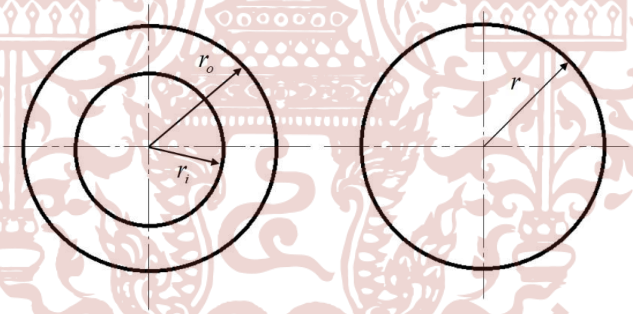


ภาพที่ 1-2 การเกิดความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	3/7

เมื่อเพลาถูกยึดแน่นที่จุดรองรับ A แบบยึดแน่นเมื่อมีแรงกระทำรอบแกนกระทำกับปลายอีกด้านหนึ่ง รัศมีที่อยู่บนหน้าตัดเพลา เมื่อ L คือความยาวของเพลาจากจุดรองรับของเพลา ที่จุด B จะเกิดการเสียรูปเนื่องจากโมเมนต์บิดทำมุม ค่ามุมนี้เรียกว่ามุมบิด (Angle of Twist) จะเกิดการเปลี่ยนแปลงค่ามุมบิดไปตามความยาวเพลา การหาค่ามุมบิดได้ดังสมการที่ 1-2

มุมบิดของเพลา $$\theta = \frac{TL}{JG}$$ (1-2)



ภาพที่ 1-3 การเกิดความเค้นเฉือนเนื่องจากแรงบิด

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	4/7

การคำนวณหาค่าความเค้นเฉือนของเพลากลมจะต้องใช้ค่าโมเมนต์ความเฉื่อยพิกัดเชิงขั้ว (Polar Moment of Inertia) ของพื้นที่หน้าตัดของเพลาตัน ดังภาพที่ 1-3 ได้ดังสมการที่ 1-3 ความเฉื่อยพิกัดเชิงขั้วพื้นที่วงกลมเพลาตัน

$$J = \frac{\pi}{2} r^4 \qquad (1\text{-}3)$$

เมื่อ T คือ แรงบิด (N.m)

J คือ โมเมนต์ความเฉื่อยพิกัดเชิงขั้ว (m^4)

τ คือ ความเค้นเฉือน (Pa)

r คือ รัศมีของเพลา (m)

G คือ โมดูลัสแรงเฉือน (Pa)

θ คือ มุมบิด (rad)

L คือ ความยาวของเพลา (m)

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

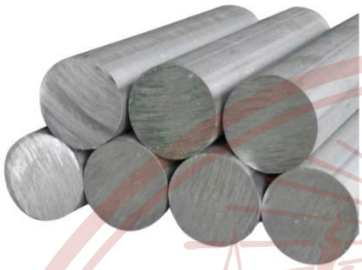
	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	5/7

ทฤษฎีการรับแรงบิดของวัสดุ

การศึกษาพฤติกรรมของวัสดุเมื่อถูกแรงบิดจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งในการประเมิน ความแข็งแรงและความทนทานของวัสดุ เพื่อให้สามารถออกแบบและเลือกใช้วัสดุได้อย่างเหมาะสม การวิเคราะห์ที่เกิดขึ้นเนื่องจากแรงบิด จะประกอบด้วยการพิจารณาค่าความเค้นเฉือน ความเครียดเฉือน และมุมบิด ที่เกิดขึ้นในวัสดุ ซึ่งมีปัจจัยสำคัญหลายประการที่ส่งผลต่อพฤติกรรมของวัสดุภายใต้แรงบิด ได้แก่ 1) ชนิดของวัสดุ วัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน เช่น ความแข็งแรง ความเหนียว และโมดูลัสเฉือน วัสดุประเภทเหล็กกล้า อะลูมิเนียม และเหล็กกล้าไร้สนิมตอบสนองต่อแรงบิดแตกต่างกัน ซึ่งส่งผลโดยตรงต่อความสามารถในการรับน้ำหนักและความปลอดภัยของระบบ 2) ขนาดของวัสดุ ขนาดหน้าตัดของวัสดุ เช่น เส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา มีผลต่อความสามารถในการรับแรงบิด เนื่องจากค่าความเครียดเฉือนและความเค้นเฉือนจะเพิ่มขึ้นหากพื้นที่หน้าตัดลดลง 3) ความยาวของวัสดุ ความยาวของชิ้นงานที่รับแรงบิดมีผลโดยตรงต่อมุมบิด โดยวัสดุที่มีความยาวมากกว่าจะมีแนวโน้มเกิดการบิดตัวมากกว่าภายใต้แรงบิดเท่ากัน ซึ่งเป็นประเด็นสำคัญในการออกแบบเพื่อควบคุมการเสียรูป

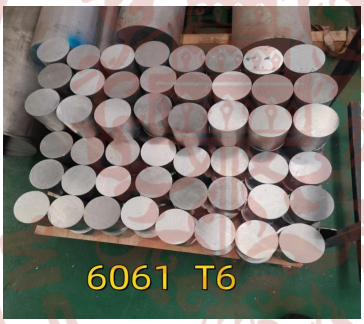
	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	6/7

ชนิดของวัสดุ



รูป เหล็กกล้า ชนิด SS400

เหล็กเส้นกลม เกรด SS400 เป็นวัสดุเหล็กกล้าเหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน (Hot Rolled Carbon Steel) ที่จัดอยู่ในกลุ่ม เหล็กโครงสร้าง (Structural Steel) ตามมาตรฐาน JIS G3101 (Japan Industrial Standard) คุณสมบัติหลักของเหล็ก SS400 ชนิดของเหล็ก เหล็กกล้าคาร์บอนรีดร้อน (Rolled Carbon Structural Steel) การใช้งาน เหมาะสำหรับงานโครงสร้าง เช่น คาน เสา เพลท เหล็ก



รูป อะลูมิเนียม ชนิด 6061

อะลูมิเนียมเส้นกลม เกรด 6061 เป็นอะลูมิเนียมอัลลอยซีรีส์ 6000 จัดอยู่ในกลุ่ม Al-Mg-Si (Aluminum – Magnesium – Silicon Alloy) ชนิดของวัสดุประเภท อะลูมิเนียมอัลลอยชนิดทำการตกผลึกแข็ง (Heat-treatable alloy) ซีรีส์ 6000 series ส่วนประกอบหลัก อะลูมิเนียมผสมกับ แมกนีเซียม (Mg) และ ซิลิกอน (Si) คุณสมบัติเด่น น้ำหนักเบา มีความแข็งแรงเชิงกลดี ทนต่อการกัดกร่อนสูง (ดีกว่า 2000 และ 7000 series) สามารถเชื่อมได้ดี กลึง ตัด เจาะ และแปรรูปได้ง่าย

ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบเนื้อหา**	7/7

ชนิดของวัสดุ



รูป เหล็กกล้าไร้สนิม ชนิด 304

เหล็กกล้าไร้สนิม 304 มีคุณสมบัติเด่น คือ ทนการกัดกร่อนสูง ไม่เป็นสนิม สามารถใช้งานในสภาพแวดล้อมทั่วไปได้ดีเยี่ยม ขึ้นรูปและเชื่อมง่าย มีความเหนียว ทำให้เหมาะสำหรับงานที่ต้องการความยืดหยุ่น และ ทนความร้อนได้ดี โดยมีส่วนผสมหลักคือโครเมียมและนิกเกิล คุณสมบัติสำคัญของเหล็กกล้าไร้สนิม 304 ทนการกัดกร่อนสูง ทนต่อสนิม ความชื้น และกรดอ่อนๆ ได้ดี

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบมอบหมายงาน**	1/4

คำสั่ง 1. ให้นักเรียนศึกษาขั้นตอนการปฏิบัติงานจนเข้าใจ

2. เตรียมเครื่องมือ วัสดุ อุปกรณ์ให้พร้อม

3. ปฏิบัติงานตามขั้นตอนของใบมอบหมายงาน

วัสดุ/เครื่องมือ/อุปกรณ์

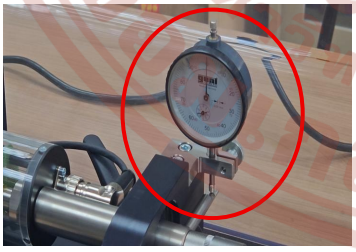
1. เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิด
2. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
3. ผ้าทำความสะอาด
4. วัสดุชิ้นงานทดสอบ

วัสดุชิ้นงานทดสอบ : วัสดุชนิดต่างๆ 3 ชนิด ได้แก่ เหล็กเลพากลม ชนิด SS400 อะลูมิเนียม ชนิด 6061 และเหล็กกล้าไร้สนิมชนิดกลม ชนิด 304 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 mm 5 mm และ 6 mm ความยาวของวัสดุที่ใช้ขนาด 100 mm 150 mm 200 mm และ 250 mm

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**

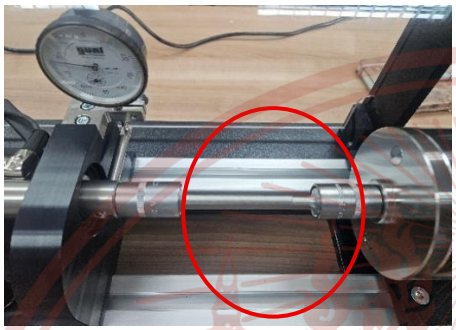
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบมอบหมายงาน**	2/4

ภาพประกอบ	**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
	1. เตรียมชุดทดลองการทดสอบแรงบิด หมายเหตุ : ก่อนทำผลการทดสอบ ให้เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด เครื่องเข้ารหัสเพลาและคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องขยายการวัด เปิดเครื่องและปล่อยให้อุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที
	2. นำชิ้นวัสดุชิ้นงานทดสอบลงในซ็อกเก็ต 2.1 ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2.2 วางชิ้นงานทดสอบลงในซ็อกเก็ต 2.3 เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้ง 2.4 ยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ 2.6 ค่อยๆดันชิ้นงานทดสอบอย่างระมัดระวังจนกว่าจะไม่มีการหย่อน
	3. ทำการปรับตั้งการแสดงแรงบิดให้เป็นศูนย์โดยใช้ฟังก์ชั่นทดน้ำหนัก ศูนย์ไดอัลเกจบนอุปกรณ์ชดเชยโดยการหมุนวงแหวน
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบมอบหมายงาน**	3/4

ภาพประกอบ	**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
 T (Tare)	4. กดปุ่ม T (Tare) บนจอแสดงผลการแสดงผล กลับเป็นศูนย์ในซอฟต์แวร์ศูนย์จะแสดงเช่นกันขั้นตอนการเตรียมการทดสอบ หมายเหตุ : ก่อนทำผลการทดสอบ ให้เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด เครื่องเข้ารหัสเพลาและคอมพิวเตอร์เข้ากับเครื่องขยายการวัด เปิดเครื่องและปล่อยให้อุ่นเครื่องประมาณ 30 นาที
	5. ทำการทดสอบโดยการหมุนวงล้อมือตามเข็มนาฬิกา
	6. ให้บันทึกค่าที่จอแสดงผล ค่าจะแสดงบนจอแสดงผล เมื่อเกิดการเสียรูปของวัสดุชิ้นงานทดสอบ โดยกดปุ่ม  และ เปลี่ยนโหมดในการแสดงผลเป็นการวัดแบบต่อเนื่อง โดยการกดปุ่ม 
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบมอบหมายงาน**	4/4

ภาพประกอบ	**ขั้นตอนการปฏิบัติงาน**
	7. ทำการทดสอบจนวัสดุชิ้นงานขาดเสียรูป
	8. บันทึกค่าผลผลการทดสอบ
ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบสั่งงาน**	**1/1**

คำสั่ง 1. ศึกษาขั้นตอนให้เข้าใจ

2. เตรียม เครื่องมืออุปกรณ์ ให้ครบถ้วน
3. ปฏิบัติงานการทดสอบแรงบิดของเพลากลมตามขั้นตอนอย่างถูกต้องและปลอดภัย
4. บันทึกค่าที่อ่านได้จากวัดการทดสอบสอบแรงบิดของเพลากลม
5. คำนวณหาค่าแรงบิดของเพลากลมที่ได้จากการบันทึก
6. ทำความสะอาดจัดเก็บเครื่องมืออุปกรณ์
7. เวลาที่ใช้ในการปฏิบัติงาน 60 นาที

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบบันทึกผลการทดสอบ** 1/2

ตารางบันทึกผลผลการทดสอบ

วัสดุที่ใช้ทดสอบ.....เส้นผ่านศูนย์กลาง.....mm.ความยาว.....mm

ผลการทดสอบที่ 1		**ผลการทดสอบที่ 2**		**ผลการทดสอบที่ 3**	
Torsion angle (φ)	Torsion moment $(N.m.)$	Torsion angle (φ)	Torsion moment $(N.m.)$	Torsion angle (φ)	Torsion moment $(N.m.)$

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**

	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบบันทึกผลการทดสอบ**	2/2

<u>ตารางบันทึกผลผลการทดสอบ</u>

วัสดุที่ใช้ทดสอบ.....เส้นผ่านศูนย์กลาง.....mm.ความยาว.....mm

Torsion angle (φ)			
ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**

Torsion moment $(N.m.)$			
ครั้งที่ 1	**ครั้งที่ 2**	**ครั้งที่ 3**	**ค่าเฉลี่ย**

สรุปผลผลการทดสอบ

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบสังเกตพฤติกรรม**	1/4

เกณฑ์การพิจารณาการประเมินการปฏิบัติงานของนักศึกษา แบบ Rubic score

จุดพิจารณา	**ระดับการปฏิบัติงาน**			
	3	2	1	0
ขั้นเตรียมการปฏิบัติงาน				
1. การเตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ หมายถึงการเตรียมเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ เตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์ไม่ครบทุกรายการ ไม่มีการจัดวางเรียงอย่างเป็นระบบ	☐ ไม่มีการปฏิบัติ
2. เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด 1) เปิดเครื่องคอมต่อเข้าระบบ 2) เชื่อมต่อสายขยายสัญญาณ 3) อุ่นเครื่องรอ 30 นาที	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อ1) เปิดเครื่องคอมต่อเข้าระบบ 2) เชื่อมต่อสายขยายสัญญาณ 3) อุ่นเครื่องรอ 30 นาที	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้
ขั้นกระบวนการปฏิบัติ				
3. นำวัสดุติดตั้งในชุดทดสอบ 1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในซ็อกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อ1) ปลดก้านจับยึดบนหน่วยวัดแรงบิดแล้วดันไปข้างหลัง 2) วางชิ้นงานทดสอบลงในซ็อกเก็ต 3) เลื่อนหน่วยวัดแรงบิดไปข้างหน้าอีกครั้งยึดหน่วยวัดแรงบิดเข้าที่ด้วยคันโยกหนีบ	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบสังเกตพฤติกรรม**	2/4

เกณฑ์การพิจารณาการประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียน แบบ Rubic score

จุดพิจารณา	**ระดับการปฏิบัติงาน**			
	3	2	1	0
ขั้นกระบวนการปฏิบัติงาน				
4. ปรับตั้งค่าอุปกรณ์การวัดแรงบิด 1) ปรับตั้งการแสดงแรงบิดให้เป็นศูนย์ 2) ปรับศูนย์ไดอัลเกจบนอุปกรณ์ชดเชย 3) หมุนวงล้อปรับตั้งศูนย์	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อดังนี้ 1) ปรับตั้งการแสดงแรงบิดให้เป็นศูนย์2) ปรับศูนย์ไดอัลเกจบนอุปกรณ์ชดเชย 3) หมุนวงล้อปรับตั้งศูนย์	☐ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ไม่มีการปฏิบัติ
5. ตั้งค่าเครื่องบันทึกข้อมูล 1) กดปุ่ม T (Tare) 2) ตั้งค่าการวัดให้เป็นศูนย์ 3) ตรวจสอบค่าเป็นศูนย์	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อดังนี้ 1) กดปุ่ม T (Tare) 2) ตั้งค่าการวัดให้เป็นศูนย์ 3) ตรวจสอบค่าเป็นศูนย์	☐ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้
6. ขั้นผลการทดสอบ 1) ขีดเส้นแนวบนวัสดุ 2) หมุนวงล้อแรงบิดตามเข็มนาฬิกา 3) บันทึกค่าที่จอแสดงผล	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อดังนี้ 1) ขีดเส้นแนวบนวัสดุ 2) หมุนวงล้อแรงบิดตามเข็มนาฬิกา 3) บันทึกค่าที่จอแสดงผล	☐ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่สามารถปฏิบัติได้

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**ใบสังเกตพฤติกรรม**	3/4

เกณฑ์การพิจารณาการประเมินการปฏิบัติงานของนักเรียน แบบ Rubic score

จุดพิจารณา	**ระดับการปฏิบัติงาน**			
	3	2	1	0
ขั้นกระบวนการปฏิบัติงาน				
7. นำค่าที่ได้มาคำนวณ 1) หาค่าเฉลี่ย 2) หาค่าแรงบิดของชิ้นงานเพลากลม 3) วิเคราะห์เทียบค่าวัสดุทั้ง 3 ชนิด	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อดังนี้ 1) หาค่าเฉลี่ย 2) หาค่าแรงบิดของชิ้นงานเพลากลม 3) วิเคราะห์เทียบค่าวัสดุทั้ง 3 ชนิด	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่มีการปฏิบัติ
ขั้นการทำความสะอาดเครื่องมือและพื้นที่ปฏิบัติงาน				
8. ขั้นการทำความสะอาดเครื่องมือ ตามเงื่อนไขที่กำหนดมีขั้นตอนดังต่อ ไปนี้ 1) ใช้ผ้าทำความสะอาดเครื่องทดสอบแรงบิด 2) ใช้ผ้าทำความสะอาดเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ 3) จัดเก็บเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์เข้าที่เรียบร้อย	☐ ปฏิบัติได้ครบถ้วนทั้ง 3 ข้อดังนี้ 1) ใช้ผ้าทำความสะอาดเครื่องทดสอบแรงบิด 2) ใช้ผ้าทำความสะอาดเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ 3) จัดเก็บเครื่องมือวัสดุอุปกรณ์ เข้าที่เรียบร้อย	☐ ปฏิบัติได้ 2 ข้อ	☐ ปฏิบัติได้ 1 ข้อ	☐ ไม่มีการปฏิบัติ

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์		**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**		
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม		**ใบรวมคะแนน**		**1/1**
ลำดับการประเมิน	**รายการประเมิน**	**น้ำหนักคะแนน**	**เต็ม**	**ได้**	**คะแนนที่ได้คูณด้วยน้ำหนัก**
ขั้นเตรียมการปฏิบัติ					
1	การเตรียมเครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์	10	3		
2	เชื่อมต่อหน่วยวัดแรงบิด	10	3		
ขั้นกระบวนการปฏิบัติ					
3	นำวัสดุติดตั้งในชุดทดสอบ	10	3		
4	ปรับตั้งค่าอุปกรณ์การวัดแรงบิด	10	3		
5	ตั้งค่าเครื่องบันทึกข้อมูล	10	3		
6	ขั้นผลการทดสอบ	20	3		
7	นำค่าที่ได้มาคำนวณ หาค่าเฉลี่ย หาค่าแรงบิดของชิ้นงานเพลากลม วิเคราะห์เทียบค่าวัสดุทั้ง 3 ชนิด	20	3		
ขั้นการทำความสะอาดเครื่องมือและพื้นที่ปฏิบัติงาน					
8	ทำความสะอาดเครื่องมือจัดเก็บวัสดุอุปกรณ์	5	3		
9	ทำความสะอาดพื้นที่ปฏิบัติงาน	5	3		
			รวม		

ผลการประเมิน : .....

หมายเหตุ : เกณฑ์ผ่านร้อยละ 80%

: เกณฑ์การคำนวณ $\frac{\text{คะแนนที่ได้}}{300} \times 100$

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**บันทึกหลังสอน**	1

<u>คำอธิบาย</u> บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

ในการจัดการเรียนการสอน แต่ละครั้ง สิ่งที่ครูผู้สอนจะต้องคิดเพื่อดำเนินการวางแผนการจัดการเรียนรู้ว่าเรื่องอะไร จะใช้วิธีใดให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามนั้น และจะรู้ได้อย่างไรว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้หรือไม่ ดังนั้นสิ่งสำคัญที่เป็นจุดใหญ่ของการทำแผนการจัดการเรียนรู้ คือ วัตถุประสงค์การเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ซึ่งทั้ง 3 สิ่งนี้ต้องสอดคล้องสัมพันธ์กัน และที่สำคัญอีกประการหนึ่งที่ครูผู้สอนจะต้องทำ คือ เทคนิคการนำเอาคุณธรรม จริยธรรม ค่านิยม หรือ ที่เรียกว่าจิตพิสัย เข้าไปบูรณาการ ในจุดประสงค์การเรียนรู้

1. ผลการจัดการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

2. ปัญหา อุปสรรคที่พบ

.....

.....

3. การแก้ไขปัญหา

1) ผลการแก้ไขปัญหาที่ส่งผลลัพธ์ที่ดีต่อผู้เรียน

.....

.....

2) แนวทางแก้ปัญหาในครั้งต่อไป

.....

.....

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**คู่มือครู**	**1/3**

คู่มือครูสำหรับ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)

ให้เนื้อหาภาคทฤษฎีและ ภาคปฏิบัติการฝึกทักษะ การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด ร่วมกับ ชุดทดสอบ ดังนี้

1. ขั้นสนใจปัญหาเพื่อนำเข้าสู่บทเรียน

1.1 กิจกรรมของผู้สอน (การบรรยาย/ถาม – ตอบ)

- แจ้งวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม
- อธิบายภาพรวมของเนื้อหาและกิจกรรม

1.2 กิจกรรมของผู้เรียน (นำเสนอ ถาม – ตอบ)

1) ศึกษาใบเนื้อหาจากสื่อ

2) ตอบคำถาม

ใช้เวลา 60 นาที

2. ขั้นเนื้อหาการบิดของเพลาภายใต้แรงบิด

2.1 กิจกรรมของผู้สอน (บรรยาย/ถามตอบ หัวข้อ)

1) บรรยายเนื้อหาความหมายของแรงบิดเพลากลม ประกอบการใช้สื่อ

2) ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้ตามใบกิจกรรมที่ 1/2

3) ตั้งคำถามเพื่อทดสอบ ความเข้าใจ เปิดให้ถามข้อสงสัย

2.2 กิจกรรมของผู้เรียน (นำเสนอ ถาม – ตอบ)

1) ศึกษาใบเนื้อหาเกี่ยวกับอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลมจากสื่อ

2) ใช้ AI Google Gemini หาการบิดของเพลาภายใต้แรงบิด AI Google Gemini ใบกิจกรรมที่ 1/2

3) ตอบคำถาม ถามคำถาม เกี่ยวกับอธิบายความหมายของแรงบิดเพลากลม ใบตอบคำถาม

ใช้เวลา 60 นาที

ชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิด	**ผู้วิจัย** : นายธนัญชัย ศรีวงษ์
สาขาวิชา : วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา	**อาจารย์ที่ปรึกษา** : ผศ.ดร. สุรวุฒิ ยะนิล

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**คู่มือครู**	**2/3**

3. ขั้นเนื้อหาการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม

3.1 กิจกรรมของผู้สอน (บรรยาย/ถามตอบ หัวข้อ)

1) บรรยายเนื้อหาความหมายของแรงบิดเพลากลม ประกอบการใช้สื่อ

2) ให้ผู้เรียนศึกษาด้วยตนเองจาก AI โดยครูเป็นผู้ควบคุมดูแลและค่อยแนะนำพร้อมกำหนด Prompt Engineering โดยให้ผู้เรียนพร้อมใช้ตามใบกิจกรรมที่ 2/2

3) ตั้งคำถามเพื่อทดสอบ ความเข้าใจ เปิดให้ถามข้อสงสัย

3.2 กิจกรรมของผู้เรียน (นำเสนอ ถาม – ตอบ)

1) ศึกษาใบเนื้อหาเกี่ยวกับการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม

2) ใช้ AI Google Gemini หาการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม AI Google Gemini ใบกิจกรรมที่ 2/2

3) ตอบคำถาม ถามคำถาม เกี่ยวกับการคำนวณหาค่าแรงบิดเพลากลม ใบตอบคำถาม

ใช้เวลา 60 นาที

4. ขั้นเนื้อหาการใช้เครื่องชุดทดลองการทดสอบแรงบิดรุ่น WP 500 Torsion test ยี่ห้อ GUNT

4.1 กิจกรรมของผู้สอน (บรรยาย/ สาธิต/ ถาม)

1) บรรยายเนื้อหา ประกอบการใช้สื่อ

2) สาธิตการใช้ชุดทดสอบ

3) ตั้งคำถามเพื่อทดสอบ ความเข้าใจ

4.2 กิจกรรมของผู้เรียน (ผู้เรียนนำเสนอ ถาม-ตอบ)

1) ศึกษาใบเนื้อหา ประกอบการใช้สื่อ

2) ปฏิบัติการใช้งานชุดทดสอบ/ คู่มือการใช้งาน

3) ตอบคำถาม

ใช้เวลา 60 นาที

	วิชา : การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง : การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**คู่มือครู**	**3/3**

5. ขั้นลงมือปฏิบัติผลการทดสอบหาแรงบิดของวัสดุแต่ละประเภทมีสมบัติทางกลที่แตกต่างกัน

5.1 กิจกรรมของผู้สอน (บรรยาย/สาธิต)

1) แจ้งวัตถุประสงค์เชิง พฤติกรรมผลการทดสอบ

2) สาธิตผลการทดสอบหาแรงบิดของวัสดุ/ ชุดสาธิต

3) มอบหมายงาน/ ใบมอบหมายงาน/ ใบทดลอง

5.2 กิจกรรมของผู้เรียน (ปฏิบัติผลการทดสอบ)

1) ปฏิบัติผลการทดสอบครั้งที่ 1- 9/ ชุดสาธิต

2) บันทึกผลในใบทดลอง/ ใบทดลอง

ใช้เวลา 60 นาที

6. ขั้นตรวจปรับเนื้อหา สรุป ประเมินผลสัมฤทธิ์

6.1 กิจกรรมของผู้สอน (บรรยายสรุป ถาม-ตอบ)

- สรุปผลผลการทดสอบ
- ตรวจงานทดลอง/ ใบตรวจ
- วัดผลสัมฤทธิ์/ แบบวัดผลสัมฤทธิ์

6.2 กิจกรรมของผู้เรียน (ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์ ถาม-ตอบ)

- ถามคำถาม
- สรุปผลการทดสอบ
- ทำแบบวัดผลสัมฤทธิ์

ใช้เวลา 50 นาที

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	1/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 20 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

1. ข้อใดคือความหมายของแรงบิด (Torque) ในทางวิศวกรรม?
   ก. แรงที่กดลงบนพื้นผิวหน้าตัดของวัตถุ
   ข. ความสามารถของวัสดุในการต้านทานการขูดขีด
   ค. แรงที่พยายามดึงวัตถุให้ขยายตัวตามแนวแกน
   ง. โมเมนต์ที่พยายามทำให้วัตถุหมุนรอบแกนตามยาวของชิ้นงาน
2. หน่วยวัดของแรงบิดในระบบ SI ที่นิยมใช้ในผลการทดสอบคือหน่วยใด?
   ก. นิวตัน-เมตร (N.m)
   ข. นิวตัน (N)
   ค. จูล (J)
   ง. ปาสกาล (Pa)
3. ความเค้น (Stress) ชนิดใดที่เกิดขึ้นภายในเพลาเมื่อได้รับแรงบิด ?
   ก. ความเค้นดัด (Bending Stress)
   ข. ความเค้นดึง (Tensile Stress)
   ค. ความเค้นอัด (Compressive Stress)
   ง. ความเค้นเฉือน (Shear Stress)
4. พฤติกรรมการเสียรูปของเพลาเมื่อรับแรงบิดรอบแกนส่งผลให้เกิดสิ่งใด ?
   ก. ปริมาตรของเพลาลดลงครึ่งหนึ่ง
   ข. ความยาวของเพลาเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
   ค. เพลาเกิดการงอตัวเข้าหาจุดศูนย์กลาง
   ง. มุมบิดตัว (Angle of twist) ระหว่างหน้าตัดทั้งสอง

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	2/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

5. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับแรงบิดที่เพลาข้อเหวี่ยงในเทคโนโลยียานยนต์ ?
   ก. แรงบิดจะคงที่เสมอไม่ว่าเครื่องยนต์จะมีความเร็วรอบเท่าใด
   ข. แรงบิดในยานยนต์ไม่มีผลต่ออัตราเร่งของรถ
   ค. เป็นโมเมนต์ที่เกิดจากการผลักของก้านสูบเพื่อหมุนเพลาส่งกำลัง
   ง. เป็นแรงที่ทำให้รถยนต์เคลื่อนที่ถอยหลังได้เท่านั้น

6. สูตรในการคำนวณหาโมเมนต์เฉื่อยเชิงขั้ว (Polar Moment of Inertia, J) ของเพลากลมตันคือข้อใด?
   ก. $J = \frac{\pi d^4}{64}$
   ข. $J = \frac{\pi d^4}{32}$
   ค. $J = \frac{\pi d^3}{16}$
   ง. $J = \frac{\pi d^2}{4}$

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	3/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

7. ในสมการความเค้นเฉือน $\tau_{\max} = \frac{Tr}{J}$ ตัวแปร r หมายถึงอะไร?

ก. ความยาวทั้งหมดของเพลา

ข. อัตราการหมุนของเพลาต่อนาที

ค. ระยะจากจุดศูนย์กลางหน้าตัดไปยังตำแหน่งที่พิจารณา

ง. ค่าโมดูลัสของวัสดุ

8. สูตรการคำนวณหามุมบิด (Angle of Twist, θ) ในหน่วยเรเดียนคือข้อใด?

ก. $\theta = \frac{Tr}{J}$

ข. $\theta = \frac{JG}{TL}$

ค. $\theta = \frac{\tau}{G}$

ง. $\theta = \frac{TL}{JG}$

9. ค่า Modulus of Rigidity (G) มีความหมายอย่างไรในสูตรแรงบิด ?

ก. ค่าความแข็งแรงสูงสุดของวัสดุ

ข. อัตราส่วนระหว่างความเค้นเฉือนต่อความเครียดเฉือน

ค. ค่าน้ำหนักจำเพาะของวัสดุเพลา

ง. ค่าความเร่งเนื่องจากแรงโน้มถ่วง

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	4/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

10. ความเค้นเฉือนสูงสุด (Maximum Shear Stress) บนหน้าตัดเพลากลมตันจะเกิดขึ้นที่ตำแหน่งใด?
    ก. ที่ผิวหน้าด้านนอกสุดของเพลา
    ข. ที่จุดศูนย์กลางของเพลาพอดี
    ค. เกิดขึ้นเท่ากันสม่ำเสมอทุกจุดบนหน้าตัด
    ง. ที่ระยะ 1/4 ของเส้นผ่านศูนย์กลาง
11. เครื่องทดสอบแรงบิดรุ่น WP 500 ยี่ห้อ GUNT ใช้กลไกใดในการสร้างแรงบิดเข้าสู่ชิ้นงาน?
    ก. ชุดเกียร์ตัวหนอน (Worm gear) ควบคุมด้วยมือหมุน
    ข. การปล่อยน้ำหนักถ่วงแบบอิสระ
    ค. ระบบลูกสูบไฮดรอลิกส์แรงดันสูง
    ง. มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับความเร็วสูง
12. อุปกรณ์ใดในเครื่อง WP 500 ทำหน้าที่วัดค่าแรงบิด (Torque) จริงที่เกิดขึ้นกับชิ้นงาน?
    ก. มือหมุน (Handwheel)
    ข. ตลับเมตรแบบดิจิทัล
    ค. เพลาวัดที่ติดสเตรนเกจ (Strain-gauge measuring shaft)
    ง. หน้าปัดเข็มวัดระยะ (Dial Gauge)
13. เครื่อง WP 500 Torsion Test รุ่นนี้มีขอบเขตการวัดแรงบิดสูงสุด (Max Torque) ที่เท่าใด?
    ก. 10 N.m (N.m)
    ข. 500 N.m (N.m)
    ค. 100 N.m (N.m)
    ง. 30 N.m (N.m)

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	5/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

14. ส่วนประกอบใดในเครื่อง WP 500 ที่ทำหน้าที่บันทึกมุมบิด (Twisting angle) แบบดิจิทัล?
    ก. สายเคเบิล USB
    ข. ชุดปรับระดับความสูง
    ค. โครงสร้างฐานเครื่อง (Base Plate)
    ง. ตัวเข้ารหัสสัญญาณ (Incremental Encoder)
15. หัวจับชิ้นงานทดสอบ (Specimen Mounts) ของเครื่อง WP 500 มีลักษณะเป็นรูปทรงใด?
    ก. หัวจับแบบลิ่มล็อก
    ข. หัวจับหกเหลี่ยมขนาด 17 มม. (Hexagonal socket)
    ค. หัวจับแบบแม่เหล็กไฟฟ้า
    ง. หัวจับกลมแบบขันน็อต 3 ตัว
16. ขั้นตอนแรกที่ควรปฏิบัติก่อนการติดตั้งชิ้นงานเข้ากับเครื่องทดสอบคืออะไร?
    ก. วัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางและความยาวเริ่มต้นของชิ้นงาน
    ข. ทาสีน้ำมันบนผิวชิ้นงานให้ทั่ว
    ค. หมุนมือหมุนไปจนสุดขอบเขตเครื่องเพื่อวอร์มอัพ
    ง. เปิดโปรแกรม GUNT ในคอมพิวเตอร์ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง
17. การปรับชุดวัดแบบเลื่อนได้ (Movable measuring device) มีวัตถุประสงค์เพื่ออะไร?
    ก. เพื่อให้รองรับความยาวของชิ้นงานทดสอบที่แตกต่างกันได้
    ข. เพื่อเพิ่มค่าความเค้นเฉือนให้สูงขึ้น
    ค. เพื่อระบายความร้อนสะสมขณะบิดชิ้นงาน
    ง. เพื่อป้องกันไฟฟ้าสถิตจากสเตรนเกจ

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	6/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

18. ในการทดสอบด้วยเครื่อง WP 500 ชุดเกียร์ตัวหนอนมีอัตราทด (Transmission ratio) เท่าใด?
    ก. 1:100
    ข. 1:63
    ค. 1:10
    ง. 1:1

19. เมื่อชิ้นงานเกิดการหักขาด (Fracture) ขณะทดสอบ ข้อใดคือการปฏิบัติที่ถูกต้องที่สุด?
    ก. หยุดหมุนมือหมุนทันทีและบันทึกค่าแรงบิดสูงสุดก่อนหัก
    ข. รีบนำชิ้นงานที่หักออกด้วยมือเปล่าขณะที่เครื่องยังล็อกอยู่
    ค. หมุนมือหมุนต่อไปเรื่อย ๆ เพื่อดูการตอบสนองของเครื่อง
    ง. ปิดเครื่องอ่านค่าและยกเลิกการบันทึกข้อมูลทันที

20. ซอฟต์แวร์ GUNT ที่มาพร้อมกับเครื่องมีบทบาทอย่างไรในผลการทดสอบ?
    ก. ใช้ในการเก็บข้อมูลและสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับมุมบิด
    ข. ใช้สำหรับเล่นเกมจำลองการบิดเหล็กออนไลน์
    ค. ใช้ควบคุมความเร็วในการหมุนของมือหมุนโดยอัตโนมัติ
    ง. ใช้ในการเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตเพื่อค้นหาสูตรคำนวณ

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	7/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

21. การกระจายตัวของความเค้นเฉือน (Shear stress distribution) บนหน้าตัดเพลากลมตันเมื่อรับแรงบิดมีลักษณะอย่างไร?

ก. เพิ่มขึ้นแบบพาราโบลาจากจุดศูนย์กลางไปยังผิวหน้าด้านนอก

ข. มีค่าสูงสุดที่จุดศูนย์กลางและลดลงเป็นศูนย์ที่ผิว

ค. เพิ่มขึ้นแบบเส้นตรงจากจุดศูนย์กลางไปยังผิวหน้าด้านนอก

ง. มีค่าคงที่เท่ากันสม่ำเสมอตลอดทั้งหน้าตัด

22. หากเพิ่มความยาวของเพลา (L) เป็น 2 เท่า โดยที่แรงบิดและคุณสมบัติอื่นคงเดิม มุมบิดตัว (θ) จะเปลี่ยนแปลงอย่างไร?

ก. มุมบิดตัวลดลงเหลือครึ่งหนึ่ง

ข. มุมบิดตัวเท่าเดิมไม่เปลี่ยนแปลง

ค. มุมบิดตัวเพิ่มขึ้นเป็น 4 เท่า

ง. มุมบิดตัวเพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

23. ในการพิสูจน์เนื้อหาสาระสำคัญทางคณิตศาสตร์ของสูตรแรงบิด ข้อสมมติฐานที่ระบุว่า 'ระนาบหน้าตัดยังคงเป็นระนาบและตั้งฉากกับแกนหลังการบิด' (Plane sections remain plane) ส่งผลโดยตรงต่อการคำนวณในข้อใด?

ก. ทำให้สามารถคำนวณหาน้ำหนักรวมของเพลาได้อย่างแม่นยำขึ้น

ข. เป็นการบังคับให้แรงบิดที่กระทำต้องมีค่าคงที่ตลอดเวลาการทดสอบ

ค. ช่วยให้วัสดุสามารถรับแรงบิดได้เกินขอบเขต 30 N.m ของเครื่อง GUNT

ง. ทำให้ความเครียดเฉือน (Shear Strain) แปรผันตรงเชิงเส้นกับระยะรัศมี (r) จากแกนกลางเพลา

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	8/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

24. ค่าโมดูลัสเฉือน (G) หรือ Modulus of Rigidity มีหน่วยวัดตามข้อใด?

ก. เรเดียน (Rad)

ข. ปาสกาล (Pa) หรือ นิวตันต่อตารางเมตร (N/m2)

ค. ไม่มีหน่วย (Dimensionless)

ง. นิวตัน-เมตร (N.m.)

25. วัสดุประเภทใดที่มีพฤติกรรม “ด้อยกว่า” ในแง่ของแรงบิด แต่มีความต้านทานการกัดกร่อนที่ดีเยี่ยม?

ก. เหล็กกล้าไร้สนิม (Stainless Steel - SS)

ข. เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon Steel - CS)

ค. อลูมิเนียม (Aluminium)

ง. ทองเหลือง (Brass)

26. เส้นตรงที่ลากขนานกับแกนเพลาบนผิวของชิ้นงานทดสอบ จะเปลี่ยนแปลงเป็นรูปทรงใดหลังจากได้รับแรงบิด?

ก. เส้นตรงนั้นจะยังคงขนานกับแกนเพลาเหมือนเดิม

ข. เส้นตรงนั้นจะหดสั้นลงตามแนวแกน

ค. เส้นตรงนั้นจะกลายเป็นเส้นเกลียว (Helix) รอบแกนเพลา

ง. เส้นตรงนั้นจะขาดออกจากกันทันทีที่เริ่มบิด

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	9/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

27. ข้อใดอธิบายข้อดีของการใช้เกียร์ตัวหนอน (Worm gear) ในเครื่อง WP 500 ได้ถูกต้องที่สุด?
    ก. ทำหน้าที่เป็นตัวตัดการทำงานเมื่อแรงบิดเกิน 30 N.m
    ข. ทำให้สามารถปรับแรงบิดได้อย่างละเอียดและแม่นยำ พร้อมคุณสมบัติล็อกตำแหน่งเองได้
    ค. ช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อน
    ง. ช่วยให้หมุนได้ด้วยความเร็วรอบที่สูงมาก

28. การทำ 'Zeroing' หรือการเซตศูนย์ในซอฟต์แวร์ GUNT ก่อนผลการทดสอบมีความสำคัญอย่างไร?
    ก. เพื่อเป็นการลงทะเบียนชื่อผู้ใช้งานในระบบ
    ข. เพื่อป้องกันไม่ให้ชิ้นงานทดสอบเกิดการหักขาด
    ค. เพื่อให้เครื่องสามารถรับแรงบิดได้เกิน 30 N.m
    ง. เพื่อลบค่าแรงที่ค้างอยู่ในระบบและค่าจากน้ำหนักส่วนเกิน ให้ได้ค่าเริ่มต้นที่แท้จริง

29. หากคำนวณจากสูตร $\tau_{\max} = \frac{Tr}{J}$ และได้ค่าความเค้นเกินกว่าค่า Yield Strength ของวัสดุ จะเกิดอะไรขึ้นกับชิ้นงาน?
    ก. ค่าโมดูลัสเฉือน (G) จะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว
    ข. ชิ้นงานจะเกิดการเสียรูปถาวร (Plastic deformation)
    ค. ความเค้นเฉือนจะลดลงเป็นศูนย์ทันที
    ง. ชิ้นงานจะกลับคืนสู่รูปร่างเดิมเมื่อหยุดบิด

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**แบบฝึกหัด**	10/10

คำสั่ง ให้นักเรียนกาเครื่องหมาย (X) ลงในคำตอบที่ถูกที่สุด จำนวน 30 ข้อ (เวลาในการทำแบบฝึกหัด 30 นาที)

30. ตามทฤษฎีการบิดของเพลากลม หากเราเพิ่มขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลา (d) ให้ใหญ่ขึ้นเป็น 2 เท่า โดยที่ภาระแรงบิด (T) ที่กระทำยังมีค่าเท่าเดิม ค่าความเค้นเฉือนสูงสุด (τ_{max}) ที่เกิดขึ้นบนผิวเพลาจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร?

ก. ความเค้นเฉือนสูงสุดจะลดลงเหลือ 1 ใน 8 ของค่าเดิม

ข. ความเค้นเฉือนสูงสุดจะลดลงครึ่งหนึ่ง

ค. ความเค้นเฉือนสูงสุดจะเพิ่มขึ้นเป็น 8 เท่า

ง. ความเค้นเฉือนสูงสุดจะลดลงเหลือ 1 ใน 4 ของค่าเดิม

พระจอมเกล้าพระนครเหนือ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี

	ชื่อวิชา การทดสอบทางเทคโนโลยียานยนต์	**วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา**	
	เรื่อง การทดสอบแรงบิดเพลากลม	**เฉลยแบบฝึกหัด**	1/1

เฉลยข้อสอบ จำนวน 30 ข้อ

ข้อ 1	**ข้อ 2**	**ข้อ 3**	**ข้อ 4**	**ข้อ 5**
ง	ก	ง	ง	ค
ข้อ 6	**ข้อ 7**	**ข้อ 8**	**ข้อ 9**	**ข้อ 10**
ข	ค	ง	ข	ก
ข้อ 11	**ข้อ 12**	**ข้อ 13**	**ข้อ 14**	**ข้อ 15**
ก	ค	ง	ง	ข
ข้อ 16	**ข้อ 17**	**ข้อ 18**	**ข้อ 19**	**ข้อ 20**
ก	ก	ข	ก	ก
ข้อ 21	**ข้อ 22**	**ข้อ 23**	**ข้อ 24**	**ข้อ 25**
ค	ง	ง	ข	ก
ข้อ 26	**ข้อ 27**	**ข้อ 28**	**ข้อ 29**	**ข้อ 30**
ค	ข	ง	ข	ก

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ	นายธนัญชัย ศรีวงษ์
ชื่อการค้นคว้าอิสระ	การพัฒนาชุดกิจกรรมการเรียนรู้เรื่องการทดสอบแรงบิดร่วมกับชุดทดสอบ สำหรับนักศึกษาหลักสูตรเทคโนโลยีบัณฑิต สาขาเทคโนโลยียานยนต์ (ต่อเนื่อง)
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกลศึกษา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
ประวัติ	: จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ พระรามหกเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2543 : จบการศึกษาระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง พระรามเทคโนโลยี ปีการศึกษา 2545 : จบการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาลัยเทคนิคเชียงใหม่ สาขา เทคโนโลยียานยนต์ เทคโนโลยีบัณฑิต สถาบันการอาชีวศึกษาภาคเหนือ 1 ปีการศึกษา 2562