ผลกระทบจากความล้าของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขด
Effect due to the Fatigue of Tension Lifter Typed Spiral Spring

อภิสิทธิ์ ประมูลสาร[1] และ พิพัฒน์ ปราโมทย์[2]

บทคัดย่อ

ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขดซึ่งทำหน้าที่สร้างแรงกดให้กับโซ่ราวลิ้นและต้องรับแรงกดที่มีทิศทางตรงกันข้าม อันเนื่องมาจากการกระพือของโซ่ซึ่งเรียกแรงที่กระทำสลับไปมาแบบนี้ว่าแรงกระทำแบบสลับต่อเนื่องและภายหลังจากการใช้งานไปได้นานระยะหนึ่ง ความล้าที่เกิดขึ้นกับสปริงขดจะส่งผลให้ตัวปรับความตึงโซ่ไม่สามารถรักษาสภาพความตึงของโซ่ราวลิ้นทำให้เกิดปัญหาเสียงดังผิดปกติและความเสียหายเกิดขึ้นกับชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ การศึกษาครั้งนี้ได้ทำการทดสอบตัวปรับความตึงโซ่ที่มีการใช้งานในระยะทางที่แตกต่างกัน เพื่อหาระยะทางที่ตัวปรับความตึงโซ่สามารถต้านทานต่อแรงกดไว้ได้นานที่สุด โดยผลที่ได้คือระยะทางระหว่าง 0 - 5000 กิโลเมตร ซึ่งมีค่าที่สัมพันธ์กับการใช้งานจริงที่จำนวนการเกิดปัญหาของตัวปรับความตึงโซ่ส่วนใหญ่จะเกิดที่ระยะทาง 5,000 กิโลเมตรขึ้นไป ซึ่งเป็นข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้จากการใช้งานจริง นอกจากนี้ยังพบว่าผลของความล้าจากการใช้งานทำให้ความสามารถในการต้านทานแรงกดของตัวปรับความตึงโซ่มีค่าลดลง

คำสำคัญ: แรงกระทำสลับแบบต่อเนื่อง, แผ่นสปริงขด

Abstract

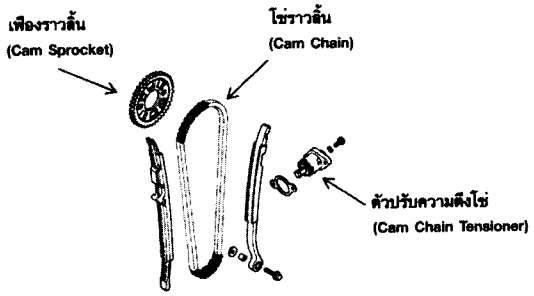
The tension lifter of cam chain obtains the both tensile and compressive force. Due to the flap of cam chain, both an alternating loads are called the fluctuating load. After some mileages, the fatigue occurred in spiral spring which affects to the tension of cam chain reduction, abnormal noise, and engine damage occurred. This study is the testing of tension lifter of cam chain which was used in variety of distances. The goal was to find the properly distance that gives the tension lifter the best compressive resistance. The testing results show the distance of 0- 5000 km that the springs have the best endurance. Furthermore, the testing gave the fatigue affects on compressive resistance of tension lifter which is decreased proportion to the distance.

Keyword : fluctuating load, spiral spring

[1] นักศึกษาปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
[2] อาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

1. บทนำ

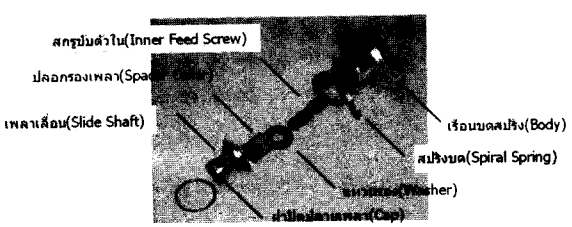
เครื่องยนต์ของรถจักรยานยนต์แบบ 4 จังหวะที่ผลิตในประเทศไทยซึ่งใช้โซ่ราวลิ้นในการส่งกำลัง จากการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง ขับชุดกลไกควบคุมการทำงานของวาล์วที่ติดตั้งอยู่บนฝาสูบ ส่วนใหญ่เป็นการใช้ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นแบบสปริงขดพบว่า เมื่อตัวปรับความตึงโซ่เกิดความชำรุดจะส่งผลทำให้เกิดเสียงดังผิดปกติ ขณะที่เครื่องยนต์ทำงานและจังหวะการทำงานของวาล์ว (Valve Timing) ที่ผิดพลาด และยังส่งผลต่อประสิทธิภาพและมลภาวะจากไอเสียของรถจักรยานยนต์ [1]



รูปที่ 1 การใช้ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นในเครื่องยนต์

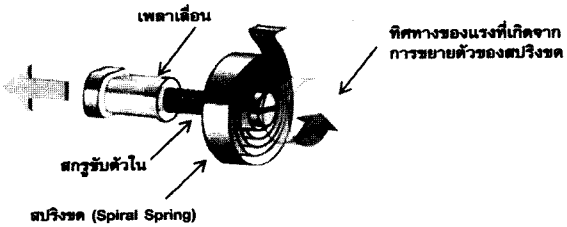
2. ทฤษฎี และวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

สปริงขด (Spiral Spring) เป็นส่วนประกอบสำคัญอันหนึ่ง ในตัวปรับความตึงโซ่แบบใช้แรงดันของสปริง (Spring Tensioner) ซึ่งเป็นแบบที่นิยมติดตั้งในเครื่องยนต์ เนื่องจากมีความสะดวกในการออกแบบจุดติดตั้งและใช้พื้นที่ในการติดตั้งน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับแบบที่ใช้แรงดันของน้ำมันเครื่อง (Oil Pressure Tensioner) ปลายสปริงขดจะเกี่ยวเข้ากับเรือนสปริง ส่วนปลายอีกด้านของสปริงจะเกี่ยวอยู่กับสกรูขับตัวใน



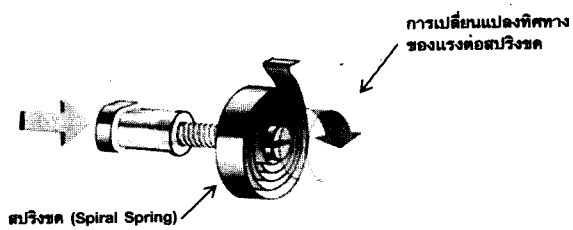
รูปที่ 2 ส่วนประกอบของตัวปรับความตึงโซ่แบบสปริงขด

แรงบิดจากการขยายตัวของสปริงขดในตัวปรับตั้งความตึงโซ่จะบังคับให้สกรูขับตัวใน เกิดการเคลื่อนที่หมุนตามเส้นรอบวง (ทิศทวนเข็มนาฬิกา) ตามการขยายตัวของสปริง เพลาเลื่อนซึ่งมีเกลียวสวมเข้ากับสกรูขับตัวใน ก็จะเกิดการหมุนเคลื่อนที่ออกไปกดโซ่ราวลิ้น



รูปที่ 3 โซ่ราวลิ้นถูกกดจากการหมุนบิดของสปริงขด

ขณะที่เครื่องยนต์หมุนทำงานอยู่นั้น โซ่ราวลิ้นจะเกิดอาการสั่นกระพือ ทำให้เกิดแรงกดในทิศตรงข้ามกดให้เพลาเลื่อนเคลื่อนที่เข้าหาสปริงขด ซึ่งมีผลให้สกรูขับตัวในเกิดการหมุนตามเส้นรอบวง(ทิศทวนเข็มนาฬิกา) [2]

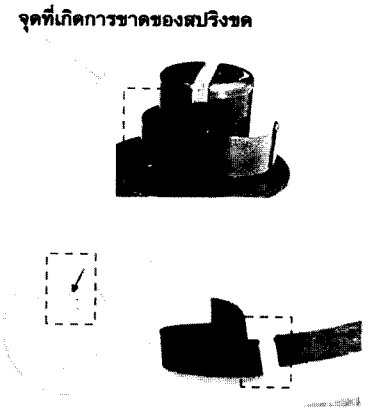


รูปที่ 4 สปริงขดเปลี่ยนทิศทางขยายตัว เนื่องจากการกระพือของโซ่ราวลิ้น

แรงที่กระทำกับสริงขดในลักษณะ 2 ทิศทาง คือ แรงที่มีทิศทางตามการขยายตัวของสปริง และแรงที่ตรงข้ามกับการขยายตัวของสปริง กระทำสลับไปมาเช่นนี้เรียกว่า แรงกระทำแบบสลับต่อเนื่อง (Fluctuating Load) ซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดความล้า (Fatigue) ที่เป็นสาเหตุของความเสียหายและลดอายุการทำงานของชิ้นส่วน

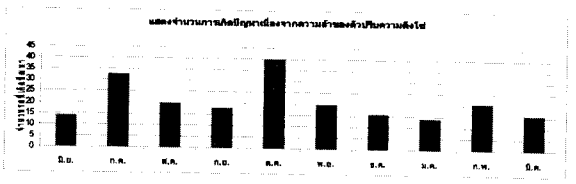
เมื่อความเค้นที่สปริงขดได้รับเกิดขึ้นซ้ำๆ กัน (Repeated Stress) จะมีค่าสูงกว่าความต้านทานแรง

ทนทาน (Endurance Strength) ของสปริงขด ทำให้เกิดรอยแตกขึ้นที่สปริง รอยแตกนี้จะค่อยเพิ่มขึ้นจนกระทั่งสปริงขดเกิดการขาดออกจากกัน



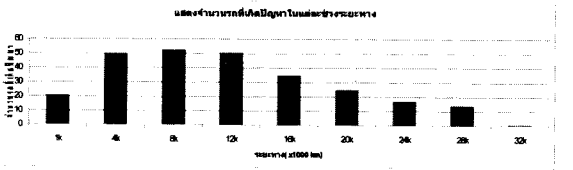
รูปที่ 5 การขาดของแผ่นสปริงขดตรงส่วนที่รับแรงแบบ Fluctuating Load [3]

ภายหลังจากที่สปริงขดเกิดการขาดจะส่งผลให้แรงบิดที่กระทำกับสกรูขับตัวในเพื่อที่จะไปกดโซ่ราวลิ้นนั้นหายไป การกระพือของโซ่ราวลิ้นจึงเกิดขึ้นได้มากกว่าปกติ ซึ่งเป็นต้นเหตุของอาการปัญหาเครื่องยนต์มีลักษณะเสียงดังผิดปกติ (Abnormal Noise) และอาจทำให้เกิดการกระโดดข้ามตำแหน่งของเฟืองราวลิ้น ทำให้วาล์วเคลื่อนที่ไปชนกับลูกสูบเกิดความเสียหายภายในเครื่องยนต์



รูปที่ 6 สถิติจำนวนปัญหาจากความชำรุดของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้น ระหว่าง มิ.ย. พ.ศ. 51- มี.ค. พ.ศ.52 [4]

จากสถิติการเกิดปัญหาเครื่องยนต์เสียงดังผิดปกติเนื่องจากความชำรุดของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นชี้ให้เห็นปริมาณความต่อเนื่องของปัญหา ที่เกิดขึ้นจากการใช้งาน โดยในเบื้องต้นพบว่าความทนทานของตัวปรับความตึงโซ่เมื่อพิจารณาจากสถิติระยะทางการเกิดปัญหาครั้งแรกพบว่าตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นส่วนใหญ่ จะมีอายุการใช้งานอยู่ในช่วงระยะทาง 4,000 – 12,000 กิโลเมตร



รูปที่ 7 สถิติระยะทางการเกิดปัญหาครั้งแรกของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้น ระหว่าง มิ.ย. 51- มี.ค. 52 [4]

ดังนั้นการเสริมความคงทนของตัวปรับความตึงโซ่ให้มีระยะการใช้งานที่ยาวนานออกไป จึงเป็นมีความจำเป็นเพื่อที่จะช่วยยืดอายุการใช้งานและลดการสูญเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแก้ปัญหา ทั้งในกรณีที่รถอยู่ในระยะรับประกันและในกรณีที่รถพ้นจากระยะรับประกันแล้ว ซึ่งคิดเป็นมูลค่าประมาณ 300 บาท/ครั้ง หรือค่าใช้จ่ายในการเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ได้รับผลกระทบจากความชำรุด ของตัวปรับความตึงโซ่ เช่น การชนของวาล์วและลูกสูบเนื่องจากโซ่ราวลิ้นทำงานผิดจังหวะซึ่งมีมูลค่าประมาณ 4,000 บาท /ครั้ง

ในการศึกษาเพื่อเพิ่มอายุการใช้งานของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นใช้การคำนวณหาอายุตามทฤษฎีของปารีส (Paris's Law) [5]

$$N = \int_{a_i}^{a_c} \frac{1}{C\Delta K^n} da \qquad (1)$$

โดยที่ N = จำนวนรอบการใช้งานของชิ้นงาน

C = ค่าคงที่ซึ่งเป็นฟังก์ชั่นกับวัสดุ

$$\Delta K = K_{max} - K_{min}$$

การศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติด้านความล้าของสปริงขด(Helical Springs) โดย Bruno Kaiser และ Christina Berger ได้ทำการทดสอบความล้าของสปริงที่มีความแตกต่างกันทางด้านวัสดุและขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใต้ความเค้นเฉลี่ย (Mean Stress) แบบอยู่กับที่ด้วยจำนวนรอบการทดสอบที่มากถึง 10^7 รอบ และนำผลที่ได้

ไปแปลงเป็นไดอะแกรมของกูดแมน (Goodman Diagram) แล้วเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐาน ในการทดสอบต่อมาได้เพิ่มจำนวนรอบขึ้นไปถึง $1.5x10^9$ รอบ ซึ่งส่งผลในการลด ความทนทานต่อการล้าในระยะยาว กับสปริงที่ได้รับการขัด ผิวซึ่งผลิตจากเส้นลวดที่ผ่านการอบชุบแข็งด้วยน้ำมัน [6]

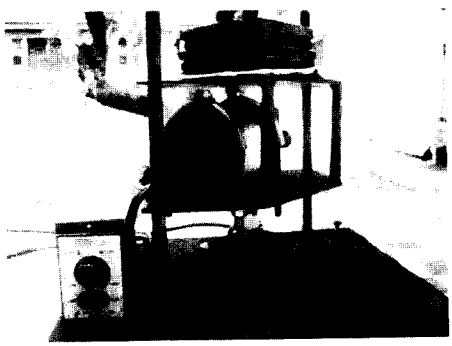
Seon Jim Kim และ Sung Hwan Yoon ได้ศึกษาวิธีการคาดคะเนการแพร่กระจาย ที่น่าจะเป็นไปได้สำหรับการเพิ่มขึ้นของรอยแตกร้าวจากความล้า โดยการจำลองความทนทานต่อการเกิดรอยแตกร้าว ที่เพิ่มขึ้นจากความล้าของวัสดุซึ่งผลที่ได้จากการทดสอบคือ ค่าคงที่ของระดับความเค้นแรงดึง $R=0.2$ จากชิ้นงานทดสอบที่มีความหนา 6, 12 และ 18 มิลลิเมตร โดยวิธีการดังกล่าวนี้ช่วยลดเวลาและค่าใช้จ่ายที่จะต้องใช้ในการทดสอบซ้ำหลายครั้ง [7]

3. ขั้นตอนการทดสอบ

ขั้นตอนแรกคือการสร้างเครื่องทดสอบแบบใช้โซ่ขับ (Chain Drive Tester) ให้มีลักษณะการทำงานที่คล้ายคลึงกับแรงที่กระทำกับตัวปรับความตึงโซ่ ซึ่งมีต้นกำลังเป็นมอเตอร์ขนาด 1/3 HP (0.25 kW) หมุนด้วยความเร็ว 1,440 รอบต่อนาที ทำหน้าที่ขับเคลื่อนโซ่ราวลิ้นโดยมีแกนของตัวปรับความตึงโซ่กดโซ่ผ่านรางเลื่อนโซ่เพื่อสร้างความตึงให้กับโซ่ราวลิ้น และมีเงื่อนไขของการทดลองคือการใช้ตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้น หมายเลขอะไหล่ 14520-KSS-901 เป็นชิ้นงานทดสอบแบบเดียวที่ใช้ในการวิจัยเพื่อควบคุมขนาดและคุณสมบัติชิ้นงานทดสอบให้เหมือนกันทุกชิ้น

รูปที่ 8 เครื่องทดสอบแบบใช้โซ่ราวลิ้น

เมื่อโซ่ราวลิ้นถูกขับด้วยมอเตอร์เพื่อให้ได้การทำงานตามระยะทางที่กำหนดไว้ หลังจากนั้นจะทำการเก็บชิ้นงานมาทดสอบกับเครื่องทดสอบ แบบที่ใช้แรงสั่นสะเทือน (Vibration Tester) ด้วยมอเตอร์ที่กำหนดความเร็วรอบที่ 1,440 รอบต่อนาที หมุนขับหน้าแปลนแรงเหวี่ยงเพื่อสร้างแรงสั่นสะเทือนที่มีน้ำหนักขนาด 49.50 นิวตัน กดลงบนแกนดันโซ่ราวลิ้น ที่ยึดอยู่บนฐานเครื่องทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลเวลาที่ตัวปรับความตึงโซ่ยุบตัวจากตำแหน่งเริ่มต้นแล้วยุบลงถึงตำแหน่งต่ำสุด



รูปที่ 9 เครื่องทดสอบแบบใช้แรงสั่นสะเทือน

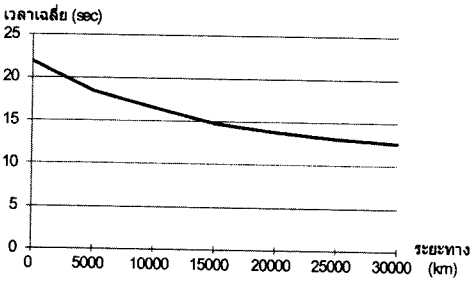
4. ผลการทดสอบ

จากการทดสอบตัวปรับความตึงโซ่ด้วยเครื่องทดสอบแบบใช้แรงสั่นสะเทือน ผลที่ได้คือระยะเวลาที่ตัวปรับความตึงโซ่สามารถต้านทานแรงกดที่แตกต่างกัน โดยพบว่าเมื่อทดสอบตัวปรับตั้งโซ่ที่ยังไม่เคยใช้งาน หรือมีระยะทางใช้งาน 0 กิโลเมตร , 5000 , 10000 , 15000 , 20000 , 25000 และ 30000 กิโลเมตร โดยพบว่าตัวปรับความตึงโซ่ที่มีระยะทางใช้งานอยู่ในช่วง 0 - 5000 กิโลเมตร สามารถต้านทานแรงกดได้นานที่สุดโดยจะเกิดการยุบตัวลงภายในเวลา 21.89 วินาที

ตารางที่ 1 เวลาที่แกนดันโซ่ยุบตัวในแต่ละระยะทางใช้งาน

ระยะทาง(km)	เวลาที่แกนดันโซ่ยุบตัวลงสุด (sec)			
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	เฉลี่ย
0	22.12	22.34	21.22	21.89
5,000	18.02	19.03	18.22	18.42
10,000	16.5	16.24	16.79	16.51
15,000	14.28	15.11	14.89	14.76
20,000	13.98	13.77	13.64	13.80
25,000	12.98	13.21	13.01	13.07
30,000	12.50	12.60	12.91	12.67

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบตัวปรับความตึงโซ่ที่มีระยะทางใช้งาน 10000 , 15000 , 20000 , 25000 , และ 30000 กิโลเมตร ก็ทำให้พบว่าเมื่อตัวปรับความตึงโซ่ที่มีระยะทางใช้งานมากขึ้น ความต้านทานแรงกดก็จะมีค่าลดลงโดยในช่วงระยะทาง 5000 -15000 กิโลเมตรตัวปรับความตึงโซ่จะมีความสามารถต้านทานแรงกด ได้ดีกว่าช่วงระยะทาง 15000 - 30000 กิโลเมตร



รูปที่ 10 เครื่องทดสอบแบบใช้แรงสั่นสะเทือน [8]

5. สรุปผลการทดสอบ

ผลที่ได้จากการทดสอบด้วยเครื่องทดสอบชี้ให้เห็นว่า ความสามารถต้านทานแรงกดของตัวปรับความตึงโซ่ราวลิ้นมีค่าลดลงไปตามระยะทางการใช้งาน กล่าวคือเมื่อระยะทางใช้งานมากขึ้นความสามารถในการต้านทานแรงกดก็จะลดลงซึ่งสภาพดังกล่าวก็จะส่งผลต่อความสามารถในการสร้างแรงตึงให้กับโซ่ราวลิ้นขณะที่เครื่องยนต์หมุนทำงาน ถ้าแรงกดจากตัวปรับความตึงโซ่มีค่าน้อยลงโซ่ก็จะเกิดความหย่อนมากขึ้นการสะบัดและกระพือของโซ่จะทำให้เกิดปัญหาเสียงดังและความเสียหายแก่ชิ้นส่วนในเครื่องยนต์

การทดสอบครั้งนี้ ทำให้ได้ข้อมูลเบื้องต้นเกี่ยวกับความสามารถต้านทานแรงกดของตัวปรับความตึงโซ่ ซึ่งสามารถนำไปใช้ในการเปรียบเทียบเมื่อมีการพัฒนา และปรับปรุงความต้านทานของตัวปรับความตึงโซ่ เพื่อให้สามารถใช้งานได้ยาวนานขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ, บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, ผู้จำหน่ายรถจักรยานยนต์ฮอนด้า และผู้ผลิตชิ้นส่วนรถจักรยานยนต์ฮอนด้า ที่ให้การสนับสนุนด้านข้อมูล, ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และงบประมาณในการทำวิจัยชิ้นนี้

เอกสารอ้างอิง

[1] บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552. **คู่มือการฝึกอบรมหลักสูตรนายช่างระดับ 3.**

[2] ฮอนด้ามอเตอร์, 2549. **คู่มือฝึกอบรมทักษะด้านบริการและความรู้เทคนิค.**

[3] บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552. **รายงานผลการวิเคราะห์ปัญหาเทคนิค.**

[4] บริษัท เอ.พี.ฮอนด้า จำกัด, 2552. **รายงานผลการสำรวจอัตราการซ่อมแก้ปัญหาเทคนิค.**

[5] บริษัท ซิกมาร์โซลูชั่น จำกัด, 2552. **คู่มือการอบรมหลักสูตรการวิเคราะห์หาอายุของโครงสร้างที่เกิดความล้า.**

[6] Bruno Kaiser , Christina Berger . **Recent finding to the fatigue properties of helical springs,** 2007.

[7] Seon Jim Kim , Sung Hwan Yoon . **On estimate of probability distribution for fatigue crack growth life,** 2007.

[8] สุรเดช จิวภรณ์สวัสดิ์ , นายเอกรักษ์ กุนาทน , 2552. **เครื่องมือทดสอบความล้าของตัวปรับตั้งความตึงโซ่ราวลิ้น,** ปริญญานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี