การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

DESIGN AND CONSTRUCTION OF ENGINE PARTS OIL CLEANING MACHINE

นิพนธ์ ราชวุฒิ, *ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, โอภาส สุขหวาน*
Nipon Ratchawut, *Pairust Vongyuttakrai, Ophat Sukwan*

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
Program in Industrial Education, Faculty of Education, Srinakharinwirot University.

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อ (1) ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (2) ประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยทำการทดลองโดยเลือกชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่แบบเจาะจง ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบและก้านสูบ เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เครื่องมือวิจัยที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาดและแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที (t-test) ผลการวิจัยพบว่า (1) การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โครงสร้างเป็นเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร ความสูง 1,132 มิลลิเมตร ใช้ปั๊มน้ำชนิดเซนตริฟูกอล ขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่สร้างแรงดันให้หัวฉีดทำความสะอาด จำนวน 10 หัว และหัวฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วน จำนวน 2 หัว ใช้ฮีทเตอร์ ขนาด 4,500 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับสารทำความสะอาด และใช้เทอร์โมสตัทเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิสารทำความสะอาดให้มีความร้อนตามกำหนด สามารถทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีความสูงไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ความยาวและกว้างไม่เกิน 500 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัม (2) ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด และลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.342 และค่าที (t-test) 2.827 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย

คำสำคัญ: การออกแบบและสร้าง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมัน ชิ้นส่วนเครื่องยนต์

Abstract

The objectives of this research were to: 1) Design and construction of an oil-cleaning machine for engine parts; and 2) evaluate the performance of an oil-cleaning machine for engine parts. Researcher conducted tests by selecting engine parts with oil stains by using the Purposive Sampling method. The engine parts tested in this study were the Valve Cover, Cylinder Head, Crank Shaft, Oil Pan, Piston and Connecting Rod, Camshaft, Intake Valve, and Exhaust Valve. The data was collected by using Evaluation of cleaning ability and physical attribute Assessment and by nine experts who evaluated the performance of oil-cleaning machine. The statistics used to analyze the data are Arithmetic Mean, Standard Deviation, and t-test.

The results of this research found that:

1) The design and construction of the oil-cleaning machine for engine parts. The structure is steel with a diameter of 786 mm, height 1,132 mm. One, 2-horse power, centrifugal water pump feeds 10 pressure nozzles as well as a rotating basket with 2 heads. Two 4,500-watt heaters raise the temperature of the cleaning agent. A thermostat adjusts the temperature probe of the cleaning agent to the required temperature. Parts not exceeding a height of 200 mm, 500 mm in length and width, and weighing up to 30 kilogram can be cleaned.

2) The evaluation of the oil-cleaning machine for engine parts. The criteria specified for cleaning ability and tolerances for good physical attribute stipulates the Average Mean 4.32, Standard Deviation 0.342, and t-test 2.827, which are congruent with the research hypothesis.

Keywords: Design and Construction, Oil Cleaning Machine, Engine Parts

บทนำ

รถยนต์เป็นพาหนะที่มีความสำคัญอย่างหนึ่งต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เพื่อใช้สำหรับการคมนาคม เช่น การเดินทางไปพักผ่อนท่องเที่ยว การขนส่งผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค เป็นต้น [1] จากการสำรวจพบว่า ประชากรประเทศไทยนิยมการมีรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเนื่องจากการให้บริการขนส่งมวลชนของภาครัฐยังไม่เพียงพอกับความต้องการในทุกๆ พื้นที่ของประเทศ จึงก่อให้เกิดเป็นความต้องการมีรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพิ่มขึ้นเพื่อช่วยอำนวยความสะดวกสบายและความรวดเร็วในการเดินทาง [2] จากข้อมูลของกรมการขนส่งทางบกรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2554 พบว่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รวมทั่วประเทศมีจำนวน 5,001,442 คัน

[3] จากข้อมูล ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2553 พบว่า มีอยู่จำนวน 4,496,828 คัน [4] จะเห็นได้ว่าในปี พ.ศ. 2554 มีรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน จดทะเบียนเพิ่มขึ้นจาก ปี พ.ศ. 2553 จำนวน 504,614 คัน ซึ่งรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ที่ใช้กันอยู่ทั่วไปนั้นเป็นรถยนต์ใช้เครื่องยนต์เป็นเครื่องต้นกำลังสำหรับขับเคลื่อนรถยนต์ให้เคลื่อนที่ [5]

เครื่องยนต์เป็นต้นกำเนิดกำลังงานทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานกล และช่วยในการขับเคลื่อนให้รถยนต์เคลื่อนที่ได้ [6] เมื่อเครื่องยนต์มีอายุการใช้งานตามกำหนดหรือจากที่รถยนต์เกิดอุบัติเหตุบนถนนหรือการเกิดอุทกภัยแล้วส่งผลให้รถยนต์จมอยู่ใต้น้ำ ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่ภายในเครื่องยนต์เกิดการชำรุดเสียหายจำเป็นต้องถอดแยกเครื่องยนต์ และนำชิ้นส่วนทั้งหมดออกจากเครื่องยนต์หรือที่เรียกว่า “การยกเครื่อง (Overhaul)” เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดออกไป [7] ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ถอดออกมาจะมีคราบน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ติดอยู่ด้วยเสมอ ช่างปฏิบัติงานจึงต้องล้างทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ก่อนเพื่อให้สามารถตรวจสอบและมองเห็นสิ่งผิดปกติหรือการสึกหรอที่ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้อย่างชัดเจนก่อนที่จะเริ่มทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุด การทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์นั้น ช่างปฏิบัติงานตามศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์จะใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันก๊าด เป็นต้น มาล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นโดยการสร้างถาดสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ที่สามารถวางชิ้นส่วนเครื่องยนต์ลงไปได้และเทน้ำมันเชื้อเพลิงลงไปในถาด จากนั้นจึงใช้แปรงช่วยขัดถูทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์จนคราบน้ำมันหล่อลื่นหรือสิ่งสกปรกหลุดออกไป แต่การทำความสะอาดลักษณะนี้จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานอย่างมาก เนื่องจากในน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ จะมีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ผสมอยู่หลายชนิด สามารถสรุปได้ดังนี้

สารที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์ที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด ได้แก่

1. น้ำมันเบนซิน (Gasoline Fuel) จะมีสารเบนซิน (Benzene) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอน ที่สภาวะปกติ ณ อุณหภูมิห้องจะมีสภาพเป็นของเหลว ไม่มีสี มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ละลายน้ำได้เล็กน้อย ระเหยและติดไฟง่าย ในธรรมชาติสารเบนซินเป็นองค์ประกอบของสารปิโตรเลียมในน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นสารเบนซินจึงมีโอกาสปนเปื้อนในน้ำมันเบนซินได้ สารเบนซินสามารถเข้าสู่ร่างกายของมนุษย์ได้ 3 ทาง คือ ทางการหายใจ ทางผิวหนัง และการกลืนลงสู่กระเพาะอาหาร การเข้าสู่ร่างกายที่อันตรายที่สุด คือ ทางการหายใจ เมื่อสารเบนซินเข้าสู่ร่างกายจะมีการกระจายตัวในเลือดอย่างรวดเร็วและถูกเมตาโบไลต์ (Metabolized) ที่ตับนำไปเป็นสารตัวกลาง (Metabolites) เช่น เบนซินออกไซด์ (Benzenz Oxide) ฟีนอล (Phenol) กรดมิวโคนิค (Transmuconic Acid)

และกรดเฟนนิวเมอแคปทูริค (S-Phenylmercapturic Acid: S-PMA) ซึ่งสารตัวกลางบางตัวจะกลายสภาพไปเป็นสารก่อมะเร็งที่มีความไวต่อความผิดปกติทางพันธุกรรม [8]

2. น้ำมันดีเซล (Diesel Fuel) จะมีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์คล้ายกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งสารที่ผสมอยู่เป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้หากมีการสัมผัสโดยตรงมากๆ สารดังกล่าวมีชื่อว่า “โพลีไซคลิก อะโรมาติกส์ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PCA)” ซึ่งสารชนิดนี้สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยทางเดินหายใจ ทางผิวหนัง ทางการสัมผัสกับดวงตา และการกลืนกิน [9]

3. น้ำมันก๊าด (Kerosene Fuel) หากมีการสัมผัสบ่อยๆ เป็นระยะเวลานานจะทำให้ผิวหนังเกิดการระคายเคืองและสารพิษสามารถซึมเข้าสู่ร่างกายได้ ถ้ามีสารพิษจากน้ำมันก๊าดสะสมอยู่ในร่างกายมากๆ จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางและอาจจะถึงขั้นเสียชีวิต ส่วนอันตรายแบบเฉียบพลันจะเกิดขึ้นถ้ามีการกลืนกินเข้าไปจะส่งผลทำให้อาเจียน มีอาการร้อนปากและลำคอท้องร่วง ถ้าได้รับละอองสารจะทำให้ทางเดินหายใจเกิดการระคายเคือง และหากละอองสารเข้าสู่ร่างกายมากๆ จะทำให้ปวดศีรษะและหมดสติได้ [10]

จากแหล่งข้อมูลต่างๆ สรุปได้ว่าในน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าด จะมีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ผสมอยู่ด้วย ดังนั้นการนำน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ว่าชนิดใดก็ตามมาล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ล้วนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของช่างปฏิบัติงานได้ทั้งสิ้น แต่อย่างไรก็ตามการทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ก็เป็นสิ่งสำคัญและช่างปฏิบัติงานยังต้องทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทุกครั้งหลังจากที่มีการถอดแยกเครื่องยนต์ ดังนั้นเพื่อช่วยให้ช่างปฏิบัติงานสามารถทำงานได้อย่างปลอดภัย หลีกเลี่ยงสารพิษอันตรายที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง และเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และคาดว่างานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขอบเขตของการวิจัย เพื่อให้การวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1.1 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร และมีพื้นที่เก็บน้ำรวมอยู่เป็นชุดเดียวกับโครงสร้างเครื่องทำความสะอาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 440 มิลลิเมตร

1.2 หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray จำนวน 10 หัว ทำหน้าที่ฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone จำนวน 2 หัว ทำหน้าที่ฉีดน้ำเพื่อขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน ซึ่งหัวฉีดทั้ง 2 แบบได้ติดตั้งอยู่กับท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40 มิลลิเมตร อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด

1.3 ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 545 มิลลิเมตร สูง 210 มิลลิเมตร รูตะกร้ากว้าง 25.4 มิลลิเมตร ยาว 25.4 มิลลิเมตร รับน้ำหนักชิ้นส่วนเครื่องยนต์ไม่เกิน 30 กิโลกรัม

1.4 ปั๊มน้ำชนิดเซนตริฟูกอล (Centrifugal) ขนาด 2 HP, 1.5 kW จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่ดูดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันที่อยู่ในพื้นที่เก็บน้ำภายในเครื่องทำความสะอาดและส่งเข้าชุดหัวฉีดทำความสะอาด จำนวน 10 หัว และหัวฉีดขับหมุนตะกร้า จำนวน 2 หัว

1.5 น้ำยาล้างคราบน้ำมัน สำหรับช่วยทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นเป็นของเหลวมีฤทธิ์เป็นด่าง ต้องนำมาผสมกับน้ำก่อนใช้งานกับเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และหมุนเวียนใช้งานซ้ำอยู่ภายในเครื่องทำความสะอาดจนกว่าจะหมดประสิทธิภาพในการใช้งาน

1.6 คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ประกอบด้วยคำแนะนำก่อนการใช้งาน ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ข้อมูลทางเทคนิค ขั้นตอนการใช้งาน ความปลอดภัยในการใช้งาน การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และการบำรุงรักษาเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. นิยามศัพท์เฉพาะ

2.1 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ หมายถึง เครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อช่วยทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นออกจากพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์หลังจากการถอดแยกแบบยกเครื่อง (Overhaul) โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ปั๊มน้ำชนิดเซนตริฟูกอล ขนาด 2 HP, 1.5 kW จำนวน 1 ตัว หัวฉีดน้ำ จำนวน 12 หัว ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ฮีทเตอร์ เทอร์โมมิเตอร์ มาตรวัดความดัน และตู้คอนโทรลประกอบด้วย เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ ชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมการทำงานมอเตอร์ปั๊มน้ำ ชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมการทำงานฮีทเตอร์ ชุดรีเลย์ควบคุมการทำงานฮีทเตอร์ และอุปกรณ์ตั้งเวลาการทำงาน

2.2 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ หมายถึง ชิ้นส่วนประกอบของเครื่องยนต์ใช้ลูกสูบ ขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC ประเภทเครื่องยนต์สันดาปภายในมีการทำงาน 4 จังหวะ คือ จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิด และจังหวะคาย ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เช่น ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบและก้านสูบ เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

2.3 ระยะเวลาทำความสะอาด หมายถึง ระยะเวลาที่กำหนดให้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำงานเพื่อช่วยทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่วางอยู่ในตะกร้ารองรับชิ้นส่วน

2.4 อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน หมายถึง ระดับอุณหภูมิที่กำหนดให้ฮีทเตอร์เพิ่มความร้อนให้กับน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันซึ่งอยู่ในพื้นที่เก็บน้ำมีอุณหภูมิตามที่กำหนดก่อนจะให้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำงาน

2.5 สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้านความสามารถในการทำความสะอาด หมายถึง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน กำหนดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยการสังเกต ดังนี้

1) ผ่านเกณฑ์ หมายถึง ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2) ต้องปรับปรุง หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

3) ไม่ผ่านเกณฑ์ หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.6 สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้านลักษณะทางกายภาพ หมายถึง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน เป็นผู้ประเมินลักษณะทางกายภาพ แยกเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ ด้านวิศวกรรม ด้านความปลอดภัย ด้านการใช้งาน และด้านการบำรุงรักษา

3. สถานที่และระยะเวลาในการทำวิจัย ผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้โรงฝึกงานของสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ กรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ทดลองการทำงาน ประเมินความสามารถในการทำความสะอาดและประเมินลักษณะทางกายภาพ ตั้งแต่วันที่ 1 เมษายน พ.ศ. 2554 ถึงวันที่ 24 ธันวาคม พ.ศ. 2554

4. ชิ้นงานตัวอย่างในการวิจัย ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่แบบเจาะจง (Purposive Sampling) มาทดลองทำความสะอาด และแยกขนาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกมาทดลองออกเป็น 3 ขนาด คือ

1) ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง

2) ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว

3) ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

จากนั้นนำชิ้นส่วนเครื่องยนต์มาอย่างละ 1 ชิ้น ทดลองทำความสะอาดโดยใช้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ผู้วิจัยออกแบบและสร้างขึ้น

5. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยแบ่งขั้นตอนดำเนินการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1) ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2) ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

3) ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

4) ขั้นตอนที่ 4 การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

6. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1) เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2) แบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ แยกเป็น 2 ด้าน คือ

2.1) แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมิน

2.2) แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ทำการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมิน

7. การเก็บรวบรวมข้อมูล

1) ผู้วิจัยทดลองการทำงานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพื่อประเมินความสามารถในการทำความสะอาด โดยทดลองทำความสะอาดตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบและก้านสูบ เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ซึ่งมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ และบันทึกผลการทดลองลงในแบบประเมินด้วยการถ่ายภาพชิ้นส่วนเครื่องยนต์ก่อนการทดลองทำความสะอาดและหลังการทดลองทำความสะอาด และนำภาพถ่ายมาเปรียบเทียบความแตกต่างกัน

2) ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ

2.1) ด้านวิศวกรรม จำนวน 5 ข้อ

2.2) ด้านความปลอดภัย จำนวน 5 ข้อ

2.3) ด้านการใช้งาน จำนวน 5 ข้อ

2.4) ด้านการบำรุงรักษา จำนวน 5 ข้อ

8. การวิเคราะห์ข้อมูล

1) ผู้วิจัยนำแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด มาวิเคราะห์ผลการเปรียบเทียบความสะอาดของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ก่อนการทดลองทำความสะอาดและหลังการทดลองทำความสะอาดเพื่อประเมินความสามารถในการทำความสะอาดตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ ดังนี้

เกณฑ์	**แปลความ**
ผ่านเกณฑ์	ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้าง บนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ต้องปรับปรุง	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ไม่ผ่านเกณฑ์	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2) ผู้วิจัยนำแบบประเมินลักษณะทางกายภาพจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน มาทำการวิเคราะห์ข้อมูล สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที (t-test)

ผลการวิจัย

1. การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีผลการออกแบบและสร้างคือ โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร ความสูง 1,132 มิลลิเมตร ใช้ปั๊มน้ำชนิดเซนตริฟูกอล ขนาด 2 HP, 1.5 kW จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่สร้างแรงดันให้หัวฉีดทำความสะอาด จำนวน 10 หัว และหัวฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วน จำนวน 2 หัว ใช้ฮีทเตอร์ขนาด 4,500 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับสารทำความสะอาด และใช้เทอร์โมสตัทเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิสารทำความสะอาดให้ได้ความร้อนตามกำหนด สามารถทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีความสูงไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ความยาวและกว้างไม่เกิน 500 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัม

2. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ ความสามารถในการทำความสะอาดและลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

2.1 ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด โดยทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C และ 50°C และระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดใหญ่และขนาดกลางต้องไม่ต่ำกว่า 40°C

ใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 นาที สำหรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดเล็กระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดต้องไม่ต่ำกว่า 30°C ใช้ระยะเวลาไม่น้อยกว่า 1 นาที และการทดสอบสมมติฐานในการวิจัยพบว่า มีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย

2.2 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพพบว่า ค่าเฉลี่ยรวมจากการประเมินลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.342 และค่าที (t-test) 2.827*

1) ด้านวิศวกรรม ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.510 และค่าที (t-test) 0.784 จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ ความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.726 และค่าที 1.835 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด มีจำนวน 2 ข้อ คือ ความเหมาะสมในการออกแบบ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 3.89 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.333 และค่าที -1.000 และความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.89 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.601 และค่าที -0.555

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความหมาย	t-test	r-value
1. ด้านวิศวกรรม	4.13	0.510	ดี	0.784	0.455
2. ด้านความปลอดภัย	4.49	0.459	ดี	3.192*	0.013
3. ด้านการใช้งาน	4.40	0.387	ดี	3.098*	0.015
4. ด้านการบำรุงรักษา	4.27	0.490	ดี	1.633	0.141
ค่าเฉลี่ยรวมลักษณะทางกายภาพ	**4.32**	**0.342**	**ดี**	**2.827***	**0.022**

n = 9, μ = 4, *p < 0.05

จากการทดสอบสมมติฐานในการวิจัยพบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัยที่ตั้งไว้ และทำการวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะทางกายภาพด้านย่อย 4 ด้าน ดังนี้

2) ด้านความปลอดภัย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.459 และค่าที (t-test) 3.192* จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด มีจำนวน 2 ข้อ คือ เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่อง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.78

ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.441 และค่าที 5.292 และเครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.78 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.441 และค่าที 5.292 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุดคือ ความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.333 และค่าที 1.000

3) ด้านการใช้งาน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.387 และค่าที (t-test) 3.098* จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก โดยมีค่าเฉลี่ย 4.67 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.707 และค่าที 2.828 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด มีจำนวน 2 ข้อ คือ ระบบการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.441 และค่าที 1.512 และความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.22 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.441 และค่าที 1.512

4) ด้านการบำรุงรักษาผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.490 และค่าที (t-test) 1.633 จากการวิเคราะห์ข้อมูลพบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.726 และค่าที 1.835 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุดคือ ความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.782 และค่าที 0.426

สรุปและอภิปรายผล

สรุปผล

1. การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1.1 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร พื้นที่เก็บน้ำรวมอยู่เป็นชุดเดียวกับโครงสร้างเครื่องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 440 มิลลิเมตร ใช้ฮีทเตอร์ ขนาด 4,500 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่เพิ่มระดับอุณหภูมิน้ำที่อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด โดยมีเทอร์โมสตัทชนิดปลายโพรบ จำนวน 1 ชุด ทำหน้าที่ควบคุมระดับอุณหภูมิน้ำให้ได้ตามกำหนด

1.2 หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray จำนวน 10 หัว ทำหน้าที่ฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone จำนวน 2 หัว ทำหน้าที่ฉีดน้ำขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน โดยมีปั๊มน้ำ ชนิดเซนตริฟูกอล ขนาด 2 HP, 1.5 kW จำนวน 1 ตัว

ทำหน้าที่ดูดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันจากพื้นที่เก็บน้ำภายในเครื่องทำความสะอาดและส่งเข้าชุดหัวฉีดทำความสะอาดและหัวฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.3 ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 545 มิลลิเมตร สูง 210 มิลลิเมตร รูตะกร้ากว้าง 25.4 มิลลิเมตร ยาว 25.4 มิลลิเมตร ตะกร้ารับน้ำหนักชิ้นส่วนเครื่องยนต์ไม่เกิน 30 กิโลกรัม

1.4 คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ประกอบด้วย คำแนะนำก่อนการใช้งานส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ข้อมูลทางเทคนิค ขั้นตอนการใช้งาน ความปลอดภัยในการใช้งาน การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และการบำรุงรักษาเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ

2.1 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด ผู้วิจัยทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทั้ง 3 ขนาด โดยมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ สรุปได้ว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย ผลการประเมิน สรุปได้ดังนี้

1) ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง สรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนขนาดใหญ่ที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 40°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

2) ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว สรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนขนาดกลางที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 40°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

3) ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย สรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนขนาดเล็กที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 30°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

2.2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน พบว่า มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.342 และค่าที (t-test) 2.827 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย ลักษณะทางกายภาพในแต่ละด้านย่อยมีผลการประเมิน ดังนี้

1) ด้านวิศวกรรม พบว่า ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.510 และค่าที (t-test) 0.784

2) ด้านความปลอดภัย พบว่า ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.459 และค่าที (t-test) 3.192

3) ด้านการใช้งาน พบว่า ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.387 และค่าที (t-test) 3.098

4) ด้านการบำรุงรักษา พบว่า ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.490 และค่าที (t-test) 1.633

อภิปรายผล

1. การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีรายละเอียดดังนี้

1.1 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน เกรด SS400 สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป เนื่องจากโครงสร้างเครื่องจะต้องรับน้ำหนักของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดและรับน้ำหนักของน้ำที่อยู่ภายในพื้นที่เก็บน้ำ ดังนั้นการใช้เหล็กแผ่นมาตรฐานจึงมีความเหมาะสมสำหรับงานโครงสร้างที่ต้องการความมั่นคงและแข็งแรง ซึ่งสอดคล้องกับสกล นันทศรีวิวัฒน์ [11] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด พบว่า การออกแบบและสร้างเครื่องด้วยเหล็กจะทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์จะมีฝาปิดเนื่องจากขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงานหัวฉีดทำความสะอาดและหัวฉีดขับหมุนตะกร้าจะสเปรย์น้ำออกมาด้วยแรงดันสูงและถ้าสเปรย์น้ำที่ฉีดออกมามีอุณหภูมิสูงด้วยก็อาจจะเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานหรือผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ จึงได้สร้างฝาปิดไว้เพื่อป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานของหัวฉีดที่อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับเลียรี่ [12] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม สรุปไว้ว่า เครื่องทำความสะอาดจะต้องมีฝาปิดด้วย ส่วนบริเวณด้านบนของฝาปิดเครื่องทำความสะอาดได้ติดกระจกใสขนาดความกว้าง 220 มิลลิเมตร และยาว 300 มิลลิเมตร เพื่อใช้สำหรับสังเกตดูความสะอาดของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับสมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเผือ และไพรัตน์ โยรัมย์ [13] ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีข้อเสนอแนะไว้ว่า เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ควรติดกระจกใสด้วย เพื่อจะได้ดูการทำงานของเครื่องล้างได้ เนื่องจากการเปิดดูความสะอาดของชิ้นส่วนจำเป็นต้องหยุดเครื่องและทำการเปิดดูเป็นการเสียเวลาในการล้าง

1.2 หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray นำมาใช้ฉีดทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เนื่องจากสเปรย์น้ำที่ออกจากรูหัวฉีดมีลักษณะแบนหรือทรงพัดมีมุมการแตกกระจายตัวของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันไม่น้อยกว่า 65 องศา ทำให้สามารถทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้อย่างทั่วถึง หัวฉีดแบบนี้จึงเหมาะใช้ฉีดน้ำล้างทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับกรมส่งเสริมการเกษตร [14] อธิบายไว้ว่า หัวฉีดแบบ

รูปพัดทำด้วยโลหะเป็นชิ้นเดียวกัน มีลักษณะกลมตรงกลางเจาะเป็นรูปวงรีเล็กๆ เพื่อให้ของเหลวไหลผ่าน ขนาดของของเหลวที่ไหลผ่านรูหัวฉีดด้วยแรงดันสูงจะแผ่เป็นรูปพัดมีความกว้างของมุมที่ของเหลวออกมาต่างๆ กัน อยู่ระหว่าง 65-80 องศา และหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone นำมาใช้ฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เนื่องจากสเปรย์น้ำที่ออกจากรูหัวฉีดมีลักษณะแบบกรวยทึบทำให้มีแรงดันสูง หัวฉีดแบบนี้จึงเหมาะใช้ฉีดขับหมุนตะกร้าในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับกรมส่งเสริมการเกษตร [14] อธิบายไว้ว่า หัวฉีดแบบรูปกรวย รูหัวฉีดทำด้วยโลหะหรือวัสดุแข็งเป็นแผ่นแบนๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรูหรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสวนด้านหลังของรูหัวฉีดและผ่านออกไปเป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่างเรียกว่า หัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าพื้นที่ตรงกลางรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยทึบ

1.3 ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์หมุนรอบตัวเองในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน เนื่องจากได้ออกแบบให้หัวฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน (หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray) ยึดติดอยู่กับท่อน้ำภายในเครื่องทำความสะอาดซึ่งท่อน้ำนี้ไม่สามารถหมุนเคลื่อนที่ได้ จะทำให้การทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำได้ไม่ทั่วถึง จึงออกแบบให้ตะกร้าหมุนเคลื่อนที่รอบตัวเองได้ด้วยแรงดันของน้ำที่ออกจากหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone เพื่อให้หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray สามารถฉีดทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้อย่างทั่วถึงทุกบริเวณ ซึ่งสอดคล้องกับเลียรี่ [15] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม สรุปไว้ว่า แรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีดจะทำให้ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนหมุนหรือหยุดหมุนในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน ส่วนความเร็วรอบในการหมุนของตะกร้าจะเป็นไปตามที่กำหนด และสอดคล้องกับสมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเฝือ และไพรัตน์ โยรัมย์ [13] ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ สรุปไว้ว่า แท่นรองรับชิ้นส่วนสามารถหมุนได้โดยแรงดันของน้ำที่ออกจากหัวฉีดเป็นตัวขับให้แท่นรองรับชิ้นส่วนหมุน และเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่สร้างขึ้นในครั้งนี้กำหนดให้ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์รับน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัม เนื่องจากหากน้ำหนักของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดเกินจากที่กำหนดจะทำให้ตะกร้าไม่หมุนเพราะหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone ที่ทำหน้าที่ฉีดขับหมุนตะกร้ามีจำนวน 2 หัว จึงทำให้มีแรงดันน้ำไม่เพียงพอในการขับหมุนตะกร้า

1.4 น้ำยาล้างคราบน้ำมัน (CHEMAX 302) เป็นน้ำยาทำความสะอาดคราบน้ำมันที่นำมาใช้ผสมกับน้ำเพื่อใช้งานกับเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้น เนื่องจากน้ำยา CHEMAX 302 เป็นสารละลายเข้มข้นสามารถผสมให้เจือจางได้ในน้ำ มีค่า pH = 8.55 ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ล้างคราบน้ำมันและไม่กัดกร่อนผิวโลหะ น้ำที่ผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเมื่อผ่านการใช้งานแล้วจะสามารถใช้หมุนเวียนซ้ำอยู่

ภายในเครื่องทำความสะอาดได้จนกว่าจะหมดประสิทธิภาพในการทำความสะอาดคราบน้ำมัน ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารทำความสะอาด และเหมาะต่อการนำมาใช้ล้างคราบน้ำมันหรือไขมัน ซึ่งสอดคล้องกับศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย [16] อธิบายไว้ว่า สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนมากจะอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่า pH = 6.5-9 และสอดคล้องกับเลียรี่ [12] ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม สรุปไว้ว่า น้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วจะหมุนเวียนอยู่ภายในตัวเครื่อง รวมถึงมีอุปกรณ์สำหรับกรองน้ำซึ่งจะทำหน้าที่กรองคราบจาระบีและคราบน้ำมันที่ผสมอยู่ในน้ำที่ผ่านการทำความสะอาดแล้ว โดยคราบจาระบีและคราบน้ำมันจะถูกเก็บรวบรวมไว้และนำไปกำจัดทิ้งต่อไป ส่วนระยะเวลาในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ทำความสะอาดและปริมาณความสกปรกของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดด้วย

2. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ทำการประเมินสมรรถนะ 2 ด้าน คือ

2.1 ความสามารถในการทำความสะอาด จากการทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทั้ง 3 ขนาด มีรายละเอียดดังนี้

1) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้แก่ อ่างน้ำมันเครื่อง เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย มีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกช่วงอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพเป็นชิ้นเดียวกัน มีความแตกต่างของพื้นผิวในชิ้นเดียวกันน้อย ช่วยให้หัวฉีดสามารถฉีดทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงทุกซอกทุกมุม เมื่อเปรียบเทียบความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C และ 50°C ระยะเวลาทดลอง 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่าความสะอาดมีความแตกต่างกันน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงกำหนดระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง เพลาลูกเบี้ยว ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียคือ 30°C และระยะเวลาคือ 1 นาที

2) ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และลูกสูบและก้านสูบ มีผลการประเมินต้องปรับปรุงที่ระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C ระยะเวลาทดลองคือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพด้านความสูงต่ำไม่เท่ากัน พื้นผิวมีซอกมุมเล็กๆ ทำให้มีคราบน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปติดอยู่ หัวฉีดไม่สามารถฉีดทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงทุกซอกทุกมุม ดังนั้นจึงต้องเพิ่มระดับอุณหภูมิเป็น 40°C และ 50°C ระยะเวลาทดลองคือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ความร้อนที่สูงขึ้นทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นลดลง ส่งผลให้หัวฉีดฉีดทำความสะอาดได้ดีขึ้น จึงมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิระหว่าง

40°C และ 50°C ทุกช่วงเวลา พบว่าความสะอาดมีความแตกต่างกันน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้า จึงกำหนดให้ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และลูกสูบและก้านสูบ คือ 40°C ระยะเวลาคือ 1 นาที

2.2 ลักษณะทางกายภาพ จากการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ซึ่งแบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน ได้แก่

1) ด้านวิศวกรรม พบว่าข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ ความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำจากเหล็กแผ่นตามมาตรฐาน JIS G 3101 เกรด SS400 มาจัดทำเป็นโครงสร้างของเครื่องทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับสกล นันทศรีวิวัฒน์ [11] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด สรุปไว้ว่า การออกแบบสร้างเครื่องด้วยเหล็กจะทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรง

2) ด้านความปลอดภัย พบว่าข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด มีจำนวน 2 ข้อ คือ เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่องและเครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้ง LIMIT SWITCH จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ช่วยให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้ในขณะใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของตัวเครื่องทำความสะอาด ถ้ามีการกดปุ่ม START เครื่อง ในขณะที่ฝาเครื่องทำความสะอาดยังเปิดค้างอยู่นั้นปั๊มน้ำจะไม่ทำงาน แต่เมื่อปิดฝาเครื่องจะทำให้บริเวณขอบของฝากดทับลูกล้อของ LIMIT SWITCH ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรส่งผลให้ปั๊มน้ำทำงาน และหากเปิดฝาเครื่องทำความสะอาดในขณะที่เครื่องยังทำงานอยู่นั้น ปั๊มน้ำจะหยุดทำงานอัตโนมัติ ซึ่งสอดคล้องกับสุดธิดา อินทผล อุปวิทย์ สุวคันธกุล และโอภาส สุขหวาน [17] ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พบว่า เครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์มีความปลอดภัยด้านการใช้งานและมีความปลอดภัยจากวัสดุที่เลือกมาใช้เป็นส่วนประกอบของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ และสอดคล้องกับสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง [18] อธิบายไว้ว่า ลิมิตสวิตซ์เป็นสวิตซ์ที่ทำงานโดยการชนหรือกดของวัตถุกับลูกล้อของลิมิตสวิตซ์ ทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านโยกเปิด-ปิด ตามจังหวะของการชนหรือกด เช่น ประตูลิฟต์โดยสารจะต้องปิดสนิทมอเตอร์ลิฟต์จึงจะทำงานทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานทุกคน เป็นต้น

3) ด้านการใช้งาน พบว่าข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ มีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้งฮีทเตอร์ (แบบจุ่ม) ขนาด 4,500 วัตต์ จำนวน 2 ชุด

อยู่ภายในพื้นที่เก็บน้ำของเครื่องทำความสะอาดทำให้สามารถเพิ่มระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันได้อย่างรวดเร็ว และได้ทำการติดตั้งเทอร์โมสตัทชนิดปลายโพรบอยู่ภายในพื้นที่เก็บน้ำของเครื่องทำความสะอาดด้วยเพื่อวัดระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิถึงระดับตามที่กำหนดชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์จะตัดวงจรกระแสไฟฟ้าของฮีทเตอร์แบบอัตโนมัติ และเมื่ออุณหภูมิลดลงจากระดับที่กำหนดชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์จะต่อวงจรกระแสไฟฟ้าทำให้ฮีทเตอร์ทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์ [19] อธิบายไว้ว่า แมกเนติกคอนแทคเตอร์หรือที่เรียกว่าสวิตช์แม่เหล็ก เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานของอำนาจแม่เหล็กในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัสเพื่อควบคุมวงจร เช่น วงจรมอเตอร์ วงจรฮีทเตอร์ เป็นต้น ข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์เมื่อเทียบกับสวิตช์อื่นๆ พบว่า มีความปลอดภัยสูงสำหรับผู้ควบคุม มีความสะดวกในการควบคุม และประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ

4) ด้านการบำรุงรักษา พบว่าข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดคือ การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศมีผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่จัดสร้างสามารถหาซื้อได้ง่ายและมีจำหน่ายภายในประเทศทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับบัญชา ธนบุญสมบัติ [20] อธิบายไว้ว่า การออกแบบทางวิศวกรรมจะต้องพิจารณาตัดสินใจเลือกวัสดุและกรรมวิธีการผลิตว่าวัสดุที่ใช้จะต้องสามารถหาได้ง่าย และสอดคล้องกับไพรัช วงศ์ยุทธไกร โอภาส สุขหวาน และไพทูล คำคอนสาร [21] ได้วิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกพบว่า การสร้างเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกสามารถหาซื้ออุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการบำรุงรักษาเครื่องได้ง่ายมีจำหน่ายภายในประเทศ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดต้องไม่มีคราบสนิมหรือรอยกาวติดปะเก็นติดอยู่ เนื่องจากคราบสนิมและรอยกาวติดปะเก็นจะฝังติดแน่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำจากเหล็กแผ่น ทำให้บริเวณที่ต้องสัมผัสกับน้ำจะเกิดสนิม

3. หน่วยงานของภาครัฐที่มีอำนาจในการออกใบอนุญาตประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุขให้แก่สถานประกอบการที่อยู่ในพื้นที่ ควรออกข้อกำหนดหรือระเบียบเฉพาะธุรกิจมาควบคุมหรือกำกับให้ผู้ประกอบธุรกิจอู่ซ่อมรถยนต์ต้องมีเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ติดตั้งใช้งานอยู่ในสถานประกอบการด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป ผู้วิจัยควรทำการศึกษา พัฒนา และ

ปรับปรุงเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ดังนี้

1. ศึกษาคุณสมบัติและอายุการใช้งานของวัสดุต่างๆ เช่น เหล็ก สแตนเลส อะลูมิเนียม เป็นต้น เพื่อนำมากำหนดอายุการใช้งานเครื่องทำความสะอาดและการเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมต่อการจัดทำโครงสร้างมากยิ่งขึ้น

2. ศึกษาการนำระบบเป่าลมแห้งชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาใช้ร่วมกันในระบบการทำความสะอาด

3. ศึกษาและวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อการใช้งานในศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์ขนาดต่างๆ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า ระยะเวลาในการคืนทุนของการใช้เครื่องทำความสะอาด เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประจำปีงบประมาณ 2552

เอกสารอ้างอิง

[1] แครียา ภู่พัฒน์. (2551). *ปัจจัยที่มีอิทธิพลในการตัดสินใจเลือกซื้อรถยนต์ โตโยต้า นิว วิออส ของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.* สารนิพนธ์ บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[2] วรเศรษฐ์ สุรวุฒิวงศ์. (2551). *ปัจจัยด้านส่วนประสมทางการตลาดที่มีต่อพฤติกรรมการซื้อรถยนต์โตโยต้าโคโรล่านิวอัลติสของผู้บริโภคในเขตกรุงเทพมหานคร.* สารนิพนธ์ บธ.ม. (การตลาด). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[3] กรมการขนส่งทางบก. (2555). *จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2554.* สืบค้นเมื่อ 7 มกราคม 2555, จาก http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html

[4] กรมการขนส่งทางบก. (2554). *จำนวนรถที่จดทะเบียนสะสมถึงวันที่ 31 ธันวาคม 2553.* สืบค้นเมื่อ 12 มีนาคม 2554, จาก http://apps.dlt.go.th/statistics_web/statistics.html

[5] ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ; และ นพดล คำมณี. (2545). *ทฤษฎีและปฏิบัติเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.* กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

[6] เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. (2548). *งานเครื่องยนต์เบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: เอ็ดดูเท็กซ์.

[7] ฟุคุนางะ อิจิโระ. (2543). *เทคนิคการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลในโรงงาน.* แปลโดย ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์. พิมพ์ครั้งที่ 9. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[8] ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครราชสีมา. (2550, มีนาคม). สารเบนซินภัยอันตรายใกล้ตัว. *ข่าวศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครราชสีมา.* สืบค้นเมื่อ 30 สิงหาคม 2551, จาก http://www.dmsc.moph.go.th/webroot/nakhonratchasima/จดหมายข่าวศูนย์วิทย์/เบนซิน.pdf

[9] สมาคมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย. (2554). *สาระน่ารู้: คุณภาพผลิตภัณฑ์น้ำมัน*. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2554, จาก http://www.tiche.org/forum/forum_postpop.asp?AN=1&TID=86&PN=1&FID=3&TPN=1

[10] สุชาตา ชินะจิตร. (2549). *น้ำมันก๊าด*. สืบค้นเมื่อ 21 มีนาคม 2554, จาก http://www.chemtrack.org/News-Detail.asp?TID=1&ID=84

[11] สกล นันทศรีวิวัฒน์. (2543). *การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

[12] Leary, James O. (1996, January 9). Industrial washing machine. *united states patent*. Retrieved April 3, 2011, from http://www.patentstorm.us/patents/5482065.html

[13] สมชาย นุชไพโรจน์; วิศณุ ทองเฝือ; และ ไพรัตน์ โยรัมย์. (2545). *เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์*. โครงงานการศึกษา คอ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: ภาควิชาครุศาสตร์เครื่องกล คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

[14] กรมส่งเสริมการเกษตร. (2554). *การใช้และบำรุงเครื่องมือป้องกันกำจัดศัตรูพืช: หัวฉีด*. สืบค้นเมื่อ 8 มีนาคม 2554, จาก http://www.doae.go.th/library/html/detail/protect/kreg7.htm

[15] Leary, James O. (1989, June 27). Industrial washing machine. *united states patent*. Retrieved April 3, 2011, from http://www.patentstorm.us/patents/4842001.html

[16] ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2554). *ชุดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์: คุณสมบัติของน้ำ*. สืบค้นเมื่อ 23 ธันวาคม 2554, http://portal.edu.chula.ac.th/lesa_cd/assets/document/LESA212/7/properties_water/properties_water/properties_water.html

[17] สุดธิดา อินทผล; อุปวิทย์ สุวคันธกุล; และ โอภาส สุขหวาน. (2551, มกราคม-มิถุนายน). การพัฒนาเครื่องอบแห้ง พลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*. 2(1): 71-81.

[18] สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง. (2554). *โมดูลที่ 2 อุปกรณ์ในการควบคุมมอเตอร์และสัญลักษณ์*. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2554, จาก http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol/module2/symbole.html

[19] ธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์. (2554). *หน่วยที่ 3 อุปกรณ์ในงานควบคุมเครื่องกลไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2554, จาก http://mos.e-tech.ac.th/mdec/learning/e-web/sara010.html

[20] บัญชา ธนบุญสมบัติ. (2543). *การออกแบบทางวิศวกรรม: การเลือกใช้วัสดุและกรรมวิธีการผลิต*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

[21] ไพรัช วงศ์ยุทธไกร; โอภาส สุขหวาน; และ ไพฑูล คำคอนสาร. (2552, กรกฎาคม-ธันวาคม). การออกแบบและสร้างเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไก. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*. 3(2): 65-71.