การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ปริญญานิพนธ์

ของ

นิพนธ์ ราชวุฒิ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กุมภาพันธ์ 2555

การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ปริญญานิพนธ์

ของ

นิพนธ์ ราชวุฒิ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา

ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา

กุมภาพันธ์ 2555

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

บทคัดย่อ

ของ

นิพนธ์ ราชวุฒิ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
กุมภาพันธ์ 2555

นิพนธ์ ราชวุฒิ. (2555). *การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการควบคุม: อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร, อาจารย์โอภาส สุขหวาน.

การวิจัยครั้งนี้มีความมุ่งหมาย เพื่อ 1) ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และ 2) ประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยทำการทดลองโดยเลือกชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่แบบเจาะจง ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบและก้านสูบ เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เครื่องมือวิจัยที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด และแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ ทำการประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าที (t-test)

ผลการวิจัย พบว่า 1) การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โครงสร้างเป็นเหล็กมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร ความสูง 1,132 มิลลิเมตร ใช้ปั๊มน้ำชนิด Centrifugal ขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่สร้างแรงดันให้หัวฉีดทำความสะอาด จำนวน 10 หัว และหัวฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วน จำนวน 2 หัว ใช้ฮีทเตอร์ขนาด 4,500 วัตต์ จำนวน 2 ชุด ทำหน้าที่เพิ่มอุณหภูมิให้กับสารทำความสะอาด และใช้เทอร์โมสตัทเป็นอุปกรณ์ควบคุมอุณหภูมิสารทำความสะอาดให้มีความร้อนตามกำหนด สามารถทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีความสูงไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ความยาวและกว้างไม่เกิน 500 มิลลิเมตร และมีน้ำหนักไม่เกิน 30 กิโลกรัม และ 2) ผลการประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด และลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.342 และค่าที (t-test) 2.827 ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย

DESIGN AND CONSTRUCTION OF ENGINE PARTS OIL CLEANING MACHINE

AN ABSTRACT

BY

NIPON RATCHAWUT

Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the

Master of Education Degree in Industrial Education

at Srinakharinwirot University

February 2012

Nipon Ratchawut. (2012). *Design and Construction of Engine Parts Oil Cleaning Machine*. Master thesis, M.Ed. (Industrial Education). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Dr.Pairust Vongyuttakrai, Mr.Ophat Sukwan.

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, 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 kg 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.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง
การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ของ
นิพนธ์ ราชวุฒิ

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2555

คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการ
(อาจารย์โอภาส สุขหวาน)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ประธาน
(อาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร)

.....กรรมการ
(อาจารย์โอภาส สุขหวาน)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล)

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัย
จาก
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาจากอาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร ประธานคณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ และอาจารย์โอภาส สุขหวาน คณะกรรมการควบคุมปริญญานิพนธ์ ทั้งสองท่านได้ให้คำปรึกษาและตรวจสอบความถูกต้องในทุกขั้นตอนของกระบวนการทำวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำเพื่อแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการทำวิจัย ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณอาจารย์ ดร.อัมพร กุญชรรัตน์ ประธานคณะกรรมการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ และอาจารย์ ดร.อุปวิทย์ สุวคันธกุล คณะกรรมการแต่งตั้งเพิ่มเติมในการสอบปากเปล่าปริญญานิพนธ์ ซึ่งทั้งสองท่านได้ให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมแก่ผู้วิจัยเพื่อปรับปรุงปริญญานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบพระคุณผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบภาพออกแบบ จำนวน 3 คน ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัย จำนวน 6 คน และผู้เชี่ยวชาญประเมินลักษณะทางกายภาพ จำนวน 9 คน ซึ่งได้ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและประเมินในการวิจัยครั้งนี้

ท้ายสุดนี้ผู้วิจัยขอขอบพระคุณสมาชิกในครอบครัวราชวุฒิทุกคนซึ่งช่วยสนับสนุนค่าใช้จ่ายต่างๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างการทำวิจัย

นิพนธ์ ราชวุฒิ

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	**บทนำ**	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการวิจัย	4
	ความสำคัญของการวิจัย	4
	ขอบเขตของการวิจัย	4
	กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
	สมมติฐานในการวิจัย	7
2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	8
	เครื่องยนต์และชิ้นส่วนเครื่องยนต์	8
	น้ำมันหล่อลื่น	14
	การทำความสะอาด	22
	การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	33
	สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	64
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	70
3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	76
	ขั้นตอนดำเนินการวิจัย	76
	การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	79
	การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	82
	การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	89
	การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	90
	การวิเคราะห์ข้อมูล	91

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	94
ผลการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	95
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด	96
ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ	99
ผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐาน	106
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	107
สรุปผล	107
อภิปรายผล	110
ข้อเสนอแนะ	116
บรรณานุกรม	117
ภาคผนวก	125
ภาคผนวก ก. รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ	126
ภาคผนวก ข. หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ	130
ภาคผนวก ค. หนังสือขอบคุณบริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด	144
ภาคผนวก ง. แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด	146
ภาคผนวก จ. แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ	161
ภาคผนวก ฉ. รายการอุปกรณ์ วัสดุ และเครื่องมือที่ใช้สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	166
ภาคผนวก ช. ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	169
ภาคผนวก ซ. คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์	175
ประวัติย่อผู้วิจัย	187

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	ระบบ หน่วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดความข้นใสของน้ำมัน……..	16
2	ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำความสะอาด ชนิด Tank Type……..	28
3	ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเกรด SS400…….	41
4	สมบัติทางกลของเหล็กเกรด SS400……	42
5	ฮีทเตอร์ชนิดต่างๆ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน.....	49
6	คุณสมบัติของฮีทเตอร์ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG……..	51
7	คุณสมบัติของเทอร์โมสตัท ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N……...	53
8	ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์.....	96
9	ความสามารถในการทำความสะอาด.....	97
10	ลักษณะทางกายภาพ.....	99
11	ด้านวิศวกรรม.....	100
12	ด้านความปลอดภัย.....	101
13	ด้านการใช้งาน……	102
14	ด้านการบำรุงรักษา……	103
15	ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินลักษณะทางกายภาพ.....	104
16	ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC……	148
17	ทดลองทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C……	150
18	ทดลองทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C……	150
19	ทดลองทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C……	151
20	ทดลองทำความสะอาดฝาสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C……	151
21	ทดลองทำความสะอาดฝาสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C……	152
22	ทดลองทำความสะอาดฝาสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C……	152

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

23 ทดลองทำความสะอาดเพลาข้อเหวี่ยง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C..... 153

24 ทดลองทำความสะอาดเพลาข้อเหวี่ยง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C..... 153

25 ทดลองทำความสะอาดเพลาข้อเหวี่ยง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C..... 154

26 ทดลองทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C..... 154

27 ทดลองทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C..... 155

28 ทดลองทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C..... 155

29 ทดลองทำความสะอาดลูกสูบและก้านสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C..... 156

30 ทดลองทำความสะอาดลูกสูบและก้านสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C..... 156

31 ทดลองทำความสะอาดลูกสูบและก้านสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C..... 157

32 ทดลองทำความสะอาดเพลาลูกเบี้ยว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C..... 157

33 ทดลองทำความสะอาดเพลาลูกเบี้ยว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C..... 158

34 ทดลองทำความสะอาดเพลาลูกเบี้ยว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C..... 158

35 ทดลองทำความสะอาดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C..... 159

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง **หน้า**

36 ทดลองทำความสะอาดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C..... 159

37 ทดลองทำความสะอาดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C..... 160

38 การประเมินลักษณะทางกายภาพ..... 164

39 ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์... 170

40 ส่วนประกอบภายในของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์..... 174

41 ข้อมูลทางเทคนิคเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์..... 181

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ		หน้า
1	กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	7
2	เครื่องยนต์สันดาปภายใน.....	9
3	จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	10
4	กลไกควบคุมการทำงานของลิ้น (เครื่องยนต์ แบบ SOHC).....	12
5	ขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป.....	14
6	ขอบเขตอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น.....	16
7	การเปรียบเทียบค่าความข้นใสของน้ำมันเครื่องที่แปรตามอุณหภูมิ.....	17
8	ความหนืดคิเนแมติก ν ของของไหล.....	18
9	การชะล้างคราบสกปรกโดยการกลั่นตัวเป็นไอ.....	23
10	กระบวนการทำความสะอาดแบบ Cold Cleaning.....	24
11	กระบวนการทำความสะอาดแบบ Neat System.....	24
12	กระบวนการทำความสะอาดแบบ Semi-Aqueous.....	25
13	เครื่องทำความสะอาดชนิด Tank Type.....	27
14	เครื่องล้างและขจัดเศษวัสดุของชิ้นงานด้วยระบบแรงดันน้ำกำลังสูง.....	29
15	เครื่องล้างระบบน้ำแรงดันสูงแบบจมน้ำ.....	29
16	เครื่องขจัดเศษครีบแบบฉีด.....	30
17	เครื่องล้างชิ้นส่วนรถยนต์.....	30
18	เครื่องล้างกล่อง-ภาชนะ.....	31
19	เครื่องล้างชิ้นส่วน-อะไหล่.....	32
20	ขั้นตอนของการออกแบบที่มีวงป้อนกลับ.....	38
21	ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัดของปั๊มน้ำ.....	43
22	ลักษณะทั่วไปของเรือนปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล.....	44
23	ปั๊มน้ำประเภทเซนติฟูกอลแบบมีครีบผันน้ำ.....	45
24	ปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล ยี่ห้อ EBARA ขนาด 1.5 KW, 2 HP.....	46
25	หัวฉีดน้ำสแตนเลส แบบ Flat fan Spray.....	48
26	หัวฉีดน้ำสแตนเลส แบบ Axial Flow Full Cone.....	48

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

27 ฮีทเตอร์ต้มน้ำ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG-452..... 50

28 การต่อวงจรเพื่อใช้งานฮีทเตอร์ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG..... 51

29 ส่วนประกอบของเทอร์โมสตัท ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N120..... 52

30 หน้าปัดของ Timer ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC..... 54

31 ขนาดของ Timer ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC..... 55

32 วิธีการปรับตั้งเวลาของ Timer ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC..... 55

33 มาตรวัดความดัน แบบบูดอง..... 56

34 ลิมิตสวิตซ์แบบก้านโยก..... 57

35 ฟิวส์หลอดและตลับใส่ฟิวส์..... 59

36 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น NF63-HW 2P 40A, 220V..... 60

37 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น S-N11, 220V..... 61

38 รีเลย์ ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N, 220/240 VAC..... 61

39 ขนาดของรีเลย์ ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N, 220/240 VAC..... 62

40 Thermal Overload Relay ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น TH-N12, 5.2-8A..... 63

41 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย..... 77

42 ขนาดของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)..... 79

43 ขนาดของตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)..... 80

44 ขนาดของชุดแขนรองรับตะกร้า (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)..... 80

45 ตำแหน่งการติดตั้งชุดหัวฉีด (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)..... 81

46 ขนาดของตัวกรองน้ำ (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)..... 81

47 ขนาดของตู้คอนโทรล (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)..... 82

48 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ..... 83

49 ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์..... 83

50 ชุดแขนรองรับตะกร้า..... 84

51 ชุดหัวฉีด..... 85

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

52 ตัวกรองน้ำ..... 86

53 ปั๊มน้ำชนิด Centrifugal ขนาด 2 แรงม้า..... 86

54 ลิมิตสวิตซ์แบบก้านโยก..... 87

55 ตู้คอนโทรล..... 87

56 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์..... 95

57 ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์..... 180

บทที่ 1
บทนำ

ภูมิหลัง

รถยนต์เป็นพาหนะที่มีความสำคัญต่อการดำเนินชีวิตประจำวันของมนุษย์เพื่อใช้สำหรับการคมนาคม เช่น การเดินทางไปพักผ่อนท่องเที่ยว การขนส่งผลิตภัณฑ์อุปโภคบริโภค การป้องกันและบรรเทาสาธารณภัย เป็นต้น (กิจธพงษ์ อินโต. 2552: 1) ช่วยให้มนุษย์เดินทางไปทำกิจกรรมตามสถานที่ต่างๆ ได้อย่างรวดเร็วและมีความสะดวกสบาย (แครียา ภู่พัฒน์. 2551: 1) จากการสำรวจพบว่า ประชากรของประเทศไทยนิยมการมีรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเนื่องจากการให้บริการขนส่งมวลชนของภาครัฐยังไม่เพียงพอกับความต้องการในทุกๆ พื้นที่ของประเทศ จึงก่อให้เกิดเป็นความต้องการมีรถยนต์นั่งส่วนบุคคลเพิ่มขึ้น (วรเศรษฐ์ สุรวุฒิวงศ์. 2551: 1) จากข้อมูลของกรมการขนส่งทางบกรถยนต์ที่จดทะเบียนสะสม ณ วันที่ 31 ธันวาคม พ.ศ. 2554 (Number of Vehicle Registered in Thailand as of 31 December 2011) พบว่า รถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน รวมทั่วประเทศมีจำนวน 5,001,442 คัน (กรมการขนส่งทางบก. 2555: ออนไลน์) ซึ่งรถยนต์นั่งส่วนบุคคลไม่เกิน 7 คน ที่ใช้กันทั่วไปเป็นรถยนต์แบบใช้เครื่องยนต์ (ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ; และ นพดล คำมณี. 2545: 44)

เครื่องยนต์ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนรถยนต์ให้เคลื่อนที่ (เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. 2548: 9) เมื่อเครื่องยนต์มีอายุการใช้งานตามกำหนดหรือจากที่รถยนต์เกิดอุบัติเหตุบนถนนหรือการเกิดอุทกภัยส่งผลให้รถยนต์จมน้ำ ซึ่งเหตุการณ์ดังกล่าวอาจจะทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ที่อยู่ภายในเครื่องยนต์ชำรุดเสียหายจำเป็นต้องถอดแยกเครื่องยนต์ และนำชิ้นส่วนทั้งหมดออกจากเครื่องยนต์หรือที่เรียกว่า การยกเครื่อง (Overhaul) เพื่อจะได้ทำการตรวจสอบและบำรุงรักษาเชิงป้องกันหรือเปลี่ยนชิ้นส่วนที่ชำรุดออกไป (ฟุคุนางะ อิจิโระ. 2543: 2) ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน แต่การยกเครื่องเพื่อถอดชิ้นส่วนต่างๆ ทั้งหมดออกจากเครื่องยนต์นั้นจะต้องนำรถยนต์เข้ารับบริการจากศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์ เพราะขั้นตอนการถอดและการประกอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์จะต้องใช้ช่างปฏิบัติงานที่มีประสบการณ์และใช้เครื่องมือพิเศษต่างๆ เช่น ตัวถ่างแหวนลูกสูบ ปลอกรัดแหวนลูกสูบ เป็นต้น เมื่อช่างปฏิบัติงานถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องยนต์จะพบว่ามีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ถอดออกมา ดังนั้นช่างปฏิบัติงานจึงต้องทำความสะอาดพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เพื่อจะได้สามารถมองเห็นการสึกหรอหรือสิ่งผิดปกติต่างๆ ที่เกิดขึ้น การทำความสะอาดพื้นผิวชิ้นงานจะต้องเลือกใช้ระบบการทำความสะอาดและสารทำความสะอาดที่เหมาะสมเพราะสารหรือสิ่งสกปรกต่างๆ มีความสามารถในการละลายได้ในระดับต่างกัน สารบางชนิดสามารถใช้น้ำธรรมดาในการชำระล้างหรือละลายออกได้เลยแต่สารบางชนิดก็ต้องใช้ตัวช่วยหรือบางชนิดก็ต้องเปลี่ยนชนิดของตัวทำละลายเพื่อช่วยล้าง

สิ่งสกปรกให้ออกไปจากพื้นผิวชิ้นงานที่ต้องการให้สะอาด (บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. 2537: 30) สำหรับการทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นให้ออกจากพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ช่างปฏิบัติงานตามศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์นิยมปฏิบัติกันคือการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล หรือน้ำมันก๊าด เป็นต้น มาเป็นตัวทำละลายช่วยล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นโดยสร้างถาดสี่เหลี่ยมขนาดใหญ่ที่สามารถวางชิ้นส่วนเครื่องยนต์ลงไปได้และเทน้ำมันเชื้อเพลิงลงไปในถาด จากนั้นใช้แปรงช่วยขัดถูพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์จนคราบน้ำมันหล่อลื่นหรือสิ่งสกปรกหลุดออกไป ซึ่งการทำความสะอาดลักษณะนี้จะเป็นอันตรายต่อสุขภาพของช่างปฏิบัติงานเนื่องจากในน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ มีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ผสมอยู่หลายชนิด และน้ำมันเชื้อเพลิงที่นำไปใช้ล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นจะมีสิ่งสกปรกต่างๆ ปนเปื้อนอยู่ด้วยจึงไม่สามารถนำไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์ได้อีกต้องนำไปกำจัดทิ้งแต่หลายครั้งมีการเททิ้งลงสู่ท่อน้ำทิ้งสาธารณะหรือทิ้งลงตามแหล่งน้ำธรรมชาติต่างๆ ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุของการเกิดผลเสียต่อสิ่งแวดล้อมตามมา

สารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ นั้น ในน้ำมันเบนซิน (Gasoline Fuel) จะมีสารเบนซิน (Benzene) ซึ่งจัดอยู่ในกลุ่มอะโรมาติกไฮโดรคาร์บอนที่สภาวะปกติ ณ อุณหภูมิห้องจะมีสภาพเป็นของเหลว ไม่มีสี มีกลิ่นหอมเฉพาะตัว ละลายน้ำได้เล็กน้อย ระเหยและติดไฟได้ง่าย ในธรรมชาติสารเบนซินเป็นองค์ประกอบของสารปิโตรเลียมในน้ำมันเชื้อเพลิง ดังนั้นสารเบนซินจึงมีโอกาสปนเปื้อนในน้ำมันเบนซินได้ ทั้งนี้มีข้อมูลพบว่าในน้ำมันเบนซินมีสารเบนซินปนเปื้อนอยู่ร้อยละ 1.5-6 (ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครราชสีมา. 2550: ออนไลน์) 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 (ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครราชสีมา. 2550: ออนไลน์) เมื่อมนุษย์ได้รับสารเบนซินเข้าสู่ร่างกายทั้งแบบเฉียบพลันและแบบเรื้อรังจะเกิดผลทางพิษวิทยา ได้แก่ เกิดการระคายเคืองและพุพอง พิษต่อระบบประสาท ทำให้ปวดศีรษะ มึนงง คลื่นไส้ อาเจียน ชักหมดสติ และเสียชีวิตได้ นอกจากนี้สารเบนซินยังถูกจัดให้เป็นสารสงสัยว่าก่อมะเร็ง ประเภท I (Suspected Carcinogen Class I: IARC) โดยก่อให้เกิด Myelogenous Leukemia และ Acute Myeloblastic Leukemia ซึ่งเป็นมะเร็งเม็ดเลือดขาวซึ่งเกิดจากเบนซินที่พบมากที่สุด และรองลงมา คือ Chronic Lymphocytic Leukemia และยังพบอัตราการเกิด Chromosomal Aberration เพิ่มขึ้น ซึ่งนำไปสู่การเกิดกลุ่มเซลล์ที่ผิดปกติในกลุ่มของผู้ปฏิบัติงานที่ต้องสัมผัสกับสารเบนซิน ดังนั้นช่างที่ปฏิบัติงานตามสถานประกอบการ เช่น ศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์ และต้องเกี่ยวข้องกับสารเบนซินจะมีโอกาสได้รับสารเบนซินเข้าสู่ร่างกายและมี

ความเสี่ยงสูงต่อการเกิดพิษจากสารเบนซินได้ (ศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์นครราชสีมา. 2550: ออนไลน์) นอกจากนั้นยังมีสารอีกชนิดหนึ่งที่ผสมอยู่ในน้ำมันเบนซินเพื่อปรับปรุงคุณภาพให้น้ำมันเบนซินมีค่าออกเทนสูงขึ้น คือ สาร Methyl Tertiary Butyl Ether หรือเรียกว่า MTBE (ชาญชัย อัครนุกูล. 2535: 4) โดยสารชนิดนี้จะช่วยแก้ปัญหาอันตรายจากสารตะกั่วที่เติมลงในน้ำมันเบนซินให้มีค่าออกเทนสูงขึ้นตามสูตรดั้งเดิมซึ่งได้กำหนดให้เลิกจำหน่ายน้ำมันเบนซินชนิดมีสารตะกั่วเมื่อปี พ.ศ. 2539 (พิศสมัย เลิศวัฒนะพงษ์ชัย. 2540: 27) สาร MTBE เป็นสารออกซิเจนเนตในน้ำมันเบนซิน โดยมีปริมาณการผสมตามประกาศกระทรวงพาณิชย์ ฉบับที่ 1 (พ.ศ. 2541) เรื่อง กำหนดคุณภาพของน้ำมันเบนซิน คือ น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว ชนิดออกเทน 91 สามารถมีสารออกซิเจนเนตผสมได้ตั้งแต่ร้อยละ 0-11 โดยปริมาตร และชนิดออกเทน 95 สามารถมีสารออกซิเจนเนตผสมได้ตั้งแต่ร้อยละ 5.5-11 โดยปริมาตร สาร MTBE สามารถเข้าสู่ร่างกายมนุษย์ได้โดยการกลืนกินและการหายใจ แม้ว่ายังไม่มีรายงานเกี่ยวกับอันตรายถึงชีวิตจากการสูดดมสาร MTBE แต่พบว่าสาร MTBE มีอันตรายต่อสุขภาพทั้งในระยะสั้นและระยะยาว พิษเฉียบพลันที่เกิดจากสาร MTBE เช่น เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อบุผิว ส่งผลต่อระบบประสาท ทำให้เกิดอาการวิงเวียน ปวดศีรษะ คลื่นไส้อาเจียน เป็นต้น ส่วนพิษเรื้อรังที่เกิดจากสาร MTBE เช่น มีผลต่อระบบการหายใจในระยะยาว เพิ่มอัตราการเกิดโรคหอบและเพิ่มความรุนแรงของโรคหอบ เป็นต้น พื้นที่ของการปนเปื้อนสาร MTBE คือ พื้นที่ที่มีกิจกรรมเกี่ยวข้องกับน้ำมันเบนซินที่มีสาร MTBE เป็นสารออกซิเจนเนต เช่น สถานีบริการน้ำมันเชื้อเพลิง คลังน้ำมันเชื้อเพลิง อู่ซ่อมรถยนต์ เป็นต้น (สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2551: ออนไลน์) น้ำมันเชื้อเพลิงอีก 2 ชนิด ที่ช่างปฏิบัติงานนิยมนำมาใช้ล้างคราบน้ำมันหล่อลื่น คือน้ำมันดีเซล (Diesel Fuel) และน้ำมันก๊าด (Kerosene Fuel) ในน้ำมันดีเซลจะมีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์คล้ายกับน้ำมันเบนซิน ซึ่งสารที่ผสมอยู่เป็นสารที่ทำให้เกิดมะเร็งผิวหนังได้หากมีการสัมผัสโดยตรงมากๆ สารดังกล่าวมีชื่อว่า โพลีไซคลิกอะโรมาติกส์ ไฮโดรคาร์บอน (Polycyclic Aromatic Hydrocarbons: PCA) ซึ่งสารชนิดนี้สามารถเข้าสู่ร่างกายโดยทางเดินหายใจ ทางผิวหนัง ทางการสัมผัสกับดวงตา และการกลืนกิน (สมาคมวิศวกรรมเคมีและเคมีประยุกต์แห่งประเทศไทย. 2554: ออนไลน์) ส่วนน้ำมันก๊าด ถ้าหากมีการสัมผัสบ่อยๆ เป็นระยะเวลานานจะทำให้ผิวหนังเกิดการระคายเคืองและสารพิษสามารถซึมเข้าสู่ร่างกายได้ ถ้ามีสารพิษจากน้ำมันก๊าดสะสมอยู่ในร่างกายมากๆ จะทำให้เกิดโรคโลหิตจางและอาจจะถึงขั้นเสียชีวิต ส่วนอันตรายแบบเฉียบพลันจะเกิดขึ้นถ้ามีการกลืนกินเข้าไปจะส่งผลทำให้อาเจียน มีอาการร้อนปากและลำคอ ท้องร่วง ถ้าได้รับละอองสารจะทำให้ทางเดินหายใจเกิดการระคายเคือง และหากละอองสารเข้าสู่ร่างกายมากๆ จะทำให้ปวดศีรษะและหมดสติได้ (สุชาตา ชินะจิตร. 2549: ออนไลน์) จากแหล่งข้อมูลต่างๆ สรุปได้ว่า ในน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล และน้ำมันก๊าดจะมีสารที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพของมนุษย์ผสมอยู่ด้วย ดังนั้นการนำน้ำมันเชื้อเพลิงไม่ว่าชนิดใดก็ตามมาใช้ล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นเพื่อทำความสะอาดพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ล้วนก่อให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของช่างปฏิบัติงานได้ทั้งสิ้น

ดังนั้น เพื่อช่วยให้ช่างปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัยสามารถหลีกเลี่ยงสารพิษอันตรายที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงและเป็นเทคโนโลยีที่ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม ผู้วิจัยจึงออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายไว้ดังนี้

1. เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
2. เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ความสำคัญของการวิจัย

ผลของการวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ช่วยให้ช่างปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัยสามารถหลีกเลี่ยงสารพิษอันตรายที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิง เป็นเทคโนโลยีที่ไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม และได้เครื่องต้นแบบที่จะใช้สำหรับการพัฒนาต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

เพื่อให้การวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์บรรลุตามความมุ่งหมายที่ตั้งไว้ ผู้วิจัยจึงกำหนดขอบเขตของการวิจัยไว้ดังนี้

1. โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร และมีพื้นที่เก็บน้ำรวมอยู่เป็นชุดเดียวกับโครงสร้างเครื่องทำความสะอาดมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 440 มิลลิเมตร

2. หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray จำนวน 10 หัว ทำหน้าที่ฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone จำนวน 2 หัว ทำหน้าที่ฉีดน้ำเพื่อขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน ซึ่งหัวฉีดทั้ง 2 แบบ ได้ติดตั้งอยู่กับท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40 มิลลิเมตร อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด

3. ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 545 มิลลิเมตร สูง 210 มิลลิเมตร รูตะกร้ากว้าง 25.4 มิลลิเมตร ยาว 25.4 มิลลิเมตร รับน้ำหนักชิ้นส่วนเครื่องยนต์ไม่เกิน 30 กิโลกรัม

4. ปั๊มน้ำชนิด Centrifugal ขนาด 2 HP, 1.5 kW จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่ดูดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันที่อยู่ในพื้นที่เก็บน้ำภายในเครื่องทำความสะอาดและส่งเข้าชุดหัวฉีดทำความสะอาดจำนวน 10 หัว และหัวฉีดขับหมุนตะกร้า จำนวน 2 หัว

5. น้ำยาล้างคราบน้ำมันสำหรับช่วยทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นเป็นของเหลวมีฤทธิ์เป็นด่าง ต้องนำมาผสมกับน้ำก่อนใช้งานกับเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และหมุนเวียนใช้งานซ้ำอยู่ภายในเครื่องทำความสะอาดจนกว่าจะหมดประสิทธิภาพในการใช้งาน

6. คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ประกอบด้วยคำแนะนำก่อนการใช้งาน ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ข้อมูลทางเทคนิค ขั้นตอนการใช้งาน ความปลอดภัยในการใช้งาน การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และการบำรุงรักษาเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ชิ้นงานตัวอย่างในการวิจัย ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่แบบเจาะจง (Purposive Sampling) และแยกขนาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกมาทดลองทำความสะอาดออกเป็น 3 ขนาด คือ

1. ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง
2. ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว
3. ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

ผู้วิจัยนำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกอย่างละ 1 ชิ้น มาทดลองทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นโดยใช้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้น

ตัวแปรอิสระ คือ เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ

1. ระยะเวลาทำความสะอาด
2. อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน

ตัวแปรตาม คือ สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ

1. ความสามารถในการทำความสะอาด
2. ลักษณะทางกายภาพ แยกเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ
   - 2.1 ด้านวิศวกรรม
   - 2.2 ด้านความปลอดภัย
   - 2.3 ด้านการใช้งาน
   - 2.4 ด้านการบำรุงรักษา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ หมายถึง เครื่องที่ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อช่วยทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นออกจากพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์หลังจากการถอดแยกแบบยกเครื่อง (Overhaul) โครงสร้างเครื่องทำความสะอาด มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ ปั๊มน้ำชนิด

Centrifugal ขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 ตัว หัวฉีดน้ำ จำนวน 12 หัว ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ฮีทเตอร์ เทอร์โมมิเตอร์ มาตรวัดความดัน และตู้คอนโทรล

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

3. ระยะเวลาทำความสะอาด หมายถึง ระยะเวลาที่กำหนดให้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำงานเพื่อช่วยทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่วางอยู่ในตะกร้ารองรับชิ้นส่วน

4. อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน หมายถึง ระดับอุณหภูมิที่กำหนดให้ฮีทเตอร์เพิ่มความร้อนให้กับน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันซึ่งอยู่ในพื้นที่เก็บน้ำมีอุณหภูมิตามที่กำหนดก่อนจะให้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำงาน

5. สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้านความสามารถในการทำความสะอาด หมายถึง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน กำหนดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยการสังเกต ดังนี้

5.1 ผ่านเกณฑ์ หมายถึง ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

5.2 ต้องปรับปรุง หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

5.3 ไม่ผ่านเกณฑ์ หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

6. สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้านลักษณะทางกายภาพ หมายถึง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน เป็นผู้ประเมินลักษณะทางกายภาพ แยกเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ ด้านวิศวกรรม ด้านความปลอดภัย ด้านการใช้งาน และด้านการบำรุงรักษา แต่ละด้านมีความหมายดังนี้

6.1 ด้านวิศวกรรม หมายถึง มีความเหมาะสมในการออกแบบ มีความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ มีความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ เครื่องสามารถทนต่ออุณหภูมิของน้ำร้อนได้ และมีความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง

6.2 ด้านความปลอดภัย หมายถึง เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่อง เครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง มีความปลอดภัยจากน้ำร้อนที่อยู่ภายในเครื่อง มีความปลอดภัยจากแรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีด และมีความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

6.3 ด้านการใช้งาน หมายถึง มีระบบการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งเครื่อง ตั้งเวลาการทำงานของเครื่องได้ ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ และมีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง

6.4 ด้านการบำรุงรักษา หมายถึง มีความสะดวกในการตรวจสอบการทำงาน มีความสะดวกในการทำความสะอาดเครื่อง มีความสะดวกในการดูแลชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ มีความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ และการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

สมมติฐานในการวิจัย

1. เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40 องศาเซลเซียส

2. เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์และมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องนำเสนอดังนี้

1. เครื่องยนต์และชิ้นส่วนเครื่องยนต์
   1.1 เครื่องยนต์
   1.2 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์
2. น้ำมันหล่อลื่น
   2.1 น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
   2.2 การปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์
   2.3 อันตรายจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว
3. การทำความสะอาด
   3.1 ระบบการทำความสะอาด
   3.2 สารทำความสะอาด
   3.3 เครื่องทำความสะอาดในงานทางอุตสาหกรรม
4. การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
   4.1 การออกแบบทางวิศวกรรม
   4.2 ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
5. สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   6.1 เอกสารและงานวิจัยในประเทศ
   6.2 เอกสารและงานวิจัยต่างประเทศ

1. เครื่องยนต์และชิ้นส่วนเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ หมายถึง อุปกรณ์หรือเครื่องจักรที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนไปเป็นพลังงานกล เพื่อนำกำลังที่ได้ไปใช้ในการทำงาน เช่น เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องยนต์ดีเซล เป็นต้น (เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. 2548: 10) และภายในเครื่องยนต์จะมีชิ้นส่วนต่างๆ ประกอบอยู่มากมายโดยจะทำหน้าที่แตกต่างกันออกไปเพื่อให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ถูกต้องตามกลวัตร

1.1 เครื่องยนต์

เครื่องยนต์เป็นเครื่องต้นกำลังขับในงานต่างๆ ได้ผลิตขึ้นใช้ตั้งแต่ศตวรรษที่ 18 โดยมีการปรับปรุงและนำไปขับเคลื่อนให้เกิดงาน เช่น ขับเคลื่อนรถยนต์ ขับเคลื่อนเครื่องจักรกล ขับหมุนปั๊มน้ำ ขับหมุนอุปกรณ์การเกษตร เป็นต้น เครื่องยนต์ตามลักษณะการเผาไหม้แบ่งออกได้

2 ประเภท คือ เครื่องยนต์สันดาปภายนอกและเครื่องยนต์สันดาปภายใน (ประสานพงษ์ หาเรือนชีพ; และ นพดล คำมณี. 2545: 44) มีรายละเอียดดังนี้

1.1.1 เครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External Combustion Engine) ได้แก่ เครื่องจักรไอน้ำ เชื้อเพลิงที่ใช้มาจากน้ำมัน ถ่านหิน หรือไม้ กระบวนการเผาไหม้จะเกิดขึ้นภายนอกเครื่องยนต์และนำความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไปต้มน้ำ ทำให้น้ำกลายเป็นไอน้ำที่มีแรงดันสูงไปผลักดันให้ลูกสูบเกิดการเคลื่อนที่และขับเคลื่อนเครื่องยนต์ให้ทำงาน

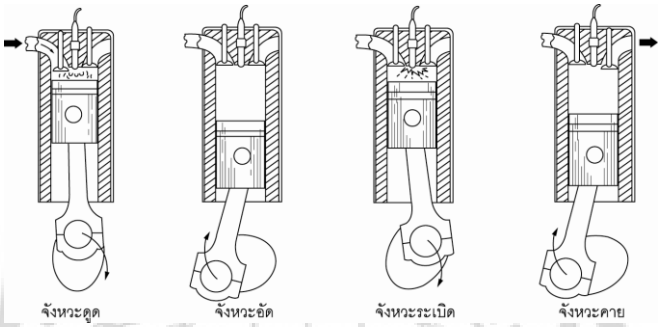
1.1.2 เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal Combustion Engine) ได้แก่ เครื่องยนต์ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงภายในกระบอกสูบแล้วเปลี่ยนเป็นพลังงานกล ได้แก่ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์แก๊สเหลว และเครื่องยนต์โรตารี่ (ประณต กุลประสูตร. 2538: 8) หลักการพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายในหรือเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คือ การนำเอาเชื้อเพลิง อากาศ และความร้อน บรรจุเข้าภายในเครื่องยนต์ เมื่อส่วนผสมทั้ง 3 เข้าไปอยู่ในเครื่องยนต์พร้อมกันแล้วก็เกิดการจุดระเบิดและเกิดการเผาไหม้ขึ้น ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศที่เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและรุนแรงนี้จะเกิดการขยายตัวแล้วพยายามดันออกภายนอก ความดันนี้จะส่งแรงไปดันชิ้นส่วนเครื่องยนต์และส่งต่อออกไปหมุนขับงานต่างๆ ตามต้องการ แรงขับหมุนนี้เรียกว่า ทอร์กเครื่องยนต์ (เธียรชัย บุณยะกุล. 2544: 1) เครื่องยนต์สันดาปภายใน (ดังภาพประกอบ 2) แบ่งได้ 3 ชนิด คือ

ภาพประกอบ 2 เครื่องยนต์สันดาปภายใน

ที่มา: เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. (2548). *งานเครื่องยนต์เบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: เอ็ดดูเท็กซ์. หน้า 10.

1.1.2.1 จำแนกตามระบบระบายความร้อน (Classification by Cooling) สามารถแยกได้ 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยอากาศ และเครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยของเหลว

1.1.2.2 จำแนกตามจังหวะการทำงาน (Classification by Cycle) สามารถแยกได้ 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ประกอบด้วย จังหวะดูด จังหวะอัด จังหวะระเบิด และจังหวะคาย (ดังภาพประกอบ 3) และเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ประกอบด้วย จังหวะขึ้น (จังหวะดูดและจังหวะอัด) และจังหวะลง (จังหวะระเบิดและจังหวะคาย) (เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. 2548: 13)



ภาพประกอบ 3 จังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

ที่มา: เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. (2548). *งานเครื่องยนต์เบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: เอ็ดดูเท็กซ์. หน้า 13.

1.1.2.3 จำแนกตามลักษณะการใช้เชื้อเพลิง (Classification by Fuel) สามารถแยกได้ 3 ชนิด คือ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องยนต์ดีเซล และเครื่องยนต์แก๊สเหลว

1.2 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ต้นกำลังของรถยนต์เป็นเครื่องยนต์ใช้ลูกสูบ ประเภทเครื่องยนต์สันดาปภายใน ชนิดเครื่องยนต์ 4 จังหวะ โครงสร้างของเครื่องยนต์ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ที่สำคัญหลายอย่าง สามารถแบ่งออกได้ 4 จำพวก ได้แก่ เสื้อเครื่องยนต์ กลไกขับหมุน กลไกขับควบคุมเครื่องยนต์ทำงาน และชิ้นส่วนประกอบระบบช่วยทำงานเครื่องยนต์ โดยมีรายละเอียดดังนี้ (เธียรชัย บุณยะกุล. 2544: 13)

1.2.1 เสื้อเครื่องยนต์ (Engine Housing) เป็นโครงสร้างหลักของเครื่องยนต์สำหรับยึดหรือติดตั้งชิ้นส่วนเครื่องยนต์อื่นๆ และติดตั้งเครื่องยนต์เข้ากับแท่นเครื่อง เสื้อเครื่องยนต์ประกอบด้วย ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เสื้อสูบ กระบอกสูบ ห้องเพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง

1.2.1.1 ฝาครอบวาล์ว (Valve Cover) ฝาครอบวาล์วติดตั้งอยู่บนฝาสูบมีปะเก็นฝาครอบวาล์วแทรกอยู่ตรงกลางระหว่างชิ้นส่วนทั้ง 2 ชิ้น ฝาครอบวาล์วทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้สิ่งสกปรกและฝุ่นละอองเข้าไปในระบบการทำงานของวาล์ว และยังป้องกันไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นกระเด็นออกมาภายนอกเครื่องยนต์อีกด้วย ฝาครอบวาล์วจะมีช่องเติมน้ำมันหล่อลื่นและจะมีฝากลมเกลียวหมุนเปิด-ปิด เพื่อเติมน้ำมันหล่อลื่น

1.2.1.2 ฝาสูบ (Cylinder Head) ฝาสูบติดตั้งอยู่เหนือเสื้อสูบ ส่วนที่ซ่อนอยู่เป็นห้องเผาไหม้รวมกับกระบอกสูบและลิ้นไอดี-ไอเสีย สามารถทนต่ออุณหภูมิและกำลังสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการทำงานของเครื่องยนต์ได้ ฝาสูบประกอบด้วยเสื้อน้ำหล่อเย็น ซึ่งประกบตรงกับเสื้อน้ำหล่อเย็นของเสื้อสูบ

1.2.1.3 เสื้อสูบ (Cylinder Block) เสื้อสูบประกอบด้วยกระบอกสูบหลายชุดและมีลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นและลงอยู่ภายใน ส่วนบนของกระบอกสูบถูกผนึกด้วยฝาสูบ ซึ่งผนึกแน่นด้วยปะเก็นฝาสูบซึ่งอยู่ระหว่างเสื้อสูบและฝาสูบ ห้องเพลาข้อเหวี่ยงจะอยู่ส่วนล่างของเสื้อสูบ รอบๆ กระบอกสูบถูกหล่อเย็นด้วยน้ำหล่อเย็น และมีช่องผ่านของน้ำมันหล่อลื่นอยู่ด้วย

1.2.1.4 กระบอกสูบ (Cylinder) เป็นส่วนหนึ่งของห้องเผาไหม้ ภายในกระบอกสูบมีลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลงตามกลวัตรของการทำงาน กระบอกสูบจะมีลักษณะเป็นรูปทรงกระบอก ผิวมันเรียบ ทนแรงเค้น แรงดัน และอุณหภูมิความร้อนจากการเผาไหม้

1.2.1.5 ห้องเพลาข้อเหวี่ยง (Crankcase) ทำหน้าที่เป็นตัวหุ้มเพลาข้อเหวี่ยงและเป็นที่ยึดสำหรับอ่างน้ำมันเครื่อง

1.2.1.6 อ่างน้ำมันเครื่อง (Oil Pan) ส่วนล่างสุดของเสื้อสูบ เรียกว่า เพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งอ่างน้ำมันเครื่องถูกยึดติดอยู่และประสานด้วยปะเก็นเหลว ปะเก็นยาง หรือปะเก็นกระดาษ อ่างน้ำมันเครื่องทำหน้าที่กั้นน้ำมันเครื่องให้อยู่ที่ก้นอ่างเมื่อรถยนต์อยู่ไม่ได้ระดับ การถ่ายน้ำมันเครื่องจะมีจุดถ่ายอยู่ส่วนล่างสุดของอ่าง

1.2.2 กลไกขับหมุน (Cranking Mechanism) เป็นชิ้นส่วนที่รับความดันจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในห้องสูบไปหมุนเพลาข้อเหวี่ยงให้เครื่องยนต์จ่ายแรงหมุนหรือแรงบิดออกมาใช้งาน ชิ้นส่วนของกลไกขับหมุนเป็นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของเครื่องยนต์ กลไกขับหมุนประกอบด้วยส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ ลูกสูบ ก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และล้อช่วยแรง

1.2.2.1 ลูกสูบ (Piston) ลูกสูบทำหน้าที่รับแรงกดดันจากการเผาไหม้และส่งกำลังไปเพลาข้อเหวี่ยงโดยผ่านก้านสูบ ลูกสูบจะได้รับความร้อนและอุณหภูมิที่สูงที่สุดมากระทำอยู่ตลอดเวลาจึงต้องมีความสามารถทนต่อการทำงานที่รอบสูงเป็นเวลานานๆ ได้

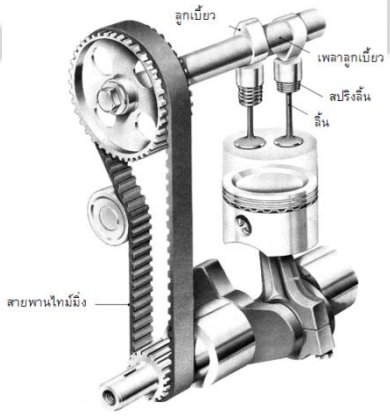
1.2.2.2 ก้านสูบ (Connecting Rod) เป็นตัวส่งต่อกำลังจากลูกสูบไปถ่ายเทให้กับเพลาข้อเหวี่ยงโดยที่ปลายข้างหนึ่งจะยึดกับสลักลูกสูบ และปลายอีกข้างหนึ่งยึดกับเพลาข้อเหวี่ยง

1.2.2.3 เพลาข้อเหวี่ยง (Crank Shaft) แรงขับที่ใช้ในการขับเคลื่อนล้อของรถยนต์ได้มาจากการเคลื่อนตัวขึ้น-ลงของก้านสูบและผลจากการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง เพลาข้อเหวี่ยง

ได้รับแรงจากลูกสูบและก้านสูบทำให้หมุนด้วยความเร็วสูง ข้อเจอร์นัลถูกรองรับด้วยแบริ่งเพลาข้อเหวี่ยงของห้องเพลาข้อเหวี่ยงและเพลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบข้อเจอร์นัลนี้ ข้อเจอร์นัลแต่ละข้อมีแขนเพลาข้อเหวี่ยงประกอบอยู่ ข้อเพลาข้อเหวี่ยงติดตั้งอยู่บนเพลาข้อเหวี่ยงเยื้องศูนย์กับแกนของเพลาน้ำหนักถ่วงประกอบอยู่ เพื่อลดแรงความไม่สมดุลของการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน ที่เพลาข้อเหวี่ยงมีรูน้ำมันเพื่อใช้ส่งน้ำมันหล่อลื่นให้กับข้อเจอร์นัล แบริ่งก้านสูบ และสลักก้านสูบ

1.2.2.4 ล้อช่วยแรง (Fly Wheel) ล้อช่วยแรงทำด้วยเหล็กหล่อที่หนักยึดไว้ด้วยโบลท์เข้ากับปลายของเพลาข้อเหวี่ยง สำหรับรถยนต์ที่ใช้เกียร์แบบธรรมดาในจังหวะจุดระเบิดของเครื่องยนต์ ลูกสูบจะถ่ายทอดกำลังให้กับเพลาข้อเหวี่ยงเพียงจังหวะเดียวเท่านั้น เพราะว่านอกจากจังหวะนี้แล้วในจังหวะอื่นๆ กำลังจะสูญเสียไปเนื่องจากแรงเฉื่อยกับความฝืด ล้อช่วยแรงจะยังคงแรงการหมุน (แรงเฉื่อย) ในระหว่างจังหวะอื่นๆ ไว้ นอกเหนือจากจังหวะจุดระเบิด เพื่อทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ยังทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างราบเรียบ ด้วยฟันเฟืองที่อยู่รอบขอบวงกลมของล้อช่วยแรงจะขบกับฟันเฟืองขับของมอเตอร์สตาร์ทในขณะที่เริ่มติดเครื่องยนต์ ส่วนรถยนต์ที่ใช้เกียร์แบบอัตโนมัตินั้นล้อช่วยแรงจะถูกเปลี่ยนไปเป็นชุดทอร์กคอนเวอร์เตอร์

1.2.3 กลไกขับควบคุมเครื่องยนต์ทำงาน (Engine Steering Mechanism) กลไกขับควบคุมเครื่องยนต์ทำงานทำหน้าที่ควบคุมให้เครื่องยนต์ 4 จังหวะ มีลำดับการทำงานเกิดขึ้นตามขั้นตอนกลวัตรของเครื่องยนต์อย่างถูกต้องและมีประสิทธิภาพสูงสุด กลไกนี้เรียกอีกอย่างว่ากลไกควบคุมการทำงานของลิ้น ประกอบด้วย ลิ้นและสปริงลิ้น เพลาลูกเบี้ยว และชุดสายพานไทม์มิ่ง หรือโซ่ไทม์มิ่งหรือเฟืองไทม์มิ่ง (ดังภาพประกอบ 4)



ภาพประกอบ 4 กลไกควบคุมการทำงานของลิ้น (เครื่องยนต์ แบบ SOHC)

ที่มา: เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. (2548). *งานเครื่องยนต์เบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: เอ็ดดูเท็กซ์. หน้า 12.

1.2.3.1 ลิ้น หรือวาล์ว (Valve) ก้านวาล์วมีลักษณะกลมทรงกระบอก สวมสอดอยู่ภายในรูปลอกนำวาล์ว ปลายด้านหนึ่งของวาล์วจะยึดติดกับกระเดื่องวาล์ว หรือถ้าเป็นระบบ Over Head Cam ส่วนใหญ่จะไม่มีกระเดื่องวาล์ว ซึ่งวาล์วจะถูกควบคุมการเปิด-ปิด จากเพลาลูกเบี้ยวโดยตรง ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งของวาล์วมีลักษณะเป็นหน้าแป้นวงกลม ที่บริเวณรอบของหน้าแป้นนี้จะเป็นจุดสัมผัสกับฝาสูบด้านบนห้องเผาไหม้ที่เรียกกันว่า “บ่าวาล์ว” เมื่อวาล์วเปิดออกอากาศจะไหลผ่านเข้าหรือออกจากห้องเผาไหม้ได้ เมื่อวาล์วปิดหน้าวาล์วก็จะคืนกลับ (ด้วยการกระทำของสปริงวาล์ว) ไปประกบกับบ่าวาล์วเป็นลักษณะเช่นนี้ไปตลอดการทำงาน และโดยทั่วไปแล้ววาล์วไอดีจะมีขนาดใหญ่กว่าวาล์วไอเสียเพื่อที่จะช่วยให้อากาศไหลเข้าได้มาก

1.2.3.2 เพลาลูกเบี้ยว (Camshaft) เป็นเพลาหมุนที่ถูกสร้างให้บริเวณแกนเพลามีชิ้นโลหะยื่นออกมาในรูปทรงของ “รูปไข่” โลหะที่ยื่นออกมาจากแกนเพลาที่เป็นรูปไข่เรียกว่า “ลูกเบี้ยว” เมื่อเวลาแกนเพลาหมุนลูกเบี้ยวก็จะหมุนตาม เครื่องยนต์รุ่นเก่าจะมีเพลาลูกเบี้ยวเป็นแกนอยู่ภายในห้องเสื้อสูบ (ห้องเครื่อง) ซึ่งได้รับแรงหมุนมาจากเพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ที่มีเพลาลูกเบี้ยวติดตั้งอยู่ในห้องเครื่องเมื่อเพลาลูกเบี้ยวหมุนจะไปดันลูกกระทุ้งให้ไปดันก้านกระทุ้ง ซึ่งแกนอีกด้านหนึ่งของก้านกระทุ้งจะไปดันกระเดื่องวาล์วให้ไปกดวาล์วให้เปิดออก ส่งผลให้มีการถ่ายเทอากาศในห้องเผาไหม้ เครื่องยนต์ที่มีการติดตั้งเพลาลูกเบี้ยวอยู่ด้านบนของฝาสูบ เรียกว่า Over Head Camshaft หรือ OHC และวาล์วที่ติดตั้งอยู่เหนือห้องเผาไหม้เรียกว่า Over Head Valve หรือ OHV การทำงานในลักษณะนี้จะไม่ใช้ก้านกระทุ้งในการส่งต่อกำลัง เพราะเพลาลูกเบี้ยวจะควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วด้วยตัวเองเป็นการควบคุมการทำงานโดยตรง และลดชิ้นส่วนอุปกรณ์ให้น้อยลงด้วย เครื่องยนต์ OHC ส่วนใหญ่จะใช้ลูกเบี้ยวในการควบคุมการเปิด-ปิดวาล์วโดยตรง แต่มีเครื่องยนต์บางรุ่นที่ใช้กระเดื่องวาล์วในการทำงาน เครื่องยนต์ที่ใช้เพลาลูกเบี้ยวแกนเดียวติดตั้งอยู่เหนือฝาสูบในการควบคุมการเปิด-ปิด การทำงานของวาล์ว เรียกเครื่องยนต์นั้นว่า มีการทำงานแบบ Single Over Head Camshaft หรือ SOHC ส่วนเครื่องยนต์ที่มีเพลาลูกเบี้ยวอยู่ 2 แกน ติดตั้งอยู่คู่ขนานกัน แกนหนึ่งควบคุมการเปิด-ปิดไอดีโดยเฉพาะ ส่วนอีกแกนหนึ่งควบคุมการเปิด-ปิดไอเสียโดยเฉพาะ เรียกเครื่องยนต์นี้ว่ามีการทำงานแบบ Double Over Head Camshaft หรือ DOHC

1.2.3.3 สายพานไทม์มิ่งหรือโซ่ไทม์มิ่งหรือเฟืองไทม์มิ่ง แกนเพลาลูกเบี้ยวได้รับแรงฉุดให้หมุนจากเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งตัวกลางที่ส่งผ่านแรงฉุดนี้ มีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ สายพานไทม์มิ่ง โซ่ไทม์มิ่ง และเฟืองไทม์มิ่ง

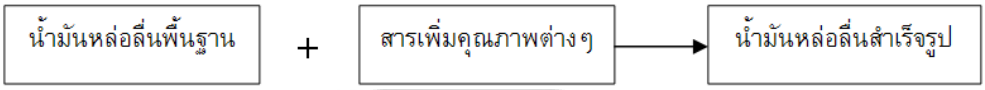
1.2.4 ชิ้นส่วนประกอบระบบช่วยทำงานเครื่องยนต์ เป็นชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ของระบบต่างๆ ที่ช่วยให้เครื่องยนต์ทำงานใช้ขับเคลื่อนรถยนต์ได้ เช่น ชิ้นส่วนประกอบของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงและจุดระเบิด ระบบไอดี ระบบไอเสีย ระบบหล่อลื่น และระบบหล่อเย็น

สรุป

เครื่องยนต์เป็นเครื่องต้นกำลังที่สำคัญและใช้กันอย่างแพร่หลาย สามารถส่งกำลังให้ส่วนประกอบและอุปกรณ์เครื่องทุ่นแรงต่างๆ เพื่อให้เกิดการขับเคลื่อนหรือทำงานได้ เครื่องยนต์เหล่านี้ ได้แก่ เครื่องจักรไอน้ำ เครื่องยนต์สเตอริง เครื่องยนต์สูบอิสระ เครื่องยนต์แก๊สโซลีน เครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์แก๊สเหลว เครื่องยนต์โรตารี่ และเครื่องยนต์กังหันแก๊ส ซึ่งเป็นเครื่องยนต์สันดาปภายใน เครื่องยนต์สันดาปภายในจะมีชิ้นส่วนประกอบที่ซับซ้อนจึงต้องทำการรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดีเพื่อให้สามารถใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพเป็นระยะเวลานาน การบำรุงรักษาจึงเป็นเรื่องสำคัญและบางครั้งอาจจะมีความจำเป็นต้องถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทั้งหมดออกมาทำความสะอาด บำรุงรักษา หรือตรวจสอบชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ และมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

2. น้ำมันหล่อลื่น

น้ำมันหล่อลื่น (Lubricating Oil) เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่ได้จากการกลั่นปิโตรเลียม น้ำมันหล่อลื่นเป็นวัสดุหล่อลื่นที่มีลักษณะเป็นของเหลว โดยทั่วไปจะนำไปใช้หล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลที่มีลักษณะปิด เช่น ภายในห้องเพลาข้อเหวี่ยง ห้องเกียร์ และเฟืองท้าย เป็นต้น การผลิตน้ำมันหล่อลื่นเพื่อให้ได้น้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูปที่มีคุณภาพดีและเหมาะสมกับการใช้งานสำหรับเครื่องยนต์และเครื่องจักรกลแต่ละชนิดนั้นจะมีขั้นตอนในการผลิตซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป โดยการเติมสารเพิ่มคุณภาพต่างๆ ลงไปในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน (ประเสริฐ เทียนนิมิตร; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. 2546: 228) (ดังภาพประกอบ 5)



ภาพประกอบ 5 ขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นสำเร็จรูป

ที่มา: ประเสริฐ เทียนนิมิต; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. (2546). *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. หน้า 228.

รถยนต์ส่วนใหญ่ใช้สารหล่อลื่นที่อยู่ในสภาวะของเหลวจึงเรียกว่า น้ำมันหล่อลื่น เกิดจากกระบวนการต้มกลั่นในการผลิตน้ำมันเชื้อเพลิง ณ อุณหภูมิที่สูงมากขึ้นในการผลิตจนถึงจุดเดือดของน้ำมันหล่อลื่นอันนำไปสู่การแตกตัวซึ่งสูงกว่าการแตกตัวของโมเลกุลไฮโดรคาร์บอนก็จะได้ผลิตภัณฑ์ที่เป็นน้ำมันหล่อลื่น ด้วยเหตุที่ไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันหล่อลื่นแยกตัวออกมาโดยการต้มกลั่นสุญญากาศที่มีความกดดันต่ำมาก ช่วงอุณหภูมิจุดเดือดอันเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการกลั่น

น้ำมันหล่อลื่นนี้และจำกัดไว้ไม่ต่ำกว่าประมาณ 350°C การกลั่นน้ำมันหล่อลื่นทำให้สำเร็จด้วยวิธีทำให้บริสุทธิ์โดยการใช้ตัวทำละลายเอากรดและโคลนฟอกอันเป็นส่วนประกอบที่ไม่ต้องการออกจากน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการใช้งาน หลังจากกลั่นให้บริสุทธิ์แล้วเอาน้ำมันพื้นฐานที่บริสุทธิ์มาเติมสารเพิ่มคุณภาพจำเพาะเพื่อให้เป็นน้ำมันหล่อลื่นที่มีสมบัติพิเศษ เช่น มีอายุงานยาวนานขึ้น ต้านการกัดกร่อนโลหะและกำจัดโฟมหรือฟอง น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้กับเครื่องยนต์เรียกว่าน้ำมันเครื่อง ซึ่งจะต้องมีสมบัติเป็นพิเศษ เพราะขณะใช้งานเครื่องยนต์มีความร้อนสูงและมีส่วนที่เหลือจากการเผาไหม้ในห้องสูบมารวมกับน้ำมันเครื่อง น้ำมันเครื่องจึงต้องเติมสารเพิ่มคุณภาพมากกว่าน้ำมันหล่อลื่นทั่วไป (เธียรชัย บุณยะกุล. 2544: 99-100)

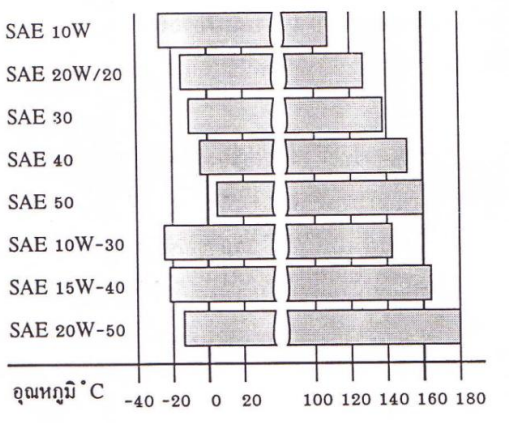
สมบัติของน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน คือ ความสามารถที่จะลดแรงเสียดทานและการสึกหรอ แต่น้ำมันหล่อลื่นแต่ละอย่างยังมีสมบัติอื่นที่เกี่ยวกับลักษณะงานที่นำสารหล่อลื่นเข้าไปหล่อลื่นในที่นั้นๆ ด้วย เช่น ความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมัน ความหนืด การแยกประเภทของน้ำมันหล่อลื่นและชนิดน้ำมันหล่อลื่น เป็นต้น (เธียรชัย บุณยะกุล. 2544: 100-101) โดยมีรายละเอียดดังนี้

1. ความแข็งแรงของฟิล์มน้ำมัน น้ำมันหล่อลื่นที่นำมาใช้กับเครื่องยนต์และระบบส่งถ่ายกำลังขับเคลื่อนของรถยนต์จะต้องมีความมุ่งหมายให้เป็นรูปแบบที่มีแรงเกาะตัวกันสูง มีฟิล์มหล่อลื่นที่มีความต้านทานต่อความกดดันระหว่างผิวหน้าโลหะที่เป็นหน้าสัมผัสเลื่อนแก่กันและกัน ถ้าหน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่นเป็นไปอย่างถูกต้อง ความฝืดที่เกิดขึ้นขณะเกิดการเคลื่อนที่ระหว่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เคลื่อนที่สัมผัสกันจะมีเพียงแต่ในเนื้อน้ำมันหล่อลื่นเท่านั้น

2. ความหนืดน้ำมันหล่อลื่นหรือค่าความเหนียว หรือสมบัติเกี่ยวกับการไหลของน้ำมันหล่อลื่นเป็นปัจจัยสำคัญพิเศษเฉพาะในการทำหน้าที่หล่อลื่นของน้ำมัน ค่าความหนืดของน้ำมันเกรดต่างๆ เปลี่ยนไปอย่างกว้างขวางสามารถที่จะใสขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มสูงขึ้น (ดังภาพประกอบ 6 และภาพประกอบ 7) เช่นเดียวกับของเหลวต่างๆ ค่าความหนืดหรือบางทีเรียกว่าเกรดน้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวบ่งชี้ความหนืดภายในตัวน้ำมันหรือจะกล่าวได้ว่าเป็นความต้านทานการไหลของน้ำมันหล่อลื่น เกรดน้ำมันหล่อลื่นแบ่งได้ ดังนี้

2.1 น้ำมันเกรดเดียว คือ น้ำมันเครื่องและน้ำมันเกียร์รถยนต์ที่มีค่าความหนืดเพียงค่าเดียว ค่าหรือเกรดที่ใช้กันมากเป็นค่าที่กำหนดโดยสมาคมวิศวกรรมยานยนต์อเมริกัน (American Society of Automotive Engineers: SAE) ซึ่งกำหนดเกรดความหนืดที่นำมาใช้กันระหว่างประเทศ น้ำมันเครื่องในฤดูหนาว SAE O W ถึง SAE 25 W อักษร W ย่อมาจาก winter หมายถึง ฤดูหนาว น้ำมันเครื่องฤดูร้อน SAE 20 ถึง SAE 50 น้ำมันเกียร์ใช้เกรด SAE 75 W ถึง SAE 250

2.2 น้ำมันเครื่องมัลติเกรด (Multi grade Oils) เป็นน้ำมันเครื่องซึ่งขยายค่าความหนืดออกไปมากกว่าน้ำมันเครื่องเกรดเดียว เช่น น้ำมันเครื่องมัลติเกรด SAE 20W-50 อนุโลมว่าเป็นน้ำมันเครื่อง SAE 20 W กำหนดใช้ถึง -17.8°C และเป็นน้ำมันเครื่อง SAE 50 กำหนดใช้ได้ถึง 98.9°C หรือกล่าวได้ว่าสตาร์ทเครื่องง่ายกว่าที่อากาศเย็นและมีความหนืดสม่ำเสมอที่อุณหภูมิสูง



ภาพประกอบ 6 ขอบเขตอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น

ที่มา: เธียรชัย บุณยะกุล. (2544). *ทฤษฎีช่างเทคนิคยานยนต์ 4: เครื่องยนต์เบนซิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 101.

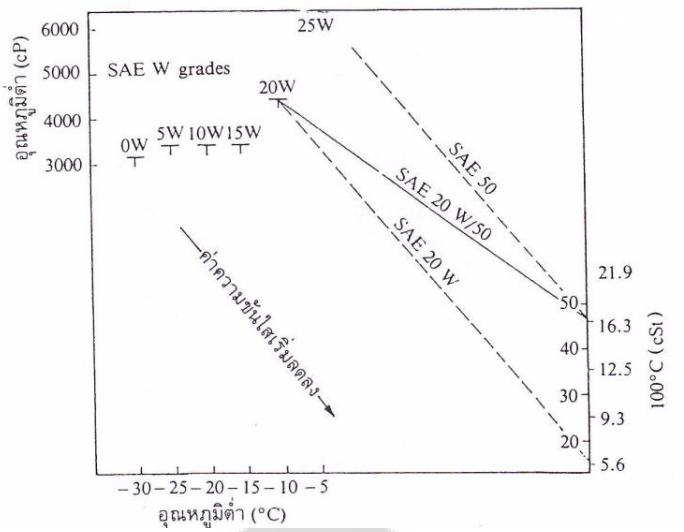
ความหนืดหรือความข้นใส หมายถึง ความใสและความข้นของน้ำมันหล่อลื่นโดยวัดที่อุณหภูมิใดอุณหภูมิหนึ่ง (ดังตาราง 1) น้ำมันที่มีความข้นใสต่ำจะไหลง่ายแต่เยื่อหล่อลื่นก็บางมาก สำหรับน้ำมันที่มีความที่มีความข้นใสสูงจะมีเยื่อหล่อลื่นหนากว่า (ประเสริฐ เทียนนิมิต; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. 2546: 234)

ตาราง 1 ระบบ หน่วย และอุณหภูมิที่ใช้ในการวัดความข้นใสของน้ำมัน

ประเภทหรือระบบ	หน่วยความข้นใส	อุณหภูมิที่ใช้วัด
1. ระบบสากล (เมตริก)	เซนติสโตก (cSt)	40°C และ 100°C
2. สหรัฐอเมริกา	วินาทีเซย์โบลต์ (SUS) หรือ (SSU)	100°F และ 210°F
3. สหราชอาณาจักร	เรดวูด No.1 (RW1)	70°F, 100°F, 140°F และ 200°F
4. เยอรมันและหลายประเทศในแถบยุโรป	อิงเลอร์ (E°)	20°C, 50°C และ 100°C

หมายเหตุ: หน่วยวัดความหนืดหรือความข้นใส นิยมใช้เป็นเซนติสโตก (cSt)

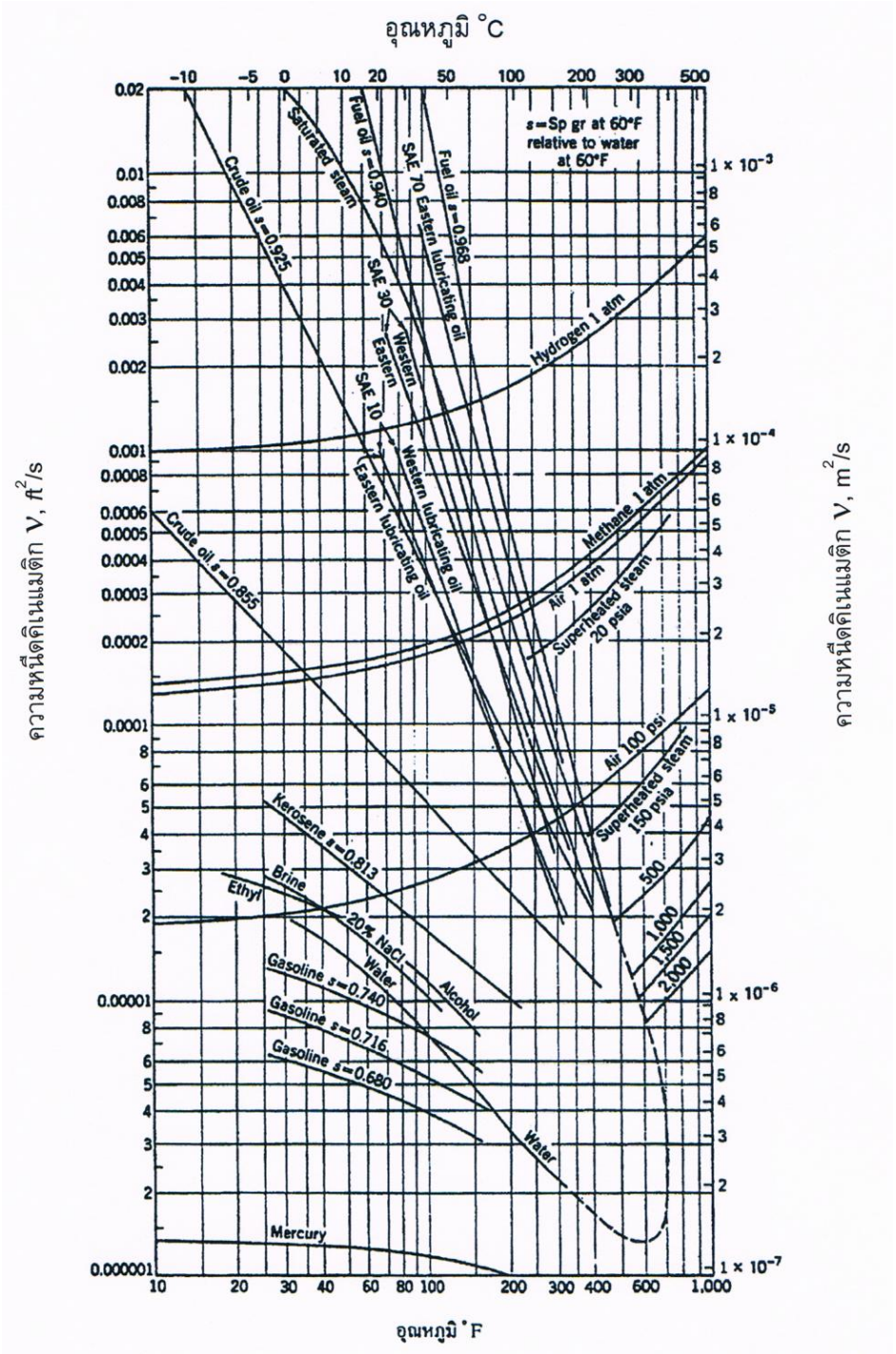
ที่มา: ประเสริฐ เทียนนิมิต; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. (2546). *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. หน้า 234.



ภาพประกอบ 7 การเปรียบเทียบค่าความข้นใสของน้ำมันเครื่องที่แปรตามอุณหภูมิ

ที่มา: ประเสริฐ เทียนนิมิต; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. (2546). *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. หน้า 256.

ความหนืดของของไหล คือ ค่าความต้านทานต่อแรงเฉือนหรือเป็นค่าความต้านทานต่อการเปลี่ยนรูปเชิงมุม แรงเสียดทานในของไหลที่กำลังเคลื่อนที่อยู่นั้นเป็นผลมาจากแรงเกาะกันระหว่างโมเลกุลและการแลกเปลี่ยนโมเมนตัมในระหว่างโมเลกุลของของไหล ในขณะที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นนั้นความหนืดของของเหลวทุกชนิดจะลดน้อยลง (ดังภาพประกอบ 8) ส่วนความหนืดของแก๊สทุกชนิดกลับเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เพราะแรงเกาะกันในระหว่างโมเลกุลที่หายไปนั้นเป็นลักษณะเด่นของของเหลว ส่วนแก๊สนั้นลักษณะเด่นเกิดมาจากการแลกเปลี่ยนโมเลกุลในระหว่างชั้นของของไหลที่มีความเร็วแตกต่างกัน โมเลกุลที่อยู่ในชั้นของไหลที่เร็วกว่าจะย้ายไปอยู่ในชั้นของไหลที่ช้ากว่าและไปทำให้ของไหลชั้นที่ช้ากว่านั้นเคลื่อนที่เร็วขึ้น ส่วนโมเลกุลจากชั้นที่ช้ากว่าก็จะย้ายไปอยู่ในชั้นที่เร็วกว่า และไปหน่วงให้ชั้นที่เร็วกว่านั้นเคลื่อนที่ช้าลง การแลกเปลี่ยนโมเลกุลเช่นนี้ทำให้เกิดแรงเฉือนขึ้น หรือทำให้เกิดแรงเสียดทานขึ้นในระหว่างชั้นที่อยู่ติดกันนั้น ดังนั้นการเคลื่อนไหวของโมเลกุลแก๊สที่เพิ่มมากขึ้นเมื่ออุณหภูมิสูงๆ จึงเป็นสาเหตุที่ทำให้แก๊สมีความหนืดสูงขึ้น (สุนันท์ ศรัณยนิตย์. 2542: 17-18)



ภาพประกอบ 8 ความหนืดคิเนแมติก ν ของของไหล

ที่มา: สุนันท์ ศรัณยนิตย์. (2542). *กลศาสตร์ของไหล*. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น). หน้า 19.

2.1 น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์หรือเรียกว่า น้ำมันเครื่อง จะต้องมีสมบัติต่างๆ หลายประการ เพราะในระบบของเครื่องยนต์สามารถทำให้เกิดคราบเขม่าหรือสิ่งสกปรกต่างๆ ได้หลายทาง เช่น เครื่องยนต์ใช้ความเร็วรอบไม่คงที่ ภาระเปลี่ยนแปลง ความเร็วรอบของเครื่องยนต์สูงเกินไป (ประเสริฐ เทียนนิมิต; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. 2546: 246-247) ดังนั้น น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์จึงต้องมีสมบัติที่ดี ได้แก่

2.1.1 มีความหนืดหรือความข้นใสที่เหมาะสมกับการใช้งาน (Optimum Viscosity)

2.1.2 มีค่าดัชนีความข้นใสสูง (High Viscosity Index) น้ำมันเครื่องที่มีค่าดัชนีความข้นใสสูงจะช่วยรักษาค่าความหนืดไว้ได้ดีกว่า ซึ่งจะทำให้การหล่อลื่นมีประสิทธิภาพสูง เครื่องยนต์สตาร์ทง่าย และการสึกหรอลดลง

2.1.3 มีสมบัติในการชะล้าง (Detergency) ขณะที่เครื่องยนต์ทำงานมีการเผาไหม้ จึงทำให้เกิดคราบเขม่า ยางเหนียว เถ้า และสิ่งสกปรกต่างๆ ติดเป็นคราบอยู่ตามชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ ดังนั้นน้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องช่วยชะล้างสิ่งสกปรกต่างๆ เหล่านี้ออกไปได้

2.1.4 มีสมบัติในการกระจายสิ่งสกปรก (Dispersancy) เมื่อสิ่งสกปรกต่างๆ ถูกชะล้างด้วยน้ำมันเครื่องแล้วไหลลงมาในอ่าง น้ำมันเครื่องจะต้องสามารถกระจายสิ่งสกปรกต่างๆ ไม่ให้เกาะรวมตัวกันเป็นก้อนได้ เพราะอาจทำให้ท่อทางเดินน้ำมันเครื่องอุดตันได้ง่าย

2.1.5 มีสารป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Anti Oxidant) สารนี้จะช่วยให้ปฏิกิริยาระหว่างน้ำมันเครื่องกับออกซิเจนในอากาศเกิดได้ช้าลง ถ้าไม่มีสารนี้น้ำมันเครื่องจะทำปฏิกิริยาดังกล่าวได้ง่าย และจะทำให้เกิดเป็นยางเหนียว (Varnish) เป็นผลให้น้ำมันเครื่องมีความหนืดเพิ่มขึ้นได้ซึ่งไม่เป็นผลดีต่อเครื่องยนต์

2.1.6 มีค่าความเป็นด่างที่เหมาะสม (Total Base Number: TBN) จากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ กำมะถันที่มีอยู่ในน้ำมันเครื่องเชื้อเพลิงจะทำให้เกิดกรดซัลฟูริกขึ้น ซึ่งจะเป็นสาเหตุทำให้เกิดการกัดกร่อนภายในเครื่องยนต์ น้ำมันเครื่องที่ดีจึงต้องมีค่าความเป็นด่างที่เหมาะสมต้องทำลายกรดที่เกิดจากก๊าซไอดีหรือไอเสียที่ลอดผ่านร่องแหวนลูกสูบลงไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงได้ และเป็นตัวปรับสภาพน้ำมันเครื่องให้มีค่าเป็นกลางซึ่งจะช่วยป้องกันการกัดกร่อนในเครื่องยนต์

2.1.7 มีสารป้องกันการสึกหรอ (Anti Wear) สารนี้จะช่วยทำให้ฟิล์มของน้ำมันเครื่องคงทนต่อแรงเฉือนได้ดี ช่วยลดการสึกหรอที่จะเกิดขึ้นมากกว่าปกติตรงบริเวณวาล์วและลูกเบี้ยวของเพลาลูกเบี้ยว

2.1.8 มีสารป้องกันการเกิดฟอง (Anti Foam) การเกิดฟองของน้ำมันเครื่องภายในห้องเพลาข้อเหวี่ยงจะเกิดขึ้นมากเนื่องจากความเร็วสูงของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบการหล่อลื่นลดลง สารป้องกันการเกิดฟองจะช่วยทำให้ฟองอากาศละลายตัวได้ง่าย

2.1.9 มีสารป้องกันสนิม (Anti Rust) สารนี้จะช่วยให้น้ำมันเครื่องเป็นตัวเคลือบไม่ให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ที่ทำด้วยเหล็กเป็นสนิมขณะที่เครื่องยนต์หยุดทำงานเป็นเวลานานๆ

2.1.10 มีสารลดความฝืด (Friction Modifier) สารนี้จะช่วยเพิ่มความลื่นในน้ำมันเครื่องทำให้ความฝืดที่เกิดขึ้นกับชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ลดลง เป็นผลทำให้ความร้อนในน้ำมันเครื่องลดลงไปด้วย และช่วยประหยัดการใช้เชื้อเพลิงได้ดีขึ้น

2.1.11 มีการระเหยตัวต่ำ (Low Volatility) น้ำมันเครื่องที่ดีจะต้องมีจุดวาบไฟสูง ทำให้เกิดการระเหยตัวต่ำและทนต่อความร้อนสูงๆ ได้ ไม่เกิดการเผาไหม้ได้ง่าย ซึ่งจะไม่ทำให้เกิดความสิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องขณะเครื่องยนต์ทำงาน

2.1.12 มีจุดไหลเทต่ำ (Low Pour Point) เพื่อที่จะนำน้ำมันเครื่องไปใช้งานในที่ที่มีอุณหภูมิต่ำได้

น้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ไม่ว่าจะเป็นของบริษัทใด จะมีสารเพิ่มคุณภาพหลักเพื่อให้มีคุณภาพดีครบถ้วน ซึ่งคุณภาพที่ต้องการของน้ำมันหล่อลื่นมีดังนี้

1. ต้านทานการกัดกร่อน (Corrosion Inhibitor)
2. ช่วยชะล้างทำความสะอาด (Detergent)
3. กระจายเขม่าตะกอน (Dispersant)
4. ต้านทานการสึกหรอ (Anti Wear Agent)
5. ต้านทานการเกิดฟอง (Antifoamant)
6. เพิ่มค่าดัชนีความข้นใส (VI Improver)
7. ลดจุดไหลเท (Pour Depresant)
8. ต้านทานการรวมตัวกับออกซิเจน (Anti Oxidant)

2.2 การปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์

การปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ หมายถึง การมีอยู่ของวัสดุที่ไม่ต้องการหรือการมีสารปนเปื้อนในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ (เวลลิงตัน แบร์รี่; และ อัสมุส อลัน. 2542: 224) สารปนเปื้อนที่พบทั่วไปมีอยู่ 7 ชนิด คือ

2.2.1 สารสึกหรอ คือ สารซึ่งถ้ามีอยู่แสดงการสึกหรอของชิ้นส่วน สารสึกหรอเหล่านี้รวมถึงทองแดง เหล็ก โครเมียม อะลูมิเนียม ตะกั่ว ดีบุก โมลิบดีนัม นิกเกิล และแมกนีเซียม

2.2.2 ฝุ่นผงและเขม่า ฝุ่นผงสามารถเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์โดยที่อากาศสกปรกเข้าไปในกระบอกสูบที่ซึ่งฝุ่นผงจะเข้าไปติดกับฟิล์มของน้ำมัน และถูกขูดลงจากผนังกระบอกสูบ ฝุ่นผงยังสามารถเข้าไปโดยผ่านทางช่องระบายอากาศของห้องเพลาข้อเหวี่ยงที่บกพร่องหรือดูแลไม่ดี เขม่าเป็นเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้บางส่วน และต่อมามีควันดำจากไอเสียแสดงว่าเขม่าเกิดขึ้น เมื่อเขม่าผ่านแหวนลูกสูบและเข้าในอ่างน้ำมันก็จะทำให้น้ำมันเครื่องมีสีดำ

2.2.3 น้ำมันเชื้อเพลิง การสึกหรอของลูกปั๊มของปั๊มหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงหรือรูปร่างของน้ำมันที่ฉีดจากหัวฉีดบกพร่อง สามารถทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ได้และไปเจือจางน้ำมันเครื่อง

2.2.4 น้ำ เป็นผลจากการเผาไหม้และจะถูกเอาออกจากเครื่องยนต์โดยผ่านท่อไอเสียหรือเป็นไอน้ำออกไปทางช่องระบายของห้องเพลาข้อเหวี่ยง แต่อย่างไรก็ตาม ถ้าอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิทำงานปกติ ภาระที่ลดลงหรือช่วงเดินเบาที่ยาวจะทำให้เปอร์เซ็นต์ของน้ำในน้ำมันเครื่องเพิ่มขึ้น

2.2.5 เอทิลกลีโคล/สารกันเยือกแข็ง การรั่วภายในระบบหล่อเย็นจะทำให้สารหล่อเย็นที่มีสารกันเยือกแข็งเข้าไปในน้ำมันเครื่องได้

2.2.6 ผลที่เกิดจากการเผาไหม้กำมะถัน กำมะถันมีอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงหลังการกลั่นและเมื่อเผาไหม้ในกระบวนการเผาไหม้จะทำให้เกิดซัลเฟอร์ไดออกไซด์และน้ำ ซึ่งเป็นผลของการเผาไหม้เช่นกันเข้าไปในห้องเพลาข้อเหวี่ยงที่ซึ่งจะผสมกับซัลเฟอร์ไดออกไซด์กลายเป็นกรดกำมะถัน

2.2.7 ผลที่เกิดจากการออกซิเดชัน การออกซิเดชันของน้ำมันจะเกิดเร็วขึ้นถ้าอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์สูง ทำให้น้ำมันข้นขึ้น และทำให้เกิดสารตกค้างในรูปของวาร์นิชและแลกเกอร์

2.3 อันตรายจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว

น้ำมันหล่อลื่นที่มีใช้อยู่ประกอบด้วยน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และสารเพิ่มคุณภาพต่างๆ เมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานแล้ว สมบัติของสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นจะเปลี่ยนแปลงไปทำให้น้ำมันหล่อลื่นเสื่อมคุณภาพ ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นที่เสื่อมคุณภาพจะประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน และสารตัวทำละลาย ฯลฯ การสัมผัส การจัดเก็บและการกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช รวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม (กรมควบคุมมลพิษ. 2554: ออนไลน์) เช่น

2.3.1 อันตรายจากการสัมผัส

2.3.1.1 หากสัมผัสน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วเป็นประจำจะทำให้ผิวหนังแห้ง และเกิดการระคายเคืองเป็นผื่นแดง เนื่องจากน้ำมันจะไปชะล้างไขมันธรรมชาติออกจากผิวหนัง ส่งผลให้เกิดการติดเชื้อและการแพ้ได้ง่าย

2.3.1.2 หากสูดดมรับไอละอองน้ำมันหล่อลื่นในขณะมีการใช้งานของเครื่องยนต์จะเกิดอาการวิงเวียน คลื่นไส้ อ่อนเพลีย ง่วงนอน ระคายเคืองต่อหลอดลมและปอด

2.3.1.3 หากรับประทานอาหารหรือน้ำที่มีน้ำมันหล่อลื่นปนเปื้อนเข้าสู่ร่างกาย สารเพิ่มคุณภาพต่างๆ ในน้ำมันหล่อลื่นจะส่งผลทำให้เกิดอาการคลื่นไส้ ปวดท้อง และท้องเสีย

2.3.2 อันตรายจากการจัดเก็บและกำจัดไม่ถูกวิธี

2.3.2.1 การทิ้งน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วลงท่อน้ำสาธารณะหรือแหล่งน้ำ เป็นการทำลายระบบนิเวศน์วิทยาในแหล่งน้ำ เพราะน้ำมันจะลอยตัวและรวมตัวกันบนผิวน้ำกั้นไม่ให้ออกซิเจนและแสงอาทิตย์ผ่านไปได้ เป็นการทำลายแหล่งอาหาร การวางไข่ของสัตว์น้ำ และทำลายทัศนียภาพที่ดี

2.3.2.2 การเก็บหรือทิ้งน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วและภาชนะบรรจุอย่างไม่ถูกวิธี ทำให้น้ำมันหล่อลื่นเกิดการรั่วไหลลงดิน พื้นดินบริเวณนั้นเสียคุณค่าในการเพาะปลูก และถ้าซึมลงสู่ชั้นน้ำใต้ดิน จะทำให้น้ำมีกลิ่นเหม็นไม่เหมาะแก่การบริโภคและใช้สอย

2.3.2.3 การเผาน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้วและภาชนะบรรจุ ทำให้เกิดไอ ควันพิษที่มีโลหะหนัก และออกไซด์ของโลหะฟุ้งกระจายสู่บรรยากาศ

สรุป

สารหล่อลื่นที่มีลักษณะเป็นของเหลวจะเรียกว่า น้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะใช้ในการหล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์หรือเครื่องจักรกลที่มีลักษณะปิด การผลิตน้ำมันหล่อลื่นจะแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนการผลิตน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน และขั้นตอนการเติมสารเพิ่มคุณภาพลงไปในน้ำมันหล่อลื่นพื้นฐาน ในน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์จะมีสารเพิ่มคุณภาพผสมอยู่ด้วยเสมอ เพื่อเสริมให้น้ำมันหล่อลื่นนั้นมีคุณภาพสูงขึ้น และทำหน้าที่ต่างๆ ได้อย่างครบถ้วน ทำให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูง และยืดอายุการใช้งานของเครื่องยนต์ให้ยาวนาน แต่เมื่อน้ำมันหล่อลื่นถูกใช้งานเพื่อหล่อลื่นชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ไประยะหนึ่ง สมบัติของสารประกอบที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่นจะเปลี่ยนแปลงไปหรือเรียกว่าการเสื่อมคุณภาพ น้ำมันหล่อลื่นที่เสื่อมคุณภาพเหล่านี้จะประกอบด้วยสารอินทรีย์ประเภทไฮโดรคาร์บอน สารตัวทำละลาย และโลหะหนัก ฯลฯ การสัมผัส การจัดเก็บ หรือการกำจัดอย่างไม่ถูกวิธีจะเป็นอันตรายต่อมนุษย์ สัตว์ และพืช จะต้องระมัดระวังไม่ให้น้ำมันหล่อลื่นไหลลงสู่แหล่งน้ำเพราะจะส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในระยะยาว

3. การทำความสะอาด

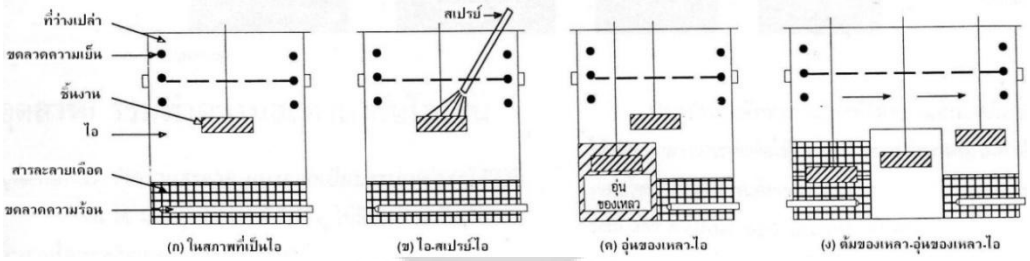
การทำความสะอาดมีความสำคัญ คือ ช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกันและงานซ่อมแซมได้มองเห็นสิ่งผิดปกติต่างๆ (ฟุคุนางะ อิจิโระ. 2543: 1) ซึ่งสิ่งผิดปกติเหล่านั้นหากปล่อยทิ้งไว้นานๆ อาจจะส่งผลกระทบต่อชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ เครื่องจักรกล หรือกระบวนการผลิตได้ การทำความสะอาดเป็นวิธีที่นิยมใช้และมีประโยชน์มากสำหรับการปรับปรุงการเพิ่มผลผลิตของเครื่องจักร (Machine Productivity) เป็นเทคนิคที่มีพัฒนาการมาจากกิจกรรม 5ส คือ สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ และสร้างนิสัย (วิชิต สุรพนานนท์ชัย. 2546: 58) การทำความสะอาดที่ตัวเครื่องจักร เครื่องมือ ถือได้ว่าเป็นการยกระดับความสำคัญของการทำความสะอาดแบบเดิมโดยมุ่งเน้นไปที่การแก้ไขปัญหาของกระบวนการผลิตให้หมดไป เช่น ปัญหาการผลิตของเสีย เครื่องจักรเสีย

ใช้งานไม่ได้ ประสิทธิภาพของกระบวนการที่ลดลง อุบัติเหตุและความไม่ปลอดภัยในการทำงาน ที่มักจะมีสาเหตุมาจากความสกปรก เป็นต้น (อมรรัตน์ สนธิไทย. 2546: 32) การทำความสะอาด มีสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการหรือวิธีนำสิ่งสกปรกออกมาอยู่ 5 อย่าง คือ (1) พื้นผิวหรือวัสดุ ที่ต้องการทำความสะอาด (2) สิ่งสกปรก ซึ่งมีทั้งแบบที่สามารถละลายและไม่ละลายในตัวทำละลาย (3) ตัวนำพาสิ่งสกปรกออกไปหรือตัวทำละลาย (4) สารทำความสะอาดที่ช่วยให้สิ่งสกปรกละลาย หรือหลุดออกไปกับตัวนำพาได้ (5) สภาพแวดล้อมที่ช่วยให้เกิดการละลาย เช่น อุณหภูมิ ความ เป็นกรดด่าง รวมทั้งแรงกล เช่น แรงดัน แรงเขย่า แรงสั่น แรงเหวี่ยง เป็นต้น

3.1 ระบบการทำความสะอาด

การล้างทำความสะอาดโดยทั่วไป แบ่งได้ 2 ระบบใหญ่ๆ คือ การล้างแบบใช้สารละลาย (Solvent Cleaning) และการล้างแบบใช้น้ำ (Aqueous Cleaning) (บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. 2537: 30) สำหรับในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะการล้างแบบใช้สารละลาย เท่านั้น การล้างแบบใช้ สารละลาย คือ กระบวนการเตรียมผิวชิ้นงานโดยการชะล้างสารประกอบอินทรีย์ เช่น ล้างคราบ น้ำมันหรือจาระบีให้ออกไปจากผิวชิ้นงานและบางครั้งจะล้างต่อด้วยด่างหรือบางครั้งจะใช้สารละลาย ในการไล่น้ำจากชิ้นงาน แบ่งออกเป็น 2 ระบบ คือ

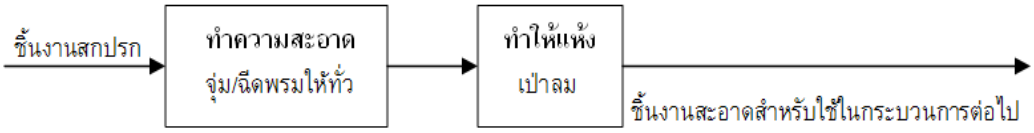
3.1.1 Vapor Degreasing คือ กระบวนการที่ใช้ไอจากสารละลายจำพวก Chlorinated หรือ Fluorinated ในการชะล้างคราบสกปรก โดยการกลั่นตัวของไอของสารบนผิวชิ้นงาน ซึ่งจะเป็น การพาสิ่งสกปรกออกไป (ดังภาพประกอบ 9)



ภาพประกอบ 9 การชะล้างคราบสกปรกโดยการกลั่นตัวเป็นไอ

ที่มา: บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. (2537, เมษายน-มิถุนายน). สารทำ ความสะอาดที่ไม่ทำลายโอโซน ทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมทำความสะอาด. *วารสารความรู้ คือประทีป*. (2): 30.

3.1.2 Cold Cleaning คือ กระบวนการทำความสะอาด โดยการนำชิ้นงานจุ่มสเปรย์ หรือแช่ลงไปในสารละลายจำพวกไฮโดรคาร์บอน สารละลายคลอริเนต คลอโรฟลูออโรคาร์บอน หรือ Blend Solvent ส่วนใหญ่จะมีขั้นตอนการอบแห้งเพิ่มขึ้น แต่บางครั้งชิ้นงานที่ต้องการทำความ สะอาดแล้วชุบกันสนิมก็ไม่จำเป็นต้องให้ชิ้นงานแห้ง (ดังภาพประกอบ 10)

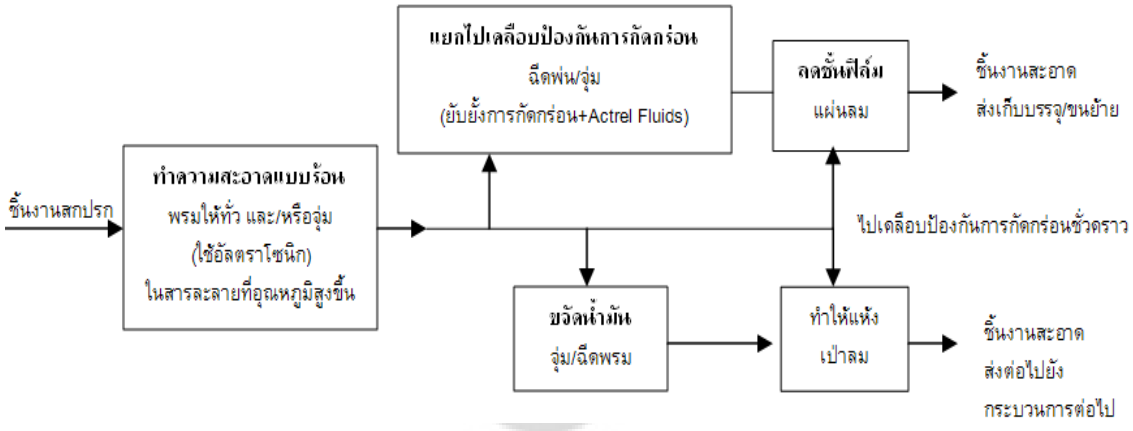


ภาพประกอบ 10 กระบวนการทำความสะอาดแบบ Cold Cleaning

ที่มา: บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. (2537, เมษายน-มิถุนายน). สารทำความสะอาดที่ไม่ทำลายโอโซน ทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมทำความสะอาด. *วารสารความรู้คือประทีป*. (2): 30.

วิธี Cold Cleaning สามารถแยกออกเป็น 2 แบบ คือ แบบ Neat System และ แบบ Semi-Aqueous System ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

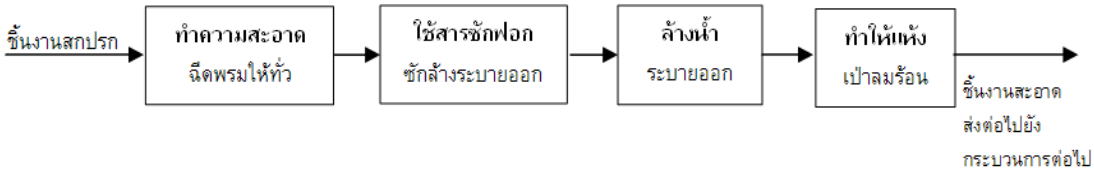
1. Neat System นิยมใช้กับการล้างชิ้นงานขั้นต้นเพื่อใช้กระบวนการต่อไป อาจเพิ่มอ่างจุ่มมากกว่า 2 อ่าง เพื่อให้สะอาดมากขึ้น ถ้าหากมีการใช้ความร้อนเข้ามาช่วยในการทำความสะอาดจะเรียกว่า Hot Cleaning (ดังภาพประกอบ 11)



ภาพประกอบ 11 กระบวนการทำความสะอาดแบบ Neat System

ที่มา: บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. (2537, เมษายน-มิถุนายน). สารทำความสะอาดที่ไม่ทำลายโอโซน ทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมทำความสะอาด. *วารสารความรู้คือประทีป*. (2): 31.

2. Semi-Aqueous System เป็นกระบวนการล้างด้วยสารละลายแล้วล้างต่อด้วยด่าง ใช้ล้างในขั้นตอนสุดท้าย (ดังภาพประกอบ 12)



ภาพประกอบ 12 กระบวนการทำความสะอาดแบบ Semi-Aqueous

ที่มา: บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. (2537, เมษายน-มิถุนายน). สารทำความสะอาดที่ไม่ทำลายโอโซน ทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมทำความสะอาด. *วารสารความรู้คือประทีป*. (2): 31.

3.2 สารทำความสะอาด

สารทำความสะอาด สามารถแบ่งออกได้ 2 ส่วน คือ ส่วนหัว (Hydrophilic Head Group) ซึ่งมีคุณสมบัติชอบน้ำหรือเรียกว่าส่วนที่ผสมเข้ากับน้ำได้ และส่วนหาง (Hydrophobic Tail) จะมีคุณสมบัติไม่ชอบน้ำในบางครั้งจะถูกเรียกว่าส่วนที่ชอบน้ำมัน ซึ่งสามารถผสมเข้ากันกับสิ่งที่ไม่ละลายน้ำเหมือนกัน ได้แก่ สิ่งสกปรก การที่สิ่งต่างๆ จะสามารถละลายหรือกลายเป็นส่วนเดียวกันกับตัวนำพา (ตัวทำละลาย) หรือตัวกลางต่างๆ ได้นั้น จะต้องมีขั้วทางไฟฟ้ามาเกี่ยวข้องด้วย ในสารละลายหรือตัวกลางต่างๆ จะมีสถานะทางประจุไฟฟ้าหรือความเป็นขั้วไฟฟ้าทั้งบวกและลบ ซึ่งโดยปกติตัวทำละลาย เช่น น้ำ จะมีความเป็นขั้วไฟฟ้าทั้งบวกและลบในภาวะสมดุลกัน สิ่งหรือสารที่มีความเป็นขั้วสูงก็สามารถละลายในน้ำได้ เช่น เกลือ (Sodium Chloride) จะมีความเป็นขั้วสูงซึ่งสามารถละลายในน้ำได้ และในทางตรงกันข้าม น้ำมัน (Oil) จะมีความเป็นขั้วต่ำ ซึ่งจะไม่สามารถละลายในน้ำได้ น้ำเป็นตัวทำละลายที่ดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารประกอบชนิดอื่นๆ เมื่อโมเลกุลของน้ำอยู่รวมตัวกันจะยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไฮโดรเจน โดยมีแรงชื่อว่า อีเล็กโตรสแตติก นอกจากโมเลกุลของน้ำจะเชื่อมต่อกันเองแล้ว โมเลกุลของน้ำยังสามารถยึดเหนี่ยวกับโมเลกุลอื่นได้ด้วย โมเลกุลของสารประกอบบางชนิดยึดเหนี่ยวกันด้วยพันธะไอออนิก (Ionic Bonds) โดยมีแรงอีเล็กโตรสแตติกระหว่างประจุบวกและประจุลบของอะตอมแต่ละตัว แรงอีเล็กโตรสแตติกของโมเลกุลเหล่านี้จะลดลงเหลือเพียง 1/80 เมื่อถูกรบกวนจากแรงอีเล็กโตรสแตติกของน้ำ (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2554: ออนไลน์) น้ำ (H_2O) ประกอบด้วย ธาตุออกซิเจน 1 อะตอม และธาตุไฮโดรเจน 2 อะตอม รวมเป็นน้ำ 1 โมเลกุล ในรูปของขั้วทางไฟฟ้า น้ำจะประกอบด้วย H^+ และ OH^- ซึ่งถ้าทำให้น้ำแตกตัว หรือเปลี่ยนจากสมดุล จะทำให้สารที่เป็นตัวเชื่อมให้สิ่งสกปรกสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันกับตัวทำละลาย หรือเรียกอีกอย่างก็คือสิ่งสกปรกสามารถถูกดึงออกจากวัสดุ

หรือพื้นผิวให้ไปละลายรวมกับตัวกลางได้ ซึ่งก็คือสารทำความสะอาดหรือสารลดแรงตึงผิว (Surfactant) น้ำบริสุทธิ์มีค่า pH เป็นกลางอยู่ที่ pH 7 หมายถึง น้ำ 1 ลิตร ที่อุณหภูมิ 25°C จะมีประจุไฮโดรเจนและประจุไฮดรอกไซด์ จำนวนเท่ากัน คือ $1x10^{-7}$ โมล สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนมากจะอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่า pH 6.5-9 (ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2554: ออนไลน์)

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้น้ำยาล้างคราบน้ำมันที่ใช้ในงานทางอุตสาหกรรม มีชื่อเรียกทางการค้าว่า CHEMAX 302 นำมาผสมกับน้ำสะอาดในอัตราส่วน 1:50 เพื่อทำหน้าที่เป็นสารทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เนื่องจากผลิตภัณฑ์ CHEMAX 302 เป็นน้ำยาล้างคราบน้ำมันแบบเอนกประสงค์ เป็นตัวทำละลายสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น มีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานและไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (บริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด. 2554: ออนไลน์) CHEMAX 302 มีคุณสมบัติที่สำคัญดังนี้

1. คุณสมบัติทางเคมี
   1.1 เป็นของเหลวทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent)
   1.2 มีความหนาแน่น (ρ) = 0.83 - 0.87
   1.3 ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) = 8.55 (ของเหลวมีฤทธิ์เป็นด่าง)
   1.4 จุดเยือกแข็งที่ทำให้ของเหลวกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ -67°F หรือ -19.44°C
   1.5 จุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 108°F หรือ 42.22°C
   1.6 ควรเก็บภายในภาชนะปิดที่อุณหภูมิระหว่าง 5°C – 40°C
2. คุณสมบัติด้านการใช้งาน
   2.1 ใช้ล้างคราบติดแน่นโดยเฉพาะคราบน้ำมัน
   2.2 ใช้ล้างจารบีที่ติดอยู่กับชิ้นงานต่างๆ โดยไม่กัดกร่อนโลหะทุกชนิด
   2.3 เป็นสารละลายเข้มข้นที่ระเหยได้และผสมให้เจือจางได้ในน้ำ ใช้ได้กับน้ำทะเล
   2.4 สามารถใช้ได้กับงานล้างชิ้นส่วนของเครื่องจักร โดยไม่ส่งผลกระทบต่อพื้นผิว
3. ข้อควรระวัง
   3.1 ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสผิวหนัง นัยน์ตา และปาก
   3.2 ควรสวมเครื่องป้องกันระหว่างปฏิบัติงาน
   3.3 ในกรณีของการสัมผัสโดยอุบัติเหตุควรล้างด้วยน้ำสะอาด
   3.4 ในกรณีที่อาการไม่ดีขึ้น ควรปรึกษาแพทย์
   3.5 ควรล้างมือทุกครั้งหลังการใช้ CHEMAX 302
4. การเก็บรักษา
   4.1 ควรเก็บในสถานที่เย็นและอากาศถ่ายเทสะดวก
   4.2 ควรปิดฝาภาชนะเก็บน้ำยาให้สนิท

3.3 เครื่องทำความสะอาดในงานทางอุตสาหกรรม

เครื่องทำความสะอาดที่ออกแบบและสร้างขึ้นมาใช้งานในทางอุตสาหกรรมมีอยู่หลายแบบ เช่น เครื่องล้างชิ้นส่วนรถยนต์ เครื่องล้างกล่องและภาชนะ เครื่องล้างชิ้นส่วนและอะไหล่ เป็นต้น ซึ่งการเลือกใช้เครื่องทำความสะอาดในงานทางอุตสาหกรรมนั้น จะขึ้นอยู่กับลักษณะของพื้นผิวและชิ้นงานที่ต้องการทำความสะอาด หรือความต้องการใช้งานเครื่องทำความสะอาดที่มีลักษณะการทำงานเป็นแบบอัตโนมัติ เครื่องทำความสะอาดที่ใช้ทำความสะอาดในงานทางอุตสาหกรรม เช่น

3.3.1 เครื่องทำความสะอาด ชนิด Tank Type เป็นเครื่องที่ใช้ทำความสะอาดคราบน้ำมัน และสิ่งสกปรกต่างๆ ในงานทางอุตสาหกรรม (ดังภาพประกอบ 13) ซึ่งช่วยให้ผู้ปฏิบัติสามารถทำงานได้สะดวก รวดเร็ว รวมถึงทำให้มีความปลอดภัยจากสารพิษต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่กับคราบน้ำมันหล่อลื่น เครื่องทำความสะอาดชนิด Tank Type มีรายละเอียดข้อมูลทางเทคนิคดังตาราง 2

ภาพประกอบ 13 เครื่องทำความสะอาดชนิด Tank Type

ที่มา: บริษัท บี เจ มอเตอร์พาร์ท จำกัด. (2554). *Technical Data - Tank Type.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.runstopbj.com/washing_machine.htm

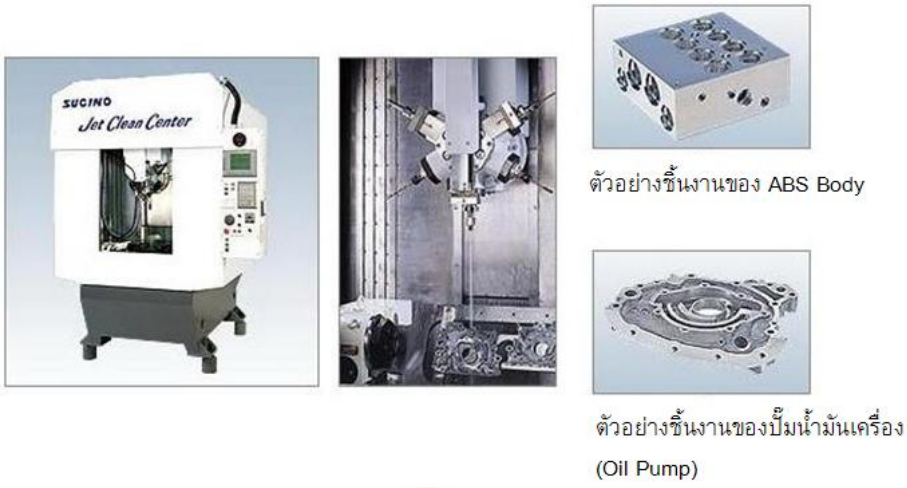
ตาราง 2 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำความสะอาด ชนิด Tank Type

Technical Data	PSQ 105	PSQ 120
Outside Diameter (mm.)	1,400	1,650
Width (mm.)	1,700	1,950
Height (mm.)	1,050	1,200
Basket Diameter (mm.)	1,050	1,200
Basket Max Load (kgs.)	500	500
Solution Capacity (Liters.)	450	600
Working Pressure (bars)	4	4
Motor (kw.)	4	4
Heater (kw.)	18	18
Supplied Voltage, (volts)	380/220	380/220
Phases	3	3
Frequency, (Hz.)	50/60	50/60

ที่มา: บริษัท บี เจ มอเตอร์พาร์ท จำกัด. (2554). *Technical Data - Tank Type.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.runstopbj.com/washing_machine.htm

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เครื่องทำความสะอาดชนิด Tank Type สามารถทำความสะอาดได้ เช่น ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เสื้อสูบ อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบ ก้านสูบ เพลาข้อเหวี่ยง ล้อช่วยแรง วาล์วไอดี วาล์วไอเสีย และเพลาลูกเบี้ยว เป็นต้น เครื่องทำความสะอาดชนิด Tank Type นี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานประเภทอื่นๆ ได้แก่ การเช็คปั๊มเครื่องยนต์ การทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องจักรกลต่างๆ เช่น เพลา เฟือง มูเล่ ลูกปืน เป็นต้น โรงงานพ่นสีชิ้นส่วนต่างๆ โรงงานผลิตชิ้นส่วนและอะไหล่รถยนต์ โรงงานชุบซิ้งค์และโครเมี่ยม (บริษัท บี เจ มอเตอร์พาร์ท จำกัด. 2554: ออนไลน์)

3.3.2 เครื่องล้างและขจัดเศษวัสดุของชิ้นงานด้วยระบบแรงดันน้ำกำลังสูง (High Pressure Washing and Deburring Machine) เป็นเครื่องชะล้างและขจัดเศษวัสดุของชิ้นงานที่ผลิต ด้วยระบบการอัดฉีดด้วยน้ำแรงดันสูง สามารถขจัดและไล่เศษวัสดุที่ติดค้างอยู่ภายในชิ้นงานได้ (ดังภาพประกอบ 14)



ภาพประกอบ 14 เครื่องล้างและขจัดเศษวัสดุของชิ้นงานด้วยระบบแรงดันน้ำกำลังสูง

ที่มา: บริษัท Sugino Machine Limited. (2554). *เครื่องล้างเศษวัสดุด้วยแรงดันน้ำกำลังสูง*. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.sugino.com/products/t_yoto/wj_clean.html

3.3.3 เครื่องล้างระบบน้ำแรงดันสูงแบบจมน้ำ (Submurged High Pressure Washing Machine) เป็นเครื่องล้างและขจัดเศษวัสดุที่ติดค้างอยู่ภายในชิ้นงานผลิต แบบชิ้นงานจมอยู่ใต้น้ำ (Submurged Washing) ซึ่งสามารถขจัดสิ่งต่างๆ ที่ติดค้างอยู่ภายในชิ้นงานออกได้ (ดังภาพประกอบ 15)

ภาพประกอบ 15 เครื่องล้างระบบน้ำแรงดันสูงแบบจมน้ำ

ที่มา: บริษัท Sugino Machine Limited. (2554). *เครื่องล้างเศษวัสดุด้วยแรงดันน้ำกำลังสูง*. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.sugino.com/products/t_yoto/wj_clean.html

3.3.4 เครื่องขจัดเศษครีบแบบฉีด (Media Injection Deburring Machine) เป็นเครื่องที่เหมาะสำหรับงานที่ต้องการขจัดรอยครีบที่ติดอยู่บนชิ้นงาน ด้วยระบบแรงดันน้ำกำลังสูง สามารถขจัดรอยครีบในชิ้นงานที่ผลิตได้อย่างละเอียด (ดังภาพประกอบ 16)

ภาพประกอบ 16 เครื่องขจัดเศษครีบแบบฉีด

ที่มา: บริษัท Sugino Machine Limited. (2554). *เครื่องล้างเศษวัสดุด้วยแรงดันน้ำกำลังสูง*. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.sugino.com/products/t_yoto/wj_clean.html

3.3.5 เครื่องล้างชิ้นส่วนรถยนต์ (Automotive Jet Cleaner) ใช้สำหรับการล้างชิ้นส่วนที่เป็นโลหะต่างๆ รวมถึงพลาสติก (ดังภาพประกอบ 17)

ภาพประกอบ 17 เครื่องล้างชิ้นส่วนรถยนต์

ที่มา: บริษัทเวิลด์สเปรย์เทคโนโลยีและออกแบบ จำกัด. (2554). *เครื่องล้างชิ้นส่วนรถยนต์*. สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.cyco-nozzle.com/jet%20cleaner.html

3.3.6 เครื่องล้างกล่อง-ภาชนะ (Crate Washer Machine) ใช้ในการทำความสะอาดภาชนะต่างๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตทั้งในไลน์อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมรถยนต์ และอุตสาหกรรมการผลิตอื่นๆ เช่น ตะกร้า ถาด ลัง กล่อง หรือภาชนะอื่นๆ ที่มีขนาดหรือลักษณะใกล้เคียง โดยการออกแบบจะแบ่งเครื่องล้างออกเป็นโซนสำหรับล้างภาชนะด้วยระบบน้ำหมุนวนผ่านไปยังหัวฉีด และไหลผ่านไปยังตะแกรงที่เตรียมไว้สำหรับกรองเศษสิ่งสกปรกที่สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้โดยง่าย และมีชุด Skimmer สำหรับกวาดคราบน้ำมันในน้ำที่ติดมากับภาชนะเพื่อรักษาสมดุลของน้ำให้สะอาด ใช้งานได้นานขึ้น การออกแบบเครื่องล้างยังรวมถึงระบบน้ำร้อนที่สามารถควบคุมอุณหภูมิความร้อนด้วยระบบไฟฟ้า และการผสมน้ำยาทำความสะอาด (Detergent) คลอรีน สามารถตั้งค่าความเข้มข้นได้ ภาชนะที่ผ่านกระบวนการล้างจะมีความสะอาดเหมือนกันทุกใบ เครื่องล้างภาชนะนี้มีประสิทธิภาพในการล้างได้ตั้งแต่ 250 ถึง 1,000 ใบต่อชั่วโมง (ดังภาพประกอบ 18)

ภาพประกอบ 18 เครื่องล้างกล่อง-ภาชนะ

ที่มา: บริษัททีอาร์โมเดิร์น อินดัสทรี จำกัด. (ม.ป.ป.). *เครื่องล้าง (Washer Machine).* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. อัดสำเนา.

3.3.7 เครื่องล้างชิ้นส่วน-อะไหล่ (Part Washer Machine) ใช้สำหรับทำความสะอาดชิ้นงานและอะไหล่งานต่างๆ ของกระบวนการผลิต เช่น ชิ้นส่วนรถยนต์ (เช่น เพลา คลัทช์ โช๊คบ่าวาล์วรถยนต์) ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ หรือชิ้นส่วนอื่นๆ ที่ต้องการ การออกแบบจะแบ่งออกเป็นโซนเช่นเดียวกับเครื่องล้างกล่องและภาชนะ ฉีดล้างทำความสะอาดด้วยระบบน้ำหมุนวนผ่านไปยังหัวฉีดต่างๆ ไปยังตะแกรงกรองเศษที่สามารถถอดล้างทำความสะอาดได้โดยง่าย พร้อมชุด Belt Skimmer กวาดคราบน้ำมันบนผิวน้ำในกรณีที่ชิ้นงานมีน้ำมันติดมาด้วยจาก Process การผลิต การออกแบบเครื่องยังรวมถึงระบบน้ำร้อนที่ควบคุมอุณหภูมิด้วยระบบไฟฟ้า มีการผสมน้ำยาทำความสะอาดที่สามารถตั้งค่าของความเข้มข้นได้ มีระบบเป่าลมไล่หยดน้ำด้วย Blower เพื่อรักษาปริมาณน้ำให้คงที่และไม่สูญเสียมากขึ้น ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการล้างทั้งหมดแต่ละชิ้นจะมีความสะอาดเหมือนกัน (ดังภาพประกอบ 19)

ภาพประกอบ 19 เครื่องล้างชิ้นส่วน-อะไหล่

ที่มา: บริษัททีอาร์โมเดิร์น อินดัสทรี จำกัด. (ม.ป.ป.). *เครื่องล้าง (Washer Machine).* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ. อัดสำเนา.

สรุป

การทำความสะอาดเป็นกิจกรรมที่มนุษย์ต้องทำเป็นประจำทุกวัน เช่น การทำความสะอาดร่างกาย บ้านเรือน เครื่องใช้สอย ยานพาหนะ เป็นต้น แต่ถ้ามีการทำความสะอาดอย่างจริงจัง เป็นคนช่างสังเกตและเอาใจใส่ต่อการทำความสะอาดก็จะทำให้มีโอกาสได้เห็นความผิดปกติของเครื่องยนต์ เครื่องจักร แต่โดยปกติจะไม่ค่อยมีใครสนใจเรื่องนี้นักเนื่องจากความผิดปกติมักจะเป็นจุดเล็กๆ แต่มีความสำคัญต่อประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ เครื่องจักรกล เช่น การรั่วซึมของน้ำมันเครื่อง การหลุดหลวมของน็อต สกรู แหวนรอง ตัวจับยึดประเภทต่างๆ เกิดรอยแตก รอยบิ่น รอยร้าว เป็นต้น ดังนั้น การทำความสะอาด จึงถือเป็นการตรวจสอบได้เช่นกัน ลักษณะของการทำความสะอาดที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งคือ ไม่ได้ทำความสะอาดเฉพาะพื้นผิวภายนอกให้ดูสะอาดเท่านั้น เพราะไม่เพียงพอที่จะค้นพบความบกพร่องผิดปกติที่ซุกซ่อนอยู่ตามซอกมุม และตามชิ้นส่วนที่อยู่ภายในตัวเครื่องยนต์ เครื่องจักรกล การทำความสะอาดที่ถูกต้องจึงต้องทำความสะอาดทั้งภายนอกและภายในตัวเครื่องยนต์ เครื่องจักรกล เพื่อเป็นการตรวจสอบปัญหาต่างๆ เช่น สิ่งสกปรก การรั่วซึม ชิ้นส่วนสูญหาย การสึกหรอ การสั่นสะเทือน สนิม รอยขีดข่วนต่างๆ เป็นต้น แต่การทำความสะอาดเครื่องยนต์ เครื่องจักรกล ในแต่ละครั้งจะต้องใช้ระยะเวลาและช่างปฏิบัติงานอาจจะได้รับอันตรายจากสารพิษต่างๆ ที่ผสมอยู่ในสารทำความสะอาด ดังนั้นเพื่อเป็นการหลีกเลี่ยงปัญหาดังกล่าวเครื่องทำความสะอาดชนิดต่างๆ จึงถูกออกแบบและสร้างขึ้นมาเพื่อใช้ทดแทนแรงงานคน สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เพื่อช่วยให้ช่างปฏิบัติงานได้อย่างปลอดภัยสามารถหลีกเลี่ยงสารพิษอันตรายที่ผสมอยู่ในน้ำมันเชื้อเพลิงและลดปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมาล้างคราบน้ำมันหล่อลื่น

4. การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

เครื่องใช้ต่างๆ ที่อยู่รอบตัวมนุษย์นั้นก่อนที่จะถูกผลิตเป็นผลิตภัณฑ์และนำมาใช้ในชีวิตประจำวันนั้นจะต้องผ่านกระบวนการออกแบบและการเลือกใช้วัสดุที่เหมาะสมสำหรับชิ้นส่วนแต่ละชิ้นในผลิตภัณฑ์นั้น โดยต้องคำนึงถึงปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกันหลายประการ เช่น เทคโนโลยีการผลิตที่ต้องใช้ การตรวจสอบคุณภาพ สมรรถนะของผลิตภัณฑ์ การแข่งขันทางการตลาด การประชาสัมพันธ์ และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เป็นต้น (บัญชา ธนบุญสมบัติ. 2543: 2) และสิ่งสำคัญที่สุดสำหรับการออกแบบผลิตภัณฑ์ เช่น เครื่องจักรกลต่างๆ คือ ต้องมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน จากผลการศึกษาวิจัยการเกิดอุบัติเหตุจากการทำงานในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ พบว่า จำนวน 10% ของการเกิดอุบัติเหตุทุกครั้งจะมีสาเหตุที่เกิดมาจากความผิดพลาดของเครื่องจักร (Mechanical failure) เช่น ส่วนที่เป็นอันตรายของเครื่องจักรไม่มีอุปกรณ์หรือเครื่องป้องกันอันตราย (วิฑูรย์ สิมะโชคดี; และ วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. 2553: 20; อ้างอิงจาก Heinrich, H.W. 1959. *Industrial Accident Prevention.* 4th ed.)

คำว่า การออกแบบ มีความหมายอยู่หลายความหมาย สามารถสรุปได้ ดังนี้

การออกแบบ หมายถึง การใช้ความคิดในการเลือกใช้วัสดุเพื่อสร้างสรรค์งานศิลปะให้มีหน้าที่ใช้สอยตามความต้องการทั้งในด้านประโยชน์ต่างๆ และความงามในรูปร่างลักษณะตลอดทั้งรูปทรง (ทำนอง จันทิมา. 2532: 2)

การออกแบบ หมายถึง การปรับปรุงแบบ ผลงาน หรือสิ่งต่างๆ ที่มีอยู่แล้วให้เหมาะสม มีความแปลกใหม่เพิ่มขึ้น เช่น เก้าอี้นั่งที่ทำขึ้นมาใช้ซึ่งเมื่อใช้ไปนานๆ ผู้ใช้จะเกิดการเบื่อหน่ายในรูปทรง จึงต้องปรับปรุงให้เป็นรูปแบบใหม่สวยกว่าเดิม แปลกกว่าเดิม แต่ทั้งนี้ความเหมาะสม ความสะดวกสบายในการใช้งานยังคงเหมือนเดิมหรือดีกว่าเดิม เป็นต้น (สาคร คันธโชติ. 2528: 6)

การออกแบบ หมายถึง การรวบรวมหรือการจัดองค์ประกอบทั้ง 2 มิติ และ 3 มิติ เข้าด้วยกันอย่างมีหลักเกณฑ์ การนำองค์ประกอบของการออกแบบมาจัดรวมกันนั้น ผู้ออกแบบจะต้องคำนึงถึงประโยชน์ใช้สอยและความงามอันเป็นคุณลักษณะสำคัญของการออกแบบ การออกแบบเป็นศิลปะของมนุษย์เนื่องจากเป็นการสร้างค่านิยมทางความงามและสนองคุณประโยชน์ทางกายภาพให้แก่มนุษย์ (สาคร คันธโชติ. 2528: 6)

การออกแบบ หมายถึง กระบวนการที่สนองความต้องการในสิ่งใหม่ๆ ของมนุษย์ ซึ่งส่วนใหญ่เพื่อให้ชีวิตอยู่รอดและมีความสะดวกสบายเพิ่มขึ้น (สาคร คันธโชติ. 2528: 6)

งานออกแบบเป็นผลรวมขั้นสุดท้ายจากกระบวนการทำงานของฝ่ายต่างๆ ที่เกี่ยวข้องร่วมกันพัฒนาแบบ ดังนั้นงานออกแบบที่ดีจึงเกิดขึ้นจากการทำงานประสานกันอย่างรอบคอบในการรวบรวมข้อมูล การแยกแยะ และจัดลำดับความสำคัญของปัญหาได้อย่างถูกต้องตลอดจนความสามารถในการเชื่อมโยงองค์ประกอบต่างๆ ในงานออกแบบเข้าด้วยกันได้เป็นอย่างดี จนทำให้เหลือปัญหาตกค้างอยู่น้อยที่สุด หลักเกณฑ์การพิจารณางานออกแบบโดยทั่วไปจะมาจากการพิจารณาปัจจัยที่มีผลต่องานออกแบบนั้นๆ แบ่งออกเป็นปัจจัยภายในและปัจจัยภายนอก (นวลน้อย บุญวงษ์. 2542: 121-137) สรุปได้ 5 หัวข้อ คือ

1. ประโยชน์ใช้สอย ประโยชน์ใช้สอยเป็นศูนย์กลางของการออกแบบที่นักออกแบบจำเป็นต้องคำนึงถึงเป็นประการแรก เพราะถ้างานออกแบบที่นำมาพิจารณาขาดความเหมาะสมทางการใช้สอย ตลอดจนไม่ให้ความสะดวกสบายและความปลอดภัย ก็นับว่าเป็นความสิ้นเปลืองและความสูญเปล่า ประโยชน์ใช้สอยมีผลต่อการเลือกใช้ลักษณะรูปทรง วัสดุและกรรมวิธีการผลิต งานออกแบบที่ดีอย่างแท้จริงจึงควรเป็นงานที่มีประโยชน์ครอบคลุมตั้งแต่ก่อนการใช้งาน ขณะใช้งานและภายหลังเสร็จสิ้นการใช้งานแล้ว มีลักษณะถูกต้องสอดคล้องกับสรีระส่วนที่ใช้งาน จึงไม่ก่อให้เกิดความเมื่อยล้าอันเป็นการบั่นทอนประสิทธิภาพในการทำงาน

2. ความงาม ความงามมักเกิดขึ้นจากลักษณะโดยรวมของรูปทรงตลอดจนการตกแต่งหน้าตาของงานออกแบบเป็นสิ่งที่มีความสำคัญไม่น้อยไปกว่าด้านประโยชน์ใช้สอย ลักษณะความงามของงานออกแบบควรพิจารณาตามประเภทหรือธรรมชาติเฉพาะของงานออกแบบนั้นๆ ผลิตภัณฑ์แต่ละชนิดที่มีหน้าที่ใช้สอยเฉพาะอย่าง และทำขึ้นให้เหมาะกับผู้ใช้เฉพาะกลุ่ม ดังนั้นลักษณะหน้าตาที่ปรากฏจึงควรสามารถสื่อถึงลักษณะการใช้งานและอยู่ในแนวทางที่เหมาะสม

กับกลุ่มผู้ใช้ จึงจะเรียกได้ว่าเป็นงานออกแบบที่มีความงามอย่างถูกต้อง นอกจากมีลักษณะหน้าตาที่สื่อได้เหมาะสมดังกล่าวแล้ว งานออกแบบที่ดียังต้องมีลักษณะเฉพาะซึ่งสามารถสร้างความสนใจต่อผู้พบเห็น มีความใหม่และมีเอกลักษณ์แตกต่างจากงานออกแบบที่มีอยู่ทั่วไป

3. การเลือกใช้วัสดุและคุณภาพการผลิต ในปัจจุบันนักออกแบบมีทางเลือกอย่างกว้างขวางสำหรับการนำวัสดุชนิดต่างๆ ตลอดจนเทคโนโลยีทางการผลิตที่มีความก้าวหน้ามาใช้กับงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอยในด้านความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน ผลิตได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดความสูญเสียระหว่างการผลิต และเป็นกรรมวิธีที่ช่วยให้งานออกแบบมีความประณีตเรียบร้อยปราศจากตำหนิแม้ในส่วนลายละเอียดให้สังเกตเห็นได้ ลักษณะโดยรวมที่เกิดขึ้นจากการรู้จักเลือกใช้วัสดุ และกรรมวิธีการผลิตอย่างถูกต้องช่วยงานออกแบบมีคุณภาพดี อันเป็นคุณค่าที่สำคัญสำหรับงานออกแบบในปัจจุบัน ซึ่งผู้บริโภคมีมาตรฐานการดำรงชีวิตที่ดีขึ้นและต้องการงานออกแบบที่มีคุณภาพสูง

4. ความเหมาะสมทางการตลาด ความถูกต้องตามกฎระเบียบ ระบบและการคำนึงถึงสภาพแวดล้อม เกณฑ์พิจารณาเหล่านี้มาจากปัจจัยภายนอกงานออกแบบ ลักษณะงานออกแบบที่ดีควรมีความสอดคล้องกับความต้องการของตลาด มีราคาที่เหมาะสมสามารถแข่งขันได้เป็นอย่างดี มีการออกแบบอย่างรอบคอบไม่ขัดกับกฎระเบียบข้อบังคับตลอดจนระบบที่ใช้กันเป็นมาตรฐานสากลในขณะนั้น นอกจากนี้ยังเป็นงานออกแบบที่แสดงสำนึกความมีส่วนรับผิดชอบต่อปัญหาสภาพแวดล้อมที่เกิดขึ้น ปัจจัยภายนอกเหล่านี้แม้จะไม่ใช่เกณฑ์สำคัญเป็นอันดับแรกของการพิจารณางานออกแบบ แต่ก็อาจเป็นเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินชี้ขาดเมื่อเปรียบเทียบกันในด้านต่างๆ แล้ว

5. ความก้าวหน้าทางการประดิษฐ์คิดค้น นอกเหนือจากเกณฑ์พื้นฐานแล้ว ในปัจจุบันพบว่างานออกแบบส่วนใหญ่ได้รับการออกแบบให้ถูกต้องตามมาตรฐานและมีลักษณะสอดคล้องตามเกณฑ์เบื้องต้นครบถ้วน จึงทำให้การพิจารณาผลิตภัณฑ์ที่ดีสมัยนี้มุ่งเน้นไปในประเด็นเกี่ยวกับการประดิษฐ์คิดค้นหรือการสร้างให้เกิดสิ่งใหม่ หรือนวัตกรรม (Innovation) นั้น อาจทำได้ 2 ลักษณะ คือ การนำงานออกแบบเก่ามาปรับปรุงทางด้านการใช้สอยให้มีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นและอยู่ในลักษณะหน้าตาใหม่ และการสร้างให้เกิดการใช้งานอย่างใหม่ให้สอดคล้องกับวิถีชีวิตที่เปลี่ยนไป โดยอาศัยความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีที่เกิดขึ้นมาประยุกต์ใช้อย่างเหมาะสม

เกณฑ์พิจารณางานออกแบบทั้ง 5 ข้อดังกล่าว เป็นการกำหนดหัวข้อหรือประเด็นในขอบเขตที่ใช้สำหรับการตรวจสอบ เพื่อคัดแยกงานออกแบบที่ไม่ถูกต้องเหมาะสมออกไป วิธีการออกแบบอย่างเป็นระบบนี้ ได้แบ่งการออกแบบออกเป็นขั้นตอนย่อยต่อเนื่องกัน มีการร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่มของผู้เชี่ยวชาญด้านต่างๆ และพยายามผสมผสานร่วมกันระหว่างวิธีการออกแบบลักษณะดั้งเดิมซึ่งใช้จินตนาการ ความชาญฉลาดและประสบการณ์ของนักออกแบบ กับวิธีการคิดอย่างนักวิทยาศาสตร์ซึ่งใช้ความเป็นเหตุเป็นผลและการทำงานอย่างเป็นระบบ

4.1 การออกแบบทางวิศวกรรม

การออกแบบทางวิศวกรรมเป็นกระบวนการสรรค์สร้างชิ้นส่วน อุปกรณ์ หรือระบบใหม่ สำหรับวิศวกรผู้ออกแบบจะต้องตั้งคำถามว่าชิ้นส่วน อุปกรณ์ หรือระบบที่ต้องการจะสามารถสร้างด้วยวัสดุอะไรและด้วยวิธีใดบ้าง และจะต้องหาคำตอบออกมาตามปัจจัยที่เป็นข้อกำหนดทางเทคนิคที่ต้องปฏิบัติตาม (บัญชา ธนบุญสมบัติ. 2543: 6) ดังนี้

4.1.1 ข้อกำหนดด้านสมรรถนะการใช้งานของสิ่งที่ต้องการจะสร้างคืออะไร คำตอบคือสมบัติต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการใช้งานนั้นๆ เช่น สมบัติทางกล ทางกายภาพ ทางไฟฟ้า แม่เหล็ก เป็นต้น และข้อกำหนดทางเคมีจะต้องเป็นอย่างไร

4.1.2 ข้อมูลสำหรับการออกแบบมีครบแล้วหรือไม่ และครอบคลุมข้อกำหนดทั้งหมดแล้วหรือยัง

4.1.3 สิ่งที่สร้างใหม่สามารถเข้ากันได้กับชิ้นส่วน อุปกรณ์ และระบบที่มีอยู่เดิมหรือไม่

จากนั้นจะต้องพิจารณาเพื่อการตัดสินใจเลือกวัสดุและกรรมวิธีการผลิตดังนี้

1. วัสดุที่กำลังพิจารณาหาได้ง่ายเพียงใด เชื่อถือได้แค่ไหน จำเป็นต้องทำการตรวจสอบสภาพการใช้งานบ่อยแค่ไหน เสียค่าใช้จ่ายมากน้อยแค่ไหน

2. ราคาของวัสดุและกระบวนการผลิตในระดับที่ยอมรับได้เป็นเท่าไหร่ และเมื่อเปรียบเทียบกับระบบอื่นแล้วเป็นอย่างไรบ้าง

3. ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในการเลือกใช้วัสดุนี้เป็นอย่างไร และเมื่อชิ้นส่วนหรือระบบหมดอายุแล้ว เราจะจัดการอย่างไร

4. ในกรณีที่ชิ้นส่วนหรือระบบเกิดความเสียหายระหว่างการใช้งาน จะมีผลกระทบโดยตรงและผลกระทบต่อเนื่องอย่างไรบ้าง จะเกิดอะไรขึ้นในกรณีที่เกิดความเสียหายต่อวัสดุนั้น

การดำเนินการออกแบบเครื่องจักรกลหรือชิ้นส่วนจะต้องประกอบด้วยหลักการและขั้นตอน (มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2545: 1) ดังนี้

1. การวางแผน (Planning) คือ การเลือกงานที่จะออกแบบ

2. แนวคิด (Concept) คือ การแจงรูปแบบของงานออกแบบ การแบ่งแยกของระบบทำงานรวมไปเป็นระบบการทำงานย่อย (Subsystem) การรวมแนวการออกแบบเพื่อให้เกิดเป็นระบบทำงานรวม การประเมินคุณค่าแนวการออกแบบในเชิงวิศวกรรมและเชิงเศรษฐศาสตร์

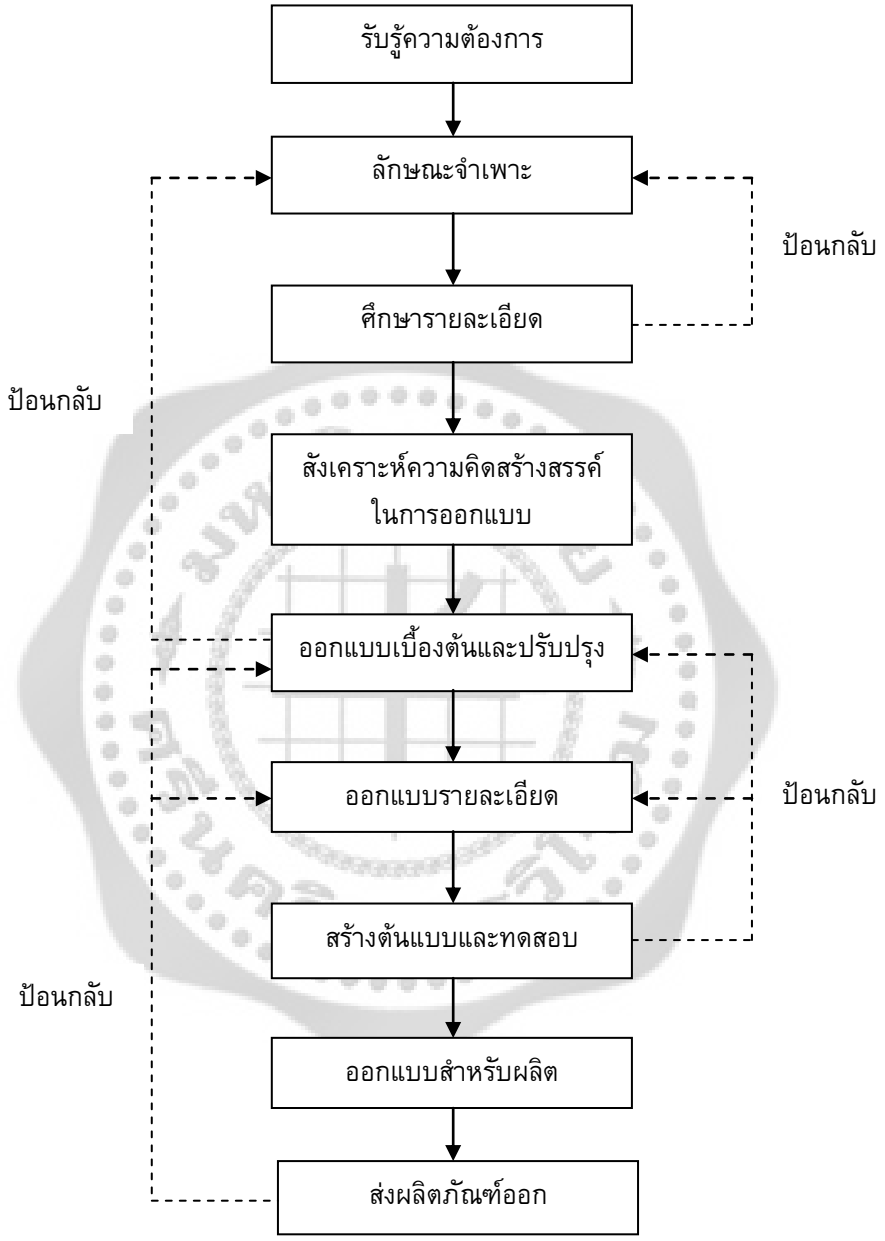
3. การออกแบบร่าง (Lay Out) คือ การออกแบบร่างอย่างเป็นมาตราส่วน โดยจะต้องมีการประเมินคุณค่าการออกแบบร่างเชิงวิศวกรรม เชิงเศรษฐศาสตร์ และการปรับปรุงออกแบบร่างให้ดีขึ้นด้วยการออกแบบรูปร่างในโซนต่างๆ ให้ดูเหมาะสมมากขึ้น

4. การออกแบบรายละเอียด คือ การเขียนรายละเอียดรูปร่างชิ้นส่วนย่อยให้มีความเหมาะสม (การเลือกใช้ชิ้นส่วนมาตรฐาน เช่น สกรู สลัก โซ่ สายพาน เป็นต้น ตารางรายการวัสดุ วิธีการผลิต การประกอบ การขนส่ง และการเก็บรักษา การตรวจสอบต้นทุนการผลิต การสร้างชุดต้นแบบ (Prototype) หรือโมเดล (Model) และการตัดสินใจเพื่อการผลิต)

การออกแบบรูปร่างจะเป็นจุดหลักของการออกแบบร่าง ที่เกี่ยวข้องกับกฎเกณฑ์ที่มีการกำหนดขึ้น การไม่คำนึงถึงกฎเกณฑ์กำหนดจะมีผลให้เกิดการผิดพลาดในกระบวนการผลิตและการนำไปใช้งาน หลักเกณฑ์พื้นฐานในการออกแบบรูปร่าง คือ โดดเด่น ผลิตง่าย ใช้งานง่าย และปลอดภัยต่อมนุษย์ รวมถึงสิ่งแวดล้อม (มานพ ตันตระบัณฑิตย์. 2545: 2) หลักเกณฑ์ในการออกแบบรูปร่างทั่วไป คือ (1) การทำงาน (Function) บรรลุตามวัตถุประสงค์หรือไม่ เช่น การทำงานของแต่ละส่วน เป็นต้น หรือการมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานที่กำหนด ประสิทธิภาพ ข้อขัดข้องหรือสิ่งรบกวนที่จะเกิดขึ้น และ (2) วัสดุและรูปร่างการผลิต

การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกลเกี่ยวข้องกับการออกแบบรูปร่าง พื้นฐานทางด้านการคำนวณ และหลักการเลือกใช้วัสดุสำหรับทำชิ้นส่วนตามความเหมาะสมกับการใช้เครื่องจักรกลกับงานลักษณะต่างกัน การออกแบบเครื่องจักรกลเป็นศิลปะของการพัฒนาทางด้านความคิดใหม่ๆ ทางด้านเครื่องจักรกล แล้วแสดงความคิดนั้นลงบนกระดาษในรูปของแบบ เครื่องจักรกลใหม่ๆ เกิดขึ้นได้ก็เพราะความต้องการในการใช้งาน และเกิดจากมโนภาพที่ได้จากบุคคลหลายฝ่าย เช่น ผู้ใช้เครื่องจักรกล ผู้ผลิตเครื่องจักรกล เป็นต้น ซึ่งผลจากความคิดเห็นต่างๆ ทำให้เกิดการดัดแปลงปรับปรุงเครื่องจักรกลอยู่ตลอดเวลา ค้นพบวิธีการแก้ปัญหาต่างๆ อย่างมากจนกระทั่งค้นพบวิธีที่ดีที่สุด สิ่งหนึ่งที่จะขาดไม่ได้ก็คือ ศิลปะในการออกแบบ ผู้ออกแบบที่ดีควรมีศิลปะในการออกแบบด้วย คือ ผู้ออกแบบต้องใช้ความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์สร้างแบบที่สามารถผลิตได้โดยวิธีทางวิศวกรรมซึ่งไม่เพียงแต่จะทำงานได้เท่านั้นแต่จะต้องผลิตได้โดยวิธีที่ประหยัดที่สุด และทำงานได้ดีมีประสิทธิภาพที่สุด (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์; และ ชาญ ถนัดงาน. 2534: 11) ผู้ออกแบบจะเริ่มต้นด้วยการเขียนและสร้างสรรค์แบบใหม่ๆ ขึ้นมา แม้ว่าในการสร้างเครื่องจักรกลชนิดใหม่ที่ไม่เคยมีใช้มาก่อน จะต้องใช้ความคิดโดยอาศัยพื้นฐานความรู้ต่างๆ อาศัยประสบการณ์และใช้เวลามากหรือน้อยก็ตาม ผู้ออกแบบจะได้ผลกำไรจากความชำนาญทางด้านวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นหลายประการ การออกแบบส่วนมากจะทำตามแบบอย่างที่มีใช้อยู่ในอุตสาหกรรม เช่น เครื่องกลึงรุ่นใหม่ก็มีลักษณะคล้ายกับเครื่องกลึงรุ่นเก่า เพียงแต่มีการปรับปรุงให้ดีขึ้น เพราะมีความรู้และประสบการณ์มากขึ้น ในบางครั้งการปรับปรุงจะทำเมื่อต้องการประสิทธิภาพสูงขึ้น เพื่อเพิ่มผลการแข่งขันทางด้านการตลาด ปรัชญาของการออกแบบงานเฉพาะอย่างขึ้นอยู่กับลักษณะของอุตสาหกรรมหรือชนิดของเครื่องจักรกล การออกแบบในบางครั้งจะมีแบบต่างๆ หลายแบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ออกแบบว่าประสงค์จะให้งานออกมาในรูปใด งานออกแบบบางชนิดผู้ออกแบบจะต้องค่อยๆ เปลี่ยนแปลงปรัชญาให้เหมาะสมกับธรรมชาติของงานนั้น เช่น เมื่อออกแบบเครื่องบินจะต้องทำด้วยความแม่นยำสูง ระวังทางด้านความต้านแรงและน้ำหนัก ซึ่งเป็นการออกแบบที่เสียค่าใช้จ่ายสูง เมื่อเปรียบเทียบกับการออกแบบถังความดันขนาดใหญ่ ผู้ออกแบบไม่จำเป็นต้องคำนึงถึงความแม่นยำสูงเหมือนกับการออกแบบเครื่องบิน เป็นต้น (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์; และ ชาญ ถนัดงาน. 2534: 12)

ขั้นตอนในการออกแบบทั่วไปซึ่งงานบางประเภทอาจไม่เป็นไปตามขั้นตอนดังกล่าวนี้ก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ออกแบบและกรรมวิธีในการออกแบบ (วริทธิ์ อึ้งภากรณ์; และ ชาญ ถนัดงาน. 2534: 14) มีขั้นตอนดังนี้ (ดังภาพประกอบ 20)



ภาพประกอบ 20 ขั้นตอนของการออกแบบที่มีวงป้อนกลับ

ที่มา: วริทธิ์ อึ้งภากรณ์; และ ชาญ ถนัดงาน. (2534). *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น. หน้า 14.

1. รับรู้ความต้องการ การออกแบบอาจเริ่มต้นจากการที่วิศวกรได้รับรู้ความต้องการและตัดสินใจที่จะทำอะไรบางสิ่งบางอย่างขึ้น หรืออาจได้รับข้อมูลจากลูกค้าที่เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ในด้านการใช้งานและคุณภาพของผลิตภัณฑ์อาจเป็นแรงผลักดันให้มีการออกแบบขึ้น การแข่งขันกันทางด้านธุรกิจและอุตสาหกรรม ทำให้เกิดความต้องการในการออกแบบอุปกรณ์ กระบวนการและเครื่องจักรกลใหม่ๆ สิ่งสำคัญคือ ต้องยอมรับรู้ว่าเกิดความต้องการขึ้นแล้ว ใช้ประสบการณ์พื้นฐานที่มีอยู่ทำความเข้าใจกับความต้องการนั้นให้ถ่องแท้

2. ลักษณะจำเพาะ รวบรวมรายละเอียดของสิ่งที่ต้องการออกแบบให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ซึ่งอาจประกอบไปด้วย คุณลักษณะ ขนาด ราคา จำนวนที่ต้องการผลิต อายุการใช้งาน อุณหภูมิใช้งาน ความเชื่อถือได้ และสิ่งที่คาดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงได้บ้าง เช่น น้ำหนัก ขนาดต่างๆ พร้อมทั้งบางสิ่งบางอย่างที่เกิดขึ้นเนื่องจากการออกแบบ เช่น กรรมวิธีการผลิต ความชำนาญของช่าง และการแข่งขันทางด้านตลาด เป็นต้น การออกแบบงานบางประเภทต้องทำตามเกณฑ์ เช่น หม้อไอน้ำ ภาชนะความดัน ก็จำเป็นจะต้องศึกษาเกณฑ์นั้นให้ทราบถึงสิ่งสำคัญต่างๆ ที่เป็นข้อควรระมัดระวังและปฏิบัติตาม

3. ศึกษารายละเอียด เมื่อได้ลักษณะจำเพาะต่างๆ แล้วขั้นตอนต่อไปก็คือศึกษารายละเอียด ทั้งนี้ก็เพื่อแยกแยะถึงสิ่งที่อาจก่อให้เกิดความเสียหายหรือความล้มเหลวทางด้านเทคนิคและทางด้านเศรษฐศาสตร์ โดยปกติแล้วผู้ที่รับผิดชอบในการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นวิศวกรที่ผ่านงานออกแบบมาแล้วอย่างมาก มีความรู้ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ต่างๆ เป็นอย่างดี รู้วิธีเลือกใช้วัสดุ รู้วิธีการผลิตและความต้องการของแผนกขาย ผู้ที่ทำการศึกษารายละเอียดมักจะเป็นผู้รับผิดชอบโครงการทั้งหมด มีบ่อยครั้งที่ผลจากการศึกษารายละเอียดจะทำให้ลักษณะจำเพาะต้องเปลี่ยนไปเพื่อความสำเร็จของโครงการ

4. สังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ เมื่อศึกษารายละเอียดแล้ว ต่อไปก็จะถึงขั้นการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบ ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ท้าทายและน่าสนใจที่สุดในการออกแบบ การสังเคราะห์คือการวิเคราะห์และทำให้อำนวยประโยชน์ที่สุด ในขั้นนี้จะต้องสังเคราะห์ความคิดใหม่กับความคิดเก่าเพื่อทำให้เกิดความคิดใหม่ขึ้น ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่สั่งสอนกันไม่ได้แม้ว่าจะใช้วิธีกระตุ้นก็ตาม แต่เชื่อได้ว่าการศึกษาที่เหมาะสมทำให้มนุษย์มีกระบวนการความคิดสร้างสรรค์กว้างขวางขึ้น

5. ออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หลังจากผ่านกระบวนการสังเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ในการออกแบบแล้ว อาจจะมีวิธีการออกแบบที่เหมาะสมกับลักษณะจำเพาะและความต้องการหลายวิธี จึงจำเป็นที่จะต้องตัดสินใจเลือกเอาวิธีใดวิธีหนึ่งเป็นแบบเบื้องต้นและปรับปรุงต่อไป ในขั้นนี้จำเป็นจะต้องมีแบบแสดงเครื่องจักรกลหรือระบบที่มีความเกี่ยวข้องกัน เพื่อหาความสัมพันธ์ต่างๆ ของระบบทั้งหมด แบบควรมีขนาดสำคัญพร้อมทั้งรูปประกอบ รูปด้านข้างอย่างสมบูรณ์ นอกจากนั้นยังต้องพิจารณาทางด้านคิเนมาติก (Kinematic) ของระบบด้วยเพื่อความมั่นใจว่าจะทำงานได้

6. ออกแบบรายละเอียด การออกแบบรายละเอียดเกี่ยวข้องกับขนาดจริง และขนาดของส่วนประกอบอื่นๆ ทั้งหมดทั้งที่จะผลิตขึ้นเอง หรือผลิตภัณฑ์สำเร็จที่จะซื้อมาใช้ ซึ่งจะประกอบเข้าด้วยกันทั้งหมดเป็นระบบ ดังนั้นจึงต้องมีแบบรายละเอียดของชิ้นส่วนทุกชิ้น แสดงรูปด้านต่างๆ เท่าที่จำเป็นโดยต้องกำหนดทั้งขนาด พิกัดความเผื่อไว้ให้ครบถ้วน วัสดุที่ใช้ กรรมวิธีความร้อน (ถ้ามี) จำนวนชิ้นส่วน ชื่อชิ้นส่วน และบางครั้งอาจจะต้องใช้แบบประกอบของชิ้นงานสำเร็จด้วย โดยปกติช่างเขียนแบบจะทำงานไปพร้อมกับวิศวกร เพื่อเขียนแบบที่วิศวกรกำหนดขึ้น วิศวกรจะต้องให้ข้อมูลต่างๆ ที่จำเป็น เช่น รูปแบบเบื้องต้นที่วิศวกรควรจะร่างขึ้นมาก่อน จะต้องให้ขนาด ชนิดของวัสดุโดยใช้เทคนิคในการวิเคราะห์และประสบการณ์ที่ผ่านมา ซึ่งหมายความว่าวิศวกรต้องใช้พื้นฐานทางคณิตศาสตร์ กลศาสตร์ ความแข็งแรงของวัสดุ กลศาสตร์ของไหล การสั่นสะเทือน โลหะวิทยา กระบวนการผลิต โดยที่วิศวกรอาจจะหาผู้ช่วยที่มีความชำนาญพิเศษเฉพาะสาขามาช่วยได้

7. สร้างต้นแบบและทดสอบ หลังจากที่มีรายละเอียดต่างๆ สมบูรณ์ มีแบบแยกชิ้นแบบประกอบ รวมทั้งวัสดุและรายการชิ้นส่วนต่างๆ แล้ว จึงส่งแบบที่สมบูรณ์ทั้งหมดไปยังโรงงานเพื่อสร้างต้นแบบ เมื่อสร้างต้นแบบเสร็จเรียบร้อยก็เตรียมประเมินผลและทดสอบ ผลจากการทดสอบอาจทำให้ต้องเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงการออกแบบเบื้องต้น หรือแบบรายละเอียดบางประการ หลังการเปลี่ยนแปลงปรับปรุงชิ้นส่วนบางชิ้นแล้วจะทดสอบและประเมินผลใหม่อีกครั้ง หรืออาจต้องทำอีกหลายครั้งจนกระทั่งวิศวกรผู้ออกแบบพึงพอใจว่ามีสมรรถนะตามต้องการ เมื่อถึงขั้นนี้แล้วจะส่งแบบชิ้นส่วนและรายการวัสดุไปยังแผนกวิศวกรรมการผลิตเพื่อปรับปรุงให้เหมาะสมกับการผลิตต่อไป

8. ออกแบบสำหรับผลิต ในขั้นนี้จะพิจารณาถึงการเปลี่ยนแปลงบางอย่างเพื่อความเหมาะสม (โดยมากจะพิจารณาจากหลักเศรษฐศาสตร์) ของวิธีการผลิตที่ดีที่สุด เนื่องจากการผลิตชิ้นงานน้อยชิ้นกับชิ้นงานมากชิ้นอาจจะต้องใช้วิธีการผลิตต่างกัน จึงต้องหาวิธีการผลิตที่ประหยัดที่สุด บางครั้งอาจรวมชิ้นงานหลายชิ้นเข้าเป็นชิ้นเดียวกัน หรือเปลี่ยนใช้ชิ้นส่วนที่มีในท้องตลาดแทน อีกประการหนึ่งวิศวกรอาจเลือกใช้วัสดุที่มีคุณภาพใกล้เคียงกันแต่ราคาถูกกว่าก็ได้ จากนั้นจึงเขียนแบบแก้ไขใหม่ให้เรียบร้อยแล้วจึงส่งฝ่ายผลิต เพื่อผลิตและส่งผลิตภัณฑ์ออกจำหน่าย

9. ส่งผลิตภัณฑ์ออก โดยปกติมักจะผลิตชิ้นงานต้นแบบแล้วทดสอบอีกครั้งหนึ่ง ถ้ามีปัญหาที่แก้ไขไม่ได้ก็จะส่งกลับไปยังแผนกออกแบบเบื้องต้นและปรับปรุง หรืออาจเสนอแนะข้อคิดเห็นไปได้

ขั้นตอนของกระบวนการออกแบบนั้นจะมีลักษณะเฉพาะที่สำคัญประการหนึ่งของการออกแบบอย่างเป็นระบบ คือ การแบ่งกระจายการทำงานออกจากกันเป็นขั้นตอนย่อยๆ เพื่อช่วยให้ผู้ทำงานสามารถมุ่งความสนใจกับงานแต่ละขั้นตอนได้อย่างเต็มที่ ช่วยลดความสับสนในการคิดค้นแก้ปัญหา (นวลน้อย บุญวงษ์. 2542: 138)

4.2 ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

การวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยได้เลือกอุปกรณ์และวัสดุต่างๆ มาใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อให้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีสมรรถนะตามที่ต้องการ ดังนี้

4.2.1 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ทำจากเหล็กแผ่นสำหรับงานโครงสร้างทั่วไปตามมาตรฐาน JIS G 3101 เกรด SS400 (Rolled Steel for General Structure, 400 MPa) เนื่องจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน JIS เกรด SS400 มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อได้ง่าย และเหมาะสำหรับงานโครงสร้างเหล็กเชื่อมประกอบต่างๆ เช่น การสร้างอาคาร สร้างสะพานเหล็ก การต่อเรือ หรือใช้ในงานโครงสร้างรถยนต์ เป็นต้น (บริษัทสหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน). 2554: ออนไลน์) เหล็กเกรด SS400 จะมีธาตุสำคัญเป็นส่วนผสมอยู่ ได้แก่ คาร์บอน (Carbon) แมงกานีส (Manganese) ฟอสฟอรัส (Phosphorus) และกำมะถัน (Sulphur) ทำให้เหล็กมีคุณสมบัติเหมาะสมกับการใช้งาน (บริษัทกรุงเทพเหล็กกล้า จำกัด. 2554: ออนไลน์) เหล็กเกรด SS400 มีรายละเอียดข้อมูลคุณสมบัติดังตาราง 3 และตาราง 4

ตาราง 3 ส่วนผสมทางเคมีของเหล็กเกรด SS400

มาตรฐาน	**ส่วนผสมทางเคมี (ไม่เกินร้อยละ)**			
	C	**Mn**	**P**	**S**
เกรด SS-400	-	-	0.050 (max.)	0.050 (max.)

หมายเหตุ: C คือ Carbon (คาร์บอน)
Mn คือ Manganese (แมงกานีส)
P คือ Phosphorus (ฟอสฟอรัส)
S คือ Sulphur (กำมะถัน)

ที่มา: บริษัทแม็กนั่ม สตีล จำกัด. (2554). *มาตรฐาน JIS SS-400.* สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554, จาก http://www.magnumsteel.co.th/standard.html#1

ตาราง 4 สมบัติทางกลของเหล็กเกรด SS400

ความหนา	สมบัติทางกล (ไม่ต่ำกว่า)		
	Tensile Strength (MN/m^2)	Yield Strength (MN/m^2)	Percentage (%) Elongation
ต่ำกว่า 5 mm	400 - 510	245	21%
5 - 16 mm	400 - 510	245	17%
16 - 40 mm	400 - 510	235	21%
40 mm ขึ้นไป	400 - 510	215	23%

ที่มา: บริษัทแม็กนั่ม สตีล จำกัด. (2554). *มาตรฐาน JIS SS-400.* สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554, จาก http://www.magnumsteel.co.th/standard.html#1

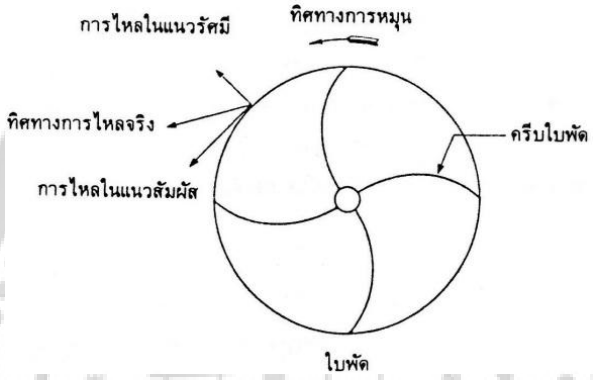
4.2.1 เครื่องสูบน้ำ (Pump) หรือที่เรียกว่า ปั๊มน้ำ คือ เครื่องมือกลที่ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว เพื่อให้ของเหลวไหลผ่านระบบท่อปิดจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งได้ตามความต้องการ พลังงานที่นำมาเพิ่มให้แก่ของเหลวนั้นอาจได้มาจากมอเตอร์ เครื่องยนต์ แรงลม แรงคน หรือพลังงานแหล่งอื่นๆ ก็ได้ (วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2529: 1)

4.2.1.1 การแยกประเภท มีการผลิตปั๊มน้ำเพื่อจำหน่ายอยู่หลายชนิด และเรียกชื่อแตกต่างกันออกไปจนบางครั้งทำให้เกิดการสับสน ดังนั้นจึงมีการจัดหมวดหมู่เพื่อให้สามารถแยกประเภทและเรียกชื่อได้ถูกต้อง การแยกประเภทอาจแบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

ก. แยกประเภทตามลักษณะการเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลว หรือการไหลเวียนของของเหลวในปั๊ม ได้แก่ (1) ประเภทเซนตริฟูกอล (Centrifugal) ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มประเภทนี้บางครั้งเรียกว่า ประเภท Roto-dynamic (2) ประเภทโรตารี่ (Rotary) ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการหมุนของฟันเฟืองรอบแกนกลาง (3) ประเภทลูกสูบชัก (Reciprocating) ทำหน้าที่เพิ่มพลังงานโดยอาศัยการอัดโดยตรงในกระบอกสูบ และ (4) ประเภทนอกแบบ (Special) ซึ่งเป็นปั๊มที่มีลักษณะพิเศษไม่สามารถจัดให้อยู่ใน 3 ประเภทแรกได้

ข. แยกประเภทตามลักษณะการขับดันของเหลวในปั๊ม ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ (1) ทำงานโดยไม่อาศัยหลักการแทนที่ของเหลว ปั๊มประเภทอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางอาจจัดให้อยู่ในกลุ่มนี้ได้ และ (2) ทำงานโดยอาศัยหลักการแทนที่ของเหลวในห้องสูบด้วยการเคลื่อนที่ของชิ้นส่วนของปั๊ม ปั๊มประเภทนี้รวมแบบโรตารี่และลูกสูบชักเข้าอยู่ในกลุ่มเดียวกัน

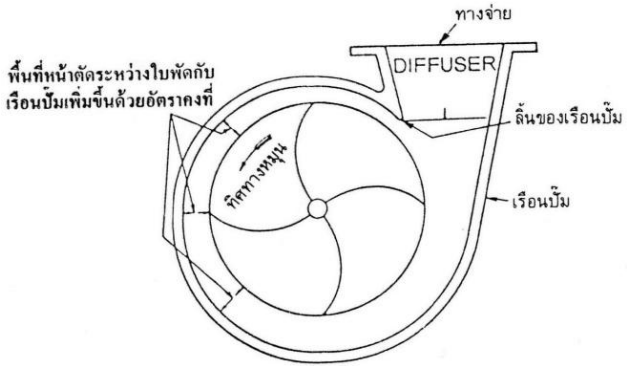
4.2.1.2 การทำงานของปั๊มน้ำชนิดเซนตริฟูกอล ปั๊มน้ำประเภทนี้ทำงานโดยอาศัยการหมุนของใบพัดหรืออิมเพลเลอร์ (Impeller) ที่ได้รับการถ่ายเทกำลังจากเครื่องยนต์ต้นกำลังหรือมอเตอร์ไฟฟ้าเมื่อใบพัดหมุนพลังงานจากเครื่องยนต์หรือมอเตอร์ไฟฟ้าก็จะถูกถ่ายเทโดยการผลักดันของครีบใบพัดต่อของเหลวที่อยู่รอบๆ ทำให้เกิดการไหลในแนวสัมผัสกับเส้นรอบวง เมื่อมีการไหลในลักษณะดังกล่าวก็จะเกิดแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง และเป็นผลให้มีการไหลจากจุดศูนย์กลางของใบพัดออกไปสู่แนวเส้นรอบวงทุกทิศทาง ดังนั้นของเหลวที่ถูกใบพัดผลักดันออกมาก็จะมีทิศทางการไหลที่เป็นผลรวมของแนวทั้งสอง (วิบูลย์ บุญยธโรกุล. 2529: 3) (ดังภาพประกอบ 21)



ภาพประกอบ 21 ทิศทางการไหลของของเหลวขณะผ่านออกจากใบพัดของปั๊มน้ำ

ที่มา: วิบูรณ์ บุญยธโรกุล. (2529). *ปั๊มและระบบสูบน้ำ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 3.

ตามหลักชลศาสตร์เมื่อของเหลวถูกหมุนให้เกิดแรงหนีจุดศูนย์กลาง ความกดดันของของเหลวจะมีค่ามากขึ้นเมื่ออยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางของใบพัดมากขึ้น เมื่อความเร็วของใบพัดซึ่งหมุนอยู่ในภาชนะปิดมากพอ ความกดดันที่จุดศูนย์กลางก็จะต่ำกว่าความกดดันของบรรยากาศ ดังนั้นปั๊มแบบอาศัยแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางจึงมีทางให้ของเหลวไหลเข้าหรือทางดูด (Suction Opening) อยู่ที่ศูนย์กลางใบพัด ของเหลวที่ถูกดูดเข้าทางศูนย์กลางเมื่อถูกผลักดันออกไปด้วยแรงผลักดันของครีบใบพัดและแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลางก็จะไหลออกมาตลอดแนวเส้นรอบวง ดังนั้นใบพัดจึงจำเป็นต้องอยู่ในเรือนปั๊ม เพื่อทำหน้าที่รวบรวมและผันของเหลวเหล่านี้ไปสู่ทางจ่าย (Discharge Opening) เพื่อต่อเข้ากับท่อส่งหรือระบบใช้งานต่อไป ลักษณะโดยทั่วๆ ไปของเรือนปั๊ม (วิบูรณ์ บุญยธโรกุล. 2529: 3-4) (ดังภาพประกอบ 22)



ภาพประกอบ 22 ลักษณะทั่วไปของเรือนปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล

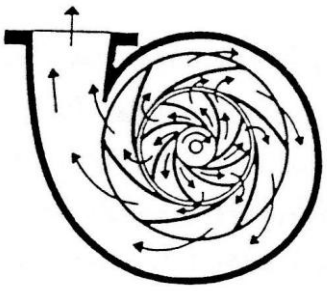
ที่มา: วิบูรณ์ บุญยธโรกุล. (2529). *ปั๊มและระบบสูบน้ำ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 4.

จากลิ้นของเรือนปั๊มไปตามทิศทางการหมุนของใบพัด จะมีของเหลวไหลออกมามากขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงของใบพัดที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นช่องว่างที่เป็นทางเดินของของเหลวระหว่างผนังของเรือนปั๊มกับใบพัดก็จะต้องเพิ่มขนาดขึ้นด้วย โดยหลักการแล้วอัตราการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดจะคงที่เพื่อให้ความเร็วของการไหลสม่ำเสมอซึ่งจะเป็นผลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลงนั่นเอง อย่างไรก็ตาม ความเร็วของการไหลจะลดลงเนื่องจากพลังงานบางส่วนถูกเปลี่ยนมาเป็นพลังงานศักย์ในรูปของความดันแทน

4.2.1.3 ปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล สามารถแยกได้หลายแบบดังนี้

ก. แบบหอยโข่ง (Volute Type) เป็นแบบพื้นฐานของปั๊มประเภทนี้ คือเป็นแบบที่ของเหลวที่ไหลเข้ามาสู่ศูนย์กลางของใบพัดมีทิศทางขนานกับแกนของเพลา แล้วไหลออกทำมุม 90° กับทิศทางที่ไหลเข้า ช่องทางเดินของของเหลวจากลิ้นของเรือนปั๊มมีพื้นที่หน้าตัดเพิ่มขึ้นตามความยาวของเส้นรอบวงในทิศทางการหมุนของใบพัด บางแบบมีการเพิ่มช่องทางเดินให้มากขึ้น การดัดแปลงแบบนี้จะช่วยให้แรงกดบนเพลาของปั๊มมีความสมดุลดีขึ้น

ข. แบบมีครีบผันน้ำ (Diffuser Type) ปั๊มแบบนี้มีลักษณะของใบพัดและรูปร่างภายนอกของเรือนปั๊มเหมือนกับแบบหอยโข่งทุกประการ จะผิดกันก็เพียงแต่ว่าภายในจะมีครีบผันน้ำเพิ่มขึ้นมา ครีบดังกล่าวซึ่งติดอยู่กับเรือนปั๊มจะช่วยให้ของเหลวที่ถูกผลักดันออกมาค่อยๆ เบนทิศทางไปสู่ช่องทางเดินซึ่งเป็นส่วนโค้งได้ดีขึ้น ทำให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยลง และเป็นผลให้การเปลี่ยนพลังงานจลน์มาเป็นพลังศักย์ในรูปของความดันมีประสิทธิภาพดีขึ้น (ดังภาพประกอบ 23)



ภาพประกอบ 23 ปั๊มน้ำประเภทเซนติฟูกอลแบบมีครีบผันน้ำ

ที่มา: วิบูรณ์ บุญยธโรกุล. (2529). *ปั๊มและระบบสูบน้ำ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 5.

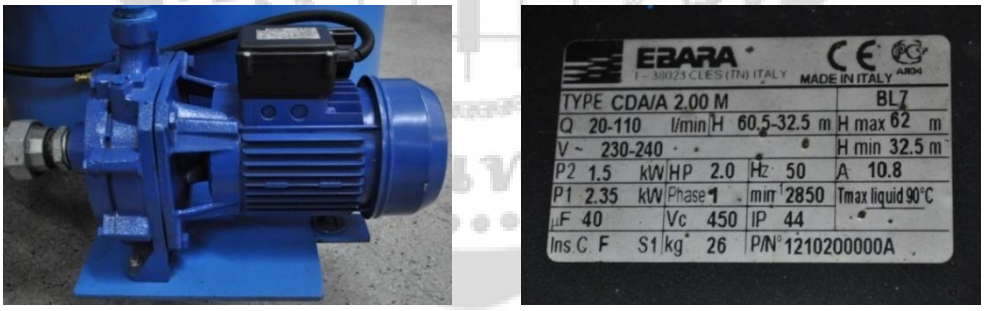
ค. แบบเทอร์ไบน์ (Turbine Type) บางครั้งเรียกว่าแบบ Vortex, Periphery หรือ Regenerative Turbine ลักษณะพิเศษของปั๊มคือใบพัดจะเป็นแผ่นแบบกลมมีความหนาครีบของใบพัดเกิดจากการเซาะร่องบนขอบของแผ่นใบพัด ทำให้เกิดเป็นแผ่นครีบแคบๆ และสั้นในแนวรัศมีขณะที่ของเหลวไหลเข้ามาจากทางดูดสู่ช่องว่างระหว่างครีบของใบพัดมันจะถูกเหวี่ยงออกด้วยแรงหนีศูนย์กลาง แต่เนื่องจากผนังของเรือนปั๊มปิดกั้นอยู่ ของเหลวดังกล่าวก็จะวิ่งย้อนกลับเข้ามาสู่ช่องว่างระหว่างใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไปอีก พลังงานที่ของเหลวได้รับจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ของเหลววิ่งเข้ามาสู่ช่องว่างระหว่างครีบของใบพัดและถูกเหวี่ยงออกไป ซึ่งมีค่าตั้งแต่ 2-50 ครั้ง ถ้าจำนวนครั้งมากพลังงานศักย์ของของเหลวก็จะมากตามขึ้นด้วย

ง. แบบ Vertical Turbine (Vertical Turbine Type) ปั๊มแบบนี้เดิมผลิตขึ้นมาสำหรับสูบน้ำจากบ่อบาดาล ดังนั้นบางครั้งจึงเรียกว่า ปั๊มน้ำบาดาล โดยแท้จริงแล้วใบพัดของปั๊มแบบนี้ไม่ใช่เป็นแบบเทอร์ไบน์ แต่เป็นแบบ Radial Flow หรือ Mixed Flow เนื่องจากส่วนประกอบทั้งหมดของปั๊มจะต้องประกอบกันเป็นท่อนทรงกระบอกเพื่อให้สามารถบรรจุลงในท่อบ่อน้ำบาดาลได้ และบ่อบาดาลส่วนใหญ่มีระดับน้ำลึกมาก ปั๊มชุดเดียวอาจให้พลังงานศักย์ไม่พอ ปั๊มแบบนี้จึงต้องออกแบบให้ใบพัดและเรือนปั๊มหลายชุดต่อเข้าด้วยกันได้เป็นชั้นๆ โดยอาศัยเพลาหมุนใบพัดท่อนเดียวกัน เรือนปั๊มก็จะต้องดัดแปลงให้รับน้ำจากใบพัดแล้วส่งขึ้นไปสู่ทางดูดของใบพัดตัวบนได้ และเนื่องจากลักษณะของเรือนปั๊มแตกต่างจากแบบหอยโข่ง ชื่อของส่วนนี้จึงเปลี่ยนไปเรียกว่า โบว์ล ภายในโบว์ลจะประกอบด้วยครีบผันน้ำซึ่งมีลักษณะของแบบมีครีบผันน้ำ โบว์ลหนึ่งชุดจะเทียบได้กับปั๊ม 1 เครื่อง ปั๊มแบบ Vertical Turbine โดยทั่วๆ ไป มีโบว์ลมากกว่าหนึ่งชั้นซ้อนกัน ในกรณีที่ว่านี้ก็อาจจำเป็นต้องบอกจำนวนชั้นควบคู่ไปกับการเรียกชื่อปั๊มด้วย เช่น Single-stage Vertical Turbine, Three-stage Deep Well Turbine สำหรับปั๊มที่มีโบว์ลชั้นเดียว และสามชั้นเป็นต้น

จ. แบบ Mixed Flow ปั๊ม Mixed Flow เป็นชื่อที่เรียกตามลักษณะของใบพัดหรือทิศทางการไหลของของเหลวออกจากใบพัด ปั๊มหรือใบพัดแบบนี้จะเพิ่มพลังงานให้แก่ของเหลวโดยอาศัยทั้งแรงเหวี่ยงและหนีจุดศูนย์กลางและแรงผลักดันของแผ่นใบพัดในแนวขนานกับแกนของเพลา ของเหลวที่ไหลออกจะทำมุม 45-80° กับแกนของเพลา ปั๊มแบบนี้ให้เฮดน้อยกว่าแบบ Radial Flow แต่จะให้อัตราการสูบสูงกว่า ใบพัดแบบ Mixed Flow ใช้กันมากในแบบ Vertical Turbine ปั๊มแบบ Mixed Flow นี้จะให้เฮดตั้งแต่ 3 ถึง 50 เมตร ต่อใบพัด 1 ชุด อัตราการสูบมากได้ถึง 7,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความเร็วปกติของใบพัดอยู่ที่ 1,450 รอบต่อนาที หรือมากกว่า

ฉ. แบบ Axial Flow ในปั๊มแบบ Axial Flow ของเหลวที่ไหลเข้าและออกจากใบพัดมีทิศทางขนานกับแกนของเพลา แรงที่เพิ่มพลังงานให้กับของเหลวเป็นแรงผลักดันในทิศทางการไหลเพียงอย่างเดียว ไม่มีแรงเหวี่ยงหนีจุดศูนย์กลาง ปั๊มแบบนี้ให้เฮดตั้งแต่ประมาณ 50 เซนติเมตร ถึง 7 เมตร ต่อใบพัด 1 ชุด อัตราการสูบอาจมากได้ถึง 100,000 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง ความเร็วปกติของใบพัดอยู่ที่ 1,160 รอบต่อนาที หรือมากกว่า

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล ยี่ห้อ EBARA ขนาด 1.5 KW, 2 HP (ดังภาพประกอบ 24) เนื่องจากการทำงานของปั๊มน้ำแบบนี้คือการหมุนของใบพัดทำให้เกิดเป็นแรงดัน ทำให้น้ำที่ปล่อยออกทางด้านจ่ายมีแรงดันสูง และมีขอบเขตการใช้งานกว้าง เช่น ใช้ปั๊มน้ำที่มีอุณหภูมิปกติและอุณหภูมิสูง ปั๊มน้ำยาเคมี เป็นต้น



(ก) ปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล (ข) ข้อมูลทางเทคนิค

ภาพประกอบ 24 ปั๊มน้ำประเภทเซนตริฟูกอล ยี่ห้อ EBARA ขนาด 1.5 KW, 2 HP

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.2 หัวฉีด (Nozzle) มีหน้าที่ทำให้สารแตกกระจายเป็นละอองสาร ควบคุมการกระจายของละอองสาร และควบคุมอัตราการไหลของสาร หัวฉีดมีลักษณะเป็นท่อสั้นๆ และมีรูที่มีลักษณะเรียว ใช้สำหรับติดที่ปลายท่อเพื่อเปลี่ยนพลังงานการไหลของน้ำให้เป็นพลังงานความเร็ว

(Velocity Energy) ดังนั้นจึงใช้หัวฉีดในที่ที่ต้องการความเร็วในการไหลสูงๆ เช่น ในการดับเพลิง ซึ่งจะติดหัวฉีดไว้ที่ปลายท่อ หรือในกรณีของเทอร์ไบน์แบบใช้แรงกระทบ เช่น เพลตันวีล (Pelton Wheel) ซึ่งใช้หลักการเปลี่ยนพลังงานของของไหลให้เป็นพลังงานจลน์ด้วยการติดหัวฉีดที่เรียกว่า เพนสโตก (Penstock) ไว้ที่ปลายท่อฉีดน้ำ เป็นต้น (วิศิษฏ์ จาตุรมาน; และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์. 2544: 442)

4.2.2.1 ประเภทของหัวฉีด มีการแบ่งประเภทของหัวฉีดออกตามประเภทของพลังงานที่ก่อให้เกิดละอองสาร ได้แก่ (1) หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว (2) หัวฉีดประเภทใช้แรงลม (3) หัวฉีดประเภทใช้แรงเหวี่ยง (4) หัวฉีดประเภทใช้ความร้อน และ (5) หัวฉีดประเภทใช้ประจุไฟฟ้า สำหรับงานวิจัยครั้งนี้จะกล่าวถึงเฉพาะหัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลวเท่านั้น หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลวมีหลักการทำงาน คือ ใช้แรงดันบังคับให้ของเหลวไหลผ่านรูฉีดขนาดเล็ก ของเหลวที่หลุดพ้นจากรูฉีดออกไปจะแตกตัวเป็นละอองขนาดต่างๆ กัน มีทั้งขนาดเล็กและขนาดใหญ่ที่มีความแตกต่างกันมาก ขนาดของละอองสารจะเล็กหรือใหญ่ ขึ้นอยู่กับแรงดันและขนาดของรูฉีดเช่นกัน รูฉีดขนาดใหญ่ให้ละอองสารหยาบ รูฉีดขนาดเล็กให้ละอองสารละเอียด

หัวฉีดประเภทใช้แรงดันของเหลว แบ่งออกเป็น 3 แบบ (กรมส่งเสริมการเกษตร. 2554: ออนไลน์) คือ

1. หัวฉีดแบบแรงปะทะ ทำด้วยโลหะหรือพลาสติกแข็งเป็นชิ้นเดียวกัน มีรูขนาดเล็กตรงกลาง ของเหลวที่ไหลผ่านรูนี้จะปะทะกับแผ่นกั้นแล้วกระจายตัวออกเป็นละอองสารในลักษณะรูปพัด อาจจะมีมุมระหว่าง 25-180° ขึ้นอยู่กับแรงดันที่ใช้แต่โดยทั่วไปหัวฉีดแบบนี้จะใช้แรงดันต่ำประมาณ 4-15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว พื้นที่ที่ละอองสารตกลงดินจะเป็นรูปวงรีแคบๆ บริเวณปลายทั้งสองข้างจะโตเล็กน้อย

2. หัวฉีดแบบรูปพัด ทำด้วยโลหะเป็นชิ้นเดียวกันมีลักษณะกลม ตรงกลางเจาะเป็นรูปวงรีเล็กๆ เพื่อให้ของเหลวไหลผ่าน ขนาดของของเหลวที่ไหลผ่านรูหัวฉีดด้วยแรงดันสูงจะแผ่เป็นรูปพัด มีความกว้างของมุมที่ของเหลวออกมาต่างๆ กัน มีมุมระหว่าง 65-80° อัตราการไหลมากน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของรูหัวฉีด หัวฉีดแบบนี้จะใช้แรงดันต่ำประมาณ 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

3. หัวฉีดแบบรูปกรวย รูหัวฉีดทำด้วยโลหะหรือวัสดุแข็งเป็นแผ่นแบนๆ หรือเป็นแท่งกลม มีรูหรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสวนด้านหลังของรูฉีดและผ่านออกไปเป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่างเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าพื้นที่ตรงกลางรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยทึบ หัวฉีดแบบนี้มีขนาดของรูหัวฉีดและแผ่นทำให้เกิดกระแสวนให้เลือกหลายขนาด เพื่อให้ได้อัตราการไหลและขนาดของละอองสารที่ต้องการ มักจะใช้แรงดันสูงตั้งแต่ 40 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ขึ้นไป

4.2.2.2 การไหลผ่านหัวฉีดที่ติดที่ปลายท่อ อัตราการไหลที่เกิดในท่อและที่หัวฉีดมีความสัมพันธ์กันดังนี้ (วิศิษฏ์ จาตุรมาน; และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์. 2544: 442)

$$Q = AV = av$$

เมื่อ

Q คือ อัตราการไหล

A คือ พื้นที่ภาคตัดของท่อ

V คือ ความเร็วของของไหลในท่อ

a คือ พื้นที่ภาคตัดที่ปลายหัวฉีด

v คือ ความเร็วของน้ำที่พุ่งออกที่ปลายหัวฉีด

ดังนั้น $\frac{V}{v} = \frac{a}{A}$

หรือ $Q = \frac{\pi D^2}{4} \times V = \frac{\pi D^2}{4} \times v$

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้หัวฉีดน้ำสแตนเลสแบบ Flat fan Spray (ดังภาพประกอบ 25) รับปริมาณน้ำได้ 4.6 ลิตรต่อนาที โดยมีมุมการฉีดน้ำอยู่ที่ 65° ที่แรงดันน้ำ 1 บาร์ และหัวฉีดน้ำแบบ Axial Flow Full Cone (ดังภาพประกอบ 26)

ภาพประกอบ 25 หัวฉีดน้ำสแตนเลส แบบ Flat fan Spray

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

ภาพประกอบ 26 หัวฉีดน้ำสแตนเลส แบบ Axial Flow Full Cone

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.3 อุปกรณ์ทำความร้อนหรือฮีทเตอร์ (Heater) เป็นอุปกรณ์ใช้สำหรับทำความร้อนในงานอุตสาหกรรม โดยมีหลักการพื้นฐานคือเมื่อมีกระแสไหลผ่านลวดตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง ลวดตัวนำจะร้อน ดังนั้นลวดที่ใช้ผลิตฮีทเตอร์จะต้องมีคุณสมบัติเหนียวและทนอุณหภูมิสูงได้ ฮีทเตอร์ถูกแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆ ตามลักษณะการใช้งานที่แตกต่างกัน (ดังตาราง 5)

ตาราง 5 ฮีทเตอร์ชนิดต่างๆ แบ่งตามลักษณะการใช้งาน

ชนิดของฮีทเตอร์	ลักษณะการใช้งาน
ฮีทเตอร์แท่ง (Cartridge Heater)	ให้ความร้อนกับวัสดุที่เป็นของแข็ง เช่น เหล็ก และโลหะต่างๆ ตัวอย่างการใช้งาน เช่น งานบรรจุหีบห่อ งานขึ้นรูปพลาสติก
ฮีทเตอร์ครีบ (Finned Heater)	ให้ความร้อนกับอากาศ เช่น ใช้ในห้องอบแห้งในเตาอบ
ฮีทเตอร์ท่อกลม (Tubular Heater)	ให้ความร้อนกับอากาศ ในลักษณะเดียวกันกับฮีทเตอร์ครีบ
ฮีทเตอร์จุ่ม (Immersion Heater)	ฮีทเตอร์จุ่ม บางครั้งเรียกว่า ฮีทเตอร์ต้มน้ำ ใช้ให้ความร้อนกับของเหลวทุกชนิด เช่น งานต้มน้ำ ต้มน้ำมัน เป็นต้น
บอบบิ้นฮีทเตอร์ (Bobbin Heater)	ให้ความร้อนของเหลวเหมือนฮีทเตอร์จุ่ม
ฮีทเตอร์อินฟราเรด (Infrared Heater)	ให้ความร้อนกับวัตถุโดยไม่ต้องสัมผัสโดยตรง ไม่เหมาะกับวัตถุที่มีลักษณะมันวาว เนื่องจากวัตถุมันวาวจะมีคุณสมบัติสะท้อนแสง ทำให้ไม่สามารถดูดซับรังสีอินฟราเรดได้อย่างเต็มที่ที่ติดตั้งในเตาอบ หรือเหนือคอนเวย์เยอร์ได้
ฮีทเตอร์รัดท่อ (Band Heater)	ให้ความร้อนกับของเหลวที่อยู่ในท่อ
ฮีทเตอร์แผ่น (Strip Heater)	ให้ความร้อนโดยแนบกับวัตถุโดยตรง

ที่มา: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไฮเด็น-ฮีตเทค. (2554). *Heater*. สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2554, จาก http://www.be2hand.com/scripts/shop.php?user=heater

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ฮีทเตอร์แบบจุ่ม (ฮีทเตอร์ต้มน้ำ) ยี่ห้อ SANGI ความยาว 380 มิลลิเมตร ขนาด 4,500 วัตต์ (3x1500), 220VAC จำนวน 2 ชุด (ดังภาพประกอบ 27) ฮีทเตอร์รุ่น EG มีรายละเอียดข้อมูลคุณสมบัติดังตาราง 6

(ก) ฝาครอบจุดต่อสายไฟ

(ข) ขดลวดท่อฮีทเตอร์

ภาพประกอบ 27 ฮีทเตอร์ต้มน้ำ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG-452

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

ข้อมูลจำเพาะของฮีทเตอร์ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG-452

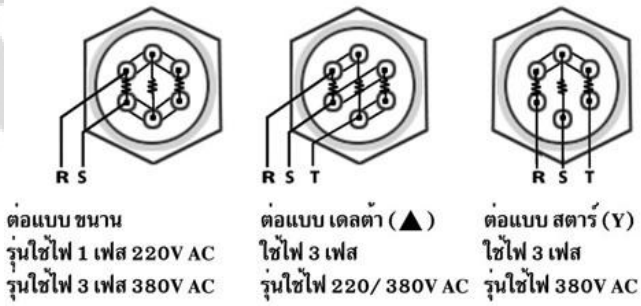
1. ขนาดความยาว 380 มิลลิเมตร
2. ขดลวดความร้อน ขนาด 4,500 วัตต์ (3x1,500)
3. ใช้กระแสไฟฟ้า AC 220V
4. ขนาดเกลียว 1½ นิ้ว
5. ฮีทเตอร์ 1 ตัว มีท่อฮีทเตอร์ 3 ขด
6. ทำความร้อนให้กับน้ำ น้ำมัน และของเหลวทั่วไปได้ ให้ความร้อนคงที่สม่ำเสมอ
7. ตัวท่อฮีทเตอร์ทำจากสแตนเลส 316 (SUS 316) และข้อต่อเกลียวทำจากสแตนเลส 304 (SUS 304) ทนต่อการกัดกร่อน
8. มีฝาครอบจุดต่อสายไฟ

ตาราง 6 คุณสมบัติของฮีทเตอร์ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG

รุ่น	ความยาว (มม.)	วัตต์ (W)	ใช้ไฟ (VAC)
EG-302	245	3,000	220
EG-303	245	3,000	380
EG-452	380	4,500	220
EG-453	380	4,500	380
EG-602	482	6,000	220
EG-603	482	6,000	380
EG-752	615	7,500	220
EG-753	615	7,500	380
EG-902	715	9,000	220
EG-903	715	9,000	380

ที่มา: บริษัทเจ.เอส เทรดดิ้ง. (2554). *อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.* สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554, จาก http://www.jaroensupply.com/product-th-580452-อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.html

การต่อวงจรเพื่อใช้งานฮีทเตอร์ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG (ดังภาพประกอบ 28)



ภาพประกอบ 28 การต่อวงจรเพื่อใช้งานฮีทเตอร์ ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG

ที่มา: บริษัทเจ.เอส เทรดดิ้ง. (2554). *อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.* สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554, จาก http://www.jaroensupply.com/product-th-580452-อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.html

4.2.4 สวิตซ์ความร้อนอัตโนมัติหรือเทอร์โมสตัท (Thermostat) ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิ หรือระดับความร้อนของเครื่องใช้ไฟฟ้า โดยจะตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเครื่องใช้นั้นมีความร้อน

ถึงจุดกำหนด ส่วนประกอบของเทอร์โมสตัทจะมีโลหะต่างชนิดกัน 2 แผ่นประกบกัน เมื่อโลหะได้รับความร้อนจะขยายตัวได้ต่างกัน เช่น เหล็กกับทองเหลือง โดยให้แผ่นโลหะที่ขยายตัวได้น้อย (เหล็ก) อยู่ด้านบน ส่วนแผ่นโลหะที่ขยายตัวได้มาก (ทองเหลือง) อยู่ด้านล่าง เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านแผ่นโลหะทั้งสองมากขึ้น จะทำให้มีอุณหภูมิสูงขึ้นจนแผ่นโลหะทั้งสองโค้งงอ ทำให้จุดสัมผัสของโลหะทั้งสองแยกออกจากกัน เกิดเป็นวงจรเปิดกระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านไม่ได้ และเมื่อแผ่นโลหะทั้งสองเย็นลงก็จะสัมผัสกันเหมือนเดิม เกิดเป็นวงจรปิดกระแสไฟฟ้าจึงไหลผ่านแผ่นโลหะทั้งสองได้อีกครั้ง และจะทำงานลักษณะเช่นนี้สลับกันไป (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. 2554ก: ออนไลน์)

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้เทอร์โมสตัท ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N120 (ดังภาพประกอบ 29) เพื่อใช้สำหรับควบคุมระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันที่อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด เทอร์โมสตัท รุ่น TR711/N มีรายละเอียดข้อมูลคุณสมบัติดังตาราง 7

(ก) ตัวหมุนปรับตั้งระดับอุณหภูมิน้ำ (ข) สายสำหรับวัดอุณหภูมิน้ำ

ภาพประกอบ 29 ส่วนประกอบของเทอร์โมสตัท ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N120

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

ข้อมูลจำเพาะของเทอร์โมสตัท ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N120

1. ย่านวัด 30°C-120°C ชนิดปลายโพรบขนาด ∅6x104 มิลลิเมตร
2. ความยาวท่อ 930 มิลลิเมตร
3. การทนกระแสไฟฟ้าของสวิทซ์ 16A-250/360V
4. มีช่วงอุณหภูมิให้เลือกใช้งานกว้าง และมีการทำงานเที่ยงตรง สม่ำเสมอ

ตาราง 7 คุณสมบัติของเทอร์โมสตัท ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N

รุ่น TR711/N	ย่านวัด (°C)	การทนกระแสไฟฟ้าของสวิทช์ 16A-250/360V	ชนิดปลายโพรบขนาด (∅Xยาว) (มม.)	ความยาวท่อ (มม.)
TR711/N40 (cu)	0-40°C	SPDT	∅6x111 มม.	930 มม.
TR711/N90 (cu)	30-90°C	SPDT	∅6.5x65 มม.	930 มม.
TR711/N120 (cu)	30-120°C	SPDT	∅6x104 มม.	930 มม.
TR711/N220 (cu)	40-220°C	SPDT	∅6.5x63 มม.	930 มม.
TR711/N350 (cu)	50-350°C	SPDT	∅2.95x151 มม.	930 มม.

หมายเหตุ: Cu คือ Copper (ทองแดง)

ที่มา: บริษัทเจ.เอส เทรดดิ้ง. (2554). *อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.* สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554, จาก http://www.jaroensupply.com/product-th-580452-อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.html

4.2.5 อุปกรณ์ตั้งเวลาหรือไทม์เมอร์ (Timer) คือ อุปกรณ์ที่นำมาใช้กำหนดหรือควบคุมเวลาการทำงานของเครื่องจักรกล เครื่องใช้ไฟฟ้า หรืออุปกรณ์ต่างๆ ให้ทำงานหรือหยุดทำงานตามที่ผู้ใช้ต้องการ อุปกรณ์ตั้งเวลาที่ใช้ในงานทางอุตสาหกรรมนั้นมีทั้งแบบอนาล็อกและแบบดิจิตอล ซึ่งอุปกรณ์ตั้งเวลาทั้งสองแบบจะมีหน้าที่เหมือนกันคือการควบคุมระยะเวลาในการทำงานให้เป็นไปตามที่ผู้ใช้กำหนดตามความเหมาะสมของงานแต่ละประเภท ซึ่งผู้ทำหน้าที่ออกแบบเครื่องจักรกลต้องคำนึงถึงก่อนที่จะมีการสร้างเครื่องจักรกลขึ้นมาใช้งานจริง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเครื่องทำความสะอาดชนิดต่างๆ ซึ่งมีระยะเวลาที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาด สรุปได้ดังนี้

เกรียงศักดิ์ จันทร์นวล; ชัยยันต์ ขวัญเกื้อ; และ สมชัย รอดสีเสน (2540: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สรุปไว้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้าง คือ 3 นาที และ 5 นาที

สมชาย นุชไพโรจน์; วิศณุ ทองเฝือ; และ ไพรัตน์ โยรัมย์ (2545: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ สรุปไว้ว่า ระยะเวลาที่เหมาะสมในการล้าง คือ 5 นาที

ธนง มั่นวงศ์; กิตติบดี ปราบภัย; และ นามชัย อำพันทรัพย์ (2549: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างกระทะเนื้อย่าง สรุปไว้ว่า ใช้ระยะเวลาประมาณ 2 นาทีต่อการล้างกระทะเนื้อย่าง 1 ใบ

นาวิน เจนทรทิน; พัชราภรณ์ จีนขาวขำ; และ จิณณพัต พูลสวัสดิ์ (2552: 40-64) ได้พัฒนาสร้างเครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสี สรุปไว้ว่า ระยะเวลาในการล้างกาพ่นสี คือ 2 นาที

และเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนล้าง คือ 15 นาที พบว่า เครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสี ประหยัดเวลาได้ 13 นาที

ธีระ ฤทธิรอด (2545: 20) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างหลอดแก้วขนาดเล็ก สรุปไว้ว่า ระยะเวลาล้างประมาณ 5 นาที

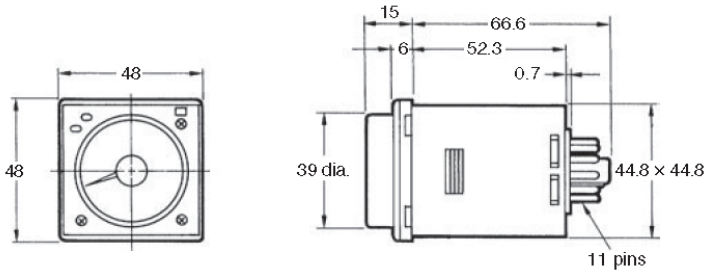
อัษฎาวุธ ยีหวันจิ; และ อำนาจ วงค์คำชาว (2552: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างจานอัตโนมัติ สรุปไว้ว่า ระยะเวลาล้างจานเฉลี่ย 5.34 นาทีต่อครั้ง

ชลธิศ พุ่มวิเชียร; ณัฐสิทธิ์ อริยชาติผดุงกิจ; และ นนทพล งามพีระพงศ์ (2549: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างจานโดยใช้เทคโนโลยีโอโซน สรุปไว้ว่า จานแก้วมีความเหมาะสมกับการล้างด้วยโอโซนมากที่สุด ระยะเวลาการล้าง คือ 3 นาที

หน้าที่หลักของเครื่องมือหรือเครื่องจักรกลช่วยทำความสะอาด คือ ความสะดวก ความปลอดภัย ความรวดเร็วและประหยัดระยะเวลาในการทำงาน จากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้า สรุปได้ว่า เครื่องมือหรือเครื่องจักรกลใช้ระยะเวลาทำความสะอาดตั้งแต่ 1-5 นาที ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของงานทำความสะอาดแต่ละประเภทด้วย สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ตั้งเวลา (Timer) แบบอนาล็อก ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100- 240 VAC, 50/60 Hz (ดังภาพประกอบ 30, 31 และ 32) มาเป็นอุปกรณ์ควบคุมระยะเวลาการทำงานของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยกำหนดระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที ตามลำดับ

ภาพประกอบ 30 หน้าปัดของ Timer ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC

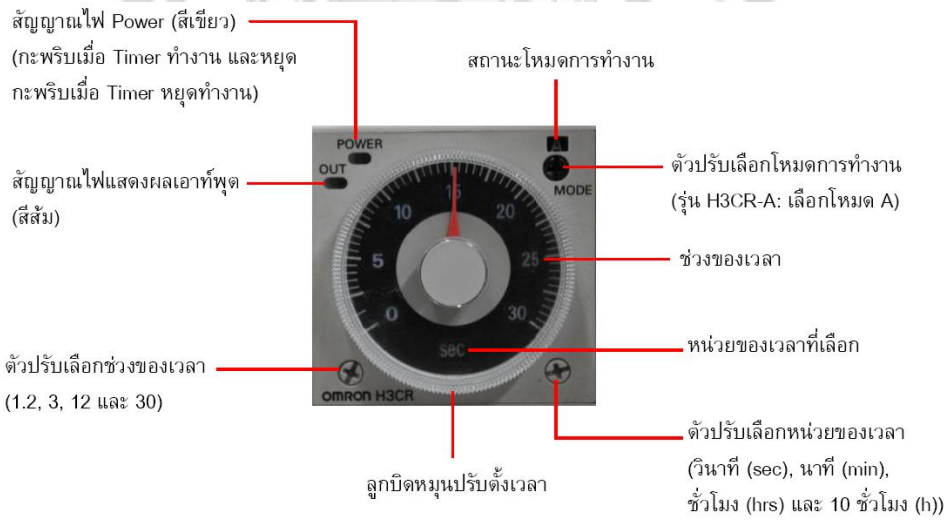
ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)



หมายเหตุ: หน่วยวัด คือ มิลลิเมตร (mm)

ภาพประกอบ 31 ขนาดของ Timer ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC

ที่มา: บริษัทออมรอน อีเลคทรอนิคส์ จำกัด. (2554ก). *Analog Timers: H3CR Solid-State Timer.* สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2554, จาก http://www.omron-ap.co.th/product_info/H3CR/index.asp



ภาพประกอบ 32 วิธีการปรับตั้งเวลาของ Timer ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.6 อุปกรณ์วัดความดัน (Measuring Pressure) ความดันเป็นคุณสมบัติที่สำคัญอย่างหนึ่งของของไหล จึงมีการออกแบบและพัฒนาอุปกรณ์ขึ้นมาหลายอย่างเพื่อทำหน้าที่วัดความดัน เช่น บาร์โรมิเตอร์ พิโซมิเตอร์ทิว ยูทิวมาโนมิเตอร์ มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง และมาตรวัดความ

ดันแบบบูดอง เป็นต้น (ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. 2554: ออนไลน์) อุปกรณ์สำหรับวัดความดันแบบต่างๆ มีรายละเอียด ดังนี้

4.2.6.1 บาร์โรมิเตอร์ (Barometer) เป็นหลอดแก้ว ปลายด้านหนึ่งปิด ส่วนปลายอีกด้านเปิด ปลายด้านที่เปิดจะจุ่มอยู่ในภาชนะบรรจุปรอท

4.2.6.2 พิโซมิเตอร์ทิว (Piezometer Tube) เป็นเทคนิคการวัดค่าความดันเกจโดยการใช้แท่งบรรจุของเหลวตั้งไว้ในแนวดิ่ง ปลายเปิดติดเข้ากับภาชนะบรรจุของเหลวที่ต้องการวัดค่าความดัน

4.2.6.3 ยูทิวมาโนมิเตอร์ (U Tube Manometer) เนื่องจากอุปกรณ์วัดความดันแบบพิโซมิเตอร์นั้นยังมีข้อจำกัด ดังนั้นเพื่อเอาชนะข้อจำกัดของพิโซมิเตอร์ รูปแบบของมาโนมิเตอร์แบบตัวยูจึงได้ถูกพัฒนาขึ้นมาใช้ โดยเรียกของไหลที่อยู่ในยูทิวมาโนมิเตอร์ว่าของไหลเกจ (Gage Fluid)

4.2.6.4 มาโนมิเตอร์แบบท่อเอียง (Inclined Tube Manometer) การวัดความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงค่าน้อยๆ ขาด้านหนึ่งของมาโนมิเตอร์จะถูกจัดให้มีมุมเอียง

4.2.6.5 มาตรวัดความดันแบบบูดอง (Bourdon Pressure Gage) มาตรวัดความดันแบบบูดองได้ถูกพัฒนามาจากท่อกลวงที่มีความอ่อนตัว โดยนำมาดัดให้มีความโค้ง เมื่อต่อของไหลให้ไหลเข้าไปในท่อกลวงนี้ เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงความดัน ความดันของของไหลเพิ่มขึ้น ท่อจะยืดออกเป็นเส้นตรงไปขับฟันเฟืองให้หมุนขับเข็มและชี้ไปตามสเกลเพื่อบอกความดันที่เกิดขึ้น

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้มาตรวัดความดัน แบบบูดอง ย่านวัดความดัน 0-7 Kg/m^2 (ดังภาพประกอบ 33) เนื่องจากอุปกรณ์วัดความดันแบบอื่นๆ มีข้อจำกัดคือ ไม่สามารถวัดความดันสูงมากๆ ได้ หรือความดันที่มีการเปลี่ยนแปลงขึ้นลงอย่างรวดเร็ว

ภาพประกอบ 33 มาตรวัดความดัน แบบบูดอง

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.7 ลิมิตสวิตซ์ (Limit Switch) หรือสวิตซ์จำกัดระยะ เป็นสวิตซ์ที่ทำงานโดยการชนหรือกดของวัตถุกับลูกล้อ (Roller) ของลิมิตสวิตซ์ ทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านโยกเปิด-ปิดตามจังหวะของการชนหรือกด ในงานทางอุตสาหกรรมมีการนำลิมิตสวิตซ์มาใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น ลิฟต์โดยสาร ลิฟต์ขนของ ประตูที่ทำงานด้วยไฟฟ้า ระบบสายพานลำเลียง เป็นต้น (สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง. 2554ก: ออนไลน์)

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ลิมิตสวิตซ์แบบก้านโยก (ดังภาพประกอบ 34) เมื่อปิดฝาเครื่องทำความสะอาดจะทำให้บริเวณขอบของฝาเครื่องกดลงบนลูกล้อที่ปลายก้านโยกของลิมิตสวิตซ์ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจร

ภาพประกอบ 34 ลิมิตสวิตซ์แบบก้านโยก

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.8 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้า ผู้วิจัยได้เลือกใช้อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าลัดวงจรหรือการมีกระแสไฟฟ้ารั่วไหล เพื่อให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และช่วยป้องกันอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ไม่ให้ได้รับความเสียหายจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร หรือกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัด ดังนั้นอุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าที่ผู้วิจัยเลือกใช้ ได้แก่

4.2.8.1 ฟิวส์ (Fuse) คือ ตัวนำไฟฟ้า ประกอบด้วย เส้นลวดที่ทำมาจากวัสดุที่มีจุดหลอมละลายต่ำบรรจุอยู่ภายในภาชนะห่อหุ้ม ฟิวส์เป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสเกินและป้องกันการลัดวงจร ฟิวส์จะมีคุณสมบัติที่ตัดกระแสลัดวงจรได้ถึงพิกัดสูงสุด และมีคุณสมบัติสามารถจำกัดกระแสไหลผ่านฟิวส์ต่ำกว่าค่ากระแสลัดวงจรที่ขึ้นสูงสุด (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. 2554ข: ออนไลน์) ฟิวส์แบ่งออกได้ 3 ประเภท คือ

ก. ฟิวส์เส้น มีลักษณะเป็นลวดเปลือย ใช้กับสวิตซ์ตัดตอนแบบใบมีด (Cut Out) สามารถยึดโดยการใช้น๊อตขันหัวท้ายของฟิวส์ ขนาดการทนกระแสของฟิวส์ขึ้นอยู่กับพื้นที่หน้าตัดของฟิวส์ นอกจากนี้ยังมีฟิวส์อีกชนิดหนึ่งคือฟิวส์ชนิดก้ามปู การใช้งานเหมือนกันกับ

แบบฟิวส์เส้น นิยมใช้กับวงจรไฟฟ้าภายในอาคาร เช่น วงจรเต้ารับหรือวงจรแสงสว่าง ที่มีขนาดโหลดไม่เกิน 30 แอมแปร์

ข. ฟิวส์หลอด มีลักษณะเป็นกระบอกไฟเบอร์ที่มีหัวและท้ายเป็นโลหะตัวนำรูปทรงกระบอกหรือคล้ายใบมีด ภายในบรรจุฟิวส์เส้นกับสิ่งที่ทำหน้าที่ระบายความร้อน และทำหน้าที่ดับประกายไฟเมื่อฟิวส์ขาดเป็นสารจำพวกทรายละเอียดหรือสารบางอย่าง ขนาดกระแสที่สามารถทนได้มีค่าตั้งแต่ 2-1,200 แอมป์ มีทั้งแบบที่ใช้กับสวิตซ์นิรภัย และตลับกระเบื้อง (คาร์ทริดจ์ฟิวส์) ตัวคาทริดจ์ฟิวส์นั้น มี 2 แบบ คือ แบบที่ถอดเปลี่ยนไส้ฟิวส์ได้ และแบบที่ถอดเปลี่ยนไส้ฟิวส์ไม่ได้

ค. ฟิวส์ปลั๊ก มีลักษณะรูปร่างคล้ายจุกก๊อกทรงกระบอก ปลายด้านหนึ่งใหญ่กว่าปลายอีกด้านหนึ่ง หลอดฟิวส์ทำด้วยกระเบื้อง ภายในหลอดฟิวส์มีเส้นฟิวส์และทรายบรรจุอยู่ เวลาใช้ฟิวส์ต้องใส่ลงในตลับฟิวส์ และหมุนฝาครอบฟิวส์ปิดฟิวส์ให้แน่น ที่ฝาครอบฟิวส์มีช่องสำหรับดูสภาพของฟิวส์ ถ้าเส้นฟิวส์ขาด ปุ่มบอกสภาพฟิวส์จะหลุดออกจากหลอดฟิวส์ สามารถมองเห็นได้ ฟิวส์ปลั๊กนิยมใช้ทั้งในวงจรไฟแสงสว่าง และวงจรที่ใช้กำลังไฟฟ้าสูงๆ ทั้งนี้เพราะการเปลี่ยนฟิวส์ทำได้ง่าย มีความปลอดภัยในขณะเปลี่ยนฟิวส์ และขณะฟิวส์หลอมละลายจะไม่มีการกระเด็นของเศษฟิวส์จึงไม่เกิดอันตราย

หมายเหตุ:

1. กระแสเกินพิกัด (Overload Current) เกิดขึ้นเนื่องจากการดึงกระแสที่มากเกินจากอุปกรณ์ปลายทาง

2. กระแสลัดวงจร (Short Circuit Current) เกิดจากการที่กระแสเคลื่อนที่ผ่านทางลัดที่อาจจะเกิดจากการแตะกันของสายไฟหรือมีตัวนำไฟฟ้าเชื่อมต่อการลัดวงจร ซึ่งสามารถมีค่ามากกว่าพันเท่าของกระแสต่อเนื่องที่ฟิวส์ทนได้

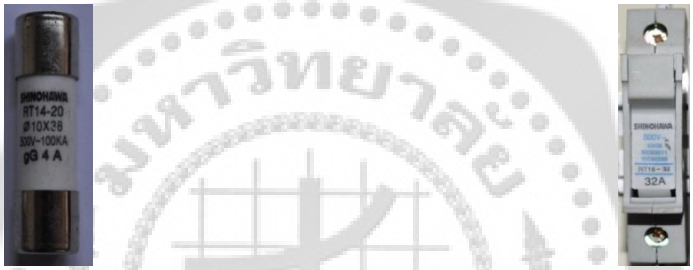
หลักการเลือกใช้ฟิวส์ (บริษัทบ้านเทค จำกัด. 2554: ออนไลน์)

1. ในการเลือกใช้ฟิวส์ที่มีขนาดถูกต้อง ผู้ใช้จะต้องทราบขนาดของกระแสปกติในวงจรที่อุณหภูมิห้องก่อน เมื่อทราบขนาดของกระแสดังกล่าวแล้ว จึงเลือกใช้ฟิวส์ที่มีค่าพิกัดกระแส 135% ของค่ากระแสนั้น โดยให้เลือกฟิวส์ขนาดมาตรฐานถัดไปจากค่ากระแสที่คำนวณได้ เช่น ระบบที่เดินปกติซึ่งมีกระแสในระบบ 10A ที่อุณหภูมิห้อง 25°C ควรเลือกใช้ฟิวส์ขนาด 15A (ค่า 135% ของกระแสดังกล่าวคือ 1.35x10A = 13.5A ซึ่งขนาดมาตรฐานของฟิวส์ถัดไปที่ควรเลือกใช้ก็คือขนาด 15A)

2. อุณหภูมิในการใช้งานฟิวส์ก็มีผลต่อการเลือกใช้ฟิวส์เช่นกัน คือ ฟิวส์ขนาดเท่ากัน หากถูกนำไปใช้ที่อุณหภูมิสูงจะทำให้ฟิวส์ขาดได้ง่ายกว่าการนำฟิวส์ไปใช้ที่อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นหากนำฟิวส์ไปใช้ที่อุณหภูมิมากกว่า 25°C ควรเลือกฟิวส์ที่มีขนาดสูงกว่าการเลือกแบบปกติ (จากหลักการเลือกใช้ฟิวส์ ข้อ 1) เพื่อชดเชยอุณหภูมิที่สูงขึ้นและลดการตัดวงจรแบบไม่จำเป็น (Nuisance Tripping) เช่นเดียวกันหากนำฟิวส์ไปใช้ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 25°C ก็ควรเลือกฟิวส์ขนาดต่ำกว่าการเลือกแบบปกติ (จากหลักการเลือกใช้ฟิวส์ ข้อ 1) เช่นกัน โดยหลักการทั่วๆ ไปแล้ว

ทุกๆ อุณหภูมิ 20°C ที่สูงขึ้นหรือต่ำลงจากอุณหภูมิห้อง (25°C) ควรเลือกฟิวส์ขนาดเพิ่มขึ้นหรือลดลง 10-15% ตัวอย่างเช่น ถ้าค่ากระแสปกติในวงจรที่อุณหภูมิห้องเท่ากับ 1A โดยหากนำไปใช้ที่อุณหภูมิห้อง (25°C) ควรเลือกฟิวส์ขนาด 1.5A (ค่า 135% ของกระแสดังกล่าว คือ 1.35x1A = 1.35A โดยเลือกขนาดมาตรฐานถัดไป คือ 1.5A) แต่ถ้าหากนำไปใช้ที่อุณหภูมิ 65°C ก็ต้องเพิ่มขนาดฟิวส์ไปอีกประมาณ 30% ซึ่งก็คือควรเลือกฟิวส์ขนาด 2A (ค่า 130% ของกระแสดังกล่าว ก็คือ 1.35x1.3A = 1.755A โดยเลือกขนาดมาตรฐานถัดไปก็คือ 2A)

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ฟิวส์หลอด ยี่ห้อ SHINOHAWA RT14-20, 500V-100KV, 4A ขนาด ∅10x38 มิลลิเมตร และตลับใส่ฟิวส์ ยี่ห้อ SHINOHAWA RT18-32, 500V 1P ขนาด 10x38 มิลลิเมตร (ดังภาพประกอบ 35)



(ก) ฟิวส์หลอด RT14-20, 500V-100KV, 4A (ข) ตลับใส่ฟิวส์ RT18-32, 500V 1P

ภาพประกอบ 35 ฟิวส์หลอดและตลับใส่ฟิวส์

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.8.2 สวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers) เป็นอุปกรณ์ช่วยป้องกันความเสียหายอันเกิดจากกระแสไฟฟ้า ข้อดีของสวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติ คือ สามารถเปิดวงจรไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่าน โดยไม่ทำให้อุปกรณ์ภายในตัวสวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติเสียหาย เช่น การขาดของฟิวส์ เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถทำการรีเซ็ตให้กลับมาใช้งานได้อีก หรือกล่าวได้ว่าสวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติ คือ ฟิวส์ที่สามารถนำกลับมาใช้งานได้อีกนั่นเอง (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. 2554ข: ออนไลน์)

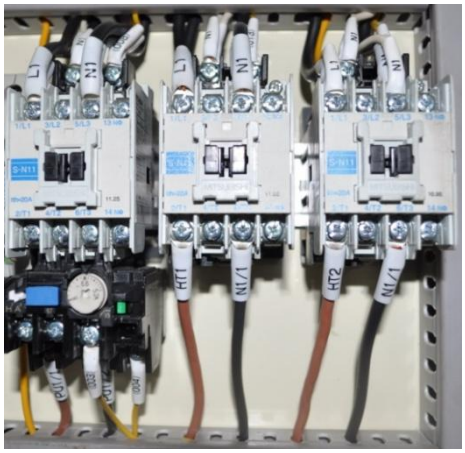
สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้สวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติหรือเซอร์กิตเบรกเกอร์ (Circuit Breakers) ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น NF63-HW 2P 40A, 220V (ดังภาพประกอบ 36)

ภาพประกอบ 36 เซอร์กิตเบรกเกอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น NF63-HW 2P 40A, 220V

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.8.3 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) หรือเรียกว่าสวิตซ์แม่เหล็ก เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานของอำนาจแม่เหล็กในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส เพื่อควบคุมวงจร เช่น วงจรมอเตอร์ วงจรฮีทเตอร์ เป็นต้น ข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์เมื่อเทียบกับสวิตซ์อื่นๆ คือ มีความปลอดภัยสูงสำหรับผู้ควบคุม มีความสะดวกในการควบคุม และประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทุกยี่ห้อจะมีโครงสร้างหลักที่สำคัญเหมือนกัน คือ มีแกนเหล็ก ขดลวด และหน้าสัมผัส (ธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์. 2554: ออนไลน์) หลักการทำงานของแมกเนติกคอนแทคเตอร์ คือ เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปยังขดลวด สนามแม่เหล็กที่อยู่ขากลางของแกนเหล็ก ขดลวดจะสร้างสนามแม่เหล็กที่แรง สนามแม่เหล็กจะชนะแรงสปริงและดึงให้แกนเหล็กชุดที่เคลื่อนที่เคลื่อนที่ลงมา ในสภาวะนี้คอนแทคเตอร์ทั้งสองชุดจะเปลี่ยนสภาวะการทำงาน คือ คอนแทคเตอร์ปกติปิดจะเปิดวงจรจุดสัมผัสออก และคอนแทคเตอร์ปกติเปิดจะต่อวงจรของจุดสัมผัส เมื่อไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านเข้าไปยังขดลวด คอนแทคเตอร์ทั้งสองชุดจะกลับไปสู่สภาวะเดิม (ธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์. 2554: ออนไลน์)

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์ (Magnetic Contactor) ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น S-N11, 220V (ดังภาพประกอบ 37)



ภาพประกอบ 37 แมกเนติกคอนแทคเตอร์ ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น S-N11, 220V

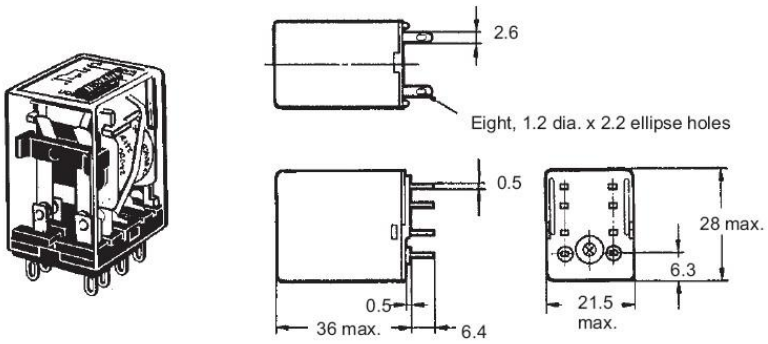
ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

4.2.8.4 รีเลย์ (Relay) เป็นอุปกรณ์ทำงานคล้ายกับสวิตซ์แม่เหล็กไฟฟ้า ทำหน้าที่เชื่อมต่อหรือเปิดวงจรการทำงาน ซึ่งจะดึงหน้าสัมผัสเข้าหาหรือให้หนีออกจากอีกข้างหนึ่ง เมื่อมีการจ่ายกระแสไฟให้กับรีเลย์จะมีลักษณะการทำงาน 2 แบบ คือ รีเลย์แบบปกติเปิด (Normally Open Relay, NO) เป็นการดึงหน้าสัมผัสเข้าหาอีกข้างหนึ่ง และรีเลย์แบบปกติปิด (Normally Closed Relay, NC) เป็นการเปิดหน้าสัมผัสให้หนีออกจากกัน (ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. 2554ค: ออนไลน์)

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้รีเลย์ ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N, 220/240 VAC จำนวน 2 ตัว (ดังภาพประกอบ 38 และ 39) เพื่อใช้ควบคุมการทำงานของฮีทเตอร์ทั้ง 2 ชุด และมอเตอร์ปั๊มน้ำ จำนวน 1 ตัว

ภาพประกอบ 38 รีเลย์ ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N, 220/240 VAC

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)



หมายเหตุ: หน่วยวัด คือ มิลลิเมตร (mm)

ภาพประกอบ 39 ขนาดของรีเลย์ ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N, 220/240 VAC

ที่มา: บริษัทออมรอน อีเลคทรอนิคส์ จำกัด. (2554ข). *Control Panel Relays: MY General-purpose Relay.* สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2554, จาก http://www.omron-ap.co.th/product_info/MY/index.asp

4.2.8.5 อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกิน (Overload Protection) การใช้งานมอเตอร์จะมีความร้อนเกิดขึ้นเสมอ ความร้อนที่เกิดขึ้นมาจากสาเหตุหลายอย่าง เช่น กระแสเกินเนื่องจากมอเตอร์รับภาระมากเกินไป (Overload) ความถี่ในการสตาร์ทมอเตอร์ อุณหภูมิแวดล้อม และการระบายความร้อน เป็นต้น สาเหตุเหล่านี้ทำให้มอเตอร์เกิดความเสียหายขึ้นได้ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องทำการติดตั้งอุปกรณ์ป้องกันโหลดเกินที่มีขนาดเหมาะสมในอุปกรณ์ควบคุมการสตาร์ทมอเตอร์ เพื่อป้องกันมอเตอร์จากการเกิดโอเวอร์โหลด หรือความร้อนที่เกิดขึ้นกับมอเตอร์เกินพิกัด ซึ่งจะส่งผลต่ออายุการใช้งานของมอเตอร์ได้ อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกินที่นิยมใช้ป้องกันมอเตอร์จากภาระงานเกินกำลัง คือ โอเวอร์โหลดรีเลย์ (สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง. 2554ข: ออนไลน์)

ก. โอเวอร์โหลดรีเลย์ (Overload Relay) เป็นอุปกรณ์ป้องกันมอเตอร์จากภาระงานเกินกำลังหรือโอเวอร์โหลด (Overload) มีทั้งชนิดที่ทำงานด้วยความร้อนและชนิดที่ทำงานด้วยแม่เหล็กไฟฟ้า ระดับกระแสโอเวอร์โหลดสามารถทำการปรับได้ตามขนาดพิกัดกระแสสูงสุดของมอเตอร์ โอเวอร์โหลดประกอบด้วย ขดลวดความร้อน (Heater) พันอยู่บนแผ่นไบเมทัล (Bimetal) ซึ่งทำจากโลหะ 2 ชนิด เชื่อมติดกันและจะโก่งตัวได้เมื่อเกิดความร้อนขึ้น ขดลวดความร้อนเป็นทางผ่านของกระแสจากแหล่งจ่ายไปยังมอเตอร์ เมื่อกระแสที่ไหลเข้ามอเตอร์มีค่าสูง ทำให้ชุดขดลวดความร้อนเกิดความร้อนสูงขึ้น ส่งผลให้แผ่นไบเมลทัลร้อนและโก่งตัวดันให้หน้าสัมผัสปกติปิดของโอเวอร์โหลดที่ต่ออนุกรมอยู่กับวงจรควบคุมเปิดวงจร ตัดกระแสออก

จากคอยล์แม่เหล็กของคอนแทกเตอร์ ทำให้หน้าสัมผัสหลัก (Main Contact) ของคอนแทกเตอร์แยกออกจากแหล่งจ่ายกระแสไฟ ช่วยป้องกันมอเตอร์จากความเสียหาย

ข. โอเวอร์โหลดรีเลย์ชนิดทำงานด้วยความร้อน (Thermal Overload Relay) มี 2 แบบ คือ แบบธรรมดาคือเมื่อแผ่นไบเมทัลงอไปแล้วจะกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิมเมื่อมีการเย็นตัวลง ลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับที่อยู่ในเตารีดไฟฟ้า และแบบมีรีเซท (Reset) คือเมื่อตัดวงจรไปแล้ว หน้าสัมผัสจะถูกล็อกเอาไว้ ถ้าต้องการจะให้วงจรทำงานอีกครั้ง จะต้องกดที่ปุ่ม Reset เพื่อให้หน้าสัมผัสกลับมาต่อวงจรเหมือนเดิม

สำหรับการวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เลือกใช้ Thermal Overload Relay แบบมีรีเซท ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น TH-N12, 5.2-8A (ดังภาพประกอบ 40)

ภาพประกอบ 40 Thermal Overload Relay ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น TH-N12, 5.2-8A

ที่มา: จากการวิจัย (ถ่ายภาพโดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

สรุป

กระบวนการเลือกวัสดุและการเลือกวิธีการผลิตนั้น ผู้ออกแบบจะต้องพิจารณาปัจจัยต่างๆ หลายประการ เช่น ข้อกำหนดเกี่ยวกับสมรรถนะของวัสดุ ความทนทานของชิ้นส่วน ราคา ความเชื่อถือได้ ความรับผิดชอบต่อการออกแบบ ผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และสุขภาพความปลอดภัยของมนุษย์ เป็นต้น

5. สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

การประเมินสมรรถนะเครื่องจักรจะต้องพิจารณาด้านปริมาณและคุณภาพ เช่น การวัดความสามารถในการทำงานของเครื่องจักรกลการเกษตรจะมีอยู่ด้วยกัน 3 ชนิด คือ ความสามารถในการทำงานเชิงพื้นที่ ความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ และความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุที่ป้อนเข้าไปทั้งหมด การหาความสามารถในการทำงานชนิดต่างๆ สามารถทำได้โดยการวัดพื้นที่ หาน้ำหนักและเวลา (วินิต ชินสุวรรณ. 2530: 1-2) สิ่งที่เป็นตัวชี้วัดว่าการทำงานนั้นจะประสบผลความสำเร็จมากหรือน้อยเพียงใดนั่นก็คือการวัดสมรรถนะของการทำงานนั้นๆ มีผู้ให้ความหมายคำว่า สมรรถนะ ไว้หลายความหมาย ดังนี้

สมรรถนะ หมายถึง ความสามารถ ใช้กับเครื่องยนต์ เช่น รถยนต์แบบนี้มีสมรรถนะดีเยี่ยมเหมาะสำหรับเดินทางไกล (ราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542. 2546: 1128)

สมรรถนะของเครื่องยนต์ หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ที่บอกให้ทราบถึงคุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้นๆ สามารถนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกและการใช้เครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ (ประณต กุลประสูติ. 2538: 59)

สมรรถนะของเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ หมายถึง การตรวจประเมินลักษณะของเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ 5 ด้าน คือ ลักษณะด้านวิศวกรรม ลักษณะด้านความปลอดภัย ลักษณะด้านกายภาพ ลักษณะด้านการใช้งาน และลักษณะด้านการซ่อมบำรุงรักษา ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญ (ชาญชัย บุญชู. 2545: 4)

สมรรถนะของเตาหลอมละลายโลหะขนาดเล็ก หมายถึง คุณสมบัติของเตาหลอมละลายโลหะขนาดเล็กที่เหมาะแก่การจัดทำสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ดังนั้นสมรรถนะของเตาตามความหมายนี้หมายถึง ไม่ว่าจะเป็นเตาประเภทใดก็ตาม เตานั้นย่อมจัดทำสิ่งต่างๆ ได้ดังนี้ เผาได้ในอุณหภูมิที่ต้องการ กระจายความร้อนได้สม่ำเสมอทั้งเตา มีความทนทานต่อการใช้งาน ประหยัดเชื้อเพลิง มีความปลอดภัยสูง บำรุงรักษาได้ง่าย และใช้ได้สะดวกคล่องตัว (ชวลิต เชียงกุล. 2538: 6-7) ซึ่งสามารถจัดกลุ่มสมรรถนะของเตาได้ 5 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ขนาดของเตากะทัดรัด สวยงาม ชิ้นส่วนทุกชิ้นออกแบบให้มีรูปร่างลักษณะที่สามารถแยกชิ้นส่วนและประกอบได้ มีความแข็งแรง ปลอดภัยขณะใช้งาน และขนาดของเตาออกแบบได้อย่างเหมาะสม

2. ลักษณะการใช้งาน หมายถึง การเตรียมวัตถุดิบและการอุ่นเตาสามารถทำได้อย่างรวดเร็ว ประหยัดเวลา อีกทั้งการใส่วัตถุดิบก็ทำได้สะดวก และการหยุดปฏิบัติงานก็ทำได้โดยการปิดน้ำมันและปิดพัดลมเป่า

3. ลักษณะการบำรุงรักษา หมายถึง การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้เหมาะสม การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดการชำรุดเสียหาย ถ้าชำรุดก็สามารถซ่อมแซมได้ง่าย ทั้งนี้เพราะวัสดุทุกชิ้นหาได้ง่ายและราคาถูก

4. สมรรถนะการหลอมละลาย หมายถึง การหลอมละลายอะลูมิเนียม 1 กิโลกรัม ได้ภายในเวลา 30 นาที ทำให้อุณหภูมิสูงถึงอุณหภูมิเทน้ำโลหะ หลอมละลายโลหะนอกกลุ่มเหล็กได้ และประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

5. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน หมายถึง ผู้ปฏิบัติงาน 1 คน ก็สามารถใช้ได้ โดยการนำไปใช้ในห้องทดลอง โรงฝึกงานของสถานศึกษา หรือนำไปใช้ในการหล่อแบบวิจิตร และเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต่างๆ ได้

สมรรถนะของเครื่องตรวจฟังความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร หมายถึง ความสามารถในการตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร โดยการนำส่วนปลายของอุปกรณ์ไปสัมผัสตำแหน่งที่ต้องการวัด และฟังเสียงเพื่อทำให้ทราบความผิดปกติของเครื่องจักร หรือทำให้ทราบว่าตลับลูกปืนกำลังเกิดปัญหา เหมาะสำหรับใช้งานในที่ๆ มีเสียงดังรบกวน (พีรเชษฐ์ ศรีชัย. 2546: 4) โดยแบ่งกลุ่มสมรรถนะได้ 3 ด้าน ดังนี้

1. สมรรถนะด้านกายภาพ หมายถึง ขนาดของเครื่องตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร มีขนาดกะทัดรัด สวยงาม เหมาะแก่การใช้งานและมีความแข็งแรงปลอดภัยในขณะใช้งาน

2. สมรรถนะด้านการใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถนำอุปกรณ์ตรวจฟังไปใช้งานได้ง่าย เนื่องจากมีขนาดเบา เคลื่อนย้ายได้สะดวก และใช้แหล่งจ่ายไฟฟ้า 220 โวลต์

3. สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา หมายถึง การบำรุงรักษาก่อนและหลังการใช้งานทำได้อย่างเหมาะสมเพราะมีอุปกรณ์หลัก 3 ส่วน คือ ส่วนตัวเครื่อง ส่วนหัวสัมผัส และส่วนหูฟัง สามารถถอดประกอบได้ง่ายไม่ก่อให้เกิดความชำรุดเสียหาย

สมรรถนะของเครื่องลับมีดกลึง แบ่งออกเป็น 4 ด้าน (มานพ อาจปรุ. 2551: 5) มีความหมาย ดังนี้

1. สมรรถนะด้านการนำไปใช้งาน หมายถึง ผู้ใช้สามารถใช้เครื่องลับมีดกลึงลับมุมต่างๆ ได้ค่า คือ (1) มุมคม หมายถึง ลับมีดกลึงมุมคมข้าง 15° และมุมคมหลัง 30° ผิดพลาดได้ ±1° (2) มุมคาย หมายถึง ลับมีดกลึงมุมคายข้าง 12° และมุมคายหลัง 10° ผิดพลาดได้ ±1° (3) มุมหลบ หมายถึง ลับมีดกลึงมุมหลบข้าง 6° และมุมหลบหลัง 10° ผิดพลาดได้ ±1°

2. สมรรถนะด้านกายภาพ หมายถึง การเตรียมเครื่องเพื่อการลับมีดกลึงทำได้อย่างเหมาะสม มีความปลอดภัยในขณะใช้เครื่องลับมีดกลึง การเคลื่อนย้ายตัวเครื่องลับมีดกลึงทำได้โดยสะดวก และสามารถลับมีดกลึงได้อย่างรวดเร็ว

3. สมรรถนะด้านการออกแบบ หมายถึง วัสดุทุกชิ้นที่นำมาประกอบเป็นเครื่องลับมีดกลึง ได้รับการออกแบบให้เหมาะสม มีโครงสร้างที่ไม่สลับซับซ้อน

4. สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา หมายถึง การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้อย่างเหมาะสม การถอดและประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นทำได้อย่างสะดวก สามารถเก็บเครื่องมือและอุปกรณ์ในการลับมีดกลึงได้ ทำความสะอาดหลังการใช้งานได้ง่าย

สมรรถนะของเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไก หมายถึง ความสามารถในการใช้งาน การติดตั้ง ความแข็งแรง และการบำรุงรักษา ของเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกในลักษณะแต่ละด้าน (ไพรัช วงศ์ยุทธไกร; โอภาสสุขหวาน; และ ไพทูล คำคอนสาร. 2552: 65-71) โดยประเมินสมรรถนะด้านต่างๆ 4 ด้าน คือ

1. ความสามารถในการใช้งาน หมายถึง การควบคุมการทำงานทำได้ง่าย สามารถทำงานได้อย่างต่อเนื่อง การปรับระดับความสูงต่ำทำได้สะดวก สามารถตั้งลูกกอล์ฟได้อย่างแม่นยำ สามารถบรรจุลูกกอล์ฟได้เหมาะสมกับขนาด สามารถตั้งลูกกอล์ฟได้ภายในเวลาที่กำหนด คือ 3 วินาที/1 ลูก ความเร็วในการตั้งลูกมีความเหมาะสม เครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกมีความคล่องตัวในขณะใช้งาน มีความสะดวกในการใช้เครื่องตั้งลูกกอล์ฟด้วยตนเอง มีความสะดวกประหยัด และความปลอดภัยสูง

2. ด้านการติดตั้ง หมายถึง การติดตั้งทำด้วยความสะดวก สามารถติดตั้งได้เองโดยการศึกษาจากคู่มือสำหรับผู้ใช้ การใช้พื้นที่ในการตั้งเครื่องลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกไม่เปลืองเนื้อที่มาก การจัดวางเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกสามารถทำได้ง่าย สามารถถอดแยกชิ้นส่วนประกอบของเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกเองได้ เครื่องมือที่ใช้ในการถอดแยกหาได้ง่าย เครื่องตั้งลูกกอล์ฟมีขนาดเหมาะสมกับการใช้งาน สามารถเคลื่อนย้ายได้สะดวก การติดตั้งใช้เวลาไม่นานสามารถติดตั้งได้โดยปลอดภัย

3. ด้านความแข็งแรง หมายถึง การออกแบบเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกมีความเหมาะสม การสร้างใช้วัสดุที่มีความเหมาะสม วัสดุที่ใช้มีความแข็งแรงทนทาน สามารถใช้ได้ทุกสภาพอากาศไม่เป็นสนิม ชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ มีความแข็งแรง มีความแข็งแรงของโครงสร้าง มีความแข็งแรงของรอยเชื่อม น้ำหนักของเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกเหมาะสมกับขนาด ชิ้นส่วนทุกชิ้นมีรูปร่างลักษณะแยกชิ้นส่วนประกอบได้ วัสดุในการสร้างมีภายในประเทศสามารถหาซื้อได้ง่าย

4. ด้านการบำรุงรักษา หมายถึง การทำความสะอาดชิ้นส่วนอุปกรณ์ทำได้ง่าย ประหยัดค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา การเก็บรักษาทำได้สะดวก มีความสะดวกในการถอดแยกประกอบเครื่องมีจุดตรวจที่ต้องการบำรุงรักษาชิ้นส่วนต่างๆ น้อย สามารถตรวจสอบสภาพและการทำงานของเครื่องตั้งลูกกอล์ฟโดยระบบกลไกได้ง่าย การซ่อมแซมส่วนประกอบที่ชำรุดหรือสึกหรอทำได้ง่าย สามารถตรวจสอบเมื่อเครื่องเกิดขัดข้องขณะใช้งานทำได้ง่าย สามารถหาซื้ออุปกรณ์ที่ต้องบำรุงรักษาได้ง่ายภายในประเทศ วัสดุที่ใช้ในการสร้างสามารถหาซื้อได้ง่าย ราคาไม่แพง

สมรรถนะของเครื่องหยอดขนมทองหยอด หมายถึง ความสามารถของเครื่องหยอดขนมทองหยอด (สกล นันทศรีวิวัฒน์. 2543: 4-5) ซึ่งสามารถจัดกลุ่มสมรรถนะเครื่องหยอดขนมทองหยอดได้ 4 ด้าน ดังนี้

1. ลักษณะทางกายภาพ หมายถึง ขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอด สวยงาม กะทัดรัด ชิ้นส่วนทุกชิ้นส่วนออกแบบให้มีรูปทรงที่สามารถแยกชิ้นและประกอบได้ มีความแข็งแรงปลอดภัยขณะใช้งานและขนาดของเครื่องหยอดขนมทองหยอดออกแบบได้อย่างเหมาะสม

2. ลักษณะการใช้งาน หมายถึง การบรรจุวัตถุดิบสามารถทำได้สะดวก ประหยัดเวลาในการใส่แป้งทองหยอด การทำงานของชิ้นส่วนต่างๆ มีความสัมพันธ์กันและการหยุดการปฏิบัติงานทำได้โดยอัตโนมัติ

3. ลักษณะการบำรุงรักษา หมายถึง การบำรุงรักษาก่อนการปฏิบัติงานทำได้อย่างเหมาะสม การประกอบชิ้นส่วนทุกชิ้นไม่ก่อให้เกิดการชำรุดเสียหาย ถ้าชำรุดก็สามารถซ่อมแซมและเปลี่ยนได้ง่าย ทั้งนี้วัสดุทุกชิ้นหาได้ง่ายและราคาถูก

4. ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งาน หมายถึง ผู้ปฏิบัติงาน 1 หรือ 2 คน สามารถใช้งานได้ มีความปลอดภัย โดยนำไปใช้งานเป็นอุตสาหกรรมในครัวเรือน หรืออุตสาหกรรมขนาดเล็ก และสามารถเคลื่อนย้ายได้ง่าย

สมรรถนะทางกายภาพ หมายถึง ประสิทธิภาพของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ทางด้านกายภาพ ซึ่งใช้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 4 คน เป็นผู้ประเมิน (สุดธิดา อินทผล; อุปวิทย์ สุวคันธกุล; และ โอภาส สุขหวาน. 2551: 71-81) โดยมีหัวข้อ ดังนี้

1. การออกแบบและการใช้งาน หมายถึง การออกแบบโครงสร้างของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์รวมทั้งส่วนประกอบต่างๆ และการใช้งานของตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อความสะดวกเหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ซึ่งการพิจารณาจะพิจารณาจากรูปแบบความเหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ในด้านโครงสร้างการจัดวางของอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการสร้างเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์พร้อมทั้งความสะดวกในการใช้งานและการเคลื่อนย้ายไปในที่ต่างๆ โดยการให้คะแนนจะแบ่งเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับน้อยที่สุด จนถึง ระดับดีมาก โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินให้คะแนน

2. ความปลอดภัยในการใช้งาน หมายถึง ความปลอดภัยของการใช้งานตู้อบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ที่ได้จัดสร้างขึ้น โดยคำนึงถึงความปลอดภัยในการใช้งานของผู้ใช้งาน ซึ่งพิจารณาจากวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ การจัดวางอุปกรณ์ในตำแหน่งที่อาจก่อให้เกิดอันตรายในขณะใช้งาน และผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในขณะใช้งานที่อาจก่อให้เกิดอันตรายได้ โดยการให้คะแนนจะแบ่งเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับน้อยที่สุด จนถึง ระดับดีมาก โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินให้คะแนน

3. ความสวยงาม หมายถึง ความสวยงามของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์เป็นการพิจารณาในด้านของความเหมาะสมของเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งพิจารณาจากองค์ประกอบชิ้นส่วนที่ใช้ในการจัดทำ การตกแต่ง และความเป็นระเบียบเรียบร้อยของเครื่อง โดยการให้คะแนนจะแบ่งเป็น 5 ระดับ ตั้งแต่ระดับน้อยที่สุด จนถึง ระดับดีมาก โดยใช้ผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้ประเมินให้คะแนน

สมรรถนะของเครื่องกวนสารเคมี หมายถึง ความสามารถในการทำงานของเครื่องกวนสารเคมีในแต่ละด้านซึ่งตรวจสอบและประเมินคุณสมบัติที่สำคัญต่างๆ โดยผู้เชี่ยวชาญ และใช้แบบประเมินสมรรถนะเครื่องกวนสารเคมีที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น (สุวัฒน์ วงษ์จำปา. 2546: 5) โดยจัดกลุ่มของสมรรถนะไว้ 3 ด้าน ดังนี้

1. สมรรถนะของระบบควบคุมความเร็วรอบในการกวน หมายถึง ความสามารถของชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สำหรับการปรับและตั้งค่าความเร็วรอบในการกวนที่คงที่และปรับตั้งความเร็วรอบในการกวนได้ตามความต้องการ

2. สมรรถนะของระบบควบคุมเวลาทำงาน หมายถึง ความสามารถของระบบตั้งเวลาที่ควบคุมด้วยชุดอิเล็กทรอนิกส์ในการปรับตั้งเวลาให้เครื่องทำงานและปิดการทำงานได้อย่างเที่ยงตรงตามเวลาที่กำหนดไว้

3. สมรรถนะของระบบควบคุมอุณหภูมิ หมายถึง ความสามารถของชุดอิเล็กทรอนิกส์ที่ทำหน้าที่ควบคุมชุดลวดความร้อนที่แผ่นให้ความร้อน ระบบดังกล่าวสามารถปรับตั้งอุณหภูมิให้เครื่องกำเนิดพลังงานความร้อนได้อย่างเที่ยงตรงตามอุณหภูมิที่ต้องการใช้งาน

สมรรถนะของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก หมายถึง ขีดความสามารถของเครื่องด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิกและด้านรอยพับแผ่นอะคริลิกซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญด้านการพับแผ่นอะคริลิก จำนวน 5 คน ที่ได้ทดลองใช้เครื่องพับแผ่นอะคริลิกแล้วใช้บรรทัดโลหะ บรรทัดวัดมุม เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์วัดความหนาและแว่นขยายประกอบในการตรวจชิ้นงานที่ผ่านการทดลองพับแล้ว จากนั้นจึงประเมินขีดความสามารถของเครื่องพับแผ่นอะคริลิก (อนุวัติ สุเพียร. 2544: 7-8) โดยทำการประเมินสมรรถนะ 2 ด้าน ดังนี้

1. สมรรถนะด้านเครื่องพับแผ่นอะคริลิก หมายถึง ความสามารถของเครื่องในการตั้งมุมในการพับได้ตั้งแต่ 30°-179° พับแผ่นอะคริลิกที่มีความหนา 1-3 มิลลิเมตรได้ พับแผ่นอะคริลิกที่มีแนวพับยาวไม่เกิน 600 มิลลิเมตรได้ พับแผ่นอะคริลิกเป็นรางตัวยูได้ พับแผ่นอะคริลิกเป็นท่อเหลี่ยมได้ พับแผ่นอะคริลิกเป็นกล่องสี่เหลี่ยมได้ พับแผ่นอะคริลิกได้ทุกสี พับแผ่นอะคริลิกได้สะดวกกว่าการพับด้วยมือทั่วไป ควบคุมการทำงานโดยใช้คนเพียงคนเดียว พับได้เสร็จสิ้นภายในเครื่องเพียงเครื่องเดียว โครงสร้างของเครื่องมีความแข็งแรง มีความปลอดภัยในการใช้งาน เป็นเครื่องต้นแบบได้และบำรุงรักษาเครื่องง่าย

2. สมรรถนะด้านรอยพับแผ่นอะคริลิก หมายถึง คุณภาพของชิ้นงานที่ผ่านการพับจากเครื่องพับแผ่นอะคริลิก คือ ได้องศาตามมุมพับที่ต้องการ ความตรงของรอยพับและผิวของรอยพับ

สำหรับการวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยทำการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดและประเมินลักษณะทางกายภาพ พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดและมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยนิยามคำว่าสมรรถนะ ดังนี้

1. สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้านความสามารถในการทำความสะอาด หมายถึง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด โดยมีผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน กำหนดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยการสังเกต ดังนี้

1.1 ผ่านเกณฑ์ หมายถึง ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.2 ต้องปรับปรุง หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.3 ไม่ผ่านเกณฑ์ หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. สมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ด้านลักษณะทางกายภาพ หมายถึง เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน เป็นผู้ประเมินลักษณะทางกายภาพ แยกเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ ด้านวิศวกรรม ด้านความปลอดภัย ด้านการใช้งาน และด้านการบำรุงรักษา แต่ละด้านมีความหมายดังนี้

2.1 ด้านวิศวกรรม หมายถึง มีความเหมาะสมในการออกแบบ มีความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ มีความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ เครื่องสามารถทนต่ออุณหภูมิของน้ำร้อนได้ และมีความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง

2.2 ด้านความปลอดภัย หมายถึง เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่อง เครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง มีความปลอดภัยจากน้ำร้อนที่อยู่ภายในเครื่อง มีความปลอดภัยจากแรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีด และมีความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร

2.3 ด้านการใช้งาน หมายถึง มีระบบการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งเครื่อง ตั้งเวลาการทำงานของเครื่องได้ ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ และมีความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง

2.4 ด้านการบำรุงรักษา หมายถึง มีความสะดวกในการตรวจสอบการทำงาน มีความสะดวกในการทำความสะอาดเครื่อง มีความสะดวกในการดูแลชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ มีความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ และการจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ

สรุป

การวัดสมรรถนะของเครื่องจักรหรือเครื่องจักรกลต่างๆ นิยมใช้อัตราการทำงานและคุณภาพของผลงานเป็นเครื่องชี้วัดอัตราการทำงานเป็นเครื่องชี้ที่สำคัญต่อสมรรถนะของเครื่องจักรกลนั้นๆ สำหรับคุณภาพของผลงานนั้นจะต้องคำนึงถึงด้านการทำงาน โดยปราศจากการสูญเสียผลผลิต และด้านความเสียหายที่เกิดขึ้นกับผลผลิตทำให้คุณภาพของผลผลิตลดลง การวัดสมรรถนะจะทำให้ทราบความสามารถของเครื่องจักรนั้นๆ ว่ามีคุณภาพหรือมาตรฐานเพียงใด การวัดสมรรถนะของสิ่งต่างๆ นั้นจะมีลักษณะการวัดที่แตกต่างกันออกไป เช่น การวัดสมรรถนะของเครื่องยนต์ จะทำให้ทราบถึงความสามารถในการทำงานของเครื่องยนต์ ที่จะบอกถึงคุณสมบัติเฉพาะตัวของเครื่องยนต์นั้นๆ เพื่อที่จะสามารถนำมาใช้ในการพิจารณาเลือกและการใช้

6. เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศ สรุปได้ดังนี้

6.1 เอกสารและงานวิจัยในประเทศ

เกรียงศักดิ์ จันทร์นวล ชัยยันต์ ขวัญเกื้อ และสมชัย รอดสีเสน (2540: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ซึ่งมีขนาดของห้องล้าง 1x1x0.722 เมตร มีหัวฉีด 14 หัว หัวเป่าลม 2 หัว ทำงานด้วยระบบอัตโนมัติ โดยมี Timer จำนวน 2 ตัว ซึ่งทำการตั้งเวลาในการฉีด 1 ตัว และการเป่า 1 ตัว และเวลาที่เหมาะสมในการล้าง คือ 3 นาที และ 5 นาที เวลาในการเป่าลมที่เหมาะสม คือ 15 นาที และ 25 นาที สามารถล้างชิ้นส่วนสูงไม่เกิน 50 เซนติเมตร และกว้างยาวในแนวราบไม่เกิน 90 เซนติเมตร น้ำหนักไม่เกิน 70 กิโลกรัม และแท่นรองรับชิ้นส่วนสามารถหมุนได้โดยการขับมอเตอร์ผ่านไปยังเฟืองทดอัตรา 1:80 ผลการทดลองเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล สังเกตได้ว่าเมื่อชิ้นงานมีขนาดต่างกันจะทำให้เวลาในการล้าง และการเป่าลมก็ต่างกันด้วย เครื่องล้างแบบนี้ไม่สามารถล้างวัสดุจำพวกซีลยางได้ เนื่องจากได้ใช้น้ำมันดีเซลมาเป็นสารใช้ทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องจักรกล

สมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเผือ และไพรัตน์ โยรัมย์ (2545: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยเครื่องล้างมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 90 เซนติเมตร ความสูง 1.50 เมตร และมีหัวฉีด 23 หัว สารทำความสะอาดถูกขับโดยใช้ปั๊มน้ำชนิดปั๊มหอยโข่งขนาด 2 แรงม้า เวลาที่ใช้ในการล้าง คือ 5 นาที ซึ่งน้ำที่หัวฉีดฉีดออกมาจะถูกให้ความร้อนจากขดลวดทำความร้อนขนาด 5,000 วัตต์ ขดลวดทำความร้อนทำงานด้วยระบบอัตโนมัติโดยมีเทอร์โมสตัททำการควบคุมอุณหภูมิจะอยู่ในช่วง 40-60°C ชิ้นส่วนที่จะนำมาล้างด้วยเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ต้องมีความกว้างและความยาวไม่เกิน 90 เซนติเมตร ความสูงต้องไม่เกิน 50 เซนติเมตร น้ำหนักไม่เกิน 70 กิโลกรัม หรือความจุกระบอกสูบไม่เกิน 2,500 ซีซี ขนาดของชิ้นส่วนขนาดเล็กที่นำมาล้างต้องมีขนาดความกว้างและยาวไม่น้อยกว่า 2.54 เซนติเมตร เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ใช้แรงเคลื่อนไฟฟ้าขนาด 380 โวลต์ (สมชาย นุชไพโรจน์; วิศณุ ทองเผือ; และ ไพรัตน์ โยรัมย์. 2545: 2) และแท่นรองรับชิ้นส่วนสามารถหมุนได้โดยใช้ความดันน้ำที่หัวฉีดเป็นตัวขับให้แท่นรองรับชิ้นส่วนหมุน ผลจากการทดลองเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์โดยการสร้างสิ่งสกปรกคือ คราบน้ำมันที่เกาะติดเครื่องยนต์ จำนวน 50 จุด และนำไปทำความสะอาดด้วยเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ได้สร้างขึ้นพบว่า การทำความสะอาดที่ใช้อุณหภูมิต่างกันประสิทธิภาพในการทำความสะอาดก็แตกต่างกันด้วย คือ ความสะอาดจะแปรผันตรงกับอุณหภูมิ จากนั้นได้ทำการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำงานกับเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ของสถานประกอบการออโต้เทคนิคพบว่ามีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดแตกต่างกันไม่เกินร้อยละ 5 และมีข้อเสนอแนะไว้ว่าเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ควรติดกระจกใสด้วยเพื่อจะได้ดูการทำงานของเครื่องล้างได้ เนื่องจากการเปิดดูความสะอาดของชิ้นส่วนจำเป็นต้องหยุดเครื่องและทำการเปิดดูเป็นการเสียเวลาในการล้าง

ธนง มั่นวงศ์; กิตติบดี ปราบภัย; และ นามชัย อำพันทรัพย์ (2549: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างกระทะเนื้อย่าง ซึ่งมีขนาดความกว้าง 640 มิลลิเมตร ยาว 495 มิลลิเมตร และสูง 695 มิลลิเมตร โดยใช้เหล็กรูปพรรณทำโครงสร้างหลักแล้วหุ้มด้วยเหล็กไร้สนิม ซึ่งมีชุดเกลียวจับยึดกระทะทองเหลืองชนิดมีหูที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 10 มิลลิเมตร ให้แน่นในอ่างจากนั้นใช้ล้อแปรงลวดทองเหลืองที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 115 มิลลิเมตร ถูกขับให้หมุนที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที โดยมอเตอร์ไฟฟ้าแบบมีชุดเฟืองทดเป็นต้นกำลังขับ การปรับแรงกดของแปรงลวดจะอาศัยแรงกดจากสปริงและชุดกลไกเกลียวปรับระยะที่อยู่ในแนวแกนเพลา ในขั้นตอนการล้างจะใช้น้ำยาล้างจานเป็นตัวช่วยจากนั้นจะมีหัวฉีดทำหน้าที่ฉีดน้ำล้างกระทะให้สะอาด จากการทดลองพบว่า การล้างกระทะจะใช้เวลาประมาณ 2 นาทีต่อการล้างกระทะ 1 ใบ

สมจินต์ พ่วงเจริญชัย (2550: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์ โดยใช้มอเตอร์แบบปรับความเร็วรอบได้และติดตั้งเข้ากับตัวชุดเกลียวหมุนเพื่อควบคุมการเคลื่อนที่ขึ้นลงของชุดแผงหัวฉีดและใช้โซลินอยด์วาล์วมาเป็นตัวควบคุมการจ่ายน้ำในการทำความสะอาดเพื่อใช้ในการล้างทำความแผงคอนเดนเซอร์ จากการทดสอบการทำงานของเครื่องทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์พบว่า เครื่องทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศมีความสามารถทำงานได้เป็นอย่างดี โดยก่อนการล้างทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศมีความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยเท่ากับ 34,179 บีทียูต่อชั่วโมง สัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 2.62 และประสิทธิภาพการให้ความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 8.9 Btu/hr.Watt และหลังจากการทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์เครื่องปรับอากาศมีความสามารถในการทำความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 39,766 บีทียูต่อชั่วโมง สัมประสิทธิ์สมรรถนะเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 3.12 และประสิทธิภาพการให้ความเย็นเฉลี่ยมีค่าเท่ากับ 10.7 Btu/hr.Watt และเมื่อเปรียบเทียบการทำงานของเครื่องปรับอากาศ ก่อนการล้างและหลังการล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์ พบว่าความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น 16.35% และประสิทธิภาพการให้ความเย็นเพิ่มขึ้น 19.19%

นาวิน เจนทรทิน; พัชราภรณ์ จีนขาวขำ; และ จิณณพัต พูลสวัสดิ์ (2552: 40-64) ได้พัฒนาสร้างเครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสี โดยเครื่องล้างกาพ่นสีที่สร้างขึ้นมีขนาดของฐานรองรับน้ำหนัก คือ กว้าง 419 มิลลิเมตร ยาว 520 มิลลิเมตร และสูง 533 มิลลิเมตร ขนาดของถังล้าง คือ กว้าง 406 มิลลิเมตร ยาว 508 มิลลิเมตร และสูง 482 มิลลิเมตร และขนาดของถังกรอง คือ กว้าง 368 มิลลิเมตร ยาว 292 มิลลิเมตร และสูง 203 มิลลิเมตร จากผลการทดลองเครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสี พบว่าเวลาที่ใช้ทำความสะอาดกาพ่นสีในแต่ละครั้งจะไม่เท่ากัน เนื่องจากสีที่ใช้พ่นเป็นสีต่างชนิดกัน คือ สีรองพื้นจะใช้เวลาในการทำความสะอาดมากที่สุด สีจริงจะใช้เวลาในการทำความสะอาดน้อยรองลงมา และสีเคลือบเงาเป็นสีที่ใช้เวลาในการทำความสะอาดน้อยที่สุด ดังนั้นเวลาที่ใช้ในการทำความสะอาดกาพ่นสีควรใช้เวลาที่มากที่สุดจากการทดลอง คือ 2 นาที เนื่องจากในการใช้งานจริงอาจไม่ทราบว่าเป็นสีชนิดใด ถ้าใช้เวลาที่น้อยกว่า 2 นาที กาพ่นสีที่ใช้กับสีรองพื้นอาจไม่สะอาดได้ สรุปได้ว่าเครื่องล้างกาพ่นสีใช้เวลาในการล้าง

กาพ่นสี คือ 2 นาที และเมื่อนำผลการทดลองมาเปรียบเทียบกับการใช้แรงงานคนล้าง คือ 15 นาที พบว่าเครื่องล้างกาพ่นสีประหยัดเวลาได้ 13 นาที

ธีระ ฤทธิรอด (2545: 20) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างหลอดแก้วขนาดเล็ก โครงสร้างประกอบด้วย (1) แท่นประกอบยึดมอเตอร์ (2) ส่วนควบคุมเวลา และ (3) ส่วน Reservoir ที่ใช้เก็บน้ำยาทำความสะอาด (Detergent) และน้ำกลั่น เครื่องจะทำงานโดยการฉีดน้ำประปาเข้าสู่หลอดแก้ว จากนั้นจึงฉีดน้ำยาทำความสะอาด ล้างต่อด้วยน้ำประปาและน้ำกลั่น ตามลำดับ จากนั้นจึงเป่าลมให้หลอดแก้วแห้ง สามารถล้างหลอดแก้วขนาดเล็กได้ครั้งละ 40 หลอด จากผลการทดลองพบว่า การล้างหลอดแก้วขนาดเล็ก จำนวน 100 หลอด ใช้น้ำประปาไม่เกิน 10 ลิตร และใช้เวลาล้างประมาณ 5 นาที และเครื่องนี้สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับการทำความสะอาดเครื่องแก้วหรือภาชนะบรรจุขนาดเล็กอื่นๆ ได้

ธีรพร พรรคพวก; จีรศักดิ์ สีนวน; และ ศักรินทร์ เอียดแก้ว (2547: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดและทดสอบหัวเทียน โดยกำหนดลักษณะของห้องพ่นทรายเป็นรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 254 มิลลิเมตร มีความยาว 381 มิลลิเมตร อยู่ในลักษณะแนวตั้ง ใช้หัวพ่นทรายขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร จำนวน 1 หัว หัวพ่นทรายสามารถเลื่อนขึ้น-ลงปรับระยะพ่นทรายไปยังบริเวณเขี้ยวของหัวเทียน ช่วยให้การพ่นทรายทำได้อย่างทั่วถึงบริเวณที่ต้องการทำความสะอาด มีอุปกรณ์ปรับตำแหน่งหัวเทียน โดยสามารถทำการเอียงทำมุม 45° และหมุนเป็นวงกลม การทดลองการทำงานได้กำหนดความดันใช้งานอยู่ที่ 5-7 บาร์ พบว่าในระดับความดันที่กำหนดนั้นสามารถที่จะพ่นเม็ดขัดให้ไปขัดทำความสะอาดหัวเทียนได้ ส่วนเวลาในการทำความสะอาดขึ้นอยู่กับความสกปรกของหัวเทียนแต่ละหัว

อัษฎาวุธ ยีหวันจิ; และ อำนาจ วงค์คำชาว (2552: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างจานอัตโนมัติ โครงสร้างเครื่องล้างจานทำด้วยอลูมิเนียมขนาด 1×1 นิ้ว หนา 1.2 มิลลิเมตร สายพานลำเลียงออกแบบโดยใช้แบริ่งขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 มิลลิเมตร วางเรียงติดกันบนรางสามารถรับน้ำหนักจานและเคลื่อนที่ได้ แท่นรองจานทำจากสแตนเลสแท่งกลมมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร ใช้ปั๊มน้ำชนิดปั๊มหอยโข่งมีอัตราการไหล 34 ลิตรต่อนาที ใช้หัวฉีดที่ทำจากทองเหลือง สามารถปรับระยะการฉีดได้ ใช้ขดลวดทำความร้อนแบบขด และใช้มอเตอร์ชนิดกระแสตรง กำหนดขั้นตอนการทำงานแยกกันไปตามสถานีงานต่างๆ แบ่งออกได้เป็น 4 ขั้นตอน คือ (1) การล้างและขัด (2) การอบแห้งครั้งที่หนึ่ง (3) การอบไอน้ำ และ (4) การอบแห้งครั้งที่สอง ซึ่งการควบคุมขั้นตอนการทำงานต่างๆ ที่ใช้เครื่องควบคุมแบบลำดับขั้นและเขียนโปรแกรมสั่งงานให้อุปกรณ์ในสถานีงานทำงานสอดคล้องกันไปตามลำดับขั้นตอนที่ออกแบบไว้ ก่อนการทดลองล้างจานจะต้องทำการเขี่ยเศษอาหารที่ติดอยู่ที่จานทิ้งออกก่อน จากนั้นจึงจะนำจานที่ต้องการล้างเข้าเครื่องล้างจานอัตโนมัติที่สร้างขึ้น จากผลการทดลองในการล้างจานทีละ 1 ใบ จำนวน 10 ครั้ง พบว่า เครื่องสามารถทำงานถูกต้องทุกสถานีจำนวน 7 ครั้ง ใช้เวลาล้างจานเฉลี่ย 5.34 นาทีต่อครั้ง

ชาญชัย บุญชู (2545: 154) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ โดยใช้ทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์ ส่วนต่างๆ ของเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ ประกอบด้วย ชุดถังเก็บฝุ่นแบบไซโคลน หัวจับไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ และชุดการทำงานของเครื่อง โดยใช้พีแอลซี ผลการทดลองมีรายละเอียด คือ (1) ทดสอบหาประสิทธิภาพเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ โดยใช้ทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ ที่ผ่านการใช้งาน 1–24 สัปดาห์ วัดความเร็วลมที่ไหลผ่านไส้กรอง (V) คำนวณหาปริมาตรของลมที่ไหลผ่านไส้กรอง (Q) เท่ากับ 11.943–9.983 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที คิดเป็นร้อยละ 98.26–82.14 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดไส้กรองได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 80 ของไส้กรองใหม่ ตลอดทั้ง 24 สัปดาห์ และ (2) การประเมินหาสมรรถนะของเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ โดยผู้เชี่ยวชาญ 5 คน ประเมินสมรรถนะทั้ง 5 ด้าน คือ ลักษณะทางด้านวิศวกรรม อยู่ในเกณฑ์ระดับดี ลักษณะทางด้านความปลอดภัย อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก ลักษณะทางด้านกายภาพ อยู่ในเกณฑ์ระดับดี ลักษณะทางด้านการใช้งาน อยู่ในเกณฑ์ระดับดี และลักษณะทางด้านการบำรุงรักษา อยู่ในเกณฑ์ระดับดีมาก โดยภาพรวมของเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจ อยู่ในเกณฑ์ระดับดี

ชลธิศ พุ่มวิเชียร; ณัฐสิทธิ์ อริยชาติผดุงกิจ; และ นนทพล งามพีระพงศ์ (2549: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างจานโดยใช้เทคโนโลยีโอโซน ซึ่งโอโซนที่นำมาใช้นั้นกำเนิดจากวิธีโคโรนาดิสชาร์จ ซึ่งเป็นวิธีการกำเนิดโอโซนโดยอาศัยการใช้ไฟฟ้ากระแสสลับที่แรงดันสูงเพื่อทำให้โมเลกุลออกซิเจนที่ผ่านเข้าไปยังช่วงดิสชาร์จแก๊ปเกิดการแตกตัวและรวมตัวกันเป็นโมเลกุลใหม่ซึ่งคือ โอโซนที่จะถูกนำมาผสมกับน้ำโดยผ่านท่อเวนจูรี่เพื่อที่จะนำน้ำผสมโอโซนที่ได้มาใช้ฉีดจานเพื่อทำความสะอาดโดยมีการนำตัวคอนโทรลเลอร์มาใช้ควบคุมกระบวนการในการผลิตโอโซนจนกระทั่งสิ้นสุดกระบวนการในการทำความสะอาดจาน หลังจากนั้นจึงนำจานมาตรวจสอบและเปรียบเทียบหาคราบไขมันตกค้างบนผิวของจาน พบว่า หลังการล้าง 3 นาที จานแก้วมีความเหมาะสมกับการล้างด้วยโอโซนมากที่สุด

สมภพ นราภิรมย์อนันต์; ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์; และ สมนึก สังข์หนู (2542: 322) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดเข็มถักผ้าด้วยคลื่นอัลทราโซนิกส์ โดยอาศัยหลักการทำงานของคลื่นอัลทราโซนิกส์ ทำให้ของเหลวที่ใช้ทำความสะอาดเข็มถักเกิดการสั่นสะเทือนที่ความถี่สูง ซึ่งทำให้สิ่งสกปรกที่ติดมากับเข็มถักเกิดการสั่นสะเทือนและหลุดออกจากเข็มถัก ผลการทดลองพบว่า สิ่งสกปรกที่ติดมากับเข็มถักหลุดออกจากเข็มถักได้ดีแม้จะติดอยู่ตามซอกเล็กๆ ของเข็มถัก เวลาที่ใช้ทำความสะอาดน้อยและมีความสะดวกในการใช้งาน

ชูเกียรติ ก่อกตัญญู; สมพงศ์ ตระการวรกุล; และ โสพส นราภินนท์. (2552: บทคัดย่อ) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องล้างทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลทราโซนิกส์ แบบ 2 หัว ตัวเครื่องประกอบด้วย ชุดควบคุม ถังทดสอบ และท่อระบายตัวกลางและฝุ่น โดยทดลองการทำงานของเครื่องที่สร้าง 3 แบบ คือ การทดลองแบบที่ 1 เป็นการทำความสะอาดแหวนรองน็อตที่ใช้งาน

แล้วซึ่งทำจากเหล็กด้วยตัวกลางต่างๆ ได้แก่ น้ำ น้ำยาที่ 1 ซึ่งไว้ขจัดคราบมัน และน้ำยาที่ 2 ซึ่งไว้ขจัดคราบสนิม พบว่า น้ำยาที่ 1 มีประสิทธิภาพเฉลี่ยดีที่สุด คือ 80.8% เนื่องจากวัสดุที่ใช้ทดสอบมีคราบน้ำมันติดเป็นส่วนใหญ่ เมื่อทดลองให้มีจำนวนแหวนแตกต่างกัน พบว่า ประสิทธิภาพเฉลี่ยในการทำความสะอาดแหวนเพียงชิ้นเดียวมีค่าอยู่ที่ 60% และมีค่าลดลงเมื่อมีแหวนรองน็อตจำนวนต่างกันออกไป การทดลองแบบที่ 2 คือ การทดลองกับวัสดุที่มีรูปร่างต่างกัน พบว่า เครื่องที่สร้างสามารถทำความสะอาดวัสดุซึ่งมีพื้นที่ผิวส่วนใหญ่สัมผัสกับตัวกลาง เนื่องจากคลื่นอัลทราโซนิกส์เดินทางเข้าไปได้ทั่วถึงกว่า และการทดลองแบบที่ 3 คือ ทดลองกับวัสดุหลายๆ ชนิดที่มีขนาดและรูปร่างแบบเดียวกัน พบว่า สามารถทำความสะอาดอะคริลิกได้ดีที่สุด เฉลี่ย 94.5% เนื่องจากพื้นผิวของอะคริลิกมีลักษณะเรียบ ลื่น ยากต่อการยึดติด และมีประสิทธิภาพในการทำความสะอาดผ้าได้น้อยที่สุดเฉลี่ย 21.6% เนื่องจากผ้ามีพื้นผิวขรุขระคราบสกปรกจึงสามารถฝังตัวได้แน่น

ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต; และ คณะ (2543: บทคัดย่อ) ได้ทำการวิจัยเรื่องการพัฒนาเครื่องทำความสะอาดด้วยอัลทราโซนิกส์ทางการแพทย์ พบว่า การทำความสะอาดด้วยอัลทราโซนิกส์ เป็นวิธีการทำความสะอาดที่มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงมากวิธีหนึ่งที่เหมาะสำหรับทำความสะอาดชิ้นส่วนอุปกรณ์ต่างๆ พลังงานอัลทราโซนิกส์เมื่อส่งผ่านไปยังน้ำยาทำความสะอาดทำให้เกิดกระบวนการ Cavitations เกิดเป็นฟองอากาศ ในกระบวนการ Cavitations พลังงานอัลทราโซนิกส์ทำให้ฟองอากาศเกิดการขยายตัวและแตกออก ลักษณะเช่นนี้ทำให้เกิดการทำความสะอาดได้อย่างรวดเร็วและทั่วถึงตามบริเวณที่เป็นซอก โดยไม่ทำให้ผิวหน้าของวัสดุเกิดการเสียหาย

6.2 เอกสารและงานวิจัยต่างประเทศ

เลียรี่ เจมส์ โอ (Leary, James O. 1989: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม การทำความสะอาดชิ้นส่วนนั้นจะนำชิ้นส่วนที่ต้องการทำความสะอาดวางลงในตะกร้าซึ่งสามารถหมุนได้ จากนั้นหัวฉีดจะฉีดน้ำที่มีแรงดันไปยังชิ้นส่วนที่นำมาทำความสะอาด และแรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีดจะทำให้ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนหมุนในขณะที่ทำความสะอาด ส่วนความเร็วรอบในการหมุนของตะกร้าจะเป็นไปตามที่กำหนด

เลียรี่ เจมส์ โอ (Leary, James O. 1996: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม ตัวเครื่องทำความสะอาดจะมีฝาปิดและมีพื้นที่ที่ใช้เก็บน้ำที่นำมาใช้ทำความสะอาดรวมอยู่ภายในเครื่อง ส่วนน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วจะหมุนเวียนอยู่ภายในตัวเครื่อง รวมถึงมีอุปกรณ์สำหรับกรองน้ำซึ่งจะทำหน้าที่กรองคราบจาระบีและคราบน้ำมันที่ผสมอยู่ในน้ำที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วโดยคราบจาระบีและคราบน้ำมันจะถูกเก็บรวบรวมไว้และนำไปกำจัดทิ้งต่อไป

การ์เซีย คาสเกลล์ (García-Cascales, M.S.; & Lamata, M.T. 2009: Abstract) ได้ศึกษาเรื่อง การเลือกระบบการทำความสะอาดสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ด้วยกระบวนการ

วิเคราะห์ตามลำดับขั้น เนื่องจากการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมเป็นกระบวนการที่มีความซับซ้อนอยู่จำนวนมาก ซึ่งต้องเกี่ยวข้องกับหลักเกณฑ์และกิจกรรมหลายๆ อย่าง หลักเกณฑ์ที่เป็นวิธีการนั้นจะมีอยู่หลายวิธี โดยสามารถนำเข้ามาช่วยในการตัดสินใจสำหรับการประเมินผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้ งานวิจัยนี้ได้นำเสนอการใช้หลักเกณฑ์ทางเทคนิคหลายๆ แบบ ซึ่งการใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นจะเป็นการช่วยในการตัดสินใจและใช้เป็นวิธีเลือกกระบวนการบำรุงรักษา สำหรับการวิจัยเรื่องนี้ก็คือการเลือกระบบการทำความสะอาดชิ้นส่วนสำหรับการบำรุงรักษาเครื่องยนต์ดีเซล กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นจึงถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้สำหรับการเลือกหลักเกณฑ์และทางเลือกอื่นๆ ของระบบการทำความสะอาด การประยุกต์ใช้กระบวนการวิเคราะห์ตามลำดับขั้นนั้นสามารถจัดลำดับความสำคัญของหลักเกณฑ์และทางเลือกอื่นๆ ในลำดับรองลงมาได้ เพื่อให้สามารถเลือกระบบที่ดีที่สุดในการทำความสะอาดชิ้นส่วน วิธีการทำความสะอาดที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของความสกปรก กระบวนการทำความสะอาดชิ้นส่วนจึงมีอยู่หลายแบบ สรุปได้ คือ (1) การทำความสะอาดแบบทั่วไป (Conventional Cleaning) (2) การทำความสะอาดด้วยสารเคมี (Chemical Cleaning) (3) การทำความสะอาดด้วยความร้อน (Thermal Cleaning) (4) การทำความสะอาดโดยใช้เครื่องกล (Mechanical Cleaning) (5) การทำความสะอาดโดยคลื่นอัลทราโซนิกส์ (Ultrasonic Cleaning)

สรุป

จากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัยพบว่า มีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในทางอุตสาหกรรมอยู่หลายแบบด้วยกัน ทั้งนี้ก็เพื่อความปลอดภัยของผู้ปฏิบัติงานจากสารพิษอันตรายต่างๆ ความสะดวกสบาย ความรวดเร็ว และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการทำความสะอาด จากเอกสารของผู้วิจัยแต่ละคน พบว่า ยังมีปัญหาอีกหลายๆ ด้านที่ต้องทำการปรับปรุงและแก้ไข ดังนั้นผู้วิจัยจึงได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยใช้หลักการทำงานของเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกลที่เกรียงศักดิ์ จันทร์นวล ชัยยันต์ ขวัญเกื้อ และสมชัย รอดสีเสน ได้ออกแบบและสร้างไว้ คือ การทำความสะอาดนั้นจะต้องถอดแยกชิ้นส่วนเครื่องยนต์ออกก่อนและใช้หัวฉีดเป็นตัวฉีดพ่นสารทำความสะอาด และสอดคล้องกับหลักการทำงานของเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่สมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเฝือ และไพรัตน์ โยรัมย์ ซึ่งได้เลือกใช้ปั๊มน้ำชนิดหอยโข่งมาสร้างแรงดันให้กับชุดหัวฉีดเพื่อฉีดสารทำความสะอาดไปยังชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และใช้ฮีทเตอร์ทำหน้าที่เพิ่มระดับอุณหภูมิให้กับน้ำ

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยได้กำหนดวิธีดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย
2. การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
3. การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
4. การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
5. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ผู้วิจัยกำหนดไว้ 4 ขั้นตอน คือ

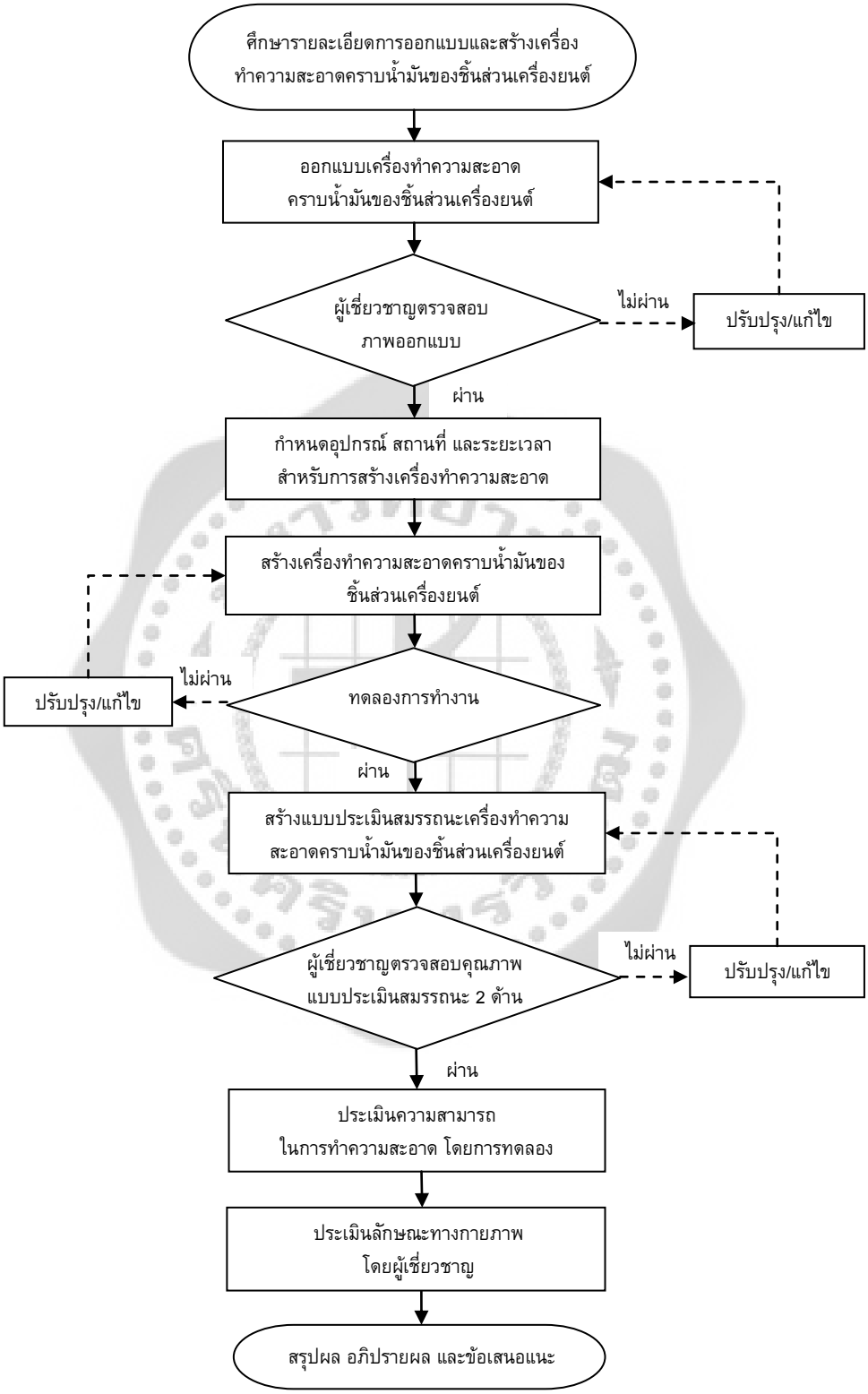
ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

สรุปขั้นตอนดำเนินการวิจัย (ดังภาพประกอบ 41)



ภาพประกอบ 41 ขั้นตอนดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.1 ศึกษารายละเอียดการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.1.1 ศึกษาปัญหาและวิธีการทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในอู่ซ่อมรถยนต์และศูนย์บริการรถยนต์

1.1.2 ศึกษาค้นคว้าเอกสาร วารสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบและสร้างเครื่องจักรกล

1.2 ออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.2.1 ออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ

1.2.2 ออกแบบตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.2.3 ออกแบบชุดแขนรองรับตะกร้า

1.2.4 ออกแบบตำแหน่งการติดตั้งชุดหัวฉีด

1.2.5 ออกแบบตัวกรองน้ำ

1.2.6 ออกแบบตู้คอนโทรล

1.3 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบความเหมาะสมของภาพออกแบบ

1.4 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องภาพออกแบบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

1.5 กำหนดอุปกรณ์ สถานที่ และระยะเวลาสำหรับการสร้างเครื่องทำความสะอาด

ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.1 สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.1.1 สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ

2.1.2 สร้างตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.1.3 สร้างชุดแขนรองรับตะกร้า

2.1.4 ติดตั้งชุดหัวฉีด

2.1.5 สร้างตัวกรองน้ำ

2.1.6 ติดตั้งตู้คอนโทรล

2.1.7 ทดลองการทำงาน และปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่อง

2.2 จัดทำคู่มือการใช้งาน

ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

3.1 สร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ 2 ด้าน คือ

3.1.1 แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

3.1.2 แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

3.2 ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินทั้ง 2 ด้าน คือ

3.2.1 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

3.2.2 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

3.3 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องแบบประเมินตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นตอนที่ 4 การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

4.1 ผู้วิจัยทดลองทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์โดยใช้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้น และบันทึกผลการทดลองลงในแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

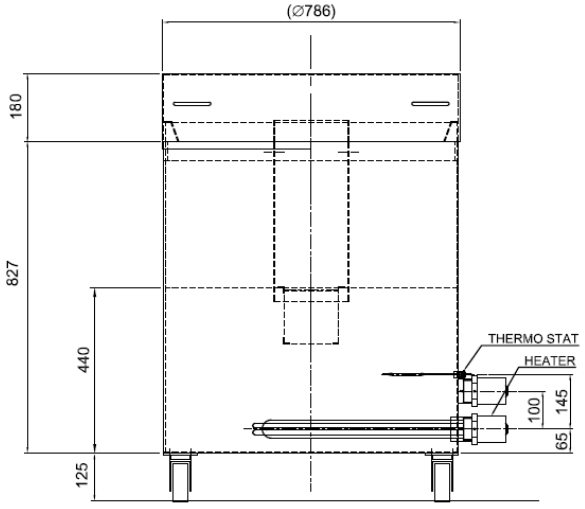
4.2 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพ

4.3 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

2. การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

มีการออกแบบชิ้นส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

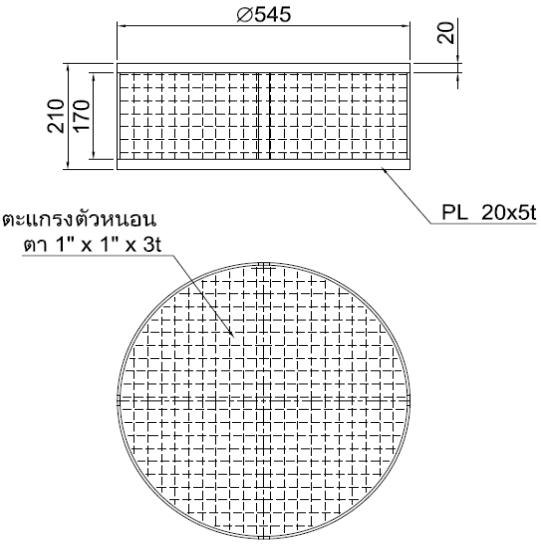
2.1 ออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ



ภาพประกอบ 42 ขนาดของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

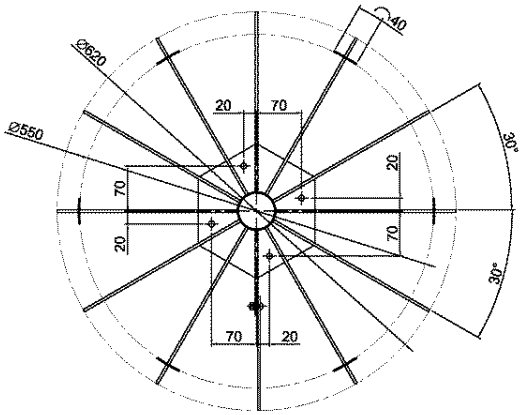
2.2 ออกแบบตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์



ภาพประกอบ 43 ขนาดของตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

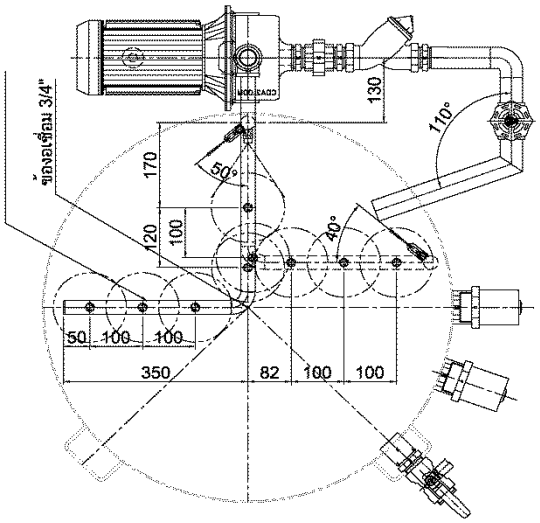
2.3 ออกแบบชุดแขนรองรับตะกร้า



ภาพประกอบ 44 ขนาดของชุดแขนรองรับตะกร้า (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

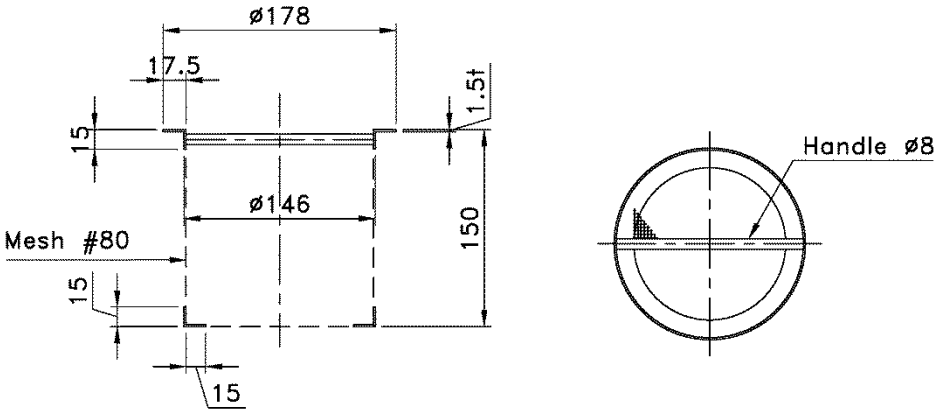
2.4 ออกแบบตำแหน่งการติดตั้งชุดหัวฉีด



ภาพประกอบ 45 ตำแหน่งการติดตั้งชุดหัวฉีด (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

2.5 ออกแบบตัวกรองน้ำ



ภาพประกอบ 46 ขนาดของตัวกรองน้ำ (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

2.6 ออกแบบตู้คอนโทรล

ภาพประกอบ 47 ขนาดของตู้คอนโทรล (หน่วยวัด: มิลลิเมตร)

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

2.7 กำหนดอุปกรณ์ สถานที่ และระยะเวลาสำหรับการสร้างเครื่องทำความสะอาด

2.7.1 จัดหาอุปกรณ์ วัสดุ และเครื่องมือ (ดังภาคผนวก ฉ) สำหรับใช้สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.7.2 สถานที่ และระยะเวลาสำหรับสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2.7.2.1 ผู้วิจัยได้ขออนุญาตใช้โรงฝึกงานของสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ 114 สุขุมวิท 23 เขตวัฒนา กรุงเทพมหานคร เป็นสถานที่สร้างเครื่องทำความสะอาด ทดลองการทำงาน และประเมินสมรรถนะ

2.7.2.2 ระยะเวลาสำหรับสร้างเครื่องทำความสะอาด ทดลองการทำงาน และประเมินสมรรถนะตั้งแต่ 1 เมษายน พ.ศ. 2554 ถึง 24 ธันวาคม พ.ศ. 2554

3. การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

มีการสร้างและติดตั้งชิ้นส่วนประกอบที่สำคัญ ดังนี้

3.1 สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ

นำเหล็กแผ่น SS400 (Rolled Steel for General Structure, 400 MPa) สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป ขนาด 1,219x2,438 มิลลิเมตร หนา 3 มิลลิเมตร จำนวน 3 แผ่น มาม้วนและเชื่อมประกอบเป็นโครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่าน

ศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 827 มิลลิเมตร และสร้างพื้นที่เก็บน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 440 มิลลิเมตร

ภาพประกอบ 48 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และพื้นที่เก็บน้ำ

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.2 สร้างตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์

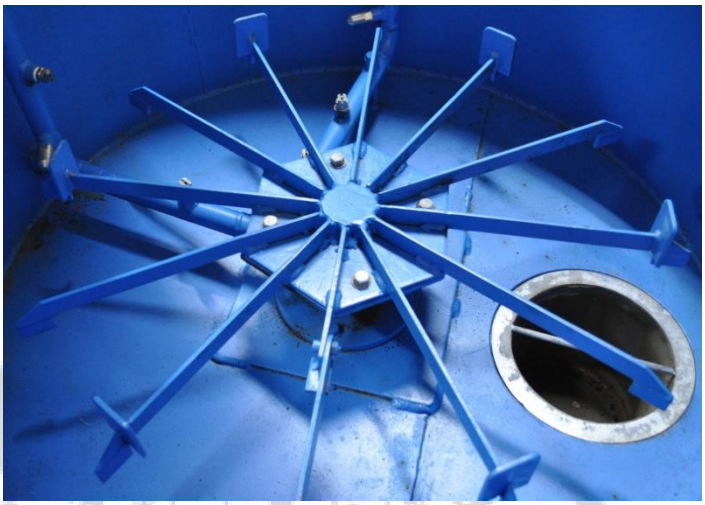
นำแผ่นตะแกรงลวดตัวหนอน ขนาด 210x1,712 มิลลิเมตร มาตัดและเชื่อมประกอบเข้ากับโครงเหล็กของตะกร้ามีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 545 มิลลิเมตร สูง 210 มิลลิเมตร ระยะห่างของรูตะกร้ากว้าง 25.4 มิลลิเมตร ยาว 25.4 มิลลิเมตร

ภาพประกอบ 49 ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.3 สร้างชุดแขนรองรับตะกร้า

นำเหล็กแบน (FB) SS400 ขนาด 20x280 มิลลิเมตร หนา 4 มิลลิเมตร จำนวน 12 ชิ้น มาเชื่อมประกอบติดกับชุดลูกปืนรองรับชุดแขนทั้งหมด ระยะห่างของแขนแต่ละแขนทำมุม 30°



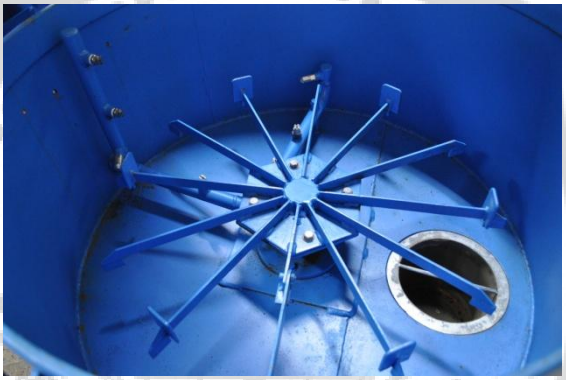
ภาพประกอบ 50 ชุดแขนรองรับตะกร้า

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.4 ติดตั้งชุดหัวฉีด

ทำการติดตั้งชุดหัวฉีดแบบ Flat Fan Spray จำนวน 10 หัว กับท่อน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 25.40 มิลลิเมตร อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาดทั้ง 3 ด้าน คือ ด้านบน 5 หัว ด้านข้าง 2 หัว และด้านล่าง 3 หัว ซึ่งทำหน้าที่ฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเพื่อทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และติดตั้งชุดหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone จำนวน 2 หัว กับท่อน้ำ ภายในเครื่องทำความสะอาด จำนวน 2 ด้าน คือ ด้านข้าง 1 หัว และด้านล่าง 1 หัว ซึ่งทำหน้าที่ฉีดน้ำขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน

(ก) ตำแหน่งติดตั้งชุดหัวฉีดด้านบน



(ข) ตำแหน่งติดตั้งชุดหัวฉีดด้านข้างและด้านล่าง

ภาพประกอบ 51 ชุดหัวฉีด

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.5 สร้างตัวกรองน้ำ

นำตะแกรงลวดเบอร์ 80 มาตัดและเชื่อมประกอบกับโครงเหล็กของตัวกรองน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 146 มิลลิเมตร สูง 150 มิลลิเมตร

ภาพประกอบ 52 ตัวกรองน้ำ

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.6 ติดตั้งปั๊มน้ำ

ทำการติดตั้งปั๊มน้ำชนิด Centrifugal ขนาด 2 แรงม้า จำนวน 1 ตัว ใช้แรงดันไฟฟ้า 220 โวลต์ ทำหน้าที่ดูดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันจากพื้นที่เก็บน้ำภายในเครื่องทำความสะอาด และส่งเข้าชุดหัวฉีดทำความสะอาดและหัวฉีดขับหมุนตะกร้า

ภาพประกอบ 53 ปั๊มน้ำชนิด Centrifugal ขนาด 2 แรงม้า

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.7 ติดตั้งลิมิตสวิตซ์

ทำการติดตั้งลิมิตสวิตซ์แบบก้านโยกบริเวณด้านข้างของเครื่องทำความสะอาด ขณะปิดฝาเครื่องทำความสะอาดจะทำให้บริเวณขอบของฝาเครื่องกดทับลูกล้อซึ่งอยู่ที่ปลายก้านโยกของลิมิตสวิตซ์ส่งผลให้กระแสไฟฟ้าไหลได้ครบวงจร เมื่อกดปุ่ม START เครื่องทำความสะอาดจะทำงาน และเมื่อกดปุ่ม STOP เครื่องทำความสะอาดจะหยุดทำงาน

ภาพประกอบ 54 ลิมิตสวิตซ์แบบก้านโยก

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.8 ติดตั้งตู้คอนโทรล

ทำการติดตั้งตู้คอนโทรล ขนาดกว้าง 350 มิลลิเมตร สูง 400 มิลลิเมตร หนา 180 มิลลิเมตร ภายในตู้คอนโทรลประกอบด้วย เซอร์กิตเบรกเกอร์ ฟิวส์ ชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมการทำงานมอเตอร์ปั๊มน้ำ ชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์ควบคุมการทำงานฮีทเตอร์ ชุดรีเลย์ควบคุมการทำงานฮีทเตอร์ และอุปกรณ์ตั้งเวลาการทำงาน

ภาพประกอบ 55 ตู้คอนโทรล

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3.9 ทดลองการทำงาน

ศึกษาวิธีควบคุมการทำงานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์อย่างละเอียดเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในระหว่างการทดลอง และเริ่มทดลองการทำงาน ดังนี้

3.9.1 ทดลองเปิด-ปิดฝาเครื่องทำความสะอาด

3.9.2 ทดลองการทำงานของปั๊มน้ำและการฉีดน้ำของชุดหัวฉีด

3.9.3 ทดลองการทำงานของ LIMIT SWITCH โดยเมื่อกดปุ่ม START ขณะที่ฝาเครื่องเปิดอยู่นั้นปั๊มน้ำจะต้องไม่ทำงาน แต่เมื่อฝาเครื่องปิดสนิทและกดปุ่ม START ปั๊มน้ำต้องจะทำงาน

3.9.4 ทดลองการทำงานของอุปกรณ์ควบคุมระบบไฟฟ้า ได้แก่ การทำงานของเซอร์กิตเบรกเกอร์ การทำงานของสวิตช์ POWER OFF-ON การทำงานของปุ่ม START-STOP การทำงานของฮีทเตอร์ การทำงานของเทอร์โมสตัท การทำงานของชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์ การทำงานของชุดรีเลย์ และการทำงานของอุปกรณ์ตั้งเวลา

3.9.5 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดควรมีขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC โดยมีข้อกำหนดดังนี้

3.9.5.1 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดความสูงไม่เกิน 200 มิลลิเมตร ความยาวและกว้างไม่เกิน 500 มิลลิเมตร

3.9.5.2 กรณีที่ชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีรูน็อตหรือรูน้ำหล่อเย็นต้องมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 5 มิลลิเมตรขึ้นไป และมีความลึกของรูไม่เกิน 5 มิลลิเมตร

3.9.5.3 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดเล็กต้องมีขนาดความยาวไม่น้อยกว่า 10 เซนติเมตร

3.9.6 วิธีการทำความสะอาด คือ ปั๊มน้ำจะสร้างแรงดันให้กับชุดหัวฉีดและชุดหัวฉีดจะฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันไปยังชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาด โดยมีระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันและระยะเวลาทำความสะอาดตามที่กำหนด

3.9.7 ปรับปรุงแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ ที่พบเพื่อให้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์สามารถทำงานได้ตรงตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้และเกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน

3.10 คู่มือการใช้งาน

จัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (ดังภาคผนวก ซ) ประกอบด้วย คำแนะนำก่อนการใช้งาน ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ข้อมูลทางเทคนิค ขั้นตอนการใช้งาน ความปลอดภัยในการใช้งาน การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และการบำรุงรักษาเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

4. การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

การสร้างแบบประเมินสมรรถนะได้แบ่งออกเป็น 2 ด้าน คือ แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด (ดังภาคผนวก ง) และแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ (ดังภาคผนวก จ)

1. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นข้อมูลสำหรับสร้างแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาดและสร้างแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

2. สร้างแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกมาทดลองทำความสะอาด

ตอนที่ 2 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน ได้กำหนดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยการสังเกต ดังนี้

เกณฑ์ความสะอาด	**แปลความ**
ผ่านเกณฑ์	ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ต้องปรับปรุง	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ไม่ผ่านเกณฑ์	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

3. สร้างแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ

1. ด้านวิศวกรรม จำนวน 5 ข้อ
2. ด้านความปลอดภัย จำนวน 5 ข้อ
3. ด้านการใช้งาน จำนวน 5 ข้อ
4. ด้านการบำรุงรักษา จำนวน 5 ข้อ

โดยใช้มาตราส่วนประเมินค่า (Rating Scale) กำหนด 5 ระดับ ตามวิธีของลิเคอร์ท (พวงรัตน์ ทวีรัตน์. 2543: 107)

คะแนน	**แปลความหมาย**
5	ดีมาก
4	ดี
3	พอใช้
2	ต้องปรับปรุง
1	ใช้ไม่ได้

ตอนที่ 3 คำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ

4. นำแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด และแบบประเมินลักษณะทางกายภาพที่สร้างเสร็จแล้วเสนอต่อคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความถูกต้องก่อนส่งถึงผู้เชี่ยวชาญ

5. ขอหนังสือรับรองเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวิจัยเพื่อทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ถึงผู้เชี่ยวชาญ (ดังภาคผนวก ข)

6. ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน (ดังภาคผนวก ก) ได้แก่ (1) อาจารย์ศักดา มยูขโชติ (2) อาจารย์บุญช่วย บัวคลี่ และ (3) อาจารย์นพดล นภวรรณ ทำการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

7. ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน (ดังภาคผนวก ก) ได้แก่ (1) ผศ.เกียรติชัย รักษาชาติ (2) อาจารย์ ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า และ (3) อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน ทำการตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

5. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ประเมินสมรรถนะ 2 ด้าน คือ ประเมินความสามารถในการทำความสะอาด และประเมินลักษณะทางกายภาพ มีรายละเอียดดังนี้

5.1 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

ผู้วิจัยเลือกตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดความจุของกระบอกสูบ 1,600 CC ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่แบบเจาะจง (Purposive Sampling) และแยกขนาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกมาทดลองทำความสะอาดออกเป็น 3 ขนาด คือ

1. ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง
2. ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว
3. ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

การเก็บรวบรวมข้อมูลโดยผู้วิจัยทดลองทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และบันทึกผลการทดลองลงในแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด และนำผลการประเมินไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

5.2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ

5.2.1 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน (ดังภาคผนวก ก) แยกเป็นผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมเครื่องกล จำนวน 5 คน ได้แก่ (1) รศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ (2) พันเอก ผศ.ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง (3) นายไพบูลย์ คำยัง (4) นายสิทธิพล งามเสงี่ยม (5) นายพันชารี หล่อศิริ และผู้เชี่ยวชาญด้านวิศวกรรมไฟฟ้า จำนวน 4 คน ได้แก่ (1) อาจารย์ ดร.สมภพ รอดอัมพร

(2) อาจารย์ประพันธ์ จันทร์เสมา (3) นายเอกภักดิ์ ธีรานุวรรตน์ (4) นายโชคชัย อนามธวัช ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ

5.2.1.1 ด้านวิศวกรรม จำนวน 5 ข้อ

5.2.1.2 ด้านความปลอดภัย จำนวน 5 ข้อ

5.2.1.3 ด้านการใช้งาน จำนวน 5 ข้อ

5.2.1.4 ด้านการบำรุงรักษา จำนวน 5 ข้อ

5.2.2 การเก็บรวบรวมข้อมูล มีขั้นตอนดังนี้

5.2.2.1 ขอหนังสือรับรองเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญประเมินลักษณะทางกายภาพ จากบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

5.2.2.2 ผู้วิจัยนำหนังสือรับรองเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ ส่งถึงผู้เชี่ยวชาญ

5.2.2.3 ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพ

5.2.2.4 ผู้วิจัยรับแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ จากผู้เชี่ยวชาญทั้ง 9 คน มาตรวจสอบความถูกต้องก่อนนำผลการประเมินไปทำการวิเคราะห์ข้อมูล

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

6.1 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

6.1.1 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Arithmetic Mean) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 105)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

$\sum X$ คือ ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N คือ จำนวนของผู้ประเมิน

6.1.2 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation) (บุญชม ศรีสะอาด. 2545: 106)

$$S.D. = \sqrt{\frac{N\Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N(N-1)}}$$

เมื่อ

S.D. คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

X คือ คะแนนของแต่ละข้อ

$\sum$ คือ ผลรวมของคะแนน

N คือ จำนวนของผู้ประเมิน

6.1.3 ค่าที (t-test) แบบ One-tailed test เมื่อกลุ่มตัวอย่างมีขนาดเล็ก (n < 30) ที่ระดับความเชื่อมั่นทางสถิติร้อยละ 95 (ชูศรี วงศ์รัตนะ. 2550: 134)

$$t = \frac{\overline{X}-\mu_0}{\frac{S}{\sqrt{n}}}$$, โดย df = n-1

เมื่อ

$\overline{X}$ คือ ค่าเฉลี่ย

μ_0 คือ ค่าคงที่

S คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของผู้ประเมิน

n คือ จำนวนของผู้ประเมิน

6.2 กำหนดเกณฑ์ระดับคะแนนลักษณะทางกายภาพ

คะแนน	**แปลความ**	**เกณฑ์**
5	ดีมาก	ผ่านเกณฑ์
4	ดี	ผ่านเกณฑ์
3	พอใช้	ไม่ผ่านเกณฑ์
2	ต้องปรับปรุง	ไม่ผ่านเกณฑ์
1	ใช้ไม่ได้	ไม่ผ่านเกณฑ์

6.3 กำหนดเกณฑ์ในการแปลความข้อมูลที่ได้จากลักษณะทางกายภาพเป็นค่าเฉลี่ยต่าง ๆ

คะแนนเฉลี่ยระหว่าง	**แปลความ**
4.50 – 5.00	ดีมาก
3.50 – 4.49	ดี
2.50 – 3.49	พอใช้
1.50 – 2.49	ต้องปรับปรุง
1.00 – 1.49	ใช้ไม่ได้

6.4 กำหนดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยผู้เชี่ยวชาญ

เกณฑ์ความสะอาด	แปลความ
ผ่านเกณฑ์	ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ต้องปรับปรุง	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ไม่ผ่านเกณฑ์	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

6.5 การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

6.5.1 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด ซึ่งได้จากการทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ (ดังตาราง 9)

6.5.2 วิเคราะห์ข้อมูลจากแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ ซึ่งประเมินโดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 9 คน (ดังตาราง 10, 11, 12, 13 และ 14)

6.5.3 นำข้อมูลความคิดเห็นอิสระของผู้เชี่ยวชาญจากแบบประเมินลักษณะทางกายภาพมาเรียงลำดับนำเสนอเป็นข้อๆ จากข้อที่มีความถี่ของผู้เชี่ยวชาญตอบมากที่สุดไปจนถึงข้อที่มีความถี่ของผู้เชี่ยวชาญตอบน้อยที่สุดตามลำดับ (ดังตาราง 15)

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

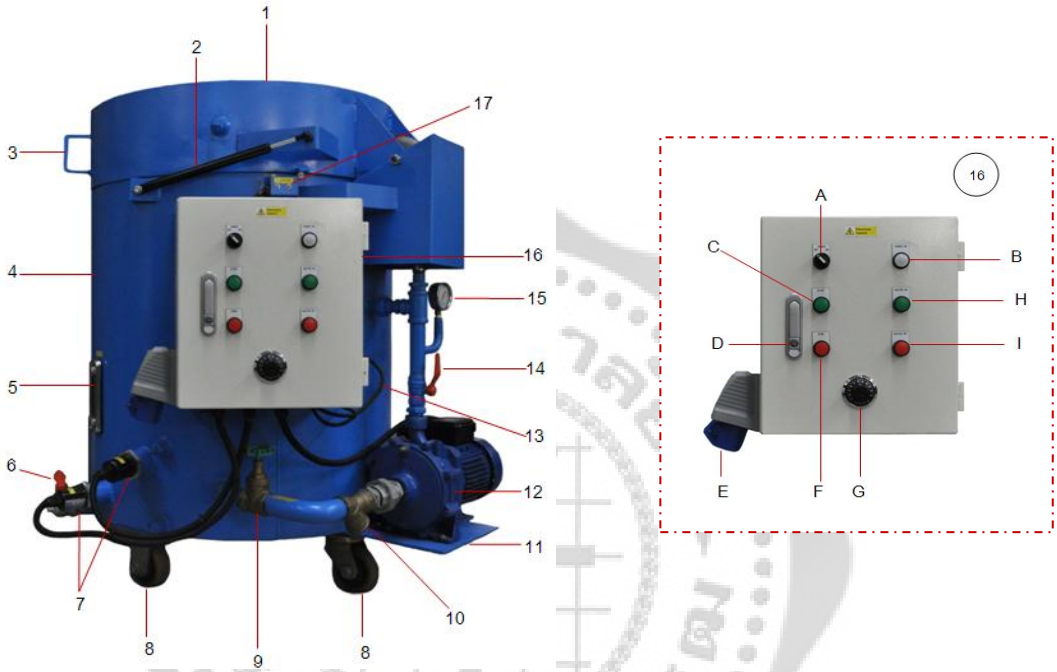
ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามขั้นตอนที่กำหนดไว้ 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 การออกแบบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ขั้นตอนที่ 2 การสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ขั้นตอนที่ 3 การสร้างแบบประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และขั้นตอนที่ 4 การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
2. ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด
3. ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ
4. ผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐาน

1. ผลการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร มีส่วนประกอบ (ดังภาคผนวก ช) และรายละเอียดต่างๆ ดังนี้

1.1 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์



1. ฝาเปิด-ปิด
2. ก้านโช๊คประคองฝา เปิด-ปิด
3. หูจับฝาเปิด-ปิด
4. ถังเครื่องทำความสะอาด
5. เทอร์โมมิเตอร์และมาตรวัดระดับน้ำ
6. วาล์วเปิด-ปิดท่อน้ำทิ้ง
7. HEATER
8. ล้อเข็น
9. GLOBE VALVE
10. Y-STRAINER
11. ฐานรองปั๊มน้ำ
12. ปั๊มน้ำ
13. สาย Thermostat วัดอุณหภูมิน้ำ
14. วาล์วเปิด-ปิดน้ำเข้าหัวฉีด
15. PRESSURE GAUGE
16. ตู้คอนโทรล ประกอบด้วย
    - A คือ SWITCH POWER OFF-ON
    - B คือ หลอดไฟแสดงสถานะ SWITCH POWER OFF-ON
    - C คือ ปุ่ม START เครื่อง (ปุ่มสีเขียว)
    - D คือ ปุ่มกดเปิดตู้คอนโทรล
    - E คือ ปลั๊กต่อกระแสไฟฟ้า
    - F คือ ปุ่ม STOP เครื่อง (ปุ่มสีแดง)
    - G คือ ตัวหมุนปรับตั้งระดับอุณหภูมิน้ำ
    - H คือ ปุ่ม HEATER ON (ปุ่มสีเขียว)
    - I คือ ปุ่ม HEATER OFF (ปุ่มสีแดง)
17. LIMIT SWITCH

ภาพประกอบ 56 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1.2 ข้อมูลทางเทคนิค

เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีข้อมูลทางเทคนิคที่สำคัญ (ดังตาราง 8)

ตาราง 8 ข้อมูลทางเทคนิคของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ข้อมูลทางเทคนิค	ขนาด
ความสูง	1,132 mm
ความกว้าง	1,050 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของถัง	786 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของตะกร้ารองรับชิ้นส่วน	545 mm
น้ำหนักชิ้นงานสำหรับทำความสะอาด (ไม่เกิน)	30 Kg
ปริมาตรน้ำ	210 Liter
แรงดันน้ำ	1 Bar (kg/cm^2)
มอเตอร์	2 Hp
ฮีทเตอร์ไฟฟ้า	9,000 Watt
แรงดันไฟฟ้า	220/380 Voltage
เฟส	3
ความถี่	50/60 Hz

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

2. ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

ผู้วิจัยทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ซึ่งมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ทั้ง 3 ขนาด คือ (1) ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง (2) ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว และ (3) ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C และ 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที มีผลการประเมินแสดงในตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ดังตาราง 9)

ตาราง 9 ความสามารถในการทำความสะอาด

ชิ้นส่วนเครื่องยนต์	อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน (°C)	การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด			สรุปผลการประเมิน
		ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
1. ชิ้นส่วนขนาดใหญ่					
ฝาครอบวาล์ว	30°C	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	**ต้องปรับปรุง**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
ฝาสูบ	30°C	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	**ต้องปรับปรุง**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
เพลาข้อเหวี่ยง	30°C	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	**ต้องปรับปรุง**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
อ่างน้ำมันเครื่อง	30°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
2. ชิ้นส่วนขนาดกลาง					
ลูกสูบและก้านสูบ	30°C	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	ต้องปรับปรุง	**ต้องปรับปรุง**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
เพลาลูกเบี้ยว	30°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
3. ชิ้นส่วนขนาดเล็ก					
ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย	30°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	40°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**
	50°C	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	ผ่านเกณฑ์	**ผ่านเกณฑ์**

หมายเหตุ: ผ่านเกณฑ์ หมายถึง ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ต้องปรับปรุง หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ไม่ผ่านเกณฑ์ หมายถึง มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จากตาราง 9 สรุปได้ว่า ผลการประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด โดยทดลองที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 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 เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 9 มีผลการทดลองและวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

1. ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่อง โดยทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C, 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ และเพลาข้อเหวี่ยง มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดต้องปรับปรุงที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ทุกช่วงเวลา และเมื่อทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิ 40°C และ 50°C ทุกช่วงเวลา พบว่า มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด สำหรับอ่างน้ำมันเครื่องมีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกระดับอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา

2. ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว โดยทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C, 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ลูกสูบและก้านสูบ มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดต้องปรับปรุงที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ทุกช่วงเวลา และเมื่อทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิ 40°C และ 50°C ทุกช่วงเวลา พบว่า มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด สำหรับเพลาลูกเบี้ยวมีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกระดับอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา

3. ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C, 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกระดับอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา

3. ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ

จากการประเมินลักษณะทางกายภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน มีผลการประเมินแสดงในตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ดังตาราง 10)

ตาราง 10 ลักษณะทางกายภาพ

ลักษณะทางกายภาพ	$\bar{X}$	S.D.	แปลความหมาย	t-test	ρ-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_0 = 4, *ρ < 0.05

จากตาราง 10 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยรวมลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.342 และค่าที (t-test) 2.827* และการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 10 พบว่า ด้านที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ ด้านความปลอดภัย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.459 และค่าที 3.192* และด้านที่มีระดับคะแนนต่ำสุด คือ ด้านวิศวกรรม ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.510 และค่าที 0.784

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพแยกเป็นด้านย่อย 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านวิศวกรรม (2) ด้านความปลอดภัย (3) ด้านการใช้งาน และ (4) ด้านการบำรุงรักษา มีผลการประเมินแสดงในตารางผลการวิเคราะห์ข้อมูล (ดังตาราง 11, 12, 13 และ 14)

1. ด้านวิศวกรรม

ตาราง 11 ด้านวิศวกรรม

1. ด้านวิศวกรรม	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	t-test	ρ-value
1.1 ความเหมาะสมในการออกแบบ	3.89	0.333	ดี	-1.000	0.347
1.2 ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์	3.89	0.601	ดี	-0.555	0.594
1.3 ความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์	4.22	0.972	ดี	0.686	0.512
1.4 เครื่องสามารถทนต่ออุณหภูมิของน้ำร้อนได้	4.22	0.833	ดี	0.800	0.447
1.5 ความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง	4.44	0.726	ดี	1.835	0.104
ค่าเฉลี่ยรวมด้านวิศวกรรม	**4.13**	**0.510**	**ดี**	**0.784**	**0.455**

n = 9, $\mu_0 = 4$, *$\rho < 0.05$

จากตาราง 11 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยรวมด้านวิศวกรรมอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.510 และค่าที (t-test) 0.784

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 11 สมรรถนะด้านวิศวกรรม พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ 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 โดยมีค่าเฉลี่ย 3.89 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.601 และค่าที -0.555

2. ด้านความปลอดภัย

ตาราง 12 ด้านความปลอดภัย

2. ด้านความปลอดภัย	$\overline{X}$	**S.D.**	**แปลความหมาย**	**t-test**	**ρ-value**
2.1 เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่อง	4.78	0.441	ดีมาก	5.292*	0.001
2.2 เครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง	4.78	0.441	ดีมาก	5.292*	0.001
2.3 ความปลอดภัยจากน้ำร้อนที่อยู่ภายในเครื่อง	4.33	0.866	ดี	1.155	0.282
2.4 ความปลอดภัยจากแรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีด	4.44	0.726	ดี	1.835	0.104
2.5 ความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร	4.11	0.333	ดี	1.000	0.347
ค่าเฉลี่ยรวมด้านความปลอดภัย	**4.49**	**0.459**	**ดี**	**3.192***	**0.013**

n = 9, μ_0 = 4, *ρ < 0.05

จากตาราง 12 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยรวมด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.459 และค่าที (t-test) 3.192*

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 12 สมรรถนะด้านความปลอดภัย พบว่า 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* และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด คือ ความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.333 และค่าที 1.000

3. ด้านการใช้งาน

ตาราง 13 ด้านการใช้งาน

3. ด้านการใช้งาน	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	t-test	ρ-value
3.1 ระบบการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน	4.22	0.441	ดี	1.512	0.169
3.2 ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งเครื่อง	4.33	0.500	ดี	2.000	0.081
3.3 ตั้งเวลาการทำงานของเครื่องได้	4.56	0.726	ดีมาก	2.294	0.051
3.4 ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้	4.67	0.707	ดีมาก	2.828*	0.022
3.5 ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง	4.22	0.441	ดี	1.512	0.169
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการใช้งาน	**4.40**	**0.387**	**ดี**	**3.098***	**0.015**

n = 9, $\mu_0 = 4$, *$\rho < 0.05$

จากตาราง 13 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยรวมด้านการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.387 และค่าที (t-test) 3.098*

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 13 สมรรถนะด้านการใช้งาน พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ 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. ด้านการบำรุงรักษา

ตาราง 14 ด้านการบำรุงรักษา

4. ด้านการบำรุงรักษา	$\overline{X}$	S.D.	แปลความหมาย	t-test	ρ-value
4.1 ความสะดวกในการตรวจสอบการทำงาน	4.22	0.667	ดี	1.000	0.347
4.2 ความสะดวกในการทำความสะอาดเครื่อง	4.33	0.500	ดี	2.000	0.081
4.3 ความสะดวกในการดูแลชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ	4.22	0.441	ดี	1.512	0.169
4.4 ความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์	4.11	0.782	ดี	0.426	0.681
4.5 การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ	4.44	0.726	ดี	1.835	0.104
ค่าเฉลี่ยรวมด้านการบำรุงรักษา	**4.27**	**0.490**	**ดี**	**1.633**	**0.141**

n = 9, $\mu_0 = 4$, *$\rho < 0.05$

จากตาราง 14 สรุปได้ว่า ค่าเฉลี่ยรวมด้านการบำรุงรักษาอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ โดยมีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.490 และค่าที (t-test) 1.633

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากตาราง 14 สมรรถนะด้านการบำรุงรักษา พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.44 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.726 และค่าที 1.835 และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด คือ ความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี โดยมีค่าเฉลี่ย 4.11 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.782 และค่าที 0.426

2.5 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินลักษณะทางกายภาพ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดเป็นความคิดเห็นอิสระของผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ที่มีต่อลักษณะทางกายภาพ แยกเป็นด้านย่อย 4 ด้าน (ดังตาราง 15)

ตาราง 15 ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการตอบแบบสอบถามปลายเปิดของผู้เชี่ยวชาญในการประเมินลักษณะทางกายภาพ

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ด้านลักษณะทางกายภาพ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ แสดงความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะ
1. ด้านวิศวกรรม	
1.1 โครงสร้างของเครื่องทำความสะอาดทั้งภายนอกและภายในควรสร้างจากวัสดุ Stainless Steel เพื่อป้องกันการเกิดสนิม	2
1.2 การออกแบบโครงสร้างมีความแข็งแรงสามารถรองรับชิ้นงานได้	1
1.3 การจัดตำแหน่งของอุปกรณ์สามารถถอดเปลี่ยนหรือมองเห็นได้ง่าย	1
1.4 การใช้อุปกรณ์การล้างเป็นของที่ผลิตจากโรงงานจริง (วัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ) โดยเฉพาะหัวฉีดน้ำ (Nozzle) ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการล้างเป็นอย่างมาก	1
1.5 ตะกร้าใส่ชิ้นส่วนควรสร้างจากวัสดุ Stainless Steel เพื่อป้องกันการเกิดสนิม	1
1.6 ข้อต่อ ท่อต่างๆ ควรเป็นวัสดุทองเหลือง เพื่อป้องกันการเกิดสนิม	1
1.7 ตู้คอนโทรลควรอยู่ในตำแหน่งเปิด-ปิดฝาเครื่อง (ด้านหน้า) เพื่อความสะดวกในการใช้งาน	1
1.8 ควรออกแบบให้ Timer อยู่ด้านนอกตู้คอนโทรลเพื่อความสะดวกในการปรับตั้งเวลาที่เครื่องทำงาน	1
1.9 ควรออกแบบให้มีสวิตซ์ควบคุมการทำงานของ Heater แยกควบคุมแต่ละตัว และอาจจะพัฒนาเพิ่มเติมระบบการควบคุมและการแสดงผลการทำงานแบบดิจิตอล	1
2. ด้านความปลอดภัย	
2.1 ความปลอดภัยพื้นฐานอยู่ในเกณฑ์ดี โดยเฉพาะเครื่องจะทำงานได้ก็ต่อเมื่อปิดฝาเครื่อง และเครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง	1
2.2 ควรมีสัญญาณเสียงเตือนในขณะที่เครื่องหยุดทำงาน หรือหลังจากเครื่องทำงานเสร็จแล้ว	1
2.3 ควรติดตั้งตัวล็อคแกนเพลารองรับตะกร้า เพื่อให้การถอดตัวกรองหยาบออกมาทำความสะอาดสามารถทำได้สะดวกขึ้น	1
2.4 ควรจัดสร้างที่เก็บสายไฟให้เรียบร้อย (เพื่อความสวยงามและความปลอดภัยในการใช้งาน)	1
2.5 ควรติดตั้งตัวล็อคล้อเครื่องล้าง เพื่อป้องกันการเคลื่อนที่ขณะเครื่องทำงาน	1
2.6 ควรติดตั้งตะแกรงล้อมรอบเครื่องล้างเพื่อป้องกันอันตรายไม่ให้ผู้ใช้งานไปสัมผัสกับพื้นผิวภายนอกเครื่องบริเวณพื้นที่เก็บน้ำร้อนโดยไม่ตั้งใจ	1
2.7 ควรติดตั้งตัวล็อคฝาปิดเครื่องล้างเพื่อความปลอดภัยในขณะใช้งาน	1

ตาราง 15 (ต่อ)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ด้านลักษณะทางกายภาพ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ แสดงความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะ
3. ด้านการใช้งาน	
3.1 ฝาเปิด-ปิดเครื่องยังมีน้ำหนักมาก (ต้องใช้แรงยกเพื่อเปิดฝาในช่วงแรก)	2
3.2 การเคลื่อนย้ายเครื่องในมุมแคบ (การเคลื่อนย้าย 1 คน ทำได้ไม่ค่อยสะดวก)	2
3.3 มีความสะดวกกับผู้ใช้งานที่ไม่มีความรู้ทางด้านช่างด้วยการอธิบายสั้นๆ ผู้ใช้งานก็สามารถใช้งานได้อย่างถูกต้อง	1
3.4 ควรปรับปรุงการหมุนของตะกร้าเมื่อใส่ชิ้นส่วนที่มีน้ำหนักมากซึ่งจะทำให้ตะกร้าไม่หมุน โดยการเพิ่มจำนวนหัวฉีดน้ำเป็นชุดผลักดันตะกร้าและเพิ่มแรงดันน้ำโดยติดตั้ง Solenoid Valve และ Timer เพื่อให้แรงดันน้ำทั้งหมดจ่ายเฉพาะหัวฉีดน้ำชุดผลักดันในตอนเริ่มเปิดเครื่องทำงานเมื่อตะกร้าหมุนแล้ว Solenoid Valve ก็จะเปิดให้ชุดหัวฉีดน้ำล้างชิ้นส่วนทำงาน	1
3.5 การถอดหัวฉีดน้ำ (Nozzle) ออกมาทำความสะอาดยังทำได้ไม่สะดวก	1
4. ด้านการบำรุงรักษา	
4.1 อุปกรณ์สำคัญๆ ส่วนมากอยู่ด้านนอกเครื่องและออกแบบมาให้สามารถถอดประกอบได้โดยง่าย จึงทำให้การบำรุงรักษาเป็นไปได้อย่างสะดวก และอุปกรณ์ทุกชิ้นเมื่อเสียหายก็สามารถจัดหาซื้อได้ภายในประเทศ	2
4.2 ควรติดตั้งชุดกรองละเอียดเพื่อกรองน้ำที่ผ่านการล้างชิ้นส่วนก่อนที่น้ำจะไหลลงไปเก็บในพื้นที่เก็บน้ำด้านล่างเพื่อป้องกันเศษโลหะไหลเข้าไปในท่อดูดซึ่งจะทำให้ Strainer อุดตันได้ง่าย	1
4.3 การถอดกรองหยาบออกมาทำความสะอาดยังทำได้ไม่สะดวก เนื่องจากขณะถอดตัวกรองหยาบจะติดกับโครงแขนรองรับตะกร้า	1
4.4 ควรจัดทำ Check List (ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆ) ให้กับผู้ใช้งานเครื่องล้าง	1
4.5 ควรใช้น้ำยาล้างถังมาทำความสะอาดโครงสร้างภายในเครื่อง (พื้นที่เก็บน้ำ) เนื่องจากคราบสิ่งสกปรกต่างปนเปื้อนน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งถ้าใช้น้ำปกติอาจจะล้างได้ไม่สะอาด	1
4.6 ควรทำความสะอาดเครื่องและเป่าลมให้แห้งก่อนการจัดเก็บทุกครั้งเพื่อป้องกันการเกิดสนิม	1
อื่นๆ	
1. ควรจัดทำ Name Plate ระบุ Spec ต่างๆ ติดไว้ข้างตัวเครื่อง	2
2. เพื่อประสิทธิภาพการล้างที่ดีเพิ่มขึ้นและทำให้น้ำมีความสะอาดอยู่เสมอ ควรเพิ่ม Filter เพื่อกรองสิ่งสกปรกออกจากน้ำก่อนที่หัวฉีดจะฉีดน้ำไปที่ชิ้นงาน และเพิ่ม Oil Skimmer เพื่อกวาดน้ำมันที่ลอยอยู่บนผิวน้ำออกไป ซึ่งจะทำให้คุณภาพของการล้างชิ้นงานเพิ่มขึ้น	1

ตาราง 15 (ต่อ)

ความคิดเห็นและข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ด้านลักษณะทางกายภาพ	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ แสดงความคิดเห็น และให้ข้อเสนอแนะ
อื่น ๆ (ต่อ)	
3. ควรติดตั้ง Digital Display เพื่อแสดงอุณหภูมิของน้ำร้อนในพื้นที่เก็บน้ำ	1
4. ควรติดตั้ง Indicator Lamp เพื่อแสดงการทำงานของปั๊มน้ำ (START-STOP) และ Heater (ON-OFF)	1

4. ผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐาน

การวิจัยเรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีผลการวิเคราะห์ตามสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

4.1 ผลการทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ผลการทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบและก้านสูบ เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40 องศาเซลเซียส ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย (อ้างอิงจากตาราง 9)

4.2 ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย (อ้างอิงจากตาราง 9)

4.3 ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ

ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพโดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย (อ้างอิงจากตาราง 10)

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้ใช้รูปแบบการวิจัยเชิงทดลอง สามารถสรุปผล อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

สรุปผล

ผู้วิจัยออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ประเมินความสามารถในการทำความสะอาด ประเมินลักษณะทางกายภาพ และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลมาเสนอเป็นรายข้อเพื่อให้สอดคล้องกับความมุ่งหมายของการวิจัย สามารถสรุปผลโดยมีรายละเอียดดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ

1.1 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร และพื้นที่เก็บน้ำมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 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 ทำหน้าที่ฉีดน้ำเพื่อขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน โดยมีปั๊มน้ำ ชนิด Centrifugal ขนาด 2 แรงม้า 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 น้ำยาล้างคราบน้ำมัน (CHEMAX 302) นำมาผสมกับน้ำในอัตราส่วน 1:50 เพื่อใช้งานกับเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ น้ำที่ผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเมื่อผ่านการใช้งานแล้วจะหมุนเวียนและใช้ซ้ำอยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด จนกว่าจะหมดประสิทธิภาพในการทำความสะอาดคราบน้ำมัน

1.5 คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ประกอบด้วย คำแนะนำก่อนการใช้งาน ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วน

เครื่องยนต์ ข้อมูลทางเทคนิค ขั้นตอนการใช้งาน ความปลอดภัยในการใช้งาน การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น และการบำรุงรักษาเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้ทำการประเมิน 2 ด้าน คือ การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด และการประเมินลักษณะทางกายภาพ ดังนี้

2.1 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด ผู้วิจัยทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ สรุปได้ว่า มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย จากทดลองทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ทั้ง 3 ขนาด สรุปได้ดังนี้

2.1.1 ชิ้นส่วนขนาดใหญ่ ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และอ่างน้ำมันเครื่องโดยทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C, 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ และเพลาข้อเหวี่ยง มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดต้องปรับปรุงที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ทุกช่วงเวลา และเมื่อทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิ 40°C และ 50°C ทุกช่วงเวลา พบว่า มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด สำหรับอ่างน้ำมันเครื่องมีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกระดับอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา สรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนขนาดใหญ่ที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 40°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

2.1.2 ชิ้นส่วนขนาดกลาง ได้แก่ ลูกสูบและก้านสูบ และเพลาลูกเบี้ยว โดยทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C, 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ลูกสูบและก้านสูบ มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดต้องปรับปรุงที่ระดับอุณหภูมิ 30°C ทุกช่วงเวลา และเมื่อทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิ 40°C และ 50°C ทุกช่วงเวลา พบว่า มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด สำหรับเพลาลูกเบี้ยวมีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกระดับอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา สรุปได้ว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนขนาดกลางที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 40°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

2.1.3 ชิ้นส่วนขนาดเล็ก ได้แก่ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ทดลองทำความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C, 40°C, 50°C ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย มีผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกระดับอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา สรุปได้ว่า ระดับ

อุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนขนาดเล็กที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 30°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

จากผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ทั้ง 3 ขนาด พบว่า ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดใหญ่และขนาดกลางที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 40°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที และระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดเล็กที่นำมาทดลองต้องไม่ต่ำกว่า 30°C และระยะเวลาทำความสะอาดไม่น้อยกว่า 1 นาที

2.2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ โดยผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน สรุปได้ว่า มีผลค่าเฉลี่ยรวมลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.32 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.342 และค่าที (t-test) 2.827 และการทดสอบสมมติฐานในการวิจัย พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย ผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ ซึ่งแบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน ได้แก่

2.2.1 ด้านวิศวกรรม พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านวิศวกรรมอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.510 และค่าที (t-test) 0.784

2.2.2 ด้านความปลอดภัย พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านความปลอดภัยอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.459 และค่าที (t-test) 3.192

2.2.3 ด้านการใช้งาน พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.40 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.387 และค่าที (t-test) 3.098

2.2.4 ด้านการบำรุงรักษา พบว่า มีผลค่าเฉลี่ยรวมสมรรถนะด้านการบำรุงรักษาอยู่ในเกณฑ์ดีและผ่านเกณฑ์ มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.27 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.490 และค่าที (t-test) 1.633

จากผลการประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน พบว่า ด้านที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ ด้านความปลอดภัย ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.49 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.459 และค่าที (t-test) 3.192 และด้านที่มีระดับคะแนนต่ำสุด คือ ด้านวิศวกรรม ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี มีค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) 4.13 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) 0.510 และค่าที (t-test) 0.784

อภิปรายผล

จากการวิจัยเรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ผู้วิจัยตั้งความมุ่งหมายของการวิจัยไว้ คือ (1) เพื่อออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และ (2) เพื่อประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ และจากผลการวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาดและการประเมินลักษณะทางกายภาพ พบว่า เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้นมีความสามารถในการทำความสะอาดผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดและมีลักษณะทางกายภาพอยู่ในเกณฑ์ดี ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในการวิจัย สามารถอภิปรายผลโดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีรายละเอียด ดังนี้

1.1 โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำจากเหล็กแผ่นมาตรฐาน เกรด SS400 สำหรับงานโครงสร้างทั่วไป เนื่องจากโครงสร้างเครื่องจะต้องรับน้ำหนักของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดและรับน้ำหนักของน้ำที่อยู่ภายในพื้นที่เก็บน้ำ ดังนั้นการใช้เหล็กแผ่นมาตรฐานจึงมีความเหมาะสมสำหรับงานโครงสร้างที่ต้องการความมั่นคงและแข็งแรงซึ่งสอดคล้องกับสกล นันทศรีวิวัฒน์ (2543: 73) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด พบว่า การออกแบบสร้างเครื่องด้วยเหล็กจะทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงด้วย และสอดคล้องกับบริษัทสหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน) (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า เหล็กแผ่นมาตรฐาน JIS เกรด SS400 สามารถเชื่อมต่อได้ง่ายและเหมาะกับงานโครงสร้างเหล็กเชื่อมประกอบต่างๆ เช่น การใช้ในงานโครงสร้างรถยนต์ การสร้างสะพานเหล็ก การต่อเรือ เป็นต้น เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 786 มิลลิเมตร สูง 1,132 มิลลิเมตร เป็นโครงสร้างที่มีขนาดไม่ใหญ่เกินไป ผู้ใช้งานสามารถนำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ต้องการทำความสะอาดวางลงในตะกร้ารองรับชิ้นส่วนได้ง่าย เพราะตะกร้ารองรับชิ้นส่วนที่อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาดมีความสูงจากระดับพื้นไม่เกิน 1 เมตร และเป็นเครื่องทำความสะอาดแบบมีฝาปิดด้วย เนื่องจากขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงานหัวฉีดทำความสะอาดและหัวฉีดขับหมุนตะกร้าจะสเปรย์น้ำออกมาด้วยแรงดันสูงและถ้าสเปรย์น้ำที่ฉีดออกมามีอุณหภูมิสูงด้วยก็อาจจะเกิดอันตรายต่อผู้ใช้งานหรือผู้ที่อยู่บริเวณใกล้เคียงได้ จึงได้สร้างฝาปิดไว้เพื่อป้องกันอันตรายต่างๆ ที่อาจจะเกิดขึ้นจากการทำงานของหัวฉีดที่อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับเลียรี่ เจมส์ โอ (Leary, James O. 1996: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม อธิบายว่า ตัวเครื่องทำความสะอาดจะต้องมีฝาปิด และบริเวณด้านบนของฝาปิดเครื่องได้ติดกระจกใสขนาดความกว้าง 220 มิลลิเมตร และยาว 300 มิลลิเมตร เพื่อใช้สำหรับสังเกตดูความสะอาดของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับสมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเฝือ และไพรัตน์ โยรัมย์ (2545: 93) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ มีข้อเสนอแนะ

ว่า เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ควรติดกระจกใสด้วยเพื่อจะได้ดูการทำงานของเครื่องล้างได้ เนื่องจากการเปิดดูความสะอาดของชิ้นส่วนจำเป็นต้องหยุดเครื่องและทำการเปิดดูเป็นการเสียเวลาในการล้าง

1.2 หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray นำมาใช้ฉีดทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เนื่องจากสเปรย์น้ำที่ออกจากรูหัวฉีดมีลักษณะแบนหรือทรงพัดมีมุมการแตกกระจายตัวของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันไม่น้อยกว่า 65° ทำให้สามารถทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้อย่างทั่วถึง หัวฉีดแบบนี้จึงเหมาะใช้ฉีดน้ำล้างทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับกรมส่งเสริมการเกษตร (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า หัวฉีดแบบรูปพัดทำด้วยโลหะเป็นชิ้นเดียวกัน มีลักษณะกลม ตรงกลางเจาะเป็นรูปวงรีเล็กๆ เพื่อให้ของเหลวไหลผ่าน ขนาดของของเหลวที่ไหลผ่านรูหัวฉีดด้วยแรงดันสูงจะแผ่เป็นรูปพัดมีความกว้างของมุมที่ของเหลวออกมาต่างๆ กัน อยู่ระหว่าง 65-80°และหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone นำมาใช้ฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เนื่องจากสเปรย์น้ำที่ออกจากรูหัวฉีดมีลักษณะแบบกรวยทึบทำให้มีแรงดันสูง หัวฉีดแบบนี้จึงเหมาะใช้ฉีดขับหมุนตะกร้าในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับกรมส่งเสริมการเกษตร (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า หัวฉีดแบบรูปกรวย รูหัวฉีดทำด้วยโลหะหรือวัสดุแข็งเป็นแผ่นแบนๆ หรือเป็นแท่งกลมมีรูหรือร่องเอียงให้ของเหลวไหลผ่านเพื่อเกิดกระแสวนด้านหลังของรูหัวฉีดและผ่านออกไปเป็นรูปกรวยกลม ถ้าพื้นที่ตรงกลางของรูปกรวยนั้นว่างเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยกลวง แต่ถ้าพื้นที่ตรงกลางรูปกรวยนั้นมีละอองสารเต็มเรียกว่าหัวฉีดแบบกรวยทึบ และสอดคล้องกับเลียรี่ เจมส์ โอ (Leary, James O. 1989: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม อธิบายว่า หัวฉีดจะฉีดน้ำที่มีแรงดันไปยังชิ้นส่วนที่นำมาทำความสะอาด และสอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ จันทร์นวล ชัยยันต์ ขวัญเกื้อ และสมชัย รอดสีเสน (2540: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล ได้กำหนดให้มีหัวฉีดทำหน้าที่ฉีดน้ำมันดีเซลซึ่งใช้เป็นสารทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องจักรกล และสอดคล้องกับสมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเฝือ และไพรัตน์ โยรัมย์ (2545: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ได้กำหนดให้มีหัวฉีดฉีดน้ำผสมสารทำความสะอาด

1.3 ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์หมุนรอบตัวเองในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน เนื่องจากได้ออกแบบให้หัวฉีดน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน (หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray) ยึดติดอยู่กับท่อน้ำภายในเครื่องทำความสะอาดซึ่งท่อน้ำนี้ไม่สามารถหมุนเคลื่อนที่ได้ จะทำให้การทำความสะอาดชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำได้ไม่ทั่วถึง จึงออกแบบให้ตะกร้าหมุนเคลื่อนที่รอบตัวเองได้ด้วยแรงดันของน้ำที่ออกจากหัวฉีดแบบ Axial Flow Full Cone เพื่อให้หัวฉีดแบบ Flat Fan Spray สามารถฉีดทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้อย่างทั่วถึงทุกบริเวณ ซึ่งสอดคล้องกับเลียรี่ เจมส์ โอ (Leary, James O. 1989: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม อธิบายว่า แรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีดจะทำให้ตะกร้ารองรับชิ้นส่วนหมุนหรือหยุดหมุนในขณะที่เครื่องทำความสะอาดทำงาน ส่วนความเร็วรอบในการหมุนของตะกร้าจะเป็นไปตามที่กำหนด และสอดคล้องกับเกรียงศักดิ์ จันทร์นวล ชัยยันต์ ขวัญเกื้อ และสมชัย รอดสีเสน (2540: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล อธิบายว่า

แท่นรองรับชิ้นส่วนสามารถหมุนได้โดยการขับมอเตอร์ผ่านไปยังเฟืองทดอัตรา 1:80 และสอดคล้องกับสมชาย นุชไพโรจน์ วิศณุ ทองเฝือ และไพรัตน์ โยรัมย์ (2545: บทคัดย่อ) ได้สร้างเครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ อธิบายว่า 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 จึงไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม มีคุณสมบัติเหมาะสมสำหรับใช้ล้างคราบน้ำมันและไม่กัดกร่อนผิวโลหะ น้ำที่ผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันเมื่อผ่านการใช้งานแล้วจะสามารถใช้หมุนเวียนซ้ำอยู่ภายในเครื่องทำความสะอาดได้จนกว่าจะหมดประสิทธิภาพในการทำความสะอาดคราบน้ำมัน ช่วยให้ประหยัดค่าใช้จ่ายในการซื้อสารทำความสะอาด และเหมาะต่อการนำมาใช้ล้างคราบน้ำมันหรือไขมัน ซึ่งสอดคล้องกับบริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า ผลิตภัณฑ์ CHEMAX 302 เป็นน้ำยาล้างคราบน้ำมันแบบเอนกประสงค์และเป็นตัวทำละลายสารประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำมันหล่อลื่น ไม่เป็นมลพิษต่อสิ่งแวดล้อมและมีความปลอดภัยต่อผู้ใช้งาน มีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ (1) เป็นของเหลวทำละลายอินทรีย์ มีความหนาแน่น (ρ) = 0.83 - 0.87 (2) ของเหลวมีฤทธิ์เป็นด่าง (pH) = 8.55 (3) ใช้ล้างคราบที่ติดแน่นโดยเฉพาะคราบน้ำมัน และ (4) ไม่กัดกร่อนโลหะทุกชนิด และสอดคล้องกับศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์ สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า สิ่งมีชีวิตในน้ำส่วนมากจะอาศัยอยู่ในน้ำที่มีค่า pH = 6.5-9 และสอดคล้องกับเลียรี่ เจมส์ โอ (Leary, James O. 1996: Abstract) ได้ออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดในงานอุตสาหกรรม อธิบายว่า น้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วจะหมุนเวียนอยู่ภายในตัวเครื่อง รวมถึงมีอุปกรณ์สำหรับกรองน้ำซึ่งจะทำหน้าที่กรองคราบจาระบีและคราบน้ำมันที่ผสมอยู่ในน้ำที่ผ่านการทำความสะอาดมาแล้ว โดยคราบจาระบีและคราบน้ำมันจะถูกเก็บรวบรวมไว้และนำไปกำจัดทิ้งต่อไป ส่วนระยะเวลาในการใช้งานจะขึ้นอยู่กับจำนวนครั้งที่ทำความสะอาดและปริมาณความสกปรกของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดด้วย

2. การประเมินสมรรถนะเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ได้ทำการประเมินสมรรถนะ 2 ด้าน คือ การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดและการประเมินลักษณะทางกายภาพ มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด ผู้วิจัยทดลองทำความสะอาดคราบน้ำมันหล่อลื่นของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทั้ง 3 ขนาดเพื่อประเมินความสามารถในการทำความสะอาด มีรายละเอียดดังนี้

2.1.1 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนดทุกช่วงอุณหภูมิและทุกช่วงเวลา ได้แก่ อ่างน้ำมันเครื่อง เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพเป็นชิ้นเดียวกัน มีความแตกต่างของพื้นผิวในชิ้นเดียวกันน้อย ช่วยให้หัวฉีดสามารถฉีดทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงทุกซอกทุกมุม เมื่อเปรียบเทียบความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิ 30°C, 40°C และ 50°C ระยะเวลาทดลอง 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ความสะอาดมีความแตกต่างกันน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงกำหนดระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง เพลาลูกเบี้ยว และ ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย คือ 30°C และระยะเวลา คือ 1 นาที

2.1.2 ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่มีผลการประเมินต้องปรับปรุงที่ระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C ระยะเวลาทดลอง คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และลูกสูบและก้านสูบ เนื่องจากมีลักษณะทางกายภาพด้านความสูงต่ำไม่เท่ากัน พื้นผิวมีซอกมุมเล็กๆ ทำให้มีคราบน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปติดอยู่ หัวฉีดไม่สามารถฉีดทำความสะอาดได้อย่างทั่วถึงทุกซอกทุกมุม ดังนั้นจึงต้องเพิ่มระดับอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน เป็น 40°C และ 50°C ระยะเวลาทดลอง คือ 1 นาที 2 นาที และ 3 นาที พบว่า ความร้อนที่สูงขึ้นทำให้ค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นลดลง ส่งผลให้หัวฉีดฉีดทำความสะอาดได้ดีขึ้น จึงมีผลการประเมินผ่านเกณฑ์ตามที่กำหนด เมื่อเปรียบเทียบความสะอาดที่ระดับอุณหภูมิระหว่าง 40°C และ 50°C ทุกช่วงเวลา พบว่า ความสะอาดมีความแตกต่างกันน้อย ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าจึงกำหนดให้ระดับอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง และลูกสูบและก้านสูบ คือ 40°C ระยะเวลา คือ 1 นาที

2.2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 9 คน ทำการประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.1 ด้านวิศวกรรม ผลการประเมิน พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ ความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำจากเหล็กแผ่นตามมาตรฐาน JIS G 3101 เกรด SS400 มาจัดทำเป็นโครงสร้างของเครื่องทำความสะอาด ซึ่งสอดคล้องกับสกล นันทศรีวิวัฒน์ (2543: 73) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องหยอดขนมทองหยอด พบว่า การออกแบบสร้างเครื่องด้วยเหล็กจะทำให้โครงสร้างมีความแข็งแรงด้วยและสอดคล้องกับบริษัทสหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน) (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า เหล็กแผ่นมาตรฐาน JIS เกรด SS400 มีคุณสมบัติในการเชื่อมที่ดี สามารถเชื่อมต่อได้ง่ายและเหมาะสำหรับงานโครงสร้างเหล็กเชื่อมประกอบต่างๆ และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด มีจำนวน 2 ข้อ คือ ความเหมาะสมในการออกแบบ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจาก

เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีขนาดตัวเครื่องที่ไม่ใหญ่เกินไป และสามารถทำงานได้ตรงตามเป้าหมายที่ตั้งไว้ ซึ่งสอดคล้องกับมานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2545: 2) อธิบายว่า หลักเกณฑ์ในการออกแบบรูปร่างทั่วไปนั้นจะต้องมีการทำงาน (Function) บรรลุตามวัตถุประสงค์ เช่น การทำงานของแต่ละส่วน เป็นต้น หรือการมีคุณสมบัติตรงตามมาตรฐานที่กำหนด และความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้เลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่มีคุณภาพ อีกทั้งเป็นวัสดุและอุปกรณ์ชนิดเดียวกันกับที่โรงงานอุตสาหกรรมเลือกใช้ในงานผลิตเครื่องจักรจริง ซึ่งสอดคล้องกับนวลน้อย บุญวงษ์ (2542: 121-137) อธิบายว่า งานออกแบบที่ดีควรมีการเลือกใช้วัสดุให้เหมาะสมกับหน้าที่ใช้สอย มีความแข็งแรงทนทานต่อการใช้งาน สามารถผลิตได้ง่ายและไม่ก่อให้เกิดความสูญเสียในระหว่างการผลิต และสอดคล้องกับทำนอง จันทิมา (2532: 2) อธิบายว่า การออกแบบคือการใช้ความคิดในการเลือกใช้วัสดุเพื่อสร้างสรรค์งานให้มีหน้าที่ใช้สอยตามความต้องการทั้งในด้านประโยชน์ต่างๆ และความงามในรูปร่างลักษณะตลอดทั้งรูปทรง

2.2.2 ด้านความปลอดภัย ผลการประเมิน พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุดมีจำนวน 2 ข้อ คือ เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่องผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก และเครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่องผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้ง LIMIT SWITCH จำนวน 1 ตัว ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์ช่วยให้เกิดความปลอดภัยต่อผู้ใช้ในขณะใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณด้านข้างของตัวเครื่องทำความสะอาด ถ้ามีการกดปุ่ม START เครื่อง ในขณะที่ฝาเครื่องทำความสะอาดยังเปิดค้างอยู่นั้นปั๊มน้ำจะไม่ทำงาน แต่เมื่อปิดฝาเครื่องจะทำให้บริเวณขอบของฝากดทับลูกล้อของ LIMIT SWITCH ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลครบวงจรส่งผลให้ปั๊มน้ำทำงาน และหากเปิดฝาเครื่องทำความสะอาดในขณะที่เครื่องยังทำงานอยู่นั้นปั๊มน้ำจะหยุดทำงานอัตโนมัติ ซึ่งสอดคล้องกับสาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้าและคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ลำปาง (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า ลิมิตสวิตซ์เป็นสวิตซ์ที่ทำงานโดยการชนหรือกดของวัตถุกับลูกล้อของลิมิตสวิตซ์ ทำให้หน้าสัมผัสที่ต่ออยู่กับก้านโยกเปิด-ปิด ตามจังหวะของการชนหรือกด เช่น ประตูลิฟต์โดยสารจะต้องปิดสนิทมอเตอร์ลิฟต์จึงจะทำงานทั้งนี้เพื่อความปลอดภัยต่อผู้ใช้งานทุกคน เป็นต้น และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด คือ ความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้งเซอร์กิตเบรกเกอร์หรือเรียกว่าสวิทซ์ตัดตอนอัตโนมัติและฟิวส์หลอดไว้เพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าลัดวงจร ซึ่งสอดคล้องกับภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล (2554ข: ออนไลน์) อธิบายว่า ข้อดีของเซอร์กิตเบรกเกอร์ คือ สามารถเปิดวงจรไม่ให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านโดยไม่ทำให้อุปกรณ์ภายในตัวเซอร์กิตเบรกเกอร์เสียหาย เช่น การขาดของฟิวส์ เป็นต้น นอกจากนั้นยังสามารถรีเซ็ตให้เซอร์กิต

เบรกเกอร์กลับมาใช้งานได้อีก และฟิวส์หลอดเป็นอุปกรณ์ป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเกินพิกัดและช่วยป้องกันการลัดวงจรของกระแสไฟฟ้า

2.2.3 ด้านการใช้งาน ผลการประเมิน พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดีมาก เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้งฮีทเตอร์ (แบบจุ่ม) ขนาด 4,500 วัตต์ จำนวน 2 ชุด อยู่ภายในพื้นที่เก็บน้ำของเครื่องทำความสะอาดทำให้สามารถเพิ่มระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันได้อย่างรวดเร็ว และได้ทำการติดตั้งเทอร์โมสตัทชนิดปลายโพรบอยู่ภายในพื้นที่เก็บน้ำของเครื่องทำความสะอาดด้วยเพื่อวัดระดับอุณหภูมิของน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน เมื่ออุณหภูมิถึงระดับตามที่กำหนดชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์จะตัดวงจรกระแสไฟฟ้าของฮีทเตอร์แบบอัตโนมัติ และเมื่ออุณหภูมิลดลงจากระดับที่กำหนดชุดแมกเนติกคอนแทกเตอร์จะต่อวงจรกระแสไฟฟ้าทำให้ฮีทเตอร์ทำงาน ซึ่งสอดคล้องกับธนาทรัพย์ สุวรรณลักษณ์ (2554: ออนไลน์) อธิบายว่า แมกเนติกคอนแทคเตอร์หรือเรียกว่าสวิตซ์แม่เหล็ก เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยการทำงานของอำนาจแม่เหล็กในการเปิด-ปิดหน้าสัมผัส เพื่อควบคุมวงจร เช่น วงจรมอเตอร์ วงจรฮีทเตอร์ เป็นต้น ข้อดีของการใช้แมกเนติกคอนแทคเตอร์เมื่อเทียบกับสวิตซ์อื่นๆ คือ มีความปลอดภัยสูงสำหรับผู้ควบคุม มีความสะดวกในการควบคุม และประหยัดเมื่อเทียบกับการควบคุมด้วยมือ แมกเนติกคอนแทคเตอร์ทุกยี่ห้อจะมีโครงสร้างหลักที่สำคัญเหมือนกัน คือ มีแกนเหล็ก ขดลวด และหน้าสัมผัส และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด มีจำนวน 2 ข้อ คือ ระบบการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์มีระบบควบคุมการทำงานที่ง่ายต่อการทำความเข้าใจและมีคู่มืออธิบายขั้นตอนการใช้งานเครื่องทำความสะอาดไว้อย่างละเอียด ซึ่งสอดคล้องกับมานพ ตันตระบัณฑิตย์ (2545: 2) อธิบายว่า หลักเกณฑ์พื้นฐานในการออกแบบรูปร่าง เช่น โดดเด่น ผลิตง่าย และต้องใช้งานง่าย เป็นต้น และความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้งชุดล้อเข็นไว้จำนวน 4 ล้อ ซึ่งใช้ผู้ปฏิบัติงานเพียง 1 คน ก็สามารถเข็นเครื่องทำความสะอาดไปใช้งานตามสถานที่ต่างๆ ได้อย่างสะดวก ซึ่งสอดคล้องกับชวลิต เชียงกุล (2538: 7) ได้วิจัยเรื่อง การสร้างเตาหลอมละลายอลูมิเนียมขนาด 1 กิโลกรัม พบว่า ความเหมาะสมด้านการนำไปใช้งานคือผู้ปฏิบัติงาน 1 คน ก็สามารถใช้งานได้โดยการนำไปใช้ในห้องทดลอง โรงฝึกงานของสถานศึกษาและสามารถเคลื่อนย้ายไปปฏิบัติงานในที่ต่างๆ ได้ และสอดคล้องกับพีรเชษฐ์ ศรีชัย (2546: 4) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร พบว่า สมรรถนะด้านการใช้งานอยู่ในเกณฑ์ดี คือ เครื่องต้องสามารถเคลื่อนย้ายไปใช้งานที่ต่างๆ ได้อย่างสะดวกรวดเร็วและใช้คนเพียง 1 คน ก็สามารถปฏิบัติงานได้สะดวกรวดเร็ว

2.2.4 ด้านการบำรุงรักษา ผลการประเมิน พบว่า ข้อที่มีระดับคะแนนสูงสุด คือ การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ใช้วัสดุและอุปกรณ์ต่างๆ ที่สามารถ

หาซื้อได้ง่ายและมีจำหน่ายภายในประเทศทั้งหมด ซึ่งสอดคล้องกับบัญชา ธนบุญสมบัติ (2543: 6) อธิบายว่า การออกแบบทางวิศวกรรมจะต้องพิจารณาตัดสินใจเลือกวัสดุและกรรมวิธีการผลิตว่าวัสดุที่ใช้จะต้องสามารถหาได้ง่าย และข้อที่มีระดับคะแนนต่ำสุด คือ ความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ ผลการประเมินอยู่ในเกณฑ์ดี เนื่องจากเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้ทำการติดตั้งอุปกรณ์ เช่น ปั๊มน้ำ สวิตช์เปิด-ปิดควบคุมการทำงาน ลิมิตสวิตช์ เป็นต้น อยู่ภายนอกตัวเครื่องทำความสะอาดจึงทำให้สามารถทำการตรวจสอบซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดได้ง่ายและสะดวก ซึ่งสอดคล้องกับพีรเชษฐ์ ศรีชัย (2546: 4) ได้วิจัยเรื่อง การพัฒนาเครื่องตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร พบว่า สมรรถนะด้านการบำรุงรักษาอยู่ในเกณฑ์ดี คือ วัสดุและอุปกรณ์ที่เกิดการชำรุดเสียหายต้องสามารถเปลี่ยนหรือซ่อมแซมได้ง่าย

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. ชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาดต้องไม่มีคราบสนิมหรือรอยกาวติดปะเก็นติดอยู่ เนื่องจากคราบสนิมและรอยกาวติดปะเก็นจะฝังติดแน่นบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. โครงสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ทำจากเหล็กแผ่นทำให้บริเวณที่ต้องสัมผัสกับน้ำจะเกิดสนิม

3. การตั้งเวลาทำความสะอาดยังทำได้ไม่สะดวกเนื่องจากอุปกรณ์ตั้งเวลาได้ติดตั้งอยู่ภายในตู้คอนโทรล เมื่อต้องการปรับตั้งเวลาจะต้องเปิดฝาตู้คอนโทรลทุกครั้ง

4. หน่วยงานของภาครัฐที่มีอำนาจในการออกใบอนุญาตประกอบกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพตามกฎหมายว่าด้วยการสาธารณสุขให้แก่สถานประกอบการที่อยู่ในพื้นที่ ควรออกข้อกำหนดหรือระเบียบเฉพาะธุรกิจมาควบคุมหรือกำกับให้ผู้ประกอบธุรกิจอู่ซ่อมรถยนต์ต้องมีเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ติดตั้งใช้งานอยู่ในสถานประกอบการด้วย

ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

ผู้วิจัยควรทำการศึกษา พัฒนา และปรับปรุงเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ดังนี้

1. ศึกษาคุณสมบัติและอายุการใช้งานของวัสดุต่างๆ เช่น เหล็ก สแตนเลส อะลูมิเนียม เป็นต้น เพื่อนำมากำหนดอายุการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์และการเลือกใช้วัสดุที่มีความเหมาะสมต่อการจัดทำโครงสร้างมากยิ่งขึ้น

2. ศึกษาการนำระบบเป่าลมแห้งชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ผ่านการทำความสะอาดแล้วมาใช้ร่วมกันในระบบการทำความสะอาด

3. ศึกษาและวิเคราะห์จุดคุ้มทุนเชิงเศรษฐศาสตร์ต่อการใช้งานในศูนย์บริการรถยนต์หรืออู่ซ่อมรถยนต์ขนาดต่างๆ เช่น การใช้พลังงานไฟฟ้า ระยะเวลาในการคืนทุนของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ เป็นต้น

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

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

กรมควบคุมมลพิษ. (2554). *สารเคมีและของเสียอันตราย: อันตรายจากน้ำมันหล่อลื่นใช้แล้ว.* สืบค้นเมื่อ 14 มกราคม 2554, จาก http://www.pcd.go.th/info_serv/haz_lubri.html

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

กิจธพงษ์ อินโต. (2552). *ปัจจัยส่วนประสมการตลาดบริการที่มีผลต่อการตัดสินใจของผู้บริโภคในการเลือกใช้ศูนย์บริการซ่อมรถยนต์ของลูกค้าในจังหวัดพะเยา.* การค้นคว้าแบบอิสระ บธ.ม. (สาขาวิชาบริหารธุรกิจ). เชียงใหม่: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. ถ่ายเอกสาร.

เกรียงศักดิ์ จันทร์นวล; ชัยยันต์ ขวัญเกื้อ; และ สมชัย รอดสีเสน. (2540). *เครื่องล้างชิ้นส่วนเครื่องจักรกล.* โครงงาน วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

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

เฉลิมศักดิ์ มีไพบูรณ์. (2548). *งานเครื่องยนต์เบื้องต้น.* กรุงเทพฯ: เอ็ดดูเท็กซ์.

ชมรมอาชีวอนามัยและความปลอดภัย มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2554). *หน่วยที่ 7 กลศาสตร์ของไหล.* สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2554, จาก http://www.safety- stou.com/UserFiles/File/54101_unit7.pdf

ชลธิศ พุ่มวิเชียร; ณัฐสิทธิ์ อริยชาติผดุงกิจ; และ นนทพล งามพีระพงศ์. (2549). *เครื่องล้างจานโดยใช้เทคโนโลยีโอโซน.* โครงงานการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

ชวลิต เชียงกูล. (2538). *การสร้างเตาหลอมละลายอลูมิเนียมขนาด 1 กิโลกรัม.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ชาญชัย บุญชู. (2545). *การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดไส้กรองฝุ่นแบบคาร์ทริจของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมอิเล็กทรอนิกส์.* ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ชาญชัย อัครนุกูล. (2535). *การวิเคราะห์ปริมาณโลหะหนักในน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่วโดยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรสโกปี*. โครงงานการศึกษา วท.บ. (เคมี). ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

ชุติมา เอี่ยมโชติชวลิต และคณะ. (2543). *การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดด้วยอัลทราโซนิกส์*. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย. ถ่ายเอกสาร.

ชูเกียรติ ก่อกตัญญู; สมพงศ์ ตระการวรกุล; และ โสพส นราภินนท์. (2552). *เครื่องล้างทำความสะอาดด้วยคลื่นอัลตร้าโซนิคแบบ 2 หัว*. โครงงานการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมอิเล็กทรอนิกส์และโทรคมนาคม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

ชูศรี วงศ์รัตนะ. (2550). *เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย*. พิมพ์ครั้งที่ 10. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ทำนอง จันทิมา. (2532). *การออกแบบ*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

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

ธนง มั่นวงศ์; กิตติบดี ปราบภัย; และ นามชัย อำพันทรัพย์. (2549). *เครื่องล้างกระทะเนื้อย่าง*. ปริญญานิพนธ์ อส.บ. (เทคโนโลยีเครื่องกล (ออกแบบเครื่องกล)). กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

ธีรพร พรรคพวก; จีรศักดิ์ สีนวน; และ ศักรินทร์ เอียดแก้ว. (2547). *เครื่องทำความสะอาดและทดสอบหัวเทียน*. ปริญญานิพนธ์ อส.บ. (เทคโนโลยีเครื่องต้นกำลัง (เทคโนโลยียานยนต์)). กรุงเทพฯ: ภาควิชาเทคโนโลยีวิศวกรรมเครื่องกล วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

ธีระ ฤทธิรอด. (2545, กันยายน-ธันวาคม). เครื่องล้างหลอดแก้วขนาดเล็ก. *มข.วิจัย*. 4(3): 20.

เธียรชัย บุณยะกุล. (2544). *ทฤษฎีช่างเทคนิคยานยนต์ 4: เครื่องยนต์เบนซิน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

นาวิน เจนทรทิน; พัชราภรณ์ จีนขาวขำ; และ จิณณพัต พูลสวัสดิ์. (2552). *การพัฒนาเครื่องทำความสะอาดสำหรับกาพ่นสี*. ปริญญานิพนธ์ วท.บ. (การจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ). กรุงเทพฯ: ภาควิชาการจัดการเทคโนโลยีการผลิตและสารสนเทศ วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. ถ่ายเอกสาร.

นวลน้อย บุญวงษ์. (2542). *หลักการออกแบบ*. กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

บริษัทกรุงเทพเหล็กกล้า จำกัด. (2554). *สินค้า: เหล็กแผ่นรีดร้อน (เหล็กเหนียว)*. สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554, จาก http://www.bssteel.co.th/product_th.html

บริษัทเจ.เอส เทรดดิ้ง. (2554). *อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.* สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554, จาก http://www.jaroensupply.com/product-th-580452-อะไหล่และอุปกรณ์ต่างๆ.html

บริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด. (2554). *เคมีภัณฑ์ที่ใช้ในอุตสาหกรรม.* สืบค้นเมื่อ 16 สิงหาคม 2554, จาก http://www.chemaxphyper.com/index.php

บริษัทบ้านเทค จำกัด. (2554). *อุปกรณ์ไฟฟ้า: ฟิวส์.* สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554, จาก http://www.baantech.com/product.php?catid=6#Fast-Acting ATM Fuses

บริษัทบีเจ มอเตอร์พาร์ท จำกัด. (2554). *Technical Data - Tank Type.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.runstopbj.com/washing_machine.htm

บริษัทที่อาร์โมเดิร์น อินดัสทรี จำกัด. (ม.ป.ป.). *เครื่องล้าง (Washer Machine).* กรุงเทพฯ: ม.ป.พ.

บริษัทแม็กนั่ม สตีล จำกัด. (2554). *มาตรฐาน JIS SS-400.* สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554, จาก http://www.magnumsteel.co.th/standard.html#1

บริษัทเวิลด์สเปรย์เทคโนโลยีและออกแบบ จำกัด. (2554). *เครื่องล้างชิ้นส่วนรถยนต์.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.cyco-nozzle.com/jet%20cleaner.html

บริษัทสหวิริยาสตีลอินดัสตรี จำกัด (มหาชน). (2554). *เหล็กแผ่นรีดร้อนชนิดม้วน.* สืบค้นเมื่อ 7 กันยายน 2554, จาก http://www.ssi-steel.com/th/prdct/htcl.htm

บริษัทออมรอน อีเลคทรอนิคส์ จำกัด. (2554ก). *Analog Timers: H3CR Solid-State Timer.* สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2554, จาก http://www.omron-ap.co.th/product_info/H3CR/index.asp

----------. (2554ข). *Control Panel Relays: MY General-purpose Relay.* สืบค้นเมื่อ 23 สิงหาคม 2554, จาก http://www.omron-ap.co.th/product_info/MY/index.asp

บริษัทเอ็กซอลเคมีประเทศไทย จำกัด. (2537, เมษายน-มิถุนายน). สารทำความสะอาดที่ไม่ทำลายโอโซน ทางเลือกใหม่สำหรับอุตสาหกรรมทำความสะอาด. *วารสารความรู้คือประทีป*. (2): 30-31.

บริษัท Sugino Machine Limited. (2554). *เครื่องล้างเศษวัสดุด้วยแรงดันน้ำกำลังสูง.* สืบค้นเมื่อ 3 มีนาคม 2554, จาก http://www.sugino.com/products/t_yoto/wj_clean.html

บุญชม ศรีสะอาด. (2545). *การวิจัยเบื้องต้น*. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

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

ประณต กุลประสูตร. (2538). *เครื่องยนต์เล็ก: แก๊สโซลีน ดีเซล และแก๊สเหลว.* พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

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

ประเสริฐ เทียนนิมิต; ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์; และ ปานเพชร ชินินทร. (2546). *เชื้อเพลิงและสารหล่อลื่น*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์*. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

พิศสมัย เลิศวัฒนะพงษ์ชัย. (2540, มกราคม-เมษายน). น้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*. 45(143): 27.

พีรเชษฐ์ ศรีชัย. (2546). *การพัฒนาเครื่องตรวจความสั่นสะเทือนของเครื่องจักร*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

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

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

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล. (2554ก). *หน่วยการเรียนรู้เรื่องไฟฟ้า*. สืบค้นเมื่อ 25 สิงหาคม 2554, จาก http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric3/pan11.htm

----------. (2554ข). *หน่วยที่ 8 อุปกรณ์ป้องกันไฟฟ้าและการต่อสายดิน*. สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2554, จาก http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek11.htm

----------. (2554ค). *หน่วยที่ 12 อุปกรณ์เกี่ยวข้องในงานไฟฟ้าและอิเล็กทรอนิกส์*. สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2554, จาก http://www.rmutphysics.com/charud/scibook/electric4/topweek16.htm

มานพ ตันตระบัณฑิตย์. (2545). *การออกแบบชิ้นส่วนเครื่องจักรกล 1*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

มานพ อาจปรุ. (2551). *การพัฒนาเครื่องลับมีดกลึง*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2546). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2542*. กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์ พับลิเคชั่นส์.

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

วริทธิ์ อึ้งภากรณ์; และ ชาญ ถนัดงาน. (2534). *การออกแบบเครื่องจักรกล เล่ม 1*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

วิชิต สุรพนานนท์ชัย. (2546). *5 ส เพื่อการเพิ่มผลผลิต*. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ: ไอเดียล อินโนเวชั่น.

วิฑูรย์ สิมะโชคดี; และ วีรพงษ์ เฉลิมจิระรัตน์. (2553). *วิศวกรรมและการบริหารความปลอดภัยในโรงงาน*. พิมพ์ครั้งที่ 27. กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

วินิต ชินสุวรรณ. (2530). *เครื่องจักรเกษตรและการจัดการเบื้องต้น*. ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

วิบูรณ์ บุญยธโรกุล. (2529). *ปั๊มและระบบสูบน้ำ*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วิศิษฏ์ จาตุรมาน; และ ขวัญชัย สินทิพย์สมบูรณ์. (2544). *กลศาสตร์ของไหล*. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

เวลลิงตัน แบร์รี่; และ อัสมุส อลัน. (2542). *เครื่องยนต์ดีเซลและระบบน้ำมันเชื้อเพลิง*. แปลโดย วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

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

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

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

สมจินต์ พ่วงเจริญชัย. (2550). *เครื่องล้างทำความสะอาดแผงคอนเดนเซอร์*. โครงงานการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมเครื่องกล). กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร. ถ่ายเอกสาร.

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

สมภพ นราภิรมย์อนันต์; ธีระพงษ์ ไชยเฉลิมวงศ์; และ สมนึก สังข์หนู. (2543). เครื่องทำความสะอาดเข็มถักผ้าด้วยคลื่นอุลตร้าโซนิค. ใน *รายงานการประชุมสัมมนาทางวิชาการระหว่างวันที่ 14 –16 มกราคม*. หน้า 322. ครั้งที่ 17. กรุงเทพฯ: คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล.

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

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

----------. (2554ข). *โมดูลที่ 6 อุปกรณ์ป้องกันโหลดเกิน.* สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2554, จาก http://www.lpc.rmutl.ac.th/elcen/elearning/motorcontrol/module6/overload.html

สาคร คันธโชติ. (2528). *การออกแบบและพัฒนาผลิตภัณฑ์*. กรุงเทพฯ: ภาควิชาการออกแบบผลิตภัณฑ์ คณะมัณฑนศิลป์ มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2551). *การประเมินความเสี่ยงอันตรายจากสาร Methyl Tertiary Butyl Ether (MTBE) ในน้ำมันเบนซิน ในพื้นที่กรุงเทพมหานคร.* สืบค้นเมื่อ 31 สิงหาคม 2551, จาก http://www.trf.or.th/tips/x.asp?Art_ID=74

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

สุดธิดา อินทผล; อุปวิทย์ สุวคันธกุล; และ โอภาส สุขหวาน. (2551, มกราคม-มิถุนายน). การพัฒนาเครื่องอบแห้งพลังงานแสงอาทิตย์. *วารสารวิชาการอุตสาหกรรมศึกษา*. 2(1): 71-81.

สุนันท์ ศรัณยนิตย์. (2542). *กลศาสตร์ของไหล.* กรุงเทพฯ: สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น).

สุวัฒน์ วงษ์จำปา. (2546). *การพัฒนาเครื่องกวนสารเคมีด้วยแรงแม่เหล็กสำหรับปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

ห้างหุ้นส่วนจำกัด ไฮเด็น ฮีตเทค. (2554). *Heater*. สืบค้นเมื่อ 4 มีนาคม 2554, จาก http://www.be2hand.com/scripts/shop.php?user=heater

อนุวัติ สุเพียร. (2544). *การสร้างเครื่องพับแผ่นอะคริลิก*. ปริญญานิพนธ์ กศ.ม. (อุตสาหกรรมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

อมรรัตน์ สนธิไทย. (2546, กรกฎาคม-สิงหาคม). เทคนิคการเพิ่มผลผลิต (ตอนที่ 1) หัวใจ TPM: การทำความสะอาดเบื้องต้น. *วารสารเพื่อการเพิ่มผลผลิต.* 8(45): 32-33.

อัษฎาวุธ ยีหวันจิ; และ อำนาจ วงค์คำชาว. (2552). *เครื่องล้างจานอัตโนมัติ*. โครงงานการศึกษา วศ.บ. (วิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด). กรุงเทพฯ: ภาควิชาวิศวกรรมระบบควบคุมและเครื่องมือวัด คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. ถ่ายเอกสาร.

García-Cascales, M.S.; & Lamata, M.T. (2009, May). Selection of a cleaning system for engine maintenance based on the analytic hierarchy process. *Computers & Industrial Engineering*. 56(4): 1442-1451.

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

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

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

1. ผศ.เกียรติชัย รักษาชาติ
วุฒิการศึกษา ปริญญาโท
ตำแหน่ง หัวหน้าภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. อาจารย์ ดร.ละเอียด รักษ์เผ่า
วุฒิการศึกษา ปริญญาเอก
ตำแหน่ง อาจารย์พิเศษ
สถานที่ทำงาน ภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

3. อาจารย์ ดร.สนอง ทองปาน
วุฒิการศึกษา ปริญญาเอก
ตำแหน่ง หัวหน้าสาขาวิชาการมัธยมศึกษา
(การสอนสิ่งแวดล้อม)
สถานที่ทำงาน สาขาวิชาการมัธยมศึกษา
(การสอนสิ่งแวดล้อม) คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

1. อาจารย์ศักดา มยูขโชติ
วุฒิการศึกษา ปริญญาโท
ตำแหน่ง รองผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนากิจการนักเรียน
นักศึกษา
สถานที่ทำงาน วิทยาลัยสารพัดช่างสี่พระยา

2. อาจารย์บุญช่วย บัวคลี่
วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี
ตำแหน่ง หัวหน้าแผนกวิชาเทคนิคยานยนต์
สถานที่ทำงาน แผนกวิชาเทคนิคยานยนต์
วิทยาลัยสารพัดช่างสี่พระยา

3. อาจารย์นพดล นภวรรณ
วุฒิการศึกษา ปริญญาตรี
ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงาน แผนกวิชาเทคนิคยานยนต์
วิทยาลัยสารพัดช่างสี่พระยา

ผู้เชี่ยวชาญประเมินลักษณะทางกายภาพ

ด้านวิศวกรรมเครื่องกล

1. รศ.ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ	**วุฒิการศึกษา** ปริญญาเอก **ตำแหน่ง** อาจารย์ **สถานที่ทำงาน** ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. พันเอก ผศ.ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง	**วุฒิการศึกษา** ปริญญาเอก **ตำแหน่ง** อาจารย์ **สถานที่ทำงาน** กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกล ส่วนการศึกษา โรงเรียนนายร้อยพระจุลจอมเกล้า
3. นายไพบูลย์ คำยัง	**วุฒิการศึกษา** ปริญญาตรี **ตำแหน่ง** วิศวกรเครื่องกล 8 **สถานที่ทำงาน** ฝ่ายก่อสร้างและบำรุงรักษา บริษัทไปรษณีย์ไทย จำกัด
4. นายสิทธิพล งามเสงี่ยม	**วุฒิการศึกษา** ปริญญาตรี **ตำแหน่ง** กรรมการผู้จัดการ **สถานที่ทำงาน** บริษัท เวิลด์สเปรย์เทคโนโลยี และออกแบบ จำกัด
5. นายพันชารี หล่อศิริ	**วุฒิการศึกษา** ปริญญาตรี **ตำแหน่ง** กรรมการผู้จัดการ **สถานที่ทำงาน** บริษัท อิตาเลี่ยนไทย เซรามิค เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

ผู้เชี่ยวชาญประเมินลักษณะทางกายภาพ (ต่อ)

ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า

1. อาจารย์ ดร.สมภพ รอดอัมพร
วุฒิการศึกษา ปริญญาเอก
ตำแหน่ง รองคณบดีฝ่ายวิชาการและประกันคุณภาพการศึกษา
สถานที่ทำงาน ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

2. อาจารย์ประพันธ์ จันทร์เสมา
วุฒิการศึกษา ปริญญาโท
ตำแหน่ง อาจารย์
สถานที่ทำงาน ภาควิชาการจัดการอุตสาหการ คณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

3. นายเอกภักดิ์ ธีรานุวรรตน์
วุฒิการศึกษา ปริญญาโท
ตำแหน่ง วิศวกรไฟฟ้า
สถานที่ทำงาน บริษัท เจริญโภคภัณฑ์อาหาร จำกัด (มหาชน)

4. นายโชคชัย อนามธวัช
วุฒิการศึกษา ปริญญาโท
ตำแหน่ง Test of Energy Services
สถานที่ทำงาน บริษัท ทูฟ นอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด

ภาคผนวก ข

หนังสือเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5730

ที่ ศธ 0519.12/3725 **วันที่** 13 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ ผู้ช่วยศาสตราจารย์เกียรติชัย รักษาชาติ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศธ 0519.12/๑๑๖๔

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

31 ตุลาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน อาจารย์ละเอียด รักษ์เผ่า

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ ท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย ชัยเดชวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2664-1000 ต่อ 5730

หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-1534-642

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5730

ที่ ศธ 0519.12/ก๑๗๕ **วันที่** 31 ตุลาคม 2551

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์สนอง ทองปาน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้ข้าราชการในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศธ 0519.12/4444

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

4 สิงหาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน ผู้อำนวยการวิทยาลัยสารพัดช่างสี่พระยา

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์ศักดา มยูขโชติ รองผู้อำนวยการฝ่ายพัฒนากิจการนักเรียนนักศึกษา อาจารย์บุญช่วย บัวคลี่ และ อาจารย์นภดล นภวรรณ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะด้านความสะอาด

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/ 846

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

24 พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ ตั้งจิตสิตเจริญ เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะด้านกายภาพ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/ 3465

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

27 พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน พันเอก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อโณทัย สุขแสงพนมรุ้ง

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินสมรรถนะด้านกายภาพ

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/3724

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

13 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายไพบูลย์ คำยัง วิศวกรเครื่องกล 8 บริษัท ไปรษณีย์ไทย จำกัด

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/ 373

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

13 มิถุนายน 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายสิทธิพล งามเสงี่ยม กรรมการผู้จัดการ บริษัท เวิลด์สเปรย์เทคโนโลยีและออกแบบ จำกัด

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/ ๖๖๘๑

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๗ พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายพันชารี หล่อศิริ กรรมการผู้จัดการ บริษัท อิตาเลี่ยนไทย เซรามิค เอ็นจิเนียริ่ง จำกัด

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ โทร. 5730

ที่ ศธ 0519.12/ 840 **วันที่** 17 พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์ ดร.สมภพ รอดอัมพร เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

ที่ ศธ 0519.12/ 3463

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

27 พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน คณบดีคณะบริหารธุรกิจ มหาวิทยาลัยสยาม

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญ อาจารย์ประพันธ์ จันทร์เสมา เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาให้บุคลากรในสังกัดเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/ 3460

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

๑๖ พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายเอกภักดิ์ ธีรานุวรรตน์

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ที่ ศธ 0519.12/ 3419

บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

17 พฤษภาคม 2554

เรื่อง ขอเชิญเป็นผู้เชี่ยวชาญ

เรียน นายโชคชัย อนามธวัช Test of Energy Services บริษัท ทูฟ นอร์ด (ประเทศไทย) จำกัด

เนื่องด้วย นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ได้รับอนุมัติให้ทำปริญญานิพนธ์ เรื่อง "การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์" โดยมี อาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และ อาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ในการนี้ บัณฑิตวิทยาลัย ขอเรียนเชิญท่าน เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบประเมินเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จึงเรียนมาเพื่อขอความอนุเคราะห์ ได้โปรดพิจารณาเป็นผู้เชี่ยวชาญให้ นายนิพนธ์ ราชวุฒิ และขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูง ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมชาย สันติวัฒนกุล)
คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

สำนักงานคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
โทร. 0-2649-5067
หมายเหตุ : สอบถามข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อนิสิต โทรศัพท์ 085-153-4642

ภาคผนวก ค

หนังสือขอบคุณบริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด

ที่ ศธ 0519.10.18/นิพนธ์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
สุขุมวิท 23 กรุงเทพฯ 10110

8 ธันวาคม 2554

เรื่อง ขอขอบคุณ

เรียน ผู้จัดการฝ่ายเคมีและสิ่งแวดล้อม บริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด

ตามที่ท่านกรุณามอบตัวอย่างน้ำยาล้างคราบน้ำมัน CHEMAX 302 จำนวน 500 ซีซี รวมทั้งการให้คำแนะนำวิธีการใช้งานโดยคุณธนทัต ชุติมาสกุล ตำแหน่ง Sales representative แก่นายนิพนธ์ ราชวุฒิ นิสิตระดับปริญญาโท สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา เพื่อใช้สำหรับประกอบการทำปริญญานิพนธ์ เรื่องการออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยมีอาจารย์ ดร.ไพรัช วงศ์ยุทธไกร และอาจารย์โอภาส สุขหวาน เป็นคณะกรรมการควบคุมการทำปริญญานิพนธ์ ทางสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษาขอขอบคุณในความอนุเคราะห์ของท่านในครั้งนี้ และจะนำความรู้ที่ได้รับเพื่อใช้เป็นประโยชน์ทางการศึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ และขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์โอภาส สุขหวาน)
รักษาราชการแทนหัวหน้าสาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
โทร. 0-2649-5000 ต่อ 5273

ภาคผนวก ง
แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

คำชี้แจง แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด แบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกมาทดลองทำความสะอาด

ตอนที่ 2 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

วัตถุประสงค์ของแบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

แบบประเมินความสามารถในการทำความสะอาดชุดนี้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อใช้บันทึกผลการทดลองความสามารถในการทำความสะอาดของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ตอนที่ 1 ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่เลือกมาทดลองทำความสะอาด

ใช้เครื่องยนต์มีขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC ได้แก่ ฝาครอบวาล์ว ฝาสูบ เพลาข้อเหวี่ยง อ่างน้ำมันเครื่อง ลูกสูบและก้านสูบ เพลาลูกเบี้ยว ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

ตาราง 16 ตัวอย่างชิ้นส่วนเครื่องยนต์ขนาดความจุของกระบอกสูบไม่เกิน 1,600 CC

ชื่อชิ้นส่วนเครื่องยนต์	**ลักษณะของชิ้นส่วนเครื่องยนต์**
1. ฝาครอบวาล์ว	
2. ฝาสูบ	
3. เพลาข้อเหวี่ยง	
4. อ่างน้ำมันเครื่อง	
5. ลูกสูบและก้านสูบ	
6. เพลาลูกเบี้ยว	
7. ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย	

ตอนที่ 2 การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

1. การสังเกตคราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

2. การเปรียบเทียบภาพถ่ายชิ้นส่วนเครื่องยนต์ซึ่งมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ก่อนการทดลองทำความสะอาด และภาพถ่ายชิ้นส่วนเครื่องยนต์หลังการทดลองทำความสะอาดโดยใช้เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ออกแบบและสร้างขึ้น

โดยมีผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 คน กำหนดเกณฑ์การประเมินความสามารถในการทำความสะอาดโดยการสังเกต ดังนี้

เกณฑ์	**แปลความ**
ผ่านเกณฑ์	ไม่มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่หรือยังมีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่บ้างบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ต้องปรับปรุง	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่ปานกลางบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
ไม่ผ่านเกณฑ์	มีคราบน้ำมันหล่อลื่นติดอยู่มากบนพื้นผิวของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ลงชื่อ.....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

วันที่...../...../.....

การประเมินความสามารถในการทำความสะอาด

1. ฝาครอบวาล์ว

ตาราง 17 ทดลองทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาครอบวาล์ว (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาครอบวาล์ว (หลังการทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 18 ทดลองทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาครอบวาล์ว (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาครอบวาล์ว (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 19 ทดลองทำความสะอาดฝาครอบวาล์ว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาครอบวาล์ว (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาครอบวาล์ว (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

2. ฝาสูบ

ตาราง 20 ทดลองทำความสะอาดฝาสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาสูบ (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาสูบ (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 21 ทดลองทำความสะอาดฝาสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาสูบ (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาสูบ (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 22 ทดลองทำความสะอาดฝาสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาสูบ (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของฝาสูบ (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

3. เพลาข้อเหวี่ยง

ตาราง 23 ทดลองทำความสะอาดเพลาข้อเหวี่ยง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาข้อเหวี่ยง (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาข้อเหวี่ยง (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 24 ทดลองทำความสะอาดเพลาข้อเหวี่ยง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาข้อเหวี่ยง (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาข้อเหวี่ยง (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 25 ทดลองทำความสะอาดเพลาข้อเหวี่ยง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาข้อเหวี่ยง (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาข้อเหวี่ยง (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

4. อ่างน้ำมันเครื่อง

ตาราง 26 ทดลองทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของอ่างน้ำมันเครื่อง (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของอ่างน้ำมันเครื่อง (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 27 ทดลองทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของอ่างน้ำมันเครื่อง (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของอ่างน้ำมันเครื่อง (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 28 ทดลองทำความสะอาดอ่างน้ำมันเครื่อง ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของอ่างน้ำมันเครื่อง (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของอ่างน้ำมันเครื่อง (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

5. ลูกสูบและก้านสูบ

ตาราง 29 ทดลองทำความสะอาดลูกสูบและก้านสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลูกสูบและก้านสูบ (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลูกสูบและก้านสูบ (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 30 ทดลองทำความสะอาดลูกสูบและก้านสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลูกสูบและก้านสูบ (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลูกสูบและก้านสูบ (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 31 ทดลองทำความสะอาดลูกสูบและก้านสูบ ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลูกสูบและก้านสูบ (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลูกสูบและก้านสูบ (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

6. เพลาลูกเบี้ยว

ตาราง 32 ทดลองทำความสะอาดเพลาลูกเบี้ยว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาลูกเบี้ยว (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาลูกเบี้ยว (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 33 ทดลองทำความสะอาดเพลาลูกเบี้ยว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาลูกเบี้ยว (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาลูกเบี้ยว (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 34 ทดลองทำความสะอาดเพลาลูกเบี้ยว ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาลูกเบี้ยว (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของเพลาลูกเบี้ยว (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

7. ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย

ตาราง 35 ทดลองทำความสะอาดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 30°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 36 ทดลองทำความสะอาดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 40°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (ก่อนทำความสะอาด)	**คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (หลังทำความสะอาด)**			**สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด**
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที**	**ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที**	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ตาราง 37 ทดลองทำความสะอาดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ณ อุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน 50°C

คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (ก่อนทำความสะอาด)	คราบน้ำมันหล่อลื่นที่ติดอยู่บนพื้นผิวของลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย (หลังทำความสะอาด)			สรุปผลความสามารถในการทำความสะอาด
	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 1 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 2 นาที	ระยะเวลาทดลองทำความสะอาด 3 นาที	
ผลการประเมินความสามารถในการทำความสะอาด				

ภาคผนวก จ

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

คำชี้แจง แบบประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน คือ

1. ด้านวิศวกรรม จำนวน 5 ข้อ
2. ด้านการใช้งาน จำนวน 5 ข้อ
3. ด้านความปลอดภัย จำนวน 5 ข้อ
4. ด้านการบำรุงรักษา จำนวน 5 ข้อ

ตอนที่ 3 คำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็น และข้อเสนอแนะต่างๆ

วัตถุประสงค์ของแบบประเมินลักษณะทางกายภาพ

แบบประเมินลักษณะทางกายภาพชุดนี้เป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการวิจัย เรื่อง การออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อสอบถามความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่างๆ ของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพของผู้เชี่ยวชาญ

1. ระดับการศึกษา

☐ ปริญญาเอก
☐ ปริญญาโท
☐ ปริญญาตรี

2. ประสบการณ์ทำงาน

☐ ด้านวิศวกรรมเครื่องกล ระยะเวลา.....ปี
☐ ด้านวิศวกรรมไฟฟ้า ระยะเวลา.....ปี
☐ ด้านวิศวกรรมยานยนต์ ระยะเวลา.....ปี
☐ ด้านการสอนสาขาอุตสาหกรรม ระยะเวลา.....ปี
☐ อื่นๆ..... ระยะเวลา.....ปี

3. ตำแหน่งปัจจุบัน .....
.....
……..

ตอนที่ 2 การประเมินลักษณะทางกายภาพ แบ่งเป็นด้านย่อย 4 ด้าน โปรดทำเครื่องหมาย √ ลงในช่องมาตราส่วนประเมินค่าตามความคิดเห็น

ค่าระดับคะแนนกำหนดไว้ดังนี้

5 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดีมาก
4 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับดี
3 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับพอใช้
2 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับต้องปรับปรุง
1 หมายถึง ผลการประเมินอยู่ในระดับใช้ไม่ได้

ตาราง 38 การประเมินลักษณะทางกายภาพ

ข้อที่	รายละเอียดลักษณะทางกายภาพ	ระดับการประเมินลักษณะทางกายภาพ				
		ดีมาก	ดี	พอใช้	ต้องปรับปรุง	ใช้ไม่ได้
	ด้านวิศวกรรม					
1.	ความเหมาะสมในการออกแบบ					
2.	ความเหมาะสมในการเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์					
3.	ความเหมาะสมในการจัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์					
4.	เครื่องสามารถทนต่ออุณหภูมิของน้ำร้อนได้					
5.	ความมั่นคงและแข็งแรงของโครงสร้าง					
	ด้านความปลอดภัย					
6.	เครื่องจะทำงานเมื่อปิดฝาเครื่อง					
7.	เครื่องจะหยุดทำงานเมื่อเปิดฝาเครื่อง					
8.	ความปลอดภัยจากน้ำร้อนที่อยู่ภายในเครื่อง					
9.	ความปลอดภัยจากแรงดันน้ำที่ออกจากหัวฉีด					
10.	ความปลอดภัยจากกระแสไฟฟ้าลัดวงจร					
	ด้านการใช้งาน					
11.	ระบบการใช้งานสะดวกไม่ซับซ้อน					
12.	ประหยัดพื้นที่ในการติดตั้งเครื่อง					
13.	ตั้งเวลาการทำงานของเครื่องได้					
14.	ตั้งอุณหภูมิที่ต้องการใช้งานได้					
15.	ความสะดวกในการเคลื่อนย้ายเครื่อง					
	ด้านการบำรุงรักษา					
16.	ความสะดวกในการตรวจสอบการทำงาน					
17.	ความสะดวกในการทำความสะอาดเครื่อง					
18.	ความสะดวกในการดูแลชิ้นส่วนและอุปกรณ์ต่างๆ					
19.	ความสะดวกในการซ่อมแซมหรือเปลี่ยนอุปกรณ์					
20.	การจัดหาวัสดุและอุปกรณ์ที่ใช้มีจำหน่ายในประเทศ					

ตอนที่ 3 คำถามปลายเปิดสำหรับผู้เชี่ยวชาญแสดงความคิดเห็นและข้อเสนอแนะต่าง ๆ

1. ด้านวิศวกรรม……
.....
.....
.....

2. ด้านความปลอดภัย.....
.....
.....
……

3. ด้านการใช้งาน.....
.....
.....
……...

4. ด้านการบำรุงรักษา.....
.....
.....
……..

อื่น ๆ.....
.....
.....

ลงชื่อ .....

(.....)

ผู้เชี่ยวชาญ

วันที่ ...../...../.....

ภาคผนวก ฉ
รายการอุปกรณ์ วัสดุ และเครื่องมือที่ใช้สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

รายการอุปกรณ์ วัสดุ และเครื่องมือที่ใช้สร้างเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

รายการอุปกรณ์และวัสดุ

1. ปั๊มน้ำ ชนิด Centrifugal ยี่ห้อ EBARA ขนาด 1.5 kW, 2 HP จำนวน 1 ตัว
2. วาล์วเปิด-ปิดท่อน้ำทิ้ง (Ball Valve) ขนาด ∅1¼ นิ้ว จำนวน 1 ตัว
3. วาล์วเปิด-ปิดท่อน้ำ (Ball Valve) ขนาด ∅1 นิ้ว จำนวน 1 ตัว
4. Y-Strainer ขนาด ∅1 ¼ นิ้ว จำนวน 1 ตัว
5. Globe Valve ทองเหลือง Class 125 ขนาด ∅1¼ นิ้ว จำนวน 1 ตัว
6. ท่อยาง PVC ชนิดเสริมความแข็งแรงด้วยขดลวด ทนอุณหภูมิ -5°C ถึง 60°C ยาว 2 เมตร ขนาด ∅1 นิ้ว จำนวน 1 เส้น
7. ท่อประปา (เหล็ก) ยาว 3 เมตร ขนาด ∅1 นิ้ว จำนวน 1 เส้น
8. ข้อต่อ 3 ทางเชื่อม ขนาด ∅¾ นิ้ว จำนวน 1 อัน
9. ข้องอเชื่อม 90 องศา ขนาด ∅¾ นิ้ว จำนวน 2 ตัว
10. หัวฉีดสแตนเลส แบบ Flat fan Spray #6520 ขนาด ∅¼ นิ้ว จำนวน 10 หัว
11. หัวฉีดสแตนเลส แบบ Axial flow full cone ขนาด ∅¼ นิ้ว จำนวน 2 หัว
12. ชุดล้อเข็น วัสดุโพลียูรีเทน ขนาด ∅4 นิ้ว จำนวน 4 ล้อ
13. เทอร์โมมิเตอร์แบบปรอท ย่านวัดระดับอุณหภูมิน้ำ 0°C -80°C จำนวน 1 ชุด
14. Heater ยี่ห้อ SANGI รุ่น EG-452 ยาว 380 มม. ขนาด 4,500 วัตต์ (3x1500) จำนวน 2 ชุด
15. Limit Switch แบบก้านโยก จำนวน 1 ตัว
16. Pressure Gauge ยี่ห้อ Nuova Fima ย่านวัดความดัน 0-7 kg/m^2 ขนาดหน้าปัด ∅2½ นิ้ว จำนวน 1 ตัว
17. ตู้คอนโทรล ขนาดกว้าง 350 มม. สูง 400 มม. หนา 180 มม. จำนวน 1 ตู้
18. หลอดไฟแสดงผล Switch Power OFF-ON (สีขาว) จำนวน 1 หลอด
19. Switch Power OFF-ON จำนวน 1 ตัว
20. Switch ON (ปุ่มสีเขียว) จำนวน 2 ตัว
21. Switch OFF (ปุ่มสีแดง) จำนวน 2 ตัว
22. Thermostat ยี่ห้อ E.G.O. Germany รุ่น TR711/N120 ย่านวัด 30°C -120°C ชนิดปลายโพรบ ขนาด ∅6x104 มม. จำนวน 1 ตัว
23. Circuit Breakers ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น NF63-HW 2P 40A, 220V จำนวน 1 ตัว
24. Magnetic Contactor ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น S-N11, 220V จำนวน 3 ตัว
25. Thermal Overload Relay ยี่ห้อ Mitsubishi รุ่น TH-N12, 5.2-8A จำนวน 1 ตัว

26. ฟิวส์หลอด ยี่ห้อ SHINOHAWA RT14-20, 500V-100KV, 4A
ขนาด ∅10x38 มม. จำนวน 1 ตัว
27. ตลับใส่ฟิวส์ ยี่ห้อ SHINOHAWA RT18-32, 500V 1P ขนาด 10x38 มม. จำนวน 1 ตัว
28. Timers ยี่ห้อ OMRON รุ่น H3CR-A, 100-240 VAC, 50/60 Hz จำนวน 1 ตัว
29. Relay ยี่ห้อ OMRON รุ่น MY2N, 220/240 VAC จำนวน 2 ตัว
30. ตลับลูกปืน ยี่ห้อ NTN STD#6006ZZ แบบ Ball&Roller ขนาด 30x55x13 มม. จำนวน 2 ตลับ
31. Shock up ค้ำฝากระโปรงรถยนต์ จำนวน 2 ตัว
32. ตะแกรงลวดแบบตัวหนอน ขนาด W150x500L ซม. จำนวน 1 ชิ้น
33. เพลามาตรฐาน JIS เกรด SS400 ขนาด ∅1½ นิ้วx12L ซม. จำนวน 1 ชิ้น
34. เหล็กแผ่นมาตรฐาน JIS G 3101 เกรด SS400 ขนาด 1,219 x 2,438 มม.
หนา 3 มม. จำนวน 3 แผ่น
35. แผ่นกระจกใส ขนาดความกว้าง 220 มม. ยาว 300 มม. จำนวน 1 แผ่น
36. เข็มขัดรัดท่อน้ำ จำนวน 2 เส้น
37. เทปพันเกลียวท่อน้ำ จำนวน 2 ม้วน
38. เทปพันสายไฟ จำนวน 2 ม้วน

รายการเครื่องมือ

1. เครื่องเชื่อมไฟฟ้าและอุปกรณ์
2. เครื่องเจียรและหินเจียร
3. เครื่องตัดเหล็กไฟฟ้า
4. สว่านไฟฟ้าชนิดแท่นเจาะ
5. สว่านไฟฟ้ามือ
6. ชุดประแจปากตาย
7. หัวแร้งไฟฟ้าและตะกั่วบัดกรี
8. ปากกาจับชิ้นงาน
9. คีมตัดเหล็ก
10. ไขควงทดสอบไฟฟ้า
11. ชุดไขควงปากแบนและสี่แฉก
12. ชุดดอกสว่าน
13. ชุดตะไบเหล็ก
14. เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์
15. เลื่อยตัดเหล็ก
16. มัลติมิเตอร์
17. ตลับเมตร
18. ค้อน
19. เหล็กฉาก
20. เหล็กตอกนำศูนย์
21. บรรทัดเหล็ก
22. เหล็กขีด
23. ชุดประแจบล็อก
24. คีมตัดสายไฟ
25. คีมล็อค
26. คีมย้ำสายไฟ

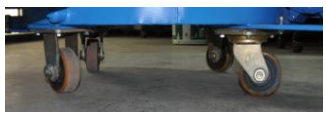
ภาคผนวก ช
ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ตาราง 39 ส่วนประกอบภายนอกของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ชื่อส่วนประกอบ	เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
1. ฝาปิดเครื่อง	
2. โช๊คประคองสำหรับเปิด-ปิดฝาเครื่อง	
3. หูจับสำหรับเปิด-ปิดฝาเครื่อง	
4. ถังสำหรับใส่ชิ้นส่วนที่ต้องการทำความสะอาด	

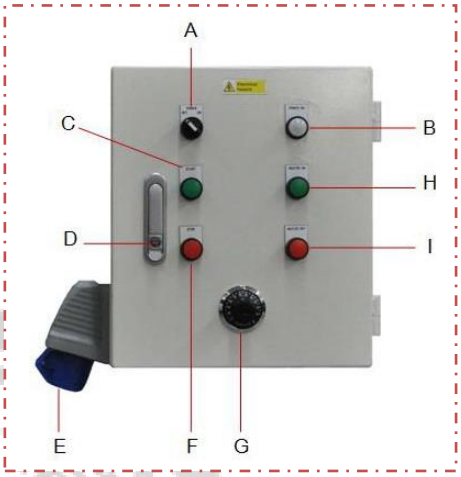
ตาราง 39 (ต่อ)

ชื่อส่วนประกอบ	เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
5. มาตรวัดระดับน้ำและเทอร์โมมิเตอร์	
6. วาล์วเปิด-ปิด ท่อน้ำทิ้ง	
7. HEATER	
8. ชุดล้อเข็น	
9. GLOBE VALVE	
10. Y-STRAINER	

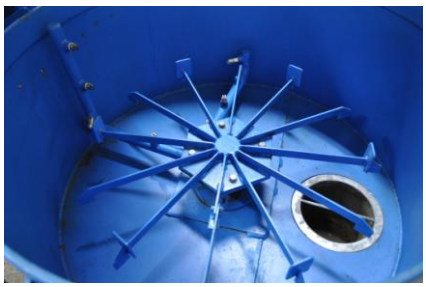
ตาราง 39 (ต่อ)

ชื่อส่วนประกอบ	เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
11. ฐานรองรับปั๊มน้ำ	
12. ปั๊มน้ำ ขนาด 2 HP	
13. สาย Thermostat สำหรับวัดอุณหภูมิน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันที่อยู่ภายในถัง	
14. วาล์วเปิด-ปิดน้ำเข้าชุดหัวฉีด	
15. PRESSURE GAUGE	

ตาราง 39 (ต่อ)

ชื่อส่วนประกอบ	เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
16. ตู้คอนโทรล A คือ SWITCH POWER OFF-ON B คือ หลอดไฟแสดงสถานะ SWITCH POWER OFF-ON ทำงาน C คือ ปุ่ม START เครื่อง (ปุ่มสีเขียว) D คือ ปุ่มกดเปิดตู้คอนโทรล E คือ ปลั๊กต่อกระแสไฟฟ้า F คือ ปุ่ม STOP เครื่อง (ปุ่มสีแดง) G คือ ตัวหมุนปรับตั้งระดับอุณหภูมิน้ำ H คือ ปุ่ม HEATER ON (ปุ่มสีเขียว) I คือ ปุ่ม HEATER OFF (ปุ่มสีแดง)	
17. LIMIT SWITCH	

ตาราง 40 ส่วนประกอบภายในของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ชื่อส่วนประกอบ	เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์
1. ตะกร้าสำหรับรองรับชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาด	
2. ชุดหัวฉีดทำความสะอาดและหัวฉีดขับหมุนตะกร้ารองรับชิ้นส่วน	
3. ชุดหัวฉีดทำความสะอาดติดอยู่กับฝาถังด้านบน	
4. กรองหยาบสำหรับช่วยดักเศษสิ่งสกปรกต่างๆ	

ภาคผนวก ซ

คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

คู่มือการใช้งาน
เครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

จัดทำโดย

นายนิพนธ์ ราชวุฒิ

สาขาวิชาอุตสาหกรรมศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คำนำ

คู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อเป็นแนวทางให้ผู้ใช้งานได้ศึกษาและทำความเข้าใจเกี่ยวกับคำแนะนำก่อนการใช้งาน ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ ข้อมูลทางเทคนิค ขั้นตอนการใช้งาน ความปลอดภัยในการใช้งาน การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น การบำรุงรักษา เพื่อให้การใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์เป็นไปอย่างถูกต้อง มีความปลอดภัย มีประสิทธิภาพ และช่วยรักษาอายุการใช้งานให้ยาวนาน

ผู้วิจัยหวังว่า คู่มือฉบับนี้จะช่วยให้ผู้ใช้สามารถใช้งานเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ได้อย่างถูกต้อง มีความปลอดภัย และมีประสิทธิภาพ

นิพนธ์ ราชวุฒิ

สารบัญ

หน้า

1. คำแนะนำก่อนการใช้งาน 179

2. ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ 180

3. ข้อมูลทางเทคนิค 181

4. ขั้นตอนการใช้งาน 182

5. ความปลอดภัยในการใช้งาน 184

6. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น 185

7. การบำรุงรักษา 186

1. คำแนะนำก่อนการใช้งาน

1) คำแนะนำเบื้องต้น ควรทำตามคำแนะนำอย่างเคร่งครัด เพื่อป้องกันการเกิดอันตรายและความเสียหายในขณะใช้งาน

1.1) ศึกษาคู่มือการใช้งานและทำความเข้าใจก่อนการใช้งานเครื่องทำความสะอาด

1.2) ศึกษาคุณสมบัติ วิธีใช้ การเก็บรักษา และข้อควรระวังของน้ำยาล้างคราบน้ำมัน CHEMAX 302 ก่อนนำมาผสมกับน้ำเพื่อใช้ทำความสะอาดคราบน้ำมัน

1.3) ก่อนเริ่มใช้งานเครื่องทำความสะอาดควรตรวจดูชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ว่าอยู่ในสภาพปกติ

1.4) ติดตั้งเครื่องทำความสะอาดในสถานที่ที่เหมาะสม เช่น พื้นที่ตั้งต้องมีความสมดุล มีความมั่นคงและแข็งแรง ไม่เปียกชื้น เป็นต้น

1.5) เพื่อประสิทธิภาพในการทำความสะอาดควร START เครื่องทำงานเมื่อ Heater เพิ่มระดับความร้อนให้กับน้ำผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันได้ตามค่าที่กำหนดไว้

2) น้ำยาล้างคราบน้ำมัน CHEMAX 302 (บริษัทเคมแม็ก แอนด์ ไฟท์เปอร์ จำกัด. 2554: ออนไลน์)

2.1) คุณสมบัติทางเคมี

2.1.1) เป็นของเหลว ทำละลายอินทรีย์ (Organic Solvent)

2.1.2) ความหนาแน่น (ρ) = 0.83 - 0.87

2.1.3) ค่าความเป็นกรดเป็นด่าง (pH) = 8.55 (มีฤทธิ์เป็นด่าง)

2.1.4) จุดเยือกแข็งที่ทำให้ของเหลวกลายเป็นของแข็งที่อุณหภูมิ -67°F หรือ -19.44°C

2.1.5) จุดวาบไฟที่อุณหภูมิ 108°F หรือ 42.22°C

2.1.6) ควรเก็บภายในภาชนะปิด ที่อุณหภูมิระหว่าง 5°C-40°C

2.2) คุณสมบัติด้านการใช้งาน

2.2.1) ใช้ล้างคราบที่ติดแน่นโดยเฉพาะคราบน้ำมัน

2.2.2) ใช้ล้างจารบีที่ติดอยู่กับชิ้นงานต่างๆ โดยไม่กัดกร่อนโลหะทุกชนิด

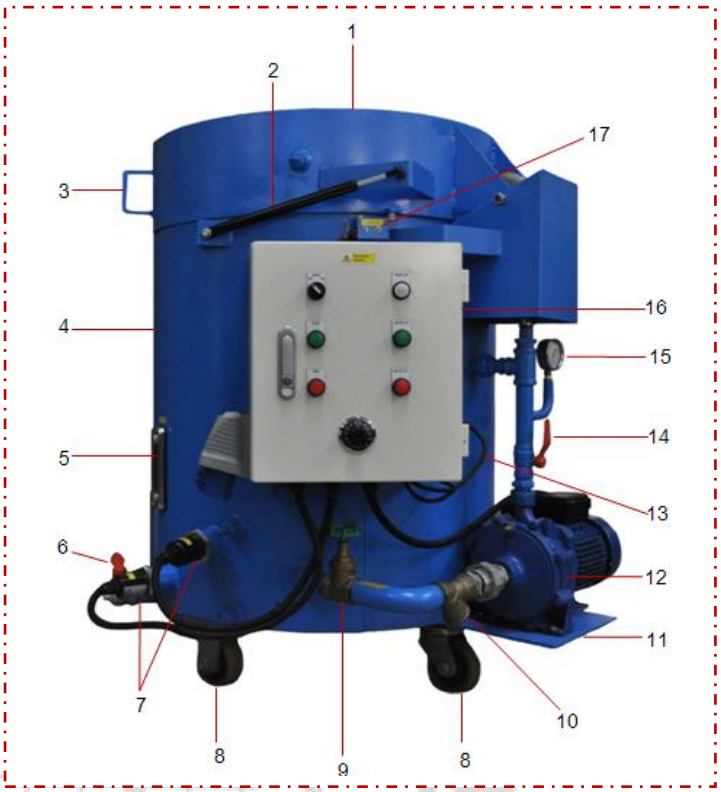
2.2.3) เป็นสารละลายเข้มข้นที่ระเหยได้ และผสมให้เจือจางได้ในน้ำ ใช้ได้กับน้ำทะเล

2.3) วิธีใช้ นำน้ำยาล้างคราบน้ำมัน CHEMAX 302 ผสมลงในน้ำที่อยู่ภายในเครื่องทำความสะอาด อัตราส่วนผสม 1 : 50 (ลิตร)

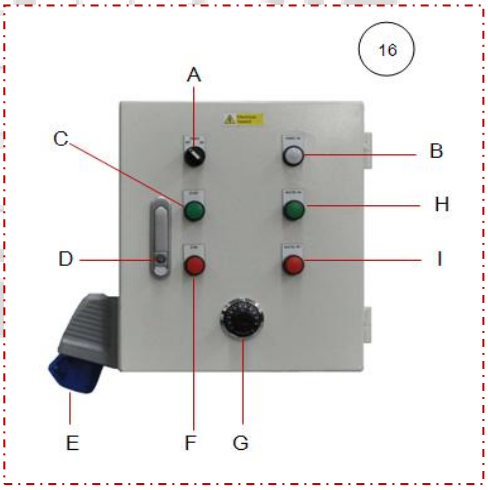
2.4) ข้อควรระวัง ควรหลีกเลี่ยงการสัมผัสผิวหนัง นัยน์ตา และปาก

2. ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

1. ฝาเปิด-ปิด
2. โช๊คประคองฝา เปิด-ปิด
3. หูจับฝาเปิด-ปิด
4. ถังเครื่องทำความสะอาด
5. เทอร์โมมิเตอร์และมาตรวัดระดับน้ำ
6. วาล์วเปิด-ปิดท่อน้ำทิ้ง
7. HEATER
8. ชุดล้อเข็น
9. GLOBE VALVE
10. Y-STRAINER
11. ฐานรองปั๊มน้ำ
12. ปั๊มน้ำ
13. สาย Thermostat วัดอุณหภูมิน้ำ
14. วาล์วเปิด-ปิดน้ำเข้าหัวฉีด
15. PRESSURE GAUGE



16. ตู้คอนโทรล ประกอบด้วย
    - A คือ SWITCH POWER OFF-ON
    - B คือ หลอดไฟแสดงสถานะ SWITCH POWER OFF-ON
    - C คือ ปุ่ม START เครื่อง (ปุ่มสีเขียว)
    - D คือ ปุ่มกดเปิดตู้คอนโทรล
    - E คือ ปลั๊กต่อกระแสไฟฟ้า
    - F คือ ปุ่ม STOP เครื่อง (ปุ่มสีแดง)
    - G คือ ตัวหมุนปรับตั้งระดับอุณหภูมิน้ำ
    - H คือ ปุ่ม HEATER ON (ปุ่มสีเขียว)
    - I คือ ปุ่ม HEATER OFF (ปุ่มสีแดง)



17. LIMIT SWITCH

ภาพประกอบ 57 ส่วนประกอบเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ที่มา: จากการวิจัย (โดยผู้วิจัย: วันที่ 31 สิงหาคม พ.ศ. 2554)

3. ข้อมูลทางเทคนิค

ตาราง 41 ข้อมูลทางเทคนิคเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันของชิ้นส่วนเครื่องยนต์

ข้อมูลทางเทคนิค	ขนาด
ความสูง	1,132 mm
ความกว้าง	1,050 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของถัง	786 mm
เส้นผ่านศูนย์กลางของตะกร้ารองรับชิ้นส่วน	545 mm
น้ำหนักชิ้นงาน	30 Kg
ปริมาตรน้ำ	213 Liter
แรงดันน้ำ	1 Bar (kg/cm^2)
มอเตอร์	2 Hp
ฮีทเตอร์ไฟฟ้า	9,000 Watt
แรงดันไฟฟ้า	220/380 Voltage
เฟส	3
ความถี่	50/60 Hz

4. ขั้นตอนการใช้งาน

1) เปิดฝาเครื่องทำความสะอาด

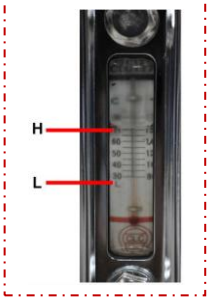
2) ตรวจวาล์วท่อทางเดินของน้ำทุกๆ ตัว ว่าอยู่ในสถานะ **เปิด**

3) ตรวจวาล์วท่อน้ำทิ้งว่าอยู่ในสถานะ **ปิด**

4) เติมน้ำสะอาดลงในถังให้อยู่ในระดับตามกำหนด

H คือ ระดับน้ำสูงสุดที่ควรมีอยู่ในถัง

L คือ ระดับน้ำต่ำสุดที่ควรมีอยู่ในถัง



5) เติมน้ำยาล้างคราบน้ำมัน CHEMAX 302 ลงในเครื่อง โดยใช้อัตราส่วนผสมน้ำยาล้างคราบน้ำมันต่อน้ำ คือ 1:50 (ลิตร)

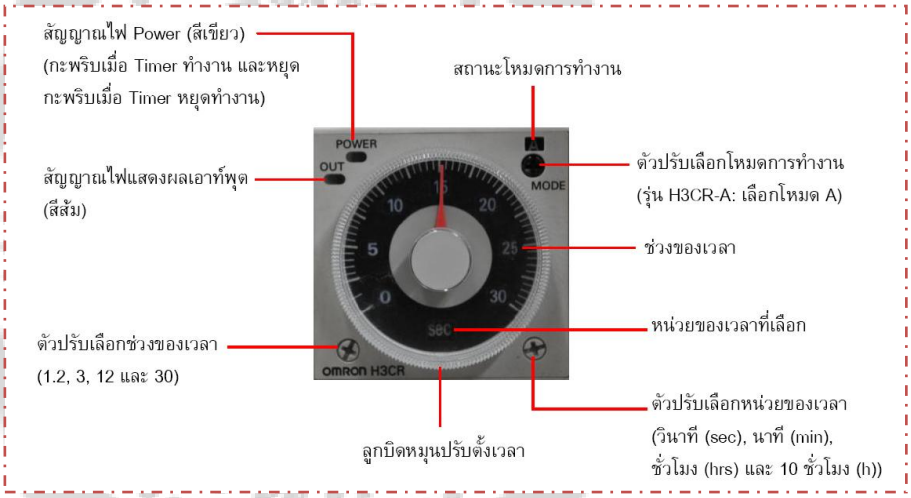
6) นำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่จะทำความสะอาดวางลงในตะกร้าของเครื่องทำความสะอาด

7) ปิดฝาเครื่องทำความสะอาด

8) ต่อปลั๊กเสียบสายไฟของเครื่องทำความสะอาดเข้ากับเต้ารับจากสาย Main โดยใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ แรงดันไฟฟ้า 220 Volt

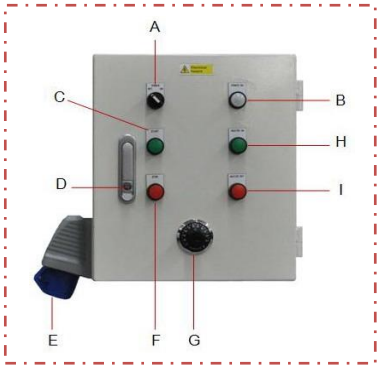
9) เปิดฝาตู้คอนโทรล

9.1) หมุนปรับตั้งเวลาการทำงาน



9.2) เปิด Circuit Breakers ไปตำแหน่ง ON

9.3) ปิดฝาตู้คอนโทรล



10) เปิดสวิตช์ POWER **(A)** ไปตำแหน่ง ON
หลอดไฟแสดงสถานะ POWER ON **(B)** จะติด
11) ตั้งอุณหภูมิความร้อนของน้ำที่ต้องการใช้งาน **(G)**
(อยู่ระหว่าง 40°C-60°C)
12) กดปุ่ม HEATER ON **(H)** (ปุ่มสีเขียว)
เมื่อต้องการให้ Heater ทำงานตามค่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้
13) กดปุ่ม HEATER OFF **(I)** (ปุ่มสีแดง)
เมื่อต้องการให้ Heater หยุดการทำงาน
14) กดปุ่ม START **(C)** (ปุ่มสีเขียว) เพื่อให้เครื่องเริ่มทำงาน
15) กดปุ่ม STOP **(F)** (ปุ่มสีแดง) เพื่อให้เครื่องหยุดการทำงาน
หมายเหตุ: D คือ ปุ่มกดเปิดตู้คอนโทรล และ **E** คือ ปลั๊กต่อกระแสไฟฟ้า
16) เมื่อเครื่องหยุดการทำงาน จึงเปิดฝาเครื่องแล้วนำชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่ทำความสะอาดเสร็จแล้วออกจากตะกร้า จากนั้นจึงปิดฝาเครื่อง
17) ปิดสวิตช์ POWER ไปตำแหน่ง OFF หลอดไฟแสดงสถานะ POWER ON จะดับ
18) ถอดเต้าเสียบสายไฟเครื่องทำความสะอาดออกจากเต้ารับจากสาย Main
19) เปิดวาล์วท่อน้ำทิ้งเพื่อปล่อยน้ำที่ผ่านการใช้งานแล้วลงในสถานที่ที่เหมาะสม หรือนำน้ำไปผ่านการบำบัดน้ำเสีย ก่อนปล่อยน้ำลงท่อระบายน้ำต่อไป
20) ก่อนการจัดเก็บเครื่องทำความสะอาด ต้องล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นและสิ่งปรกออกจากถัง และใช้ลมเป่าชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ภายในถังทำความสะอาดให้แห้ง

5. ความปลอดภัยในการใช้งาน

1) ศึกษาคู่มือการใช้งานเครื่องทำความสะอาดอย่างละเอียดก่อนใช้
2) ขณะใช้งานต้องระมัดระวังไม่สัมผัสพื้นผิวภายนอกของเครื่อง เนื่องจากความร้อนของน้ำจะถ่ายเทออกมาทำให้พื้นผิวภายนอกมีความร้อน
3) ห้ามเปิดฝาเครื่องทำความสะอาด ขณะที่เครื่องกำลังทำงานอยู่
4) ไม่ติดตั้งเครื่องทำความสะอาดในสถานที่ที่ไม่เหมาะสม เช่น พื้นที่ตั้งไม่มีความสมดุล ไม่มีความมั่นคงและแข็งแรง เป็นต้น
5) เมื่อหยุดใช้งานเครื่องทำความสะอาดควรปิดสวิตช์ POWER ไปตำแหน่ง OFF ทุกครั้ง

6. การแก้ไขปัญหาเบื้องต้น

1) ปัญหาปั๊มน้ำไม่ทำงานควรตรวจสอบดังนี้

1.1) ตรวจสอบ Circuit Breakers และ สวิตซ์ POWER ที่ตู้คอนโทรล ว่าอยู่ในตำแหน่ง ON

1.2) ตรวจสอบฟิวส์ที่อยู่ในตลับใส่ฟิวส์ว่าอยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ

1.3) ตรวจสอบชุดแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำ ว่าอยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ

1.4) ตรวจสอบ LIMIT SWITCH ว่าอยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ

1.5) ตรวจสอบฝาปิดของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันว่าปิดสนิท

2) ปัญหาแกนเพลาของมอเตอร์ปั๊มน้ำไม่หมุน ควรตรวจสอบดังนี้

2.1) ตรวจสอบการทำงานของปั๊มน้ำ (ข้อ 1)

2.2) ปิดสวิตซ์ POWER และ Circuit Breakers ไปยังตำแหน่ง OFF จากนั้นถอดปลั๊กต่อกระแสไฟฟ้าออกจากสาย Main แล้วจึงถอดฝาครอบใบพัดลมระบายความร้อนของมอเตอร์ออกมาตรวจสอบใบพัดลมว่าหมุนได้คล่องหรือไม่ หากหมุนฝืดๆ ให้ใช้มือช่วยหมุนใบพัดลมประมาณ 5-10 รอบ เมื่อใบพัดลมหมุนคล่องเป็นปกติ จึงปิดฝาครอบเข้าที่เดิม

2.3) เมื่อทำตามขั้นตอนจากข้อ 2.2 แล้ว แต่ใบพัดลมระบายความร้อนของมอเตอร์ยังไม่หมุน อาจมีสาเหตุมาจากแกนเพลาของมอเตอร์เกิดสนิมเนื่องจากการหยุดใช้งานปั๊มน้ำเป็นระยะเวลานาน วิธีแก้ไขโดยการถอดมอเตอร์ออกมาทำความสะอาดและเช็คขดลวดอาเมเจอร์ว่ามีการช็อตหรือไม่

3) ปัญหาน้ำไม่มีความร้อน ควรตรวจสอบดังนี้

3.1) ตรวจสอบ Circuit Breakers และ สวิตซ์ POWER ว่าอยู่ในตำแหน่ง ON

3.2) ตรวจสอบชุดแมกเนติกคอนแทคเตอร์ที่ควบคุมการทำงานของอุปกรณ์ทำความร้อนว่าอยู่ในสภาพใช้งานได้ตามปกติ

3.3) ตรวจสอบว่ามีการกดปุ่ม HEATER ON หรือยัง

4) ปัญหาหัวฉีดไม่ฉีดน้ำ ควรตรวจสอบ ดังนี้

4.1) ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำ (ข้อ 1)

4.2) ตรวจสอบวาล์วบริเวณท่อทางเดินน้ำว่าอยู่ในสถานะ **เปิด**

4.3) ตรวจสอบรูหัวฉีดว่ามีการอุดตันจากสิ่งสกปรกหรือไม่

5) ปัญหาตะกร้าไม่หมุนขณะปั๊มน้ำทำงาน ควรตรวจสอบ ดังนี้

5.1) ตรวจสอบการฉีดน้ำของหัวฉีด (ข้อ 4)

5.2) ตรวจสอบหัวฉีดน้ำที่ทำหน้าที่ฉีดน้ำผลักดันขารองรับตะกร้าว่าอุดตันหรือไม่

5.3) ตรวจสอบน้ำหนักชิ้นส่วนเครื่องยนต์ว่าอยู่ในเกณฑ์ที่กำหนดไว้หรือไม่

6) ปัญหาการรั่วไหลของน้ำบริเวณวาล์ว ข้อต่อ และท่อทางเดินน้ำ ควรตรวจสอบ ดังนี้
   6.1) ตรวจสอบวาล์ว และข้อต่อต่างๆ ว่ามีการขันน็อตแน่นหรือไม่ หากพบการรั่วของน้ำ ให้ใช้เทปพันเกลียวพันบริเวณเกลียวน็อตหรือข้อต่อต่างๆ แล้วขันน็อตล็อคให้แน่น
   6.2) ตรวจสอบท่อทางเดินน้ำว่ามีรอยแตกหรือไม่ ถ้าพบว่ามีรอยแตกให้ทำการเปลี่ยนท่อใหม่

7. การบำรุงรักษา

1) ก่อนถอดชิ้นส่วนประกอบของเครื่องทำความสะอาดคราบน้ำมันเพื่อทำการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน ควรศึกษาคู่มือและรายละเอียดการทำงานทั้งหมดให้เข้าใจ
2) ควรถอดกรองน้ำ (กรองหยาบ) ออกมาทำความสะอาดทุกครั้งหลังการใช้งานเครื่อง
3) ควรถอด Y-Strainer ออกมาทำความสะอาดทุกๆ 1-2 อาทิตย์หลังการใช้งานเครื่อง หรือทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสกปรกของชิ้นส่วนเครื่องยนต์ที่นำมาทำความสะอาด
4) ตรวจดูการรั่วไหลของวาล์ว ข้อต่อและท่อทางเดินน้ำ ขณะที่ปั๊มน้ำทำงาน
5) ตรวจดูการทำงานว่าปั๊มน้ำมีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้นขณะทำงานหรือไม่ เช่น การสั่นสะเทือน ฐานรองรับและโบลท์ยึดปั๊มน้ำหลวมหรือไม่ เป็นต้น
6) หมั่นตรวจเช็คอุปกรณ์ควบคุมต่างๆ ที่อยู่ภายในตู้คอนโทรล ว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่
7) เช็ดทำความสะอาดภายนอกตัวเครื่องและชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ด้วยผ้าแห้ง
8) เช็ดทำความสะอาดกระจกที่ฝาปิดเครื่องด้วยผ้าชุบน้ำสะอาด
9) ล้างคราบน้ำมันหล่อลื่นและสิ่งปรกออกจากถังทำความสะอาด และใช้ลมเป่าชิ้นส่วนประกอบต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกถังให้แห้งก่อนจัดเก็บ
10) เมื่อหยุดใช้งานเครื่องเป็นระยะเวลานานๆ ควรใช้ผ้าหรือพลาสติกคลุมเครื่องเพื่อป้องกันฝุ่นละอองเกาะตามส่วนประกอบต่างๆ

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ ชื่อสกุล	นายนิพนธ์ ราชวุฒิ
วันเดือนปีเกิด	9 พฤษภาคม พ.ศ. 2520
สถานที่เกิด	อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	249 หมู่ 2 ต.กำแพงเซา อ.เมือง จ.นครศรีธรรมราช
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	นักวิชาการศึกษา
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	ฝ่ายสำนักพิมพ์ สถาบันยุทธศาสตร์ทางปัญญาและวิจัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2536	มัธยมศึกษาชั้นปีที่ 3 โรงเรียนเมืองนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2540	ประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ช่างยนต์) วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2542	ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง (ช่างยนต์) วิทยาลัยเทคนิคนครศรีธรรมราช
พ.ศ. 2544	วิทยาศาสตรบัณฑิต (เทคโนโลยีเครื่องกล) สถาบันราชภัฏเพชรบุรี
พ.ศ. 2555	การศึกษามหาบัณฑิต (อุตสาหกรรมศึกษา) มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ