



ได้ผ่านการตรวจประเมินคุณภาพหนังสือเรียนอาชีวศึกษา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ  
พุทธศักราช 2562 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2566 ประกาศลำดับที่ 682

**รหัสวิชา 20101-9004**

หนังสือเล่มนี้เรียบเรียงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชาและคำอธิบายรายวิชา

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ

# งานซ่อม เครื่องยนต์ เบื้องต้น (Basic Engine Repair Job)

**พศ. น.อ. งามจิตติ ฤทธิศร**

**74.-**

# งานซ่อมเครื่องยนต์เบื้องต้น (Basic Engine Repair Job)

สหัส 20101-9004

หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562

ประเภทวิชาอุตสาหกรรม สาขาวิชาช่างยนต์

สำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา (สอศ.) กระทรวงศึกษาธิการ



เรียบเรียงโดย  
ผศ.น.อ.รามจิตติ ฤทธิศร

ISBN 978-616-495-243-0

จัดพิมพ์และจำหน่ายโดย...



บริษัทวังอักษร จำกัด

69/3 ถนนอรุณอมรินทร์ แขวงวัดอรุณ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพฯ 10600

โทร. 0-2472-3293-5 โทรสาร 0-2891-0742 Mobile 08-8585-1521

Facebook : สำนักพิมพ์ วังอักษร

e-Mail : wangaksorn9@gmail.com

<http://www.wangaksorn.com>

ID Line : wangaksorn



พิมพ์ครั้งที่ 1 พ.ศ. 2566 จำนวนที่พิมพ์ 3,000 เล่ม

สงวนลิขสิทธิ์ตามพระราชบัญญัติลิขสิทธิ์ พ.ศ. 2561

โดยบริษัทวังอักษร จำกัด ห้ามนำส่วนใดส่วนหนึ่งของหนังสือเล่มนี้ไปทำซ้ำ  
ดัดแปลง หรือเผยแพร่ต่อสาธารณชน ไม่ว่ารูปแบบใด ๆ นอกจากได้รับอนุญาต  
เป็นลายลักษณ์อักษรล่วงหน้าจากทางบริษัทฯ เท่านั้น ชื่อและเครื่องหมายการค้าอื่น ๆ  
ที่อ้างอิงในหนังสือฉบับนี้เป็นสิทธิโดยชอบด้วยกฎหมายของเจ้าของแต่ละราย  
โดยบริษัทวังอักษร จำกัด มิได้อ้างความเป็นเจ้าของแต่อย่างใด



รหัสวิชา 20101-9004

## งานซ่อมเครื่องยนต์เบื้องต้น (Basic Engine Repair Job)

1-3-2

จุดประสงค์รายวิชา เพื่อให้

1. เข้าใจหลักการใช้เครื่องมือทดสอบตรวจหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์เบื้องต้น
2. สามารถใช้เครื่องมือทั่วไปและเครื่องมือพิเศษ
3. สามารถตรวจสอบสภาพเปลี่ยนและปรับแต่งชิ้นส่วนของเครื่องยนต์
4. มีกิจนิสัยในการทำงานที่ดีมีความประณีตรอบคอบ ปลอดภัยและมีจิตสำนึกในการรักษา  
สภาพแวดล้อม

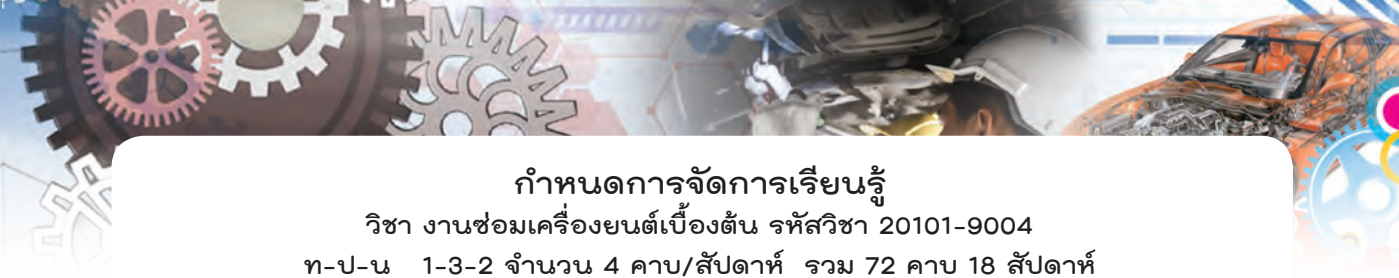
สมรรถนะรายวิชา

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับหลักการใช้เครื่องมือทดสอบตรวจหาข้อขัดข้องของเครื่องยนต์เบื้องต้น
2. ตรวจสอบสภาพเปลี่ยนและปรับแต่งชิ้นส่วนของเครื่องยนต์โดยใช้เครื่องมือทั่วไปและเครื่องมือพิเศษ

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาและปฏิบัติเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือทั่วไปเครื่องมือพิเศษ ซ่อมปรับแต่งสมรรถนะของเครื่องยนต์และการบำรุงรักษาตามคู่มือ





**กำหนดการจัดการเรียนรู้**  
**วิชา งานซ่อมเครื่องยนต์เบื้องต้น รหัสวิชา 20101-9004**  
**ท-ป-น 1-3-2 จำนวน 4 คาบ/สัปดาห์ รวม 72 คาบ 18 สัปดาห์**

| ครั้งที่ | รายการ                                                                                                                    |                                                                                                       | จำนวนชั่วโมง |    |     |
|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|-----|
|          | ทฤษฎี                                                                                                                     | ปฏิบัติ                                                                                               | ท            | ป  | รวม |
| 1 - 2    | หน่วยที่ 1<br>ระบบและเครื่องมือวัด (Measuring System and Measuring Tools)                                                 | ใบงานที่ 1.1 การใช้เครื่องทดสอบสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน<br>ใบงานที่ 1.2 การถอดหัวเทียนและการตรวจสอบ | 2            | 6  | 8   |
| 3 - 5    | หน่วยที่ 2<br>การวิเคราะห์ ตรวจสอบและบริการฝาสูบ และร้าวลิ้น (Cylinder Head and Valve Trains Service)                     | ใบงานที่ 2.1 การเปลี่ยนปะเก็นฝาหัวลิ้น<br>ใบงานที่ 2.2 การถอดประกอบลิ้นจากฝาสูบ                       | 3            | 9  | 12  |
| 6 - 8    | หน่วยที่ 3<br>การวิเคราะห์ ตรวจสอบและบริการก้านสูบ ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ (Connecting Rod, Piston and Piston Rings Service) | ใบงานที่ 3.1 การใส่แหวนลูกสูบ<br>ใบงานที่ 3.2 การถอดลูกสูบและก้านสูบออกจากเสื้อสูบ                    | 3            | 9  | 12  |
| 9        | สอบกลางภาค                                                                                                                |                                                                                                       | 1            | 3  | 4   |
| 10 - 11  | หน่วยที่ 4<br>การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และบริการเพลาข้อเหวี่ยงและเสื้อสูบ (Crankshafts and Cylinder Blocks Service)           | ใบงานที่ 4.1 การประกอบฝาสูบ                                                                           | 2            | 6  | 8   |
| 12 - 14  | หน่วยที่ 5<br>การวินิจฉัยสมรรถนะของเครื่องยนต์ และการขับชี้ (Engine Performance and Driveability Diagnosis)               | ใบงานที่ 5.1 การถอดชุดเสื้อสูบของเครื่องยนต์<br>ใบงานที่ 5.2 การถอดชุดฝาสูบ                           | 3            | 9  | 12  |
| 15 - 17  | หน่วยที่ 6<br>เครื่องมือทดสอบและปรับแต่งเครื่องยนต์ (Engine Test Equipment and Tune Up)                                   | ใบงานที่ 6.1 การตรวจสอบระบบจุดระเบิด<br>ใบงานที่ 6.2 การตรวจหาสาเหตุข้อขัดข้องของเครื่องยนต์          | 3            | 9  | 12  |
| 18       | สอบปลายภาคเรียน                                                                                                           |                                                                                                       | 1            | 3  | 4   |
| รวม      |                                                                                                                           |                                                                                                       | 18           | 54 | 72  |



## คำนำ

หนังสือเรียนวิชา **งานซ่อมเครื่องยนต์เบื้องต้น (Basic Engine Repair Job) รหัสวิชา 20101 - 9004** เล่มนี้ ได้เรียบเรียงขึ้นตรงตามจุดประสงค์รายวิชา สมรรถนะรายวิชา และคำอธิบายรายวิชา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ พุทธศักราช 2562 ของสำนักงานคณะกรรมการการอาชีวศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ เพื่อใช้ประกอบการจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียน ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ ได้วิเคราะห์รายวิชาและกำหนดหน่วยการเรียนรู้ รายการและเวลา มีความตรงเชิงเนื้อหา กับรายวิชาทั้งหมด 6 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วย **หน่วยที่ 1 ระบบและเครื่องมือวัด หน่วยที่ 2 การวิเคราะห์ ตรวจสอบและบริการผ่าสับและราวลิ้น หน่วยที่ 3 การวิเคราะห์ ตรวจสอบและบริการก้านสูบ ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ หน่วยที่ 4 การวิเคราะห์ตรวจสอบและบริการเพลาช้อเหวี่ยงและเสื้อสูบ หน่วยที่ 5 การวินิจฉัยสมรรถนะของเครื่องยนต์และการขับชี้ และหน่วยที่ 6 เครื่องมือทดสอบและปรับแต่งเครื่องยนต์**

ในแต่ละหน่วยการเรียนรู้มีเนื้อหา ใบงาน แบบฝึกหัด และการวัดผลประเมินผลที่ทันสมัย สามารถนำไปใช้จัดกระบวนการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้มีสมรรถนะวิชาชีพที่ประกอบด้วยความรู้ ทักษะ คุณลักษณะที่พึงประสงค์ที่ได้บูรณาการหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง และความสามารถในการประยุกต์ใช้เพื่อนำไปบูรณาการกับการทำงานตามสาขาอาชีพต่าง ๆ ในอนาคตต่อไป

ผู้เขียนหวังเป็นอย่างยิ่งว่า หนังสือเรียนวิชา **งานซ่อมเครื่องยนต์เบื้องต้น (Basic Engine Repair Job)** เล่มนี้ จะสามารถนำไปใช้ศึกษา เป็นประโยชน์ต่อแนวทางจัดการเรียนรู้และต่อความก้าวหน้าทางวิชาการและวิชาชีพสำหรับผู้เรียน ผู้สอน และผู้สนใจอื่นได้ตามจุดมุ่งหมายของหลักสูตรรายวิชา หากมีข้อเสนอแนะประการใดทางผู้เขียนยินดีน้อมรับด้วยความขอบคุณยิ่ง

**ผศ.น.อ. รามจิตติ ฤทธิศร**



# สารบัญ

|                                                                                                                         | หน้า |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| หน่วยที่ 1 ระบบและเครื่องมือวัด (Measuring System and Measuring Tools)                                                  | 1    |
| 1.1 การวัด (Measurements)                                                                                               | 2    |
| 1.2 ระบบยูเอสซีและเมตริก                                                                                                | 2    |
| 1.3 น้ำหนักและปริมาตรในระบบเมตริกและระบบยูเอสซี                                                                         | 4    |
| 1.4 เครื่องมือในการวัดระยะเชิงเส้น (Linear Measurement Tools)                                                           | 5    |
| 1.5 การวัดความดันและสูญญากาศ                                                                                            | 11   |
| ใบงานที่ 1.1 การใช้เครื่องทดสอบสำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน                                                               | 13   |
| ใบงานที่ 1.2 การถอดหัวเทียนและการตรวจสอบ                                                                                | 19   |
| แบบฝึกหัดหน่วยที่ 1                                                                                                     | 22   |
| หน่วยที่ 2 การวิเคราะห์ ตรวจสอบและบริการฝาสูบและร่าวลิ้น (Cylinder Head and Valve Trains Service)                       | 24   |
| 2.1 การวิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นกับวาล์ว                                                                                | 26   |
| 2.2 การปรับระยะห่างของร่าวลิ้น                                                                                          | 30   |
| 2.3 การบริการฝาสูบและร่าวลิ้น                                                                                           | 33   |
| 2.4 การติดตั้งส่วนประกอบของฝาสูบ                                                                                        | 39   |
| ใบงานที่ 2.1 การเปลี่ยนปะเก้นฝา วาล์ว                                                                                   | 42   |
| ใบงานที่ 2.2 การถอดประกอบลิ้นจากฝาสูบ                                                                                   | 45   |
| แบบฝึกหัดหน่วยที่ 2                                                                                                     | 47   |
| หน่วยที่ 3 การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และบริการก้านสูบ ลูกสูบ และแหวนลูกสูบ (Connecting Rod, Piston and Piston Rings Service) | 49   |
| 3.1 การบริการก้านสูบและรองเพลาก้านสูบ                                                                                   | 51   |
| 3.2 การบริการก้านสูบและแหวน                                                                                             | 53   |
| 3.3 การประกอบลูกสูบและก้านสูบ                                                                                           | 55   |
| ใบงานที่ 3.1 การใส่แหวนลูกสูบ                                                                                           | 58   |
| ใบงานที่ 3.2 การถอดลูกสูบและก้านสูบออกจากเสื้อสูบ                                                                       | 60   |
| แบบฝึกหัดหน่วยที่ 3                                                                                                     | 63   |

|                     |                                                                                                      |     |
|---------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| หน่วยที่ 4          | การวิเคราะห์ ตรวจสอบ และบริการเพลาค้อเหวี่ยงและเสื้อสูบ<br>(Crankshafts and Cylinder Blocks Service) | 66  |
| 4.1                 | การเตรียมเครื่องยนต์ก่อนเข้าบริการ                                                                   | 67  |
| 4.2                 | การบริการเพลาค้อเหวี่ยง                                                                              | 68  |
| 4.3                 | การบริการเสื้อสูบ                                                                                    | 71  |
| ใบงานที่ 4.1        | การประกอบฝาสูบ                                                                                       | 76  |
| แบบฝึกหัดหน่วยที่ 4 |                                                                                                      | 79  |
| หน่วยที่ 5          | การวินิจฉัยสมรรถนะของเครื่องยนต์และการขับขี่<br>(Engine Performance and Driveability Diagnosis)      | 82  |
| 5.1                 | การวินิจฉัยปัญหาของเครื่องยนต์ในเชิงปฏิบัติ                                                          | 83  |
| 5.2                 | คำบอกแจ้งของผู้ใช้รถและอาการผิดปกติของเครื่องยนต์                                                    | 85  |
| 5.3                 | ปัญหาอื่น ๆ ของเครื่องยนต์                                                                           | 87  |
| 5.4                 | การแก้ไขปัญหาเครื่องยนต์ สตาร์ทไม่ติดเบื้องต้น                                                       | 90  |
| ใบงานที่ 5.1        | การถอดชุดเสื้อสูบของเครื่องยนต์                                                                      | 93  |
| ใบงานที่ 5.2        | การถอดชุดฝาสูบ                                                                                       | 97  |
| แบบฝึกหัดหน่วยที่ 5 |                                                                                                      | 100 |
| หน่วยที่ 6          | เครื่องมือทดสอบและปรับแต่งเครื่องยนต์<br>(Engine Test Equipment and Tune Up)                         | 103 |
| 6.1                 | เครื่องมือทดสอบเครื่องยนต์                                                                           | 104 |
| 6.2                 | การปรับแต่งเครื่องยนต์                                                                               | 117 |
| ใบงานที่ 6.1        | การตรวจสอบระบบจุดระเบิด                                                                              | 121 |
| ใบงานที่ 6.2        | การตรวจสอบสาเหตุข้อขัดข้องของเครื่องยนต์                                                             | 128 |
| แบบฝึกหัดหน่วยที่ 6 |                                                                                                      | 134 |
| บรรณานุกรม          |                                                                                                      | 137 |

## หน่วยที่

# 1

## (Measuring System and Measuring Tools)



### หัวเรื่องหลัก

- 1.1 การวัด (Measurements)
- 1.2 ระบบยูเอสซีและเมตริก
- 1.3 น้ำหนักและปริมาตรในระบบเมตริกและระบบยูเอสซี
- 1.4 เครื่องมือในการวัดระยะเชิงเส้น (Linear Measurement Tools)
- 1.5 การวัดความดันและสุญญากาศ

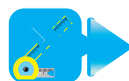


### แนวคิด

ระบบเมตริกจะอ้างอิงกับการวัดมูลฐาน 3 อย่าง คือ ความยาวเป็นเมตร (Meter, m) ปริมาตรเป็นลิตร (Liter, L) และน้ำหนักเป็นกรัม (Gram, g) ระบบเมตริกจะเป็นระบบที่นิยมใช้กันมากกว่า เพราะง่ายต่อการเข้าใจ เนื่องจากอ้างอิงกับการคูณ 10 แล้วใช้ตัวอุปสรรค (Prefix) นำหน้า แทนเครื่องมือในการวัดระยะเชิงเส้น (Linear Measurements Tools) ได้แก่ ไม้บรรทัดเหล็ก (Ruler) ฟीलเลอร์เกจ (Feeler Gauge) Wire Gauge ไมโครมิเตอร์ (Micrometer) เกจหน้าปัด (Dial Gauge) เกจวัดระยะลึก (Depth Gauge) เกจวัดช่องเล็ก (Small-Hole Gauge) เวอร์เนียคาลิเปอร์ (Vernier Caliper)

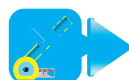


e-book 4 ลิ



### สมรรถนะที่พึงประสงค์

1. แสดงความรู้เกี่ยวกับระบบและเครื่องมือวัด
2. ปฏิบัติการวัดระยะเชิงเส้น วัดความดันและสุญญากาศ



### จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

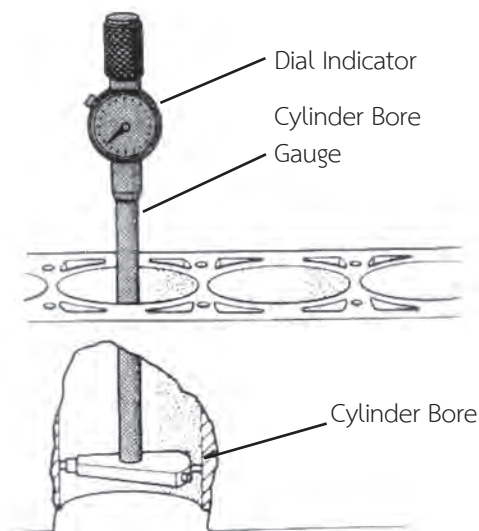
1. อธิบายเกี่ยวกับการวัดได้ถูกต้อง
2. อธิบายและยกตัวอย่างระบบยูเอสซีและเมตริกซ์ได้ถูกต้อง
3. อธิบายและยกตัวอย่างน้ำหนักและปริมาตรในระบบเมตริกและระบบยูเอสซีได้ถูกต้อง
4. ใช้เครื่องมือในการวัดระยะเชิงเส้นได้ถูกต้อง
5. อธิบายและทำการวัดความดันและสุญญากาศได้ถูกต้อง

## 1.1 การวัด (Measurements)



สำหรับรถยนต์หนึ่งคัน มีส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนหลายรายการที่การวัดแบบต่าง ๆ สามารถที่จะบ่งชี้ถึงสภาพความสึกหรอหรือเสียหายได้ นอกจากนี้ยังบอกได้อีกว่า ส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนใดถึงเวลาที่ต้องปรับตั้งใหม่หรือถึงวาระต้องเปลี่ยนชิ้นส่วนใหม่ ตัวอย่างเช่น การวัดกำลังหรือแวกคัม (Vacuum) ของเครื่องยนต์ การวัดปริมาณไฟจากแบตเตอรี่หรืออัลเทอร์เนเตอร์ การวัดมุมต่างๆของระบบบังคับเลี้ยว เป็นต้น สำหรับงานรถยนต์นั้น การวัดขนาดความลึก ขนาด หรือระยะหลวม (Clearance) ของกระบอกสูบ ดังรูปที่ 1.1 มีความจำเป็นอย่างยิ่ง

ระบบในการวัดที่นิยมใช้กันทั่วไปมี 2 ระบบ คือ ระบบธรรมเนียมสหรัฐ (United State Customary, USC) และระบบเมตริก (Metric System) หรือเรียกง่าย ๆ ว่า **ระบบวัดเป็นนิ้ว (Inches)** กับวัดเป็นมิลลิเมตร (mm) ตามลำดับ



**รูปที่ 1.1** แสดงการวัดขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของกระบอกสูบด้วยเกจวัด

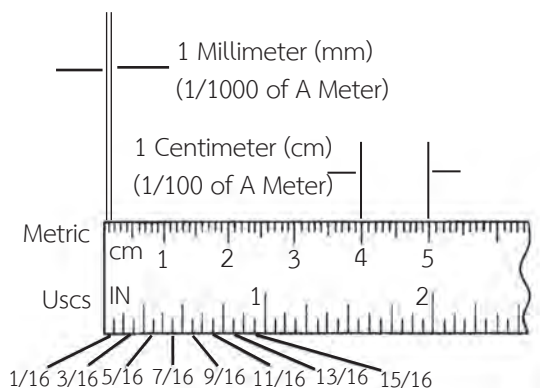
## 1.2 ระบบยูเอสซีและเมตริก



ประชาชนชาวสหรัฐ (รวมถึงช่างเครื่องยนต์) จะคุ้นเคยดีกับระบบยูเอสซี ซึ่งใช้หน่วยของการวัดเป็นนิ้ว ฟุต ไมล์ ไพน์ ควอตซ์ และแกลลอน พวกเขาจะเข้าใจในความหมายของคำว่า **“ลูกสูบมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 นิ้ว”** ซึ่งช่างบางประเทศกลับคุ้นเคยกับขนาด 76.2 มิลลิเมตรมากกว่า 3 นิ้ว

สำหรับรถยนต์ที่ส่งมาจำหน่ายจากญี่ปุ่นจะใช้ระบบเมตริกในการวัด รูปที่ 1.2 แสดงการเปรียบเทียบการวัดของทั้ง 2 ระบบ

ระบบเมตริกจะอ้างอิงกับการวัดมูลฐาน 3 อย่าง คือ ความยาวเป็นเมตร (Meter, m) ปริมาตรเป็นลิตร (Liter, L) และน้ำหนักเป็นกรัม (Gram, g) โดยทั่วไป ระบบเมตริกจะเป็นระบบที่นิยมใช้กันมากกว่า เพราะง่ายต่อการเข้าใจ เนื่องจากระบบนี้อ้างอิงกับการคูณ 10 แล้วใช้ตัวอุปสรรค (Prefix) นำหน้าแทน เช่น 10 มิลลิเมตร (mm) มีค่าเท่ากับ 1 เซนติเมตร (cm หรือ 100 เซนติเมตรเท่ากับ 1 เมตร (m) เป็นต้น ตารางค่าของตัวอุปสรรคต่าง ๆ แสดงไว้ในรูปที่ 1.3



รูปที่ 1.2 แสดงการเปรียบเทียบการวัดความยาวของทั้งสองระบบวัด

|                    |   |                                    |
|--------------------|---|------------------------------------|
| 10 millimeter (mm) | = | 1 centimeter (cm)                  |
| 10 centimeters     | = | 1 decimeter (dm) = 100 millimeters |
| 10 decimeters      | = | 1 meter (m) = 1,000 millimeter     |
| 10 meters          | = | 1 dekameter (dam)                  |
| 10 dekameters      | = | 1 hectometer (hm) = 100 meters     |
| 10 hectometers     | = | 1 kilometer (km) = 1,000 meters    |

รูปที่ 1.3 ตารางแสดงการเปรียบเทียบค่าอุปสรรคในระบบเมตริก

เมื่อเปรียบเทียบกับระบบยูเอสซี เช่น 12 นิ้วเท่ากับ 1 ฟุต หรือ 3 ฟุตเท่ากับ 1 หลา และ 1,760 หลาเท่ากับ 1 ไมล์ (5,280 ฟุต หรือ 63,360 นิ้ว) แล้ว จะเห็นว่าระบบเมตริกเข้าใจได้ง่ายกว่า

### ตารางที่ 1.1 การเทียบสัดส่วนนิ้วให้เป็นทศนิยม

| Inches   |         |        | Inches   |         |         | Inches   |         |         |
|----------|---------|--------|----------|---------|---------|----------|---------|---------|
| Fraction | Decimal | mm     | Fraction | Decimal | mm      | Fraction | Decimal | mm      |
| 1/64     | 0.0156  | 0.3969 | 23/64    | 0.3594  | 9.1281  | 11/16    | 0.6875  | 17.4625 |
| 1/32     | 0.0312  | 0.7938 | 3/8      | 0.3750  | 9.5250  | 45/64    | 0.7031  | 17.8594 |
| 3/64     | 0.0469  | 1.1906 | 25/64    | 0.3906  | 9.9219  | 23/32    | 0.7188  | 18.2562 |
| 1/16     | 0.0625  | 1.5875 | 13/32    | 0.4062  | 10.3188 | 47/64    | 0.7344  | 18.6531 |
| 5/64     | 0.0781  | 1.9844 | 27/64    | 0.4219  | 10.7156 | 3/4      | 0.7500  | 19.0500 |
| 3/32     | 0.0938  | 2.3812 | 7/16     | 0.4375  | 11.1125 | 49/64    | 0.7656  | 19.4469 |
| 7/64     | 0.1094  | 2.7781 | 29/64    | 0.4531  | 11.5094 | 25/32    | 0.7812  | 19.8438 |
| 1/8      | 0.1250  | 3.1750 | 15/32    | 0.4688  | 11.9062 | 51/64    | 0.7969  | 20.2406 |
| 9/64     | 0.1406  | 3.5719 | 31/64    | 0.4844  | 12.3031 | 13/16    | 0.8125  | 20.6375 |
| 5/32     | 0.1562  | 3.9688 | 1/2      | 0.5000  | 12.7000 | 53/64    | 0.8281  | 21.0344 |
| 11/64    | 0.1719  | 4.3656 | 33/64    | 0.5156  | 13.0969 | 27/32    | 0.8438  | 21.4312 |
| 3/16     | 0.1875  | 4.7625 | 17/32    | 0.5312  | 13.4938 | 55/64    | 0.8594  | 21.8281 |
| 13/64    | 0.2031  | 5.1594 | 35/64    | 0.5469  | 13.8906 | 7/8      | 0.8750  | 22.2250 |
| 7/32     | 0.2188  | 5.5562 | 9/16     | 0.5625  | 14.2875 | 57/64    | 0.8906  | 22.6219 |
| 15/64    | 0.2344  | 5.9531 | 33/64    | 0.5781  | 14.6844 | 29/32    | 0.9062  | 23.0188 |
| 1/4      | 0.2500  | 6.3500 | 19/32    | 0.5938  | 15.0812 | 59/64    | 0.9219  | 23.4156 |

ในการวัดขนาดที่มีขนาดเล็กในระบบยูเอสซี จะใช้เป็นสัดส่วนของนิ้ว เช่น 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 และ 1/64 ซึ่งในบางครั้งปริมาณเหล่านี้อาจจะเล็กไม่เพียงพอ เพราะสำหรับรถยนต์นั้นมีหลายตำแหน่งที่มีขนาดวัดเป็นเศษส่วนพัน เช่น ระยะหลวมของลูกปืนเป็น 0.002 นิ้ว เป็นต้น อาจจะใช้ตารางที่ 1.1 ในการแปลงสัดส่วนนิ้วให้เป็นทศนิยมเพื่อความสะดวก

### 1.3 น้ำหนักและปริมาตรในระบบเมตริกและระบบยูเอสซี



หน่วยของมวลหรือน้ำหนักในระบบเมตริก คือ กรัม วัดจากน้ำหนักของน้ำปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร (ซีซี) ที่อุณหภูมิเมื่อน้ำมีความหนาแน่นมากที่สุด

ปริมาตร 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร คือ ปริมาตรของก้อนสี่เหลี่ยมที่มีด้านยาวด้านละ 1 เซนติเมตร ดังรูปที่ 1.4 ดังนั้น 1,000 กรัม หรือ 1 กิโลกรัม จึงเท่ากับ 1,000 ซีซี นั่นเอง

สำหรับระบบยูเอสซีนั้น ไม่มีความสัมพันธ์โดยตรงระหว่างมวลกับปริมาตร ในการวัดปริมาตรของของไหลในระบบยูเอสซีนั้น ใช้ความสัมพันธ์ดังนี้

16 ออนซ์ของไหล (fl oz) = 1 ไพน์ (pt)

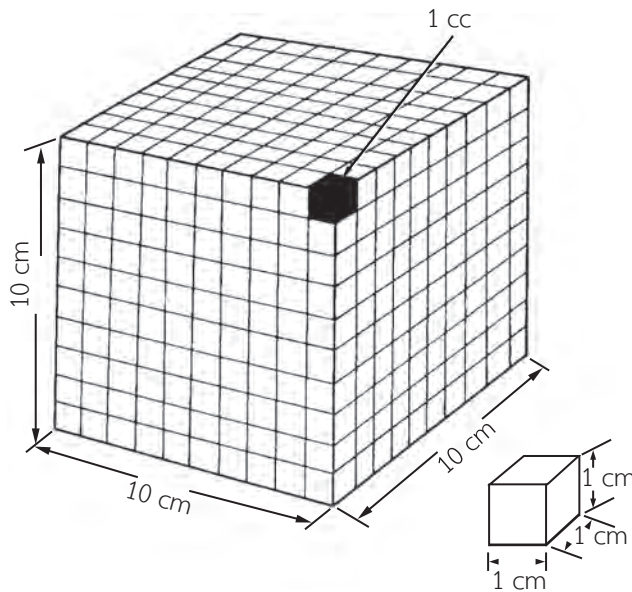
2 ไพน์ = 1 ควอตซ์ (qt)

4 ควอตซ์ = 1 แกลลอน (gal)

ในการวัดน้ำหนักในระบบยูเอสซี ใช้มาตรวัดดังนี้

16 ออนซ์ (oz) = 1 ปอนด์ (lb)

2,000 ปอนด์ = 1 ตัน (ton)



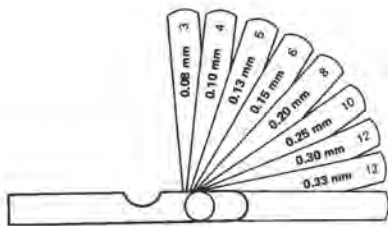
รูปที่ 1.4 ลูกบาศก์เซนติเมตร

## 1.4 เครื่องมือในการวัดระยะเชิงเส้น (Linear Measurements Tools)

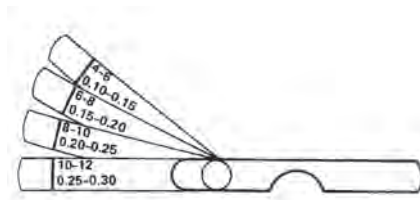


1. **ไม้บรรทัดเหล็ก (Ruler)** เครื่องมือที่ใช้วัดระยะเชิงเส้นที่ธรรมดาที่สุด คือ ไม้บรรทัดเหล็ก ดังรูปที่ 1.2 และตลับเมตร (Tape Measure) ซึ่งเป็นอีกลักษณะหนึ่งของไม้บรรทัดเหล็ก อย่างไรก็ตามเครื่องมือทั้งสองยังให้ความแม่นยำในการวัดไม่เพียงพอสำหรับงานบริการด้านรถยนต์

2 **ฟีลเลอร์เกจ (Feeler Gauge)** คือ แผ่นโลหะแบนซึ่งมีความหนาหลาย ๆ ระดับ ดังรูปที่ 1.5 ใช้ในการวัดระยะหรือช่องว่างเล็ก ๆ ฟีลเลอร์เกจส่วนมากจะแสดงหน่วยใน 2 มิติ ตัวอย่างเช่น “3” และ “0.08 mm” ของโลหะแผ่นแรกในรูปที่ 1.5 หมายถึง 0.003 นิ้ว หรือ 0.08 มิลลิเมตรนั่นเอง



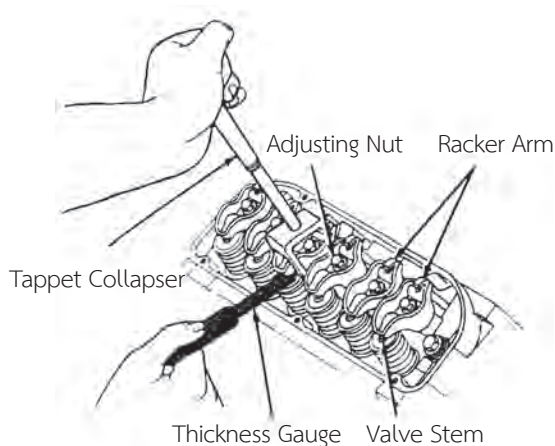
รูปที่ 1.5 ฟीलเลอร์เกจแบบธรรมดา



รูปที่ 1.6 ฟीलเลอร์เกจแบบขั้น

ฟीलเลอร์เกจแบบขั้น (Stepped Feeler Gauge) เป็นฟीलเลอร์เกจอีกลักษณะหนึ่ง ซึ่งบริเวณด้านปลายจะบางกว่าด้านโคนของแผ่นโลหะ จากรูปที่ 1.6 นั้น แผ่นบนสุดมีเลขกำกับเป็น 4 – 6 หมายถึง 0.004 นิ้ว (0.10 มิลลิเมตร) และ 0.006 นิ้ว (0.015 มิลลิเมตร) ตามลำดับ

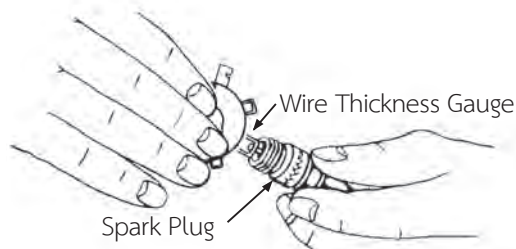
รูปที่ 1.7 แสดงการใช้ฟीलเลอร์เกจในการตรวจสอบระยะห่างระหว่างกระเดื่องกดลิ้น (Rocker Arm) กับก้านลิ้น (Valve Stem) ในเครื่องยนต์หมุนแป้นเกลียวสำหรับปรับระยะ (Adjusting Nut) จนกระทั่งระยะห่างพอดีกับความหนาของฟीलเลอร์เกจที่สอดเข้าไป



รูปที่ 1.7 การใช้ฟीलเลอร์เกจตรวจสอบระยะห่างระหว่างกระเดื่องกดลิ้นกับก้านลิ้น

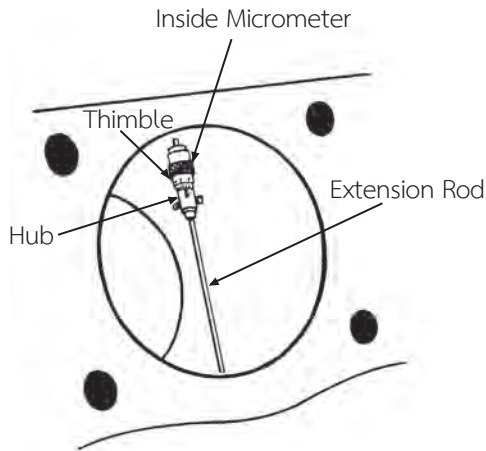
ฟीलเลอร์เกจแบบขั้นใช้วัดระยะที่ละเอียดมากขึ้น ตัวอย่างเช่น ถ้าระยะห่างที่ระบุไว้ของช่องว่างระหว่างวาล์วเป็น 0.005 นิ้ว ให้เลือกใช้ฟीलเลอร์เกจแบบขั้นเบอร์ 4 – 6 สอดเข้าไปแล้วทำการปรับระยะที่ถูกต้องจะเกิดขึ้นเมื่อปลายของแผ่นฟीलเลอร์เกจด้านบางสอดเข้าไปได้แต่ด้านหนาจะสอดเข้าไปไม่ได้

**3. Wire Gauge** มีลักษณะเป็นชิ้นโลหะรูปห่วงที่มีความหนาขนาดต่าง ๆ ซึ่งจะกำหนดไว้ด้านบนของตัวจับ ใช้ในการวัดระยะห่างของชิ้นส่วนที่มีปลายเปิด เช่น ระยะเขี้ยวหัวเทียน เป็นต้น ซึ่งเมื่อสอด Wire Gauge เข้าไปแล้วจะต้องเข้าได้พอดี ไม่หลวมหรือแน่นเกินไป ดังรูปที่ 1.8

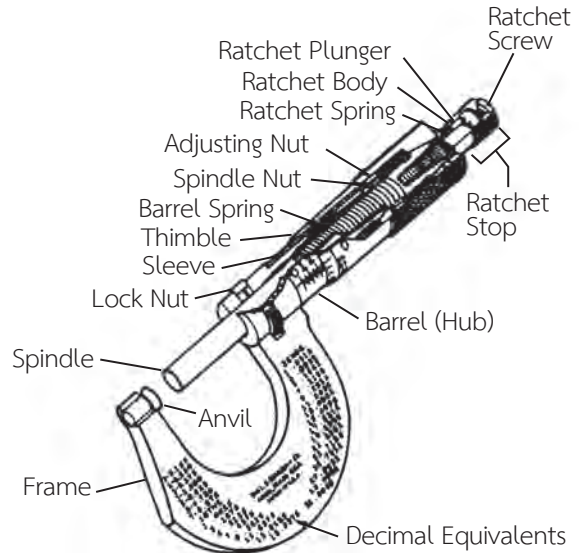


รูปที่ 1.8 Wire Gauge

**4. ไมโครมิเตอร์ (Micrometer)** ไมโครมิเตอร์ เป็นเครื่องมือวัดระยะขนาดพกพาที่มีความแม่นยำสูง มีทั้งสองระบบ สำหรับระบบยูเอสซี ช่วงที่ทำการวัดได้ คือ 1/1,000 ถึง 1/10,000 นิ้ว ขณะที่ระบบเมตริกจะมีช่วงวัดเป็น 1 ถึง 1/100 มิลลิเมตร



รูปที่ 1.9 ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านใน

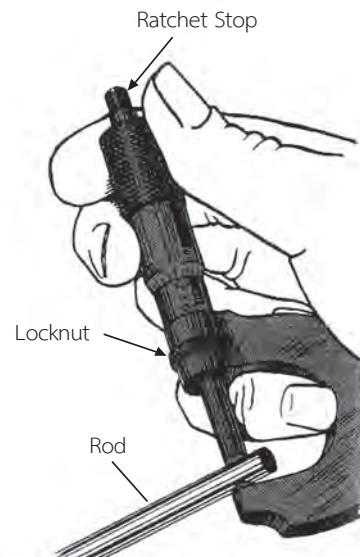


รูปที่ 1.10 ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านนอก

ไมโครมิเตอร์แบ่งออกได้เป็น 2 ชนิด คือ ชนิดวัดด้านใน (Inside Micrometer) ดังรูปที่ 1.9 และชนิดวัดด้านนอก (Outside Micro-meter) ดังรูปที่ 1.10

รูปที่ 1.11 แสดงการใช้ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านนอกในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางของแท่งกลม โดยการวางแท่งกลมไว้ที่ทั้ง (Anvil) จากนั้นให้หมุนปุ่มยั้ง (Ratchet Stop) จนกระทั่งก้านวัด (Spindle)แตะกับแท่งกลม ปุ่มยั้งจะล็อกตัวเองและหมุนได้อิสระ จึงอ่านค่า

ระมัดระวังในการใช้ไมโครมิเตอร์เนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ค่อนข้างละเอียดอ่อนอย่าใช้ไมโครมิเตอร์ในการรัดแฉะใด ๆ และออกแรงในการหมุนมากเกินไป



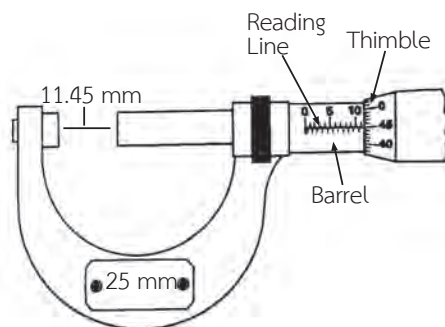
รูปที่ 1.11 แสดงการใช้ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านนอก

รูปที่ 1.12 แสดงตัวอย่างการอ่านค่าจากไมโครมิเตอร์แบบเมตริกซึ่งแบ่งมาตรวัดเป็น 1/100 มิลลิเมตร โดยเป็นการผสมตัวเลขที่อ่านได้จาก Barrel และ Thimble หลังจากประกอบไมโครมิเตอร์เข้ากับสิ่งที่ต้องการวัดแล้ว พิจารณาเส้นอ่านค่า (Reading Line) ที่อยู่บน Barrel พบว่า แสดงค่า “10” (10 มิลลิเมตร) และยังมีส่วนที่เลยไปอีก “1” (1 มิลลิเมตร) รวมเป็นค่าที่อ่านได้จาก Barrel เท่ากับ 11 มิลลิเมตร จากนั้นแนวของเส้นอ่านค่าบน Barrel ไปบรรจบกับแนวของเส้นอ่านค่าบน Thimble ที่ “45” ดังนั้น ค่าที่อ่านได้รวมจึงเป็น

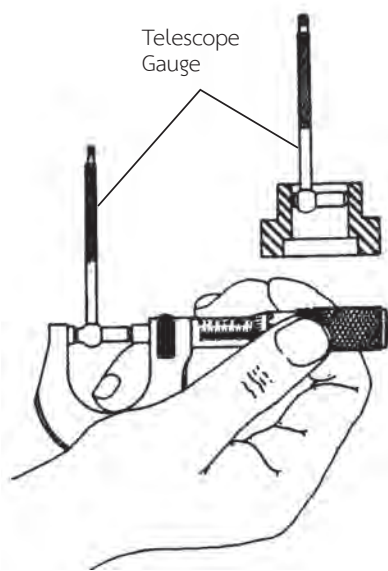
11.45 มิลลิเมตร (ในการหมุน Thimble ครบ 1 รอบจะทำให้ Thimble เลื่อนไปบนเส้นอ่านค่าด้วยระยะ 0.50 มิลลิเมตร)

ถ้าต้องการแปลงค่าที่วัดได้เป็นนิ้วให้นำผลลัพธ์ที่อ่านได้ไปแปรกับแฟกเตอร์ 1 นิ้ว มีค่าประมาณ 25.4 มิลลิเมตร

อาจจะใช้ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านนอกพร้อมกับเทเลสโคปเกจ (Telescope Gauge) ในการวัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในได้ ดังรูปที่ 1.13 ปรับเทเลสโคปเกจ ให้ได้ระยะพอดีกับสิ่งที่ต้องการวัด จากนั้นจึงใช้ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านนอกวัดที่ตัวของเทเลสโคปเกจ



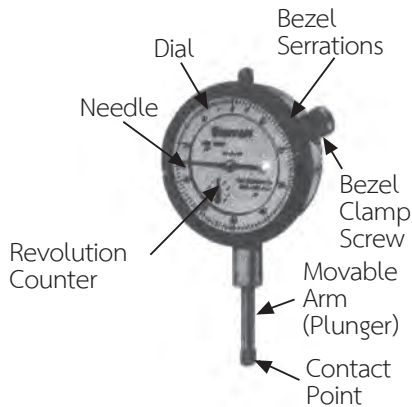
รูปที่ 1.12 ตัวอย่างการอ่านค่าบนไมโครมิเตอร์



รูปที่ 1.13 การใช้ไมโครมิเตอร์ชนิดวัดด้านนอกร่วมกับเทเลสโคปเกจ วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน

**5. เกจหน้าปัด (Dial Gauge)** แสดงผลของการวัดที่เข็ม (Needle) บนหน้าปัด (Dial) ดังรูปที่ 1.14 โดยเข็มจะหมุนสัมพันธ์กับการเคลื่อนขึ้นลงของก้านกด (Movable Arm หรือ Plunger) โดยทั่วไป มาตรฐานจะอยู่ในช่วง 1/1000 นิ้ว หรือ 1/100 มิลลิเมตร ตามชนิดของระบบวัด

รูปที่ 1.15 แสดงการใช้เกจหน้าปัด ในการวัดระยะยกตัวของล้นไอดี

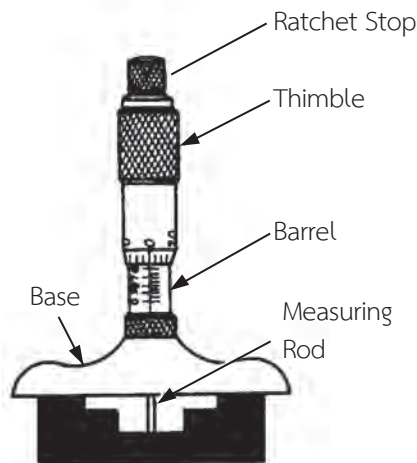


รูปที่ 1.14 เกจหน้าปัดและส่วนประกอบ



รูปที่ 1.15 การใช้เกจหน้าปัด

**6. เกจวัดระยะลึก (Depth Gauge)** เป็นไมโครมิเตอร์ชนิดหนึ่ง ดังรูปที่ 1.16 ใช้ในการวัดระยะลึกของร่องหรือรู โดยการสอดก้านวัด (Measuring Rod) ลงไปในร่องหรือรูที่ต้องการวัด จากนั้นหมุนปุ่มยังจนกระทั่งก้านวัดสัมผัสกับส่วนล่างสุดของสิ่งที่วัด เกจวัดระยะลึกสามารถวัดความลึกได้สูงถึง 9 นิ้ว



รูปที่ 1.16 เกจวัดระยะลึก