การวิเคราะห์เครื่องยนต์เบื้องต้นด้วย Vacuum Gauge

(Vacuum Gauge for Engine Diagnostics)

เรียบเรียงโดย สุพจน์ โสตถิโสภา, วศ.บ. เครื่องกล
อดีต วิศวกรระดับ 11 การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย
e-Mail : subhot.s@hotmail.com

ภาพที่ 1

Vacuum gauge for Engine Diagnostics

ภาพที่ 2

Vacuum gauge for General Use

ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure) หรือที่เรียกกันสั้นๆ ว่า Vacuum ของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนที่เกิดขึ้นในท่อร่วมไอดี (Intake Manifold) นอกจากจะใช้ในระบบควบคุมอุปกรณ์ของเครื่องยนต์แล้ว ยังใช้วิเคราะห์สภาพหรือสุขภาพของเครื่องยนต์ได้อีกด้วย Vacuum เกิดขึ้นได้อย่างไร ? ใช้วิเคราะห์หาสาเหตุความเสียหายได้จริงหรือ ? ทำไมไม่เคยได้ยินช่างตามอู่พูดถึงเลย ดังนั้นก่อนเข้าเรื่อง ขอแนะนำ "vacuum หรือความดันสุญญากาศของเครื่องยนต์แก๊สโซลีนเกิดขึ้นได้อย่างไร"

การเกิด Vacuum ของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์แก๊สโซลีนสันดาปภายใน หรือเครื่องยนต์เบนซิน 4 จังหวะ ที่ประกอบด้วย จังหวะดูด (Intake) จังหวะอัด (Compression) จังหวะระเบิด (Ignition) และจังหวะคาย (Exhaust) โดยในจังหวะดูด ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนตัวลงจาก "ศูนย์ตายบน (Top dead center : TDC)" ลงสู่ "ศูนย์ตายล่าง (Bottom dead center : BDC)" ขณะที่วาล์วไอเสียปิด และวาล์วไอดีเปิด การเคลื่อนตัวลงของลูกสูบจะเกิดแรงดูดขึ้นในกระบอกสูบ ดูดเอาไอดีที่ประกอบด้วยอากาศและเชื้อเพลิง ในอัตราส่วน 14.7 : 1 โดยอากาศจะถูกดูดผ่านเข้าทางกรองอากาศ ผ่าน Air flow meter (ถ้ามี) แล้วผ่าน Throttle valve หรือ ลิ้นปีกผีเสื้อที่ติดตั้งอยู่ที่ทางเข้าท่อร่วมไอดี แล้วผสมกับเชื้อเพลิง อาจเป็นน้ำมันเบนซิน หรือ Gasohol หรือ LPG หรือ CNG ที่ถูกฉีดออกมา เข้าไปยังกระบอกสูบในจังหวะดูด ทำให้ความดันในท่อไอดีเป็นความดันสุญญากาศนั่นเอง โดยที่เครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่ใช้งานทั่วไปมีตั้งแต่ 3 สูบ จนถึง 12 สูบ จึงทำให้ความดันสุญญากาศในท่อร่วมไอดีเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง ความดันในท่อร่วมไอดีจึงเป็นสุญญากาศตลอดเวลา ค่าความดันสุญญากาศนี้ จะเปลี่ยนแปลงไปตามตำแหน่งของลิ้นปีกผีเสื้ออันเนื่องมาจากสภาพภาระ (Load) ของเครื่องยนต์ที่ถูกปรับเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา

จึงขอสรุปสาระเกี่ยวกับ Vacuum Pressure ได้ดังนี้

1. ในการประจุไอดีเข้ากระบอกสูบในจังหวะดูด จะทำให้ภายในท่อร่วมไอดีเกิด "ความดันสุญญากาศ (Vacuum Pressure)" หรือเรียกโดยย่อว่า Vacuum ที่ใช้หน่วยเป็น นิ้ว-ปรอท (in-Hg) หรือ มม.น้ำ (mm-H_2O) ในที่นี้ จะใช้หน่วย in-Hg
2. ความดันสุญญากาศภายในท่อร่วมไอดี เกิดการเปลี่ยนแปลงระหว่าง 0-30 in-Hg (0-29.92 in-Hg abs.) ด้วยการควบคุมของ Throttle valve หรือ ลิ้นปีกผีเสื้อที่ติดตั้งอยู่ที่ทางเข้าท่อร่วมไอดี ถ้าลิ้นปีกผีเสื้อเปิดกว้าง ขณะเร่งเครื่อง ค่า vacuum จะต่ำลง และเมื่อลิ้นปักผีเสื้อเริ่มปิดในขณะที่ลดความเร็วลง ค่า vacuum จะสูงขึ้น
3. ค่า Vacuum ในท่อร่วมไอดี (Intake manifold) ของเครื่องยนต์หลายสูบและขนาดความจุกระบอกสูบขนาดต่างๆ ที่มีสาภพสมบูรณ์ จะมีค่า Vacuum อยู่ในช่วงเดียวกัน ระหว่าง 17-21 in-Hg @ Idle speed และเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยขณะรถวิ่งและรับ Load ค่า Vacuum จะเปลี่ยนแปลงไป

ค่า Vacuum ในท่อร่วมไอดี

ค่า Vacuum ในท่อร่วมไอดี ขณะเดินเบา (Idle speed) ของเครื่องยนต์ที่สมบูรณ์จะเป็นดังนี้

1. เครื่องยนต์เดินเบา ค่า Vacuum ระหว่าง 17-21 in.-Hg เข็มของ Vacuum Gauge ชี้นิ่ง (Idle Zone)
2. เร่งเครื่องยนต์ขณะเดินเบาอย่างเร็วจนลิ้นปีกผีเสื้อเปิดสุด ค่า Vacuum จะตกไปอยู่ที่ 0 in-Hg (Poor Zone) แล้วถอนคันเร่งทันที จนลิ้นปีกผีเสื้อปิดสุด ค่า Vacuum จะเพิ่มสูงขึ้นเป็น 25-29 in-Hg (Decelerate Zone)
3. จากการเปลี่ยนแปลงของ Vacuum ในท่อร่วมไอดีตาม Load ตลอดเวลา จึงใช้ประโยชน์นี้ เพื่อการควบคุมระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ เช่น หม้อลมเบรก (Brake Booster), ระบบเชื้อเพลิง-เบนซิน (Injection Rail), ระบบ CNG/LPG, การระบายไอในห้องเครื่อง (PCV), EGR Switch, A/C, ระบบบังคับเลี้ยว, และระบบอื่นๆ

สำหรับเครื่องยนต์ ที่ผลการวัดค่า Vacuum ไม่เป็นไปตามข้อ 1-2 น่าจะมีความไม่สมบูรณ์ของ ส่วนประกอบหรือชิ้นส่วนภายในห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) เช่น แหวนลูกสูบสึก/รั่ว วาล์วไอดี/เสียรั่ว ปะเก็นท่อร่วมไอดีไอเสียรั่ว การจุดระเบิดไม่ปกติ valve timing เคลื่อน ฯลฯ โดยขณะวัดค่า เข็มของ Vacuum Gauge อาจชี้ต่ำ/สูงกว่าปกติ มีการแกว่ง (swing) หรือเต้นไปมา (Fluctuation) แล้วแต่กรณี ซึ่งผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ได้ทำการศึกษา และจัดทำสรุปเป็นคู่มือขึ้น เพื่อใช้อ้างอิงในการวิเคราะห์สภาพเบื้องต้นของเครื่องยนต์ โดยเพียงแต่นำค่า Vacuum และรูปแบบของเข็มชี้ ไปเทียบกับคู่มือ ก็จะวิเคราะห์สภาพเบื้องต้นได้

อย่างไรก็ดี ควรทำการวัดวิเคราะห์ด้วยวิธีอื่น เพื่อความมั่นใจ ก่อนการซ่อมบำรุง เช่น รถที่ใช้ LPG เครื่องเดินไม่เรียบ ตรวจวัดค่า Vacuum วิเคราะห์ว่า "Combustion Chamber Leak" ควรทำการตรวจวัดยืนยันด้วยการทำ Compression Test ทั้ง Dry Test & Wet Test อีกครั้ง หากผลการตรวจไปในทางเดียวกัน จึงทำการซ่อม หากขัดแย้งกัน จักได้ทำการหาสาเหตุใหม่ เป็นต้น

เครื่องมือวัด Vacuum

การวัดค่า Vacuum ใช้ Vacuum Gauge ที่อ่านค่าระหว่าง 0-30 นิ้ว-ปรอท (in-Hg) ดังแสดงในภาพที่ 1, 2 และ 4 การวัดค่านี้ที่ถือว่าเป็นการวัดที่ไม่ยุ่งยาก เพียงใส่สามทาง (ชั่วคราว)

ที่ต่อกับ Vacuum Gauge เข้ากับท่อสุญญากาศที่ออกจากท่อร่วมไอดีไปยังอุปกรณ์ของเครื่องยนต์เท่านั้นเอง เจ้าของรถทำการวัดและวิเคราะห์สภาพปัญหาของเครื่องยนต์ด้วยตัวเอง (DIY.) ก่อนที่จะซ่อมหรือส่งอู่ซ่อม ทำให้ทราบสาเหตุของความไม่ปกติ (ไม่ถูกอู่ซ่อมหลอก) Vacuum Gauge แบ่งได้เป็นหลายแบบ ในที่นี้จะนำเสนอ 3 แบบ คือ

ภาพที่ 3 หน้าปัด Vacuum Gauge ใช้กับเครื่องยนต์

1. Vacuum Gauge ที่ออกแบบมาเพื่อใช้กับเครื่องยนต์โดยเฉพาะ ดังภาพที่ 1 และ 3 วัดค่าระหว่าง 0-30 in-Hg แบ่งเป็น 5 Zone คือ
   - 1.1 Poor ระหว่าง 0-5 in-Hg
   - 1.2 Fair ระหว่าง 5-10 in-Hg
   - 1.3 Drive ระหว่าง 10-17 in-Hg
   - 1.4 Idle ระหว่าง 17-21 in-Hg
   - 1.5 Decelerate ระหว่าง 21-30 in-Hg

Vacuum Gauge แบบนี้ ออกแบบมาเพื่อใช้ติดตั้งประจำรถ นอกจากจะทำให้ทราบสภาพเครื่องยนต์ตลอดเวลาแล้ว ยังใช้เพื่อ Monitor ในการขับขี่ให้อยู่ใน Drive Zone มากที่สุด และอยู่ใน Zone อื่นน้อยที่สุด เพื่อให้ประหยัดเชื้อเพลิงนั่นเอง

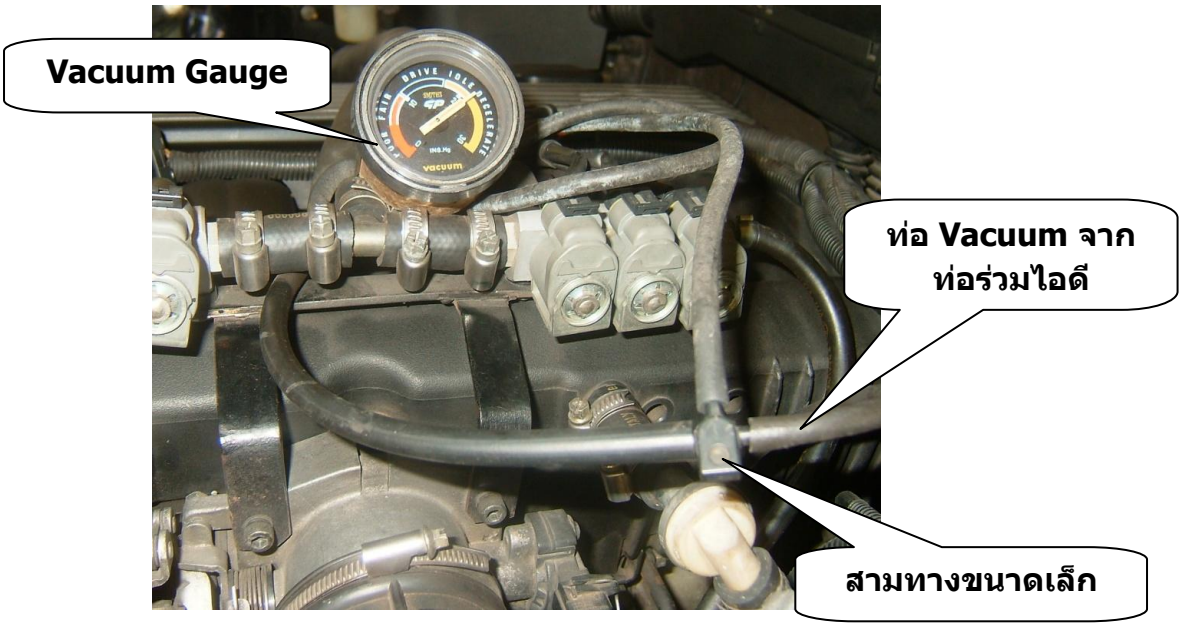
2. Vacuum Gauge แบบใช้งานทั่วไป วัดค่าระหว่าง 0-30 in-Hg ดังภาพที่ 2

ภาพที่ 4 Compound Gauge

3. Compound Gauge วัดได้ทั้งความดันสุญญากาศ และความดัน โดยหน้าปัดแบ่งเป็น Vacuum 1-30 in-Hg และ Pressure 0-10 psi ดังภาพที่ 4

การต่อ Vacuum Gauge เข้ากับเครื่องยนต์

การต่อ Vacuum Gauge เข้ากับเครื่องยนต์ ให้ใช้ สามทางขนาดเล็ก ต่อ (ชั่วคราว) แยกจากท่อ vacuum เดิมที่ต่อจากท่อร่วมไอดี แล้วต่อด้านที่เหลือเข้ากับ Vacuum Gauge จากนั้นสตาร์ทเครื่องยนต์ รอจนถึง Operating Temp. จึงอ่านค่า vacuum และบันทึกค่าและสภาพการเต้น/แกว่งตัวของเข็มชี้ แล้วนำไปเทียบผลกับ Chart หรือภาพ vacuum gauge reading ในหน้าที่ 5-8 ให้เลือกเพียง 1 แบบจาก 3 แบบ เพื่อประเมินสภาพเครื่องยนต์เบื้องต้น



ภาพที่ 5 การต่อ Vacuum Gauge เข้ากับท่อร่วมไอดี

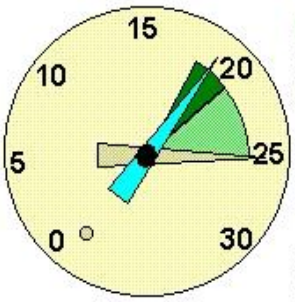
ผู้เชี่ยวชาญด้านยานยนต์ได้จัดทำ Chart และภาพแสดงผลการวัดค่า Vacuum ไว้มากมาย ผลอาจแตกต่างกันบ้าง ในที่นี้จึงขอนำเสนอใน 3 รูปแบบ คือ

ลำดับที่ 1 แผนภาพแสดง Vacuum gauge : Reading And Interpretation และลักษณะของเข็มชี้ จาก Web Site : http://bbkworks.blogspot.com/2012/05/vacuum-gaugereading-and-interpretation.html

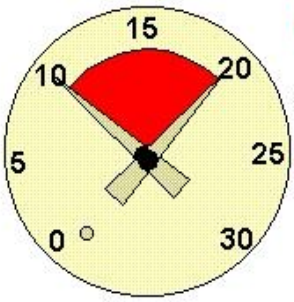
ลำดับที่ 2 แผนภาพแสดงผลค่า Vacuum และลักษณะของเข็มชี้ จาก Web Site : http://www.atlanticz.ca/zclub/techtips/vacuum/

ลำดับที่ 3 Chart for vacuum reading from Engine Testing with a Vacuum Gauge by Greg's Engine & Machine, web site : http://www.gregsengine.com/using-a-vacuum-gauge.html

ทั้ง 3 แบบ นำเสนอในรูปแบบ Original Document ที่เป็นภาษาอังกฤษจาก Web Site เพื่อให้ได้ความหมายที่ชัดเจน และสมบูรณ์ หรือหากท่านต้องการ การประเมินผลในรูปแบบแผนภาพจากการวัดที่แสดงลักษณะของเข็มรูปแบบอื่น โปรดดูได้จากเอกสารอื่นใน Reference Web Site ท้ายบทความนี้ หรือท่านอาจค้นหาได้ใหม่จาก Google หรือ Yahoo

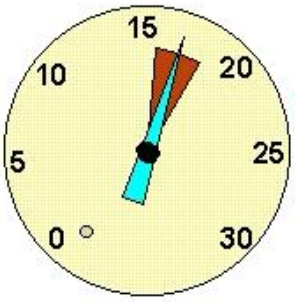


Normal engine
Steady gauge 18"-20" at all speeds. Throttle Is released and engine quickly drops from over 2000 RPM to Idle. Needle jumps 2" - 5" above normal, then drops to normal without pause or hesitation.

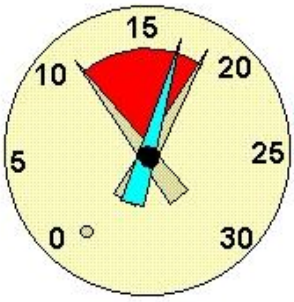


Needle wavers rapidly
between 10"-20" at Idle, becomes worse at higher RPM. Weak or broken valve spring causing valve to open slowly.

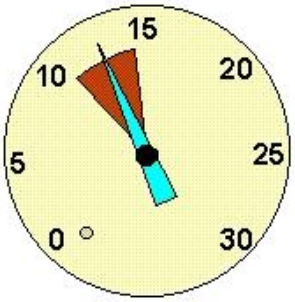
Needle wavers irregularly
Needle wavers at idle, fluctuates rapidly In smaller range at higher RPM. Manifold leak at intake port.



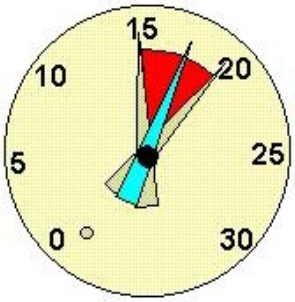
Steady low
Less than 2" down from normal. Retarded Ignition timing.



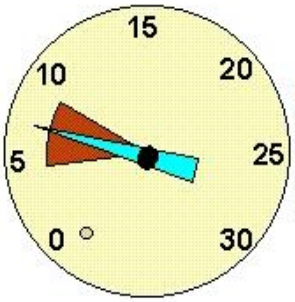
Drifts at idle, stabilizes at higher RPM
Burnt valve; combustion chamber leak.



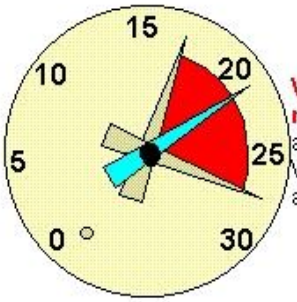
Steady very low
Late valve timing



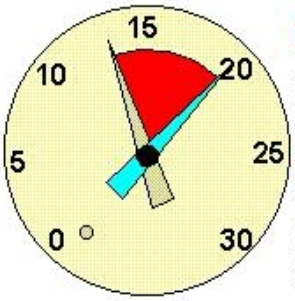
Wavers irregularly in one range despite engine speed.
Unbalanced carburetion, improper spark plug gap, Ignition timing, poor valve seating.



Steady Extremely low
Up to 15" drop
Warped or cracked Intake manifold. Bad carburator-to-manifold gasket.

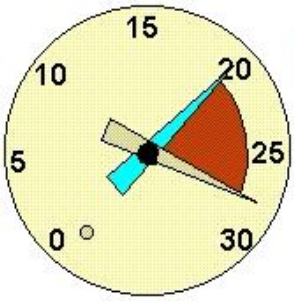


Vacuum averages lower than normal at idle, needle fluctuates almost 3" on both sides of normal. Worn valve guides admitting air, and upsetting carburetion.

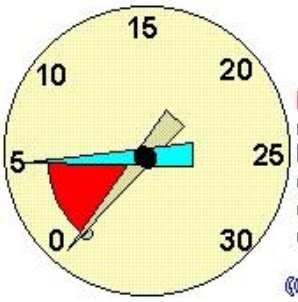


Needle rhythmically drops
1"-7" below normal
Leaking combustion chamber or valve; ignition or plug failure effecting one cylinder

Needle drops rapidly
but Intermittently and then recovers. Valve sticking at times, or won't close properly.

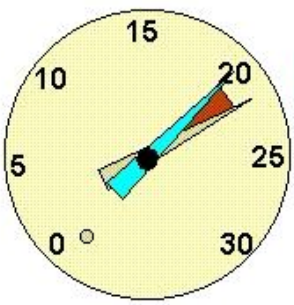


Needle jumps 2"- 5" above normal upon quick deceleration, but hesitates at a higher pressure before returning to normal. Restricted exhaust system causing back pressure.



Drops to 0" then rises
under full throttle with Increased RPM. Dirty air cleaner, Undersized carburetor, restriction In exhaust system.

(C) CRAIG DELTZEN 1999



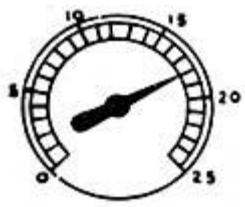
Needle does not jump much beyond normal when throttle Is quickly closed, and engine speed Is cut from above 2000RPM to Idle. Piston rings may be worn and allowing blow-by into the crankcase.

ลำดับที่ 2 แผนภาพแสดงผลค่า Vacuum และลักษณะของเข็มชี้

จาก Web Site :http://www.atlanticz.ca/zclub/techtips/vacuum/

Trouble-shooting with a vacuum gauge

Idle (Normal Vacuum)



An engine in good condition should have a gauge reading of 17 to 21 and hand should be steady.

Idle (consistent but very low reading)

A steady reading below 5 indicates a leaky manifold, manifold gasket or carburetor gasket. Also check heat riser.

Idle (consistent but low)

When gauge needle is steady at about 8 to 14 it generally indicates incorrect valve timing.

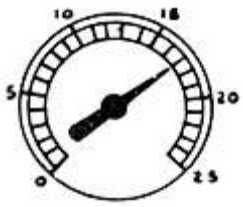
Idle (consistent but mildly low)

A reading lower than normal with the hand steady indicates that rings are in poor condition.

Idle (consistent but mildly low reading)

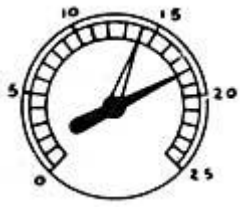
If normal is 20 inches and needle should go to approx 14 check timing. Spark may be retarded.

Idle (consistent but slightly low)



A reading of 13 to 16 generally indicates incorrect ignition timing.

Idle (with random mild drop)



When the hand drops occasionally from 3 to 5 points, from the normal reading, it generally indicates a sticking valve.

Idle (with consistent mild drop)

A burned valve will cause the needle to drop back several divisions each time that particular cylinder operates.

Idle (with consistent slight drop)

Leaking valves also show up on the gauge by the needle dropping back 3 or 4 divisions, whenever that valve opens.

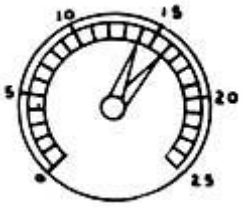
Idle (with occasional mild drop)

Occasional drop as cylinder is firing may denote valve open or plug not firing.

Idle (constant mild drift)

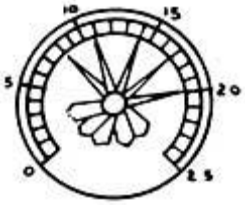
Poor adjustment of the carburetor will cause the needle to float slowly between 12 and 16.

Idle (mildly low with constant small drift)



When needle drifts slowly between 14 and 16 it generally indicates that plug gaps are too close, or breaker points are not properly synchronized.

Idle (with constant large fluctuations)

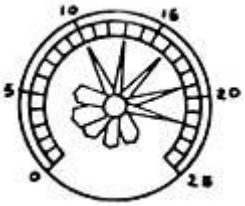


This action usually indicates a leaky head gasket.

Idle (with fast vibration)

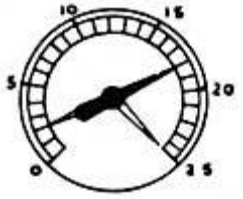
When needle has a fast vibration between appoximately 14 and 19 it indicates loose valve guides.

Cruising (big variations)



Wide variations of needle increasing with motor speed indicates weak, or broken valve springs.

Opening and closing throttle quickly



reading on an engine in good condition should drop to 2 and come back to 25.

Idle (slow steady drop)

Normal reading at start, but gradually drops, indicates choked muffler

ลำดับที่ 3 Chart for vacuum reading

Engine Testing with a Vacuum Gauge by Greg's Engine & Machine,

web site : http://www.gregsengine.com/using-a-vacuum-gauge.html

CHART OF VACUUM READINGS		
Engine Speed	**Reading**	**Indication of Engine Condition**
Smooth and steady idle (800 to 1200 RPM)	Between 17 to 21 inches	Engine is in Good Condition, but perform next test to be sure.
Open and close throttle quickly	Jumps from 2 to about 25 inches	Engine is in Good Condition.
Smooth and steady idle	Steady, but lower than normal reading	Worn rings, but perform next test to be sure.
Open and close throttle quickly	Jumps from 0 to 22 inches	Confirms worn rings.
Steady idle	Intermittent dropping back 3 or 5 divisions and returns to normal	Sticky Valves. If injection of penetrating oil into intake manifold temporarily stops pointer from dropping back, it's certain the valves are sticking.
Steady 3000 RPM	Pointer fluctuates rapidly, faster engine speed causes more pointer swing	Weak valve springs.
Steady idle	Fast fluctuation between 14 to 19 points	Worn intake valve stem guides. Excessive pointer vibration at all speeds indicates a leaky head gasket.
Steady idle	Constant drop	Burnt valve or insufficient tappet clearance holding valve partly open or a spark plug occasionally miss firing.
Steady idle	Steady 8 to 14 inches	Incorrect valve timing. It must also be remembered that vacuum leaks and/or poor compression can result in a low vacuum reading.
Steady idle	Steady 14 to 16 inches	Incorrect ignition timing.
Steady idle	Drifting from 14 to 16 inches	Plug gaps too close or points not synchronized..
Steady idle	Drifting 5 to 19 inches	Compression leak between cylinders.
Steady idle	Steady below 5 inches	Leaky manifold or carburetor gasket, or stuck manifold heat control valve.
Steady idle	Floats slowly between 12 and 16 inches	Carburetor out of adjustment.
Blipping engine speed	Quick drop to zero then return to normal reading	Muffler is clear.
Blipping engine speed	Slow drop of pointer then slow return to normal reading	Muffler is choked or blocked.

บทสรุป

ถ้าจะเปรียบการวิเคราะห์สภาพเครื่องยนต์ด้วย Vacuum Gauge หรือค่า Vacuum ก็น่าจะเปรียบได้กับการที่แพทย์ตรวจคนไข้เพื่อหาสมุฐานของโรคเบื้องต้น ด้วยการตรวจชีพจรทั้งจำนวนการเต้นต่อนาทีและลักษณะการเต้น พร้อมทั้งฟังการเต้นของอวัยวะภายในด้วย stethoscope แล้วจึงตรวจเพื่อยืนยันผลด้วยการตรวจวิเคราะห์วิธีอื่นต่อไป

ในฐานะที่ท่านทำ DIY. ได้ ผลการวัดและวิเคราะห์ค่า Vacuum จึงเป็นประโยชน์อย่างมากกับท่านเอง กล่าวคือ ทำให้ท่านทราบลักษณะของปัญหา และซ่อมได้ตรงจุด หรือถ้าท่านส่งอู่ซ่อมก็สามารถตัดประเด็นปัญหาที่ไม่ตรงประเด็นออกไปได้ เช่น ถ้ารถที่ใช้ CNG/LPG แล้วเครื่องยนต์เดินไม่เรียบ/เร่งแล้วสะดุด ช่างตามอู่จะวิเคราะห์ทันที ว่า "วาล์วรั่ว หรือ ก้านวาล์วติด" เพราะเป็นอาการมาตรฐานของรถใช้แก๊ส อู่ก็ทำการเปิดฝาสูบ ถ้าเปิดแล้วไม่พบอะไร อย่างน้อยท่านก็เสียค่าปะเก็นฝาสูบและอู่ได้ค่าแรง ราวๆ 2,000-3,000 บาทหรือถ้าท่านใจอ่อน อู่ก็จะชวน Overhaul ฝาสูบ ค่าใช้จ่ายเกือบๆ หมื่นบาท ทำเสร็จอาการยังเหมือนเดิม ต้องหาสาเหตุอื่นต่อไป หรือลองผิด/ลองถูกต่อไป แต่ถ้าท่านวัดค่า Vacuum แล้ววิเคราะห์ผลได้ว่าเครื่องยนต์สภาพปกติดี ท่านแจ้งอู่หรือช่างได้อย่างมั่นใจว่า ส่วนของห้องเผาไหม้ที่ประกอบด้วย แหวนอัด วาล์วไอดี-ไอเสีย ปกติ ให้มุ่งไปที่ประเด็นอื่น เช่น การตรวจสอบ Valve Timing, การตั้งไฟจุดระเบิด, ตรวจสภาพหัวเทียนและสายหัวเทียน, การ Tune Up ระบบแก๊ส เป็นต้น

อย่างไรก็ตาม ก่อนทำการวัดค่า Vacuum ขอแนะนำให้ทำ Visual Inspection (การตรวจสอบด้วยสายตา และใช้หูฟัง) ท่อ Vacuum และอุปกรณ์ต่อพ่วง ให้มั่นใจว่า ไม่มีการรั่ว หากมีการรั่วหรือชำรุด ให้จัดการเปลี่ยนเสียก่อน มิฉะนั้น อาจหลงทางได้

Reference Web Site

1. Engine Testing with a Vacuum Gauge by Greg's Engine & Machine : http://www.gregsengine.com/using-a-vacuum-gauge.html
2. Using a Vacuum Gauge for Engine Diagnostics by *Julian Edgar* : http://autospeed.com/cms/title_Using-a-Vacuum-Gauge-for-Engine-Diagnostics/A_2393/article.html
3. Using a vacuum gauge : http://www.cdxetextbook.com/toolsEquip/hpt/measuring/vacgauge.html :
4. Engine Testing With A Vacuum Gauge From Vincent Ciulla, former About.com Guide : http://autorepair.about.com/cs/troubleshooting/a/aa112401a.htm
5. Engine Vacuum Testing by ASE Studies Guaide : http://www.freeasestudyguides.com/engine-vacuum-test.html
6. Vacuum gauge:Reading And Interpretation : http://bbkworks.blogspot.com/2012/05/vacuum-gaugereading-and-interpretation.html