



**YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY**

BRONZE

คำนำ

คู่มือเล่มนี้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นการพัฒนาพื้นฐานความรู้ในด้านต่างๆ เกี่ยวกับรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ จากเดิมที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน โดยได้นำหลักสูตร YTA. (YAMAHA TECHNICAL ACADEMY หรือ สถาบันเทคนิคยามาฮ่า) ซึ่งประสบความสำเร็จจากประเทศญี่ปุ่น เพื่อเป็นการพัฒนาเกี่ยวกับเนื้อหาการเรียนการสอนให้เป็นมาตรฐานเดียวกันทั่วโลก โดยรายละเอียดของเนื้อหาจะครอบคลุมทั้งในด้านทฤษฎีและด้านปฏิบัติเกี่ยวกับรถจักรยานยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะและเพื่อให้ผู้เข้ารับการอบรมสามารถนำความรู้ที่ได้รับจากการอบรมไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวัน รวมถึงเป็นการพัฒนาพื้นฐานความรู้ใหม่ๆ ให้กับผู้เข้ารับการอบรมอีกทางหนึ่งด้วย

รายละเอียดของหลักสูตร YTA. ได้ถูกแปลและเรียบเรียงโดยบริษัทไทยยามาฮ่ามอเตอร์ จำกัด โดยหวังว่าเนื้อหาความรู้ต่างๆ จะสามารถพัฒนาความรู้ความสามารถของผู้เข้ารับการอบรมให้เพิ่มมากขึ้น

ด้วยความปรารถนาดี

แผนกเทคนิคสื่อสิ่งพิมพ์ ฝ่ายบริการลูกค้า
บริษัท ไทยยามาฮ่ามอเตอร์ จำกัด

YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY



YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

สารบัญ

1. พื้นฐานรถจักรยานยนต์.....	1	(4) หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน.....	13
(1) ส่วนประกอบ.....	2	1. การเผาไหม้และการระเบิดของแก๊สโซลีน.....	13
1. ระบบเครื่องยนต์.....	2	2. หลักการทำงาน.....	13
2. โครงสร้างรถจักรยานยนต์.....	2	3. คุณสมบัติ 3 ประการในการทำงานของเครื่องยนต์.....	14
3. ระบบไฟฟ้า.....	2	3. โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์.....	15
(2) หลักการเบื้องต้น.....	3	(1) โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์	
1. วัฏจักรการทำงาน.....	3	2 จังหวะ และ 4 จังหวะ.....	16
2. จุดศูนย์ตายบนและล่าง.....	3	1. โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ.....	16
3. ระยะชัก.....	3	2. โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	17
4. กระบอกสูบ.....	3	(2) การทำงานและชนิดของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ.....	18
5. มุมเพลาลูกเบี้ยว.....	3	1. การทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ.....	18
6. ปริมาตรความจุ.....	4	2. การควบคุมการเปิดปิดของช่องพอร์ตที่เสื่อสูบ.....	18
7. ปริมาตรห้องเผาไหม้.....	4	3. หลักการเบื้องต้นของระบบประจุไอดีไล่ไอเสีย.....	19
8. ปริมาตรกระบอกสูบ.....	4	4. ชนิดและการทำงานของระบบประจุไอดี, การให้ไอดีไล่ไอเสีย และการเปิด-ปิดช่องที่เสื่อสูบ.....	20
9. อัตราส่วนกำลังอัด.....	4	(3) โครงสร้างและหน้าที่ของชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ.....	28
10. ความเร็วของลูกสูบ.....	4	1. ฝาสูบ.....	28
11. ผลของขนาดความโตกระบอกสูบและระยะชักที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์.....	5	2. เสื่อสูบและกระบอกสูบ.....	28
12. แรงบิด.....	5	3. ลูกสูบ.....	30
13. แรงม้า.....	6	4. แนวนลูกสูบ.....	31
(3) กราฟแสดงสมรรถนะการขับขี่.....	7	5. เพลาลูกเบี้ยวและก้านสูบ.....	33
1. กราฟแสดงสมรรถนะเครื่องยนต์.....	7	6. ห้องแคร้ง.....	34
2. ความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ.....	8	7. ลูกปืนและซีลน้ำมัน.....	35
2. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องยนต์.....	11	(4) การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	38
(1) เครื่องยนต์คืออะไร.....	12	1. การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	38
(2) ชนิดของเครื่องยนต์.....	12	2. ตำแหน่งการเปิด-ปิดของลิ้น.....	39
(3) ชนิดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน.....	12	3. แบบและลักษณะของกลไกบังคับลิ้น.....	39
1. แบ่งตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง.....	12	(5) โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	42
2. แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนไหว.....	12	1. ฝาสูบ.....	42
3. แบ่งชนิดตามการจุดระเบิด.....	12		
4. แบ่งชนิดตามจังหวะการทำงาน.....	13		
5. แบ่งโดยกรรมวิธีอื่นๆ.....	13		

2. กลไกบังคับลิ้น.....	43	1. คลัทช์.....	96
3. เสือสูบ.....	46	2. ชนิดของคลัทช์.....	96
4. ลูกสูบ.....	46	3. โครงสร้างและการทำงานของคลัทช์.....	98
5. แหวนลูกสูบ.....	46	4. กลไกการส่งผ่านกำลังและการเปลี่ยน.....	101
6. เพลาข้อเหวี่ยง.....	47	5. กลไกการขับเคลื่อนขั้นสุดท้าย.....	108
7. ก้านสูบ.....	48	6. กลไกคันสตาร์ท.....	110
8. แบตเตอรี่.....	48	4. โครงสร้างเบื้องต้นและการทำงานของ	
(6) ระบบหล่อลื่น.....	49	โครงรถ.....	113
1. วัตถุประสงค์ของการหล่อลื่น.....	49	(1) โครงรถ.....	114
2. การหล่อลื่นในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ.....	50	1. หน้าที่ของโครงรถ.....	114
3. การหล่อลื่นในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ.....	54	2. การแบ่งประเภทของโครงรถ.....	114
4. น้ำมันหล่อลื่น.....	57	3. รายชื่อของส่วนต่างๆ.....	117
(7) ระบบระบายความร้อน.....	59	(2) ระบบบังคับเลี้ยว.....	118
1. ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ.....	59	1. ระบบบังคับเลี้ยว(ส่วนหน้า).....	118
2. ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ.....	60	2. มุมล้อคาสเตอร์และระยะเทล.....	118
(8) ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง.....	61	3. แชนด์บังคับ.....	119
1. คาร์บูเรเตอร์.....	61	(3) ระบบรองรับน้ำหนัก.....	120
2. หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์.....	61	1. คำอธิบายของระบบรองรับ.....	120
3. การเผาไหม้และการระเบิด.....	62	2. ระบบรองรับน้ำหนักด้านหน้า.....	122
4. อัตราส่วนผสม.....	62	3. ระบบรองรับน้ำหนักด้านหลัง.....	124
5. ชนิดของคาร์บูเรเตอร์.....	63	(4) เบรค.....	130
6. โครงสร้างและการทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบ VM.....	65	1. ลิ้มเบรค.....	130
7. โครงสร้างและการทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบ SU.....	70	2. ดิสก์เบรค.....	132
8. การตรวจสอบคาร์บูเรเตอร์.....	76	3. น้ำมันเบรค.....	136
9. ไอเสีย.....	81	(5) ล้อ.....	137
10. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง.....	84	1. ชนิดของล้อ.....	137
11. ฝาถังน้ำมัน.....	85	(6) ยาง.....	138
12. ก๊อกน้ำมัน.....	86	1. ยางเรเดียลและยางไบแอส.....	138
13. เชื้อเพลิง.....	90	2. โครงสร้างยาง.....	140
(9) ระบบไอเสีย.....	92	3. รูปแบบของผ้ายาง.....	141
1. การสันตะเหือน.....	92	4. ขนาดของยาง.....	142
2. วิธีการลดเสียงดัง.....	93	5. ยางแบบที่มียางใน และไม่มียางใน.....	144
(10) การส่งผ่านกำลัง.....	95	6. ความดันอากาศ.....	144

5. โครงสร้างพื้นฐานและหน้าที่ของระบบไฟฟ้า.....	145	2. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด AC.....	171
[1] หลักการพื้นฐานของไฟฟ้า.....	146	3. เครื่องกำเนิดไฟฟ้าชนิด DC.....	177
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า.....	146	4. แบตเตอรี่ชนิดพิเศษ (แบบ MF).....	181
1. ตัวนำไฟฟ้า.....	147	[4] ระบบสตาร์ท.....	184
2. การทำงานของไฟฟ้า.....	147	1. หลักการของมอเตอร์และมอเตอร์สตาร์ท.....	184
3. ไฟฟ้ากระแสสลับและไฟฟ้ากระแสตรง.....	148	2. การป้องกันอันตรายของระบบสตาร์ท.....	185
4. การไหลของกระแสไฟฟ้า.....	149	[5] ระบบแสงสว่างและระบบสัญญาณ.....	188
5. กระแสไฟฟ้า, แรงเคลื่อนไฟฟ้า, ความต้านทานไฟฟ้าและกำลังไฟฟ้า.....	150	1. ระบบแสงสว่าง.....	188
6. วงจรไฟฟ้า.....	151	2. ระบบสัญญาณ.....	190
7. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก.....	152	6. ภาคผนวก.....	193
8. สารกึ่งตัวนำ.....	154	[1] การตรวจสอบรถจักรยานยนต์ก่อนการส่งมอบ.....	194
[2] ระบบจุดระเบิด.....	159	[2] บัญชีการตรวจสอบ.....	196
1. ชนิดของระบบจุดระเบิด.....	159	[3] วัสดุอุปกรณ์.....	198
2. คอยล์จุดระเบิด, ชุดหน้าทองขาวและตัวเก็บประจุ.....	159	[4] ส่วนประกอบของเครื่องยนต์.....	202
3. โครงสร้างและหน้าที่ของระบบจุดระเบิด.....	161	[5] หลักการพื้นฐานและกฎระเบียบ.....	208
4. หัวเทียน.....	166	[6] หน่วยวัดกระแสไฟฟ้า.....	212
[3] ระบบไฟชาร์จ.....	169	[7] ตารางการเปลี่ยนค่า.....	217
1. หลักการทำงานและชนิดของเครื่องกำเนิดไฟฟ้า.....	169	[8] สัญลักษณ์ที่ใช้ในสูตร.....	220
		[9] หน่วยวัดกระแสไฟฟ้าของระบบระหว่างประเทศ.....	221



YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

พื้นฐานรถจักรยานยนต์

YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

[1] ส่วนประกอบของรถจักรยานยนต์

ส่วนประกอบของรถจักรยานยนต์สามารถแบ่งได้เป็น 3 ส่วน ได้แก่ : ระบบเครื่องยนต์, โครงรถ และระบบไฟฟ้า นอกจากนี้ทั้ง 3 ส่วนยังสามารถจำแนกอย่างย่อยๆได้ดังต่อไปนี้

1.ระบบเครื่องยนต์

(1) ระบบที่ก่อให้เกิดกำลังงาน

1.เครื่องยนต์

2.ระบบเชื้อเพลิง

3.ระบบหล่อลื่น

4.ระบบไอเสีย

5.ระบบหล่อเย็น

(2) ระบบส่งกำลัง

1.ชุดคลัตช์

2.ชุดเกียร์

3.การส่งกำลัง

4.ระบบสตาร์ท

ระบบที่ก่อให้เกิดกำลังงานในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ประกอบไปด้วยระบบดังต่อไปนี้

เปลี่ยนพลังงานความร้อนซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงให้เป็นพลังงานกล

ทำให้น้ำมันแก๊สโซลีนผสมกับอากาศและส่งให้เครื่องยนต์เผาไหม้เชื้อเพลิง

ปกป้องไม่ให้โลหะสัมผัสกัน ลดการเสียดสี เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานอย่างราบเรียบ

ขับไล่ก๊าซไอเสียที่มีเกิดการบีบอัดตัวภายในท่อไอเสียให้ออกมาเพื่อลดความดันและอุณหภูมิภายในเครื่องยนต์

รักษาอุณหภูมิให้เครื่องยนต์อยู่ในอุณหภูมิที่เหมาะสมและทำงานอย่างราบเรียบ

ระบบนี้ใช้เพื่อส่งกำลังที่เกิดจากการทำงานของเครื่องยนต์ไปยังล้อหลังซึ่งประกอบไปด้วยกลไกดังต่อไปนี้

ทำให้เกิดการตัดหรือต่อกำลังที่ส่งมาจากเครื่องยนต์ไปยังชุดเกียร์

ทำหน้าที่เปลี่ยนแปลงความเร็วในการขับเคลื่อนให้เหมาะสมตามความจำเป็น

เป็นการต่อกำลังจากชุดเกียร์ไปยังล้อหลัง

เมื่อมีการสตาร์ทจะก่อให้เกิดการส่งกำลังไปยังเพลาคือเหวี่ยงทำให้ล้อเหวี่ยงหมุน

2.โครงรถ

ประกอบไปด้วยกลไกในการขับเคลื่อนและบังคับเลี้ยว

1.โครงรถพื้นฐาน

2.ระบบลดการกระเทือน ล้อหน้า

3.ระบบลดการกระเทือน ล้อหลัง

4.ล้อและระบบเบรก

5.อื่นๆ

เครื่องยนต์และระบบบังคับเลี้ยวจะถูกยึดอยู่กับแกนตัวใหญ่ของโครงรถรองรับการกระเทือนของล้อหน้าเมื่อมีการเปลี่ยนทิศทาง และลดการสั่นสะเทือนจากถนน ช่วยให้แฮนด์บังคับเลี้ยวคงที่ไม่แกว่ง

ลดการกระแทกล้อหลังจากถนนและช่วยให้แฮนด์บังคับเลี้ยวคงที่ไม่แกว่งไปมา

ล้อทำหน้าที่รองรับโครงรถ ส่วนเบรกช่วยในการลดความเร็วหรือหยุดการหมุนของล้อ

ถึงน้ำมัน ฝาถังน้ำมัน เบาะนั่ง บังโคลน เป็นต้น

3. ระบบไฟฟ้า

กลไกเกี่ยวกับไฟฟ้า

1. ระบบจุดระเบิด

2. ระบบไฟชาร์จไดนาโม

3. ระบบไฟสัญญาณ ระบบไฟแสงสว่าง

4. ระบบสตาร์ท

ไฟฟ้าทำให้เกิดการจุดระเบิดของหัวเทียน เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานและทำหน้าที่ต่างๆเพื่อให้มีการขับเคลื่อนอย่างปลอดภัย ระบบไฟฟ้า

ประกอบไปด้วยระบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ก่อให้เกิดกระแสไฟแรงสูง ส่งไปยังหัวเทียนเพื่อให้เกิดประกายไฟจุดระเบิดส่วนผสมระหว่างน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงาน

ทำให้เกิดการสำรองกำลังงานให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละชนิด เพื่อให้เกิดการทำงานอย่างต่อเนื่อง

ให้ความสว่างและสัญญาณเพื่อให้ขับเคลื่อนอย่างปลอดภัย และเสริมอุปกรณ์ความปลอดภัยต่างๆ เช่น เกจวัดน้ำมัน วัดความเร็ว เป็นต้น

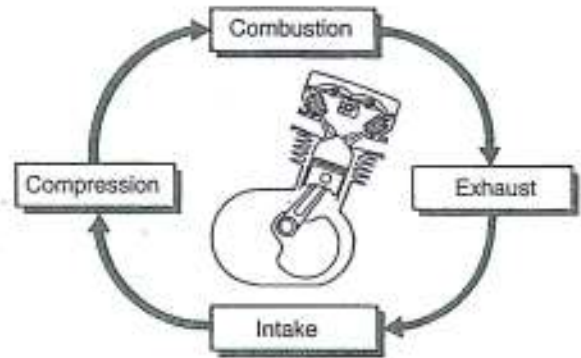
เมื่อเพลาคือเหวี่ยงหมุนโดยการสตาร์ทจะก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้าในระบบจุดระเบิดเพื่อให้เครื่องยนต์ทำงาน

(2)หลักการเบื้องต้น (Basic Term)

1. วงจรการทำงาน (Cycle)

การทำงานของเครื่องยนต์ ลูกสูบต้องเคลื่อนที่ลักษณะหมุนวนอย่างต่อเนื่องกันไปเป็นกลวัฏ โดยเครื่องยนต์จะต้อง "ดูด" ส่วนผสมของอากาศและน้ำมัน, จากนั้นทำการอัดและเผาไหม้ (ระเบิด) ส่วนผสมและคายไอเสียจากการเผาไหม้และคายไอเสียทิ้ง 1 ครั้ง เรียกว่า "วัฏจักร" (1 รอบ)

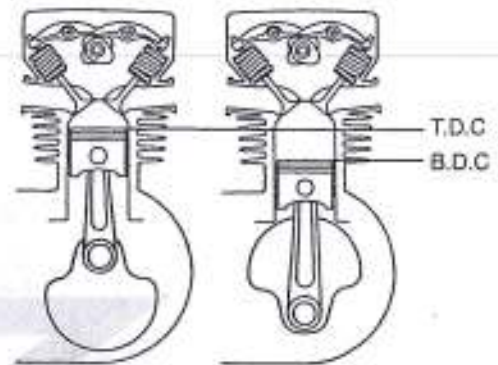
- เครื่องยนต์ 4 จังหวะ คือเฟลาข้อเหวี่ยงหมุน 2 รอบ (ลูกสูบขึ้น 2 ครั้ง ลง 2 ครั้ง) ได้ 1 วัฏจักร
- สำหรับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือเฟลาข้อเหวี่ยงหมุน 1 รอบ (ลูกสูบขึ้น 1 ครั้ง ลง 1 ครั้ง) ได้ 1 วัฏจักร



2. จุดศูนย์ตายบนและล่าง

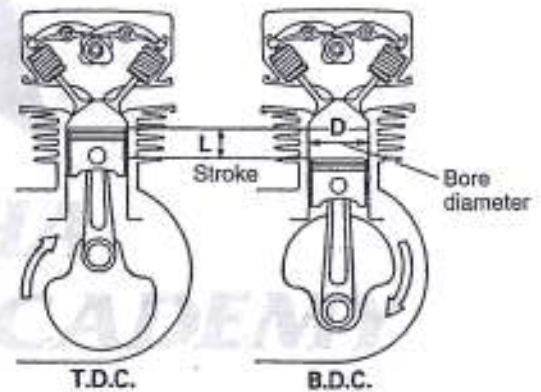
(Dead Center) (TDC) (BDC)

จุดศูนย์ตายคือจุดที่ลูกสูบเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่ ตำแหน่งที่การเคลื่อนที่ของลูกสูบมีค่าเป็น "0" จุดศูนย์ตายบน (Top Dead Center, TDC) คือจุดที่ลูกสูบกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ลง จุดศูนย์ตายล่าง (Bottom Dead Center, BDC) คือจุดที่ลูกสูบกำลังจะเริ่มเคลื่อนที่ขึ้น



3. (Stroke)/ระยะชัก

การเคลื่อนที่ของลูกสูบในทิศทางเดียว เช่น เคลื่อนที่ขึ้นจาก "ศูนย์ตายล่าง" ไป "ศูนย์ตายบน" หรือเคลื่อนที่ลงจาก "ศูนย์ตายบน" ไป "ศูนย์ตายล่าง" ซึ่งการเคลื่อนที่ของลูกสูบในทิศทางเดียว เรียกว่า "ระยะชัก" โดยที่ระยะทางการเคลื่อนที่วัดเป็น "มม." (mm.)

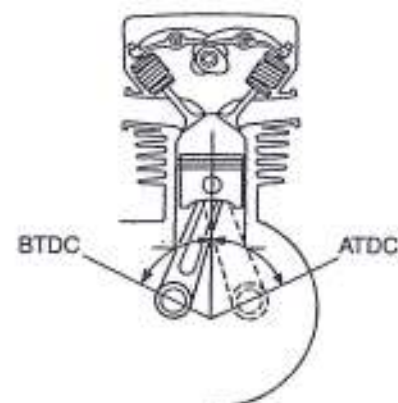


4. กระบอกลูกสูบ (bore)

กระบอกสูบ คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายในของกระบอกสูบวัดในหน่วย "mm." (มิลลิเมตร)

5. มุมเฟลาข้อเหวี่ยง (Crank Angle)

มุมเฟลาข้อเหวี่ยง คือ มุมที่เกิดขึ้นจากการลากเส้นผ่านเส้นผ่าศูนย์กลางของมุมเฟลาข้อเหวี่ยงและเส้นที่ผ่านจุดศูนย์กลางของสลักลูกสูบและเฟลาข้อเหวี่ยงโดยเปรียบเทียบกับ "ศูนย์ตายบน" และ "ศูนย์ตายล่าง"



6. ปริมาตรความจุ (Exhaust Capacity)

ปริมาตรความจุ คือ ปริมาตร(ความจุ) ที่เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของลูกสูบจาก "ศูนย์ตายล่าง ถึง "ศูนย์ตายบน" ซึ่งวัดในหน่วย "cc", "cm³" และ "m³"

$$V = \pi r^2 L N = \frac{\pi D^2}{4} L N$$

เมื่อ D = เส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ

r = รัศมีของกระบอกสูบ

L = ระยะชัก

N = จำนวนกระบอกสูบ

π = อัตราส่วนเส้นรอบวงของวงกลม (3.14)

7. ปริมาตรของห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber Volume)

คือปริมาตรของช่องว่างระหว่างฝาสูบและลูกสูบที่ตำแหน่ง "ศูนย์ตายบน"

8. ปริมาตรกระบอกสูบ (Cylinder Volume)

ปริมาตรกระบอกสูบ คือ ผลรวมของปริมาตรความจุกับปริมาตรของห้องเผาไหม้ (V + v)

9. อัตราส่วนกำลังอัด (Compression Ratio)

อัตราส่วนกำลังอัด ส่วนผสมเมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นไปตำแหน่ง "ศูนย์ตายบน"

$$\text{อัตราส่วนกำลังอัด} = \frac{\text{ปริมาตรของห้องเผาไหม้ (v) + ปริมาตรความจุ (V)}}{\text{ปริมาตรของห้องเผาไหม้ (v)}} = \frac{V}{v} + 1$$

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ 6~8 : 1
เครื่องยนต์ 4 จังหวะ 9~12 : 1

ข้อมูลของมอเตอร์ไซค์ทั่วไป

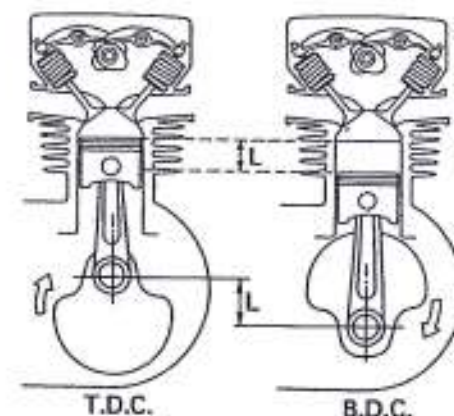
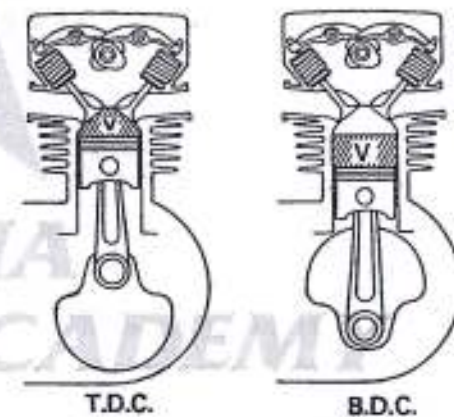
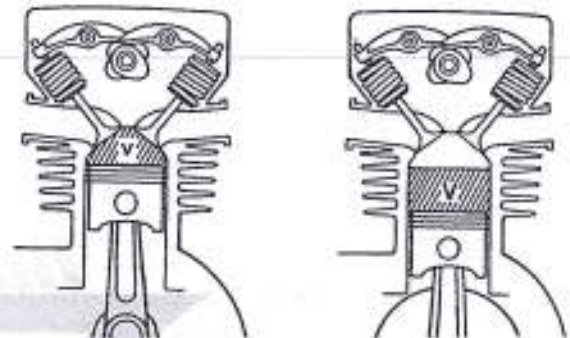
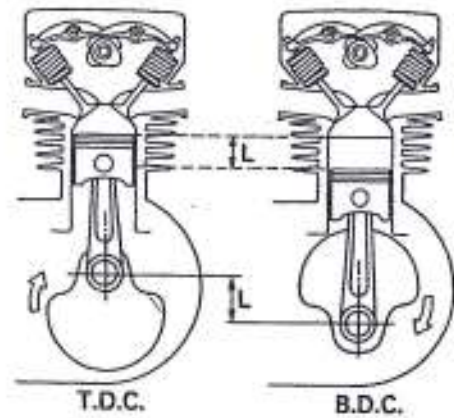
10. ความเร็วของลูกสูบ (Piston Speed)

อัตราเร็วของลูกสูบมีค่าเป็น 0 ที่ตำแหน่ง "ศูนย์ตายล่าง" และ "ศูนย์ตายล่าง" และมีอัตราเร็วสูงสุดที่ตำแหน่งกึ่งกลางของจังหวะ อัตราเร็วของลูกสูบวัดเป็นอัตราเฉลี่ย ซึ่งใช้สูตรคำนวณดังนี้

$$V = \frac{2 LN}{60} = \frac{LN}{30}$$

V = ความเร็วของลูกสูบเฉลี่ย (m/s)
L = ระยะชัก (m)
N = ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rpm)

การหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงเกิดจากแรงผลักของลูกสูบ ดังนั้นลูกสูบเคลื่อนที่ 2 L ต่อการหมุน 1 รอบ เมื่อเพลาหมุนได้ N รอบ ลูกสูบจะเคลื่อนที่ 2LN หน่วยที่ใช้วัดคือ วินาที



11. ผลของขนาดความโตกระบอกสูบและระยะชักที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ที่มีปริมาตรกระบอกสูบที่เท่ากันจะขึ้นอยู่กับขนาดความโตกระบอกสูบและระยะชัก

- เครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้น หมายถึง เครื่องยนต์ที่มีระยะชักน้อยกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ
- เครื่องยนต์แบบ Square Engine หมายถึง เครื่องยนต์ที่มีระยะชักเท่ากับเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ
- เครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาว หมายถึง เครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาวมากกว่าเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบ

ถ้าเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาว เครื่องยนต์แบบ Square Engine หรือเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นจะเพิ่มความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ง่ายกว่าและให้กำลังงานสูง ถ้าความเร็วรอบของเครื่องยนต์เท่ากัน ความเร็วของลูกสูบจะต่ำกว่าและแรงเสียดทานจะลดลงด้วย เนื่องจากข้อจำกัดในการออกแบบและโดยรวมแล้ว เครื่องยนต์ที่มีระยะชักยาวมีข้อดีน้อยกว่า ทำให้เครื่องยนต์แบบ Square Engine และเครื่องยนต์ที่มีระยะชักสั้นมีข้อได้เปรียบเหนือกว่า

12. แรงบิด (Torque)

แรงบิด (Torque) คือ แรงต้านที่กระทำต่อชิ้นส่วนที่กำลังหมุน หมอเตอร์ใช้ขับเคลื่อนด้วยแรงบิดของเพลาช้อเหวี่ยง

$$\text{แรงบิด (Torque)} = \text{แรง} \times \text{ระยะทาง (Tkg.m [N.m] = Fkg[N] \times r\text{m})}$$

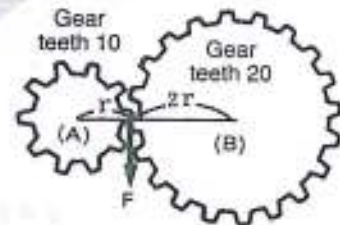
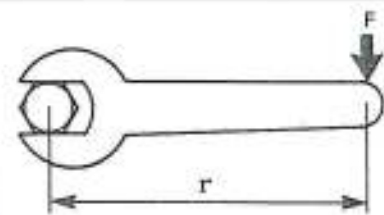
เมื่อแรง F (kg) [N] กระทำบนประแจปากตายที่มีความยาว r เพื่อขันโบลท์ แสดงว่า แรงบิดที่กระทำคือ $F \cdot r$ (kgm) [N.m]

การเปลี่ยนแปลงแรงบิดดังรูปที่แสดง ถ้าแรงบิด F กระทำบนเฟือง A (รัศมี r) ซึ่งกับเฟือง B (รัศมี $2r$)

แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเพลาลูก A คือ $T_a = F \times r$

แรงบิดที่เกิดขึ้นบนเพลาลูก B คือ $T_b = F \times 2r$

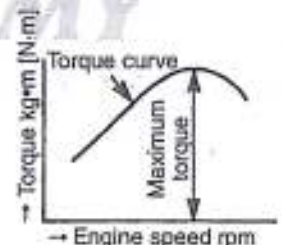
เฟืองที่มีฟันเฟืองมากกว่าย่อมเกิดแรงบิดได้มากกว่า แต่อัตราการหมุนจะลดลงเป็น 2 เท่า



(1) กรณีเครื่องยนต์สูบเดียว

ถ้าความยาว (r) คือระยะห่างจากจุดศูนย์กลางเพลาลูกช้อเหวี่ยงถึง จุดศูนย์กลางของสลักช้อเหวี่ยง (crank pin) นั่นคือระยะเท่ากับครึ่งหนึ่งของระยะชัก แรง (F) ที่กระทำบนแกนหมุน ได้จากการแรงดันจากแก๊สที่เผาไหม้ ดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลง ดังนั้น ทอร์ก (T) จะเปลี่ยนแปลงตามแรง F โดยที่ r เป็นค่าคงที่

การเปลี่ยนแปลงขนาดของแรง F จะแปรผันตามความเร็วรอบของเครื่องยนต์ นั่นคือแปรผันตามประสิทธิภาพของการเผาไหม้ ซึ่งทอร์ก T จะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ



ในความเป็นจริง ทอร์กจะเปลี่ยนแปลงตามลักษณะของรูปที่แสดง ที่ความเร็วถึงจุดหนึ่งจะทำให้เกิดทอร์กสูงสุด ซึ่งการเพิ่มค่าความเร็วรอบมากขึ้นก็ไม่ได้ทำให้ทอร์กเพิ่มขึ้น เรียกว่า "Maximum Torque" หรือแรงบิดสูงสุด การวัดทอร์กสูงสุด (max.torque) คือวัดในช่วงที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ส่งทอร์กออกมามากที่สุด เมื่อหมอเตอร์ใช้คว้งที่ตำแหน่งทอร์กสูงสุด แรงขับเคลื่อนที่ล้อจะมีค่าสูงสุดด้วย

13. แรงม้า (Horse power)

อัตราการทำงาน (Work rate) หมายถึงปริมาณงานที่ทำได้เทียบกับหน่วยเวลา ซึ่งเรียกว่า "แรงม้า" (Horsepower)

$$\text{Work rate} = \frac{\text{Work done}}{\text{Time taken}} = \frac{\text{งานที่ทำได้}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \text{kg} \cdot \text{m/sec} \text{ (Work done per sec)}$$

(1) หน่วยของแรงม้า (Unit of horsepower)

PS (Pferd starke in German) 1 PS = 75 kg·m/sec [735.49W] (คือกำลังงานที่ทำให้วัตถุ 75 kg เคลื่อนที่ได้ 1 m ในเวลา 1 วินาที)

(2) การคำนวณกำลังงานของเพลาค้อนเหวี่ยง

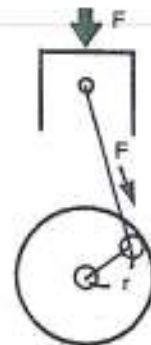
จากรูปอธิบายได้ว่า เมื่อสลักข้อเหวี่ยง (Crank pin) เคลื่อนที่ด้วยแรงที่กระทำคงที่ (kg) ต่อหน่วยเวลาที่คงที่ (sec)

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{งานที่ทำได้ (Work) } Q = \text{แรง (F)} \times \text{ระยะทาง (S)} \\ \text{ทอร์ก (Torque) } T = \text{แรง (F)} \times \text{ระยะ (r)} \quad F = \frac{T}{r} \\ \text{ระยะ S คิดได้จากการหมุนของสลักข้อเหวี่ยง N} \\ \text{รอบต่อ เวลา 1 นาที ซึ่งเท่ากับ } 2\pi \text{ rN} \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Work rate} = \frac{\text{Workload } Q}{\text{Time sec}} \quad 1\text{PS} = 75 \text{ kg} \cdot \text{m/sec} [735.49\text{W}] \end{array} \right\}$$

$$Q = F \cdot S = \frac{T}{r} \times 2\pi \text{ rN} = 2\pi \text{ NT}$$

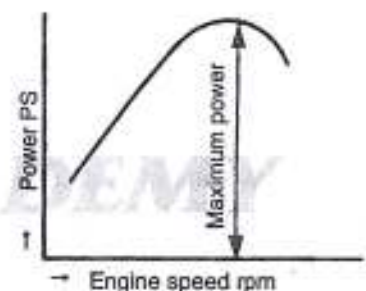
$$\text{Power (PS)} = \frac{2\pi \text{ NT}}{60 \times 75} = \frac{\text{NT}}{716} = 0.0014\text{NT}$$



(3) ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบเครื่องยนต์กับแรงม้า

แรงม้าแปรผันตามผลคูณของแรงบิดของเพลาค้อนเหวี่ยง กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ฉะนั้นถ้าความเร็วรอบของเครื่องสูงขึ้น ย่อมทำให้ได้แรงม้าเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตาม ที่ความเร็วที่ทำให้ทอร์กเริ่มลดลง ก็ทำให้แรงม้าตกด้วย เมื่อกำลังมีค่ามากที่สุด เรียกว่า "กำลังสูงสุด" ซึ่งจะแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ที่ทำให้ได้กำลังสูงสุด

หน่วยวัดระบบ SI และหน่วยวัดที่นิยมใช้ทั่วไปแสดงดังนี้



Item (ข้อมูล)	(หน่วยปกติ) SI (Usual units)
ปริมาณ หรือ ความจุ	1 ลิตร (1,000 ลูกบาศก์เซนติเมตร)
แรงดัน	1 kpa. (0.01 กิโลกรัม/ตร.ซม.)
สมรรถนะ	1 kw. (1.360 แรงม้า)
แรงบิด	1. Nm (นิวตันเมตร) (0.1 kg.m)

[3] กราฟแสดงสมรรถนะ (Performance Curve)

จากอธิบายไปแล้วนั้น ถ้าท่านสนใจข้อมูลอื่นๆ ของรถจักรยานยนต์ ต้องอ่านจากคู่มือบริการ (Service Manuals) แต่วิธีที่ดีที่สุดในการตรวจสอบและทดสอบรถของคุณก็ทำได้โดยทดลองเปรียบเทียบกับรถคันอื่นๆ

กราฟแสดงสมรรถนะ (Performance curves)

กราฟแสดงสมรรถนะที่จะใช้แบ่งเป็น 2 ส่วนคือ กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Engine performance curve diagrams) กับกราฟแสดงสมรรถนะการขับขี่ (Running performance curve diagram) กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างกำลังของเครื่องยนต์, แรงบิด, การสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel consumption) กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ส่วนกราฟแสดงสมรรถนะการขับขี่จะแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งเกียร์, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์, กำลังขับที่ล้อหลัง, ความต้านทานในการเคลื่อนที่ขณะวิ่ง การอ่านกราฟจะทำให้เข้าใจสมรรถนะต่างๆ ของรถซึ่งบางรุ่นอาจจะไม่ปรากฏในแค็ตตาล็อก ถ้าจะเช็คสมรรถนะของรถแต่ละชนิดอย่างละเอียดคุณจะต้องพบข้อมูลต่างๆ เช่น อัตราเร่งที่ดีที่สุด, กำลังสูงสุดขณะวิ่ง, ความเร็วสูงสุดหรือความเร็วขณะประสิทธิภาพสูงสุดหรือขณะประหยัดที่สุด ถ้าเปรียบเทียบระหว่างกราฟแสดงสมรรถนะของรถทั้ง 2 คันก็จะเห็นความแตกต่างของสมรรถนะต่างๆ ท่านจะเลือกรถที่ท่านพอใจที่สุดได้

1. กราฟแสดงสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Engine Performance Curve Diagram)

เส้นแกนในแนวนอนจะแสดงแรงม้าของเครื่องยนต์ (PS)[W]

Crankshaft output), แรง บิดของเครื่องยนต์ (Crank shaft torque) หน่วยเป็น กก.เมตร, นิวตันเมตร, และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ (Specific fuel consumption) มีหน่วยเป็น กรัม/แรงม้า - ชม. ส่วนแกนนอกจะเป็นความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบ/นาที) จากกราฟจะเห็นความเร็วในช่วงกำลังม้าสูงสุด, การเกิดแรงบิด และความเร็วของเครื่องยนต์ในขณะที่เกิดแรงบิดคงที่, อัตราเร่งที่ดีที่สุด, อัตราเร่งที่สูงสุด, กำลังสูงสุดและความเร็วขณะประหยัดน้ำมันที่สุด

(1) กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์ (Shaft power and shaft torque)

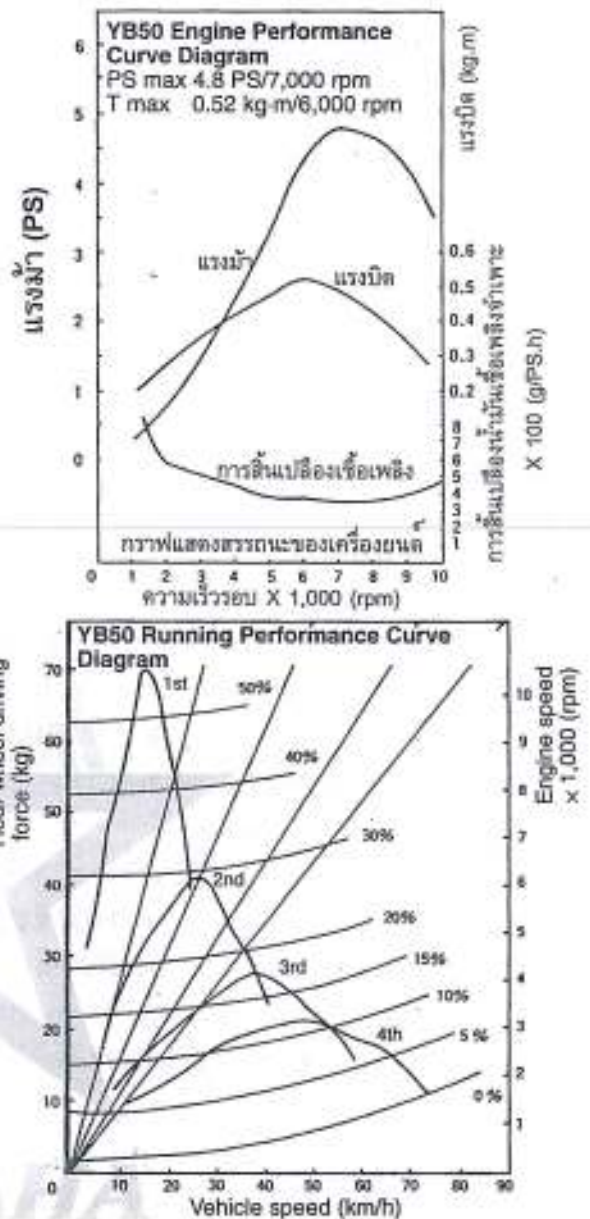
กำลังและแรงบิดจากกราฟจะเป็นกำลังแรงบิดที่วัดเพลาช้อเทวีย ซึ่งจะต้องคิดการสูญเสียของกำลังและแรงบิดเมื่อผ่านชุดทดรอบชุดแรก ชุดเกียร์ทดกำลังและมิเตอร์ไฟฟ้า (Electric dynamometer) โดยวัดที่เฟืองโซ่ตัวหน้า (Drive sprocket) ขณะเร่งเครื่องสุดและให้ภาระในการขับ (เป็นกิโลกรัมโดยใช้ไดนาโมมิเตอร์เป็นตัวจ่ายภาระ) และเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบต่างๆ แรงบิดของเครื่องยนต์จะคำนวณได้จากภาระที่รับกับประสิทธิภาพการส่งกำลัง (Transmission Efficiency) กำลังของเครื่องยนต์ก็คำนวณได้จากแรงบิด

สูตรแสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิดกับกำลัง

$$\text{Shaft Power กำลังที่เพล่า (PS)[W]} = \frac{2 \pi N T}{75 \times 60} = \frac{N T}{716}$$

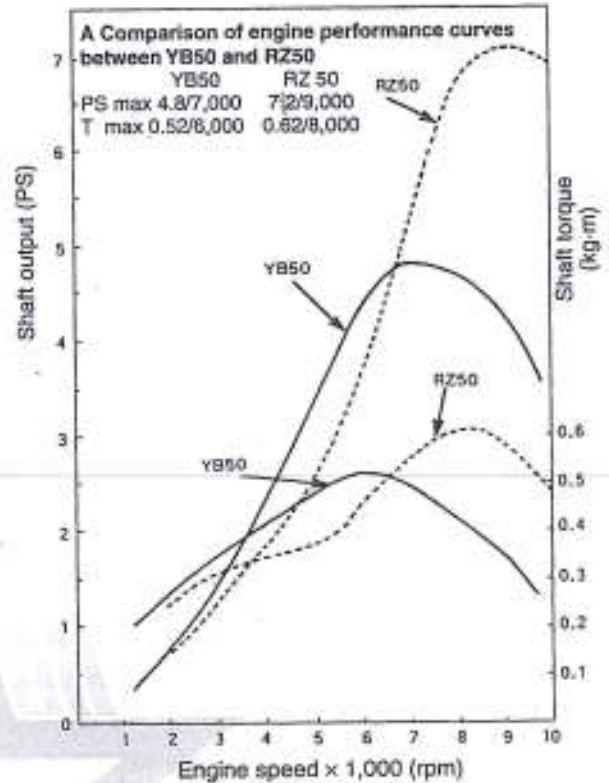
ในขณะที่ N คือความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)

T คือแรงบิดของเครื่องยนต์ที่ความเร็วต่างๆ



คุณสมบัติของเครื่องยนต์ (Character of an engine)

กำลังและแรงบิดจะเป็นตัวบอกคุณสมบัติของเครื่องยนต์ ซึ่งเครื่องยนต์ประเภทความเร็วต่ำและความเร็วปานกลาง เครื่องยนต์ที่มีช่วงความเร็วและแรงบิดสูงสุดค่อนข้างกว้างเหมาะสำหรับใช้กับรถ ส่วนเครื่องยนต์ประเภทความเร็วสูงจะมีช่วงให้กำลังและแรงบิดสูงสุดค่อนข้างแคบ เหมาะสำหรับเครื่องจักรที่ใช้ความเร็วสูง โดยทั่วไปเครื่องยนต์ที่มีเส้นกราฟแรงบิดที่สูงที่สุด แต่เส้นกราฟไม่ชันนัก มักจะติดเครื่องยนต์ได้ง่าย แต่ถ้าเครื่องยนต์ที่มีช่วงความเร็วรอบในการทำงานสูงสุดและต่ำสุดผิดกันมากๆ หรือถ้าแรงบิดสูงสุดเกิดที่ซิกขาของจุดที่กำลังสูงสุดบนเส้นกราฟกำลังเครื่องยนต์นั้นค่อนข้างจะติดยากเมื่อเปรียบเทียบกับระหว่างเครื่องยนต์ YB 50 กับเครื่องยนต์ RZ 50 เมื่อดูจากกราฟแล้วจะเห็นว่าช่วงการใช้งานที่ดีที่สุดคือต่ำกว่า 6500 รอบ/นาที



(2) ความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ

(Specific fuel consumption)

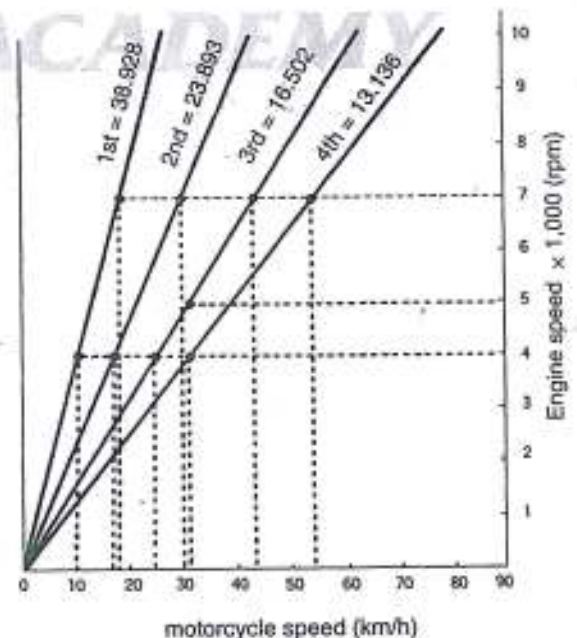
ความสิ้นเปลืองของน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะ จะแตกต่างกับความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงทั่วไปซึ่งจะวัดได้เป็นจำนวนกิโลเมตรที่รถวิ่งได้ต่อการใช้น้ำมัน 1 ลิตร แต่การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจำเพาะจะบอกจำนวนน้ำมันเป็นกรัมต่อ 1 แรงม้าที่เครื่องยนต์ผลิตได้ใน 1 ชั่วโมง (กรัม/แรงม้า - ชั่วโมง)

เมื่อกล่าวโดยทั่วไปแล้ว เครื่องยนต์จะเดินด้วยประสิทธิภาพสูงสุดในขณะที่ให้กำลังสูงสุดแต่ขณะที่แรงบิดจะลดลงต่ำกว่าแรงบิดที่ผลิตได้สูงสุดแล้ว

2. กราฟแสดงสมรรถนะการขับขี่

(Running Performance curve diagram)

เส้นกราฟในแกนตั้งจะแสดงกำลังในการขับเคลื่อนของล้อหลังเป็นกิโลกรัม (Rear wheel driving force, kg), แรงต้านทานการวิ่ง (Running Resistance, %) ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine speed รอบ/นาที) ส่วนแกนนอนจะเป็นความเร็วของรถ (ก.ม./ชม.) ในแต่ละเกียร์จากไดอะแกรมจะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของเครื่องยนต์และความเร็วของรถในแต่ละเกียร์, ระหว่างความเร็วรอบของรถหรือความเร็วรอบของเครื่องยนต์กับกำลังที่ขับเคลื่อนซึ่งแรงขับนี้มีความจำเป็นมากในการขับรถได้ขึ้นทางชัน, ความสามารถในการไต่ทางชันสูงสุด และความเร็วสูงสุดในแต่ละเกียร์



1. ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบ, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์และเกียร์แต่ละตำแหน่ง
ความสัมพันธ์นี้สามารถคำนวณได้จากอัตราทดของแต่ละเกียร์และขนาดของล้อหลัง

$$V = \frac{60 \times \pi \times D \times N}{1000 \times i} \text{ ก.ม./ช.ม.}$$

D = เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อที่ใช้จริง (เมตร)

N = ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ (รอบ/นาที)

i = อัตราทดรวมแต่ละเกียร์

ตัวอย่าง รถ YB 50

เส้นผ่าศูนย์กลางของล้อ D = 0.538 เมตร

$$\text{ขณะใช้เกียร์ 1 อัตราทดชุดแรก} = \frac{74}{19} = 3.894$$

$$\text{อัตราทดชุดเกียร์ทุกกำลัง} = \frac{40}{13} = 3.076$$

$$\text{อัตราชุดทดชุดหลัง} = \frac{39}{12} = 3.250$$

$$\text{ขณะใช้เกียร์ 4 อัตราทดชุดแรก} = \frac{74}{19} = 3.849$$

$$\text{อัตราทดชุดเกียร์ชุดกำลัง} = \frac{27}{26} = 1.038$$

$$\text{อัตราทดชุดหลัง} = \frac{39}{12} = 3.250$$

ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 8000 รอบ/นาที

$$\text{เกียร์ 1 อัตราทดรวม} = 3.894 \times 3.076 \times 3250 = 38.928$$

$$\text{เกียร์ 4 อัตราทดรวม} = 3.849 \times 1.038 \times 3.250 = 13.136$$

$$\text{ความเร็วรอบที่เกียร์ 1} = \frac{60 \times \pi \times D \times N}{1000 \times i}$$

$$= \frac{60 \times \pi \times 0.538 \times 8000}{1000 \times 38.928}$$

$$= 20.8 \text{ ก.ม./ช.ม.}$$

$$\text{ความเร็วที่เกียร์ 4} = \frac{60 \times \pi \times 0.538 \times 8000}{1000 \times 13.136}$$

$$= 61.7 \text{ ก.ม./ช.ม.}$$

ถ้าเครื่องยนต์หมุนด้วยความเร็ว 4000 รอบ/นาที ที่เกียร์ 1 รถจะวิ่งด้วยความเร็วประมาณ 10 ก.ม./ช.ม. เกียร์ 2 ประมาณ 17 ก.ม./ช.ม. เกียร์ 3 ประมาณ 25 ก.ม./ช.ม. เกียร์ 4 ประมาณ 31 ก.ม./ช.ม. ถ้าในขณะที่ยังวิ่งด้วยเกียร์ 4 ที่ความเร็ว 30 ก.ม./ช.ม. (เครื่องยนต์หมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 4,000 รอบ/นาที) แล้วเปลี่ยนมาเป็นเกียร์ 3 ทันที รอบเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นทันที 1,000 รอบ/นาที เป็น 5,000 รอบ/นาที ทำให้กำลังและแรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ทำให้รถไต่ทางชันได้ดีขึ้น หรือทำงานได้ตามที่เราต้องการ ในทางปฏิบัติความเร็วรอบเครื่องยนต์สูงสุดประมาณ 7,000 รอบ/นาที ความจริงแล้ว ขณะเร่งเครื่องให้มีความเร็ว 8,000-9,000 รอบ/นาที ความเร็วของรถจะเพิ่มขึ้น แต่กำลังขับที่ล้อหลังจะลดลงอย่างมาก ดังนั้นความเร็วของรถก็จะไม่เพิ่มขึ้นทันที ในการทดสอบประสิทธิภาพในการเร่งเครื่อง ความเร็วของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น เมื่อขับด้วยเกียร์ 4 ที่มีความเร็วรอบของเครื่องยนต์ 7,000 รอบ/นาที แล้วลดเกียร์ 3 ทันทีความเร็วรอบของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้นทันทีจนกระทั่งกำลังของเครื่องยนต์ลดลง ความเร็วที่เพิ่มขึ้นจนกระทั่งถึงระดับ "Over running" เข็มวัดความเร็วรอบจะชี้เข้าในขีดแดงซึ่งเครื่องยนต์สามารถทำความเร็วขนาดนี้ได้ในช่วงสั้นๆ

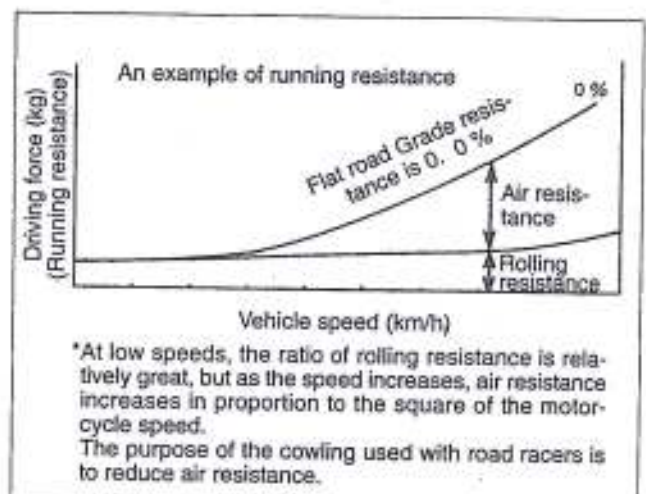
2. แรงขับเคลื่อนที่ล้อหลังและแรงต้านทานในการวิ่งของรถ (Rear wheel driving force and running resistance)

แรงขับเคลื่อนที่ล้อหลัง หมายถึงกำลังงานในการลากของล้อหลัง รถจักรยานยนต์จะวิ่งไปข้างหน้าได้เมื่อแรงขับเคลื่อนมีมากกว่าแรงต้านทานในการวิ่ง

2.1 แรงต้านทานในการวิ่ง (Running resistance)

แรงต้านทานในการวิ่ง เกิดจากแรงต้านทานในการหมุนของล้อ (Rolling resistance), ความต้านทานจากอากาศ (Air resistance) และความต้านทานจากการขึ้นเนินของรถ (Grade resistance) แรงต้านทานจากการหมุนคำนวณจากสัมประสิทธิ์ ความต้านทาน (Friction resistance) ของล้อ และน้ำหนักสุทธิของรถ, ความต้านทานของอากาศเกิดจากพื้นที่หน้าตัดด้านหน้าของรถกับความเร็วที่รถวิ่ง ความต้านทานจากการขึ้นเนินเกิดจากมุมไต่ของถนนและน้ำหนักสุทธิของรถ ขณะความเร็วต่ำ ความต้านทานในการหมุนของล้อ มักจะมีมาก แต่ขณะความเร็วเพิ่มขึ้นความต้านทานจากอากาศจะเพิ่มขึ้นเป็นกำลังสองของความเร็วรถ

ประโยชน์ของกระบังลมครอบโพหน้า (Cowling) ของรถแข่งจะช่วยลดแรงต้านจากอากาศ



2.2 แรงขับเคลื่อนล้อหลัง (Rear wheel driving force)

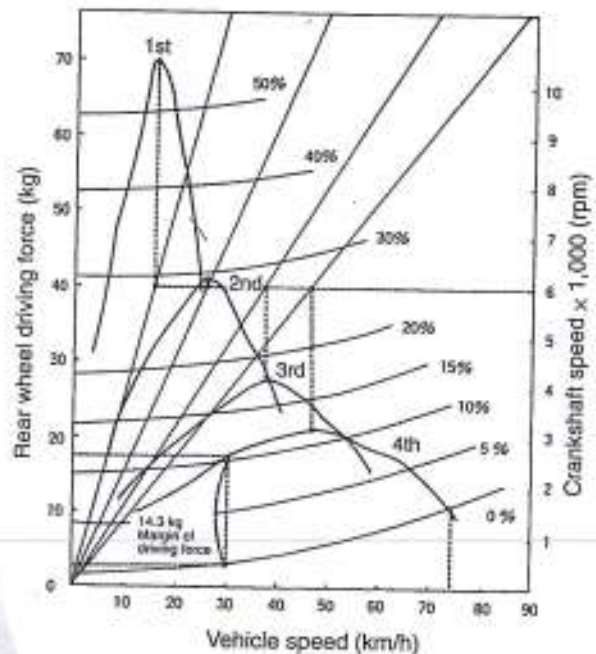
แรงขับเคลื่อนล้อหลัง เกิดจากการเพิ่มแรงบิดของเครื่องยนต์ด้วยชุดทดรอบ ชุดเกียร์ส่งกำลังและเฟืองโซ่ จะเอาชนะความต้านทานการหมุนของล้อ ผลักดันให้รถเคลื่อนที่ไปข้างหน้า

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงขับเคลื่อนที่ล้อหน้าและแรงบิดคือ

$$F(\text{kg})[\text{N}] = \frac{T \times i \times \mu}{r} \quad \text{กิโลกรัม (kg)}$$

r คือ รัศมีการใช้งานของล้อ หน่วยเป็น เมตร (Effective tire radius) (m)

μ คือ สัมประสิทธิ์ในการส่งถ่ายกำลัง (Transmission efficiency) จากกราฟของแรงบิดในกราฟ คุณสมบัติของเครื่องยนต์จะคำนวณหาค่าของ T ได้ μ จะเปลี่ยนแปลงตามตำแหน่งของเกียร์, ชนิดของคลัทช์ และแพลเตอร์อื่นๆ



ตัวอย่าง เครื่องยนต์ YB 50 ที่เกียร์ 1 มีค่า = 93 % เกียร์ 2 = 90% , เกียร์ 3 = 87% และเกียร์ 4 = 85% จากสูตรข้างต้น ในการคำนวณหาแรงขับเคลื่อนที่ล้อหลังได้สูงสุด เมื่อแรงบิดของเครื่องยนต์สูงสุดสำหรับเครื่องยนต์ YB 50 จะหาแรงขับเคลื่อนที่ล้อหลังได้ขณะความเร็ว 6,000 รอบ/นาที

$$F(\text{kg})[\text{N}] = \frac{T \times i \times \mu}{r} = \frac{0.52 \times 38.928 \times 0.93}{0.269} = 69.98 \text{ kg [N]}$$

$$\text{เกียร์ 4 ความเร็ว 6,000 รอบ/นาที} \quad F = \frac{0.52 \times 13.136 \times 0.85}{0.269} = 21.58 \text{ kg [N]}$$

จากที่อธิบายข้างต้น แรงขับเคลื่อนที่ล้อหลัง จะคำนวณได้จากแรงบิดเครื่องยนต์, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ในแต่ละเกียร์

ตัวอย่าง รถจักรยานยนต์สามารถไต่เนินชัน 15% ที่เกียร์ 3 แต่ไม่สามารถไต่มุมชัน 25% ได้ ถ้าเปลี่ยนมาเป็นเกียร์ 2 ถึงจะได้ขึ้นไปได้แรงขับเคลื่อนสูงสุดทำได้ 7 ก.ก. ที่ 6,000 รอบ/นาที (ขณะแรงบิดสูงสุด) ที่ความเร็ว 15 ก.ม./ช.ม. ด้วยเกียร์ 1 ด้วยแรงขับเคลื่อนขนาดนี้รถสามารถไต่เนิน 50% ($\tan 0.5 = 26.5$) หรือมากกว่านี้ได้ นี่คือการบอกความสามารถในการไต่เนินที่ใช้กันอยู่ แต่จริงๆ แล้วความสามารถในการไต่เนินจะต้องคิดจากระยะทางไปตามพื้นราบหรือตามพื้นเอียง รถจักรยานยนต์สามารถในการไต่เนินได้สูงขึ้นกว่านี้ไม่ได้สามารถคำนวณได้จากน้ำหนักสุทธิของรถ, สัมประสิทธิ์ความฝืดของล้อ (Tire friction coefficient), สัมประสิทธิ์ความฝืดของถนน (Road friction coefficient) เช่น YB 50, $\tan = 0.32$ หรือประมาณ 18 องศา เมื่อรถวิ่ง 30 ก.ม./ช.ม. ที่เกียร์ 4 แรงขับเคลื่อนที่ล้อประมาณ 17.4 ก.ก. แรงต้านทานจากการวิ่งบนถนนราบประมาณ 3.1 ก.ก. ผลต่างของแรงขับเคลื่อนกับแรงต้านทานจะมีค่าเท่ากับ $17.4 - 3.1 = 14.3$ ก.ก. ซึ่งเป็นแรงขับเคลื่อนที่ขบถล้อแรงสูงสุด, อัตราการเร่งที่ดีที่สุดและการไต่เนินที่ดีที่สุด ควรจะเกิดขึ้นได้แม้ว่าจะเปิดลิ้นเร่งเพียงเล็กน้อย

การแบ่งเส้นกราฟความต้านทานในการขับเคลื่อน

จุดตัดที่เส้นกราฟความต้านทานในการขับเคลื่อนบนถนนราบ (0%) ตัดกับเส้นกราฟของแรงขับเคลื่อนที่เกียร์สูงสุด (เช่น เกียร์ 4 ใน YB 50) จะเป็นจุดความเร็วสูงสุดของรถ เช่น YB 50 จะมีความเร็วสูงสุด 74 ก.ม./ช.ม. กราฟแรงขับเคลื่อนที่สูงขึ้นของรถจักรยานยนต์ถ้าชันมากขึ้นจะมีช่วงค่อนข้างสั้นรถจักรยานยนต์ที่มีกราฟแสดง การขับเคลื่อนขึ้นไม่ชันนักจะขับง่าย

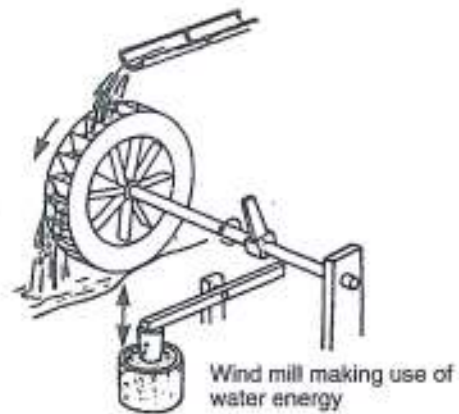
พื้นฐานเครื่องยนต์

YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับเครื่องยนต์ (Engine Basic)

เครื่องยนต์คืออะไร

เป็นตัวขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์ที่ขับเคลื่อนบนถนน ล้อจะเป็นตัวส่งแรงขับ แต่อุปกรณ์ที่สร้างแรงขับเคลื่อนคือเครื่องยนต์ โดยทั่วไปเครื่องยนต์จะเป็นตัวเปลี่ยนพลังงานจากน้ำ, ลม, ความร้อน, ไฟฟ้า, และพลังงานปรมาณูไปเป็นพลังงานกล สำหรับเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนพลังงานความร้อนโดยการเผาไหม้เรียกว่า "Thermal engine"



[2] ชนิดของเครื่องยนต์ความร้อน (THERMAL ENGINES)

เครื่องยนต์ความร้อน (Thermal engines) มี 2 ชนิด คือ เครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal combustion engine)

เช่นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (Gasoline engines), เครื่องยนต์ดีเซล (Diesel engines) อีกอย่างหนึ่งคือเครื่องยนต์สันดาปภายนอก (External combustion engine) เช่นเครื่องจักรไอน้ำ (Steam engines), เครื่องกังหันไอน้ำ (Steam turbines) ซึ่งมีการเผาไหม้ให้พลังงาน

เครื่องยนต์ความร้อน (THERMAL ENGINE)

เครื่องยนต์สันดาปภายใน อุปกรณ์สร้างพลังงานความร้อนจะรวมเป็นชุดเดียวกับอุปกรณ์เปลี่ยนรูปพลังงานเช่น เครื่องยนต์แก๊สโซลีน, เครื่องยนต์ดีเซล, เครื่องกังหันแก๊ส, เครื่องยนต์เจ็ท

เครื่องยนต์สันดาปภายนอก อุปกรณ์สร้างพลังงานความร้อนจะอยู่แยกออกจากไปต่างหาก เช่น เครื่องจักรไอน้ำ, เครื่องกังหันไอน้ำ

ภายนอกกระบอกลูกสูบ

เครื่องยนต์จักรยานยนต์ต้องการเครื่องที่มีขนาดเล็ก, ให้กำลังสูง, บังคับได้ง่าย, ข้อบกพร่องน้อย, และเสียงเงียบ จึงพิจารณาใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน

[3] ชนิดของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Classification of internal combustion engines)

เครื่องยนต์สันดาปภายในจะแบ่งชนิดตามน้ำมันที่ใช้, ชนิดของการเคลื่อนที่ระบบจุดระเบิด, และการเคลื่อนที่ของลูกสูบ

1. แบ่งตามชนิดของน้ำมันเชื้อเพลิง (Classification by fuel)

แบ่งเป็นเครื่องยนต์แก๊สโซลีน (น้ำมันแก๊สโซลีน), เครื่องยนต์ดีเซล (น้ำมัน Light oil), เครื่องยนต์แก๊ส (ใช้ LPG), เครื่องยนต์กังหันแก๊ส (Ligth oil, Heavy oil), เครื่องยนต์เจ็ท (น้ำมันก๊าดเครื่องบิน)

2. แบ่งตามลักษณะการเคลื่อนที่ (Classification by type of motion)

แบ่งเป็นเครื่องยนต์ลูกสูบวิ่งกลับไปกลับมา (Reciprocal engines), เครื่องยนต์โรตารี (Rotary engines) เช่นเครื่องยนต์เทอร์โบชาร์จเจอร์, เครื่องยนต์โรตารี

3. แบ่งชนิดตามการจุดระเบิด (Classification by ignition system)

เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ (Spark ignition engine), เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยกำลังอัด (Compression ignition engines), และ Hot bulb engines

4. แบ่งชนิดตามจังหวะการทำงาน (Classification by cycle of operation)

เครื่องยนต์ 4 จังหวะ, เครื่องยนต์ 2 จังหวะ, เครื่องยนต์ โรตารี

5. แบ่งโดยกรรมวิธีอื่น ๆ

5.1 ระบบประจุไอดี

(fuel intake system).....ใช้แรงดูดไอดี(ระบบซูเปอร์ชาร์จ (Supercharger), ระบบเทอร์โบชาร์จ (Turbocharger))

5.2 ระบบระบายความร้อน

(Engine Cooling system).....ในระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooling system) ซึ่งแบ่งออกเป็นการให้อากาศหมุนเวียนเอง (Natural air cooling) กับใช้พัดลมเป่า (Forced air cooling) ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooling) ระบบระบายความร้อนด้วยของเหลว (Liquid cooling)

5.3 ลักษณะการจัดวางของกระบอกลูกสูบ

(Cylinder arrangement).....ในเครื่องยนต์ 1, 2, 3, 4, และ 6 ลูกสูบอาจจัดวางลักษณะเรียงตามยาว, วางขนาน, รูปตัววี, รูปตัวแอล, วางกระบอกลูกสูบตรงข้าม ฯลฯ

5.4 การวางเครื่องยนต์

(Engine inclination).....วางตั้ง, วางเอียงมาข้างหน้า (inclined forward) วางนอน, วางเอียงไปข้างหลัง (inclined backward) ปัจจุบันรถจักรยานยนต์ใช้เครื่องยนต์แก๊สโซลีน, แบบลูกสูบวิ่งกลับไปกลับมา จุดระเบิดด้วยประกายไฟ ชนิด 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ ใช้ระบบดูดไอดีระบายความร้อนด้วยอากาศแต่ในรถสปอร์ตและรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่จะใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

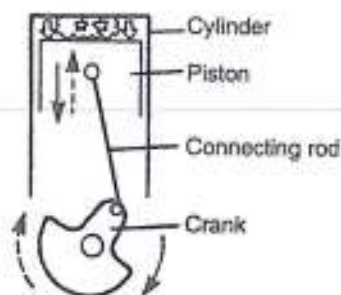
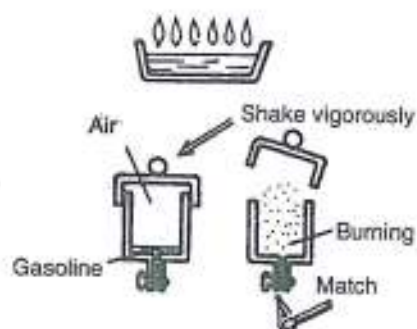
[4]. หลักการทำงานของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

1. การเผาไหม้และการระเบิดของน้ำมันแก๊สโซลีน

(Combustion and explosion of gasoline)

น้ำมันแก๊สโซลีนที่ใส่ภาชนะเปิดไว้เมื่อกระทบกับเปลวไฟจะเกิดการลุกไหม้แต่จะไม่เกิดการระเบิด แต่ถ้าเป็นการเผาไหม้ในภาชนะปิด แก๊สที่เกิดการเผาไหม้จะเกิดการขยายตัวผลักดันฝาปิดให้หลุดกระเด็นออก น้ำมันแก๊สโซลีนจะให้พลังงานในการระเบิด

ถ้าน้ำมันแก๊สโซลีนเกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว จะเป็นการระเบิดให้พลังงานออกมาเพื่อให้การเผาไหม้เป็นไปอย่างรวดเร็วจึงจำเป็นต้องผสมไอน้ำมันกับอากาศเข้าด้วยกันเสียก่อนต่อจากนั้นจึงอัดไอดีแล้วจึงจุดระเบิดด้วยประกายไฟ ทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็วเป็นพลังระเบิด เครื่องยนต์แก๊สโซลีนจะอาศัยพลังระเบิดนี้ในการขับเคลื่อนรถจักรยานยนต์



2. หลักการทำงาน

ส่วนผสมของไอดีจะถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบ แล้วดูดอัดด้วยลูกสูบที่เลื่อนตัวขึ้น ไอดีที่ถูกอัดนี้จะถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟเกิดการเผาไหม้และขยายตัวแก๊สที่เกิดการขยายตัวนี้จะดันลูกสูบให้เลื่อนลง ส่งกำลังผ่านก้านสูบไปหมุนเพลาคือเหวี่ยง เป็นการเปลี่ยนการเคลื่อนที่กลับไปกลับมาของลูกสูบมาเป็นการหมุนของเพลาคือเหวี่ยงแล้วส่งไปยังเกียร์



3. คุณสมบัติ 3 ประการในการทำงานของเครื่องยนต์ (Three factors for engine operation)

เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานได้อย่างราบเรียบมีประสิทธิภาพ 1 เครื่องยนต์จะต้องมีคุณสมบัติครบ 3 ประการ ถ้าขาดสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เครื่องยนต์จะไม่ทำงาน



YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

**พื้นฐาน,โครงสร้างและ
หลักการทำงานของเครื่องยนต์**

**YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY**

[1] โครงสร้างและการทำงานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ และ 4 จังหวะ
(Basic Construction and Feature of Two-Stroke and Four-Stroke Engine)

[1] โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของ
เครื่องยนต์ 2 จังหวะ

(Basic Construction and Feature of the Two-Stroke Engine)

-

ข้อดีและข้อเสียของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

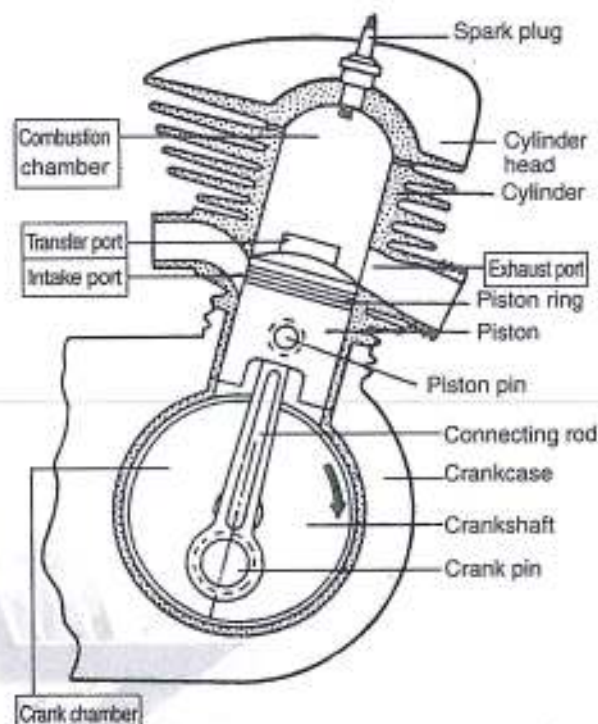
(Advantages and disadvantages of the Two-Stroke Engine)

ข้อดี (Advantages)

- เกิดการกระเปิด(เผาไหม้)ทุกรอบการหมุน(Revolution)ทำให้ทำงานได้ราบเรียบ (Smooth)
- ไม่จำเป็นต้องมีลิ้น(Valve) ทำให้ชิ้นส่วนต่าง ๆ ลดลง การบำรุงรักษาจะง่ายและราคาถูกกว่า
- สร้างแรงเฉื่อย(inertial force) สะท้อนกลับ(Reciprocating) ต่ำ ทำให้เครื่องยนต์เดินได้เรียบและเกิดการสั่นสะเทือน(Vibration) น้อย
- เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ที่อัตราเร็วรอบของเครื่องยนต์เดียวกัน จะได้รับกำลังมากกว่า
- เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จังหวะการหมุนที่ได้กำลังงาน(power stroke) มากกว่า 2 เท่า โดยเครื่องยนต์ขนาดเดียวกัน (the same capacity) และแรงดันเฉลี่ยเท่ากัน(The same effective pressure) ได้กำลังงานมากกว่า 2 เท่า (Twice as much power) (ค่าจริง 1.7 ครั้ง - Actually 1.7 times PS/L มีค่ามาก, g/ps มีค่าน้อย

ข้อเสีย (Disadvantages)

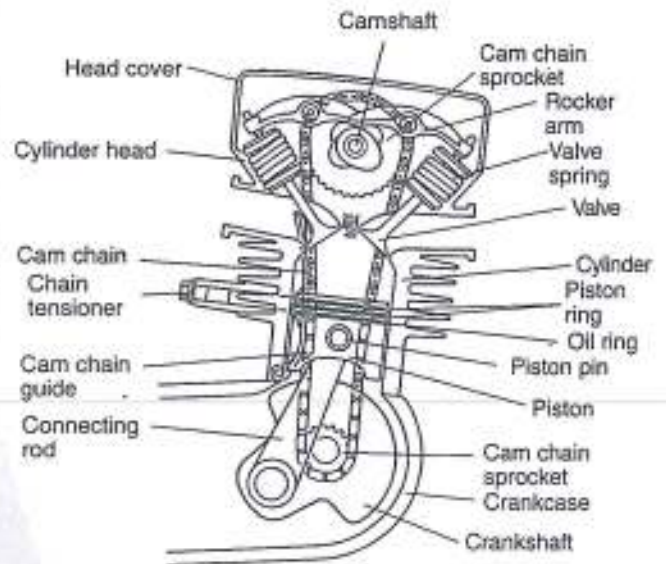
- ช่วงกระบวนการดูดไอดีและไอเสีย(Intake and Exhaust Process) สู้น้ำมันจึงสิ้นเปลืองน้ำมัน (Fuel loss) จากการไหลผ่านโดยไม่เผาไหม้ (Blow by Return) มากกว่า
- มีรู(ช่อง)ที่ผนังกระบอกสูบและแหวนลูกสูบจะสัมผัสโดยตรง จึงทำให้เคลื่อนที่ไม่เรียบ (Uneven wear)
- ช่องไอเสียอยู่ภายในช่องกระบอกสูบ(Cylinder holes) ทำให้เกิดความร้อนสูง(Overheat) ได้ง่าย
- การทำงานที่อัตราเร็วต่ำ(Slow speed) ทำได้ยาก
- สิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นสูง



2. โครงสร้างและการทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

(Basic Construction and Features of the Four-Stroke Engine)

- * เครื่องยนต์ 4 จังหวะ เพลาข้อเหวี่ยงจะหมุน 2 รอบ หรือลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น-ลง 4 ครั้ง (Four strokes of the piston) จึงจะครบวัฏจักรการทำงาน 1 รอบ (A cycle of events)ซึ่งจะได้กำลัง 1 ครั้ง ทุกๆการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 2 รอบ (Two turns of crankshaft)และเรียกเครื่องยนต์แบบนี้ว่า "เครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Four-Stroke Engine)"
- * เสื้อสูบมีลิ้น 2 ลิ้น คือ ลิ้นไอดี(Intake valve) และ ลิ้นไอเสีย(Exhaust valve)เนื่องจากลิ้นทั้งสองทำงานสัมพันธ์กับการขึ้น-ลงของลูกสูบอยู่แล้ว จึงไม่จำเป็นต้องมีช่องไอดี และช่องไอเสีย(Ports)
- * การทำงานทั้งหมดจะเกิดขึ้นภายในห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) เหนือลูกสูบเท่านั้น
- * การเปิด-ปิดของ ลิ้นทั้งสองจะมีกลไกบังคับลิ้น(Valve control mechanism)ติดอยู่บนฝาสูบ ซึ่งขับเคลื่อนโดยเพลาข้อเหวี่ยง(Crankshaft)



ข้อดี และข้อเสียของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ

(Advantages and disadvantages of the Four-Stroke Engine)

ข้อดี(Advantages)

- * กระบวนการอัด, ดูก,อัด,ระเบิด (กำลัง) และคายไอเสียทำงานอย่างอิสระ ดังนั้นการทำงานจึงเกิดความแม่นยำ(เที่ยงตรง),มีประสิทธิภาพและมีความเสถียรภาพสูง (precise,efficient and highly stable) การทำงานในช่วงความเร็วรอบต่ำถึงความเร็วรอบสูง มีช่วงกว้างมาก(500-10,000 รอบ/นาทีหรือมากกว่า)
- * ลิ้นเป็ลื่อนน้ำมันจากการไหลผ่านโดยไม่เผาไหม้ (Blow by) ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ 2 จังหวะจึงทำให้การสิ้นเปลืองน้ำมันต่ำกว่า
- * การขับเคลื่อนที่ความเร็วต่ำ (Low speed)จะราบเรียบและไม่เกิดโอเวอร์ฮีต (Overheat)เนื่องจากมีระบบหล่อลื่น (Lubrication system)
- * กระบวนการดูดไอดี และอัดไอดี(Intake process and compression) ยาวนานกว่าทำให้ประสิทธิภาพความจุ (Capacity efficiency)และความดันเฉลี่ย (Everage effective pressure) สูงกว่า- PS/L จึงมีค่าสูงกว่า
- * ความร้อน(Heat load)ต่ำเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

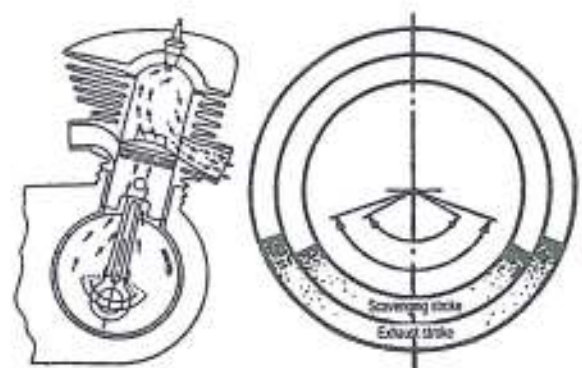
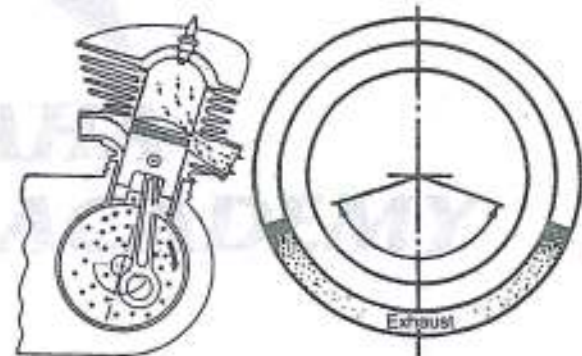
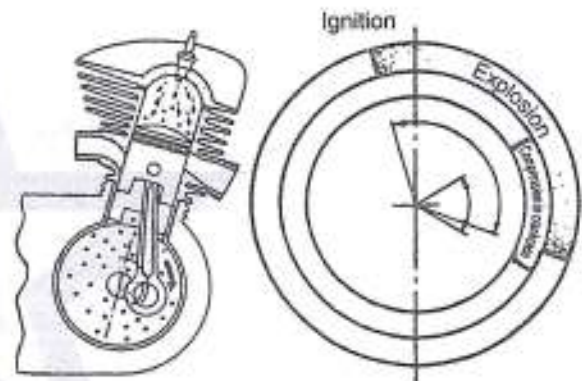
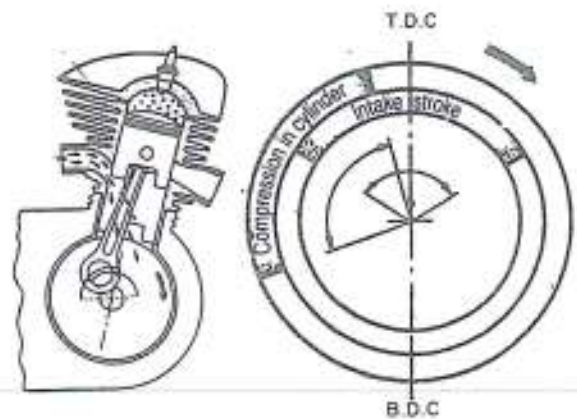
ข้อเสีย(Disadvantages)

- * กลไกเปิด-ปิดลิ้น (Valve openin and closing meehanism) ทำให้สับสน เพราะทำให้มีชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่ซึ่งยากต่อการบำรุงรักษาจำนวนมาก
- * มีเสียงดัง
- * จังหวะที่ให้กำลัง(Power Stroke) เกิดขึ้นเพียงหนึ่งครั้งต่อการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยง 2 รอบ ดังนั้นความสมดุลในการหมุน (Revolution balance) จึงไม่มีเสถียรภาพ (Unstable) (เกิดการสั่นสะเทือน "Vibration dampers) ควรเพิ่มจำนวนกระบอกสูบหรือตัวขับเคลื่อนแรงสั่นสะเทือน

[2] การทำงานและชนิดของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Operation and Type of Two-Stroke Engine)

1. การทำงานเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Basic operation of Two-stroke Engine)

- จังหวะดูดและการอัดครั้งที่สอง (Intake stroke and secondary compression) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นจะเกิดสุญญากาศในห้องแคร็งค์ (Crank chamber) และเมื่อชายลูกสูบ (Piston Skirt) เปิดช่องไอดี ไอดีจึงถูกดูดผ่านคาร์บูเรเตอร์เข้าสู่ห้องแคร็งค์ขณะเดียวกันทั้งช่องส่งผ่านไอดี (Transfer port) และช่องไอเสีย (Exhaust port) ถูกปิดโดยหัวลูกสูบ ดังนั้นส่วนผสมในห้องเผาไหม้จึงถูกอัด (ในช่วงครึ่งหลังของการเคลื่อนที่ขึ้นของลูกสูบ - in the later half of the up ward stroke of the piston)
- จังหวะระเบิด(กำลัง)และการอัดครั้งแรก (Explosion (Power) and primary compression) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่เข้าใกล้ศูนย์ตายบน(TDC) ส่วนผสมถูกอัดและเมื่อส่วนผสมที่เป็นไอ (Vaporized mixture) ถูกจุดระเบิดโดยหัวเทียน แรงดันจากการเผาไหม้จะดันลูกสูบเคลื่อนที่ลง และลูกสูบจะส่งแรงดันผ่านก้านสูบ (Connecting rod) ไปหมุนเพลาคือเพลาข้อเหวี่ยง (Crankshaft) ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ลงชายลูกสูบ (Piston skirt) จะไปปิดช่องไอดี (Intake port) ทำให้เกิดการอัดส่วนผสม (mixture) ในห้องแคร็งค์ (ในช่วงครึ่งแรกของจังหวะการเคลื่อนที่ลงของลูกสูบ) จังหวะคายและการอัดครั้งแรก (Exhaust Stroke and primary compression) เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงต่อไป หัวลูกสูบจะเปิดช่องไอเสีย ปล่องให้แก๊สจากการเผาไหม้ไหลออกไป ขณะเดียวกันส่วนผสม(mixture) ให้ห้องแคร็งค์จะถูกอัดครั้งแรก (Primary compression) (ในช่วงครึ่งหลังของการเคลื่อนที่ลงของลูกสูบ)
- จังหวะคายและช่วงการประจุไอดีเข้าไปไอดีเสีย (Exhaust Stroke and scavenging stroke) เมื่อหัวลูกสูบเปิดช่องผ่านไอดี (Transfer port) ทันทีหลังจากจังหวะคายเริ่มต้นแล้ว ส่วนผสมที่ถูกอัดในห้องแคร็งค์ จะไหลผ่านช่องส่งผ่าน ไอดี (Transfer passage) เข้าสู่ห้องเผาไหม้ไอดีใหม่ที่เข้ามาจะไล่ไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ ขณะเดียวกันไอดีจะเข้าเต็มห้องเผาไหม้ (ในช่วงครึ่งหลังของการเคลื่อนที่ลงของลูกสูบ)



2. การควบคุมการเปิดปิดของช่องที่เสื่อสูบ(Port timing)

เครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบใช้ลูกสูบเป็นตัวเปิด-ปิดของช่องเสื่อสูบเครื่องยนต์แบบนี้ตำแหน่งการเปิด-ปิดช่องขึ้นอยู่กับตำแหน่งของช่องและขนาดของช่อง(Position and sizes of ports)

*เนื่องจากการควบคุมการเปิด-ปิดช่อง(Port timing)ขึ้นอยู่กับระบบช่องไอดี(Intake system)จึงได้มีการเปลี่ยนการเปิด-ปิดช่องไอดี (Intake Port Timing) ได้แก่

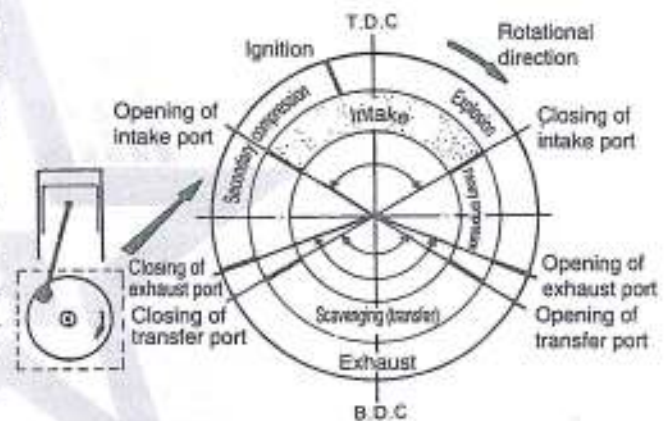
- ① แบบลิ้นลูกสูบ (Piston valve)
- ② แบบลิ้นหมุน (Rotary valve)
- ③ แบบลิ้นแผ่น (Reed valve)

เพื่อพัฒนาประสิทธิภาพในการดูดไอดี (Intake efficiency) ซึ่งสามารถแสดงตำแหน่งการเปิด-ปิดช่องที่เสื่อสูบ(Port timing) ได้ 2 วิธี คือ

1. แสดงโดยมุมข้อเหวี่ยง (Indication by crank angle)

ตำแหน่งการเปิด-ปิด ที่เสื่อสูบโดยมุมข้อเหวี่ยงนั้น ศึกษาจากเส้นตรงที่ลากผ่าน TDC และ BDC ซึ่งไดอะแกรมแสดงการเปิด-ปิดช่องเรียกว่า "Port timing diagram"

ไดอะแกรมนี้จะแสดงตำแหน่งของลูกสูบ(piston position) มีหน่วยเรียกเป็นตำแหน่งหรือมุมข้อเหวี่ยง(Crank pin position) วงกลมนอก(Outer circle)แสดงการทำงานเหนือลูกสูบ (ในห้องเผาไหม้) ส่วนวงกลมใน(inner circle) แสดงการทำงานใต้ลูกสูบ (ในห้องแครงค์)

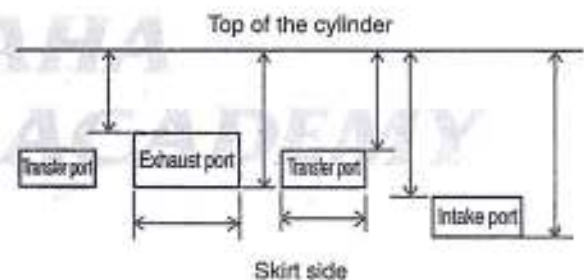


Piston valve port timing diagram

2. แสดงโดยตำแหน่งของช่อง(Indication by port position)

ตำแหน่งของแต่ละช่อง วัดจากขอบบนของเสื่อสูบถึงขอบบนของแต่ละช่อง โดยมีหน่วยเป็นมิลลิเมตร (มม.,mm.)

ไดอะแกรมแสดงการพัฒนาของเครื่องยนต์แบบเสื่อสูบ 3 ช่อง ซึ่งเป็นแบบพื้นฐานของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ



3. หลักการเบื้องต้นของระบบประจุไอดีไลโอเสีย (Fundamentals of the scavenging system)

ถ้าการไลโอเสียไม่หมดจด ไอดีก็จะผสมกับไอเสีย ประสิทธิภาพการเผาไหม้ มีการปรับปรุงพัฒนาระบบไลโอเสียหลาย ๆ แบบแต่ละแบบที่ใช้เป็นพื้นฐานและใช้งานทั่วไปคือ "แบบไอดีไหลวน"(Loop scavenging)

○ แบบไอดีไหลวน (Loop scavenging, Schnuele scavenging)

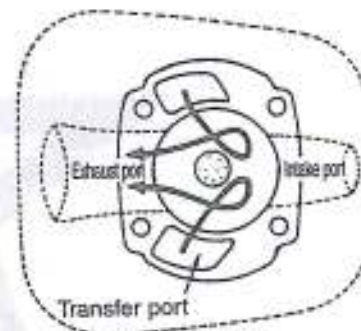
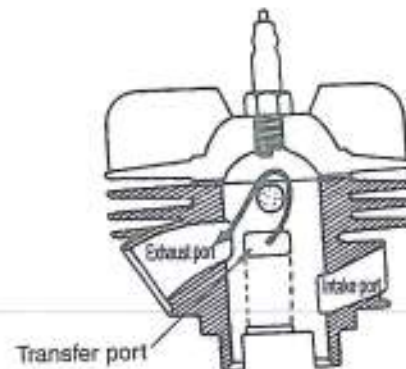
ช่องส่งถ่ายไอดีจะอยู่ทางด้านซ้ายและขวาของช่องไอเสีย ไอดีที่ประจุเข้ามาจะมีลักษณะทแยง เมื่อไอดี 2 สายปะทะกับผนังกระบอกสูบด้านตรงกันข้ามกับท่อไอเสีย ไอดีจะม้วนตัวขึ้นสู่ด้านบนแล้ว ลงสู่ด้านล่างขับไลโอเสียออกจากกระบอกสูบ ทางช่องไอเสีย

4. ชนิดและการทำงานของประจุไอดี, ระบบประจุไอดีไล่ไอเสียและการเปิด-ปิดช่องที่เสี้อสูบ (Types and Features of intake system, scavenging system and port timing)

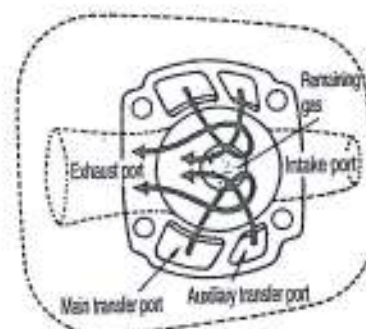
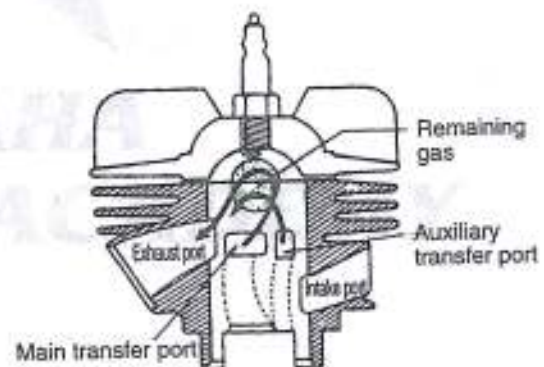
1. ระบบลิ้นแบบลูกสูบ(Piston valve system)

ระบบลิ้นแบบลูกสูบเป็นแบบเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ที่เสี้อสูบมีช่องประจุไอดี ซึ่งจะเปิดและปิดโดยลูกสูบ นั่นคือลูกสูบทำหน้าที่เป็นลิ้น (Valve) ด้วย

- ① ชนิด 3 ช่อง (3-port type) แบบนี้เป็นแบบเบื้องต้นของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ ซึ่งเป็นแบบที่มีโครงสร้างง่ายที่สุด โดยที่จริงแล้ว จะมีช่องจำนวน 4 ช่อง คือ ช่องส่งถ่ายไอดี(Transfer ports) 2 ช่อง ,ช่องไอดี 1 ช่องและช่องไอเสีย 1 ช่อง แต่เนื่องจากช่องส่งถ่ายไอดีทั้ง 2 ช่อง ทำหน้าที่เดียวกัน จึงนับเป็น 1 ช่อง การไล่ไอเสีย ไอดี 2 สาย จะไหลพุ่งออกจากช่องส่งถ่ายไอดีทั้งสองซึ่งอยู่ตรงกันข้าม เข้าไปไล่ไอเสียออกจากกระบอกสูบ แต่แบบนี้มีแนวโน้มที่ไอเสียจะตกค้างอยู่บริเวณกึ่งกลางของกระบอกสูบ

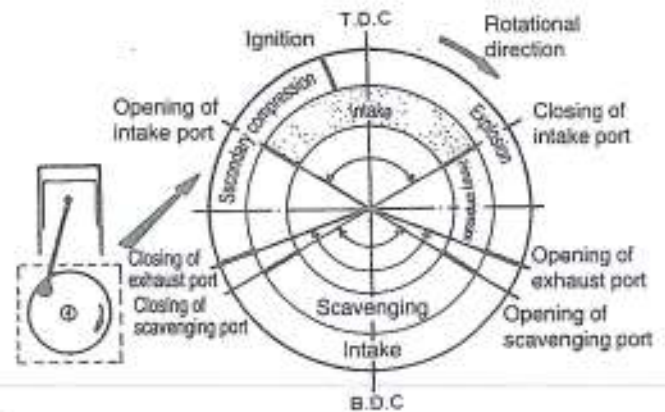


- ② ชนิด 5 ช่อง (5-Port type) แบบนี้ได้จากการปรับปรุงชนิด 3 ช่อง เพื่อแก้ไขไม่ให้มีไอเสียตกค้างตรงกึ่งกลางกระบอกสูบ จึงเพิ่มช่องช่วยช่องส่งถ่ายไอดี(Auxiliary transfer port) อีก 2 ช่อง เพื่อช่วยขับไล่ไอเสีย จึงทำให้ประสิทธิภาพในการขับไล่ไอเสียสูงขึ้น โดยจริงๆ แล้วมีช่องทั้งหมด 6 ช่อง คือ ช่องไอดี 2 ช่อง ช่องช่วยช่องส่งถ่ายไอดี 2 ช่อง ช่องไอดี 1 ช่อง และช่องไอเสียอีก 1 ช่อง แต่เนื่องจากเพิ่มช่องช่วยช่องส่งถ่ายไอดีอีก 2 ช่อง จึงเรียกว่า "ชนิด 5 ช่อง" (5-type port) เครื่องยนต์ 2 จังหวะ แบบ 5 ช่อง ได้รับการพัฒนาครั้งแรกโดยยามาฮา



3 ตำแหน่งการเปิด-ปิดช่องที่เสียดูดและสมรรถนะของเครื่องยนต์ระบบลิ้นลูกสูบ (Port timing and performance of the piston valve system)

เพื่อพัฒนาสมรรถนะของเครื่องยนต์ เครื่องยนต์จึงต้องมีการปรับปรุงให้ลู่อัดไอ้เข้ามาให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ไอ้ต้องถูกอัดอย่างเต็มที่ และหัวเทียนต้องจุดประกายไฟในตำแหน่งที่เหมาะสม และไอเสียต้องขับออกจากกระบอกสูบอย่างหมดจด เพื่อให้เครื่องยนต์ทำงานดังกล่าได้ ช่องจะต้องมีขนาดใหญ่ขึ้น ช่วงเวลาการเปิดช่องจะต้องยาวนานขึ้น อย่างไรก็ตามทางปฏิบัติทำได้ยาก เพราะช่วงเปิดและปิดโดยลูกสูบ ถ้าการเปิดช่องเร็วขึ้น การปิดช่องก็จะช้าตามไปด้วย เครื่องยนต์ระบบลิ้นลูกสูบ ตำแหน่งการเปิด-ปิดช่อง (Port timing) ของแต่ละช่องจะเป็นแบบสมมาตร (Symmetrical) ตามแนว TDC และ BDC จากลักษณะดังกล่าว จึงมีปัญหาดังต่อไปนี้

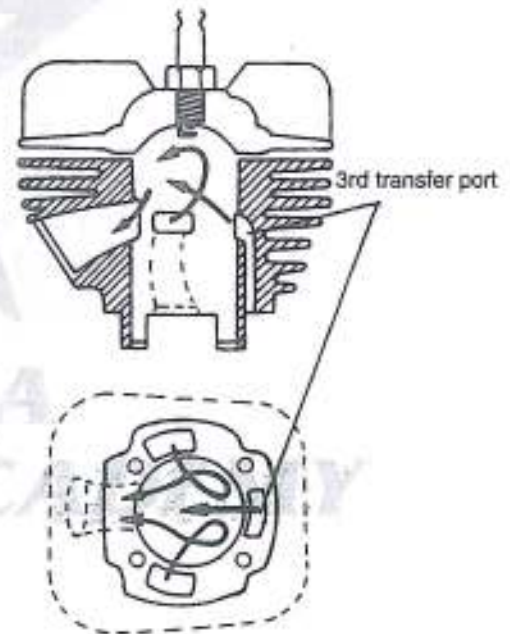
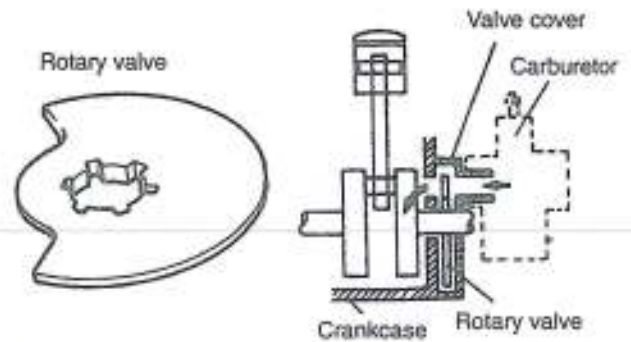
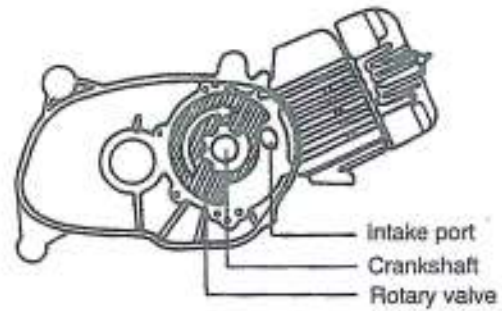


Piston valve port timing diagram

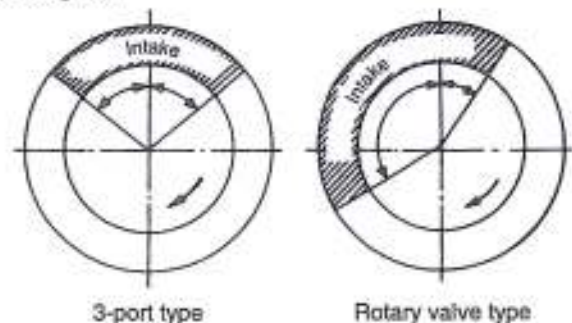
- ถ้าขยายช่องไอ้ในแนวตั้ง เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นในตำแหน่งจุดและอัดขายลูกสูบ (Skirt) จะเปิดช่องไอ้เร็วขึ้น ไอ้จึงไหลเข้าห้องแครงค์มากขึ้นแต่เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงในจังหวะระเบิดและการอัดครั้งแรก ช่องไอ้จะปิดช้า นั่นคือต้องใช้เวลานานกว่าลูกสูบจะปิดช่องไอ้ได้อย่างสมบูรณ์ ดังนั้นไอ้ที่ถูกอัดในห้องแครงค์จึงไหลย้อนกลับไปทางคาร์บูเรเตอร์ นอกจากนั้นการอัดในห้องแครงค์จะช้าลง ทำให้แรงดันในห้องแครงค์ลดลงไปด้วย
- เมื่อขยายช่องไอเสียและช่องส่งถ่ายไอ้ในแนวตั้ง หัวลูกสูบต้องเปิดช่องไอเสียก่อนเปิดช่องส่งถ่ายไอ้ ถ้าขยายช่องส่งถ่ายไอ้ จึงต้องทำการขยายช่องไอเสียด้วยวิธีการทำแบบนี้ ช่องไอเสียจะเปิดเร็วขึ้น จึงทำให้แรงดันในห้องเผาไหม้ลดลงอย่างรวดเร็ว เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นช่องไอเสียจะปิดช้าลง ทำให้ไอ้ไหลออกทางช่องไอเสีย ทำให้แรงดันจากการอัดครั้งที่สองต่ำลงด้วย
- นอกจากนี้เครื่องยนต์ 2 จังหวะแบบลิ้นลูกสูบยังมีปัญหาอื่น ๆ อีกเช่น ถ้าเครื่องยนต์ทำงานในช่วงความเร็วที่กำหนดไว้ ก็จะมีสมรรถนะตามที่กำหนดโดยไม่มีปัญหา แต่ถ้าทำงานนอกช่วงความเร็วที่กำหนด จะเกิดปัญหาทันที คือ สมรรถนะลดลง หรือกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า การนำเครื่องยนต์แบบนี้ไปใช้งานไม่ดีพอ
- เพื่อปรับปรุงข้อเสียของเครื่องยนต์แบบลิ้นลูกสูบ จึงมีการพัฒนาระบบประจุไอ้ออกมาหลายแบบ แบบต่าง ๆ ดังกล่าวออกแบบให้ช่องไอ้เปิดนานขึ้น ขณะเดียวกันระบบขับไล่ไอเสียก็ได้รับการพัฒนาด้วย เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอ้ให้ดีขึ้น

2. ระบบประจุไอดีแบบลิ้นหมุน (Rotary valve intake system)

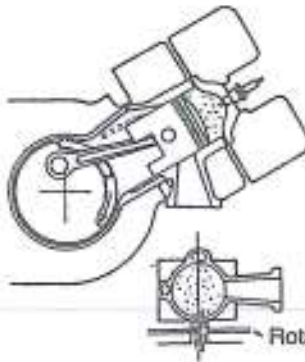
- เครื่องยนต์แบบนี้ช่องไอดีไม่ได้อยู่ที่ผนังของกระบอกสูบแต่อยู่ที่ผนังห้องแครงค์ซึ่งช่องไอดีเปิดและปิด โดยจานหมุนหรือลิ้นหมุน (Disk, Rotary valve) ซึ่งถูกขับโดยเพลาลูกเบี้ยว
- ระบบประจุไอดีแบบนี้ การประจุไอดีไม่ได้ขึ้นอยู่กับระยะชักของลูกสูบ ตำแหน่งการเปิดและปิดช่องไอดีสามารถปรับแต่งได้อย่างอิสระ ด้วยการเปลี่ยนลักษณะรูปร่างของจานหมุน(Disk) ด้วยการปรับแต่งในตำแหน่งและลักษณะต่างๆ ดังนั้นจึงสามารถปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ให้มีสมรรถนะสูงได้ง่าย
- ขนาดช่องไอดี สามารถปรับขยายให้ใหญ่ขึ้นได้ ดังนั้นช่องไอดีจึงเปิดเร็วขึ้นทำให้ประสิทธิภาพการประจุไอดีสูงขึ้น นอกจากนี้ยังแก้ปัญหาไอดีติดกลับไปยังคาร์บูเรเตอร์โดยการปิดช่องไอดีเร็วขึ้น และแรงดันในการอัดครั้งแรกก็สูงขึ้นด้วย
- ไม่ต้องมีช่องไอดีในกระบอกสูบ ดังนั้นจึงสามารถเพิ่มช่องส่งถ่ายไอดีได้อีก 1 ช่อง เป็นช่องที่ 3 (3rd transfer port) ซึ่งช่องพิเศษนี้ไอดีที่ประจุตรงกับช่องไอดีเสีย จึงเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการขับไล่ไอดีเสีย
- เนื่องจากไอดีถูกดูดเข้าห้องแครงค์โดยตรง ความต้านทานการไหลของไอดีจึงมีน้อยจากข้อดีต่างๆ ดังกล่าว ทำให้เครื่องยนต์แบบนี้มีกำลังสูงขึ้น โดยเฉพาะช่วงอัตราเร็วปานกลาง(Mid-range speed) อีกทั้งแรงบิดและความประหยัดน้ำมันจะสูง



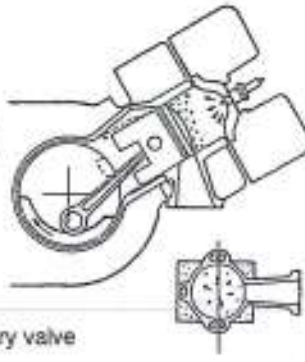
Comparison of intake systems between 3-port and rotary valve engines



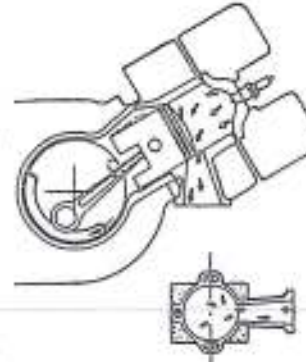
1. จังหวะดูด
(ในห้องเครื่อง)
จังหวะอัด
(ในกระบอกสูบ)



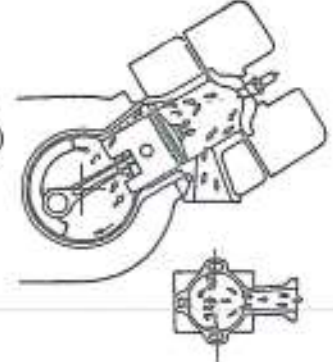
2. จังหวะระเบิด
(ในกระบอกสูบ)
จังหวะอัด
(ในห้องเครื่อง)



3. จังหวะคาย



4. (จังหวะคาย)
ประจุไอติขับเคลื่อนไอเสีย

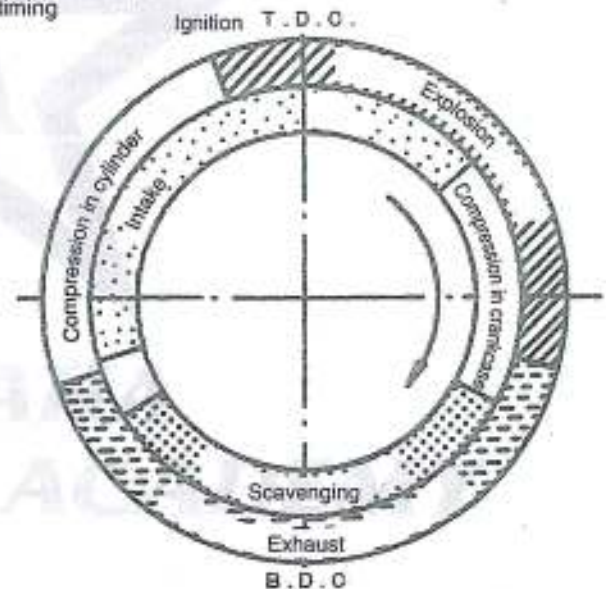


1. การเปิดปิดช่องและสมรรถนะของเครื่องยนต์ แบบลิ้นหมุน (Rotary valve type port timing and performance)

ระบบประจุไอติแบบนี้ ตำแหน่งการเปิดปิดช่องไอติสามารถปรับแต่งได้อย่างอิสระโดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะชักของลูกสูบ นั่นคือสามารถปรับแต่งให้ช่วงการเปิดช่องไอติ สามารถปรับแต่งได้อย่างอิสระโดยไม่เกี่ยวข้องกับระยะชักของลูกสูบ นั่นคือสามารถปรับแต่งให้ช่วงการเปิดช่องไอติ เปิดได้นานขึ้นมากกว่าแบบ(piston valve) จึงสามารถป้องกันไอติที่กลับไปที่คาร์บูเรเตอร์ได้ซึ่งเครื่องยนต์แบบ piston valve ช่องไอติที่ห้องเครื่องเปิดปิดโดยทางกล (Mechanically) ด้วยลูกสูบแต่แบบลิ้นหมุน สามารถปรับแต่งจานหมุน (Disk) เพื่อปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ก็ไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก เช่น เมื่อปรับ แต่งตำแหน่งการเปิดปิดช่องไอติให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูงที่ความเร็วต่ำและปานกลาง เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วสูง จะเกิดปัญหา ดังนี้ช่องไอติจะเริ่มปิด ขณะที่ไอติยังคงไหลเข้าด้วยแรงเฉื่อยสูง หรือช่องไอติยังปิดอยู่เมื่อความดันในห้องเครื่องลดลงมากแล้ว (Negative pressure)

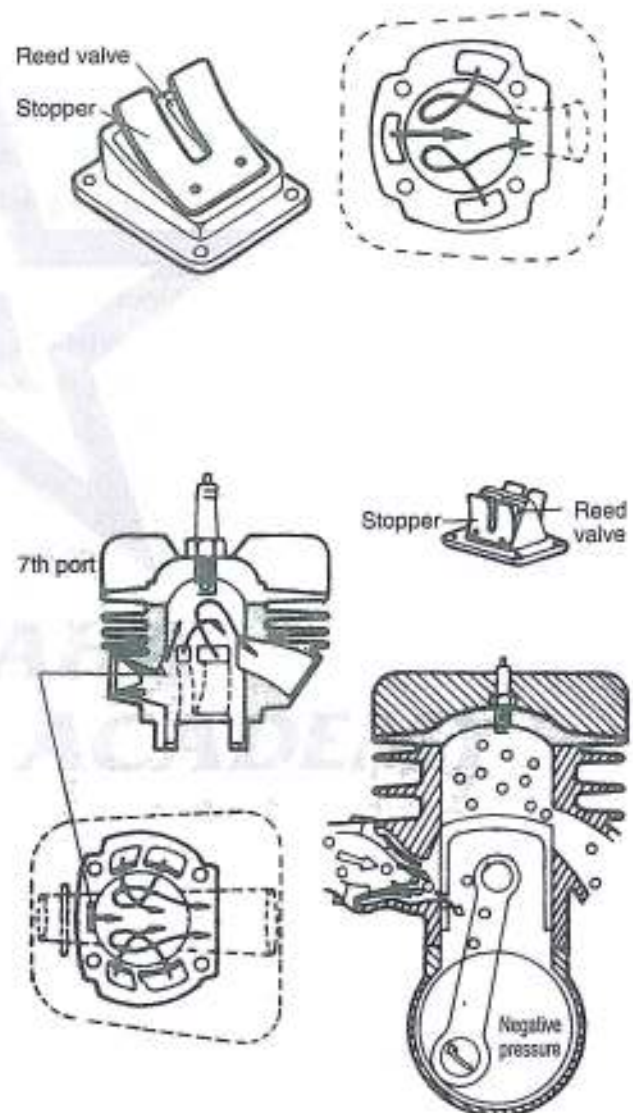
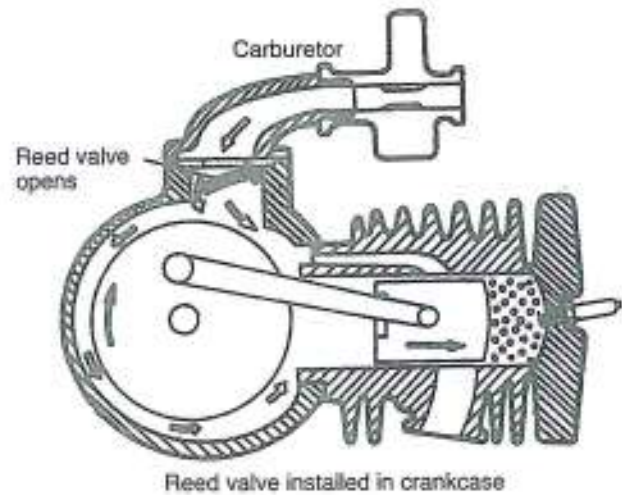
แม้ว่าสมรรถนะจะเปลี่ยนแปลงไม่มากก็ตาม ก็ยังถือว่าเป็นปัญหาอยู่ แม้เครื่องยนต์แบบ (Rotary valve) จะมีสมรรถนะสูงกว่าแบบ(Piston valve) แต่ก็ยังคงมีปัญหาเกี่ยวกับระบบประจุไอติอยู่บ้าง จึงมีความจำเป็นที่จะต้องปรับปรุงพัฒนาระบบประจุไอติแบบ Rotary valve โดยจุดมุ่งหมายคือการเพิ่มประสิทธิภาพในการประจุไอติและขับไล่ไอเสีย จึงทำให้เกิดระบบประจุไอติแบบอื่นๆ ขึ้นมา ดังจะกล่าวต่อไปนี้

Rotary valve port timing



3.ระบบประจุไอดีแบบ Reed valve system

- (Reed valve) ทำจากเหล็กกล้าสแตนเลสพิเศษที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นในตัว(Flexible) และเปิดปิดด้วยการเปลี่ยนแปลงแรงดันในห้องแค้ม
- เมื่อแรงดันในห้องแค้มลดต่ำจนเป็นสุญญากาศ (Negative pressure) (Reed valve) จะเปิดแม้ว่าลูกสูบเคลื่อนที่ลงและแรงดันในห้องแค้ม เมื่อแรงดันในห้องแค้มเพิ่มขึ้นจากการอัดก็ตาม ไอดีก็ยังคงไหลเข้าในห้องแค้มตราบเท่าที่แรงเฉื่อย(inertia) ของไอดียังสูงกว่าแรงดันในห้องแค้ม เมื่อแรงดันในห้องแค้มเพิ่มขึ้นก็จะดันให้ลิ้นเปิด ดังนั้นปัญหาการตีกลับของไอดีไปยังคาร์บูเรเตอร์จึงได้รับการแก้ไขป้องกัน
- เนื่องจากตำแหน่งการเปิดปิดของไอดี สามารถควบคุมได้โดยอัตโนมัติด้วยความแตกต่างของแรงดันภายในห้องแค้มกับแรงดันภายนอกห้องแค้ม ดังนั้นประสิทธิภาพการประจุไอดีจึงเพิ่มสูงขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งช่วงความเร็วต่ำและปานกลาง รวมทั้งแรงบิดของเครื่องยนต์(Torque) ก็เพิ่มขึ้นด้วย
- นอกจากที่กล่าวมา ข้อดีอื่นๆของ Reed valve คือ มีขนาดกระทัดรัด สามารถติดตั้งที่ห้องแค้ม หรือที่เสื้อสูบ
- วิธีเหนี่ยวนำแรงบิด (Torque induction) จะถูกติดตั้งไว้ในช่องไอดีที่เสื้อสูบของการส่งถ่ายไอดีแบบ 5 ช่อง(5-port type) และช่องไอดีขับไล่ไอดีเสีย (Scavenging port) (ช่องหมายเลข 7 "No.7 port")จะถูกเพิ่มเข้าไปเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการขับไล่ไอดีเสีย ระบบนี้เป็นการผสมผสานกันระหว่างแบบลิ้นแผ่น (Reed valve) และแบบ 7 ช่อง (Seven port) ซึ่งเรียกว่า "ระบบประจุไอดีแบบเหนี่ยวนำแรงบิด" (Torque induction) ซึ่งเป็นชื่อเฉพาะของยามาฮา



Reed valve installed in cylinder (Torque induction)

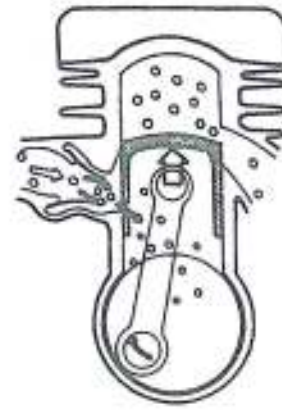
1. ตำแหน่งการเปิดปิดช่องของเครื่องยนต์แบบ (Port of the reed valve)

๑ เริ่มจังหวะดูด Reed Valve เปิด (Start of intake Reed valve open)

★การเริ่มจังหวะดูด เริ่มจากส่วนผสม (ไอดี) ไหลเข้าสู่
ห้องเครื่องปลายจังหวะคาย

● ขณะลูกสูบเลื่อนขึ้นปริมาตรภายในห้องเครื่อง
จะเพิ่มขึ้นแรงดันภายในห้องเครื่องจะลดต่ำลงมาก
เป็นสุญญากาศ (Negative pressure)

● เมื่อช่องไอดีที่ลูกสูบ (Intake window) เลื่อนมาตรง
กับช่องไอดีที่เสื้อสูบ (Intake window) ไอดีจะไหลเข้า
สู่ห้องเครื่องโดยผ่านคาร์บูเรเตอร์ เป็นการเริ่ม
จังหวะดูด



๒ จังหวะอัดและจังหวะดูด (Reed Valve)(Compres- sion and intake (Reed valve is open)

★ส่วนผสม (ไอดี) ไหลเข้าสู่ห้องเครื่อง

● ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้น ลิ้นไอเสียถูกปิด ไอดีในห้อง
เผาไหม้จึงถูกอัด เป็นการเริ่มต้นจังหวะอัด

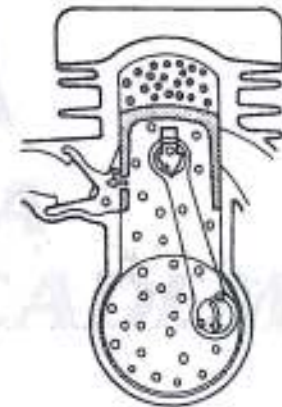
● ในขณะเดียวกันแรงดันในห้องเครื่องลดลงต่ำมาก
และชายลูกสูบจะเปิดช่องไอดีเต็มที่ ดังนั้นไอดีจึงไหล
เข้าสู่ห้องเครื่อง



๓ จังหวะระเบิด (Explosion (Reed valve is closed)

★เริ่มจังหวะอัดภายในห้องเครื่อง

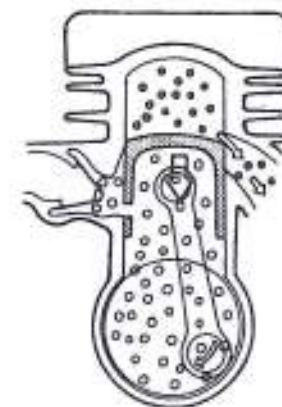
● เมื่อลูกสูบเริ่มเคลื่อนที่ลงหลังจากการระเบิด แรงดัน
ภายในห้องเครื่องเพิ่มขึ้น และไอดีถูกอัดต่อไปทำให้
แรงดันเพิ่มขึ้น จนแรงดันทำให้ Reed valve เป็นการ
ป้องกันไม่ให้ไอดีตีกลับไปยังคาร์บูเรเตอร์



๔ เริ่มต้นจังหวะคาย (Start of exhaust valve is closed)

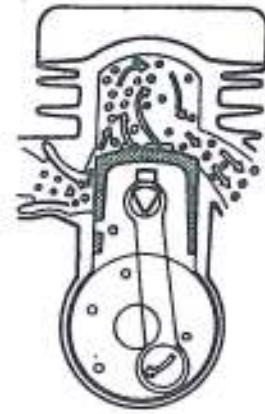
● แก๊สจากการเผาไหม้ขยายตัว และดันให้ลูกสูบ
เคลื่อนที่ลง ทำให้แรงดันในห้องเครื่องและในห้อง
วาล์ว (Crank chamber and valve chamber)
เพิ่มขึ้น

● ในขณะเดียวกัน เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงต่อไป ทำให้
ช่องไอเสียเปิด ทำให้ไอเสียไหลออกจากห้องเผาไหม้
เป็นการเริ่มต้นจังหวะคาย

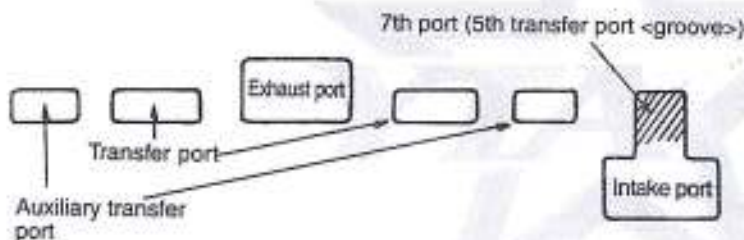


๑ จังหวะคายและการไล่ไอเสีย (Exhaust and scavenging) (Reed valve is open)

- ขณะที่ลูกสูบเลื่อนลงต่อไป ช่องไอเสียเปิดเต็มที่และช่องช่วยถ่ายไอดี ช่องที่ 5 (5 th port) จะเปิดให้ไอดีในห้องแคร้งไหลพุ่งเข้าสู่ในกระบอกสูบ ดังนั้นไอเสียจึงถูกขับออกไปประสิทธิภาพในการเก็บกักไอดีหรือเปอร์เซ็นต์การสูญเสียไอดีไปกับไอเสีย(Trapping efficiency) จะขึ้นอยู่กับแรงดันด้านในท่อไอเสีย

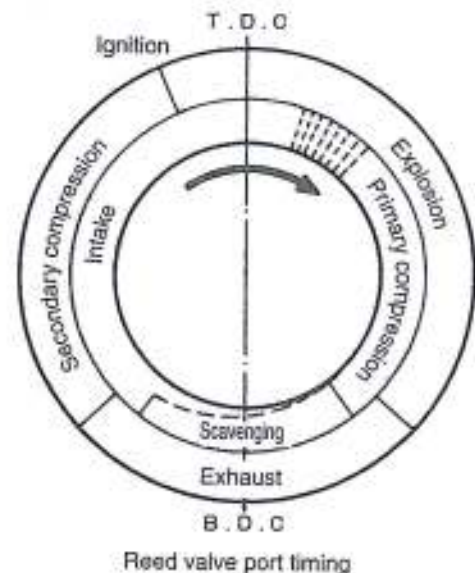


- ในขณะเดียวกัน ช่องที่ 7 (7 th port) จะเปิด ดังนั้นไอดีในห้องลิ้น(Valve chamber) จะไหลพุ่งเข้าสู่กระบอกสูบ เนื่องจากแรงเฉื่อย(inertia) ของไอดีที่พุ่งเข้าและไอเสียที่พุ่งออก ลิ้นถูกเปิดไอดีจึงไหลพุ่งตรงเข้าสู่กระบอกสูบ โดยผ่านช่องที่ 7 (7 th port) เป็นผลให้ประสิทธิภาพในการขับไล่ไอเสียเพิ่มขึ้น

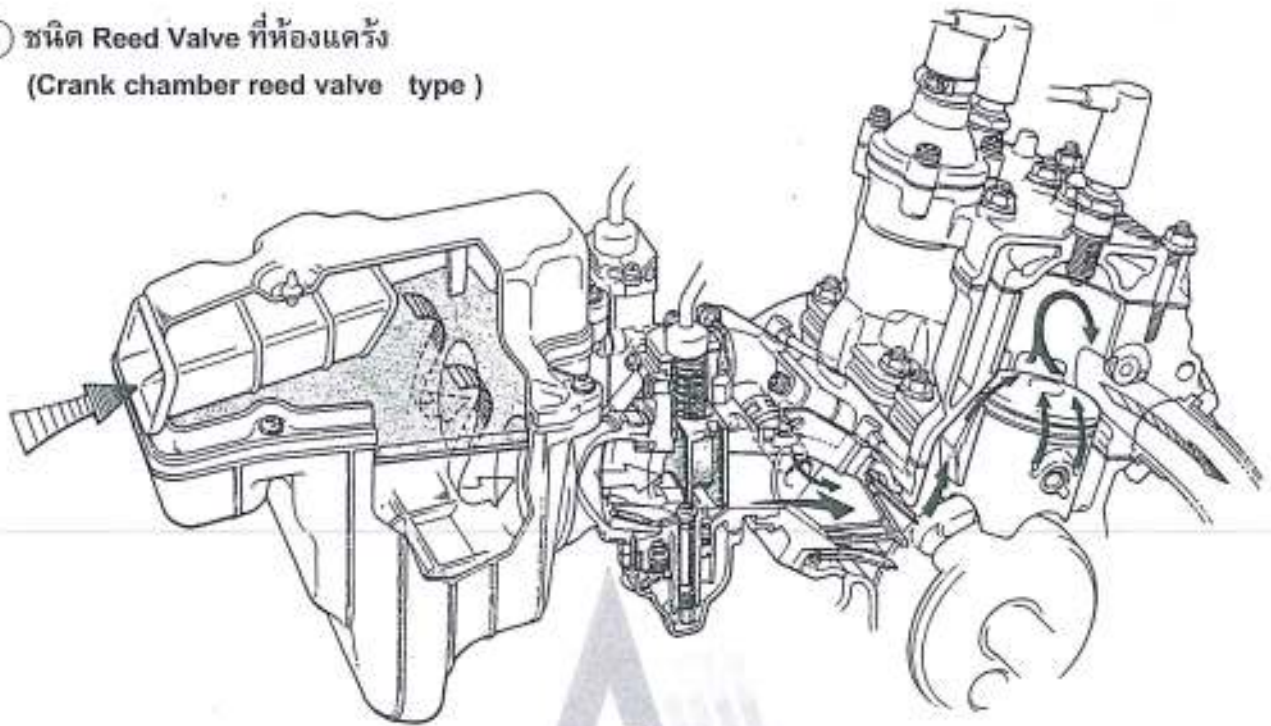


* In the torque Induction System, the piston has an intake window in its skirt to advance the intake port timing.

*ที่ตำแหน่งเริ่มต้นและสิ้นสุดของจังหวะดูด Reed Vavle เปิดและปิด แต่ตำแหน่งทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถวัดตำแหน่งเปิดปิดจะเปลี่ยนแปลงไปเล็กน้อยตามสภาพการทำงาน (Operation condition) ทั้งนี้เนื่องจากไม่สามารถวัดตำแหน่งการเปิดปิดได้แน่นอนตายตัว(Clearly) ในกรณีระบบ Torque in duction ช่องไอดีที่เสื่อสูบเปิดอยู่ไม่เกี่ยวกับตำแหน่งของลูกสูบ แต่การควบคุมการเปิดปิดเป็นหน้าที่ของ(Reed valve)



② ชนิด Reed Valve ที่ห้องแครง
(Crank chamber reed valve type)



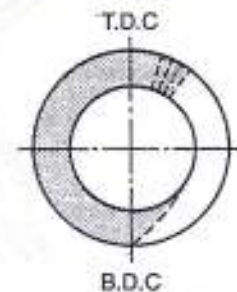
มีวิธีหลากหลายในการเพิ่มประสิทธิภาพการดูด
ไอติ (Intake efficiency) ตัวอย่างเช่น เมื่อใช้ Reed
Valve ที่ลูกสูบ(Piston reed valve) จะทำให้ดูดไอติ-
ได้เพิ่มขึ้น โดยทำช่องใหญ่ (Large hole) ที่ด้านข้าง
ของลูกสูบ

อย่างไรก็ตามมีข้อจำกัดคือจะใช้วิธีทำอะไร รถรุ่น
TZR 250 มีสมรรถนะสูงโดยใช้วิธี Reed Valve
ที่ห้องแครง (Crank chamber reed valve) ซึ่งใช้
ทดสอบรถมอเตอร์ไซด์สำหรับแข่งขัน (Motorcycle
racing) วิธีนี้ทำให้ปริมาณไอติเพิ่มขึ้นสมรรถนะสูง
เปรียบเทียบกับวิธีใช้ Reed Valve ที่ลูกสูบ(Piston
reed valve method) โครงสร้างของวิธีใช้ Reed Valve
ที่ห้องแครง (Crank chamber reed valve) มีเงื่อนไข
(ข้อกำหนด) ของกระบวนการดูดไอติ(Intake process)
เมื่อห้องแครงต้องการไอติ (เมื่อเกิดสุญญากาศใน
ห้องแครง) โดยปราศจากข้อจำกัดของลูกสูบ
ทำปริมาณการดูด (Intake volume) เพิ่มขึ้น และเกิด
การตอบสนองได้ดีมากด้วย

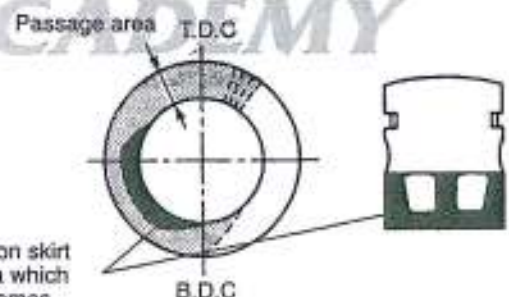
Reed Valve ชนิดเรซิน (Resin reed valve)

Reed Valve ชนิดเรซิน ได้รับการยอมรับ เพราะ
○ น้ำหนักเบา มีคุณสมบัติที่เมื่อเทียบกับ Reed Valve
ชนิดเหล็กกล้า (Steel reed valve) เพราะป้องกันลิ้น
เกิดการกระพือ (Surging) ที่ความเร็วเครื่องยนต์สูงๆ

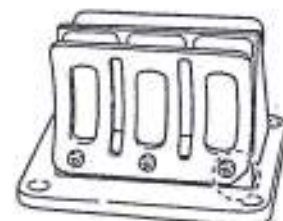
Intake of crank chamber reed valve



Intake of piston reed valve



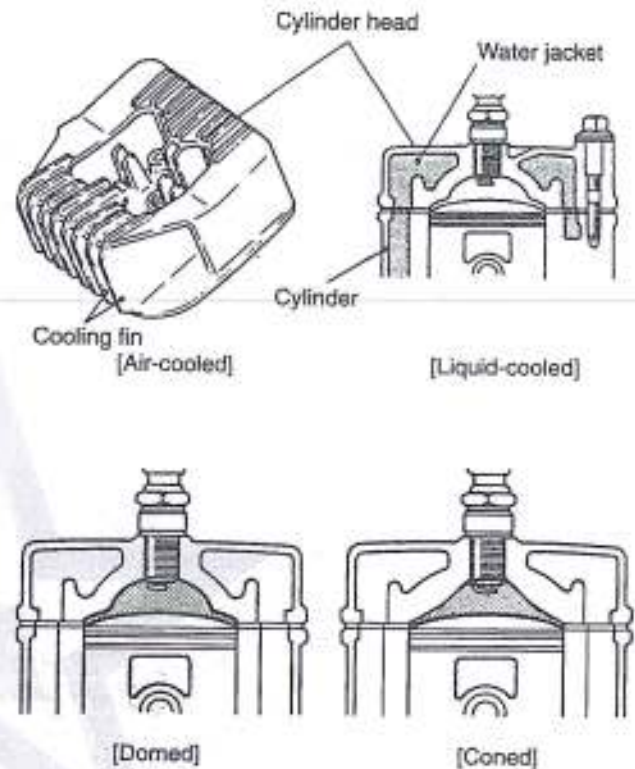
Piston skirt
area which
becomes
intake loss
during intake
process



[3] โครงสร้างและหน้าที่ของชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ (Construction and functions of the main parts of Two-Stroke Engine)

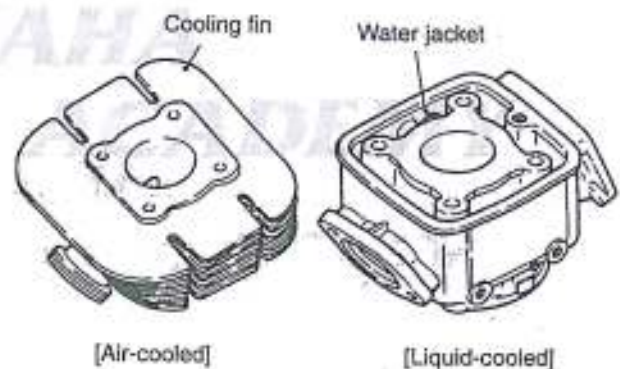
1. ฝาสูบ (cylinder head)

ฝาสูบทำหน้าที่ปิดส่วนบนของกระบอกสูบ วัสดุที่ใช้ทำส่วนมากเป็นอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy) ซึ่งมีคุณสมบัติในการทนความร้อนและถ่ายเทความร้อนได้ดี (ระบายความร้อนได้ดี) (heat dissipation) ฝาสูบจะทำเป็นครีบบน (Fins) เพื่อระบายความร้อน ซึ่งการออกแบบครีบบนทั้งขนาดและรูปร่างจะคำนึงถึงประสิทธิภาพในการระบายความร้อนเป็นสำคัญ ในห้องเผาไหม้ ส่วนมากจะมีลักษณะรูปร่างเป็นโดม (Dome - shape) เพื่อให้การเผาไหม้และการไล่ไอเสียเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ และมีตำแหน่งติดตั้งหัวเทียน (Spark plug) อยู่ตรงกึ่งกลาง โดยปริมาณของห้องเผาไหม้จะมีผลต่ออัตราส่วนการอัด (Compression ratio) โดยตรง



2. เสื้อสูบหรือกระบอกสูบ (Cylinder)

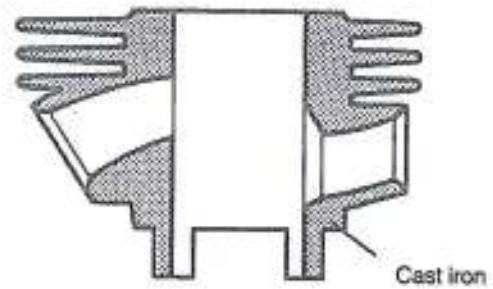
กระบอกสูบ ทำหน้าที่เป็นปลอกทำลูกสูบเคลื่อนที่ขึ้นลงและเป็นแหล่งผลิตกำลังงานของเครื่องยนต์ ด้านข้างของกระบอกสูบจะเป็นช่อง (Port) สำหรับไอดีและไอเสีย (Intake and exhaust port) ทั้งขนาดรูปร่างและตำแหน่งของช่อง มีผลต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์โดยตรง นอกจากนั้นเพื่อการระบายความร้อน ด้านข้างโดยรอบจะมีครีบบนระบายความร้อนเช่นเดียวกับฝาสูบ กระบอกสูบต้องทนความร้อนเป็นเลิศ ทนต่อการสึกหรอและแรงดัน นอกจากนั้นยังต้องระบายความร้อนออกได้รวดเร็วและไม่บิดเบี้ยวเสียรูปทรงเมื่อได้รับความร้อน ซึ่งวัสดุที่ใช้ทำเสื้อสูบและกระบอกสูบมีหลายชนิด เช่น



(1) เสื้อสูบและกระบอกสูบเหล็กหล่อ

(Cast iron cylinder)

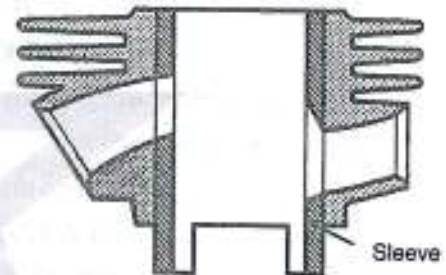
ทำจากเหล็กหล่อคุณสมบัติสูง(High grade) ใช้เครื่องมือกลผลิตได้ง่าย แต่มีน้ำหนักมาก จึงใช้กับเครื่องยนต์จักรยานยนต์ขนาดเล็ก(Small - size motorcycles)



(2) เสื้อสูบลูมิเนียมและกระบอกสูบเหล็กหล่อ

(Aluminum Cylinder with cast iron sleeve)

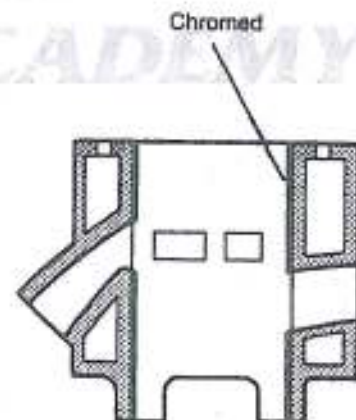
เสื้อสูบทำจากอลูมิเนียมหล่อ (Cast aluminum) โดยมี(กระบอกสูบ) (sleeve) ทำจากเหล็กหล่อชนิดพิเศษ (Special cast iron sleeve) สวมอยู่ด้วยวิธีการหล่อหรือใช้ความร้อน (Casting or Shrink - fitting) เมื่อเทียบกับเสื้อสูบเหล็กหล่อ เสื้อสูบที่ทำจากอลูมิเนียมหล่อจะระบายความร้อนได้ดีกว่าและน้ำหนักเบา กว่า จึงใช้กับเครื่องยนต์รถมอเตอร์ไซด์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ได้ (Medium and large - size motorcycles)



(3) เสื้อสูบและกระบอกสูบลูมิเนียม

(Aluminum alloy)

เสื้อสูบและกระบอกสูบลูมิเนียมทำจากอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy) ผงภายในกระบอกสูบลูมิเนียม จะถูกชุบแข็ง (Plated with hard chrome) ทำให้มีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติในการระบายความร้อนเป็นเลิศจึงนิยมใช้กับเครื่องแข่ง (Racing machines)



3. ลูกสูบ (Piston)

ลูกสูบเป็นชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ขึ้นลงภายในกระบอกสูบ โดยหัวลูกสูบเป็นส่วนหนึ่งของห้องเผาไหม้ ทำหน้าที่รับการถ่ายทอดพลังงานจากการระเบิดที่เกิดขึ้นที่หัวลูกสูบ ส่งผ่านก้านสูบไปหมุนเพลาลูกเบี้ยว นอกจากนี้ยังทำหน้าที่เปิดปิดช่องไอดีและช่องไอเสียด้วย

เนื่องจากลูกสูบได้รับแรงจากการระเบิด ด้วยอุณหภูมิและแรงดันสูงอยู่ตลอดเวลาและเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร็วสูง ดังนั้น ลูกสูบจึงต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญ คือ มีความแข็งแรงดีเยี่ยม, ระบายความร้อนได้ดี, เมื่อได้รับความร้อน เกิดการขยายตัวต่ำ ปัจจุบันนี้ ลูกสูบส่วนใหญ่ทำด้วยอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy) แต่เนื่องจากความแตกต่างของการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน เมื่อเทียบกับกระบอกสูบเหล็กหล่อ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาความแตกต่างของการขยายตัว จึงมีแนวคิดและวิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว โดยการเลือกใช้วัสดุและรูปร่างของลูกสูบ

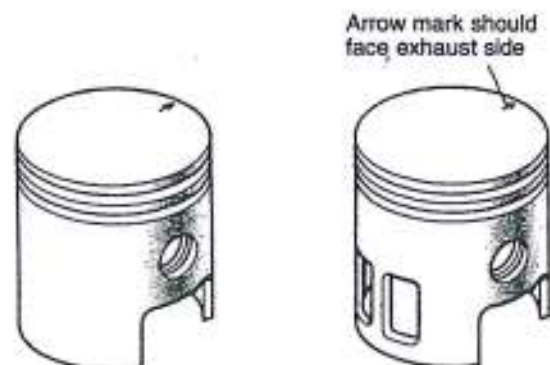
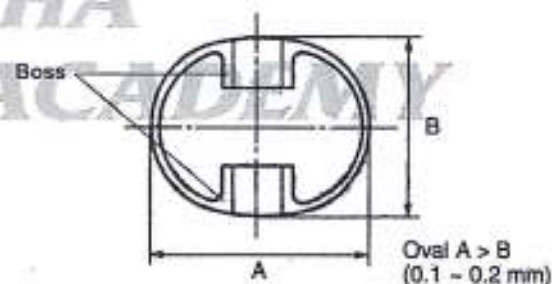
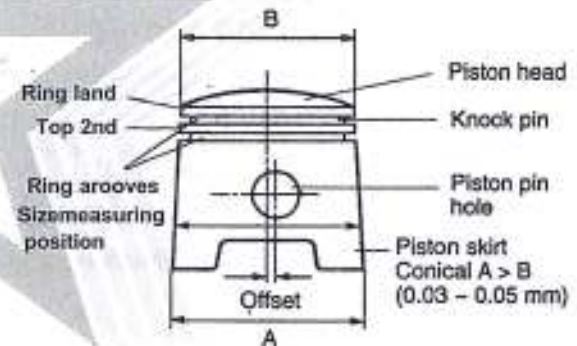
(1) วัสดุที่ใช้ทำลูกสูบ (Piston materials)

วัสดุโล - เอ็กซ์ (Lo - Ex) : เป็นอลูมิเนียมผสม ซิลิกอน ทองแดง นิกเกิลและแมกนีเซียมมีความทนทานต่อความร้อนได้ดี เมื่อเปรียบเทียบกับวัสดุซิลิกอนสูง (Hi si, "High silicone") ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อน (Coefficient of thermal expansion) สูงกว่าเล็กน้อย แต่ทนความร้อนได้ดีกว่า (นิยมใช้กับรถความเร็วสูง racer engine)

ไฮ - ซี (Hi - Si) : เป็นวัสดุอลูมิเนียมผสม แต่มีเปอร์เซ็นต์ซิลิกอนสูงกว่าวัสดุอื่น (High Silicone) ค่าสัมประสิทธิ์การขยายตัวทางความร้อนต่ำ แต่มีความทนต่อความร้อน (Heat resistance) ต่ำกว่า เมื่อเทียบกับวัสดุโล - เอ็กซ์ (Lo - Ex) จึงทำลูกสูบสำหรับรถทั่วไป

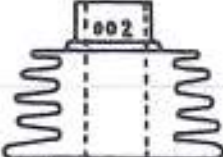
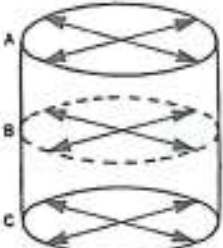
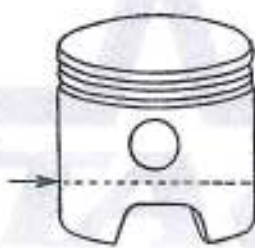
(2) รูปร่างของลูกสูบ (Shape of the piston)

ในความเป็นจริงลูกสูบมีทรงกรวย (Cone - shape) นั่นคือหัวลูกสูบจะมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าชายลูกสูบ (Piston skirt) ดังนั้นจึงเรียกว่า "ลูกสูบเรียว" (Taper piston) อุณหภูมิที่หัวลูกสูบได้รับในแต่ละจุด (Area) ไม่เท่ากัน ดังนั้นผลของความร้อนที่กระทำบนลูกสูบ ขึ้นอยู่กับพื้นที่หนึ่งไปยังอีกพื้นที่หนึ่ง (Area to area) ดังนั้นหัวลูกสูบที่ได้รับความร้อนอุณหภูมิสูงจากการเผาไหม้โดยตรง จะมีการขยายตัวมากกว่าที่ชายลูกสูบ (Piston head) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าชายลูกสูบ (Piston skirt) บริเวณบารองรับสลักลูกสูบ (Piston pin boss areas) จะต้องมีความแข็งแรงสูงกว่าบริเวณอื่น ดังนั้นบริเวณนี้จึงต้องทำให้หนากว่าบริเวณอื่นๆ เป็นเหตุให้บริเวณบารองรับสลักลูกสูบมีการขยายตัวมากกว่าบริเวณอื่นๆ ด้วย จึงต้องออกแบบให้หัวลูกสูบมีลักษณะเป็นรูปไข่ (Oval - shaped) เมื่อมองจากด้านบน (Topview) การสึกหรอของผนังกระบอกสูบ มีแนวโน้มเป็นลักษณะรูปไข่ (Oval - shaped) เนื่องจากการตบข้าง (Side thrust) ของลูกสูบ อันเนื่องมาจากก้านสูบ (Piston pin) เบี่ยงไปจากแนวศูนย์กลาง (Offset) ระยะการเบี่ยงศูนย์กลางและตำแหน่งของสลักลูกสูบค่อนข้างคงที่ทางช่องไอดีและช่องไอเสีย ขึ้นอยู่กับขนาด รูปร่าง และความสมดุลน้ำหนักของลูกสูบร่องแหวน (Piston ring grooves) บนลูกสูบจะเป็นตัวยึด (Fitted) แหวนลูกสูบ, ป้องกันไม่ให้แหวนหมุนไปขัดกับช่องไอดีและช่องไอเสียขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน



(3) ระยะห่างลูกสูบ (Piston clearance)

ระยะห่างระหว่างลูกสูบกับผนังของกระบอกสูบ เรียกว่า "ระยะห่างลูกสูบ" (Piston clearance) ระยะห่างนี้มีความจำเป็นมาก เพื่อป้องกันลูกสูบติดตายกับกระบอกสูบ เนื่องจากการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน ถ้าระยะห่างนี้มากเกินไปจะเกิดเสียงดังที่ลูกสูบ การรั่วของแก๊สภายในกระบอกสูบ และถ้าระยะห่างน้อยเกินไปเครื่องยนต์จะร้อนจัดและเป็นเหตุให้ลูกสูบติด (Seizure) ระยะห่างของลูกสูบ คำนวณโดยนำขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลูกสูบ (Piston outside diameter) ไปลบออกจากขนาดความโตของกระบอกสูบ (Cylinder bore diameter) ก็จะได้ระยะห่างของลูกสูบ

Calculation of piston clearance For example, in the case of a 50 cc the bore diameter is 40 mm.  Cylinder bore diameter: 40.002 mm  Piston outside diameter: 39.978 mm $\begin{array}{r} 40.002 \\ - 39.978 \\ \hline 0.024 \text{ mm} \end{array}$ Clearance is 24μ  The size of a piston spare part is shown in two digits.		In some cases, in place of figures, A, B and C are used to indicate the piston and cylinder sizes. When a piston and a cylinder of "A", "B" or "C" are used in combination, the proper clearance can be obtained.  A < B < C
 Cylinder measurement  Piston size Cylinder measurement Piston size		

4. แหวนลูกสูบ (Piston ring)

แหวนลูกสูบทำจากเหล็กหล่อพิเศษ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางจะใหญ่กว่าเส้นผ่านศูนย์กลางลูกสูบเล็กน้อย ประกอบอยู่ในร่องบนลูกสูบและแนบสนิทกับผนังกระบอกสูบด้วยความเป็นสปริงของตัวเองและด้วยแรงดันในกระบอกสูบ ทำหน้าที่ป้องกันไม่ให้เกิดที่ที่เกิดจากการเผาไหม้และแก๊สจากการอัดตัว และยังช่วยถ่ายเทความร้อนจากลูกสูบไปยังกระบอกสูบ

โดยทั่วไปใช้แหวนอัด(Compression rings) 2 ตัว คือ แหวนอัดบน (Top ring) และแหวนอัดตัวที่สอง(รอง) (Second ring)

(1) แหวนอัดบน (Top ring)

แหวนอัดบน (Top ring) จะชุบเคลือบผิวด้วยโครเมียม จึงมีความทนทานต่ออุณหภูมิสูงและความดันสูง และยังมีความต้านทานต่อการสึกหรอได้ดีเยี่ยม การเคลือบเทฟลอน (Teflon coating) ช่วยให้แหวนแนบสนิทกับกระบอกสูบดี

(2) แหวนอัดตัวรองตัวที่สอง (Second ring)

แหวนอัดตัวล่างทำหน้าที่เหมือนกับแหวนอัดตัวบน (Top ring) และยังช่วยให้ น้ำมันหล่อลื่นเกาะติดเป็นฟิล์ม (Oil Film) เพื่อการหล่อลื่น นอกจากนี้ยังผ่านกรรมวิธีพิเศษ (Special treatment) เพื่อให้แหวนสึกแนบสนิทติดกับกระบอกสูบในระยะเวลาอันสั้น (Fast wear-in)

(3) แหวนรองอัด (Expander ring)

แหวนรองอัดอยู่ในร่องแหวนระหว่างแหวนอัดและลูกสูบ เพื่อเพิ่มแรงกด (Ring tension) ของแหวนอัดต่อผนังกระบอกสูบทำให้สัมผัสกันแนบสนิทยิ่งขึ้น ป้องกันการรั่วนอกจากนี้ยังช่วยลดเสียงดังจากแหวนลูกสูบด้วย

(4) รูปร่างแหวนลูกสูบ (Shape of piston ring)

รูปร่างของแหวนลูกสูบแบ่งได้หลายแบบ ดังนี้คือแบ่งตามลักษณะหน้าตัดของแหวน (Cross section) หรือแบ่งตามลักษณะปากแหวน (Ring and shape) รูปร่างของแหวนลูกสูบแบ่งตามลักษณะหน้าตัดของแหวนมีดังนี้

○ หน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า (Plain type)

เป็นแหวนลูกสูบแบบธรรมดาที่มีใช้งานทั่วไปมากที่สุด

○ หน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู (Keystone type)

หน้าตัดของแหวนจะมีลักษณะเป็นสี่เหลี่ยมคางหมู ถูกออกแบบมาเพื่อให้แรงดันจากการเผาไหม้ดันให้แหวนแนบชิดกับผนังกระบอกสูบได้ง่าย และการเคลื่อนที่เข้าและออกภายในร่องแหวนเป็นการป้องกันไม่ให้เขม่าเกาะตัวสะสมอยู่ในร่องแหวน ทำให้แหวนไม่ติดตายอยู่ในร่องแหวน

○ หน้าตัดรูปตัว L (L - shaped ring)

แหวนแบบนี้พื้นที่สัมผัสกับผนังกระบอกสูบจะเพิ่มมากขึ้น ทำให้ป้องกันการรั่วไหลได้ดี (Good sealing) อย่างไรก็ตามเมื่อพื้นที่สัมผัสมีมากขึ้น ความต้านทานของแหวนก็มากขึ้นด้วย แหวนแบบนี้จึงไม่เหมาะสมกับเครื่องยนต์ความเร็วสูง (High speed engine)

คำศัพท์จากรูป

plain ring = แหวนหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้า

Keystone ring = แหวนหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู

L - shaped ring = แหวนหน้าตัดรูปตัว L

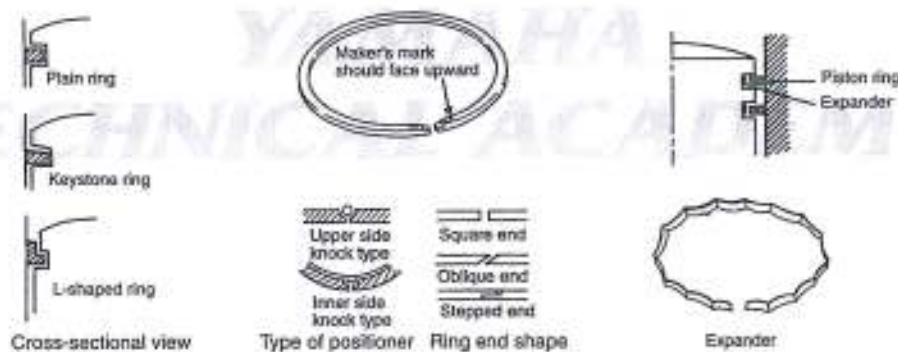
Marker & mark should face upward = ให้หางด้านที่มีเครื่องหมายมาร์คขึ้นบน

Cross - sectional view = ภาพหน้าตัด

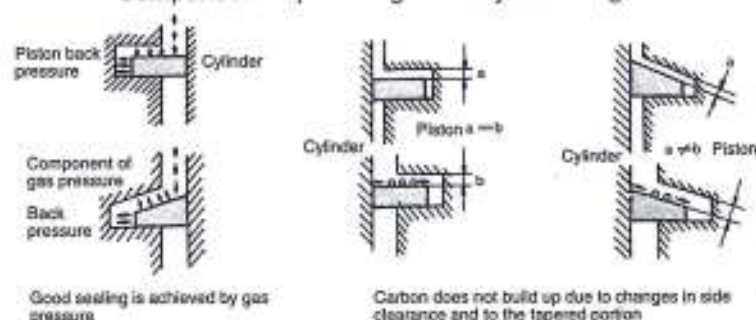
Compare of plain ring and keystone ring = เปรียบเทียบระหว่างแหวนแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมผืนผ้ากับแหวนแบบหน้าตัดสี่เหลี่ยมคางหมู

Good sealing is achieved by gas pressure = ป้องกันการรั่วไหลของแรงดันแก๊สได้ดี

Carbon does not build up due to changes in side clearance and to the tapered portion = เขม่าไม่เกาะเนื่องจากรูปทรงของช่องมีลักษณะลาดเอียง (tapered portion)



Comparison of plain ring and keystone ring

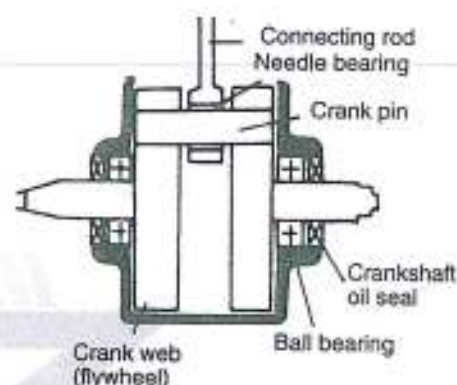
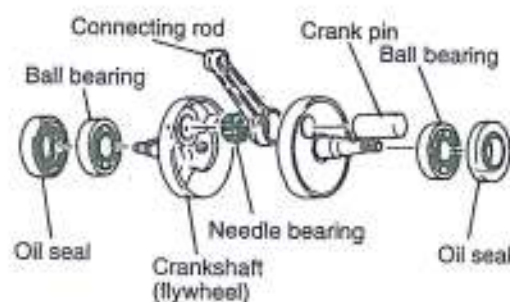


5. เฟลาข้อเหวี่ยงและก้านสูบ

(Crankshaft and connecting rod)

ข้อเหวี่ยง (Crank) จะเปลี่ยนการเคลื่อนที่เชิงเส้นตรง (Linea motion) ไปเป็นการหมุน (Rotary motion) ขณะเดียวกันยังทำหน้าที่เป็นล้อช่วยแรง (Flywheel) ด้วย โดยทำให้ความเร็วต่อเนื่องคงที่ไม่ขึ้น - ลง ชุดเฟลาข้อเหวี่ยงประกอบด้วยเฟลาข้อเหวี่ยงพร้อมล้อช่วยแรง (Crankshaft integrated with the flywheel) ก้านสูบ (Connecting rod) สลักเฟลาข้อเหวี่ยง (Crank pin) และแบร้งก้านสูบด้านใหญ่ (Large - end bearings)

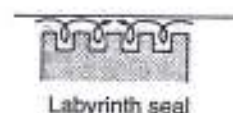
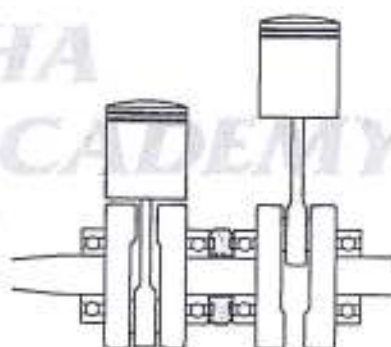
Single-cylinder crankshaft (assembly type)



เฟลาข้อเหวี่ยงสำหรับเครื่องยนต์ 2 สูบ (Twin - cylinder engine) จะสวมอัดเข้าด้วยกันที่จุดศูนย์กลาง ด้วยร่องปลายเฟลา (Splined) และสลักเฟลาข้อเหวี่ยงทำมุมเยื้องกัน 180 องศา เป็นการเพิ่มแรงเฉื่อยของล้อช่วยแรง (Flywheel inertia) และลดการสั่นสะเทือน (Vibration) ซึ่งเกิดจากการหมุน (Rotation) ล้อช่วยแรงจะถูกเจาะรูหรือถ่วงด้วยตะกั่วหรือทองแดง เพื่อให้เกิดความสมดุล (Flywheel balance) ตัวเฟลาข้อเหวี่ยงจะมีลูกปืนกลม (Ball bearing) รองรับที่ปลายทั้งสองข้าง

จากนั้นจะมีซีลน้ำมัน (Oil seal) อัดอยู่ด้านนอกแบร้งทั้งสอง เพื่อไม่ให้เกิดการรั่วออกจากห้องแครง (Crank chamber airtight)

Twin-cylinder 180° crankshaft (assembly type)



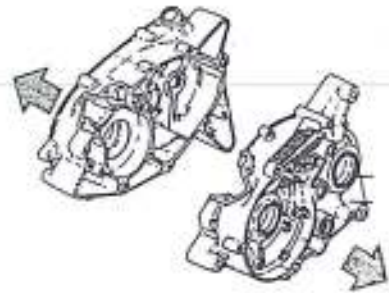
6. ห้องแครง (Crankcase)

ห้องแครงทำด้วยอลูมิเนียมหล่อ (Aluminum die casting) ซึ่งเป็นวัสดุผสมน้ำหนักเบา ห้องแครงถอดแยกได้ 2 ส่วน ได้แก่ ฝาบน (Upper halves) และฝาด้านล่าง (Lower halves) หรือฝาด้านซ้าย (Left halves) กับฝาด้านขวา (Right halves) ฝาทั้ง 2 ด้าน ทำหน้าที่ห่อหุ้มและรองรับเพลาช้อเหวียง คลัตช์ และเฟืองต่างๆ การประกอบฝา (Mating surface) ทั้งสองใช้น้ำยาซีล (Sealant or packing) ทาที่ผิวหน้าที่จะประกบกัน ก่อนการประกบเพื่อให้ประกบกันได้แนบสนิท เป็นการป้องกันแรงอัดและน้ำมันหล่อลื่นไม่ให้รั่วไหล เมื่อประกบกันเรียบร้อยแล้ว ด้านนอกของฝาทั้งสองจะมีฝาครอบหรือฝาปิด (Case cover) ด้านบนจะมีเสื้อสูบยึดติดอยู่ ชิ้นส่วนที่หมุนอยู่ภายใน จะมีเบร้งและบูชรองรับและมีซีลน้ำมันอัดปิดด้านนอกเบร้งทั้งสอง เพื่อไม่ให้อากาศรั่วไหลออกนอกห้องแครงค์และยังมีซีลสำหรับของเหลวและแก๊ส มาซีลผิวหน้าของชิ้นส่วนที่ไม่มีการเคลื่อนที่ด้วย (Sealing non - moving surface)

(1) ห้องแครงแบบแยกตามแนวนอน

(Horizontally split type crankcase)

ห้องแครงแบบนี้ นิยมใช้กับเครื่องยนต์สูบเดี่ยว (Single cylinder engine) การถอดต้องใช้เครื่องมือพิเศษ (Special tools)

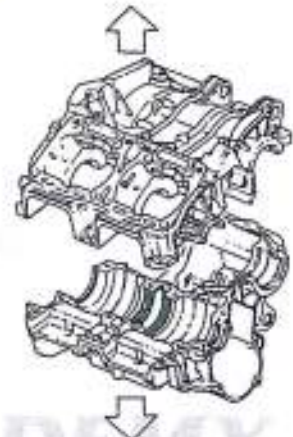


Horizontally split type crankcase

(2) ห้องแครงแบบแยกตามแนวตั้ง

(Vertically split type crankcase)

ห้องแครงแบบนี้ ใช้โดยทั่วไปกับเครื่องยนต์หลายสูบ (Multi cylinder engine) เมื่อนำมาเปรียบเทียบกับแบบแยกตามแนวนอน แบบแยกตามแนวตั้งจะประกบฝาได้ง่ายกว่า ปัญหาการรั่วที่ผิวหน้าประกบมีน้อยกว่า ประกอบเบร้งได้ง่ายกว่าอีกทั้งการถอดประกอบ ไม่จำเป็นต้องใช้เครื่องมือพิเศษ และการบำรุงรักษาก็ง่ายกว่าด้วย



Vertically split type crankcase

(3) การขันแน่น และแรงบิดในการขันโบลท์และนัทให้แน่น

(Tightening order and tightening torque of bolt and nut)

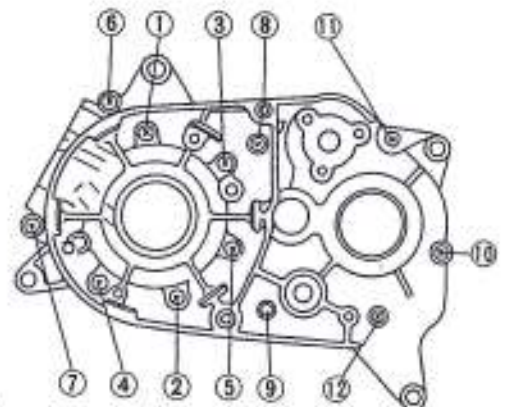
เมื่อมีโบลท์และนัทหลายตัวที่ต้องขัน มีกฎทั่วไป 2 ข้อ คือ ข้อแรกต้องขันนัทและโบลท์คู่ที่อยู่ตรงกันข้าม ข้อสุดท้าย คือถ้ามีการกำหนดความแน่นในการขันหรือกำหนดแรงที่ใช้ขัน (Tightening order is specified) ก่อนขันให้แน่นตามกำหนด ต้องตรวจสอบการทำงานของแต่ละส่วนก่อนเสมอ

กฎในการขัน (Tightening rule)

: ขันจากด้านในไปยังด้านนอก (From inside to outside)

กฎในการคลาย (Loosening rule)

: ขันจากด้านนอกไปยังด้านใน (From outside to inside)



(Example of tightening torque order)

7. แบริ่งและซีลน้ำมัน

แบริ่ง

แบริ่ง.....ที่รองรับเพลลาให้อยู่ในตำแหน่งและลดความต้านทานความฝืด

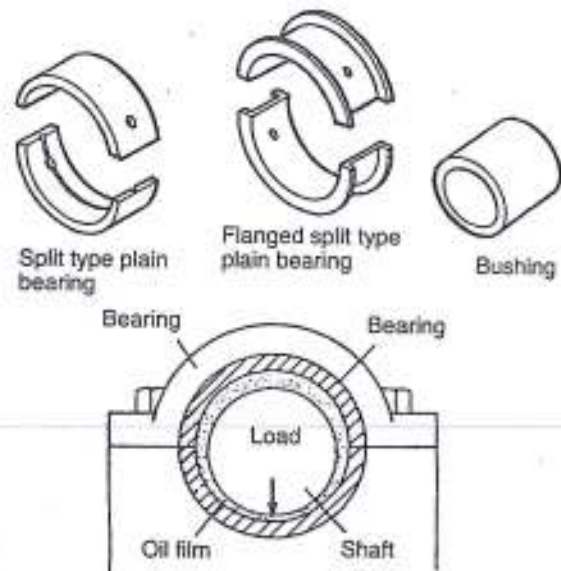
① ชนิดและการใช้งานของแบริ่ง

◦ แบริ่งธรรมดา สามารถรับภาระหนักๆ ได้แต่ต้องมีน้ำมันหล่อลื่นบางๆ แทรกอยู่ระหว่างเพลากับแบริ่ง เพื่อลดความฝืดของชิ้นส่วนทั้งสองประกออบสุมที่ทำด้วยเหล็กจะเรียกว่าบูช ซึ่งใช้เป็นแบริ่งของเพลาลูกเบี้ยวและสลักลูกสูบ

◦ แบริ่งลูกปืนกลม, แบริ่งลูกปืน

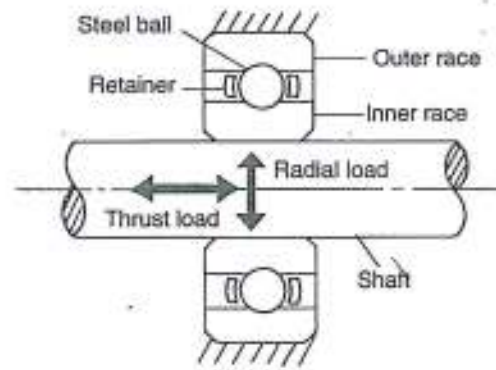
แบริ่งลูกปืนกลม รับภาระ ในแนวรัศมีได้ดี(ภาระที่มากกระทำในแนวตั้งฉากกับแกนของเพลลา)นอกจากนั้น ยังรับภาระในแนวแกนได้ดีอีกด้วยดังนั้น แบริ่งลูกปืนกลมจึงใช้ในห้องเกียร์

แบริ่งลูกปืนรับภาระในแนวรัศมีซึ่งรับภาระได้เฉพาะแนวรัศมี แต่รับภาระในแนวแกนไม่ได้แบริ่งรับภาระในแนวแกนได้แก่ ลูกปืนกลมกันรุน (Thrust ball bearings) ซึ่งรับภาระได้เฉพาะแนวแกนแต่รับภาระในแนวรัศมีไม่ได้ส่วนลูกปืนยาวกันรุน (Thrust roller bearings) ซึ่งรับภาระได้เฉพาะแนวนอนแต่รับภาระแนวรัศมีไม่ได้



2. ลูกปืน (Ball bearing)

ลูกปืนรับภาระ(Load) ในแนวรัศมี(ตั้งฉากกับแกนเพลลา) และยังรับภาระ(Load) ในแนวแกนได้ด้วย(thrust load) โดยทั่วไปจะนิยมใช้รองรับภาระที่กระทำในแนวรัศมี (Radial Load)



*เลขรหัสของลูกปืน (Bearing identification)

ชนิดของลูกปืน (Bearing type)	6	-	2	-	04	-	C3.....	แบบริงที่มีช่องว่าง (Clearance)
ภาระสูงสุดที่รับได้ (Max load)							D.....	ด้านหนึ่งเป็นซีลยาง (Rubber seal)
เส้นผ่านศูนย์กลางภายใน (Bearing inner diameter)							DD.....	มีซีลยางทั้ง 2 ด้าน
							Z.....	ด้านหนึ่งมีชีลด์ (Sheet steel shield) คล้ายกับซีลแต่ชีลด์จะทำหน้าที่ป้องกันฝุ่นเศษผงที่เป็นของแข็ง ส่วนซีลจะป้องกันของเหลว+ก๊าซ
							ZZ.....	มีชีลด์ทั้ง 2 ด้าน

ข้อแนะนำในการใช้แบริ่ง (Notice about bearing handling)

- ① เลือกใช้แบริ่งให้ถูกต้องทั้งชนิดของแบริ่งและขนาดของแบริ่ง(ไม่ใช่ผิดชนิดและขนาด)
- ② ถ้าติดตั้งแบริ่งเข้ากับโครง(Case) ให้ใช้แรงดันที่ขอบนอกของแบริ่ง (Outer race)
ถ้าติดตั้งแบริ่งเข้ากับเพลลา(Shaft) ให้ใช้แรงดันที่ขอบในของแบริ่ง(Inner race)
- ③ ในระหว่างติดตั้งต้องให้ได้ระดับ(ไม่เอียง) (Levelness)
- ④ ให้หมุนแบริ่งเพื่อตรวจเช็คดูว่าแบริ่งติดขัด(Catching) หรือมีเสียงผิดปกติ(abnormal noise)หรือไม่
- ⑤ ต้องทาสารหล่อลื่น(Lubrication) ที่ถูกต้องทั้งก่อนและหลังการติดตั้ง
- ⑥ การเก็บแบริ่ง(Storing) ต้องห่อด้วยกระดาษน้ำมัน(Oil paper) เพื่อป้องกันฝุ่นเกาะ (dust)

2. ซีลน้ำมัน(Oil seal)

ซีลน้ำมันเป็นเครื่องมือ(Device) ป้องกันน้ำมันหล่อลื่นรั่วตามเพลลาหรือป้องกันไม่ให้น้ำมันจากข้างนอกเข้ามาข้างใน ใช้ซีลที่ห้องแครงและป้องกันสารแปลกปลอมเข้ามาข้างในห้องแครง ซีลน้ำมันมีอยู่หลายชนิด ขึ้นอยู่กับรูปร่าง ขนาดวัสดุ (Form,size material) และอื่นๆ เลือกใช้ให้ถูกต้องตำแหน่งและถูกเงื่อนไขการใช้งาน (Working condition)

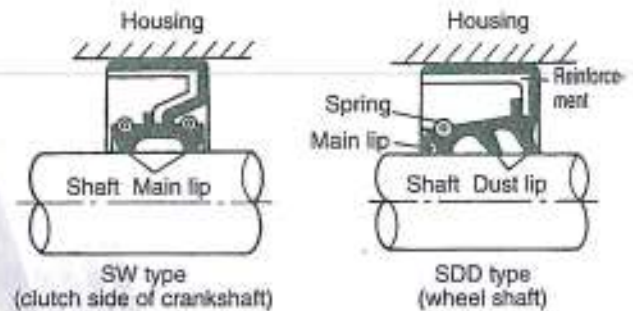
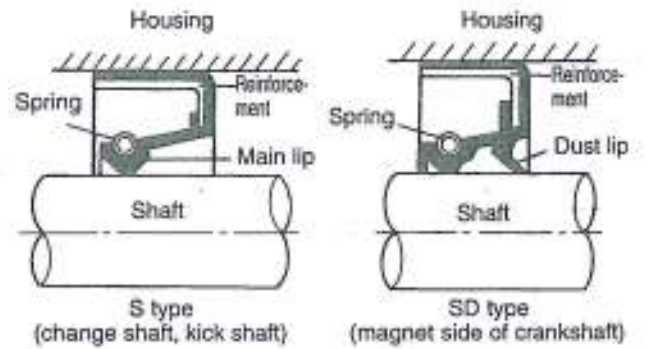
1 โครงสร้างและหน้าที่ของซีลน้ำมัน

(Construction and function of an oil seal)

ซีลน้ำมันทำจากยางสังเคราะห์(Synthetic nitrile rubber) และแหวนเสริมให้แข็งแรง (Reinforcing ring) ประกอบด้วยส่วนที่เป็นเมนลิป(Main lip) ซึ่งทำหน้าที่ป้องกันฝุ่น(Dust) แหวนเสริมความแข็งแรง (Reinforcing ring) เพื่อเสริมให้แข็งแรงและคงรูป และสปริง ซึ่งออกแรงกดที่เมนลิป (Main lip) อย่างเหมาะสม

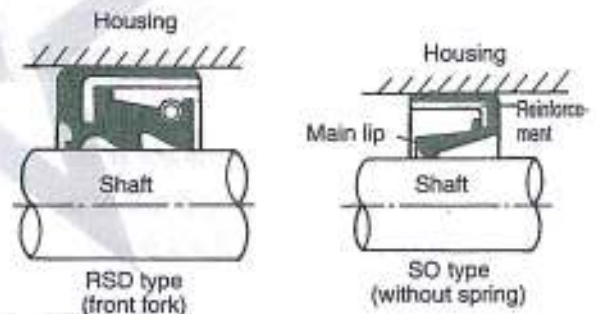
การที่ซีลจะทำงานไม่ใช่แค่เมนลิป(Main lip) ป้องกันไม่ให้น้ำมันรั่วทางเพลานั่นแต่ยังเป็นการป้องกันการรั่วออกในกรณีอื่นๆด้วย

คุณสมบัติของยางสังเคราะห์มีความแตกต่างกันตามสิ่งที่เพิ่มเติมเข้าไป(Additive) เพื่อให้ได้คุณสมบัติตามต้องการ คือ ทนความร้อน, การสึกกร่อน และทนกรด ถ้าต้องการให้ทนความร้อนสูงและทนการสึกหรอสูง ผิวของเมนลิป(Main lip) ต้องเคลือบด้วยเทฟลอน ดังเช่นซีลน้ำมันของห้องแครง



2 ชนิดของซีลน้ำมัน (Oil seal)

ซีลน้ำมันมีหลายชนิดมาก ขึ้นอยู่กับจำนวนเมนลิป(Main lip) จำนวนดัสต์ลิป(Dust Lips), มีสปริงหรือไม่ มีสปริง, มีแหวนเสริมความแข็งแรง(Reinforcing ring) ขนาด (เส้นผ่าศูนย์กลางภายในและภายนอก และความกว้าง) และส่วนประกอบของยาง(Rubber composition)



การบอกขนาดของซีลน้ำมัน (Oil seal dimension indication)

S	- 28	- 47	- 7
ชนิด	เส้นผ่าศูนย์กลางภายใน	เส้นผ่าศูนย์กลางภายนอก	ความกว้าง

ข้อแนะนำเกี่ยวกับซีลน้ำมัน (Notice about oil seal handling)

- ต้องแน่ใจว่าใช้ถูกชนิดและขนาด
- ต้องแน่ใจว่าทิศทางการติดตั้งถูกต้อง
- ต้องแน่ใจว่าสปริงไม่หลุดหาย (บางชนิดไม่มีสปริง)
- ตรวจสอบว่ามีลิป (Lip) เสียหายหรือไม่ (ทำความสะอาดลิป)
- ระหว่างที่ติดตั้งต้องให้ได้ระดับ(Levelness)
- ให้การหล่อลื่น(Lubricate) ที่ลิป(Lip) อย่างเพียงพอ
- ตรวจสอบเสียง(Burr) ที่เพลลา, ตรวจสอบร่องเพลลา(Spline) ที่อาจจะเสียหาย
- การเก็บรักษา(Storing) ซีลน้ำมัน ห่อด้วยกระดาษน้ำมัน(Oil paper) และอื่นๆไม่ให้ฝุ่นเกาะ

ซีลชนิดที่เคลือบเทฟลอน (Spiral seal with teflon lip) (สำหรับเพลลาข้อเหวี่ยง)

ลิป (Lip) ของซีลน้ำมันทำจากเทฟลอน ซึ่งทนความร้อน, ทนแรงดัน (Baked by special method) แล้วจึงขึ้นรูปเป็นซีลชนิด(Spiral seal) (มีร่องลิป) จึงเพิ่มความทนทานและเพิ่มความสามารถในการซีล (Sealing ability)

[4] การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Operation of the Four - Stroke Engine)

1. การทำงานของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Operation of the Four - Stroke Engine)

(1) จังหวะดูด(Intake stroke)

ขณะที่ลูกสูบเลื่อนลง (Move down) แรงดันภายในห้องเผาไหม้จะลดลง เมื่อลิ้นไอดี (Intake valve) เปิด ไอดีจึงถูกดูดจากคาร์บูเรเตอร์เข้ามาในห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดไอดี (Intake efficiency) ลิ้นไอดีจะเปิดก่อนที่ลูกสูบจะเริ่มเลื่อนขึ้นไปถึงจุด TDC เล็กน้อย และปิดเมื่อลูกสูบเริ่มเลื่อนจากจุด BDC ดังนั้นช่วงการเปิดไอดีจึงนานขึ้น ทำให้ดูดไอดีได้มากขึ้น

(2) จังหวะอัด(Compression Stroke)

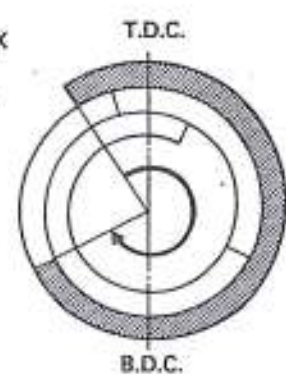
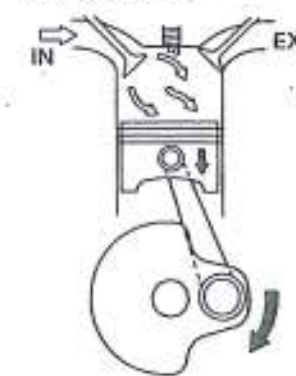
ขณะที่ลูกสูบเลื่อนขึ้น ลิ้นไอดี (Intake valve) ปิดและลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) ก็ยังคงปิดอยู่ ทำให้ไอดีในห้องเผาไหม้ถูกอัด จนกระทั่งลูกสูบเลื่อนขึ้นเกือบจะถึงจุด TDC จุดนี้แรงดันและอุณหภูมิสูง พอทำให้ไอดีลุกไหม้ได้ ถ้ามีประกายไฟมาจุด การลุกไหม้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว

(3) จังหวะระเบิด (Power ,Explosion stroke)

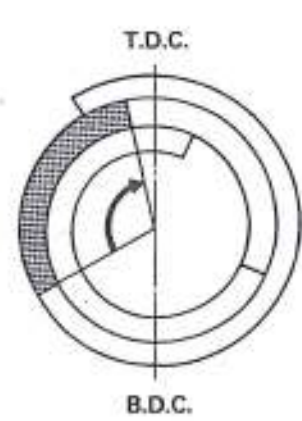
ขณะที่เกือบจะสิ้นสุดจังหวะอัดนั้น หัวเทียนจะจุดระเบิดทำให้เกิดการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว และเกิดแรงดันจากการเผาไหม้ ไปดันให้ลูกสูบเลื่อนลง จึงเกิดการส่งถ่ายกำลังผ่านก้านสูบไปหมุนเพลาลูกเบี้ยว ทำให้เกิดการหมุน

(4) จังหวะคาย (Exhaust Stroke) ขณะที่ลูกสูบเลื่อนลง ก่อนถึง BDC เล็กน้อย ลิ้นไอเสียจะเปิดไอเสียในห้องเผาไหม้จะไหลพุ่งออกเป็นการเริ่มต้นจังหวะคาย ขณะที่ลูกสูบเลื่อนขึ้นจาก BDC ลูกสูบจะดันไล่ไอเสียที่ยังค้างในกระบอกสูบออกไปหลังจากลูกสูบเริ่มเลื่อนลงจาก TDC ลิ้นไอเสียจะปิด และไอดีเริ่มไหลเข้ามาสู่กระบอกสูบ (ก่อนที่ลูกสูบจะถึง TDC เล็กน้อย ลิ้นไอดีจะเปิด) จึงเป็นการเริ่มจังหวะดูดใหม่

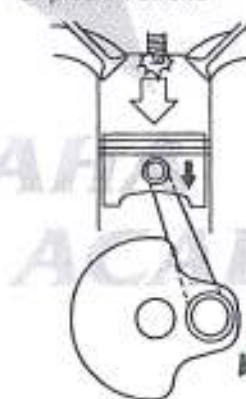
Intake stroke



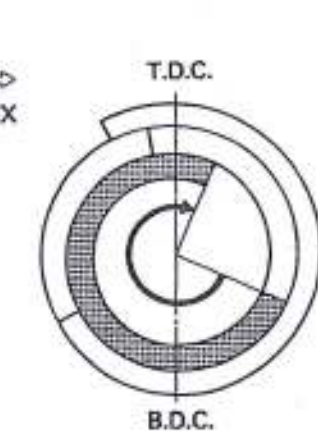
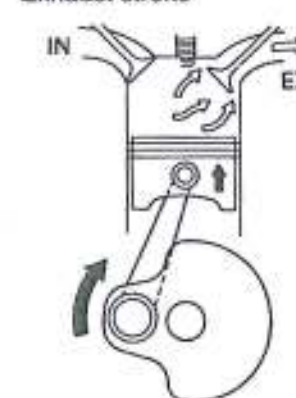
Compression stroke



Explosion stroke



Exhaust stroke



2. ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น (Valve timing)

ตำแหน่งการเปิดปิดลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย ซึ่งสัมพันธ์กับตำแหน่งของลูกสูบ เรียกว่า "ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น" (Valve timing) สำหรับตำแหน่งของลูกสูบ จะเรียกเป็นจำนวนองศา ก่อนหรือหลัง TDC และ BDC โดยเทียบกับมุมเพลาคือเหวี่ยง (Crank angle) ที่หมุนไปไคอะแกรม (Diagram) ที่แสดงความสัมพันธ์ของการเปิดปิดลิ้นกับตำแหน่งของลูกสูบ โดยเทียบกับ TDC และ BDC เรียกว่า "Valve Timing Diagram"

- เกี่ยวกับคำว่า "Valve Overlap" คือ ช่วงที่ลิ้นไอดีและไอเสียเปิดอยู่พร้อมกันใกล้ TDC ซึ่งการเปิดซ้อนกันอยู่เป็นช่วงปลายจังหวะคายกับจังหวะดูด ซึ่งช่วงนี้ไอดีจะเข้ามาไล่ไอเสียที่ตกค้างออกไป จึงเป็นการเพิ่ม ประสิทธิภาพในการคายไอเสีย (Exhaust efficiency) และขณะเดียวกันแรงเฉื่อยของไอดี ก็จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดไอดี "Intake efficiency"
- ตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น จะเปลี่ยนแปลงตามคุณสมบัติและวัตถุประสงค์ในการนำรถจักรยานยนต์ไปใช้งาน

ศัพท์ในตาราง

B.T.D.C. = Before top dead center (ก่อน TDC)

A.B.D.C. = After Bottom Dead center (หลัง BDC)

A.T.D.C. = After T.D.C.

B.B.D.C. = Before B.D.C.

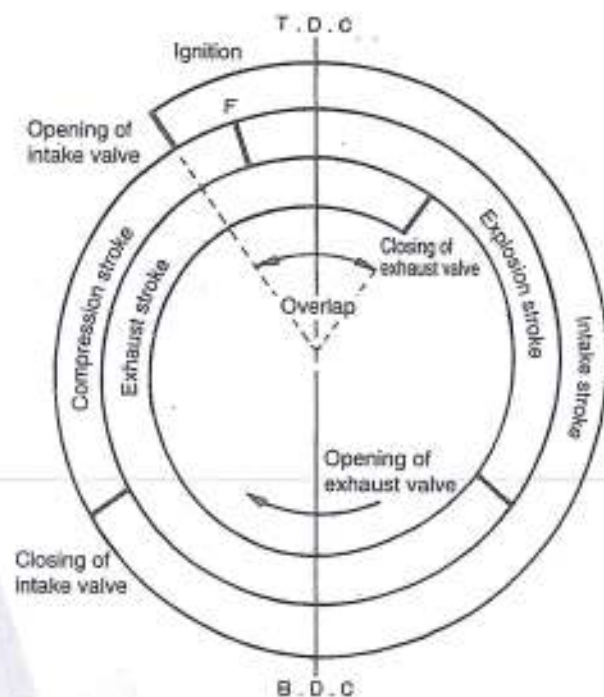
3. แบบและลักษณะของกลไกบังคับลิ้น

(Types and features of valve trains)

กลไกบังคับลิ้นให้เคลื่อนขึ้นลงหรือปิดและเปิด มีอยู่ 4 แบบ ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างและหน้าที่การทำงานดังนี้

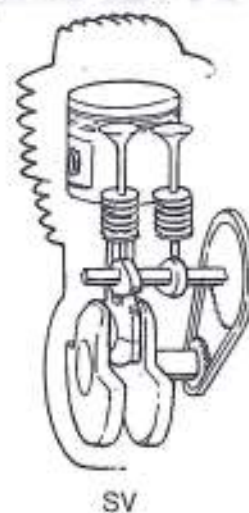
(1) แบบลิ้นด้านข้าง (Side valve type, SV)

- ลูกเบี้ยว (Cams) ติดตั้งอยู่เหนือและรับแรงขับเคลื่อนจากเพลาคือเหวี่ยง (Crankshaft) ทำหน้าที่เคาะลูกเบี้ยวกระทุ้งลิ้น (Tappets) ให้เคลื่อนขึ้น ทำให้ลิ้นทำงานเปิดและปิด
- ลิ้น (Valve) ติดตั้งด้านข้างของลูกสูบ จึงทำให้ปริมาตรห้องเผาไหม้มากกว่าแบบอื่น ๆ จึงไม่สามารถสร้างเป็นเครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูง (High compression ratio) และเครื่องยนต์กำลังสูง (High engine power) ได้
- กลไกบังคับลิ้นแบบนี้ เหมาะสำหรับเครื่องยนต์รอบต่ำ (Low speed engine) เพื่อใช้เป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรอุตสาหกรรม (Industrial machines)



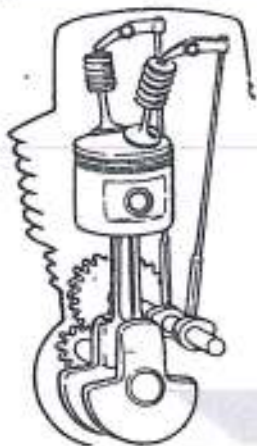
○ Valve timing diagram

	Open	Close	Valve opening
Intake	B.T.D.C.	A.B.D.C.	
Exhaust	B.B.D.C.	A.T.D.C.	
Overlap			

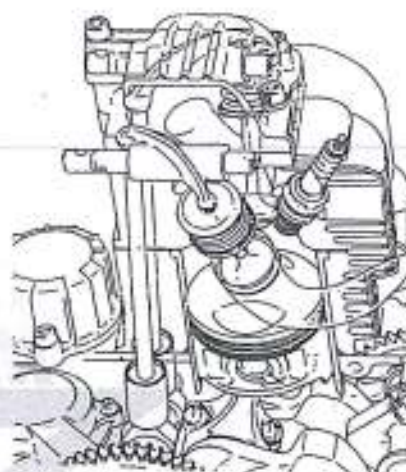


(2) แบบลิ้นบนฝาสูบ (Over Head Valve Type) O.H.V.

- แบบนี้ต่างจากแบบลิ้นด้านข้าง ที่ตำแหน่งการติดตั้งของลิ้น โดยลิ้นติดตั้งอยู่เหนือลูกสูบและทำงานเปิดปิด โดยกระเดื่อง(Rocker arms) ดังนั้นปริมาตรห้องเผาไหม้จึงสร้างให้เล็กลงได้ ทำให้สามารถสร้างเป็นเครื่องยนต์อัตราส่วนการอัดสูง (High compression ratio) และเครื่องยนต์กำลังสูง (High engine power) ได้
- เนื่องจากต้องใช้ก้านกระทุ้งลิ้น(Push rods) และกระเดื่อง (Rocker arms) จึงทำให้ต้องมีชิ้นส่วนส่งกำลังเพิ่มขึ้น ดังนั้นการทำงานของลิ้นที่ความเร็วสูงๆจึงมีประสิทธิภาพต่ำ(Unstable)
- กลไกบังคับลิ้นแบบนี้ เหมาะสำหรับเครื่องยนต์แบบสูบตัว V (V - type engine) และเครื่องยนต์แบบสูบนอนตรงกันข้าม(Horizontally - opposed piston type engine)



O.H.V



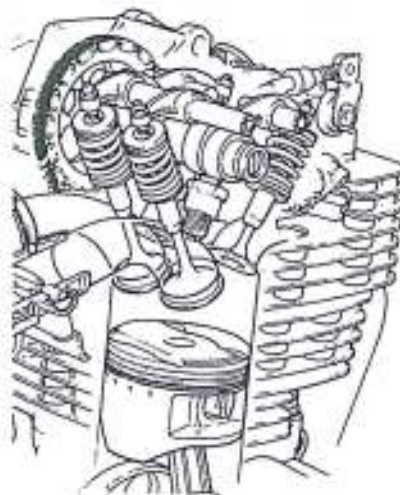
O.H.V

(3) แบบเพลาราวลิ้นบนฝาสูบ (Single Over Head camshaft type - S.O.H.C.)

- แบบนี้เพลาราวลิ้นติดอยู่บนฝาสูบ รับแรงขับผ่านโซ่ขับ (Cam chain) และทำงานเปิดปิดด้วยกระเดื่อง (Rocker arms) โดยตรง จึงไม่จำเป็นต้องใช้ก้านกระทุ้งลิ้น (Push rods)
- กลไกบังคับลิ้นมีชิ้นส่วนน้อยกว่า ดังนั้นการทำงานของลิ้นจึงมีประสิทธิภาพ (Stable) ที่ความเร็วสูงๆ
- แบบนี้ใช้เพลาลูกเบี้ยวเพียงเพลาดียว ดังนั้นจึงเรียกเครื่องยนต์ที่ใช้กลไกแบบนี้ว่า "เครื่องยนต์แบบเพลาลูกเบี้ยวลิ้นบนฝาสูบ" (Single Over Head Camshaft engine, S.O.H.C.)



S.O.H.C (2-valve)



S.O.H.C (4-valve)

(4) แบบเพลาลูกเบี้ยวคู่บนฝาสูบ

(Double Over Head Camshaft type) (D.O.H.C.)

*แบบนี้ลิ้นไอดีและไอเสีย ทำโดยตรง (Direct push type) จากเพลาลูกเบี้ยว 2 เพลาที่แยกกัน จึงไม่ต้องใช้กระเดื่อง(Rocker arms)

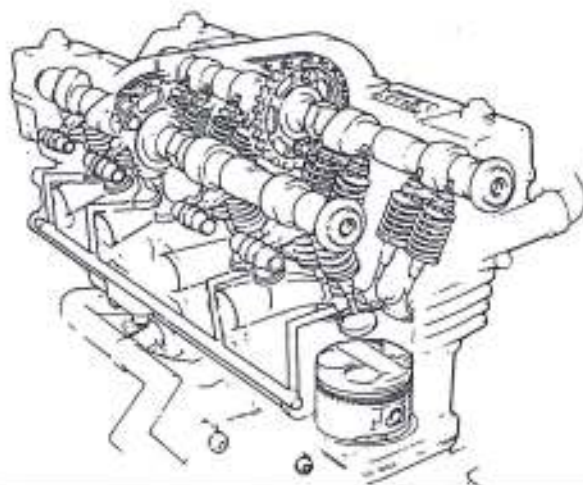
*เนื่องจากชิ้นส่วนที่เคลื่อนที่ขึ้นลง (Reciprocating parts) มีเพียงลิ้นเท่านั้น ชิ้นส่วนอื่นเคลื่อนที่แบบหมุน (Rotating parts) เมื่อเปรียบเทียบกับแบบ S.O.H.C. การตอบสนองของลิ้น (Valve) ต่อการทำงานของเพลาลูกเบี้ยวลิ้น จะมีความรวดเร็วและเที่ยงตรงมากกว่า

*เครื่องยนต์ D.O.H.C. บางรุ่นใช้กระเดื่อง (Swing arm type หรือ Rocker arms) เพื่อให้การบำรุงรักษา ง่ายและการเพิ่มระยะยกของลิ้น (Valve lift)

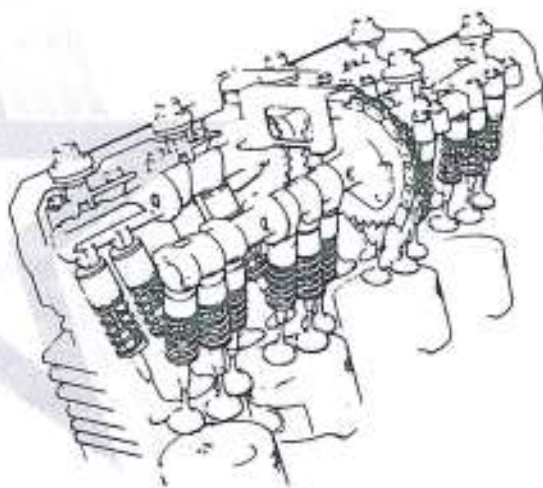
*การจัดวางลิ้นไม่มีข้อจำกัดมากเหมือนเครื่องยนต์แบบ S.O.H.C. ดังนั้นจึงสามารถออกแบบห้องเผาไหม้ ให้มีลักษณะต่างๆกันตามต้องการได้มากกว่า

*แม้เครื่องยนต์แบบ D.O.H.C. จะสามารถลดข้อบกพร่องของเครื่องยนต์แบบ S.O.H.C. ได้หลายประการ แต่ก็ยังมีปัญหาเกี่ยวกับการบำรุงรักษา อีกทั้งน้ำหนักและราคาที่สูงขึ้น

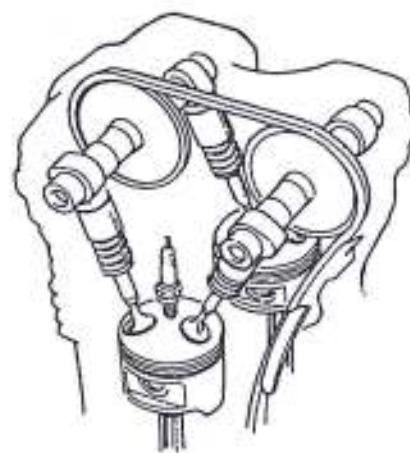
*เครื่องยนต์แบบ D.O.H.C. บางครั้งก็เรียกว่า "เครื่องยนต์สองเพลา" (Twin cam engine) และเครื่องยนต์แบบนี้ใช้มากในเครื่องยนต์ความเร็วสูง (High speed sports engine)



D.O.H.C (swing arm type) (4-valve)



D.O.H.C (direct type) (5-valve)

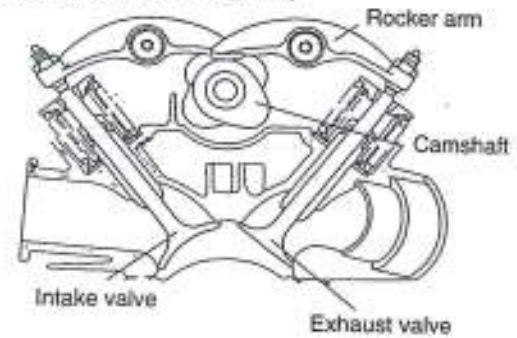


D.O.H.C (direct type) (2-valve)

[5] โครงสร้างและหน้าที่การทำงานของชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ 4 จังหวะ
(Construction and functions of main parts of the four-stroke engine)

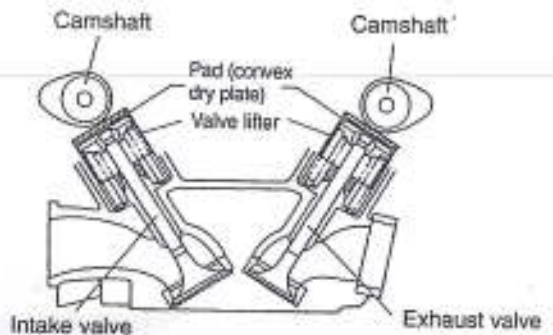
1. ฝาสูบ (Cylinder head)

ฝาสูบ เป็นการติดตั้งลิ้นไอดี (Intake valve) และลิ้นไอเสีย (Exhaust valve) และเป็นส่วนประกอบของห้องเผาไหม้ ยังมีเพลาลูกเบี้ยว (Camshaft) ติดตั้งอยู่เหนือลิ้น (Valves) ซึ่งขับเคลื่อนด้วยโซ่ (Cam chain) นอกจากนี้ยังมีกระเดื่อง (Rocker arms) ที่ติดตั้งในฝาสูบและยังมีฝาครอบ (cylinder head cover) ฝาสูบ ซึ่งครอบเพลาลูกเบี้ยว (Camshaft)



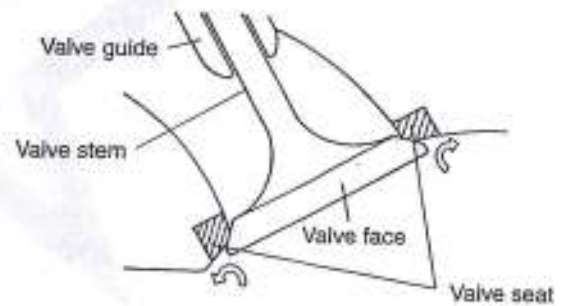
(1) ฝาสูบ (Cylinder head)

ฝาสูบทำจากอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy) และมีปลอกนำลิ้น (Valve guides) อัดอยู่ และยังมีปาลิ้น (Valve seat) ที่ทำจากโลหะซินเตอร์ (Sintered alloy) ซึ่งทนทานต่อความร้อนและการสึกหรอดีเยี่ยมอัดอยู่



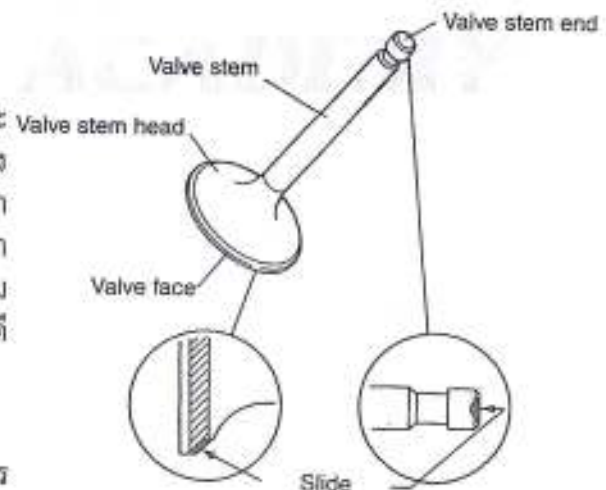
(2) ลิ้น (Valve)

ลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย มีรูปร่างเหมือนดอกเห็ด (Mushroom-shaped) จึงเรียกว่า "ลิ้นดอกเห็ด" (Pop pet valves) เนื่องจากลิ้นต้องสัมผัสกับอุณหภูมิและความดันสูงตลอดเวลา และยังต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงด้วยความเร็วสูง ดังนั้น วัสดุที่ใช้ทำจึงต้องมีความแข็งแรงดีเยี่ยม, ทนทานต่อความร้อนและทนการสึกหรอสูง มีการถ่ายเทความร้อนดีเหมาะสมกับปาลิ้น ดังนั้น จึงต้องใช้วัสดุที่มีคุณสมบัติดังกล่าวคือ เหล็กกล้าพิเศษ (Special steel) เช่น เหล็กกล้าผสมนิกเกิลโครเมียม (Nikel - chrome steel)



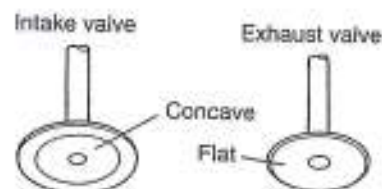
① ลิ้นไอดี (Intake valve)

ลิ้นไอดีได้รับความร้อนสูงจากการเผาไหม้ และระบายความร้อนด้วยไอดี ดังนั้นการขยายตัวของลิ้น (Valve head) จะทำให้หน้าสัมผัสไม่สม่ำเสมอกับปาลิ้น (Valve seat) เพื่อป้องกันปัญหานี้ จึงต้องดัดปาลิ้นให้เป็นแป้นรับหัวลิ้น นอกจากนั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดไอดี ต้องทำให้ช่องไอดี (Valve port) มีขนาดใหญ่เท่าที่จะทำได้



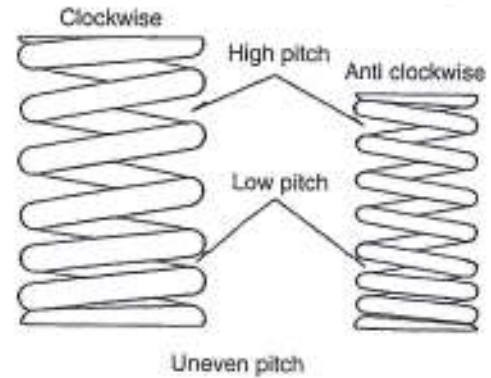
② ลิ้นไอเสีย (Exhaust Valve)

ลิ้นไอเสีย รับทั้งอุณหภูมิและแรงดันสูง จึงทำให้การสัมผัสหน้าลิ้นกับปาลิ้นไม่เหมาะสม และปลอกนำลิ้นยังมีการสึกหรออย่างรวดเร็วอีกด้วย เพื่อป้องกันเหตุดังกล่าว จึงต้องเผื่อช่องระหว่างกันลิ้น (Valve stem) กับปลอกนำลิ้นไว้ด้วย



3 สปริงลิ้น (Valve spring)

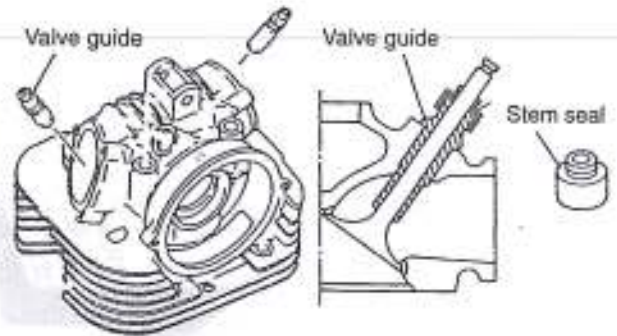
สปริงลิ้น ทำหน้าที่กดให้หน้าลิ้นแนบสนิทกับปาล์น ทำให้แรงอัดไม่รั่ว และช่วยปิดลิ้น (Close the valve) เพื่อให้ลิ้นทำงานได้สม่ำเสมอที่ความเร็วสูงจะใช้สปริงที่มีจำนวนขดและขนาดไม่เท่ากัน 2 ตัว สวมซ้อนกันที่ก้านลิ้นเป็นการป้องกันไม่ให้ลิ้นเดินเปิดอยู่ตลอดเวลา (Resonance) เนื่องจากความถี่ธรรมชาติ (Natural oscillation)



4. ปลอกนำลิ้นและการซีลก้านลิ้น

(Valve guides and stem seals)

ปลอกนำลิ้นทำจากเหล็กหล่อชุบแข็ง (Chrome-cast iron) และอัดติดที่ฝาสูบ มีการหล่อลิ้นด้วยน้ำมัน ระหว่างปลอกนำลิ้นและก้านสูบ น้ำมัน (หล่อลิ้น) ที่ไหลเข้าห้องเผาไหม้ จะถูกเผาไหม้ เพื่อให้ประหยัดน้ำมันมากที่สุด จึงต้องใช้ซีลก้านวาล์ว (Valve stem-seal) เพื่อควบคุมน้ำมันหล่อลิ้น

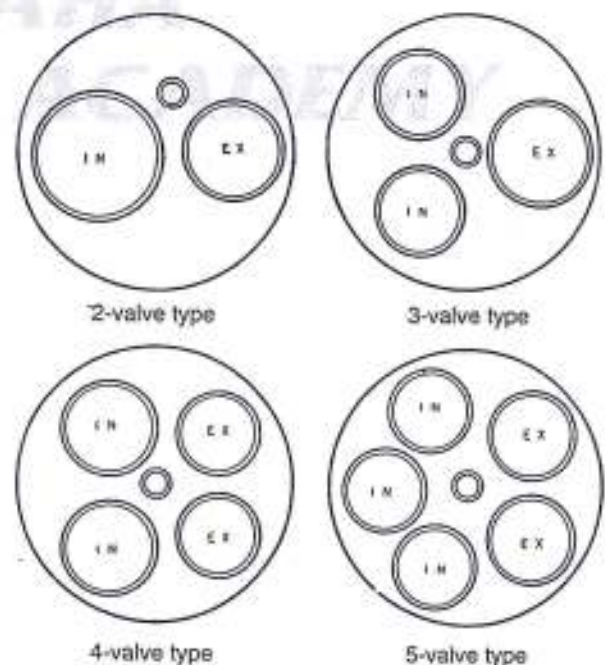


2. กลไกบังคับลิ้น (Valve train)

กลไกบังคับลิ้นแบ่งได้หลายแบบตามตำแหน่งการติดตั้งลิ้นและเพลาลูกเบี้ยว (Valve and camshafts) โดยทั่วไปเครื่องยนต์จะใช้ทั้งแบบเพลาราวลิ้นอยู่ข้างบน (O.H.V.) และแบบเพลาราวลิ้นอยู่ข้างบน (D.O.H.C.) อย่างแพร่หลายระบบขับเคลื่อนส่วนมากจะใช้โซ่ขับ (Chain driven), แต่ผู้ผลิตบางรายใช้ระบบเฟืองขับ (Gear driven system) ระบบขับเคลื่อนประกอบด้วยเพลาลูกเบี้ยว (Camshaft), เฟืองโซ่ราวลิ้น (Cam sprockets) กระเดื่องกดลิ้น (Rocker arms), โซ่ราวลิ้น (Cam chains) และตัวปรับความตึงโซ่ (Chain tensioner)

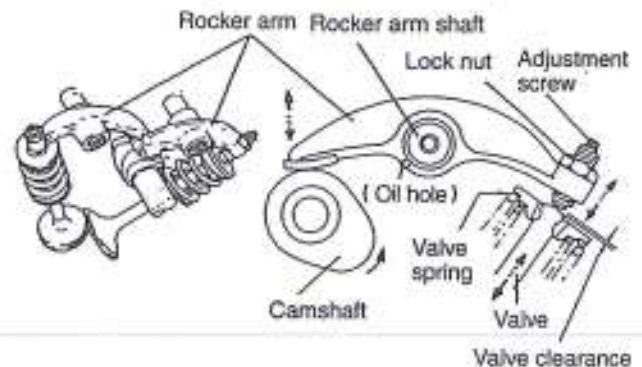
* จำนวนลิ้น (On the number of valves)

โดยทั่วไปจะใช้หนึ่งลิ้นไอดีและหนึ่งลิ้นไอเสียต่อลูกสูบ แต่เพื่อเป็นการเพิ่มสมรรถนะของเครื่องยนต์ จึงจำเป็นต้องเพิ่มพื้นที่ของช่องไอดีและช่องไอเสียให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ แต่เนื่องจากการขยายเมื่อได้รับความร้อน (Thermal expansion) จึงไม่สามารถขยายพื้นที่ของลิ้น (Valve port area) ให้ใหญ่เพราะถูกจำกัดด้วยพื้นที่ของฝาสูบ (Cylinder head area) ดังนั้น จึงทำให้พื้นที่ของลิ้น (Valve port area) จึงมีขนาดเล็กกว่า ซึ่งถ้าเพิ่มจำนวนช่องลิ้น (Valve port) จะทำให้พื้นที่ของลิ้น (Valve port area) เพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้เครื่องยนต์ชนิด 4 วาล์ว, 3 วาล์ว และชนิด 5 วาล์ว ซึ่งเครื่องยนต์ ดังกล่าวนี้อาจใช้กับรถสปอร์ตความเร็วสูง (High speed sport) และรถแข่ง (Racing machine) ซึ่งใช้ร่วมกับระบบขับเคลื่อน (D.O.H.C valve drive system)

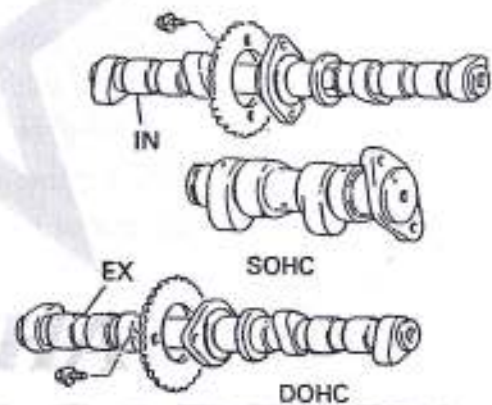


(1) เฟลาลูกเบี้ยว,เฟืองโซ่ร้าวลิ้น,โซ่ร้าวลิ้นและกระเดื่อง
(Camshafts,Cam sprockets, Chains and rocker arms)

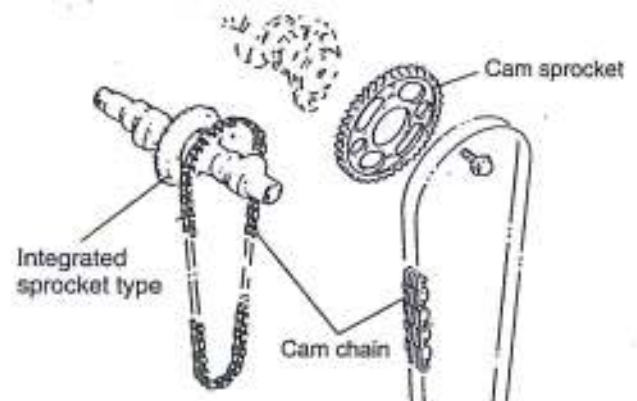
- เฟลาลูกเบี้ยว (Camshaft) ทำจากเหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron) มีความต้านทานการสึกหรองสูง จำนวนลูกเบี้ยวมีเท่ากับจำนวนลิ้น ทำหน้าที่เปิดและปิดลิ้นผ่านทางกระเดื่องกด (Rocker arms) โดยลูกเบี้ยวจะเตะกระเดื่องให้ไปกดลิ้นให้เปิด ลักษณะรูปร่างของลูกเบี้ยวเป็นองค์ประกอบที่สำคัญต่อตำแหน่งการเปิดปิดของลิ้น (Valve timing) และระยะยกของลิ้น (Valve lift)



- เฟลาลูกเบี้ยวรวมกับเฟืองโซ่ร้าวลิ้น (Cam sprockets) และขับ (Driven) ด้วยโซ่ร้าวลิ้น (Cam chain) และติดตั้งโซ่ให้เข้ากับ (Matches) เฟลา ร้าวลิ้นหรือตำแหน่งเปิดปิดของลิ้น (Valve timing) และตำแหน่งของลูกสูบ (piston position) จำนวนฟัน (teeth) ของเฟืองโซ่ร้าวลิ้น จะมีจำนวนเป็น 2 เท่าของจำนวนฟันของเฟืองที่เพลาช้อเหวี่ยง (Crankshaft sprocket teeth) ทำให้ความเร็วของเฟลา ลูกเบี้ยว (Camshaft speed) เท่ากับครึ่งหนึ่งของความเร็วของเพลาช้อเหวี่ยง (Crank shaft speed) และมักจะเรียก "โซ่ไทมิ่ง" (Timing chain)



- ตัวกระเดื่องติดตั้งอยู่บนเพลากะเดื่อง (Rocker arm shaft) ที่ติดอยู่ในฝาสูบและทำงานโดยเฟลา ลูกเบี้ยว (Cam shaft) เพื่อเปิดปิดลิ้น ระยะห่างระหว่างกระเดื่องและลิ้น (Rocker arm and valves) สามารถปรับตั้งได้ด้วยการหมุนสกรูปรับตั้ง (Adjustment screw) ซึ่งเรียกระยะห่างนี้ว่า "ระยะห่างลิ้น" (Valve clearance) ในกรณีกลไกบังคับลิ้นแบบเฟลา ลูกเบี้ยวคู่ (D.O.H.C.) เฟลาทั้ง 2 จะทำหน้าที่แยกกัน โดยเฟลา ลิ้นไอดีกับเฟลา ลิ้นไอเสียถูกขับจากเพลาช้อเหวี่ยงโดยใช้โซ่ขับและความเร็วเป็นครึ่งหนึ่งของความเร็วเพลาช้อเหวี่ยง เช่นเดียวกับเฟลา ลูกเบี้ยวเดี่ยว (SOHC) แต่แบบนี้ไม่ต้องมีกระเดื่องโดยลิ้นจะถูกกดโดยตรงที่ตัวลิ้น (Valve lift) ตัวลิ้นติดอยู่ที่ปลายก้านลิ้น (Valve stem end) ทุกตัว ซึ่งแบบนี้การปรับตั้งระยะห่างลิ้น (Valve clearance) จะยุ่งยากกว่าแบบใช้กระเดื่องกดลิ้น

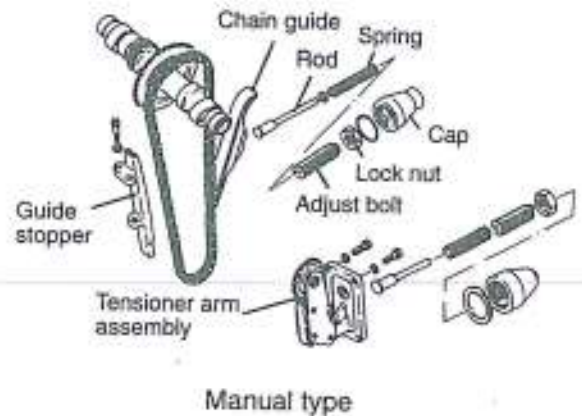


(2) ตัวปรับความตึงโซ่ (Chain tensioner)

ตัวปรับความตึงโซ่ ทำหน้าที่ปรับความตึงของโซ่ให้คงที่ถูกต้องตามค่าที่กำหนด ถ้าความตึงโซ่เปลี่ยนแปลง หย่อนหรือตึงเกินไป จะเป็นสาเหตุให้ความเร็วเพลาช้อเหวี่ยงและความเร็วเพลาราวลั่นไม่สัมพันธ์กัน ตำแหน่งการเปิดปิด (Valve timing) หรือตำแหน่งจุดระเบิด (Ignition timing) อาจจะทำให้ผิดพลาดได้ หรืออาจจะเกิดเสียงดังที่โซ่จึงจำเป็นต้องมีตัวปรับความตึง เพื่อปรับความตึงของโซ่ ซึ่งมีตัวปรับความตึงโซ่แบบธรรมดาและตัวปรับความตึงโซ่แบบอัตโนมัติ โดยมีรายละเอียดดังนี้

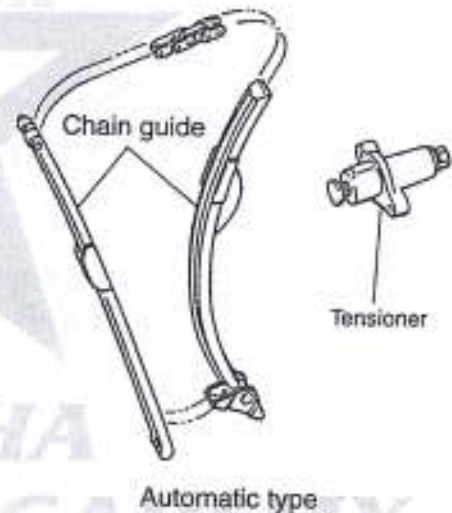
① ตัวปรับความตึงโซ่แบบปรับด้วยมือหรือแบบธรรมดา (Manual adjustment type)

ตัวปรับความตึงโซ่แบบธรรมดา จำเป็นต้องมีการตรวจเช็คความตึงโซ่ตามระยะเวลาที่กำหนด (Periodic check) แล้วทำการปรับความตึงโซ่ การปรับทำได้โดยการปรับที่แกนปรับ (Rod) หรือที่แขนปรับ (Tensioner arm) ให้ลงไปกดโซ่ให้ตึง ถ้าโซ่หย่อนเล็กน้อยสามารถปรับโดยเพิ่มความแข็งของสปริงที่กด แต่ถ้าตึงเกินไปอาจจะปรับไม่ได้เพราะแกนปรับเลื่อนได้ระยะที่จำกัด



② ตัวปรับความตึงโซ่แบบอัตโนมัติ (Automatic adjustment type, Auto tensioner)

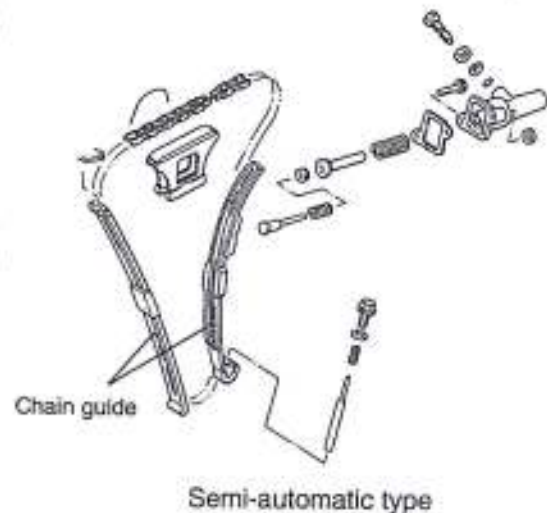
ตัวปรับความตึงโซ่แบบอัตโนมัติ ปรับความตึงโซ่โดยสปริงตึง (Tension spring) ที่ตัวสะพานโซ่ (Chain guide) ดังนั้นโซ่จึงตึงอยู่ตลอดเวลา ถ้าโซ่หย่อนไปสปริง (tension sleeve) จะเลื่อนลงมากดสะพานโซ่ให้ตึงมากขึ้น จึงเป็นการรักษาความตึงโซ่ให้ถูกต้องคงที่ตลอดเวลา สปริงปรับ (Tension sleeve) จะเลื่อนได้ทิศทางเดียวโดยการควบคุมของกลไก (Ratchet mechanism) ตัวปรับความตึงโซ่อัตโนมัติไม่จำเป็นต้องมีการปรับ



③ แบบกึ่งอัตโนมัติ

(Semi-automatic adjustment type)

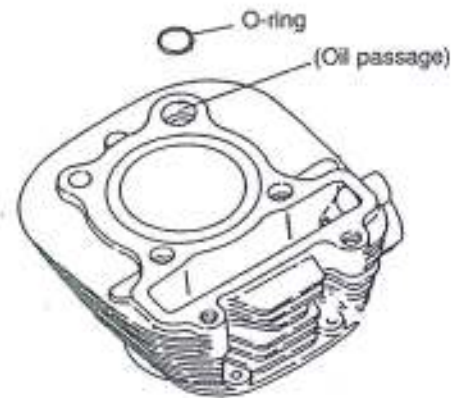
เมื่อปลดล็อกตัวแกนปรับ (Rod) จะเลื่อนเข้า (Inserted) ด้วยแรงจากสปริงไปกดโซ่ให้ตึง



3. เสื้อสูบ (Cylinder)

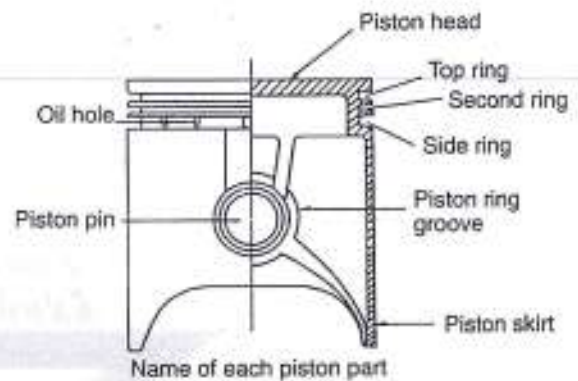
เสื้อสูบทำจากอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy casting) มีปลอกสูบหรือกระบอกสูบทำด้วยเหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron) สวมอัดอยู่

เสื้อสูบเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ต่างจากเสื้อสูบของเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือผนังเสื้อสูบไม่มีช่อง(port) นอกจากนั้นยังมีรูน้ำมันหล่อลื่น(Oil passage) เพื่อให้ปั๊มน้ำมันเครื่อง(Oil pump) ส่งน้ำมันที่มีแรงดัน (ส่งมาจากห้องแครง) ไปหล่อเลี้ยงฝาสูบ



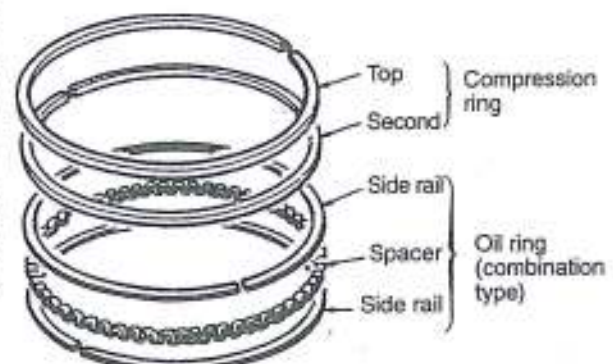
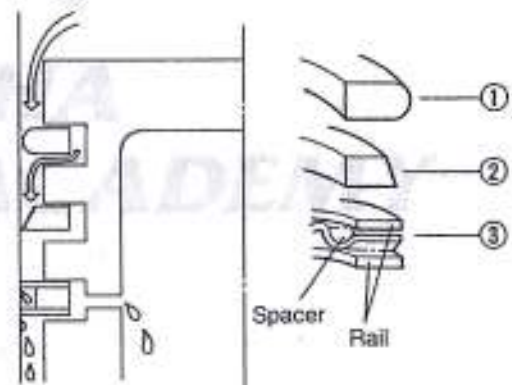
4. ลูกสูบ (Piston)

ลูกสูบทำจากอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy casting) วัสดุที่เลือกใช้ต้องมีคุณสมบัติที่สำคัญคือความแข็งแรง (Strength) อัตราการถ่ายเทความร้อน (Heat transfer rate) น้ำหนัก (Weight) และการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน (Thermal expansion) สิ่งที่แตกต่างกันไปจากเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือมีร่องแหวน 2 ร่อง ได้ลงมาจะมีรูน้ำมันไหลกลับ (Oil return hoses) และเพื่อป้องกันไม่ให้ลูกสูบกระแทกกับลิ้นไอดีและลิ้นไอเสีย เมื่อลูกสูบเคลื่อนขึ้นสู่ TDC ขณะที่ลิ้นทั้งสองยังเปิดอยู่หัวลูกสูบจึงมีร่องหลบลิ้นทั้งสอง (Clearance grooves) ไว้



5. แหวนลูกสูบ (Piston ring)

แหวนลูกสูบมีจำนวน 3 ตัวต่อ 1 ลูกสูบ แหวนตัวบนและตัวที่ 2 (Top and 2 ring) ทำหน้าที่เป็นแหวนอัด ส่วนแหวนตัวที่ 3 (3 ring) เป็นแหวนน้ำมัน (Oil ring) แหวนน้ำมันทำหน้าที่กวาดน้ำมันส่วนเกินที่ผนังกระบอกสูบ จึงทำให้เหลือน้ำมันเครื่องในห้องเผาไหม้เท่าที่จำเป็นสำหรับการหล่อลื่นเท่านั้น น้ำมันส่วนเกินจะไหลเข้ารูน้ำมันไหลกลับที่ลูกสูบและให้การหล่อลื่นสลักลูกสูบแหวนน้ำมันมีหลายชนิด ที่ลักษณะหน้าตัด (Cross section) แตกต่างกันไปแบบมีทั้งร่องน้ำมัน (Oil groove) และรูน้ำมัน (Oil hole) ในตัวเดียวกันหรือบางแบบถอดแยกออกจากกันได้ (Assembled type oil ring) โดยมีแหวนรอง (Spacer) เพื่อให้รูน้ำมันเครื่องไหลกลับอยู่ตรงกลาง มีแหวนกวาดน้ำมันบาง ๆ 2 ตัว ประกอบอยู่ด้านบนและด้านล่าง (Upper and lower rails) และแหวนตัวที่เป็นแบบพิเศษ ทำเป็นมุมเอียง (Tapered) หรือเจาะร่องไว้ (Counter bored) โดยรอบเพื่อทำหน้าที่ช่วยแหวนกวาดน้ำมันเมื่อแหวนลูกสูบสึกมาก น้ำมันเครื่องจะไหลผ่านลูกสูบหรือผนังกระบอกสูบเข้าไปเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ ซึ่งทราบได้จากการสันเปลี่ยนน้ำมันเครื่องมากกว่าปกติ



6. เพลาข้อเหวี่ยง (Crankshafts)

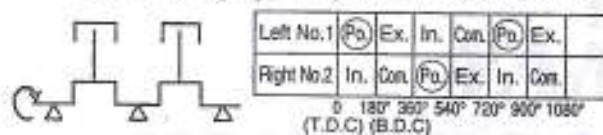
ในกรณีเครื่องยนต์สูบเดียว (Single cylinder engine) จะใช้เพลาข้อเหวี่ยงแบบถอดแยกได้ (Assembly type crankshaft) แต่สำหรับเครื่องยนต์หลายสูบ (Multi - cylinder engine) มักจะใช้เพลาข้อเหวี่ยงแบบถอดแยกไม่ได้ (Integrated type crankshaft) ซึ่งเพลาข้อเหวี่ยงทำด้วยเหล็กกล้าหล่อพิเศษ (Special steel casting) มีล้อช่วยแรง (Flywheel) เพื่อรักษาความเร็วรอบของเพลาข้อเหวี่ยง ให้คงที่ และมีสลักข้อเหวี่ยง (Crank pin) มีก้านสูบยึดติดอยู่ และมีแบริ่ง (ลูกปืน) (Main bearings) รองรับเพลาข้อเหวี่ยง ซึ่งยึดอยู่ในห้องแบริ่ง และจะมีรูน้ำมันทะลุไปยังเพลาข้อเหวี่ยง ส่วนที่หมุนอยู่ในแบริ่ง (Crankshaft Journals) เพื่อหล่อลื่นแบริ่ง และยังส่งน้ำมันผ่านรูน้ำมันไปหล่อลื่นแบริ่งสลักข้อเหวี่ยง (Crank pin or Connecting big end)

○ เพลาข้อเหวี่ยงเครื่องยนต์ 2 สูบ

(Twin - cylinder crankshaft)

เมื่อสลักเพลาข้อเหวี่ยง 360° (360° crankshaft) แต่เมื่อสลักเพลาข้อเหวี่ยงอยู่ในตำแหน่งตรงกันข้าม (Opposite side) ก็เรียกว่า มุมเพลาข้อเหวี่ยง 180° (180° crankshaft) คุณสมบัติการทำงาน ของเครื่องยนต์ จะเปลี่ยนแปลงไปตามช่วงของการจุดระเบิด (Interval of explosion) ของแต่ละลูกสูบ ตามลำดับการจุดระเบิด (Firing order)

○ เครื่องยนต์ลูกสูบที่มีมุมเพลาข้อเหวี่ยง 360°



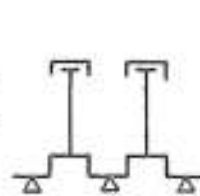
Po. = จังหวะกำลัง(ระเบิด) (Power)

Ex. = จังหวะคาย (Exhaust)

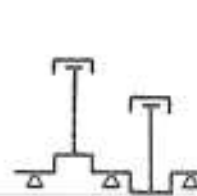
In. = จังหวะดูด (Intake)

Com. = จังหวะอัด (Compression)

- จะเกิดการระเบิดพร้อมกันทั้ง 2 สูบ และสมรรถนะของเครื่องจะมีเสถียรภาพที่ความเร็วต่ำและปานกลาง แต่เครื่องยนต์แบบนี้จะไม่สามารถเพิ่มความเร็วสูง (High speed) ได้
- การระเบิด เกิดขึ้นคนละที ที่ตำแหน่ง 180° และ 540° ดังนั้นที่ความเร็วต่ำสมรรถนะของเครื่องยนต์จะไม่มี(Unstable) แต่ความเร็วเครื่องยนต์ จะเพิ่มขึ้นที่ความเร็วสูง

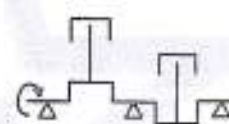


360° crankshaft

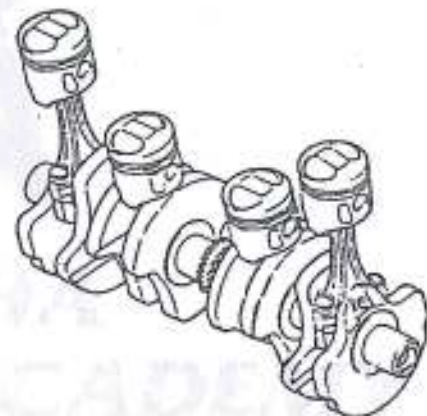


180° crankshaft

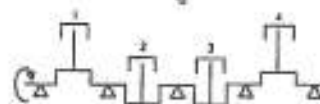
เครื่องยนต์ลูกสูบที่มีมุมเพลาข้อเหวี่ยง 180



Left No.1	(Po)	Ex.	In.	Com.	(Po)	Ex.
Right No.2	Com.	(Po)	Ex.	In.	Com.	(Po)
0 180° 360° 540° 720° 900° 1080°						
540°						



○ กรณีเครื่องยนต์ 4 สูบ การระเบิดเกิดขึ้นทุกๆ 180° พร้อมกัน 2 สูบ



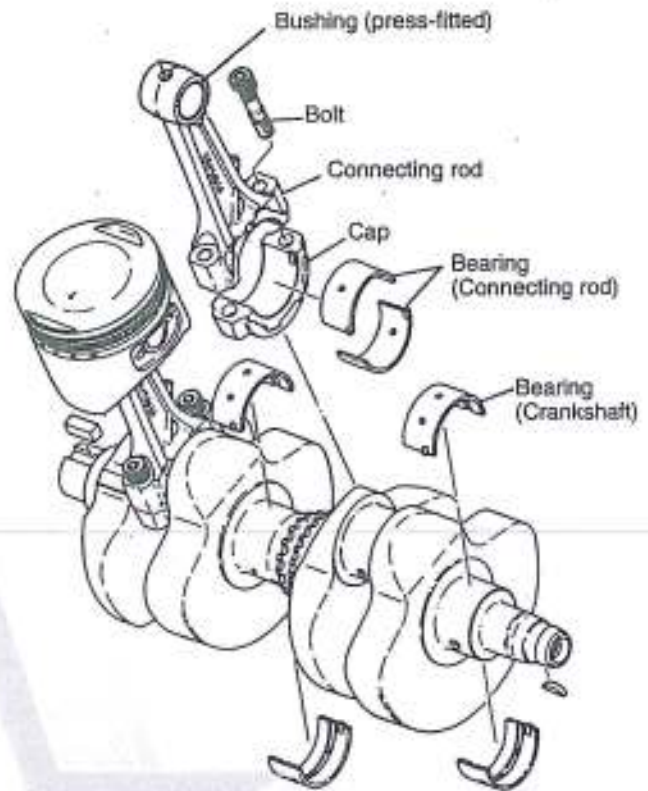
	1	2	3	4
0	(Po)	Com.	Ex.	In.
180°	Ex.	(Po)	In.	Com.
360°	In.	Ex.	Com.	(Po)
540°	Com.	In.	(Po)	Ex.
720°				

Firing order: 1, 2, 4, 3
1, 3, 4, 2

- * ถ้าเพิ่มจำนวนสูบ ช่วงการจุดระเบิด (Interval of explosion) จะสั้นลง จึงทำให้เครื่องยนต์วิ่งได้ราบเรียบ (Smoothly) มากขึ้นและเกิดการสั่นสะเทือน (Vibration) น้อยที่ความเร็วสูงขึ้น

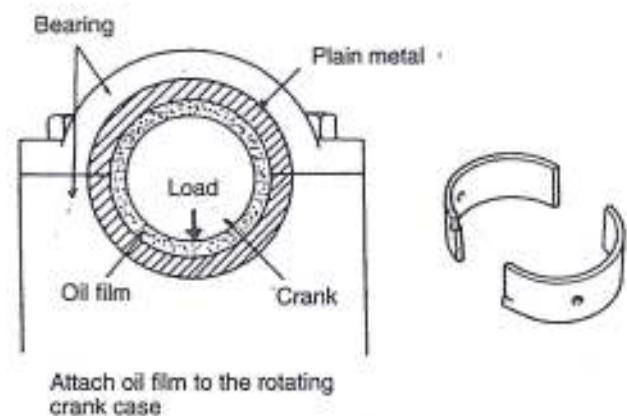
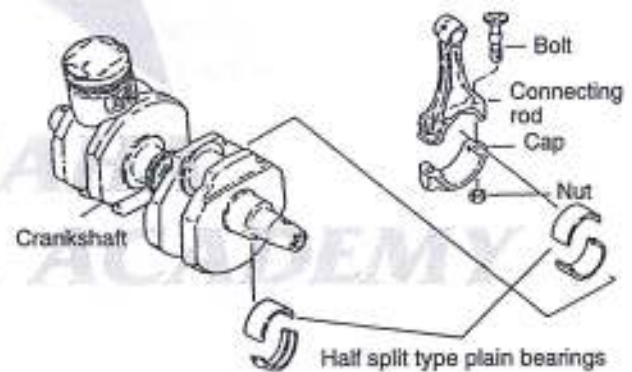
7. ก้านสูบ (Connecting rod)

ก้านสูบทำด้วยเหล็กกล้าหล่อพิเศษ (Special steel casting) เพื่อลดน้ำหนัก จึงทำให้พื้นที่หน้าตัดเป็นรูปตัว I (I - shaped cross section) สลักข้อเหวี่ยงเป็นชุดเดียวกับเพลาค้อนเหวี่ยง ปลายด้านใหญ่ของก้านสูบประกบยึดกับเพลาค้อนเหวี่ยง โดยยึดด้วยโบลท์และนัททำจากเหล็กกล้าพิเศษ ปลายก้านสูบด้านใหญ่ มีแบริ่งแบบธรรมดา (Plain bearing) ซึ่งถอดแยกได้อัดยึดไว้ (Press fitted) และปลาย เล็กของก้านสูบจะมีแบริ่งทองแดงประกบอยู่ ภายใน (Copper alloy bushing)



8. แบริ่งแบบธรรมดา (Plain bearing)

แบริ่งแบบธรรมดา สามารถรับแรงได้มากๆ แต่ต้องมีน้ำมันหล่อลื่นฉาบพื้นผิวที่มีแรงเสียดทาน (Friction surfaces) เครื่องยนต์ 4 จังหวะ ส่วนมากใช้แบริ่งแบบธรรมดา เป็นแบริ่งเพลาค้อนเหวี่ยง (Journals) และแบริ่งปลายก้านสูบด้านใหญ่ สำหรับปลายก้านสูบด้านเล็กและหัวเพลากียร์ ใช้บูชทองแดงผสมโดยทั่วไป แบริ่งธรรมดา (Plain bearing) ทำด้วยอลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy) หรือแมกนีเซียมผสม (Magnesium alloy) แต่เพื่อให้สามารถรับภาระหนักๆ ได้ จึงมีการนำโลหะขาว (White metal) และโลหะเคลเมต (Kelmet metal) มาใช้ทำแบริ่ง



6. ระบบการหล่อลื่น (Lubricating System)

1. วัตถุประสงค์ของการหล่อลื่น (Purpose of lubrication)

เครื่องยนต์ประกอบด้วยชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหวยากมายหลายชิ้น ถ้าไม่มีการหล่อลื่นชิ้นส่วนเหล่านั้นก็จะชำรุดเสียหาย เนื่องจากความร้อนจากความฝืด(แรงเสียดทาน) (Friction) วัตถุประสงค์ของการหล่อลื่นคือ การทำให้มีฟิล์มน้ำมันบางๆ ฉาบบนพื้นผิวที่มีการเคลื่อนไหว เป็นการลดความฝืดและความร้อน(Friction and heat) ซึ่งเป็นการป้องกันการสึกหรอและความเสียหาย (Wear and damage) ขณะเดียวกันการหล่อลื่นยังช่วยให้เครื่องยนต์เดินได้เรียบอีกด้วย

การหล่อลื่น (Lubrication) มีหน้าที่ดังนี้

(1) ทำหน้าที่ต้านแรงเสียดทาน (Anti - friction effect)

เมื่อวัตถุของแข็งสองชิ้นเคลื่อนที่เสียดสีกัน จะเกิดแรงเสียดทานต้านกันและกัน มีแรงเสียดทานที่ผิวหน้าสัมผัสเสียดสีกัน อย่างไรก็ตามผิวที่ดูเรียบ เมื่อดูด้วยกล้องขยายจะเห็นว่าที่จริงแล้วผิวนั้นหยาบ (ขรุขระ) (Rough) ถ้าผิวที่เรียบมากๆ แรงเสียดทานระหว่างวัตถุทั้งสองจะเกิดขึ้นจากการเสียดสีกันโดยตรงเท่านั้น เพื่อลดแรงเสียดทาน จึงต้องฉาบผิวของวัตถุที่เสียดสีกันด้วยฟิล์มน้ำมันบางๆ

(2) ทำหน้าที่ระบายความร้อน (Cooling effect)

แรงเสียดทานเป็นสาเหตุให้เกิดความร้อน ซึ่งกล่าวได้ว่าน้ำมันหล่อลื่นช่วยดูดซับและถ่ายเทความร้อนจากลูกสูบและกระบอกสูบและความร้อนจากการเผาไหม้ น้ำมันที่ร้อนจะพักและเย็นลงในอ่างน้ำมัน แต่เครื่องยนต์บางรุ่นจะใช้เครื่องช่วยระบายความร้อน (Oil cooler)

(3) ทำหน้าที่ป้องกันรั่วซึม (Sealing effect)

การป้องกันการรั่วซึมในกระบอกสูบจะใช้แหวนที่ติดกับลูกสูบ น้ำมันหล่อลื่นไหลมาที่แหวนลูกสูบ ป้องกันรั่วซึมได้ดีเพื่อไม่ให้แรงดันรั่วและป้องกันการไหลกลับของแก๊ส (Blow - by gas) ซึ่งเป็นวัตถุประสงค์สำคัญข้อหนึ่งของน้ำมันหล่อลื่น

(4) ทำหน้าที่รับแรงกระแทก (Buffer effect, Dispersion effect)

พวกลูกปืนและเกียร์จะรับภาระหนักที่รวมเป็นจุดหรือเป็นเส้น สำหรับแบริงของสลักลูกสูบปลายด้านเล็กและด้านโต รวมทั้งแบริงช่องแครงค์ของก้านสูบ(Connecting rod)จะรับแรงกระแทก(Impact) ขนาดใหญ่จากลูกสูบ เมื่อส่วนใดได้รับแรงกระแทกซ้ำๆ จะเกิดรอยร้าว(Fatigue)ขึ้น ซึ่งน้ำมันหล่อลื่นจะช่วยกระจายพื้นที่ของแรงดันและลดภาระ (Load) ที่กระทำต่อหน่วยพื้นที่ และยังช่วยลดการกระแทก (Softens impacts)

(5) ป้องกันการเกิดสนิม (Rust - inhibiting effect)

น้ำมันจะสร้างฟิล์มบางๆ ฉาบที่ผิวป้องกันไม่ให้สัมผัสกับอากาศ, น้ำ, แก๊สที่กัดกร่อน ซึ่งเป็นการช่วยไม่ให้ผิวโลหะเกิดสนิม

(6) ทำหน้าที่ทำความสะอาด (Cleaning effect)

เมื่อปั๊มน้ำมัน ทำให้น้ำมันเกิดการไหลเวียนไปหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ ได้ชะล้างฝุ่นโลหะ, อ็อกไซด์ และเขม่าไปด้วย ทำให้ผิวสัมผัสต่างๆ สะอาดจึงเรียกว่ามีหน้าที่ทำความสะอาด (The cleaning effect) และสารที่ชะล้างมาจะถูกกรองออกไป

2. การหล่อลื่นในเครื่องยนต์ 2 จังหวะ

เครื่องยนต์ 2 จังหวะไม่เหมือนกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ เครื่องยนต์ 2 จังหวะ บางชิ้นส่วนจะร่วมกัน (Combines) เช่น ห้องเผาไหม้และห้องแครง แต่ห้องเกียร์จะแยกออกไปต่างหาก ดังนั้นเครื่องยนต์ (เพลาช้อเหวี่ยง, กระบอกสูบ และลูกสูบ) และระบบส่งกำลัง (คลัทช์และเกียร์) จะมีระบบหล่อลื่นแยกออกจากกัน

(1) การหล่อลื่นของเครื่องยนต์ (Lubrication of engine)

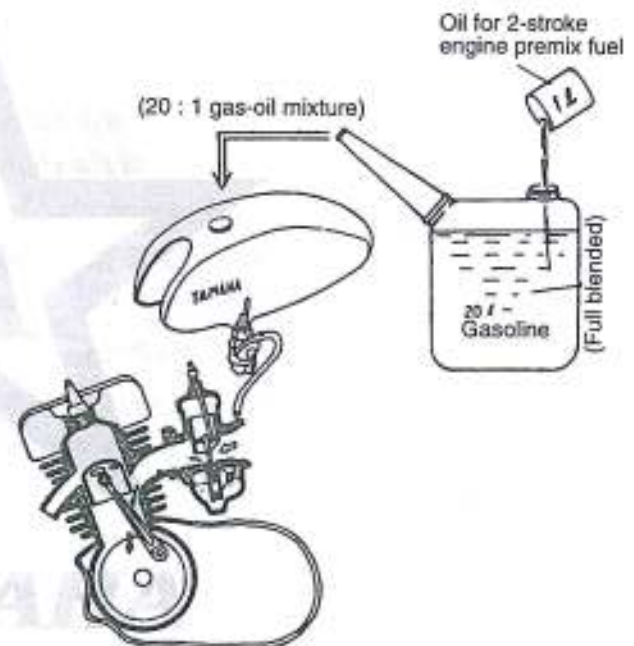
เครื่องยนต์ 2 จังหวะ ไม่สามารถแยกการหมุนเวียนของน้ำมันเครื่องออกจากน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเด็ดขาด เหมือนกับเครื่องยนต์ 4 จังหวะได้ เนื่องจากส่วนผสมของอากาศกับน้ำมันเชื้อเพลิงที่เข้ามาในเครื่องยนต์ต้องผ่านห้องแครงก่อนเข้าไปในกระบอกสูบ ดังนั้นน้ำมันเครื่องจึงต้องผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนที่จะเข้าไปหล่อลื่นในห้องแครง (เพลาช้อเหวี่ยง, ก้านสูบ และแบร็ว) และห้องเผาไหม้ (กระบอกสูบ, ลูกสูบ, และแหวนลูกสูบ) นั่นคือน้ำมันเครื่องจะเผาไหม้ไปพร้อมกับน้ำมันเชื้อเพลิง และถูกขับออกจากกระบอกสูบ มี 2 วิธี ในการหล่อลื่นเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือ

① ผสมน้ำมันเครื่องเข้ากับน้ำมันเชื้อเพลิง

(Premix lubrication)

ผสมน้ำมันเครื่องกับแก๊สโซลีนตามอัตราส่วนที่กำหนดในถังน้ำมัน ส่วนผสมน้ำมันเครื่องกับแก๊สโซลีนจะถูกดูดผ่านคาร์บูเรเตอร์ เข้าไปยังห้องแครงและกระบอกสูบหลังจากให้การหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ แล้วส่วนผสมของน้ำมันเครื่องและน้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้แล้วถูกขับออกจากห้องเผาไหม้อัตราส่วนผสมของน้ำมันเครื่องและน้ำมันเชื้อเพลิง จะกำหนดที่การทำงานด้วยความเร็วสูงสุด (Maximum speed operation) อัตราส่วนผสมดังกล่าวคือ 20:1 ที่อุณหภูมิ 20°C (68 °F) ดังนั้นที่ความเร็วต่ำและความเร็วปานกลางน้ำมันเครื่องจึงมีมากเกินไป ทำให้เกิดผลเสียดังนี้คือ

- ควันขาวมาก
- เกิดเขม่าขึ้นเร็ว
- น้ำมันเครื่องและน้ำมันเชื้อเพลิงต้องเลือกชนิดที่ผสมเข้ากันได้ง่ายและมีความสามารถในการหล่อลื่น
- สิ้นเปลืองน้ำมันเครื่องมาก ดังนั้นในปัจจุบัน จึงเลิกใช้ระบบนี้แล้ว แต่รถที่ใช้ในการแข่งขัน (road racer, motocrossers and karts) ซึ่งใช้ความเร็วสูงตลอดเวลายังคงใช้ระบบนี้อย่างแพร่หลาย



② ระบบหล่อลื่นแบบแยก (Separate Lubricating system, YAMAHA Autolube)

ระบบนี้พัฒนามาจากระบบผสม เพื่อแก้ไขข้อเสียต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วเนื่องจากระบบผสมมีอัตราส่วนผสมคงที่โดยตลอด แต่ระบบแยกอัตราส่วนผสมจะเปลี่ยนแปลงไปตามความเร็วและภาระในการทำงาน ระบบนี้จะเติมน้ำมันเครื่องแยกกับน้ำมันเชื้อเพลิงจึงเรียกว่า "ระบบหล่อลื่นแบบแยก" (Separate lubricating system) ซึ่งควบคุมน้ำมันโดยใช้เครื่องปั๊มส่งน้ำมันหล่อลื่นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ด้วยการดูดจากถังพัก/อ่างเก็บน้ำมันหล่อลื่น แล้วส่งไปหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ โดยตรงหรือไปผสมกับไอดีที่ดูดจากคาร์บูเรเตอร์น้ำมันหล่อลื่นถูกทำให้แตกตัวเข้าไปในห้องแครงและให้การหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ ที่มีการเคลื่อนที่จริงๆ แล้วระบบนี้ทำงานร่วมกับก้านเปิดลิ้นแครง (Throttle valve) ดังนั้น อัตราส่วนผสม น้ำมันเชื้อเพลิง-น้ำมันหล่อลื่น จึงมีส่วนถูกต้อง ความเร็วของเครื่องยนต์และภาระ (load) ตัวอย่างเช่น 120:1 ถึง 80:1 ที่ภาระการทำงานเบา, 60:1 ถึง 40:1 ที่ภาระ การทำงานปานกลาง 30:1 ถึง 18:1 ที่ภาระการทำงานหนักซึ่ง เรียกขานกันว่า "YAMAHA AUTOLUBE" (automatic lubrication)

○ หน้าที่ของน้ำมันออโตลูป (Features of autolube)

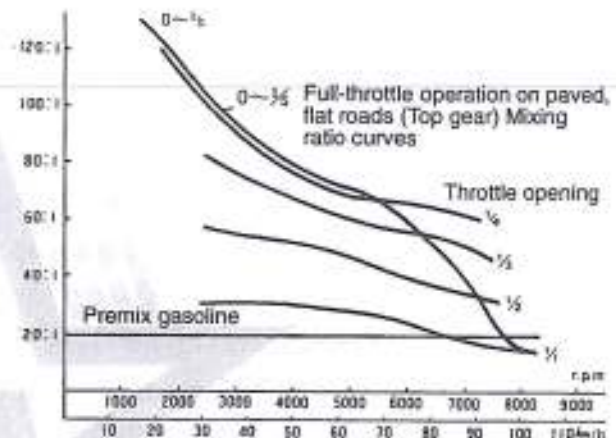
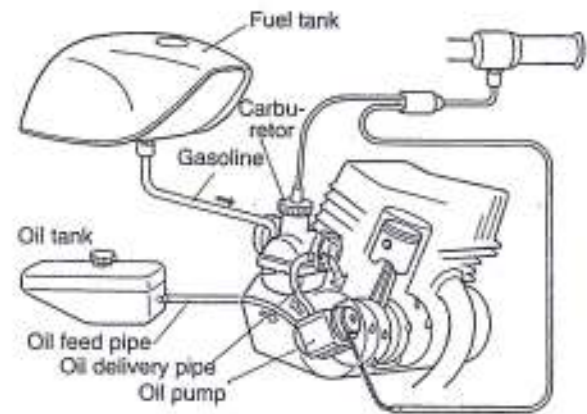
- ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นที่เหมาะสมจะป้อนตามภาระของเครื่องยนต์ (Engine load)
- ลดควันขาว, ลดการก่อตัวของเขม่า และลดการสิ้นเปลืองน้ำมัน
- การใช้ น้ำมันที่มีการหล่อลื่นดี ไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับอัตราส่วนผสมและชนิดของน้ำมัน น้ำมันที่ขุ่นมากก็ยังใช้ได้

ผลคือความสามารถในการหล่อลื่นดีขึ้น, ปรับปรุงให้เกิดความทนทาน, ประสิทธิภาพการเผาไหม้สูงและลดการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่น

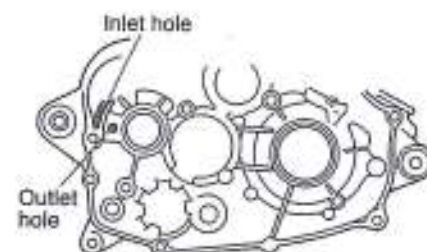
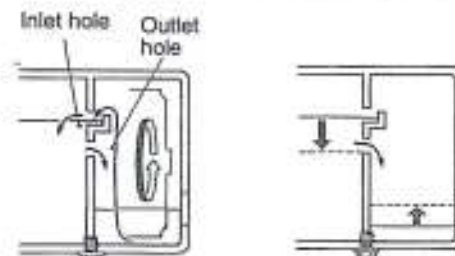
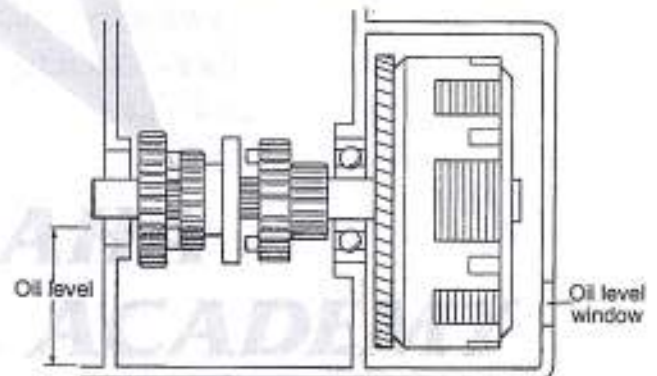
(2) การหล่อลื่นคลัทช์และชุดส่งกำลัง

(Lubrication of clutch and transmission)

ห้องชุดส่งกำลัง (ห้องเกียร์) (Transmission case) แยกจากห้องแครงน้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ในห้องส่งกำลังและห้องคลัทช์และเพลาส่งกำลัง และเกียร์หล่อลื่นส่วนต่างๆ จากการกระเซ็น ดังนั้นระดับน้ำมันจึงต้องไม่ให้ต่ำกว่าระดับที่กำหนด ไม่มีการรั่ว (leaks) และผิวหน้าสัมผัสของห้องแครงไม่เสียหาย รวมทั้ง ฝาครอบและซีลน้ำมันด้วย อย่างไรก็ตาม น้ำมันจะสกปรกได้ ดังนั้นจึงต้องเปลี่ยนถ่ายน้ำมันตามกำหนดน้ำมันที่ใช้ : Yamaha Gear Oil (น้ำมันเกียร์ยามาฮา)



* Gas-oil mixing ratio of YA6 (125 cc) - First motorcycle equipped with Autolube



(3) ระบบออโตลูป (Autolube system)

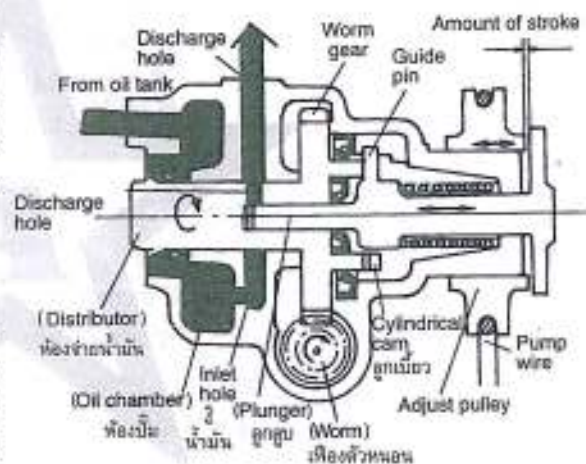
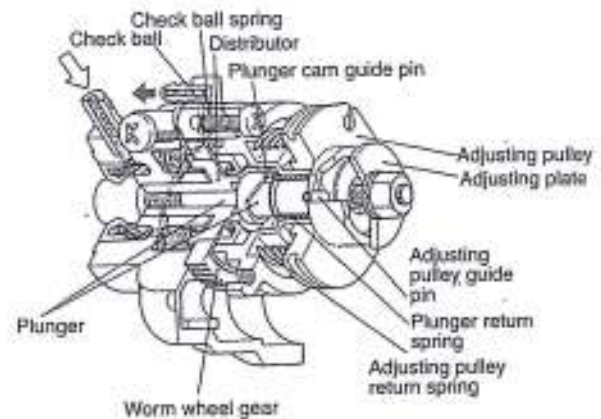
ปั๊มออโตลูป (Autolube pump) ถูกขับโดยเพลลาข้อเหวี่ยงและมีความสัมพันธ์กับเข็มเร่งที่คาร์บูเรเตอร์ (Carburetor throttle) ดังนั้นการควบคุมปริมาณน้ำมันออโตลูปจึงเป็นไปอย่างอัตโนมัติ ตามความเร็วของเครื่องยนต์และภาระของเครื่องยนต์ (load) โครงสร้างและการทำงานของปั๊มออโตลูป (Construction and operation of the oil pump) ปั๊มออโตลูปแบ่งเป็น 2 ประเภท ตามความแตกต่างทางโครงสร้าง และเป็นปั๊มแบบง่าย ๆ ของปั๊มลูกสูบ (Plunger pump) ดังนั้นปั๊มทั้งสองชนิดจึงมีหน้าที่การทำงานที่คล้ายกัน

1 ปั๊มแบบทั่วไป (General pumps)

(ใช้ในรถจักรยานยนต์ทั่วไป) ที่ห้องน้ำมันออโตลูป (Distributor) จะมีช่องทางน้ำมัน (Oil passage) และลูกเบี้ยว (Cam) สำหรับห้องจ่ายน้ำมันจะถูกขับโดยเพลลาข้อเหวี่ยงแต่ลดความเร็วให้ต่ำลงก่อน โดยเฟืองทดสำหรับลูกสูบ (Plunger) ที่สวมอยู่ในห้องจ่ายน้ำมัน ลูกสูบจะเลื่อนไปมาโดยลูกเบี้ยว

*การทำงาน (Operation)

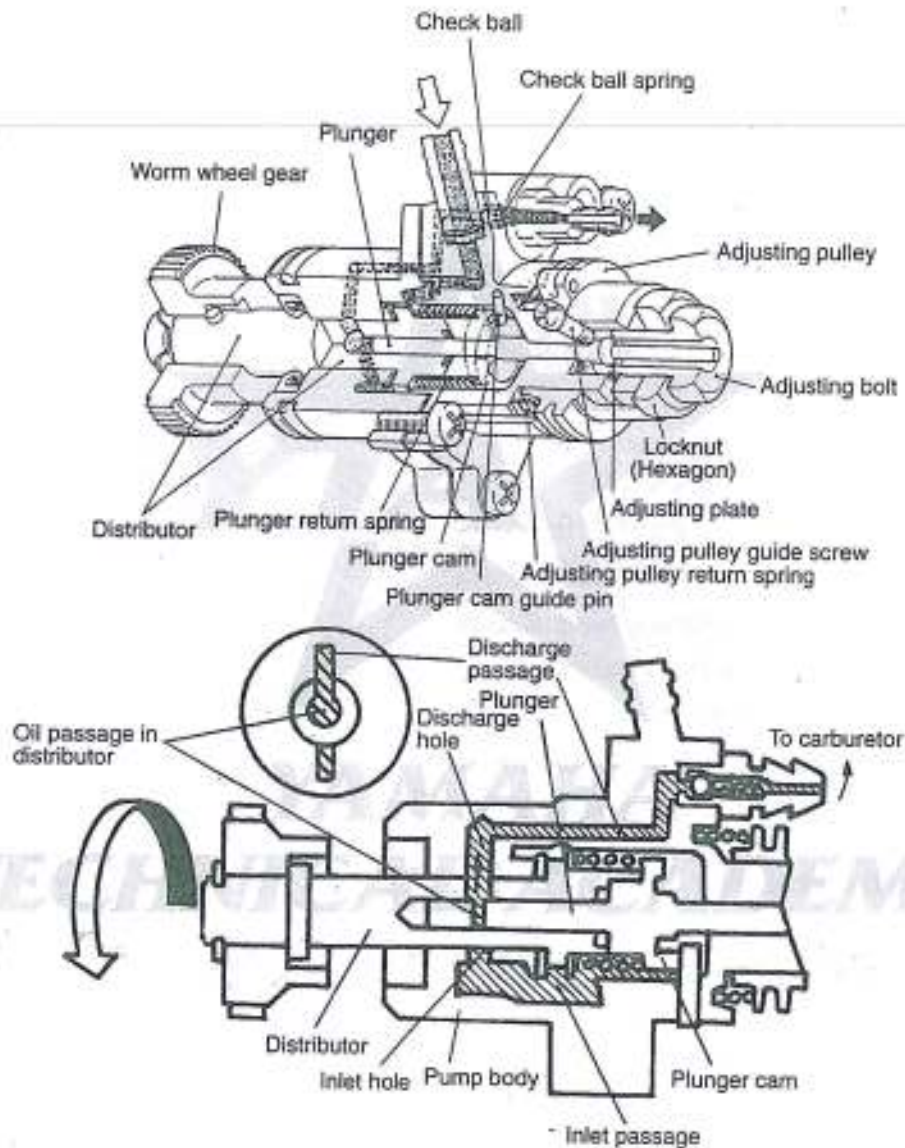
เมื่อห้องจ่ายน้ำมันหมุนจนตำแหน่งของรูน้ำมันในห้องจ่ายน้ำมันมาตรงกับรูน้ำมันเข้า (Inlet hole) ที่เสื้อปั๊มลูกสูบจะเลื่อนไปทางขวามือ เนื่องจากการเตะของลูกเบี้ยวที่ติดอยู่กับห้องจ่ายน้ำมันทำให้น้ำมันจากห้องปั๊ม (Pump chamber) ถูกดูดเข้ามาในห้องจ่ายน้ำมันและ เมื่อห้องจ่ายน้ำมันหมุนต่อไปแรงสปริงจะดันให้ลูกสูบเลื่อนมาอยู่ตำแหน่งทางซ้ายมือ น้ำมันจึงถูกอัดให้ดันตัวออกไปตามรูจ่าย การควบคุมปริมาณน้ำมันออโตลูปให้เหมาะสมควบคุม โดยการทำงานที่สัมพันธ์กันระหว่างสายปั๊ม (Pump Cable) และสายคันเร่ง (Throttle cable) และปรับการหมุนของพูเลย์ ด้านข้างของพูเลย์มีลูกเบี้ยว (Cam) ที่ทำให้ลูกสูบเลื่อนไปมาเป็นการปรับระยะระหว่างลูกสูบกับแผ่นปรับ (Adjust plate) แผ่นปรับเป็นตัวรองรับ (Stopper) ลูกสูบ ซึ่งระยะดังกล่าวคือระยะชักของลูกสูบ ดังนั้นการหมุนปั๊มแต่ละรอบจึงเป็นการควบคุมปริมาณน้ำมันที่ไหล - ออก จากปั๊ม



2 ปัมป์กำลังอัดสูง (High compression type pump)

(ใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดเล็กจำพวกสกูตเตอร์)

ปัมป์กำลังอัดสูงมีจานจ่ายและลูกสูบ ขณะที่ห้องจ่ายน้ำมันเครื่องหมุนลูกสูบจะเลื่อนในการดูดน้ำมันเข้าสปริงที่อยู่ระหว่างลูกสูบกับห้องจ่ายน้ำมันเครื่องจะดันให้ลูกสูบเลื่อนออกและเมื่อลูกสูบถูกดันเข้ามาด้วยลูกเบี้ยว น้ำมันจะถูกอัดตัวให้มีแรงดันสูง เพื่อจ่ายและเมื่อลูกสูบถูกดันเข้ามาด้วยลูกเบี้ยว น้ำมันจะถูกอัดตัวให้มีแรงดันสูง เพื่อจ่ายน้ำมันไปหล่อลื่นส่วนต่างๆ พู่เล่ย์ทำงานสัมพันธ์กับการเร่งเครื่องยนต์ โดยการปรับระยะชักของลูกสูบ เพื่อควบคุมปริมาณน้ำมันที่ไหลเข้ามาในปัมป์



ปัมป์น้ำมันออโตลูบทั้งสองแบบ เมื่อความเร็วเครื่องยนต์สูงขึ้นปัมป์จะหมุนเร็วตามไปด้วย ซึ่งทำให้ห้องจ่ายน้ำมันเครื่องและลูกสูบทำงานเร็วขึ้นทำให้ดูดน้ำมันได้มากขึ้นทำนองเดียวกัน ถ้าเครื่องยนต์มีภาระ (Load) เพิ่มขึ้น การจ่ายน้ำมันของปัมป์ก็จะจ่ายเพิ่มมากขึ้นด้วย กล่าวง่ายๆ คือ การควบคุมปริมาณน้ำมันมีอยู่ 2 ทางให้เหมาะสมกับสภาพ (Conditions) การทำงานของเครื่องยนต์

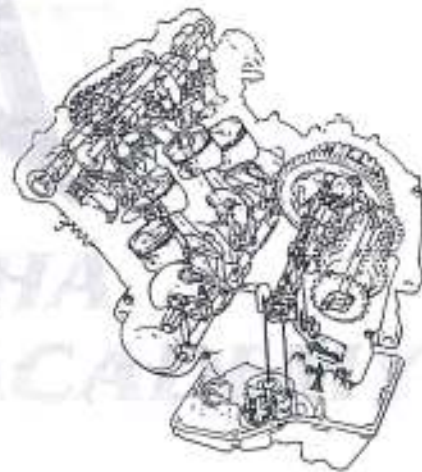
3. การหล่อลื่นสำหรับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ (Lubrication of four - stroke engine)

ในเครื่องยนต์ 4 จังหวะ จะแตกต่างจากเครื่องยนต์ 2 จังหวะ คือ ชุดเพลลาข้อเหวี่ยงจะแยกออกจากห้องเผาไหม้ และในชุดเพลลาข้อเหวี่ยงจะรวมอยู่กับชุดส่งกำลัง ดังนั้น ชุดเพลลาข้อเหวี่ยงจะถูกหล่อลื่นโดยน้ำมันเครื่องที่ใช้หล่อลื่นชุดคลัทช์, ชุดส่งกำลังจะรับน้ำมันหล่อลื่นโดยตรงจากปั้มน้ำมันเครื่อง ส่วนลูกสูบและเสื่อสูบจะถูกหล่อลื่นโดยละอองน้ำมันเครื่องจากการหล่อลื่นสลัดเพลลาข้อเหวี่ยงและก้านสูบ ในขณะเดียวกันชุดฝาสูบจะได้รับการหล่อลื่นจากการฉีดน้ำมันเครื่อง โดยปั้มน้ำมันเครื่องหลังจากนั้นน้ำมันเครื่องจะไหลกลับมายังอ่างน้ำมันเครื่อง สำหรับระบบหล่อลื่นจะแบ่งเป็น 2 ระบบ ดังนี้

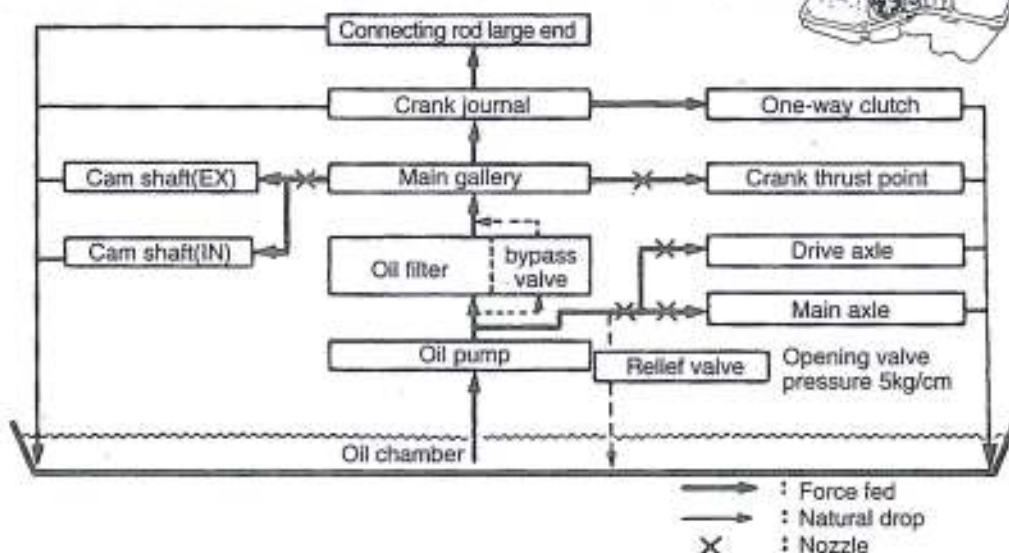
(1) แบบอ่างเปียก (Wet sump system)

ระบบนี้ น้ำมันหล่อลื่นทั้งหมดจะเก็บไว้ในอ่างน้ำมันเครื่อง (Sump) ซึ่งอยู่ใต้ห้องแครงปั้มจะดูดน้ำมันจากอ่างผ่านไส้กรอง จากนั้นน้ำมันที่มีแรงดัน จะถูกส่งไปหล่อลื่นส่วนต่างๆ ซึ่งส่วนที่ต้องส่งน้ำมันไปหล่อลื่นคือเพลลาข้อเหวี่ยงและชุดกลไกบังคับวาล์ว (Valve train) ส่วนที่ได้รับการหล่อลื่นจากน้ำมันที่ส่งเข้าหล่อลื่นสลักก้านสูบด้านใหญ่คือกระบอกสูบ ลูกสูบและแหวนลูกสูบ และน้ำมันจะถูกกวาดลงอ่างน้ำมันโดยแหวนน้ำมัน (Oil ring) น้ำมันถูกปั้มส่งไปยังส่วนที่ขับเคลื่อนวาล์ว (Valve drive section) จะหล่อลื่นเพลาลูกเบี้ยว (Camshaft) และกระเดื่อง (Rocker arm) ส่วนน้ำมันที่หล่อลื่นวาล์วและปลอกนำวาล์ว (Valve guide) ก่อนไหลเข้าสู่ห้องเผาไหม้ และน้ำมันจะไหลเข้าช่องน้ำมันกลับ (Return passage) ไหลสู่ห้องแครงชุดคลัทช์และชุดเกียร์ได้รับการหล่อลื่นจากน้ำมันที่กระเด็นจากการถูกสลักก้านสูบตี (Splashing) ในอ่างเก็บน้ำมัน (Sump) หรือจากน้ำมันที่ถูกปั้มส่งจาก ปั้ม น้ำมันก็ได้ข้อดีและข้อเสียระบบอ่างเปียก คือ

- 1) มีโครงสร้างง่าย ๆ
- 2) การอุ่นเครื่องยนต์ใช้ช่วงเวลาสั้น ๆ
- 3) ถ้าปริมาณ ของน้ำมันในอ่างมีน้อยมีแนวโน้มจะทำให้การหล่อลื่นไม่เพียงพอทำให้น้ำมันเสื่อมสภาพเร็วและทำปั้มดูดน้ำมันได้ลดลง (Reduce pump suction)
- 4) มีการหมุนเวียนของน้ำมันได้เร็วและเสื่อมเร็วด้วย จึงทำให้ประสิทธิภาพในการระบายความร้อนลดลงน้ำมันที่อยู่ในอ่างใต้ห้องแครง จะถูกดูดโดยปั้มและกรองด้วยหม้อกรองก่อนจะดันส่งไปยังส่วนต่างๆ

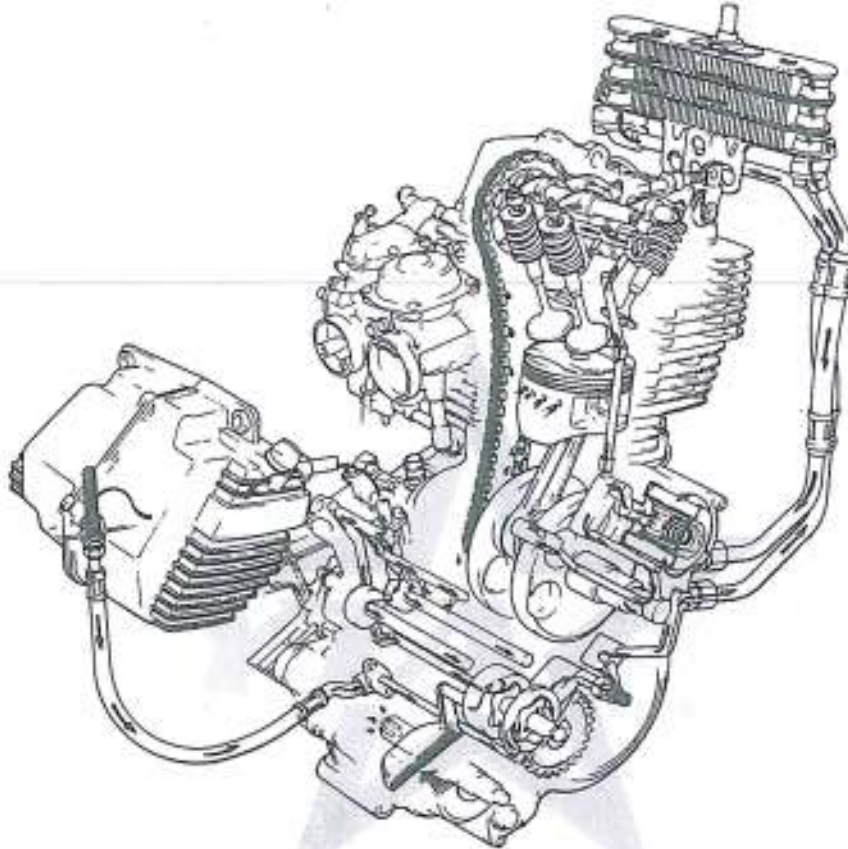


Oil Lubrication Route



(2) แบบอ่างแห้ง (Dry - sump system)

ระบบนี้ น้ำมันจะถูกเก็บแยกจากอ่างน้ำมันเครื่อง (Sump) โดยมีถังเก็บ (Oil tank) แยกอยู่ภายนอกและถูกดูดโดยปั๊มน้ำมัน แล้วส่งเข้าส่วนต่างเช่นเดียวกับกับแบบอ่างเปียก หลังจากทำการหล่อลื่นแล้วน้ำมันจะไหลกลับมายังห้องเครื่อง แล้วถูกดูดกลับไปยังถังเก็บโดยปั๊มดูดกลับ (Oil return pump) ส่วนชุดคลัทช์และชุดเกียร์ได้รับการหล่อลื่นจากน้ำมันที่กระเด็น (Splashing) ขณะไหลเข้าสู่ถังเก็บ



น้ำมันที่ใช้ : น้ำมันเครื่องสำหรับยamaha 4 จังหวะ (10 W 30 และ 20 W 40)

[ข้อแนะนำ] (Handling notes)

○ **ตรวจเช็คน้ำมันตามระยะ (Periodically checked)**

ที่กำหนดเดิมเพิ่มหรือเปลี่ยนแม้ว่าเครื่องยนต์ 4 จังหวะจะสิ้นเปลืองน้ำมันน้อย แต่ก็ต้องสิ้นเปลืองตามช่องทางต่อไปนี้ :

น้ำมันที่ถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้หลังจากที่หล่อลื่นวาล์วและปลดกวาล์วและน้ำมันส่วนที่กระบอกสูบไม่ได้ถูกกวาดลงจึงทำให้ถูกเผาไหม้ในห้องเผาไหม้ การสูญเสียน้ำมันจึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงได้ เนื่องจากความต้องการในการหล่อลื่น ซึ่งโดยทั่วไปจะมีการสูญเสียน้ำมันเครื่องประมาณ 0.5 - 1.0 ลิตรต่อระยะทางที่วิ่งได้ 5,000 ถึง 10,000 กม. ถ้าเกิดมีการสูญเสียน้ำมันมากเกินไป อาจจะมีบางชิ้นส่วนเสียหายต้องเข้ารับการตรวจเช็คน้ำมันที่หล่อลื่นเพลาคอเหวี่ยง ชุดขับวาล์ว คลัทช์ และห้องเกียร์ คือน้ำมันชนิดเดียวกัน, จึงทำให้(เสื่อม) (Contaminate) เร็ว เมื่อซื้ออะไหล่ใหม่ต้องเปลี่ยนน้ำมันเมื่อครบ 1 เดือน หรือ 1,000 กม. และหลังจากนั้นเปลี่ยนทุกๆ 3,000 กม. ซึ่งเป็นการตรวจเช็คน้ำมันเครื่องตามกำหนด (Periodically)

○ **ทำความสะอาดหรือเปลี่ยนไส้กรองน้ำมัน (Clean or replace the oil filter)**

ในระบบหล่อลื่นจะมีไส้กรองน้ำมัน (วงจรไส้กรอง) (Oil filter circuit) เพื่อกำจัด (Remove) ผงโลหะและคราบเขม่าจากการเผาไหม้ ถ้าไส้กรอง (Element) สกปรกมากๆ จะทำให้ประสิทธิภาพการกรองลดลง จะส่งผลให้ไม่สามารถทำความสะอาดน้ำมันที่ใช้แล้ว ดังนั้นไส้กรองจึงต้องทำความสะอาดหรือเปลี่ยนตามระยะเวลาที่กำหนด

(3) ปั๊มน้ำมันหล่อลื่น (Oil pump)

ปั๊มน้ำมันถูกขับโดยเพลาลูกเบี้ยวและส่งน้ำมันที่มีแรงดันไปหล่อลื่นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ ปั๊มน้ำมันเครื่องที่ใช้ทั่วไป มี 2 แบบ คือ

1. แบบเฟือง (Gear pump)

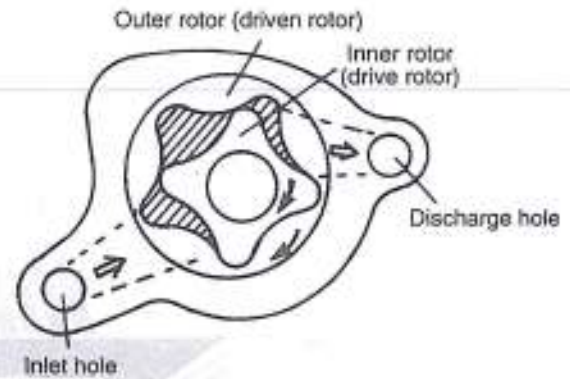
โดยการหมุนของเฟือง 2 เฟือง ภายในเรือนปั๊ม (Pump) น้ำมันถูกดูดผ่านช่องทางเข้าและดันออกไปช่องทางออก (Discharge hole) ปั๊มแบบนี้มีโครงสร้างง่ายและการทำงานเป็นไปอย่างต่อเนื่องข้อดีข้อเสียมีน้อย



Gear pump

2. ปั๊มแบบโรเตอร์ (Trochoid pump)

ปั๊มชนิดนี้ การหมุนของโรเตอร์ตัวใน (Inner rotor) ซึ่งเป็นตัวขับ ทำให้โรเตอร์ตัวนอก (Outer rotor) หมุนตามด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน เป็นเหตุให้เกิดการเปลี่ยนแปลงปริมาตรระหว่างโรเตอร์ทั้ง 2 ตัวการเปลี่ยนแปลงปริมาตรนี้ เป็นเหตุให้น้ำมันถูกดูดเข้าและจ่ายออกไป ปั๊มแบบนี้นิยมใช้มากที่สุด เพราะมีข้อดีมากกว่าแบบเฟือง และสามารถออกแบบให้มี ขนาดกะทัดรัดได้

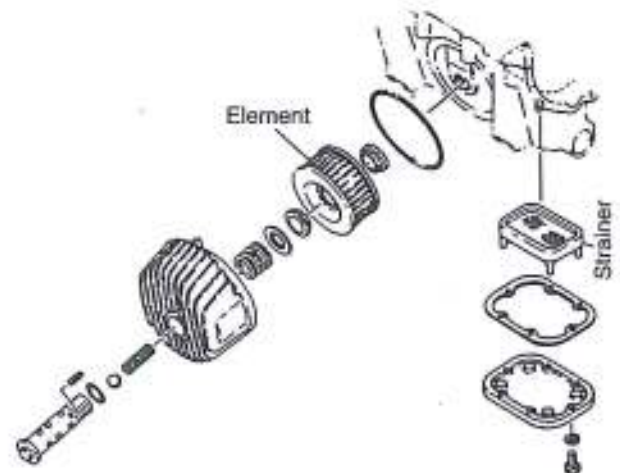


Trochoid pump



4. ใส์กรองน้ำมัน (Oil filter)

น้ำมันหล่อลื่นจะเสื่อมเพราะเศษโลหะและเขม่าเศษผงเหล่านี้จะถูกพาเข้าไปยังชิ้นส่วนต่างๆ โดยน้ำมันหล่อลื่น ซึ่งจะเป็นสาเหตุให้สึกหรอเร็วและอุดตัน (Clogging) รู้น้ำมัน (Oil passage) เพื่อป้องกันปัญหานี้จึงต้องติดตั้งใส์กรองน้ำมันน้ำมัน เพื่อกำจัดสิ่งสกปรก (impurities) ในน้ำมัน ซึ่งจะต้องทำความสะอาดใส์กรอง และเปลี่ยนใส์กรองตามระยะเวลาที่กำหนด



4. (Lubrication oil) น้ำมันหล่อลื่น

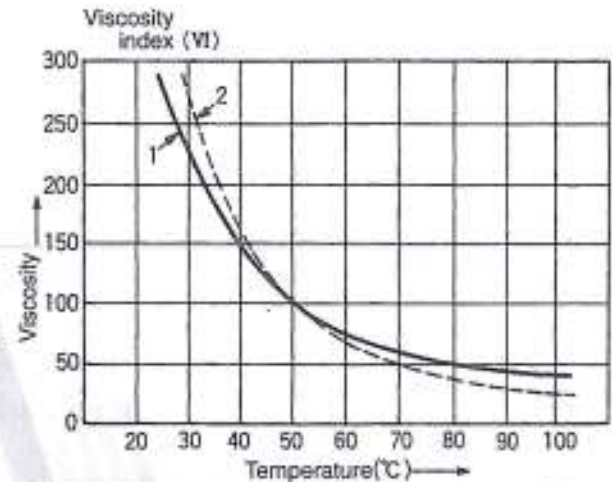
เหตุผลที่ต้องมีการหล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ คือ เพื่อลดแรงเสียดทานป้องกันการสึกหรอเสียดสีกำลัง และเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ และยังป้องกันการสึกหรอและความเสียหายด้วย

(1) ชนิดของน้ำมันเครื่อง (Type of engine oil)

น้ำมันเครื่องโดยมากจะเป็นน้ำมันที่ใช้งานหนัก (Heavy oil) ที่ผลิตจากส่วนผสมของสารสังเคราะห์ (Mixture of green) และน้ำมันที่ได้จากการกลั่นน้ำมันดิบ

1) ความหนืด(Viscosity)

คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นที่ต้องการมีอยู่หลายประการ แต่ที่สำคัญที่สุดคือความหนืด (Viscosity) ค่าความหนืดวัดจากระดับชั้นความเหนียวของน้ำมัน (Oil's degree of stickiness) น้ำมันที่มีความหนืดสูงจะสร้างฟิล์ม (film) น้ำมันเคลือบผิวโลหะหนา ซึ่งทำให้สามารถรับภาระมากๆ (Large Load) ได้ อย่างไรก็ตาม ถ้าความหนืดมีค่าสูงมากๆ ค่าความเสียดทานภายใน (Internal friction) ของน้ำมันหล่อลื่นก็สูงขึ้นด้วย ซึ่งเป็นสาเหตุให้ความต้านทานและสูญเสียกำลัง (Resistance and power loss) มากขึ้นในทางตรงกันข้าม ถ้าค่าความหนืดต่ำจะสูญเสียกำลัง (power loss) น้อยด้วย แต่ชั้นฟิล์มน้ำมัน (Oil film) จะเสียหาย (Break down) และสมรรถนะจะไม่เพียงพอต่อการลดแรงเสียดทาน (Friction reduction) ปัญหาที่สำคัญเกี่ยวกับค่าความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นคือ อุณหภูมิ โดยทั่วไปความหนืดจะลดลงเมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นขอบเขตการเปลี่ยนแปลงค่าความหนืดที่สัมพันธ์กับอุณหภูมิเรียกว่า "ดัชนีความหนืด" (Viscosity index)



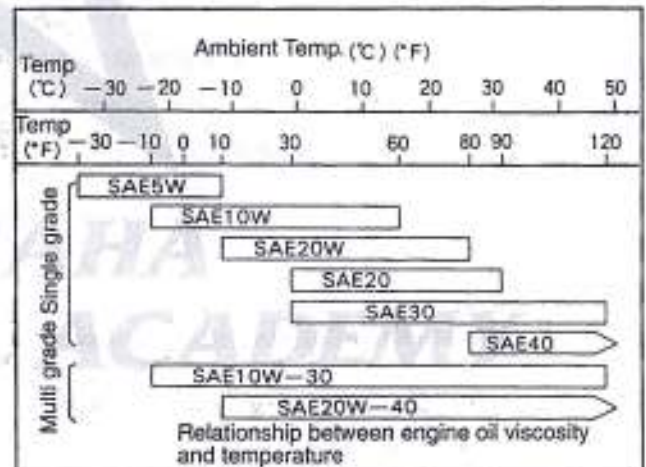
2) แบ่งชนิดของน้ำมันเครื่องตามความหนืด (Viscosity category (SAE Standard))

SAE number เป็นหน่วยวัดความหนืดของน้ำมันหล่อลื่น ในการเลือกใช้ไม่เพียงแต่จะขึ้นกับอุณหภูมิเท่านั้น แต่จะขึ้นกับสภาพใช้งานของเครื่องยนต์ด้วยสำหรับตัวเลขที่เขียนตามหลัง "SAE" นั้น ถ้าค่าตัวเลขยิ่งน้อย แสดงว่าความหนืดยิ่งต่ำ น้ำมันที่เขียนในลักษณะ SAE 10W-30 หรือ SAE 20W-40 เรียกว่าน้ำมัน Multi grade คือ ค่าความหนืดจะเปลี่ยนแปลงน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลง อักษร "W" หมายถึง การวัดความหนืดที่อุณหภูมิ -17.8°C (0°F) แต่ถ้าไม่มีหมายถึง

การวัดความหนืดที่อุณหภูมิ 98.9°C (210°F)

สูตรหาความสัมพันธ์ระหว่างองศาเซลเซียสกับองศาฟาเรนไฮต์

$$C = \frac{5}{9} (F-32) \text{ หรือ } F = \frac{9}{5} \times C + 32$$



3) แบ่งตามคุณสมบัติของน้ำมัน (API classification)

American Petroleum Institute ได้แบ่งประเภทของน้ำมันหล่อลื่นตามการใช้งาน ดังนี้

สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

- SD ใช้งานทั่วไปภายใต้อุณหภูมิที่สูงหรือต่ำมากได้ จะมีส่วนผสมของสารช่วยทำความสะอาด (Detergent), สารที่ทำให้เขม่ากระจายตัว (Dispersants), สารป้องกันการกัดกร่อน (Wear-resistant agents) และสารป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Antioxidations)

- SE ใช้กับงานที่หนักกว่าระดับ SD มีส่วนผสมของสารต่างๆ เหมือน SD แต่มีปริมาณมากกว่า

- SF มีคุณสมบัติเหนือกว่า SE ใช้กับ Power valve ซึ่งจำเป็นต้องมีความสามารถต้านทานสึกหรอได้สูง มีอายุการใช้งานนาน

- SG มีคุณสมบัติสูงภายใต้อุณหภูมิสูงสุด, ป้องกันการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนและต้านทานการสึกหรอของระบบวาล์วมากกว่า SF

④ แบ่งชนิดตามวัสดุที่ใช้ผลิต (น้ำมันแร่,น้ำมันพืช,น้ำมันเคมีสังเคราะห์,น้ำมันกึ่งสารสังเคราะห์)

Category according to base material (mineral, vegetable, Chemical synthetic, semi - synthetic)

○ น้ำมันแร่ (Mineral oil)

เป็นผลิตภัณฑ์ของน้ำมันปิโตรเลียม มีราคาถูก นิยมใช้มากที่สุดกับเครื่องยนต์

○ น้ำมันพืช (Vegetable oil)

เป็นผลิตภัณฑ์จากพืช มีคุณสมบัติในการหล่อลื่นดีมาก นิยมใช้กับเครื่องรถแข่งแต่ถ้าใช้น้ำมันนี้กระทบกับอากาศโดยตรง จะเกิดการทำปฏิกิริยากับออกซิเจนอย่างรวดเร็ว จึงไม่เหมาะกับงานทั่วไป

○ น้ำมันสังเคราะห์ (Chemical synthetic oil)

น้ำมันที่ทำจากสารเคมีนี้ จะสามารถรักษาความหนืดให้คงที่ไม่ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนไปอย่างไร โดยมากจะทำจากเอทิลีน (Ethylene) โดยการทำให้แตกตัวและผ่านกรรมวิธีทางเคมี เพื่อเปลี่ยนโครงสร้างโมเลกุลให้ได้ตามต้องการ น้ำมันหล่อลื่นที่จากสารเคมีสังเคราะห์นี้ สามารถสร้างให้มีคุณสมบัติทางเคมีตามต้องการได้ และรักษาคุณสมบัติการหล่อลื่นไว้ได้นาน ป้องกันการทำปฏิกิริยาออกซิเจนได้ดี จึงไม่จำเป็นต้องเติมสารป้องกันการทำปฏิกิริยาออกซิเจน (Antioxidants) หรือสารเพิ่มดัชนีความหนืด (Viscosity index increasing agents)

○ น้ำมันกึ่งสารสังเคราะห์ (Semi-synthetic oil)

เป็นน้ำมันผสมที่เกิดจากการผสมน้ำมันเคมีสังเคราะห์, น้ำมันแร่และน้ำมันพืชเข้าด้วยกัน ทำให้สามารถรักษาคุณสมบัติการหล่อลื่นให้คงที่ได้ดีมาก

(2) จาระบี (Grease)

จาระบี ทำจากการทำน้ำมันแร่ (Mineral oil) ผสมกับสบู่โลหะ (Metalic soap) ที่อุณหภูมิปกติ น้ำมันชนิดนี้จะอยู่ในสถานะกึ่งของแข็ง (Semi - solid state) และเมื่อเครื่องเริ่มทำงาน (Riding Start) ความร้อนจากแรงเสียดทาน ทำให้ละลาย และสร้างชั้นฟิล์มน้ำมัน (Oil film) มาเคลือบผิวที่มีแรงเสียดทาน (Friction surface) และทำหน้าที่เป็นน้ำมันหล่อลื่นเมื่อเครื่องหยุดทำงาน (Riding stops) มันจะคืนสภาพไปเป็นกึ่งของแข็งชนิดของจาระบีที่ใช้ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน มีดังนี้

① จาระบีแคลเซียม (Calcium soap grease (Chassis grease, etc.)

น้ำมันสบู่แคลเซียม ถูกใช้ในบีมหน้าซึ่งเป็นส่วนแรกที่เป็นสมรรถนะความต้านทานน้ำ (Water resistant performance) และเป็นตัวต้านทานความร้อน ดังนั้นอย่าฉีบน้ำล้างออก (Flushed away) เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น

② จาระบีลิเทียม (Lithium soap grease ,rubber crease, etc.)

น้ำมันสบู่ลิเทียม ถูกใช้ในลูกปืนของเจเนอเรเตอร์ (Generator bearing) และสามารถใช้เป็นน้ำมันแร่ที่มีค่าความหนืดต่ำ ซึ่งมีความต้านทานความร้อนและเครื่องยนต์ความเร็วสูง (High speed engine) มีเสถียรภาพเชิงกลอย่างเหมาะสม (Mechanical Stability) น้ำมันชนิดนี้มีความต้านทานน้ำ (Water resistance) ดีและมีความต้านทานความเย็น ดังนั้นจึงเรียกว่า "น้ำมันสารพัดประโยชน์" (Multi - purpose grease)

[7] ระบบระบายความร้อน (Cooling system)

หรือระบบระบายความร้อน อุณหภูมิของเครื่องยนต์จะสูงขึ้นเมื่อเครื่องทำงาน ซึ่งส่วนใหญ่เป็นผลจากการเผาไหม้ และเพลาข้อเหวี่ยงรวมทั้งแรงต้านทานจากชิ้นส่วนต่างๆที่มีการเคลื่อนที่ก็จะทำให้เกิดความร้อน ถ้าการหล่อลื่นไม่ดีพอ อันเป็นผลจากความร้อน หรือ ชิ้นส่วนมีรูปร่างไปเนื่องจากการขยายตัวเมื่อได้รับความร้อน เครื่องยนต์จะร้อนจัด(Overheat) และจะติดตาย(Seize) ดังนั้นการออกแบบจึงต้องคำนึงถึงรูปร่างของชิ้นส่วนและวัสดุที่ใช้ทำ เพื่อมิให้เกิดการเสียรูปทรงเนื่องจากการขยายตัวทางความร้อน เครื่องยนต์จำเป็นต้องมีระบบระบายความร้อน เพื่อระบายความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งระบบระบายความร้อนแบ่งได้เป็นระบบระบายความร้อนด้วยอากาศหรือระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ

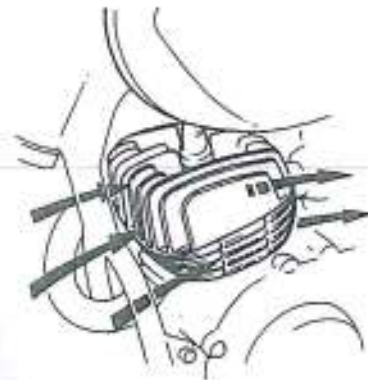
1. ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศ

(Air - cooling system)

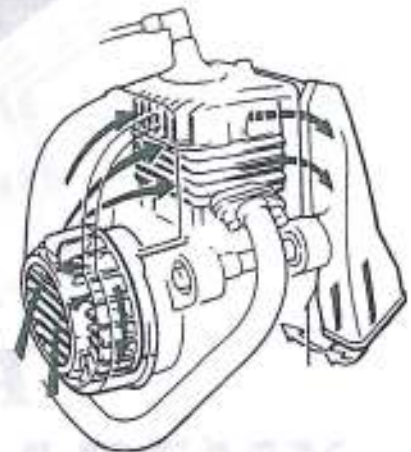
ระบบนี้เครื่องยนต์จะถูกระบายความร้อนด้วยอากาศซึ่งระบบนี้มีโครงสร้างง่ายๆ มี 2 แนวทางในการระบายความร้อน

(1) การระบายความร้อนด้วยอากาศที่ไหลเวียนตามธรรมชาติ (Natural air - cooling)

เครื่องยนต์จะติดตั้งในตำแหน่งโล่งๆ มีสิ่งกีดขวางทิศทางอากาศน้อยที่สุดเพื่อเพิ่มพื้นผิวสัมผัสอากาศให้มากที่สุด กระบอกสูบและฝาสูบจึงต้องมีครีป (Fins) ระบายความร้อนอยู่ด้านนอกโดยรอบ และเพื่อให้การระบายความร้อนดีขึ้น จึงต้องคำนึงถึงขนาดและรูปร่าง และแนว (Orientation of the fins) ของครีปเป็นพิเศษระบบระบายความร้อนแบบนี้นิยมใช้กันมากในรถมอเตอร์ไซด์ทั่วไป



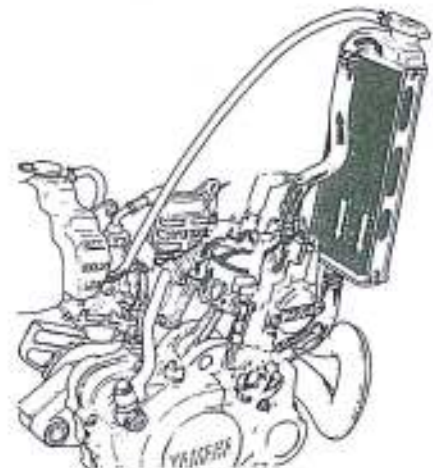
Natural air-cooling type



Forced air-cooling type

(2) ระบบระบายความร้อนด้วยอากาศโดยใช้พัดลมช่วย (Force - air - cooling system)

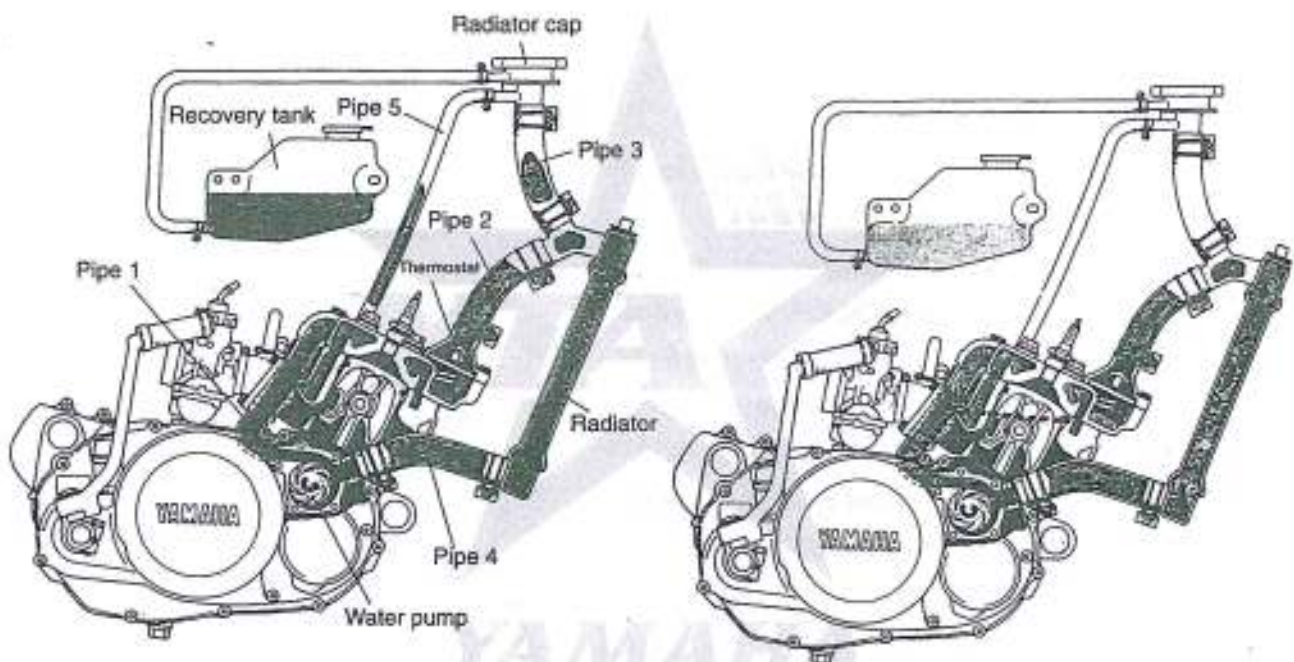
เมื่อเครื่องยนต์ติดตั้งกับโครง (Frame) หรือในที่อับที่บดบังซึ่งการระบายความร้อนด้วยอากาศตามธรรมชาติไม่เพียงพอ ระบบนี้จึงต้องมีพัดลม ซึ่งถูกขับโดยเครื่องยนต์ช่วยด้วยซึ่งพัดลมจะเป่าอากาศไปที่กระบอกสูบและฝาสูบ เพื่อให้การระบายความร้อนมีประสิทธิภาพจึงต้องมีท่อหรือกำบังลม (Duct or bar) เป็นตัวช่วยให้อากาศไหลไประบายความร้อนที่กระบอกสูบและฝาสูบโดยตรง นอกจากนี้ยังต้องคำนึงถึงขนาดและรูปร่างของครีประบายความร้อนเป็นพิเศษระบบระบายความร้อนแบบนี้ จะใช้กับรถมอเตอร์ไซด์แบบ Scooter (สกู๊ตเตอร์)



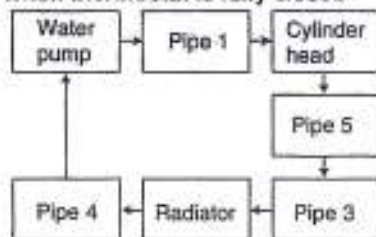
Water-cooling type

2. ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooling system)

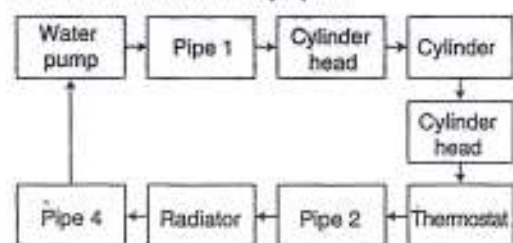
ระบบนี้จะถูกส่งเข้าไปภายในเสื้อสูบ เพื่อระบายความร้อนแก่เสื้อสูบและฝาสูบ หลังจากที่ได้รับความร้อนจากเครื่องยนต์แล้ว น้ำจะไหลกลับไปยังหม้อน้ำ (Radiator) ซึ่งน้ำจะถูกระบายความร้อนที่รับมาจากเครื่องยนต์ออกไปโดยอากาศ ก่อนจะส่งกลับไปยังเสื้อสูบอีกครั้ง ซึ่งมี 2 วิธีที่แตกต่างกันในการหมุนเวียนของน้ำ คือ ระบบน้ำไหลวนโดยใช้ปั๊มน้ำและระบบที่น้ำไหลเวียนตามธรรมชาติ (หลักการนำความร้อน) (Convection) เมื่อน้ำได้รับความร้อนจะลอยตัวสูงขึ้น (moves up ward) สำหรับระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบใช้ปั๊มน้ำจะมีเทอร์โมสแตท (Thermostat) ทำงานร่วมกับปั๊มน้ำ เทอร์โมสแตทจะเปิดไม่ให้น้ำไหลเข้าหม้อน้ำจนกว่าน้ำร้อนได้อุณหภูมิตามที่กำหนด (เครื่องยนต์ร้อน) เมื่ออุณหภูมิถึงระดับที่กำหนด เทอร์โมสแตทจะเปิดให้น้ำไหลออกไปยังหม้อน้ำและน้ำเย็นจากหม้อน้ำก็จะไหลเข้ามาในเสื้อสูบรอบเครื่องยนต์ ซึ่งเครื่องยนต์ระบายความร้อนด้วยน้ำส่วนมากจะใช้ระบบระบายความร้อนด้วยน้ำแบบใช้ปั๊มน้ำช่วย



"When thermostat is fully closed"



"When thermostat is fully open"



คำศัพท์จากรูป

Water pump = ปั๊มน้ำ

Pipe = ท่อน้ำ

Cylinder head = ฝาสูบ

Cylinder = กระบอกสูบ

Radiator = หม้อน้ำ

Radiator Cap = ฝาหม้อน้ำ

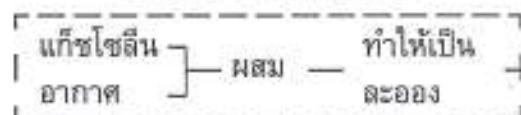
Thermostat = เทอร์โมสแตท(ตัวควบคุมอุณหภูมิ)

[8] ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง

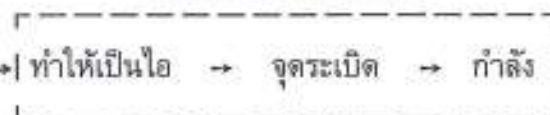
1. คาร์บูเรเตอร์

คาร์บูเรเตอร์ เป็นอุปกรณ์หรือส่วนประกอบที่สำคัญมากของระบบน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละอองละเอียดกระจายคูลเกล้ากับอากาศได้อย่างทั่วถึงถ้าอัตราส่วนผสมโดยน้ำหนักที่เหมาะสมกับสภาพการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้รับส่วนผสมที่เหมาะสมดังกล่าวแล้ว จากคาร์บูเรเตอร์เข้าสู่ห้องเผาไหม้ เมื่อส่วนผสมถูกลูกสูบเลื่อนขึ้นอัดส่วนผสมจะกลายเป็นไอจึงง่ายต่อการเผาไหม้ ดังนั้นอาจกล่าวได้ว่าคาร์บูเรเตอร์คือ ตัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงนั่นเอง

หน้าที่ของคาร์บูเรเตอร์



หน้าที่ของเครื่องยนต์



[หน้าที่ของคาร์บูเรเตอร์]

1. ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละออง

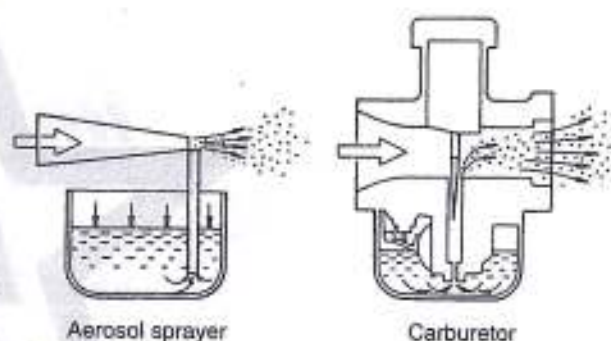
ทำให้น้ำมันเบนซินเป็นละอองการคูลเกล้ากับอากาศจึงเป็นไปอย่างสมบูรณ์

2. ควบคุมอัตราส่วนผสม

ควบคุมอัตราส่วนผสมให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานต่างๆ ของเครื่องยนต์

3. การควบคุมกำลังของเครื่องยนต์

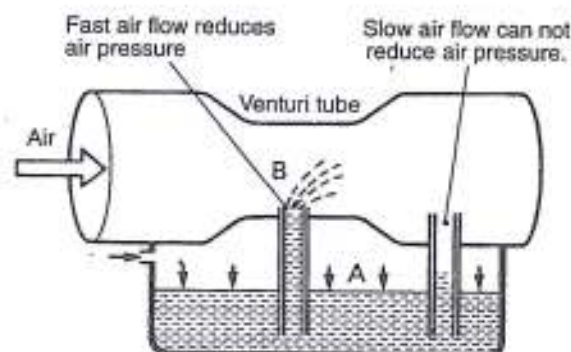
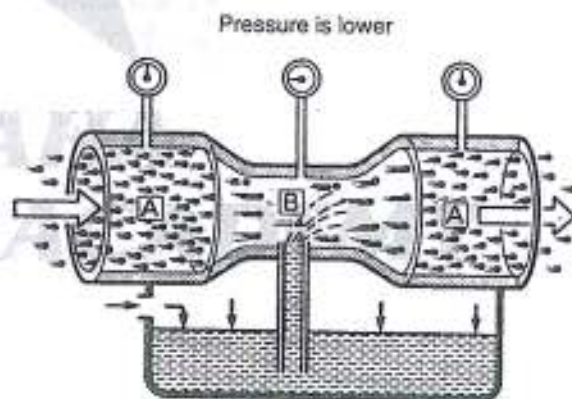
ควบคุมการจ่ายส่วนผสมให้แก่เครื่องยนต์ เพื่อควบคุมกำลังงานของเครื่องยนต์ซึ่งได้แก่ รอบเครื่องยนต์ และแรงบิดหน้าที่หลัก 3 ประการดังกล่าว จะกระทำโดยอัตโนมัติด้วยคาร์บูเรเตอร์ โดยลิ้นเร่ง (Throttle vale) และแรงดูดสุญญากาศ (Negative pressure) ในระบบประจุอากาศ (Intake system)



2. หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ (Principle Carburetor)

คาร์บูเรเตอร์อาศัยหลักการทำงานเบื้องต้นของกระบอกฉีด (Sprayering) ซึ่งใช้กับกระบอกฉีดน้ำ และกระบอกฉีดยาที่คุ้นเคยในสมัยก่อนๆ เมื่ออากาศกระบอกไหลผ่านรูฉีดด้วยความเร็วสูงแรงดันบริเวณปลายรูฉีดจึงลดลงมาเป็นสุญญากาศ (Negative Pressure) นั้นผิวของน้ำมีแรงดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure) กดอยู่น้ำจึงถูกดูดขึ้นแล้วฉีดเป็นฝอยละอองละเอียดด้วยการพุ่งของอากาศ

ในทำนองเดียวกันสำหรับคาร์บูเรเตอร์ เมื่อลูกสูบเลื่อนลงในจังหวะดูดปริมาตรบนหัวลูกสูบจึงเพิ่มขึ้น เป็นเหตุให้เกิดสุญญากาศและแรงดูด ดูดอากาศเข้ามาแทนที่อากาศจึงไหลจากไส้กรองอากาศผ่านท่อรับอากาศ (Air horn, Main bore) ของคาร์บูเรเตอร์เข้าสู่กระบอกสูบขณะที่อากาศไหลผ่านท่อรับอากาศ เมื่อผ่านส่วนที่เป็นคอขวด (Venturi Section, A) ความเร็วจึงเพิ่มขึ้น แรงดันจะลดลง (Negative Pressure)

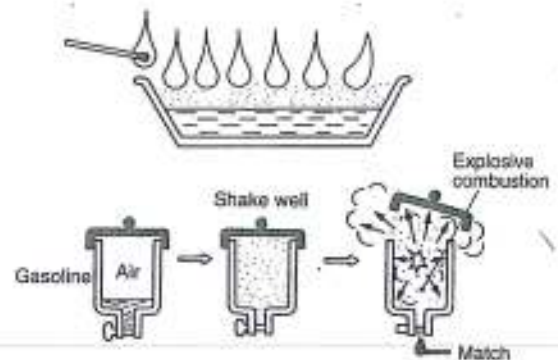


3. การเผาไหม้และการระเบิด

(Combustion and explosion)

* อ็อกซิเจนเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเผาไหม้สารต่างๆ แม้แต่แก๊สโซลีนก็ไม่สามารถเผาไหม้ได้โดยปราศจากอ็อกซิเจน ถ้าน้ำมันแก๊สโซลีนและอากาศมาผสมกันแก๊สโซลีนจะเผาไหม้ได้ต้องได้รับความร้อนเข้าไป ดังนั้นจึงมี 3 เงื่อนไขสำหรับการเผาไหม้คืออุณหภูมิ, อ็อกซิเจน(อากาศ) และเชื้อเพลิง ถ้าขาดปัจจัย 3 ส่วนในการเผาไหม้จะเกิดขึ้นไม่ได้

* แก๊สโซลีนที่เผาไหม้อย่างรวดเร็วในกระบอกสูบเรียกว่า "การจุดระเบิด" ถ้าแก๊สโซลีนเผาไหม้ไม่รวดเร็วพอจะไม่เกิดการระเบิด กล่าวคือ "การระเบิด" นั้นแก๊สโซลีนจะต้องผสมกับอากาศที่อัตราส่วนจำเพาะและเป็นไอ ซึ่งจะมีค่าไวไฟสูง (highly combustible) เงื่อนไข คือ ไอแก๊สโซลีนต้องถูกอัดเมื่อจุดระเบิด และการกระจายของเปลวไฟจะสูงมาก ซึ่งผลจากการเผาไหม้อย่างรุนแรงจะเกิดความดันสูงจากการเผาไหม้



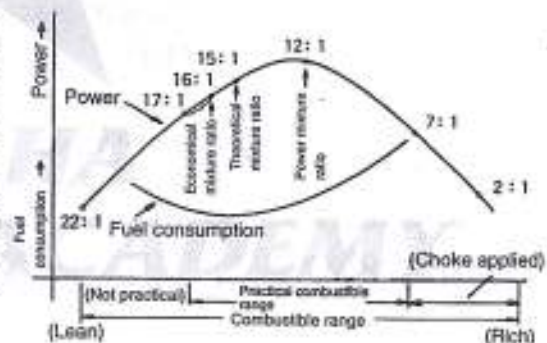
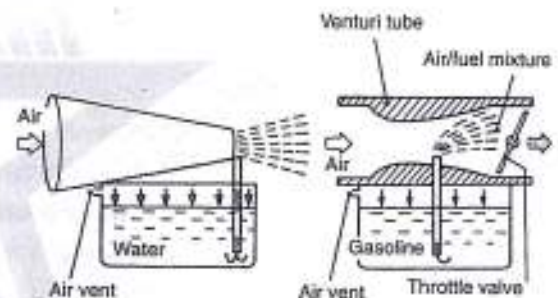
4. อัตราส่วนผสม (Mixture ratio)

(1) อัตราส่วนผสม (Mixture ratio)

อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเรียกว่า "อัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน" (air - fuel ratio) ซึ่งเป็นอัตราส่วนผสมเทียบกับน้ำหนัก อัตราส่วนผสม อากาศ - น้ำมัน 15 : 1 หมายถึง มีอากาศหนัก 15 กรัม และน้ำมัน 1 กรัม

$$\text{อัตราส่วนผสม} = \frac{\text{อากาศที่ไหลเข้าท่อไอดี(g)}}{\text{การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง(g)}} = \frac{\text{Intake air flow (g)}}{\text{Fuel consumption (g)}}$$

การทำให้แก๊สโซลีนเผาไหม้อย่างรวดเร็ว จะต้องผสมกับอากาศที่อัตราส่วนจำเพาะ ถ้าแก๊สโซลีนมากเกินไป จะเกิดการเผาไหม้ไม่ได้เรียกว่า "ช่วงเผาไหม้ไม่ได้" (Combustible range) และที่ขอบเขตของช่วงเผาไหม้ได้ เรียกว่า "ขอบเขตที่เผาไหม้ได้" (Combustible limit) ความจริงส่วนผสมอากาศ-น้ำมันถูกอัด (Compress) ในห้องเผาไหม้(Combustion chamber) และจุดประกายให้เกิดการเผาไหม้การเผาไหม้ของส่วนผสมภายใต้เงื่อนไขนี้ ช่วงเผาไหม้ได้ (Combustible range) จะแคบลง ช่วงตรงนี้เรียกว่า "ช่วงเผาไหม้ได้ทางปฏิบัติ" (Practical combustible range) ซึ่งคาร์บูเรเตอร์เป็นตัวผสมส่วนผสม



(2) อัตราส่วนผสมในทางทฤษฎี

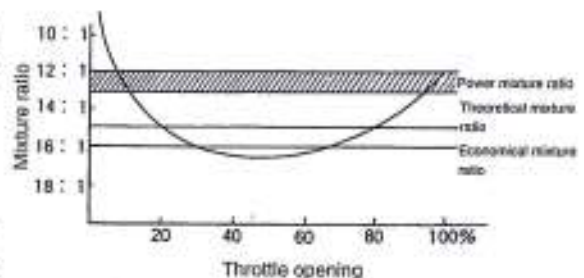
(Theoretical mixture ratio)

เมื่อแก๊สโซลีนเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ มันจะเปลี่ยนไปเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ (CO₂) และน้ำ (H₂O) ทางทฤษฎีจะเผา แก๊สโซลีนได้อย่างสมบูรณ์ ต้องใช้

อัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน 15 : 1

ถ้ามีอากาศ 15 กรัมและน้ำมัน 1 กรัม

อัตราส่วนผสมอากาศ - แก๊สโซลีน 15 : 1 เรียกว่า "อัตราส่วนผสมทางทฤษฎี" (Theoretical mixture ratio) ในแง่คิดจากไอเสีย (Exhaust gases) อัตราส่วนผสมจะต้องเป็น 15 : 1 เสมอแต่ความจริงแล้วอัตราส่วนผสมจะขึ้นอยู่กับการทำงานของเครื่องยนต์



(3) อัตราส่วนผสมที่ให้กำลังงานสูงสุด (Power mixture ratio)

จากการทดสอบที่อัตราส่วนผสมต่างๆ อัตราส่วนผสมที่เครื่องยนต์ให้กำลังงานสูงสุดอยู่ในช่วง 12 : 1 ถึง 13 : 1 โดยไม่คำนึงถึงความเร็วของเครื่องยนต์ ซึ่งอัตราส่วนผสม (อากาศ - น้ำมันเชื้อเพลิง) นี้เรียกว่า "อัตราส่วนผสมที่ให้กำลังงานสูงสุด" (Power mixture ratio)

(4) อัตราส่วนผสมที่ประหยัดเชื้อเพลิงมากที่สุด (Economical mixture ratio)

เมื่ออัตราส่วนผสมประมาณ 16 : 1 การสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงจะสิ้นเปลืองน้อยที่สุดซึ่งเรียกอัตรส่วนผสม (อากาศ - น้ำมันเชื้อเพลิง) ว่า "อัตราส่วนผสมที่ประหยัดที่สุด" (Economical mixture ratio) การปรับคาร์บูเรเตอร์ต้องยึดอัตราส่วนผสมนี้เป็นหลัก

(5) อัตราส่วนผสมในทางปฏิบัติ (Mixture ratios in actual operation)

● การสตาร์ทเครื่อง (เครื่องเย็น) 2~3 : 1 (ใช้โช๊ค)

● 12~13 : 1 เป็นอัตราส่วนผสมทำให้กำลังสูงสุด

● การสตาร์ทเครื่อง (เครื่องเย็นร้อน) 7~8 : 1

● 15 : 1..... เป็นอัตราส่วนผสมทางทฤษฎีที่ทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์

● ความเร็วเดินเบา (Idling operation) 8~10 : 1

● 16~17 : 1 เป็นอัตราส่วนผสมที่ประหยัดที่สุด คือการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงน้อยที่สุด

● ความเร็วต่ำ 10~12 : 1

● ความเร็วปานกลาง 15~17 : 1

● ความเร็วสูง, การทำงานที่น้ำหนัก (load) มากๆ 12~13 : 1

อัตราส่วนผสมดังกล่าวและอัตราการไหล จะถูกควบคุมโดยอัตโนมัติโดยลูกเร่ง (Throttle valve) ของคาร์บูเรเตอร์ และความดันสุญญากาศ (Negative pressure) ในระบบไอดี (Intake system) ดังนั้นอัตราส่วนผสมที่จ่ายให้เครื่องยนต์จึงเป็นอัตราส่วนผสมที่เหมาะสมที่สุด (Optimum mixture ratio)

5. ชนิดของคาร์บูเรเตอร์
(Type of carburetors)

(1) แบ่งตามชนิดของลูกเร่งและชนิดของคอคออด
(Classification by throttle type and venturi type)

1. ลิ้นเร่งแบบลูกสูบและคอคออดแบบเปลี่ยนแปลง
(Piston throttle valve and variable venturi)

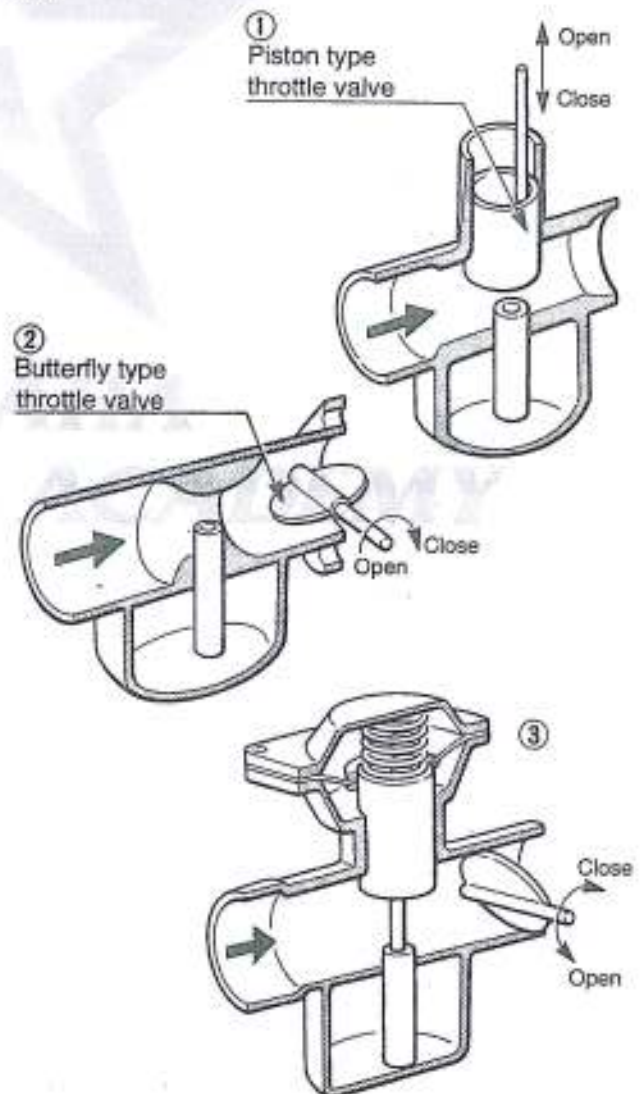
ลิ้นเร่งติดตั้งอยู่คอคออด ทำงานโดยตรงกับสายคันเร่ง (Throttle cable) ดังนั้นจึงเปลี่ยนแปลงขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลางคอคออด เพื่อควบคุมส่วนผสมที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งอาจเรียกชื่อว่า "ชนิดเปลี่ยนแปลงคอคออดด้วยแรง" (Force variable venturi)

2. ลิ้นเร่งแบบปีกผีเสื้อและคอคออดแบบไม่เปลี่ยนแปลง
(Butterfly throttle valve and invariable venturi)

ลิ้นเร่งแบบปีกผีเสื้อติดตั้งอยู่ด้านข้างเครื่องยนต์ของคอคออดที่ไม่เปลี่ยนแปลง (Fixed venturi) ทำงานโดยตรงด้วยสายคันเร่ง (Throttle cable) เพื่อควบคุมการไหลของส่วนผสม

3. ลิ้นเร่งแบบปีกผีเสื้อ และคอคออดแบบเปลี่ยนแปลงได้
(butterfly throttle valve and variable venturi)

คาร์บูเรเตอร์แบบนี้มีลิ้นเร่งแบบปีกผีเสื้อและลูกเร่ง (Piston valve) ติดอยู่ในคอคออดลูกสูบจะเคลื่อนที่ขึ้น-ลง โดยอัตโนมัติจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) และการไหลของ ส่วนผสมจะถูกควบคุมโดยปีกผีเสื้อทั้งสอง(Both butterfly) และลูกเร่ง (Piston valve)

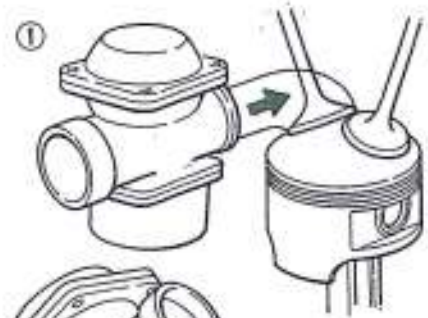


(2) แบ่งตามลักษณะการดูด
(Classification by draft)

① ชนิดดูดในแนวนอน

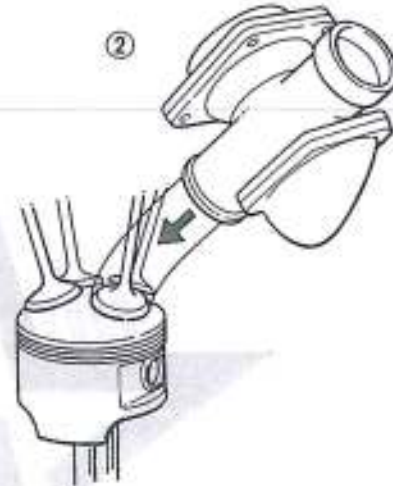
(Horizontal draft or side draft type)

ชนิดนี้ใช้กับเครื่องยนต์ไร้ชุด ช่องทางซึ่งส่วนผสม
ไหลผ่านอยู่ในแนวนอน



② ชนิดดูดลงล่าง (Down draft type)

ชนิดนี้ส่วนมากใช้กับเครื่องยนต์ ช่องอากาศอยู่ในแนว
ตั้ง ดังนั้นส่วนผสมจึงไหลจากบนลงล่าง

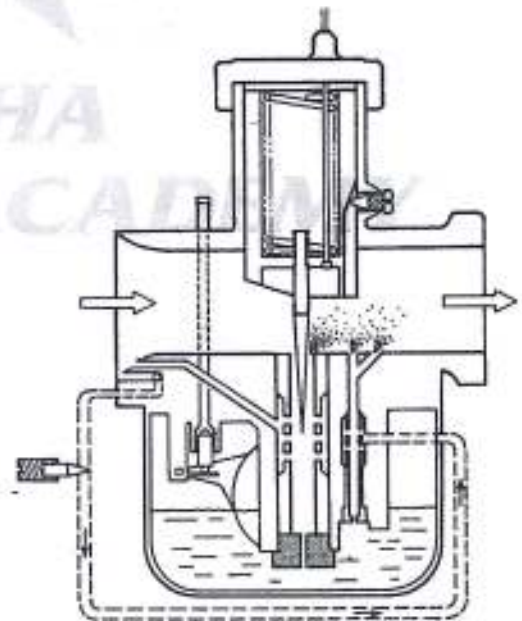


(3) แบ่งชนิดตามโครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์

(Classification by carburetor construction)

① คาร์บูเรเตอร์แบบ VM (VM carburetor)

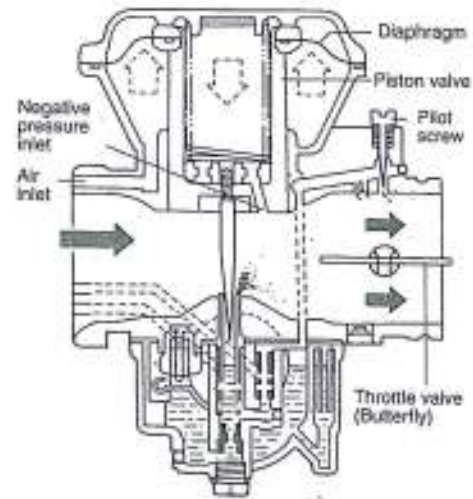
- เมื่อคันเร่งทำงาน ลิ้นเร่ง (แบบลูกสูบ) จะเคลื่อนที่
(ขึ้น - ลง) ทำให้ขนาดของคอคอมมีการเปลี่ยนแปลง
เป็นการควบคุมการไหลของส่วนผสม
ห้องลูกลอยจะอยู่ใต้ลิ้นเร่งและช่องทางจ่าย
เชื้อเพลิงมี 2 วงจร คือ วงจรเดินเบาและ
วงจรหลัก (Pilot Show circuit and Main circuit)
- คาร์บูเรเตอร์แบบนี้นิยมใช้กับเครื่องยนต์
เครื่องยนต์ 2 จังหวะ แต่ก็ใช้กับเครื่องยนต์ 4
จังหวะบ้าง



② คาร์บูเรเตอร์แบบ SU

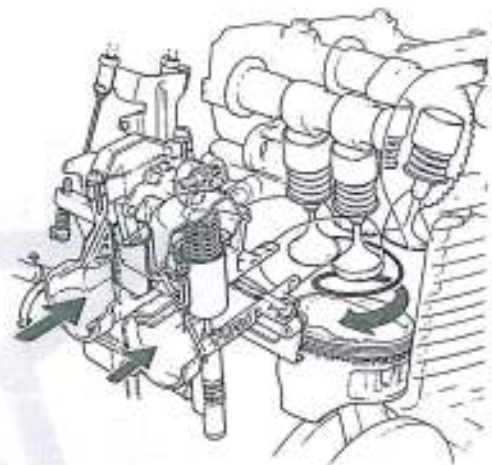
(SU Carburetor CV Carburetor)

- เมื่อปิดคันเร่ง ลิ้นปีกผีเสื้อจะเปิดและปิด ทำให้ลูกเร่ง (Piston valve) ซึ่งอยู่กึ่งกลางของช่องรับอากาศ (Air horn) เปิดและปิดอย่างอัตโนมัติด้วยแรงดูดจากความดันสุญญากาศ (Negative pressure) ที่เกิดขึ้นในระบบดูดไอดี (Intake system) ดังนั้นขนาดของคอคอต (Venturi diameter) จึงเปลี่ยนแปลงไป ทำให้ส่วนผสม (ไอติ) ไหลเข้าด้วยความเร็วคงที่ (Constant velocity) คาร์บูเรเตอร์แบบนี้อาศัยหลักการเปลี่ยนแปลงขนาดของคอคอตโดยอัตโนมัติ (Automatic variable venturi)
- นอกจากระบบลิ้นเร่ง (Throttle valve system) แล้ว ลักษณะโครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์แบบ SU จะคล้ายกับคาร์บูเรเตอร์แบบ VM
- คาร์บูเรเตอร์แบบ SU ใช้กับเครื่องยนต์ 4 จังหวะ ทำให้เครื่องยนต์เดินเรียบ (Smooth running) และประหยัดน้ำมันดีเซล



③ คาร์บูเรเตอร์แบบ Y.D.I.S.

- คาร์บูเรเตอร์ Y.D.I.S. (Yamaha Duo Intake System) เป็นคาร์บูเรเตอร์ผสมระหว่างคาร์บูเรเตอร์แบบ VM และคาร์บูเรเตอร์แบบ SU มารวมกันเป็นคาร์บูเรเตอร์ตัวเดียวกันที่ความเร็วต่ำ และความเร็วปานกลาง (Low and Medium speed) คาร์บูเรเตอร์แบบ VM ซึ่งเป็นวงจรแรก (Primary side) จะทำงานสนองตอบการเร่งอย่างเฉียบพลัน (Sharp throttle response) ที่ความเร็วสูง (High speed) ส่วนที่เป็นคาร์บูเรเตอร์แบบ SU ซึ่งเป็นวงจรที่ 2 (Secondary side) จะเริ่มทำงาน (Start operating) ด้วยสมรรถนะสูง
- คาร์บูเรเตอร์แบบนี้จะใช้กับเครื่องยนต์ 4 จังหวะขนาดใหญ่ ชนิดช่องไอดีคู่ (Dual port type engines) การทำงานจะเป็นไปอย่างต่อเนื่องทุกช่วงความเร็วและการเร่งเครื่องเป็นไปอย่างราบเรียบ (Smooth acceleration)



6. โครงสร้างและการทำงานของคาร์บูเรเตอร์แบบ VM

(Construction and operation of the VM carburetor)

คาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆ ที่ทำอย่างประณีตจำนวนมากและควบคุมอัตราส่วนผสม (Mixture ration) และป้อนปริมาณไอดีให้เหมาะสมกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ คือ ช่วงสตาร์ทถึงช่วงความเร็วต่ำ ช่วงความเร็วปานกลางและช่วงความเร็วสูง โดยแยกการทำงานเป็นแต่ละระบบ

แบ่งโครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์อย่างหยาบๆ เป็นแต่ละระบบ ดังนี้

(a) ระบบผสม (Mixing Chamber system)

ระบบห้องผสมเป็นส่วนประกอบหลักของคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งเป็นชิ้นส่วนอิสระ (Individual parts) ของระบบอากาศและน้ำมัน ชิ้นส่วนเหล่านี้ทำหน้าที่ควบคุมปริมาณอากาศและน้ำมันแล้วทำการผสมเข้าด้วยกันตามอัตราส่วนที่เครื่องยนต์ต้องการ

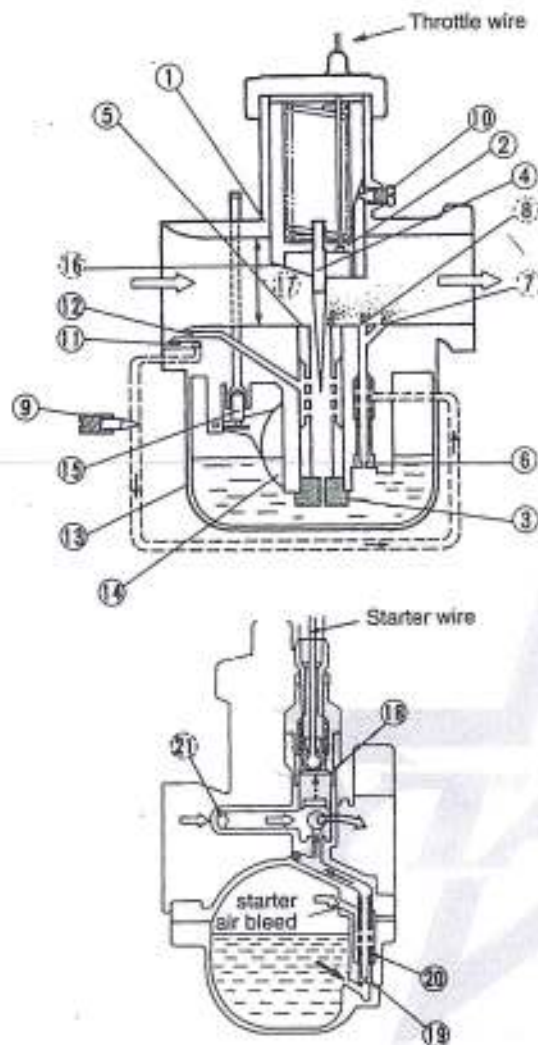
(b) ระบบลูกลอย (Float Chamber system)

ระบบลูกลอยจะควบคุมให้ระดับน้ำมันคงที่เสมอ เพื่อให้การไหลของเชื้อเพลิงเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

(c) ระบบสตาร์ท (Starting System, Starter Choke)

ระบบสตาร์ทเป็นอิสระจากระบบหลัก และทำให้ส่วนผสมอากาศ/น้ำมันหนา (Richer air/fuel mixture) ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นในการสตาร์ท ขณะเครื่องยนต์เย็น (Cold engine starting)

(1) ชิ้นส่วนประกอบ (Component part)



a. Mixing chamber system

- ①
- ②
- ③
- ④
- ⑤
- ⑥
- ⑦
- ⑧
- ⑨
- ⑩
- ⑪
- ⑫
- ⑬
- ⑭
- ⑮
- ⑯
- ⑰

b. Float chamber system

- ⑬
- ⑭
- ⑮

c. Starting system (starter choke)

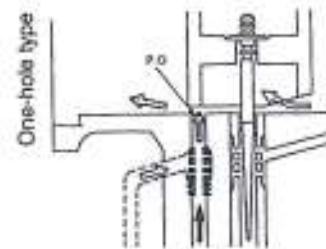
- ⑱
- ⑲
- ⑳
- ㉑

(2) การทำงานของระบบห้องผสม (Operation of the mixing Chamber system)

ห้องผสมประกอบด้วยระบบอากาศและระบบน้ำมัน ซึ่งแต่ละระบบยังประกอบด้วยระบบเดินเบา (Pilot system, slow speed) และระบบหลัก (Main system) ซึ่งห้องผสมมีชิ้นส่วนที่แตกต่างกัน และทำงานตามสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine operation state) กล่าวคือทำงานตามลักษณะการเปิดลิ้นเร่ง ดังนี้

- * การเปิดลิ้นเร่ง 0 - 1/8 ของระยะเคลื่อนที่ของลูกเร่ง (หยุดอยู่กับที่) (Idling)
- * การทำงานจากสภาพหยุดนิ่ง ถึงความเร็วต่ำ ลิ้นเร่งจะเปิดเล็กน้อย และความเร็วการไหลของอากาศผ่านคอคอตกจะต่ำ ดังนั้นน้ำมันจึงไม่ถูกดูดผ่านนมหนู (Needle jet)
- * ขณะเดียวกันน้ำมันเชื้อเพลิงถูกควบคุมโดยนมหนูเดินเบา (Pilot jet) ที่ผ่านช่องอากาศเดินเบา (Pilot air jet) หรือรูอากาศเดินเบา (Pilot air hole) และควบคุมที่สกรูปรับอากาศ (Air screw) ทำให้อากาศ - น้ำมันผสมกันที่ช่องทางออก ของรูน้ำมัน (Bleed hole section) ถูกดูดผ่านช่องทางออกเดินเบา (Pilot outlet) โดยมีอากาศผสมเพียงเล็กน้อย ก่อนจะไหลผ่านไปยังช่องหลัก (Main bore) แล้วป้อนเข้าเครื่องยนต์ [ชนิดรูเดียว] (On - hole type) ระบบที่มีรูทางออกของระบบเดินเบาเพียงรูเดียว (Only a pilot outlet) และมีรูดูดน้ำมันรูเดียวซึ่งเรียกว่า "ชนิดรูเดียว" (One - hole type)

0-1/8



[ชนิด 2 รู] (Two - hole type)

ถ้ามีน้ำมันจากช่องทางออกของ Pilot outlet เจือจางเกินไป (Insufficient, lean) เมื่อเปลี่ยนจากความเร็วจากหยุดอยู่กับที่ไปยังช่วงความเร็วต่ำ ถ้าท่อเล็ก (Main bore) ของคาร์บูเรเตอร์มีขนาดใหญ่ (ใช้สำหรับเครื่องยนต์ที่มีการดูดไอดีที่เยอะมาก) (Large displacement) น้ำมันเชื้อเพลิง จะถูกดูดผ่านช่องบายพาส (By pass port) มาเพิ่มเติมซึ่งเรียกระบบนี้ว่า "ชนิด 2 รู" (Two - hole type)

○ การเปิดของลิ้นเร่ง 1/8 - 1/4 ส่วนของการเปิดของลิ้นเร่ง

(Opening of throttle valve : 1/8 - 1/4 ,

- การทำงานในช่วงความเร็วต่ำ (Low - speed operation)
- การเปิดลิ้นเร่งในช่วงนี้ ทั้งระบบเดินเบาและระบบหลักจะทำงาน มีการดูด น้ำมันเชื้อเพลิงผ่านระบบเดินเบา (Pilot system) ผ่านช่องทางออก (Pilot outlet) ของระบบเดินเบาและช่องบายพาส (By pass holes) ก็ยังมีการดูดน้ำมันเชื้อเพลิงผ่านระบบหลักเช่นเดียวกัน น้ำมันเชื้อเพลิงจากระบบหลักจะถูกควบคุมโดยช่องแคบ (Gap) ระหว่างเข็มเร่งและนมหนู (Jet needle and needle jet)
- ส่วนอากาศจะควบคุมที่ระบบหลัก (รูอากาศของระบบหลัก) และจะผสมกับน้ำมันที่ออกจากช่องทางออก (Bleed hole) ของนมหนูและทำให้ น้ำมันกลายเป็นไอ (Atomization)
- อากาศจากระบบหลักจะถูกควบคุมและทำให้ (Cutaway) ที่ลิ้นเร่งและปริมาณน้ำมันจะควบคุมด้วยการปรับแรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ที่กระทำต่อนมหนู

○ การเปิดลิ้นเร่ง 1/4 - 3/4 ส่วน

(Opening of throttle valve : 1/4 - 3/4)

ช่วงความเร็วปานกลางถึงความเร็วสูง

- การเปิดช่วงนี้ (Cutaway) ของลิ้นเร่ง ไม่มีผลเลย (Almost no influence)
- น้ำมันจะถูกดูดจากช่องทางหลัก (Main jet) หลังจากควบคุมปริมาณ เมื่อผ่านที่นมหนู และทำให้กลายเป็นไอ (Atomization) ผสมกับอากาศ

○ การเปิดลิ้นเร่ง : 3/4 เปิดเต็มที่ (Opening of throttle valve : 3/4 - full)

เครื่องยนต์ทำงานที่ความเร็วสูงและทำงานหนัก (High speed and heavy - load operation)

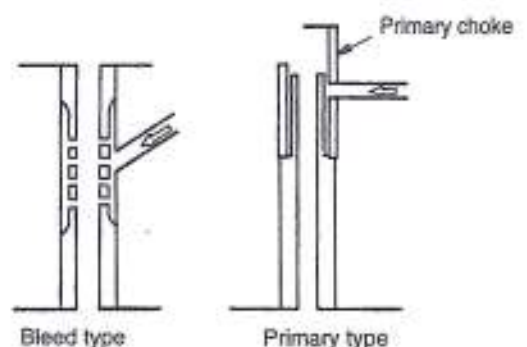
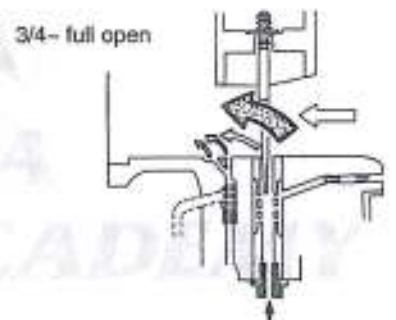
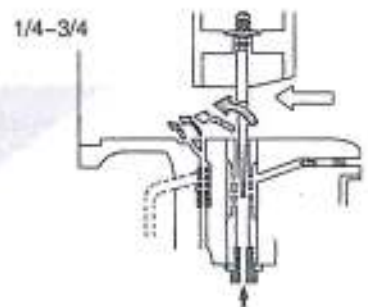
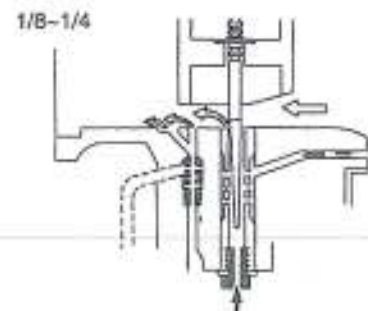
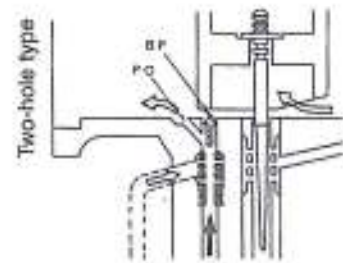
- ที่ตำแหน่งนี้ต้องการให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะสูงสุดและทั้งนมหนูและเข็มเร่งจึงไม่มีผลต่อการทำงาน (Almost no influence) (เพราะเปิดเต็มที่)
- น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกดูดจากนมหนูหลัก (Main jet) โดยตรง
- อากาศจากท่ออากาศหลัก (Main air jet) จะมาผสมกับน้ำมันที่ช่อง น้ำมันที่ออกจากนมหนู ทำให้มันแตกตัวเป็นไอ (Atomization) ผสมกับอากาศ ซึ่งปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงถูกควบคุมด้วยนมหนูหลัก (Main jet) เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความหนาแน่นเกินไป (Avoid excessive density) ที่ความเร็วสูงและที่สภาพการทำงานหนัก (Heavy load operation)

○ (Bleed method)

รูอากาศออก (Air bleed hole) อยู่ที่จุดกึ่งกลางของนมหนู (Needle jet) อากาศมาจากนมหนูอากาศ (Air jet) มาป้อนเข้าไปออกที่รูอากาศออก (Air bleed hole) ซึ่งวิธีนี้จะได้ผลสูงสุด ที่ช่วงความเร็วปานกลางถึงความเร็วสูง (High - speed operation)

○ วิธีขั้นต้น (Primary method)

วิธีนี้รูอากาศออกจะอยู่ที่ปลายของนมหนู ซึ่งอากาศจะเข้ามาผสมกับน้ำมันที่ไหลออกจากนมหนูด้วยการควบคุมของนมหนูและเข็มนมหนู ดังนั้น ไซดเบื้องต้น (Primary choke) จึงเป็นตัวควบคุมไม่ให้รั่ว (Spillage) จากการไหลย้อนกลับของน้ำมัน (Low - speed operation) วิธีการนี้จะได้ผลสูงสุด ที่ความเร็วต่ำ (Low-speed operation)



(3) การทำงานของระบบห้องลุลอย

(Operation of the float chamber system)

ระบบลุลอย ประกอบด้วย ลุลอย, อย่างลุลอย (Float bowl) และ เข็มลุลอย (Float valve) และออกแบบให้ระดับน้ำมันมีเสถียรภาพ (Stable) ในทุกๆสภาพการทำงาน

- น้ำมันจะถูกควบคุมด้วยลุลอยและเข็มลุลอย เมื่อลุลอยจมลง(ระดับลดลง) (Float sink) น้ำมันจะไหลเข้าห้องลุลอย เมื่อระดับน้ำมันสูงขึ้นลุลอยจะเลื่อนสูงขึ้นไปดันให้เข็มลุลอย (Needle) ให้เลื่อนขึ้นไปอยู่ที่บ่าวาล์ว (Valve - seat) ปิดทางน้ำมัน (Fuel path)
- เข็มลุลอยหรือวาล์วเข็ม (Needle valve) รวมทั้งแฉมเปอร์สปริง (Damper spring) ซึ่งทำหน้าที่ดูดซับแรงสั่นสะเทือนเพื่อป้องกันไม่ให้น้ำมันเข้ามากจนล้น (Overflow)

[ชนิดของลุลอย] (Float type)

สำหรับชนิดของลุลอยมี 3 แบบ ลุลอยเดี่ยว ลุลอยคู่และแบบลุลอยอิสระ (Independent float) ส่วนรูปร่าง (รูปทรง) มีแบบรูปทรงมน (Around type) ทรงสี่เหลี่ยม (Square type) และรูปทรงแบบผสม (Like) สำหรับวัสดุที่ใช้ทำได้แก่ ทองเหลือง (Brass) และสารเรซินสังเคราะห์ (Synthetic resin) ส่วนแบบอิสระ (Independent type) นั้นตัวลุลอย (Float) และสลักของลุลอย (Float arm) จะแยกออกจากกัน (Separate)

[วิธีช่องอากาศไหลผ่าน] (Air vent method)

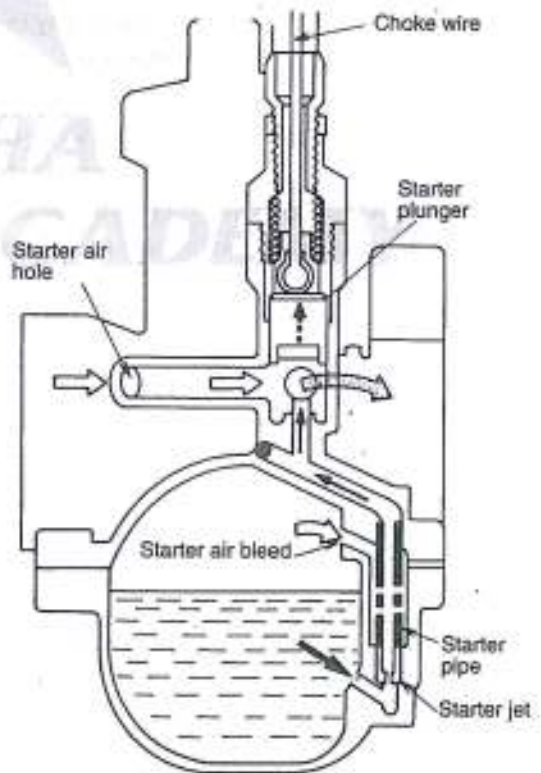
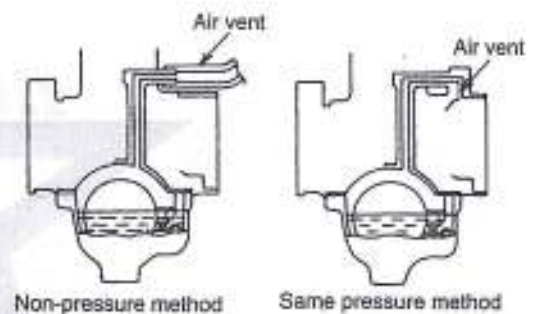
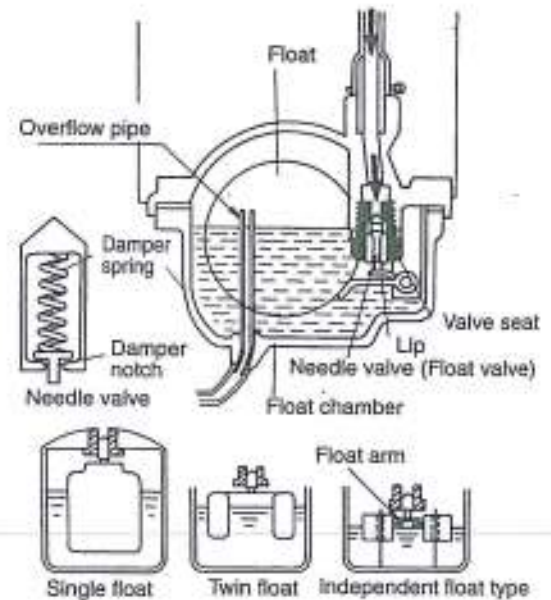
ใช้สำหรับให้แรงดันบรรยากาศเข้ามากกระทำต่อผิวหน้าของน้ำมัน (Fuel surface) ในห้องลุลอย เพื่อให้ให้น้ำมันไหลได้ราบเรียบ (Smooth flow) สำหรับการทำงานนี้ "วิธีไร้แรงดัน" (Non - pressure method) ซึ่งกระทำ (Applies) ที่ระดับความดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) ซึ่งใช้แรงดันอากาศ (Air pressure) สำหรับหม้อกรองอากาศ (Air cleaner) มากกระทำต่อผิวหน้าน้ำมัน (Fuel surface) ซึ่งวิธีการเหล่านี้ใช้แยกกันได้นับอยู่กับคุณลักษณะ (Characteristics) ของเครื่องยนต์

(4) การทำงานของระบบสตาร์ท

Operation of the starting system (Starter choke)

เมื่ออุณหภูมิอากาศหรือเครื่องยนต์เย็น การสตาร์ทจะทำได้ยาก เพราะอัตราส่วนผสมของน้ำมัน - อากาศที่คาร์บูเรเตอร์(ส่วนผสมบาง) (Less) ดังนั้น อุปกรณ์ไช้ค (Choke device) จึงถูกเตรียมไว้เพื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ ให้เพิ่มขึ้น

- โดยปกติไช้คจะเป็นตัวปิดอากาศ (Air shutter type) เพื่อลดปริมาณอากาศที่ไหลเข้าซึ่งตัวสตาร์ทชนิดนี้ ได้เพิ่มเครื่องมือป้อน (Dedicated device) สำหรับสตาร์ท
- เมื่อเครื่องยนต์ถูกสตาร์ทโดยการดึงสายไช้ค หรือ คันไช้ค (Cable or Lever) อากาศจะไหลเข้าห้อง (Plunger chamber) ผ่านรูกรองอากาศ สตาร์ท (Starter air hole) ทำให้เกิดแรงดูด
- น้ำมันจะถูกควบคุมที่นมหนูสตาร์ท (Starter jet) ผสมกับอากาศ และแตกตัวเป็นไอ (Atomize plunger chamber) ในท่อสตาร์ท (Starter pipe, Emulsion tube) แล้วป้อนเข้าห้อง Starter plunger chamber แล้วผสมกับอากาศสตาร์ท (Starter air hole) กลายเป็นส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ ที่พอเพียงสำหรับสตาร์ท แล้วป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ผ่านรูฉีด (Injection hole)
- น้บแต่ชนิดตัวสตาร์ท (Starter type) ที่มีการใช้ประโยชน์จากแรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ในช่องดูดไอดีหลัก (Main intake hole) มันมีความสำคัญในการรักษาให้ลิ้นเร่ง (Throttle valve) ยังคงปิดเมื่อทำการสตาร์ท (Activating the starter)
- ชนิดตัวสตาร์ท (Starter type) มีข้อดีต่อการควบคุมทั้งอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงและอัตราส่วนผสมบางสัดส่วน (certain mixture ratio) ที่ได้รับ

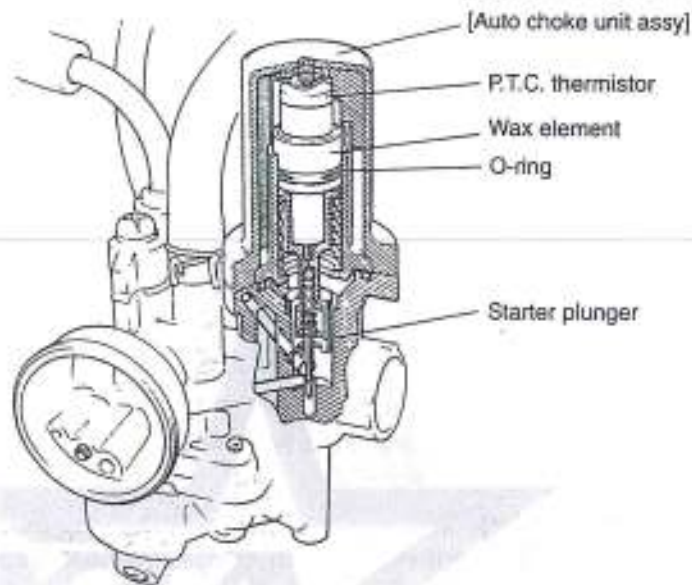


① ใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (Electric automatic choke)

คาร์บูเรเตอร์ที่ออกแบบใหม่จะใช้ใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ (Electric - automatic choke) ทำให้การทำงานเชื่อถือได้ (Reliable) และง่ายในการสตาร์ท (Easy starting) มีความเสถียรภาพในการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิง (Stable fuel delivery) และสมรรถนะในการสตาร์ทที่เยี่ยม

๑) ชิ้นส่วนประกอบ (Component parts)

ใช้ไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ ประกอบด้วย (P.T.C. Thermistor)



๒) การทำงานของชิ้นส่วนต่าง ๆ (Operation of the components)

(P.T.C. Thermistor)

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่าน ทำให้เกิดความร้อน เมื่ออุณหภูมิสูงถึงค่าที่ตั้งไว้มันจะรักษาให้อุณหภูมิคงที่ (Temperature Constant)

• (Wax element)

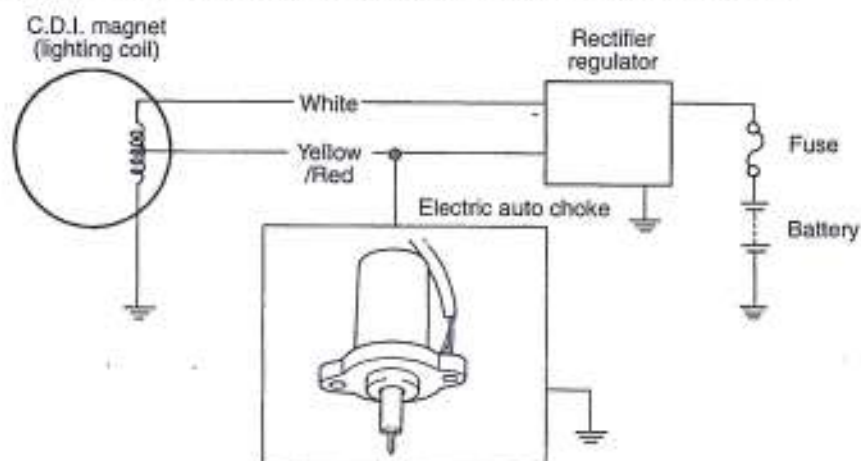
เปลี่ยนแปลงปริมาตรของตัวมันเองเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนแปลงซึ่งสร้างโดย P.T.C. Thermistor และกระทำต่อลูกใช้ต (Starter plunger)

• ลูกใช้ต (Starter plunger)

ทำหน้าที่เปิดปิดช่องสตาร์ท (Starter plunger) โดยขึ้นอยู่กับ การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของ (Wax element)

• วงจรไฟฟ้า (Circuit diagram)

ให้กำลังผ่านขดลวดแสงสว่าง (lighting coil) ของชุดแม่เหล็ก C.D.I. (C.D.I. Magnet)



7. โครงสร้างและการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ SU (Construction and operation of the SU carburetor)

(1) จุดเด่นของคาร์บูเรเตอร์แบบ SU (Features of SU carburetor)

คาร์บูเรเตอร์แบบที่คอคอคมีการเปลี่ยนแปลงขนาด (Variable venturi) ซึ่งก็คือพื้นที่หน้าตัด (Cross section) ของคอคอคมีการเปลี่ยนแปลงอย่างอัตโนมัติ โดยอาศัยความแตกต่างระหว่างแรงดันสุญญากาศในท่อไอเสียของเครื่องยนต์ และแรงดันบรรยากาศ (Atmospheric pressure) ในการยกลูกเร่ง (Piston valve) ซึ่งคาร์บูเรเตอร์แบบนี้มี

- ① การทำงานของเครื่องยนต์ราบเรียบมาก (Very smooth) เพราะคาร์บูเรเตอร์ใช้แรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ในท่อไอเสียของเครื่องยนต์ ในการทำงานของลูกเร่ง (Piston valve)
- ② ลูกเร่งใช้ไดอะแฟรมในการทำงาน การสึกหรอของชิ้นส่วนที่มีการเคลื่อนที่มีการสึกหรอน้อย เพราะมีไดอะแฟรม (Diaphragm) ดูดซับแรงกระแทก (Shock)
- ③ ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงดีเยี่ยม เพราะใช้แรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ของช่องไอเสียเครื่องยนต์ควบคุมการเปลี่ยนแปลงขนาดของคอคอค
- ④ การทำงานที่สภาวะหยุดอยู่กับที่และช่วงความเร็วต่ำมีความเสถียรภาพ (Stable) โดยทำงานร่วมกับวงจรความเร็วต่ำ (Low - speed circuit)

(2) โครงสร้าง (Structure)

คาร์บูเรเตอร์แบบ SU มีหลายจุดในการทำงานและโครงสร้างแตกต่างจากคาร์บูเรเตอร์แบบ VM สำหรับโครงสร้างมีลูกเร่ง (Piston valve) ที่รวมไดอะแฟรม ซึ่งเปลี่ยนแปลงโดยอัตโนมัติตามแรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ในท่อไอเสียของเครื่องยนต์ซึ่งควบคุมหน้าตัด (Venturi section) ในห้องผสม (Mixing chamber) และตัวลิ้นเร่งแบบปีกผีเสื้อ (Butterfly type throttle valve) เป็นตัวควบคุมแรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ของช่องไอเสียของเครื่องยนต์ซึ่งอยู่ด้านข้างเครื่องยนต์

ชิ้นส่วนประกอบ (Component)

คาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนเล็กๆจำนวนมาก ซึ่งทำหน้าที่ควบคุมอัตราส่วนผสมและป้อนปริมาณให้เหมาะสมกับสภาพการทำงาน คือ ช่วงสตาร์ทถึงช่วงความเร็วต่ำ, ช่วงความเร็วปานกลางและช่วงความเร็วสูง โดยแยกแต่ละระบบการทำงานให้ตรงกับสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ (Separating them into several systems) โครงสร้างของคาร์บูเรเตอร์แบบนี้มีดังนี้

ระบบห้องผสม (Mixing Chamber system)

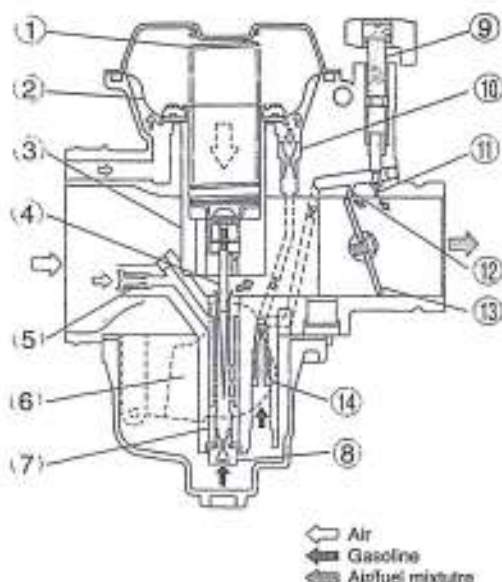
ส่วนประกอบหลัก (Main unit) ของคาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วยชิ้นส่วนอิสระ (Individual part) ของระบบอากาศ และระบบน้ำมัน (Air and fuel system) ซึ่งชิ้นส่วนเหล่านี้ควบคุมน้ำมันเชื้อเพลิงและอากาศแล้วผสมน้ำมัน - อากาศ เข้าด้วยกันเพื่อให้ได้ส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ ตามที่เครื่องยนต์ต้องการ

ระบบห้องลูลอย (Float chamber system)

ระบบลูลอยเป็นตัวรักษาระดับน้ำมันให้คงที่ เพื่อให้การไหลของน้ำมันเป็นไปอย่างสม่ำเสมอ

ระบบสตาร์ท (Starting system Starter choke)

ระบบสตาร์ทเป็นระบบที่ทำงานอิสระจากระบบหลัก (Main system) และป้อนส่วนผสมหนาให้เครื่องยนต์ในการสตาร์ทขณะที่เครื่องยนต์เย็น



① สปริงลูกเร่ง	⑧ นมหนูหลัก (Main jet (MJ))
② ไดอะแฟรม (Diaphragm)	⑨ สกรูเดินเบา (Pilot screw (PS))
③ ลูกเร่ง (Piston valve)	⑩ นมหนูอากาศ (Pilot air jet (PAJ))
④ เข็มเร่ง (Jet needle (JN))	⑪ ช่องทางออกเดินเบา (Pilot outlet (PO))
⑤ นมหนูอากาศหลัก (Main air jet (MAJ))	⑫ ช่องบายพาส (Bypass port (BP))
⑥ ลูลอย Float	⑬ ลิ้นเร่ง (Throttle valve)
⑦ เสือเข็มเร่ง (Needle jet (NJ))	⑭ นมหนูเดินเบา (Pilot jet (PJ))

(3) การทำงานของแต่ละระบบ(Operation of each system)

① ระบบห้องผสม(Mixing chamber system)

ระบบห้องผสม (Mixing chamber) ประกอบด้วยระบบอากาศ (Air system) และระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel system) แต่ละระบบยังประกอบด้วยระบบเดินเบาหรือน้ำรอง (Pilot system) (ความเร็วต่ำ) และระบบหลัก (Main system) ในห้อง(Chamber) มีชิ้นส่วนที่ต่างกันซึ่งทำงานตามสภาพการทำงานของเครื่องยนต์ กล่าวคือการเปิดลิ้นเร่ง (Throttle valve)

○ ระบบอากาศ (Air system)

แรงดันสุญญากาศ (Negative pressure) ควบคุมด้วยการเปิดลิ้นเร่ง (Throttle valve) และอากาศที่ผ่านตัวกรองอากาศ (Air cleaner) ซึ่งเป็นเพิ่มความเร็วในการไหล (Flow velocity) ในส่วนคอขวด (Venturi section) และป้อนเข้าเครื่องยนต์ความเร็วในการไหลในช่องคอขวด (Venturi section) ขึ้นกับความเร็วรอบเครื่องยนต์ (Engine speed) และการเปิดลิ้นเร่ง (Throttle valve) และความผันแปรในการเปลี่ยนความเร็ว (Velocity changes) จะมีผลต่อความดันสุญญากาศของไอที่ซึ่งกระทำต่อลูกสูบ (Piston valve) เมื่อความเร็วในการไหลต่ำ อัตราการไหล (Flow rate) ก็ต่ำด้วยและลูกสูบ (Piston valve) จะอยู่ในตำแหน่งต่ำกว่า (Lower position) แต่ถ้าความเร็วไหลเพิ่มความดันสุญญากาศ (Negative pressure) ในช่องไอที่จะเพิ่มขึ้น ลูกสูบ (Piston valve) ถูกดึงทำให้พื้นที่ช่องเวนจูรี (Venturi section) เพิ่มเป็นการเพิ่มอัตราการไหล (Flow rate) หัวฉีดอากาศ (Air jet) มีหน้าที่ผสมน้ำมันกับอากาศก่อนถูกดูดเข้าไปทำให้แตกกระจาย (Atomization)

○ ระบบน้ำมัน (Fuel system)

- ในระบบเดินเบา (Pilot system) (ความเร็วต่ำ) วัดปริมาณน้ำมันที่หัวฉีดน้ำมันเดินเบา(Pilot jet) ผสมกับอากาศจากหัวฉีดอากาศเดินเบา (Pilot air jet) แล้วปรับตั้งด้วยสกรูเดินเบา (Pilot screw) และป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ ผ่านช่องทางออกของวงจรวัดเดินเบา(Pilot outlet) และช่องบายพาส(Bypass port)
- ในระบบหลัก (Main system) วัดปริมาณน้ำมันจากหัวฉีดอากาศหลัก (Main air jet) แล้วป้อนเข้าที่เสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) และเข็มเร่ง (Jet needle) ตามการทำงาน (เปิดปิด) ของลูกสูบ (Piston valve) แล้วผสมกับอากาศในระบบหลัก (Main system) ก่อนถูกเข้าสู่เครื่องยนต์

② การทำงานในแต่ละโหมด (Operation in each operation mode)

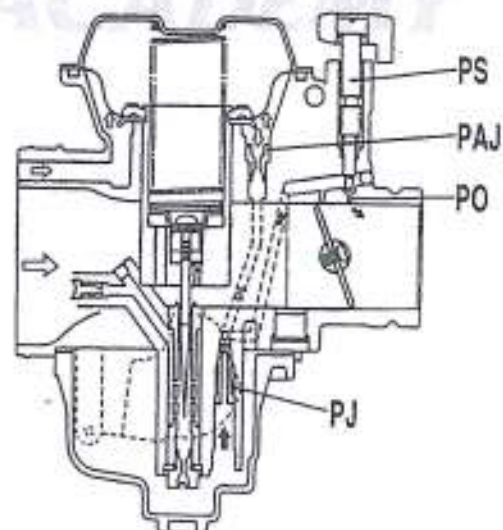
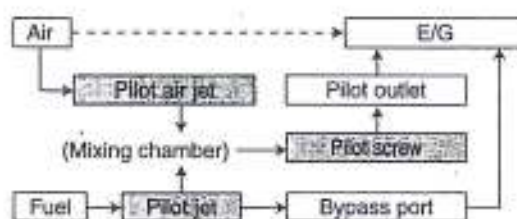
○ ระบบเดินเบา (ช่วงที่หยุดอยู่กับที่ และ ช่วงความเร็วต่ำ)

ระบบเดินเบาน้ำมันจะไหลผ่านเมนหลัก (Main jet) และควบคุมรูออก (Bleed hole) ของเมนเดินเบา (Pilot jet)

[ขณะที่หยุดอยู่กับที่] ลิ้นเร่ง (Throttle valve) เกือบจะปิดสนิท และส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ ควบคุมที่สกรูเดินเบา(Pilot screw) และป้อนเข้าเครื่องยนต์ผ่านช่องออกเดินเบา (Pilot outlet)

ตำแหน่งเครื่องยนต์อยู่กับที่ (At Idling)

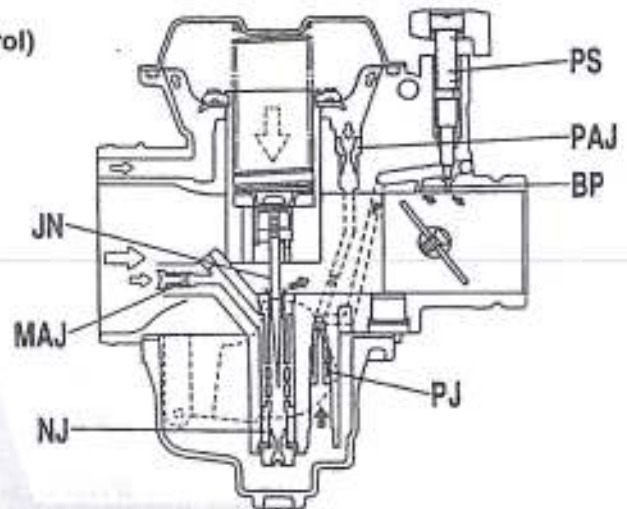
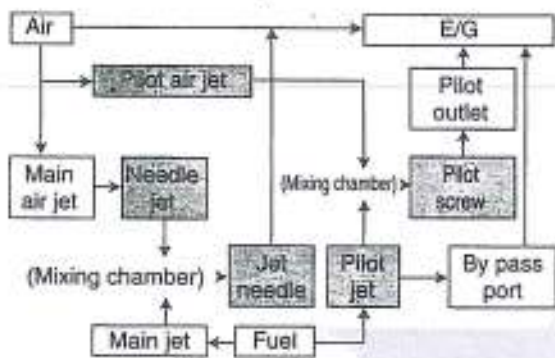
<0~1/8> ลิ้นเร่งเปิด (throttle opening)



0~1/8 Idling

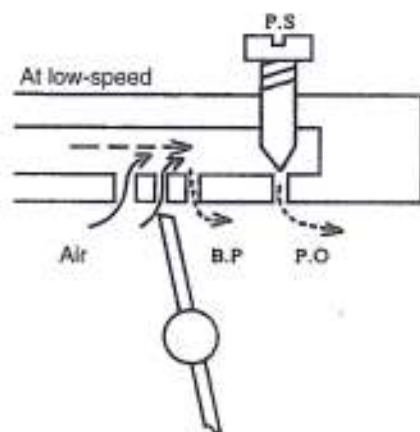
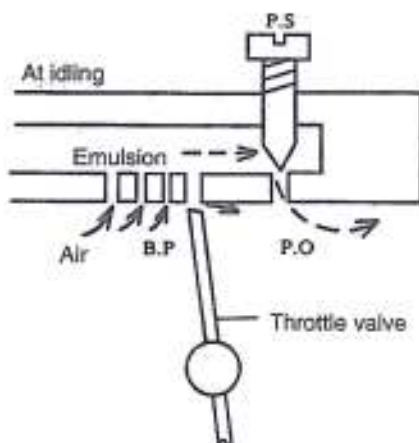
[ช่วงความเร็วต่ำ] ลิ้นเร่ง(Throttle valve) เริ่มเปิด-เปิดช่องบายพาส (Bypass port) อย่างช้าๆ เป็นการเพิ่มขนาดของรูตัด (Discharging hole) เพื่อให้ส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ จากช่องทางออกเดินเบา (Pilot outlet) และจากบายพาส(Bypass port) ไหลผ่านไปยังเครื่องยนต์และมีการควบคุมอย่างเข้มงวด(Strictly) เพื่อการเปลี่ยนความเร็วในรอบเดินเบา (Idling) ไปเป็นช่วงความเร็วต่ำ (Slow speed) เป็นไปอย่างราบเรียบ

- การควบคุมที่ช่วงความเร็วต่ำ (At low speed control)
<1/8 - 1/4 >



1/8~1/4 Low speed

- * ช่องบายพาส (Bypass port) ไม่ได้มีบทบาทเฉพาะการป้อนส่วนผสม น้ำมัน - อากาศ เข้าไปในระบบความเร็ว (Low speed system) เท่านั้นแต่ยังมีบทบาทในการป้อนอากาศ (Supplying air) ด้วยอากาศในช่องไอดีที่ดูดจากช่องบายพาสเป็นผลจากตำแหน่งการเปิดของลิ้นเร่ง การเปิดลิ้นเร่งเพียงเล็กน้อยมีผลต่อการทำงานในการดูดอากาศเข้าไปผสมกับน้ำมัน เพื่อให้เครื่องยนต์ได้รับอัตราส่วนผสมน้ำมัน - อากาศที่ถูกต้อง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางช่องทางเข้าตำแหน่งและจำนวนช่องบายพาส (Number of bypass port) จะถูกกำหนดหลังจากการทดสอบซ้ำ (Repetitive tests) การปรับระบบเดินเบาสามารถทำได้โดยการเปลี่ยนขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของช่องทางเข้า (Inner diameter) ของเมทวเดินเบา (Pilot jet) และเมทวอากาศเดินเบา (Pilot air jet) ซึ่งการปรับโดยทั่วไปจะกระทำที่สกรูเดินเบา (Pilot screw) ด้วยการปรับความหนาแน่นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) ในไอเสียในขณะที่รถจอดอยู่กับที่ (At idling)



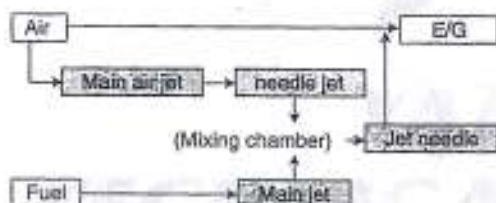
○ ระบบหลัก (Main system) (ที่ความเร็วปานกลาง และ ความเร็วสูง)

ปริมาณน้ำมันในระบบหลักจะถูกควบคุมที่นมหูลหลัก (Main jet) และถูกควบคุมและป้อน (Fed) ด้วยความแตกต่างระหว่างเส้นผ่าศูนย์กลางช่องทางเข้า (Inner diameters) กับเข็มเร่ง (Jet Needle) ที่เลื่อนขึ้นไปยังลูกเร่ง (Piston valve) ซึ่งทำงานด้วยแรงดันสูญญากาศในช่องไอตีของเครื่องยนต์และเสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) ที่เลื่อนขึ้นไปยังโครง (Body) ของห้องผสม (Mixing chamber) ปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าถูกควบคุมโดยการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของพื้นที่หน้าตัดของคอคออด (Area of the venturi section) กับลูกเร่ง (Piston valve) ซึ่งใช้แรงดันสูญญากาศในช่องไอตีของเครื่องยนต์ (Engine intake negative pressure) ในการทำงาน ดังนั้นส่วนของอากาศจะถูกควบคุมที่นมหูลอากาศหลัก (Main air jet) และป้อนสู่น้ำมันออก (Bleed hole) ของเสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) และเป่าน้ำมัน (Stir fuel) ให้แตกตัวเป็นไอ (Atomization)

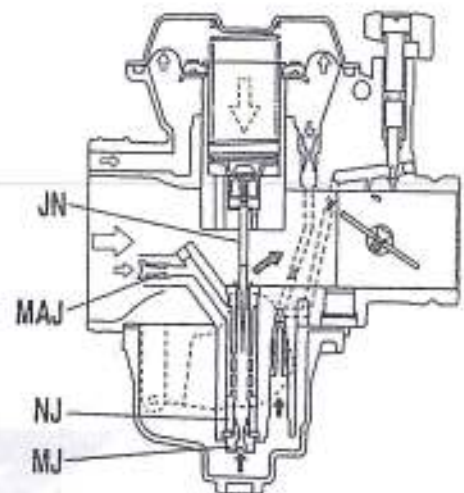
- * ความเร็วปานกลาง (Medium speed) ลิ้นเร่งถูกดันให้เปิดและแรงดันสูญญากาศในช่องไอตีของเครื่องยนต์ (Engine intake negative pressure) มากทำให้ลูกเร่งเลื่อนขึ้นซึ่งเป็นผลให้ปริมาณอากาศที่ดูดเข้าเพิ่มขึ้นและควบคุมความแตกต่างระหว่าง ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางช่องทางเข้า (Inner diameter) กับเข็มเร่ง (Jet needle) และเสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) น้ำมันจะถูกควบคุมที่นมหูลหลัก (Main jet) และผสมกับ (Stirred with) อากาศจากนมหูลหลัก (Main air jet) ซึ่งควบคุมด้วยความแตกต่างระหว่างเส้นขอบเข็มนมหูล (Jet needle) และนมหูล (Needle jet) แล้วถูกดูดผ่านนมหูลไปผสมกับอากาศในระบบหลัก (Main system) ก่อนจะป้อน (Fed) เข้าเครื่องยนต์การควบคุมที่ความเร็วปานกลางทำได้โดยการเปลี่ยนลิ้นเข็ม (Clip piston) ของเข็มเร่ง (Jet needle) เพื่อเปลี่ยนความแตกต่างของเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Inner diameter) ระหว่างเข็มเร่ง (Jet needle) เสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) ที่ลูกสูบตำแหน่งเดียวกัน (Same piston position)

● ที่ความเร็วปานกลาง (At medium speed)

<1/4 - 3/4>

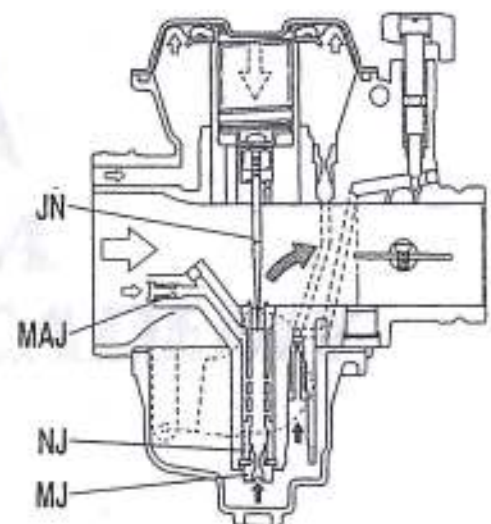


- [ที่ความเร็วสูง] (High Speed) เมื่อลิ้นเร่งถูกเปิด และเกือบจะเปิดเต็มที่ (Almost fully opened) แรงดันสูญญากาศในช่องไอตีของเครื่องยนต์ (Engine intake negative) มีค่ามากถึงค่าสูงสุด (Large to maximum) และลูกเร่ง (Piston valve) ยก (Rise) ขึ้นเป็นการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดของคอคออด (Areas of the venturi section) ให้มากที่สุดในการป้อนอากาศปริมาณมาก ขณะเดียวกัน ความแตกต่างของขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางภายใน (Inner diameter) ระหว่างเข็มเร่ง (Jet needle) กับเสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) เกือบจะแตกต่างกันมากที่สุด ทำให้น้ำมันซึ่งถูกควบคุมที่นมหูลหลัก (Main jet) ถูกดูดผ่านเสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) และเข้าผสมกับ (Stirred with) อากาศในนมหูลอากาศหลัก (Main air jet) ถูกดูดผ่านเสื้อเข็มเร่ง (Needle jet) เข้าไปผสมกับอากาศในระบบหลัก (Main system) อีกครั้งก่อนที่จะป้อนเข้าสู่เครื่องยนต์ การควบคุมที่ความเร็วสูงกระทำที่นมหูลหลัก (Main jet)



1/4~3/4

Medium/high speed

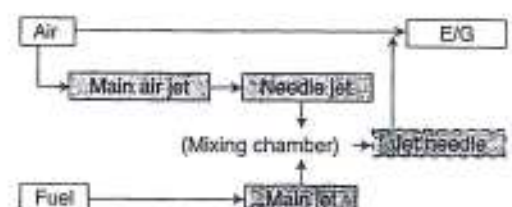


3/4~full open

High speed, high load

● ที่ความเร็วสูง (At high - speed)

<3/4 - เปิดเต็มที่>



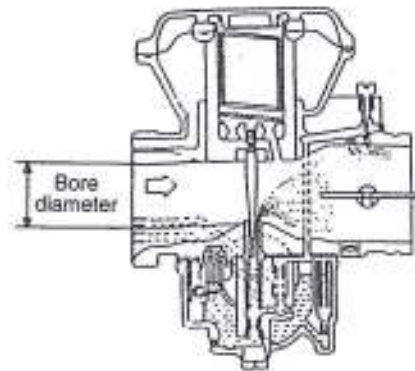
ความรู้พื้นฐาน (Fundamental knowledge)

1. ชื่อชิ้นส่วนต่าง ๆ และหน้าที่

(Part names and functions)

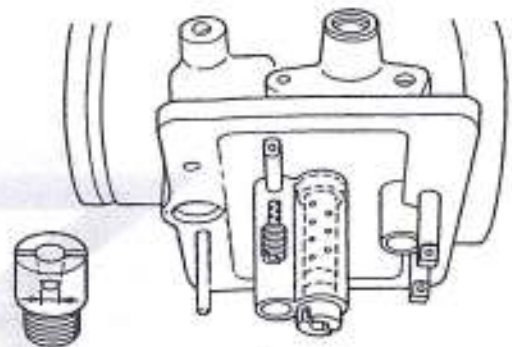
① เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (Bore diameter)

ท่อดูดอากาศ (Venturi bore) เส้นผ่าศูนย์กลาง
ของท่อ(bore) วัดในหน่วย มม.(mm.)
ตัวอย่าง : BS 26



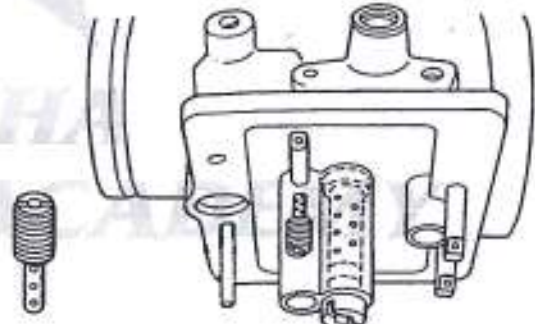
② นมหนูหลัก (Main jet)

ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ
หลักที่อัตราเร็วปานกลางและอัตราเร็วสูง
ตัวเลขนมหนูหลัก : อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง
ตัวอย่าง : # 122.5
*ตัวเลขมาก : อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงมาก
*ตัวเลขน้อย : อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย



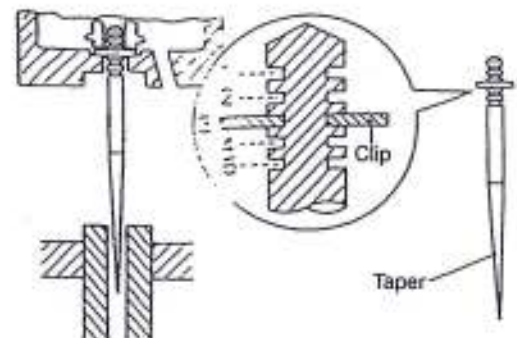
③ นมหนูเดินเบา (Pilot jet)

ควบคุมอัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงในระบบ
นำร่อง (Pilot system) ที่ความเร็วต่ำ และความเร็ว
ปานกลาง
ตัวเลขนมหนูเดินเบา : อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อ
เพลิง
ตัวอย่าง : # 35
ตัวเลขมาก : อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงมาก
ตัวเลขน้อย : อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิงน้อย



④ เข็มเร่ง (Jet needle)

ควบคุมปริมาณการปล่อยส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ
(fuel - air mixture) จากส่วนทapers (taper section)
ตัวอย่าง : 4C11-3
ตำแหน่งคลิปล็อก(ล็อก3)
ชนิดของเทเปอร์ (Taper type)



ความรู้พื้นฐาน (Fundamental knowledge)

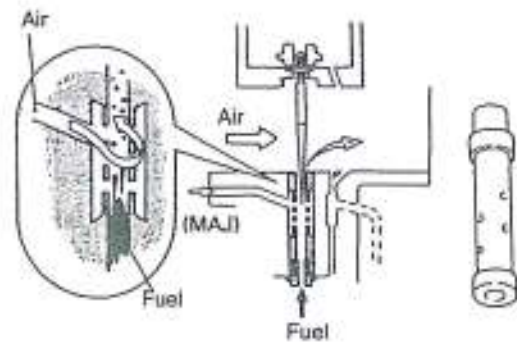
⑤ เสือเข็มเร่ง (Needle jet)

ควบคุมปริมาณการปล่อยส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ (Fuel - air mixture) จากช่องว่างระหว่างเสือเข็มเร่งและเข็มเร่ง

- ละอองของน้ำมันแก๊สโซลีน (Atomization of gasoline)

ตัวอย่าง : 0 - 2

วัดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน



⑥ แผ่นไดอะแฟรมและสปริง (Diaphragm and spring)

- กระทำโดยความแตกต่างระหว่างความดันบรรยากาศและสุญญากาศในท่อไอดี (Intake negative pressure) ควบคุมปริมาณอากาศในท่อไอดี

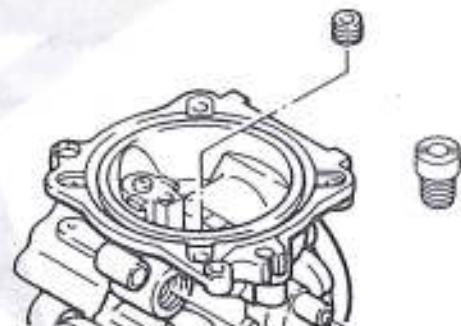
- เข็มเร่งเลื่อนขึ้นไปยังจุดศูนย์กลางของลูกเร่ง (piston valve)



⑦ หัวฉีดอากาศนำร่อง (Pilot air jet)

ควบคุมอัตราการไหลของอากาศเข้าไปในระบบนำร่อง (pilot system) ที่ตำแหน่งเดินเบาถึงความเร็วต่ำ ปริมาณของอากาศปรับให้เหมาะสมที่ตัวนมหนูอากาศ (Pilot air jet)

ตัวอย่าง : # 127.5

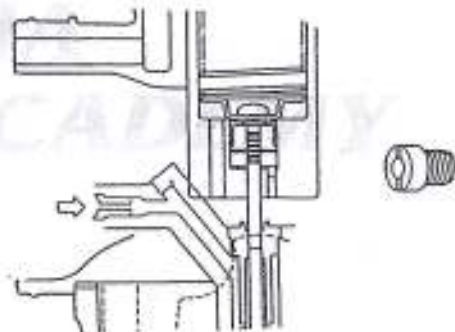


⑧ นมหนูอากาศหลัก (Main air jet)

- ควบคุมปริมาณอากาศในระบบผสมน้ำมัน - อากาศหลัก (Main fuel-air mixture system) ที่ความเร็วปานกลางและความเร็วสูง

- ควบคุมปริมาณอากาศที่ป้อนเข้าเสือเข็มเร่ง (Needle jet) ทำให้น้ำมันเชื้อเพลิงถูกดูดผ่านนมหนูหลักผสมเข้ากับอากาศได้ง่าย (Main jet)

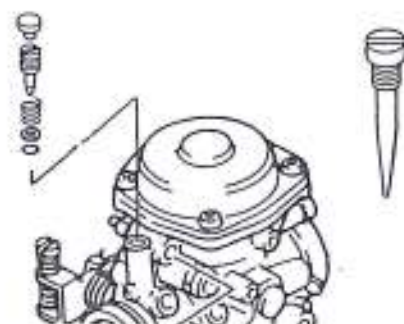
ตัวอย่าง # 70



⑨ สกรูปรับอัตราส่วนผสม (Pilot screw)

ควบคุมการปล่อยส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ (fuel - air mixture) ไปยังช่องทางออกนำร่อง (Pilot outlet)

ตัวอย่าง : 3.0 (ความเร็วย้อนกลับ Return speed)



8. การตรวจสอบคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor inspection)

เนื่องจากคุณภาพของส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ เกิดขึ้นในคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งจะมีผลโดยตรงต่อสมรรถนะของเครื่องยนต์ ดังนั้นการปรับตั้งที่ถูกต้องจึงเป็นสิ่งสำคัญ ปัญหาของคาร์บูเรเตอร์ในทุกชิ้นส่วน (Most part) มีสาเหตุจากการอุดตันจากสิ่งสกปรกและการทำงานผิดพลาดในคาร์บูเรเตอร์ที่เป็นแบบหลายระบบ (Multi carburetor system) และปัญหาอื่นๆ คือ การสั่นไหวของชิ้นส่วนต่างๆ ตำแหน่งในการเคลื่อนที่ผิด (Loose mounting position) การตีกลับ (Backlash) และการปรับตั้งไม่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้อัตราส่วนผสมไม่ถูกต้องกล่าวคือส่วนผสมน้ำมัน/อากาศ หนาเกินไปหรือบางเกินไป ซึ่งจะมีผลต่อการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine malfunction)

(1) ข้อแนะนำในการแก้ปัญหา (Note on adjustment of a problem)

แม้ปัญหาที่เกิดขึ้นกับคาร์บูเรเตอร์จะเป็นสาเหตุโดยตรงของปัญหาที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ ความผิดพลาดในการทำงาน (Malfunction) ของคาร์บูเรเตอร์ จะมีผลโดยตรงต่อสภาพการเผาไหม้ (Combustion state) สมรรถนะ (Performance) และการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel economy) ถ้าความผิดพลาด (Malfunction) เป็นปัญหาที่เกิดจากคาร์บูเรเตอร์ จะต้องมีการตรวจสอบคาร์บูเรเตอร์และทำการปรับตั้งเพื่อแก้ไขปัญหาเหล่านั้น แต่ถ้าค้นหาสาเหตุของปัญหาไม่ได้ (ได้ยาก) (Difficult) จำเป็นต้องตรวจสอบเบื้องต้นเกี่ยวกับในการทำงานของเครื่องยนต์ 3 ส่วน (Three elements for engine operation) คือ ส่วนผสมน้ำมัน - อากาศดีหรือไม่ การอัดเพียงพอหรือไม่ (Sufficient compression) และการจุดประกายไฟดีหรือไม่ (Good spark)

- ① ระบบประจุส่วนผสมน้ำมันและอากาศ (Fuel and air intake system)
- ② ระบบการอัด (Compression system)
- ③ ระบบการจุดระเบิด (Ignition system)
- ④ ระบบอื่นๆ (Others)

(2) การค้นหาปัญหา และการตรวจสอบ/บำรุงรักษา (Determining the problem inspection/maintenance)

ถ้าคุณค้นหาสาเหตุของปัญหาจากคาร์บูเรเตอร์หลังจากอธิบายการตรวจสอบเช็คข้างบน การหาความหนาแน่นของส่วนผสมน้ำมัน/อากาศ (หนาเกินไปหรือบางเกินไป) และการตรวจสอบเช็คสภาพการทำงาน (Operating condition) ที่เป็นสาเหตุของปัญหาเป็นสิ่งจำเป็น

① การหาความหนาแน่นของส่วนผสมน้ำมัน/อากาศ

(Determining the density of the fuel/air mixture)

การหาความหนาแน่นของส่วนผสมน้ำมัน/อากาศ คุณต้องรู้อาการ (Symptom) ที่เป็นสาเหตุให้ส่วนผสมหนาเกินไปหรือบางเกินไป (Too rich or too lean of a mixture)

อาการที่เป็นสาเหตุให้ส่วนผสมหนาเกินไป	
1	การจุดประกายของหัวเทียน
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

อาการที่เป็นสาเหตุให้ส่วนผสมบางเกินไป	
1	การจุดประกายของหัวเทียน
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	

② การตรวจสอบเบื้องต้นและการปรับตั้ง (Basic inspection and adjustment)

ตรวจสอบสภาวะการทำงานของเครื่องยนต์ (Engine operation state) (การเปิดลิ้นเร่ง) ในข้อผิดพลาด (Malfunction) ที่เกิดขึ้นและตรวจเช็คและปรับตั้งระบบซึ่งเปิดในการทำงานเป็นส่วนใหญ่ (Operates mainly that opening) ในกรณีนี้ การตรวจเช็คหมายถึงตรวจเช็คการอุดตันจากสิ่งสกปรก, การหลวม (looseness) การสึกหรอและทำความสะอาด, ซัน (นัท/โบลท์) ให้แน่นและทำการเปลี่ยนอะไหล่ถ้าจำเป็นการปรับตั้งหมายถึง การตรวจเช็คปรับตั้งค่ามาตรฐาน (Standard setting) ว่าตั้งค่าไว้ถูกต้องหรือเปล่า? ถ้าปัญหาสามารถแก้ไขโดยการปรับตั้งข้อมูลจำเพาะมาตรฐาน (Standard specification) และการตรวจเช็ค (Inspection) ชิ้นส่วนอื่นๆ ก็เป็นสิ่งจำเป็นเพราะว่าสาเหตุสำคัญคือ นอกจากคาร์บูเรเตอร์แล้วก็ต้องพิจารณาสิ่งอื่นๆ ด้วย

* สำหรับรถแข่ง เช่น มอเตอร์ครอส (Motocross) หรือ Road racer ต้องปรับตั้งให้เหมาะสม (Accordance) กับสภาพเส้นทาง (Course) ทักษะของผู้ขับขี่ (Rider skill) การปรับแต่งและความพอใจ (Tuning and the like)

○ วิธีการปรับ 4 ขั้นตอน (Four stage method for adjustment)

ระบบที่คล่องแคล่วอย่างเหมาะสม (Principally active system) มีการทำงานที่แตกต่างกันขึ้นอยู่กับลิ้นเร่ง ถ้าคุณพบว่าการเปิดมีปัญหาเกิดขึ้น คุณต้องเช็ค (Inspect) เฉพาะระบบที่ทำงานอย่างเหมาะสมขณะเปิดลิ้น

* เมื่อถอดส่วนประกอบต่างๆ แล้วให้ล้างทำความสะอาดด้วยน้ำมันแก๊สโซลีน (เบนซิน) ช่องทางอากาศและช่องทางน้ำมันต้องทำความสะอาดโดยใช้ลมเป่า (อย่าให้เส้นลวดเหย)

	การทำงานอยู่กับที่	การทำงานช่วงความเร็วต่ำ	การทำงานช่วงความเร็วปานกลาง ถึงช่วงความเร็วสูง	การทำงานช่วงความเร็วสูง และทำงานหนัก
การเปิดของลิ้นเร่ง	0-1/8	1/8-1/4	1/4-3/4	3/4-Full open
ระบบที่ว่องไวคล่องแคล่ว (Active system)	ระบบเดินเบา	ระบบเดินเบา, ระบบหลัก	ระบบหลัก	ระบบหลัก
ชิ้นส่วนที่ทำงานและการตรวจเช็คตำแหน่ง	นมหนูเดินเบา, สกรูอากาศ, สกรูปรับอากาศ	ลิ้นเร่ง, นมหนูเดินเบา, สกรูปรับอากาศ, เช็มเร่ง, เสือเช็มเร่ง	เช็มเร่ง, เสือเช็มเร่ง (นมหนูอากาศหลัก), นมหนูหลัก	เช็มเร่ง, เสือเช็มเร่ง (นมหนูอากาศ), นมหนูหลัก
ชิ้นส่วนที่ต้องปรับ	สกรูปรับอากาศ	ลิ้นเร่ง	เช็มเร่ง	นมหนูหลัก
เมื่อส่วนผสมหนา				
เมื่อส่วนผสมบาง				

③ ปัญหาและการตรวจเช็ค/การปรับตัวของระบบลูกลอย (Problem and inspection/adjustment)

④ การล้น (Overflow)

จะเกิดล้นถ้าปริมาณน้ำมันไหลเข้ามาห้องลูกลอยมากกว่าปริมาณที่กำหนด เนื่องจากระดับน้ำมันที่สูงมากเกินไปจะไหลลงท่อล้น (Overflow pipe) ถ้าเครื่องยนต์ทำงานในสภาวะเช่นนี้ต่อไป อัตราส่วนผสมจะหนาเกินไป และจะเป็นสาเหตุให้การทำงานของเครื่องยนต์ขัดข้อง ซึ่งสาเหตุอาจจะเกิดจากลูกลอยรั่วหรือเสียหาย ทำให้ระดับน้ำมันไม่ถูกต้องและเข็มลูกลอย (Needle valve) ไม่สามารถปิดได้อย่างสนิท หรือ อาจจะมีเศษผง (Particles) มาติดที่บ่าวาล์ว (Valve seat area) (ทำให้ปิดไม่สนิท)

○ ลูกลอย (Float)

รับ→เปลี่ยนใหม่

การทำงานไม่ถูกต้อง (Improper operation)

(เกิดการกีดขวางบริเวณช่องแชนและบริเวณสลัก)

→ปรับให้ถูกต้องและทำความสะอาด

(Backlash of the arm and pin) →ทำการปรับตั้งที่แชน

รูปทรงบิดเบี้ยว (Deformation) →เปลี่ยนใหม่

ระดับน้ำมันสูงเกินไป →ปรับตั้งที่ปากของลูกลอย (Float lip)

○ เข็มลูกลอย (Needle valve)

หลุดจากสิ่งสกปรก →ทำความสะอาด

สึกหรอหรือเริ่มอ่อน (Wear and flaw of needle) → เปลี่ยนใหม่

สึกหรอหรือบิ่นยาวอ่อน → เปลี่ยนใหม่

สปริงของเข็มตืด (Breakage of needle spring) → เปลี่ยนใหม่

เสื่อมสภาพและเกิดการฉีกของ → (Deterioration and breakage of packing) → เปลี่ยนใหม่

เปลี่ยนแยกชุด

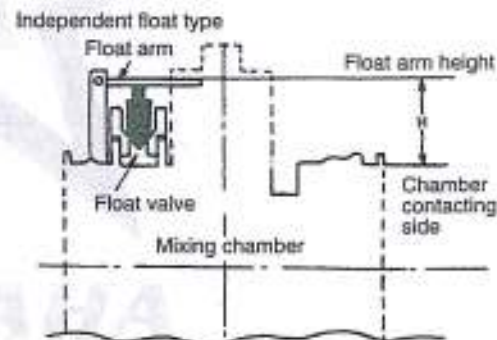
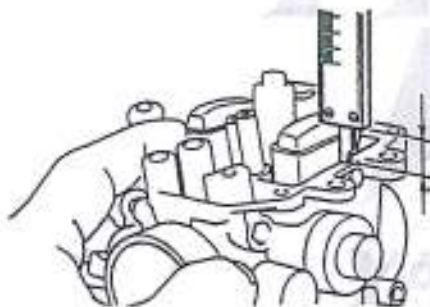
⑤ การตรวจและปรับระดับน้ำมัน (Inspection and adjustment of fuel level)

ระดับความสูงของน้ำมันเป็นตัวกำหนดระยะห่างจากจุดศูนย์กลางของท่อหลัก (Main bore) วัดระยะเป็น มม.(mm.) ซึ่งขึ้นอยู่กับรูปแบบของเครื่องยนต์ (Engine model) และไม่ล้มเหลว (Rarely fails) ระหว่างที่เครื่องทำงาน ถ้าการเปลี่ยนชิ้นส่วน (Replacement of parts) มีรูปร่างเปลี่ยนไป (Performed) ให้ใช้ขั้นตอนและวิธีการ ต่อไปนี้ ในการตรวจเช็คและปรับตัว

○ วิธีการตรวจเช็คและปรับตั้ง (Method of inspection and adjustment)

ตัวเกจวัดระดับความสูงของน้ำมันจะอยู่แนบ (Attached) กับคาร์บูเรเตอร์เพื่อให้วัดระดับความสูงของน้ำมันได้อย่างถูกต้อง การวัดระดับน้ำมันโดยทั่วไปจะใช้การวัดมาตรฐานของความสูงลูกลอยหรือความสูงของแขนของลูกลอย (Float arm)

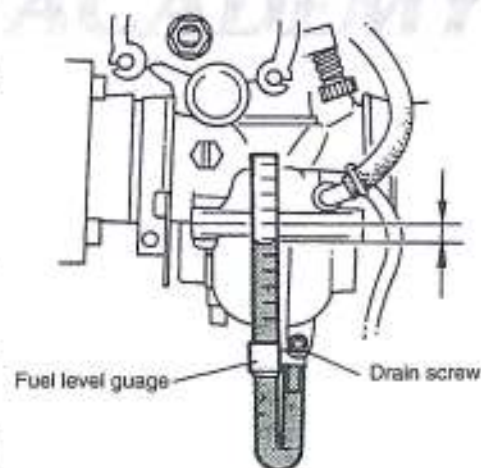
- หมุน (Body) ของห้องผสม (Mixing chamber) ด้านบนลงมาจากถอดอย่างลูกลอย (Body) ของห้องลูกลอย
- หลังจากยกลูกลอยและทำการตรวจเช็คเข็มลูกลอย (Needle valve) จะปิดสนิท ลูกลอยจะตกลงมาอย่างช้าๆ ทำให้ตำแหน่งปากของลูกลอย (Float lip) ชนกับเข็ม (Needle) และวัดระยะลอยตัว (Float high) จากผิวยึดห้องลูกลอย (Chamber joint surface) หรือ ระยะ H (ดูรูป)



- สำหรับลูกลอยแบบอิสระ (Independent float type) ให้วัดความสูงของแขนลูกลอย (Float arm)
- ถ้าความสูงต่างไปจาก (Deviated) ค่ามาตรฐานปรับตั้งโดยการดัด (Bending) ที่ปาก (Lip) ของแขนลูกลอย

○ การตรวจเช็คระดับน้ำมัน (Inspection of actual fuel level)

- ใช้เครื่องมือวัดระดับการยกตัวของน้ำมัน โดยการปรับที่เกจ
- วัดระดับของน้ำมัน
- เพิ่มเครื่องมือพิเศษ (Special tool) เข้าที่รูถ่ายน้ำมันของคาร์บูเรเตอร์ (Carburetor drain)
- ตั้ง (หมุน) ก๊อกน้ำมันให้ชี้ไปที่ตำแหน่ง "PRI" หรือ "ON" แล้วคลายสกรูถ่ายน้ำมันทิ้ง (Drain screw)
- จัดตำแหน่งตัวเกจวัดระดับน้ำมันให้ตรงกับโครงของห้องผสม (Mixing Chamber body) และอ่านระดับน้ำมันจากผิวที่เป็นจุดยึดห้องลูกลอย (Float chamber joint surface) ตามค่ามาตรฐาน



⑥ การปรับตั้งรอบเดินเบา(idle adjustment)

- ① ปรับระยะฟรีของสายคันเร่งให้มีระยะฟรี 3 - 7 มม.(mm.)
- ② ปรับสกรูอากาศ (Air screw) ตามที่กำหนด (Specification setting)
- ③ สตาร์ทเครื่องแล้วอุ่นเครื่อง(Warm up) ให้พอติดเครื่องม็อดวอร์บเครื่องยนต์ (Tachometer) ที่สายหัวเทียน
- ④ ตั้งความเร็วรอบเมื่อทำงานคงที่ (idle speed) ให้มีค่าสูงกว่าค่าที่กำหนดเล็กน้อย โดยปรับที่สกรูรอบเดินเบา (Throttle stop screw)
- ⑤ หมุนสกรูอากาศเข้าและออก 1/4 ถึง 1/2 รอบ แล้วเช็คความเร็วรอบเดินเบา (idle speed) ที่เปลี่ยนแปลง ถ้าพบความเร็วไม่เปลี่ยนแปลง ให้ปรับสกรูตามข้ออธิบายในข้อ 2
- ⑥ ปรับค่าความเร็วรอบเดินเบา (Idle speed) ให้ได้ตามที่กำหนด
- ⑦ สุดท้ายให้เร่งเครื่อง 2 -3 ครั้ง แล้วเช็คความเร็วรอบในสภาพเดินเบา (Stable idle) และหมุนอย่างราบเรียบ (Smooth rotation) เมื่อบิดคันเร่งอย่างช้าๆ (Opening gradually)

⑦ ตรวจเช็คข้อมูลอื่น ๆ (Other inspection items)

○ การเพิ่มขึ้นของคาร์บูเรเตอร์ (Mounting of carburetor)

- ชัน (นัท, โบลท์) ส่วนต่างๆให้แน่น ที่เครื่องยนต์ทั้งสองข้าง (Both the engine side) และด้านข้างหม้อกรองอากาศ เพื่อไม่ให้อากาศรั่ว (Air leakage)
- ยกคาร์บูเรเตอร์แนวตั้งเพื่อไม่ให้ ระดับน้ำมันได้รับความกระทบกระเทือน (Fluctuate)

○ การตรวจเช็คไชด์ (Inspection of Choke device) (ตัวสตาร์ท)

- ชนิดของสาย : สายต้องหย่อนพอดี ตั้งระยะหย่อน (Slack) ประมาณ 1 mm. (มม.)
- ชนิดของคันไชด์ (Lever type) : ชนิดที่ใช้กับคาร์บูเรเตอร์ชนิดหลายๆแบบในตัวเดียว (Multiple carburetors) จะต่อกับกัน (Rods) การทำงานของคันไชด์ (Lever) ดูให้ด้านซ้ายและขวาของคันเร่งและขวาของคันสตาร์ท (Starter plunger) เท่ากัน การตรวจเช็คให้เช็คดู (Plunger) ด้านซ้ายและขวาเปิดเท่ากันเมื่อเปิดเต็มที่ และเช็คดูให้ (Plunger float) จะต้องสมบูรณ์ (Without returning completely) ไม่ตีกลับไปกลับมา

○ การตรวจเช็คท่อระบายอากาศ (Inspection of air vent pipe)

การตรวจเช็คให้ดูว่าช่องระบายอากาศมีการอุดตัน คด งอ หรือ ติดที่ไหนหรือไม่ ถ้าท่ออุดตัน งอ การไหลของน้ำมันจะไม่ถูกต้อง ซึ่งจะทำให้ได้ส่วนผสมบาง (Lean)

○ การตรวจเช็คท่อสุญญากาศ (Inspection of vacuum pipe)

ถ้าก๊อของแรงดันสุญญากาศ(ก๊ออัดโนมิติ) ถูกใช้เป็นก๊อหน้ามัน ท่อสุญญากาศจะต่อกับคาร์บูเรเตอร์ หรือ ส่วนของท่อร่วม ตรวจความเสียหายของท่อและข้อต่อท่อว่ามีการรั่วหรือไม่

○ การตรวจเช็คท่อส่ง (Inspection of delivery pipe)

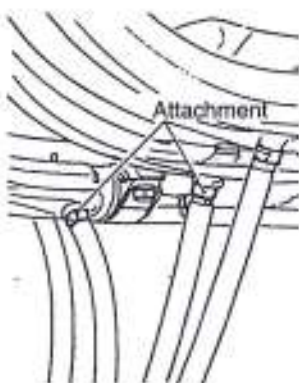
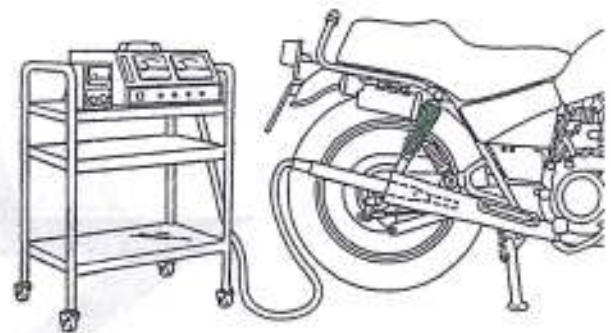
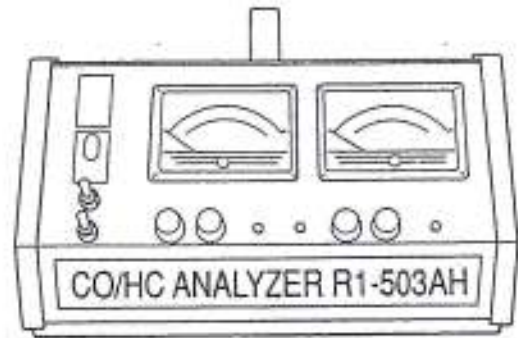
ถ้าหัวฉีดด้านจ่ายน้ำมันออโตลูบในคาร์บูเรเตอร์ สามารถส่งน้ำมันจากปั้มน้ำมัน แสดงว่าไม่มีน้ำมันรั่วซึม (Oil leakage) หรือการดูดอากาศเกิดขึ้น

(3) ประโยชน์ของเครื่องทดสอบก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ (Use CO tester)

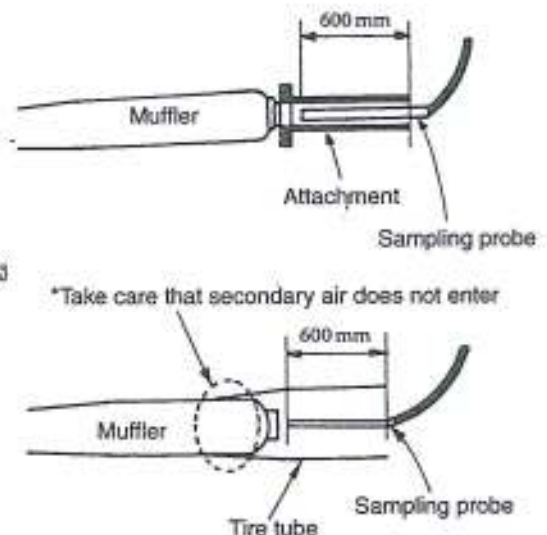
*CO (ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์) เป็นก๊าซพิษ เกิดจากการเผาไหม้แก๊สโซลีนไม่สมบูรณ์ และยังกีดขวางการให้ออกซิเจนในการฟอกเลือด ก๊าซนี้สามารถลดได้โดยการป้อนอากาศให้พอเพียงแล้วเผาไหม้อย่างมีประสิทธิภาพที่อุณหภูมิสูง

ขั้นตอนการทดสอบ (Procedure)

- ① อุ่นเครื่อง
- ② วัดรอบเครื่องยนต์ให้ถูกต้อง โดยใช้ Tachometer
- ③ ถอดโบลท์ที่ท่อไอเสีย แล้วสอดเครื่องทดสอบ CO. เข้าที่ท่อไอเสีย
- ④ ทำการคาลิเบรท (Calibrate) เครื่องทดสอบ CO. (ขั้นตอนการทำงานขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องทดสอบ CO ดูที่คู่มือที่ให้มากับเครื่องทดสอบ)
- ⑤ สตาร์ทเครื่องยนต์แล้วปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์อยู่ในรอบเดินเบา (Idling speed) ตามที่กำหนด
- ⑥ ใส่ตัวอย่างที่ตรวจสอบ (Sampling probe) เข้าที่ท่ออย่างตามแต่ละจุดที่ทำการวัดค่าความหนาแน่น CO
- ⑦ หมุนสกรูปรับอากาศเบาอย่างช้าๆ ทีละครึ่งรอบเป็นการปรับค่าความหนาแน่น CO จนกว่าจะได้ค่าตามที่กำหนด (Specified value)
- ⑧ การปรับสกรูปรับอากาศเป็นตัวแปรของความเร็วรอบเดินเบา (idling speed) และใช้สกรูปรับรอบเดินเบา (Throttle stop screw) ในการปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์
- ⑨ หลังจากเร่งเครื่อง 2 - 3 ครั้ง ทำการวัดค่าความหนาแน่น CO อีกครั้ง และตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบเดินเบา (idling speed)
- ⑩ ตรวจสอบความเร็วรอบเดินเบาอีกครั้งแล้วตั้งค่านั้นเป็นค่าที่กำหนด (Specified value)
 - ถ้าไม่มีเครื่องมือติดไว้ที่ทางออกของท่อไอเสีย
(If no exhaust gas outlet device is provided in the exhaust pipe section)
ตัวอย่างที่ทดสอบ (Sampling probe) ต้องสอดเข้าไปในท่อไอเสีย 600 มม. เพื่อให้ได้ผลทดสอบที่ถูกต้อง (Proper sampling) ต่อท่อไอเสียและใส่สายตรวจวัด (ทดสอบ) ให้ถูกต้อง ถ้าใส่ไม่ถูกต้อง ใช้ท่อทางเข้า (Inner tube) เก่าๆ หรือสิ่งที่คล้ายๆกัน เป็นปลอกท่อ (shield) ยาว 600 มม. ซึ่งป้องกันอากาศชั้นที่สอง (Secondary air) ไปทำให้ตัวอย่างเสียหาย (Contaminating)



คำศัพท์จากรูป
 Muffler = ท่อไอเสีย
 Attachment = แนบติดเข้าด้วย
 Sampling probe = สุ่มตรวจตัวอย่าง
 Tire tube = ท่อยาง
 *Take care that secondary air dose not enter = ดูแลไม่ให้อากาศชั้นที่ 2 เข้า



9 ไอเสีย (Exhaust gases)

ไอเสียจากรถยนต์มี 2 ชนิด คือ ไอเสียจากท่อไอเสีย, แก๊สที่รั่ว (ไหลออก) จากห้องเครื่องไอน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ระเหยจากถังน้ำมันเชื้อเพลิงและที่คาร์บูเรเตอร์

(1) กระบวนการเกิดไอเสีย (Process of exhaust gas generation)

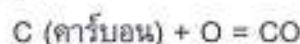
ถึงแม้ส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ จะกลายเป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) หลังเกิด และ NO (ไนโตรเจนออกไซด์) เกิดขึ้นเนื่องจากการเผาไหม้ส่วนผสมน้ำมัน - อากาศไม่สมบูรณ์

① CO (คาร์บอนมอนอกไซด์)

CO เกิดขึ้นดังนี้ เมื่อแก๊สไฮโดรคาร์บอนไม่สมบูรณ์ เนื่องจากการป้อนอากาศ ไม่เพียงพอ (Insufficient) เป็นต้น



แต่ถ้าป้อนอากาศอย่างเพียงพอ (sufficient) และการเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างสมบูรณ์จะได้เป็น CO_2 ดังนี้



ดังนั้น CO และ CO_2 ที่ออกจากเครื่องยนต์มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสม อากาศ - น้ำมัน (สัดส่วนโดยมวลของอากาศ - น้ำมันที่ป้อนเข้าเครื่องยนต์)

แสดงดังรูป a) จะเกิด CO มากตามอัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน จะลดระดับ CO ได้ต้องใช้ส่วนผสมบาง นั่นคือใช้สัดส่วนอากาศมากๆ อย่างไรก็ตามถ้าอัตราส่วนผสมบางเกินไป จะทำให้การจุดระเบิดไม่ติดไฟและทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ตก

CO_2 จะเกิดมากที่สุดที่ใกล้จุดกึ่งกลาง (Stoichiometric) ของอัตราส่วนผสม อากาศ - น้ำมัน และเมื่ออัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมันบางลง จำนวนแก๊สที่ไม่เกิดการเผาไหม้ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจำนวน CO_2 จึงลดลง

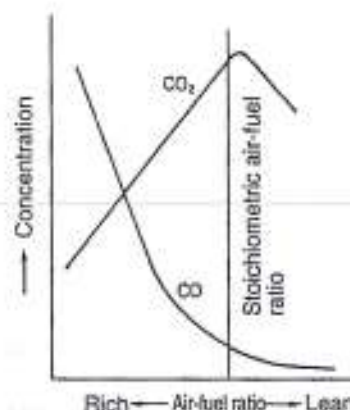


Fig. a) Air-fuel ratio and CO, CO_2 concentration

② HC (สารไฮโดรคาร์บอน)

HC เป็นชื่อที่เรียกรวมของสารประกอบไฮโดรเจนและคาร์บอน (หรือเรียก ไฮโดรคาร์บอน) ถ้าเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ C จะกลายเป็น CO_2 ตามที่อธิบายก่อนหน้านี้ และ H (ไฮโดรเจน) จะกลายเป็น H_2O (น้ำแต่กรณีนี้เกิดเป็นไอน้ำ) แสดงได้ดังนี้

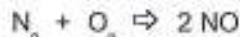


HC ที่ปล่อยจากท่อไอเสียเป็นผลจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ของน้ำมันเชื้อเพลิงและผสมกับแก๊สที่ไม่เกิดการเผาไหม้ (ไอดี) ลองพิจารณาสาเหตุ 3 ประการต่อไปนี้

- ประกายไฟที่จุดในห้องเผาไหม้โดยหัวเทียน จะขยายออกไป แต่อุณหภูมิที่ผนังห้องเผาไหม้ต่ำ ดังนั้นบริเวณอุณหภูมิสูงไม่ถึงจุดที่เกิดการเผาไหม้อุณหภูมิของเปลวไฟก็ตก (ลดลง) ทำให้เปลวไฟดับก่อนที่จะลุกไหม้กระจายไปถึงผนังห้องเผาไหม้ ซึ่งบริเวณที่เปลวไฟไปไม่ถึงนี้ เรียกว่า "Quenching Zone" ดังนั้นส่วนผสมของอากาศ - น้ำมันที่ไม่ได้ถูกเผา จึงมาจากบริเวณนี้ ซึ่งถูกดูดซับขับไล่ออกมาพร้อมกับไอเสีย
- เมื่อคันเร่งกลับไปอยู่ในตำแหน่งอยู่กับที่ (idling position) ในระหว่างที่อัตราเร่งลดลง (deceleration) ความดัน (Manifold pressure) จะเพิ่มขึ้นทันที ทำให้ส่วนผสมอากาศ - น้ำมันหนาเกินไป (Overrich air - fuel mixture) เกิดขึ้น จึงทำให้เกิดแก๊สที่ไม่เผาไหม้ปริมาณมาก
- สาเหตุจาก Valve overlap (ช่วงที่วาล์วไอดี + วาล์วไอเสียเปิดซ้อนกัน) ทำให้ไอดีบางส่วนไหลเข้าไปในระบบไอเสีย จึงทำให้เกิดแก๊สที่ไม่ได้เผาไหม้

3. NOx

NOx คือ ชื่อของสารประกอบไนโตรเจนและออกซิเจน ซึ่งแก๊สเหล่านั้นจะเกิดขึ้นเมื่อเผาไหม้บางอย่างที่อุณหภูมิสูงซึ่งชนิดของ NOx จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับพันธะทางเคมีที่ (ไนโตรเจน) ยึดกับออกซิเจน (เป็นกระบวนการออกซิเดชัน (Oxidation) ถ้า N และ O ถูกเผาที่อุณหภูมิที่สูง NO (ไนโตรเจนออกไซด์) จะเกิดขึ้นตามปฏิกิริยา (Reaction) ต่อไปนี้



อย่างไรก็ตามถ้า NO ทำปฏิกิริยาได้ดังสมการนี้



NOx ในไอเสียส่วนมากจะเป็น NO และ NO₂ การเกิด NOx จะเกิดมากที่สุดอัตราส่วนผสมน้ำมัน - อากาศ ใกล้เคียงกับอัตราส่วนอิมตัว (Stoichiometric ratio) และ NOx จะลดลงอย่างรวดเร็วถ้าอัตราส่วนผสมหนา หรือ บางกว่า (Rich or lean) จุด Stoichiometric และถ้าเทียบปริมาณการเกิด NOx กับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิการเผาไหม้สูงขึ้นจะทำให้เกิด NOx เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว แสดงดังรูป b

ส่วน CO และ HC จะเกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ ซึ่ง NOx จะเกิดขึ้นในลักษณะตรงกันข้ามในเชิงปริมาณ (Quantity) เมื่อเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ ซึ่งถ้าต้องการลด NOx จำเป็นต้องให้อุณหภูมิการเผาไหม้ต่ำสุดอุณหภูมิการเผาไหม้สูงสุด (Maximum combustion temperature) แต่ถ้าลดอุณหภูมิการเผาไหม้ก็จะเกิดผลตามมาก็คือ สมรรถนะของเครื่องยนต์จะลดลงด้วย

2. ความสัมพันธ์ในการเกิดสารอันตราย

(Correlation with generation of harmful substances)

แม้ว่าอัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน, ช่วงเวลาการจุดระเบิดและโครงสร้างของเครื่องยนต์และอื่นๆ จะมีส่วนก่อให้เกิดสารอันตราย (Harmful substances) ด้วยกันทั้งสิ้น แต่อัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน และช่วงเวลาการจุดระเบิด (Ignition timing) จะเป็นตัวก่อให้เกิดสารอันตรายสูงสุด การเกิด CO, HC และ NOx มีความสัมพันธ์กับอัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน ดังแสดงในรูป C โดยทั่วไปถ้าหากอัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมันอยู่ในช่วง (Region) ส่วนผสมบาง CO และ HC จะลดลงแต่ระดับของ NOx จะเพิ่มขึ้น และถ้าอัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมันบางมาก NOx จะเกิดขึ้นลดลง แต่ HC จะเพิ่มขึ้นทันทีจนกว่าจะไม่เกิดการจุดติดไฟ (Misfiring) ในช่องส่วนผสมอากาศ - น้ำมันหนา NOx จะลดลง แต่ CO และ HC จะเกิดเพิ่มขึ้น อย่างที่กล่าวไว้ ระดับ

ของ CO และ HC จะเป็นส่วนกลับ (สัดส่วนตรงกันข้าม) กับระดับของ NOx ปริมาณของ NOx และ HC ที่เกิดขึ้นมากเป็นผลมาจากช่วงเวลาการจุดระเบิด (Ignition timing) และจากรูป d ถ้าช่วงช่วงเวลาการจุดระเบิดจากมุม α° และ β° เส้นการเปลี่ยนแปลงแรงดันภายในกระบอกสูบจากเส้นโค้ง A ถึง B แรงดันภายในของกระบอกสูบและอุณหภูมิการเผาไหม้เกือบจะได้สัดส่วน ซึ่งเราสังเกตรูป d จะพบว่า

- เมื่อค่าอุณหภูมิการเผาไหม้สูงสุด (Maximum combustion temperature) ลดลงจะทำให้ NOx ลดลง
- อุณหภูมิการเผาไหม้ ช่วงระหว่างที่เกิดการขยายตัว (Expansion) จะอยู่ระดับสูงซึ่งทำให้เกิดกระบวนการ Oxidation และ HC จะลดลง
- แก๊สอุณหภูมิสูงในระบบไอเสีย จะทำให้เกิดกระบวนการ Oxidation แต่ HC จะลดลง

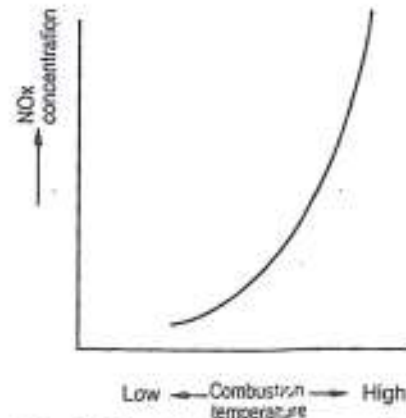


Fig. b) Combustion temperature and NOx concentration

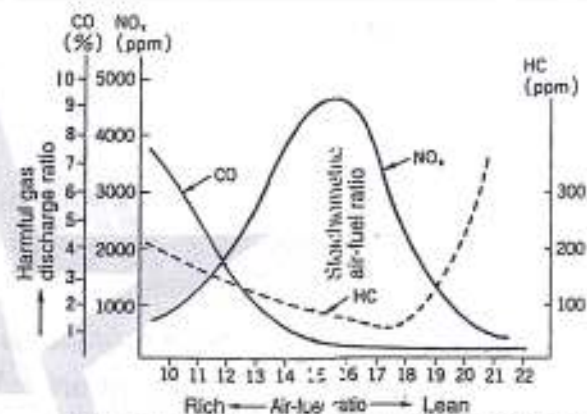


Fig. c) Air-fuel ratio and harmful substance concentration

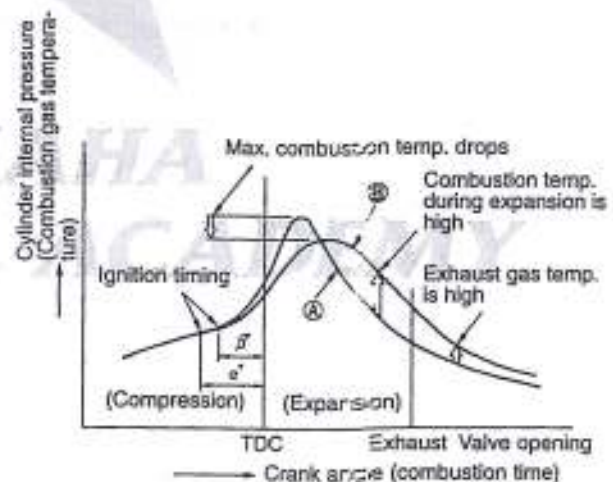


Fig. d) Change in cylinder internal pressure (combustion gas temp.)

(3) การวัดความสะอาดของไอเสีย

(Measures for cleaning exhaust gases)

วิธีการลด CO, HC และ NOx ที่ปล่อยออกมาจากท่อไอเสีย ซึ่งจะอธิบายต่อไปนี้

① การลด CO และ HC (Reduction of CO and HC)

CO เป็นส่วนประกอบที่เกิดจากการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และสามารถลด CO ได้โดยการทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ ด้วยการปรับอัตราส่วนผสมอากาศ - น้ำมัน ถ้าส่วนผสมบาง จะเกิด CO น้อย อย่างไรก็ตามถ้าหากส่วนผสมบางมาก ๆ จะทำให้การจุดระเบิดยาก และไม่เกิดการติดไฟ (Misfiring) ทำให้เกิด HC ขึ้นรวมทั้งจะทำให้สมรรถนะของเครื่องยนต์ตก

HC เป็นส่วนประกอบที่ถูกขับ (Discharge) ออกมาโดยไม่มีการเผาไหม้ และการเกิด HC มีแนวโน้มเช่นเดียวกับ CO อย่างไรก็ตาม ถ้าดูตามรูป f ถ้าส่วนผสมอากาศ-น้ำมัน บางมาก ๆ CO จะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะถ้ามีการ เบรคเครื่องยนต์ จะทำให้ระดับ HC เพิ่มขึ้น การวัด (การทดสอบ) การลดลงของ CO และ HC จะกระทำที่สภาวะ การเผาไหม้สม่ำเสมอและส่วนผสมอากาศ-น้ำมันบาง เพื่อให้การวัดได้แม่นยำ จะต้อง

- จะต้องปรับคาร์บูเรเตอร์ให้ป้อนส่วนผสมอากาศ-น้ำมัน อย่างคงที่และเหมาะสม
- ทำให้ไอดีไหลเข้าไปแบบหมุนวน (Turbulent flow) เพื่อให้ การเผาไหม้มีประสิทธิภาพ (Effective combustion)
- ต้องเปลี่ยนรูปทรงห้องเผาไหม้ให้การเผาไหม้น้ำมันทำได้ง่าย
- การเปิด-ปิดของวาล์ว (Valve timing) ต้องปรับไม่ให้อีดี ไหลออก (Discharge) ในระหว่างที่เกิดการโอเวอร์แลป (Over lap) เปิดพร้อมกันทั้ง วาล์ว ไอดี ไอเสีย
- ต้องดูระบบจุดระเบิด (Strengthened)

② การลด NOx (NOx reduction)

หลักการลด CO และ HC คือการทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์ แต่การลด NOx ไม่สามารถทำเช่นนั้นได้

ตามรูป g การเกิด NOx จะมากที่สุดที่จุดใกล้กับจุดอิมตัว ของอัตราส่วนผสมน้ำมัน-อากาศ (Stoichiometric ratio) และการเผาไหม้ที่มีประสิทธิภาพสูง นั่นคือ อุณหภูมิการเผาไหม้สูง โดยเฉพาะเมื่อเร่งเครื่อง จะทำให้เกิด NOx มากขึ้น นี่เป็นการขัดแย้งกับทฤษฎีการลด CO และ HC ซึ่งทำให้ การลดลง (Reduction) ของ NOx ทำได้ยาก แต่ก็มียุทธวิธี การที่ใช้โดยทั่วไปดังนี้

- ทำให้ไอดีไหลแบบปั่นป่วน (Turbulent) เพื่อทำให้การเผาไหม้เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว (Rapid combustion) และช่วงเวลา ที่เกิดอุณหภูมิการเผาไหม้จะสั้นลง
- ปรับปรุงรูปทรง (Shape) ของห้องเผาไหม้ให้เกิดการเผาไหม้ได้ดีเช่นเดียวกับการลด CO และ HC

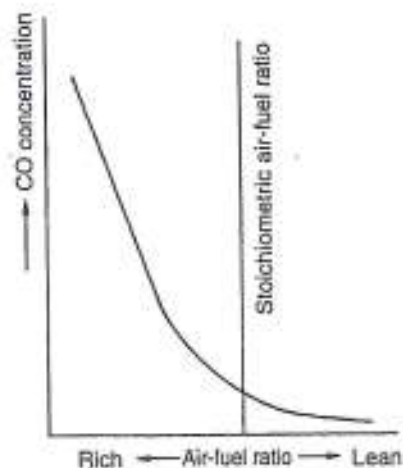


Fig. e) CO concentration vs air-fuel ratio

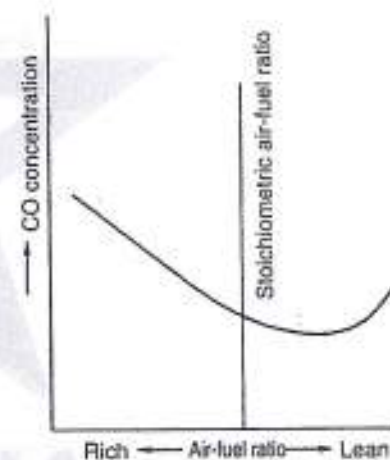


Fig. f) HC concentration vs air-fuel ratio

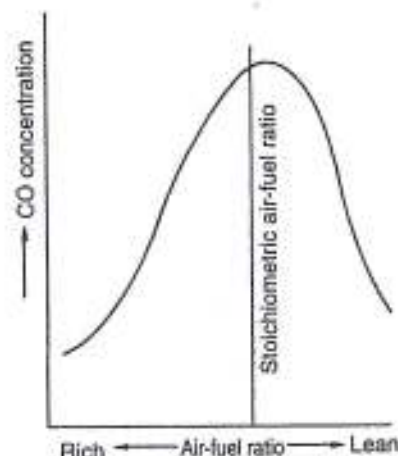
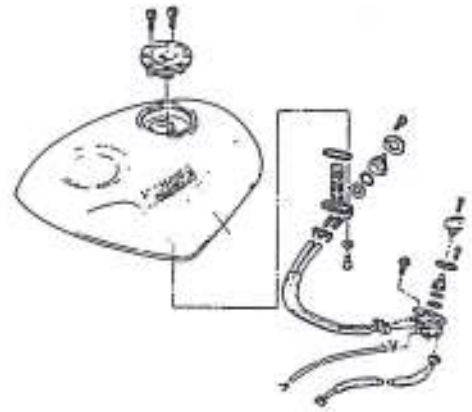


Fig. g) NOx concentration vs air-fuel ratio

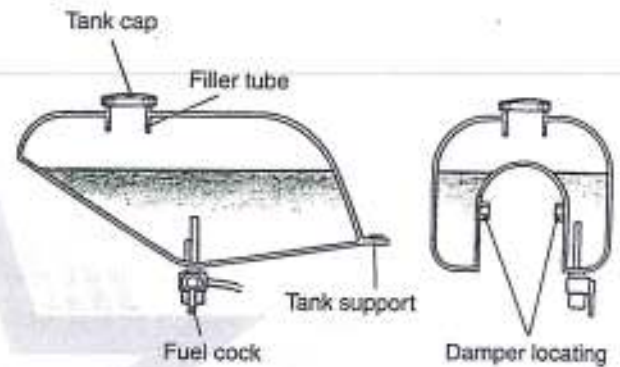
10. ถังน้ำมันเชื้อเพลิง

- 1) ความจำเป็นของถังน้ำมันเชื้อเพลิง
 - กักเก็บเชื้อเพลิงได้อย่างปลอดภัย
 - จ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อมีความจำเป็น



2) โครงสร้างของถังน้ำมัน

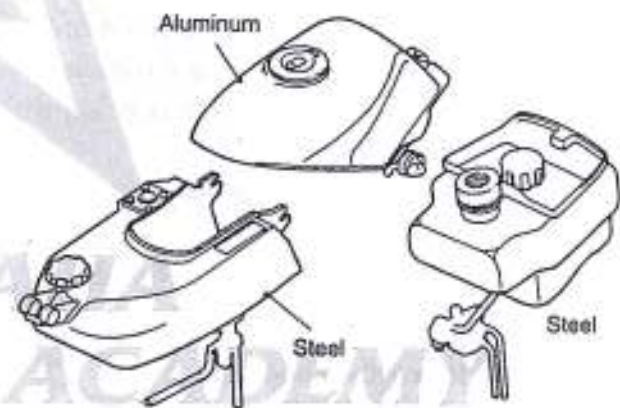
- ฝาถังน้ำมัน
- ระบาย
- ก๊อกน้ำมันเชื้อเพลิง
- จุดยึดกันสั่นสะเทือน



3) ชนิดของถังน้ำมันเชื้อเพลิง

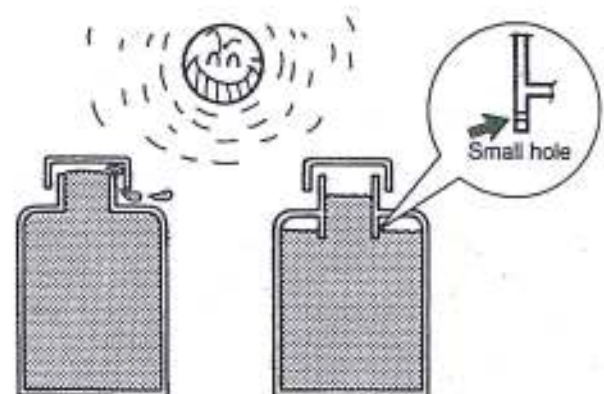
แบ่งชนิดตามโลหะ

- เหล็ก.....รถใช้งานทั่วไป
- อลูมิเนียม.....รถที่ใช้แข่ง



4) หน้าที่ของท่อระบายอากาศ

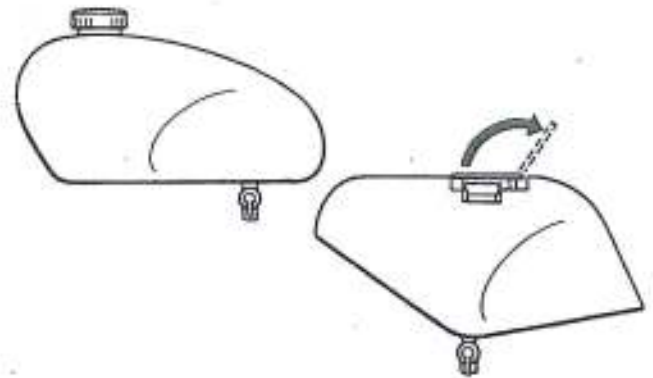
เป็นการป้องกันน้ำมันเชื้อเพลิงล้นเมื่อน้ำมันเต็มถัง (น้ำมันจะขยายตัวเมื่ออุณหภูมิสูง)



11. ฝาถังน้ำมัน

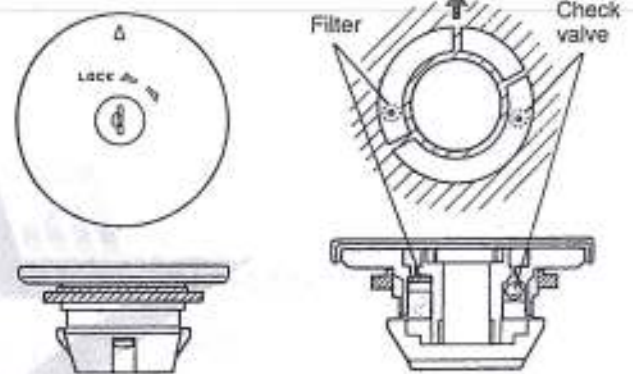
(1) ความจำเป็นของฝาถังน้ำมัน

- ปิดถังเพื่อกันน้ำมันหก
- ป้องกันน้ำมันจากฝุ่นและน้ำ
- ระบายอากาศภายในถังน้ำมัน
- เพื่อป้องกันน้ำมันรั่วเมื่อรถดำ



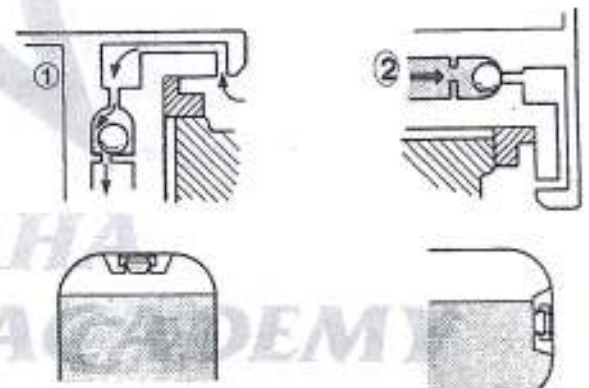
(2) โครงสร้างของฝาถังน้ำมัน

- ที่กรอง
- ลิ้นกั้นกลับ



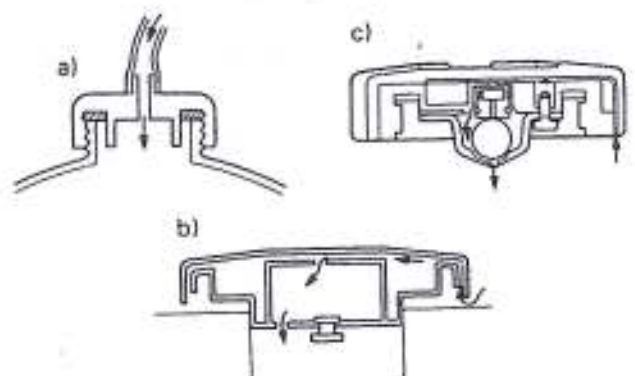
(3) การทำงานของลิ้นระบาย

- 1 เมื่อฝาถังอยู่ในตำแหน่งปกติ :
 - เปิดทางให้อากาศผ่าน ⇒ เป็นทางที่อากาศผ่าน
- 2 เมื่อฝาถังอยู่ด้านข้างหรือคว่ำลง:
 - ปิดทางอากาศผ่าน ⇒ ป้องกันการไหลกลับของน้ำมัน



(4) แบบของฝาถังน้ำมัน

- a) แบบท่อระบาย : ใช้กับรถมอเตอร์ไซด์
- b) แบบธรรมดา : ใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดเล็ก
- c) แบบลิ้นระบาย : ใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่



12. ก๊อกน้ำมัน (Fuel Cock)

ก๊อกน้ำมัน ใช้เปิด-ปิดทางน้ำมัน (Passage) ได้ทั้งน้ำมัน ไม่ได้มีหน้าที่ควบคุมการไหลของน้ำมันจากถังน้ำมัน ไปยังคาร์บูเรเตอร์เท่านั้น แต่ยังช่วยกรอง (Screens) เศษผง (Dust) ด้วย ซึ่งก๊อกน้ำมันมี 2 ชนิด ที่จะอธิบายต่อไปนี้

(1) ก๊อกชนิดมาตรฐาน (Standard type cock)

เป็นชนิดธรรมดา (Manually - operated cock) การเปิด - ปิด (Switching) ก๊อกจะเป็นการเปิด - ปิด การไหลของน้ำมัน ซึ่งภายในก๊อกจะมีทางน้ำมัน 3 ช่อง ในคันเปิด - ปิดก๊อก (Cock lever) จะมี 3 ช่อง เพื่อใช้ต่อกับทางน้ำมันทั้ง 3 ช่อง ในการเปิด - ปิด ที่ภายนอกของคันเปิด - ปิด (Lever) จะมี 3 ตำแหน่ง ได้แก่ ON = เปิด, OFF = ปิด, และ RES = (Reserve) เปิดน้ำมันสำรอง

① ตำแหน่งคันเปิด - ปิด และช่องทางน้ำมัน (Lever position and passage of fuel)

○ ตำแหน่ง (ON position)

ท่อยาว (Long level pipe) เปิด A ทางน้ำมันภายในคันเปิด - ปิด

เปิด B ด้วยกรอง (Filter cup) ท่อกรองน้ำมันคาร์บูเรเตอร์ (เปิดมาตำแหน่งนี้เมื่อขับขี่รถ)

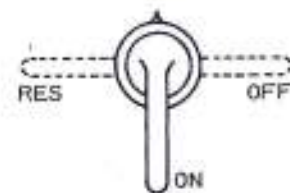
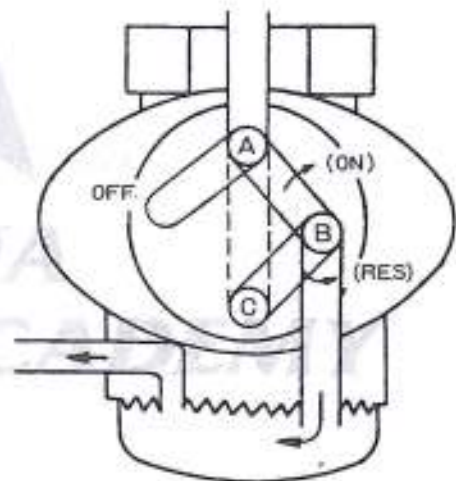
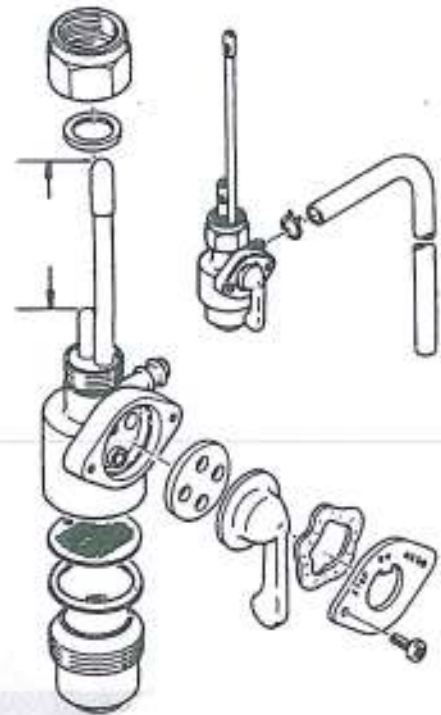
○ ตำแหน่ง RES (RES Position)

ท้อสั้น (Short level pipe) เปิด C ทางน้ำมันภายในคันเปิด - ปิด

เปิด B ด้วยกรอง (Filter cup) ท่อกรองน้ำมันคาร์บูเรเตอร์ (เลือกเปิดมาตำแหน่งนี้เมื่อขับขี่โดยใช้ น้ำมันสำรอง)

○ ตำแหน่ง OFF (OFF Position)

ท้อวัดระดับ เปิด A ทางน้ำมันภายในคันเปิด - ปิด จะปิด จึงไม่เชื่อมต่อไปยัง B (เลือกตำแหน่งนี้เมื่อต้องจอดรถเป็นเวลานานๆ)



(2) ก๊อกชนิดสูญญากาศ (Vacuum type cock)

เป็นก๊อกชนิดอัตโนมัติ จะเปิด หรือปิดอัตโนมัติเมื่อเครื่องยนต์สตาร์ท หรือ ดับเครื่องท่อดูด (Suction) ที่ต่อกับฝาสูบ จะเป็นตัวควบคุมการทำงานของก๊อก ภายในก๊อกจะมี 4 ช่องทางน้ำมัน ส่วนภายในคัน เปิด - ปิด จะมีหนึ่งช่องทาง น้ำมันที่สามารถเชื่อมต่อเพื่อเปิด - ปิด ทางน้ำมัน (Incoming and outgoing passages) ตัวคันเปิด - ปิด (Lever) มี 3 ตำแหน่ง คือ ON, RES, และ PRI (Priming direct = การฉีดน้ำมัน การควบคุม) ก๊อกชนิดนี้มีไดอะแฟรม ซึ่งมีการเคลื่อนไหวกจากการดูด (Suction) ของเครื่องยนต์ เมื่อสตาร์ทเครื่องไดอะแฟรม ตรวจพบการดูด (Suction) จึงเปิดทางน้ำมัน (Fuel passages) เมื่อดับเครื่องจะปิดทางน้ำมัน

① ตำแหน่งของคันเปิด - ปิด และช่องทางน้ำมัน (Lever position and passage of fuel)

○ ตำแหน่ง ON (ON position)

ท่อยาว (Long level pipe) → เปิด A → ทางน้ำมันภายในคันเปิด - ปิด → เปิด B

→ วาล์ว → ถ้วยกรอง (Filter cup) → ตัวกรอง (Filter) → คาร์บูเรเตอร์ (เลือกตำแหน่งนี้ในการขับขี่)

○ ตำแหน่ง RES (RES position)

ท้อสั้น (Short level pipe) → เปิด C → ทางน้ำมันภายในคันเปิด - ปิด → เปิด B → วาล์ว → ถ้วยกรอง (Filter cup)

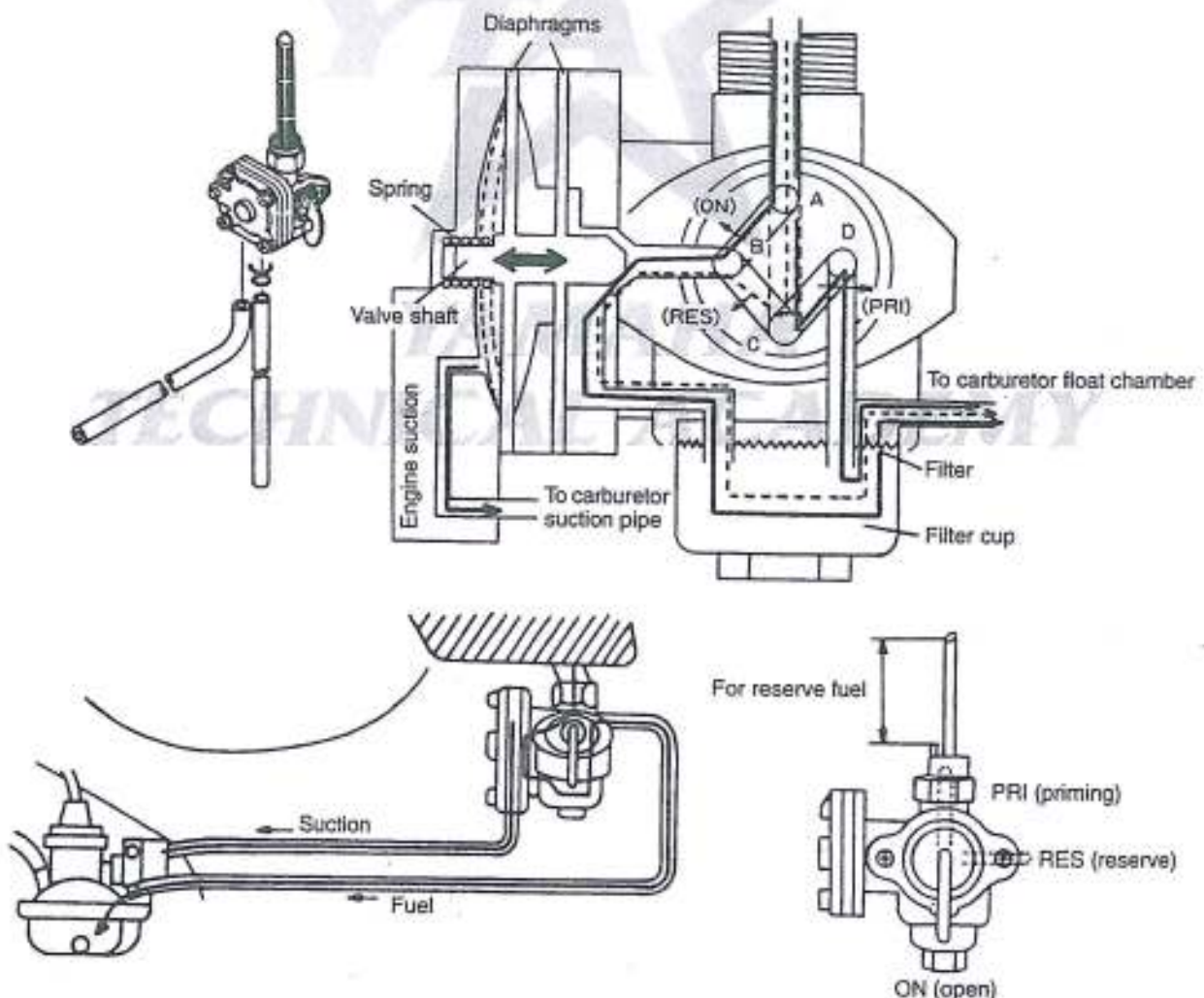
→ ตัวกรอง → คาร์บูเรเตอร์ (เลือกตำแหน่งนี้เมื่อขับขี่โดยใช้น้ำมันสำรอง)

○ ตำแหน่ง PRI (PRI position)

ท้อสั้น (Short level pipe) → เปิด C → ทางน้ำมันภายในคันเปิด - ปิด → เปิด D → ถ้วยกรอง (Filter cup)

→ ตัวกรอง → คาร์บูเรเตอร์

น้ำมันจะไม่ผ่านไดอะแฟรมวาล์ว (Diaphragm valve) แต่จะผ่านไปยังถ้วยกรองโดยตรง(เลือกตำแหน่งนี้ หลังจากเติมน้ำมันลงถังเปล่า (Empty tank) และให้เปิดตำแหน่งมาที่ ON เมื่อสตาร์ทเครื่องติดแล้ว)



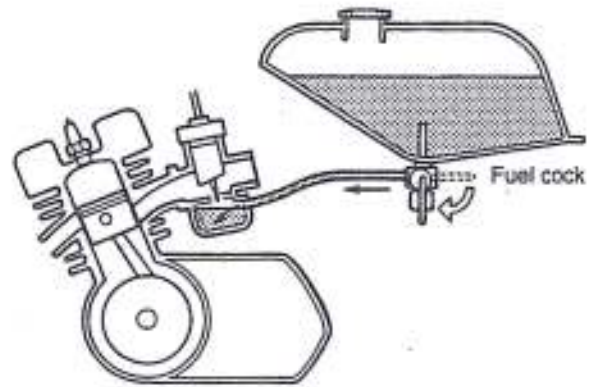
(3) การทำงานของก๊อกน้ำมัน

(Operation of fuel cock)

① ความจำเป็นของก๊อกน้ำมัน

(Necessity for fuel cock)

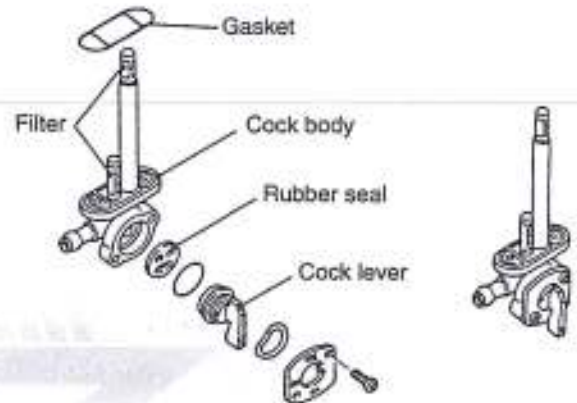
- ON : เปิดให้แก๊สโซลีนไหลไปยังคาร์บูเรเตอร์
- OFF : ปิดไม่ให้แก๊สโซลีนไหลไปยังคาร์บูเรเตอร์
- Filter : กรองวัตถุแปลกปลอมออกจากน้ำมัน



② โครงสร้างของก๊อกน้ำมัน

(Structure of fuel cock)

- คันเปิด - ปิดก๊อก (Cock lever)
- ตัวเรือนก๊อก (Cock body)
- ซีลยาง (Rubber seal)
- ตัวกรอง (Filter)

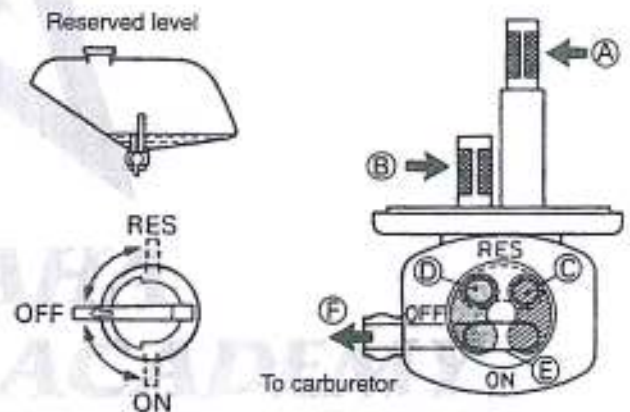


③ การทำงานของก๊อกน้ำมัน

(Operation of fuel cock)

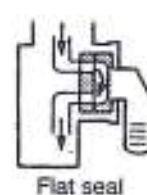
ตำแหน่งของคันเปิด - ปิด / น้ำมันไหล

LEVER	Fuel flow	To
ON	A→C→E→F	Carburetor
RES	B→D→E→F	
OFF	A→C※E→F ↓ B→D※E→F	

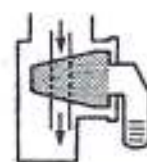


④ ชนิดของก๊อกน้ำมัน (Type of fuel cock)

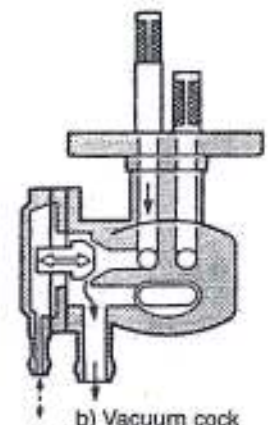
- ชนิดธรรมดา (Manual type)
 - ชนิดซีลแบนเรียบ (Flat seal type)
 - ชนิดซีลรูปกรวย (Con seal (taper) type)
- ก๊อกชนิดสุญญากาศ (Vacuum fuel cock type)



Flat seal



a) Coned seal

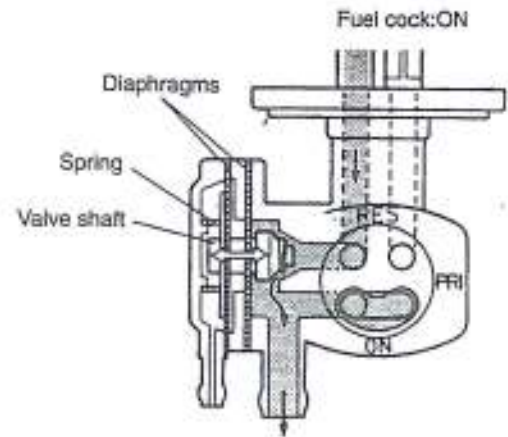


b) Vacuum cock

(4) การทำงานของก๊อกลดสูญญากาศ
(Operation of vacuum fuel cock)

① โครงสร้างของก๊อกลดสูญญากาศ
(Structure of vacuum fuel cock)

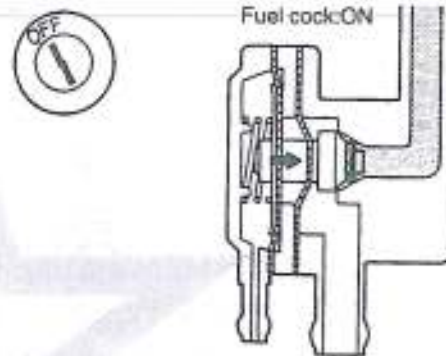
- รูป - ไดอะแฟรม (Diaphragm)
- สปริง
- เพลาลิ้น (Valve shaft)



② การทำงาน (Operation)

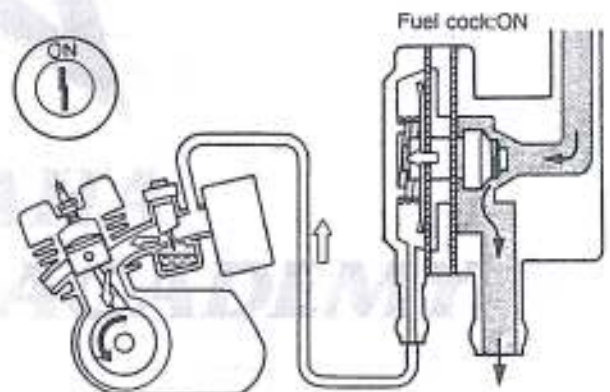
○ ดับเครื่อง (E/G OFF)

วาล์วจะถูกดันให้ยันกับบ่าวาล์ว(Seat) ด้วยแรงสปริง ทำให้วาล์วปิด



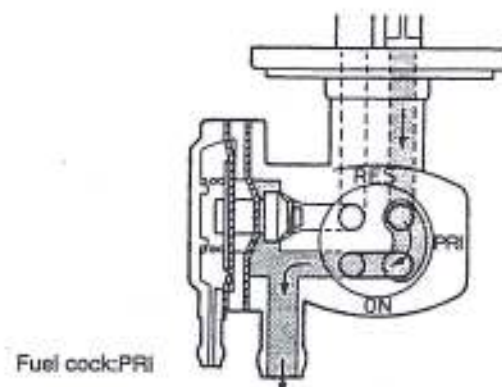
○ เครื่องยนต์ติดหรือเครื่องยนต์ทำงาน
(E/G ON)

แรงดันสูญญากาศจะมากกว่าแรงสปริง วาล์วจึงถูกเปิด



○ ตำแหน่ง PRI (PRI)

น้ำมันจะไหลจากน้ำมันโดยตรง โดยไม่ผ่านก๊อกลดสูญญากาศ



13. เชื้อเพลิง (Fuel)

เครื่องยนต์สันดาปภายใน เป็นเครื่องยนต์ที่ใช้ความร้อนในการทำงาน น้ำมันเชื้อเพลิงจะต้องให้พลังงานความร้อนสูง แต่ต้องมีปริมาณแก๊สพิษต่ำ น้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้กับรถจักรยานยนต์จะต้องมีราคาถูก และประหยัดค่าใช้จ่าย

(1) แก๊สโซลีน (Gasoline)

แก๊สโซลีนประกอบด้วยสารไฮโดรคาร์บอน (Hydrocarbon) เหลวที่ระเหยเป็นไอและติดไฟได้ง่าย โดยทั่วไปจะมี ถ.พ. ประมาณ 0.72-0.77, ค่าความร้อนจำเพาะต่ำสุดประมาณ 10,400-11,000 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม มีค่าออกเทนนิ่มเบอร์ (Octane number) 85-100 และมีอุณหภูมิจุดระเบิด (Ignition point) ประมาณ 500 °C และจุดวาบไฟ (Flasher point) ไม่ต่ำกว่า -25 °C

1. ออกเทน เรตติ้ง (Octane ratings)

หรือออกเทนนิ่มเบอร์ (Oc-tane numbers)

เป็นตัวเลขที่ใช้แสดงค่าในการต้านทาน

การน็อคถ้าค่าออกเทนสูง จะสามารถต้านทาน

น็อคแบบชิงจุด (Pre ignition หรือ Spark knock)

และการจุดระเบิดช้อน (Detonation) ได้ดี

ข้อมูล	น้ำมันผสมสารตะกั่ว	น้ำมันที่ไม่ผสมสารตะกั่ว
Octane rating จากห้องทดลอง	95 หรือ มากกว่า, 97-98	85 หรือมากกว่า, 86-91
ปริมาณตะกั่วในน้ำมัน มีผลต่อมลพิษ	0.16	0.001 หรือต่ำกว่า

2. จุดวาบไฟ (Flash point)

จุดวาบไฟ คือ อุณหภูมิต่ำสุดที่ไอของน้ำมันพร้อมที่จะติดไฟ เมื่อได้รับเปลวไฟเพียงเล็กน้อยก็ตาม ดังนั้นน้ำมันที่จุดวาบไฟต่ำ จะต้องใช้ความระมัดระวังในการใช้งานให้มาก

3 สารที่เติมในน้ำมันแก๊สโซลีน (Gasoline Additive)

มีสารหลายชนิดที่เติมในแก๊สโซลีน เพื่อปรับปรุงคุณภาพของแก๊สโซลีนโดยเพิ่มระดับเลขออกเทน เพื่อป้องกันการจุดระเบิดก่อนตำแหน่งที่จะจุดระเบิดปกติสารที่เพิ่มในแก๊สโซลีน เช่น ตะกั่ว (tetraethyl lead) เป็นต้นซึ่งนิยมใช้อย่างแพร่หลาย ปัจจุบันนี้ได้ลดการใช้ น้ำมันผสมสารตะกั่วเพราะเป็นสารที่ก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศจึงทำให้หันมาใช้แก๊สโซลีนที่ไม่ผสมสารตะกั่ว

4 ข้อปฏิบัติในการใช้แก๊สโซลีน

- ไม่เปิดฝาภาชนะบรรจุแก๊สโซลีน โดยที่ไม่มีคนดูแล
- เก็บแก๊สโซลีนห่างจากเปลวไฟ
- จัดเก็บแก๊สโซลีนในสถานที่อากาศถ่ายเทสะดวก
- เตรียมอุปกรณ์ดับเพลิงให้พร้อมใช้งาน
- ไม่สัมผัสแก๊สโซลีนด้วยมือเปล่าเพราะสารตะกั่วในแก๊สโซลีนเป็นพิษ

5. วิธีการผลิตแก๊สโซลีน (Gasoline Production Method)

วิธีผลิตแก๊สโซลีนรวมถึงวิธีการกลั่นและวิธีการแยกธาตุ วิธีการกลั่นหมายถึงการกลั่นน้ำมันแก๊สโซลีนจากน้ำมันดิบ (crude oil) วิธีการแยกธาตุ (สาร) หมายถึงการแยกน้ำมันหนัก (Heavy oil) เช่น แก๊สโซลีนออยล์ และน้ำมันเชื้อเพลิงหนักออกจากกันโดยวิธีทางความร้อน (Thermal cracking) หรือใช้สารเร่งปฏิกิริยา (Catalytic cracking) เพื่อเปลี่ยนรูป (Transform) ของน้ำมันไปเป็นสารที่มีจุดเดือดต่ำ (Low boiling point) ซึ่งเมื่อนำสารที่ได้ไปกลั่นอีกครั้ง จะได้แก๊สโซลีน ในกรณีนี้ ผลจากกระบวนการเปลี่ยนรูป (Former process) ด้วยการกลั่นโดยตรงก็คือน้ำมันแก๊สโซลีน และกระบวนการต่อจากกลั่นก็จะแยกแก๊สโซลีนออกมา ด้วยเช่นกัน ในที่นี้มีแก๊สโซลีนธรรมชาติ ที่แยกตัวออกมาพร้อมกับแก๊สธรรมชาติ (Natural gas) และยังปรับปรุงแก๊สโซลีนให้มีคุณสมบัติดีขึ้นด้วยกรรมวิธีทางปิโตรเลียม ทำปฏิกิริยาซึ่งแก๊สโซลีนที่ขายทั่วไปได้จากการแยกแก๊สโซลีน หรือปรับปรุงแก๊สโซลีน (Reformed gasoline) ให้ผสมกันอย่างเหมาะสมกับแก๊สโซลีนที่ได้จากการกลั่นหรือแก๊สโซลีนธรรมชาติ

(2) ไลต์ออยล์ (ดีเซล) Light Oil (Diesel)

แก๊สออยล์ได้จากการกลั่นน้ำมันปิโตรเลียมหลังจากที่แยกน้ำมันแก๊สโซลีนและน้ำมันก๊าดแล้ว โดยมี
 ถ.พ. ประมาณ 0.84-0.90, จุดเดือดประมาณ 200-250 °C, ค่าความร้อนจำเพาะต่ำสุด 9,000-10,300 กิโลแคล
 ลอรี/กิโลกรัม จุดวาบไฟไม่ต่ำกว่า 50 °C มีสีเหลืองอ่อนหรือน้ำตาลอ่อน แก๊สออยล์มีคุณสมบัติในการจุดระเบิด
 ได้ดีกว่าน้ำมันแก๊สโซลีน แก๊สออยล์นี้ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลที่มีความเร็วรอบสูง

ข้อมูล	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4
จุดหลอมเหลว °ซ	-5 °C หรือ น้อยกว่า	-10 °C หรือ น้อยกว่า	-20 °C หรือ น้อยกว่า	-30 °C หรือ น้อยกว่า
ซีเทนัมเบอร์, ซีเทนอินเด็ก	50 หรือ มากกว่า	45 หรือ มากกว่า	40 หรือ มากกว่า	42 หรือ มากกว่า

① ซีเทนัมเบอร์และซีเทนอินเด็ก (Cetane number and cetane index)

ทั้งซีเทนัมเบอร์และซีเทนอินเด็กเป็นตัวเลขที่แสดงคุณสมบัติในการจุดระเบิดของน้ำมันเชื้อเพลิงตัวเลข
 ยิ่งสูงยิ่งมีคุณสมบัติจุดระเบิดดี

② คุณสมบัติในการจุดระเบิด (Ignition point)

คุณสมบัติในการจุดระเบิด คือ อุณหภูมิต่ำที่สุดที่น้ำมันสามารถจะจุดระเบิดตัวมันเองได้

(3) แอล พี แก๊ส (LP Gas)

Liquefied petroleum gas ได้มาจากแก๊สธรรมชาติหรือจากขบวนการกลั่นน้ำมันดิบเป็นสารไฮโดรคาร์บอน
 ที่ต้องเก็บไว้ภายใต้ความดัน มีคุณสมบัติเฉพาะ คือ มีความถ่วงจำเพาะขณะเป็นของเหลว 0.51-0.58, ความ
 ถ่วงจำเพาะขณะเป็นแก๊ส 1.45-2.07, ค่าความร้อนจำเพาะต่ำสุดประมาณ 10,920-11,080 กิโลแคลอรี
 /กิโลกรัม, ค่าฮอกเทน 94-100, อุณหภูมิจุดระเบิดประมาณ 440-540° ซ จุดเดือดประมาณ (-42) - (-0.5) °C

ข้อมูล	เบอร์ 1	เบอร์ 2	เบอร์ 3	เบอร์ 4	เบอร์ R	เบอร์ C
ความดันไอ	15.8 หรือ น้อยกว่า	15.8 หรือ น้อยกว่า	12.7 หรือ น้อยกว่า	5.3 หรือน้อย- กว่า	15.6 หรือ น้อยกว่า	15.6 หรือ น้อยกว่า
หน้าที่หลัก	ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องยนต์หรืออื่นๆ		ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม เครื่องยนต์ธุรกิจและอื่นๆ		ใช้ในครัว- เรือน (ทั่วไป)	ใช้ในครัวเรือน (เตาผิงในหน้าหนาว หรืออากาศเย็น)

[9] ระบบไอเสีย (Exhaust system)

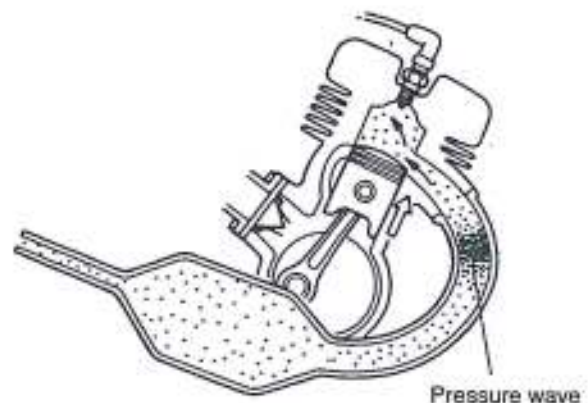
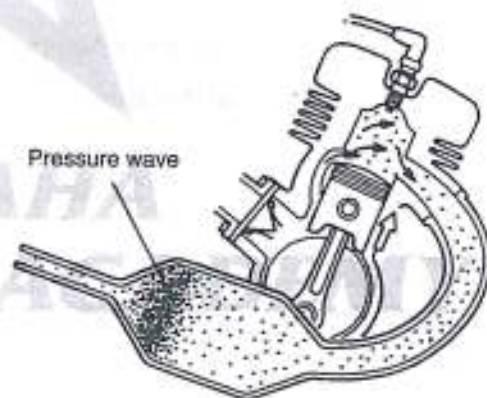
เมื่อไอเสียถูกปล่อยออก ไอเสียยังคงมีพลังงานสูง ถ้าไม่มีท่อไอเสีย ไอเสียที่มีอุณหภูมิสูงจะปล่อยเสียงระเบิดออกมา (Explosive sounds) หน้าที่ของท่อไอเสียคือ ดูดซับพลังงาน จากแก๊สไอเสียเพื่อลดแรงดันของไอเสีย อุณหภูมิและเสียง ซึ่งทำให้ไอเสียมีแรงดันใกล้เคียงกับแรงดันที่ทางออก (Outlet) ของไอเสีย, ปรับปรุงไอเสีย และดันไอเสียบางส่วนเข้าไปผสมกับไอดีในห้องเผาไหม้ (ในลูกสูบ) ซึ่งเป็นสาเหตุของการเกิด "การสั่นสะเทือน" (Pulsation effect) ในท่อไอเสีย ซึ่งทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการชาร์จ (Charging efficiency) ปรากฏการณ์สั่นในท่อไอเสีย (Pulsating effect) จะเกิดเป็นระลอก (Ripples) เหมือนการขยับก้อนหินลงน้ำ จะทำให้เกิดคลื่นเป็นวงขยายออกไป ปรากฏการณ์สั่นเป็นจังหวะนี้ก็มีประโยชน์ในการออกแบบท่อขยาย (Expansion pipe) (ความยาว, ความกว้าง) และท่อส่วนท้าย (Tail pipe) ท่อขยาย (Expansion pipe) ที่เกิดในช่วงความเร็วหนึ่ง จะได้ผลตรงกันข้ามเมื่อทำงานนอกช่วงความเร็วนั้นๆ กล่าวคือ การลดเสียง (Noise elimination) จากท่อไอเสียและข้อมูลจำเพาะของสิ่งที่เกิดขึ้น (Production Specifications) จะถูกกำหนด (Decided) หลังจากการ

ทดสอบจากต้นแบบ (Prototype) อีกครั้ง เพื่อให้แน่ใจว่าปรากฏการณ์สั่นสะเทือนจะทำให้สมรรถนะ ดีกว่าการกำหนดช่วงความเร็วให้กว้าง (Wide a range of speed) ให้เหมาะสมกับคุณลักษณะของเครื่องยนต์

1. การสั่นสะเทือน (Exhaust pulsation)

เมื่อช่องไอเสียเปิด ไอเสียที่พุ่งออกจะทำให้เกิดคลื่นแรงดัน (Pressure waves)

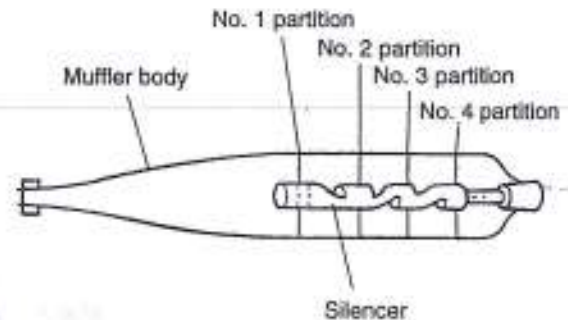
ช่องระบายอากาศ (Transfer port) เปิด และดูดไอดีเข้ามาในกระบอกสูบ ขับไล่ไอเสียที่ยังเหลืออยู่ออกไปจากกระบอกสูบ แต่บางส่วนของไอดีก็ไหลออกไปกับไอเสียเข้าท่อไอเสีย ก่อนที่ช่องไอเสียจะปิด ไอดีที่ยังเหลืออยู่ในท่อไอเสียจะถูกผลักดันเข้าไป ในลูกสูบอีก โดยคลื่นแรงดัน (Pressure waves) ที่เกิดจากส่วนท้ายของท่อไอเสีย



2. วิธีการลดเสียงดัง

(Noise reduction methods)

- (1) ตัดเสียง ลดเสียง/กำจัดเสียง ด้วยการรบกวนคลื่นเสียง (Eliminate noise by interfering with sound waves) เสียงจะถูกรบกวนด้วยการแยก (Splitting) เป็นส่วนๆ แล้วรวมเข้าด้วยกัน (gathering) ที่ปลายท่อ (เมื่อคลื่นเสียงที่มีความหนาแน่นมากมารวมกันจะเกิดการหักล้างซึ่งกันและกัน) แรงต้านการไหลต่ำ โครงสร้างแบบนี้จะใช้ในรถมอเตอร์ไซด์ทั่วไป
- (2) ดูดซับเสียงจะถูกวางตลอดในช่องไอเสีย เพื่อดูดซับเสียงที่มีความถี่สูง สารดูดซับเสียง ได้แก่ ผ้าสักหลาด (Felt) โยหิน (Asbestos) โยแก้ว (Glass wool) โยอลูมิเนียม (Aluminum wool) เป็นต้น ถึงแม้สารเหล่านี้จะดูดซับเสียงที่มีความถี่สูง ได้ดี แต่ก็ไร้ประสิทธิภาพในการดูดซับเสียงที่มีความถี่ต่ำ



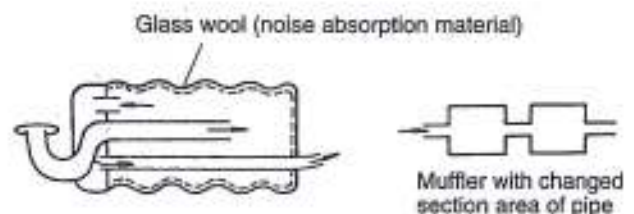
ศัพท์จากรูป

- Noise absorbtion material = สารดูดซับเสียง
- Muffler using noise absorbtion material = ท่อไอเสียที่ใช้สารดูดซับเสียง



Noise absorbtion material
Muffler using noise absorbtion material

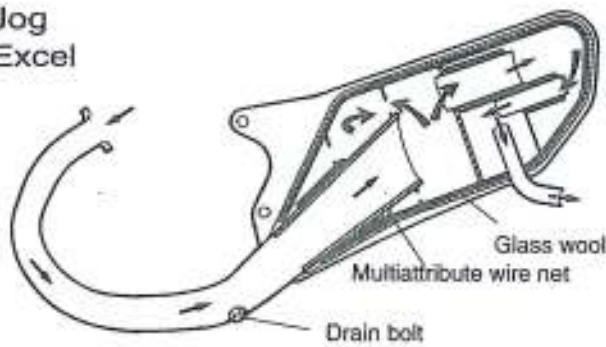
- (3) กำจัดเสียงด้วยวิธีการเปลี่ยนพื้นที่หน้าตัดของท่อ (Eliminate noise by changing the section area of pipe) เสียงจะถูกจำกัดโดยการเพิ่มพื้นที่หน้าตัดทันทีทันใด โดยท่อจะต้องมีความยาวที่แน่นอนแรงต้านทานของทางผ่าน (Passage resistance) จะน้อยและดูดซับ (Damped) เสียงได้ในช่วงคลื่นที่กว้าง แต่ต้องมีขนาดความจุใหญ่ (Large capacity) จึงใช้กับยานพาหนะ 4 ล้อ มากกว่ารถมอเตอร์ไซด์ มักจะใช้ชนิดที่มีหลายๆ ตอน (Multi-stage type) ซึ่งมี 2 ถึง 3 ห้องขยาย (Expansion chamber) เพราะมีขนาดความจุมากในแต่ละห้องขยาย



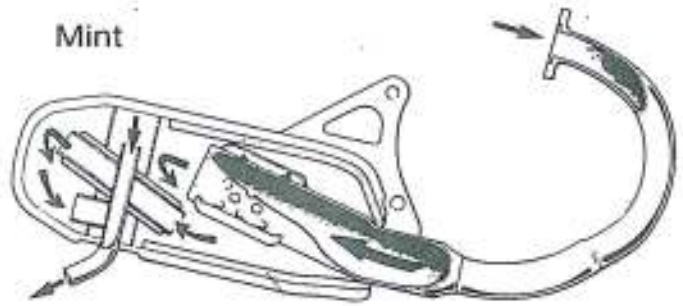
ศัพท์จากรูป

- Glass wool (noise absorbtion material)
= โยแก้ว (สารดูดซับเสียง)
- Muffler with change section area of pipe
= ท่อไอเสียที่มีการเปลี่ยนแปลงหน้าตัดของท่อ

Jog
Excel

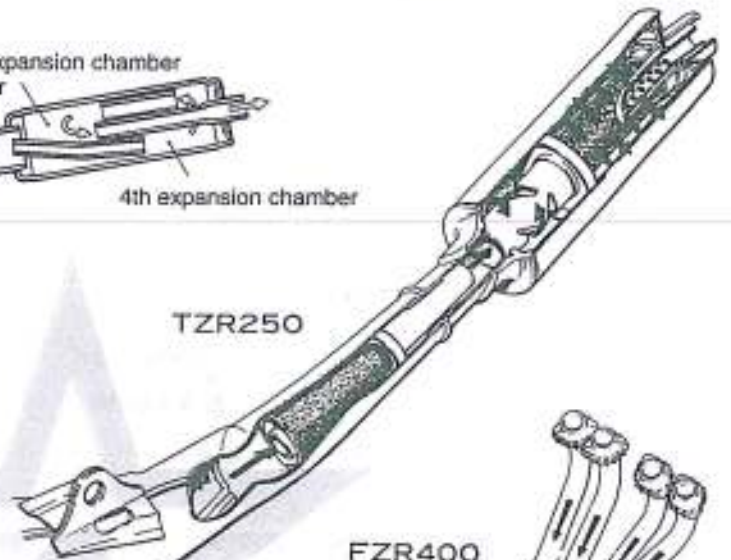


Mint

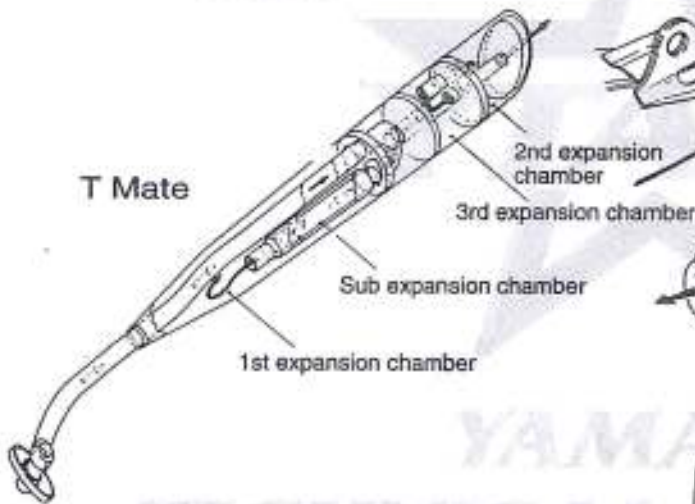


YSR50

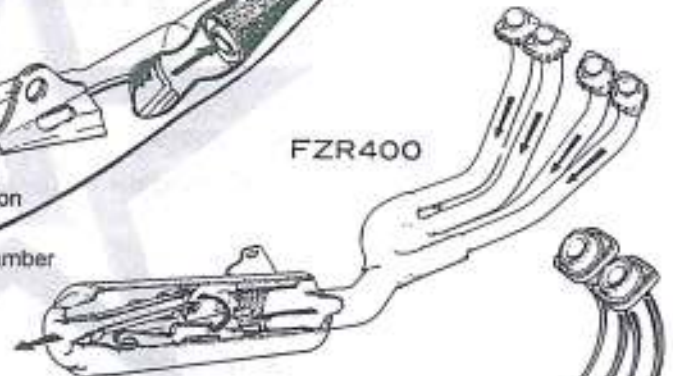
TZR250



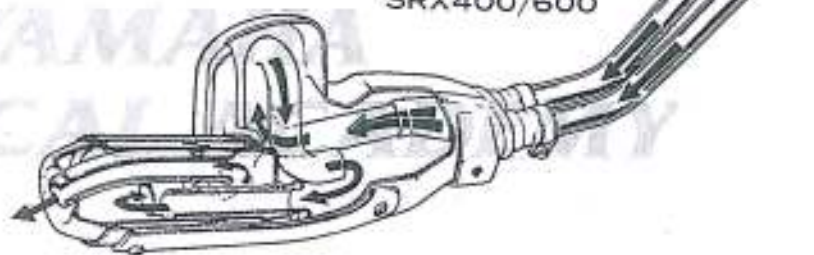
T Mate



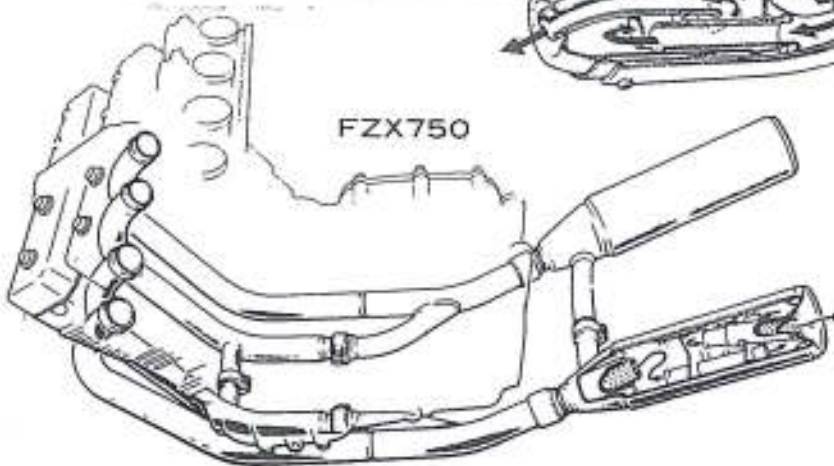
FZR400



SRX400/600



FZX750



คำศัพท์จากรูป

Glass wool = โยแก้ว

Multiattribute wire net =

ตาข่ายลวดที่มีหลายๆลักษณะ

Drain bolt = โบลท์ถ่าย (ของเสียทิ้ง)

1 st expansion chamber = ห้องขยายห้องที่ 1

2 nd expansion chamber = ห้องขยายห้องที่ 2

3 rd expansion chamber = ห้องขยายห้องที่ 3

4 th expansion chamber = ห้องขยายห้องที่ 4

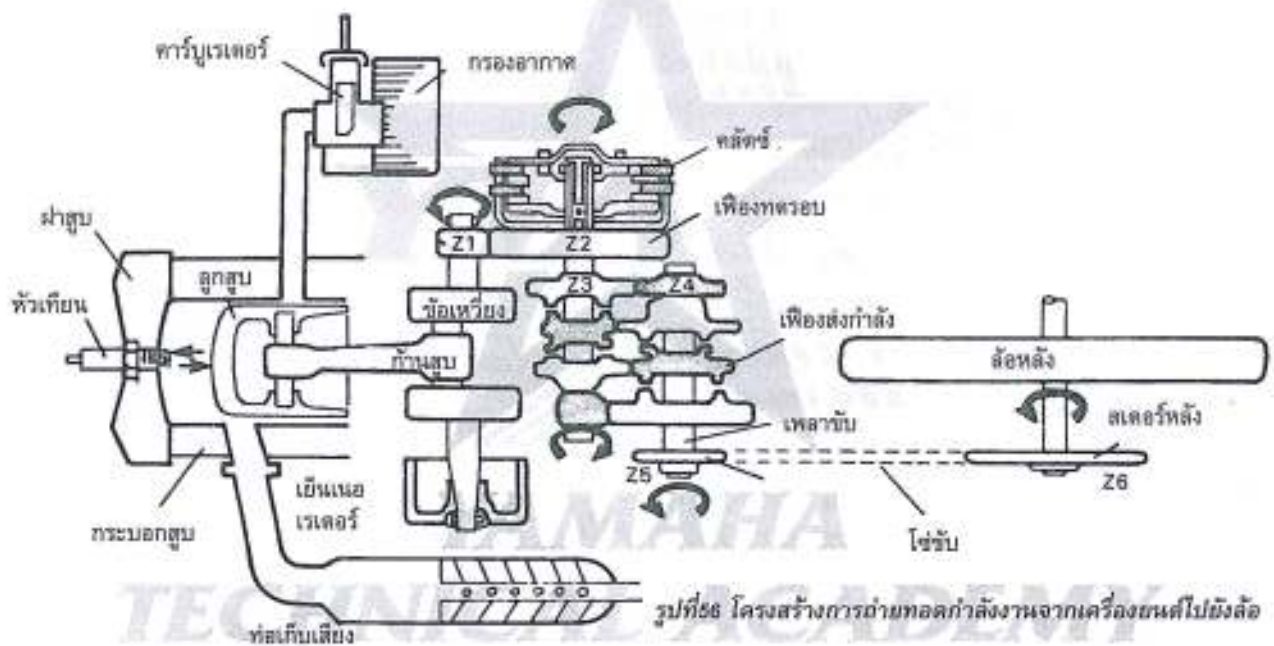
5 th expansion chamber = ห้องขยายห้องที่ 5

10. การส่งกำลัง (Power Transmission)

หลักการทำงานของเครื่องยนต์และการส่งกำลัง

เมื่อตีคันสตาร์ทหรือใช้สตาร์ทไฟฟ้าเพลลาข้อเหวี่ยงจะหมุน ทำให้ลูกสูบเกิดการเคลื่อนที่ลง ขณะลูกสูบเคลื่อนลงจะเกิดสุญญากาศในกระบอกสูบหรือในห้องแครงดูดส่วนผสมไอติดจากคาร์บูเรเตอร์เข้ามา ขณะที่ลูกสูบเคลื่อนขึ้นส่วนผสมไอติดจะถูกอัด ต่อจากนั้นหัวเทียนจะจุดประกายไฟ ไอติดจะเผาไหม้อย่างรวดเร็ว แก๊สไอเสียที่ถูกเผาไหม้ จะเกิดการขยายตัวผลักดันลูกสูบเลื่อนลง กำลังงานจะวิ่งผ่านก้านสูบไปหมุนเพลลาข้อเหวี่ยง เมื่อเพลลาข้อเหวี่ยงหมุนไป แล้วก็จะดันลูกสูบให้เคลื่อนขึ้นอีกและเกิดการทํางานตามวัฏจักรเก่าอีก ลูกสูบจะเคลื่อนขึ้นลงให้กำลังอย่างสม่ำเสมอ(แรงบิดที่เพลลาข้อเหวี่ยง) ส่งผ่านเพลลาข้อเหวี่ยงออกไปยังล้อหลังโดยผ่านทางชุดเฟืองทดรอบแรก, คลัทช์, เกียร์, เฟืองโซ่ตัวหน้า และเฟืองโซ่ตัวหลัง

เฟืองทดกำลังจะลดความเร็วรอบจากเครื่องยนต์ ลง แต่แรงบิดจะสูงขึ้น คลัทช์จะเป็นตัวตัดต่อกำลังของเครื่องยนต์ แล้วส่งให้ชุดเกียร์ ซึ่งจะเปลี่ยนความเร็วรอบและเพิ่มแรงบิดของเครื่องยนต์ได้



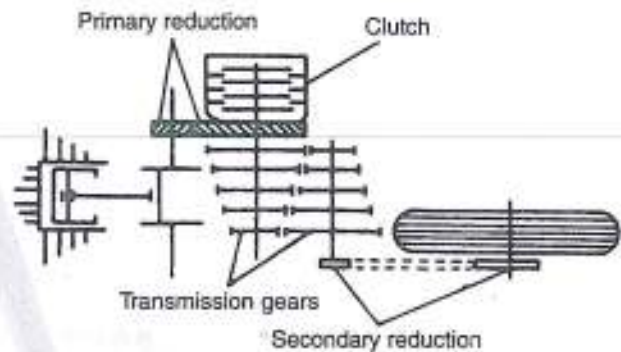
อัตราทดรวม = อัตราทดรวมชุดเฟืองทดรอบชุดหน้า x อัตราทดชุดเฟืองทดกำลัง x อัตราทดชุดเฟืองทดรอบชุดหลัง

$$= \frac{Z_2}{Z_1} \times \frac{Z_4}{Z_3} \times \frac{Z_6}{Z_5}$$

1. คลัทช์ (Clutch)

คลัทช์จะอยู่ระหว่างเครื่องยนต์และชุดเฟือง (Transmission) ทำหน้าที่ตัด - ต่อ การส่งกำลังระหว่างเครื่องยนต์และชุดเฟือง (Transmission) เมื่อสตาร์ทหรือหยุดเครื่องยนต์หรือเมื่อเปลี่ยนเกียร์ ชุดคลัทช์จะรวมกับเกียร์ลดการทดขึ้นแรก (Primary reduction gear)

- * เหตุผลที่กำลังจากเครื่องยนต์ต้องถูกตัดต่อ (ขัดขวาง) (Interrupt) ทอร์คของเครื่องยนต์จะต่ำที่ความเร็วต่ำ ดังนั้นจึงทำให้ล้อหลังไม่สามารถขับเคลื่อนได้
- * เป็นไปไม่ได้ที่จะสตาร์ทโดยต่อกำลังเครื่องยนต์โดยมีล้อหลังต่อกับเครื่องยนต์โดยตรง การสตาร์ทโดยต่อกำลังเครื่องยนต์กับล้อหลังโดยตรง จะทำให้เครื่องยนต์หรือโช๊ค กระโดดไปข้างหน้า ซึ่งอันตราย
- * ดังนั้นจึงจำเป็นต้องตัดการเชื่อมต่อกำลัง (disengage) ที่คลัทช์ จนกว่าความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นถึงระดับแน่นอน (Certain level) นั่นคือต้องสตาร์ทเครื่องโดยไม่ต่อกำลังกับล้อหลัง และหลังจากทอร์คของเครื่องยนต์เกิดขึ้นพร้อมเชื่อมต่อกับล้อหลัง คลัทช์จะค่อยๆเชื่อมต่อกำลัง ทำให้เครื่องยนต์หรือโช๊ค สตาร์ทได้อย่างนุ่มนวล (ราบเรียบ) (Smooth) ระหว่างการทำงาน เป็นสิ่งจำเป็นจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงความเร็วเครื่องยนต์ และ ทอร์ค โดยการเปลี่ยนเกียร์ตามสภาพถนน การเปลี่ยนเกียร์ต้องตัดการเชื่อมต่อ (Disengage) กำลังหรือถ้าไม่ตัดการเชื่อมต่อกำลัง จะทำให้เกียร์เสียหายจากการกระแทก (Impact)



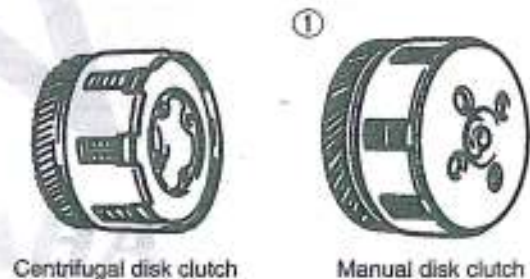
2. ชนิดของคลัทช์ (Type of clutches)

คลัทช์มีชนิดต่างๆ ดังนี้

(1) จำแนกตามลักษณะโครงสร้าง (Classification by construction (Transmission system))

① คลัทช์ชนิดแผ่น (Disc type clutch)

แรงเสียดทานในการหมุน (Rotating friction) แผ่นเรียบ (แผ่นคลัทช์) ที่จัดเรียงสลับกันการทำต่อคลัทช์, แผ่นเรียบ (Plates) ของทั้งข้างที่ขับและข้างที่ถูกขับถูกดันเข้าด้วยกัน โดยแรงสปริง (แบบธรรมดา) หรือโดยแรงเหวี่ยง (Centrifugal force)



② คลัทช์แรงเหวี่ยงศูนย์แบบฝัก

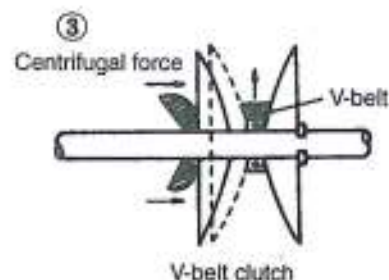
(Centrifugal shoe clutch)

แผ่นคลัทช์ (Shoe) ที่ถูกเหวี่ยงด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal force) จะทำให้ประกบ (Contact) กับเสื้อคลัทช์ (Drum, housing)



③ คลัทช์แบบสายพานรูปตัว V (V - belt clutch)

ระบบคลัทช์แบบสายพานรูปตัว V ประกอบด้วยสายพานตัว V และพูลเลย์ ซึ่งเป็นตัวเคลื่อนที่ด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ (Centrifugal force) ซึ่งสายพานถูกแรงกระทำให้เคลื่อนออก (Out ward) ดังนั้นการติดต่อกำลังจึงเป็นไปโดยอัตโนมัติ (Automatically coupling) คลัทช์ชนิดนี้มักจะใช้กับรถขับเคลื่อนหิมะ (Snowmobile)



(2) จำแนกโดยระบบการทำงาน (Classification by operating system)**① คลัทช์ธรรมดา (Manual clutch)**

คลัทช์ธรรมดาจะทำงานโดยผู้ขับขี่ กำคลัทช์ (Clutch lever) เพื่อตัดการส่งกำลังหรือปล่อยเพื่อให้ต่อกำลัง และคลัทช์ชนิดนี้ถูกประยุกต์ ใช้กับรถมอเตอร์ไซด์เกือบทุกชนิด

② คลัทช์ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (คลัทช์อัตโนมัติ) (Centrifugal clutch, Automatic clutch)

คลัทช์ตัดต่อกำลังโดยอาศัยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) ซึ่งเกิดจากการหมุนของเครื่องยนต์ เมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วต่ำ คลัทช์จะตัดการส่งกำลัง (Disengaged) และเครื่องยนต์มีความเร็วสูงจะต่อกำลังโดยอัตโนมัติ ซึ่งมีทั้งชนิดจาน (Disc) และชนิดแบบฝัก (Shoe) โดยมักจะใช้กับรถสกู๊ตเตอร์และรถครอบครัว

(3) จำแนกตามสิ่งแวดล้อมคลัทช์ (Classification by clutch environment)**① คลัทช์เปียก (Wet clutch)**

คลัทช์จะติดตั้งในฝาครอบเครื่องยนต์ (Case cover) คลัทช์จะเปียกชุ่ม (Soaked) ด้วยน้ำมัน ซึ่งการทำงานของคลัทช์จะนุ่มนวลมาก (Very smooth) และชนิดจาน (Disc) และแบบฝัก (Shoe) เกือบทั้งหมดจะเป็นแบบเปียก

② คลัทช์แห้ง (Dry clutch)

คลัทช์จะติดตั้งนอกฝาครอบเครื่องยนต์ (Case cover) และสัมผัส (Expose) กับอากาศตลอดเวลา ทำให้การระบายความร้อนดี ระบบแห้งมีลักษณะเด่นที่ใช้กันมากในรถแข่ง

(4) คลัทช์ชนิดจาน (Type of disc clutch)**① คลัทช์ชนิดจานเดี่ยว (Single disc type)**

ใช้แผ่นจาน (Disc) เพียงแผ่นเดียว ดังนั้นถ้าพื้นผิวแรงเสียดทานมีน้อยจำเป็นต้องเพิ่มขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางให้ใหญ่ขึ้น

② คลัทช์แบบจานหลายๆ แผ่น (Multi - disc type)

แผ่นจาน (แผ่นคลัทช์) จะวางซ้อนกันทำให้มีพื้นผิวแรงเสียดทาน (Area of friction) มีขนาดใหญ่ ทำให้การตัดต่อกำลังเป็นไปอย่างราบเรียบ (Smooth) ซึ่งต้องออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้ในเครื่องยนต์รถมอเตอร์ไซด์ ซึ่งกับคลัทช์แบบธรรมดา และแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางจะเป็นชนิดนี้

(5) จำแนกตามตำแหน่งของคลัทช์ (Classification by clutch position)**① ชนิดต่อโดยตรง (Direct connection type)**

คลัทช์นี้จะติดตั้งบนเพลาคือเหวี่ยงโดยตรง ดังนั้น ความเร็วของคลัทช์จึงเท่ากับความเร็วของเครื่องยนต์ จึงต้องการความทนทานและความแม่นยำในการทำงาน

② ชนิดต่อผ่านเฟืองทด (Reduction type)

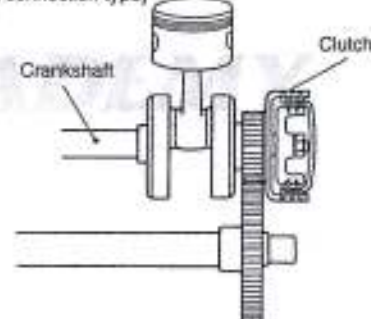
ชุดคลัทช์จะติดตั้งบนเพลาลูก (เพลาลูกเกียร์) ดังนั้นคลัทช์จึงมีความเร็วต่ำกว่าเครื่องยนต์ทำให้อายุการใช้งานยาวนานขึ้น แต่เนื่องจากทอร์คจากเครื่องยนต์ที่จะส่งผ่านมี จึงต้องมีพื้นผิวแรงเสียดทาน (พื้นผิวความผิด) (Area of friction) มากด้วย

*ดังที่อธิบายแล้ว คลัทช์จึงมีหลายชนิด แต่ชนิดที่ใช้กันอย่างแพร่หลายคือ

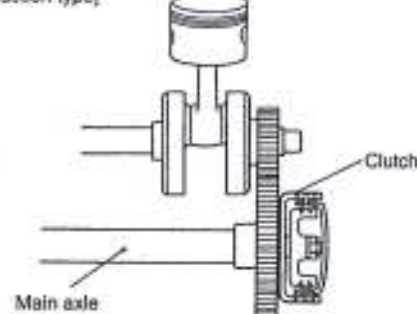
- ชนิดธรรมดา : เป็นชนิดที่ผ่านเฟืองทดแบบเปียก มีแผ่นคลัทช์หลายแผ่น (Multi - disc) และใช้กับรถมอเตอร์ไซด์เกือบทุกชนิด

- ชนิดแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง : เป็นคลัทช์แบบหลายแผ่น (Multi disc) แบบฝักเปียก (Wet shoe) และแบบแห้ง (Dry shoe) และแบบแห้ง (Dry shoe) ซึ่งสามารถใช้กับคลัทช์แบบต่อตรงกับเพลาคือเหวี่ยงและแบบต่อผ่านเฟืองทด ชนิดจาน (Disc type) จะใช้มากกับรถครอบครัว (Mopeds) และรถขี่เล่น (Leisure motorcycle) และชนิดฝัก (Shoe type) จะใช้กับรถสกู๊ตเตอร์และรถครอบครัว

[Direct connection type]



[Reduction type]



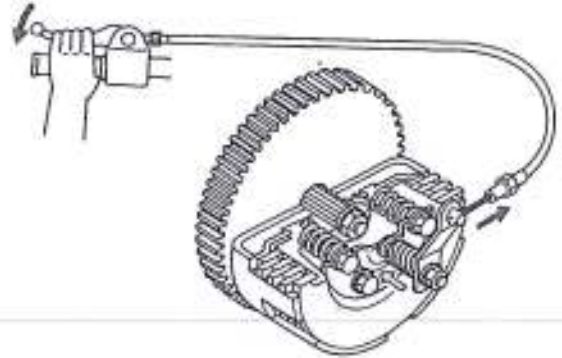
3. โครงสร้างของคลัทช์และการทำงาน (Clutch construction and operation)

(1) ชนิดธรรมดา ชนิดเปียกแบบหลาย ๆ แผ่นคลัทช์ (Manual type Wet - multi - disc type)

แผ่นคลัทช์และผ้าคลัทช์ (Clutch plates and friction plates) จะถูกดันเข้าหากันอย่างคงที่สม่ำเสมอด้วยแรงดันสปริง เพื่อให้ส่งผ่านกำลังจากเครื่องยนต์ได้ การต้องการส่งกำลัง (Disengaged) โดยการปล่อยสปริง โดยการปล่อยมือที่คันบีบคลัทช์

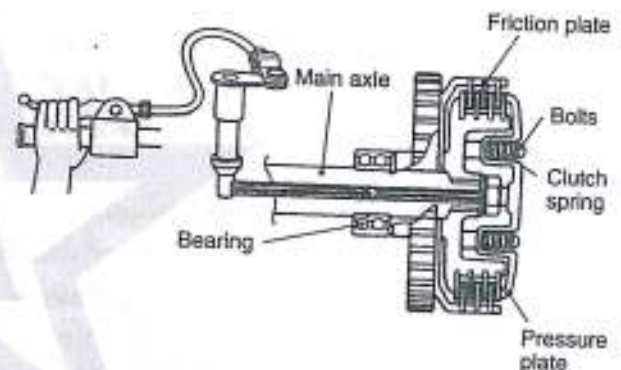
○ แบบดันเข้าจากภายนอก (Out push type)

การตัดการส่งกำลัง (Disengaged) แรงดันแผ่นคลัทช์มาจากด้านนอก (ใช้กับรถมอเตอร์ไซด์ขนาดเล็ก)



○ แบบแรงดันออกจากภายใน (Inner push type)

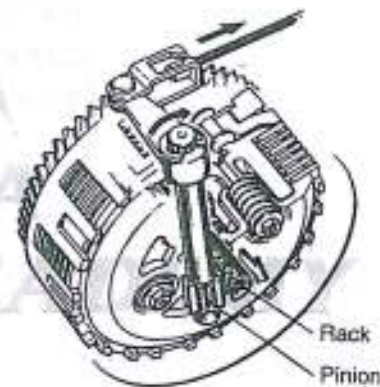
การตัดการส่งกำลัง (Disengaged) แรงดันแผ่นคลัทช์มาจากภายใน (ใช้กับรถมอเตอร์ไซด์ขนาดกลางและขนาดใหญ่)



○ แบบแรงดึงจากภายนอก

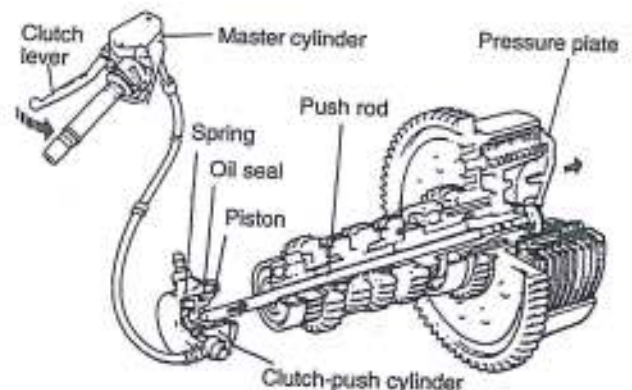
(Outer pull type (rack and pinion))

คลัทช์ชนิดนี้จะทำงานตัด - ต่อโดยตรง (Direct ON and OFF operation) โดยมีโครงสร้างง่าย ทำให้ทนทานเพิ่มขึ้น น้ำหนักเบาและมีส่วนช่วยให้เกิดความเหมาะสม (Compactness) กับเครื่องยนต์สมรรถนะสูง



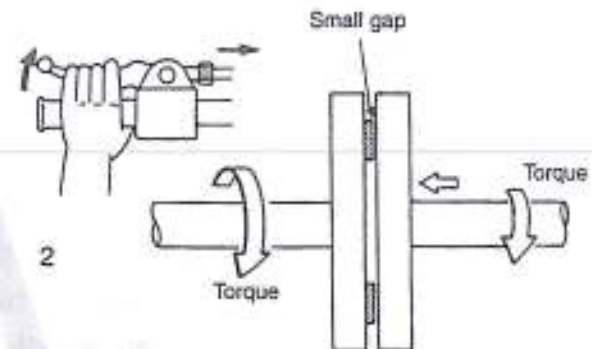
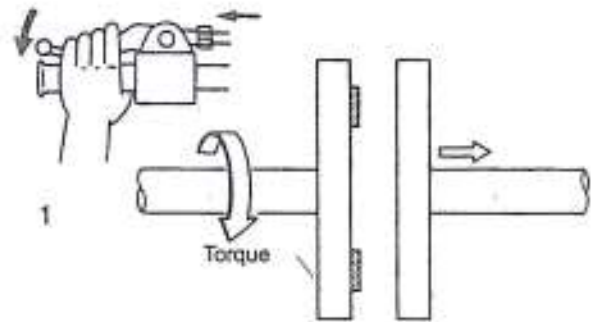
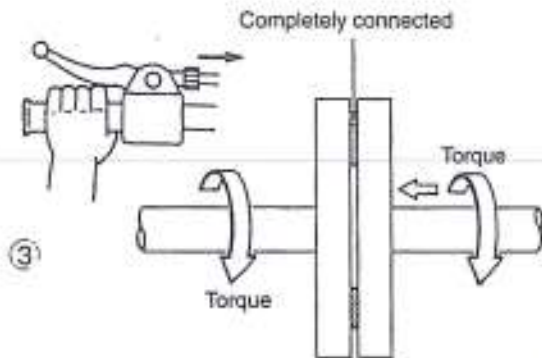
○ คลัทช์แบบไฮดรอลิก (Hydraulic clutch)

การทำงานของคลัทช์เหมาะสมและมีผลทำให้ไม่ต้องบำรุงรักษา (Maintenance free) เมื่อบีบคันคลัทช์ การทำงานของแรงดันไฮดรอลิกจากแม่ปั๊มเบรกตัวบน (Master cylinder) ผลักให้ลูกสูบดันก้าน (Rod) และแผ่นกดคลัทช์ และทำให้คลัทช์ต้องการส่งกำลังคลัทช์แบบกระบอกสูบผลัก (Clutch push cylinder) ประกอบด้วย โครง (Body) สปริง ลูกสูบและซีลน้ำมัน ซึ่งมีสมรรถนะและความทนทาน



○ การส่งผ่านกำลัง (Transmission of power)

เพลาช้อเหวี่ยง → เฟืองขับขั้นแรก → เฟืองตามขั้นแรก (เสื้อคลัทช์) → ผ้าคลัทช์ → แผ่นคลัทช์ เสื้อคลัทช์ตัวใน (Clutch boss) เพลาลูก (เพลาชุดเกียร์) เมื่อคลัทช์ตัดการส่งผ่านกำลัง (Disengaged) แผ่นกดคลัทช์ (Pressure plate) จะเลื่อนออก (Move off) และแผ่นกดคลัทช์และผ้าคลัทช์จะปล่อย (Released) ทำให้ตัดการส่งกำลังจากเครื่องยนต์



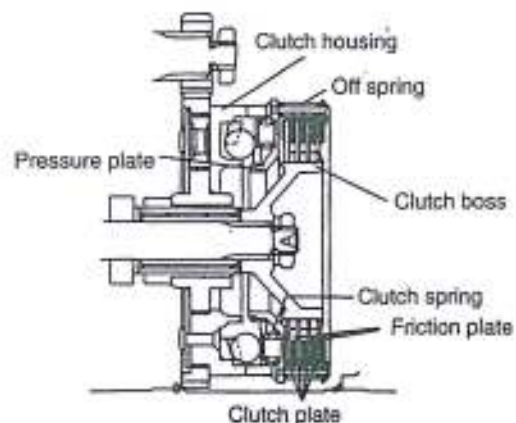
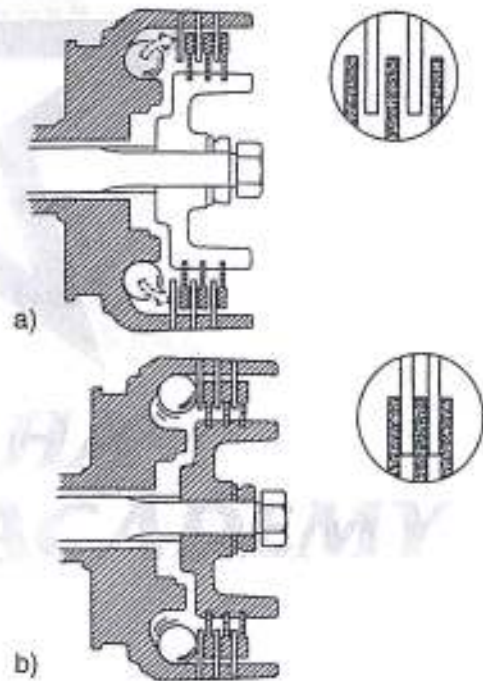
(2) แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง คลัทช์แบบเปียกหลายแผ่น

(Centrifugal Wet multi - disc clutch)

เมื่อเพลาช้อเหวี่ยงหมุน คัมหนักของคลัทช์ (ลูกกลิ้งหรือลูกปืน) ถูกเหวี่ยงออกมาโดยแรงหนีศูนย์กลาง ดังนั้นจึงเกิดการดันแผ่นคลัทช์และผ้าคลัทช์ (Friction plate) จึงต่อกำลัง (Engage) กับคลัทช์ เมื่อความเร็วเครื่องยนต์ต่ำ คลัทช์จะตัดการส่งกำลัง (Disengaged) (a : ปิดคลัทช์ = Clutch off) และเมื่อความเร็วเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นแผ่นคลัทช์และผ้าคลัทช์จะถูกดันเข้าหากัน (b; คลัทช์ทำงาน = Clutch in) กำลังจากเครื่องยนต์จึงส่งผ่านไปได้ ดังนั้นคลัทช์ชนิดนี้ทำให้การสตาร์ทได้อย่างราบเรียบ เมื่อคลัทช์อยู่ในสภาวะ "การพร้อม" (Half-clutch)

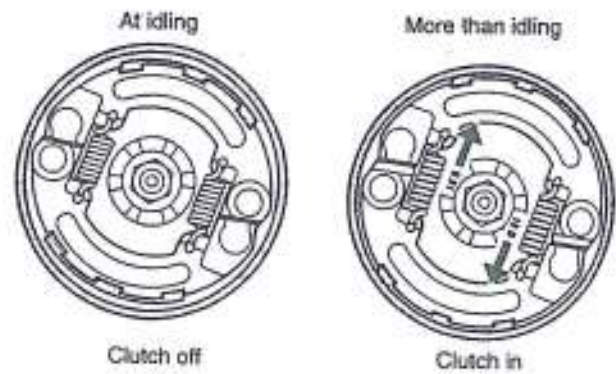
ขณะที่ความเร็วเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น (Rises) คลัทช์จะทำงานอย่างสมบูรณ์ จึงส่งผ่านกำลังจากเครื่องยนต์ทั้งหมด

การส่งผ่านกำลังเครื่องยนต์ : เพลาช้อเหวี่ยงเฟืองขับขั้นแรก → เฟืองตามขั้นแรก (เสื้อคลัทช์) → แผ่นกดคลัทช์ถูกผลักดันด้วยลูกปืนที่ถูกเหวี่ยงออกด้วยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่ความเร็วที่กำหนด → แผ่นคลัทช์ → เสื้อคลัทช์ตัวใน (Clutch boss) → เพลาลูกหลัก (เพลาชุดเกียร์)

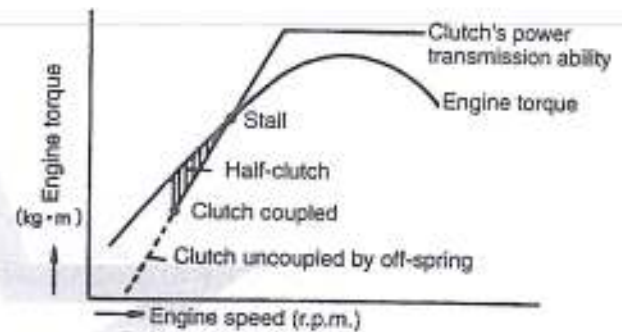


(3) คลัทช์แบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง, คลัทช์แบบฝัก (Centrifugal, shoe clutch)

คลัทช์แบบฝักที่สมบูรณ์ (ตุ้มน้ำหนักแนบด้วย : With weights attached) หมุนไปด้วยกันกับเพลาช้อเหวี่ยง เมื่อความเร็วเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ตุ้มน้ำหนักจะถูกเหวี่ยงออกโดยแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (Centrifugal force) และฝักคลัทช์ (Shoe) สัมผัสกับผนังด้านในของเสื้อคลัทช์ จึงมีการส่งผ่านกำลังไปให้เสื้อคลัทช์ คลัทช์สามารถตัด - ต่อ กำลังเหมือนกับคลัทช์อื่นๆ



* แรงดันของคลัทช์แบบฝัก (Tension of shoe type) ในคลัทช์ชนิดแรงหนีศูนย์กลาง สปริงปิด (OFF - springs) และสปริงดึงฝักคลัทช์ (Shoe tension spring) เอาชนะแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่เหวี่ยงตุ้มน้ำหนักทำให้ตัดการส่งผ่านกำลัง (Disengaged) จนกว่าความเร็วเครื่องยนต์เพิ่มถึงความเร็วที่กำหนด (Specific speed) (Torque) เมื่อความเร็วเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น สปริงทั้งสองถูกเอาชนะโดยแรงหนีศูนย์กลาง จึงทำให้คลัทช์ทำงานและส่งผ่านกำลังจากเครื่องยนต์ไปได้

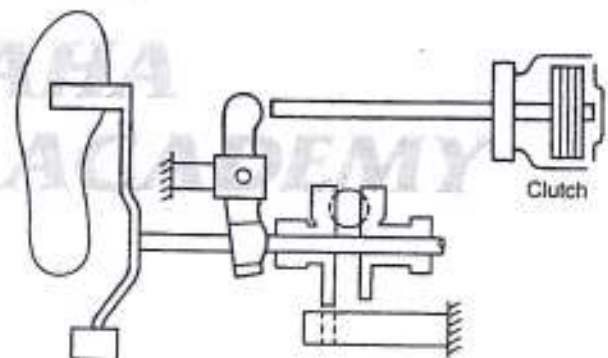


- คลัทช์จับ (คลัทช์หนีศูนย์กลาง) (Clutch in (Centrifugal clutch))
- การหน่วงจะเกิดขึ้นเมื่อทอร์คจากเครื่องยนต์ เท่ากับ ทอร์คในการส่งผ่านกำลังของคลัทช์

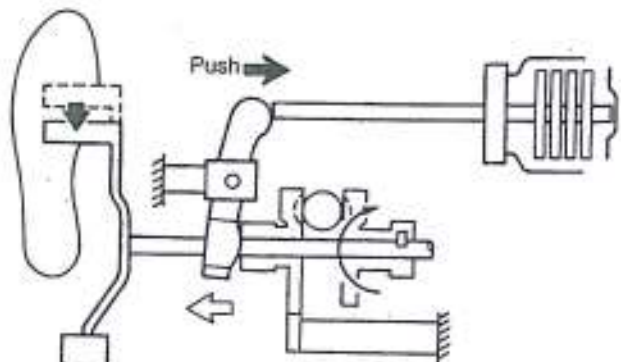
(4) คลัทช์ปล่อยอัตโนมัติ (Auto - release clutch)

คลัทช์ชนิดนี้ไม่ก่อให้เกิดการสั่นสะเทือนทางกล (Mechanical shock) เมื่อมีการเปลี่ยนเกียร์

- คลัทช์เชื่อมต่อกำลัง



- คลัทช์ตัดการต่อกำลัง



4. การส่งกำลังและกลไกการเปลี่ยนเกียร์ (Transmission shifting mechanism)

ชุดเกียร์ติดตั้งอยู่ระหว่างคลัทช์และเกียร์ทดชั้นที่สอง (ระบบขับเคลื่อนล้อหลัง) การเปลี่ยนอัตราทดของเกียร์ขึ้นอยู่กับสภาพถนนและเงื่อนไขการทำงาน เช่น ช่วงสตาร์ท (Starting off) การเร่ง (Accelerating) การไต่ (Gradient) ฝืนถนน แรงต้านลม เป็นต้น เพื่อแปรเปลี่ยนตามความเร็วล้อหลังหรือทอร์ค เหตุผลที่ต้องมีการเปลี่ยนอัตราทดเกียร์ : เมื่อมอเตอร์ไซค์เริ่มสตาร์ทหรือขึ้นเขาจะไม่ต้องใช้ความเร็วสูง แต่ต้องการแรงบิด (ทอร์ค) (Torque) สูง และในทางตรงกันข้ามเมื่อรถมอเตอร์ไซค์วิ่งบนถนนเรียบ (ราบ) (Flat) จะต้องการความเร็วสูง แต่ไม่ต้องการแรงบิด (ทอร์ค) สูง การเพิ่มทอร์คของเครื่องยนต์ (แรงขับเคลื่อน) จะต้องลดความเร็วของเครื่องยนต์ โดยผ่านการทดในเกียร์ทดชั้นแรกและเกียร์ทดชั้นที่สอง ยิ่งไปกว่านั้น เป็นสิ่งจำเป็นที่จะใช้ทอร์คของเครื่องยนต์อย่างมีประสิทธิภาพ สอดคล้องกับสภาพถนน และหลีกเลี่ยงการบรรทุกหนัก (Extra load) ที่จะทำต่อเครื่องยนต์

1) ชนิดของชุดเกียร์ (Type Transmission)

- * การเปลี่ยนเกียร์กระทำโดยผู้ขับขี่ ระบบส่งกำลังแบบชุดเฟือง (Gear type Transmission) (นิยมใช้กับรถมอเตอร์ไซค์)
- * การเปลี่ยนความเร็วอัตโนมัติ ขึ้นอยู่กับความเร็วของเครื่องยนต์และน้ำหนัก (Load) ของเครื่องยนต์ ...ชุดคอนเวอร์เตอร์ (Converter) สายพานตัว V ชุดส่งกำลัง 2 ความเร็วอัตโนมัติ (Auto - 2 - speed transmission) ชุดส่งกำลังที่ร่วมกับคลัทช์อัตโนมัติ (Transmission interlocked with auto - clutch) (นิยมใช้กับรถสกู๊ตเตอร์และรถครอบครัว)

2) ชุดส่งกำลังแบบเฟือง

โดยเปลี่ยนอัตราทดเกียร์ ความเร็วรอบและแรงบิดจะเปลี่ยนแปลงไป รถจักรยานยนต์ส่วนมากใช้ระบบส่งกำลังแบบนี้

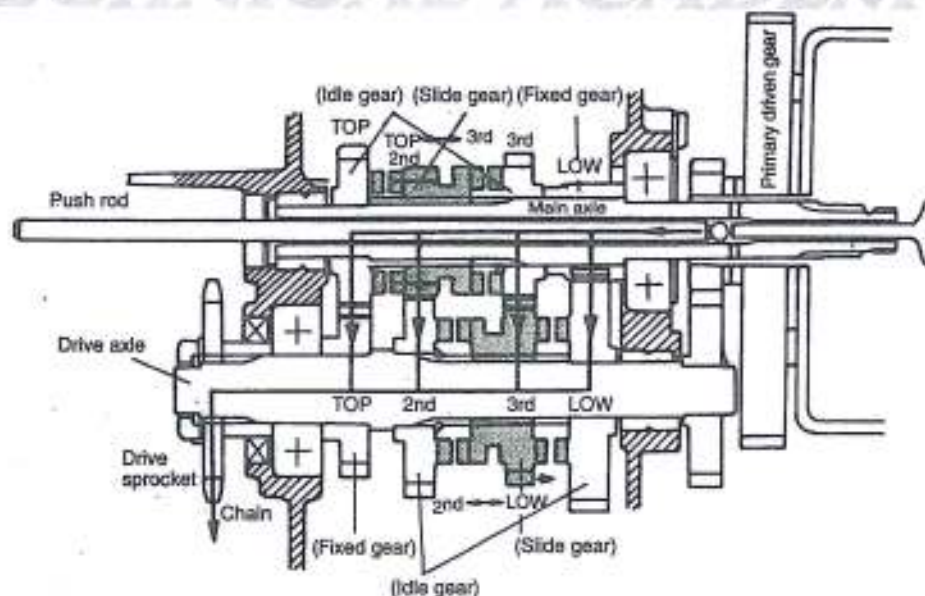
- เฟืองตอกกันแบบมีคลัทช์จับ (Contontmesh type with dogclutch)

ชุดเกียร์ที่อยู่ในเพลาลูกเป็นแบบวางเรียงตอกกันแบบเหลาจับในเฟืองสะพาน (การหมุนฟรีให้สัมพันธ์กับเพลาลูกตอกกันด้วยการกำหนดเฟือง (การหมุนในเพลาลูก) การสไลด์ของชุดเฟืองสามารถทำได้ทั้งด้านซ้ายและด้านขวา การทำงานจะเข้าเกียร์ให้สัมพันธ์กับเพลาลูก

ด้านของชุดเฟืองจะมีส่วนยื่นออกมาเรียกว่าชุดคลัทช์จับ (Dog clutch) เมื่อกดคันเกียร์ลงไป ชุดเกียร์จะเลื่อนไปด้านข้างเมื่อชนกับเฟืองสะพาน ดังนั้น กำลังของเครื่องยนต์จะถูกส่งออกไปการที่อัตราทดของจำนวนฟันเฟืองที่เฟืองขับชนกับฟันเฟืองที่เพลาลูกเราเรียกว่า "อัตราทดเกียร์"

อัตราทดเกียร์ = จำนวนฟันเฟืองตาม (เฟืองบนเพลาลูก) / จำนวนฟันเฟืองขับ (เฟืองบนเพลาลูกหลัก)

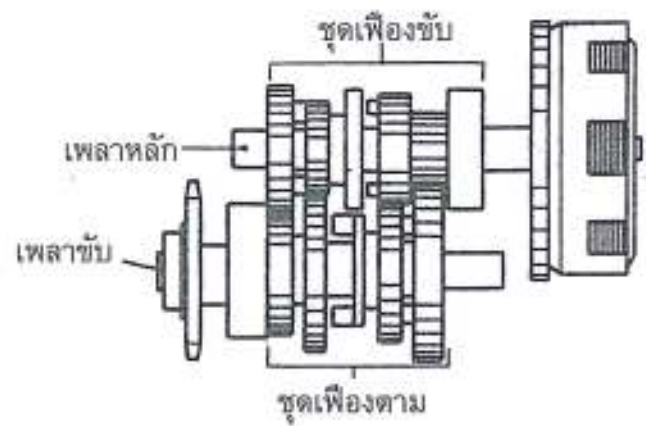
$$\text{อัตราทดเกียร์ (Gear ratio)} = \frac{\text{จำนวนฟันเฟืองตาม}}{\text{จำนวนฟันเฟืองขับ}} = \frac{\text{Number of teeth of driven side (gear on driveshaft)}}{\text{Number of teeth of drive side (gear on main axle)}}$$



หลักการทำงานของระบบส่งกำลัง

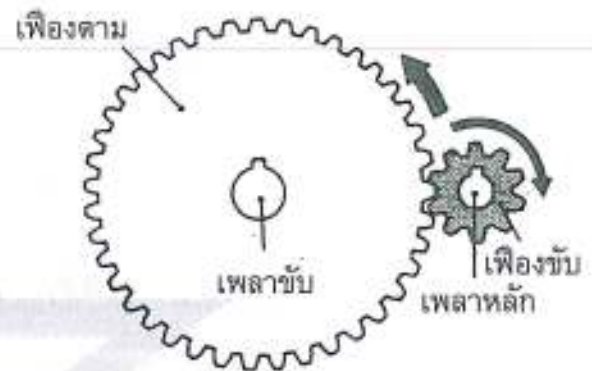
1. ชุดส่งกำลัง

1.1) แบบเกียร์รวม



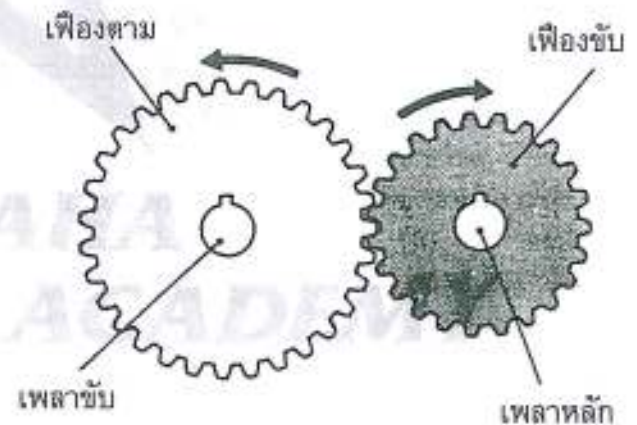
1.2) เกียร์ต่ำ (ขณะออกรถและขึ้นทางชัน)

ความเร็ว M/C*	แรงบิด
ต่ำ	มาก



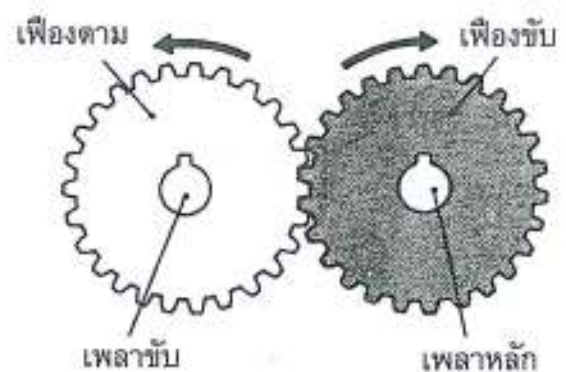
1.3) เกียร์ปานกลาง (เกียร์ 2)

ความเร็ว M/C*	แรงบิด
ปานกลาง	ปานกลาง



1.4) เกียร์สูงสุด

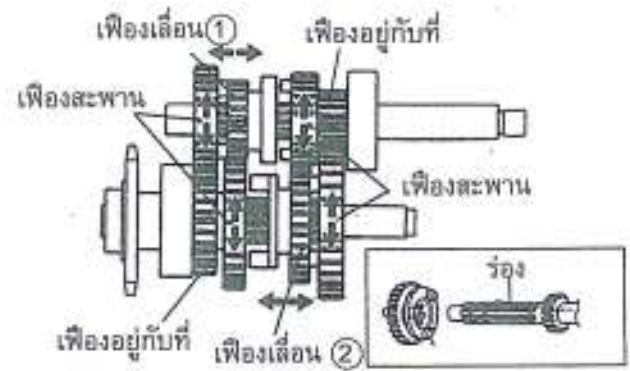
ความเร็ว M/C*	แรงบิด
สูง	น้อย



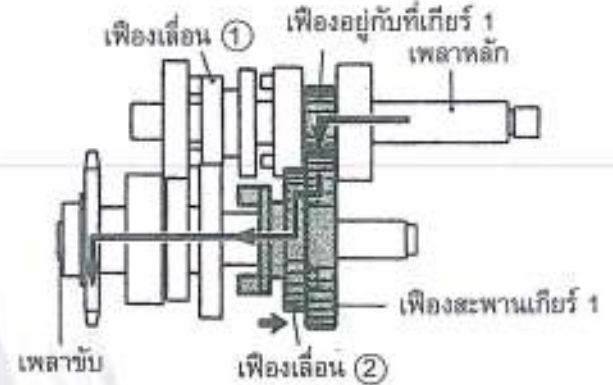
การทำงานของระบบส่งกำลัง

ชื่อของเฟืองเกียร์

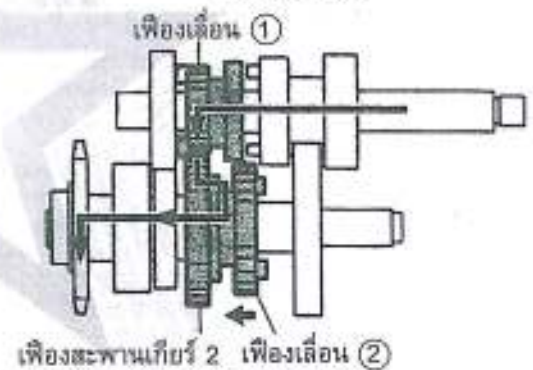
- เฟืองอยู่กับที่
- เฟืองสะพาน
- เฟืองเลื่อน



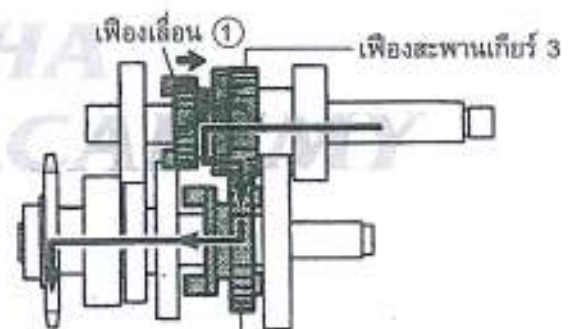
เกียร์ 1 (เกียร์ต่ำ)



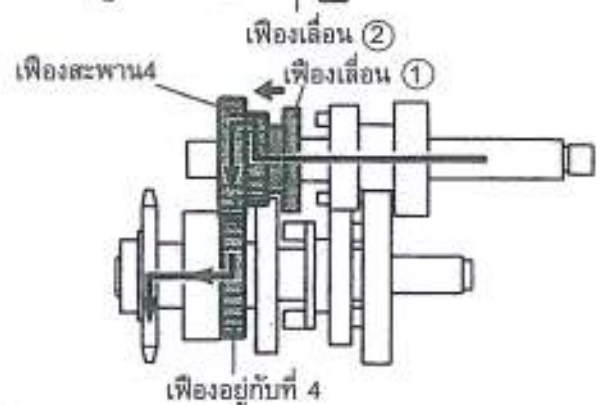
เกียร์ 2



เกียร์ 3



เกียร์ 4 (เกียร์สูงสุด)

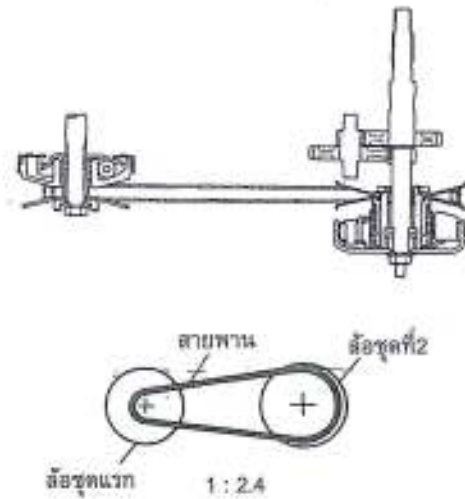


การทำงานของสายพานขับ

ตำแหน่งเดินเบา
ชุดคลัทช์ไม่ทำงาน
ล้อหลังไม่หมุน

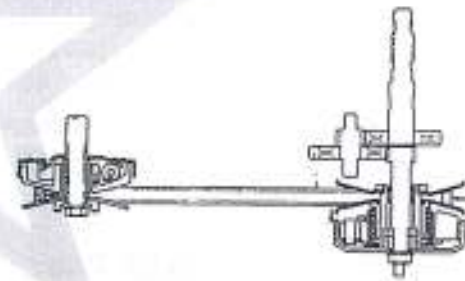
○ ที่ความเร็วต่ำ

ขณะความเร็วต่ำแรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่พูลเลย์ขับจะน้อยพูลเลย์ข้างที่เคลื่อนที่ได้จึงอยู่กับที่ ดังนั้นตำแหน่งนี้คลัทช์จึงตัดไม่มีการส่งกำลังงานและเกิดแรงบิดสูงสุด



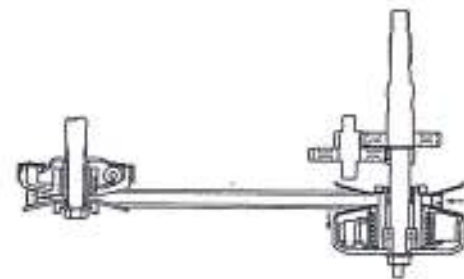
○ ที่ความเร็วปานกลาง

เมื่อเร่งความเร็วขึ้นไปเรื่อยๆ แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่พูลเลย์ขับก็จะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ พูลเลย์ข้างที่เคลื่อนที่ได้จึงเข้าอัดสายพานดึงให้พูลเลย์ตามหมุนตามไปด้วย ดังนั้นตำแหน่งนี้อัตราทดจะลดลง แรงบิดจะลดลงด้วย เนื่องจากสายพานที่พูลเลย์ตามอยู่ห่างจากจุดศูนย์กลางพูลเลย์มากที่สุด คลัทช์จึงต้องมีการส่งกำลังงานทำให้จิกรยานยนต์เคลื่อนที่

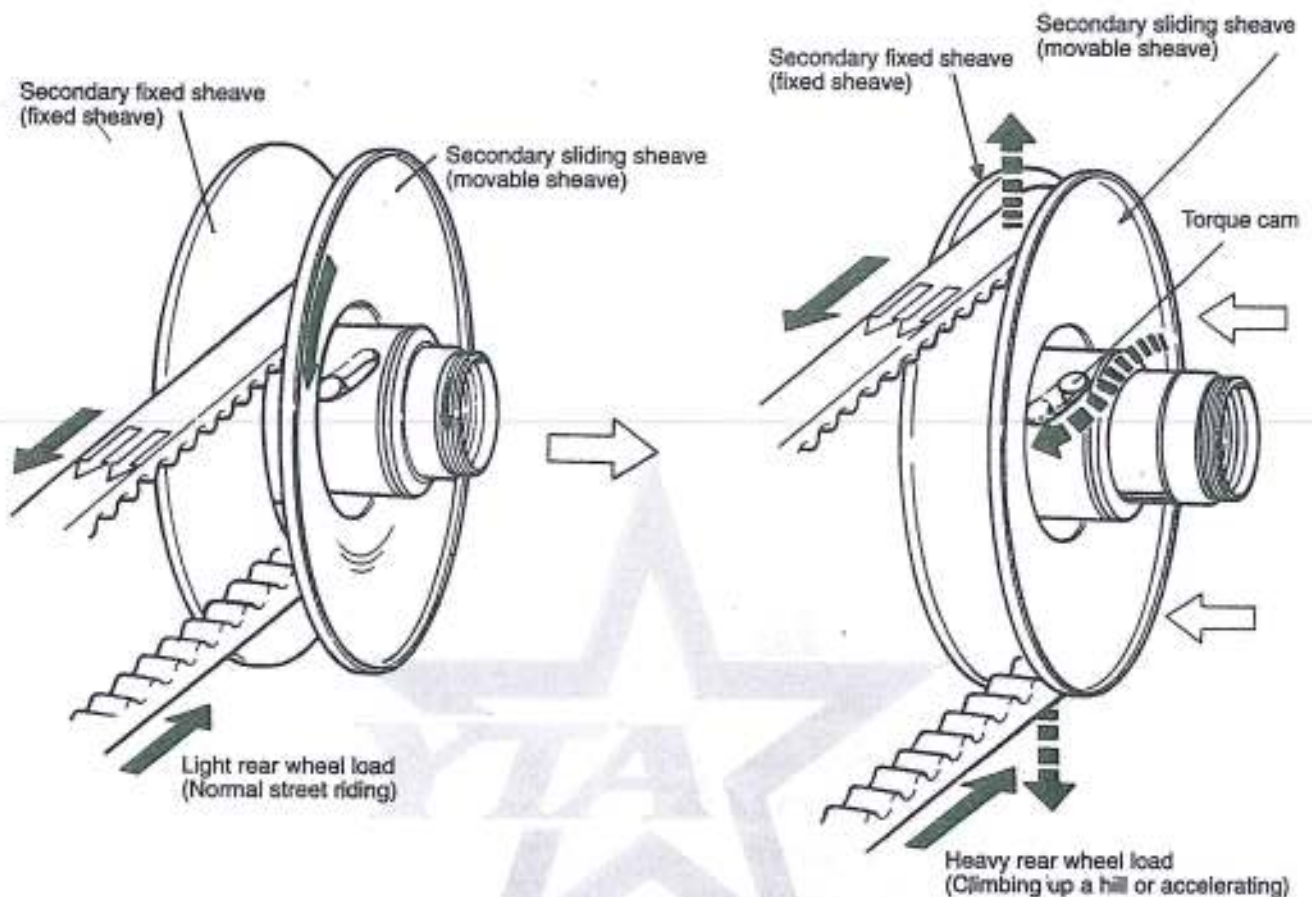


○ ที่ความเร็วสูง

เมื่อเร่งความเร็วต่อไปอีก แรงเหวี่ยงหนีศูนย์กลางที่พูลเลย์ขับก็จะเพิ่มขึ้นไปอีก พูลเลย์ข้างที่เคลื่อนที่ได้จึงเลื่อนเข้าอัดสายพานให้ห่างออกจากจุดศูนย์กลางของพูลเลย์ขับมากขึ้นขณะเดียวกันก็จะดึงพูลเลย์ตาม ทำให้สายพานจมลึกเข้าไปใกล้จุดศูนย์กลางของพูลเลย์ ดังนั้นตำแหน่งนี้อัตราทดจึงลดลง แต่จิกรยานยนต์จะมีความเร็วเพิ่มขึ้น



ลูกเบี้ยวแรงบิด



ขณะที่จักรยานยนต์ขึ้นเนินหรือได้เขา ภาระที่ล้อหลังเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นความเร็วจักรยานยนต์จะลดลง ผู้ขับขี่จึงต้องเร่งความเร็วเครื่องยนต์ขึ้น

เมื่อความเร็วเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น แรงบิดของเครื่องยนต์จึงเพิ่มตามไปด้วย ลูกเบี้ยวแรงบิดจะทำงานทำให้พูลเลย์ตาม ข้างที่เคลื่อนที่เลื่อนเข้าอัดสายพานห่างออกจากศูนย์กลาง อัตราทดจึงเพิ่มขึ้นด้วยเหตุนี้จึงมีแรงขับที่ล้อหลังมากพอที่จะทำให้จักรยานยนต์ขึ้นเนินหรือเขาได้

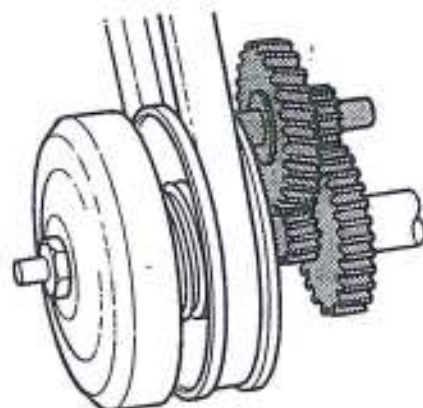
ดังนั้นจักรยานยนต์จึงสามารถขึ้นเขาและเร่งได้ โดยไม่มีการกระตุกในขณะที่เปลี่ยนความเร็ว

○ การทำงาน

ลูกเบี้ยวแรงบิดจะต้องการแรงบิดมากขึ้น เมื่อจักรยานยนต์ขึ้นที่ลาดชัน ลูกเบี้ยวแรงบิดจะทำงานเพื่อให้จักรยานยนต์ขึ้นเนินได้อย่างราบเรียบ

○ เฟืองทด

เฟืองทดได้รับการติดตั้งเพื่อเพิ่มแรงขับให้กับล้อหลัง

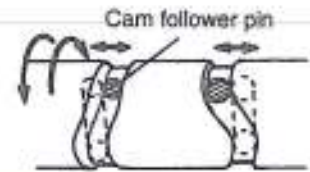
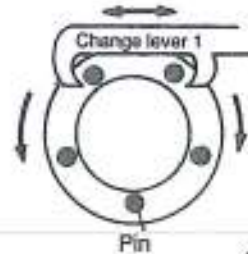
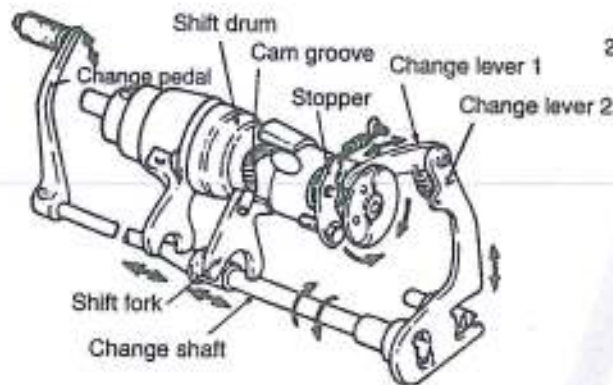


กลไกเปลี่ยนเกียร์

การเปลี่ยนเกียร์หรือการเข้าเกียร์ไปในตำแหน่งเกียร์ต่างๆนั้น ลูกเบี้ยวแบบร่องเว้าเป็นแบบที่มีคนนิยมใช้มากที่สุด

○ ลูกเบี้ยวแบบร่องเว้า

เมื่อคันเกียร์ถูกอัดขึ้นหรือกดลง เพลาเปลี่ยนเกียร์จะหมุนบิดตัวทำให้คันเปลี่ยนเกียร์หมายเลข 2 และหมายเลข 1 ทำงาน เพลาเปลี่ยนเกียร์หมายเลข 1 จึงเกี่ยวสลักปลายลูกเบี้ยว ลูกเบี้ยวจะหมุนเมื่อลูกเบี้ยวหมุน ร่องเว้าจะพาสลักก้ามปู เคลื่อนไปด้านข้างในแนวแกนก้ามปูเกียร์จึงเคลื่อนที่ไปด้านข้างในแนวขนานด้วย เฟืองเลื่อนจึงถูกพาให้เลื่อนไปชนกับเฟืองคู่ที่ต้องการ



○ ระบบการทำงานของคันเกียร์

① คันเกียร์กระดก (เกียร์ธรรมดา)

ร่องเว้าของลูกเบี้ยว จะมีระยะสิ้นสุดการเคลื่อนที่หรือระยะคายการเปลี่ยนเกียร์ คันเกียร์จะถูกกดที่ปลายด้านหน้า หรือด้านหลังสลับกันไป การเข้าเกียร์ต้องเป็นไปตามลำดับ จากตำแหน่งเกียร์ว่างไปเป็น 1, 2, 3 และ 4 หรือเกียร์สูงสุดตามลำดับ การเปลี่ยนเกียร์สูงสุดมายังเกียร์ว่าง ก็จะมีลำดับตำแหน่งเกียร์สลับกันโดยกดปลายคันเกียร์อีกด้านลง

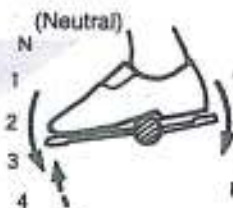
② คันเกียร์หมุนวน (เกียร์วน)

ร่องเว้าของลูกเบี้ยวจะมีการเคลื่อนที่แบบต่อเนื่อง การเปลี่ยนเกียร์ คันเกียร์จะถูกกดลงอย่างต่อเนื่องในทิศทางเดียวกัน การเข้าเกียร์จากตำแหน่งเกียร์ต่ำสุด สู่ตำแหน่งเกียร์สูงสุดจากสูงสุดจะวนมาตำแหน่งเกียร์ว่างอีก

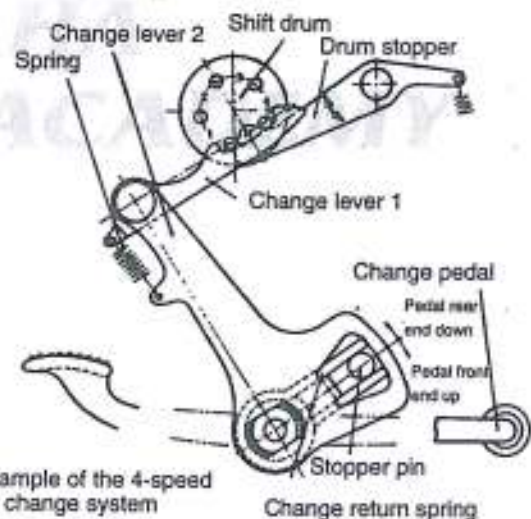
③ คันเกียร์กลับกัน (เกียร์สปอร์ต)

จากตำแหน่งเกียร์ว่างไปยังเกียร์ 1 ปลายคันเกียร์ด้านหน้าจะถูกกดลง แต่การเปลี่ยนเกียร์จากตำแหน่งเกียร์ว่างไปยังตำแหน่งเกียร์ 2, 3, 4 และเกียร์สูงสุดปลายคันเกียร์ด้านหน้าจะถูกจัดขึ้น สำหรับการเปลี่ยนเกียร์สูงสุดมาต่ำ ลำดับของเกียร์จะสลับกันการเปลี่ยนระบบนี้ บางครั้งเรียก กดลง 1 จัดขึ้น 4 (5-speed transmission) ตำแหน่งเกียร์ว่างอยู่ระหว่างเกียร์ 1 กับเกียร์ 2

Seesaw change



Rotary change



An example of the 4-speed rotary change system

Return change



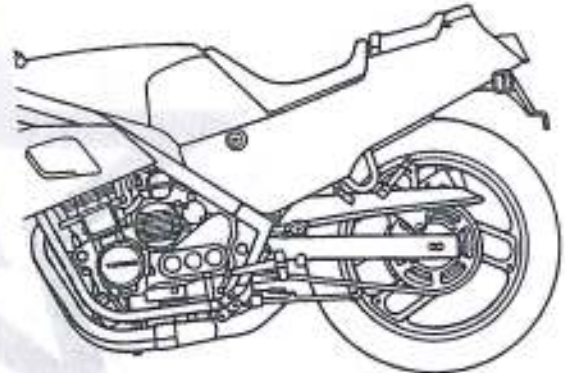
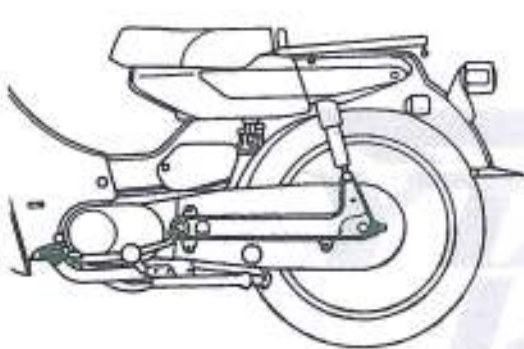
5. กลไกขับเคลื่อนขั้นสุดท้าย (Final drive mechanism)

กลไกขับเคลื่อนขั้นสุดท้ายส่งความเร็วของเครื่องยนต์ที่ถูกลดความเร็วแล้วผ่านไปยังล้อหลัง ซึ่งมีระบบที่แตกต่างกันสองระบบ คือขับเคลื่อนด้วยโซ่และขับเคลื่อนด้วยเฟลา ส่วนระบบขับเคลื่อนด้วยสายพานถูกใช้กับจักรยานยนต์บางชนิด

กลไกขับเคลื่อนขั้นสุดท้าย นั้นยังถูกใช้เพื่อเปลี่ยนแปลง (ลดความเร็ว - Decelerate) การหมุนของเฟลาชุดเกียร์ส่งกำลัง ซึ่งเรียกว่าการลดขั้นที่สอง (Secondary reduction)

(1) ระบบขับเคลื่อนด้วยโซ่ (Chain drive system)

ในระบบนี้ เฟืองขับ (Drive sprocket) ด้านชุดเกียร์และเฟืองขับล้อหลัง (เฟืองตาม) (Driven sprocket) นั้นเชื่อมต่อด้วยโซ่ โดยทั่วไปแล้ว รถจักรยานยนต์ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อธุรกิจนั้นจะครอบด้วยกระบังโซ่ไว้ทั้งหมด เพื่อป้องกันหรือโคลน และช่วยเพิ่มความทนทาน อย่างไรก็ตาม รถจักรยานยนต์แบบสปอร์ตจำนวนมากติดตั้งกระบังโซ่เพียงครึ่งเดียวเพื่อคลุมเพียงโซ่ด้านบนเพียงครึ่งเดียวเพื่อให้ภาพลักษณ์ที่ดูมีสไตล์ โซ่แบบนี้ต้องการการหล่อลื่นน้ำมันตามระยะเวลาที่กำหนด และการตรวจเช็คความตึงของโซ่



(2) ระบบขับเคลื่อนด้วยเฟลา (Shaft drive system)

กำลังจากชุดเกียร์นั้นถูกส่งผ่านเป็นการหมุนด้านข้างของเฟลาขับเคลื่อนไปยังกระปุกเกียร์ (เฟืองดอกจอก) (Spiral bevel gear) ของล้อหลัง ซึ่งเปลี่ยนการหมุนไปเป็นการหมุนแนวตั้ง (Vertical rotation) เพื่อขับเคลื่อนล้อหลัง ในระบบขับเคลื่อนแบบนี้ จะมีวิธีการเชื่อมต่อเฟลาขับเคลื่อน 2 วิธีตามตำแหน่งของเครื่องยนต์ (การวางตัวกระบอกสูบ ~ Cylinder arrangement)

○ แบบติดตั้งแนวนอน (Horizontally mounted type)

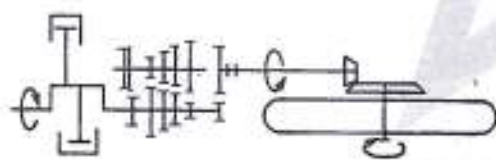
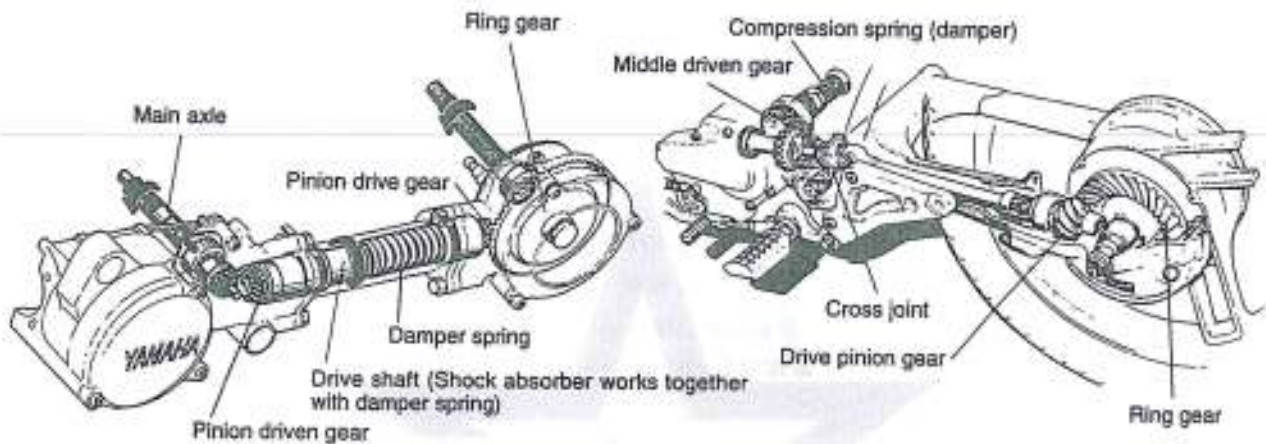
- ในกรณีที่เครื่องยนต์วางแนวนอนแบบขนาน เฟลาข้อเหวี่ยงถูกกำหนดให้อยู่ด้านข้าง ดังนั้นเฟลาหลักจะวางขวางกับเฟลาขับทางมุมขวา อีกปลายหนึ่งของเฟลาขับมีเกียร์ดอกจอกซึ่งขับกับเฟืองล้อหลังเพื่อว่าล้อหลังจะได้หมุนในทิศทางเดียวกันกับเฟลาข้อเหวี่ยง ชุดเฟลาขับทำหน้าที่เป็นแขนแกว่ง ดังนั้น เฟลาขับจึงเคลื่อนขึ้นและเคลื่อนลง และเคลื่อนไปข้างหลังและข้างหน้า เพื่อให้เฟลาขับลดการเสียดสีกันจากพื้นเฟืองบนด้านส่ง จึงต้องใช้ข้อต่อหรือข้อต่อลูกปืน และข้อต่อสลัก ส่วนจักรยานยนต์ที่มีขนาดเล็กใช้แบบชุดแกว่ง (Unit swing) ซึ่งเครื่องยนต์ก็จะประสานกันกับเฟลาขับ
- เปรียบเทียบกับระบบขับเคลื่อนด้วยโซ่, มีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่า และเกียร์จะได้รับการหล่อลื่นคงที่ มันมีคุณลักษณะความทนทานดีกว่า, เสียงดังน้อยกว่า และไม่ต้องมีการบำรุงรักษา

○ การส่งกำลังงานแบบขับเคลื่อนด้วยเพลาลูกเบี้ยว (สำหรับรถจักรยานยนต์ที่ต้องการความนุ่มนวล)

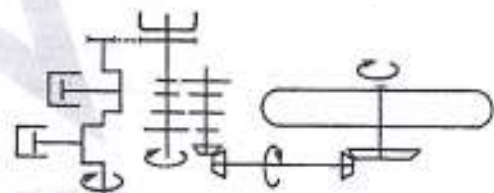
(Shaft drive type power transmission (for soft motorcycle))

การเคลื่อนที่ด้วยการหมุนของคลัทช์ถูกส่งผ่านจากคลัทช์ไปยังเพลาลูกเบี้ยว ทิศทางการหมุนถูกเปลี่ยนโดยเฟืองขับตัวเล็ก (Pinion) และส่งไปยังเพลาลูกเบี้ยว แล้วเฟืองตัวเล็กก็จะขับเฟืองตัวใหญ่ (เฟืองล้อ) (Ring gear) ให้หมุนและขับเคลื่อนล้อให้หมุน

* เพลาลูกเบี้ยวมีกลไกของแดมเปอร์ (Damper) ติดตั้งอยู่ ซึ่งจะทำงานร่วมกับแดมเปอร์สปริง (Spring damper)



Vertically mounted type
(in-line, horizontally opposed V engine)



Transverse mounted type
(parallel arrangement, general model).

○ แบบติดตั้งในแนวตั้ง (Vertically mounted type)

เครื่องยนต์แบบ V (V type engine) ที่วางขวาง จะหมุนไปทางด้านข้างและกำลังงานไม่เปลี่ยนแปลงขณะส่งกำลัง ไปยังเพลาลูกเบี้ยวผ่านชุดเกียร์ แล้วจะเปลี่ยนไปเป็นการหมุนแนวตั้งด้วยเกียร์ดอกจอก (Spiral bevel gear)

6. กลไกการสตาร์ทเท้า (Kickstarter mechanism)

การสตาร์ทเครื่องยนต์ จะต้องหมุนเฟลาข้อเหวี่ยง ซึ่งการสตาร์ทแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

○ สตาร์ทเท้า

กดคันสตาร์ท(แป้น) เพื่อติดเครื่องยนต์

○ มอเตอร์สตาร์ท

เดินเครื่องมอเตอร์ไฟฟ้า โดยใช้แบตเตอรี่เพื่อติดเครื่องยนต์

○ การสตาร์ทโดยการดันรถจักรยานยนต์ไปข้างหน้า

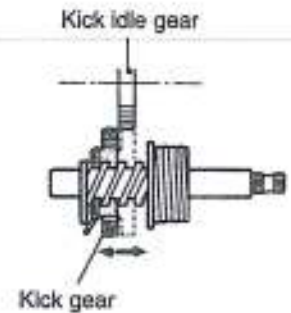
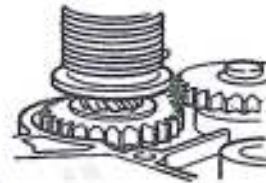
การดันเครื่องเครื่องยนต์รถจักรยานยนต์เพื่อติดเครื่องโดยทั่วไป คันสตาร์ทถูกปรับแต่งให้รถจักรยานยนต์ที่มีขนาดเล็กและขนาดกลาง และในกรณีของรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่ จะมีการใช้มอเตอร์สตาร์ท (พร้อมกับคันสตาร์ท) นักแข่งบนถนนจะไม่ติดคันถีบ เพื่อว่าพวกเขาจะได้สตาร์ทโดยการดันรถจักรยานยนต์ไปข้างหน้าได้ และในกรณีของคันสตาร์ทหรือมอเตอร์สตาร์ทเสีย เครื่องยนต์ยังสามารถสตาร์ทได้โดยการเข็นรถจักรยานยนต์

(1) ชนิดของคันสตาร์ท (Type of kickstarter)

① คันสตาร์ทแบบขบกันตลอด

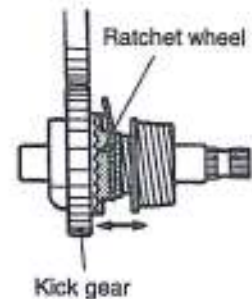
(Kick and mesh starter)

เพียงแค่เหยียบคันสตาร์ท เฟืองสตาร์ทจะขบกับเกียร์ร่วม บริเวณจุดสัมผัสของเฟลาสตาร์ทเฟืองสตาร์ทที่มีร่องขด (Spiral grooves) และเมื่อแกนถีบหมุน เกียร์สตาร์ทจะเคลื่อนที่ไปตามแนวร่อง เพื่อไปขบกับเกียร์



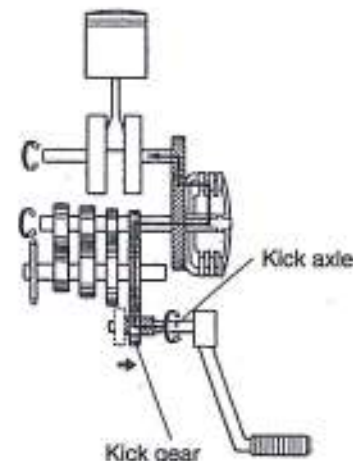
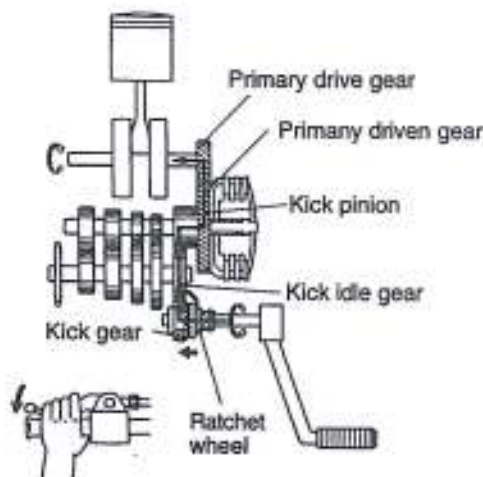
② คันสตาร์ทชนิดเฟือง (Ratchet type kickstarter)

เกียร์อยู่บนตำแหน่งคงที่ขบกับเกียร์ร่วม แต่เกียร์ถีบหมุนได้อิสระเป็นอิสระจากแกนถีบ จุดสัมผัสของแกนสตาร์ทกับล้อเฟืองมีร่องขด (Spiral grooves) และเมื่อแกนสตาร์ทหมุน ล้อเฟืองก็เคลื่อนที่ไปตามแนวร่อง เพื่อขบกับเขี้ยวเกียร์สตาร์ท (Kick gear dog) ดังนั้นจึงไปขบกับเกียร์สตาร์ท



③ ระบบสตาร์ทเบื่องตัน (Primar kick system)

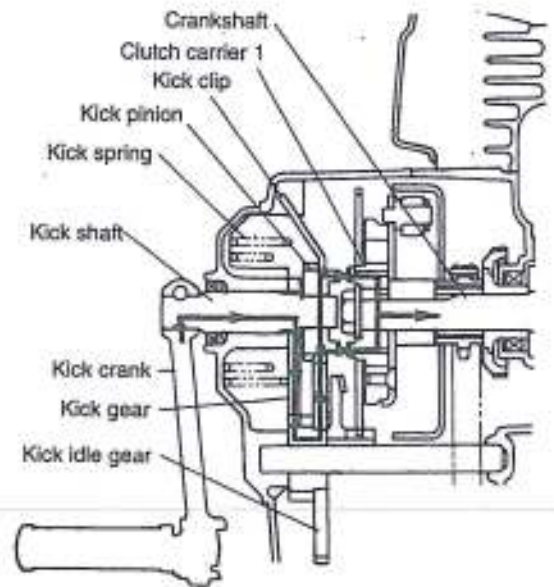
ในระบบนี้กำลังบิดของแกนสตาร์ทถูกส่งไปตามเส้นทางต่อไปนี้ เฟืองสตาร์ท เฟืองสตาร์ทหมุนเกียร์สตาร์ทเฟืองขับเคลื่อนเบื่องตัน เฟลาข้อเหวี่ยงระบบนี้ทำให้เครื่องยนต์สตาร์ทในตำแหน่งเกียร์ต่างๆ (นอกเหนือจากเกียร์ว่าง) และเรียกว่า "ระบบสตาร์ทเบื่องตัน" เมื่อเครื่องยนต์ถูกเหวี่ยงผ่านการส่ง แกนหลักก็จะหมุน เมื่อถูกสตาร์ท ดังนั้น หากว่าคลัทช์ถูกปลดออกจากกันแล้ว มันก็เป็นไปไม่ได้ที่จะหมุนเฟืองขับเคลื่อนเบื่องตัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องเหยียบคันสตาร์ทในตำแหน่งเกียร์ว่างโดยไม่ต้องปลดคลัทช์ออกจากกัน



2) รถจักรยานยนต์ที่มีคลัทช์แบบแรงเหวี่ยงศูนย์ (Motorcycle with centrifugal clutch)

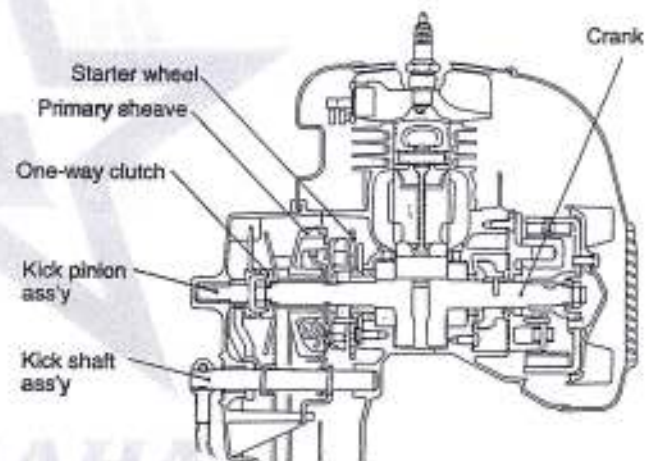
① คลัทช์แบบผ้า (Shoe type clutch)

ในรถจักรยานยนต์ที่มีผ้าคลัทช์ติดตั้งอยู่ที่เพลาข้อเหวี่ยง เพื่องคลัทช์ประสานกับอุปกรณ์รับคลัทช์หมุนผ้าคลัทช์ และเพลาข้อเหวี่ยง (เฟืองสตาร์ท → เพลาเฟืองสตาร์ท → เฟืองสะพานตัวเล็ก → อุปกรณ์รองรับคลัทช์ → เพลาข้อเหวี่ยง)



○ แบบสายพาน V (V-belt type)

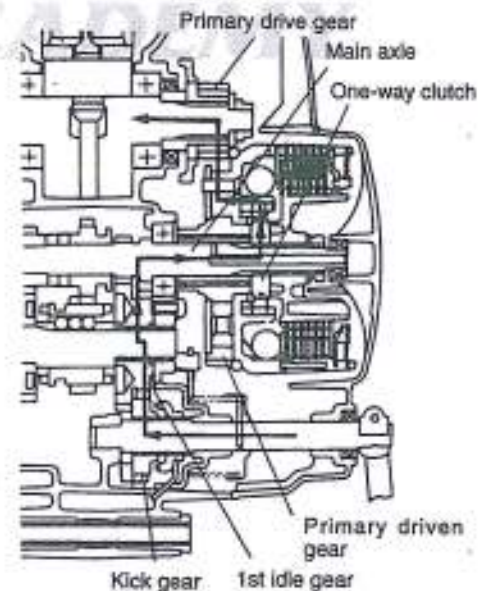
คันสตาร์ท → เพลาสตาร์ท → เฟืองเกียร์ → วันเวย์คลัทช์ → เพลาข้อเหวี่ยง



② คลัทช์แบบจาน (Disc type clutch)

แรงของการสตาร์ทถูกส่งผ่านไปยังชุดเกียร์ อย่างไรก็ตาม คลัทช์เป็นแบบคลัทช์ทางเดียว ดังนั้น แรงสตาร์ทส่งผ่านจาก เพลาหลักไปยังเฟืองตามชุดแรก (Primary driven gear) อย่างไรก็ตาม เมื่อมีการเหยียบคันสตาร์ทชุดเกียร์ จะอยู่ตำแหน่งเกียร์ว่าง

(คันสตาร์ท → เกียร์อยู่กับที่ตัวที่ 1 → เพลาหลัก → วันเวย์ → เฟืองตามชุดแรก (ชุดเสื้อคลัทช์) → เฟืองขับชุดแรก → เพลาข้อเหวี่ยง)





4. พื้นฐานโครงสร้าง และหลักการทำงานของโครงรถ

YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

[1] โครงรถ (Frame)

1. หน้าที่ของโครงสร้าง

โครงรถเปรียบเหมือนกระดูกของรถมอเตอร์ไซด์ มีหน้าที่รองรับเครื่องยนต์และเป็นที่ยึดของอุปกรณ์ไฟฟ้า ดังนั้น โครงรถต้องมีความแข็งแรงเพียงพอและมีความคงทน (คงรูป) ที่จะรองรับผู้ขับขี่และแรงสั่นสะเทือน จากถนนได้และจะต้องมีน้ำหนักเบาและการกระจายน้ำหนักต้องมีเสถียรภาพ (Stable) และมีคุณสมบัติที่ดีเลิศในการเป็นตัวดูดซับแรง (Damping) คุณสมบัติที่ต้องการ คือ เงื่อนไขในการออกแบบให้ตรงตามวัตถุประสงค์ของรถมอเตอร์ไซด์

2. การจำแนกชนิดของโครงรถ (Classification and type of frame)

มีโครงรถหลากหลายชนิดมาก ซึ่งเราสามารถจำแนกจาก 1.วัสดุที่ใช้ทำ 2.รูปร่าง/รูปแบบ

(1) จำแนกตามชนิดของวัสดุ

① โครงรถชนิดขึ้นรูปจากท่อเหล็กกล้า (Steel tube frame (Pipe frame))

โครงรถแบบท่อขึ้นรูปจากการนำท่อเหล็กตัดมาเชื่อมและใช้โบลท์และนัทยึด การติดยึดด้วยวิธีการเชื่อมเป็นที่นิยมทั่วไป

- ท่อเหล็กมีความเหมาะสมที่จะนำมาเป็นโครงรถเพราะมีขนาดให้เลือกใช้ได้หลายขนาด และยังมีคุณสมบัติเชิงกลที่ดี และสามารถดัดแปลงแก้ไขได้ง่าย จึงนิยมนำมาเป็นโครงรถสปอร์ตและรถครอบครัวและรถ ขับเล่น (Leisure Motorcycle) อีกทั้งยังง่ายในการออกแบบด้วย

② โครงรถชนิดขึ้นรูปจากแผ่นเหล็กกล้า (Steel Plate Frame/Pressed Frame)

ชิ้นส่วนต่างๆ ได้จากการนำเหล็ก แผ่นมาอัดขึ้นรูป (Press - Molded) แล้วนำมาเชื่อมหรือยึดต่อกันด้วยหมุดยึด (Rivet) เข้าด้วยกัน ชิ้นส่วนใหญ่มักจะใช้การเชื่อม สำหรับชิ้นส่วนเล็กจะเชื่อมเป็นจุดๆ หรือใช้หมุดยึด (Rivet) เนื่องจากทักษะในเรื่องกลศาสตร์ของโครงสร้างที่บอบบาง ความคงรูป (คงทน) ต้องอาศัยคุณสมบัติของวัสดุที่เหมาะสม ความหนา และรูปร่างของโครงทำให้เหมาะสมสำหรับการผลิตจำนวนมาก (Mass Production) และมีเพียงไม่กี่รูปแบบที่ผลิตใช้สำหรับธุรกิจและเป็นการผลิตจำนวนมาก (Mass Production)

③ โครงรถแบบผสมระหว่างแบบต่อกับแบบที่ขึ้นรูปจากเหล็กแผ่น (Combined Steel tube and Steel plate frame)

โครงรถแบบผสมเป็นการขึ้นรูปแบบที่รวมกับแบบใช้เหล็กแผ่นโดยโครงสร้างหลักทำจากท่อเหล็ก และชิ้นส่วนอื่นๆ ใช้เหล็กแผ่นมาอัดขึ้นรูปแล้วนำมาเชื่อมเข้าด้วยกัน

④ โครงรถแบบอลูมิเนียมอัลลอย

(2) จำแนกตามลักษณะรูปร่าง (Classification by shape)

① แบบเพชร (Diamond frame)

โครงรถแบบไดมอนด์มีท่อเอียงลง โดยที่ปลายท่อนี้ไม่ได้เชื่อมหรือติดยึดกับโครงรถส่วนอื่นๆ เลย และโครงรถแบบนี้จะยึดกับแครงค์เหมือนแครงค์เป็นส่วนใหญ่ของโครงรถ โครงรถแบบนี้จะนิยมใช้กับรถมอเตอร์ไซด์แบบสปอร์ตขนาดเล็ก

② แบบเปล (Cradle frame)

ท่อที่เอียงลง (Down - tube) จะผ่านไม่ได้เครื่องยนต์ ซึ่งโครงรถแบบนี้จะมีคุณสมบัติทางด้านความแข็งแรงและความคงรูป (Strenght & rigidity) ดีเยี่ยม โครงรถแบบนี้ถ้ามีท่อเอียงลง (Down - tube) ท่อเดียว เรียกว่า "Single cradle frame" ถ้ามีท่อเอียงลง (Down - tube) 2 ท่อเรียกว่า "Double - Cradle frame" แต่ถ้าเชื่อมต่อกันท่อเดียว (Single - down tube) ให้เป็น 2 ท่อ จะเรียกว่า "Semi - Double Cradle frame"

③ แบบ Backbone (Backbone frame)

เครื่องยนต์จะถูกยึดติดกับตัวโครงรถชิ้นใหญ่เหมือนเป็นชิ้นเดียวกับตัวโครงรถจะรองรับโหลด (load) ทั้งหมด โครงรถแบบนี้ขึ้นรูปด้วยการอัดขึ้นรูป (Pressed mold) จึงเหมาะสำหรับรถมอเตอร์ไซด์ที่ใช้ในเชิงการค้าเท่านั้น (Business motorcycle)

Steel tubular frames



Diamond frame



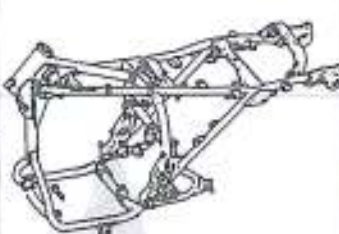
Double-cradle (Road)



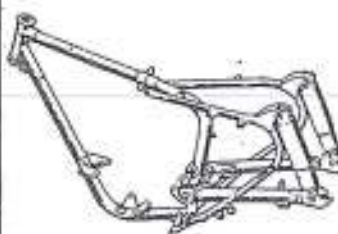
Double-cradle (Off-road)



Cradle frame



Semi-double cradle



Single-cradle



Backbone frame



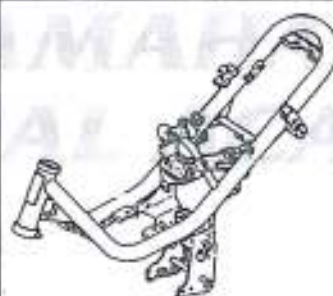
T-bone (7-bone) frame



Backbone



Under-bone (open) frame



Steel tubular under-bone

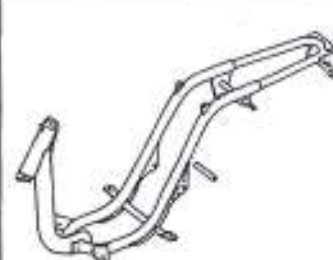


Steel-tubular backbone

Combined steel tubular and plate frames



Under-bone



Steel tubular under-bone

Aluminum alloy frame



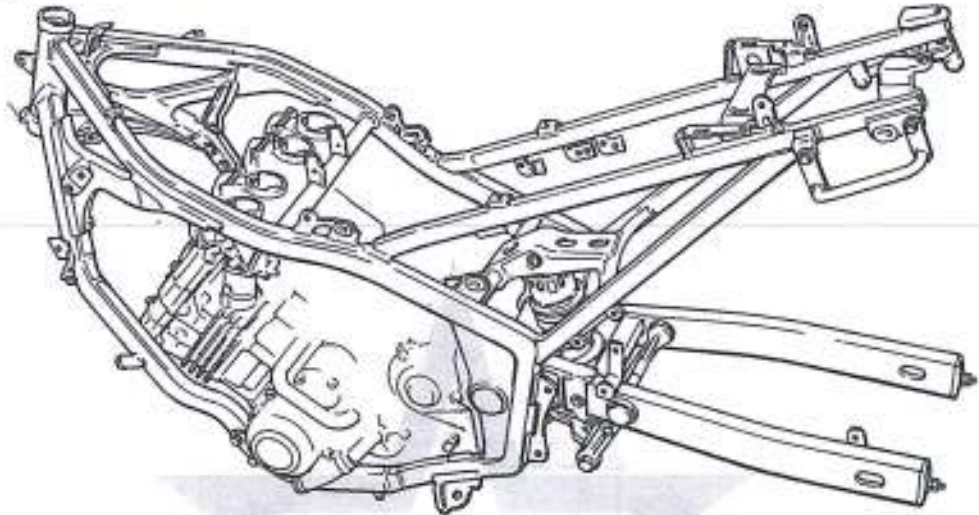
Delta box frame

④ แบบ Underbone frame)

โครงรถแบบนี้ขึ้นส่วนโครงหลัก (main frame) จะโค้งลงไปด้านล่างทำให้ผู้ขับขี่ขึ้นนั่งขับหรือลงจากรถได้ง่าย ซึ่งมี 2 ชนิดคือ ชนิดอัดขึ้นรูป (pressed frame) และชนิดท่อ (Pipe frame) โครงรถแบบนี้นิยมใช้กับรถแบบ โมโตเปด (moped) และรถครอบครัว (family motorcycle)

⑤ แบบท่อสี่เหลี่ยม (Square pipe frame)

ท่อแบบสี่เหลี่ยมมีค่าอัตราส่วนความคงรูป (Rigidity Ratio) สูง และยังมีน้ำหนักเบา จึงนำมาประยุกต์ออกแบบ อย่างแพร่หลาย

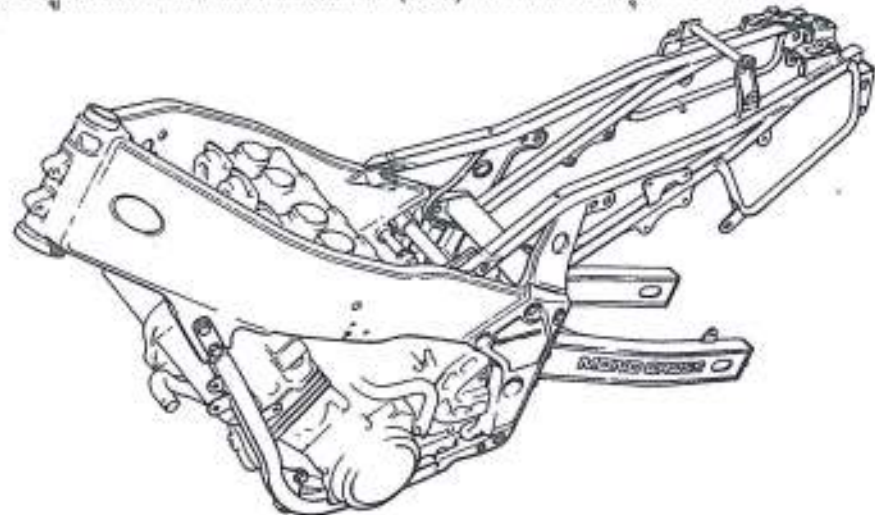


⑥ โครงแบบอลูมิเนียมอัลลอย (Aluminum Alloy Frame)

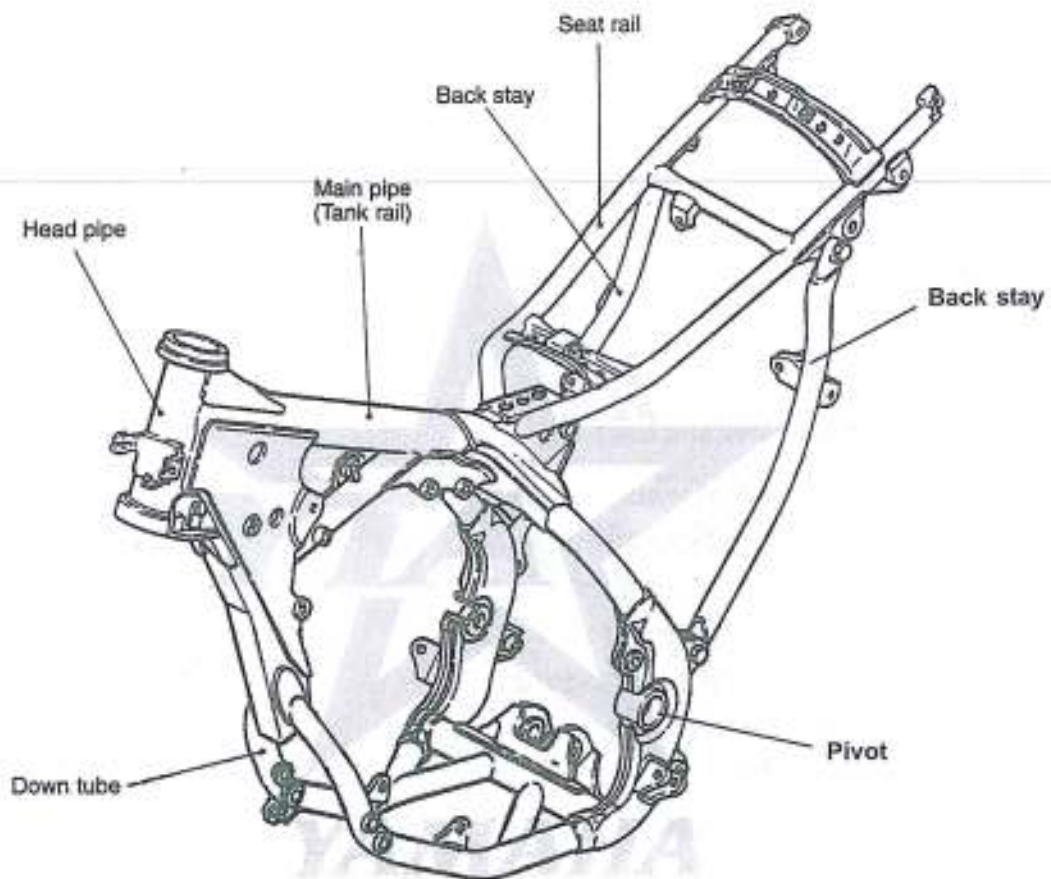
○ Delta box frame

อลูมิเนียมมีน้ำหนักเบา จึงได้นำความรู้นี้มาพัฒนาโครงรถแบบ Delta box frame เทคโนโลยีของโครงรถแบบนี้ถูกพัฒนาจนสมบูรณ์แบบในรุ่น YZF 750 เพื่อการผลิตรถมอเตอร์ไซด์ที่มีคุณสมบัติความคงรูป (Rigidity) ดีเยี่ยมและน้ำหนักเบา Delta box frame เชื่อมกับด้านข้างของโครงหลัก (main frame) ตั้งแต่ส่วนบังคับเลี้ยวมาจนถึงจุดกึ่งกลางในแนวเส้นตรง และตัวโครงมีลักษณะสามเหลี่ยมเพื่อเพิ่มคุณสมบัติความคงรูป (Rigidity) ตัวโครงสร้างเป็นทรงสี่เหลี่ยมเพื่อต้านทานความเครียดจากการบิดตัว (twisting stress) คุณสมบัติความคงรูป (Rigidity) จะช่วยทำให้เกิดเสถียรภาพเชิงเส้นตรง (Straight Stability) ขณะที่รถมีความเร็วสูงความมีเสถียรภาพในการบังคับเลี้ยว (Steering Stability) และความสามารถในการไถ่เอียง (maneuverability) ขณะเข้าโค้ง ให้มีสมรรถนะสูง โดยการตั้งมุมเคสเตอร์ (Caster Angle) ให้ตรง เปรียบเทียบกับโครงแบบท่อ คุณสมบัติความคงรูป (Rigidity) เพิ่มขึ้น 45% (จากการทดสอบของ Yamaha) ประกอบเข้ากับเครื่องยนต์และส่วนประกอบอื่นๆ จะเป็นประโยชน์สมบูรณ์

ส่วนท้ายของโครงรถจะถูกยึดกับโครงหลักด้วยโบลท์ (Bolt) ทำให้การบำรุงรักษาง่าย



3. ชื่อของแต่ละชิ้นส่วน (Name of each part)



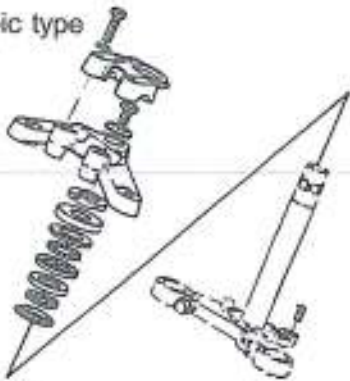
- Head pipe (คอหน้า)
- Main pipe (ท่อโครงหลัก)
- Down tube (ท่อโครงท่อนล่าง)
- Back stay (ท่อโครงท่อนหลัง)
- Seat rail (ท่อโครงที่นั่ง)
- Pivot (จุดยึด)
- Back stay (ท่อโครงท่อนล่าง)

[2] ระบบบังคับเลี้ยว (Steering System)

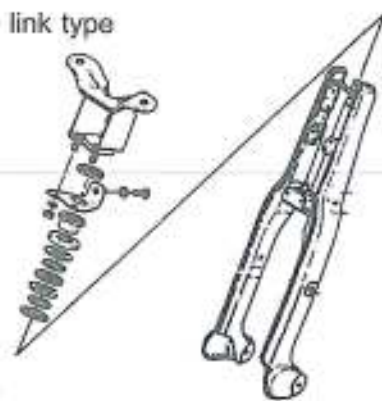
1. ระบบบังคับเลี้ยว (ชิ้นส่วนชุดรองรับน้ำหนักหน้า)

แกนบังคับเลี้ยวจะประกอบด้วยแอสต์, โช๊คหน้าซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะถูกยึดเข้ากับส่วนยึดขวาง โดยการอัดแน่นหรือเชื่อมและยึดเข้ากับโช๊คอัพตั้งนั้นชุดแกนบังคับเลี้ยวจะต้องแข็งแรงเพื่อรับแรงต่างๆ ซึ่งเกิดขึ้นระหว่างการขับขี่ มี 2 แบบคือ 1 แบบเทเลสโคปิก 2 แบบบ็อกซ์ทอมลิงค์นอกจากส่วนที่จะยึดเข้ากับคอหน้าจะต้องทำอย่างละเอียด ให้มีระยะสวมพอดีระหว่างแกนบังคับเลี้ยวและคอหน้า จะได้ควบคุมได้สะดวกและการสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจะได้น้อยลง

Telescopic type



Bottom link type



2. มุมคาสเตอร์และเทรล (Caster and trail)

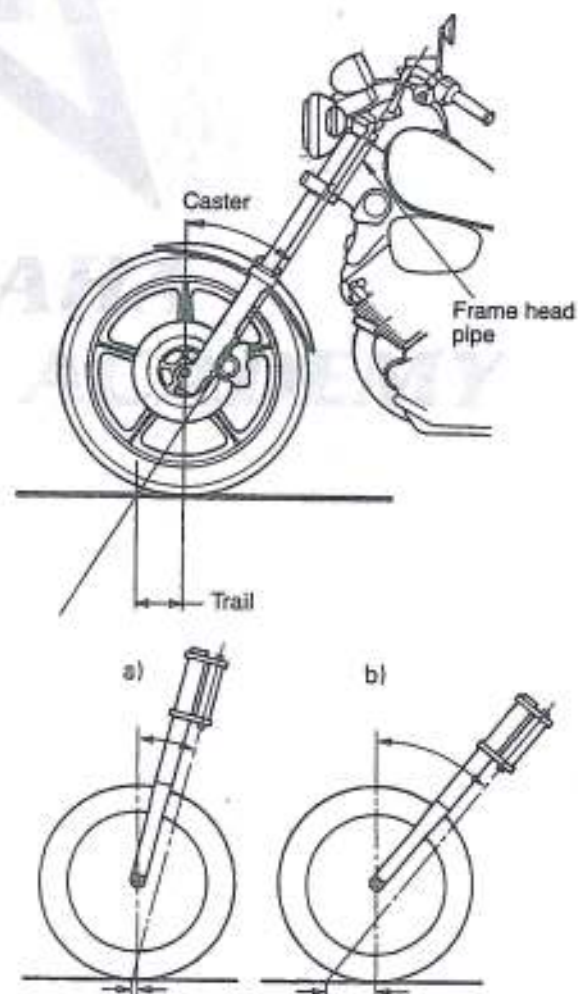
ความคล่องตัวในการขับขี่และการขับขี่และการทรงตัวที่ดีของจักรยานยนต์มีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบที่สำคัญหลายประการเช่นระยะช่วงล้อ การเจียนน้ำหนัก ตำแหน่งจุดศูนย์ถ่วงและสมรรถนะของระบบรองรับขนาดและสมรรถนะของยางและตำแหน่งการขับขี่แต่อย่างไรก็ตามองค์ประกอบพื้นฐานที่สำคัญที่สุดก็คือมุมล้อหน้า (Front Wheel Alignment) นั่นคือมุมคาสเตอร์และระยะเทรล

(1) มุมคาสเตอร์ (Caster)

มุมคาสเตอร์คือมุมที่เกิดขึ้นจากการที่เส้นผ่านศูนย์กลางของคอหน้าเอียงทำมุมกับเส้นตั้งซึ่งผ่านจุดศูนย์กลางของล้อเมื่อมองจากด้านข้าง

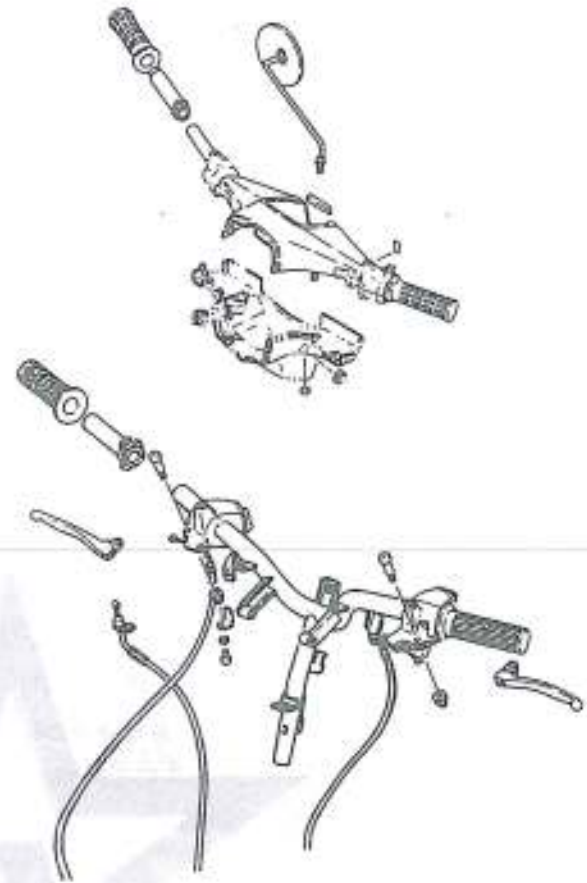
(2) เทรล (Trail)

จุดที่ลากผ่านแกนบังคับเลี้ยวมายังพื้นที่ลาดในแนวตั้งโดยผ่านจุดกึ่งกลางของแกนล้อมายังพื้น เมื่อมุมคาสเตอร์และมุมเทรลมากการทรงตัวและการบังคับเลี้ยวจะดีมากที่ความเร็วสูงๆแต่ที่ความเร็วต่ำๆแอสต์จะหนักมากในทำนองเดียวกันถ้ามุมคาสเตอร์ และมุมเทรลน้อย ที่ความเร็วต่ำๆจะดีเพราะแอสต์จะเบาแต่ที่ความเร็วสูงๆการทรงตัวจะไม่ดีเนื่องจากการรักษาแนวตรงลดลง

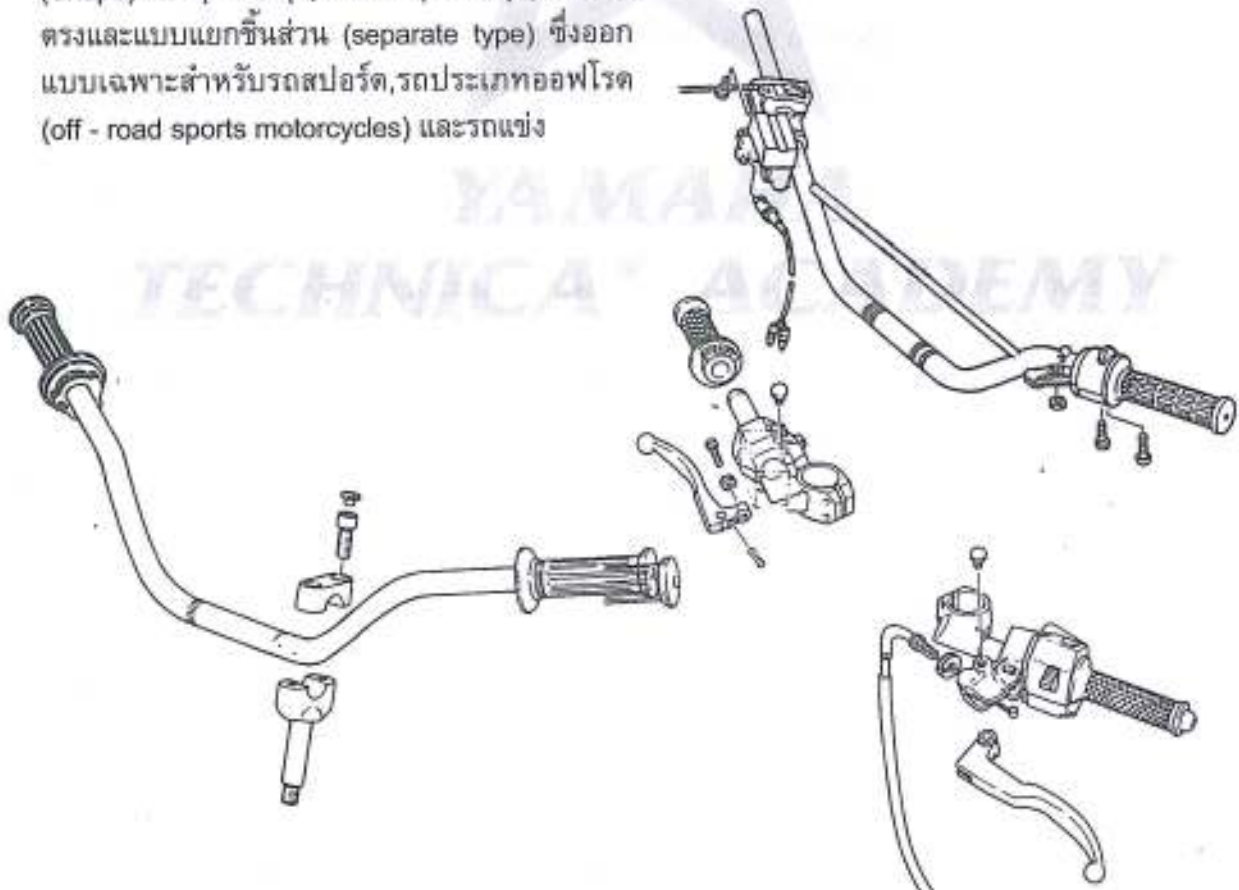


3. แฮนด์บาร์ (Handlebar)

แฮนด์บาร์เป็นสิ่งที่ยึดจับโดยตรง ซึ่งความกว้าง, ความสูง และมุมของแฮนด์ จะเป็นตัวกำหนดตำแหน่งการขับขี่ ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเสถียรภาพของรถมอเตอร์ไซด์ (Motorcycle Stability) ดังนั้นออกแบบแฮนด์ให้ตรงกับวัตถุประสงค์ และคุณลักษณะของรถมอเตอร์ไซด์ วัสดุที่นิยมใช้คือท่อเหล็กกล้า (Steel tubes) และท่อเหล็กกล้ากับเหล็กแผ่น (Steel tubes and iron plates) ท่อเหล็กกล้าจะนิยมใช้กับรถแบบโมเพดและรถครอบครัว (mopeds and family motorcycle)



แฮนด์บาร์แบบท่อจำแนกตามลักษณะรูปร่าง (Shape) คือ Up - swept, Semi - up - swept, แบบท่อตรงและแบบแยกชิ้นส่วน (separate type) ซึ่งออกแบบเฉพาะสำหรับรถสปอร์ต, รถประเภทออฟโรด (off - road sports motorcycles) และรถแข่ง



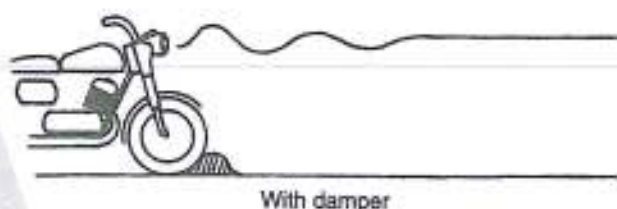
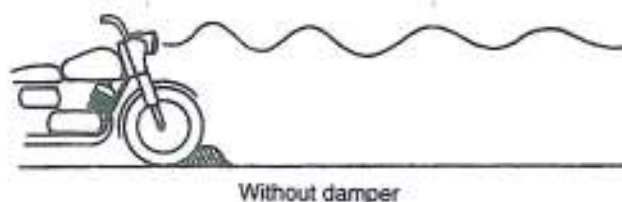
[3] ระบบรองรับน้ำหนัก (Suspension)

1. รายละเอียดของระบบรองรับน้ำหนัก

(Description of the suspension system)

ระบบรองรับจะติดตั้งอยู่ระหว่างโครงรถและเฟลสล้อ เป็นตัวดูดซับแรงสั่นสะเทือน ซึ่งมีระบบดูดซับทั้งข้างหน้าและข้างหลัง

ตัวดูดซับจะช่วยลดแรงสั่นสะเทือนที่ล้อรถได้รับ และป้องกันไม่ให้แรงนั้นกระทำต่อโครงรถโดยตรง ซึ่งทำให้การขับขี่สบายมากขึ้น และช่วยปกป้องล้อรถจากการกระแทกกับผิวถนน นอกจากนี้ตัวดูดซับยังช่วยให้เครื่องยนต์มีความเสถียรภาพมากขึ้น จากการส่งผ่านแรงขับและแรงเบรกไปยังพื้นตัวดูดซับ (Shock absorber) จะมีความแตกต่างกันด้านโครงสร้าง, การทำงานและรูปร่าง ระหว่างระบบรองรับข้างหน้าและระบบรองรับหลัง (Front and rear suspension systems) แต่องค์ประกอบของทั้ง 2 กรณี จะประกอบด้วยสปริงและแดมเปอร์ (Springs & Dampers)



(1) สปริง (Spring)

โดยปกติขดลวด สปริงและยาง อาจจะใช้แยกกันหรือร่วมกันก็ได้

(2) แดมเปอร์ (Damper)

ถ้าใช้ขดลวดสปริงเพียงอย่างเดียวมาทำเป็นตัวดูดซับแรง (Shock absorber) การสั่นที่เป็นผลมาจากพื้นผิวถนน (Road shock) จะสั่นไม่หยุดและอาจจะเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดสะท้อน (Resonance) ซึ่งทำให้สั่นรุนแรงมากขึ้น ดังนั้น จึงจำเป็นต้องใช้แดมเปอร์น้ำมัน (Oil Damper) ดูดซับการสั่นให้หยุดสั่นได้เร็วขึ้น

หลักการทํางาน (Principle of operation)

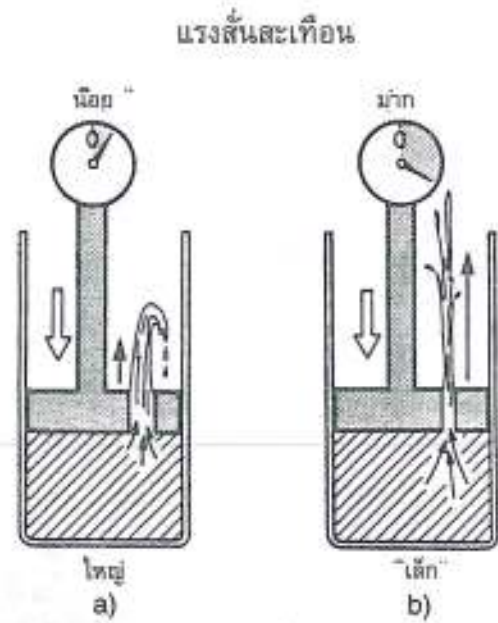
- เมื่อลูกสูบที่มีรูสำหรับน้ำมันผ่าน หรือ วาล์วเคลื่อนที่ขึ้นและลงภายในกระบอกสูบที่ปิดมิดชิด (Sealed Cylinder) น้ำมันจะต้องไหลผ่านรูน้ำมัน (รูเล็กๆ) (Orifices) ในลูกสูบ ซึ่งการไหลของน้ำมันจะถูกแรงต้านทานการไหลจากรูน้ำมัน (Orifices) เมื่อตัวดูดซับแรง (Shock absorber) เกิดการหดตัว (Contract) น้ำมันจะไหลผ่านช่องที่มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาดใหญ่ และเมื่อเกิดการต่ง (Rebounds) น้ำมันจะไหลผ่านรูเล็ก ดังนั้น ตัวดูดซับแรง (Shock absorber) จะหดตัวอย่างเร็วและต่งกลับอย่างช้าๆ ซึ่งจะดูดซับการสั่น (Vibration) ที่ขดลวดสปริง

- a) วาระบายมีขนาดใหญ่แรงสั่นสะเทือนจะน้อย

*ความเร็วลูกสูบเท่ากัน

- b) วาระบายมีขนาดเล็กแรงสั่นสะเทือนจะมาก

*ความเร็วลูกสูบเท่ากัน

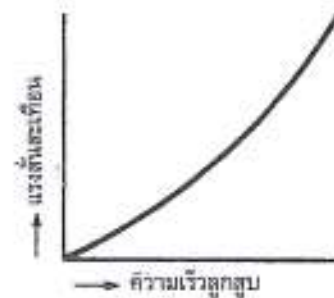
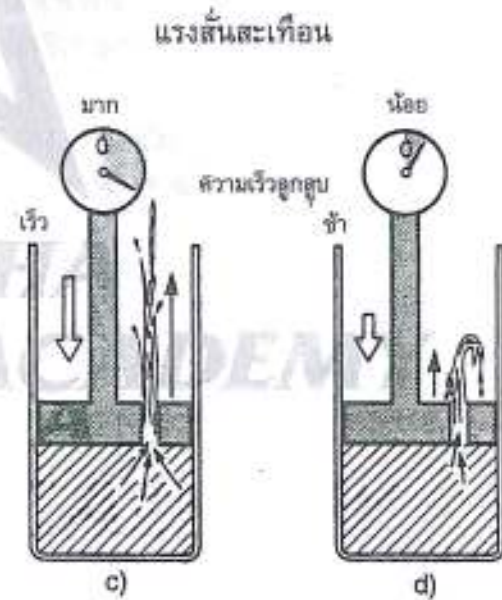


- c) ลูกสูบเคลื่อนที่เร็ว
แรงสั่นสะเทือนมาก

*ขนาดวาระบายเท่ากัน

- d) ลูกสูบเคลื่อนที่ช้าแรงสั่นสะเทือนน้อย

*ขนาดวาระบายเท่ากัน



2. ระบบรองรับน้ำหนักหน้า (Front suspension system)

ระบบรองรับน้ำหนักหน้า รวมถึงระบบบังคับเลี้ยว (Steering system) ด้วยซึ่งเป็นตัวรองรับล้อหน้า และลดแรงกระแทกจากพื้นถนน (Road shock) ที่กระทำต่อระบบบังคับเลี้ยว

(1) ชนิดของระบบรองรับน้ำหนักหน้า (Type of front suspension system)

ระบบนี้มีหลายชนิด แต่มีสองชนิดที่จะกล่าวต่อไปนี้ ซึ่งใช้กันมากที่สุด

① ใช้คานแบบ Telescopic (Telescopic fork)

ใช้คานแบบ Telescopic ประกอบด้วย ท่อภายใน (Inner tube) และท่อภายนอก (Outer tube) ปลายด้านล่างของท่อภายนอก ยึดกับเฟลาล้อหน้าและปลายด้านบนของท่อภายในยึดกับด้านล่างของเหล็กโครงแฮนด์ (Bracket) ใช้คานแบบ Telescopic จะหดตัวและยืดออกด้วยแรงสปริงและแอมเพอร์น้ำมัน (Oil damper) ระบบนี้จะมีคุณสมบัติความคงรูป (Rigidity) สูง และระยะหดตัว (Damping stroke) ยาวจึงมีการดูดซับ (Damping effect) แรงสะเทือนได้มาก ในปัจจุบันนี้ใช้คานแบบนี้ที่นิยมใช้อย่างแพร่หลาย ใช้คานแบบ Telescopic บางชนิดจะใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดเล็กที่ไม่มีแอมเพอร์น้ำมัน (Oil damper) และใช้ทดแทนแอมเพอร์ยาง (Rubber damper) ถ้าดูความแตกต่างทางด้านโครงสร้างแล้ว จะแบ่งเป็น "ชนิดทั่วไป (ชนิดลูกสูบเลื่อนไปมา)" (General type) และ "ชนิดมีสปริงภายใน" (Inner spring type)

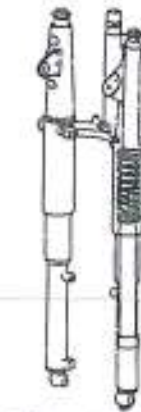
○ ชนิดทั่วไป (ชนิดลูกสูบเลื่อนไปมา)

(General type (piston slide type))

ลูกสูบและลูกเลื่อนโลหะเลื่อนไปกับท่อภายนอก กล่าวคือ พื้นสัมผัสน้อยและแรงดันผิว (Surface pressure) สูง ตัวสปริงจะติดตั้งด้านนอกของท่อภายใน แอมเพอร์ (Damper) จะใช้เนื้อที่ระหว่างท่อภายในและท่อภายนอก กล่าวคือ ความคงรูป (Rigidity) ด้านเดียวนั้นไม่แข็งแรง (Weak) การเปลี่ยนคุณลักษณะของแอมเพอร์จะง่ายภายใต้แรงกดสูง (Severs) และระยะหดตัว (Stroke limit) ประมาณ 150 มม. ชนิดนี้นิยมใช้กับรถที่ใช้ในเชิงธุรกิจ (Business model)

○ ชนิดมีสปริงภายใน (Inner spring type)

ชนิดนี้ถูกพัฒนาโดยบริษัทของอิตาลี ชื่อ Ceriani ท่อภายในและท่อภายนอกเลื่อนทิศทางตรงกันข้ามกัน (Indirect) แบบต้านกันเอง ดังนั้น พื้นผิวสัมผัสจึงมีมากและแรงดันผิว (Surface pressure) ต่ำ ทำให้ระยะหดตัวได้มากกว่า (สามารถทำได้ถึง 300 มม.) ตัวแอมเพอร์ (Damper) ทำงานเป็นอิสระอยู่ภายในท่อของท่อภายใน ซึ่งเปลี่ยนแปลงคุณลักษณะได้ไม่มากนัก ซึ่งนิยมใช้กับรถจักรยานยนต์แบบสปอร์ต แม้แต่ชนิดสปริงภายใน (Inner spring type) ก็มีชนิดลูกสูบเลื่อน (Piston slide type) และแอมเพอร์ (Damper) อิสระอยู่ภายในท่อภายนอก ซึ่งความแตกต่างทางโครงสร้างขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

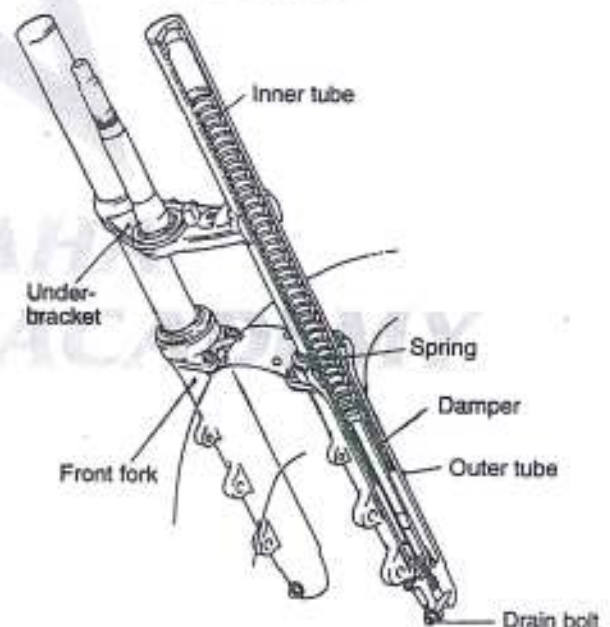


Piston slide type



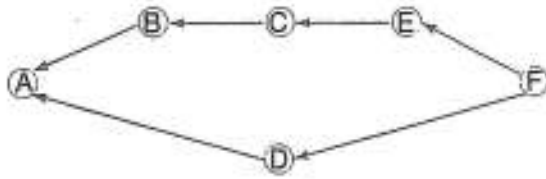
Inner spring type

FRONT SUSPENSION

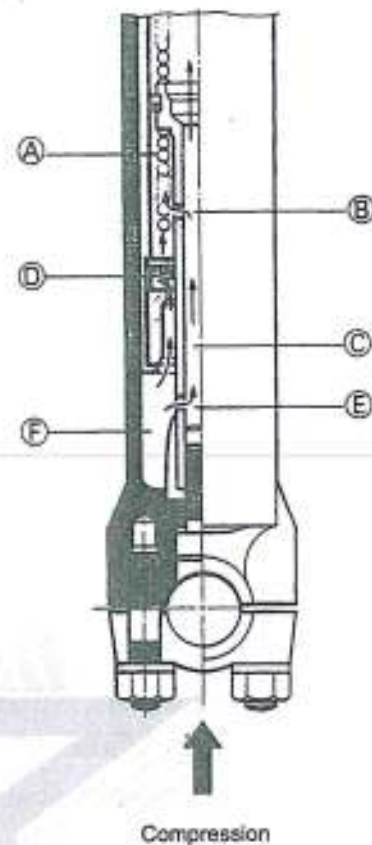


② การทำงาน(Operation)

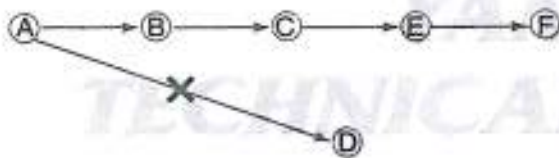
○ การไหลของน้ำมันในช่วงมีการอัด(Oil flow at compression)



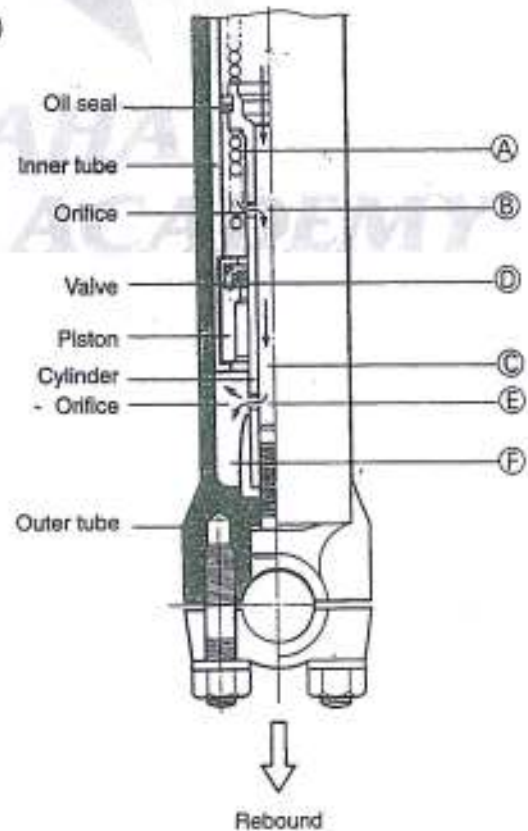
วาล์ว ④ เปิด น้ำมันไหลโดยไม่มีแรงต้านทานมาก



○ การไหลของน้ำมันในช่วงคืนตัว (Oil flow at rebound)

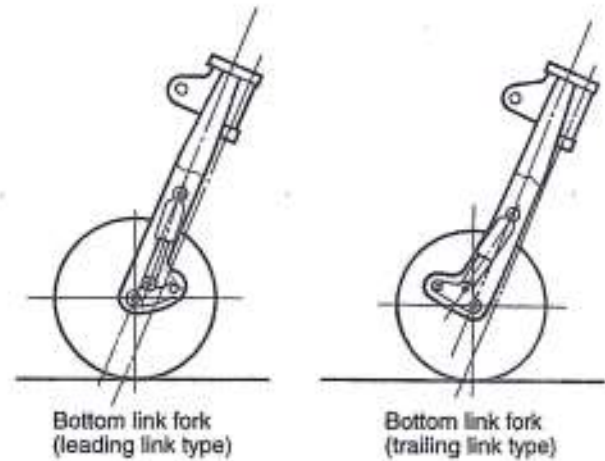


วาล์ว ④ ปิด ทำให้น้ำมันไหลผ่านได้เฉพาะรูเล็กๆ ③ และ ⑤ เท่านั้น ทำให้แรงกระแทก (Shock) ถูกดูดซับ



③ โช๊คหน้าแบบเชื่อมต่อ (โช๊คแบบเชื่อมต่อด้านล่าง) (Link-type fork, bottom link fork)

โช๊คแบบเชื่อมต่อ ทำมาจากแผ่นโลหะและมีตัวกันกระแทกติดอยู่ภายใน ปลายด้านล่างของโช๊คจะรองรับล้อด้านหน้าผ่านการเชื่อมต่อ ตัวกันกระแทกประกอบด้วยสปริงขดลวด และกันกระแทกแบบน้ำมัน การทำงานที่ราบเรียบ สามารถแก้ไขได้จากการเชื่อมต่อนี้เอง แต่ว่ามันเป็นไปได้ที่จะสามารถเดินทางยาวๆ ด้วยล้อและเก็บอาการสะเทือนมากๆ ได้ โช๊คในลักษณะนี้ส่วนมากใช้สำหรับรถจักรยานยนต์แบบครบครัน และรถจักรยานยนต์มี 2 ลักษณะ การเชื่อมแบบนำ และการเชื่อมต่อแบบลากตามเฉื่อย และตำแหน่งของเพลาล้อ

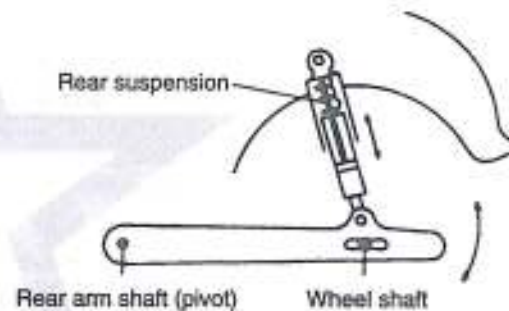


3. ระบบรองรับน้ำหนักหลัง (Rear suspension system)

ไม่เหมือนกับระบบรองรับน้ำหนักหน้า ระบบรองรับน้ำหนักหลังไม่มีระบบบังคับเลี้ยวมัน เพียงตัวรองรับล้อหลังและกันกระแทกจากถนนกับล้อหลังเท่านั้น

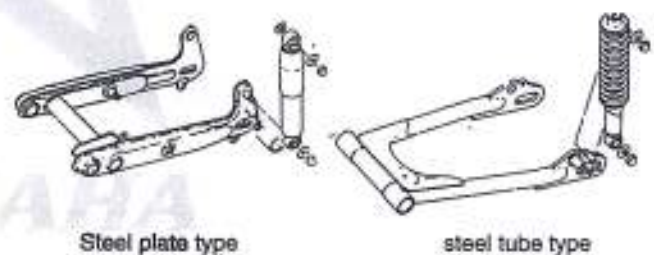
(1) ชนิดของระบบรองรับน้ำหนักหลัง (Type of rear suspension system)

ระบบของรองรับล้อหลังนั้นมีหลายชนิด แต่ว่ามีอยู่ 2 ชนิด ต่อไปนี้ที่ใช้กันในปัจจุบัน



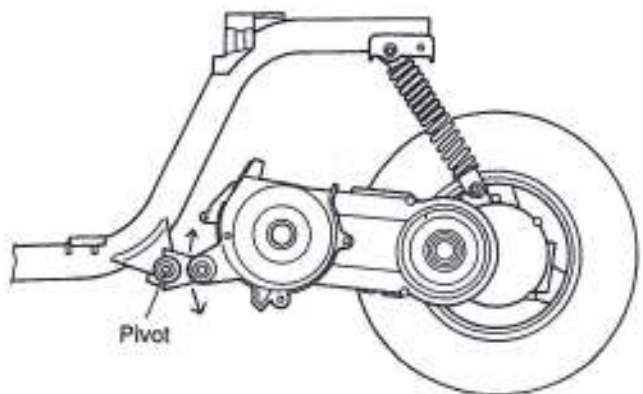
① แบบสวิงอาร์ม (Swing arm type)

แขน 2 แขนจะมีจุดยึดที่หมุนได้ที่โครงและปลายของแขนอื่นๆ รองรับล้อหลัง ตัวกันกระแทกถูกวางตำแหน่งระหว่างปลายด้านหลังของแขนและโครงรถที่ใช้ของใช้งาน จะใช้สวิงอาร์มแบบเหล็กแผ่น ส่วนรถสปอร์ตและรถครบครันจะใช้สวิงอาร์มแบบท่อเหล็ก



② แบบยูนิตสวิงอาร์ม (Unit swing type)

ตัวเครื่องยนต์ทำหน้าที่เป็นสวิงอาร์ม นั่นคือ เครื่องยนต์แกว่ง สวิงอาร์มชนิดนี้ใช้สำหรับรถจักรยานยนต์ขนาดเล็กเช่น รถสกู๊ตเตอร์ รถจักรยานยนต์แบบครบครันและรถแบบซีเลนท์ๆ



(2) ชุดใช้ค้ำหลัง (Rear cushion unit)

ชุดใช้ค้ำหลัง ทำงานเหมือนกับใช้ค้ำหน้าแบบเทเลสโคปิก ซึ่งมีหลายๆ ลักษณะด้วยกัน การสร้างก็แตกต่างกันไป และหน้าที่ของตัวดูดซับแรงกระแทกก็แตกต่างกันไปด้วย

① จำแนกประเภทตามลักษณะโครงสร้าง

(Classification by construction)

ตัวกันกระแทก ซึ่งมีช่องกักเก็บแรงกระแทกที่ถูกวางตำแหน่งในส่วนบนของตัวกันเรียกว่า "แบบกลับหัว" (Inverted type) ขณะที่ตัวของมันพร้อมกับช่องดูดซับแรงกระแทกอยู่ในส่วนล่างซึ่งเรียกว่า "แบบตั้งตรง" (Erected type) แบบตั้งตรงนี้ยังแบ่งออกไปอีก เป็นแบบกระบอกสูบเดี่ยวและแบบกระบอกสูบคู่ ซึ่งแตกต่างกันไปในทิศทางการทำงานของแรงกระแทก (Damping force) ซึ่งเป็นการทำงานเพียงทางเดียว (เมื่อเกิดการยืดตัว) แต่แบบอื่นๆ ทำงานได้ 2 ทิศทาง (ทั้งเมื่อเกิดการยืดและเมื่อมีการหดตัว) รถจักรยานยนต์ขนาดเล็กจำนวนมากใช้กระบอกสูบแบบกลับหัว, กระบอกเดี่ยว, แบบทางเดียวและ รถจักรยานยนต์ขนาดกลางใช้แบบตั้งตรง กระบอกสูบคู่ แบบทางเดียว ส่วนจักรยานยนต์ที่ขนาดใหญ่สมรรถนะสูง และแบบออฟโรด จะใช้แบบตั้งตรง กระบอกสูบคู่ แบบสองทิศทาง

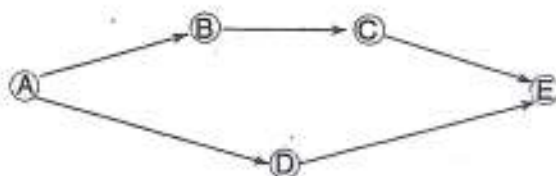
② ชื่อของชิ้นส่วนสำคัญของใช้ค้ำ

- บัช (Eye bush)
- น้ำมันใช้ค้ำ
- แบริ่ง
- แกนสูบ
- ยางกันกระแทก (Damper rubber)
- สปริง
- ลูกสูบ
- วาล์ว
- ซีลน้ำมัน

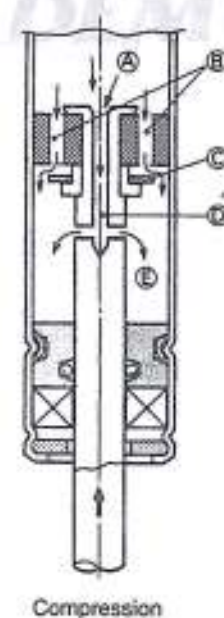
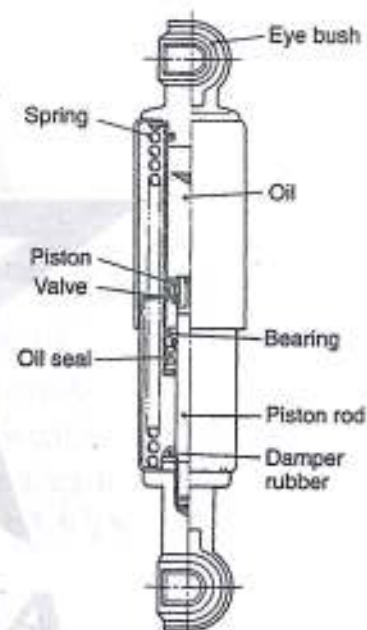
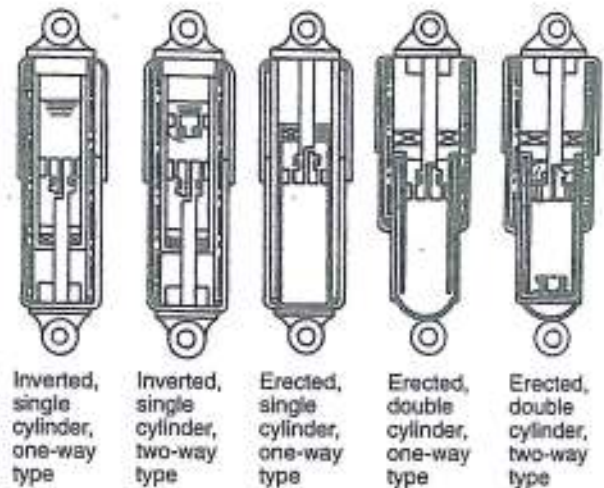
③ หลักการทำงาน (Operation principle)

- น้ำมันไหลเมื่อมีการอัด

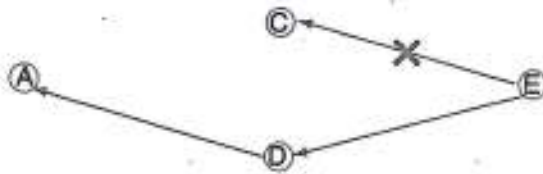
วาล์ว ③ เปิด น้ำมันผ่าน ⑤ เกิดแรงต้านทานไม่มาก (Damping)



Valve ③ opens. Oil passes ⑤ to make not much resistance (damping).

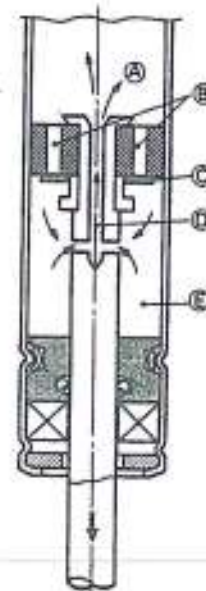


○ Oil flow at rebound



น้ำมันไหลกลับ

วาล์ว C ปิด น้ำมันผ่านเพียงตามรู D โดยไม่มีการผ่านไปที่ B เป็นการเพิ่มความต้านทาน (การหน่วง) (Damping)

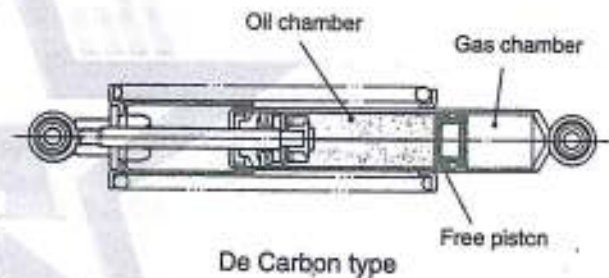


Rebound

④ ชนิดกันรั่วแก๊สไนโตรเจน

(Nitrogen gas sealed type)

ระบบรองรับชนิดนี้เป็นแบบกระบอกสูบเดี่ยว, หัวกลับแก๊สไนโตรเจน ถูกกั้นไว้ในกระบอกสูบของแอดมเปอร์น้ำมัน (Oil damper) และถูกอัดด้วยลูกสูบอิสระ ร่องน้ำมันถูกเติมด้วยน้ำมัน และโครงสร้างของมันเป็นให้อากาศเข้าไปได้ จึงทำให้เกิดการหน่วง (Damping effect) ที่แน่นอนและมีความคงที่ ระบบรองรับแบบ De Carbon นี้ (ชื่อของผู้ประดิษฐ์) ส่วนมากใช้กับรถจักรยานยนต์ออฟโรด ขนาดใหญ่ และไมโครส

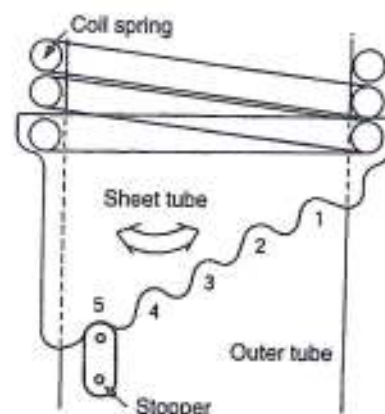


De Carbon type



⑤ ชนิดปรับตามภาระ (load adjustment type)

โหลด (Load) ที่กระทำต่อระบบรองรับด้านท้ายขึ้นอยู่กับจำนวนผู้ขับขี่และจำนวนของที่บรรทุก เปลี่ยนตามผู้ขับขี่, ความเร็วในการขับขี่ และสภาพถนนในการขับขี่



(3) โช้คแบบโมโนโครอส (Monocross suspension)

นี่คือแขนแกว่งแบบหนึ่งแต่ว่ามันมีรูปแบบที่แปลกออกไป และตัวของตัวดูดซับแรงกระแทกที่มีตำแหน่งติดตั้งอยู่ ระบบโช้คแบบโมโนโครอสดั้งเดิมนั้นประดิษฐ์โดย นาย Telkens แห่งเบลเยียม และต่อมาได้รับการปรับปรุงโดยยามาฮา เพื่อการใช้งานเชิงปฏิบัติกับคู่แข่งในสนามและรถจักรยานยนต์สปอร์ต รวมทั้งรถจักรยานยนต์ออฟโรด

เค้าโครงของกลไก (Mechanism outline)

โช้คโมโนโครอสมีตัวดูดซับแรงกระแทกอันเดียว ปลายด้านหน้าของตัวดูดซับแรงกระแทกถูกวางระหว่างปลายท่อของโครงและข้อต่อของถังและปลายด้านหลังอยู่ด้านบนสวิงอาร์มด้านหลัง ที่สร้างเป็นสามเหลี่ยมกลไกนี้รับการสั่นสะเทือนโดยการถ่ายโอนการเคลื่อนไหวทางตรงของล้อหลังไปยังทิศทางด้านหน้าและด้านหลัง

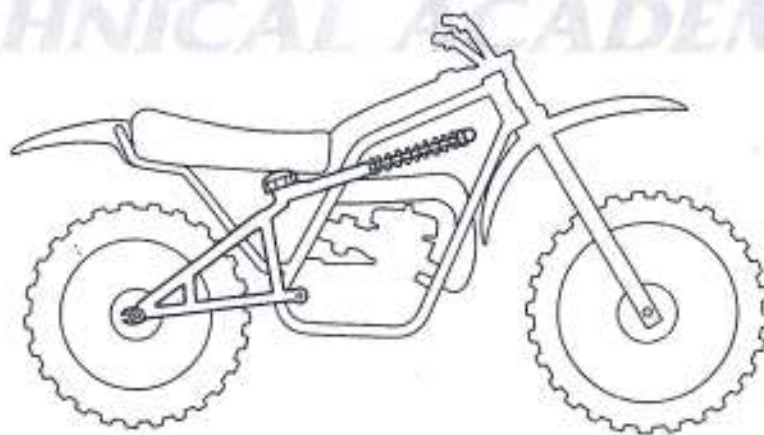
โครงสร้างและการทำงาน (Construction and operation)

โช้คแบบโมโนโครอสมีโครงสร้างทั้งหมดที่ประกอบด้วยโครง, สวิงอาร์มและตัวดูดซับแรงกระแทก ซึ่งตัวดูดซับแรงกระแทกใช้แก๊สเฉื่อย (ไนโตรเจน), น้ำมัน, สปริงขดลวดและยางเป็นวัสดุดูดซับ (Absorbing material) โช้คเพื่อให้การทำงานของตัวดูดซับแรงกระแทกนั้นนุ่มที่สุด ตัวดูดซับแรงกระแทกแตกต่างไปจากโช้คตั้งตรงสองกระบอกสูบก่อนหน้าซึ่งน้ำมันโช้ค ถูกแบ่งแยกออกมาจากแก๊สแรงดันสูงด้วยวาล์ว และแผ่นยาง

ผลกระทบ (Effect)

ในระบบรองรับการสะเทือนล้อหลังจะใช้โช้คอัพท้ายและชาวเป็นตัวรองรับการสะเทือน โดยรับแรงสะเทือนผ่านจากสวิงอาร์ม เมื่อโช้คอัพหลังได้รับแรงสะเทือนจากถนน โดยมีการทำงานแยกกันของโช้คอัพหลังทั้งซ้ายและขวาจึงส่งผลให้รถเกิดการส่ายหรือเสียการทรงตัว เนื่องจากการส่งถ่ายแรงสะเทือนไม่เท่ากันทั้งด้านซ้ายและขวา อย่างไรก็ตาม โช้คหลังแบบโมโนโครอสได้รับการพัฒนาให้ใช้โช้คอัพหลังตัวเดียวรองรับกับสวิงอาร์มที่เป็นรูปสามเหลี่ยม สามารถขจัดปัญหาการเสียการทรงตัวที่เกิดจากการยุบตัวไม่เท่ากันของโช้คหลังให้หมดไป

ดังนั้น ตำแหน่งของสวิงอาร์มแกนล้อหลังและโช้คหลังที่มีอัตราส่วน 1.2 - 1.5 ถูกเพิ่มเป็น 5.0 ในส่วนที่เพิ่มขึ้นนี้ทำให้มีการพัฒนาระบบรองรับน้ำหนักขึ้นด้วย



(4) ใช้คโมโนโครสชนิดแขนเชื่อมต่อ (Link type monocross suspension)**ลักษณะทางกลไก (Mechanism outline)**

ระบบรองรับน้ำหนักแบบอัตราการยกตัวอย่างต่อเนื่องโดยกลไกเชื่อมต่อ ซึ่งประกอบด้วยแขนเชื่อมต่อรูปตัว I และรูปตัว L ที่ติดตั้งระหว่างสวิงอาร์มและโช๊คอัพ เพื่อให้คุณสมบัติของการกระแทกสปริงที่ได้ผลสำหรับการเปลี่ยนแปลงต่างๆ กันในพื้นที่ผิวของท้องถนน

วัตถุประสงค์ของการพัฒนา (Development objective)

ยามาฮา ซึ่งเป็นผู้นำในอุตสาหกรรมรถจักรยานยนต์เทคโนโลยีของการพัฒนาโช๊คด้านหลัง ได้พัฒนาการเชื่อมต่อใหม่สำหรับใช้กับโมโนโครสเพื่อที่จะปรับปรุงหน้าที่การทำงานของระบบกันสะเทือน

โครงสร้างและการทำงาน (Construction and operation)

ใช้คแบบโมโนโครสใหม่นี้มีก้านรูปตัว I (ตัวไอ) และแขนรูปตัว L (ตัวแอล) ที่ติดตั้งระหว่างสวิงอาร์มและโช๊คอัพ เพื่อให้กำเนิดการเปลี่ยนแปลงอัตราส่วนของคันโยกในการใช้งานของหลักการทำงานของคันโยกการต่อขยายที่สมบูรณ์ใกล้เคียงๆ กัน อัตราส่วนของคันโยกนั้นจะมาก ดังนั้น ว่าสปริงจะนุ่มและชุดกันกระแทกทำงานนุ่มนวล ขณะที่ช่วงจังหวะต่ำต่อเนื่องไปนั้น อัตราส่วนของคันโยกค่อยๆ น้อยลง และกันกระแทกสปริงยังคงอยู่แข็งแรงขึ้น เป็นการตอบสนองกับอัตราส่วนของคันโยก อัตราส่วนของคันโยกจะน้อย ดังนั้น จะทำให้สปริงแข็งตัวและชุดกันกระแทกแข็งแรงขึ้น จากการเปลี่ยนอัตราส่วนของคันโยกนี้เอง ทั้งการขับขี่ที่นุ่มและโช๊คที่แข็ง นั้นทำให้ความลำบากของการนั่งหายไป

กำลังการกระแทกของตัวกันกระแทกก็สามารถปรับแต่งได้ตรงที่ขยายออกไปและด้านที่มีการกดอัด

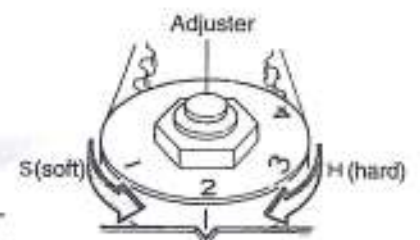
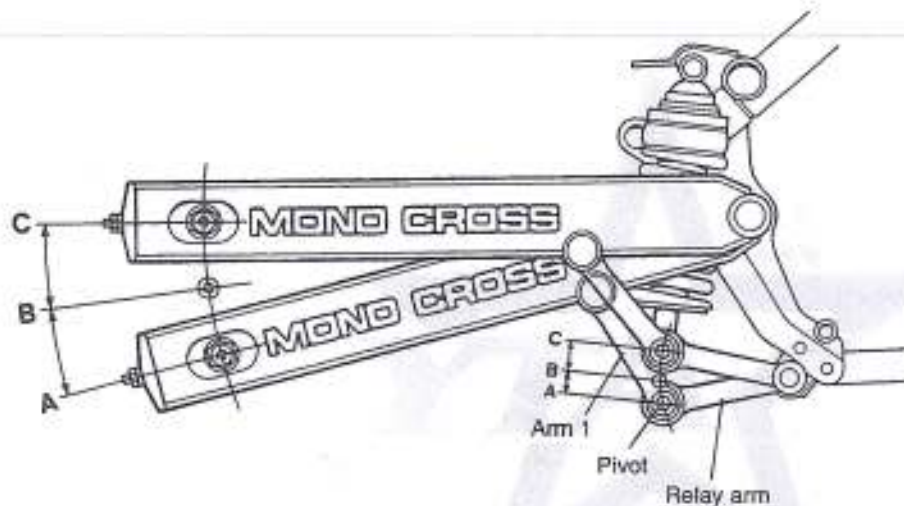
ผลกระทบ (Effect)

จังหวะของล้อทำให้สปริงแน่นขึ้นและชุดกันกระแทกแข็งแรงขึ้น ดังนั้นช่องว่างเล็กๆ หรือการสั่นสะเทือนที่ดีจึงได้รับการดูดกลืนอย่างนุ่มนวล และการสั่นสะเทือนมากหรือการกระโดดนั้นก็ได้รับการดูดกลืนอย่างนุ่มนวล จากการทำงานแรกเริ่มของโช๊ค อย่างไรก็ตาม ขณะระยะชักทำงานอย่างต่อเนื่อง โช๊คที่แน่นจะกดอัดด้านล่างและช่วยป้องกันการเคลื่อนไหวของรถจักรยานยนต์ที่ผิดปกติ สิ่งนี้ปรับปรุงการขับขี่ที่สะดวกสบายและเพิ่มความมั่นคง

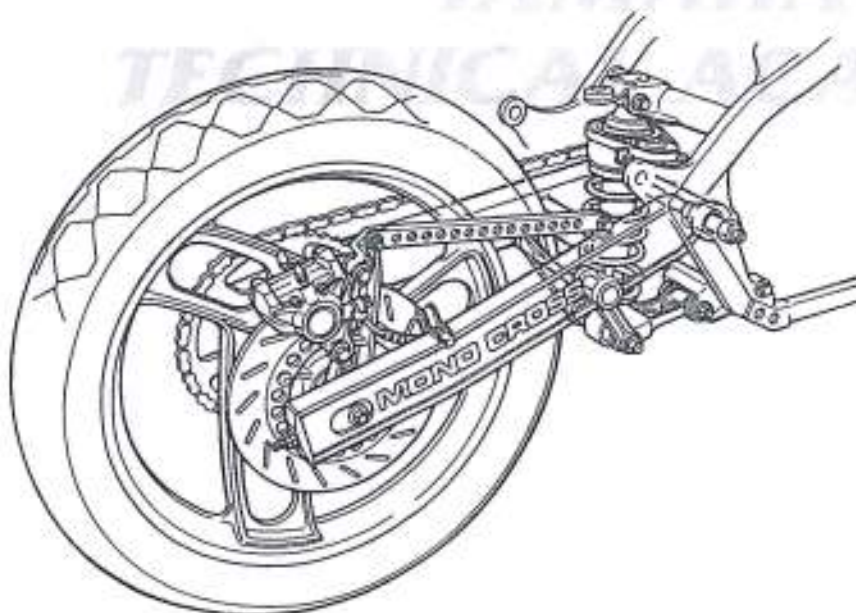


(5) โช๊คโมโนโครอสชนิดแขนต่อแบบใหม่ (New link type monocross suspension)

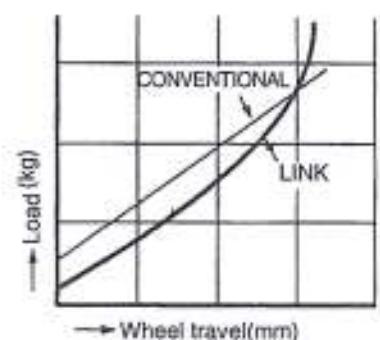
เนื่องจากยางกันกระแทกจะเปิดส่วนโค้งบนข้อต่อของแขนเหวี่ยง (Relay arm) จึงหวั่นการกระแทกของโช๊คเปลี่ยนแปลงไป เมื่อล้อเคลื่อนตัวไปในจังหวะเดียวกัน ขณะที่จังหวะล้อเพิ่มมากขึ้น แขนที่ 1 จะทำให้แขนเหวี่ยงเคลื่อนไหวมากขึ้น ดังนั้น ขึ้นอยู่กับตำแหน่งที่จังหวะของล้อ ความเร็วของการเคลื่อนไหวของกระบอกโช๊คในยางกันกระแทกเปลี่ยนไป และกำลังของกระแทกยังต่างกันไป แม้ว่าความเร็วการเคลื่อนไหวของล้อจะเหมือนกัน ด้วยเหตุนี้เอง เมื่อจังหวะล้อน้อย (ที่ขึ้นแรกเริ่มของจังหวะ) การกระแทกของยางกันกระแทกก็นุ่ม มันแข็งเล็กน้อยในจังหวะตอนกลางจังหวะ และแข็งในตอนที่จังหวะเต็มที่ นั่นคือระบบโช๊คแบบนี้คุณสมบัติของการกันกระแทกที่ดีเยี่ยมและส่วนล่างก็แข็งแรง



Tuning direction of adjuster	Adjuster position	Spring position
Hard side	5	Hard ↑
	4	
	3	
Standard position	2	•
Soft side	1	Soft



LOAD-STROKE



[4] เบรค (Brake)

เบรคของรถจักรยานยนต์แบ่งได้เป็นดรัมเบรค (Drum brakes) และดิสก์เบรค (Disc brakes) การทำงานของทั้งสองแบบอาศัยกลไกการทำงานของสายเบรคและคันเบรค (Steel cables and rods) และการทำงานไฮดรอลิก ซึ่งต้องใช้แรงดันของ ของเหลว

โดยทั่วไปแล้ว ดรัมเบรคจะใช้งานแบบกลไก และดิสก์เบรคจะใช้ไฮดรอลิก

1. ดรัมเบรค (Drum brake)

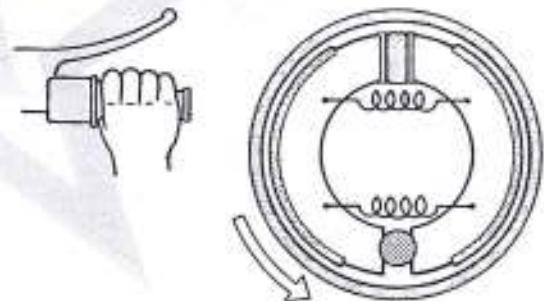
ดรัมเบรคจะมีผ้าเบรคอยู่ภายใน และจะทำให้เกิดต้านทานการหมุนของดรัม (คัมล้อ) ซึ่งใช้แรงเสียดทานหยุดการหมุนของล้อซึ่งเรียกว่า "ผ้าเบรคดันขยายตัวจากภายใน" (Internal expansion lining brake) เบรคชนิดนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายในรถจักรยานยนต์ทั่วไป และสามารถจำแนกได้ 2 ชนิด ตามลักษณะการทำงานของผ้าเบรค



(1) การทำงานของดรัมเบรค (Operation of drum brake)

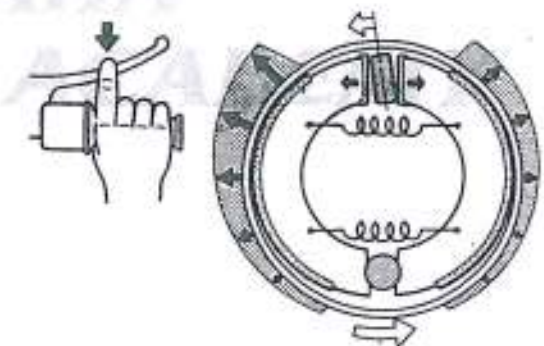
① ขณะไม่ใช้เบรค

- จะมีช่องว่างระหว่างตัวดรัมและผ้าเบรค
- ไม่ทำให้เกิดความฝืด



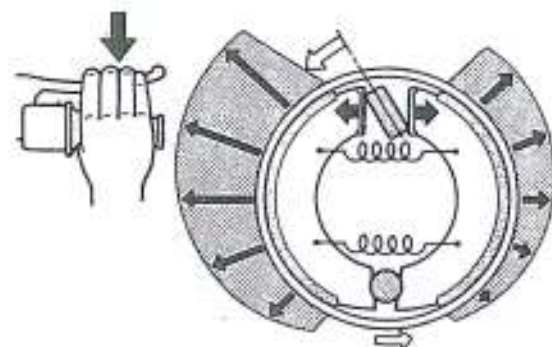
② แตะเบรค (Half brake)

- ผ้าเบรคจะถูกดันให้สัมผัสกับดรัม
- เกิดความฝืดน้อย ถ้าออกแรงเบรคน้อย



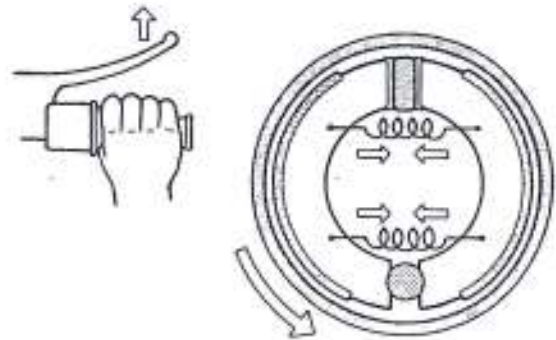
③ เบรคเต็มที่ (Full brake)

- ผ้าเบรคจะถูกดันให้สัมผัสกับดรัมอย่างเต็มที่
- เกิดความฝืดมาก ถ้าออกแรงเบรคมาก



4 ปลดปล่อยเบรก (Brake released)

- ผ้าเบรกจะถูกดึงกลับมาอยู่ที่ตำแหน่งปกติโดยแรงสปริง
- ไม่เกิดความฝืด

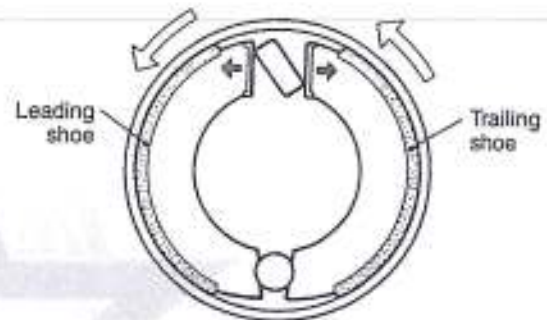


(2) ชนิดของดรัมเบรก (Type of drum brake)

① ชนิดฝักเบรกตัวหน้าและตัวท้าย

(Leading-trailing type)

มีลูกเบี้ยวตัวด้านที่มีแรงเบรกมากกว่าเรียกว่า "ฝักเบรกหน้า (Leading shoe) และอีกด้านหนึ่งเรียกว่า "ฝักเบรกตัวท้าย (Trailing shoe)



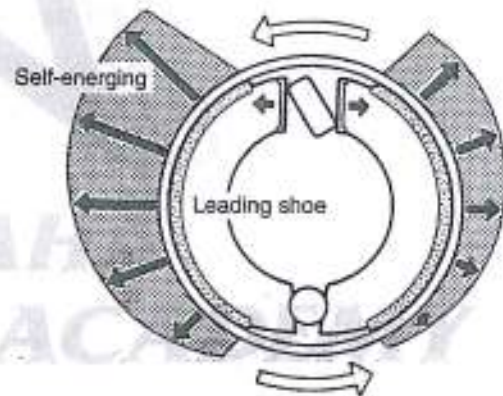
① Leading-trailing shoe type

○ หลักการทำงานของฝักเบรกตัวหน้า

(Principle of leading shoe operation)

เมื่อผ้าเบรกตัวหน้าถูกผลักดัน (ผลักดันตามทิศทางการหมุนของดรัม) โดยแรงจากลูกเบี้ยว (cam) ทำให้เกิดแรงต้านทานกับดรัม ความฝืดที่เกิดขึ้นระหว่างผ้าเบรกและดรัม ทำให้เกิดแรงเบรกเพิ่มขึ้น ในขณะที่เดียวกันฝักเบรกตัวท้ายถูกดันให้ด้านทิศทางการหมุนของดรัม ดังนั้นจึงเกิดการเบรก (Braking effect) ลดลง

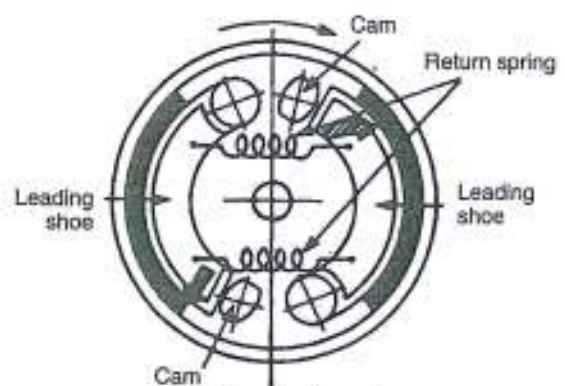
อย่างไรก็ตาม เมื่อดรัมเบรกถูกแรงกระทำในขณะหมุนกลับ (Reverse) เช่นเป็นฝักเบรกตัวหน้า (Leading shoe) จึงทำให้เบรกชนิด Leading-trailing shoe) ถูกใช้เป็นเบรกหลังเสมอ



② ชนิดที่เป็นฝักเบรกหน้าทั้งสองตัว

(Two-Leading shoe type)

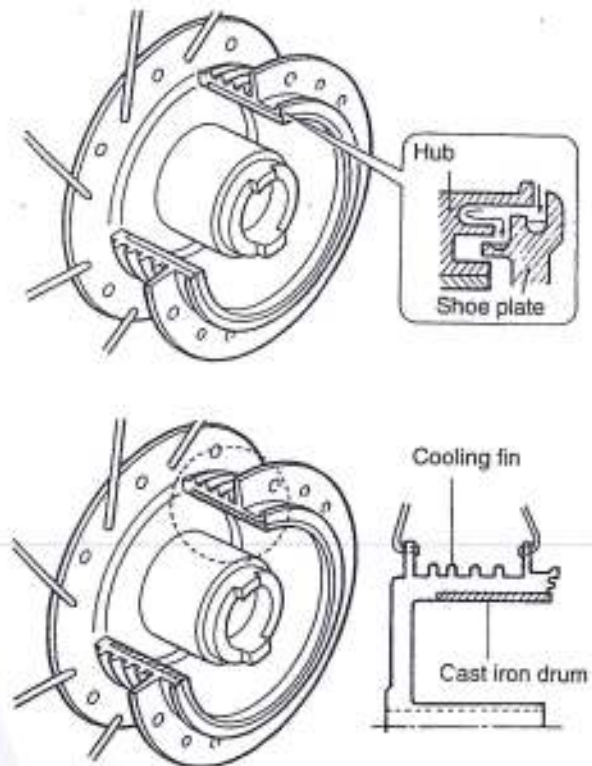
จะใช้ลูกเบี้ยวสองตัวในการผลักดันฝักผ้าเบรกทั้งสองตัวซึ่งทำให้ผ้าเบรกทั้งสองตัวเป็นแบบฝักเบรกหน้าทั้งคู่จึงทำให้เบรกชนิดนี้สร้างกำลังเบรก (Braking power) ได้ประมาณ 1-5 เท่าของชนิดฝักเบรกตัวหน้า-ฝักเบรกตัวท้าย จึงนิยมใช้เป็นเบรกหน้า (Front brake) ในรถสปอร์ต แต่ปัจจุบันได้หันมาใช้ดิสก์เบรกแทน



② Two-leading shoe type

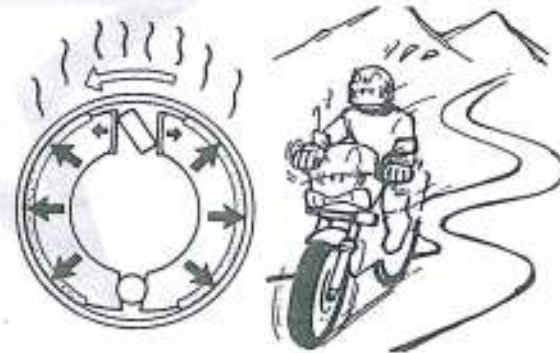
(3) ดรัมเบรค (Brake drums)

ดรัมเบรคทำจากเหล็กและยึดเข้ากับฮับ (Hub) เมื่อมีการเบรคจะทำให้เกิดความร้อน ทำให้ความผิดจากการเบรคลดลง เพื่อให้เกิดการระบายความร้อน ผิวด้านนอกของฮับจึงสวมอัดด้วยครีบกึ่งสมบัติดีเยี่ยมในการส่งผ่านความร้อน (Heat disipation) ดรัมเบรคถูกเจาะเป็นร่องเพื่อป้องกันน้ำและฝุ่นละอองถ้ามีน้ำเข้าไปน้ำจะไหลผ่านไปตามร่อง และไหลออกตามรูถ่ายน้ำทิ้ง (Drainhole) จึงทำให้ภายในดรัมไม่มีน้ำ



○ เบรคฟadin (Fading)

ปรากฏการณ์นี้จะเกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิที่ผิวของผ้าเบรค (Disc pad) สูงขึ้นและค่าสัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน (Friction coefficient) (ระดับความยากในการไถล) ของผ้าเบรค แม้ว่าความรู้สึกในการออกแรงเบรคจะไม่เปลี่ยนแปลง ทำให้การเบรคไม่มีผลในทันที



2. ดิสก์เบรค (Disc brake)

ดิสเบรคมีแผ่นดิสก์ทำจากเหล็กไวสนิมซึ่งหมุนไปกับล้อ เมื่อมีการเบรคแผ่นดิสก์จะถูกกด (Gripped) ด้วยแผ่นผ้าเบรคที่ติดหัวลูกสูบซึ่งทำงานด้วยไฮดรอลิก

(1) หลักการของดิสก์เบรค (Principle of disc brake)

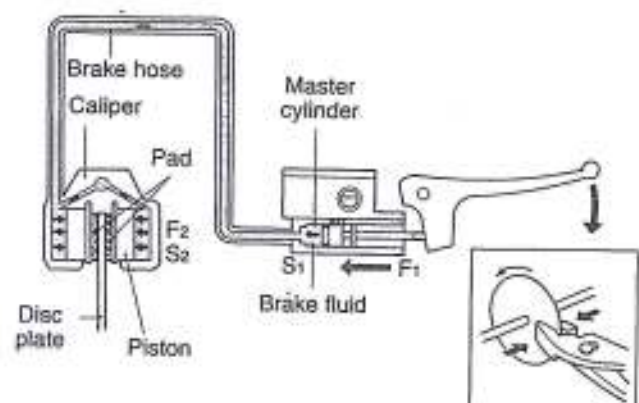
แรงไฮดรอลิกของลูกสูบในคาลิเปอร์ (Calipers) สามารถทำการคำนวณโดยใช้กฎของปาสคาล (Pascal & law)

○ กฎของปาสคาล (Pascal's law)

แรงดันจากภายนอกที่กระทำต่อของเหลวในท่อปิด (Continued) จะคงที่สม่ำเสมอ (Uniformly) ในทุกทิศทุกทางโดยไม่มีการเปลี่ยนแปลงตามขนาด เมื่อแรง F_1 กระทำต่อแม่ปั๊มเบรค (Master cylinder) จะได้ว่า

$$S_1 : F_1 = S_2 : F_2 \quad F_2 = F_1 S_2 / S_1$$

ดังนั้นถ้าอัตราส่วน S_2/S_1 มีค่ามาก จะทำให้ได้แรง F_2 เพิ่มขึ้นโดยที่ใส่แรง F_1 เพียงเล็กน้อย



(2) การทำงานของดิสก์เบรก (Operation of disc brakes)

เมื่อคันเบรกมือ หรือ คันเบรกเท้าถูกบีบหรือเหยียบ (Actuated) แม่ปั๊มเบรก (Master cylinder) จะเปลี่ยนแปลงแรงที่กระทำไปเป็นแรงดันให้กับน้ำมันเบรก ซึ่งประกอบด้วยกระปุกน้ำมันเบรก (Reservoir) และ กระบอกสูบเบรก (Cylinder) ที่ภายในบรรจุด้วยน้ำมันเบรกที่มีแรงดัน กระปุกน้ำมันเบรกทำจากพลาสติก, เหล็กหล่อ หรืออลูมิเนียมอัลลอย และประกอบรวมเข้ากับกระบอกสูบ

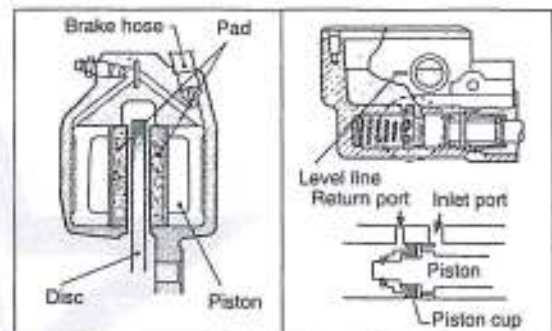
ปลายของลูกสูบแม่ปั๊มเบรก (Master cylinder piston) สวมด้วยถ้วยยาง (Rubber cup) เพื่อป้องกันการรั่วกับกระบอกสูบ และปลายอีกด้านหนึ่งก็สวมด้วยถ้วยยางปิดกั้นการรั่วของน้ำมันเบรก

○ การทำงาน (Operation)

เมื่อบีบคันเบรก ลูกสูบเอาชนะแรงสปริง ทำให้เลื่อนออกไป ถ้วยยางที่ปลายลูกสูบจะขยายตัวปิดช่องทางน้ำมันไหลกลับ (Return port) และลูกสูบเลื่อนต่อไป ทำให้ช่องเหลวในกระบอกสูบมีแรงดันเพิ่มขึ้น ของเหลวจึงไปดันตัวคาลิเปอร์ (Calipers) ผ่านสายเบรกเมื่อปล่อยคันเบรก ลูกสูบจะถูกดันกลับโดยแรงสปริง และของเหลวจะไหลกลับไปยังอ่างเก็บน้ำมันเบรก ผ่านช่องไหลกลับ (Return port)

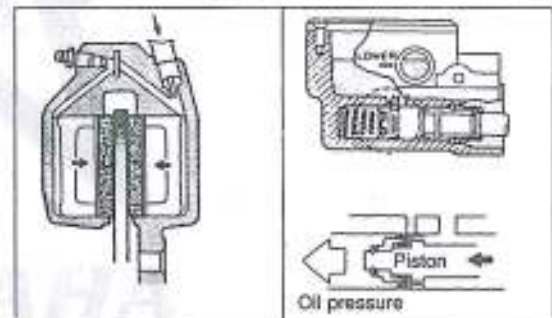
① ก่อนการทำงาน (Before operation)

- แรงดันน้ำมันเบรก = 0
- ผ้าเบรกไม่สัมผัสจานดิสก์



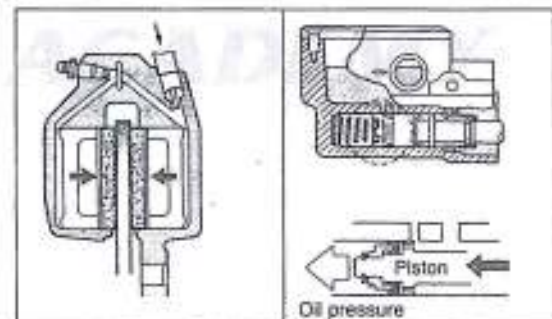
② เริ่มแตะเบรก (Beginning of operation)

- แรงดันน้ำมันเบรก : เพิ่มขึ้น
- ผ้าเบรกเริ่มสัมผัสกับจานดิสก์
- ความฝืด : น้อย
- แรงเบรก : น้อย



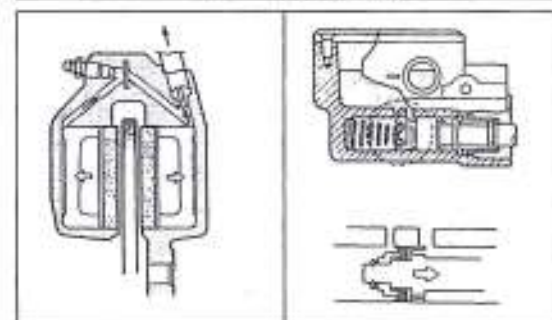
③ เบรกเต็มที่ (During operation)

- แรงดันน้ำมันเบรก : สูง
- ผ้าเบรกจับกับจานดิสก์อย่างเต็มที่
- ความฝืด : มาก
- แรงเบรก : มาก



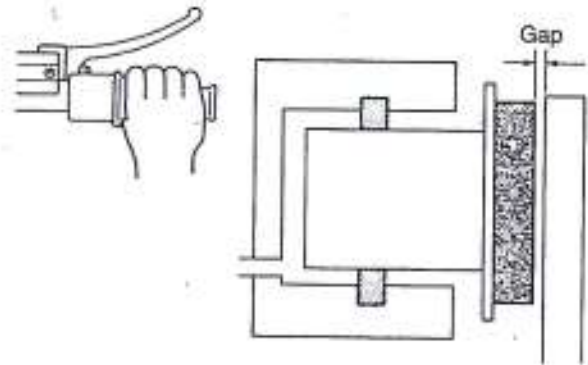
④ ปล่อยเบรก (Brake released)

- *แรงดันน้ำมันเบรก = 0
- ผ้าเบรกเลื่อนกลับไปอยู่ตำแหน่งปกติ (Original position)
- *แรงเบรก = 0



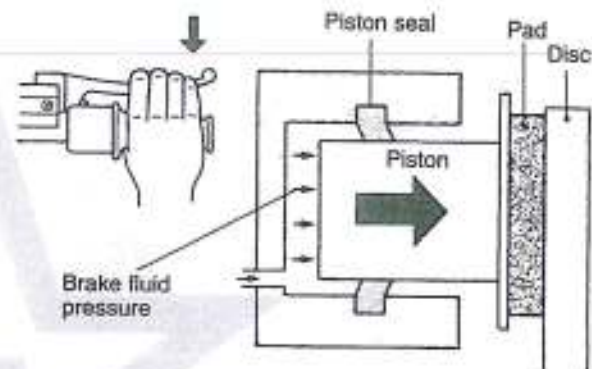
(3) ก่อนการปรับตั้งผ้าเบรคในดิสก์ถ้าเบรคอย่างอัตโนมัติ (Disc pal auto - adjustment)

① เตะเบรค (Before Operation)



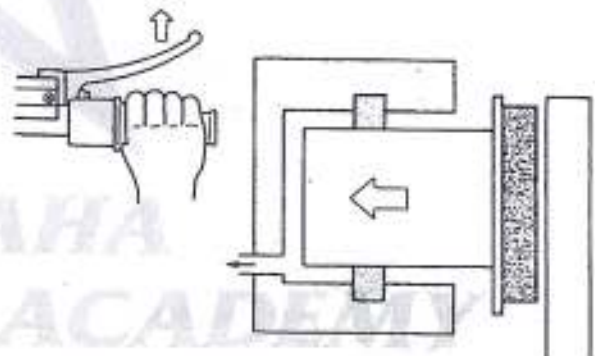
② เบรคทำงาน (Operation)

- ซีลลูกสูบเปลี่ยนรูปร่างไป
- ลูกสูบไม่เลื่อนออกจากซีล



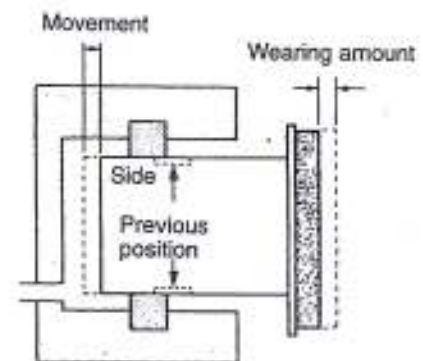
③ ปล่อยเบรค (Returning)

- ซีลลูกสูบจะดึงลูกสูบกลับมาอยู่ตำแหน่งเดิม



④ การปรับตั้งแบบอัตโนมัติ (Auto - adjustment)

- เมื่อผ้าเบรคสึกหรอและบางลง ลูกสูบจะเลื่อน (Slip) บนซีล และเลื่อนออกไปข้างหน้าเป็นระยะเท่ากับส่วนที่สึกหรอไป



(4) ชนิดของคาลิเปอร์ (Type of caliper)

มีโครงสร้าง 2 ชนิด ซึ่งผ้าเบรคถูกกระตุ้นโดยลูกสูบคาลิเปอร์ (Caliper piston)

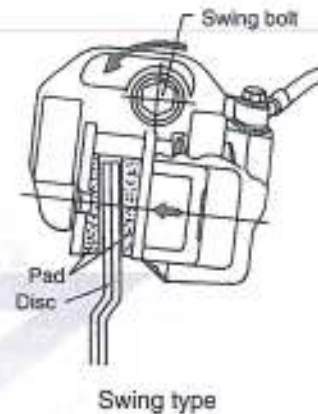
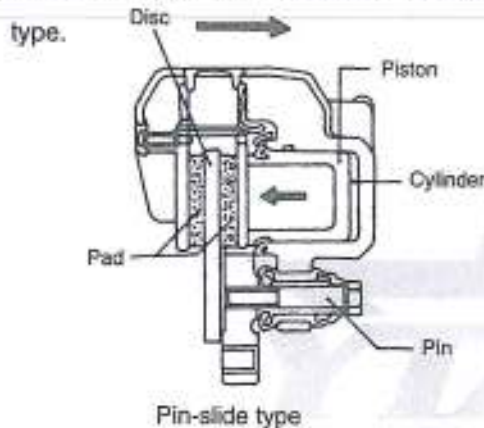
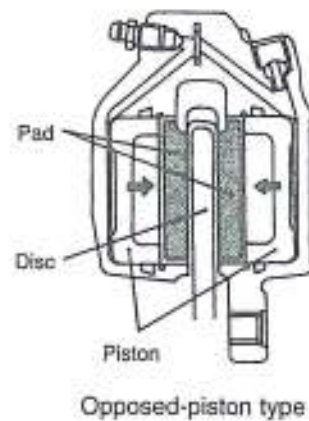
① ชนิดลูกสูบคู่ตรงข้ามกัน

(Opposed - piston type)

ผ้าเบรคคู่ (ซ้ายและขวา) ซึ่งแต่ละแผ่นถูกดันด้วยลูกสูบ

② ชนิดลูกสูบเดี่ยว (Single - piston type)

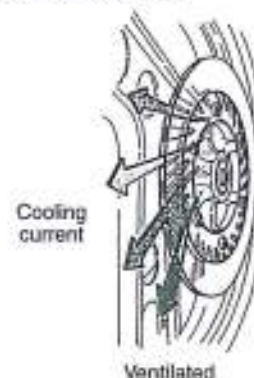
ใช้ลูกสูบเพียงลูกเดียว เมื่อผ้าเบรคถูกดันโดยลูกสูบ และเลื่อนไปสัมผัสกับดิสก์ ผ้าเบรคอีกด้านหนึ่ง จะเลื่อนเข้ามาด้วยแรงโต้กลับ (Reaction force) จึงทำให้ผ้าเบรคทั้งสองข้าง



ประกบกับดิสก์ชนิดนี้เรียกว่า "ชนิดลูกลอย" (Floating type) ซึ่งมีอยู่ 2 ชนิดย่อย คือ ชนิดสไลด์เลื่อน และ ชนิดสวิง (Pin slide and swing type)

(5) ข้อดีของดิสก์เบรค (Advantage of the disc brake)

- การระบายความร้อนดีกว่า ดังนั้นจึงมีแนวโน้มไม่เกิดอาการเบรคสั่น (Fade) จึงมีความแน่นอนในการเบรค
- ไม่เกิดพลังงานในตัวเอง (Self - energize) เหมือนกับชนิดฝักเบรคตัวหน้า (Leading shoe brake) ดังนั้นรถจึงไม่ตึงไปด้านใดด้านหนึ่ง
- ถ้าเกิดการขยายตัวเนื่องจากความร้อน ช่องว่างระหว่างดิสก์และผ้าเบรคไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก และคันเบรคมือ และคันเบรคเท้ายังทำงานได้ตามปกติ
- เมื่อดิสก์เปียกน้ำ น้ำจะถูกเหวี่ยงออกไปด้วยแรงเหวี่ยง และกลับมาเบรคได้อย่างรวดเร็ว เพราะมีข้อดี ดิสก์เบรคจึงมักใช้เป็นเบรคหน้า (Front brake) เหตุผลคือเมื่อมีการเบรค โหลด (Load) ส่วนมากจะถ่ายไปยังล้อหน้า จึงให้ความสำคัญกับเบรคหน้า เพื่อเพิ่มกำลังเบรค (Braking power) จึงใช้ระบบเบรคสองข้าง (Double - brake system) ปัจจุบันนี้รถจักรยานยนต์จำนวนมากได้ใช้ดิสก์เบรคติดตั้งที่ล้อหลังแล้ว



3. น้ำมันเบรค (Brake fluid)

น้ำมันเบรค จะต้องมีคุณลักษณะดังนี้ :

ต้องไม่ทำสลายยางหรือเกิดการแข็งตัว ต้องมีจุดเดือดสูง (High boiling point)

และต้องไม่เป็นตัวกัดกร่อน (Corrosive) น้ำมันเบรคมีแนวโน้มจะดูดซับความชื้นในอากาศและจะทำให้จุดเดือดต่ำลง ดังนั้นจึงเป็นเหตุของการเกิดฟองอากาศในระบบ (Vapor lock) จึงทำให้ต้องมีการเปลี่ยนน้ำมันเบรคตามระยะเวลาที่กำหนด

(1) คุณลักษณะ (ธรรมชาติ)

(Characteristic (Nature))

- ทำให้สีและพลาสติกเสียหายได้
- ห้ามผสมน้ำมันเบรคต่างชนิดกัน

- มาตรฐานของน้ำมันเบรค

DOT : Department of transportation (of U.S.A)

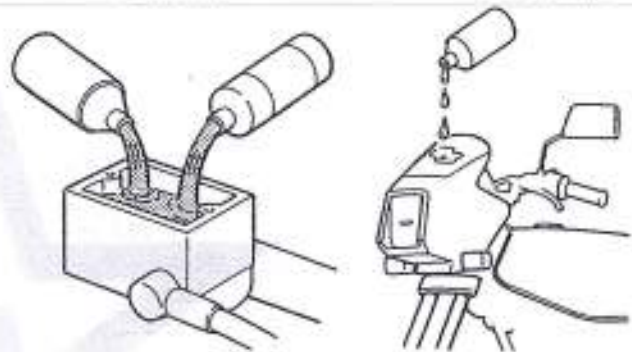
มาตรฐานของกรมการขนส่งของสหรัฐอเมริกา

JIS : Japan Industry Standard

มาตรฐานอุตสาหกรรมของญี่ปุ่น

Don't mix

Don't spill

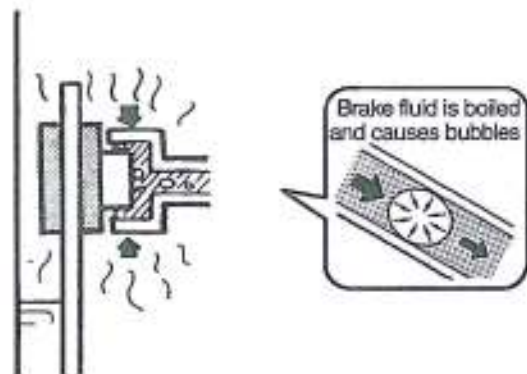


	DOT 3	DOT 4
จำแนกตาม JIS	Class 3	Class 4
จุดเดือด (°C)	205 หรือ มากกว่า	230 หรือ มากกว่า
จุดเดือดเปียก (Wet Boiling point (°C))	140 หรือมากกว่า	155 หรือมากกว่า
ความหนืดที่ไหลได้ (-40°C)	1,500 หรือน้อยกว่า	1,800 หรือน้อยกว่า

- การเกิดฟองอากาศในระบบ (Vapor lock)

เกิดจากความร้อนของผ้าเบรคถ่ายเทไปยังน้ำมันเบรค ซึ่งเดือดที่อุณหภูมิสูง และทำให้เกิดฟองอากาศ (Bubbles) ถึงแม้จะบีบคันเบรคฟองอากาศจะถูกอัดตัวได้

ดังนั้น การทำงานของคันเบรคจึงเหมือนกับว่ามีเบาะๆ ทำให้การเบรคไม่ได้ผล



[5] ล้อ (Wheel)

ล้อทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของรถจักรยานยนต์และน้ำหนักของผู้ขับขี่ซึ่งส่งผ่านการขับเคลื่อน การเบรค และการเลี้ยว แล้วกดลงกับพื้นถนนและในขณะเดียวกันก็ทำหน้าที่ดูดซับแรงสะท้อน (แรงกระแทก) จากผิวถนนซึ่งจะต้องมีความแข็งแรง, มีความคงรูป และมีน้ำหนักเบา

1. ชนิดของล้อ [Type of wheel (Rim)]

ล้อมีหลายชนิด ตามลักษณะโครงสร้าง, วัสดุที่ใช้ผลิต และวิธีการผลิต

(1) ล้อแบบซี่ลวด (Wire spoke wheel)

วงล้อ (Rim) ทำจากแผ่นเหล็กกล้าหรืออลูมิเนียมผสม ผลิตด้วยการรีดมัน และยึดด้วยซี่ลวด (Spoke)

ล้อแบบนี้ใช้กับรถจักรยานยนต์ทั่วไป

(2) ล้อแบบอัดขึ้นรูป (Pressed wheel)

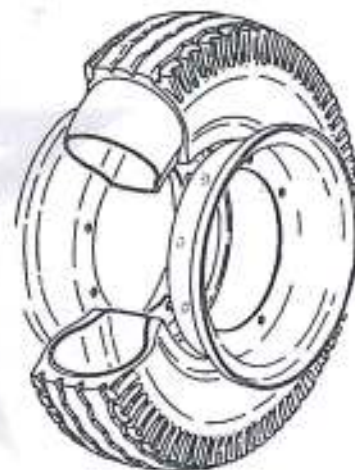
รูปร่างของซี่ล้อขึ้นรูปด้วยการอัดและเชื่อมต่อกับวงล้อและคุม (Hub) ด้วยโบลท์กับนัท (น็อต) หรือใช้วิธีเชื่อมติด ล้อชนิดนี้นิยมใช้กับรถจักรยานยนต์ที่มีล้อขนาดเล็ก เช่นรถครอบครัวหรือรถเล่น (Leisure)

(3) ล้อแบบหล่อ (Cast wheel)

วงล้อและก้านยึดหล่อเป็นชิ้นเดียวกัน ซึ่งมักจะเรียกว่า "Light alloy disk wheel" ซึ่งจะทำให้ได้คุณสมบัติด้านความคงรูปและความแข็งแรงสอดคล้องกันและไม่ต้องมีการปรับตั้งซี่ล้อเพื่อให้ล้อสมดุล เหมือนกับล้อแบบซี่ลวด ซึ่งล้อชนิดนี้ออกแบบใช้กับรถรุ่นใหม่ ๆ และนิยมใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดใหญ่โดยเฉพาะแต่ก็มีใช้กับรถขนาดเล็กบางรุ่น ล้อชนิดนี้นิยมใช้กับรถสปอร์ต



Wire spoke wheel



Pressed wheel



Cast wheel



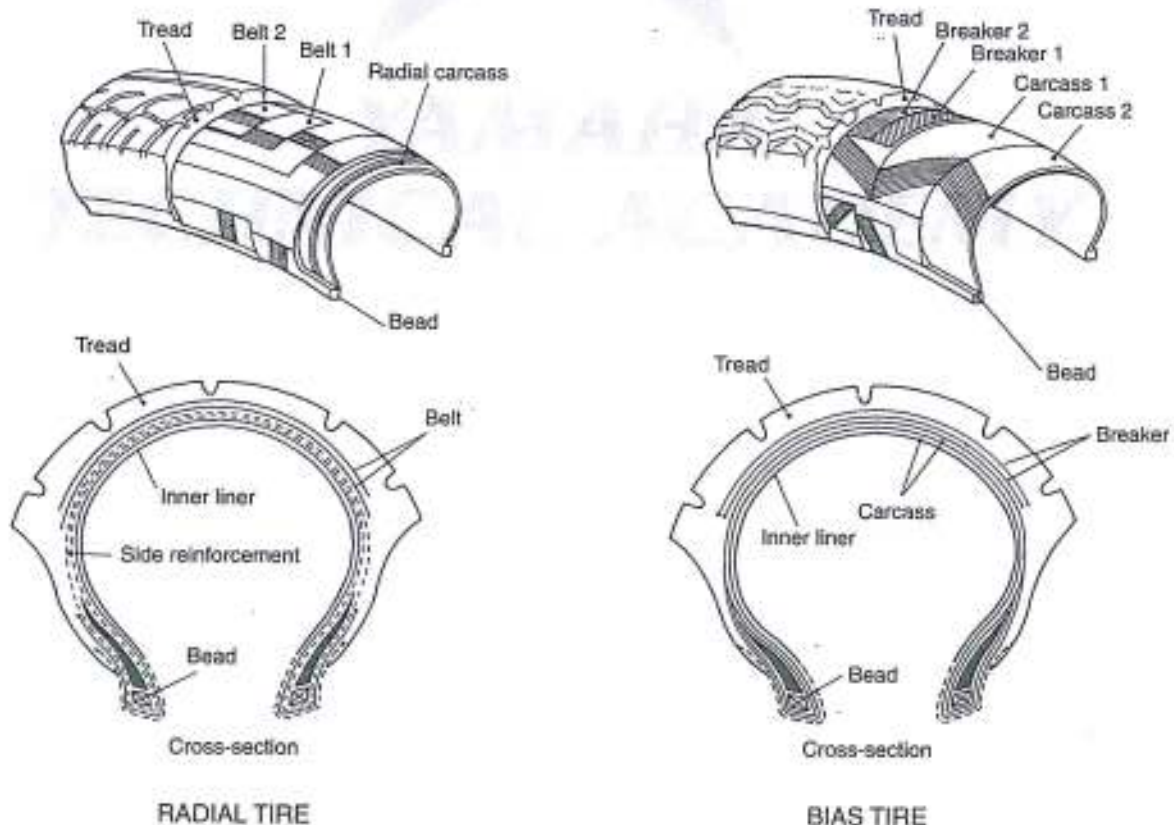
Pressed wheel

[6] ยาง (Tire)

รถจักรยานยนต์สามารถวิ่ง และหยุดได้เพราะแรงเสียดทานระหว่างล้อกับผิวถนน ยางทำหน้าที่รองรับน้ำหนักของรถและน้ำหนักของผู้ขับขี่ซึ่งกระทำบนพื้นผิวขนาดเล็ก และกดลงบนพื้น เพื่อย้ายแรงขับเคลื่อนและแรงเบรคไปยังถนน และดูดซับแรงกระแทกไปพร้อมๆ กัน

1. ยางเรเดียล และยางไบแอส (Radial tire and bias tire)

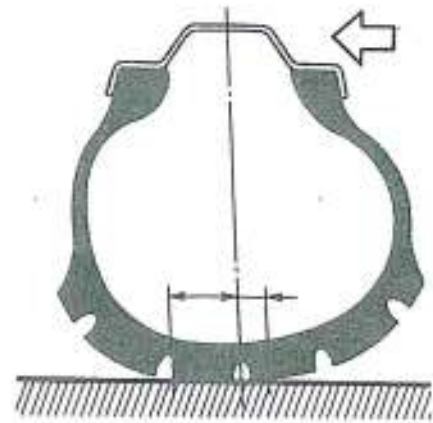
- โครงสร้างของยางไบแอสจะมีแผ่นผ้าใบ (Plycord) วางซ้อนกันจากขอบยางทั้งสองข้าง โดยทำมุมกับเส้นศูนย์สูตรกลางของยาง (Center line) 30° - 40° สำหรับยางเรเดียลแผ่นผ้าใบจะวางซ้อนกันโดยทำมุม 10° - 15° กับเส้นศูนย์สูตรกลางของยางและม้วนรอบขอบยางและเกือบจะเป็นการทำมุมขวา (Right angle or radial) กับเส้นศูนย์สูตรกลาง
- ชั้นผ้าใบส่วนมากทำจากเรยอน (Rayon) ไนลอน (Nylon) หรือโพลีเอสเตอร์ (Polyester) ส่วนเข็มขัดรัดทำจากเหล็กกล้าและเรยอน บางครั้งก็ทำจากเคฟลาร์ (Kevlar) สำหรับยางไบแอส ค่อนข้างมีความคงรูป ส่วนยางเรเดียล ดอกยางจะแข็งและไม่เปลี่ยนแปลงรูป (ไม่เสียรูป) เพราะมีเข็มขัดรัด (Belt) อย่างไรก็ตามด้านข้าง (Side wall) ก็ยังค่อนข้างอ่อน
- สำหรับยางไบแอส ชั้นผ้าใบจะวางซ้อนกันชั้นอย่างเป็นชั้นๆ หลายชั้น โดยทิศทางชั้นผ้าใบแต่ละชั้นจะ (Symmetrical) กับชั้นที่อยู่ติดกันเมื่อยางหมุน ชั้นผ้าใบจะมีรูปร่างเปลี่ยนแปลงอย่างซับซ้อนตามแรงบิดและแรงกด (Bending force and compression) รวมถึงลักษณะของพื้นถนนที่ยางกดทับ แต่ดอกยางจะยืดหยุ่นมากกว่ายางเรเดียล นั่นคือ สามารถดูดซับแรงกระแทกได้ดีแต่จะสึกหรอได้เร็ว เพราะการเปลี่ยนรูป (Deformation) เป็นสำคัญ
- ยางเรเดียลมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้
 - รัศมีการหมุนของล้อจะเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับความเร็ว (Speed)
 - แรงต้านการหมุนมีต่ำน้อย
 - น้ำหนักของยางสามารถลดลงเมื่อใช้เข็มขัดรัดที่มีความคงรูปสูง
 - ดอกยางจะเปลี่ยนรูปเล็กน้อย ดังนั้นจึงเกิดความร้อนน้อยและทนทานต่อการสึกหรอมากขึ้น (อายุการใช้งานยาวนานขึ้นและที่ความเร็วสูงก็ใช้งานได้ดี)



○ ยางไบแอส (Bias tire)

ชั้นผ้าใบ จะวางสลับไปมา

เมื่อมีแรงกระทำที่ขอบด้านข้างดังเช่นกรณีที่ยางกดกับพื้นจะทำให้รูปทรงเปลี่ยนแปลง



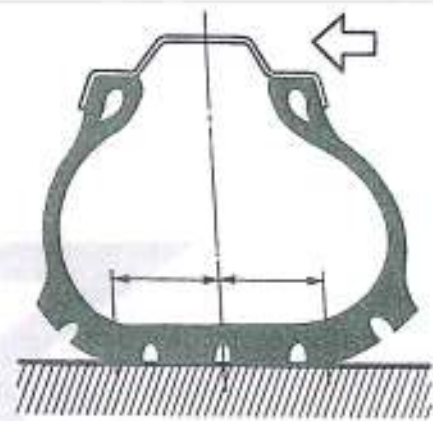
[BIAS TIRE]

○ ยางเรเดียล (Radial tire)

● ชั้นผ้าใบวางเป็นมุมเอียงขวาไปทางด้านนอกของยาง

● ชั้นผ้าใบวางอยู่ระหว่างขอบด้านนอก

● หน้าตัดของดอกยางจะเรียบเมื่อมีแรงกระทำที่ขอบด้านข้าง ดังเช่นกรณีที่ยางกดกับพื้นรูปทรงของยางจะยังคงเหมือนเดิม



[RADIAL TIRE]

YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

2. โครงสร้างของยาง (Tire construction)

โครงสร้างพื้นฐานของยางจะเหมือนกันนอกจาก ความแตกต่างเล็กน้อย ซึ่งขึ้นอยู่กับแบบของ ยางเช่นมียางในหรือไม่มียางใน

○ ดอกยาง (Tread)

ดอกยางทำจากยางแข็งเป็นส่วนนอกสุดของยางที่ สัมผัสกับถนนโดยตรง ต้องมีความต้านทานต่อการ สึกหรอและแข็งแรงเพียงพอที่จะป้องกันโครงสร้าง ภายในดอกยางจะทำเป็นร่องเพื่อให้เกาะถนนโดยมี ลักษณะของดอกยางแตกต่างกันออกไปตามจุด ประสงค์ของการนำไปใช้งาน

○ ผ้าเสริมหน้ายาง (Breaker)

ผ้าเสริมหน้ายางเป็นชั้นของผ้าพิเศษคาดยึดกับ โครงยางไว้อยู่ระหว่างเนื้อยางกับดอกยางจะช่วย ลดแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นจากภายนอก

○ โครงยาง (Carcass)

โครงยางหรือโครงชั้นในต้องมีความทนทานต่อแรง ดันของลมภายใน และภาชนะภายนอกที่มากกระทำ รวมทั้งแรงการสั่นสะเทือนโครงชั้นในประกอบด้วย เส้นใยในล่อนที่ฉาบด้วยยางวางซ้อนกันเป็นชั้น ซึ่ง ส่วนนี้จะเป็นโครงชั้นในของยางทั้งเส้นความแข็งแรงทนทานขึ้นอยู่กับชนิดของเส้นใยในล่อนที่ใช้ และจำนวนชั้นผ้าใบในล่อน

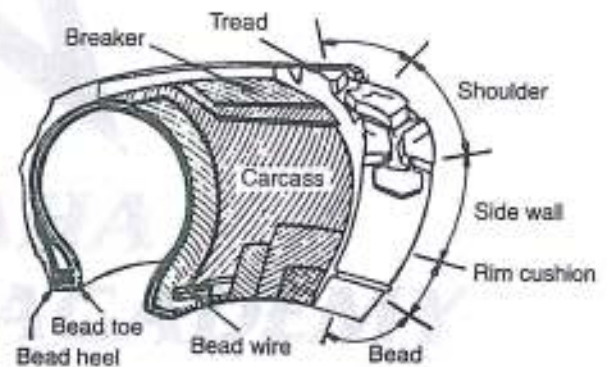
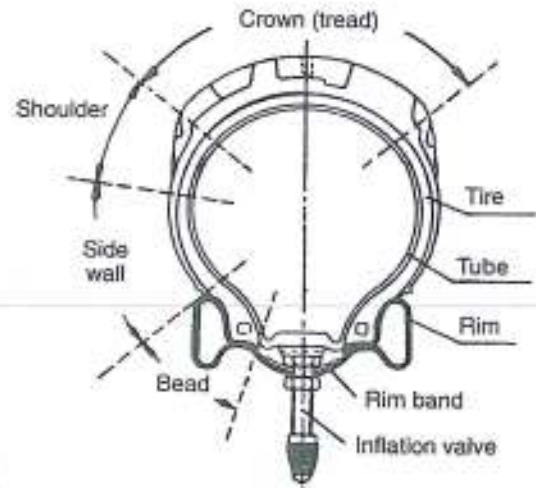
○ ขอบยาง (Bead)

ขอบยางจะป้องกันมิให้ยางเสียรูปอันเนื่องมาจาก แรงดันลมภายในและการสั่นสะเทือนนอกจากนี้ยัง ทำใหยางแนบสนิทกับขอบล้อในขณะที่ใช้งานขอบ ยางประกอบด้วยเส้นลวดที่มีความเหนียวแน่น หลายเส้น ประกอบกันเป็นวงกลมหุ้มด้วยยางแข็ง และผ้าเสริม

○ ยางรองใน (Inner Liner)

ยางรองในเป็นแผ่นยางที่มีอยู่กัผิวด้านในของยาง ชนิดไม่มียางใน เมื่อยางถูกตะปูหรือของมีคมแทงยาง นี้จะช่วยบีบมิให้ลมรั่วออกมาทันทีทันใด

*ยางชนิดไม่มียางในจะมีอักษร "TUBELESS" อยู่ ที่ด้านข้างหรือแก้มยางนอกจากนี้วงล้อที่ใช้ยัง ได้รับการออกแบบของล้อเป็นพิเศษเพื่อป้องกันมิให้ลมรั่วออกและมีอักษรระบุให้ทราบว่าใช้ กับยางชนิดไม่มียางใน



3. ลักษณะดอกยาง (Tread pattern)

ลักษณะดอกยาง จะมีลักษณะแตกต่างกันออกไป ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการนำไปใช้งานเช่น ประเภทของจักรยานยนต์ใช้กับล้อหน้า หรือล้อหลัง

(1) ลักษณะพื้นฐาน (Basic tread pattern)

○ ลักษณะขนาน (Rib Pattern)

ลักษณะนี้ร่องยางจะเขาะเป็นร่องตามแนวยาวขนานไปกับแนวเส้นรอบวงของยางลักษณะนี้จะเพิ่มความสามารถในการควบคุมการบังคับเลี้ยวส่วนมากจึงใช้กับล้อหน้า



Rib pattern



Lug pattern



Rib-lug pattern

○ ลักษณะขวาง (Lug Pattern)

ลักษณะนี้ร่องยางจะขวางกับแนวเส้นรอบวงของยางลักษณะนี้จะเพิ่มความสามารถในการเกาะถนนส่วนมากจึงใช้กับล้อหลัง



Block

○ ลักษณะผสม (Rib-lug Pattern)

ลักษณะนี้ร่องยางจะมีทั้งร่องขนานและร่องขวางกับแนวเส้นรอบวงของยางถ้าลักษณะขนานมีมากกว่าหรือเด่นชัดกว่าก็จะใช้กับล้อหน้าในทำนองเดียวกันถ้าลักษณะขวางมีมากกว่าหรือเด่นชัดกว่าก็จะใช้กับล้อหลัง

○ ลักษณะสี่เหลี่ยม (Block Pattern)

ลักษณะนี้ร่องยางจะเขาะเป็นตารางสี่เหลี่ยมเล็ก ทำให้เกาะตะกวดดี โคลนถูกกวัดออกไปได้ง่าย ส่วนมากจึงใช้กับถนนที่ทึบกันดาร ถ้าลักษณะสี่เหลี่ยมใหญ่จะใช้กับล้อหน้าส่วนลักษณะสี่เหลี่ยมเล็กจะใช้กับล้อหลัง

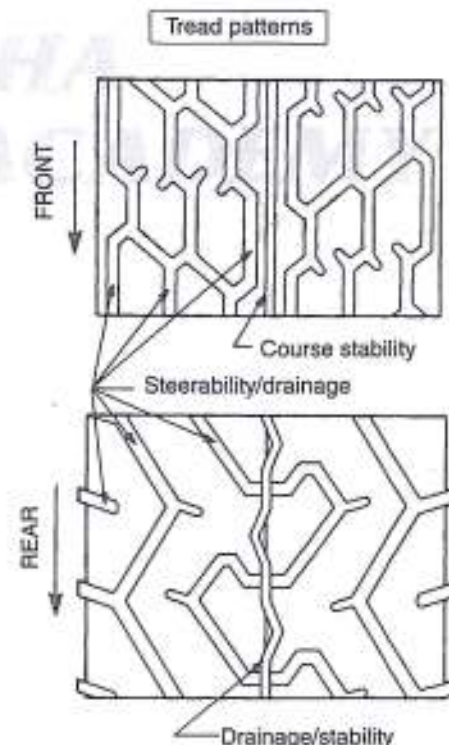
(2) ลักษณะการใช้งานจริง (Actual tread pattern)

ยางหน้า (Front tire)

- ลักษณะนี้จะมีร่องยางตามแนวขนานเป็นส่วนใหญ่ ผสมกับตามแนวขวางเป็นบางส่วนโดยจัดให้เป็นระเบียบทำให้เพิ่มประสิทธิภาพในการเกาะถนนขณะเลี้ยว

ยางหลัง (Rear tire)

- ลักษณะนี้ร่องยางตามแนวขนานจะช่วยรีดน้ำให้หนีออกไปได้ง่ายในขณะถนนเปียกการเกาะถนนจึงดี ดังนั้นลักษณะดอกยางจากการนำไปใช้งานจริง จึงเป็นลักษณะผสมโดยมีลักษณะดอกสวายงามแตกต่างกันไปเพื่อให้เหมาะสมกับสภาพงานจริง

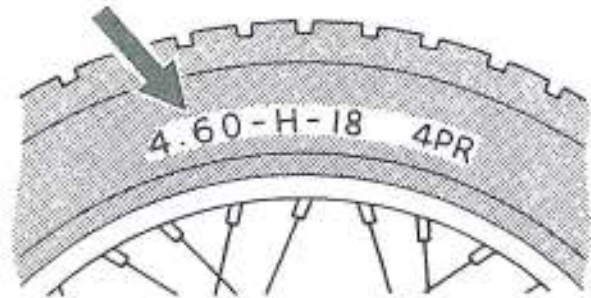


4 ขนาดยาง (Tire size)

1. เครื่องหมายโดยทั่วไป (General marking)

1.1 ตำแหน่งที่เครื่องหมายบอกขนาดของยาง

4.60 - H - 18 4PR



1.2 ความกว้างของหน้ายาง (เป็นนิ้ว)

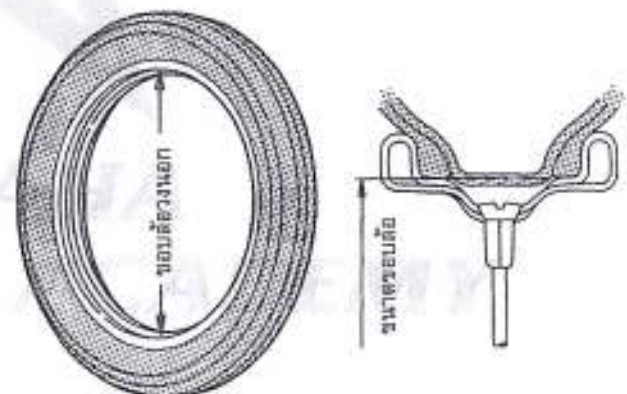
4.60 - H - 18 4PR

ความกว้างทั้งหมดของยาง



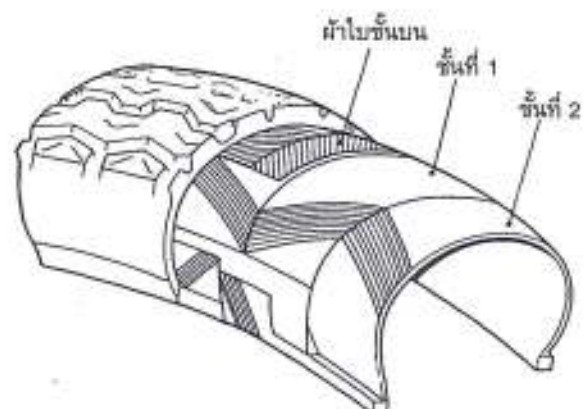
1.3 ขนาดขอบล้อวงนอกจริง (เป็นนิ้ว)

4.60 - H - 18 4PR



1.4 อัตราส่วนชั้นความแข็งแรงของยาง

4.60 - H - 18 4PR



1.5 จำกัดความเร็ว ความเร็ว จำกัดสูงสุดของยาง
4.60-[H]- 18 4PR

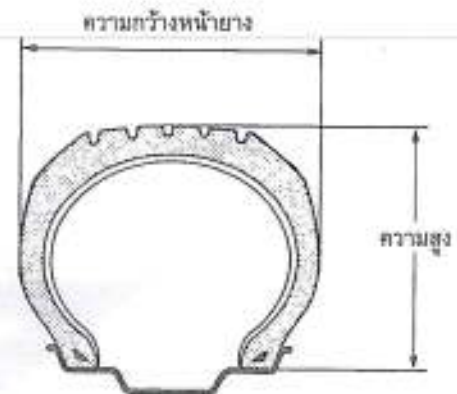
เครื่องหมาย	ความเร็วสูงสุด
สำหรับรถสกูตเตอร์	100 กิโลเมตร/ชม.
N	140 กิโลเมตร/ชม.
S	180 กิโลเมตร/ชม.
H	210 กิโลเมตร/ชม.
V	มากกว่า 210 กิโลเมตร/ชม.

2. ความสูงของแก้มยาง

130 / 90 - 16 67H

2.1 ความกว้างของยาง (มม.)

130 / 90 - 16 67H

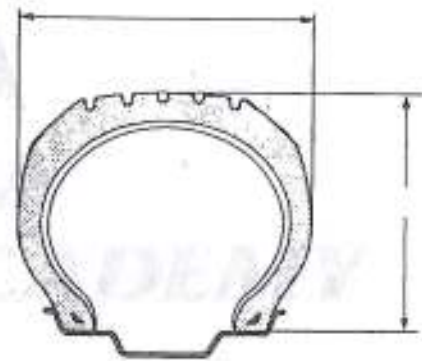


2.2 เปอร์เซนต์ความสูงของแก้มยาง

130 / 90 - 16 67H

$$\text{ความสูงของแก้มยาง (\%)} = \frac{\text{ความสูงของยาง}}{\text{ความกว้างของยาง}}$$

ตัวอย่าง : $\frac{117}{130} = 0.9 (90\%)$

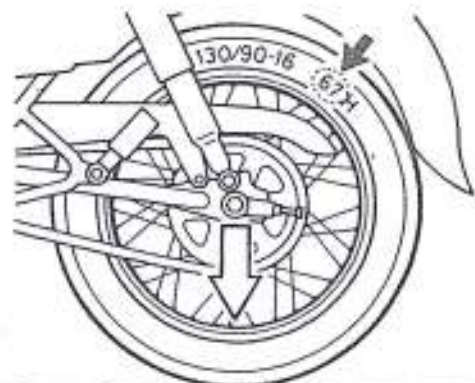


2.3 ตัชนีแสดงภาระ

130 / 90-16 67 H

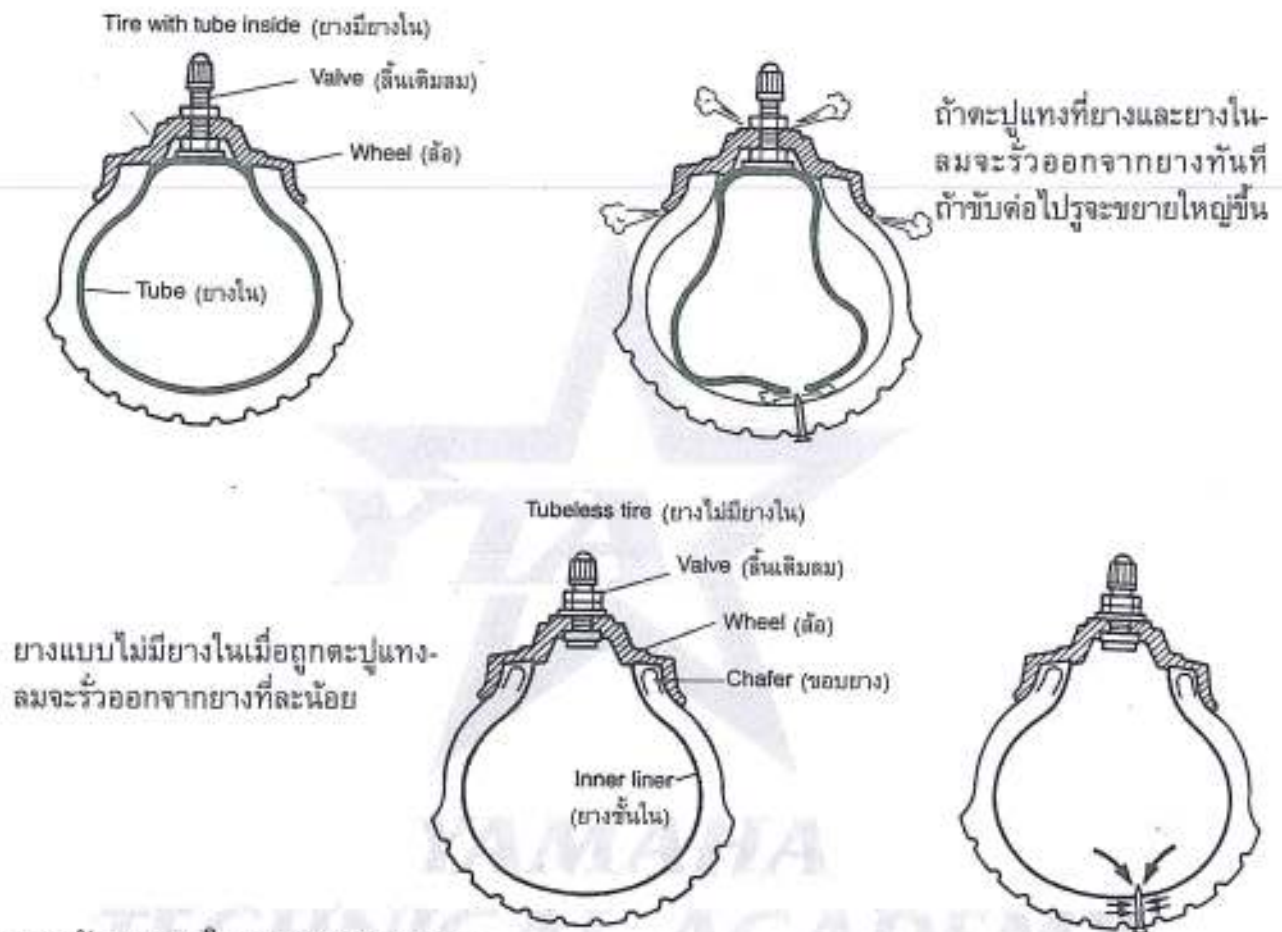
ภาระสูงสุดจำกัดของยาง

	แรงดันลม	ภาระจำกัดสูงสุด
67	2 kg.f/cm ²	230 kg



5. ยางมียางใน และไม่มียางใน (Tubetire and tubeless tire)

ยางที่ใช้กันอยู่ทั่วไปในปัจจุบันเป็นแบบบรรจุลมที่มีความดันไว้ภายในยางแต่จะแตกต่างกันไปตามวิธีการหรือภาชนะที่บรรจุลมและมีการนำยางแบบใหม่เป็นยางแบบไม่มียางในมาใช้กับรถสปอร์ตรุ่นใหญ่



6. ความดันลมภายในยาง (AIR Pressure)

ความดันลมยางจะเปลี่ยนแปลงไปตามขนาดของยางประเภทจักรยานยนต์สภาพถนนและมารยาทในการขับขี่ ฯลฯ แต่ค่าที่แน่นอน ควรดูคู่มือประจำรถของแต่ละรุ่นหรืออาจมีระบุไว้ที่แผ่นที่ยึดติดโครงรถ

- ถ้าความดันลมยางสูงเกินไป พื้นที่ยางสัมผัสกับพื้นจะน้อย จะเป็นผลให้เกิดการสั่นไถลกระเทือนมาก และยางจะสึกเฉพาะบริเวณกึ่งกลางดอกยางเท่านั้น
- ถ้าความดันลมยางต่ำเกินไป ยางจะรับภาระได้น้อยการทรงตัวไม่ดีอายุการใช้งานจะสั้นเนื่องจากความร้อน และยางสึกบริเวณดอกยางทั้งสองข้าง



Relationship between tire air pressure and deformation

พื้นฐานหลักการทำงาน
และส่วนประกอบของ
ระบบอิเล็กทรอนิกส์

YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY

[1] มูลฐานสำคัญของไฟฟ้า (Fundamentals of Electricity)
สัญลักษณ์ทางไฟฟ้า (Electrical Symbols)

Description	Symbol	Description	Symbol
Wire (สายไฟ)		Spark plug (หัวเทียน)	
Wire connected (สายไฟต่อกัน)		Generator (เจนเนอเรเตอร์ เครื่องกำเนิดไฟฟ้า)	
Wire not connected (สายไฟต่อกัน)		Motor (มอเตอร์)	
Earth กราวด์ (ลงดิน)		Ampere meter (แอมป์มิเตอร์)	
Connector (หัวต่อสายไฟ)		Volt meter (โวลท์ มิเตอร์)	
Resistor (ตัวต้านทาน)		Current flow direction Flowing away (ไม่มีกระแสไหล)	
Variable resistor (ตัวต้านทานปรับค่าได้)		Current flow direction Flowing toward you (มีกระแสไหล)	
Coil (ขดลวด)		Diode (ไดโอด)	
Ignition coil (คอยล์จุดระเบิด)		Zener diode (ซีเนอร์ไดโอด)	
Condenser (คอนเดนเซอร์)		NPN Transistor (ทรานซิสเตอร์แบบ NPN)	
Switch (สวิตช์)		PNP Transistor (ทรานซิสเตอร์แบบ PNP)	
Fuse (ฟิวส์)		SCR, Thyristor (เอส ซี อาร์ ไทริสเตอร์)	
Battery (แบตเตอรี่)		Thermistor เทอร์มิสเตอร์	
Contact breaker (คอนแทคเบรกเกอร์)			
Point (หน้าทองขาว)			

1. ตัวนำไฟฟ้า (conduction of electricity)

กระแสไฟฟ้าจะมีการไหลเหมือนการไหลของน้ำ นำไปใช้งานต่างๆ ได้วัสดุที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ง่าย เรียกว่า "ตัวนำ" (conductor), วัสดุที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านได้ยากเรียกว่า "ฉนวน" (Insulator) และวัสดุที่มีคุณสมบัติอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวนเรียกว่า "สารกึ่งตัวนำ" (Semiconductor)

	วัสดุ
ตัวนำ	ทองแดง, ทอง, เงิน, อลูมิเนียม, ทองคำขาว, พรอท และอื่นๆ
สารกึ่งตัวนำ	ซิลิกอน, ซิลิเนียม, เยอรมันเนียม และอื่นๆ
ฉนวน	แก้ว, ไม้ก้ำ, อีโพนีส, ยาง, เซรามิก, กระดาษ, น้ำ, และอื่นๆ

2. กระแสไฟฟ้า (Action of electric current)

เมื่อกระแสไฟฟ้าเกิดการเคลื่อนที่อาจทำให้เกิดความร้อน, อำนาจแม่เหล็ก, พลังงานเคมีหรืออื่นๆ ขึ้นได้

(1) ความร้อน (Thermal action)

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านตัวนำ ตัวนำทุกชนิดซึ่งมีความต้านทานอยู่ในตัวจะร้อนขึ้นยิ่งถ้าตัวนำมีค่าความต้านทานสูง ความร้อนที่เกิดขึ้นก็จะมากตามไปด้วย

(2) อำนาจแม่เหล็ก (Magnetic action)

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ จะเกิดเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นรอบๆ ลวดตัวนำนั้นจะแสดงให้เห็นได้อย่างชัดเจนโดยใช้ผงตะไบเหล็กโรยลงกระดาษ แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำที่เสียบทะลุกระดาษอยู่จะเห็นลักษณะเส้นแรงแม่เหล็กอย่างชัดเจน



รูปที่ 26 ลักษณะของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น รอบๆ ลวดนำ

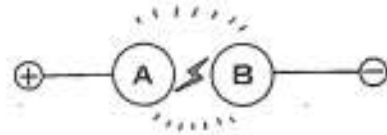
(3) พลังงานเคมี (Chemical action)

เมื่อนำแท่งทองคำขาวสองแท่ง จุ่มลงไปใต้น้ำกรดกำมะถันเจือจางแล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านกรดกำมะถัน จะแตกตัวออกเป็นแก๊สไฮโดรเจนและออกซิเจนเรียกว่า "Electrolysis" ซึ่งเป็นการเกิดปฏิกิริยาเคมีโดยอาศัยกระแสไฟฟ้า แบตเตอรี่ก็มีการทำงานโดยอาศัยการเปลี่ยนรูป ระหว่างปฏิกิริยาทางเคมีและไฟฟ้า

(4)พลังงานรูปอื่น ๆ

① การคายประจุไฟฟ้า (Discharging)

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขั้วไฟสองขั้วที่วางไว้ห่างกันเล็กน้อย กระแสไฟจะกระโดดข้ามช่องว่างนั้นเป็นประกายไฟ ปรากฏการณ์นี้เรียกว่า "Spark discharge" ใช้ในการจุดระเบิดให้กับเครื่องยนต์



② การเก็บประจุไฟ (Static electricity)

เราสามารถเก็บประจุของกระแสไฟไว้ได้บนผิวหน้าของฉนวนหรือตัวนำที่วางไว้ใกล้ๆ กัน เราเรียกว่า Static electricity

③ แสงสว่างจากกระแสไฟฟ้า (Electroluminescence)

เมื่อปล่อยกระแสไฟฟ้าไหลผ่านหลอดแก้วที่บรรจุแก๊สนีออนไว้ จะเกิดแสงสว่างขึ้นในหลอดเป็นการเกิดแสงสว่างได้โดยไม่ต้องเกิดเป็นความร้อนมาก่อน

④ การส่งคลื่นวิทยุ (Radio wave transmission)

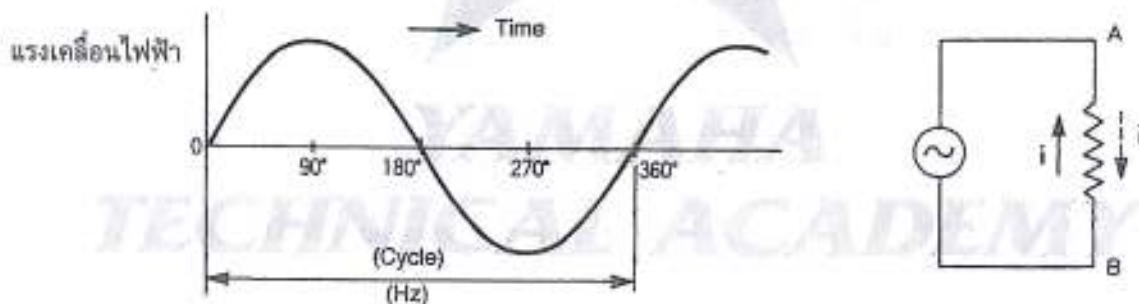
เมื่อกระแสไฟฟ้ากระโดดข้ามขั้วไฟสองขั้วจะเกิดคลื่นวิทยุขึ้น และกระจายออกสู่อากาศ

3. ไฟฟ้ากระแสตรงและกระแสสลับ (Alternating and direct current)

กระแสไฟฟ้าแบ่งออกเป็น 2 ชนิด คือ ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current หรือ DC.) ซึ่งจะไหลในทิศทางเดียว อีกชนิดหนึ่งคือ ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current หรือ AC.) ซึ่งจะมีทิศทางการไหลกลับไปกลับมา

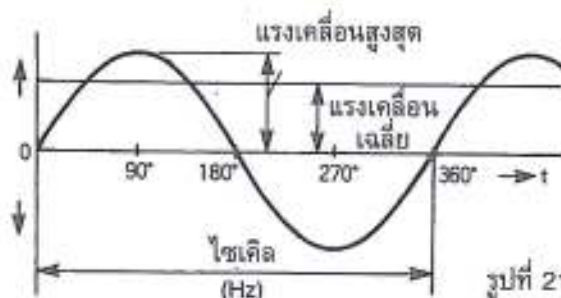
(1) ไฟฟ้ากระแสสลับ (Alternating current)

ไฟฟ้ากระแสสลับจะใช้กันอยู่ตามบ้านเรือนกระแสไฟจะมีทิศทางการไหลกลับไปกลับมา เราสามารถที่จะควบคุมความแรงของกระแสไฟได้ การเปลี่ยนแปลงทิศทางการไหลหรือการเปลี่ยนขั้วของกระแสไฟ จะเกิดขึ้นประมาณ 50-60 ครั้งต่อวินาที



รูปที่ 27 กราฟแสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับ

ไฟฟ้ากระแสสลับ สามารถเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า ข้อเสียของไฟฟ้ากระแสสลับคือ ไม่สามารถที่จะเก็บกระแสไฟไว้ได้และเมื่อนำไปใช้กับมอเตอร์ มอเตอร์จะให้แรงบิดในขณะสตาร์ทได้ต่ำ

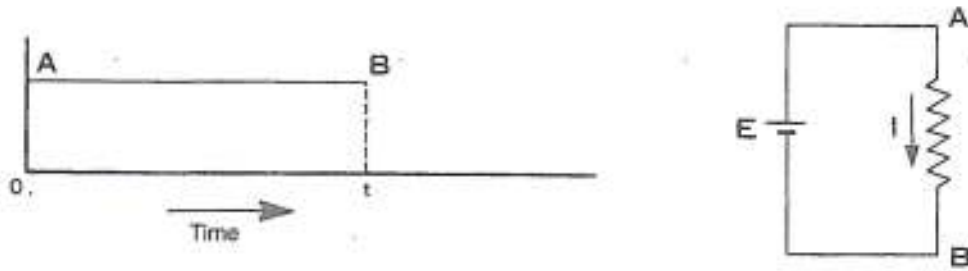


$$\begin{aligned} \text{แรงเคลื่อนเฉลี่ย} &= \frac{1}{\sqrt{2}} \times \text{แรงเคลื่อนสูงสุด} \\ &= 0.707 \times \text{แรงเคลื่อนสูงสุด} \end{aligned}$$

รูปที่ 21 แรงเคลื่อนเฉลี่ย

(2) ไฟฟ้ากระแสตรง (Direct current)

ไฟฟ้ากระแสตรงจะมีทิศทางการไหลที่แน่นอน และระดับของกระแสไฟฟ้าจะไม่เปลี่ยนแปลง



รูปที่ 29 กราฟแสดงแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสตรง

ไฟฟ้ากระแสตรงมี ข้อดี คือ สามารถเก็บไว้ได้เมื่อใช้ขั้วมอเตอร์จะให้แรงบิดสูง
แต่ ข้อเสีย คือ ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงแรงเคลื่อนได้โดยใช้หม้อแปลงไฟฟ้า

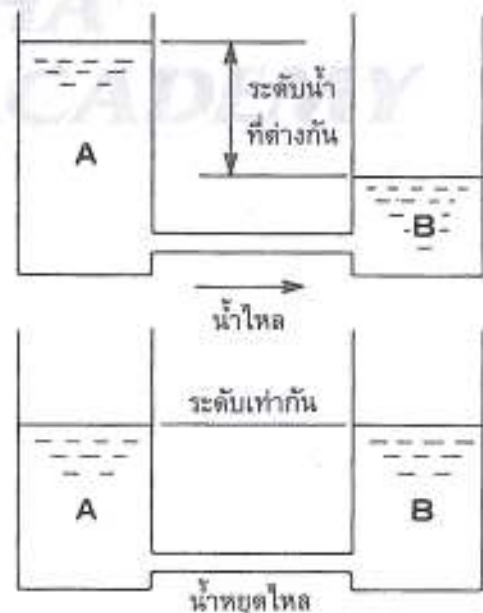
4. การไหลของกระแสไฟฟ้า (Flow of electricity)

เมื่อใช้เส้นลวดตัวนำไฟฟ้าต่อเข้ากับขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ กระแสไฟฟ้าจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ
ระดับน้ำในที่สูง (แรงเคลื่อนไฟฟ้าสูง)



รูปที่ 30 เปรียบเทียบการไหลของน้ำและกระแสไฟฟ้า

การไหลของกระแสไฟฟ้า (Electric current) จะคล้ายกับการไหลของน้ำดังรูป เมื่อใส่น้ำในถัง A และ B, วางถัง A ให้สูงกว่าถัง B แล้วใช้ท่อต่อระหว่างถังทั้งสอง น้ำจะไหลจากถัง A ไปยังถัง B ขณะที่น้ำในถัง A สูงกว่าถัง B น้ำในถัง A จะเกิดความดันทำให้ น้ำไหลลง การไหลของกระแสไฟฟ้าก็ คล้ายกับน้ำคือ จะไหลจากขั้วบวกไปลบ เมื่อศักย์ไฟฟ้าด้านบวกสูงกว่า ด้านลบทำให้เกิดแรงเคลื่อนขึ้นระหว่างขั้วทั้งสอง กระแสไฟฟ้า (น้ำ) จะไม่ไหลถ้าไม่มีความต่างศักย์ (ความดันน้ำ) ระหว่างแหล่งจ่ายและแหล่งรับ



รูปที่ 31 การไหลของน้ำระหว่างถัง 2 ถัง

5. กระแส,แรงเคลื่อน,ความต้านทานและกำลังของกระแสไฟฟ้า (Electric current,voltage,resistance and power)

(1) กระแสไฟฟ้า (Electric current)

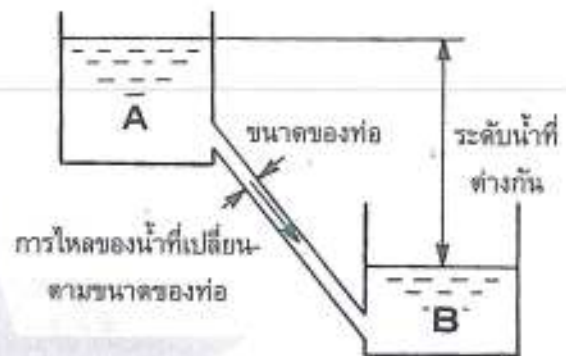
กระแสไฟฟ้าเกิดจากแรงเคลื่อนของไฟฟ้า ใช้สัญลักษณ์ I มีหน่วยวัดเป็นแอมแปร์ (Ampere,A) กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์คือ จำนวนกระแสไฟฟ้าที่ไหลผ่านตัวนำที่มีความต้านทาน 1 โอห์ม โดยใช้แรงเคลื่อน 1 โวลต์

(2) แรงเคลื่อน (Voltage)

เป็นความต่างศักย์ของไฟฟ้า ใช้สัญลักษณ์ E มีหน่วยวัดเป็นโวลต์ (Volt,V) 1 โวลต์ คือแรงเคลื่อนที่ใช้สำหรับผลักดันกระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ให้ไหลผ่านตัวนำที่มีความต้านทาน 1 โอห์ม

(3) ความต้านทาน (Resistance)

จะมีลักษณะคล้ายการไหลของน้ำในท่อ ถ้ามีขนาดใหญ่ น้ำจะไหลผ่านท่อได้ง่ายและมาก แต่ถ้าท่อมีขนาดเล็ก ความต้านทานสูง น้ำจะไหลผ่านได้ยาก ความต้านทานหมายถึงแรงต้านทานการไหลของกระแสไฟฟ้าใช้สัญลักษณ์ R มีหน่วยเป็น โอห์ม (ohm,) ความต้านทาน 1 โอห์ม ความต้านทานที่ยอมให้กระแสไฟฟ้า 1 แอมแปร์ไหลผ่านตลอดตัวนำได้โดยใช้แรงเคลื่อน 1 โวลต์



รูปที่ 32 การไหลของน้ำในถังต่างระดับ

แรงเคลื่อนไฟฟ้า	=	ระดับน้ำที่แตกต่างกันระหว่างถัง A กับถัง B
กระแสไฟฟ้า	=	จำนวนน้ำที่ไหลผ่านระหว่าง A ไป B
ความต้านทาน	=	ขนาดและความยาวของท่อต่อระหว่างถัง A กับถัง B

กฎของโอห์ม (ohm's law)

"กระแสไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ แรงเคลื่อนหารด้วยความต้านทาน"

ความสัมพันธ์ระหว่างแรงเคลื่อน,กระแสและความต้านทาน

$$I = \frac{E}{R} \quad R = \frac{E}{I} \quad E = I \times R$$



(4) กำลัง (power)

กระแสไฟฟ้าสามารถทำงานออกมาได้ในรูปของความร้อน,อำนาจแม่เหล็ก,พลังงานเคมีและอื่น ๆ ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่นำไปใช้งานนี้เรียกว่า "กำลัง" ใช้สัญลักษณ์ "P" มีหน่วยวัดเป็นวัตต์ (Watt,W)

"กำลังมีค่าเท่ากับ แรงเคลื่อนคูณด้วยกระแสไฟฟ้า"

$$P = I \times E \quad I = \frac{P}{E} \quad E = \frac{P}{I}$$

และจากกฎของโอห์ม เราจะได้

$$P = I^2 \times R = \frac{E^2}{R}$$



ถ้าแรงเคลื่อนสูงหรือกระแสไฟฟ้าสูง กำลังก็จะสูงตามไปด้วย

6. วงจรไฟฟ้า (Electric circuit)

เมื่อใช้ลวดตัวนำต่อระหว่างขั้วบวกและขั้วลบของแบตเตอรี่ กระแสไฟจะไหลจากขั้วบวกไปขั้วลบ ปฏิกริยาเคมีที่เกิดขึ้นบนแผ่นธาตุของแบตเตอรี่จะเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่องในขณะที่แบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟฟ้า ทางเดินของกระแสไฟฟ้าเรียกว่า "วงจรไฟฟ้า" การนำกระแสไฟฟ้าไปใช้ จะต้องอยู่ในรูปของวงจรไฟฟ้าเท่านั้น สำหรับการเดินวงจรไฟฟ้าในรถยนต์ ขั้วบวกของแบตเตอรี่จะต่อไปยังหลอดไฟหน้า, คอยล์จุดระเบิด, มอเตอร์สตาร์ทและอื่นๆ ส่วนขั้วลบจะต่ออยู่กับโครงรถ วงจรไฟฟ้าในลักษณะนี้เราเรียกว่า "วงจร" สายเดี่ยว "(Single-wire circuit)" สายลบของวงจรที่ต่อเข้ากับโครงรถนี้เรียกว่าสายดินหรือสายกราวด์ (Ground)

(1) การต่อแบบอนุกรม (Series connection)

เมื่อต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเข้าระหว่างทางเดินของสายไฟ เราเรียกว่า การต่อแบบอนุกรมซึ่งการต่อวงจรจะเป็นไปดังรูปลักษณะเฉพาะของวงจรอนุกรม คือ

- กระแสไฟฟ้าจะไหลผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าในวงจรทุกตัวเท่ากัน $I(A) = I_1 = I_2$
- ผลรวมของแรงเคลื่อนที่ลดลงเมื่อกระแสไฟฟ้าผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับแรงเคลื่อนที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่

$E = v_1 + v_2 + \dots + v_n$ จะมีหน่วยเป็นโวลท์

- ความต้านทานรวมในวงจรจะมีค่าเท่ากับ ผลรวมของความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวในวงจร $R (\Omega) = r_1 + r_2 + \dots + r_n$

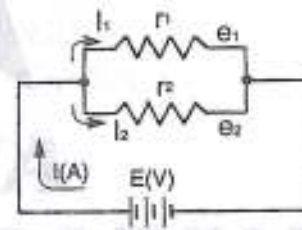
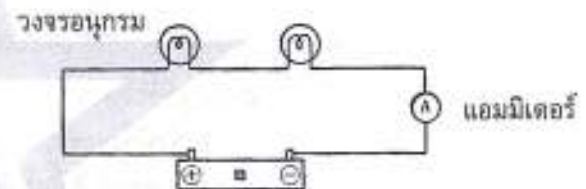
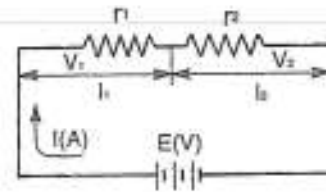
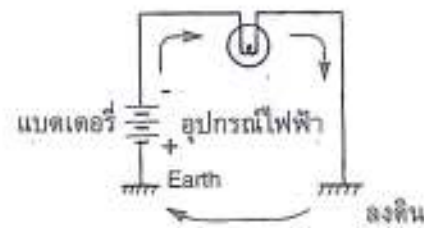
(2) การต่อแบบขนาน (Parallel connection)

เป็นการต่ออุปกรณ์ไฟฟ้าเรียงขนานกันเป็นส่วนๆ กระแสไฟจะถูกแบ่งส่วนกันออกไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ส่วนแรงเคลื่อนไฟฟ้า จะยังคงที่เท่ากันทั้งวงจร

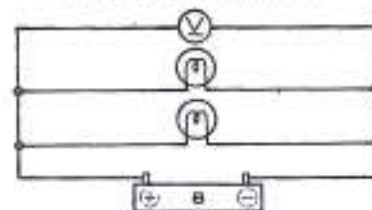
- แรงเคลื่อนที่จ่ายไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวจะเท่ากันทุกตัว $E(v) = e_1 = e_2$
- ผลรวมของกระแสไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ผ่านอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัวจะมีค่าเท่ากับกระแสไฟฟ้าทั้งหมดที่จ่ายออกจากแบตเตอรี่

$I = I_1 + I_2 + \dots + I_n$ มีหน่วยเป็นแอมแปร์

- ความต้านทานรวมในวงจร จะมีค่าเท่ากับ ส่วนกลับของผลรวมของความต้านทานของอุปกรณ์ไฟฟ้าแต่ละตัว



วงจรขนานโวลท์มิเตอร์

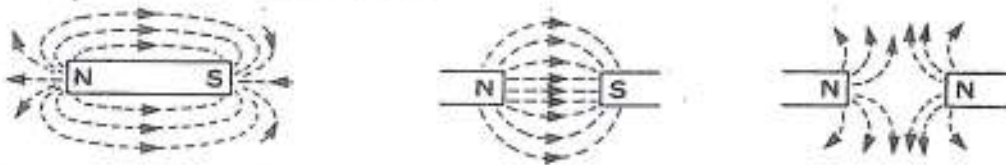


$$R = \frac{1}{\frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \dots + \frac{1}{r_n}}$$

7. ไฟฟ้าและแม่เหล็ก (Electricity and magnetism)

(1) เส้นแรงแม่เหล็ก (Magnetic lines of force)

แม่เหล็กจะมี 2 ขั้วคือ ขั้วเหนือและขั้วใต้ เส้นแรงแม่เหล็กจะไหลจากขั้วเหนือไปขั้วใต้เสมอ บริเวณที่มีเส้นแรงแม่เหล็กไหลผ่านเราเรียกว่า "สนามแม่เหล็ก"



ถ้านำขั้วแม่เหล็กที่ต่างกัน คือขั้วเหนือและขั้วใต้มาวางไว้ใกล้กัน มันจะดูดกันแต่ถ้านำขั้วแม่เหล็กที่เหมือนกัน เช่นเหนือกับเหนือ หรือใต้กับใต้ มาวางไว้ใกล้กัน มันจะผลักกัน

(2) กฎมือขวา (Righth-hand screw rule)

เมื่อมีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านลวดตัวนำ จะเกิดสนามแม่เหล็กขึ้น ซึ่งมีทิศทางสัมพันธ์กันกับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้า

เมื่อกระแสไฟฟ้าไหลผ่านในขดลวดจากด้านล่างไปด้านบน ตามรูป 36

ซึ่งมีทิศทางเหมือนสกรูเกลียวขวา ขดลวดจะเกิด

สนามแม่เหล็กขึ้น โดยด้านบนเป็นขั้วเหนือ และด้านล่างเป็นขั้วใต้และถ้าต้องการให้อำนาจแม่เหล็กที่เกิดขึ้นมีมากขึ้นก็ทำได้โดยสอดแท่งสารแม่เหล็ก(เช่น แท่งเหล็ก) ไว้ตรงกลางขดลวด ถ้าเพิ่มจำนวนกระแสไฟฟ้าที่จ่ายเข้าขดลวดหรือเพิ่มจำนวนรอบของขดลวดให้มากขึ้นโดยให้ขนาดของขดลวดคงที่ ก็จะทำให้อำนาจแม่เหล็กเพิ่มขึ้นเช่นกัน

ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดขึ้น



ทิศทางกระแสไฟฟ้า



สกรูเกลียวขวา

ขั้วเหนือ



ขั้วใต้

(3) การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก (Magnetic induction)

แม่เหล็ก สามารถเหนี่ยวนำเหล็กอื่นให้เป็นแม่เหล็กได้ถ้าวางไว้ใกล้กัน ถ้าวางแท่งเหล็กให้ชิดขั้วเหนือของแม่เหล็กปลายของแท่งเหล็กที่ติดกับแม่เหล็กนี้จะกลายเป็นขั้วใต้และอีกปลายหนึ่งจะเป็นขั้วเหนือ การที่แม่เหล็กทำให้เหล็ก อีกแท่งหนึ่งกลายเป็นแม่เหล็กนี้เรียกว่า "การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก" (Magnetic induction) แท่งเหล็กอ่อน (soft iron) จะหมดอำนาจแม่เหล็กทันที ที่นำออกจากบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กแต่ ถ้าเหล็กกล้าจะคงอำนาจไว้ได้นาน แม้จะนำออกจากบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กแล้วก็ตาม



แท่งเหล็ก

ดูดเข้าหากัน

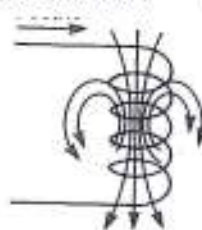
(4) ขดลวดและแม่เหล็กไฟฟ้า

(Coil and electromagnet)

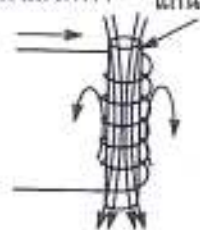
เมื่อนำแท่งเหล็กสอดเข้าไว้ในขดลวด แล้วปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดนั้นแท่งเหล็ก จะถูกเหนี่ยวนำให้เป็นแม่เหล็ก โดยอาศัยเส้นแรงแม่เหล็กที่เกิดจากขดลวดนั้นแท่งเหล็กนี้ เรียกว่า "แม่เหล็กไฟฟ้า" (Electromagnet)

ในการทำขดลวดแม่เหล็ก ถ้าพันขดลวดไว้รอบแท่งเหล็กสร้างอำนาจแม่เหล็กได้แรงกว่าไม่มีแท่งเหล็กอยู่ตรงกลาง เพราะเส้นแรงแม่เหล็กสามารถไหลผ่านเหล็กได้ดีกว่าอากาศและถ้าจะเพิ่มพลังของแม่เหล็ก ก็ทำได้โดยการเพิ่มกระแสไฟฟ้าหรือการเพิ่มจำนวนรอบของขดลวดให้มากขึ้น

ทิศทางกระแสไฟฟ้า



ทิศทางกระแสไฟฟ้า S



แกนเหล็ก

ทิศทางกระแสไฟฟ้า



กฎมือขวา

ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก (ขั้ว N)

(5) การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า

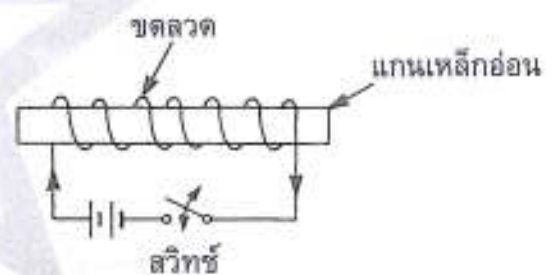
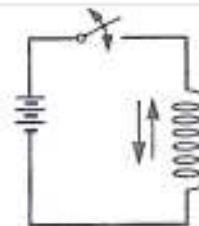
(Electromagnetic induction)

เมื่อเคลื่อนแท่งแม่เหล็กผ่านเข้าไปในขดลวดขึ้น ๆ ลง ๆ เส้นแรงแม่เหล็กจะตัดผ่านขดลวด เหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดนั้น ถ้ามีขดลวดอีกขดหนึ่งวางไว้ใกล้กับขดลวดขดแรก ขดลวดขดที่สองนี้ก็จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเป็นช่วง ๆ ด้วยการที่กระแสไฟเกิดขึ้นขดลวดในขดลวดได้เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงสภาพเส้นแรงแม่เหล็กภายในคอยล์นี้เรียกว่า "การเหนี่ยวนำแม่เหล็กไฟฟ้า" (Electromagnetic induction)



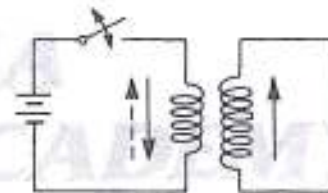
(6) การเหนี่ยวนำตัวเอง (Self induction)

เมื่อเปิดสวิตช์ไฟของวงจรไฟฟ้าจะเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสขึ้นในขดลวด ขั้วขวง การไหลของกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ ถ้าปิดสวิตช์ ก็จะทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าที่พยายามที่จะทำให้กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ไหลต่อไป ลักษณะของเหตุการณ์นี้เราเรียกว่า "การเหนี่ยวนำตัวเองของขดลวด" แรงเคลื่อนที่เกิดจากการเหนี่ยวนำตัวเองในขณะที่ปิดสวิตช์ จะมากกว่าขณะที่เปิดสวิตช์

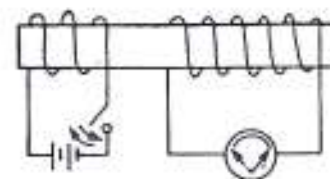


(7) การเหนี่ยวนำร่วม (Mutual induction)

เมื่อพันขดลวด 2 ขด ซ้อนทับกัน บนแกนเดียวกันแล้ว ปล่อยกระแสไฟฟ้าให้ไหลเข้าขดลวดขดหนึ่ง ขดลวดอีกขดหนึ่งก็จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น ด้วย การเหนี่ยวนำในลักษณะนี้ เรียกว่า "การเหนี่ยวนำร่วม" (Mutual induction) เราสามารถนำหลักการนี้ไปใช้ในการสร้างหม้อแปลงไฟฟ้าและคอยล์จุดระเบิด



ขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิ



8. สารกึ่งตัวนำ (Semi - conductor)

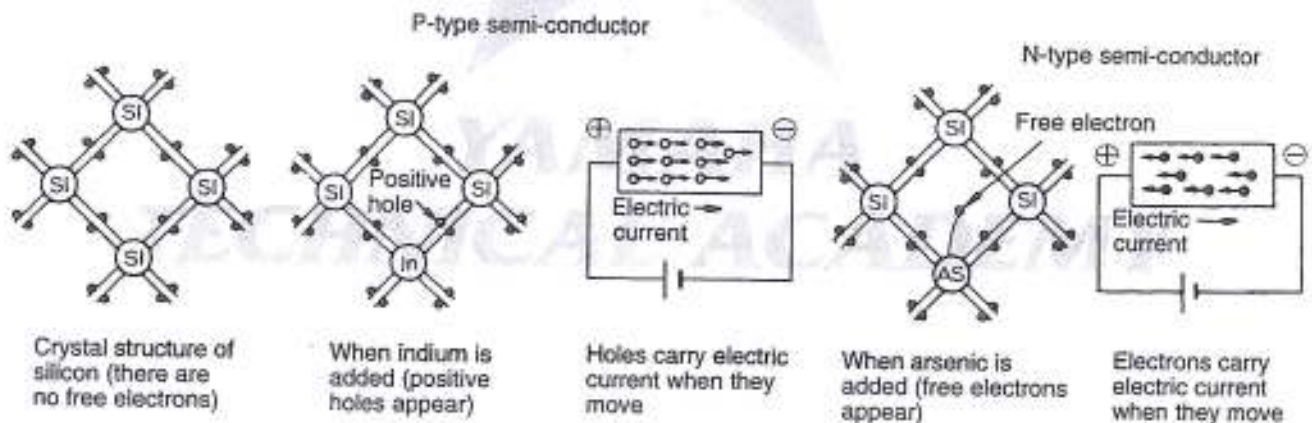
สารที่ยอมให้กระแสไฟฟ้าผ่านได้อย่างงาญนั้นเรียกว่าตัวนำ (Conductor) สารที่ป้องกันการไหลของกระแสไฟฟ้า เรียกว่า ฉนวน (Insulator)

สารกึ่งตัวนำ (Semi - conductor) นั้นอยู่ระหว่างตัวนำและฉนวนซึ่งทำมาจากซิลิกอนและเจอร์มาเนียม ความแตกต่างที่สำคัญระหว่างตัวนำและฉนวนนั้นก็คือว่า ในตัวนำมี อิเล็กตรอนมากมาย ซึ่งสามารถเคลื่อนที่ได้ง่าย อิสระ อิเล็กตรอนอิสระนำกระแสไฟฟ้าเมื่อมีการเคลื่อนไหว ผลึกของซิลิกอนและเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์นั้นเป็น ฉนวนที่อุดมภูมิตำแต่ว่า ทันทีที่ร้อน, ให้แสงหรือแรงดันแล้ว อิเล็กตรอนบางอย่างจะมีอิสระในการเคลื่อนตัว สารดังกล่าว นั้นเรียกว่าวัสดุกึ่งตัวนำ (Seme - conductor)

(1) วัสดุกึ่งตัวนำ แบบ P (แบบบวก) และ แบบ N (แบบลบ)

[P - type (Positive type) and N - type (Negative type) semi - conductor]

ผลึกของซิลิกอนและเจอร์มาเนียมบริสุทธิ์มีโครงสร้างของอะตอมที่คงที่ หากว่ามีสิ่งไม่บริสุทธิ์เจือปนอยู่ ผลึกเหล่านั้นก็จะถูกอัดประจุบวกหรือลบ เมื่อกระแสอิเล็กตรอนที่อ่อนถูกจ่ายไป อิเล็กตรอนจะถูกอัดประจุบวกหรือลบก็ตาม ขึ้นอยู่กับชนิดของสิ่งเจือปนที่ผสมอยู่ หากอะตอมของสิ่งเจือปนมีอิเล็กตรอนวาเลนซ์ที่ต่ำ (กลุ่มของอิเล็กตรอนที่อยู่ในกลุ่มนอกสุดในโครงสร้างของอะตอม) กว่าอะตอมของซิลิกอนหรือเจอร์มาเนียม ก็จะไม่เพียงพอต่อการเกาะกลุ่มของอะตอมซึ่งกันและกันเมื่อก่อตัวเป็นโครงสร้างของผลึก และดังนั้น ก็ก่อให้เกิดเป็น "รู" การอัดประจุบวก นี้คือวัสดุกึ่งตัวนำแบบ P หากว่าอะตอมของสิ่งเจือปนมีอิเล็กตรอนวาเลนซ์มากกว่าอะตอมของซิลิกอนหรือเจอร์มาเนียม อิเล็กตรอนที่มากเกินไป (คืออิเล็กตรอนอิสระ) ที่มีอยู่ในโครงสร้างของผลึก นี้คือวัสดุกึ่งตัวนำแบบ N



(2) ไดโอด (Diode)

เป็นไปได้ที่จะทำ "เครื่องมือ" ที่มีคุณสมบัติแตกต่างกันไปโดยการรวมเอาวัตถุทั้งตัวนำแบบ P และแบบ N เข้าด้วยกัน ทางที่ง่ายที่สุดคือไดโอดข้อต่อของ P - N ที่เรียงกระแสของไฟฟ้า เป็นการรวมกันที่ง่าย ๆ ของวัตถุทั้งตัวนำแบบ P และ แบบ N

① ปฏิบัติการไดโอดซิลิกอน (Action of the silicon diode)

สมมติว่าท่านได้ทำการเชื่อมต่อ ไดโอด P-N ซิลิกอน ซึ่งเป็นการรวมกันของผลึกซิลิกอนแบบ P และแบบ N รูปร่างๆ ของบริเวณแบบ P เคลื่อนไหวไปยังแบบ N และอิเล็กตรอนของบริเวณแบบ N เคลื่อนไหวตรงไปยังแบบ P แต่ว่าทั้งรูและอิเล็กตรอนสามารถเข้าไปยังบริเวณอื่น ซึ่งมี "กำแพง" (Wall) ที่ขั้วต่อได้

หากท่านเชื่อมต่อแบตเตอรี่ขั้วลบไดโอด ขั้วบวกที่แบบ P และขั้วลบที่แบบ N รูปร่างๆ และอิเล็กตรอน ถูกขับเคลื่อนโดยแรงดัน ที่วิ่งไปบนกำแพงและรวมเข้าด้วยกัน การไหลของรูจาก P ไปยัง N และการไหลของอิเล็กตรอนจาก N ไปยัง P ก่อให้เกิดกระแสไฟฟ้า แม้ว่าจะมีจำนวนจำกัดของรูต่างๆ และอิเล็กตรอนที่เริ่มต้นในวัตถุทั้งตัวนำก็ตามอิเล็กตรอนที่ถูกจ่ายไปจากภายนอก คือจากแบตเตอรี่รูดานานเท่านั้นที่มันเชื่อมต่อและนานเท่าที่กระแสไฟฟ้าจะไหลต่อไป

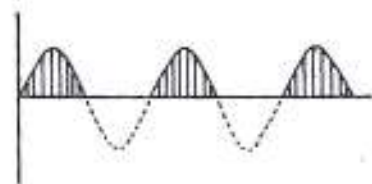
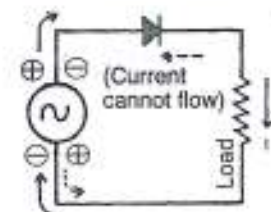
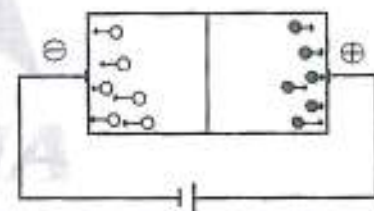
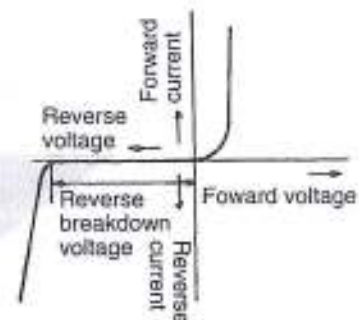
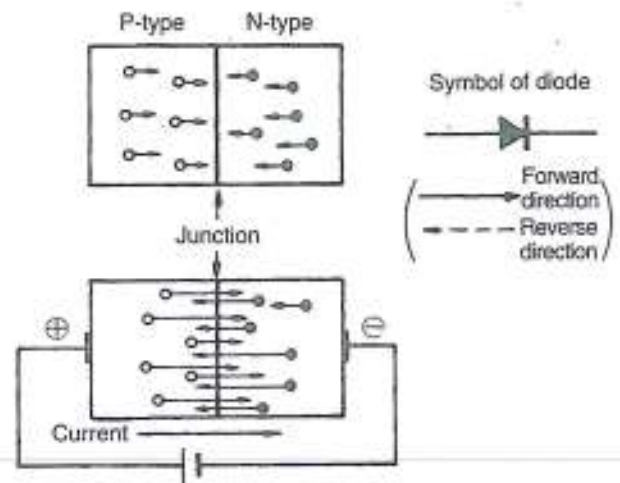
ทิศทางที่กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไดโอดหนึ่งเรียกว่า "ไฟข้างหน้า" หากท่านเชื่อมต่อแบตเตอรี่กลับกัน ขั้วบวกไปยังแบบ N และขั้วลบไปยังแบบ P แล้ว, รูต่างๆ ถูกดูดไปยังข้างหน้าขั้วลบ และอิเล็กตรอนไปข้างหน้าขั้วบวก และดังนั้นการไหลของไฟฟ้าต่อเนื่องก็ไม่เกิดขึ้น ทิศทางนี้ของไดโอดเรียกว่า "กั๊กกลับ"

② ปฏิบัติการการเรียงกระแส (Rectifying action)

ไดโอดยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลไปข้างหน้าเมื่อปริมาณของแรงดันจำนวนน้อยมีการจ่ายออกไป แต่ไม่ยอมให้กระแสไฟฟ้าไหลย้อนกลับแม้ว่าจะมีการใช้แรงดันไปอย่างมากมายก็ตาม คุณสมบัตินี้ใช้ประโยชน์กับการเรียงกระแสสลับ ซึ่งแตกต่างกันตามทิศทางที่คงที่ของกระแสไฟฟ้า เข้าสู่กระแสตรง

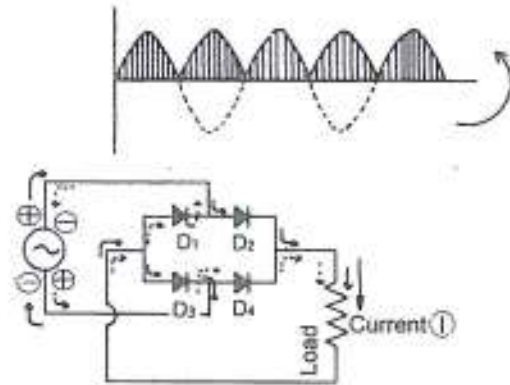
③ กระแสครึ่งคลื่น (Half-wave rectification)

สมมติว่ามีวงจรที่เกี่ยวข้องกับไดโอด ดังที่แสดงในภาพ เมื่อกระแสสลับจ่ายให้กับวงจร ไดโอดยอมให้กระแสผ่านเพียงระหว่างทุกๆ ครึ่งวงรอบไปในทิศทางข้างหน้า และด้วยเหตุนี้เอง รูปแบบคลื่นของกระแสกลายเป็นดังที่แสดงไว้ด้วยการไหลของกระแสในทิศทางกลับกันที่ถูกตัดออก สิ่งนี้เรียกว่า การเรียงกระแสครึ่งคลื่น



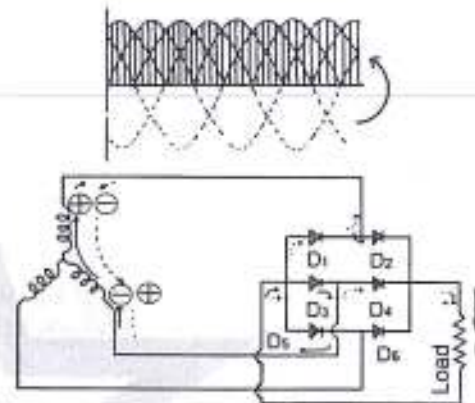
④ กระแสเต็มคลื่น (Full-wave rectification)

ในวงจรที่มีสะพาน (Bridge) ไดโอดก่อดำเนินด้วยไดโอดสี่ตัว ดังที่แสดงไว้ กระแสไฟไหลผ่านโหลด มีรูปแบบคลื่นดังเช่นทิศทางของกระแสของวงจร ซึ่งเป็นลบที่กลับกัน สิ่งนี้เรียกว่า การกลับกระแสเต็มคลื่น กระแสที่มากเป็นสองเท่าไหลในกล่องนี้ เหมือนอย่างในการกลับกระแสแบบครึ่งคลื่นนั่นเอง



⑤ กระแสแบบสามเฟส (Three-phase rectification)

เราใช้ไดโอด 6 ตัว ดังที่แสดง เพื่อกลับกระแสสามเฟส เฟสต่าง ๆ ของกระแสที่เหลื่อมกัน มันเป็นไปได้ที่จะก่อให้เกิดกระแสตรงที่มากกว่ากับการกลับกระแสแบบเฟสเดียว (กระแสเต็มคลื่นแบบสามเฟส)



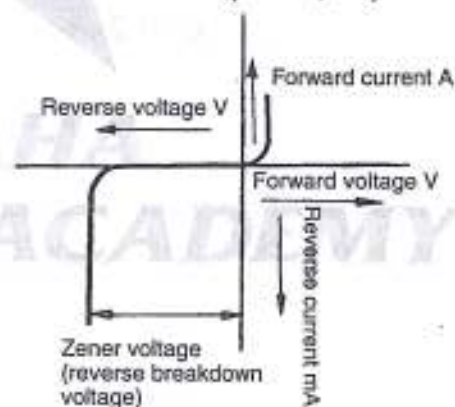
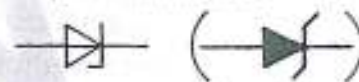
③ ซีเนอร์ ไดโอด (Zener diode)

ซีเนอร์ไดโอด เป็นไดโอดซิลิกอนชนิดหนึ่ง แต่คุณสมบัติของการสลายตัวกลับกันเป็นพิเศษ นั้นเป็นประโยชน์

ไดโอดยอมให้กระแสไหลผ่านเมื่อเป็นแรงดันไปข้างหน้า แม้หากว่ากระแสที่ป้อนเข้าไปจะเป็นกระแสเล็ก ๆ ก็ตาม แต่เมื่อแรงดันเป็นแบบกลับกัน ไดโอดจะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่าน จนกว่าแรงดันกลับกันจะเข้าถึงระดับหนึ่ง ที่เรียกว่าแรงดันสลายตัว ไดโอดซีเนอร์มีแรงดันสลายตัว (Low breakdown voltage) ต่ำมากและยิ่งกว่านั้น แรงดันสลายตัวกลับกันนั้นถูกทำให้คงที่โดยไม่สนใจต่อความเข้มข้นของกระแสไฟ แรงดันกลับกันที่คงที่นั้นเรียกว่า Zener voltage

ไดโอดซีเนอร์ ซึ่งยังเรียกกันอีกว่า “แรงดันคงที่” (Fixed voltage device) ใช้เป็นอุปกรณ์เปิด - ปิด (Switching device) ในเครื่องปรับแรงดันไฟฟ้าแบบทรานซิสเตอร์

Symbol of zener diode

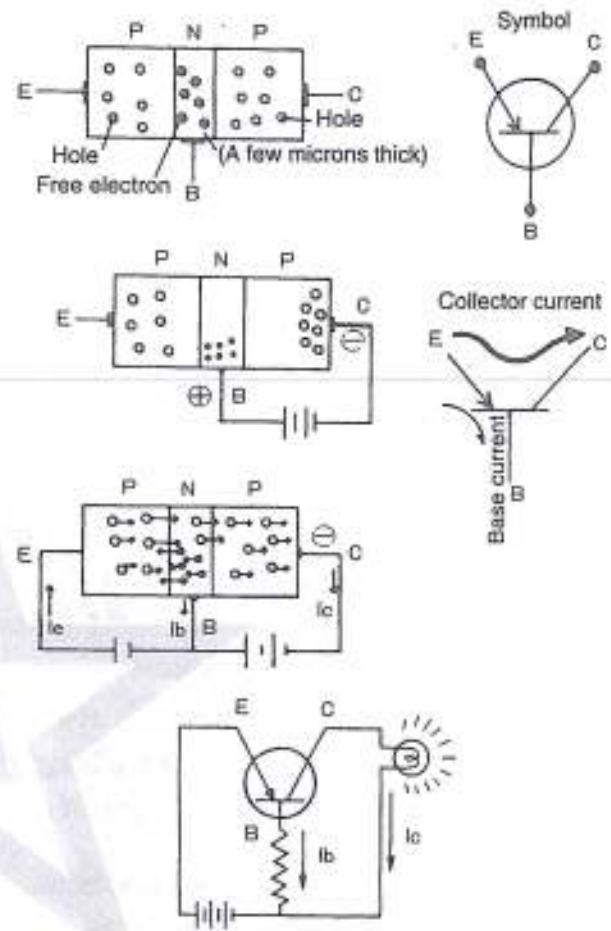


(3) ทรานซิสเตอร์ (Transistor)

ทรานซิสเตอร์ประกอบด้วยวัสดุกึ่งตัวนำแบบ P ที่ซ้อนกันอยู่ระหว่างวัสดุกึ่งตัวนำแบบ N (เรียกว่า ทรานซิสเตอร์ NPN) หรือ แบบ N ที่ซ้อนกันโดยแบบ P สองตัว (เรียกว่า ทรานซิสเตอร์ PNP) มีสามขั้ว : เบส (B) (Base) , อิมิตเตอร์ (E) (Emitter) และคอลเล็กเตอร์ (C) (Collector)

① ทรานซิสเตอร์ PNP (PNP transistor)

รูปร่าง ที่มีอยู่ในบริเวณของอิมิตเตอร์ (Emitter) และคอลเล็กเตอร์ (Collector) และอิเล็กตรอนอิสระ ที่มีอยู่ในบริเวณของฐาน เมื่อแรงดันถูกป้อนข้าม เบสและคอลเล็กเตอร์กับเบสที่เป็นบวกสัมพันธ์ กับคอลเล็กเตอร์ ข้อต่อระหว่างเบสคอลเล็กเตอร์ นั้น มีอิทธิพลกลับกันและไม่มีกระแสไฟ อิเล็กตรอนในบริเวณเบสที่ถูกดึงดูดจากขั้ว เบสและรูต่างๆ ในบริเวณคอลเล็กเตอร์ที่ถูกดึงดูด โดยขั้วของคอลเล็กเตอร์หากท่านจ่ายแรงดัน ข้ามอิมิตเตอร์และเบสรวมกัน ด้วยอิมิตเตอร์ที่ เป็นบวกสัมพันธ์กับเบสแล้ว รูต่างๆ ของบริเวณอิมิตเตอร์เคลื่อนไปยังเบสและอิเล็กตรอน อิสระของบริเวณเบสที่เคลื่อนไปยังอิมิตเตอร์ ซึ่ง ถูกขับเคลื่อนด้วยแรงดันภายนอก หากเบสในเวลา นี้ บางมากแล้ว รูส่วนมากจะผ่านขึ้นเบสไปยัง บริเวณคอลเล็กเตอร์ และถูกดึงดูดด้วยแรงดันลบ ที่จ่ายให้กับคอลเล็กเตอร์ ดังนั้นกระแสจึงไหลระหว่างอิมิตเตอร์กับคอลเล็กเตอร์

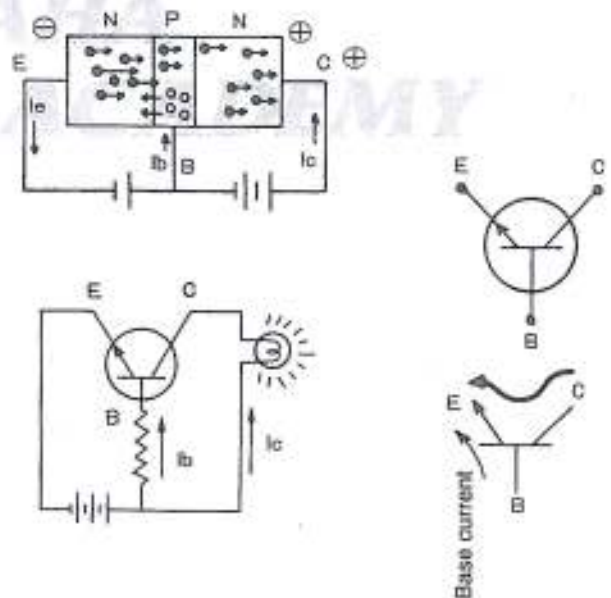


② ทรานซิสเตอร์ NPN (NPN transistor)

หลักการทำงานนั้นเช่นเดียวกับทรานซิสเตอร์ PNP แต่รูปร่าง นั้น และอิเล็กตรอนเปลี่ยน ตำแหน่งซึ่งกันและกัน ทิศทางของกระแส นั้นก็ กลับกันด้วย

- กระแสเบส I_b กระแสอิมิตเตอร์ I_e และกระแสคอลเล็กเตอร์ I_c มีความสัมพันธ์เหมือนกันดังนี้

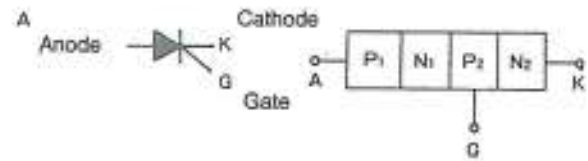
$I_e = I_b + I_c$ I_b นั้นน้อยมากๆ และมีค่าประมาณ 1~ 5% ของ I_c เมื่อมีการจ่ายกระแสเบสจำนวน น้อยดังกล่าวนี้ กระแสคอลเล็กเตอร์ขนาดมากจะ ไหลไปได้ (ปฏิกิริยาของสวิตช์ทรานซิสเตอร์) นอกจากนี้ กระแสคอลเล็กเตอร์ยังสามารถถูกควบคุมจากกระแสเบส (ปฏิกิริยาของการขยาย) ทรานซิสเตอร์ถูกใช้แทนที่จุดสัมผัสต่างๆ ของ ระบบการจุดระเบิดและเร็กกูเลเตอร์



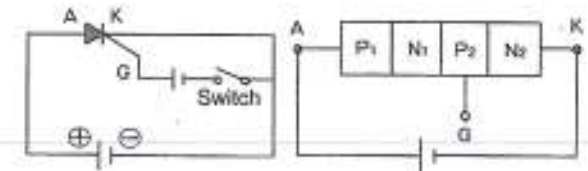
(4) ไทริสเตอร์ (Thyristor)

ไทริสเตอร์ ยังเรียกว่าซิลิกอนที่ควบคุมการเรียงกระแส ประกอบด้วย ชั้นของวัสดุกึ่งตัวนำ แบบ P 2 ตัว และ แบบ N 2 ตัว ที่จัดเรียงในแบบ PNPN มันจะมี 3 ขั้ว เอโนด (Anode) (A) แคโทด (Cathode) (K) และเกต (Gate) (G)

ไม่มีกระแสไหลผ่านไทริสเตอร์ แม้ว่าเมื่อแรงดันถูกจ่ายข้ามไปยัง A และ K

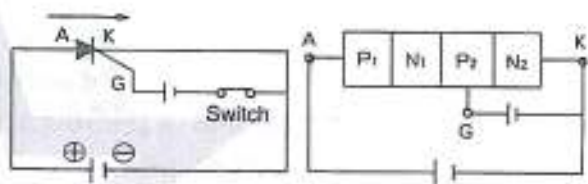


กระแสสามารถไหลผ่านข้อต่อ PN ของ P₁ และ N₁ หากแรงดันวิ่งไปข้างหน้า แต่ข้อต่อของ N₁ และ P₂ จะขัดขวางกระแสไว้ เนื่องจากแรงดันนั้นถอยกลับข้ามผ่านข้อต่อนี้



หากแรงดันบวกนั้นถูกจ่ายเพิ่มเข้าไปที่ G กระแสจะไหลไประหว่าง A และ K

กระแสไหลขณะที่แรงดันจ่ายข้ามข้อต่อของ P และ N ที่ไปข้างหน้า ชั้นของ P ที่เชื่อมต่อเข้ากับ G นั้น บางๆ มาก และดังนั้น กระแสจึงไหลไประหว่าง N และ P อย่างในทรานซิสเตอร์ NPNB อันเนื่องมาจากแรงดันเกต ดังนั้น กระแสจึงไหลไประหว่าง A และ K

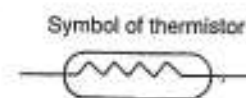


ทันทีที่แรงดันเกตได้ถูกจ่ายไฟ กระแสจะไหลต่อเนื่องผ่านไทริสเตอร์ แม้ว่ากระแสเกตจะถูกขจัดออกไป หากว่ากระแสลดลง เมื่อแรงดันข้ามผ่าน A และ K ได้ถูกเอาออกไป ไทริสเตอร์จะไม่ยอมให้กระแสไหลผ่านไปจนกระทั่งแรงดันเกตนั้นถูกจ่ายให้อีกครั้ง

ดังนั้น ไทริสเตอร์จึงมีหน้าที่การทำงานของสวิตช์ และถูกใช้ในระบบการจุดระเบิด CDI และในเร็กกูเลเตอร์

(6) เทอมิสเตอร์ (Thermistor)

คุณสมบัติทางไฟฟ้าของวัสดุกึ่งตัวนำนั้นแตกต่างกันไปเป็นอย่างมากตามอุณหภูมิรอบข้าง (Ambient temperature) หากว่าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น การไหลของกระแสเพิ่มขึ้นเมื่อแรงดันเท่ากันถูกจ่ายให้ และดังนั้น ความต้านทานของมันจึงตกลงไป เทอมิสเตอร์นั้นเป็นอุปกรณ์ชนิดหนึ่งที่ใช้ประโยชน์ในหลักการนี้ มันถูกใช้เพื่อตรวจจับอุณหภูมิในเกจวัดอุณหภูมิของน้ำ, เกจวัดเชื้อเพลิง และอื่นๆ

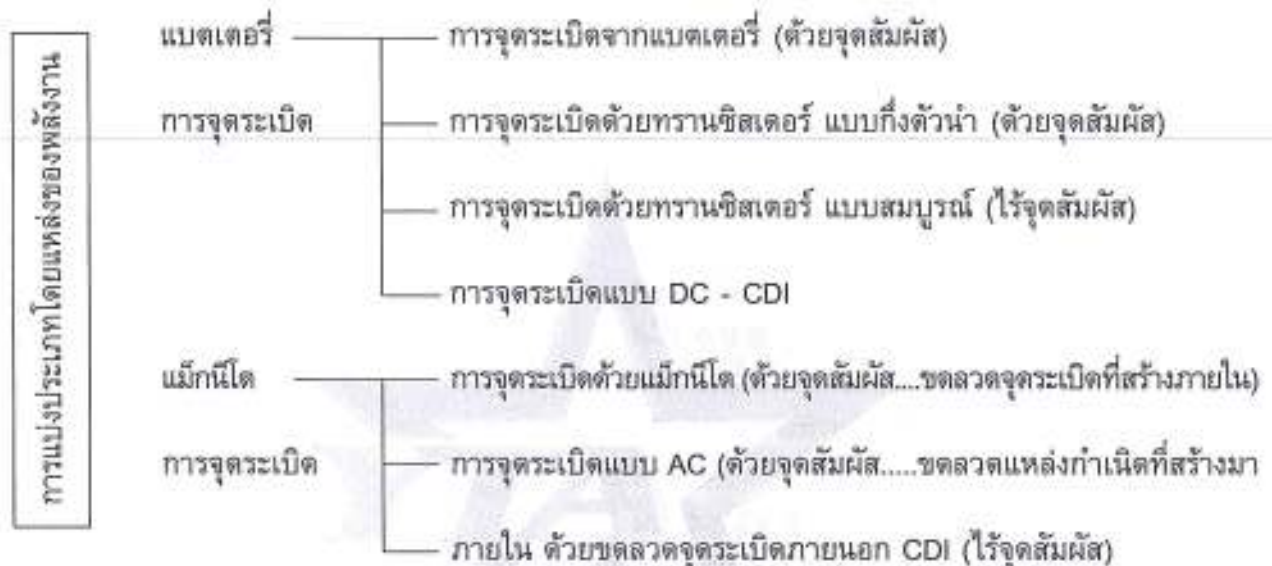


[2] ระบบจุดระเบิด (Ignition system)

ในเครื่องยนต์แก๊สโซลีน ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงเกิดขึ้นในคาบูเรเตอร์จะถูกกดอัดในกระบอกสูบ ต่อมาเกิดประกายไฟจากหัวเทียน แรงดันที่สูงมากนั้น จำเป็นต่อการกำเนิดประกายไฟเหล่านี้ อุปกรณ์ที่ก่อให้เกิดแรงดันสูงและการจุดระเบิดส่วนผสมของอากาศ - เชื้อเพลิงนี้เรียกว่าระบบจุดระเบิด (Ignition system)

1. ชนิดของระบบการจุดระเบิด (Type of ignition systems)

ระบบของการจุดระเบิดนั้นได้รับพลังงานทั้งจากแบตเตอรี่และแมกนีโต (Magneto)



การจุดระเบิดเป็นส่วนประกอบแบบหนึ่งในสามส่วนของการทำงานของเครื่องยนต์ มันจำเป็นต้องการ

*ให้แรงดันสูง

*ความปลอดภัย

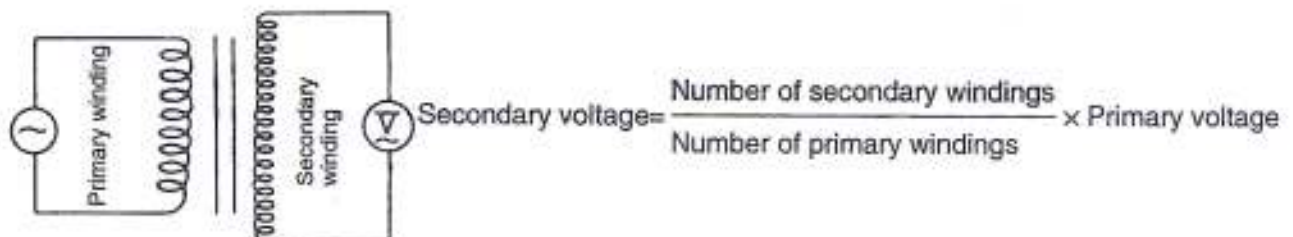
*ที่ช่วงของการตั้งเวลาที่เหมาะสม

สมรรถนะของเครื่องยนต์ขึ้นอยู่กับ การจุดระเบิด

2. ขดลวดจุดระเบิด (Ignition coil)

หลักการ (Principle)

ขดลวดจุดระเบิดให้กำเนิดแรงดันสูงที่จำเป็นต่อการกำเนิดประกายไฟที่หัวเทียน มันเป็นหม้อแปลงไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่ใช้ประโยชน์ในการเหนี่ยวนำร่วมกันและด้วยตัวของขดลวดเอง



หม้อแปลงไฟฟ้าประกอบด้วยขดลวดสองขดที่พันอยู่บนแกนเหล็ก เมื่อแรงดัน AC ถูกจ่ายเข้าไปกับขดลวดปฐมภูมิแล้ว (ต้านเข้า) แรงดันเกิดขึ้นข้ามไปยังขดลวดอีกขดหนึ่งซึ่งเป็นขดลวดทุติยภูมิ (Secondary winding) (ต้านออก) ซึ่งค่านี้เป็นสัดส่วนกับอัตราส่วนของจำนวนของขดลวดทุติยภูมิ กับจำนวนของขดลวดปฐมภูมิ (Primary winding)

โครงสร้างและหน้าที่ของคอยล์

- แกนเหล็ก (Iron core)

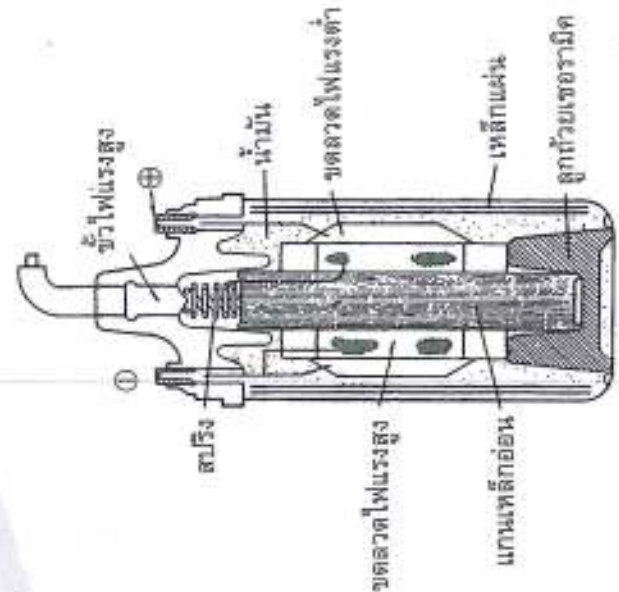
ทำจากเหล็กแผ่น หรือ ลวดเหล็กอาบฉนวนนำมาเรียงซ้อนกันเป็นแท่งมากกว่า 10 แท่ง

- ขดลวดทุติยภูมิ (Secondary coil)

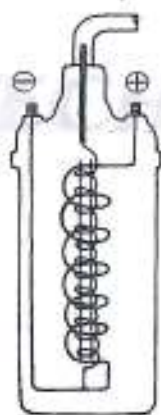
เป็นลวดทองแดงเส้นผ่าศ.ก.ประมาณ 0.1 มม.อาบฉนวนพันที่แกนเหล็กไม่ต่ำกว่า 10,000 รอบ โดยพันทับกันเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นคั่นด้วยฉนวนบางๆ ปลายข้างหนึ่งจะต่อกับขั้วสายไฟแรงสูง ปลายอีกข้างหนึ่งจะต่อกับขดลวดไฟแรงต่ำ

- ขดลวดปฐมภูมิ (Primary Coil)

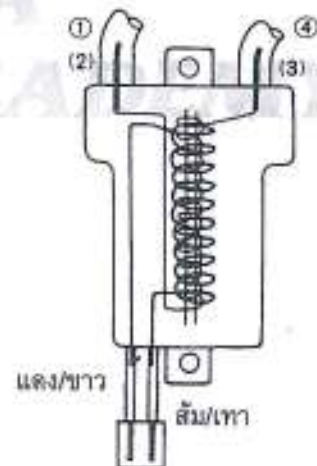
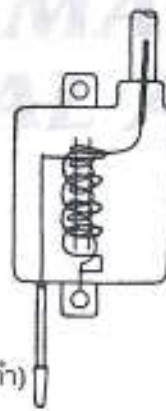
เป็นลวดทองแดงขนาดเส้นผ่าศ.ก. 0.5-1.0 มม. พันไว้ประมาณ 100 รอบทับขดลวดไฟแรงสูงโดยมีฉนวนอย่างหนาแน่นระหว่างขดลวดทั้ง 2 การทำงานของคอยล์จุดระเบิดก็เหมือนหม้อแปลงไฟฟ้า คือ เมื่อกระแสไฟไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำจากหน้าทองขาว หรือ สิ่งใดก็ตามลงกราวด์ครบวงจร ขดลวดไฟแรงต่ำจะเหนี่ยวนำตัวเองจนเกิดแรงเคลื่อนประมาณ 200-300 โวลท์ และเกิดการเหนี่ยวนำร่วมให้ขดลวดไฟแรงสูงเกิดแรงเคลื่อนประมาณ 10,000-20,000 โวลท์ซึ่งขึ้นอยู่กับอัตราส่วนของจำนวนรอบของขดลวดทั้ง 2 ที่พันซ้อนทับกันบนแกนเหล็ก



ชนิดของคอยล์จุดระเบิด



สายสัติ้ม (หรือสัติ้ม)

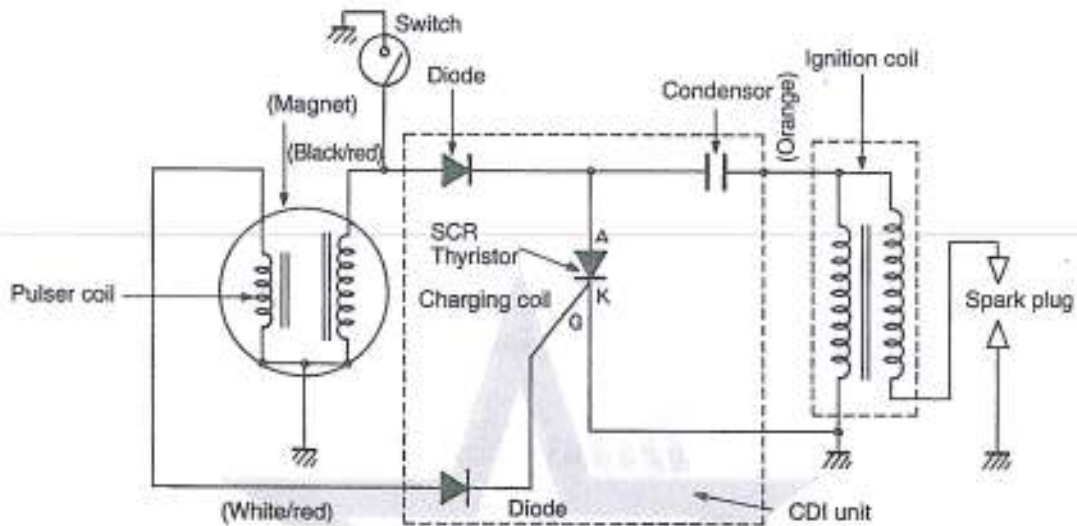


3. โครงสร้างและหน้าที่ของระบบจุดระเบิด

(1) ระบบจุดระเบิดแบบ ซี ดี ไอ (Capacitor Discharge Ignition (CDI))

ตัวเก็บประจุ เก็บพลังงานจากกระแสไฟฟ้าที่ชักนำโดยขดลวดผลิตไฟในเวลาเดียวกัน สัญญาณจุดระเบิดจะถูกชักนำโดยขดลวดสัญญาณทำให้ไทรสเตอร์ทำงาน ซึ่งจะทำให้ ตัวเก็บประจุปล่อยกระแสไฟฟ้าออกมาทันที แรงกระแสไฟไปยังขดลวดจุดระเบิดเพื่อทำให้เกิดไฟแรงสูง

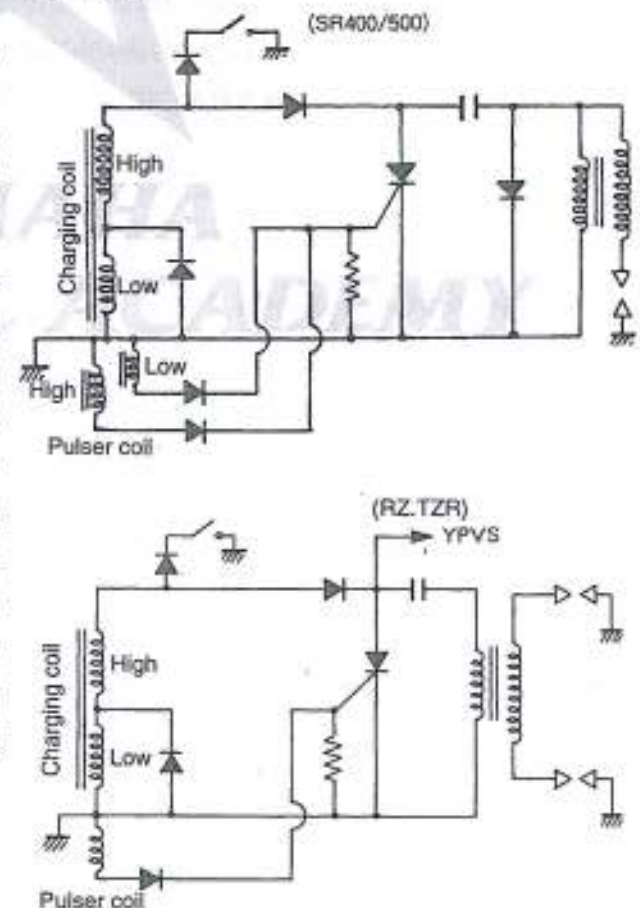
Basic circuit



เมื่อล้อแม่เหล็กหมุนตัดขดลวดผลิตไฟ (Source coil) หรือ charge coil) จะผลิตกระแสไฟฟ้าสลับ แล้ววิ่งผ่านไดโอดเรียงเป็นกระแสตรงวิ่งเข้าประจุในคอนเดนเซอร์เมื่อถึงจังหวะจุดระเบิด ขดลวดสัญญาณ (Signal coil or pulser coil) จะผลิตกระแสไฟฟ้าสัญญาณไปกระตุ้นขาเกจของไทรสเตอร์ ไทรสเตอร์จะยอมให้กระแสไฟไหลผ่านระหว่างขาอาโนด กับขาคาทอด กระแสไฟที่ประจุอยู่ในคอนเดนเซอร์จะวิ่งออกผ่านไทรสเตอร์ไปผ่านขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์จุดระเบิด ซึ่งจะเกิดการเหนี่ยวนำตัวเองเกิดกระแสไฟประมาณ 200-300 โวลท์ จะเหนี่ยวนำให้ขดลวดไฟแรงสูงเกิดไฟแรงสูงประมาณ 15,000-20,000 โวลท์ไปกระโดดที่หัวเทียน

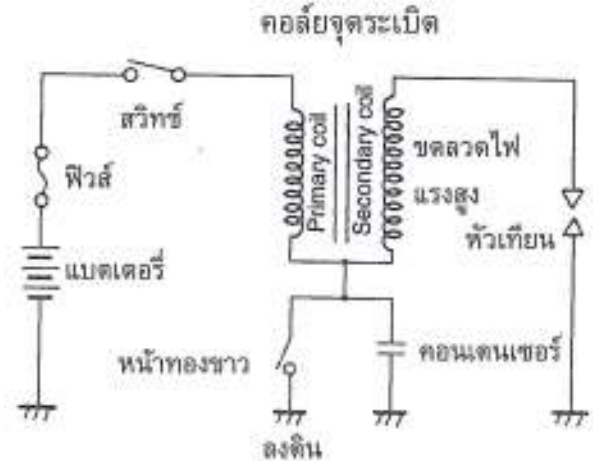
- ไทรสเตอร์ (Thyristor) จะทำหน้าที่เป็นสวิตช์ไฟฟ้าทำงานได้รวดเร็วกว่าสวิตช์ประเภทกลไก เช่น หน้าทองขาวคอนเดนเซอร์จะคายประจุได้อย่างรวดเร็วไฟแรงสูงที่เกิดจากขดลวดไฟแรงสูงจะเกิดได้มากและผลิตประกายไฟได้ดี แม้ว่าหัวเทียนจะสกปรกก็ตาม

[Reference]



ความรู้ขั้นพื้นฐาน

ระบบจุดระเบิดด้วยแบตเตอรี่ชนิดหน้าทองขาว ไฟแรงสูงจะเกิดจากการเปิด ปิดของหน้าทองขาวซึ่งควบคุมกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่ที่ไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์

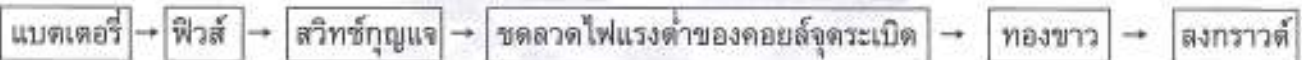


วงจรไฟฟ้า

ระบบจุดระเบิดประกอบไปด้วย วงจรไฟแรงต่ำและวงจรไฟแรงสูง ในวงจรไฟแรงต่ำจะประกอบไปด้วย แบตเตอรี่ ฟิวส์, สวิทช์ ทุญแจขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์จุดระเบิดหน้าทองขาว และคอนเดนเซอร์ ส่วนวงจรไฟแรงสูงจะประกอบด้วยขดลวดไฟแรงสูงของคอยล์จุดระเบิด ปลั๊กหัวเทียน (Plug cap) และหัวเทียน

การทำงาน

เมื่อเปิดสวิทช์ทุญแจ กระแสไฟจะไหลผ่านอุปกรณ์ต่อไปนี้ ตามลำดับ



เมื่อสตาร์ทเครื่องยนต์ อาจโดยการถีบสตาร์ท หรือใช้สตาร์ทไฟฟ้า เหล่าลูกเบี้ยวจะหมุนและลูกเบี้ยวจะเป็นตัวไปเปิดปิดหน้าทองขาว ขณะหน้าทองขาวเปิด กระแสไฟที่ไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำจะหยุดชะงักทันที ขดลวดไฟแรงต่ำจะเกิดการเหนี่ยวนำตัวเองจนเกิดแรงเคลื่อนประมาณ 200-300 โวลท์ และในเวลาเดียวกัน ขดลวดไฟแรงสูงจะเกิดการเหนี่ยวนำร่วมเกิดแรงเคลื่อนประมาณ 10,000-20,000 โวลท์ อัตราส่วนของแรงเคลื่อนจากขดลวดไฟแรงสูงต่อขดลวดไฟแรงต่ำ ก็เท่ากับอัตราส่วนระหว่างจำนวนขดลวดไฟแรงสูงต่อจำนวนขดลวดไฟแรงต่ำ ไฟแรงสูงที่เกิดขึ้นจะวิ่งผ่านสายไฟแรงสูงไปกระโดดข้ามเขี้ยวหัวเทียนถ้าต้องการจะเพิ่มไฟแรงสูงให้มากขึ้น จะต้องเพิ่มกระแสไฟฟ้าที่ป้อนเข้าขดลวดไฟแรงต่ำให้มากขึ้นด้วย

การตรวจสอบเพื่อการบำรุงรักษา

1. หน้าทองขาวสะอาดหรือไม่
2. หน้าทองขาวสัมผัสกันสนิทหรือไม่
3. ความห่างหน้าทองขาวถูกต้องหรือไม่ (0.3-0.4 มม.)
4. แรงกดของสปริงหน้าทองขาวถูกต้องหรือไม่ (0.5-0.7 กก.)
5. ฉนวนรองชุดหน้าทองขาวอยู่ในสภาพดีหรือไม่ (ความต้านทานลงกราวด์ไม่น้อยกว่า 1 ล้านโอห์ม)
6. ความจุคอนเดนเซอร์ถูกต้องหรือไม่ (0.22-0.3 ไมโครฟารัด) μF
7. ความต้านทานการรั่วลงกราวด์ของคอนเดนเซอร์พอหรือไม่ (ไม่ต่ำกว่า 5 ล้านโอห์ม)
8. ขั้วต่อต่างๆ ในวงจรไฟแรงต่ำแน่นและสะอาดดีหรือไม่

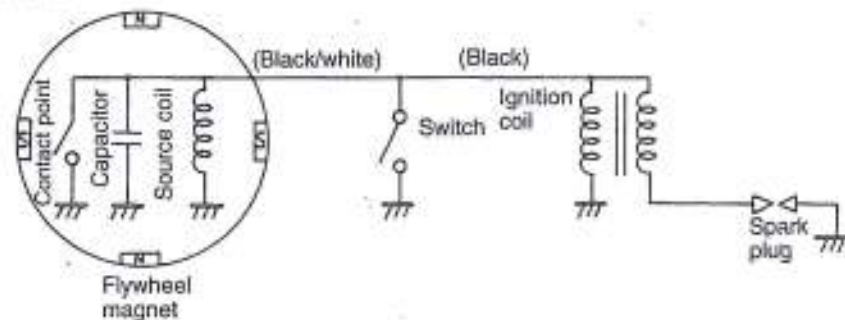
ปัญหาของการจุดระเบิดแบบหน้าทองขาว

- มีการติดไฟบนผิวหน้าทองขาว
- ช่วงเวลาในการจุดระเบิดผิดพลาด
- พื้นที่ผิวของหน้าทองขาวเอียง
- สปริงล้า
- จังหวะจุดระเบิดผิดที่ความเร็วสูง
- หน้าสัมผัสไม่เรียบ
- เพิ่มความต้านทานกระแสไฟฟ้า

ความรู้ขั้นพื้นฐาน

ระบบจุดระเบิดแบบ AC ใช้ล้อแม่เหล็ก (AC Ignition with flywheel magnet)

Basic circuit



การทำงาน

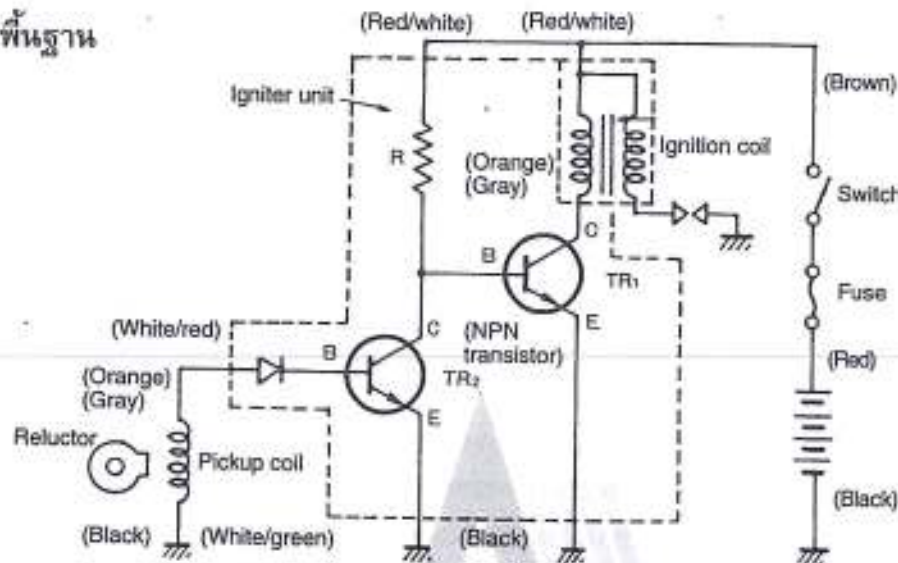
แม่เหล็กถาวรจะยึดติดกับล้อแม่เหล็กจานไฟและหมุนอยู่รอบนอกของขดลวดผลิตไฟ (Source coil) ดังนั้น ขดลวดไฟก็จะผลิตไฟกระแสสลับออกมาวิ่งผ่านหน้าทองขาวลงกราวด์ เมื่อขดลวดผลิตไฟได้สูงสุด จะเป็นจังหวะเดียวกันกับที่หน้าทองขาวจะถูกลูกเบี้ยวเตะให้เปิดออก เส้นแรงแม่เหล็กในคอยล์จะยุบตัวลงเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อน (ด้วยการเหนี่ยวนำตัวเอง) ประมาณ 200-300 โวลท์ในขดลวดผลิตไฟ วิ่งไปผ่านขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์จุดระเบิดลงกราวด์ ทำให้ขดลวดไฟแรงสูงถูกเหนี่ยวนำร่วมให้เกิดไฟแรงสูงประมาณ 10,000-20,000 โวลท์ วิ่งไปที่หัวเทียนเพื่อจุดประกายไฟ แรงเคลื่อนที่เกิดขึ้นในขดลวดไฟแรงสูงนี้จะขึ้นอยู่กับอัตราส่วนระหว่างจำนวนขดลวดไฟแรงสูงและจำนวนรอบของขดลวดไฟแรงต่ำ

- * ทั้งระบบจุดระเบิดแบบใช้แบตเตอรี่และแบบเอซีใช้ล้อแม่เหล็กจะต้องใช้หน้าทองขาวเป็นตัวตัดต่อกระแสไฟที่ไหลเข้าขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์ ทองขาวจะรับแรงเตะจากลูกเบี้ยว จุดบกพร่องของระบบจุดระเบิด คือ หน้าทองขาวสึกหรอ, สปริงทองขาวอ่อนหรือหัก, เพลาลูกเบี้ยวสึกหรอ, หน้าทองขาวไหม้หรือความสกปรกจากการเกิดประกายไฟ ชิ้นส่วนต่างๆ สึกหรอไฟอ่อนเกินไปขณะความเร็วสูง ฯลฯ ไฟแรงสูงจะเกิดน้อยเกินไปถ้าช่องว่างหัวเทียนผิดพลาดหรือตั้งไฟจุดระเบิดผิดพลาด หรือความต้านทานในวงจรไฟสูงเกินไป ซึ่งถ้าเกิดอาการเช่นนี้จะต้องทำการซ่อมบำรุงทันที
- * ระบบจุดระเบิดแบบไม่ใช้หน้าทองขาว (Pointless ignition system)
ถูกสร้างขึ้นเพื่อใช้กับไขจุดอ่อนระบบหน้าทองขาว การควบคุมการไหลของกระแสไฟฟ้าในวงจรไฟแรงต่ำ จะใช้ระบบไฟฟ้าเข้าควบคุม
- * ระบบจุดระเบิดแบบไม่ใช้หน้าทองขาวจะมี 2 อย่างคือ คาปาซิเตอร์ดีสชาร์จ์อิเล็กทรอนิกส์หรือซีดีไอ (Capacitor Discharge Ignition, CDI) กับระบบจุดระเบิดแบบทรานซิสเตอร์ (Transistorized ignition system) ทั้ง 2 ระบบนี้ ระบบกลไกต่างๆจะแยกออกจากการจุดระเบิดและจะมีชิ้นส่วนน้อยกว่าแบบใช้ทองขาว จึงมีจุดอ่อนน้อยกว่า ประกายไฟจากหัวเทียนจะคงที่ และไม่จำเป็นที่จะต้องบำรุงรักษา

(2) ระบบทรานซิสเตอร์

วงจรนี้จะอาศัยกระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่โดยเปิด - ปิดด้วยทรานซิสเตอร์ และสัญญาณการจุดระเบิดจะมาจาก PICKUP COIL เพื่อผลิตไฟแรงสูง

วงจรพื้นฐาน



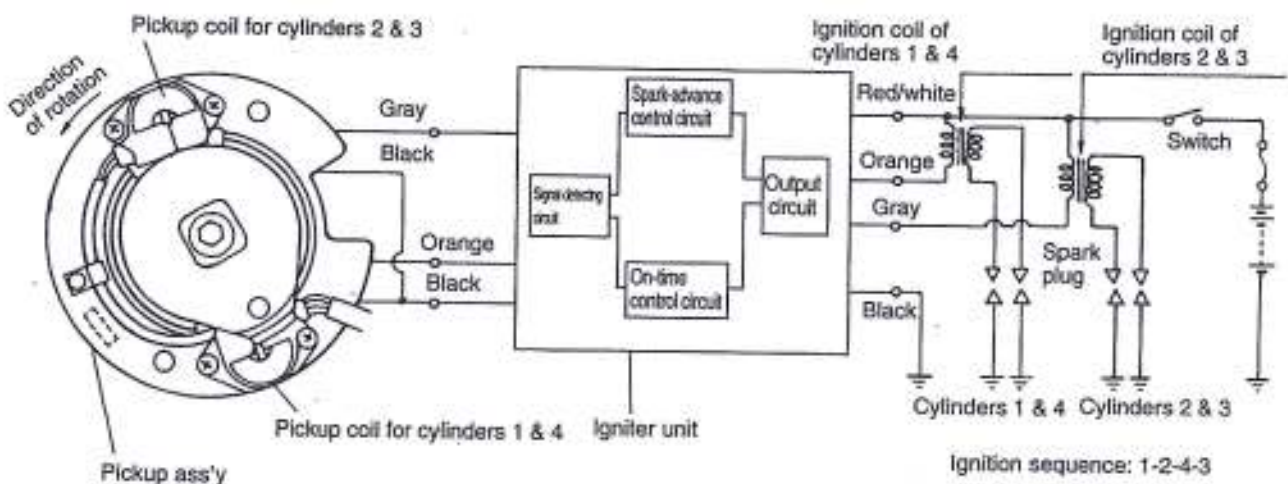
การทำงาน (Operation)

เมื่อเปิดสวิตช์กุญแจ กระแสไฟฟ้าจากแบตเตอรี่จะวิ่งผ่านฟิวส์, สวิตช์กุญแจ วิ่งผ่านขา B ของทรานซิสเตอร์ ออกขา E ทำให้ TR₁ ทำงานกระแสไฟส่วนใหญ่จึงไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์จุดระเบิด เมื่อถึงจังหวะจุดระเบิด Timing plate ซึ่งหมุนตามการหมุนของเพลาช็อกเหวี่ยงจะเหนี่ยวนำให้ PICKUP (Pick up coil) เกิดกระแสไฟไปกระตุ้นขา B ของทรานซิสเตอร์ TR₂, TR₂ จะทำงาน กระแสสัญญาณที่ขา B ของ TR₁ จะเปลี่ยนทิศทางมาไหลผ่าน TR₂ แทน ทำให้ TR₁ หยุดทำงานตัดกระแสไฟที่เข้าเลี้ยงขดลวดไฟแรงต่ำของคอยล์ออกขดลวดไฟแรงสูงจึงเกิดการเหนี่ยวนำให้เกิดไฟแรงสูงวิ่งไปที่หัวเทียน

ทรานซิสเตอร์จะทำงานเหมือนสวิตช์จะยอมให้กระแสไฟจำนวนมากไหลผ่านขา C และ E ได้ก็ต่อเมื่อมีกระแสไฟมากระตุ้นที่ขา B (ออกทาง E ลงดิน)

ในระบบจุดระเบิดจริงจะไม่ได้มีเพียงแต่วงจรค้นหาสัญญาณการจุดระเบิดเท่านั้น แต่ยังมีวงจรควบคุมมุมเวลาและ Spark advance with correction circuit และชุดขยายสัญญาณ (Output amplifier)

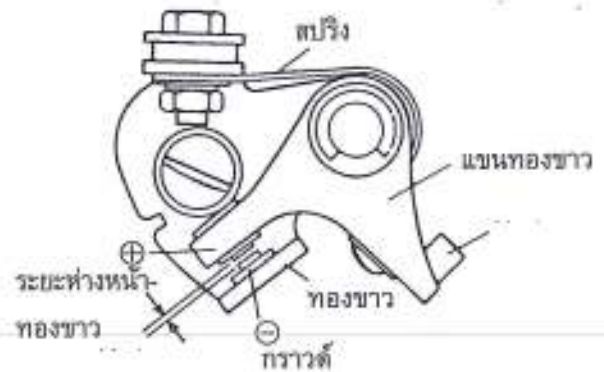
Ignition system of a 4-cylinder engine



ความรู้ขั้นพื้นฐาน

○หน้าทองขาว (Contact breaker point)

จะทำหน้าที่เหมือนสวิตช์คือตัด - ต่อ กระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำหน้าทองขาวจะเปิดเมื่อถึงจังหวะจุดระเบิด โดยอาศัยกลไกสกรูจากลูกเบี้ยวกระทำกับซี่ทองขาว ถ้าจังหวะจุดระเบิดเกิดการคลาดเคลื่อนอาจเนื่องมาจาก หน้าทองขาวเกิดการสกปรก หน้าทองขาวสึกหรอ สกปรก ไหม้ หรือชิ้นส่วนต่างๆ หลวม จะต้องทำการซ่อมบำรุงทันทีส่วนระยะห่างของหน้าทองขาวก็มีผลต่อการจุดระเบิด คือ ถ้าระยะห่างหน้าทองขาวกว้างเกินไป ระยะเวลาที่หน้าทองขาวต่อกันสั้นกระแสไฟจะไหลเข้าขดลวดไฟแรงต่ำได้น้อย และถ้าระยะห่างหน้าทองขาวแคบเกินไป หน้าทองขาวอาจเปิดได้ไม่เต็มที่ เมื่อถูกลูกเบี้ยวเตะทำให้เกิดประกายไฟกระโดดที่หน้าทองขาว ไฟแรงสูงที่เกิดขึ้นอาจเกิดขึ้นน้อยหรือไม่เกิดเลย



0.30-0.40 mM.

คอนเดนเซอร์ (Condenser)

○ คอนเดนเซอร์เป็นตัวเก็บประจุไฟฟ้าชั่วคราว จะต่อขนานกับหน้าทองขาวเพื่อป้องกันประกายไฟจากกระแสไฟที่เกิดจากการเหนี่ยวนำตัวของขดลวดไฟแรงต่ำขณะหน้าทองขาวเริ่มเปิดกระโดดข้ามและทำให้กระแสไฟที่ไหลผ่านขดลวดไฟแรงต่ำหยุดไหลอย่างฉับพลัน ในขณะที่หน้าทองขาวเริ่มเปิด เมื่อหน้าทองขาวต่อกัน คอนเดนเซอร์จะคลายประจุที่เก็บเอาไว้ในตัวเองออกจนหมด ความจุกระแสไฟของคอนเดนเซอร์โดยปกติที่ใช้กันอยู่ประมาณ 0.2 - 0.3 ไมโครฟารัด, μF (Microfarads) คอนเดนเซอร์จะต้องทนต่อความร้อนความชื้นเสกเทือนและความชื้นได้



คอนเดนเซอร์ (Condenser)

4. หัวเทียน (Spark Plug)

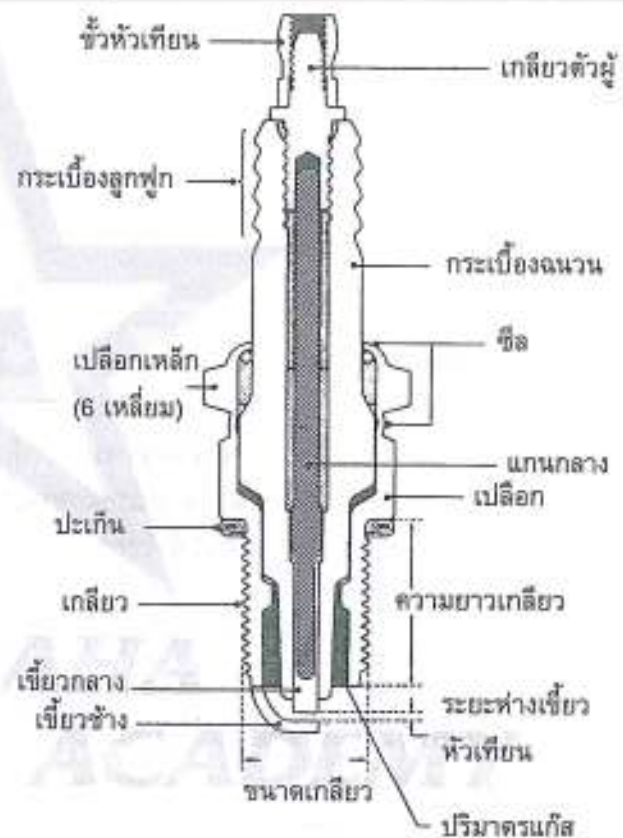
หัวเทียนจะทำการจุดประกายไฟ โดยรับกระแสไฟแรงดันสูงจากคอยล์จุดระเบิด กระโดดข้ามระหว่างขีวยกกลางกับขีวยาวข้าง (ขีวยาวลงดิน) เพื่อจุดระเบิดไอดี เมื่อไอดีเกิดการจุดระเบิดอุณหภูมิในห้องเผาไหม้จะสูงขึ้นถึงประมาณ $2,500^{\circ}\text{C}$ และความดันในห้องเผาไหม้จะสูงขึ้นถึง 50 กก./ซม^2

(1) คุณสมบัติของหัวเทียน

- ① มีความแข็งแรงสูง
- ② ทนความร้อนสูง
- ③ ป้องกันกำลังอัดในห้องเผาไหม้รั่วออกภายนอกได้
- ④ รักษาสภาพความเป็นฉนวนไฟฟ้าไว้ได้ไม่ว่าอุณหภูมิจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม
- ⑤ ให้ประกายไฟสม่ำเสมอไม่ว่าอุณหภูมิและความดันจะเปลี่ยนแปลงไปอย่างไรก็ตาม
- ⑥ ควบคุมอุณหภูมิในตัวเองได้ดี

○ โครงสร้างของหัวเทียน (Construction)

- 1 ขีวยหัวเทียน (Electrodes)
ขีวยหัวเทียนทำจากวัสดุที่เกิดประกายไฟง่าย แม้ไฟแรงสูงจะไม่มากนัก ทนต่อการสึกหรอหรือการกัดกร่อนได้ภายใต้อุณหภูมิสูง อาจทำจากนิกเกิลผสมโครเมียม, แมงกานีสและซิลิกอน ฯลฯ
- 2 กระเบื้องฉนวน (In-sulator) ต้องทำจากวัสดุที่ทนความร้อนได้สูงนำความร้อนได้ดี มีความแข็งแรงสูงเช่น อลูมินา (Al_2O_3)
- 3 ปริมาณแก๊สภายในช่องหัวเทียน (Gas volume)
ปริมาณแก๊สนี้ จะเป็นตัวบอกค่าความร้อนของหัวเทียน ถ้าปริมาณแก๊สมีนมาก นั่นก็แสดงว่าหัวเทียนจะระบายความร้อนออกได้ยาก



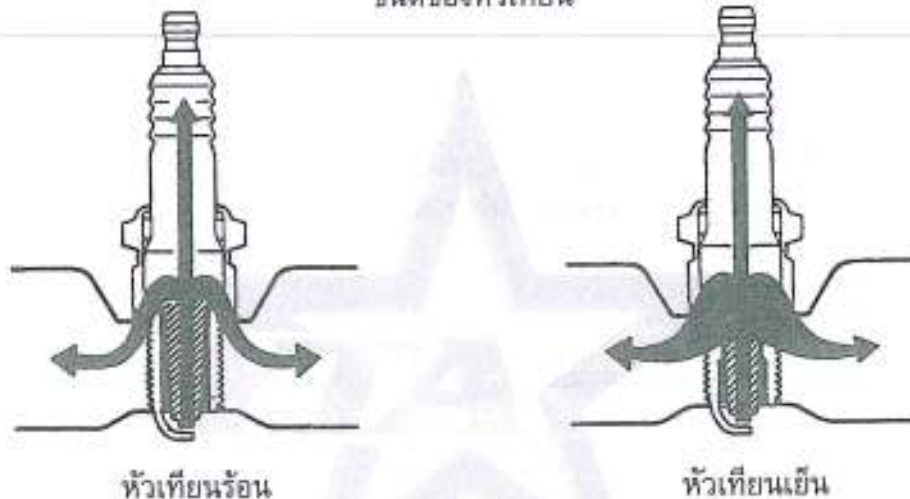
(2) การเลือกใช้หัวเทียน (Selecting the spark plug)**1. ค่าความร้อนของหัวเทียน (Heat range)**

ในการเลือกใช้หัวเทียนให้เหมาะสมกับลักษณะและสภาพการใช้งานของเครื่องยนต์จะต้องดูที่ค่าความร้อนของหัวเทียน ซึ่งจะบอกอุณหภูมิของหัวเทียนขณะเครื่องยนต์ทำงานจึงต้องมีการออกแบบหัวเทียนให้เหมาะสมกับสภาพการใช้งานต่างๆ กันด้วย

2. หัวเทียนร้อน, หัวเทียนเย็น (Hot and cold types)

หัวเทียน นั้นจะมีความแตกต่างกันในการระบายความร้อนของแต่ละแบบ ซึ่งหัวเทียนร้อนจะเกิดความร้อนที่หัวเทียนได้ง่ายเราจึงเรียกว่า "หัวเทียนร้อน" ในทางกลับกันหัวเทียนที่เกิดความร้อนช้ากว่า เราเรียกว่า "หัวเทียนเย็น"

ชนิดของหัวเทียน



จากรูป ลูกศรที่แสดงไว้ คือ การระบายความร้อนออกจากตัวหัวเทียนที่ได้รับจากห้องเผาไหม้ หัวเทียนร้อน จะมีปริมาณแก๊สภายในช่องหัวเทียนมาก ฉนวนภายในช่องหัวเทียนมีความยาวมาก ความร้อนที่รับ จากห้องเผาไหม้จึงระบายออกจากตัวหัวเทียนได้ช้า หัวเทียนจึงร้อนมาก ตรงกันข้ามกับหัวเทียนเย็น หัวเทียนเย็นจะมีการระบายความร้อนออกได้ดีกว่าตัวหัวเทียนจึงเย็นกว่า

○ สิ่งที่ทำให้ค่าความร้อนของหัวเทียนต่างกัน ปัจจัยที่เป็นตัวกำหนดค่าความร้อน

1. ปริมาณแก๊สภายในช่องหัวเทียน
2. ค่าการนำความร้อนของแกนกลางหัวเทียนและของกระเบื้องฉนวน
3. โครงสร้างของเชีวหัวเทียน
4. ความยาวของฉนวนหุ้มแกนกลาง

○ ปัจจัยที่เป็นกำหนดอุณหภูมิของหัวเทียน

1. อัตราส่วนผสมไอดี (น้ำมันกับอากาศ)
2. อัตราส่วนการอัด
3. จังหวะการจุดระเบิด
4. คุณภาพของน้ำมันเชื้อเพลิง
5. ความเร็วรอบเครื่องยนต์และสภาพการขับขี
6. สภาพของเกลียวหัวเทียน

(3) ความสกปรกของหัวเทียน

คราบเขม่าที่จับอยู่บนตัวหัวเทียน จะเกิดจากการเผาไหม้ในระบบออสที่สมบูรณ์ ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจาก ส่วนผสมไอดีไม่ถูกต้อง ปรกติคราบเขม่าจะหลุดไหม้หลุดไปเองเมื่ออุณหภูมิ 450-8700 °C (อุณหภูมิการทำความสะอาดตัวเอง, self cleaning action) เพราะฉะนั้น อุณหภูมิของหัวเทียนจึงเป็นสิ่งที่สำคัญมากในการจัดคราบเขม่า

○ สาเหตุการเกิดคราบเขม่าบนหัวเทียน

- ① น้ำมันท่วม
- ② ส่วนผสมไอดีหนา
- ③ อุณหภูมิของหัวเทียนต่ำเกินไป อาจเกิดจากขับรถด้วยความเร็วต่ำนานๆ
- ④ ใช้หัวเทียนเย็นเกินไป
- ⑤ กำลังอัดในระบบออสต่ำเกินไป อาจเกิดจากกระบอกสูบหรือแหวนลูกสูบสึกหรอ, น้ำมันหล่อลื่นเข้าห้องเผาไหม้มากเกินไป
- ⑥ ตั้งไฟอ่อนเกินไป
- ⑦ ทองขาว, คอยล์จุดระเบิด, คอนเดนเซอร์, ขดลวดต่างๆ และสายไฟแรงสูงเสื่อมคุณภาพ

(4) หัวเทียนไหม้ (Burned plug)

หลังจากใช้งานไปนานๆ หัวเทียนอาจร้อนจัดจนไหม้ เช่น ขับรถไต่เนินยาวๆ, การทำงานเกินกำลัง (Overload), เครื่องยนต์กระตุก (ถ้าหัวเทียนใช้งานนานแล้ว), ตั้งไฟจุดระเบิดแก่ทำให้กำลังของเครื่องยนต์ลดลง, ความเร็วรอบลดลง, ลูกสูบหรือหัวเทียนไหม้

สาเหตุที่ทำให้หัวเทียนไหม้

- ① ส่วนผสมบางเกินไป
- ② แหวนหัวเทียนรั่วหรือขันหัวเทียนไม่แน่น
- ③ ตั้งไฟแก่
- ④ กำลังอัดในห้องเผาไหม้รั่ว
- ⑤ ใช้ น้ำมันอีกแทนต่ำเกินไป
- ⑥ ใช้หัวเทียนร้อนเกินไป



รายละเอียดต่าง ๆ ของหัวเทียน NGK

B	P	R	5	E	S	-11
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง	ลักษณะโครงสร้าง	ตัวต้านทานกระแสไฟฟ้า	หมายเลขช่วงความร้อน	ความยาวเกลียว	ลักษณะและโครงสร้าง	ระยะห่างระหว่างขั้วกับแหวนกลาง
รหัส ขนาด	- P ปลอกสว่านยื่นออกมา เปลือกโลหะ	- R ชนิดตัวต้านทานกระแสไฟฟ้า	แบบร้อน	E 19.0 มม.	R แบบแกนกลางทำด้วยทองแดง	9 0.9 มม.
A 18 มม.			2	H 12.7 มม.	Y แบบแกนกลางยาวกว่าเป็นร่องรูปตัว V	10 1.0 มม.
B 14 มม.	- R แบบมีวัสดุต้านทานคลื่นไฟฟ้า		4	L 11.2 มม.	V แบบแกนกลางมีเส้นผ่าศูนย์กลางที่เรียกว่า "หัวเทียนเย็น" ทำจากโลหะผสมพิเศษ	11 1.1 มม.
C 10 มม.	- U แบบจุดประกายที่คิวหน้า		5		VX แบบแกนกลางมีเคลือบผิวด้วยหัวเทียนเย็นแต่ลักษณะแกนกลางเป็นรูปสามเหลี่ยมทำจากทองขาว	13 1.3 มม.
D 12 มม.	- S แบบเปลือกโลหะหุ้มจนวนไว้ทั้งหมด		6		M แบบหัวแกนกลาง 2 ขั้ว	
E 8 มม.	- M หัวเทียนเย็น		7		Q แบบหัวแกนกลาง 4 ขั้ว ใช้กับเครื่องไฟฟ้า	
BC 14 มม.	- B หกเหลี่ยม 20.6 มม.		8		C แบบใช้กับรถพ่วง	
(ขนาดหัวเทียนเย็น = 18 มม.)	- C หกเหลี่ยม 18.0 มม.		9		F แบบสำหรับรถบรรทุก	
หัวเทียนรหัสเริ่มต้นด้วย BK เป็นรหัสที่บ่งชี้ถึงขนาด	- K หกเหลี่ยม 16.2 (ISO)		10		A แบบพิเศษ	
มาตรฐาน ISO เดิมใช้รหัส BCP, BK และมีขนาด			11		T 3 ขั้ว	
จากระดับปะเก็นถึงหัวข้อให้สั้นกว่า รหัส BCP อยู่ 2.5 มม.			12		P แบบหัวแกนกลางทำด้วยทองขาวเหมือนรหัส VX แต่มีลักษณะหัวขั้วกับแหวนของรหัส P มีขนาดของน้ำสอแฉ่เดียวกับรหัส VX มีปลายแหลมเกิดเป็นรูปสามเหลี่ยม	
			13			
			14			
			แบบเย็น			

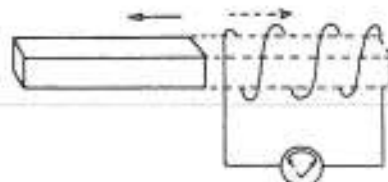
[3]ระบบประจุไฟ (Charging system)

ระบบประจุไฟมีหน้าที่ผลิตกระแสไฟฟ้าประจุเข้าแบตเตอรี่และจ่ายให้กับอุปกรณ์ไฟฟ้าชิ้นส่วนหลักของระบบ คือ เยนเนอเรเตอร์ (Generator), แผ่นชาร์จ (Rectifier) และตัวควบคุมแรงเคลื่อน (Regulator) ระบบประจุไฟมีหลายแบบ ตัวเอนเนอเรเตอร์มีหลายชนิดและหลายขนาด การเลือกใช้แผ่นชาร์จและตัวควบคุมแรงเคลื่อนต้องให้สัมพันธ์กับชนิดของเอนเนอเรเตอร์ ถ้าจะแบ่งระบบประจุไฟออกอย่างหย่าๆ จะแบ่งออกได้เป็น 2 อย่าง คือ เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับ (AC generator) และเอนเนอเรเตอร์กระแสตรง (DC generator)

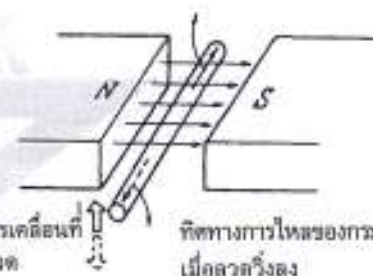
1.หลักการและชนิดของเอนเนอเรเตอร์

1.1 เยนเนอเรเตอร์ใช้หลักการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า

ถ้าเคลื่อนแท่งแม่เหล็กไปมา ผ่านขดลวด จะเกิดกระแสไฟไหลในขดลวดนั้นถ้าวางขดลวด 2 ขดต่อกันแล้วปล่อยกระแสไฟให้ไหลเข้าในขดลวดขดหนึ่งเป็นจังหวะๆ ขดลวดอีกขดหนึ่งก็จะถูกเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นด้วย อาการเช่นนี้เรียกว่าการเหนี่ยวนำไฟฟ้า (Induce eletromotive force) และถ้ากระแสไฟเกิดขึ้นในขดลวดในขณะที่สนามแม่เหล็กเกิดการเปลี่ยนแปลง เราเรียกอาการเช่นนี้ว่าการเหนี่ยวนำทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Induction) ซึ่งเอนเนอเรเตอร์ก็จะอาศัยหลักการนี้ในการทำงานกฎมือขวาของเฟรมมิ่ง (Fleming's righthand rule) เมื่อเคลื่อนลวดตัวนำผ่านเข้าไปในสนามแม่เหล็ก จะเกิดกระแสไฟไหลในขดลวดนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก, ทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ และทิศทางของกระแสไฟฟ้าที่เกิดขึ้น จะอธิบายโดยกฎมือขวาของเฟรมมิ่ง จำนวนแรงเคลื่อนไฟฟ้า (E) จะเป็นสัดส่วนโดยตรงกับความเข้มของสนามแม่เหล็ก (B), ความยาวลวดตัวนำ (L) และความเร็วในการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ (V) $E = B.L.V.$



ทิศทางการไหลของกระแสไฟเมื่อลวดวิ่งขึ้น



ทิศทางการเคลื่อนที่ของลวด

ทิศทางการไหลของกระแสไฟเมื่อลวดวิ่งลง

ทิศทางการเคลื่อนที่ของลวดตัวนำ



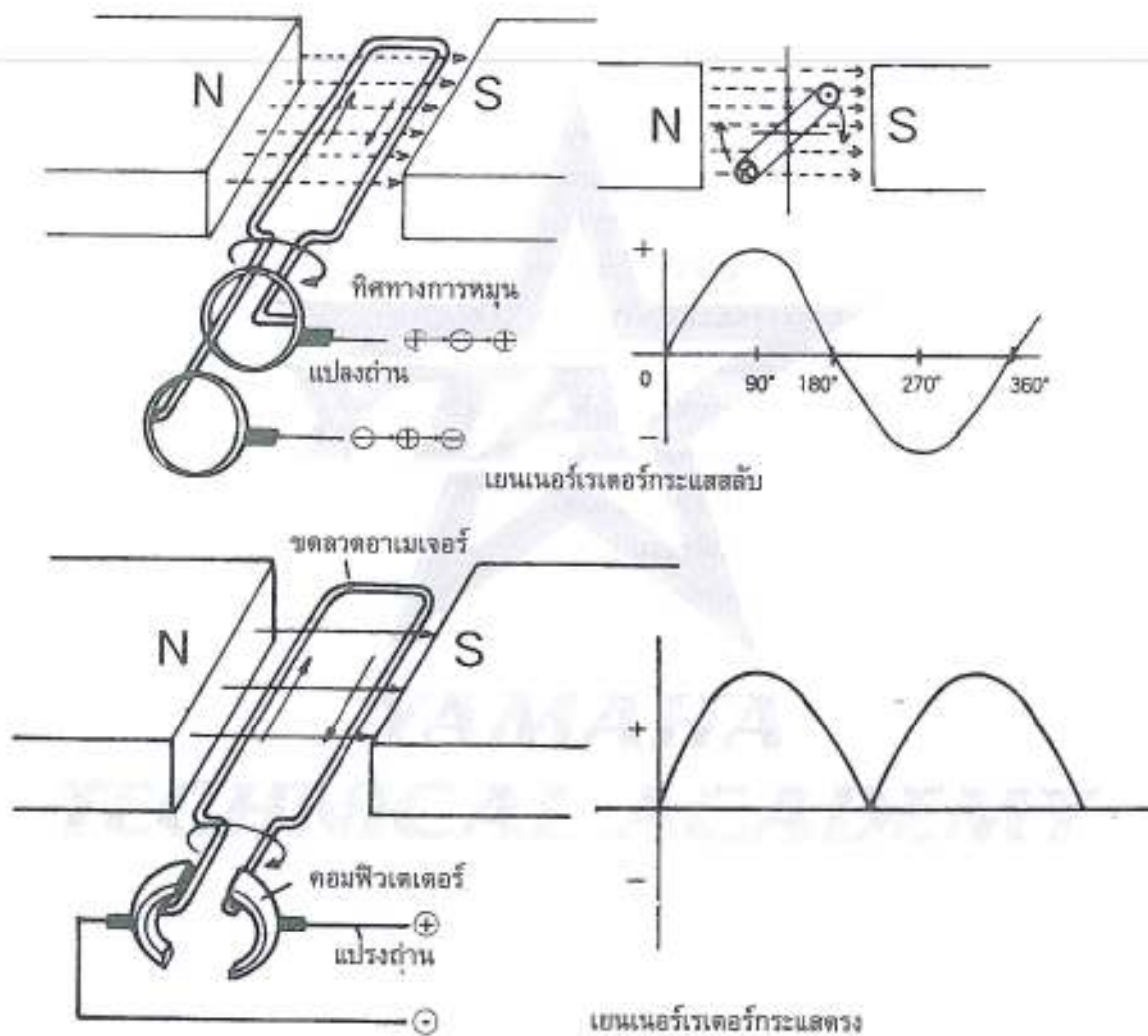
ทิศทางของกระแสไฟ

ทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็ก

1.2 หลักการทำงานของเยนเนอเรเตอร์ (Principle of the generator)

เมื่อนำขดลวดตัวนำหมุนเวียนในสนามแม่เหล็ก ขดลวดจะวิ่งตัดสนามแม่เหล็กเหนี่ยวนำให้เกิดแรงเคลื่อนไฟฟ้า ทิศทางของกระแสไฟจะเปลี่ยนแปลงในทุกๆ มุม 180 องศาของการหมุนจำนวนแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจะเปลี่ยนแปลงตามมุมที่ขดลวดทำกับเส้นแรงแม่เหล็ก แรงเคลื่อนจะสูงสุดเมื่อขดลวดหมุนตั้งฉากกับเส้นแรงแม่เหล็กพอดี และแรงเคลื่อนจะเป็นศูนย์ (0) เมื่อขดลวดวิ่งขนานกับเส้นแรงแม่เหล็ก ดังนั้นในขดลวดจึงเกิดเป็นไฟฟ้ากระแสสลับ ถ้าเป็นเยนเนอเรเตอร์กระแสสลับก็จะส่งไฟกระแสสลับออกไปใช้ได้ทันที ส่วนเยนเนอเรเตอร์กระแสตรง ไฟฟ้ากระแสสลับจะถูกเรียงให้เป็นกระแสตรงเสียก่อนที่จะส่งไปใช้งาน

ในเยนเนอเรเตอร์กระแสสลับจริงๆ จะใช้แม่เหล็กถาวรหรือแม่เหล็กไฟฟ้าหมุนอยู่รอบๆ ขดลวดซึ่งอยู่กับที่ (Stationary coil) หรือ Stator coil ส่วนเยนเนอเรเตอร์กระแสตรงขดลวด (อาเมเจอร์) จะหมุนอยู่ด้านในของแม่เหล็กไฟฟ้าที่ยึดนิ่งอยู่โดยรอบ



1.3 ชนิดของเยนเนอเรเตอร์ (Type of generators)

○เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับ (Alternating current generator)

เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับ จะเปลี่ยนไฟกระแสสลับให้เป็นกระแสตรงโดยใช้ตัวเรียงกระแส (Rectifier) แล้วจึงประจุเข้าแบตเตอรี่ เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับมีหลายแบบ ทั้งขดลวดและตัว Rotor อาจต้องใช้ตัวควบคุมแรงเคลื่อนเพื่อควบคุมแรงเคลื่อนที่ผลิตได้

○เยนเนอเรเตอร์กระแสตรง (Direct current generator)

เป็นเยนเนอเรเตอร์ที่ผลิตไฟกระแสสลับ แต่จะเปลี่ยนเป็นไฟกระแสตรงเสียก่อนด้วยอุปกรณ์ภายในตัวของมันเอง ก่อนที่จะส่งออกไปใช้งานภายนอก

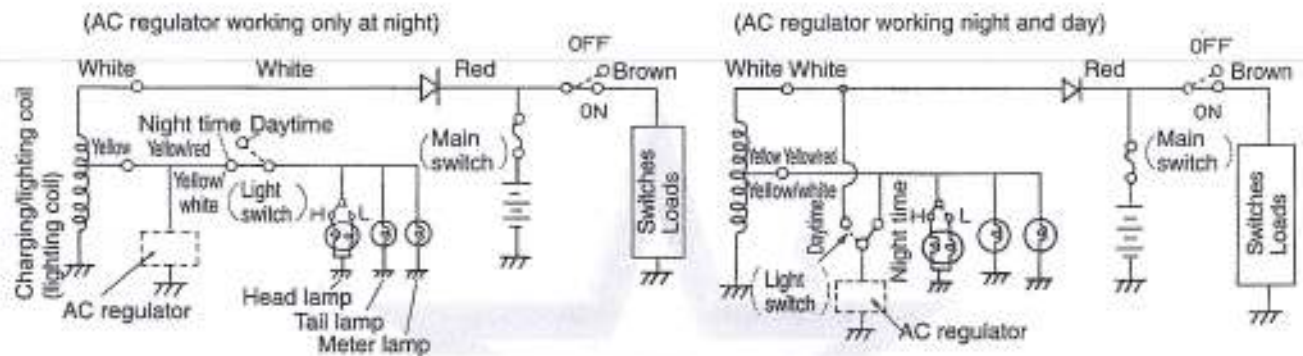
2. เอซีเจนเนอเรเตอร์ (AC Generator)

ชนิดของเอซีเจนเนอเรเตอร์ ———— ใช้ล้อยแม่เหล็ก (1 หรือ 3 เฟส AC) (แม่เหล็กถาวรหมุนรอบขดลวด)
 ———— เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส
 (แม่เหล็กไฟฟ้าหมุนอยู่ภายในขดลวด)

(1) เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับ 1 เฟสใช้ล้อยแม่เหล็ก

① ใช้เรกกูเลเตอร์ไฟกระแสสลับ (With AC Regulator)

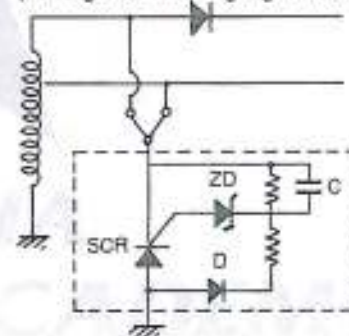
จะใช้ควบคุมกระแสไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเยนเนอเรเตอร์ เพื่อป้องกันไม่ให้กระแสเข้าประจุแบตเตอรี่มากเกินไป ในเวลากลางวัน (เพราะไม่ได้ใช้ไฟหน้า) และป้องกันหลอดไฟหน้าไฟท้ายขาดเร็ว รวมทั้งการประจุแบตเตอรี่มากเกินไปในเวลากลางคืน



การทำงาน (Operation)

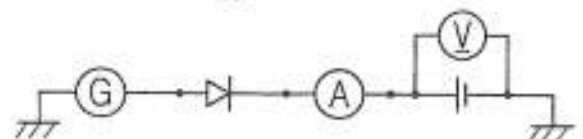
เรกกูเรเตอร์ไฟกระแสสลับ จะใช้ควบคุมไฟกระแสสลับเครื่องเคลื่อนทางด้านลบของขดลวดไฟชาร์จและไฟแสงสว่าง (The charging /light coil) เพื่อไม่ให้แรงเคลื่อนสูงเกินไป และพยายามควบคุมให้คงที่เสมอ เพื่อส่งไปไฟหน้า สำหรับกระแสไฟที่ประจุแบตเตอรี่จะใช้กระแสเครื่องเคลื่อนทางด้านบวกเท่านั้น และควบคุมกระแสไม่ให้สูงเกินไปในขณะความเร็วรอบสูง

(AC regulator working night and day)



อ้างอิง : วิธีการเพิ่มความดันและกระแสไฟฟ้า

1. ใช้แบตเตอรี่ที่อยู่ในสภาพดี (มีแบตเตอรี่เต็ม)
2. มีการตรวจสอบแบตเตอรี่ทั้งตอนกลางวันและกลางคืน
3. การะในการใช้ไฟ (จำนวนวัตต์, จำนวนหลอดไฟ) จะต้องเป็นแบบธรรมดา (ตามมาตรฐาน)



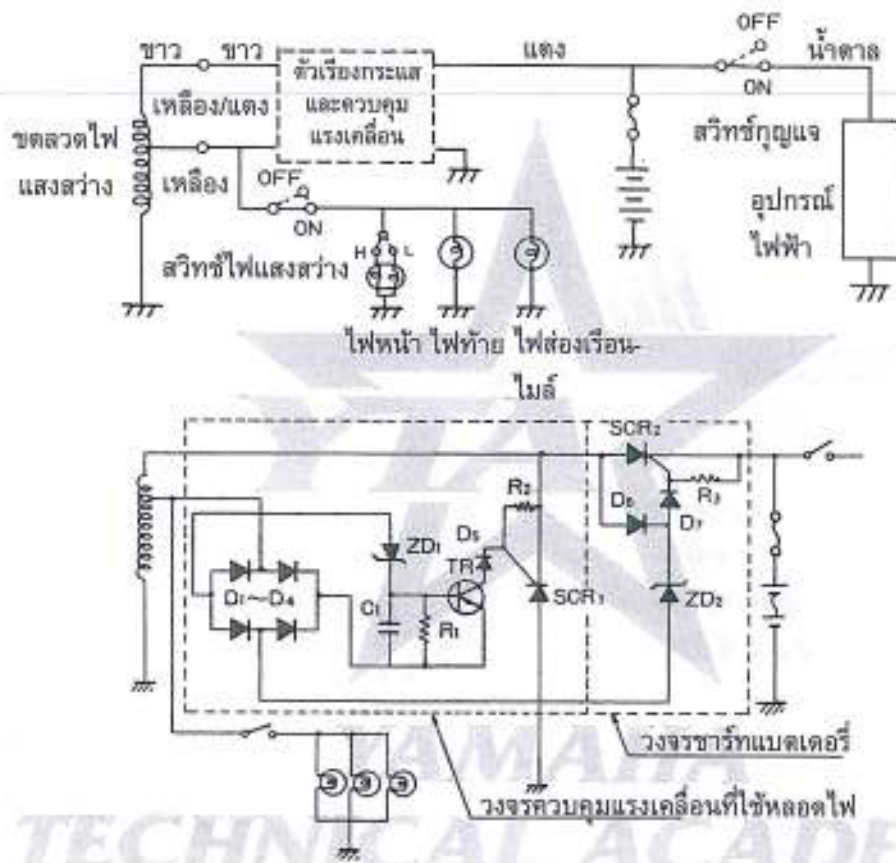
2 ใช้เร็กกูเลเตอร์ไฟกระแสสลับ และกระแสตรงเรียงกระแสและควบคุมแรงเคลื่อน (With AC/DC regulator (rectifier-regulator))

ใช้เร็กกูเลเตอร์ไฟกระแสสลับและกระแสตรงเรียงกระแสและควบคุมแรงเคลื่อน

(with AC/DC regulator-(Rectifier Regulator))

เร็กกูเลเตอร์ไฟกระแสสลับจะควบคุมแรงเคลื่อนที่ส่งให้หลอดไฟ และควบคุมกระแสที่ประจุเข้าแบตเตอรี่

เร็กกูเลเตอร์ไฟกระแสสลับจะมีชุดเรียงกระแสสลับอยู่ในตัว



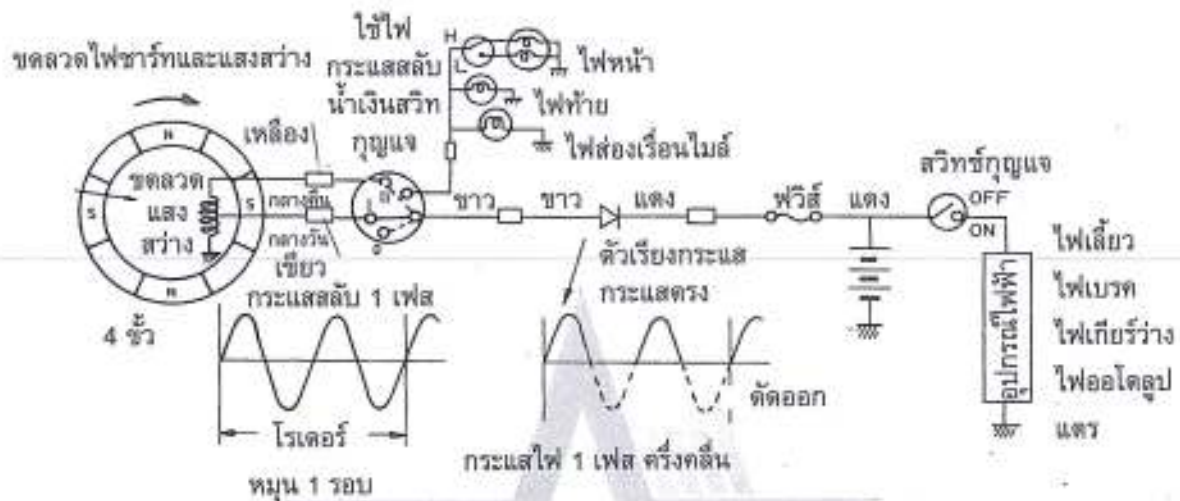
การทำงาน (Operation)

เร็กกูเลเตอร์ไฟกระแสสลับ จะควบคุมแรงเคลื่อนที่ผลิตจากขดลวดไฟชาร์จและขดลวดไฟแสงสว่าง ทั้งคลื่นบวกและคลื่นลบ เพื่อให้คลื่นคงที่อยู่เสมอ เร็กกูเลเตอร์นี้จะต่อเข้ากับขั้วแบตเตอรี่โดยตรง เพื่อควบคุมสภาวะกระแสไฟชาร์จแบตเตอรี่ โดยเฉพาะการควบคุมคลื่นลบเพื่อใช้กับหลอดไฟ ส่วนอุปกรณ์อื่นๆ จะได้รับไฟจากเครื่องคลื่นบวกที่ใช้ประจุแบตเตอรี่

ความรู้ขั้นพื้นฐาน

○ ชนิดควบคุมด้วยสวิตช์กุญแจ (With main switch type)

ช่วงความยาวของขดลวดจะมี 2 ขนาดซึ่งควบคุมด้วยสวิตช์กุญแจ (Main switch) ขดลวดชุดสั้นจะใช้ในเวลากลางวันซึ่งผลิตไฟฟ้าน้อยกว่าขดลวดซึ่งใช้ในเวลากลางคืน



การทำงาน (Operation)

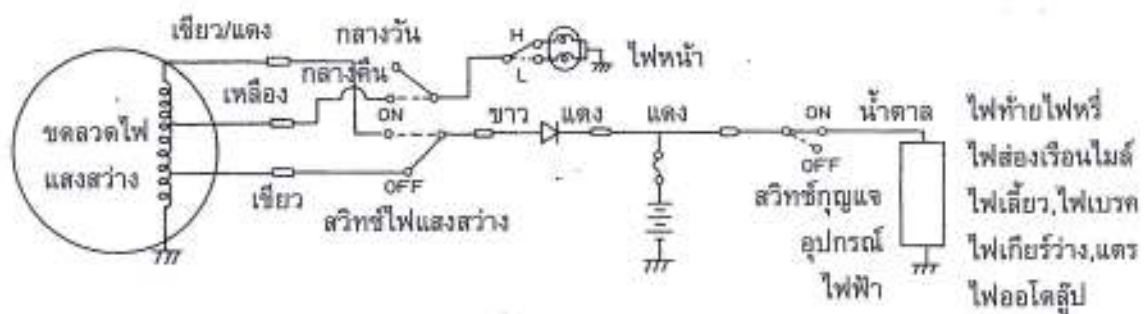
เมื่อล้อแม่เหล็กหมุน ขดลวดไฟชาร์จและไฟแสงสว่าง (Charging/lighting coil) จะผลิตไฟกระแสสลับ วิ่งผ่านสวิตช์กุญแจไปยัง-ชุดเรียงกระแส ชุดเรียงกระแสจะเปลี่ยนกระแสสลับให้เป็นกระแสตรง 1 เฟสแบบครึ่งคลื่น (Single-phase half waverectification) และประจุเข้าในแบตเตอรี่ ส่วนหลอดไฟต่างๆจะใช้ไฟกระแสสลับ

○ ชนิดควบคุมสวิตช์ไฟแสงสว่าง และระบบประจุไฟในเวลากลางคืน

(with night time charging circuit and light switch)

ระบบประจุไฟในเวลากลางคืน ส่วนหลอดไฟหน้าจะให้กระแสไฟฟ้าจากอีกวงจรหนึ่ง สำหรับไฟท้าย ไฟส่องเรือนไมล์ ไฟไฟหน้า จะใช้ไฟ DC จากแบตเตอรี่

ขดลวดไฟชาร์จและแสงสว่าง



(2) เยนเนอเรเตอร์ กระแสสลับ 3 เฟสแบบใช้ล้อแม่เหล็ก

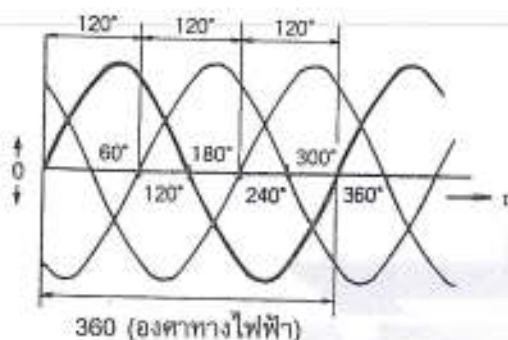
(Three phase AC generator with flywheel magnets)

เยนเนอเรเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส แบบใช้ล้อแม่เหล็ก (Three phase AC generator with flywheel magnets) ไฟกระแสสลับ 3 เฟสจะเกิดจากการที่ล้อแม่เหล็กถาวรหมุนผ่านขดลวดผลิตกระแสไฟ (Source coil) ขดลวดจะผลิตกระแสไฟขึ้นวิ่งผ่านตัวเรียงกระแสแบบเต็มคลื่น Full wave rectifier) ประจุเข้าแบตเตอรี่ เรียกว่าไดโอด ควบคุมแรงเคลื่อนจะใช้ไทรสเตอร์เป็นตัวตัดคลื่นแรงเคลื่อนที่สูงเกินค่าที่ตั้งไว้ในการประจุแบตเตอรี่

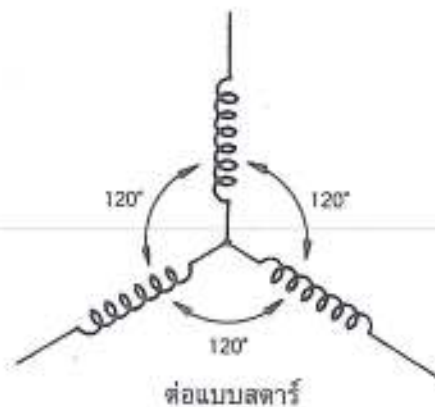
ขดลวด

ขดลวดผลิตไฟจะวางห่างกัน 120°

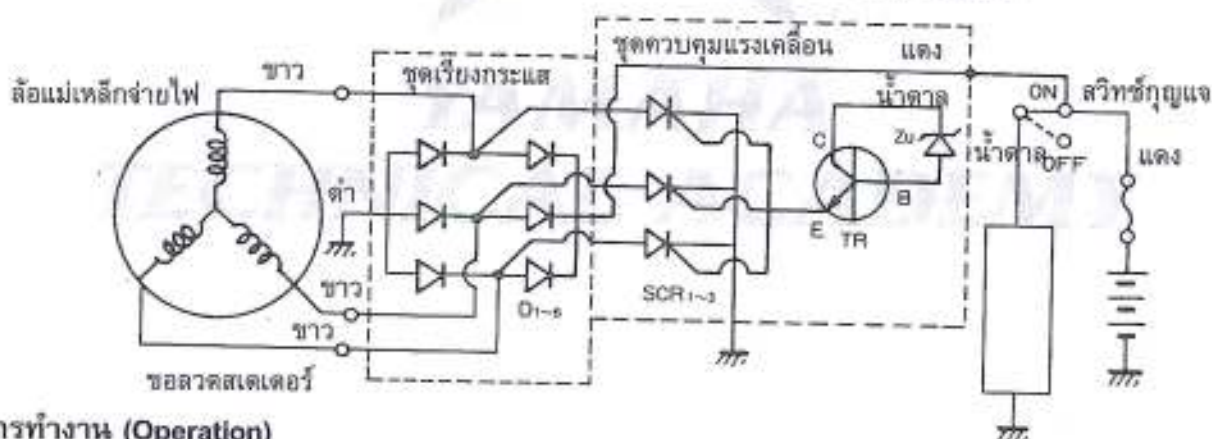
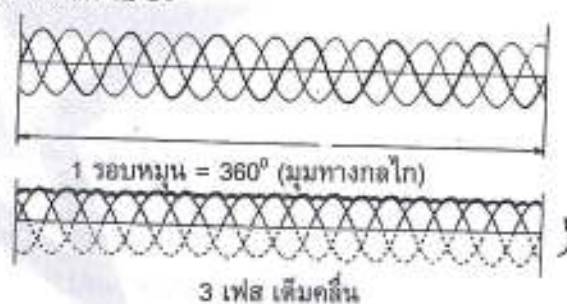
ดังนั้นกระแสไฟที่จะเกิดขึ้นก็จะมีเฟสห่าง 120°



เร็กทูลิเตอร์ใช้ไทรสเตอร์



ล้อแม่เหล็ก 12 ขั้ว



การทำงาน (Operation)

- 1 ในเร็กทูลิเตอร์ ซีเนอร์ไดโอด (ZD) จะเป็นตัวควบคุมแรงเคลื่อน ถ้าแรงเคลื่อนจากอัลเตอเนเตอร์ (Alternator) ต่ำกว่าค่าแรงเคลื่อนกลับ (Brakedown voltage) จะไม่ทำงาน กระแสไฟที่ผลิตได้จากขดลวดสเตเตอร์ (Stator) ของอัลเตอเนเตอร์จะวิ่งผ่านไดโอดเรียงกระแสแล้วไปประจุแบตเตอรี่
- 2 ในขณะที่ความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ถ้าแรงเคลื่อนที่ผลิตได้สูงกว่าค่าแรงเคลื่อนกลับของ ZD จะทำงานกระแสไฟฟ้า (Base current) ของ TR ไหลจาก B ไป E ได้ทรานซิสเตอร์จะทำงาน กระแสไฟจะวิ่งจาก C ออกทาง E ของทรานซิสเตอร์เป็นกระแสเกต (Gate) ของไทรสเตอร์ SCR1-SCR 3 ทำให้ไทรสเตอร์ทำงาน ให้กระแสไฟจากชุดเรียงกระแสวิ่งลงกราวด์แรงเคลื่อนที่สูงเกินขีดกำหนดก็จะลดลงทันที
- 3 การควบคุมแรงเคลื่อนให้คงที่จะใช้ขั้นตอนตามข้อ 1-2 ซึ่งเปลี่ยนแปลงกลับไปมาอย่างรวดเร็ว

ความรู้ขั้นพื้นฐาน

เจนเนอเรเตอร์กระแสสลับ 3 เฟส (Three-phase AC generator)

การผลิตกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟส จะเกิดขึ้นเมื่อขดลวดแม่เหล็ก (solinoid or rotor) ซึ่งอยู่กึ่งกลางขดลวดสเตเตอร์ (Stator or source coil) หมุนกระแสที่ผลิตขึ้นจะผ่านไดโอดแปลงกระแสชนิดเต็มคลื่น (Full wave rectified) เรียงให้เป็นกระแสตรงก่อนที่จะประจุแบตเตอรี่ กระแสไฟส่วนหนึ่งจะวิ่งผ่านอุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อน (Voltage regulator) แล้วไปเลี้ยงขดลวดโรเตอร์ เพื่อเป็นการควบคุมแรงเคลื่อนที่ผลิตจากเจนเนอเรเตอร์ให้คงที่โดยการควบคุมกระแสที่เข้าเลี้ยงโรเตอร์

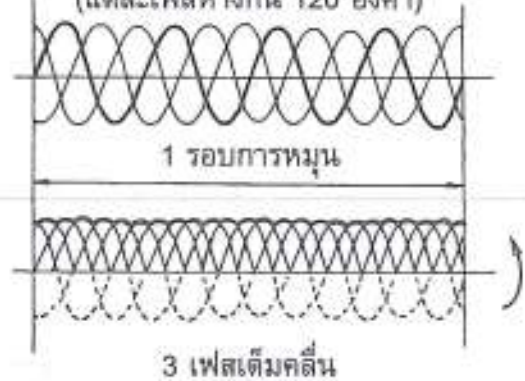
ล้อแม่เหล็ก 8 ขั้ว



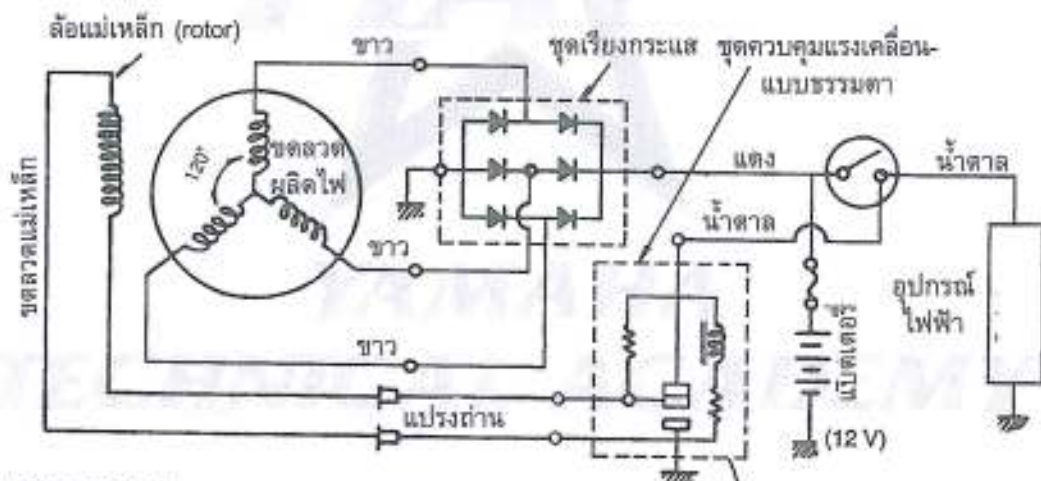
จุดที่แปลงด้านสัมผัส

ขดลวดแม่เหล็ก

ไฟกระแสสลับ 3 เฟส
(แต่ละเฟสห่างกัน 120 องศา)



แบบใช้ตัวควบคุมแรงเคลื่อนแบบธรรมดา มีหน้าทองขาว (Tirril type)



การทำงาน (Operation)

เมื่อเปิดสวิตช์กุญแจ กระแสไฟจากแบตเตอรี่จะวิ่งผ่านสวิตช์ผ่านตัวควบคุมแรงเคลื่อนผ่านขดลวดแม่เหล็กที่โรเตอร์ลงกราวด์ครบวงจร จะเกิดอำนาจแม่เหล็กที่โรเตอร์เมื่อเครื่องยนต์ติดโรเตอร์จะหมุนขดลวดสเตเตอร์ จะผลิตกระแสไฟฟ้าสลับ 3 เฟส วิ่งผ่านตัวเรียงกระแสเป็นกระแสตรงแบบเต็มคลื่นไปประจุแบตเตอรี่ กระแสไฟอีกส่วนหนึ่งจะวิ่งผ่านตัวควบคุมแรงเคลื่อนเพื่อคอยควบคุมกระแสไฟที่ไปเลี้ยงขดลวดแม่เหล็กโรเตอร์ เพื่อควบคุมแรงเคลื่อนที่ผลิตจากเจนเนอเรเตอร์

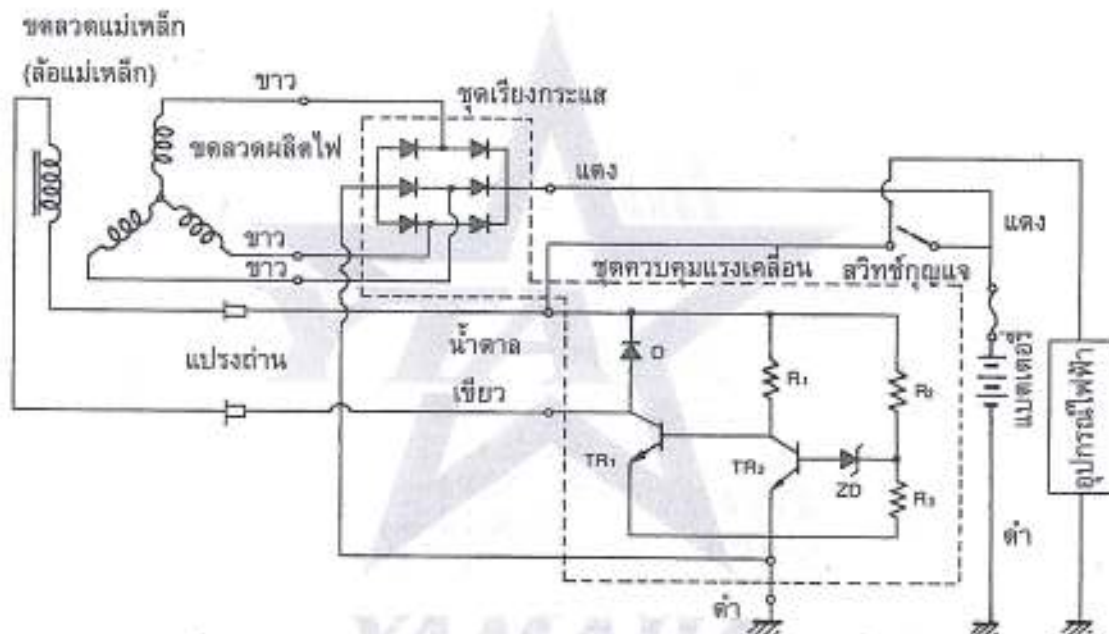


Oแบบใช้ตัวควบคุมแรงเคลื่อนแบบทรานซิสเตอร์ (Transistor reglator)

ตัวควบคุมแรงเคลื่อนแบบนี้จะใช้ทรานซิสเตอร์ทำงานแทนหน้าทองขาวในแบบธรรมดาซึ่งตัดปัญหาต่างๆไปได้มากเช่นการไหม้ของหน้าทองขาวและขดลวด, การปรับตั้งหน้าทองขาว เป็นต้น

ข้อดี

1. เนื่องจากไม่ใช้หน้าทองขาวไม่มีการไหม้หรือสกปรกดังนั้นการควบคุมแรงเคลื่อนจึงแน่นอนกว่า และไม่ต้องมีการบริการปรับตั้ง
2. ผนึกแน่นเป็นชุดน้ำหนักรเบา
3. กันน้ำได้มีอายุการใช้งานยาวนาน

**การทำงาน (Operation)**

เมื่อเปิดสวิตช์กุญแจกระแสไฟจากแบตเตอรี่จะวิ่งผ่านกุญแจผ่าน R_1 ผ่าน TR_1 ทำให้ TR_1 ทำงานกระแสไฟจึงวิ่งจากสวิตช์กุญแจผ่านขดลวดแม่เหล็กของโรเตอร์ผ่าน TR_1 จะลงดินได้ครบวงจร ส่วน TR_2 จะยังไม่ทำงาน ขณะความเร็วรอบของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น เมื่อแรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตจากเจนเนอเรเตอร์สูงถึงจุดที่กำหนดไว้ ZD จะทำงานส่งกระแสไฟไปกระตุ้น TR_2 TR_2 จะทำงานดังนั้นกระแสเบสของ TR_1 จะไหลผ่าน TR_2 ลงดิน TR_1 จึงจะหยุดทำงาน กระแสไฟที่ไปเลี้ยงขดลวดแม่เหล็กจึงหยุดไหล ดังนั้น แรงเคลื่อนที่ผลิตได้จากเจนเนอเรเตอร์จึงหมดไป หรือเป็นศูนย์

เมื่อแรงเคลื่อนที่ผลิตจากเจนเนอเรเตอร์เป็นศูนย์ TR_1 จะทำงานกระแสจะไหลผ่านขดลวดแม่เหล็กได้อีก เจเนอเรเตอร์ก็จะผลิตกระแสไฟได้ดี กรรมวิธีทำซ้ำๆ กันนี้เพื่อควบคุมแรงเคลื่อนที่ให้ออกไปใช้

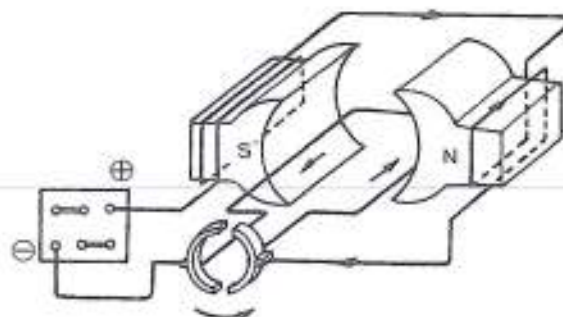
3. เยนเนอเรเตอร์กระแสตรง หรือสตาร์ทเตอร์ไดนาโม (DC. generator or starter dynamo)

หลักการของเยนเนอเรเตอร์กระแสตรงจะคล้ายๆกับมอเตอร์ จะทำงานเป็นมอเตอร์เมื่อจ่ายกระแสไฟเข้า และจ่ายกำลังงานออกมา และจะทำงานเป็นเยนเนอเรเตอร์กระแสตรง เมื่อใช้แรงภายนอกขับให้หมุนที่ใช้ในรถ จักรยานยนต์จึงเรียกว่า สตาร์ทเตอร์ไดนาโม (Starter dynamo or self starter dynamo) คือ ทำงานเป็น สตาร์ทเตอร์ไฟฟ้าขนาดเล็กๆ ไปด้วย ในตัวภายในจะประกอบด้วยขดลวดสเตเตอร์ (Stator) 2 ขด คือ ขดลวด มอเตอร์ (motor coil) และขดลวดเยนเนอเรเตอร์ (generator coil)

1 หลักการทำงานของสตาร์ทเตอร์ไดนาโม

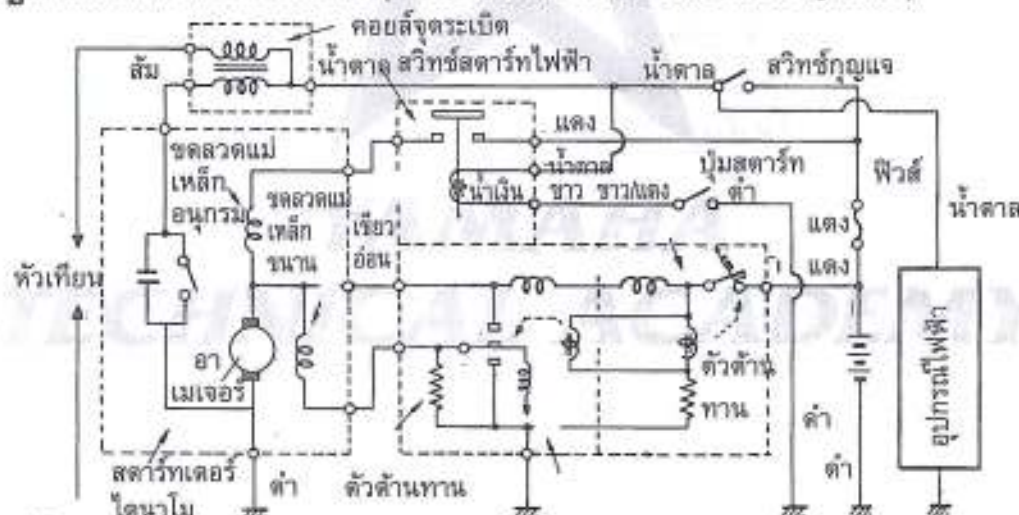
(Principle of starter dynamo)

ที่ขั้วแม่เหล็กจะเป็นแม่เหล็กไฟฟ้ามีขดลวดแม่เหล็กพันอยู่โดยรอบ (ลักษณะขดลวดอนุกรม) กระแสไฟจากขั้วบวกแบตเตอรี่จะไหลผ่านขดลวดแม่เหล็ก ผ่านขดลวดอาร์เมเจอร์ (Armature coil) ซึ่งต่อกันอย่างอนุกรมเข้าขั้วลบแบตเตอรี่ครบวงจร มอเตอร์ชนิดนี้จึงเรียกว่า มอเตอร์แบบอนุกรม (Series motor) มอเตอร์แบบนี้จะใช้แรงบิดสูงแต่แรง บิดจะลดลงขณะความเร็วรอบสูงขึ้น เหมาะที่จะใช้ สตาร์ทเครื่องยนต์



- ในสตาร์ทเตอร์ไดนาโมจริงๆ ขดลวดแม่เหล็กจะมี 2 ขด คือ ขดลวดอนุกรม (series field coil) และขดลวดขนาน (shunt field coil) หรือบางทีจึงเรียกว่า คอมพาวด์มอเตอร์ (compound motor) ขณะสตาร์ทเครื่องยนต์ กระแสไฟ จากแบตเตอรี่จะไหลผ่านขดลวดทั้ง 2 ขด จึงให้แรงบิดในขณะสตาร์ทสูง หลังจากที่เครื่องติดแล้วขดลวดอนุกรม จะถูกตัดวงจรออกจึงทำงานเป็นเยนเนอเรเตอร์แบบขนาน (Shunt generator)

2 วงจรพื้นฐานของสตาร์ทเตอร์ไดนาโม (Basic circuit of the self starter dynamo)



การทำงาน (Operation)

- เมื่อกดปุ่มสตาร์ท (Starter button) สวิตช์สตาร์ทไฟฟ้า (Self starterswitch) จะทำงาน ส่งกระแสไฟประมาณ 40-120 แอมแปร์ ผ่านขดลวดแม่เหล็กขดอนุกรมผ่านอาร์เมเจอร์ลงกราวด์ครบวงจร ขดลวดแม่เหล็กจะสร้าง อำนาจแม่เหล็กสูง อาร์เมเจอร์จะหมุนสตาร์ทเครื่องยนต์ขณะที่สตาร์ทเตอร์ไดนาโมจะทำงานเป็นมอเตอร์
- เมื่อปล่อยปุ่มสตาร์ท วงจรสตาร์ทจะหยุดทำงานแต่วงจรเยนเนอเรเตอร์จะทำงาน อาร์เมเจอร์จะผลิตกระแสไฟ กระแสไฟส่วนหนึ่งจะไหลเข้าเลี้ยงขดลวดแม่เหล็กขนาน ทำให้มีอำนาจแม่เหล็กเพิ่มขึ้น (มากกว่าขณะไม่มี กระแสเข้าไปเลี้ยงเลย) ทำให้แรงเคลื่อนที่ผลิตได้สูงขึ้น เพื่อประจุแบตเตอรี่การควบคุมแรงเคลื่อนที่ผลิตได้ให้ คงที่ที่ระดับที่ต้องการนี้จะควบคุมโดยการควบคุมจำนวนกระแสไฟที่เข้าเลี้ยงขดลวดแม่เหล็ก
- อุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อน (Regulator) จะมีรีเลย์ตัดต่อวงจร (Cut-out relay) สำหรับตัดวงจรไฟฟ้าระหว่าง แบตเตอรี่กับเยนเนอเรเตอร์ ในขณะที่แรงเคลื่อนไฟฟ้าที่ผลิตได้จากเยนเนอเรเตอร์ต่ำกว่าแรงเคลื่อนของ แบตเตอรี่เพื่อป้องกันกระแสจากแบตเตอรี่ไหลย้อนกลับเข้าไปในเยนเนอเรเตอร์

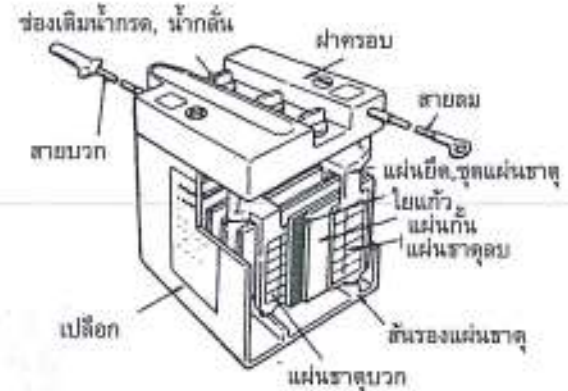
4. แบตเตอรี่ (Battery)

แบตเตอรี่จะทำงานโดยการเปลี่ยนรูปพลังงานระหว่างพลังงานไฟฟ้ากับปฏิกิริยาเคมีโดยการเก็บพลังงานไฟฟ้าไว้ในรูปของปฏิกิริยาเคมี และเมื่อจะใช้กระแสไฟฟ้าก็เปลี่ยนจากปฏิกิริยาเคมีมาเป็นพลังงานไฟฟ้า

(1) หลักการและโครงสร้าง (operation and struction)

แบตเตอรี่ที่ใช้กับรถยนต์และจักรยานยนต์จะเป็นแบบตะกั่ว (lead storage battery) คือทำจากตะกั่วออกไซด์ ซึ่งตะกั่วนี้จะเป็นวัสดุหลักในการผลิตแบตเตอรี่

ภายในแบตเตอรี่จะประกอบด้วย แผ่นธาตุบวก (Positive plate) ซึ่งทำจากตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (Lead oxide), แผ่นธาตุลบ (negative plate) ซึ่งทำจากตะกั่วฟรอน (sponge lead) และแผ่นกั้น (separator panels) ซึ่งมักทำจากเส้นใยต่างๆ โดยวางแผ่นธาตุบวกและลบเรียงสลับกันไปแล้วใช้แผ่นกั้นๆ เอาไว้เพื่อไม่ให้แผ่นธาตุสัมผัสถึงกัน เมื่อประกอบชุดแผ่นธาตุและแผ่นกั้นเข้าด้วยกัน ชุดนี้จะเรียกว่า "เซลล์" (cell) แล้วแช่เซลล์ไว้ในน้ำยา (Electrolyte) ซึ่งทำจากกรดกำมะถัน (Sulfuric acid) ก็จะได้เป็นแบตเตอรี่ แบตเตอรี่ที่มี 1 เซลล์จะสร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าได้ 2.1-2.2 โวลต์ ดังนั้นถ้ามี 3-6 เซลล์มาต่ออนุกรมก็จะได้แบตเตอรี่ขนาด 6 หรือ 12 โวลต์ตามลำดับ

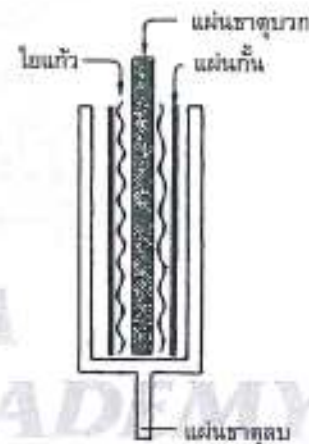


○ แผ่นธาตุ (plate)

แผ่นธาตุเป็นหัวใจของแบตเตอรี่ จะมีอยู่ 2 ชนิด คือ แผ่นธาตุบวก และแผ่นธาตุลบ ตัวแผ่นธาตุจะทำเป็นตะแกรง (Grid) แล้วอัดด้วยสารที่ทำปฏิกิริยาเคมี คือ ถ้าจะทำแผ่นธาตุบวกจะอัดด้วย ตะกั่วเปอร์ออกไซด์ (Lead peroxide) ซึ่งมีสีน้ำตาล รวมแผ่นธาตุลบจะอัดด้วยตะกั่วฟรอน (Sponge lead) ซึ่งมีสีเทา

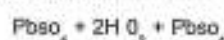
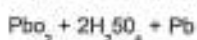
○ แผ่นกั้นและโยแก้ว (Separator and glass mat)

แผ่นกั้นจะมีหน้าที่กั้นแผ่นธาตุบวกและลบให้แยกจากกันแต่แผ่นกั้นจะทำจากสารที่ไม่เป็นตัวนำและไม่ทำปฏิกิริยาเคมีเป็นแผ่นบางๆ ทำด้วยไฟเบอร์แข็งและยางสังเคราะห์ (synthetic rubber) เป็นต้น โดยเฉพาะแผ่นกั้นโยแก้ว (glass mat) มีคุณสมบัติทำให้แผ่นธาตุทำปฏิกิริยาได้ดีมากและป้องกันเศษแผ่นธาตุหลุดร่วงออกจากตะแกรง

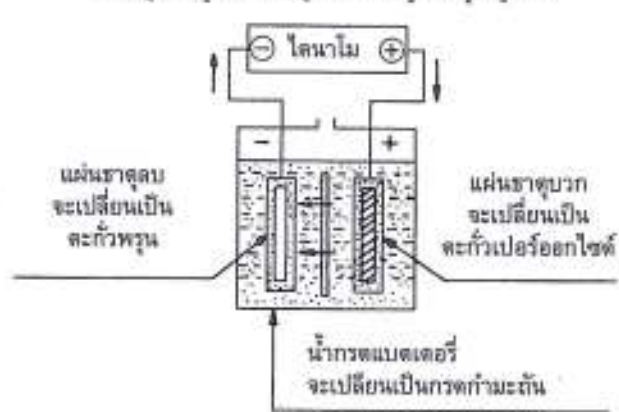
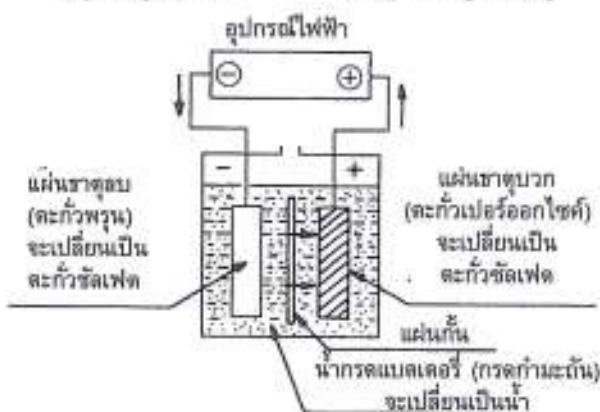


(2) ปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น (Chemical action taking place in the battery)

แผ่นธาตุบวก น้ำกรด แผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวก น้ำกรด แผ่นธาตุลบ



แผ่นธาตุบวก น้ำกรด แผ่นธาตุลบ แผ่นธาตุบวก น้ำกรด แผ่นธาตุลบ



(3) น้ำยาแบตเตอรี่ (Electrolyte)

น้ำยาแบตเตอรี่ จะทำจากกรดกำมะถันเจือจางไม่มีสีไม่มีกลิ่น ขณะอุณหภูมิ 20°C จะมีความถ่วงจำเพาะ 1.260 - 1.280 มีส่วนผสมของน้ำกรดประมาณ 35 - 38% โดยน้ำหนักนอกนั้นเป็นน้ำ และค่า ก.พ. 1.320 ในกรณีของแบตเตอรี่แห้ง

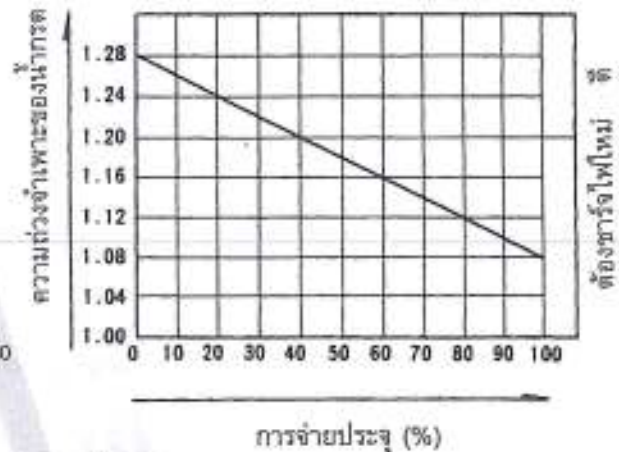
○ ความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด

ค่า ก.พ. ของน้ำยาอิเล็กโทรไลต์จะลดลง ตามลำดับ ขณะแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟออก (ดูตามกราฟ) จึงสามารถดูสภาพประจุไฟในแบตเตอรี่ได้จากความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด ขณะแบตเตอรี่ไฟเติมน้ำกรด จะมีความถ่วงจำเพาะประมาณ 1.260-1.280 ที่ 20 °C และถ้าแบตเตอรี่จ่ายไฟหมด ความถ่วงจำเพาะจะเหลือประมาณ 1.060 - 1.080 ที่ 20°C เช่นกัน

$$\text{ปริมาณกระแสไฟฟ้าที่จ่ายออกไป \%} = \frac{(1.280) - \text{ความถ่วงจำเพาะ}}{0.2} \times 100$$

— เมื่อ ก.พ. 1.280 ขณะประจุเต็ม (ที่ 20°C)

— เมื่อ ก.พ. 1.260 ขณะประจุเต็ม (ที่ 20°C)

**○ ความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิและความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด**

ความถ่วงจำเพาะของน้ำกรดจะเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ ซึ่งเราจะอ่านค่าความถ่วงจำเพาะได้ โดยใช้ไฮโดรมิเตอร์ (Hydrometer) เรื่องนี้เราจะต้องพิจารณาถึง เพื่อชดเชยความถ่วงจำเพาะในขณะชาร์ตแบตเตอรี่ เพราะอุณหภูมิขณะชาร์ตจะเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอสามารถหาได้จากสูตร

$$S_{20} = S_t + 0.0007 (t - 20)$$

ในขณะที่ S_{20} คือ ความถ่วงจำเพาะที่ 20° ซ

S_t คือ ความถ่วงจำเพาะที่อุณหภูมิขณะวัดความถ่วงจำเพาะ

T คือ อุณหภูมิขณะวัดความถ่วงจำเพาะ (°C)

(4) ความจุแบตเตอรี่ (Battery capacity)

ความจุแบตเตอรี่มีหน่วยเป็น แอมแปร์ - ชั่วโมง (Ampere-hour, Ah) ซึ่งหมายความว่า ความสามารถในการจ่ายกระแสไฟของแบตเตอรี่ที่มีประจุเต็มโดยจ่ายกระแสคงที่จนกว่าแรงไฟฟ้าจะลดลงถึงจุดต่ำสุดของการใช้งาน

$$\text{ความจุแบตเตอรี่ (แอมแปร์ - ชม.)} = \text{กระแสที่จ่าย (แอมแปร์)} \times \text{จำนวนที่จ่าย (ชม.)}$$

สำหรับแบตเตอรี่รถจักรยานยนต์จะวัดจำนวนกระแสไฟที่จ่ายออก จนแรงเคลื่อนลดลงถึงจุดต่ำสุดของการใช้งานในเวลา 10 ชั่วโมง

ตัวอย่าง

แบตเตอรี่ขนาด 12 V/14 Ah ค่าให้จ่ายกระแสใน 10 ชม. จะจ่ายได้ 1.4 แอมแปร์ แรงเคลื่อนต่ำสุดของการใช้งาน (Final discharge voltage)

ขณะแบตเตอรี่จ่ายไฟออกแรงเคลื่อนแบตเตอรี่จะลดลงตามลำดับ ถ้าแบตเตอรี่จ่ายกระแสไฟออกหมด แรงเคลื่อนจะเป็น 0 โวลท์พอดี แต่การใช้งานจริงจะไม่ใช้จนแรงเคลื่อนเป็น 0 จริงๆ เพราะแบตเตอรี่จะเสีย เราจะใช้แต่พิกัดต่ำสุดที่จะใช้งานเท่านั้นคือ

$$\text{แรงเคลื่อนต่ำสุดของการใช้งาน} = 1.75 \text{ โวลท์ / เซลล์} \begin{cases} 6 \text{ V แบตเตอรี่} \dots\dots 5.25 \text{ V} \\ 12 \text{ V แบตเตอรี่} \dots\dots 10.5 \text{ V} \end{cases}$$

5. การประจุแบตเตอรี่ (Charging the battery)

○ การอัดประจุซ้ำ (Recharging)

แบตเตอรี่ควรจะอัดประจุใหม่เพื่อเก็บพลังงานที่มันได้สูญเสียไปจากการคายประจุ การอัดประจุใหม่ควรจะกระทำตามกระแสฟิเกตที่ 10 ชั่วโมง

คำนวณเวลาของการอัดประจุใหม่โดยการใช้สมการต่อไปนี้ จากการใช้วัดค่าความถ่วงจำเพาะของน้ำกรด

$$\text{ปริมาณของการคายประจุ (Ah)} = \frac{1.280 - \text{ความถ่วงจำเพาะ} \times \text{อัตราการจุ (Ah)}}{0.2}$$

$$\text{เวลาของการอัดประจุใหม่ (h)} = \frac{\text{ปริมาณของการคายประจุ (Ah)} \times 1.2 \sim 1.5}{\text{กระแสไฟฟ้าของการอัดประจุ (A)}}$$

- พิจารณาประสิทธิภาพของแบตเตอรี่ อัดประจุใหม่กับแบตเตอรี่เป็นเวลา 1.2 ~ 1.5 เท่า นานกว่าฟิเกต 10 ชั่วโมง
- ดึงสายแบตเตอรี่ออกก่อนที่จะชาร์จไฟใหม่
- อย่าปล่อยให้อุณหภูมิของน้ำกรดเกิน 45 °C
- ระหว่างการชาร์จไฟใหม่ให้นำไฟออกไปห่างๆ ปิดเครื่องมืออัดประจุก่อนเคลื่อนย้ายข้อต่อไปยังขั้ว
- หลังจากการชาร์จไฟ เทน้ำสะอาดเพื่อล้างกรดซัลฟิวริก

(6) คู่มือการใช้แบตเตอรี่ (Battery handling)

○ การควบคุมระดับน้ำกรด ให้บำรุงรักษาระดับน้ำกรดให้อยู่ในตำแหน่ง Upper level เสมอ

- การระเหยด้วยไอ.....เติมน้ำกลั่น
- เมื่อหก.....เติมกรดซัลฟิวริกเจือจางใหม่

○ การเก็บรักษา

- ชาร์จแบตเตอรี่ใหม่เติมก่อนนำไปเก็บเข้าที่
- เก็บแบตเตอรี่ในที่ที่มีอุณหภูมิปานกลางและมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย
- ชาร์จไฟใหม่ประมาณเดือนละครั้ง เนื่องจากว่าแบตเตอรี่จะคายประจุโดยธรรมชาติ
- ชาร์จไฟแบตเตอรี่ใหม่ให้เต็มก่อนใช้อีกครั้ง

○ แบตเตอรี่สำหรับใช้งานทันที (แบตเตอรี่แห้ง)

- แบตเตอรี่บางชนิดจะไม่เติมน้ำกรดมา ภายในจะแห้งและจะถูกเก็บรักษาให้เป็นสุญญากาศโดยผู้ผลิตอยู่แล้ว หลังจากอัดประจุแบตเตอรี่เต็ม เมื่อใช้แบตเตอรี่ดังกล่าวเป็นครั้งแรก ถอดปลั๊กยางออกเต็มด้วยกรดซัลฟิวริกเจือจางและชาร์จไฟใหม่

5. แบตเตอรี่ MF แบบผนึก (Sealed MF battery)

คุณลักษณะเด่น (Feature)

1. ไม่จำเป็นต้องตรวจระดับของเหลวหรือเติมน้ำ

การปรับอิเล็กโทรด, ตัวแยกเฉพาะและการสร้างแบบติดผนึก หมายความว่า แบตเตอรี่ไม่มีการก่อให้เกิดแก๊สระหว่างการชาร์จและแก๊สที่เกิดขึ้นนั้นจะถูกดูดกลืนไปโดย แผ่นโลหะขั้วลบและเปลี่ยนไปเป็นอิเล็กโทรไลต์, ดังนั้น จึงไม่มีการสลายตัวไปของอิเล็กโทรไลต์และไม่จำเป็นต้องตรวจระดับของเหลว หรือเติมน้ำเลย

2. ไม่ต้องกลัวการรั่วไหลและยังสามารถใช้ในสภาวะที่เอียงได้

น้ำกรดจะถูกเก็บรักษาไว้อย่างปลอดภัยด้วยตัวแยกเฉพาะ ดังนั้นแบตเตอรี่จะไม่มีการไหลของน้ำกรดเลยและไม่มีการรั่วไหลของของเหลวไม่ว่าทิศทางของแบตเตอรี่จะอยู่ทางใดก็ตาม อย่างไรก็ตาม อย่างไรก็ตาม การติดตั้งแบตเตอรี่ได้ถูกออกแบบ เข้ากับมอเตอร์ไซค์มาก่อนหน้าแล้วและแบตเตอรี่ก็ได้ถูกติดตั้งในตำแหน่งเฉพาะแล้ว

3. การคายประจุด้วยตัวเองต่ำ

แผ่นตะกั่วอัลลอยด์ของตะกั่วแคลเซียมพิเศษ ถูกใช้เพื่อลดอัตราการปล่อยประจุด้วยตัวมันเองให้มีขนาดต่ำสุด และจึงเป็นไปได้ต่อการเก็บรักษาแบตเตอรี่ในระยะเวลาที่ยาวนานด้วยของเหลวที่อยู่ในแบตเตอรี่เอง

4. การปรับการบรรจุด้วยการกดหนึ่งครั้ง

การใส่น้ำกรดเมื่อเริ่มใช้แบตเตอรี่ทำได้ง่าย เพียงใส่กล่องบรรจุน้ำกรดพิเศษที่ช่องแทงช่องบรรจุแบตเตอรี่ ปริมาณของน้ำกรดที่เติมในภาชนะบรรจุน้ำกรดพิเศษสามารถแทงในแบตเตอรี่ได้ ดังนั้นจึงไม่ต้องกังวลเกี่ยวกับการกัดกร่อนของเครื่องมือจากน้ำกรดเลยหรือเปื้อนเปื้อนน้ำกรด

5. ออกแบบมาอย่างปลอดภัย

วาล์วนิรภัยถูกจัดเตรียมไว้เพื่อจัดการกับแก๊สส่วนเกินที่เกิดมาจากการอัดประจุที่มากเกินไป

6. กลไกป้องกันการระเบิด

แผ่นกรองติดตั้งไว้ภายในแบตเตอรี่ เพื่อดับเปลวไฟจากภายนอกแบตเตอรี่และป้องกันการระเบิดของแบตเตอรี่

7. ความกระตือรือร้น

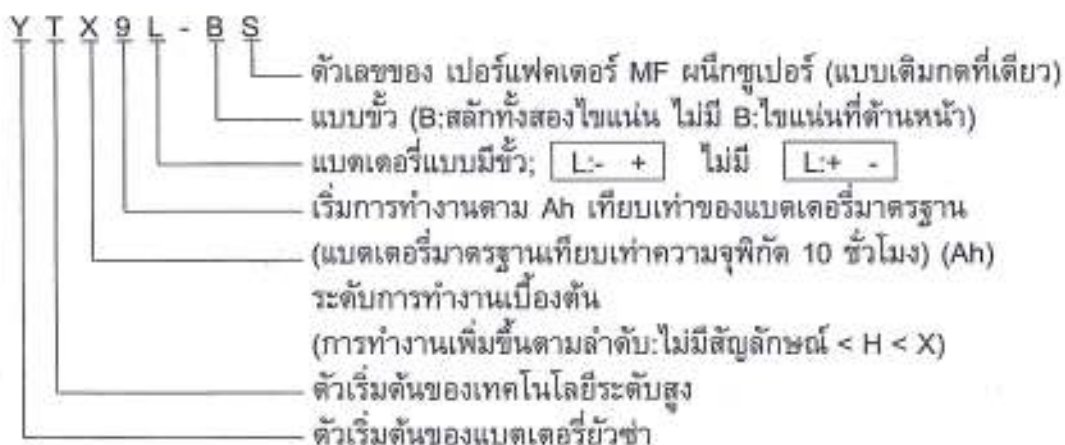
เมื่อไม่มีอิเล็กโทรไลต์อิสระ แบตเตอรี่จะถูกออกแบบมาด้วยความสูงน้อยนิดและปรับปรุงประสิทธิภาพของสมรรถนะเมื่อเปรียบเทียบกับแบตเตอรี่ทั่วไป

8. ไม่มีชิ้นส่วนไหลออกมาดังเช่นที่อธิบาย

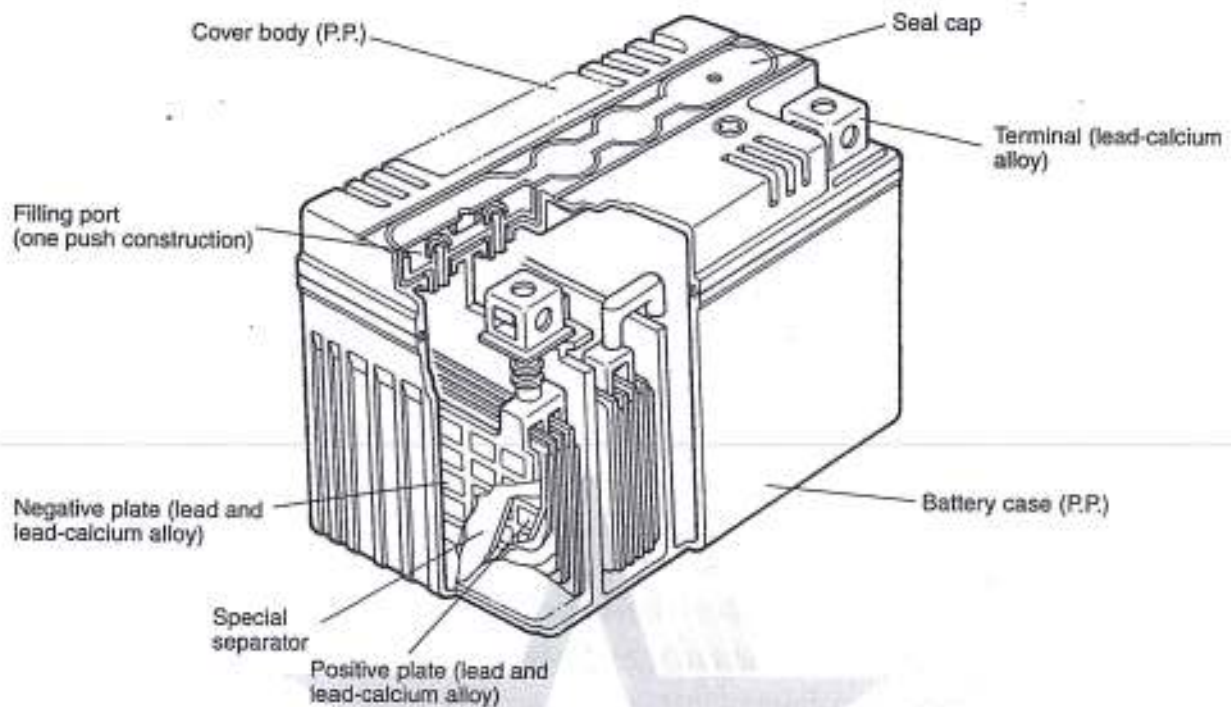
การดูดซึมแก๊สภายในแบตเตอรี่ ดังนั้นที่อธิบายจึงไม่จำเป็น และไม่มีส่วนที่ไหลออกมาเหมือนอย่างแบตเตอรี่มาตรฐาน

(1) ชื่อส่วนประกอบ (Model name component)

ตัวอย่าง FZR 400 RR



(1) หลักการและโครงสร้าง (Principle and construction)



○ แผ่นธาตุบวกและธาตุลบ (Positive and negative plates)

แผ่นธาตุบวกและธาตุลบประกอบด้วย วัสดุที่มีปฏิกิริยาสูงและแผ่นตะกั่วอัลลอยด์ของตะกั่วแคลเซียมชนิดพิเศษ

○ แผ่นกั้น (Separator)

แผ่นกั้นที่มีความสามารถในการนำไอออนที่ดี (ion conductivity) จะต้องมีความต้านทานความร้อนและต้านทานกรดชั้นเยี่ยม ดังนั้น จึงต้องทำมาจากไฟเบอร์กลาสชนิดพิเศษ เพื่อให้เป็นไปตามข้อกำหนด และในขณะเดียวกันก็ต้องรองรับการเกิดปฏิกิริยาภายในจากแรงดันสะท้อนมันจึงถูกออกแบบมา เพื่อให้ทนทานต่อสภาพของการสั่นสะเทือนอย่างรุนแรงของมอเตอร์ไซด์

ดังนั้น จึงไม่มีอิเล็กโทรไลต์อิสระและการรั่วไหลของของเหลวเมื่อมีการเอียงกระแทก

วาล์วนิรภัย (Safety valve)

- ในกรณีของการประจุที่ผิดพลาดจะเป็นเหตุให้แรงดันภายในของแบตเตอรี่เพิ่มขึ้นอย่างผิดปกติ วาล์วนิรภัยจะเปิดเพื่อคลายประจุแก๊สภายในแบตเตอรี่ และเปลี่ยนแรงดันให้สู่สภาพปกติ เป็นการป้องกันการแตกตัวของแบตเตอรี่ วาล์วปิดเมื่อแรงดันปรกติกลับคืนมาอีกครั้งและแบตเตอรี่กลับสู่สภาวะปกติ

ตัวกรอง (Filter)

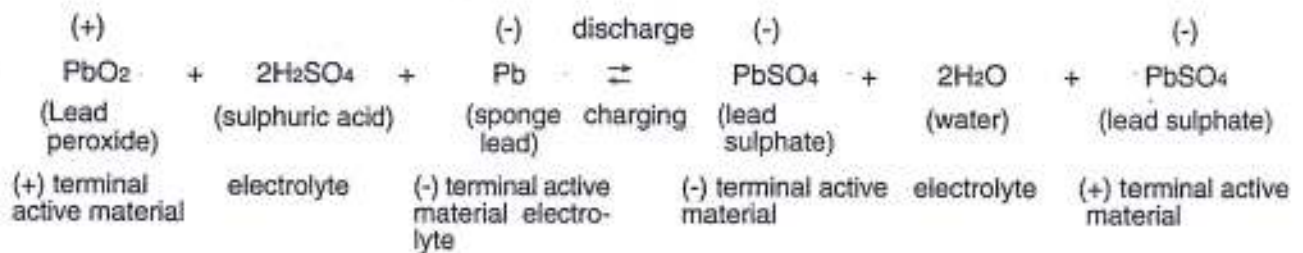
- แผ่นกรองเซรามิกถูกติดตั้งเหนือวาล์วนิรภัยใต้ฝาครอบแบตเตอรี่เพื่อขจัดอันตรายของระเบิดจุดระเบิดจากเปลวไฟภายนอก

เคสแบตเตอรี่, ฝาครอบ (Battery case and cover)

- โพลีโพรไพลีน เรซิน ถูกปรับเพื่อให้เกิดการต้านทานความร้อนที่ดี ต้านทานสารเคมีและต้านทานการฉีก

(4) ลักษณะของการเชื่อมต่อของแบตเตอรี่แบบ MF (Sealed principle of sealed MF battery)

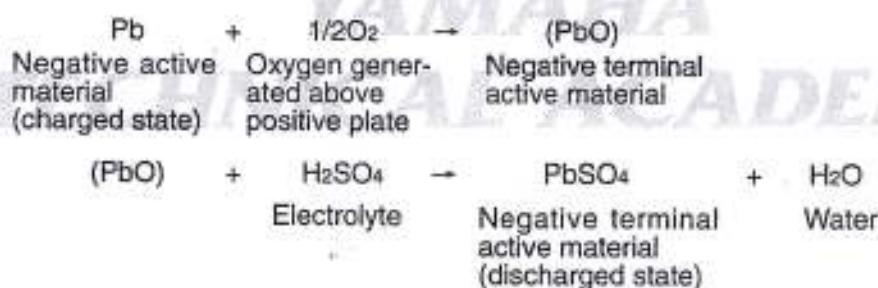
ปฏิกิริยาทางเคมีของตะกั่วแบตเตอรี่



เมื่อเกิดการคายประจุตะกั่วเปอร์ออกไซด์ที่ขั้วบวกและฟองตะกั่วที่เกิดขึ้นกับขั้วลบ มีปฏิกิริยากับกรดซัลฟิวริกในน้ำกรดแบตเตอรี่ เพื่อก่อให้เกิดตะกั่วซัลเฟตที่ละน้อย ขณะที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกในน้ำกรดแบตเตอรี่ลดลงในทางกลับกัน เมื่อการคายประจุเกิดขึ้นตะกั่วซัลเฟตเกิดขึ้น จากวัสดุกระตุ้นที่ขั้วบวกและวัสดุกระตุ้นที่ขั้วลบ ซึ่งถูกกำหนดจากวัสดุกระตุ้นและจากส่วนประกอบของกรดซัลฟิวริก ที่ถูกปล่อยเข้าสู่ น้ำกรดแบตเตอรี่และค่อยกลับไปยังตะกั่วออกไซด์และตะกั่วฟองน้ำ เพื่อว่าความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกในอิเล็กโทรไลต์เพิ่มขึ้น โดยปกติแบตเตอรี่มาตรฐานเฟสสุดท้ายของการอัดประจุในที่สุด และตะกั่วซัลเฟตที่เกิดจากการอัดประจุเปลี่ยนเป็นตะกั่วเปอร์ออกไซด์และตะกั่วฟองน้ำ เพื่อว่ากระแสการอัดประจุหลังจากนั้นถูกใช้แยกกันต่างหากในอิเล็กโทรไลต์ของน้ำในน้ำกรดแบตเตอรี่ ด้วยเหตุนี้เอง แก๊สออกซิเจนจึงเกิดมาจากแผ่นขั้วบวกและแก๊สไฮโดรเจน เกิดมาจากแผ่นขั้วลบแก๊สที่เกิดขึ้นจะหลบเข้าไปยังภายนอกของแบตเตอรี่และระดับน้ำกรดแบตเตอรี่ลดลง ดังนั้น จำเป็นต้องเติมน้ำเพิ่มเติมเป็นระยะ ๆ ไป

หากแบตเตอรี่ MF ผิด ถูกอัดประจุมากเกินไป แม้ว่าวัสดุกระตุ้นขั้วบวกจะถูกอัดประจุเต็มแล้วก็ตาม แบตเตอรี่แบบ MF ผิดถูกออกแบบมา เพื่อว่าขั้วลบจะได้ไม่เปลี่ยนสภาพไปเป็นฟองตะกั่วอย่างสมบูรณ์ ด้วยเหตุนี้เอง ณ ที่จุดซึ่งมีการอัดประจุเกินจึงก่อให้เกิดแก๊สออกซิเจนจากขั้วบวก ในขณะที่แผ่นขั้วลบยังคงอัดประจุไม่เต็ม ดังนั้น แก๊สออกซิเจนจึงไม่เกิด

นอกจากนี้ แก๊สออกซิเจนที่เกิดขึ้นที่ขั้วบวกมีปฏิกิริยาที่รวดเร็วกับวัสดุกระตุ้น ในสภาวะของการอัดประจุเหนือแผ่นลบและกลายเป็นน้ำออกซิเจนดังนั้นผลลัพธ์สุดท้ายคือ ไม่มีการสูญเสีย น้ำเกิดขึ้น



แผ่นขั้วลบถูกออกแบบมาเพื่อว่ามันจะได้ไม่ถูกอัดประจุเต็มและแม้ว่ามีการอัดประจุเกินต่อไป แก๊สออกซิเจนที่เกิดอยู่ภายในแบตเตอรี่ถูกดูดกลืนที่แผ่นขั้วลบซึ่งเรียกว่า วงจรออกซิเจน ดังนั้นการผกผันในทางทฤษฎีจึงเป็นไปได้โดยปราศจากน้ำในน้ำกรดแบตเตอรี่ ที่กำลังลดลง

(5) ข้อควรระวัง (Handling CAUTION)

- แบตเตอรี่ในที่เย็นแห้ง อย่าให้ถูกแสงแดดโดยตรง
- สมรรถนะและอายุการใช้งานของแบตเตอรี่ผิด จะได้รับผลกระทบเป็นอย่างมาก จากปริมาณของอิเล็กโทรไลต์ที่เทอยู่ภายใน ดังนั้นเมื่อเทอิเล็กโทรไลต์ข้างใน ให้เทในปริมาณที่จำเพาะของอิเล็กโทรไลต์ต่างหากและให้ปฏิบัติตามอย่างระมัดระวัง เพื่อหลีกเลี่ยงการเหมาเกินไปหรือน้อยเกินไป

ระบบสตาร์ท

การสตาร์ทเครื่องยนต์มอเตอร์กระแสตรง แรงบิดของมอเตอร์จะส่งผ่านคลัทช์สตาร์ท ผ่านเฟืองหรือโซ่ขับเคลื่อนไป ขับเพลาลูกเบี้ยว ระบบสตาร์ท ประกอบด้วย มอเตอร์สตาร์ท, รีเลย์สตาร์ท, สวิตช์สตาร์ท รีเลย์นิรภัย และสวิตช์ ฯลฯ

1. หลักการทำงานของมอเตอร์และมอเตอร์สตาร์ท

(1) หลักการทำงานของมอเตอร์

ถ้าปล่อยกระแสไฟไหลผ่านขดลวดตัวนำที่วางไว้ระหว่างขั้วแม่เหล็กเหนือและใต้ ขดลวดตัวนำจะเกิดสนามแม่เหล็กผลักดันกับสนามแม่เหล็กของขั้วแม่เหล็กทั้งสอง ทำให้ขดลวดหมุนในทิศทางตามรูปทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้าทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กและทิศทางการหมุนของขดลวดจะเป็นไปตามกฎมือซ้ายของเฟรมมิ่ง

ทิศทางการหมุนของขดลวดนี้ขึ้นอยู่กับทิศทางการไหลของกระแสไฟฟ้ากลับทิศทางการไหลของกระแส ขดลวดก็จะหมุนกลับทางด้วยการส่งกระแสไฟฟ้าเข้า ขดลวดจะส่งผ่านแปรงถ่าน และซีคอมมิวเตเตอร์ เพื่อให้กระแสไฟไหลเข้าขดลวดในทิศทางเดิมเสมอ ในมอเตอร์ขดลวดจะพันไว้รอบแกนเหล็กรวมเรียกว่า "ขดลวดอาร์เมเจอร์"

(2) ชนิดของมอเตอร์สตาร์ท

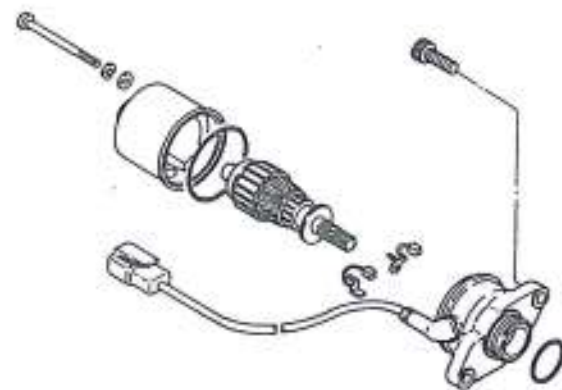
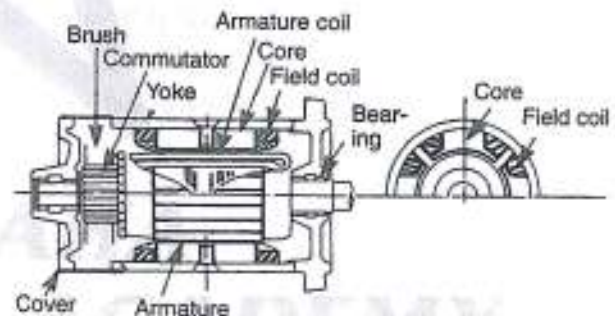
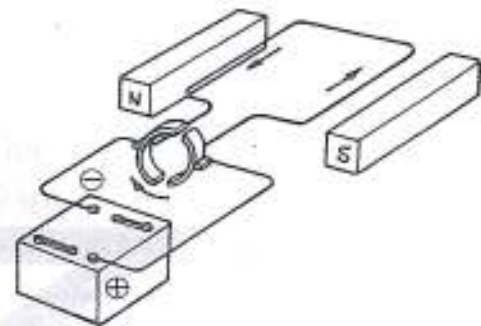
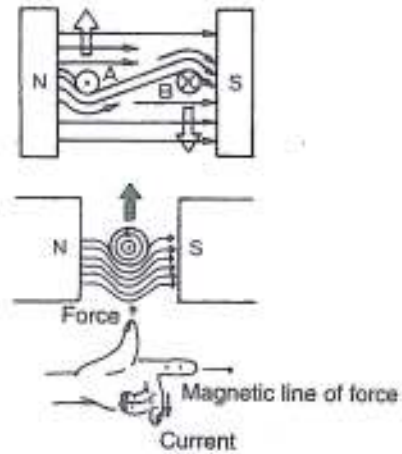
มอเตอร์สตาร์ทมี 2 ชนิดคือ แบบใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้ากับแบบใช้แม่เหล็กถาวร

① มอเตอร์สตาร์ทแบบใช้ขดลวดแม่เหล็กไฟฟ้า

มอเตอร์สตาร์ทแบบนี้ขั้วแม่เหล็กจะใช้เส้นทองแดงแบบหนาพันไว้รอบๆ ขั้วแม่เหล็ก เรียกว่า ขดลวดแม่เหล็กกระแสไฟจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านขดลวดแม่เหล็ก แล้วจึงไหลเข้าขดลวดอาร์เมเจอร์

② มอเตอร์สตาร์ทแบบใช้แม่เหล็กถาวร

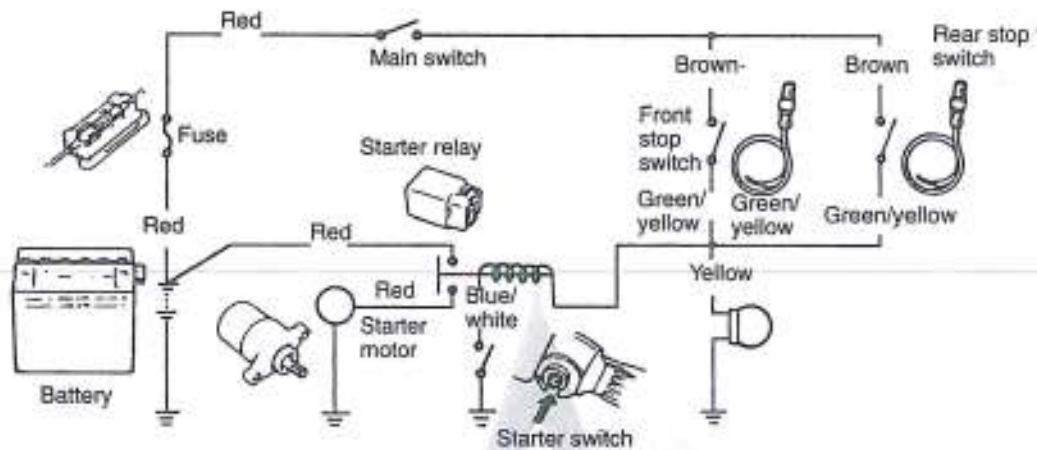
มอเตอร์สตาร์ทแบบนี้จะไม่ใช้ขดลวดแม่เหล็ก แต่จะใช้แม่เหล็กถาวรที่มีความแรงมากๆ แทนยึดติดกับเปลือกมอเตอร์แน่น มีน้ำหนักเบา นิยมใช้ในปัจจุบัน



2. ระบบสตาร์ทแบบนิรภัย

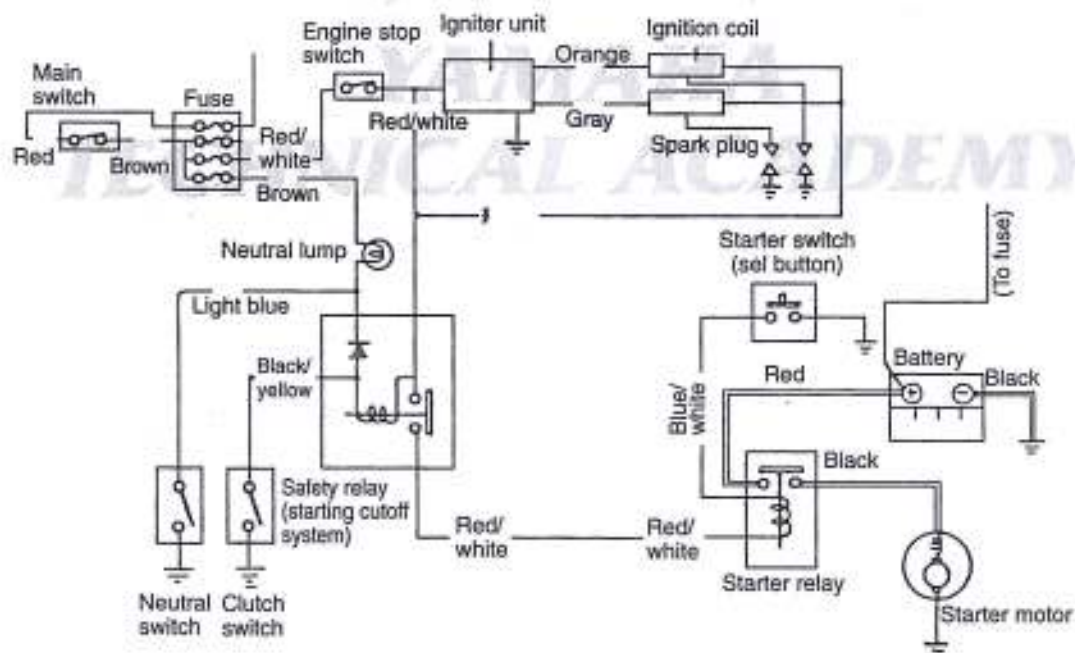
1.) ระบบนิรภัยในการสตาร์ทสปีดเตอร์

อุปกรณ์นิรภัยนี้จะตัดวงจรสตาร์ท ถ้าไม่ได้มีการเบรคล้อหน้า หรือล้อหลังไว้ก่อนเพื่อป้องกันการสตาร์ทเครื่องรถจักรยานยนต์โดยไม่ตั้งใจ



2.) ระบบนิรภัยในการสตาร์ทจักรยานยนต์

ในการป้องกันการสตาร์ทของจักรยานยนต์โดยไม่ตั้งใจ หากมีการกดปุ่มสตาร์ทโดยบังเอิญ ตัวถ่ายทอดสัญญาณความปลอดภัย (Safety relay) จะทำการส่งสัญญาณเพื่อให้ตัวมอเตอร์สตาร์ทหมุนก็ต่อเมื่อเกียร์อยู่ในตำแหน่งว่างหรือไม่ได้ใส่คลัทช์เท่านั้น



ศัพท์จากรูป

In neutral = เกียร์ว่าง

In gear = เข้าเกียร์

Brown = สีน้ำตาล

Main switch = สวิตช์กุญแจ

Red = สีแดง

Starter switch = สวิตช์สตาร์ท

Blue = สีน้ำเงิน

Black = สีดำ

White = สีขาว

Yellow = สีเหลือง

Battery = แบตเตอรี่

Starting motor = มอเตอร์สตาร์ท

Starter relay = รีเลย์สตาร์ท

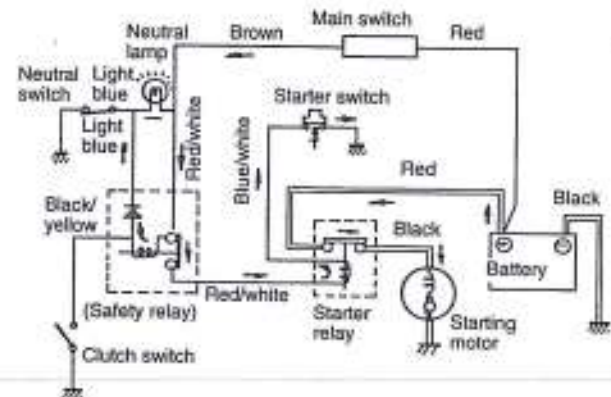
Safety relay = รีเลย์ป้องกัน

Clutch switch = สวิตช์คลัทช์

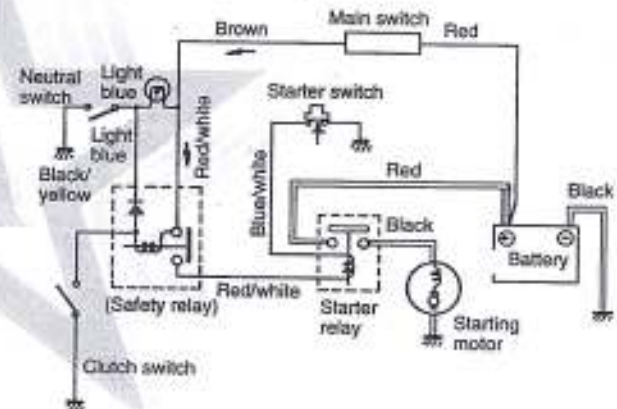
Neutral switch = สวิตช์เกียร์ว่าง

When holding the clutch in = เมื่อบีบคลัทช์

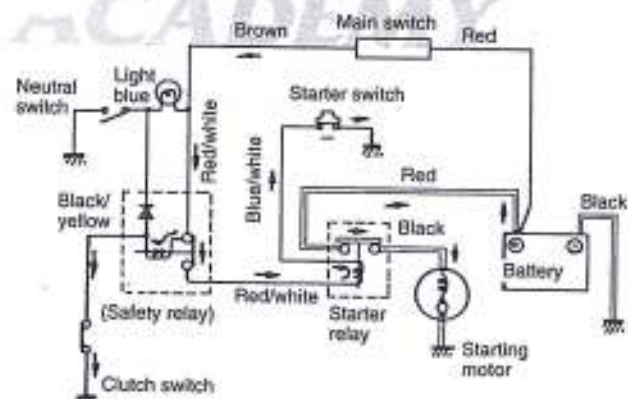
In neutral



In gear



When holding the clutch in



(3) สวิตช์ขาตั้งข้าง (Sidestand switch)

เพื่อป้องกันการล้มเอวขาตั้งข้างขึ้น (Retract) (Sidestand)
ระบบสตาร์ทจึงมีฟังก์ชันการทำงานดังต่อไปนี้

○ ข้อสังเกต (Notice)

เมื่อขาตั้งข้าง อยู่การสตาร์ทจะไม่เกิดการขับเคลื่อนจนกว่าจะอยู่ในตำแหน่งปกติ (Neutral) กล่าวคือ เครื่องยนต์จะไม่ติด

ถ้าเก็บขาตั้งข้าง (Sidestand) ขึ้นการสตาร์ทจึงจะปล่อยให้เกิดการจุดระเบิด (Ignition) และเครื่องยนต์ติด เมื่อบีบ คลัทช์ แม้ว่าชุดเกียร์จะอยู่ในตำแหน่งไม่ใช่เกียร์ว่าง

ถ้าขาตั้งข้าง (Sidestand) ถูกกดลงหลังจากสตาร์ทเครื่องแล้ว จะทำให้ตัดการจุดระเบิดและเครื่องยนต์จะดับทันทีที่ดึงคลัทช์และเปลี่ยนเกียร์

ขาตั้งข้าง (Sidestand) จะปลอดภัย (Securely up) ก่อนหยุด (Drive off)

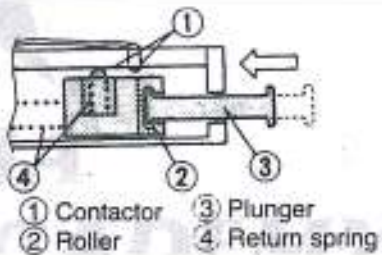
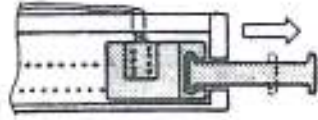
○ โครงสร้าง (Construction)

สวิตช์ขาตั้งข้าง (Sidestand switch) สวิตช์เกียร์ว่าง ชุด (C.D.I.) (C.D.I. Unit)

○ การทำงาน (Operation)

จะตัดการจุดระเบิดเมื่อตัดวงจรจากชุด C.D.I. วงจรสตาร์ทจะค้นหาด้วยวงจรสำหรับขาตั้งข้าง (Sidestand) และตำแหน่งเกียร์ ดังนั้น ชุด C.D.I. ความคุมการจุดระเบิด (Ignition) ให้สอดคล้องกันแต่ละสภาพการทำงานเมื่อเครื่องยนต์ทำงาน

เงื่อนไขสำหรับการสตาร์ทและหยุด (Condition for starting and driving off)

ขาตั้งข้าง (Sidestand)	ชุดเกียร์ (Transmission)	การจุดระเบิด Ignition	
กดลง (Down)	เกียร์ว่าง (Neutral)	○	 ① Contactor ③ Plunger ② Roller ④ Return spring
	ตำแหน่งที่ไม่ใช่เกียร์ว่าง	X	
ขึ้น (Up)	เกียร์ว่าง (Neutral)	○	
	ตำแหน่งที่ไม่ใช่เกียร์ว่าง	○	

[5] ระบบแสงสว่างและสัญญาณ (Lighting and Signaling System)

ตามกฎหมายของ Highway Transportation and vehicles Act รถจักรยานยนต์ที่จะวิ่งบนถนนต้องมีอุปกรณ์แสงสว่างและสัญญาณที่จำเป็นและปลอดภัยแก่การขับขี่

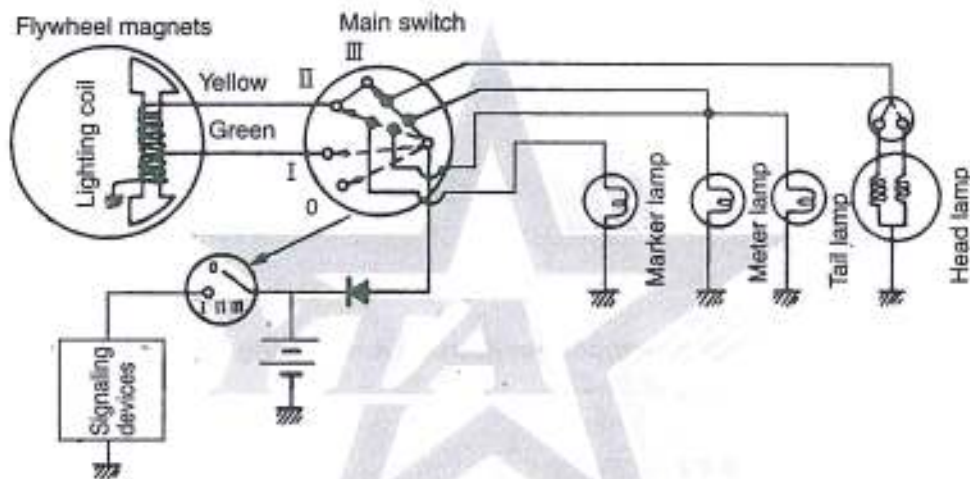
1. ระบบแสงสว่าง (Lighting System)

อุปกรณ์แสงสว่างที่ใช้ในเวลากลางคืนประกอบไปด้วย ไฟหน้า, ไฟหรี่หน้า, ไฟท้าย และไฟส่องเรือนไมล์เป็นต้น ประกอบไปด้วยระบบไฟ 4 แบบโดยดูจากแหล่งพลังงานที่ใช้

(1)ระบบแสงสว่าง

① ระบบไฟกระแสสลับ (AC-Powered lighting system)

ระบบแสงสว่างจะใช้กระแสไฟสลับจากγενเนอเรเตอร์ ระบบนี้จะติดตั้งเฉพาะในมอเตอร์ไซค์รุ่นเล็กแบบใช้ล้อแม่เหล็ก อุปกรณ์เหล่านี้จะใช้ได้เมื่อติดเครื่องยนต์เท่านั้น

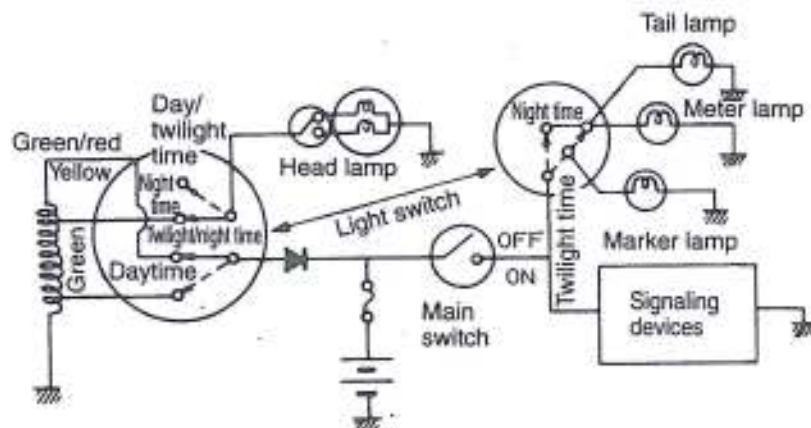


② ระบบไฟแสงสว่างใช้ทั้งไฟกระแสดตรงและกระแสสลับควบคุมด้วยสวิทช์ไฟแสงสว่าง

(AC - DC - powered lighting system light switch control)

ในระบบนี้ใช้กับรถจักรยานยนต์ที่ใช้ล้อแม่เหล็กจากไฟ (Flywheel Magneto) ไฟหรี่หน้า, ไฟท้าย และไฟส่องเรือนไมล์จะใช้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ ส่วนไฟหน้าจะใช้ไฟกระแสสลับจากเจนเนอเรเตอร์ ระบบนี้จะช่วยเพิ่มความปลอดภัย ขณะจอดรถหรือหยุดรถในเวลากลางคืน และช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการชาร์จไฟแบตเตอรี่ในเวลากลางคืนด้วย

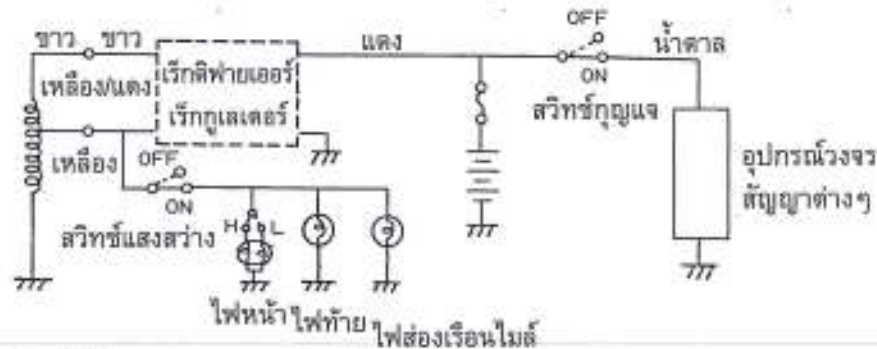
ระบบไฟแสงสว่างทั้งหมดจะแยกการควบคุมด้วยสวิทช์ไฟแสงสว่าง (Lightswitch) ซึ่งติดไว้ที่แฮนด์บังค้ำ (handlebar)



③ระบบแสงสว่างใช้ไฟฟ้ากระแสสลับ ควบคุมด้วยสวิตช์ไฟแสงสว่าง

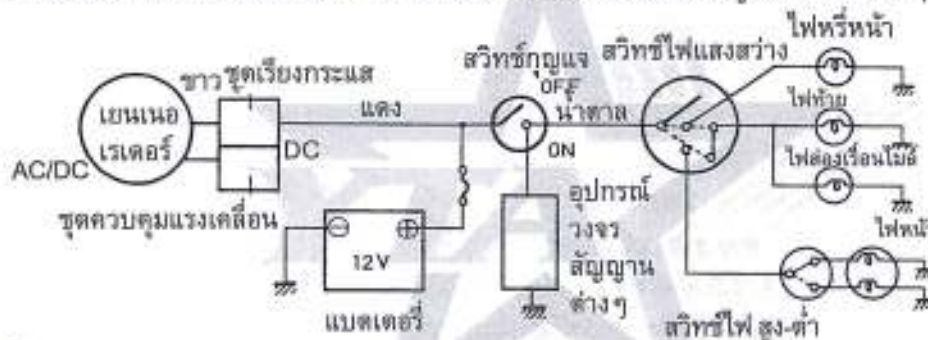
(AC Power lighting system, light switch control)

ระบบนี้เป็นระบบใหม่ซึ่งจะใช้อุปกรณ์ควบคุมแรงเคลื่อนแบบ AC หรือ แบบ AC/DC ซึ่งจะควบคุมแรงเคลื่อนไฟฟ้ากระแสสลับเพื่อไปใช้กับไฟหน้าไฟท้าย และไฟส่องเรือนไมล์เพื่อไม่ให้ชำรุดเสียหายเร็ว



④ระบบไฟแสงสว่างใช้ในกระแสตรง (DC-Power lighting system)

ระบบนี้จะใช้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ขนาด 12 โวลท์ที่ใช้กับรถจักรยานยนต์ขนาดกลางและขนาดใหญ่ มีเอนเนอเจอเรเตอร์ผลิตกระแสไฟเมื่อเอนเนอเจอเรเตอร์สร้างแรงเคลื่อนไฟฟ้าสูงพอที่จะส่งไปอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆด้วย



(2) ไฟหน้า

หลอดไฟหน้าจะมีทั้งแบบผืนเป็นชุดและแบบเปลี่ยนหลอดได้ การส่องสว่างไฟสูงจะส่องไปได้ไกลกว่าไฟต่ำ

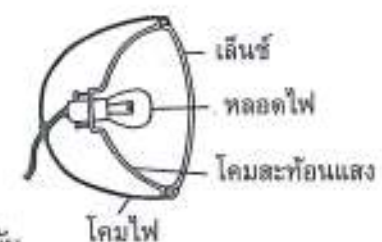
①แบบผืนเป็นชุด (Scaled beam type) ไฟหน้าชนิดนี้ จะประกอบไปด้วยเลนส์, โคมสะท้อนแสง, และไส้หลอดผืนเป็นชุดเดียวกันแล้วบรรจุด้วยแก๊สไว้ภายใน

②แบบเปลี่ยนหลอดได้ (Bulb type)

แบบนี้ตัวหลอดจะมี 2 ไส้ คือ ไส้ไฟสูงและไส้ไฟต่ำ เมื่อไส้หลอดขาด สามารถถอดเปลี่ยนเฉพาะหลอดไฟได้

* หลอดฮาโลเจน (Halogen lamp)

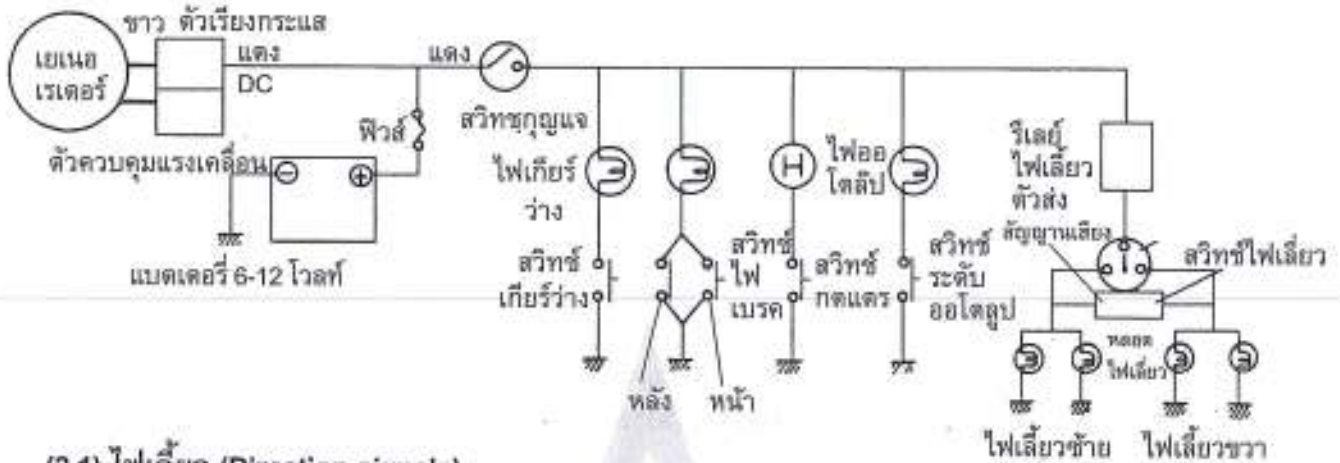
หลอดแบบนี้จะเป็นไส้หลอดบรรจุ ผืนไว้ในแก้วหลอด Quartz 2 glass แล้วบรรจุก๊าซฮาโลเจนไว้ (Halogen lamp) หลอดฮาโลเจนจะให้ความสว่างสูงและสามารถยืดอายุการใช้งาน



- ข้อควรระวัง
- ห้ามจับหลอดด้วยมือเปล่าระวังอย่าให้หลอดเปื้อนน้ำมัน
 - ถ้าหลอดสกปรก ให้ล้างด้วยแอลกอฮอล์หรือทินเนอร์ก่อนเปิดไฟ

2. ระบบไฟสัญญาณ (Signal switch)

ระบบไฟสัญญาณจะประกอบด้วยไฟเลี้ยว (Directional signal lamps) ไฟเบรก (Stop - lamp) แตร (horn) ไฟเกียร์ว่าง (neutral lamp) ไฟเตือนออโตลิป (oil lamp) ไฟเตือนความเร็วสูงสุด (speed warning lamp) และอื่น ๆ ระบบไฟเหล่านี้จะใช้กระแสไฟจากแบตเตอรี่ แต่จะวงจรจะต่อขนานกับแรงเคลื่อนที่ส่งไปแต่ละวงจรเท่านั้น เมื่อเครื่องยนต์เรเตอร์สร้างแรงเคลื่อนสูงขึ้น เชนเนอเรเตอร์ก็จะส่งกระแสไฟไปอุปกรณ์ไฟเหล่านี้ด้วย



(2.1) ไฟเลี้ยว (Direction signals)

หลอดไฟเลี้ยวจะมีการกระพริบเป็นจังหวะโดยอาศัยรีเลย์ไฟเลี้ยว (Directional signal relay)

○ ชนิดของรีเลย์ไฟเลี้ยว

- แบบไบเมทัล (Bimetal relay)
- แบบขดลวดความร้อน (Hot - wire relay)
- แบบใช้คาปาซิเตอร์ (Relay with capacitor)

○ ความเร็วในการกระพริบ 80 - 20/+40 ครั้ง/นาที (60-120 ครั้ง/นาที)

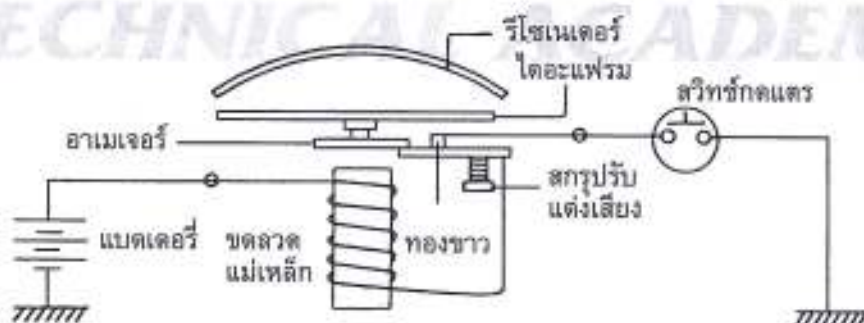
○ เวลาที่ใช้ตั้งแต่เปิดสวิทช์ไฟเลี้ยวจนหลอดไฟติดครั้งแรก 0.8 วินาที (มาตรฐาน JIS)

(2.2) แตร (Horn)

รถจักรยานยนต์จะใช้แตรไฟฟ้า ซึ่ง 2 ชนิดคือ แบบแบน (Flat) ชนิดบ๊อช (Bosch type) และแบบเกลียว (Spiral)

หลักการทำงานของแตร

การทำงานโดยอาศัยการสั่นของแผ่นโลหะบางๆ (Metal diaphragm) ที่ควบคุมการสั่นด้วยขดลวดไฟฟ้า



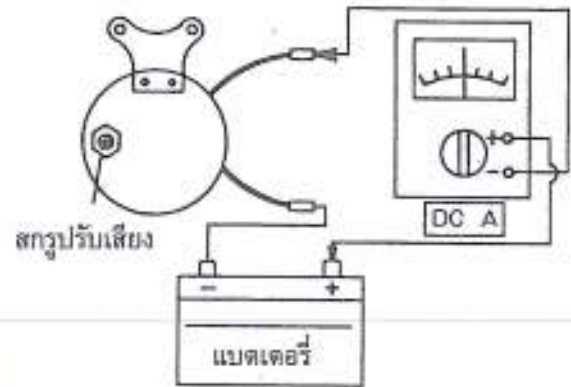
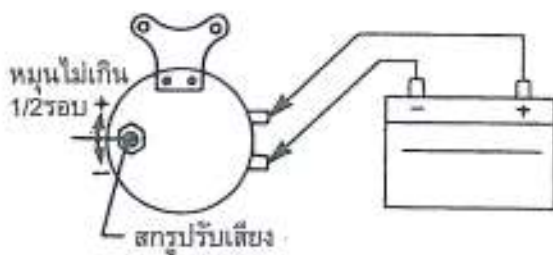
(Solenoid) ส่งการสั่นสะเทือนไปให้แผ่นเรโซเนเตอร์ (Resonator) ซึ่งเป็นตัวกำเนิดเสียง

1. เมื่อกดสวิทช์แตร กระแสไฟจากแบตเตอรี่จะไหลผ่านขดลวด, ผ่านหน้าทองขาว, ผ่านสวิทช์แตรลงกราวด์ทำให้ขดลวดเกิดอำนาจแม่เหล็กดูดอามาเจอร์ (Armature) เลื่อนลง
2. อามาเจอร์จะดันหน้าทองขาวให้เปิด ตัดวงจรไฟฟ้า กระแสไฟฟ้าจะหยุดไหล
3. เมื่อกระแสไฟฟ้าหยุดไหล ขดลวดแม่เหล็กจะหมดอำนาจ อามาเจอร์จะดีดกลับ หน้าทองขาวจะต่อกันอีก กระแสไฟจะผ่านได้อีก

การทำงานที่อธิบายไปนี้จะเกิดขึ้นเร็วมากไดอะแฟรมจะสั่นเกิดเป็นเสียง

4. การปรับแต่งแดร

การปรับแต่งแดรโดยการหมุนสกรูถ้าขันสกรูเข้า เสียงจะสูง ถ้าขันสกรูออกเสียงจะต่ำ เพื่อให้การปรับแน่นนอน ควรต่อแอมมิเตอร์เข้าในวงจรขณะปรับแต่ง และอ่านค่ากระแสไฟที่ใช้



(2.3) เรือนไมล์ (Speedometer)

เรือนไมล์จะมีทั้งแบบแรงเหวี่ยง (Centrifugal type), แม่เหล็กและไฟฟ้า (magnet and electric types) และแบบแม่เหล็ก (magnet type) ซึ่งนิยมใช้กันในจักรยานยนต์

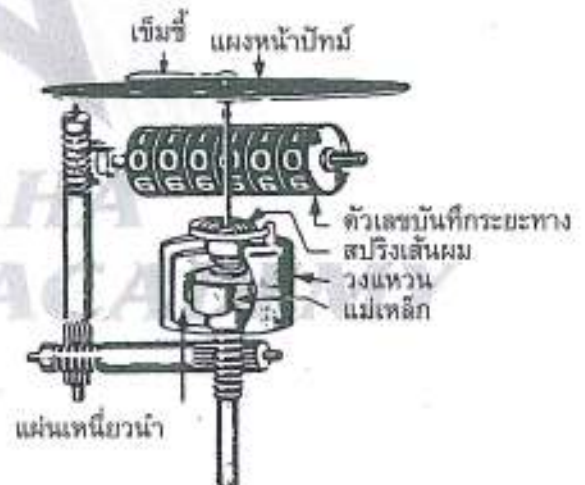
หลักการทำงานของแบบแม่เหล็ก

แบบนี้จะอาศัยการทำงานของแม่เหล็กซึ่งมีโครงสร้างดังรูป

เมื่อสายไมล์ (meter wire) หมุน แม่เหล็กที่ต่อกับปลายสายจะหมุนด้วย แผ่นโลหะที่เหนียวน้ำ (Induction plate) ซึ่งต่ออยู่กับเข็มชี้จะถูกแม่เหล็กเหนียวน้ำให้เกิดการบิดตัวหมุนไปด้วยระยะหนึ่ง ซึ่งจะขึ้นกับความเร็วขณะนั้น

ถ้าความเร็วเพิ่มขึ้นแรงบิดที่เกิดจากแม่เหล็กจะมากขึ้น บิดให้แผ่นโลหะเหนียวน้ำและเข็มชี้สูงขึ้น เข็มจะหยุดนิ่งในขณะที่แรงบิดกับแรงต้านของขดลวดสปริง (hair spring) เท่ากันพอดี

เมื่อรถจอดขดลวดสปริง (hair spring) จะบิดให้เข็มชี้กลับมาชี้ที่ศูนย์ (0)



หมายเหตุ ความเร็วรอบของวัดรอบและความเร็วของเรือนไมล์จะอยู่ในมาตรฐานของ Jis กล่าวคือ ถ้าความเร็วรอบของรถจักรยานยนต์หมุน 1,400 r.p.m. ความเร็วของรถก็ควรจะอยู่ใน 60 กม./ชม.





ภาคผนวก

**YAMAHA
TECHNICAL ACADEMY**

[1] การตรวจสอบก่อนการส่งมอบ(ตรวจสอบรถมอเตอร์ไซด์ใหม่)**(Pre - delivery Inspection (New motorcycle inspection))**

ก่อนที่รถมอเตอร์ไซด์จะถึงมือลูกค้า จะต้องทำการตรวจสอบก่อนส่งมอบเสมอ (PDI) การตรวจสอบก่อนส่งมอบ หมายถึง การเตรียมรถมอเตอร์ไซด์ ซึ่งสามารถสตาร์ทเครื่องได้และรถมอเตอร์ไซด์พร้อมจะใช้งาน รวมถึง การติดตั้งชิ้นส่วนที่หลุดออก(หรือยังไม่ได้ติดตั้ง) โดยคนถอดออกเพื่อจุดประสงค์ในการขนส่ง การติดตั้งชิ้นส่วนมาตรฐานและชิ้นส่วนเพิ่มเติมตามที่ลูกค้าต้องการ และการตรวจรถมอเตอร์ไซด์ใหม่ เพื่อให้รถมอเตอร์ไซด์สมบูรณ์ ซึ่งความต้องการเหล่านั้นสามารถอธิบายดังนี้

1. การทำความสะอาดรถมอเตอร์ไซด์ (Motorcycle cleaning)

รถมอเตอร์ไซด์ใหม่ที่เสร็จสมบูรณ์แล้วจะถูกเคลือบด้วยน้ำมันกันสนิม (Anti - rust oil) และมีฝุ่นละอองจากการเก็บรักษาในโรงเก็บรถ หรือการตั้งแสดงด้านหน้าข้อป(Shop) ดังนั้นเมื่อคุณทำการตรวจสอบรถใหม่ ต้องมั่นใจว่าทำการล้างรถมอเตอร์ไซด์เพื่อกำจัดฝุ่นละอองและน้ำมันกันสนิม (Anti - rust oil) แล้วขัด(Polish) รถมอเตอร์ไซด์ โดยเฉพาะทำความสะอาดล้อจานเบรก (Disc plate) และท่อไอเสีย (Muffler) เป็นต้น

2. ติดตั้งชิ้นส่วนที่ไม่ได้ยึดเนื่องจากความจำเป็นในการขนส่ง และชิ้นส่วนมาตรฐาน

(Install parts not fitted due to transportation requirements and standard accessories)

*กระจกมองด้านหลัง, เครื่องมือบริการ, กระบังลม(Leg shield) ที่พักเท้า (Foot rest) เหล็กกันตก (Fender Flap) กล่องบรรทุกทางท้าย (Rear cargo box) เป็นต้น

3. ติดตั้งชิ้นส่วนเพิ่มเติม, ชิ้นส่วนประกอบ และชิ้นส่วนที่ลูกค้าต้องการ เป็นต้น

(Install optional parts accessories and required parts etc.

4. การตรวจสอบรถมอเตอร์ไซด์ใหม่และการบำรุงรักษา

(New motorcycle inspection and maintenance)

(1) การชาร์จแบตเตอรี่และการติดตั้ง

*แบตเตอรี่แบบ MF (MF Battery) สำหรับชนิดที่ต้องเติมของเหลวโซลาร์อิเล็กโทรไลต์ (Electrolyte) ในกล่องที่บรรจุ MF (MF exclusive pack) (ความถ่วงจำเพาะ 1.320) เมื่อเทลงในช่องเหลว ให้เช็คแรงดันไฟฟ้า (Voltage) ที่เกิดขึ้น หรือทำการชาร์จแบตเตอรี่ ตามคำแนะนำในคู่มือของแบตเตอรี่แต่ละชนิด สำหรับแบตเตอรี่ที่ซื้อมาอย่างดี ให้ทำการเช็คแรงดันไฟฟ้า

*สำหรับการชาร์จ ให้ใช้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ MF (MF battery charger)

*แบตเตอรี่มาตรฐาน : เทน้ำกลั่นลงในสารอิเล็กโทรไลต์ของแบตเตอรี่ (เช็คให้ได้ค่าความถ่วงจำเพาะ : 1.280) และทำการชาร์จไฟประมาณ 1 - 2 ชั่วโมง ที่กระแสไฟ 1/10 ของความจุแบตเตอรี่ (AH)

*สำหรับการชาร์จ : ใช้เครื่องชาร์จแบตเตอรี่ให้ถูกต้อง

(2) เช็คการทำงานของไฟส่องสว่างแต่ละดวงและสัญญาณอุปกรณ์ต่าง ๆ

*ไฟหน้า, ไฟท้าย, ไฟกะพริบ, ไฟเบรก, ไฟมิเตอร์แต่ละดวง, ไฟบอกตำแหน่ง, ไฟฉุกเฉิน (Hazard lamp) , ไฟขอผ่าน(Passing lamp) , แตร เป็นต้น

(3) เช็คปริมาณน้ำมัน , สารหล่อเย็น เป็นต้น

*มอเตอร์ไซด์ 2 จังหวะ : เช็คน้ำมันเกียร์.....เช็คให้ระดับน้ำมันอยู่ในระดับที่กำหนด

เช็คน้ำมันโซลีนอยด์.....เช็คให้มีปริมาณเพิ่มเล็กน้อยในถังน้ำมัน

*มอเตอร์ไซด์ 4 จังหวะ : เช็คน้ำมันหล่อลื่น.....เช็คให้ระดับตามที่กำหนด โดยดูจากช่องแสดงระดับหรือเกจวัดระดับน้ำมัน

*เครื่องยนต์ที่ระบายความร้อนด้วยน้ำ : เช็คระดับน้ำยาหล่อเย็นเช็คให้มีปริมาณตามระดับที่กำหนดทั้งในหม้อน้ำ และในถังน้ำยาหล่อเย็น (Recovery tank)

(4) เช็คการติดตั้งและการขันยึดชิ้นส่วนและเช็คความเรียบร้อยภายนอก

- ตรวจเช็คแต่ละส่วนของรถมอเตอร์ไซด์ ตรวจเช็คการติดตั้งของแต่ละส่วน และขันโบลท์และนัทให้แน่น และเช็คว่ามีรอยขีดข่วน,สนิม,การเสีรูปทรง เป็นต้น

(5) ตรวจสอบลมยาง (Adjust the tire pressure)

- ผู้ขนส่งจะตั้งลมยางให้แรงดันสูง เมื่อขนส่งและลมยางจะอ่อนลง เมื่อเก็บไว้เป็นเวลานานจึงต้องตั้งแรงดันอากาศให้ได้ตามค่าที่กำหนด (ให้ใช้เกจวัดลมยางตรวจเช็คแรงดันลมยางเสมอ)

(6) เช็คการทำงานของเบรค

- เช็คระยะฟรีของคันเบรคมือและเบรคเท้า
- เช็คปริมาณน้ำมันเบรคหน้าและเบรคหลัง
- เช็คการทำงานของเบรคหน้าและเบรคหลัง
- เช็คดูว่ายังมีน้ำมันกันสนิมหลงเหลืออยู่บนจานเบรคหรือไม่ (ถ้ามีให้ล้างออก)

(7) ทำการสตาร์ทเครื่องยนต์และตรวจสอบการทำงานก่อน (Engine starting and pretest run inspection)

- ถ่ายน้ำมันแก๊สโซลีนที่อยู่ในคาร์บูเรเตอร์ทิ้งโดยเปิดที่รูถ่ายน้ำมัน (Drain plug)
- เติมน้ำมันแก๊สโซลีนและน้ำมันหล่อลื่น ที่จำเป็นในการสตาร์ทเครื่องและการเดินเครื่องทดสอบ
- เช็คสภาพที่เครื่องยนต์เริ่มสตาร์ท,เครื่องเดินเบา และสภาพแรงเครื่อง
- เช็คสายเร่ง,สายปั้มและสายคลัทช์ ว่าทำงานราบเรียบหรือไม่ และเช็คว่แฮนด์หมุนซ้ายและขวาโดยไม่มี การติดขัด
- เช็คการตัดการส่งกำลังของคลัทช์ (Disengagement) การเปลี่ยนเกียร์อย่างราบเรียบ (นุ่มนวล) เสียงเครื่องยนต์และคว้นขาว เป็นต้น

(8) เช็คการทำงานของวงจรอุปกรณ์ตัดการสตาร์ท (Check the operation of the starter circuit cut - off device)

- เช็คสวิทช์ข้างตั้ง (Sidestand switch) ~ เช็คว่เครื่องยนต์ดับ เมื่อเปลี่ยนเกียร์ต่อกำลังโดยที่ (Side stand) ยังคงเปิดอยู่
- เช็คสวิทช์คลัทช์ ~ เช็คว่มอเตอร์สตาร์ทไม่ทำงาน เมื่อส่วนล่าง (Starter button) ของตัวสตาร์ทถูกกดกับ เกียร์ที่ยังต่อกำลัง (Engaged) และคันคลัทช์ (Clutch lever) ยังไม่ถูกดึงเข้า (Pulled in)

(9) ขี่ทดสอบ (Test ride)

- ติดแผ่นป้ายทะเบียน และลองทดสอบขับที่รถมอเตอร์ไซด์
- เช็คประสิทธิภาพการทำงาน (Steering Stability) เช็คผลการเบรค เป็นต้น และเช็คทุกๆส่วน (Over all) ว่าไม่มีปัญหา

5. การแนะนำลูกค้าเมื่อส่งมอบรถ (Explanation to the customer delevering the vehicle)

- ① อธิบายจุดหลักในการทำงานโดยใช้คู่มือประจำรถ (Owner ' & manual) และอธิบายที่รถมอเตอร์ไซด์
 - ② อธิบายความสำคัญในการตรวจสอบด้วยการทดลองขับ (Preride) และการตรวจสอบตามระยะเวลาที่กำหนด(Periodic inspection) ตามข้อแนะนำในการบำรุงรักษา
 - ③ อธิบายชิ้นส่วนที่รับประกันตามข้อแนะนำในการบำรุงรักษา
 - ④ ให้ลูกค้าเขียนสิ่งที่ต้องการในใบรับรถมอเตอร์ไซด์แล้วออกใบรับประกัน
 - ⑤ มีเหตุผลสำคัญที่ว่าทำไมการอธิบายที่สมบูรณ์ยังไม่ได้ถ่ายทอดให้ลูกค้า ดังนั้นเดือนให้ลูกค้าอ่านคู่มือประจำรถ (Owner ' & manual) และข้อแนะนำในการบำรุงรักษาอย่างละเอียด
- การอธิบายการทำงานของรถมอเตอร์ไซด์อย่างสุภาพโดยตลอด จะทำให้ไม่มีเสียงบ่นตามมาว่า ผู้จำหน่ายไม่อธิบายเพียงพอ เพื่อให้เหมาะสมกับการเป็นตัวแทนจำหน่าย

[2] รายการตรวจเช็ค

1. รถมอเตอร์ไซด์

YAMAHA

ใบตรารองเท้าของยามาฮา

รหัสของหน่วยย่อย (☐ 2A / ☐ 4A)



ชื่อ นาย พงษ์ ฮาญ ที่อยู่ โทร

อาชีพ	ปี		ไร่
-------	----	--	-----

วันที่ซื้อ	เลขตัวนี้	ระยะเวลา	กม.
------------	-----------	----------	-----

ผู้ตรวจเช็ค ผู้จำหน่าย วันที่ตรวจเช็ค

ผู้บัญชาการ	○
ประจักษ์ศิลปาคม	△
ชาติชาย ชุณหะวัณ	×
ไพศาลธรรมหิมา	／

ឯកសារយោង

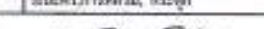
การตรวจเชื้อไวรัส

วิธีการประกอบชิ้นงาน 	การประกอบชิ้นงานที่มีชิ้นส่วน (ส่วนประกอบ) 	การประกอบชิ้นงานที่มีชิ้นส่วน (ส่วนประกอบ) 	การประกอบชิ้นงานที่มีชิ้นส่วน (ส่วนประกอบ) 
---	---	--	---

การตรวจเชื้อไวรัสเอชไอวี

การรั่วไหลของสารหล่อเย็น, น้ำมัน 	ความผิดปกติของการทำงานของสารทำความเย็น 	พบข้อผิดพลาดของตัวเครื่อง การกักเก็บของแข็ง 	ความผิดปกติของใบพัด 
---	---	--	--

การตรวจเช็คการนับลิ้น

ขั้นตอนที่ 1 การถอดหัว, ถังดูด 	ถอดหัวปั๊มและถังดูด 	ถอดหัวปั๊มและถังดูด 	ถอดหัวปั๊มและถังดูด, ถังดูดและถังเก็บน้ำ 
---	--	---	---

การตรวจเลือดพบ

ระบุจำนวนชิ้นงาน 	การกำหนด การเลือกของ การเตรียมงาน 	การเลือกของตามส่วนที่ได้ออกไปใช้งาน 	การกำหนดของในกรณีที่มีการเปลี่ยนแปลง 
---	--	--	--

Underbody inspection

บทที่ ๑๒๖๖ การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม 	การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม 	การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม 	การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม 	การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม, การฝึกซ้อม 
--	---	--	---	---

[3] วัสดุ

ในการศึกษาโครงสร้างของโลหะ ที่ใช้ในการทำรถจักรยานยนต์ จะต้องพิจารณาคูณสมบัติดังนี้ คือ ความแข็งแรง, ความแข็งแกร่ง, ความถ่วงจำเพาะ, การขึ้นรูป, ทนต่อการสึกหรอ, ทนต่อการกัดกร่อน และทนความร้อน และถ้ามองในแง่เศรษฐกิจ วัสดุเหล่านี้ต้องหาง่าย, ใช้สะดวก และใช้ราคาในการผลิตต่ำ สิ่งสำคัญนอกเหนือจากนี้ คือ วัสดุต้องหาง่าย, ใช้กรรมวิธีแปรรูปอย่างง่าย ๆ ปลอดภัยในการใช้งาน, ปริมาณภาวะเป็นพิษต่ำ และถูกสนิยมของผู้ใช้

1. เหล็ก (Iron and steel)

ชิ้นส่วนของจักรยานยนต์ส่วนมากจะทำมาจากเหล็ก เพราะคุณสมบัติที่เหมาะสมแก่การใช้งานคุณสมบัติของเหล็กจะแตกต่างกันออกไปตามส่วนผสมของคาร์บอนในเนื้อเหล็ก ถ้ามีส่วนผสมคาร์บอนในเนื้อเหล็กไม่เกิน 0.01% เราเรียกว่า เหล็กบริสุทธิ์ (Pure Iron) ถ้ามีคาร์บอน 0.01-2.0% เรียกว่า เหล็กกล้า (Steel) และถ้ามีคาร์บอน 2.0-6.67 % เรียกว่า เหล็กหล่อ (Cast Iron) ยิ่งมีคาร์บอนมากขึ้นเท่าใด เนื้อเหล็กจะแข็งมากขึ้น แต่จะเปราะ

(1) เหล็กหล่อ (Cast Iron)

เหล็กหล่อจะมีจุดหลอมเหลว ต่ำ น้ำหนักไหลได้ง่ายเหมาะกับโรงงานหล่อเหล็กทั่วไป เมื่อเปรียบเทียบกับเหล็กกล้าแล้ว เหล็กหล่อจะทนการสึกหรอได้ดีกว่า แต่จะแตกง่ายกว่าเมื่อรับแรงกระแทก เหล็กหล่อกมี 2 ชนิด คือ

○ เหล็กหล่อมาตรฐาน (Standard cast iron)

จะมีส่วนผสมคาร์บอนในรูปกราฟไฟต์ ถ้าเหล็กนี้หักออก รอยหักจะเป็นสีเทา บางทีจึงเรียกว่า "เหล็กหล่อสีเทา" (Gray cast iron) ง่ายต่อการหล่อและตัด นิยมใช้เป็นวัสดุในการหล่อโลหะ

○ เหล็กหล่อพิเศษ (Special cast iron)

จะเป็นเหล็กหล่อมาตรฐานผสมด้วยโครเมียม, โมลิบดีนัม และนิเกิล ทำให้แข็งแรงและทนการสึกกร่อนได้ดีขึ้น เหล็กหล่อพิเศษนี้จะใช้ทำแหวนลูกสูบ, เพลาข้อเหวี่ยงและเพลาลูกเบี้ยว

(2) เหล็กกล้า (Steel)

เหล็กกล้าจะมี 2 ชนิด คือ เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel) และเหล็กกล้าพิเศษ (Special steel) ซึ่งแต่ละชนิดมักจะทำเป็นเหล็กรีดขึ้นรูป (Rolled steel)

○ เหล็กกล้าคาร์บอน (Carbon steel)

เหล็กกล้าคาร์บอนมีมากหลายอย่างทั้งอ่อนและแข็ง ชนิดอ่อนจะมีคาร์บอนผสมอยู่ไม่เกิน 0.3 % จะอ่อน, เหนียว, ปิดโค้งไปมาได้ดี ส่วนชนิดแข็งจะมีส่วนผสมคาร์บอนมากกว่าชนิดอ่อน ชนิดแข็งนี้จะแข็งตัวและแข็งแรงกว่าชนิดอ่อน แต่ความสามารถในการบิดตัวจะต่ำ

โดยทั่วๆ ไปเหล็กคาร์บอนจะใช้งานในรูปของเหล็กรีดขึ้นรูป เช่น เหล็กแผ่น, ท่อเหล็ก และแท่งเหล็ก ซึ่งเหล็กกล้าคาร์บอนชนิดแผ่นจะได้อมาจากขบวนการรีดร้อน หรือรีดเย็น

1 เหล็กรีดร้อน (Hot rolled sheets)

เหล็กรีดร้อนจะรีดในขณะที่เหล็กยังร้อนแดงใช้ทำโครงรถ (Frames), จานเบรค (Disks) และวงล้อ (Wheel) รถจักรยานยนต์

2 เหล็กรีดเย็น (Cold rolled sheets)

จะทำโดยการรีดเหล็กรีดร้อนทับอีกครั้ง ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิแล้ว จะใช้ทำตัวถังรถ และถังน้ำมันจักรยานยนต์

3 ท่อเหล็ก (Steel Pipes)

ท่อเหล็กจะทำหลายรูปแบบตามการใช้งาน เช่น วาล์ว (Valve) เพลากระเดื่อง (Rocker shafts) และชิ้นส่วนโครงรถ

4 แท่งเหล็ก (Steel bars)

แท่งเหล็กจะมีทั้งกลมและเหลี่ยม อาจใช้งานในรูปของ Болт (Bolts), นัท (Nuts) และหมุดย้ำ (Rivets)

○ เหล็กกล้าพิเศษ (Special steel)

เหล็กกล้าพิเศษหรือบางทีก็เรียกว่า "เหล็กกล้าผสม" (Alloyed steel) เป็นเหล็กกล้าคาร์บอนที่ผสม นิกเกิล, โครเมียม และหรือโมลิบดีนัม เพื่อเพิ่มความแข็งแรง, ทนความร้อน, การกัดกร่อนและอื่นๆ เหมาะสำหรับทำสปริง, วาล์ว, ก้านสูบเฟืองและเพลาช้อเหวี่ยง

(3) ขบวนการทางความร้อน (Heat treatment)

ขบวนการทางความร้อนที่ใช้กับโลหะโดยการเผาไหม้และทำให้เย็นตัวลงในการเตรียมวัสดุ เช่น เหล็ก และเหล็กกล้า เพื่อให้มีคุณสมบัติที่ต้องการ โดยกรรมวิธี Hardening, tempering, Annealing หรือ Normalizing

○ ฮาร์ดเทนนิ่ง (Hardening)

กรรมวิธีนี้จะใช้ทำเหล็กกล้าคาร์บอนมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น กระทำโดยให้ความร้อนแก่เหล็กถึงอุณหภูมิเฉพาะจุดหนึ่ง แล้วทำให้เย็นตัวลงทันทีโดยจุ่มลงในน้ำหรือน้ำมันคาร์บอนจำนวนมากจะแทรกตัวอยู่ในเนื้อเหล็ก ทำให้เหล็กแข็งมาก แต่ก็เปราะมากขึ้นด้วย

○ เทมเปอร์ริง (Tempering)

เป็นขบวนการลดความแข็งแรงและความเปราะของเหล็กแข็ง (Hard ened steel) โดยการเผาไหม้ร้อนอีกครั้งแล้วลดอุณหภูมิลงช้าๆ

○ แอนนัลลิ่ง (Annealing)

เป็นขบวนการลดความเครียดภายในเนื้อเหล็ก ทำให้เหล็กหายเปราะกระทำโดยลดความร้อนอย่างช้าๆ

○ นอร์มอลไลซิง (Normalizing)

เป็นขบวนการลดความเครียดภายในเนื้อเหล็ก ทำได้โดยการเพิ่มอุณหภูมิและลดอุณหภูมิของเหล็กภายใต้ความดันบรรยากาศ

(4) การทำให้ผิวงานแข็ง (Surface hardening)

เพื่อให้เหล็กคงรูปอยู่ได้ทนทานจึงต้องทำให้ผิวงานแข็งโดยขบวนการ (High frequency hardening, Carburization หรือ Nitriding

○ ไฮฟริควเอนซี ฮาร์ดเทนนิ่ง (High frequency hardening)

ทำได้โดยทำให้ผิวเหล็กร้อนจนถึงอุณหภูมิเฉพาะจุดหนึ่งอย่างรวดเร็วโดยใช้กระแสไฟฟ้าความถี่สูง แล้วลดความร้อนลงอย่างรวดเร็ว

○ คาร์บูไรเซชัน (Carburization)

ทำให้ผิวเหล็กแข็งแรงโดยให้ความร้อนแก่เหล็กในคาร์บูไรเซอร์ (Carburizer) นานหลายชั่วโมง ผิวนอกของเหล็กที่เป็นเหล็กคาร์บอนต่ำ (Low carbon steel) จะ เปลี่ยนสภาพเป็นเหล็กคาร์บอนสูง (High carbon steel)

○ ไนตริดิง (Nitriding)

เป็นการกระจายความแข็งไปทั่วผิวหน้าเหล็ก



2 โลหะที่ไม่ใช่เหล็ก (Non-ferrous metals)

(1) ทองแดงและทองแดงผสม (Copper and copper alloy)

○ ทองแดง (Copper)

ทองแดงเป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดี อ่อนตัวได้ดี ใช้เป็นตัวนำไฟฟ้าและทำปะเก็น

○ บรอนซ์ (Bronze)

เป็นส่วนผสมของทองแดงและดีบุก ทนต่อการสึกกร่อนดีใช้กับน้ำมันหล่อลื่นได้หลายอย่าง นิยมใช้งานในรูปของบูช (Bushing)

○ ทองเหลือง (Brass)

ทองเหลืองเป็นส่วนผสมของทองแดงและสังกะสี มีความอ่อนตัวดี ใช้ทำหมอน้ำของเครื่องยนต์

○ เคลเมท (Kelmet)

มีส่วนผสมของทองแดงกับตะกั่วเป็นส่วนผสมหลัก และมีวัสดุอื่นๆ บ้างเล็กน้อยใช้วัสดุแข็ง

(2) อลูมิเนียมผสม (Aluminum alloy)

อลูมิเนียมมีความถ่วงจำเพาะ 2.7 ซึ่งน้อยกว่าเหล็ก 3 เท่า เป็นตัวนำไฟฟ้าที่ดีรองมาจากทองแดง เนื้ออลูมิเนียมมีความบริสุทธิ์สูง ความแข็งแรงต่ำ จึงนิยมใช้งานในรูปอลูมิเนียมผสม ประสิทธิภาพการนำความร้อนและอัตราการขยายตัวสูงกว่าเหล็ก

อลูมิเนียมที่ใช้ มี 2 ชนิด คือ Y - alloy และ Lo-Ex ซึ่งใช้ทำลูกสูบ Y-alloy เป็นส่วนผสมของอลูมิเนียม, ทองแดง, นิกเกิล และแมกนีเซียม ทนต่อความร้อนได้สูงมากและมีสัมประสิทธิ์การขยายตัวสูง Lo-Ex เป็นส่วนผสมของอลูมิเนียม, ซิลิกอน, ทองแดง, แมกนีเซียม และนิกเกิล ทนต่อความร้อนได้สูงมาก สัมประสิทธิ์การขยายตัวต่ำ คงสภาพความแข็งแรงได้ขณะอุณหภูมิสูง

(3) สังกะสี, ดีบุก, ตะกั่ว และโลหะผสมของสังกะสี, ดีบุกและตะกั่ว (Zinc, Tin, Lead, Their alloy)

สังกะสีและดีบุก เป็นโลหะที่มีโอกาสทำปฏิกิริยากับออกซิเจน (Oxidation) ในอากาศได้น้อยมาก ใช้เป็นวัสดุเคลือบผิวกันสนิม ตะกั่วบริสุทธิ์และตะกั่วออกไซด์จะใช้ในการทำแบตเตอรี่

○ สังกะสีผสมหล่อ (Zinc alloy for die casting)

สังกะสีผสมทำจากสังกะสี, อลูมิเนียมและทองแดง การเปลี่ยนขนาดเมื่อเย็นตัวจากการหลอมมีน้อยใช้ทำชิ้นส่วนคาร์บูเรเตอร์

○ White metal

เป็นส่วนผสมของดีบุก, พลวง (Antimony) และทองแดงใช้ทำข้อเพลลา (Shaft journals) และแบรริง (Bearing)

○ Aluminum metal

เป็นโลหะผสมที่มีความแข็งแรงมากกว่า White metal และทนการกัดกร่อนดีเยี่ยมใช้กับชิ้นส่วนเครื่องจักรที่ทำงานหนักและความเร็วสูง ราคาถูกกว่า

3 โลหะซินเตอร์ (sintered alloy)

โลหะซินเตอร์ เกิดจากการอัดผงโลหะ คือ ผงเหล็ก, ทองแดง และกราไฟต์โดยนำผงของวัสดุเหล่านี้มาอัดที่อุณหภูมิต่ำกว่าจุดหลอมเหลวของโลหะ ผงโลหะอัดนี้อาจขยายตัวออกได้ถ้ามีน้ำมันเข้าแทรก หรือได้รับความร้อนซึ่งใช้ประโยชน์ได้ในบางกรณี ราคาในการผลิตโลหะซินเตอร์จะถูก ช่องว่างระหว่างเม็ดโลหะจะน้อยมากทนการสึกหรอดี ทนความร้อนสูงเหมาะสำหรับทำเฟืองโซ่ (Sprockets) โรเตอร์ของปั๊ม (Pump rotors) และปลอกนำลิ้น (Valve guides)

4 โลหะ (Non-metallic materials)

(1) ยาง (Rubber)

ยางมี 2 ประเภท คือ ยางธรรมชาติ (Natural rubber) และยางสังเคราะห์ (Synthetic rubber) มีการยืดหยุ่นตัวดี ใช้เป็นตัวคั่นระหว่างโลหะในบางจุดเพื่อป้องกันการสึกหรอ ยางมีความจำเป็นมากในการทำท่อ, ยางล้อรถ, ท่อและลูกถ้วยยางต่างๆ

(2) โยหิน (Asbestos)

โยหินเป็นเส้นใยธรรมชาติ ทนความร้อนได้สูง เมื่อผสมกับน้ำยางสังเคราะห์ (Synthetic resins) จะใช้ทำเป็นผ้าเบรก, ผ้าคลัทช์

(3) แก้ว (Glass)

เป็นวัสดุแข็งแต่เปราะ มีซิลิเกต (Silicate) เป็นส่วนสำคัญ แก้วใช้ทำกระจกบังลมหน้ารถยนต์ หลอดไฟหน้า และอื่นๆสำหรับกระจกนิรภัย (Safety glass) จะใช้ทำกระจกบังลม โดยทำเป็นสองส่วนคือ Reinforced glass และ Laminated glass

○ Reinforced glass

Reinforced glass จะทำเป็นแผ่นกระจกอัดด้วยความร้อนเมื่อแตกจะแตกเป็นชิ้นเล็กๆ จำนวนมาก เพื่อป้องกันอันตรายให้กับคนขับรถ ชิ้นกระจกที่แตกแล้วนี้จะไม่กระจายออกจากกันแต่ไม่สามารถมองผ่านกระจกได้อีก ถ้าจะทำให้คนขับมองผ่านกระจกเห็นทางต่อไปได้จะต้องใช้กระจกพิเศษในการทำกระจกบังลมหน้ารถ

○ Laminated glass

แบบนี้จะใช้แผ่นฟิล์มน้ำยางสังเคราะห์ (Synthetic resin film) สอดไว้ระหว่างแผ่นกระจกสองแผ่น เมื่อแตกชิ้นส่วนของกระจกจะไม่กระจายออก แผ่นแก้วจะแตกออกไปเป็นส่วนใหญ่บ้างเล็กบ้าง ซึ่งอาจใช้ เป็นกระจกสำหรับทำเลนส์หลอดไฟ มีความแข็ง, ทนความร้อนได้สูง

(4) น้ำยางสังเคราะห์ (Synthetic resin)

น้ำยางสังเคราะห์เป็นสารพลาสติกประเภทเทอร์โมเซตติง (Thermosetting) และเทอร์โมพลาสติก (Thermoplastic) มีน้ำหนักเบาและบิดตัวได้ แต่อาจเสื่อมสภาพได้ถ้าถูกแสงอาทิตย์ มีคุณสมบัติทางกายภาพดีกว่าโลหะ คำว่า "Thermoplasticity" จึงมีความหมายในแง่คุณสมบัติของเรซินในการที่จะอ่อนตัว เมื่อได้รับความร้อนและแข็งตัวเมื่อเย็น

○ เทอร์โมเซตติง (Thermosetting resin)

เทอร์โมเซตติงเรซินมี 2 อย่างคือ ฟีนอลเรซินหรือเบคาไลท์ (Phenol resin or bakerite) และเมลามีนเรซิน (Melamine resin) เรซินเหล่านี้จะแข็งตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะไม่สามารถทำให้อ่อนตัวหรือละลายได้อีก พลาสติกชนิดนี้จะมีคุณสมบัติเป็นฉนวนไฟฟ้า เหมาะสำหรับทำชิ้นส่วนของคาร์บูเรเตอร์

○ เทอร์โมพลาสติกเรซิน (Thermoplastic resin)

เทอร์โมพลาสติกเรซิน จะรวมถึงไวนิล คลอไรด์, โพลีพรอพิลีน (Vinylchloride, polypropylene) จะอ่อนตัวเมื่อได้รับความร้อนและจะแข็งตัวเมื่อเย็น จะใช้ทำถังน้ำมันเชื้อเพลิง (Fuel tanks), เปลือกแบตเตอรี่ (Battery cases), ใบพัดลม (Fanblades) และพลาสติกแผ่น

(5) วัสดุเคลือบผิว (Coating materials)

วัสดุเคลือบผิว จะเป็นฟิล์มบางๆ เคลือบบนโครงรถจักรยานยนต์ เพื่อป้องกันสนิมและความชื้น วัสดุเคลือบผิวแบ่งออกเป็น วัสดุเคลือบรองพื้น วัสดุเคลือบชั้นสอง, วัสดุเคลือบชั้นบน, และวัสดุเคลือบกันเสียง

○ วัสดุเคลือบรองพื้น (Under coating)

ใช้เคลือบทับบนผิวโลหะเปลือยเพื่อกันสนิมเช่นสีพ่นรองพื้น (Primer) และสีโป้ว (Putty)

○ วัสดุเคลือบชั้นสอง (Second coating)

จะใช้เคลือบทับวัสดุเคลือบรองพื้น จะช่วยให้สีของรถหรือวัสดุเคลือบชั้นบนเปล่งประกายสดใส เช่น สีประเภท "Surfacers"

○ วัสดุเคลือบชั้นบน (Finish coating)

ใช้เคลือบทับเป็นชั้นนอกสุด เพื่อให้ผิวงานสวยงามและทนทาน เช่นสีเมลามีน (Melamine resin paint) และแล็กเกอร์อีนาเมล (Lacquer enamel)

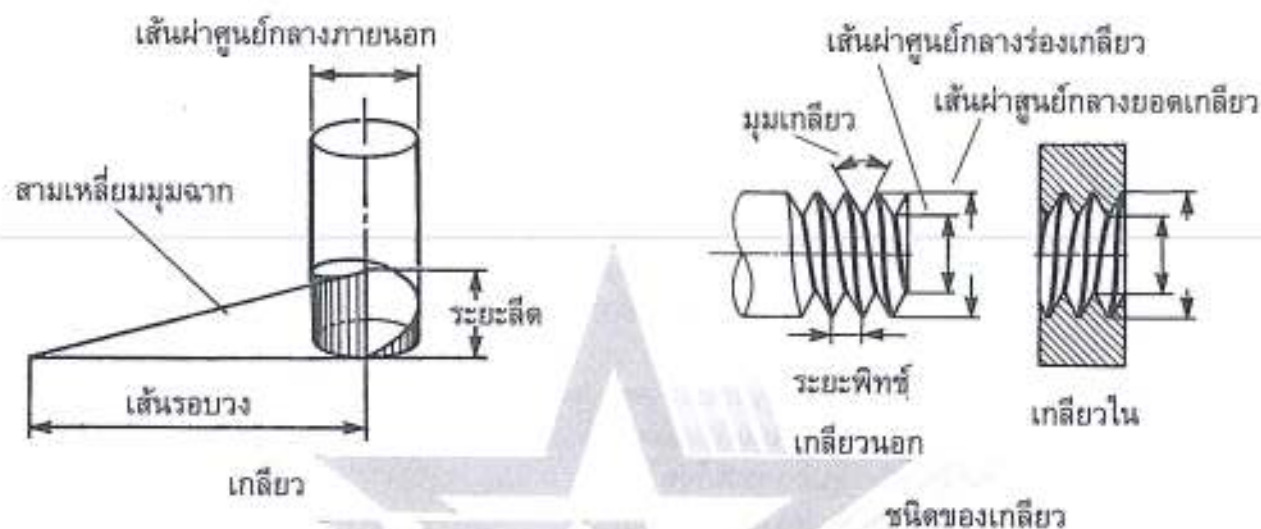
○ วัสดุเคลือบกันเสียง (Sound insulating coating)

วัสดุนี้บางที่เรียกว่า "Under coat" จะใช้เป็นฉนวนกันเสียงและความร้อนด้านในของตัวถัง หลังการถักกันชน และฝากระโปรงของรถยนต์

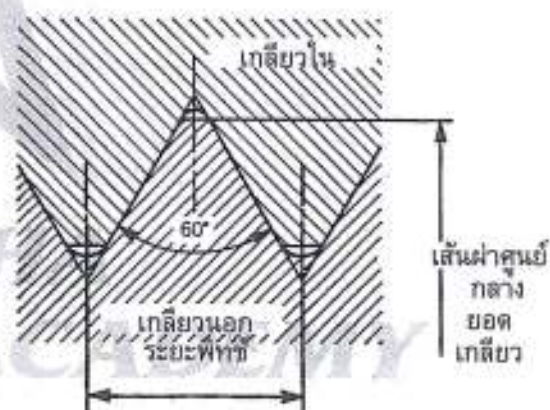
[4] ชิ้นส่วนเครื่องกล

1. เกลียว (Threads)

เมื่อตัดกระตาดเป็นรูปสามเหลี่ยมมุมฉาก แล้วพันรอบแท่งกระบอกกลม ก็จะมีลักษณะเป็นเส้นเวียนเรียงกัน (Spiral line) เมื่อทำการเจาะร่องไปตามเส้นเวียนก็จะได้เป็นลักษณะของเกลียว ถ้าเราใช้ปากกาจี้ไว้ในร่องเกลียว และถือไว้หนึ่งมือหมุนแท่งกระบอกไปจนครบ 1 รอบ แท่งกระบอกก็จะเคลื่อนที่ตามแนวแกนไประยะหนึ่ง เราเรียกว่า ระยะลีด (Lead) และระยะห่างสันเกลียวสองสันที่อยู่ติดกัน เรียกว่า ระยะพิทช์ (Pitch)



เกลียวสกรู มี 2 ชนิด คือ เกลียวนอกและเกลียวใน ถ้าหมุนสกรูเวียนขวาแล้วตัวสกรูวิ่งเข้าในรู เราเรียกว่า "สกรูเกลียวขวา" แต่ถ้าหมุนเวียนซ้ายแล้ววิ่งเข้า เราเรียกว่า "สกรูเกลียวซ้าย" ที่ใช้ทั่วไปจะเป็นสกรูเกลียวขวา โดยทั่วไปมักใช้เกลียวเมตริก ตามรูปที่ 3 จะแสดงลักษณะเกลียวมาตรฐานซึ่งมีมุมยอดเกลียว 60° สกรูที่มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเท่ากันไม่จำเป็นต้องมีระยะพิทช์เท่ากันเสมอไป จึงมีทั้งเกลียวหยาบและเกลียวละเอียดการบอกชนิดและขนาดของสกรูจึงบอกในลักษณะดังนี้ เช่น

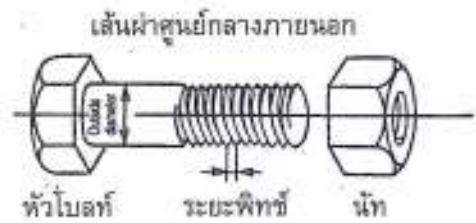


M 8 X 1

จำนวนพิทช์ต่อความยาวสกรู 1 มม.
ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางยอดเกลียว
ชนิดของสกรู (เกลียวเมตริก)

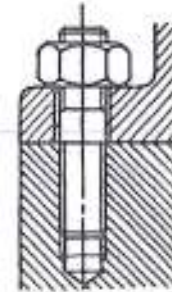
(1) โบลท์และนัท (Bolts and nuts)

โบลท์จะทำเป็นเกลียวนอก และนัททำเป็นเกลียวใน โดยปกติจะต้องใช้เป็นคู่เพื่อยึดส่วนเข้าด้วยกัน สัตตจะเป็นโบลท์ไม่มีหัว แต่จะเป็นเกลียวทั้งสองปลาย ตำแหน่งที่จะใช้ เช่น ใช้ยึดฝาสูบเข้ากับเสื้อสูบ



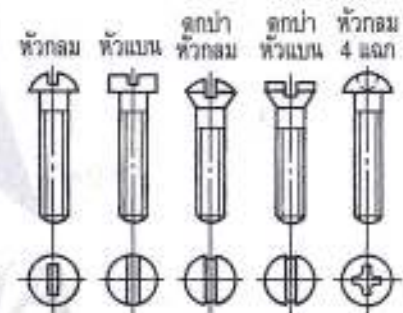
○ สัตตโบลท์ (Stud bolt)

สัตตโบลท์ เป็นโบลท์ที่ทั้งหัวและท้ายไม่มีหัวโบลท์ ตัวอย่างเช่น มันถูกใช้กับโบลท์ฝาสูบ เพื่อป้องกัน ฝาสูบแยกกับเสื้อสูบ



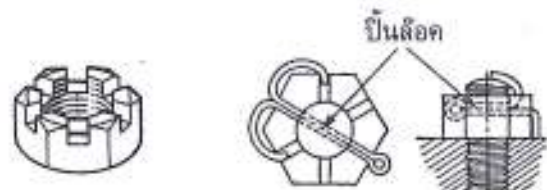
○ สกรู (Machine screws)

สกรูมักมีเส้นผ่าศูนย์กลางไม่เกิน 8 มม. แบ่งการใช้งานตามลักษณะของหัวสกรู



○ นัทหัวผ่า (Slotted nuts)

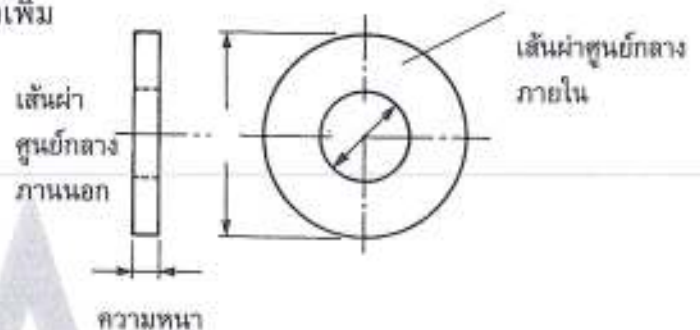
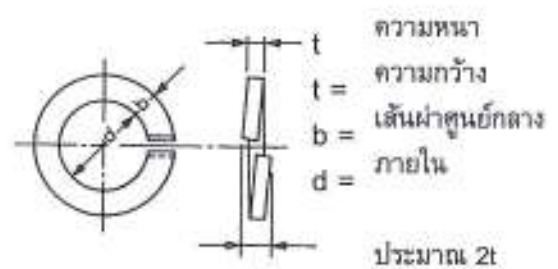
เป็นนัทที่มีหัวผ่าตรงข้ามกันเป็นร่อง ๆ เพื่อใส่ปินล็อก (Cotter pin) ที่สอดผ่านรูบนตัวโบลท์สำหรับ ล็อคกันนัทคลายตัวออก



(2) ปีนล๊อคและแหวนรอง (Cotter pins and washer)

ป็นล๊อคและใช้เสียบในร่องที่หัวนัท เพื่อป้องกันนัทคลายตัว ส่วนแหวนจะมีทั้งแหวนสปริง (Spring washers) และ

- แหวนรอง (Flat Washers) ซึ่งจะใส่อยู่ระหว่างหัวนัทหรือหัวโบลท์กับผิวงาน
- แหวนสปริง (Spring Washers) จะใช้ป้องกันโบลท์หรือนัทคลายตัวแหวนรอง (Plain washer or flat washers) จะใช้กับผิวงานที่เป็นโลหะอ่อน เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสให้มากขึ้น

**2. สปริง (Springs)**

สปริงจะทำมาจากวัสดุที่ยืดหยุ่นได้ เช่น โลหะ, ลมหรือยาง จะใช้สำหรับรับแรงกระแทกหรือความสั่นสะเทือนที่เกิดจากถนน หรือจำกัดการเคลื่อนไหวของชิ้นส่วน

(1) สปริงขด (Coil springs)

สปริงขดจะทำจากลวดโลหะที่นำมาขด เพื่อใช้รับแรงจากภายนอกด้วยการบิดตัวมีใช้ทั้งแบบรับแรงกด และแรงดึงของชิ้นส่วน

(2) สปริงจาน (Diaphragm springs)

สปริงจานจะทำจากโลหะที่ยืดหยุ่นตัวได้ รับแรงกดภายนอกโดยการยืดหยุ่นตัว

(3) ทอร์ชั่นบาร์ (Torsion bar springs)

ทอร์ชั่นบาร์เป็นสปริงที่มีลักษณะเป็นแท่งโลหะยาว รับแรงภายนอกด้วยการบิดตัวเหมือนสปริงขด

(4) สปริงลม (Air springs)

สปริงลมจะอาศัยการยืดหยุ่นตัวของอากาศในการทำงาน จะทำเป็นกระบอกสูบที่บรรจุอากาศอัดไว้ รับแรงด้วยความดันของอากาศ มีลักษณะคล้ายสปริงอ่อน ๆ

(5) สปริงยาง (Rubber springs)

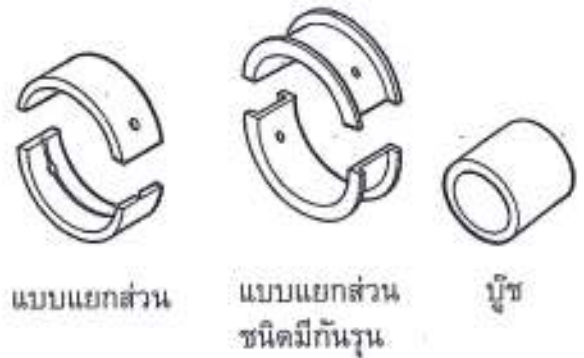
สปริงยางจะมีหลายลักษณะรับแรงภายนอกด้วยการกดหรือยืดหยุ่นตัว โดยปกติจะใช้เป็นตัวช่วยสปริงโลหะต่าง ๆ

3. แบริ่ง (Bearings)

แบริ่งจะใช้รองรับเพลลา ยึดให้อยู่กับที่และลดความฝืด แบริ่งแบ่งเป็นชนิดใหญ่ ๆ ได้ 2 ชนิด คือ แบริ่งกาบ (Plain bearings) และแบริ่งแบบลูกปืน (Anti-friction bearings) ซึ่งอาจใช้รับแรงในแนวรัศมี (Radial bearing) และรับแรงในแนวแกน (Thrust bearings)

(1) แบริ่งกาบ (Plain bearings)

แบริ่งกาบ จะใช้สำหรับรับแรงหนัก ๆ ใช้น้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวลดความฝืดมีแบบต่าง ๆ ดังรูปที่ 9 แบบแยกส่วน (Split type bearings) จะใช้รับแรงในแนวรัศมี นิยมใช้กับแบริ่งเพลลาข้อเหวี่ยง สำหรับแบบแยกส่วนชนิดมีกันรุน (Flange type) และบูช (bushings) มักใช้กับเพลาลูกเบี้ยวและสลักลูกสูบ



แบบแยกส่วน

แบบแยกส่วน
ชนิดมีกันรุน

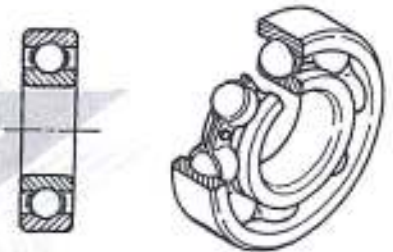
บูช

(2) แบริ่งแบบลูกปืน (Anti friction bearings)

โดยทั่วไปจะเหมือนกับแบริ่งกาบ แต่แบริ่งชนิดนี้จะมีวิธีลดความฝืดและใช้งานต่าง ๆ กัน

○ แบริ่งเม็ดกลมรับแรงในแนวรัศมี

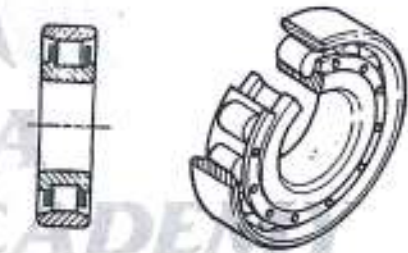
(Radial ball bearings) จะใช้รับแรงในแนวรัศมี (แนวที่ทำมุมฉากกับแกนเพลลา) อาจรับแรงตามแนวแกน (Axial load) ได้บ้าง นิยมใช้ในชุดเกียร์



แบริ่งเม็ดกลมรับแรงในแนวรัศมี

○ แบริ่งลูกกลิ้งรับแรงในแนวรัศมี

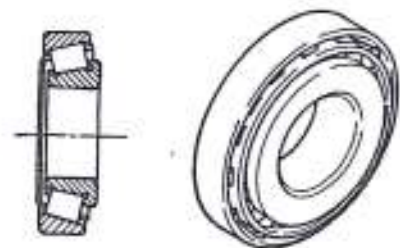
(Radial roller bearings) ใช้รับแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ไม่สามารถรับแรงในแนวแกนได้



แบริ่งลูกกลิ้งรับแรงในแนวรัศมี

○ แบริ่งลูกกลิ้งแบบเรียว (Taper roller bearings)

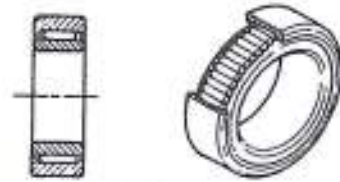
จะใช้รับแรงได้ทั้งในแนวแกนและแนวรัศมี มีใช้กับระบบบังคับเลี้ยว



แบริ่งลูกกลิ้งเรียว

○ แบริ่งเข็ม (Needle roller bearings)

ใช้รับแรงในแนวรัศมีเท่านั้น ใช้กับข้อต่ออ่อน (Universal joints)



แบริ่งเข็ม

○ แบริ่งเม็ดกลมรับแรงในแนวแกน (Thrust ball bearings)

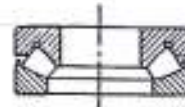
ใช้รับแรงในแนวแกนเท่านั้น ไม่สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้



แบริ่งเม็ดกลมรับแรงในแนวแกน

○ แบริ่งลูกกลิ้งรับแรงในแนวแกน (Thrust roller bearings)

ใช้รับแรงในแนวแกนเท่านั้น ไม่สามารถรับแรงในแนวรัศมีได้



แบริ่งลูกกลิ้งรับแรงในแนวแกน



4 เฟือง (Gears)

เฟืองทด จะใช้เปลี่ยนความเร็วรอบในการหมุนของเพลา, แรงบิดและทิศทางการหมุน ซึ่งจะมีลักษณะต่าง ๆ กัน

เฟืองจะทำฟันเป็นซี่ๆ โดยมีช่องว่างฟันเฟืองสองฟันที่ขบกันเล็กน้อย เรียกว่า "แบคแลช" (Backlash) โดยทั่วไปเมื่อเฟืองขบกัน ความเร็วรอบในการหมุนของเฟืองทั้งสองจะสัมพันธ์กันตามจำนวนฟันของเฟืองนั้นๆ เอง

(1) เฟืองฟันตรง (Spur gears)

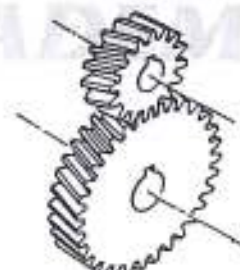
เฟืองฟันตรง จะติดตั้งบนเพลาสองเพลาที่วางขนานกัน ลักษณะของฟันจะเป็นฟันตรงขนานกับแกนเพลา มีฟันอยู่โดยรอบของเฟือง



ก. เฟืองฟันตรง

(2) เฟืองฟันเฉียง (Helical gears)

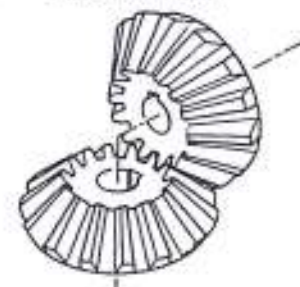
เฟืองฟันเฉียง จะติดตั้งบนเพลาสองเพลาที่วางขนานกัน ฟันของเฟืองจะบิดทำมุมกับแนวแกนเพลา เฟืองฟันเฉียงสามารถส่งกำลังได้ราบเรียบกว่าเฟืองฟันตรง นิยมใช้ในชุดเกียร์ทดกำลังของรถ



ข. เฟืองฟันเฉียง

(3) เฟืองขับในเชิงตรง (Straight bevel gears)

เฟืองแบบนี้จะทำเป็นรูปกรวยและมีฟันตรง ใช้ถ่ายทอกำลังระหว่างเพลาสองเพลาที่เอียงทำมุมกัน เช่น เพลาขับล้อลักษณะต่าง ๆ



ค. เฟืองขับในเชิงตรง

(4) สไปรอล บีเวล เกียร์ (Spiral bevel gears)

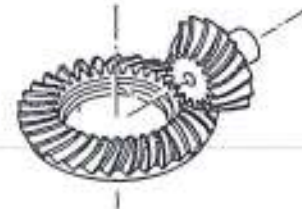
เฟืองแบบนี้จะเป็นรูปกรวย แต่โค้งมน พื้นเฟืองจะมีลักษณะโค้ง ขณะหมุนส่งกำลังจะไม่มีเสียงดัง ใช้กับการส่งกำลังขั้นสุดท้ายก่อนถึงล้อรถ (Final gear)



ก.สไปรอล บีเวลเกียร์

(5) ไฮพอยด์ เกียร์ (Hypoid gears)

เฟืองแบบนี้จะมีลักษณะคล้าย Spiral bevel gears คือพื้นมีลักษณะโค้งมน เพลาของเฟืองทั้งสองจะวางเอียงทำมุมกัน และเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาก็จะไม่ตรงกัน สามารถส่งกำลังของเครื่องยนต์ได้สูงมากโดยไม่มีเสียงดังมีประสิทธิภาพดีกว่า Spiral bevel gears ใช้ในการส่งกำลังขับเคลื่อนชุดวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์



ข.ไฮพอยด์เกียร์

(6) สกิว เกียร์ (Skew gears)

เฟืองแบบนี้จะคล้ายๆ Hypoid gears คือเฟืองมีลักษณะโค้งมน พื้นโค้งแต่ตัวเฟืองจะมีรูปร่างคล้ายๆ ทรงกระบอก และแนวเส้นผ่านศูนย์กลางเพลาก็จะไม่ตรงกัน ปัจจุบันใช้กำลังขับเคลื่อนชุดวัดความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่หน้าปัด

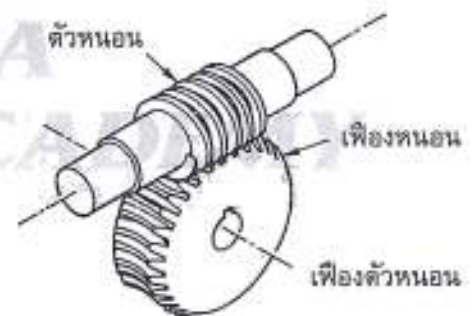


ค.สกิวเกียร์

(7) เฟืองหนอน (Worm gears)

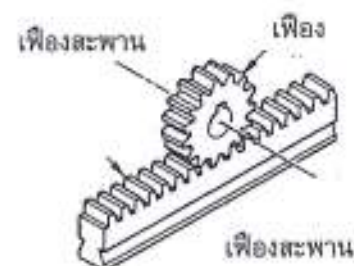
เฟืองแบบนี้จะประกอบด้วย พื้นเฟือง (Worm wheel) และตัวหนอน

(Worm) แนวแกนเพลาก็จะไม่ตรงกัน ตัวหนอนจะทำเป็นเกลียวโดยรอบ ส่วนหัวท้ายของเพลาก็เกยเนื่องมาจากเกลียวจะมีขนาดเล็กกว่าบริเวณที่เป็นเกลียว พื้นเฟืองจะทำเป็นพื้นโค้ง ๆ ชุดเฟืองหนอนนี้จะมีอัตราทดที่สูงมาก จะใช้กับปั๊มฉีดไต่ลู่และระบบบังคับเลี้ยว



5 เฟืองสะพาน (Racks)

Racks จะมีลักษณะเป็นแท่งยาวทำเป็นฟันขวางตัวเพลาวีซิกหนึ่ง(เป็นฟันตรง)ตัวเฟืองจะทำเป็นฟันโค้งโดยรอบ ขบลงกับ Rack พอดี เรียกเฟืองตัวนี้ว่า Pinion



[5] หลักการและกฎ (Fundamental principle and rules)**1. ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)**

เป็นการวัดสถานะน้ำหนักของสารที่ปริมาตรหนึ่งเมื่อเทียบกับน้ำ ความถ่วงจำเพาะนี้จะวัดเปรียบเทียบระหว่างความหนาแน่นของสารกับความหนาแน่นของน้ำ น้ำมันแก๊สโซลีน 4 ลิตร จะมีน้ำหนัก 3 กิโลกรัม ส่วนน้ำ 1 ลิตรจะมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม เมื่อเปรียบเทียบกันแล้ว จะได้

$$\text{ความถ่วงจำเพาะ} = \frac{\text{น้ำหนักของสาร (กก.)}}{\text{น้ำหนักของน้ำ (กก.)}} = \frac{3 \text{ kg}}{4 \text{ kg}} = 0.75$$

ความหนาแน่น (Density) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างมวลกับปริมาตร

$$\text{ดังนั้น ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล (kg)}}{\text{ปริมาตร (l)}} = 0.75 \text{ kg/l}$$

$$\text{มวล (Mass)} = \text{ความหนาแน่น (Density)} \times \text{ปริมาตร (Volume)}$$

$$\text{หรือ มวล(Mass)} = \text{ความถ่วงจำเพาะ (Specific gravity)} \times \text{ปริมาตร (Volume)}$$

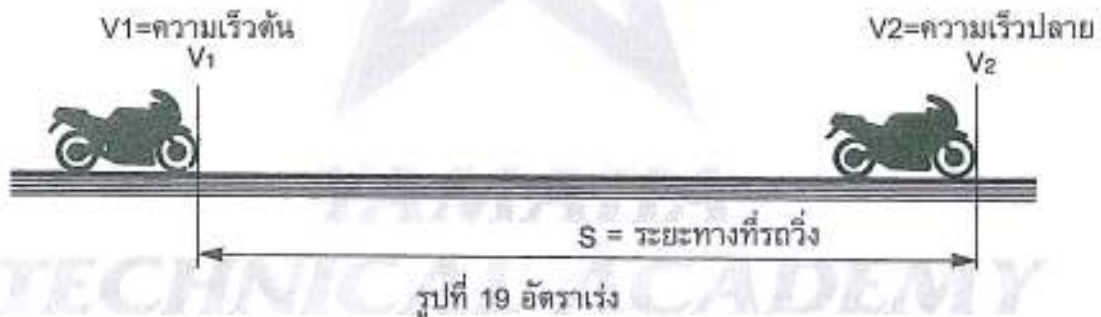
$$\text{หรือ ปริมาตร (ลิตร)} = \frac{\text{มวล (kg/l)}}{\text{ความหนาแน่นหรือความถ่วงจำเพาะ (kg/l)}}$$

2. ความเร็ว (Speed)

ความเร็วเป็นอัตราส่วนระหว่างระยะทางกับเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่เขียนเป็นสูตร คือ

$$\text{ความเร็ว (Speed)} = \frac{\text{ระยะทางการเคลื่อนที่ (S)}}{\text{เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ (t)}} \quad \text{หรือ km/h หรือ m/s}$$

$$V = \frac{S}{t}$$



อัตราเร่ง (Acceleration) คือการที่ความเร็วของวัตถุเปลี่ยนไป เมื่อเวลาผ่านไประยะหนึ่ง จากรูป 19 เมื่อจักรยานยนต์คันหนึ่งวิ่งไปด้วยความเร็ว V_1 และค่อยๆเร่งเครื่องจนได้ความเร็ว V_2 โดยใช้เวลา t ดังนั้น อัตราเร่งคือ

$$\text{อัตราเร่ง(a)} = \frac{V_2 - V_1}{t}$$

ดังนั้น ถ้าจะหาระยะทางที่รถวิ่ง เราอาจหาได้จากสูตรต่าง ๆ ดังนี้

$$S = \frac{1}{2} (V_1 + V_2)$$

$$t = \frac{V_1}{a} + \frac{1}{2} at^2 \text{ (m/s}^2\text{)}$$

3 งาน (Work)

(1)งาน (Work)

งานคือการเคลื่อนที่ของวัตถุเมื่อได้รับแรง งาน อาจหาได้จากสูตร

งาน (กก. - เมตร) = แรงกระทำ (กก.) x ระยะทางที่เคลื่อนที่ (เมตร)

$$\text{Work (Kg.m)} = \text{Force (Kg)} \times \text{Distance (m)}$$

$$W = F \times S \text{ Kg.m}$$

นั่นคือ ถ้าผลักวัตถุชิ้นหนึ่งซึ่งหนัก 1 กก. ให้เคลื่อนที่ไป 1 เมตร จะได้งาน 1 กก.-ม.

(2)ความฝืด (Friction)

ความฝืด คือ แรงที่คอยต้านการเคลื่อนที่ของวัตถุ เมื่อวัตถุหนึ่งเคลื่อนไปบนวัตถุอีกชิ้นหนึ่ง ถ้าวัตถุนี้มีคุณสมบัติสม่ำเสมอตลอดชิ้นแรงแห่งความฝืดหรือแรงเสียดทาน (Friction force) จะขึ้นอยู่กับน้ำหนักของวัตถุเอง คือ

แรงเสียดทาน (กก.) = สัมประสิทธิ์ความเสียดทาน (ไม่มีหน่วย) x น้ำหนักของวัตถุ (กก.)

$$(\text{Friction force}) (\text{Kg}) = \text{Friction coefficient} \times \text{Weight (Kg)}$$

สัมประสิทธิ์ความเสียดทานมักใช้อักษรย่อ “ μ ”

(3)พลังงาน (Energy)

พลังงานคือ ความสามารถหรือปริมาณของงาน โดยวัดงานที่ทำได้ พลังงานจะมีหลายรูปแบบ เช่น พลังงานความร้อน, พลังงานกล, พลังงานไฟฟ้า, พลังงานเคมีและพลังงานแสง เป็นต้น

ในเครื่องยนต์สันดาปภายใน (Internal combustion engine) จะเป็นการเปลี่ยนพลังงานความร้อนจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงไปเป็นพลังงานกล พลังงานกลแบ่งออกเป็นพลังงานศักย์ (Potential energy) และพลังงานจลน์ (Kinetic energy) ซึ่งความสัมพันธ์กันอย่างมา

น้ำที่อยู่เหนือเขื่อนจะมีพลังงานศักย์อยู่ในตัว เมื่อน้ำไหลลงพลังงานศักย์จะเปลี่ยนเป็นพลังงานจลน์ แล้วไปหมุนกังหันน้ำ เพื่อไปขับไดนาโมปั่นไฟต่อไป ผลรวมของพลังงานศักย์จะเท่ากับพลังงานจลน์พอดี

(1) กฎการคงตัวของพลังงาน (Rule of energy conservation)

พลังงานสามารถเปลี่ยนรูปไปเป็นพลังงานรูปต่าง ๆ

ได้ แต่ผลรวมของพลังงานจะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

แรงบิด (Torque)

1. แรงบิด (Torque)

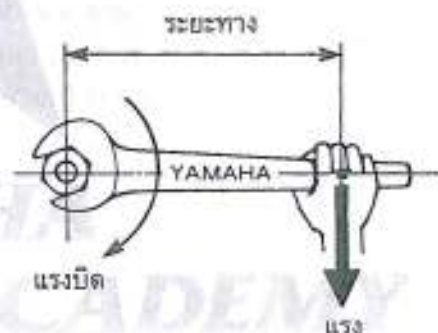
แรงบิด (กก.-ม.) หรือ กก.-ซม.) = แรง (กก.) x ระยะทาง (เมตร, ซม.)

$$\text{Torque (Kg.m, kg.cm)} = \text{Force (Kg)} \times \text{Distance (m, cm)}$$

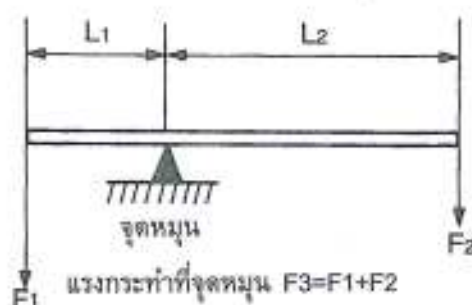
2. คาน (Balancing lever)

ตามรูป 21 ถ้ามีแรง 2 แรง กระทำที่ปลายคานทั้งสองด้านที่วางไว้บนจุดหมุนแล้วคานอยู่ในอาการสมดุลพอดี แรงบิดแต่ละด้านที่กระทำกับจุดหมุนจะเท่ากันพอดี หาความสัมพันธ์ได้จากสูตร

$$\text{หรือ } F_1 \times L_1 = F_2 \times L_2 \text{ หรือ } \frac{F_2}{F_1} = \frac{L_1}{L_2}$$



จากรูป 20 ในการขันหรือคลายนัทด้วยประแจโดยการหมุน จะทำให้เกิดแรงบิดบนหัวนัท แรงบิดนี้จะหาได้จากสูตร



รูปที่ 21 การสมดุลของแรง

5. ความดัน (Pressure)

(1) ความดัน (Pressure)

ความดัน คือ แรงที่กระทำกับพื้นที่ คำนวณหาได้จาก ใช้ แรง (กก.) หารด้วยพื้นที่แรงกระทำ (ซม.²) จะได้ค่าออกมาเป็นหน่วยเป็น กก./ซม.².

$$\text{ความดัน (กก./ซม.²)} = \frac{\text{แรง (กก.)}}{\text{พื้นที่ (ซม.²)}}$$

$$\text{Pressure (Kg/cm}^2\text{)} = \frac{\text{Force (Kg)}}{\text{Area (cm}^2\text{)}}$$

$$P = \frac{F}{A}$$

(2) ของไหล (Fluid)

ของไหล คือ อากาศ, น้ำ รวมทั้งแก๊สและของเหลวทั้งหมด สิ่งต่าง ๆ เหล่านี้รวมเรียกว่า "ของไหล" (Fluid) ถ้าบรรจุของไหลในภาชนะปิดทึบ แล้วให้ความดัน ความดันในของไหลก็จะกระทำกับผนังของภาชนะทุก ๆ จุด ในทิศทางตั้งฉากกับผนังเสมอ หลักการของปาสคาน (Pascal's Principle)

"ถ้าให้ความดันกับของไหลที่อยู่ในภาชนะปิดทึบที่จุดใดจุดหนึ่ง ความดันนี้จะกระจายไปทั่วทุก ๆ จุดของของไหล ด้วยความดันเท่า ๆ กัน"

จากรูป 22 กระบอกสูบเล็กมีพื้นที่กำหนดหน้าตัด 4 ซม.². ต่ออยู่กับกระบอกสูบใหญ่ ซึ่งมีพื้นที่หน้าตัด 100 ซม. โดยใช้ท่อต่อ ถ้ากระบอกสูบชุดนี้ใส่ลูกสูบและบรรจุน้ำไว้เต็ม เมื่อออกแรงกดลูกสูบเล็ก 10 กก. จะเกิดความดันในน้ำมัน ทำให้เกิดแรงยกที่ลูกสูบใหญ่ 250 กก. ซึ่งจะได้จากหลักการของปาสคาน คือ

$$P = \frac{F}{A}$$

ความดันที่ลูกสูบเล็กสร้างได้

$$P = \frac{10 \text{ กก.}}{4 \text{ ซม.²}}$$

$$P = 2.5 \text{ กก./ซม.²}}$$

ดังนั้นจะเกิดแรงดันที่ลูกสูบใหญ่

$$F = P \times A$$

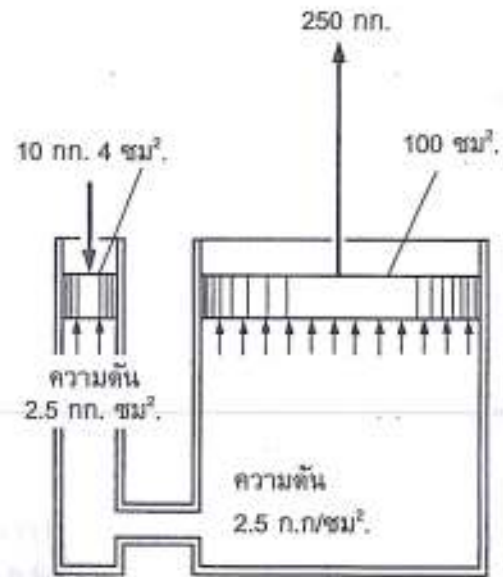
$$F = 2.5 \times 100 \frac{\text{กก.} \times \text{ซม.²}}{\text{ซม.²}}$$

$$F = 250 \text{ กก.}$$

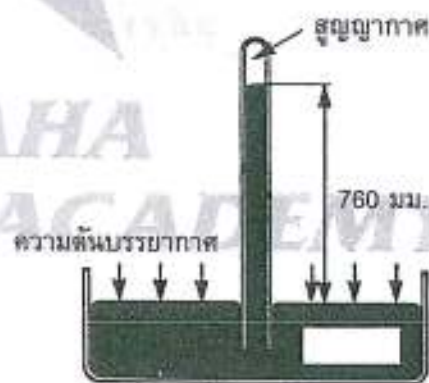
จะเห็นว่า ในการใช้งานลักษณะนี้ ถ้าเราออกแรงเพียงเล็กน้อยก็สามารถเปลี่ยนเป็นแรงมาก ๆ ได้

(3) ความดันบรรยากาศ (Atmospheric Pressure)

ความดันบรรยากาศปกติที่ระดับน้ำทะเล จะเท่ากับ ความสูงของลำปรอท 760 มม. หรือเท่ากับ 1 กก./ซม.². บางทีเราเรียกว่า 1 บรรยากาศ (1 Atmospheric pressure หรือ 1 atm.) เมื่อความดันต่ำกว่าความดันบรรยากาศ หรือที่เรียกว่า "เนกาตีฟเพรเชอร์" (Negative pressure) ก็มีหน่วยวัดเป็นมิลลิเมตรปรอท (mm.Hg) ด้วยเช่น -300 mm.Hg "Hg" หมายถึงปรอท



รูปที่ 22 หลักของปาสคาน



รูปที่ 23 ความดันบรรยากาศ

6. แรงม้าหรือกำลังม้า (Horsepower)

แรงม้า = กำลัง x ความเร็ว

Horsepower = Power x speed

ในขณะที่ กำลัง (Power) มีหน่วยเป็นกิโลกรัม (Kg)

ความเร็ว (Speed) มีหน่วยเป็น เมตร/วินาที (m/s)

ดังนั้น แรงม้าในขณะนี้จะมีหน่วยเป็น กิโลกรัม - เมตร / วินาที (Kgm/s) ในหน่วยของแรงม้า 1 แรงม้า จะมีค่าเท่ากับ 75 กก.ม/วินาที ตัวย่อที่ใช้ ถ้าใช้ ps จะหมายถึงแรงม้าในระบบเมตริก ส่วน HP หมายถึงแรงม้าในระบบอังกฤษ ซึ่งจะมีค่าใกล้เคียงกันมาก คือ 1 Hp = 1.0143 ps

ความร้อน (Heat)

7. ความร้อน (Heat)

(1) ความร้อน (Heat)

ความร้อนเป็นพลังงานหนึ่ง หน่วยของปริมาณความร้อนเป็น "คาลอรี" (Calorie ใช้ตัวย่อ cal) คือ ถ้าจะให้ น้ำ 1 กรัม มีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 1 °c จะต้องใช้ปริมาณความร้อน 1 คาลอรี

ความร้อนจำเพาะ (Specific heat) คือ ปริมาณความร้อนที่ทำให้สารแต่ละชนิด ซึ่งมีมวล 1 หน่วย มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1 °c ความร้อนจำเพาะมีหน่วยวัดเป็น กิโลคาลอรี/กิโลกรัม-องศาเซลเซียส (Kcal/kg °c) หรือ คาลอรี/กรัม-องศาเซลเซียส (cal/gm °c) น้ำจะมีความร้อนจำเพาะ 1 kcal/kg °c ซึ่งมีค่ามากกว่าสารอื่น ๆ ความร้อนจำเพาะของอลูมิเนียมประมาณ 1/5 ของน้ำ และของเหล็กประมาณ 1/10 ของน้ำ

ถ้าวัตถุสองชิ้น มีค่าความร้อนจำเพาะเท่ากับ เมื่อได้รับความร้อน วัตถุชิ้นเล็กกว่าจะร้อนเร็วกว่าชิ้นใหญ่

(2) อุณหภูมิ (Temperature)

อุณหภูมิ เป็นการวัดระดับความร้อน มีหน่วยวัดเป็นองศา ในญี่ปุ่น จะใช้หน่วยวัดเป็นองศาเซลเซียส (celsius) อุณหภูมิจุดเยือกแข็งของน้ำ มีค่า 0 °c ที่ความดันบรรยากาศและอุณหภูมิจุดเดือด มีค่า 100 °c ที่ความดันบรรยากาศเช่นกัน

(3) การสมดุลย์ทางความร้อน (Heat balance)

เมื่อเกิดความร้อนจากการเผาไหม้เชื้อเพลิงในกระบอกสูบ ความร้อนส่วนหนึ่งจะกลายเป็นพลังงานกล อีกส่วนหนึ่งจะสูญเสียไป จากไดอะแกรมสมดุลย์ทางความร้อน จะแสดงให้เห็นถึงความร้อนที่ใช้งานจริงกับความร้อนที่สูญเสียไปในลักษณะต่าง ๆ

ปริมาณความร้อน (100%)	งานกลที่นำไปใช้งานจริง.....	เปลี่ยนเป็นกำลังงาน
	(23-28%)	ส่งให้กับเพลาคือหัวเหียง
	สูญเสียไปกับระบบระบาย.....	สูญเสียไปกับการระบาย
	ความร้อน (32-33%)	ความร้อน
	สูญเสียไปกับระบบไอเสีย.....	ความร้อนออกไปกับไอ
	(33-36%)	เสียและการแผ่รังสี
	สูญเสียไปกับระบบกลไก.....	เสียไปกับความฝืดของ
	ต่าง ๆ (5-6%)	กลไกต่าง ๆ
	สูญเสียไปกับลูกสูบ.....	เสียไปกับความฝืดในขณะ
	(2-3%)	ลูกสูบเลื่อนขึ้นเลื่อนลง

[6] หน่วย (Unit)**1. หน่วย M.K.S. (M.K.S. Unit)**

ระบบหน่วยเมตริกที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน มีหน่วยหลักอยู่ 3 ปริมาณ ได้แก่ ความยาว วัดเป็นเมตร (m) , มวล (Mass) วัดเป็นกิโลกรัม (kg) และเวลาวัดเป็นวินาที (Sec) ซึ่งเรียกรวมกันว่า M.K.S. Units เมื่อไม่นานมานี้ ได้มีการใช้หน่วยวัดระบบเอสไอ (SI Unit) ในแต่ละประเทศรวมถึงประเทศไทยด้วย เพื่อเป็นการหาระบบหน่วยวัดที่เป็นมาตรฐานนานาชาติ ในระบบหน่วยวัดนี้ มีพื้นฐานมาจากระบบเมตริก ดังนั้น จึงไม่แตกต่างจากหน่วย M.K.S. มากนัก และสัญลักษณ์แต่ละตัวเกือบจะเหมือนกันกับของเดิม จำนวนประเทศที่ใช้ระบบนี้เพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ และในอนาคตจะไม่มีประเทศที่ใช้ระบบฟุตและปอนด์ อย่างเช่น สหรัฐอเมริกา (ระบบหน่วยเอสไอ ดูหน้า 221)

2. หน่วยความยาวและการกระจายหน่วย (Unit of length and derived unit)

ระบบเมตริก

ปริมาณที่วัด (Type of quantity)	หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (symbol)	คำอธิบาย (Explanation)
ความยาว	กิโลเมตร เมตร เซนติเมตร มิลลิเมตร ไมครอน	km m cm mm μ	1 km = 1,000 m 1 cm = 1/100 m 1 mm = 1/1,000 m 1 μ = 1/1,000,000 m
พื้นที่	ตารางกิโลเมตร ตารางเมตร ตารางเซนติเมตร อาร์	km ² m ² cm ² a	1 km ² คือ พื้นที่รูปสี่เหลี่ยมที่มีความยาวด้านละ 1 km. 1 a = 100 m ²
ปริมาตร	ลูกบาศก์เมตร ลูกบาศก์เซนติเมตร กิโลลิตร ลิตร เดซิลิตร มิลลิลิตร	m ³ cm ³ kl l dl ml	1 m ³ คือ ปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยมที่แต่ละด้านยาว 1m 1 m ³ = 1,000,000 cm ³ "cc" เป็นตัวย่อของคำว่า Cubic centimeters ใช้วัดปริมาตรของรูปทรงกระบอก 1 cm ³ คือ ปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยมที่แต่ละด้านยาว 1 cm 1 kl = 1,000 l = 1 m ³ 1 l = 1,000 cc. 1 dl = 1/10 l = 100 cc 1 ml = 1/1000 l = 1 cc

3. หน่วยวัดมวล (Mass Unit)

มวล (Mass) คือ คุณสมบัติของสสาร ซึ่งไม่เปลี่ยนแปลงตามตำแหน่ง (location) ตัวอย่างเช่น เมื่อน้ำระเหยกลายเป็นไอ มวลของน้ำที่ระเหยและมวลของน้ำที่หายไปจะเท่ากันเสมอ ซึ่งเท่ากับไอน้ำ (Water vapor) น้ำหนักของวัตถุเป็นสัดส่วนกับมวล ดังนั้น จึงวัดมวลจากการชั่งน้ำหนัก

หน่วยเมตริก

หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	คำอธิบาย (Explanation)
ตัน (ton)	t	น้ำหนักของน้ำ 1 kl ที่อุณหภูมิ 4 c 1 ton = 1000 kg
กิโลกรัม (kilogram)	kg	น้ำหนักของน้ำ 1 l ที่อุณหภูมิ 4 c 1 kg = 1000 กรัม
กรัม (gram)	g	น้ำหนักของน้ำ 1 cm ³ อุณหภูมิ 4 c

หมายเหตุ : ถึงแม้ kg จะใช้เป็นหน่วยของมวล เพื่อหลีกเลี่ยงความสับสน หน่วยของน้ำหนักจึงวัดเป็น kgf.

4. หน่วยเวลา (Time Unit)

หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	คำอธิบาย (Explanation)
วินาที (second)	s หรือ sec	
นาที (minute)	m หรือ min	1 min = 60 s
ชั่วโมง (hour)	h หรือ hr	1 hr = 3,600 s

1. หน่วยวัดอัตราเร็ว (Speed Unit)

หน่วยของอัตราเร็ว ใช้วัดระยะทางที่เคลื่อนที่ได้เทียบกับหน่วยเวลา กล่าวคือ เมื่อวัตถุเคลื่อนที่ จากจุด A ถึงจุด B โดยใช้ช่วงเวลาหนึ่ง อัตราเร็วของวัตถุ คือ ระยะทางที่วัตถุเคลื่อนที่ได้หาร ด้วย เวลาที่ใช้อัตราเร็วในการหมุนของวัตถุ เช่น เครื่องยนต์ วัดโดยนับจำนวนรอบการหมุนเทียบกับหน่วยเวลา (มักจะใช้เทียบกับ 1 นาที) ซึ่งเรียกว่า "อัตราเร็วในหมุน" (Revolution speed) อัตราที่ความเร็วเพิ่มขึ้นมากกว่าเวลา ซึ่งอาจจะกล่าวได้ว่าเป็นอัตราที่อัตราเร็วค่อยๆ เพิ่มขึ้น ซึ่งเรียกว่า "อัตราเร่ง" (Acceleration)

$$\frac{\text{ระยะทางที่เคลื่อนที่ได้}}{\text{เวลาที่ใช้}} = \text{ความเร็ว}$$

หน่วยเมตริก

ปริมาณที่วัด (Type of quantity)	หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	คำอธิบาย (Explanation)
ความเร็ว Speed	เมตรต่อวินาที meters per second กิโลเมตรต่อชั่วโมง kilometers per hour	m/s หรือ m/sec km/h	
อัตราการหมุน (ความเร็วรอบ) Revolution speed	จำนวนรอบต่อนาที revolutions per minute	rpm	
อัตราเร่ง (Acceleration)	เมตรต่อวินาทีต่อวินาที meters per second per second	m/s ²	

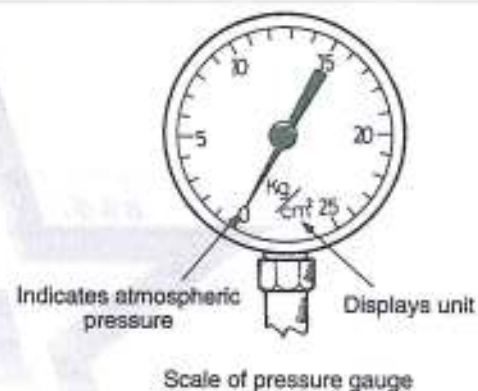
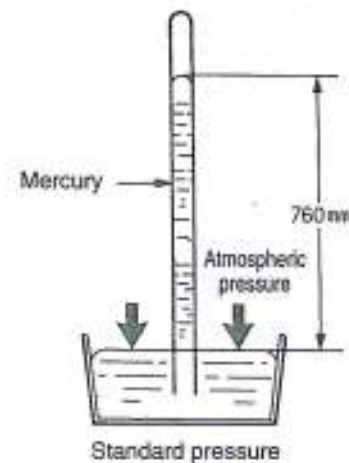
6. หน่วยของความดัน (Pressure Unit)

ความดัน คือ แรงที่กระทำตั้งฉากต่อหน่วยพื้นที่ ซึ่งใช้กันในหน่วย กก./ซม.². (kg/cm²) 1 กก./ซม.². หมายถึงแรงขนาด 1 กก. กระทำต่อพื้นที่ 1 ซม.². แม้ว่าจะมีหน่วยความดันสมบูรณ์ (Absolute Unit of pressure) ที่วัดเป็นบาร์ (Bar) มิลลิบาร์ (millibar) (1/1000 บาร์) ใช้วัดความดันบรรยากาศ 1 กก./ซม.². = 980.655 มิลลิบาร์ = 0.9807 บาร์ หรือ เราสามารถเลือกวัดความดัน โดยการวัดความสูงของแท่งลำตั้งปรอท (Column of mercury) ตัวอย่าง เช่น ความดัน 1 บรรยากาศ (atm) ในทางฟิสิกส์ คือ 1.033 กก./ซม.². เมื่ออธิบายในหน่วย กก./ซม.². (kg/cm²) แต่ก็ยังมีค่าเท่ากับน้ำหนักของแท่งลำตั้งของปรอท (Column of mercury) ที่อุณหภูมิ 0 °C (องศาเซลเซียส) ซึ่งมีพื้นที่ฐาน (Base area) เท่ากับ 1 ซม.². และความสูงแท่งลำตั้งปรอทเท่ากับ 760 มม. (mm.) ดังนั้น 1 atm มีค่าเท่ากับ 760 mm Hg ซึ่งก็คือ ความดันบรรยากาศมีค่าเท่ากับ ความสูงแท่งลำตั้งของปรอท และเรียกว่า "ความดันบรรยากาศมาตรฐาน" (Standard atmospheric pressure) ความดันบรรยากาศมาตรฐาน (0 °C, 1 atm) = 760 mm Hg (มิลลิเมตรปรอท)

$$= 1013.25 \text{ millibar} = 1.013 \text{ bar}$$

$$= 1.033 \text{ kg/cm}^2$$

อย่างไรก็ตาม ในทางอุตสาหกรรม 1 kg/cm² เรียกว่า 1 บรรยากาศมีค่าเป็น 0 และความดันที่มากกว่าสเกลจะอยู่ในหน่วย กก./ซม.². (kg/cm²) ความดันที่วัดได้จากเกจวัดความดัน เรียกว่า "ความดันเกจ" (Gauge pressure)

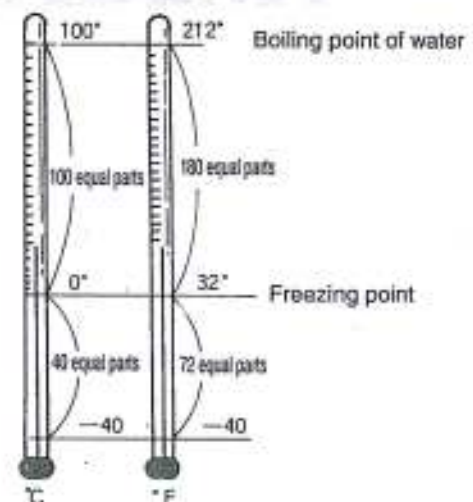


7. หน่วยของความร้อน (Heat Unit)

ความร้อนเป็นรูปแบบหนึ่งของพลังงาน และถ้ามีความร้อนมากๆ อุณหภูมิจะสูง ถ้ามีความร้อนเพียงเล็กน้อย อุณหภูมิจะต่ำ แล้วการวัดปริมาณความร้อนเพียงเล็กน้อย ทำได้หรือไม่ ในระบบเมตริก จะวัดเป็นเซลเซียส (Celsius) วัด °C (องศาเซลเซียส) ในสหรัฐอเมริกาใช้เป็นหน่วยฟาเรนไฮต์ (Fahrenheit) วัดเป็น °F (องศาฟาเรนไฮต์) ทั้งสองระบบมีพื้นฐานการแบ่งสเกล (Scale) เป็น 1 องศา ในระหว่างจุด 2 จุด โดยแบ่งขนาดสเกลระหว่างจุดเดือด (Boiling point) และจุดเยือกแข็ง (Freezing point) ของน้ำบริสุทธิ์ที่ความดันบรรยากาศมาตรฐาน กล่าวคือ การวัดทั้ง 2 ระบบมีความสัมพันธ์ ดังนี้

$$F = \frac{9}{5} (C + 32)$$

$$C = \frac{5}{9} (F - 32)$$



เปรียบเทียบระหว่างองศาเซลเซียส(°C)
และ องศาฟาเรนไฮต์ (°F)

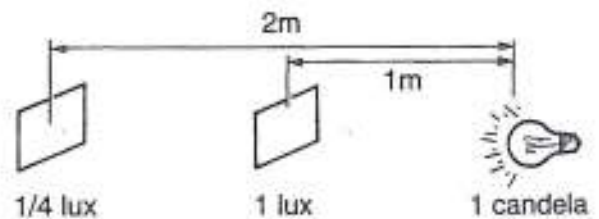
8. หน่วยวัดความสว่าง (Luminous intensity unit)

ความสว่างของแสงที่ถูกปล่อย(Emitted) จากวัตถุเปล่งแสง(Light - emitting object) เช่น หลอดไฟฟ้า ซึ่งเรียกว่า ความสว่างจากแหล่งกำเนิดแสง (Luminous intensity of the light source) หน่วยวัดความสว่าง คือ แคนเดลา (Candela) ตัวย่อ = (cd)

9. หน่วยของความเข้มแห่งการส่องสว่าง

(Illumination intensity unit)

ความสว่างของพื้นที่ที่ถูกส่องสว่าง เรียกว่า ลักซ์ (Lux) ตัวย่อ (lx) หนึ่งลักซ์ (lux) คือ ความสว่างของพื้นที่ที่ตั้งฉากกับทิศทางของแสง ซึ่งมีความสว่าง 1 cd และห่างจากแหล่งกำเนิดแสง 1 เมตร ความเข้มแห่งการส่องสว่างเป็นสัดส่วนกับระยะทางจากแหล่งกำเนิดแสงยกกำลังสอง



$$L = \frac{P}{S^2}$$

L: lux
P: candela
S: meter

10. หน่วยวัดงาน (Work Unit)

เมื่อมีแรงกระทำต่อวัตถุและทำให้วัตถุเคลื่อนที่ไปตามทิศทางที่แรงกระทำ จึงเรียกว่า แรงทำให้เกิดงาน(Work) ปริมาณงานที่ได้จะขึ้นอยู่กับขนาดของแรงด้วยระยะทางที่แรงนั้นทำให้วัตถุเคลื่อนที่ได้ ตามทิศทางที่แรงกระทำ ดังนั้น

งาน = แรง x ระยะทาง

ถ้าขนาดของแรงมีหน่วยเป็นกิโลกรัม และระยะทางมีหน่วยเป็นเมตร หน่วยของงานจะเป็น kg m. (กก. เมตร) เมื่องานถูกสร้างขึ้นด้วยระยะที่แน่นอน จะเรียกว่า กำลังงาน (Power) เช่นเดียวกับการเรียกกำลังม้า (Horse power) ซึ่งวัดในหน่วย PS เมื่อการไหลของกระแส (Current flow) ทำให้เกิดงาน จะเรียกว่า กำลังไฟฟ้า (Electrical power) ซึ่งใช้หน่วยเป็นวัตต์ (Watt) (W)

11. หน่วยทางไฟฟ้า(Electricity Unit)

หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	คำอธิบาย (Explanation)
แอมแปร์ (Ampere) โวลต์ (Volt) โอห์ม (Ohm)	A V Ω	วัดความเข้มกระแสไฟฟ้า วัดแรงไฟฟ้า, แรงไฟฟ้าที่สูงกว่า, กระแสไฟฟ้าไหลง่าย สำหรับความต้านทาน (R) ความต้านทาน 1 ^Ω เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า, 1A, โดยมีแรงดันไฟฟ้า 1 V กระทำ- ต่อปลายทั้ง 2 ด้าน ของตัวนำไฟฟ้า ความต้านทาน (R) = $\frac{\text{แรงดันไฟฟ้า (V)}}{\text{กระแสไฟฟ้า (A)}}$
ฟารัด (Farad)	F	ตัวเก็บประจุ หนึ่งฟารัด คือ ความเป็นไฟฟ้าที่ต้องการ สำหรับแรงดันไฟฟ้า 1 V. ทำให้เกิดประจุไฟฟ้า 1 คูลอมบ์ (Coulomb)
ไมโครฟารัด (Microfarad)	μF	1/1,000,000 ของ หนึ่งฟารัด
วัตต์ (Watt)	W	กำลังไฟฟ้า (P) หนึ่งวัตต์ = กำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้า 1 V และกระแส 1 A กำลังไฟฟ้า (P) = แรงดัน (V) x กระแส (A)
วัตต์ชั่วโมง (Watt hour)	Wh	ปริมาณพลังงานไฟฟ้า

12. หน่วยวัดเสียง (Sound Unit)

(1) เดซิเบล (ความเข้มของเสียง)

แม้ว่าเสียงจะส่งผ่านไปยังหูของคนด้วยคลื่นเสียง(วัฏจักร) (Cycles) แต่หูคนเราไม่สามารถได้ยินได้ทุกช่วง-ความ เข้มของเสียง (Sound intensity) หน่วยวัดความเข้มของเสียง เสียงขนาด 10 - 16 W/cm² ถูกเชื่อกันเป็นค่า 0 เดซิเบล(d B) และใช้ค่านี้เป็นค่ามาตรฐาน

(2) ความดัง {Phon (Loudness)}

ความดัง (ปริมาณ) ของเสียงที่หูคนเรารับรู้ได้ (รับได้) ขึ้นอยู่กับความถี่ (Frequency) ตัวอย่าง เช่น 1,000 รอบ เสียง 40 dB และ 100 รอบ, 62 dB คือช่วงความถี่เสียงที่หูสามารถรับรู้ได้ การวัดความดังของเสียงจากเสียงที่ผสมด้วยกัน ซึ่งความดังเสียง อธิบายด้วยระดับความเข้มของเดซิเบล(Decibel) ที่ 1,000 รอบเสียง (เสียงมาตรฐาน) (Standard sound) ซึ่งจะได้นัยความดังเดียวกัน หน่วยวัดนี้ใช้ชื่อว่า Phon

อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ความดังของเสียง ซึ่งหูได้ยินได้ เป็นความดังเดียวกัน (Same loudness) คือ 1,000 รอบ 50 dB

13. หน่วยวัดอื่น ๆ (Other Units)

ชนิดของปริมาณที่วัด (Quantity type)	หน่วย (Unit)	สัญลักษณ์ (Symbol)	คำอธิบาย (Explanation)
มุม (Angle)	องศา (degree)	°	มุมรอบจุดศูนย์กลางใดๆมีค่าเท่ากับ การแบ่งเส้นรอบวงเป็น 360 ส่วน
	ลิปดา (minute)	'	1'/60 ของ 1°
	ฟิลิปดา (second)	"	1"/60 ของ 1'
ปริมาณความร้อน (Heat quantity)	แคลอรี (calorie)	cal	1 cal เท่ากับปริมาณความร้อนที่ทำให้ น้ำ- บริสุทธิ์ (ที่ 15 °C) 1 กรัม
	กิโลแคลอรี (kilocalorie)	kcal	มีอุณหภูมิสูงขึ้น 1°C 1,000 x 1 cal

ข้อมูลอ้างอิง (Reference)

1. อัตราเร็วของเสียง

อัตราเร็วของเสียงเท่ากับ 331 m/sec ที่ 0 °C และเพิ่มขึ้น 0.6 m/sec ทุกๆ 1 °C ที่อุณหภูมิเพิ่มขึ้น
ตัวอย่างเช่น ที่ 15 °C , 331 + (0.6 x 15) = 340 m/s = 1,224 km/H = 1 มาค (Mach)

*ความเร็วเสียงที่ผ่านในน้ำจะเร็วกว่า 5 เท่า และความเร็วเสียงที่ผ่านเหล็กจะเร็วกว่า 15 เท่า

2. อัตราเร็วของแสง = อัตราเร็วของคลื่นไฟฟ้า

300,000 km/sec (7(1/2) เท่า รอบเส้นศูนย์สูตร 1 ฟิลิปดา (second)

[7] ตารางเทียบค่า (Conversion table)

1. ตารางเทียบค่าความยาว (Length Conversion table)

millimeter (mm)	centimeter (cm)	meter (m)	kilometer (km)	inch (in)	Foot (ft)	Yard (yd)	Mile (mile)
1	0.1	0.001	0.00001	0.03937	0.0032808	0.0010936	0.6214
10	1	0.01	0.0001	0.3937	0.032808	0.010936	0.6214
1,000	100	1	0.001	39.37	3.28083	1.0936	0.6214
...	100,000	1,000	1	39,370	3,280.83	1,093.61	0.62137
25.40	2.540	0.0254	0.0254	1	0.0833	0.02778	0.41578
304.8	30.48	0.3048	0.3048	12	1	0.333	0.31894
914.4	91.44	0.9144	0.9144	36	3	1	0.51682
1,609,347.0	160,934.70	1,609.35	1.60935	63,360	5,280	1,760	1

* 0.0254 → 0.0000254

2. ตารางเทียบค่าพื้นที่ (Area Conversion table)

Square millimeter (mm ²)	Square centimeter (cm ²)	Square meter (m ²)	are	hectare	Square kilometer (km ²)	Square inch (in ²)	Square foot (ft ²)	Square yard (yd ²)	acre	Square mile (mile ²)
1	0.01	0.0001	0.0001	0.000001	0.0000000001	0.00155	0.0000706	0.00000929	0.000000247	0.00000000039
100	1	0.0001	0.0001	0.000001	0.0000000001	0.15499	0.0010764	0.0000706	0.00000247	0.00000039
1(6)	10,000	1	0.1	0.0001	0.0001	1,549.99	10.7639	1.19599	0.000247	0.000039
1(8)	1(6)	100	1	0.01	0.0001	154.999	1,076.39	119.6	0.00247	0.00039
1(10)	1(8)	10,000	100	1	0.01	15,499.99	107,639	11,959.9	2.47	0.0039
1(12)	1(10)	1(6)	10,000	100	1	...	10,763.9	1,195.99	2.47	0.0039
645.2	6.452	0.006452	0.006452	0.00006452	0.00000006452	1	0.0006944	0.00007716	0.00001594	0.000000249
92,900	929	0.00929	0.00929	0.0000929	0.0000000929	144	1	0.11111	0.0002296	0.00003587
836,100	8,361	0.008361	0.008361	0.00008361	0.00000008361	1,296	9	1	0.002066	0.0003226
404,687(4)	40,468.704	4,046.87	40.47	0.4047	0.0004047	6,272.840	43,560	4,840	1	0.001563
2,589,999(6)	2,589,999(4)	2,589.999	25,899.99	259.0	2.590	...	27,878,400	3,097,600	640	1

* 1 (6) → 1,000,000

3. ตารางเทียบค่าปริมาตร (Volume Conversion table)

Cubic centimeter (cm ³)	Cubic meter (m ³)	liter (l)	Kiloliter (kl)	Cubic inch (in ³)	Cubic foot (ft ³)	Cubic yard (yd ³)	gal (liquid)
1	0.001	0.001	0.000001	0.06102	0.00003531	0.000001308	0.00002642
1,000,000	1	1,000	1	61,020	35.31	1.308	264.2
1,000	0.001	1	0.001	61.02	0.03531	0.001308	0.2642
1,000,000	1	1,000	1	61,020	35.31	1.308	264.2
16.39	0.01639	0.01639	0.00001639	1	0.00005787	0.000002143	0.00004329
28,320	0.02832	28.32	0.02832	1,728	1	0.03704	7.48055
764,500	0.7645	764.5	0.7645	46,660	27	1	201.974
3,785	0.003785	3.785	0.003785	231	0.1337	0.004951	1

* 0.001 → 0.000001

* 1: 1 barrel (bbl) ≈ 159 liter ≈ 42 US gallons ≈ 35 Imperial gallons

4. ตารางเทียบค่าน้ำหนัก (Weight Conversion table)

Kilogram (kg)	Metric ton (metric ton)	Pound (lb)	British ton (long ton)	U.S.A. ton (short ton)	Ounce (oz)	Grain (gr)
1	0.001	2.20462	0.000984	0.0011023	35.27	15,432
1,000	1	2,204.62	0.98421	1.10231	35,270	1.5432 × 10 ⁷
0.45359	0.0004536	1	0.000446	0.00051	16	7,000
1,016.047	1.01605	2,240	1	1.12	35,840	1.568 × 10 ⁷
907.1852	0.90719	2,000	0.89286	1	32,000	1.4 × 10 ⁷
3.75	0.00375	8.2673	0.00369	0.004134	132.2625	57,870
0.02835	0.02835	0.0625	0.04279	0.043125	1	437.5
0.04648	0.07648	0.031428	0.078377	0.077142	0.002265	1

5. ตารางเทียบค่าความดัน (Pressure conversion table)

Bar (bar)	Kilogram per square centimeter (kgf/cm ²)	Pound per square inch (lbf/in ²) (psi)	UK ton per square foot (ton/UK/ft ²)	Standard atmosphere pressure (atm)	Meter of mercury		Inch of water		Pascal (kpa)
					Meter (mHg)	Inch (inHg)	Meter (maq)	Feet (ftaq)	
1	1.0197	14.50	0.9324	0.9869	0.7501	29.53	10.197	33.46	100
0.9807	1	14.22	0.9144	0.9678	0.7356	28.96	10.000	32.81	98.07
0.06895	0.07031	1	0.06429	0.06805	0.05171	2.036	0.7031	2.307	6.895
1.0725	1.0937	15.56	1	1.0585	0.8045	31.67	10.94	35.88	107.25
1.0133	1.0332	14.70	0.9447	1	0.760	29.92	10.33	33.90	101.33
1.3332	1.3595	19.34	1.2431	1.3158	1	39.37	13.60	44.60	133.32
0.03386	0.03453	0.4912	0.03157	0.03342	0.02540	1	0.3453	1.133	3.386
0.09807	0.10000	1.422	0.09143	0.09678	0.07355	2.896	1	3.281	9.807
0.02989	0.03048	0.4335	0.02787	0.02950	0.02242	0.8827	0.3048	1	2.989
0.01	0.010197	0.1450	0.009324	0.009869	0.007501	0.2953	0.10197	0.3346	1

6. ตารางเทียบค่าอัตราเร็วและความเร็วเชิงมุม (Speed and angular velocity conversion table)

Meter per second (m/s)	Kilometer per second (km/h)	Knot (metric) (kt)	Foot per second (ft/s)	Mile per hour (mile/h)	Knot (British) (kt)	Degree per second (°/s)	Revolution per minute (rpm)	Radian per second (rad/s)
1	3.6	1.944	3.281	2.237	1.943	1	0.1667	0.01745
0.2778	1	0.5400	0.9113	0.6214	0.5396	6	1	0.1047
0.5144	1.852	1	1.688	1.151	0.9994	57.30	9.549	1
0.3048	1.097	0.5925	1	0.6818	0.5921			
0.4470	1.609	0.8680	1.467	1	0.8684			
0.5148	1.853	1.0006	1.689	1.1515	1			

1 metric knot = 1,852 m/h, 1 British knot = 6,080 ft/h = 1853.2 m/h, 1 rad = 57.296°

7. ตารางเทียบค่ากำลังงาน (Power conversion table)

Joule (J)	Kilogram meter (kg·m)	Feet pound (ft·lb)	Kilowatt hour (kwh)	Horsepower hour (metric system)	Horsepower hour (British)	Kilocalorie (kcal)	British Thermal Unit (BTU)
1	0.10197	0.7376	0.0278×10^{-6}	0.0378×10^{-6}	0.0373×10^{-6}	0.0239×10^{-13}	0.0948×10^{-12}
9.807	1	7.233	0.0272×10^{-6}	0.0370×10^{-6}	0.0365×10^{-6}	0.00234	0.00929
1.355	0.1383	1	0.0376×10^{-6}	0.0512×10^{-6}	0.0505×10^{-6}	0.0324×10^{-13}	0.00128
3.6×10^6	3.671×10^6	2.655×10^6	1	1.360	1.341	859.9	3,412
2.648×10^6	2.700×10^6	1.953×10^6	0.7355	1	0.9859	632.5	2,510
2.586×10^6	2.739×10^6	1.961×10^6	0.7458	1.0143	1	641.6	2,546
4,186	426.9	3,087	0.00116	0.00158	0.00156	1	3.968
1,055	107.6	778	0.0293×10^{-3}	0.0398×10^{-3}	0.0392×10^{-3}	0.252	1

8. ตารางเทียบค่ากำลังงาน (Power conversion table)

Metric horsepower (PS)	Japanese horsepower (HP)	Kilowatt (kw)	Kilogram meter per second (kg·m/sec)	Feet pound per second (ft·lb/sec)	Kilocalorie per second (kcal/sec)	British Thermal Unit per second (BTU/sec)
1	0.9869	0.7356	75.05	542.8	0.1757	0.6972
1.0143	1	0.7460	76.12	550.4	0.1782	0.7071
1.3596	1.3405	1	101.97	737.6	0.2389	0.9479
0.01332	0.01315	0.0098	1	7.233	0.00234	0.00929
0.001843	0.001817	0.001356	0.1383	1	0.00324	0.00128
5.692	5.612	4.186	426.9	3,087	1	3.968
1.434	1.414	1.055	107.6	7,780	0.252	1

ข้อสังเกต(Note) : 1 kw = 1000 J/sec หน่วยการวัดกำลังม้าของอังกฤษ, สหรัฐอเมริกา และญี่ปุ่น จะเหมือนกัน

9.ตารางเทียบค่าความหนาแน่น (Density conversion table)

Gram per cubic centimeter (g/cm ³)	Kilogram per cubic meter (kg/m ³)	Pound per cubic inch (lb/ft ³)	Pound per cubic foot (lb/ft ³)	Pound per cubic yard (lb/yd ³)	Pound per gallon (U.S.A.) (lb/gal)(U.S.A.)
1	1,000	0.03613	62.4283	1,685.56	8.34545
0.001	1	0.1613	0.06243	1.68556	0.128345
27.6797	27,679.7	1	1,728	46,656	231
0.01602	16.0184	0.35787	1	27	0.13368
0.35933	0.59327	0.42143	0.03704	1	0.14951
0.11983	119.826	0.24329	7.48052	201.974	1

10.ตารางเทียบค่าความหนืด (Viscosity conversion table)

Poise (poise) (g/cm-sec)	Centi poise (Centi poise) (Cp)	Kilogram per meter second (kg/m-sec)	Kilogram per meter hour (kg/m-h)	Pound per foot second (lb/ft-sec)	Pound per foot hour (lb/ft-h)
1	100	0.1	360	0.06720	241.9
0.01	1	0.001	3.6	6.720×10^{-4}	2.419
10	1,000	1	3,600	0.6720	2,419
0.022778	0.2778	2.778×10^{-4}	1	1.867×10^{-4}	0.6720
14.88	1.488	1.488	5,357	1	3,600
0.004134	0.4134	4.134×10^{-4}	1.488	2.778×10^{-4}	1

11.ตารางเทียบค่าปริมาตรที่ไหล (Flow volume conversion table)

Liter per minute (l/min)	Liter per second (l/sec)	Cubic meter per hour (m ³ /h)	Cubic meter per minute (m ³ /min)	Gallon per minute (British) (gal/min)	Gallon per minute (U.S.A.) (gal/min)	Cubic foot per hour (ft ³ /h)	Cubic foot per minute (ft ³ /min)
1	0.0167	0.060	0.001	0.2201	0.2642	2.119	0.0353
60	1	3.6	0.06	13.197	15.851	127.14	2.119
16.67	0.2777	1	0.01667	3.6658	4.4032	35.3165	0.58861
1,000	16.6666	60	1	219.95	264.19	2,119	35.3165
4.546	0.07578	0.27279	0.00455	1	1.20114	9.6342	0.16057
3.785	0.063086	0.22711	0.00379	0.83254	1	8.0208	0.13368
0.4719	0.007865	0.028315	0.000472	0.1038	0.12467	1	0.01667
28.315	1.47188	1.6989	0.028315	6.22786	7.48055	60	1

12.ตารางเทียบค่าแรง (Force conversion table)

Megadyn (Mdyn)	Weight Kilogram (kgf)	Weight Pound (lbf)	Newton (N)	Poundal (pdl)
1	1.0197	2.248	10	72.33
0.9807	1	2.205	9.807	70.93
0.4448	0.4536	1	4.448	32.17
0.1	0.10197	0.2248	1	7.233
0.01383	0.01410	0.03108	0.1383	1

13.ระเบียบตัวเลขที่ค่ามาก ๆ (Orders of magnitude)

ชื่อ (Name)	สัญลักษณ์ (Symbol)	ค่า (Magnitude)
พิโก (pico)	p	10^{-12}
นาโน (nano)	n	10^{-9}
ไมโคร (micro)	μ	10^{-6}
มิลลิ (milli)	m	10^{-3}
เซนติ (centi)	c	10^{-2}
เดซิ (deci)	d	10^{-1}
เดคา (deca)	D	10
เฮกโต (hecto)	h	100
กิโล (kilo)	k	1,000
เมกะ (mega)	M	1,000,000
จิกะ (giga)	G	1,000,000,000
เทระ (tera)	T	1,000,000,000,000

[8] สัญลักษณ์ที่ใช้ในสูตร (Symbols used in formulas)**1. ตัวอักษรกรีกที่ใช้ในสูตร (Greek letter used in formula)**

ทางด้านวิศวกรรมทั่วไป จะใช้อักษรกรีก (Greek letters) เป็นสัญลักษณ์สูตรคณิตศาสตร์ ซึ่งไม่เหมือนกับตัวอักษรภาษาอังกฤษตัวอักษรกรีกจะยอมรับให้ใช้กันในการพิเศษ (Specialized uses) เท่านั้นจึงทำให้คนส่วนมากไม่คุ้นเคย ซึ่งได้แสดงตัวอักษรกรีกพร้อมชื่อเรียกและตัวอย่างการใช้งาน เพื่อใช้เป็นข้ออ้างอิง ดังนี้

ตัวใหญ่	ตัวเล็ก	ชื่อ	เทียบเท่าตัวอักษรอังกฤษ	ตัวใหญ่	ตัวเล็ก	ชื่อ	เทียบเท่าตัวอักษรอังกฤษ	
A	α	อัลฟา (Alpha)	a	Λ	λ	แลมด้า	l	มุม, ผลึกภัณฑ์, การขยายตัว, ค่าสัมประสิทธิ์
B	β	เบต้า	b	M	μ	มิว	m	มุม
Γ	γ	แกมมา	g	N	ν	นิว	n	มุม, หน่วยของน้ำหนัก
Δ	δ	เดลต้า	d	Ξ	ξ	ซี (ปร)	x	แทนค่าที่น้อยมาก ๆ ตามเหลี่ยม
E	ϵ	เอปซ็อน	e	O	ϕ	โอไมครอน	o	การเปลี่ยนรูป, การขยายตัว
Z	ζ	เซต้า	z	Π	π	พาย	p	มุม
H	η	เฮต้า	e	P	ρ	โร	r	การยืดตัว (Elongation)
θ	θ	เตาต้า	th	Σ	σ	ซิกมา	s	สัมประสิทธิ์แรงเสียดทาน
I	ι	ไอต้า	i	T	τ	ทอ	t	อัตราส่วนของส่วนรองรับต่อเส้นผ่านศูนย์กลางของวงกลมอัตราส่วนของเส้นรองรับต่อเส้นผ่านศูนย์กลางวัดที่
K	κ	คัปปา (Kappa)	k	Υ	υ	อัลฟิออน	u	ของส่วนโค้งผลรวม, ความเค้น (stress)
				Φ	ϕ	ฟี	ph	
				X	χ	ชี (Chi)	ch	
				Ψ	ψ	พซี (Psi)	ps	ความเค้นเฉือน (shear stress)
				Ω	ω	โอเมกา	o	มุม, แรงเสียดทาน, เส้นผ่านศูนย์กลาง

2. ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้ในสูตร (Alphabet letter. used in formula)

ตัวอย่างที่เลือกมาแสดงต่อไปนี้ เป็นตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ใช้กันทั่วไปในสูตรทางวิศวกรรม

A....พื้นที่

a....ความยาวคงที่ พื้นที่ของวัตถุที่มีขนาดเล็กมาก

b....ความยาวคงที่, ความกว้างของรูปที่เปลี่ยน

c....ความยาวของคอร์ด (Chord) (คอร์ดของส่วนโค้งหรือวงกลม) มักจะใช้เป็น ABC ในการวัดด้านต่าง ๆ ของวัตถุหลายด้าน (Multi-side)
เช่น A ABC, ที่เหลี่ยม ABCD เป็นต้น

D,d....เส้นผ่านศูนย์กลางหรือระยะทาง มักจะใช้ 2r เป็นเส้นผ่านศูนย์กลาง

E....ค่าคงที่ของตัว (Young's constant)

e....ระยะวิฤติ (Eccentric distance)

g....ความเร่งของแรงโน้มถ่วงของโลก

H....แรงแนวนอน

h....ความสูง

I....สัมประสิทธิ์แรงกระแทก (Shock coefficient)

L,l....ความยาว

M....โมเมนต์

N....ทั่วไป

O....จุดกำเนิด (Origin)

P....กำลัง

P....แรงดัน (แรงที่กระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ จึงใช้เป็นตัวอักษรตัวเล็ก) ในทางเรขาคณิต เช่น MNPQ ใช้วัดระนาบ (Plane)

R....ความต้านทาน หรือ ผลที่ได้ (Resultant)

r....รัศมี 2r ใช้วัดเส้นรอบวงกลม

S....ผลรวม, ผลรวมของสิ่งเล็กๆ ทยาย, สิ่ง

t....ความหนา, อุณหภูมิ หรือ เวลา (หน่วยวินาที)

V....ปริมาตร, ความเร็ว

X....แกนแนวนอนของกราฟ, ระยะในแนวนอน

Y....แกนแนวตั้งของกราฟ, ระยะในแนวตั้ง

[9] ระบบหน่วย SI (International System of Unit)**1. SI (หน่วยในระบบสากล) คืออะไร?****[What is SI (International System of Unit) ?]**

- หน่วยในงานมาตรฐานนี้ ถูกกำหนดขึ้นในปี 1960 ที่การประชุมนานาชาติทั่วไป ว่าด้วยเรื่องของน้ำหนัก (Weight) และการวัด (Measures) (CGPM)
- หน่วยในระบบนี้ขยายความและปรับปรุงมาจากระบบ MKS (Meter, Kilogram, Second) โดยใช้หลักการหนึ่งปริมาณ หนึ่งหน่วย (One quantity, One unit)

2. เหตุผลในการแนะนำระบบ SI (Reason for introducing SI)**(1) หน่วยในระบบนี้ถูกใช้แต่ละประเทศทั่วโลก**

การ
ส่งเสริม
ระบบ
มาตรฐาน

-
- โลกปัจจุบันใช้ระบบ SI
 - ทำให้คู่แข่งที่ใช้ระบบ SI อยู่ได้ และตัดคู่แข่งที่ไม่ได้ใช้ระบบ SI โดยไม่ต้องกีดกันด้วยกำแพงภาษี (Non-tariff barrier)

(2) เป็นที่ยอมรับและสะดวกกว่าการใช้หน่วยในทางการค้า**(More logical and convenient than tradition unit)**

- คำจำกัดความของหน่วยพื้นฐานนั้นชัดเจน และสามารถผลิตใหม่ด้วยความแม่นยำสูง
- เมื่อสร้างหน่วยใหม่ จะไม่มีค่าสัมประสิทธิ์เพิ่มมากกว่า 1
- ประยุกต์ใช้หลักการหนึ่งปริมาณ หนึ่งหน่วยได้

3. หน่วยพื้นฐาน (Base Unit)

หน่วยพื้นฐาน มีอยู่ 7 หน่วย ดังจะกล่าวต่อไป หน่วยวัดเหล่านั้นใช้เป็นหน่วยวัดอิสระ (Independent unit) ซึ่งไม่สามารถกระจายหน่วย (Derivated) ย่อยลงไปได้อีก ความหมายของหน่วย จะไม่มีความหมายเชิงตัวเลขดังนั้น "ความมาตรฐาน" (Standard) จึงต้องวัดขนาดของหน่วย ความมาตรฐาน ต้องมีความแน่นอนและเชื่อถือได้ และมีความถูกต้องแม่นยำสูง ซึ่งความต้องการนี้ใช้เป็นตัวกำหนดความหมายของหน่วยพื้นฐาน (Base unit) ต่อไปนี้

(1) คำจำกัดความของหน่วยพื้นฐาน**(Definition of base unit)**

- ความยาว (Length)...หนึ่งเมตรเท่ากับระยะทางที่แสงเคลื่อนที่ได้ในสุญญากาศ

โดยใช้เวลา $\frac{1}{299,792,458}$ วินาที

- มวล(Mass)...หนึ่งกิโลกรัมเท่ากับมวลของก้อนวัตถุต้นแบบสากลที่มีมวลหนึ่งกิโลกรัม (An international kilogram prototype)

- เวลา (Time)...หนึ่งวินาทีเท่ากับระยะเวลา 9,192,631,770 คาบ (Periods) ในการแผ่รังสีประสานกันและเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับที่แจ่มชัด 2 ระดับ ของสาร ซีเซียม - 133 ในสภาพพื้น (Ground state)

- กระแสไฟฟ้า (Current) หนึ่งแอมแปร์เท่ากับกระแสไฟฟ้าคงที่ ซึ่งรักษายู่ได้ในตัวนำ 2 ตัวที่วางขนานกันและมีความยาวไม่จำกัด และไม่สนใจพื้นที่หน้าตัด วงกลมและวางห่างกัน 1 เมตร ในสภาพสุญญากาศ ซึ่งจะสร้างแรงกระทำต่อกัน 2×10^{-7} นิวตันต่อเมตร

- อุณหภูมิตอร์โมไดนามิก (Thermodynamic temperature) หนึ่งเคลวินคือ ของอุณหภูมิตอร์โมไดนามิก ที่ทำให้น้ำมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้น 3 เท่า
ข้อมูลอ้างอิง (Reference) : องศาเซลเซียส (C) สามารถใช้แทนเคลวิน(K) ได้ โดยที่องศาเซลเซียส (C) ที่วัดได้เท่ากับเคลวิน (K) ลบด้วย 273.16 ค่าความแตกต่างสามารถวัดเป็นองศาเซลเซียส หรือเคลวินก็ได้

- จำนวนสาร (Amount of substance)....หนึ่งโมล (mole) คือ จำนวนของสารที่เท่ากับมวลโมเลกุลของคาร์บอน - 12 (C_{12}) 0.012 กิโลกรัม

- ความสว่างของแสง (Luminous intensity) หนึ่งแคนเดลา เท่ากับความสว่างที่แผ่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงสีเดียว (Monochromatic) มีความถี่ 540×10^{12} Hz (เฮิร์ต) และมีความสว่าง(Radiant intensity) ในทิศทางเดียวกัน เท่ากับ $1/683$ วัตต์ต่อสเตอเรเดียน (Watt per steradian)

4. หน่วยรอง (Supplementary Unit)

หน่วยวัดรอง หมายถึง 2 หน่วย ที่ใช้วัดมุมของระนาบ (Plane angles) และมุมของแสง (Solid angles) ถึงแม้หน่วยเหล่านี้จะได้จากหน่วยพื้นฐานของความยาวแต่ก็มีประโยชน์สำหรับเป็นหน่วยวัด ในสิ่งที่กล่าวมาเช่นเดียวกับหน่วยวัดพื้นฐาน เมื่อสร้างหน่วยใหม่จากหน่วยพื้นฐาน จะต้องตั้งชื่อหน่วยรองให้แตกต่างจากหน่วยพื้นฐาน

(1) คำจำกัดความของหน่วยรอง

(Definition of supplementary unit)

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์	คำจำกัดความ
มุมระนาบ (Plane angle)	เรเดียน (Radian)	rad	จากเส้นรอบวงของวงกลม ส่วนโค้งจะเท่ากับความยาวของเส้นรัศมีวงกลมที่ถูกตัดทิ้งไป และมุมระนาบ (Plane angle) คือ มุมระหว่างเส้นรัศมี 2 เส้น
มุมของแสง (Solid angle)	สเตอเรเดียน (Steradian)	sr	จากจุดศูนย์กลางของทรงกลมถึงขอบนอกสุด (Peak) ตัดมุมของครึ่ง จากผิวของทรงกลมที่มีเท่ากับพื้นที่สี่เหลี่ยมจัตุรัส ที่มีเส้นรัศมีเป็นด้านหนึ่ง

■ หน่วยที่เกิดจากหน่วยพื้นฐาน (หน่วยที่มีคุณลักษณะเฉพาะ)

(SI derived units (units with characteristic names))

Quantity	Unit name	Symbol	Unit symbol
Frequency (ความถี่)	Hertz (เฮิรตซ์)	Hz	1 Hz = 1 s ⁻¹
Force (แรง)	Newton (นิวตัน)	N	1 N = 1 kg m/s ²
Pressure, stress (แรงดัน, ความเครียด)	Pascal (ปาสกาล)	Pa	1 Pa = 1 N/m ²
Energy, work, heat	Joule (จูล)	J	1 J = 1 N m
Work, rate, efficiency, power, electric power	Watt (วัตต์)	W	1 W = 1 J/s
Quantity of electricity, electric charge	Coulomb (คูลอมบ์)	C	1 C = 1 A s
Voltage, potential, potential, electromotive force	Volt (โวลต์)	V	1 V = 1 J/C
Electrostatic capacity, capacitance	Farad (ฟารัด)	F	1 F = 1 C/V
(Electrical) resistance	Ohm (โอห์ม)	Ω	1 Ω = 1 V/A
(Electrical) conductance	Siemens (ซีเมนส์)	S	1 S = 1 Ω ⁻¹
Magnetic flux	Weber (เวเบอร์)	Wb	1 Wb = 1 V · s
Magnetic induction, magnetic flux density	Tesla (เทสลา)	T	1 T = 1 Wb/m ²
Inductance	Henry (เฮนรี่)	H	1 H = 1 Wb/A
Celsius temperature	Degree Celsius or degrees (องศาเซลเซียส หรือองศา)	°C	t °C = (t+273.15) K
Beam of light	Lumen (ลูเมน)	lm	1 lm = 1 cd · sr
Illumination intensity	lux (ลักซ์)	lx	1 lx = 1 lm/m ²

5. หน่วยที่เกิดจากหน่วยพื้นฐาน (Derived Unit)

หน่วยที่เกิดจากหน่วยพื้นฐาน สร้างขึ้นโดยการรวมหน่วยพื้นฐาน (Base unit) และหน่วยช่วย (Auxiliary unit) 19 หน่วย ซึ่งเป็นชื่อที่มีคุณลักษณะเฉพาะ (Characteristic name) หน่วยที่เกิดจากหน่วยพื้นฐาน (Derived unit) ประกอบด้วยระบบหน่วยที่มีความคงเส้นคงวา (Consistent unit system) และมีคุณลักษณะที่มีตัวสัมประสิทธิ์ไม่มากกว่า 1 เมื่อสร้างหน่วยใหม่ขึ้นมา

■ หน่วยพื้นฐานระบบ ST

ปริมาณที่วัด	ชื่อ	สัญลักษณ์
ความยาว	เมตร (meter)	m
มวล	กิโลกรัม (kilogram)	kg
เวลา	วินาที (second)	s
กระแสไฟฟ้า	แอมแปร์ (Ampere)	A
อุณหภูมิทางความร้อน	เคลวิน (kelvin)	K
จำนวนสาร	โมล (mole)	mol
ความสว่าง	แคนเดลา (Candela)	cd

■ หน่วยช่วยในระบบ ST (ST Auxiliary unit)

ปริมาณ	ชื่อ	สัญลักษณ์
มุมของระนาบ (Plane angle)	เรเดียน (radian)	Rad
มุมของแสง (Solid angle)	สเตอเรเดียน (Steradian)	Sr

6.ตารางอัตราส่วนการแปลงค่าเป็นหน่วย SI (SI Conversion Ration Table)

ปริมาณ (Quantity)	สัญลักษณ์หน่วยแปลงค่า (Previous unit symbol)	ชื่อหน่วย SI (SI unit name)	สัญลักษณ์หน่วย SI (SI unit symbol)	อัตราส่วนการแปลงค่าเป็นระบบ SI (Conversion ratio to SI)
Power (กำลัง)	kgf, kg	newton (นิวตัน)	N	9.806 65
Moment of force (โมเมนต์ของแรง)	kgf cm	newton.meter (นิวตัน เมตร)	N m	9.806 65x10 ⁻²
Pressure (แรงดัน)	kgf/cm ²	pascal (ปาสคาล)	Pa	9.806 65x10 ⁴
	mmHg		Pa	9.806 65
	atm		Pa	1.013 25 x 10 ⁵
	mmHg		Pa	1.333 22 x 10 ²
Stress (ความเครียด)	Kgf/mm ²		Pa or N/m ²	9.806 65 x 10 ⁶
Energy, work (พลังงาน)	kgf m	joule (จูล)	J	9.806 65
	cal		J	4.186 8
Watt, efficiency (กำลังงาน/ประสิทธิภาพ)	PS h	watt (วัตต์)	J	2.647 79 x 10 ⁻⁴
	kgf m/s		W	9.806 65
	cal/m/h		W	1.163 x 10 ⁻³
	PS		W	735.499
Quantity of heat (ปริมาณความร้อน)	cal	joule (จูล)	J	4.186 8
	cal		J	4.186 05 (Measurement method)
Specific heat (ความร้อนจำเพาะ)	cal/(kg·K)		J/(kg·K)	4.186 8 (IT calorie)
Entropy (เอนโทรปี)	cal/K	joule per kelvin (จูลต่อเคลวิน)	J/K	4.186 8 (IT calorie)
Specific entropy (เอนโทรปีจำเพาะ)	cal/(kg·K)	joule per kilogram per kelvin (จูลต่อกิโลกรัมต่อเคลวิน)	J/(kg·K)	4.186 8 (IT calorie)
Magnetic field strength (ความเข้มของสนามแม่เหล็ก)	Oe	ampere per meter (แอมแปร์ต่อเมตร)	A/m	10 ³ /4 π
Magnetic induction (การเหนี่ยวนำแม่เหล็ก)	Gs	tesla (เทสลา)	T	10 ⁻⁴
Magnetic flux (ฟลักซ์แม่เหล็ก)	Mx	weber (เวเบอร์)	Wb	10 ⁻⁸
Mole volume (ปริมาตรของโมล)	l/mol	cubic meter per mole (ลูกบาศก์เมตรต่อโมล)	m ³ /mol	10 ⁻³
Mole density (ความหนาแน่นของโมล)	mol/l	mole per cubic meter (โมลต่อลูกบาศก์เมตร)	mol/m ³	10 ³

■ คำอุปสรรคนำหน้า (Prefix)

Order of magnitude of unit (ลำดับขนาดของหน่วย)	Prefix (อุปสรรคนำหน้า)		Order of magnitude of unit (ลำดับขนาดของหน่วย)	Prefix (คำอุปสรรคนำหน้า)	
	Name (ชื่อ)	Symbol (สัญลักษณ์)		Name	Symbol
10 ¹⁸	exa (เอ็กซะ)	E	10 ¹	decenti (เดซีเซ็น)	d
10 ¹⁵	peta (เพตะ)	P	10 ²	centi (เซนติ)	c
10 ¹²	tera (เทระ)	T	10 ³	milli (มิลลิ)	m
10 ⁹	giga (จิกกะ)	G	10 ⁶	micro (ไมโคร)	μ
10 ⁶	mega (เมกกะ)	M	10 ⁹	nano (นาโน)	n
10 ³	kilo (กิโล)	k	10 ¹²	pico (พิโก)	p
10 ²	hecto (เฮกโต)	h	10 ¹⁵	femto (เฟมโต)	f
10	deka (เดกะ)	da	10 ¹⁸	atto (แอตโต)	a

