บทที่ ๑
หลักการและโครงสร้างของเครื่องยนต์ ลูกสูบ

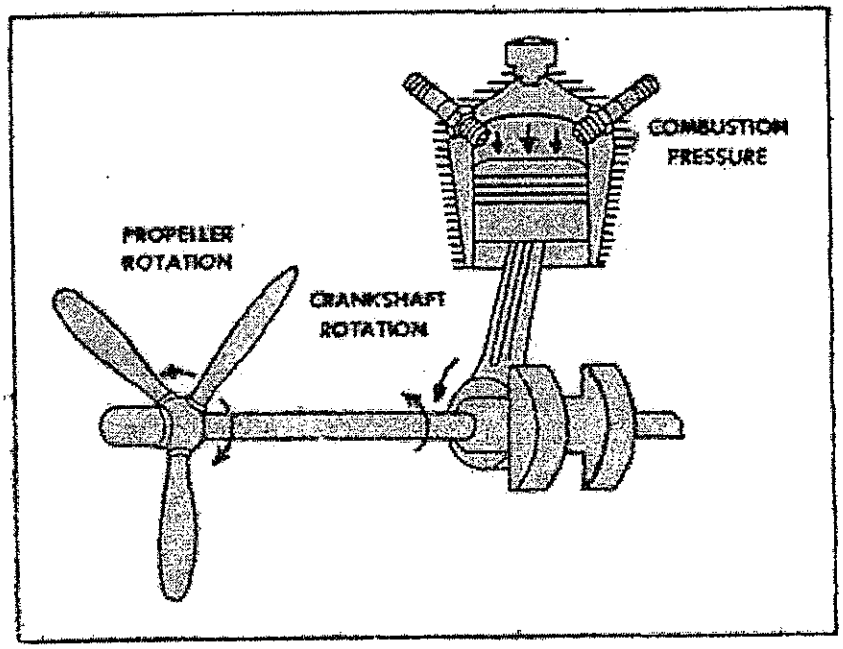
ความมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้ นทน. เข้าใจหลักการทำงานและโครงสร้างเครื่องยนต์ลูกสูบ

๑. คำจำกัดความและกล่าวโดยทั่วไป

๑.๑ การศึกษาเรื่อง เครื่องยนต์ลูกสูบ เริ่มต้นด้วยคำจำกัดความของคำว่า "เครื่องยนต์สันดาปภายใน" (INTERNAL COMBUSTION ENGINE) การสันดาปภายใน เป็นกรรมวิธีที่เกิดขึ้นโดยส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศเผาไหม้ภายในห้องสันดาปซึ่งทำให้เกิดพลังงานขึ้นและสามารถนำพลังงานนี้มาใช้ได้โดยตรง การสันดาปชนิดนี้ตรงข้ามกับการสันดาปภายนอก (EXTERNAL COMBUSTION) เช่นที่เกิดจากเครื่องจักรไอน้ำ โดยทำให้น้ำเดือดภายในช่องว่างอันหนึ่ง แล้วส่งไอน้ำผ่านไปยังอีกช่องว่างหนึ่งเพื่อส่งกำลังออกไป คำว่า "เครื่องยนต์" (ENGINE) แปลความหมายได้ว่า เป็นเครื่องจักรกล (MACHINE) ซึ่งพลังงานความร้อน (เกิดจากการเผาไหม้ของก๊าซ) ถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกล

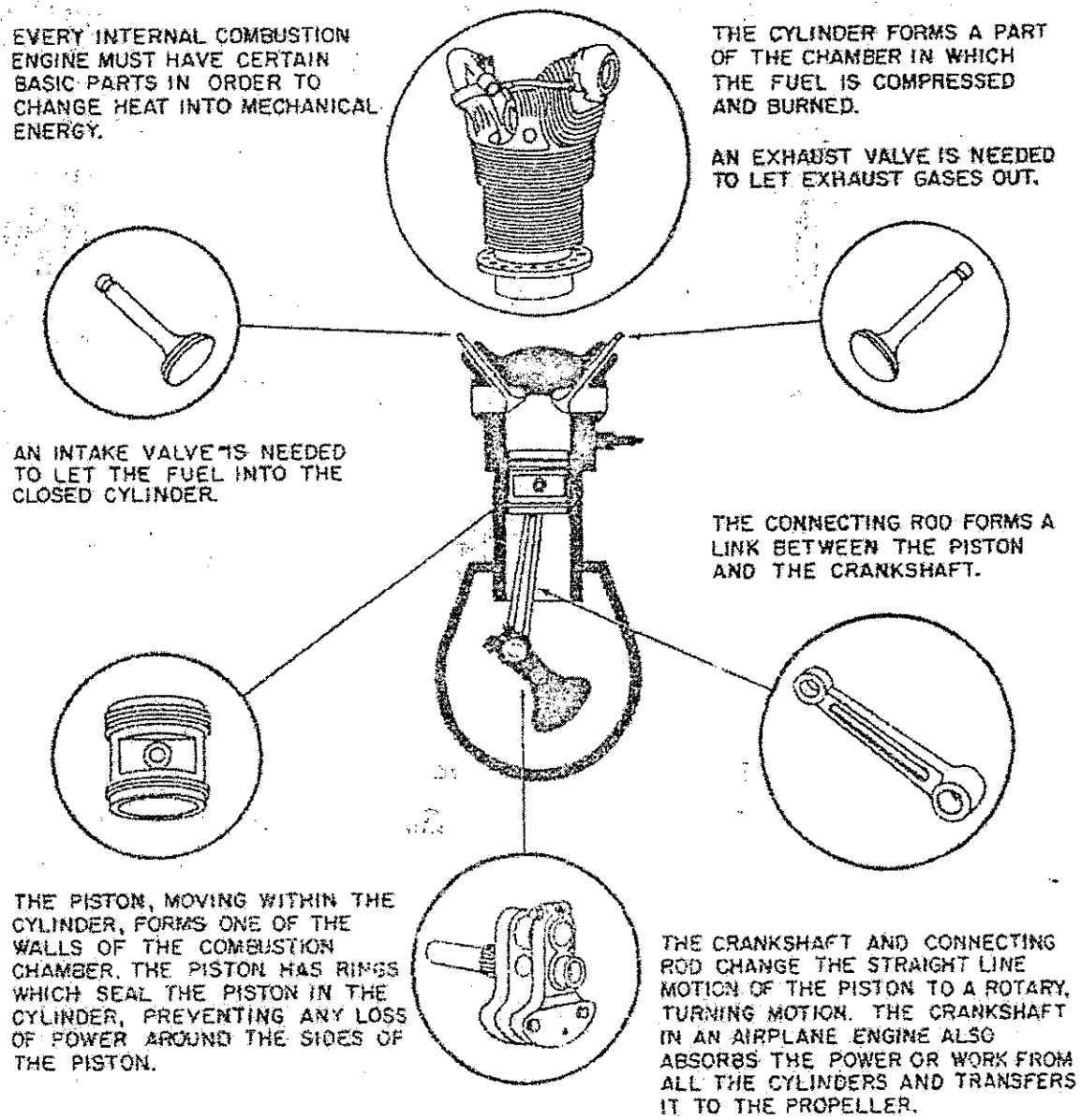
๑.๒ เครื่องยนต์ที่ใช้ในอากาศยานแบ่งออกเป็นสองชนิดใหญ่ ๆ คือ เครื่องยนต์ ลูกสูบ ซึ่งกล่าวถึงในคู่มือศึกษาเล่มนี้ และเครื่องยนต์เทอร์โบเจ๊ต (TURBOJET) ซึ่งจะอธิบายในคู่มืออีกเล่มหนึ่ง

๑.๓ เครื่องยนต์ ลูกสูบ คือ เครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ของก๊าซ ทำให้เกิดความดันซึ่งจะดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่กลับไปกลับมาใน กระบอกสูบ แล้วเปลี่ยนการเคลื่อนที่ กลับไปกลับมา ของลูกสูบมาเป็นการหมุนโดยใช้เพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT) ซึ่งเชื่อมต่อไปยังใบพัด (ภาพ ๑ - ๑)



รูปที่ ๑-๑ การทำงานของเครื่องยนต์มูลฐาน

๑.๔ ทฤษฎีเบื้องต้นของการทำงานของเครื่องยนต์ ลูกสูบนั้นเป็นที่รู้จักกันมาตั้งแต่เมื่อศตวรรษที่สิบห้า จนกระทั่งในปี ๑๘๖๒ โบเดอโรชาส (BEAU DE ROCHAS) ได้ตั้งกฎเกณฑ์การทำงานของเครื่องยนต์ขึ้นดังที่เรารู้จักกันทุกวันนี้ ออตโตแห่งเยอรมัน (OTTO OF GERMANY) เป็นผู้สร้างเครื่องยนต์เครื่องแรกที่ทำงานตามหลักการของโรซาร์ ดังนั้นจึง เรียกการทำงานของเครื่องยนต์ ลูกสูบสมัยใหม่ว่าทำงานแบบวัฏจักรออตโต (OTTO CYCLE) การทำงานของ วัฏจักรแบบเดียวกันนี้มีทั้งในเครื่องยนต์ของเครื่องบินฝึกเล็ก ๆ และทั้งในเครื่องยนต์ของเครื่องบินใหญ่ เช่น C – 124 C – 97 เป็นต้น



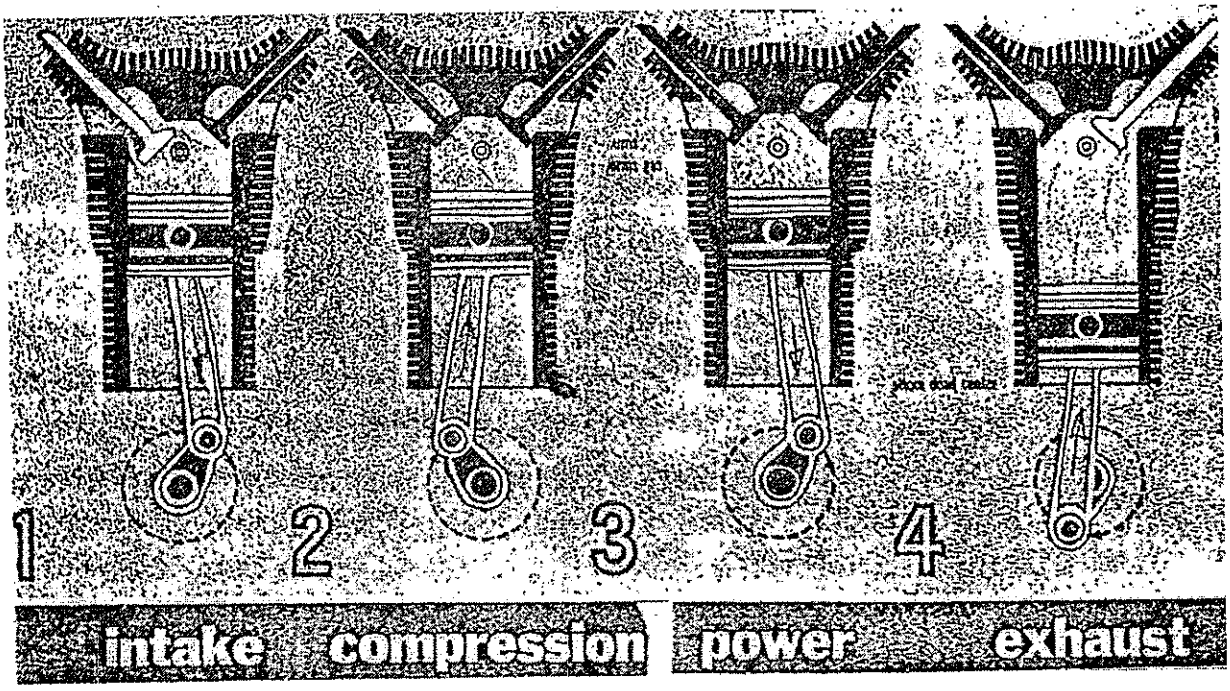
ภาพที่ ๑ – ๒ (BASIC PARTS OF RECIPROCATING ENGINE)

๑.๕ ภาพ ๑ – ๒ แสดงชิ้นส่วนเครื่องกลขั้นมูลฐานที่ใช้ในเครื่องยนต์ลูกสูบ

๒. คำจำกัดความเกี่ยวกับเครื่องยนต์แบบสี่ช่วงชักห้าปรากฏการณ์ในหนึ่งวัฏจักร

(DEFINITION OF TERMS - FOUR STROKE FIVE EVENT CYCLE)

๒.๑ ช่วงชัก (STROKE) คือ การเคลื่อนที่ของลูกสูบในกระบอกสูบจากปลายสุดด้านหนึ่งไปยังปลายสุดอีกด้านหนึ่งของกระบอกสูบ จะเคลื่อนจากข้างล่างขึ้นข้างบน หรือจากข้างบนไปข้างล่างก็ได้ แต่ละช่วงชักทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไป ๑๘๐° ช่วงชักทั้งสี่ที่จะกล่าวถึงตามลำดับคือ ดูด อัด กำลังจะคาย



รูป ๑ - ๓ ช่วงชักไอดี ,ความอัด ,กำลัง , และช่วงชักไอเสีย

ภาพที่ ๑ - ๓ INTAKE , COMPRESSION , POWER ,EXHAUST.

๒.๒ ปรากฏการณ์ (EVENT) คือเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ ปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นตามลำดับคือ ดูด อัด จุดระเบิด กำลัง และคาย ปรากฏการณ์ดูด และปรากฏการณ์คายเริ่มต้นด้วยการเปิดและสิ้นสุดด้วยการปิดของลิ้นที่ทำหน้าที่ทั้งสอง เหตุการณ์จุดระเบิดเป็นเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นโดยรวดเร็วฉับพลัน อย่างไรก็ตามในกระบวนการเผาไหม้นี้ก็กินเวลาพอที่จะให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปหลายองศาทีเดียว ส่วนการเริ่มต้นและการสิ้นสุดของปรากฏการณ์อัด และปรากฏการณ์กำลังไม่อาจจะบ่ง ให้แน่นอนได้เหมือนกับปรากฏการณ์อื่นๆ ซึ่งจะกล่าวถึงอีกภายหลัง

๒.๓ วัฏจักร (CYCLE) คือการครบรอบของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำอีก จากคำจำกัดความที่กล่าวมาแล้ว จะช่วยให้เห็นได้ว่าวัฏจักรแต่ละรอบจะต้องมีสิ่งช่วงชัก ห้าปรากฏการณ์เพลาข้อเหวี่ยงต้องหมุน ๗๒๐ องศา และสิ่งเหล่านี้จะเกิดขึ้นซ้ำแล้วซ้ำเล่าในแต่ละกระบอกสูบของเครื่องยนต์

๓. การทำงาน ภาพ ๑ - ๓

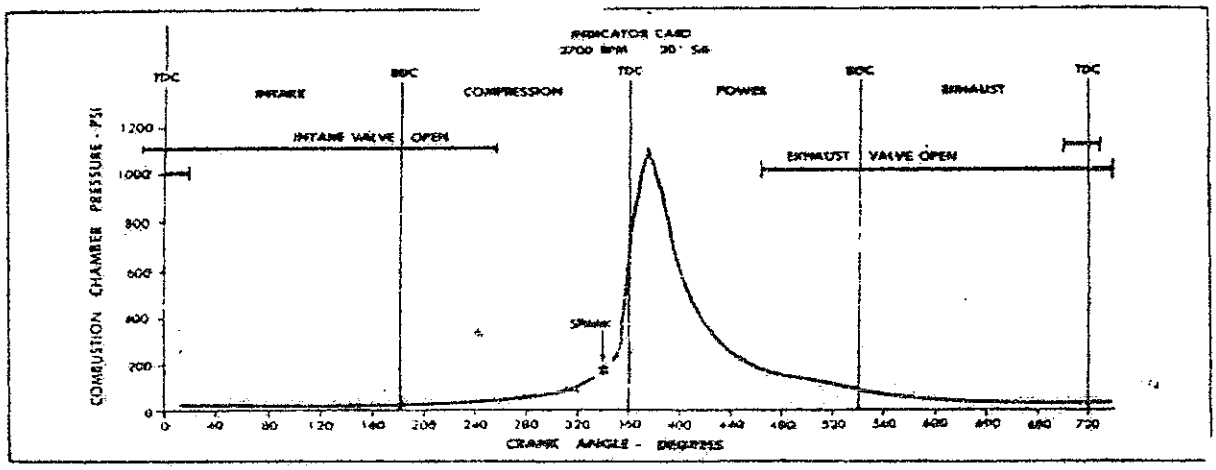
๓.๑ ช่วงชักไอดี (INTAKE STROKE)

เมื่อลูกสูบเคลื่อนลงมายังส่วนล่างของกระบอกสูบ (เคลื่อนไปยังเรือนเพลาข้อเหวี่ยง CRANKCASE) จะเกิดความดันต่ำหรือเกิด "การดูด" ขึ้นในกระบอกสูบ ซึ่งทำให้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศถูกดูดเข้าไปในกระบอกสูบ ประกอบกับที่ความดันในท่อไอดีสูง จึงช่วยส่งส่วนผสมให้เข้าในกระบอกสูบได้สะดวกขึ้น ส่วนผสมของอากาศและเชื้อเพลิงจะไหลเข้าไปด้วยความเร็วสูง (๒๕๐ ถึง ๓๐๐ ฟุต ต่อวินาทีเป็นอย่างสูง) และเนื่องจากส่วนผสมมีน้ำหนักจึงเกิดมีความเฉื่อยพอสมควร ผลของความเฉื่อยจะทำให้เชื้อเพลิงและอากาศอัดตัวเป็นกลุ่ม (PACK) ภายในกระบอกสูบ ลิ้นไอดีคงเปิดอยู่จนกระทั่งลูกสูบผ่านศูนย์ตายล่างของช่วงชักไอดี เพื่อให้ส่วนผสมที่อัดตัวกันนี้ได้มีโอกาสไหลเข้าสู่กระบอกสูบเป็นจำนวนมากขึ้น

ตัวอย่าง เช่น ลิ้นไอดีของ R - 4360 - 63 จะปิดเมื่อ ๖๐ องศา หลังศูนย์ตายล่าง

๓.๒ ช่วงชักความอัด (COMPRESSION STROKE)

ระหว่างช่วงชักนี้ ลูกสูบจะเคลื่อนขึ้นสู่ด้านบนของกระบอกสูบ ทำให้เชื้อเพลิงกับอากาศ ถูกอัดเป็นปริมาตรเล็กเข้า ก่อนจะถึงศูนย์ตายบนสองสามองศา (ในเครื่องยนต์ทั่วไปราว ๑๐°) ส่วนผสมนี้จะถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ผ่านข้ามระยะเว้นของเขี้ยวหัวเทียนสองหัว ซึ่งติดตั้งอยู่ที่หัวกระบอกสูบ (ภาพ ๑ - ๔) ประกายไฟนี้จะต้องจุดตามกำหนดเวลาที่แน่นอน ถ้าการจุดระเบิดช้าหรือเร็วเกินไปจะทำให้เครื่องยนต์เสียกำลัง การสันดาปซึ่งเกิดจากการจุดระเบิดตามปกติถึงแม้จะเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว ก็ไม่รุนแรงเหมือนดังกับระเบิดแบบวิปริต เพราะการสันดาปต้องการใช้เวลาเพียงเสี้ยวของวินาที



รูปที่ ๑ - ๔ การเปลี่ยนแปลงความดันตามปกติในห้องสันดาประหว่างช่วงชักกำลัง

ภาพ ๑ - ๔ NORMAL VARIATION OF COMBUSTION CHAMBER PRESSURE DURING POWER CYCLE.

ในขณะที่เพลาข้อเหวี่ยงอาจหมุนไปได้ถึง ๒๕ ถึง ๕๐ องศา ความดันสูงสุด (PEAK PRESSURE) จะเกิดขึ้นภายในสองสามองศาที่ถูกลูกสูบผ่านตำแหน่งศูนย์ตายบน ตัวประกอบเกี่ยวข้องกับตำแหน่งของความดันสูงสุด จะกล่าวถึงต่อไปภายใต้หัวข้อเรื่องการทำงานและสมรรถนะของเครื่องยนต์

๓.๓ **ช่วงชักกำลัง** (POWER STROKE)

ในช่วงชักนี้ ความดันซึ่งเกิดจากการขยายตัวของก๊าซจะดันลูกสูบให้เคลื่อนที่ลงภายในกระบอกลูกสูบ และส่งกำลังไปยังเพลาข้อเหวี่ยง ความดันนี้จะลดลงอย่างรวดเร็ว เนื่องจากปริมาตรของกระบอกสูบเพิ่มขึ้น ลิ้นไอเสียจะเปิดหลายองศาก่อนศูนย์ตายล่าง เพื่อปล่อยให้ก๊าซที่เผาไหม้แล้วผ่านออกไปทางท่อไอเสียของเครื่องยนต์ (ภาพ ๑ - ๔) (การให้ลิ้นไอเสียเปิดก่อนเป็นการช่วยให้เกิดการระบายความร้อนในเครื่องยนต์ ป้องกันมิให้ความร้อนที่ใช้แล้วถูกถ่ายเทไปยังผนังกระบอกสูบ) ลิ้นไอเสียภายในเครื่องยนต์ R - 4360 - 63 A ถูกกำหนดให้เปิดที่ ๗๐ องศาก่อนศูนย์ตายล่าง

๓.๔ **ช่วงชักไอเสีย** (EXHAUST STROKE)

ในระหว่างช่วงชักไอเสียลูกสูบจะเคลื่อนขึ้นด้านบนและดันเอาไอเสียออกทางท่อไอเสียในขณะที่ลูกสูบเคลื่อนตัวมาใกล้ศูนย์ตายบนลิ้นไอดีก็จะเปิด ซึ่งทำให้ลิ้นทั้งคู่เปิดในเวลาเดียวกัน ในเครื่องยนต์แบบ R - 4360 - 63 A ลิ้นไอดีจะเปิดที่ ๓๖ องศา ก่อนศูนย์ตายบนของช่วงชักไอเสีย และลิ้นไอเสียจะปิดที่ ๒๖ องศา ภายหลังศูนย์ตายบนของช่วงชักไอดี (ภาพ ๔) สภาพเช่นนี้เรียกว่า "ลิ้นเลื่อมกัน" (VALVE OVERLAP) การเหลื่อมของลิ้นวัดเป็นจำนวนองศาของการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงและมีประโยชน์ดังต่อไปนี้

๓.๔.๑ <u>การระบายความร้อนกระบอกสูบได้ดีขึ้น</u> การไหลเข้าของอากาศและเชื้อเพลิงที่เย็นจะช่วยระบายความร้อนให้กระบอกสูบโดยเฉพาะก็คือระบายความร้อนให้แก่ลิ้นไอเสียเป็นอันดับแรก

๓.๔.๒ <u>ไล่ก๊าซเสียภายในกระบอกสูบได้ดีขึ้น</u> ความดันสูงที่เกิดขึ้นในระบบนำไอดีทำให้ก๊าซเสียถูกขับออกได้มากขึ้น ดังนั้นไอดีจึงเข้าไปในกระบอกสูบได้มากขึ้น ทำให้ "ประสิทธิภาพทางปริมาตร" (VOLUMETRIC EFFICIENCY) ของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ผลดีที่ได้จากลิ้นเหลื่อมกันนี้ เกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีความดันในระบบไอดีสูงกว่าความดันในระบบไอเสียเท่านั้น อย่างไรก็ดีในขณะที่เครื่องเดินเบา ความดันในท่อไอดีจะต่ำกว่าความดันในระบบไอเสีย ดังนั้นลิ้นเหลื่อมกันในช่วงนี้จึงทำให้ไอดีที่เข้ามาผสมกับก๊าซไอเสียเกิดความเจือจางขึ้น ฉะนั้นส่วนผสมเดินเบา (IDLING MIXTURE) ซึ่งจ่ายจากคาร์บูเรเตอร์จึงต้องหนาเป็นพิเศษเพื่อชดเชยกับการเจือจางที่เกิดขึ้น นั่นก็คือ ส่วนผสมของไอดีในกระบอกสูบจะหนากว่าอัตราส่วนที่ห้ำลังดีสุด (BEST POWER) เพียงเล็กน้อย (อัตราส่วนของส่วนผสมจะอธิบายภายหลัง)

๓.๕ **ลำดับการจุดและองศาระหว่างการเคลื่อนจุด** (FIRING ORDER AND DEGREE BETWEEN FIRING IMPULSE)

เท่าที่ผ่านมาแล้ว เราได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบอกสูบลูกหนึ่งของเครื่องยนต์ในวัฏจักรที่สมบูรณ์หนึ่งรอบ (เพลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบสอง) แต่จงจำไว้ว่ากระบอกสูบแต่ละลูกในเครื่องยนต์นั้นจะมีลำดับการ

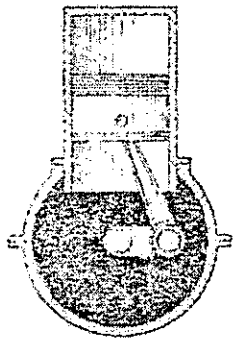
ทำงานเหมือนกันในขณะที่ เครื่องยนต์หมุนครบวัฏจักร ลำดับที่กระบอกสูบได้รับการเคลื่อนที่จุด คือ "ลำดับการจุด" (FIRING ORDER) ของเครื่องยนต์ จำนวนองศาที่เพลาข้อเหวี่ยงหมุนไประหว่างการเคลื่อนที่จุดขึ้นอยู่กับจำนวนกระบอกสูบในเครื่องยนต์ เนื่องจากกระบอกสูบทุกลูกในเครื่องยนต์จะทำงานครบวัฏจักรก็ต่อเมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนครบสองรอบ ดังนั้นจำนวนองศาระหว่างการเคลื่อนที่จุดจึงสามารถกำหนดได้ง่าย คือหาร ๗๒๐ องศา ด้วยจำนวนกระบอกสูบ

ตัวอย่าง เครื่องยนต์ R- 2800 ติดตั้งกับอากาศยานแบบ C- 131 มี ๑๘ กระบอกสูบ

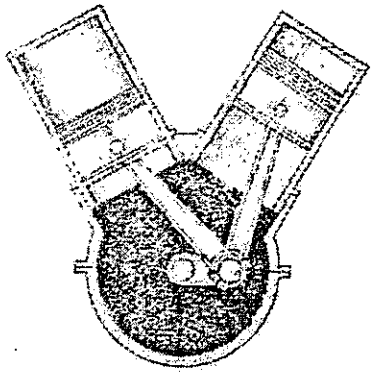
$720/18 = 40^{\circ}$ ระหว่างการเคลื่อนจุด

เครื่องยนต์ R- 4360 ในอากาศยานแบบ C- 124 มี ๒๘ กระบอกสูบ

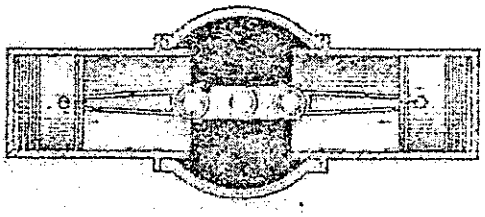
$720/28 = 25\ 5/7^{\circ}$ ระหว่างการเคลื่อนที่จุด



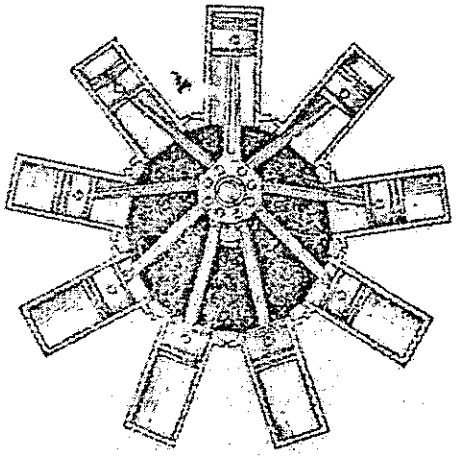
IN-LINE



V-TYPE



OPPOSED



RADIAL

รูปที่ 1-5 การจัดวางรูปกระบอกสูบ

๔. ชนิดต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ลูกสูบ

๔.๑ เราอาจแยกชนิดของเครื่องยนต์ลูกสูบได้หลายวิธี

- วิธีระบายความร้อน
  - (ก) ใช้ของเหลว (ETHYLENE SLYCOL)
  - (ข) ใช้อากาศ
- จำนวนของช่วงชักต่อวัฏจักร
  - (ก) แบบ ๒ ช่วงชัก
  - (ข) แบบ ๔ ช่วงชัก
- ลักษณะการวางรูปกระบอกสูบ
  - (ก) กระบอกสูบเรียงกันในแนวนอน (in - line)
  - (ข) กระบอกสูบรูปตัววี (V – TYPE)
  - (ค) กระบอกสูบยันกัน (OPPOSED)
  - (ง) กระบอกสูบรูปดาว (RADIAL)

๔.๒ เพื่อความสะดวกในการศึกษา เราจะแบ่งชนิดของเครื่องยนต์ตามลักษณะการวางรูปกระบอกสูบ (ตามภาพ ๑ - ๕) ปัจจุบันนี้กองทัพอากาศใช้เครื่องยนต์ลูกสูบแบบรูปดาวและแบบยันกันเท่านั้น แบบยันกันนั้นใช้ในอากาศยานธุรการขนาดเล็ก และในบริภัณฑ์ภาคพื้นเท่านั้น

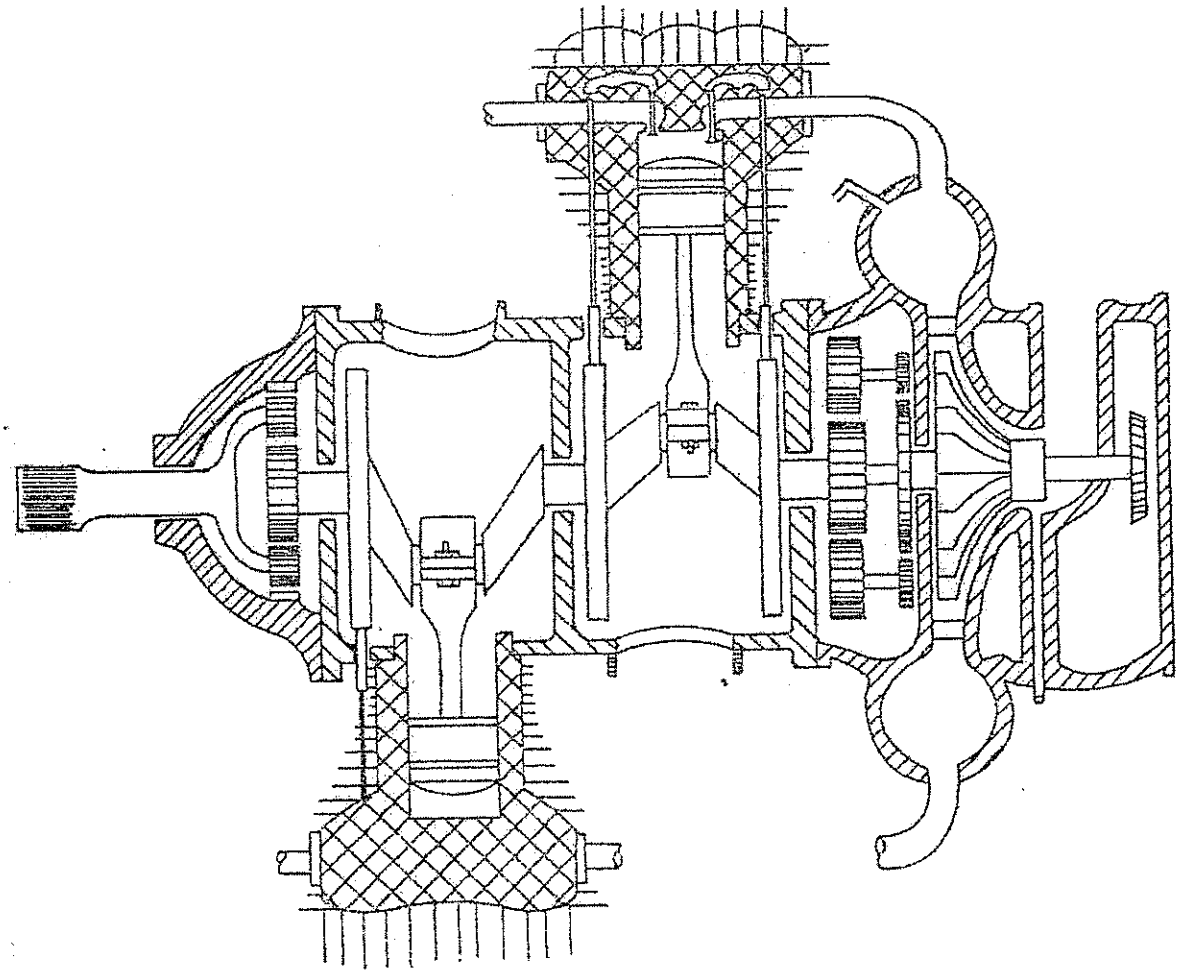
๔.๓ อากาศยานและเฮลิคอปเตอร์ขนาดเบานิยมใช้เครื่องยนต์แบบกระบอกสูบยันกัน ซึ่งสร้างขึ้นมีขนาดกำลังตั้งแต่ต่ำกว่า ๑๐๐ จนถึงมากกว่า ๔๐๐ แรงม้า เครื่องยนต์ประเภทนี้มีประสิทธิภาพมากเป็นแบบที่ไว้วางใจได้ และประหยัดเหมาะสำหรับอากาศยานขนาดเบา เครื่องยนต์แบบกระบอกสูบยันกันนี้ปกติจะมีสี่กระบอกสูบหรือหกกระบอกสูบติดตั้งในแนวนอน ความดีเด่นของเครื่องยนต์แบบนี้ คือ

๑. มีอัตราส่วนน้ำหนักต่อกำลังม้าต่ำ

๒. รูปลักษณะของมันทำให้การทำกระโปรงครอบเครื่องยนต์เป็นรูปเพรียวลมได้ง่ายขึ้น

๓. การสั่นสะเทือนอาจนับได้ว่าไม่มี

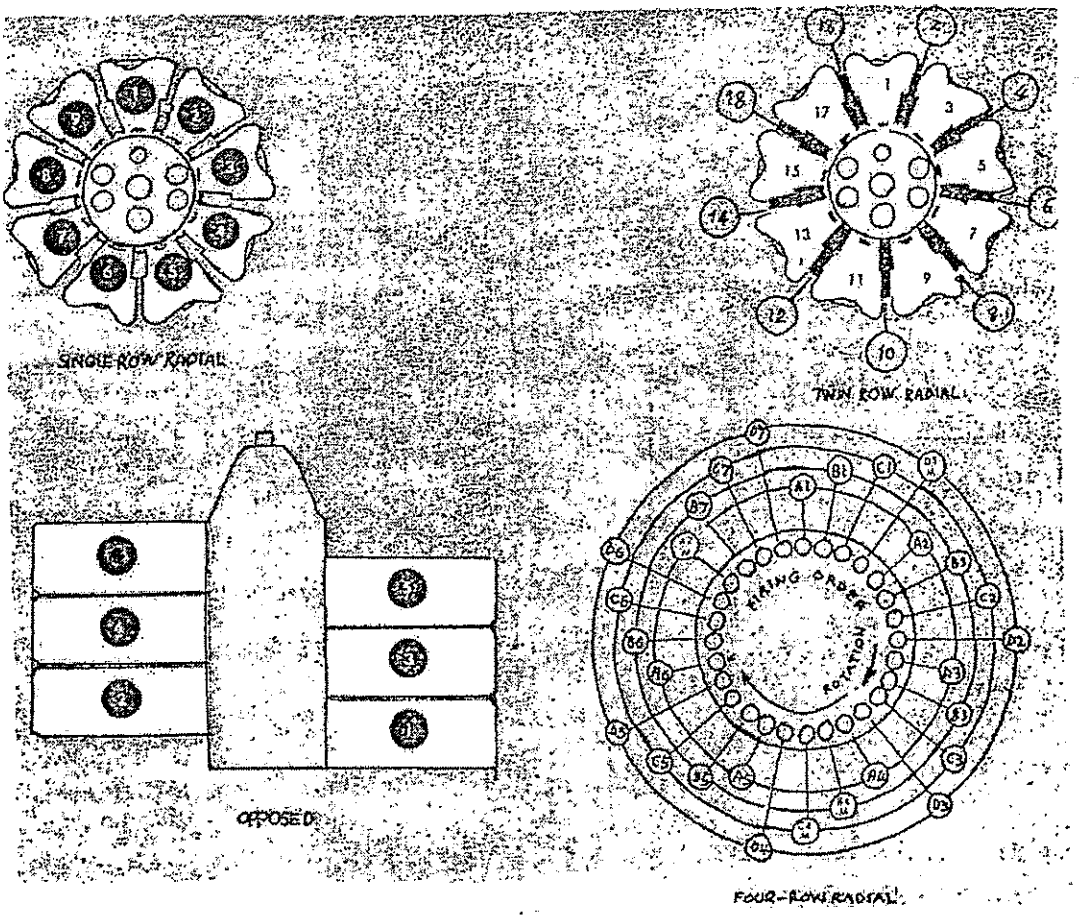
๔.๔ เครื่องยนต์สูบดาวเป็นเครื่องยนต์ที่นิยมใช้ติดตั้งกับอากาศยานมากที่สุด เพราะมีอัตราส่วนน้ำหนักต่อกำลังม้าต่ำที่สุดในบรรดาเครื่องยนต์แบบลูกสูบทั้งหลาย แต่ข้อเสียที่สำคัญ คือ มีแรงต้านทานมากกว่าเพราะมีพื้นที่หน้าตัดใหญ่ กองทัพอากาศใช้เครื่องยนต์สูบดาวแบบแถวเดียว แถวคู่ และแบบสี่แถว คือ



รูปที่ ๑ – ๖ เครื่องยนต์สูบดาวชนิดสองแถว

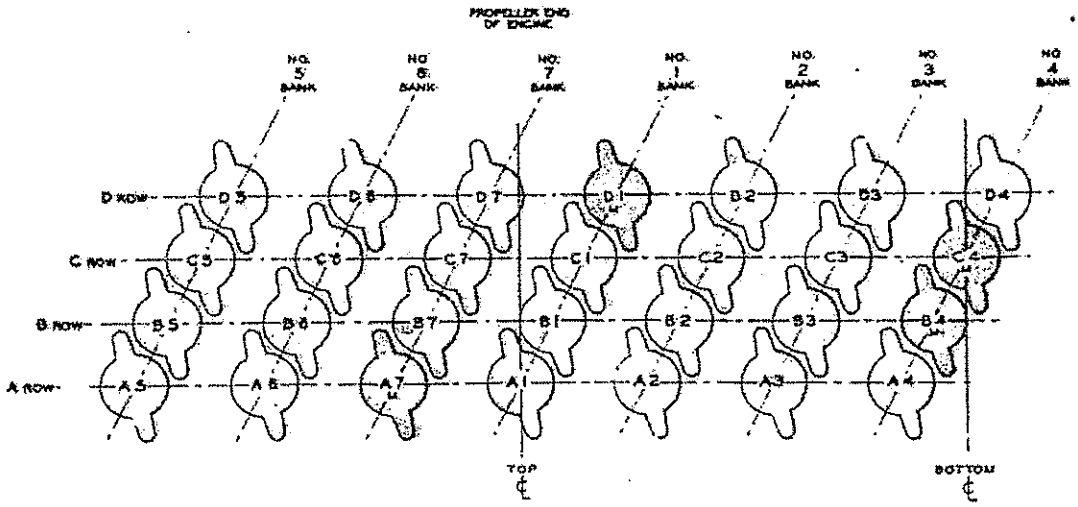
๑. เครื่องยนต์สูบดาวแบบแถวเดียว มีกระบอกสูบเป็นจำนวนคี่ เรียงลำดับไปตามรัศมีวงกลมนับจากเส้นผ่านกลางเพลาข้อเหวี่ยง ปกติจะมีกระบอกสูบอยู่เจ็ดหรือเก้ากระบอกติดตั้งเว้นระยะห่างเท่าๆ กันและอยู่ในระนาบเดียวกัน โดยให้ลูกสูบทุกลูกติดตั้งอยู่กับข้อเหวี่ยงอันเดียวกัน การนับหมายเลขกระบอกสูบนับตามเข็มนาฬิกามองจากข้างหลัง ตั้งแต่หนึ่งถึงเจ็ดหรือเก้า

๒. เครื่องยนต์สูบดาวแบบสองแถว ก็เหมือนกับเอาเครื่องยนต์สูบดาวแถวเดียวสองเครื่องมาเชื่อมติดกับเพลาข้อเหวี่ยงอันเดียวกัน (ดูภาพ ๑-๖) กระบอกสูบจะติดตั้งเป็นรัศมีวงกลมสองแถว แต่ละแถวมีจำนวนกระบอกสูบเป็นจำนวนคี่ ปกติจะมีกระบอกสูบทั้งหมด ๑๔ ถึง ๑๘ ลูกโดยมีกระบอกสูบติดตั้งเยื้องสลับกับบนเพดานข้อเหวี่ยง การนับหมายเลขกระบอกสูบนับตามเข็มนาฬิกามองจากด้านหลังโดยให้กระบอกสูบแถวหน้าเป็นหมายเลขคู่ และกระบอกสูบแถวหลังเป็นหมายเลขคี่ (ดูภาพ ๑-๗)



รูปที่ ๑-๗ การนับหมายเลขกระบอกสูบของเครื่องยนต์

๓. เครื่องยนต์ R -4360 เป็นเครื่องยนต์แบบสูบดาวสี่แถว ประกอบด้วยกระบอกสูบ ๒๘ กระบอกสูบ แต่ละแถวมีชื่อตามอักษร A ถึง D นับจากหลังมาหน้า แต่ละแถวมีเจ็ดกระบอกสูบ (ดูภาพ ๑-๘) ถ้านับตามแถวตอนก็จะมีกระบอกสูบอยู่เจ็ดแถว แต่ละตอนจะนับจากด้านหลังมายังด้านหน้าของเครื่องยนต์ ตัวอย่างเช่น แถวตอนหมายเลขหนึ่งประกอบด้วยกระบอกสูบ A-1,B-1,C-1,D-1



รูปที่ ๑-๘ การวางรูปและการนับหมายเลขกระบอกสูบของ R-4360

● ตาราง ๑-๑ แสดงรายละเอียดของเครื่องยนต์สูบดาว ที่ใช้ทั่วไปในกองทัพอากาศอีกบางชนิด

เครื่องยนต์	จำนวนกระบอกสูบ	ชนิดเครื่องยนต์	กำลังม้า	อากาศยาน
R-1830	14	2-แถว	1200	C-47
R-2000	14	2-แถว	1450	C-54
R-2800	18	2-แถว	2500	T-29,C-123 C-118,C-131
R-3350	18	2-แถว	3250	C-121
R-4360	28	4-แถว	3750	C-124,C-97 C-119, KB-50

ตาราง ๑-๑ COMMON RADIAL ENGINE

๔.๕ ปรากฏการณ์จุดระเบิดซึ่งเกิดขึ้นในแต่ละกระบอกสูบจะถูกจุดให้ระเบิดตามลำดับที่ตั้งไว้ เรียกว่าลำดับการจุดและถูกลำดับไว้เป็นหมายเลขกระบอกสูบ

● ในเครื่องยนต์สูบดาวแถวเดียว กระบอกสูบหมายเลขคี่ทั้งหมดจุดก่อนแล้วกระบอกสูบหมายเลขคู่จึงจุดตามลำดับกันเช่น

ตัวอย่าง ลำดับการจุดของเครื่องยนต์ที่มี ๙ กระบอกสูบ เป็นดังนี้ คือ ๑ – ๓ – ๕ – ๗ – ๙ – ๒ – ๔ – ๖ - ๘

● ลำดับการจุดของเครื่องยนต์สูบดาวสองแถวก็คล้ายกับเครื่องยนต์แบบแถวเดียวสองชุดมารวมกันนั่นเอง เพื่อให้เกิดกำลังสมดุล กระบอกสูบจะจุดสลับกันไประหว่างแถวหลังและแถวหน้า ดูจากภาพ ๑-๖ เพลาข้อเหวี่ยงหมุนสองรอบ (ตรงที่ติดกับก้านสูบ) ทำมุม ๑๘๐ องศาซึ่งกันและกัน ด้วยเหตุนี้กระบอกสูบ ในแถวหน้าและแถวหลังจะจุดสลับกันไป ทำมุมซึ่งกันและกันมากกว่า ๑๘๐ องศาเล็กน้อย (ตามที่เป็นจริง ในเครื่องยนต์บางชนิดทำมุมเท่ากับ ๑๘๐ องศาบวกกับครึ่งหนึ่งของจำนวนองศาระหว่างการจุด)

ตัวอย่าง เครื่องยนต์แบบสูบดาวสองแถว ๑๘ กระบอกสูบ ถ้ากระบอกสูบหมายเลขหนึ่งจุดก่อน(แถวหลัง) กระบอกสูบหมายเลข ๑๒ จะจุดเป็นกระบอกถัดไป (แถวหน้า) ต่อไปจะเป็นหมายเลข ๕ ฯลฯ แต่ละแถวจะจุดเหมือนกับในเครื่องยนต์แถวเดี่ยว (คือจุดหนึ่งกระบอกสูบเว้นหนึ่งกระบอกสูบสลับกัน) จะต่างกันก็แต่ลำดับการจุด จะเปลี่ยนไปในระหว่างแถวหน้ากับแถวหลัง ฉะนั้นลำดับการจุดจะเป็นดังนี้ คือ ๑ – ๑๒ – ๕ – ๑๖ – ๙ – ๒ – ๑๓ -๖ – ๑๗ – ๑๐ – ๓ – ๑๔ – ๗ – ๑๘ – ๑๑ – ๔ – ๑๕ - ๘ (ภาพ ๒-๗)

<u>หมายเหตุ</u> การนับให้เริ่มต้น ระบอกสูบที่ ๑ ก่อนแล้วให้ + ๑๑ แล้วต่อไป - ๗ ถ้า + ๑๑ แล้วเกินให้เอา - ๗ แทน

๕. เรือนเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKCASE)

๕.๑ เรือนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ก็คือ เรือนที่ห่อหุ้มเครื่องกลไกต่างๆ ที่ล้อมรอบเพลาข้อเหวี่ยง ดังนั้นจึงเป็นชิ้นส่วนหลักของเครื่องยนต์ หน้าที่ของเรือนเพลาข้อเหวี่ยงมีดังนี้

๕.๑.๑ บรรจุรองลื่น (BEARING) ซึ่งมีเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปรอบๆ

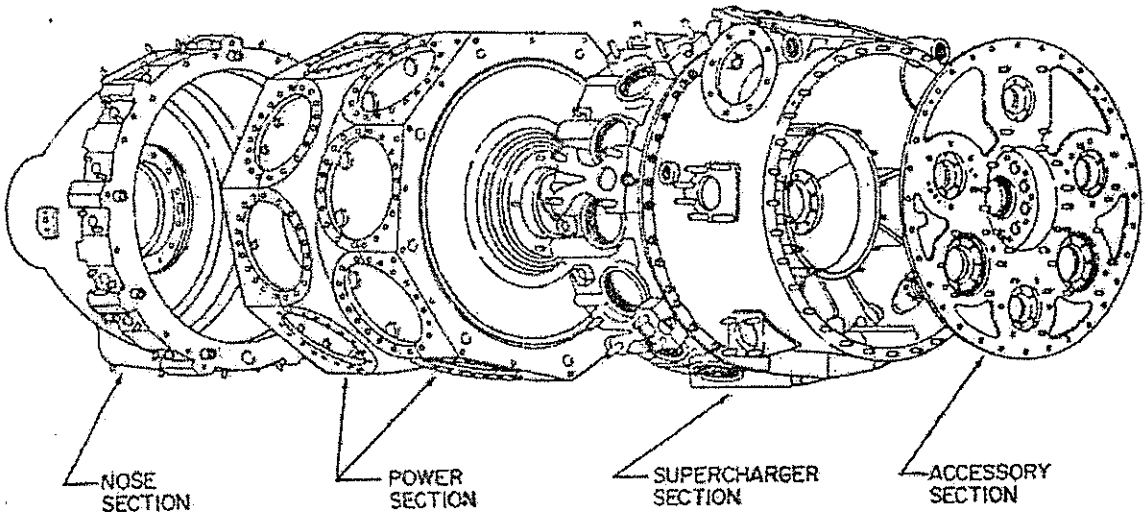
๕.๑.๒ เป็นที่บรรจุน้ำมันหล่อลื่น

๕.๑.๓ เป็นเรือนรองรับกลไกต่างๆ ทั้งภายในและภายนอกเครื่องยนต์ทั้งหมด

๕.๑.๔ เป็นเรือนรองรับสำหรับติดตั้งกระบอกสูบ

๕.๑.๕ เนื่องจากมีความแข็งแรง และความแข็งแกร่งจึงช่วยมิให้เพลาข้อเหวี่ยงและรองลื่นเสียศูนย์

๕.๒ เรือนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์สูบดาว (ภาพ ๑-๙) โดยปกติจะมีส่วนสำคัญอยู่สี่ส่วนแต่ก็ไม่แน่เสมอไป



รูปที่ ๑-๙ เรือนเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์สูบดาว

• **ส่วนหน้า** (NOSE SECTION) ปกติทำด้วยอลูมินัมผสม มีรูปคล้ายรูประฆัง ยึดติดกับส่วนกำลังด้วยสลักเกลียวปล่อย (STUD) โดยทั่วไปส่วนนี้จะเป็นส่วนรองรับรองลื่นเพลาใบพัด (PROPELLER THRUST BEARING) ชุดประกอบเครื่องปรับมุมใบพัด (PROPELLER GOVERNOR) ชุดเฟืองหดใบพัด (PROPELLER REDUCTION GEAR) ในเครื่องยนต์ขนาดใหญ่จะติดตั้งเครื่องมือวัดแรงบิดไว้ด้วย (TORQUE - MEASURING DEVICE) ส่วนหน้านี้เป็นที่ติดตั้งช่องหายใจเรือนเพลาข้อ

เหวี่ยง สูบกระปุกน้ำมันตก (OIL SUMP PUMP) แม็กนีโต และจานจ่ายไฟ ผลดีของการติดตั้งแม็กนีโตไว้ที่ส่วนหน้า คือระบายความร้อนได้ดีขึ้นเพราะ เมื่อแม็กนีโตติดตั้งอยู่ที่ส่วนหน้าของเครื่องยนต์ มันจะปะทะกับอากาศจำนวนมาก (RAM AIR) ทำให้ได้รับการระบายความร้อนได้ดีกว่าเอาไปติดตั้งไว้ที่ส่วนบริภัณฑ์ (ACCESSORY SECTION)

● **ส่วนกำลัง** (POWER SECTION) ทำด้วยอลูมินัม หรือเหล็กกล้าขึ้นบนรูปอบซุบมีความแข็งแรงสูง มีจำนวนหนึ่งชิ้น สองชิ้น หรือสามชิ้นโดยมีสลักยึดติดกัน ถ้ามีมากกว่าสามชิ้น กลไกทำงานของลูกเบี้ยวประกอบอยู่ ในส่วนกำลังนี้ด้วยตรงจุดศูนย์กลางของส่วนเอ็นเรือนเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKCASE WEB SECTION) แต่ละตอนเป็นที่รองรับรองลื่นเพลาข้อเหวี่ยง ฐานรองกระบอกสูบติดตั้งตามแนวรัศมีวงกลมรอบๆ ภายนอกเส้นรอบวงของส่วนกำลังกระบอกสูบยึดติดกับฐานรองด้วยสลักเกลียวปล่อยและแป้นเกลียวผนึกกันน้ำมันหล่อลื่น (OIL SEAL) ติดตั้งอยู่ระหว่างส่วนหน้าและส่วนกำลังผนึกเดียวกันนี้ติดตั้งอยู่ระหว่างส่วนกำลังและส่วนเรือนเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER SECTION) ด้วย

● **ส่วนเพิ่มประจุก๊าซ** (SUPERCHARGER SECTION) ปกติติดตั้งต่อกับส่วนหลังของส่วนกำลัง ส่วนนี้บางทีก็เรียกว่า เรือนใบพัดก๊าซ เพราะหน้าที่หลักสำคัญก็คือ เป็นตัวเรือนของชุดใบพัดก๊าซและแผ่นปาดประกบเป็นช่องเพิ่มความดัน (SUPERCHARGER IMPELLER AND DIFFUSER VANE) ที่ขอบนอกตามเส้นรอบวงจะมีช่องเปิดสำหรับติดตั้งท่อน้ำไอดีไปยังกระบอกสูบแต่ละลูก และมีช่องเปิดเล็กๆ อยู่ช่องหนึ่งสำหรับติดตั้งท่อความดันไอดี (MANIFOLD PRESSURE LINE) นอกจากนั้นยังมีช่องทางนำไปสู่ลิ้นถ่ายทิ้งของตัวเพิ่มประจุก๊าซ

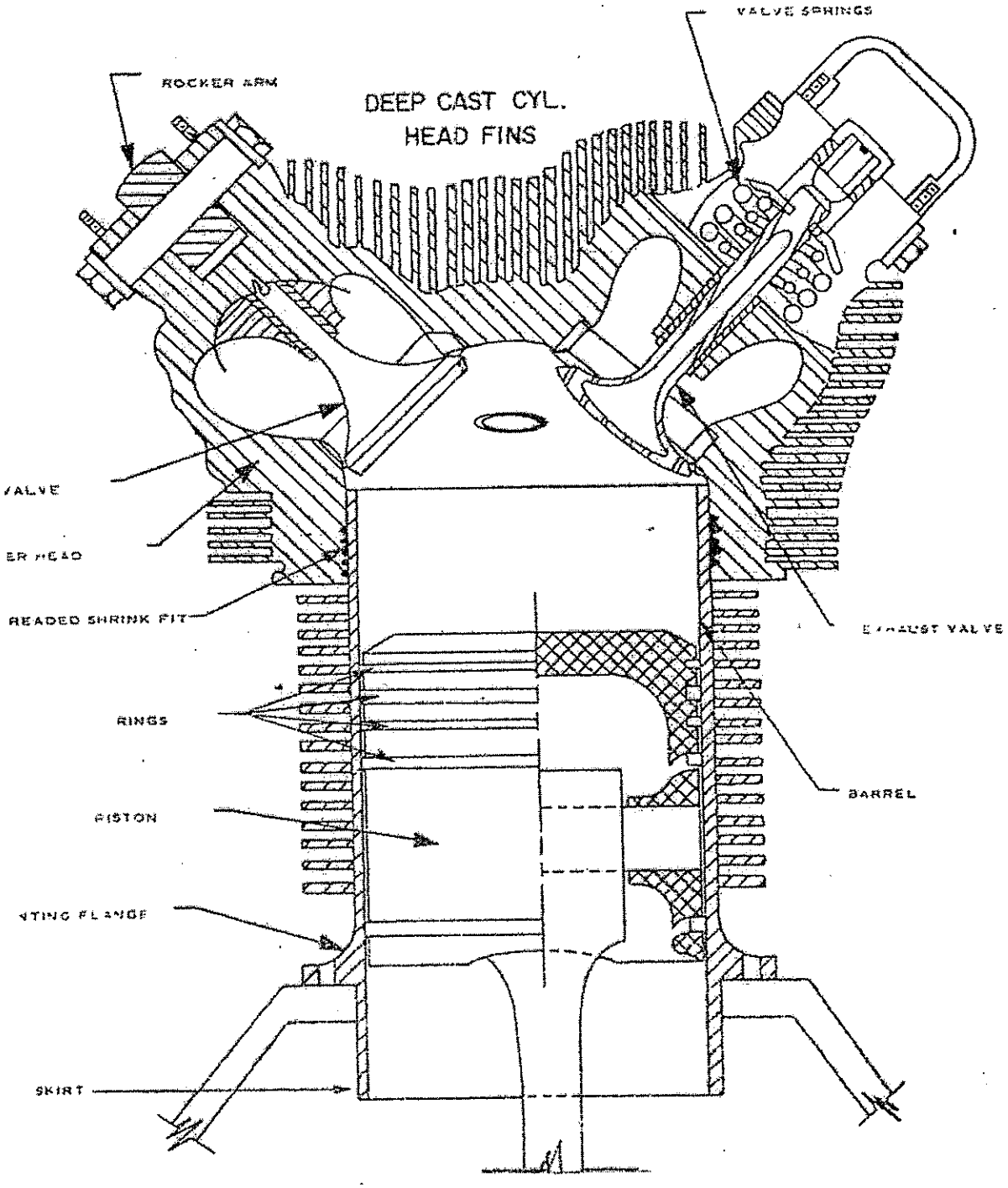
● **ส่วนบริภัณฑ์** (ACCESSORY SECTION) เป็นส่วนรองรับบริภัณฑ์ต่างๆ เช่น สูบเชื้อเพลิง สูบสุญญากาศ สูบน้ำมันหล่อลื่น เยเนอร์เรเตอร์วัดรอบ, เยเนอร์เรเดอร์ (GENERATOR) แม็กนีโต, สตาร์ทเตอร์ เครื่องกรองน้ำมันหล่อลื่น สูบกวาดกลับ (SCAVENGE PUMP) และหน่วยอุปกรณ์อื่นๆ อีก

๖. ส่วนกำลัง (POWER SECTION)

๖.๑ ชุดประกอบสูบ

กระบอกสูบเป็นชิ้นส่วนที่สำคัญสุดของเครื่องยนต์ นอกจากจะใช้เป็นที่กักพลังงานทางเคมีของเชื้อเพลิงเพื่อเปลี่ยนเป็นพลังงานความร้อนและพลังงานกลแล้ว กระบอกสูบยังต้องทำหน้าที่เป็นปลอกนำให้ลูกสูบเคลื่อนที่เป็นตัวนำเพื่อถ่ายเทความร้อนที่เกิดขึ้นในขณะที่เกิดการสันดาป เป็นตัวรองรับและเป็นตัวนำเบิกทางการเคลื่อนไหวของลิ้น เป็นที่รองรับกลไกการทำงานของลิ้นและเป็นที่ติดตั้งของหัวเทียน จากการต้องการที่จะให้กระบอกสูบทำหน้าที่ดังที่กล่าวมาข้างต้น ชุดกระบอกสูบจึงต้องเป็นชุดประกอบที่สามารถกักขังก๊าซไว้ได้และมีโครงสร้างที่มีความแข็งแรงและแข็งแกร่งเพียงพอที่จะทนต่อความดันและ

อุณหภูมิ เมื่อเครื่องยนต์การทำงานตามปกติได้ เครื่องยนต์สูบดาวประเภทใช้อากาศเป็นตัวระบายความร้อนมีกระบอกสูบซึ่งประกอบด้วยชิ้นส่วนย่อยนำมาประกอบเข้าด้วยกัน ชิ้นส่วนหลักที่สำคัญของชุดกระบอกสูบมี ๒ ชิ้น คือถังกระบอกสูบ (CYLINDER BARREL) และ หัวกระบอกสูบ (CYLINDER HEAD)



รูปที่ ๑-๑๐ ชุดกระบอกสูบ

๖.๒ ถังกระบอกสูบ (CYLINDER BARREL)

- ถังกระบอกสูบของเครื่องยนต์สูบดาว ทำด้วยโครมโมลิบดินัม (CHROME-MOLYBDENUM) หรือ เหล็กกล้าไนตรัลลอยด์ (NITRALLOY STEEL) ขึ้นรูปอบชุมมีความแข็งแรงสูง ถังกระบอกสูบถูกตีขึ้นรูป (FORGING) ให้มีขนาดและรูปร่างใกล้เคียงโดยประมาณก่อน ต่อมาจะผ่านกรรมวิธีอีกหลายอย่าง เส้นผ่าศูนย์กลาง – กระบอกสูบจึงได้ขนาดที่ต้องการ จากนั้นก็ทำการกลึงขอบยึดและตัดครีบระบายความร้อน (FIN) พร้อมกับทำเกลียวสำหรับยึดติดหัวกระบอกสูบ

- ครีบระบายความร้อน ช่วยเพิ่มพื้นผิวของกระบอกสูบให้รับกระแสอากาศได้มากขึ้น ทำให้เกิดการถ่ายเทระบายความร้อนได้เร็วขึ้น ครีบเหล่านี้ยังเป็นตัวช่วยทำให้ถังกระบอกสูบมีความแข็งแรงและทนต่อการคดได้สูงขึ้น การทำครีบระบายความร้อนจะต้องให้ร่องลึกครีบบาง และมีระยะใกล้กันเท่าที่จะทำได้โดยพิจารณาถึงการไหลของกระแสอากาศและการระบายความร้อนตามที่ต้องการ

- ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของกระบอกสูบนั้นได้รับการเจียระไนให้มีขนาดใกล้เคียงกับขนาดจริงแล้วจึงขัดเรียบให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ

- ถังกระบอกสูบเหล็กกล้าขึ้นรูปสามารถใช้งานได้จาก ๑๐๐๐ ถึง ๒๐๐๐ ชั่วโมง ก่อนที่จะมีความจำเป็นต้องแก้ไขปรับศูนย์ของกระบอกสูบ การปรับสภาพกระบอกสูบใหม่นั้นปกติจะต้องทำอยู่เสมอ เนื่องจากมีการบิดงอและสึกหรอ การสึกหรอเกิดขึ้นเพราะสาเหตุดังต่อไปนี้

๑. รอยถลอกเนื่องจากฝุ่น สิ่งสกปรก ฯลฯ ถูกนำเข้าไปในกระบอกสูบโดยผ่านเข้าไปทางระบบนำไอดี

๒. การสึกกร่อนเนื่องจากการเสียดสีระหว่างโลหะต่อโลหะของชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว

๓. การผุกร่อนอันเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมี เนื่องจากการสันดาปของส่วนผสมบนลูกสูบ แหวน ผนังกระบอกสูบ ฯลฯ

- ชายกระบอกสูบ (SKIRT) เป็นส่วนของตัวกระบอกสูบที่ยื่นต่อลงมาจากขอบยึด และจะยื่นลงไปในเรือนเพลาข้อเหวี่ยง เมื่อติดตั้งกระบอกสูบแล้วเป็นการลดขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของเครื่องยนต์ และยังช่วยให้การติดตั้งกระบอกสูบมั่นคงขึ้น

๖.๓ หัวกระบอกสูบ (CYLINDER HEAD)

กระบอกสูบแบบมีลิ้นอยู่ที่หัวและมีห้องสันดาปเป็นรูปกึ่งทรงกลมเป็นกระบอกสูบที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในเครื่องยนต์สูบดาวอากาศยาน

- หัวกระบอกสูบส่วนมากทำด้วยอลูมินัมผสมหล่อในแม่พิมพ์ทราย อลูมินัมผสมนี้ประกอบด้วยอลูมินัม ๙๒.๕% ทองแดง ๔% และแมกนีเซียม ๑.๕% โลหะผสมชนิดนี้มีข้อดีดังนี้ คือ

๑. มีความแข็งแกร่งมากกว่าเหล็กหล่อถึงสองเท่า

๒. ช่วยลดน้ำหนักและลดค่าใช้จ่ายเพราะสามารถทำผนังได้บางกว่า

๓. ทนความร้อนได้ถึง ๖๐๐ องศา ฟาเรนไฮต์ ในขณะที่โลหะผสมชนิดน้ำหนักเบาอย่างอื่นลดความแข็งแรงลงถึง ๒๕ ถึง ๕๐% ในอุณหภูมิขนาดนี้

๔. ทนการผุกร่อนได้ดีกว่าโลหะผสมชนิดเบาอื่นๆ

๕. ทำการกลึงได้ง่ายกว่า

ครีบระบายความร้อน (COOLING FIN) จะหล่อติดหรือกลึงจากส่วนหัวของกระบอกสูบ การติดตั้งครีบจะต้องติดตั้งกระจายให้พอเพียงโดยเฉพาะในบริเวณที่รับความร้อนสูง เช่น บริเวณรอบๆ ท่อทางไอเสีย ส่วนบางบริเวณก็จะติดตั้งอยู่เพียงเล็กน้อย เช่น บริเวณฝาครอบกระเดื่องลิ้นไอดี เพราะบริเวณนี้มีเชื้อเพลิงไหลเข้ามาระบายความร้อนให้แก่ลิ้นไอดีเพียงพอแก่ความต้องการอยู่แล้ว

- ปลอกส่งลิ้นไอดี และลิ้นไอเสีย ยึดติดกับส่วนหัวด้วยการรัดแน่นแบบหดตัว (SHRINK FIT) ปลอกส่งลิ้นไอดีอาจทำด้วยอลูมินัม บรอนซ์หล่อ อลูมินัมบรอนซ์เหนียว หรือบรอนซ์หล่อแข็ง ส่วนของไอเสียอาจทำด้วยเหล็กกล้า หรือบรอนซ์ที่ทนความร้อนสูง
- อลูมินัมผสม ที่ใช้ทำหัวกระบอกสูบๆ ไม่เหมาะที่จะนำมาใช้ทำเบาลิ้น (VALVE SEAT) ดังนั้นจึงต้องใช้วัสดุที่มีความแข็งแรงกว่าฝังแน่นลงไปในหัวกระบอกสูบ เนื่องจากต้องระวังรักษาให้ชิ้นเสริมและหัวกระบอกสูบสัมผัสติดกันอยู่ตลอดเวลาไม่ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นเท่าไร ดังนั้นในระหว่างการติดตั้งจึงต้องทดลองโดยให้ชิ้นเสริมและหัวกระบอกสูบมีอุณหภูมิแตกต่างกันมากพอที่จะทำให้แน่ใจว่าชิ้นเสริมจะไม่หลวมหลุดออกจากกระบอกสูบในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน

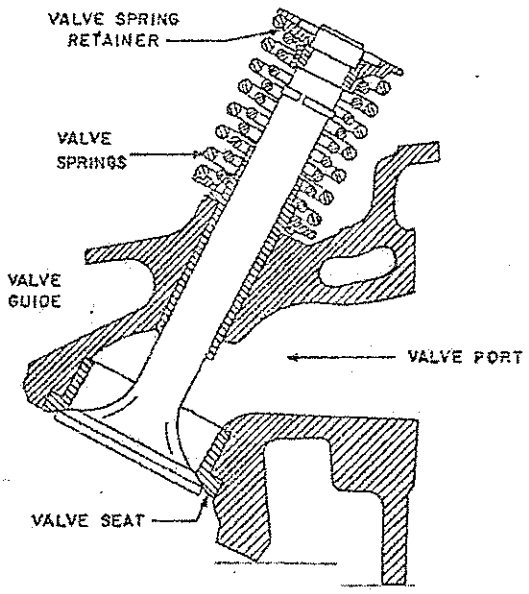
กระเดื่องกดลิ้นและสปริงลิ้น ติดตั้งอยู่ในห้องกระเดื่องซึ่งหล่อหุ้มจากส่วนหัวของกระบอกสูบ การออกแบบสร้างเช่นนี้เป็นการเพิ่มพื้นผิวสำหรับแผ่รังสีของส่วนหัวกระบอกสูบและทำให้สามารถหล่อลื่นผิวของรองลื่นดานกระเดื่องด้วยน้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ได้ การหมุนเวียนของน้ำมันหล่อลื่นผ่านต้องกระเดื่องเป็นการช่วยนำความร้อนและช่วยหล่อลื่นก้านลิ้นได้ดีขึ้น

๖.๔ การติดตั้งหัวกระบอกสูบโดยการปรับแน่นจากเกลียวที่หดตัว

เป็นวิธีที่ใช้กันทั่วไปมากที่สุดในการติดหัวกระบอกสูบเข้ากับกระบอกสูบ หัวกระบอกสูบมีเกลียวอยู่ด้านใน ส่วนถังกระบอก มีเกลียวอยู่ด้านนอกเป็นประเภทเกลียวยื่นเสริมมีความแข็งแรงสูง เมื่อส่วนหัวและตัวกระบอกสูบจะเชื่อมต่อกัน จะต้องทำให้หัวกระบอกสูบร้อนถึงประมาณ ๕๕๐ องศา ฟาเรนไฮต์ แล้วรีบขันแน่นลงบนกระบอกสูบ และปล่อยให้เย็นตัว

๖.๕ ลิ้น (VALVE)

กระบอกสูบของเครื่องยนต์ลูกสูบสันดาปภายใน จะต้องมีช่องทางนำไปยังและเปิดเข้าสู่ห้องสันดาป ช่องเปิดนี้เรียกว่า (PORTS) การปิดเปิดของ PORT นี้ทำได้โดยการใช้ลิ้น การใช้ลิ้นทำงานมีด้วยกันหลายวิธี แต่เครื่องยนต์อากาศยานใช้กลไกแบบ POPPET (กระดกขึ้นลง) คำว่า POPPET นี้เรียกตามลักษณะการทำงานของลิ้นและจะกระดกปิดด้วยแรงของสปริง (ภาพ ๑-๑๑)

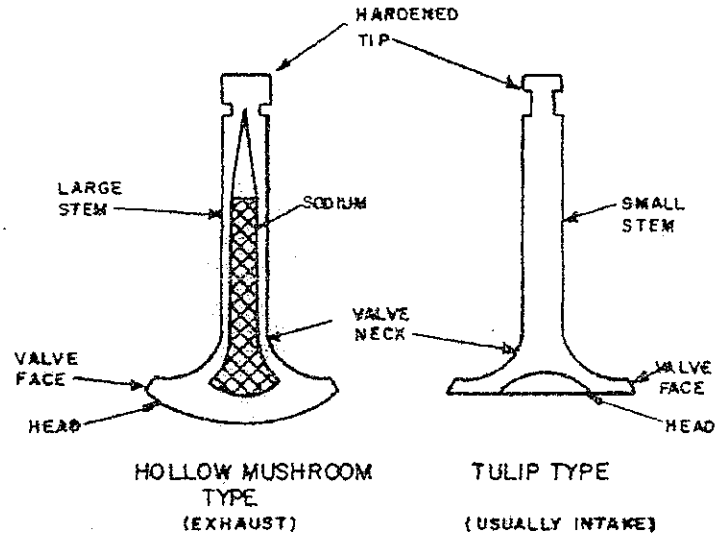


รูปที่ ๑-๑๑ ส่วนประกอบของลิ้น

คุณสมบัติของลิ้น (CHARACTERISTIC OF VALVES)

การเพิ่มอัตราเร่งของเครื่องยนต์ การเพิ่มความดัน และปริมาตร ช่วงชักของลูกสูบให้มากขึ้น จะทำให้สภาพการทำงานของลิ้นหนักขึ้น ในเครื่องยนต์อากาศยานสมัยใหม่ ลิ้นจะต้องทนต่ออุณหภูมิของการสันดาปได้ถึง ๕๐๐๐ องศาฟาเรนไฮต์ และทนทานต่ออุณหภูมิของไอเสีย ซึ่งมีอุณหภูมิจาก ๑๒๐๐ ถึง ๑๕๐๐^{0} ฟ นอกจากจะต้องทนต่ออุณหภูมิสูงแล้ว ลิ้นจะต้องทนต่อการผุกร่อนและการเป็นสนิม (OXIDATION) อันเกิดจากการสันดาป การสึกหรออันเกิดจากการเสียดทานในปลอกนำลิ้น และแรงกระแทกอย่างรวดเร็วระหว่างหน้าลิ้นกับเบ้าลิ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งลิ้นไอเสีย สิ่งเหล่านี้ถือว่าเป็นอุปสรรคของการเพิ่มสมรรถนะให้สูงขึ้น

ชนิดของลิ้น (TYPE OF VALVES)

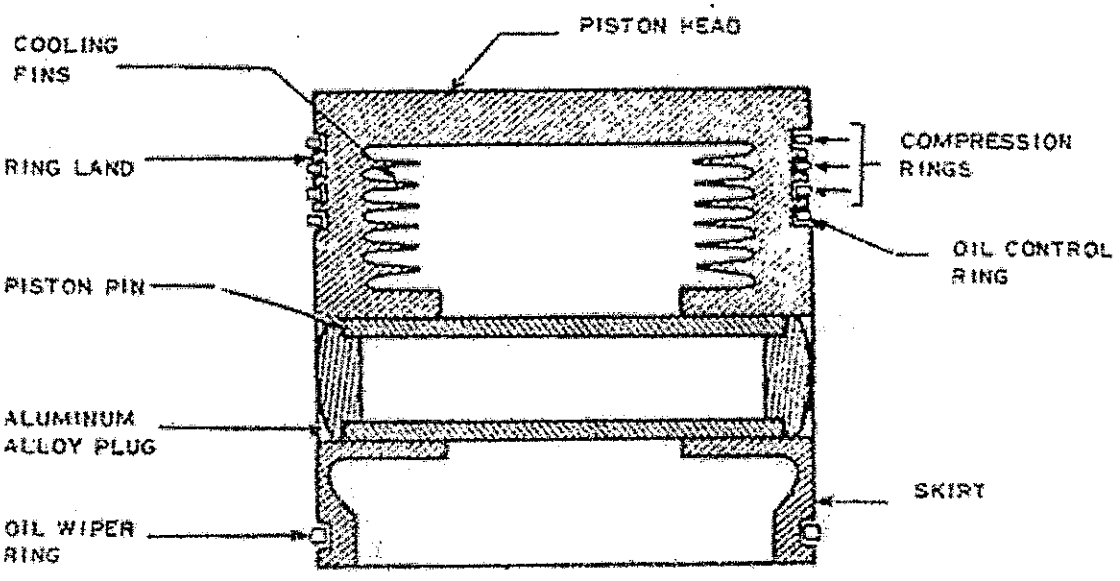


รูปที่ ๑-๑๒ ชนิดของลิ้น

ลิ้นอาจแบ่งออกเป็นชนิดๆ ได้ตามรูปร่างของหัวของลิ้น เช่น เป็นแบบดอกเห็ดหรือแบบดอกทิวลิปดังภาพ ๑-๑๒ ลิ้นรูปดอกทิวลิปจะทนต่อความเค้นได้สูง (STRESS) โลหะที่หัวรับแรงดึงมากกว่าตัวเรือน เมื่อหัวมีรูปแบนหรือนูน การอัดกดหัว-ให้เป็นรูป "จาน" ช่วยทำให้ลิ้นเบาขึ้นและช่วยลดแนวโน้มของการคดงอได้ ปกติลิ้นไอดีทำเป็นลิ้นรูปดอกทิวลิป ส่วนลิ้นไอเสียเป็นลิ้นรูปดอกเห็ดซึ่งอาจจะตันหรือกลวงก็ได้ ลิ้นกลวงจะบรรจุโลหะโซเดียมไว้ภายใน เพื่อช่วยในการถ่ายเทความร้อน โซเดียมเบากว่าน้ำจะละลายเมื่อมีอุณหภูมิประมาณ ๒๐๘ องศาฟาเรนไฮต์ มันเป็นตัวนำความร้อนได้ดีกว่าเหล็กกล้าที่ใช้ทำลิ้นได้ถึงหกเท่า เมื่อโซเดียมละลายมันจะเคลื่อนที่กลับไปกลับมาภายในก้านลิ้นอย่างรวดเร็ว และดูดความร้อนจากส่วนหัวและคอของลิ้น และถ่ายเทออกอย่างรวดเร็วให้แก่ปลอกนำลิ้นและห้องกระเดื่อง

๖.๖ ลูกสูบ (PISTON)

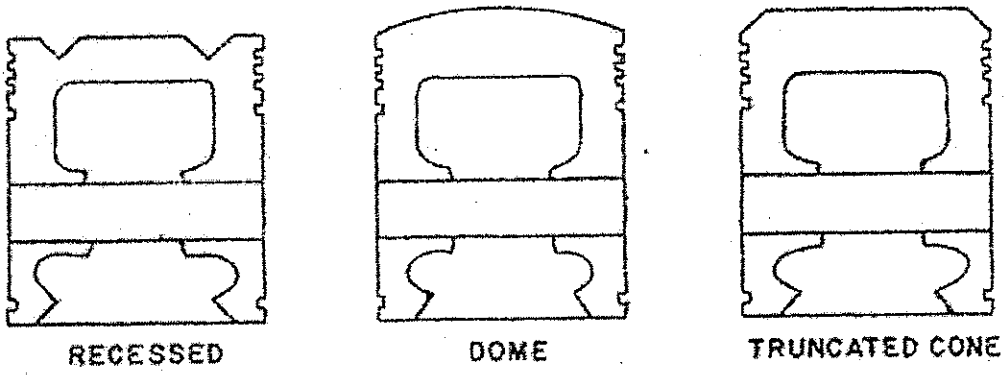
ลูกสูบเป็นชิ้นส่วนสำคัญที่สุดของเครื่องยนต์แบบสันดาปใน เพราะว่ามันเป็นตัวที่ถูกแรงกระทำโดยตรงจากก๊าซที่มีความดันสูงในขณะพลังงานทางเคมีของเชื้อเพลิงถูกเปลี่ยนเป็นพลังงานกล เมื่อลูกสูบถูกดันลงในจังหวะช่วงชักกำลัง การเคลื่อนที่ในแนวเส้นตรงของลูกสูบจะถูกผันกลับทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุนรอบโดยมีก้านสูบและข้อเหวี่ยง (CRANKTHROW) เป็นตัวถ่ายทอด ลูกสูบมีรูปร่างได้หลายอย่างในเครื่องยนต์ต่างชนิดกัน แต่ก็จะทรงไว้เป็นรูปทรงกระบอกพร้อมด้วยร่องวงแหวนอยู่ภายนอกและมีดุมอยู่ภายในสำหรับยึดสลักลูกสูบ (PISTON PIN) แบบของลูกสูบอากาศยานแสดงไว้ในรูป ๑-๑๓



รูปที่ ๑-๑๓ ลูกสูบ

หัวลูกสูบ (PISTON HEAD)

หัวลูกสูบปกติแบนราบ แต่ก็มีแบบอื่นๆ อีกมากซึ่งเปลี่ยนไปจากแบบนี้ ดูภาพ ๑-๑๔



รูปที่ ๑-๑๔ ลักษณะของหัวลูกสูบ

สลักสูบ (PISTON PIN)

สลักสูบทำด้วยเหล็กกล้า กลวง มีหน้าที่ยึดลูกสูบให้ติดกับก้านสูบ (ดูภาพ ๑-๑๓)

๖.๗ แหวนลูกสูบ (PISTON RING)

เนื่องจากลูกสูบจะต้องเคลื่อนที่ขึ้นลงในกระบอกสูบได้อย่างอิสระโดยมีความเสียดทานอยู่ในขั้นต่ำ ดังนั้นลูกสูบจะต้องมีเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่ากระบอกสูบ ถ้าลูกสูบไม่มีแหวน ก๊าซจากห้องสันดาป่จะรั่วไหลออกมาทางระหว่างช่องว่างของลูกสูบและผนังกระบอกสูบในทางปฏิบัติจริงๆ ก็มีก๊าซจำนวนหนึ่งรั่วไหลผ่านแหวนเข้าไปในเรือนสูบ การรั่วไหลของก๊าซนี้เรียกว่า (UNAVOIDABLE PISTON BLOW BY) "เรือนสูบจึงต้องมีช่องหายใจ" เพื่อให้ก๊าซที่รั่วออกมานี้ระบายออกไปจากเครื่องยนต์

- ความสำคัญของแหวนลูกสูบในเครื่องยนต์ลูกสูบนั้นไม่ควรจะมองข้ามหรือละเลยเป็นอันขาดแต่หน้าที่หลักสามประการของแหวนลูกสูบ คือ

๑. เป็นผนึกเพื่อรักษาความดันภายในห้องเผาไหม้ไว้

๒. ป้องกันมิให้น้ำมันหล่อลื่นไหลเข้าห้องเผาไหม้มากเกินไป

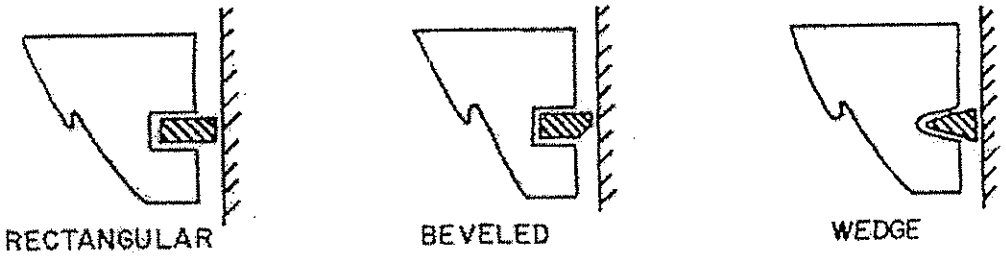
๓. เป็นตัวนำความร้อนจากลูกสูบไปยังผนังกระบอกสูบ

แหวนลูกสูบอาจแบ่งเป็นชนิดได้ตามหน้าที่ของมัน คือ แหวนความอัด และแหวนกันน้ำมันหล่อลื่น (OIL RING) แต่ละชนิดมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

แหวนความอัด (COMPRESSION RING)

หน้าที่หลักของแหวนความอัด ก็คือป้องกันมิให้ก๊าซรั่วไหลผ่านลูกสูบในขณะที่เครื่องยนต์ทำงาน แหวนนี้ประกอบอยู่ในร่องต่ำถัดจากหัวลูกสูบลงมา จำนวนของแหวนความอัดที่ใช้กับลูกสูบ

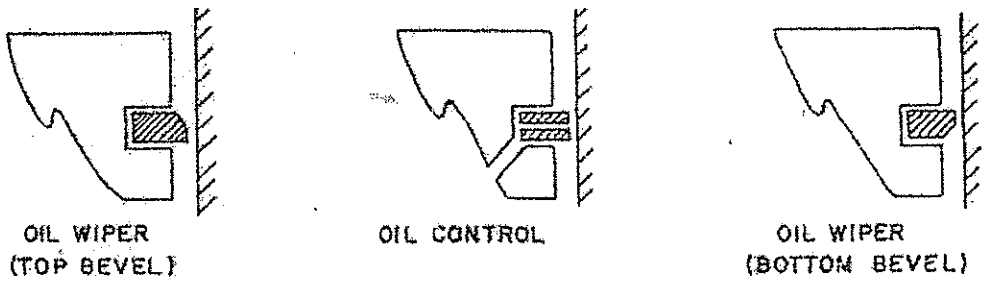
กำหนดโดยผู้ออกแบบ แต่ในลูกสูบของเครื่องยนต์อากาศยานส่วนมากลูกสูบแต่ละลูก จะมีแหวนความอัด ๓ อัน แหวนความอัดมีรูปร่างหลายอย่าง แบบที่ใช้กันมากที่สุดเป็นแบบสี่เหลี่ยมผืนผ้า แบบหน้าตัดเอียง (BEVELED) และแบบรูปลิ่ม (ภาพ ๑-๑๕) แหวนลูกสูบส่วนมากในสมัยแรกๆ มีพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า ทั้งนี้อาจเป็นเพราะทำได้ง่ายกว่าในเครื่องยนต์สมัยใหม่ส่วนมากแหวนความอัดมีหน้าสัมผัสเป็นหน้าตัดเอียง ทำให้สัมผัสแนบสนิทกับผนังกระบอกสูบเคลื่อนตัวได้คล่องกว่า ส่วนแหวนรูปลิ่มจะประกอบอยู่ภายในร่องซึ่งมีรูปร่างเหมือนกัน เมื่อมีการเคลื่อนตัวแหวนแบบนี้จะทำความสะอาดไปในตัวเป็นการลดการพอกตัวของ เขม่าคาร์บอนและยางเหนียว ซึ่งจะทำให้แหวนตาย ร่องของแหวนรูปลิ่มยังช่วยให้เนินรองแหวน (RING LAND) มีความแข็งแรงมากขึ้น



รูปที่ ๑-๑๕ ภาคตัดขวางของแหวนความอัด

แหวนกันน้ำมันหล่อลื่น (OIL RING)

หน้าที่หลักของแหวนชนิดนี้ คือควบคุมการจ่ายน้ำมันหล่อลื่นให้กับผนังกระบอกสูบ และป้องกันมิให้น้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในห้องสันดาปมากเกินไป แหวนกันน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้มีอยู่สองอย่างคือ แหวนควบคุมน้ำมันหล่อลื่น (OIL CONTROL RING) กับแหวนกวาดน้ำมันหล่อลื่น (OIL WIPER RING) ดูภาพ ๑-๑๖ แหวนควบคุมน้ำมันหล่อลื่นประกอบอยู่ในร่องเหนือสลักลูกสูบเล็กน้อย น้ำมันหล่อลื่นล้นออกมาจากผนังลูกสูบ จะไหลผ่านแหวนเข้าไปยังช่องถ่ายทิ้งซึ่งเจาะไว้ในฐานของร่องแหวน ส่วนแหวนกวาดน้ำมันประกอบติดอยู่ในร่องถัดจากสลักลูกสูบลงมา ทำหน้าที่ปรับควบคุมจำนวนน้ำมันหล่อลื่นซึ่งผ่านระหว่างลูกสูบกับผนังกระบอกสูบในแต่ละช่วงชักของลูกสูบ



รูปที่ ๑-๑๖ ภาคตัดขวางของแหวนกับน้ำมันหล่อลื่น

- การติดตั้งแหวนจะประกอบหน้าไหนก็ได้ ถ้าประกอบโดยเอาด้านลาดหันไปทางหัวลูกสูบ แหวนนี้ก็จะขูดน้ำมันไปยังเรือนเพลาข้อเหวี่ยง ถ้าเอาด้านลาดไปทางตีนลูกสูบ แหวนก็จะขูดน้ำมันไปยังห้องสันดาปในขณะที่ลูกสูบอยู่ในช่วงชักขึ้น

๖.๘ ปริมาตรช่วงชักและอัตราส่วนความอัด (PISTON DISPLACEMENT & COMPRESSION RATIO)

- ปริมาตรช่วงชัก ของกระบอกลูกสูบลูกหนึ่ง คือ ปริมาตรที่ติดเป็นลูกบาศก์นิ้ว ซึ่งถูกแทนที่โดยลูกสูบในขณะที่มันเคลื่อนที่จากศูนย์ตายล่างถึงศูนย์ตายบนในช่วงชักของลูกสูบ ปริมาตรช่วงชักของเครื่องยนต์มีค่าเท่ากับผลคูณของปริมาตรช่วงชักของกระบอกสูบกับจำนวนกระบอกสูบ

- อัตราส่วนความอัด คืออัตราส่วนของปริมาตรกระบอกสูบทั้งหมดกับปริมาตรของห้องเผาไหม้

ตัวอย่าง ปริมาตรทั้งหมดของกระบอกสูบแต่ละลูกของเครื่องยนต์ ๑๘ กระบอกสูบเท่ากับ ๑๔๐ ลบ.นิ้ว เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายล่างหลังจากลูกสูบเคลื่อนขึ้นไปอยู่ที่ศูนย์ตายบนแล้วจะมีช่องว่างอยู่เหนือลูกสูบ ๒๐ ลบ.นิ้ว ปริมาตรช่วงชักของเครื่องยนต์นี้เท่ากับเท่าไร ? อัตราส่วนความอัดเท่ากับเท่าไร ?

ปริมาตรช่วงชักเท่ากับ 120 x 18 = 2160 ลบ.นิ้ว

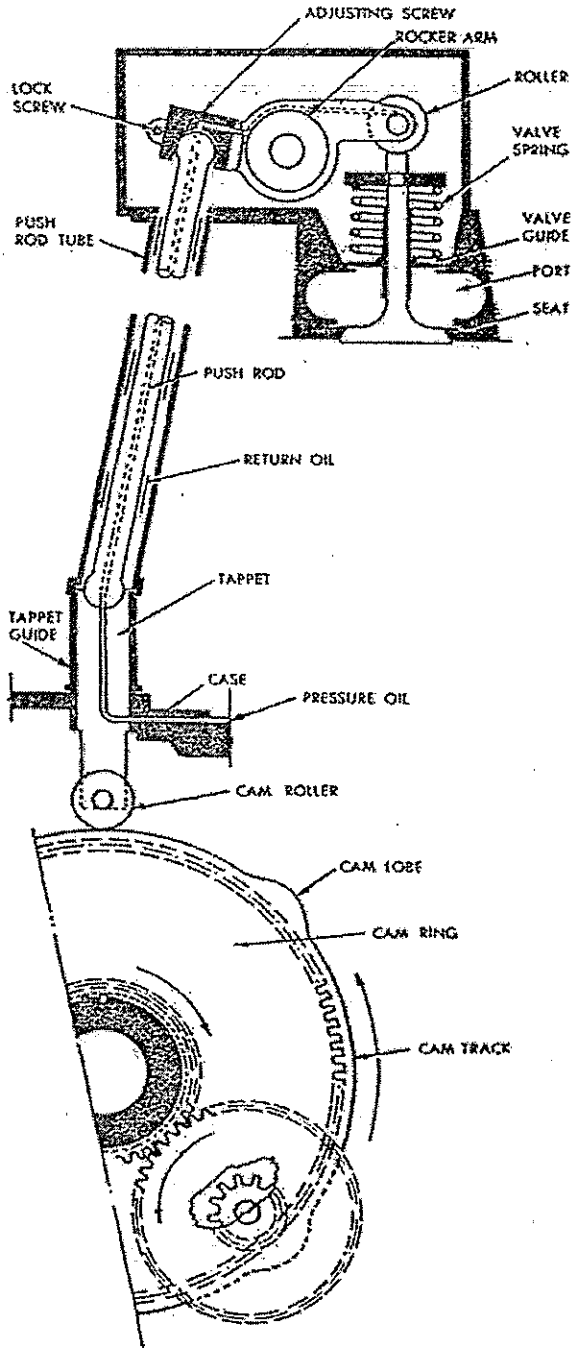
อัตราส่วนความอัด = 140/20 = 7/1 = 7:1

๖.๙ กลไกอำนวยการลิ้น (VALVE OPERATING MECHANISM)

กลไกของลิ้นในเครื่องยนต์ประกอบขึ้นด้วยชิ้นส่วนต่างๆ ซึ่งจำเป็นสำหรับการทำงานของลิ้น จำนวนชิ้นส่วนในเครื่องกลไกนี้ขึ้นอยู่กับการวางกระบอกสูบบนเรือนเพลาข้อเหวี่ยง และตำบลติดตั้งของลิ้นด้วย ลิ้นแต่ละตัวจะต้องตั้งให้เปิดตามเวลาที่เหมาะสม โดยให้เปิดค้างอยู่นานตามเวลาที่ต้องการ และปิดตามกำหนดเวลาที่ถูกต้องด้วยเช่นกัน กลไกอำนวยการลิ้นจะเป็นกลไกที่ควบคุมให้ปิดเปิดตามที่ตั้งไว้ กลไกนี้ควรเป็นแบบง่ายๆ มีความแข็งแรงและมีอายุการใช้งานได้นานโดยไม่ต้องทำการปรับและทำการซ่อมบำรุงอยู่บ่อยๆ ในเครื่องยนต์สูบดาว กลไกอำนวยการลิ้นประกอบด้วย ชุดประกอบแหวนลูกเบี้ยว (CAM RING ASSEMBLY) แท่งยกก้านและปลอกนำ ก้านส่ง (PUSH ROD) กระเดื่องกดและสปริงลิ้น (VALVE SPRING) ดูภาพ ๑–๑๗

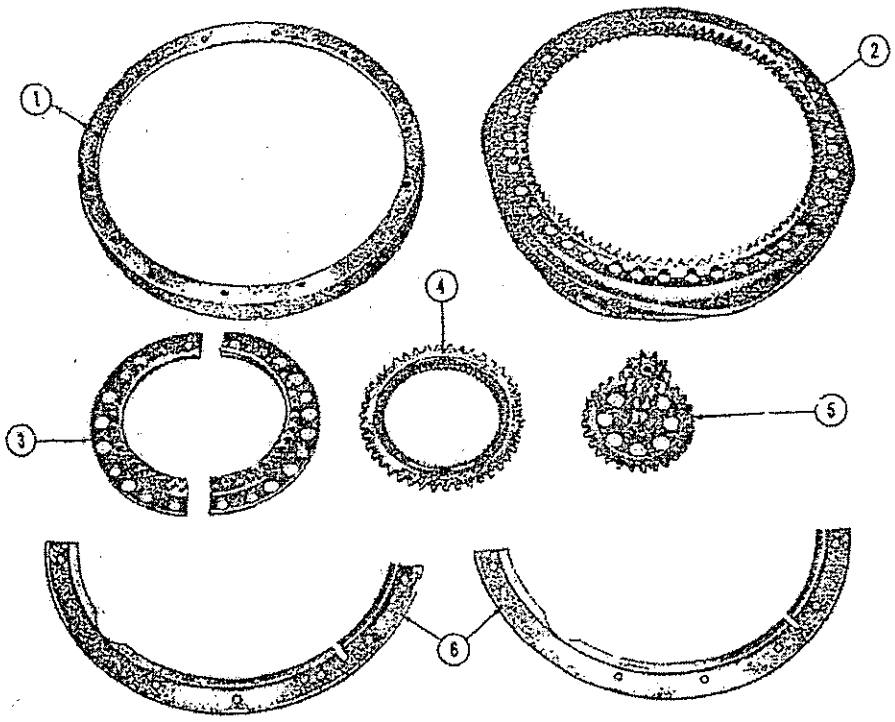
- ชุดประกอบแหวนลูกเบี้ยว (CAM RING ASSEMBLY)

ชุดประกอบแหวนลูกเบี้ยวถูกขับโดยชุดเฟืองขับจากเรือนเพลาข้อเหวี่ยง ทำให้แหวนลูกเบี้ยวหมุนไปด้วยอัตราเร็วตามที่กำหนดเมื่อสัมผัสกับเพลาข้อเหวี่ยง



รูปที่ ๑–๑๗ กลไกลิ้นของเครื่องยนต์สูบดาว

- ชิ้นประกอบตามรูป ๑–๑๘
  - ลูกเบี้ยว (CAM) เป็นวงแหวนเหล็กกล้าอบชุบ รอบขอบนอกประกอบด้วย แง่ลูกเบี้ยวและมีทางซึ่งถูกเจียระไนไว้ให้เป็นทางเดินของลูกกลิ้งแท่งยกก้านส่ง (TAPPET ROLLER)
  - แหวนลูกเบี้ยวมีทางเดินลูกกลิ้งอยู่ ๒ ทาง ทางแรกเป็นทางเดินประกอบด้วยแง่ลูกเบี้ยวอำนวยการให้ลิ้นไอดีทำงาน ส่วนอีกทางหนึ่งก็จะประกอบด้วยแง่ลูกเบี้ยวเพื่ออำนวยการให้ลิ้นไอเสียทำงาน

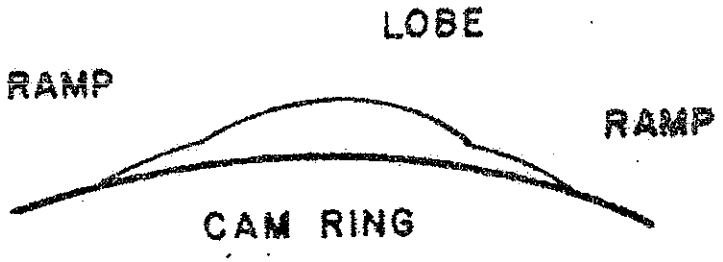


1. Bearing
2. Cam
3. Cam Drive Gear
4. Rear Cam Drive Gear
5. Cam Reduction Drive Gear
6. Retainers

รูปที่ ๑–๑๘ ชุดประกอบแหวนลูกเบี้ยวและชิ้นส่วนที่เกี่ยวข้อง

■ เฟืองลูกเบี้ยว (CAM GEAR) เฟืองลูกเบี้ยว (ประกอบเป็นชิ้นเดียว ร่วมกับแหวนลูกเบี้ยว) เป็นเฟืองที่มีลักษณะแบบฟันอยู่รอบนอก (EXTERNAL) หรือฟันอยู่รอบใน (INTERNAL) แล้วแต่จะต้องการให้ลูกเบี้ยวหมุนไปในทิศทางใด

■ ดุม (HUB) ดุมลูกเบี้ยวทำด้วยอลูมินัมผสมมีรองลื่นลูกเบี้ยว (CAM BEARING) ติดตั้งอยู่บนดุม และตัวรองลื่นนี้ทำด้วยโลหะผสมเนื้ออ่อนต้านทานความเสียดทาน หรืออาจจะเป็นบรอนซ์หรือโลหะชนิดอื่นก็ได้ รองลื่นได้รับการหล่อลื่นจากน้ำมันหล่อลื่นที่ถูกดันออกมาจากเพลาข้อเหวี่ยง การติดตั้งที่ส่วนอื่นจำนวนมากจะใช้รองลื่นที่ทำด้วยวัสดุอย่างเดียวกับดุม



รูปที่ ๑–๑๙ แง่ลูกเบี้ยวและเนินลูกเบี้ยว

๖.๑๐ แง่ลูกเบี้ยว (CAM LOBE)

ขอบนอกหรือรูปร่างของแง่ลูกเบี้ยวจะมีผลโดยตรงที่จะทำให้ขนาดและระยะเวลาของการเปิดลิ้นเปลี่ยนไป แง่ลูกเบี้ยวซึ่งมีลักษณะที่จะทำให้ลิ้นปิดและเปิดราบเรียบสม่ำเสมอจะเป็นแง่ลูกเบี้ยวที่ได้รับความนิยมสูง เพราะทำให้เกิดเสียงดังน้อย แต่ลูกเบี้ยวที่มีลักษณะเช่นนี้ก็มีข้อเสียที่สำคัญอยู่ข้อหนึ่ง คือ จำกัดการเปิดของช่องลิ้น ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสาเหตุ ๒ ประการ ประการแรก ต้องใช้เวลาชั่วระยะเวลาหนึ่งก่อนที่จะให้ลูกเบี้ยวไปเปิดลิ้นให้กว้างสุด และประการที่สอง ลูกเบี้ยวจะเปิดลิ้นที่ตำแหน่งกว้างสุดเพียงชั่วขณะประเดี๋ยวเดียวเท่านั้น จากเหตุผลที่กล่าวมานี้จึงต้องให้ลูกเบี้ยวแบบนี้เปิดลิ้นก่อนเวลาและปิดลิ้นเวลาตามสมควร การที่จะให้ลิ้นปิดและเปิดอย่างรวดเร็วพร้อมทั้งเปิดอยู่ในตำแหน่งกว้างสุดได้เป็นเวลานานนั้นทำได้โดยออกแบบลูกเบี้ยวให้เป็นรูปคล้ายสี่เหลี่ยมจัตุรัส ลูกเบี้ยวแบบนี้จะมีเสียงดังมากแต่ก็มีประสิทธิภาพในด้านการเปิดลิ้นให้นานได้ตามที่ต้องการ ยกตัวอย่างเช่น เมื่อใช้ลูกเบี้ยวแบบสี่เหลี่ยมจัตุรัสเปิดลิ้นไอเสีย ความดันในกระบอกสูบจะลดลงโดยทันทีเพราะลิ้นเปิดได้อย่างรวดเร็ว จำนวนองศาที่ใช้ในการยกลิ้นเป็นตัวประกอบที่สำคัญอีกอย่างหนึ่งในการทำงานของลิ้น ลิ้นที่ถูกยกสูงขึ้นจะช่วยให้ก๊าซที่ไหลเข้าออกในกระบอกสูบไหลได้สะดวกขึ้น เนินลูกเบี้ยว (RAMP) ในรูปที่ ๒–๑๙ เป็นเนินประกอบอยู่ทั้งสองข้างของแง่ลูกเบี้ยว เพื่อลดระยะเว้นในกลไกอำนวยการลิ้นก่อนที่แท่งยกก้านส่ง (TAPPET) จะเริ่มเคลื่อนที่ไปบนแง่ลูกเบี้ยว การทำเช่นนี้เป็นการช่วยลดแรงกระแทก เนื่องจากแรงเฉื่อยของชิ้นส่วนและความต้านทานของสปริงลิ้น และในขณะที่แท่งยกก้านส่ง (TAPPET) เคลื่อนตัวจากแง่ลูกเบี้ยวมันจะเคลื่อนตัวลงโดยแตะอยู่บนหน้าทางเดินลูกเบี้ยวอย่างราบเรียบสม่ำเสมอ เป็นการช่วยลดแรงกระแทกเมื่อเครื่องยนต์เดินที่รอบความเร็วสูง การมีเนินลูกเบี้ยวจึงมีผลดีตามที่ได้กล่าวมา

๖.๑๑ **อัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยว** (CAM RING SPEED)

เมื่อเครื่องยนต์ทำงานครบหนึ่งวัฏจักร เหลาข้อเหวี่ยงจะหมุนไปสองรอบและลิ้นแต่ละอันก็จะทำงานลิ้นละหนึ่งครั้ง จึงเห็นได้ว่ากลอำนวยการลิ้น ยกตัวอย่างเช่น กลไกของลิ้นไอดี ก็จะอำนวยการให้ลิ้นเปิดเพียงครั้งเดียวในหนึ่งวัฏจักร ถ้าหากแหวนลูกเบี้ยวมีแง่ลูกเบี้ยวเพียงแง่เดียว อัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยวซึ่งสัมพันธ์กับเพลาข้อเหวี่ยงจะหมุนเพียงครึ่งรอบของเพลาข้อเหวี่ยง อย่างไรก็ตามแหวนลูกเบี้ยวอาจถูกออกแบบให้มีแง่ลูกเบี้ยวเป็นจำนวน สาม สี่ หรือ ห้า แง่ เมื่อเป็นเช่นนี้อัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยวจะเป็น 1/6,1/8 และ 1/10 ของอัตราเร็วของเพลาข้อเหวี่ยง อัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยวกำหนดไว้เป็นสูตรได้ดังนี้

$\frac{1}{2} \div$ จำนวนแง่ลูกเบี้ยวของทางเดินของลูกเบี้ยวทางใดทางหนึ่ง = อัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยวสัมพันธ์กับอัตราเร็วของเพลาข้อเหวี่ยง

<u>ตัวอย่าง</u> เครื่องยนต์แบบสูบดาว ๑๔ กระบอกสูบ ติดตั้งด้วยแหวนลูกเบี้ยวชนิดมี ๓ แง่ ถ้าเครื่องยนต์หมุนด้วยความเร็ว ๒๑๐๐ รอบต่อนาที จงหาอัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยว

วิธีทำ $\frac{1}{2} \div 3 = 1/6$ อัตราเร็วของเพลาข้อเหวี่ยง

$\therefore$ อัตราเร็วของแหวนลูกเบี้ยว $= 1/6 \times 2100$ รอบต่อนาที

$= 350$ รอบต่อนาที

๖.๑๒ แท่งยกก้านส่งและปลอกนำส่ง (TAPPET AND GUIDE)

แท่งยกก้านส่งเป็นแท่งเหล็กกล้าทำงานอยู่ในปลอกนำส่งซึ่งทำด้วยบรอนซ์ หรืออลูมินัมผสม หรือเป็นเหล็กกล้าก็ได้ ปลายข้างหนึ่งของแท่งยกก้านส่งถูกทำไว้เป็นร่องเพื่อใส่ลูกกลิ้งเหล็กกล้าและสลักสำหรับตรึง ปลอกนำส่ง (GUIDE) จะเป็นตัวบังคับให้ลูกกลิ้งของแท่งยกก้านส่งอยู่ในแนวเดียวกับทางเดินของลูกเบี้ยว (CAM TRACK) โดยไม่ทำให้พลาดร่อง สปริงที่อยู่ในแท่งยกก้านส่งเป็นตัวกดให้ลูกกลิ้งแนบติดกับร่องทางเดินอยู่ตลอดเวลา ส่วนปลายอีกข้างหนึ่งของแท่งยกก้านส่งมีปลอกสวม (SOCKET) สำหรับรองรับปลายกลมของก้านส่ง (PUSH ROD) แท่งยกก้านส่งถูกเจาะเป็นรูสำหรับให้น้ำมันหล่อลื่นจากระบบน้ำมันหล่อลื่นในแขนงที่แยกออกมาจากเรือนเพลาข้อเหวี่ยง ไหลผ่านเข้าไปสู่ภายในก้านส่งทะลุไปยังชุดประกอบกระเดื่องกด (ROCKER ASSEMBLY)

๖.๑๓ ก้านส่ง (PUSH ROD)

ก้านส่งทำหน้าที่ถ่ายทอดแรงสำหรับยกลิ้นจากแท่งยกก้านส่งไปยังคานกระเดื่อง (ROCKER ARM) ก้านส่งทำด้วยท่อเหล็กกล้ามีลูกบอลเหล็กกล้าอัดอยู่ที่ปลายทั้งสองด้าน ลูกบอลแต่ลูกถูกเจาะเพื่อให้น้ำมันหล่อลื่นไหลผ่านจากรูก้านส่งเข้าไปยังคายกระเดื่อง ก้านส่งมีท่อหุ้มไว้อีกชั้นหนึ่ง สำหรับให้นำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้วไหลกลับ เรียกว่า เรือนหุ้มก้านส่ง (PUSH ROD HOUSING)

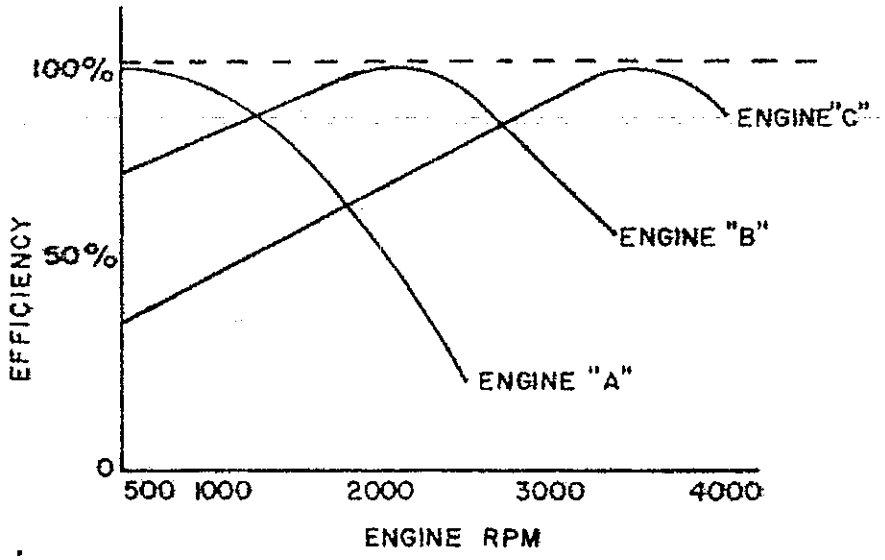
๖.๑๔ คานกระเดื่อง (ROCKER ARM)

คานกระเดื่องเป็นตัวส่งทอดแรงยกจากแง่ลูกเบี้ยว (CAM LOBE) ไปยังลิ้น ที่คานกระเดื่องมีสลักหมุนปรับระยะเว้นลิ้นเพื่อให้ได้ตามเกณฑ์ที่ต้องการติดตั้งอยู่

๖.๑๕ สปริงลิ้น (VALVE SPRING)

ลิ้นทุกอันจะมีสปริงติดตั้งอยู่สองขดหรือมากกว่านั้น สปริงทำหน้าที่ปิดลิ้นและยันให้ปิดไว้จนกว่าจะถูกเปิดโดยแรงยกจากแง่ลูกเบี้ยว สาเหตุที่ติดตั้งลิ้นสปริงมากกว่าหนึ่งขดก็คือ

- เพื่อความปลอดภัย เพราะถ้าสปริงขดหนึ่งชำรุดก็ยังมีอีกขดหนึ่งเหลือสำรองไว้ปิดลิ้นต่อไป
- เพื่อป้องกันมิให้สปริงเกิดอาการสั่นสะท้อน (HARMONIC VIBRATION) ซึ่งจะทำให้ลิ้นเกิดการลอยตัวเปิดออกได้



รูปที่ ๑–๒๐

ผลของการเหลื่อมของลิ้นซึ่งมีต่อประสิทธิภาพเครื่องยนต์เมื่อสัมพันธ์กันกับความเร็วรอบต่อนาที

๖.๑๖ การตั้งจังหวะปิดเปิดลิ้น (VALVE TIMING)

ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในตอนต้น เครื่องยนต์จะมีสมรรถนะสูงสุดได้นั้น ลิ้นของแต่ละกระบอกสูบจะต้องปิดเปิดให้ถูกต้องตามเวลาที่สัมพันธ์กับตำแหน่งของลูกสูบ เนื่องจากเครื่องยนต์ลูกสูบดาวซึ่งติดตั้งกับอากาศยานได้รับการออกแบบและสร้างขึ้นให้มีประสิทธิภาพดีที่สุดเมื่อเครื่องยนต์ทำงานในรอบเดินทาง (CRUISE RPM) ดังนั้นถ้าเครื่องยนต์ทำงานต่างไปจากรอบเดินทางแล้ว ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ก็จะลดลงตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่น เครื่องยนต์อากาศยานทุกชนิดจะต้องแผนแบบให้ลิ้นเหลื่อมกัน (VALVE OVERLAP) แต่จำนวนองศาของลิ้นเหลื่อมกันนั้นขึ้นอยู่กับย่านความเร็วเป็นรอบต่อนาที (RPM RANGE) ของเครื่องยนต์ซึ่งได้ถูกออกแบบไว้แล้ว แต่ว่าจะให้ผ่านความเร็วไหนเป็นย่านที่ให้ประสิทธิภาพเครื่องยนต์สูงสุด ตามรูปที่ ๑–๒๐ แสดงให้เห็นถึงอิทธิพลการเหลื่อมของลิ้นที่มีต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์สูบดาวอากาศยาน เครื่องยนต์ ก. ถูกออกแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุดในรอบเดินเบา ดังนั้นจึงมีจำนวนองศาที่ลิ้นเหลื่อมกันเพียงเล็กน้อย ถ้าความเร็วเป็นรอบต่อนาทีของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นจากรอบเดินเบาแล้ว ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลงโดยทันทีทันใด เครื่องยนต์ "ข" ถูกคำนวณออกแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อความเร็วรอบปานกลาง (INTERMEDIATE RPM) หรือรอบเดินทาง ดังนั้นเมื่อเครื่องยนต์ "ข" ทำงานที่รอบเดินเบาและที่รอบสูง ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์จะลดลง เครื่องยนต์ "ข" มีลิ้นเหลื่อมกันระหว่าง ๓๐ องศาและ ๖๐ องศา เครื่องยนต์ "ค" ออกแบบคำนวณให้มีสมรรถนะสูงสุดที่รอบสูง ดังนั้นเมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่รอบเดินเบาจะมีประสิทธิภาพเลวและมีประสิทธิภาพปานกลางเมื่อทำงานที่รอบเดินทาง การที่เครื่องยนต์ "ค" มีประสิทธิภาพสูงสุดเมื่อเดินที่รอบสูง เพราะมีการเหลื่อมของลิ้นมากกว่าเครื่องยนต์เครื่องอื่น การตั้งจังหวะและจำนวนองศาการเหลื่อมของลิ้นขึ้นอยู่กับความโค้งและรูปร่างของแง่ลูกเบี้ยวและการปรับลิ้น การปรับลิ้นไม่ถูกต้องจะมีผลกระทบกระเทือนต่อการตั้งจังหวะปิดเปิดและการเหลื่อมของลิ้น

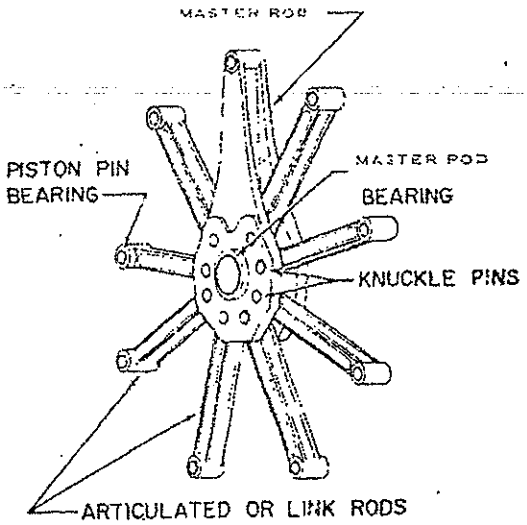
๗. ระยะเว้นลิ้น (VALVE CLEARANCE)

ระยะเว้นลิ้นคือระยะห่างระหว่างสลักเกลียวขันปรับของคานกระเดื่อง (ROCKER ARM ADJUSTING SCREW) กับปลายก้านลิ้น (VALVE STEM) บริษัทผู้ผลิตจะเป็นผู้กำหนดค่าระยะเว้นลิ้น และผู้ใช้จะต้องถือตามเกณฑ์ที่ที่กำหนดให้ตลอดไป ทั้งนี้เพื่อให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะในการทำงานดีที่สุด การที่ต้องมีระยะเว้นลิ้นก็ด้วยเหตุผลสองประการคือ ถ้าไม่มีระยะเว้น ลิ้นอาจเปิดขึ้นได้ถ้าหากมีความดันเกิดขึ้นเพียงเล็กน้อยถึงแม้ในขณะที่ แท่งยกก้านส่ง (TAPPET) จะอยู่บนร่องทางเดินระหว่างแง่ลูกเบี้ยวแต่ละแง่ก็ตาม ส่วนประการที่สอง จะติดเครื่องยนต์ลำบากในระหว่างที่มีอากาศหนาวจัด เพราะเหตุว่าลิ้นถูกดันให้เปิดออกจากเบ้าลิ้นตลอดวัฏจักรของการทำงาน เนื่องจากการหดตัวของหัวกระบอกสูบในขณะที่มีอากาศหนาวจัด การตั้งระยะเว้นของเครื่องยนต์ลูกสูบดาวต้องตั้งเมื่อเครื่องยนต์เย็น เพราะว่าหลังจากที่เครื่องยนต์เดินจนถึงอุณหภูมิการทำงานตามปกติแล้ว ระยะเว้นลิ้นจะเพิ่มขึ้น เพราะหัวกระบอกสูบซึ่งมีคานกระเดื่องกดลิ้นติดอยู่จะขยายตัว จึงเห็นได้ว่าเมื่อเครื่องยนต์ทำงานระยะเว้นลิ้นจะมากกว่าเมื่อเครื่องยนต์เย็น การขยายตัวเนื่องจากอุณหภูมิเมื่อเครื่องยนต์ทำงานตามปกติเป็นตัวประกอบที่ต้องคำนึงถึงตัวหนึ่งเมื่อทำการตั้งระยะเว้นในขณะที่เครื่องยนต์เย็น อุณหภูมิของหัวกระบอกสูบที่สูงกว่าปกติจะทำให้ระยะเว้นลิ้นเพิ่มมากขึ้น เป็นเหตุให้สมรรถนะของเครื่องยนต์เลวลง การตั้งระยะเว้นลิ้นจึงต้องถือตามเกณฑ์ที่กำหนดให้เสมอ ระยะเว้นลิ้นที่มากกว่าที่กำหนดเรียกว่า <u>ระยะเว้นเกินเกณฑ์</u> (EXCESSIVE CLEARANCE) ระยะเว้นที่ต่ำกว่าที่กำหนดเรียกว่า <u>ระยะเว้นไม่ได้เกณฑ์</u> (INSUFFICIENT VALVE CLEARANCE) ระยะเว้นลิ้นที่ต่ำมากขนาดทำให้ลิ้นเปิดอยู่ตลอดวัฏจักรของการทำงานเรียกว่า <u>ระยะเว้นนิเสธ</u> (NEGATIVE VALVE CLEARANCE) การตั้งระยะเว้นลิ้นที่ผิดจากเกณฑ์จะทำให้เกิดผลเสียดังต่อไปนี้

๑. ลิ้นจะถูกกระแทกและยืดตัว
๒. เบ้าลิ้นชำรุด
๓. จำนวนของเชื้อเพลิง-อากาศที่ถูกอัดเข้าในแต่ละกระบอกสูบมีจำนวนไม่เท่ากันทำให้กำลังส่งออกจากกระบอกสูบไม่เท่ากัน
๔. ทำให้อัตราส่วนของเชื้อเพลิง – อากาศแต่ละกระบอกสูบแตกต่างกัน
๕. ทำให้อุณหภูมิหัวกระบอกสูบของแต่ละกระบอกสูบต่างกัน

๗.๑ ชุดก้านสูบ (CONNECTING ROD ASSEMBLY)

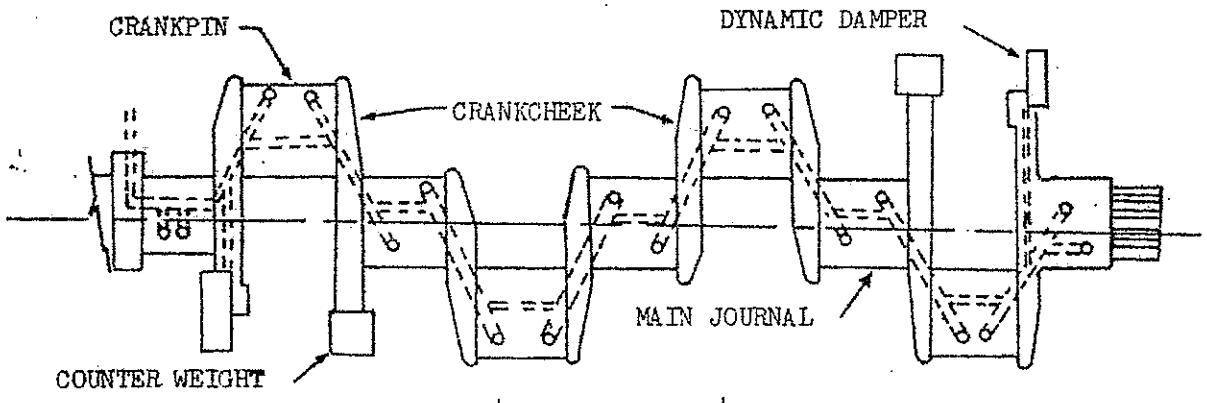
- ก้านสูบเป็นกลไกเชื่อมต่อและส่งทอดแรงระหว่างลูกสูบและเพลาข้อเหวี่ยง ก้านสูบทำด้วยเหล็กกล้าเจือเกรดสูง เครื่องยนต์แบบสูบควรมีก้านสูบใหญ่อยู่ก้านเดียวเรียกว่า ก้านสูบหลัก (MASTER ROD) เป็นตัวเชื่อมต่อโดยตรงกับเพลาข้อเหวี่ยง ส่วนก้านสูบอื่นซึ่งเป็นก้านสูบเล็กเชื่อมติดอยู่กับก้านสูบหลักเรียกว่า <u>ก้านสูบรอง</u> (LINK ROD หรือ ARTICULATED ROD) ในรูปที่ ๑–๒๑ ก้านสูบหลัก (MASTER ROD) มีรูปร่างคล้ายกับ แบนโจ (BANJO)



รูปที่ ๑–๒๑ ก้านสูบหลักและก้านสูบรอง

ก้านสูบรองยึดติดก้านสูบหลักโดยสลักข้อต่อ (KNUCKLE PIN) ในการใส่สลักข้อต่อและสลักลูกสูบ จะมีปลอกรองซึ่งทำด้วยบรอนซ์สวมอยู่เพื่อทำหน้าที่เป็นรองลื่น

- เพราะว่าก้านสูบหลักติดตั้งโดยตรงอยู่กับเพลาข้อเหวี่ยง จึงเป็นก้านสูบอันเดียวที่มีทางโคจรเป็นรูปวงกลม ส่วนก้านสูบรองที่ยึดติดอยู่กับก้านสูบหลักนั้นต่างก็แยกห่างออกจากจุดศูนย์กลางของขอขว้างเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT THROW) ด้วยเหตุนี้สลักข้อต่อก้านสูบรองจึงโคจรเป็นรูปวงรี (ELLIPTICAL ORBIT) ทำให้ลูกสูบของก้านสูบรองมีตำแหน่งต่างกันออกไปเล็กน้อยเมื่อเทียบสัมพันธ์กับตำแหน่งของเพลาข้อเหวี่ยงยกตัวอย่างเช่น เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงอยู่ที่ ๒๐° ก่อนศูนย์ตายบนลูกสูบรองของกระบอกสูบที่ต้องการเทียบจะไม่อยู่ตรงที่ ๒๐° ก่อนศูนย์ตายบนตรงเผงเสียทีเดียว ตามเหตุผลที่กล่าวมานี้ เครื่องยนต์สูบดาวจึงมีลูกเบี้ยวแม็กนีโตสำหรับชดเชย (COMPENSATING MAGNETO CAM) การคลาดเคลื่อนเพื่อให้เขี้ยวทองขาว (BREAKER POINT) เปิดตามเวลาที่แน่นอนตามการจุดระเบิดในแต่กระบอกสูบของก้านสูบรอง การทำเช่นนี้จะเป็นการชดเชยความแตกต่างของตำแหน่งลูกสูบเมื่อสัมพันธ์กับตำแหน่งเพลาข้อเหวี่ยง



รูปที่ ๑–๒๒ เพลาข้อเหวี่ยง

๗.๒ เพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT)

เพลาข้อเหวี่ยงเป็นตัวเปลี่ยนการเคลื่อนที่ขึ้นลงของลูกสูบและก้านสูบมาเป็นการเคลื่อนที่รอบวงกลมเพื่อหมุนใบพัด เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์สูบดาว ทำด้วยเหล็กกล้าเจืออบชุบขึ้นรูป เครื่องยนต์สูบดาวแบบสองแถวมีขอขว้าง (DOUBLE THROW CRANKSHAFT) อยู่สองขอ ส่วนแบบแถวเดียวมีขอขว้างขอเดียวและใช้รองลื่นหลัก (MAIN BEARING) สองอัน ส่วนเครื่องยนต์แถวคู่มีรองลื่นหลักสามอัน เครื่องยนต์ R-4360 (มีสี่แถว) มีรองลื่นหลักห้าอัน รองลื่นหลักนี้อาจเป็นแบบชิ้นสอด (INSERT) ตลับลูกปืน (BALL) หรือแบบตลับลูกกลิ้ง (ROLLER BEARING) เพลาข้อเหวี่ยงจะถูกเจาะให้เป็นรูกลวงเพื่อลดน้ำหนัก และเป็นทางให้น้ำมันหล่อลื่นไหลผ่าน ชิ้นส่วนต่างๆ ของเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ลูกสูบทุกแบบจะมีชื่อเรียกและทำหน้าที่เหมือนกัน ชิ้นส่วนที่แสดงไว้ในรูป ๑–๒๒ คือ

๗.๒.๑ หลักเพลาข้อเหวี่ยง (MAIN JOURNAL)

เป็นส่วนหนึ่งของเพลาข้อเหวี่ยงที่ถูกรองรับและหมุนอยู่ในรองลื่นหลัก (MAIN BEARING) หลักเพลาข้อเหวี่ยงเป็นจุดศูนย์กลางที่หมุนรอบโดยเพลาข้อเหวี่ยง

๗.๒.๒ สลักข้อเหวี่ยง (CRANKPIN)

เป็นส่วนหนึ่งเพลาข้อเหวี่ยงที่ก้านสูบติดตั้งอยู่ บางครั้งเรียกว่าหลักยึดก้านสูบ (CONNECTING ROD JOURNAL)

๗.๒.๓ แก้มข้อเหวี่ยง (CRANK CHEEK)

เป็นส่วนหนึ่งของเพลาข้อเหวี่ยงที่ต่อสลักข้อเหวี่ยงเข้ากับหลักเพลาข้อเหวี่ยง

๗.๒.๔ ขอขว้างเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT THROW)

ประกอบด้วยแก้มข้อเหวี่ยงสองข้างและสลักข้อเหวี่ยงหนึ่งข้ออยู่ตรงกลาง

๗.๒.๕ น้ำหนักถ่วงดุล (COUNTERWEIGHT)

เป็นน้ำหนักช่วยทำให้เพลาข้อเหวี่ยงเกิดความสมดุลสถิต (STATIC BALANCE) และช่วยลดความสั่นสะเทือนเมื่อเพลาข้อเหวี่ยงขาดความสมดุล

๗.๒.๖ เครื่องถ่วงดุลพลวัต (DYNAMIC DAMPER)

เป็นเครื่องช่วยลดการสั่นสะเทือนของแรงบิด (TORSION VIBRATION) ซึ่งเกิดโดยกำลังกระแทกจากภายในกระบอกสูบกำลังกระแทกนี้จะทำให้เพลาข้อเหวี่ยงมีแนวโน้มที่จะคดงอไปเล็กน้อย แต่หลังจากรับแรงกระแทกแล้ว เพลาข้อเหวี่ยงก็จะสปริงเข้าที่เดิม อาการเช่นนี้จะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีการจุดระเบิดในกระบอกสูบและทำให้เพลาข้อเหวี่ยงรับแรงเค้นมาก เครื่องถ่วงดุลพลวัต ทำงานคล้ายกับลูกตุ้มนาฬิกา แขวนติดกับเพลาข้อเหวี่ยงและแกว่งไปในทิศทางตรงข้ามกับกำลังกระแทกเป็นการช่วยลดอาการสั่นของแรงบิด และทำให้แรงเค้นในเพลาข้อเหวี่ยงลดลง

น้ำมันหล่อลื่นจากเพลาข้อเหวี่ยงซึ่งเป็นแขนงแตกจากระบบน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ จะถูกฉีดเข้าไปในกระบอกสูบด้วย ราวฉีด (SPRAY BARS) หรือจากหัวฉีด (SPRAY

NOZZLES) ซึ่งติดตั้งอยู่บนเพลาข้อเหวี่ยง น้ำมันหล่อลื่นนี้จะช่วยหล่อลื่นกระบอกสูบและช่วยระบายความร้อน

๘. ส่วนหน้าของเรือนเพลาข้อเหวี่ยง (NOSE SECTION)

ส่วนหน้าของเรือนเพลาข้อเหวี่ยงมีรูปร่างคล้ายระฆัง ยึดติดกับส่วนกำลัง (POWER SECTION) ประกอบด้วยรองลื่นใบพัด (PROPELLER THRUST BEARING) เพลาใบพัด (PROPELLER SHAFT) ชุดเฟืองทดรอบใบพัด (PROPELLER REDUCTION GEAR ASSEMBLY) ระบบแรงบิด (TORQUE MEASURING SYSTEM) และในเครื่องยนต์บางแบบอาจมีระบบจุดประกายล่วงหน้า (SPARK ADVANCE SYSTEM) ในเรือนเพลาข้อเหวี่ยง ส่วนหน้านี้อาจจะมีลิ้นควบคุมเครื่องปรับมุมใบพัด ช่องหายใจ สูบกวาดกลับ,แม็กนีโต และจานจ่ายไฟติดตั้งอยู่ด้วย ในเครื่องยนต์ R-4360 มีเรือนขับแม็กนีโต (MAGNETO DRIVE CASE) แยกออกไปต่างหากโดยติดตั้งอยู่ระหว่างส่วนกำลังกับส่วนหน้า ในเรือนขับแม็กนีโตจะเป็นเรือนของเครื่องประกอบหลายชิ้นซึ่งปกติจะติดตั้งอยู่ส่วนหน้า ดังนั้นเพื่อสะดวกต่อการอธิบายจึงถือว่าเรือนขับแม็กนีโตเป็นส่วนหนึ่งของส่วนหน้าของเรือนเพลาข้อเหวี่ยง

๘.๑ เฟืองทด (REDUCTION GEAR)

เฟืองทดทำหน้าที่จำกัดความเร็วของใบพัดโดยให้หมุนทำงานอยู่ในย่านที่ให้ประสิทธิภาพดี เพราะถ้าไม่มีเฟืองทดแล้วความเร็วของใบพัดโดยเฉพาะที่ปลายใบพัดอาจจะหมุนด้วยความเร็วเท่าเสียงถ้าความเร็วของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น ในกรณีเช่นนี้ใบพัดจะสูญเสียแรงฉุดจนอาจจะไม่มีกำลังพอที่จะฉุดอากาศยานไปข้างหน้าได้ เนื่องจากเฟืองทดถูกออกแบบให้รับแรงเค้นสูง ดังนั้นเฟืองทดจึงนิยมทำด้วยเหล็กกล้าขึ้นรูป เพื่อให้มีความแข็งแรงทนทานต่อแรงเค้นได้เป็นเวลานาน ระบบเฟืองทดมีหลายแบบแต่ที่นิยมใช้กันอยู่ ก็คือ แบบดาวล้อมเดือนฟันตรง (SPUR - PLANETARY) และแบบดาวล้อมเดือนฟันเฉียง (BEVEL - PLANETARY) ส่วนอีกแบบหนึ่ง คือแบบทดรอบโดยตรงจากตัวขับ (DRIVER) แบบฟันตรงและตัวหมุนตาม (PINION) ฟันตรงเหมือนกัน เป็นแบบที่ไม่นิยมใช้กันในเครื่องยนต์สูบดาว

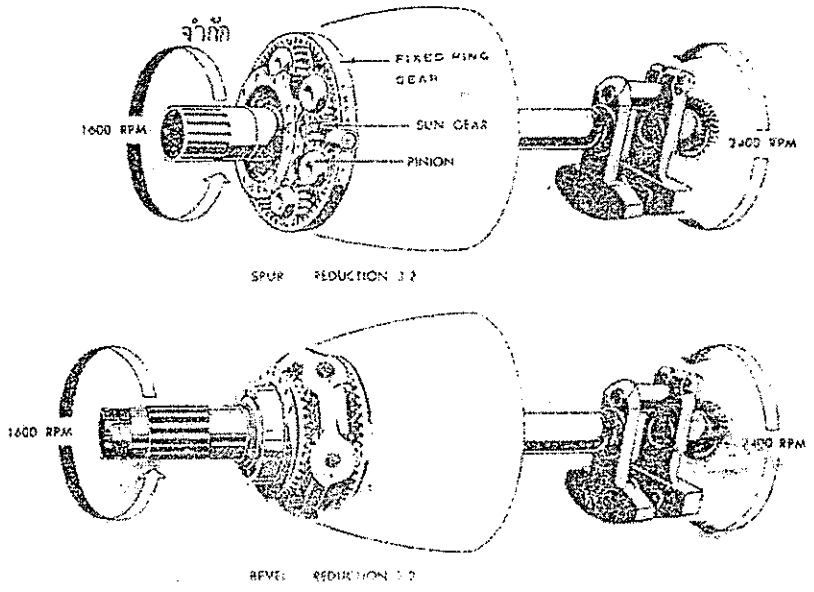
๑. เฟืองทดแบบดาวล้อมเดือนฟันตรง (SPUR - PLANETARY)

ประกอบด้วยเฟืองขับเรียกว่า เฟืองอาทิตย์ (SUN GEAR) สอดติดตั้งอยู่กับเพลาข้อเหวี่ยง เฟืองอันใหญ่ซึ่งอยู่กับที่เรียกว่า เฟืองแหวนสถิต (FIXED RING GEAR) หรือเฟืองทดสถิต (FIXED REDUCTION GEAR) พร้อมด้วยชุดเฟืองจักรวาล (SPUR - PLANETARY) ตัวเล็กๆ ยึดติดอยู่กับแหวนบรรทุก (CARRIER RING) และตัวแหวนบรรทุกเองจะยึดแน่นอยู่กับเพลาใบพัด เฟืองจักรวาล (PLANETARY) ทั้งชุดหมุนอยู่รอบๆ ระหว่างเฟืองอาทิตย์และเฟืองแหวนสถิต ตัวเฟืองแหวนสถิตนั้นจะสอดอยู่ในเรือนเพลาข้อเหวี่ยง เมื่อเครื่องยนต์ทำงานเพลาข้อเหวี่ยงก็จะหมุนเฟืองอาทิตย์ ทำให้เฟืองจักวาลซึ่งขบอยู่กับเฟืองอาทิตย์หมุนไปด้วย และเพราะว่าเฟืองจักวาลขบติดอยู่กับเฟืองแหวนสถิต มันจึงกลิ้งไปรอบๆ เฟืองแหวนสถิต โดยในขณะเดียวกันนั้น เฟืองจักรวาลก็จะหมุนรอบตัวเองด้วย เมื่อเฟือง

จักรวาลหมุนก็จะทำให้แหวนบรรทุก (CARRIER RING) ซึ่งตัวมันยึดติดอยู่หมุนไปด้วยจึงทำให้เพลาใบพัดหมุนไปในทิศทางเดียวกับเพลาข้อเหวี่ยงแต่ลดอัตราเร็วลง

๒. เฟืองทดแบบดาวล้อมเดือนฟันเฉียง (BEVEL - PLANETARY)

ประกอบด้วยเฟืองขับ (DRIVING GEAR) ซึ่งมีฟันภายนอกลาดเอียงติดตั้งอยู่กับเพลาข้อเหวี่ยง ชุดของเฟืองบริวาร (BEVEL PINION GEARS) ติดตั้งอยู่ในเรือนซึ่งยึดติดอยู่ที่ปลายของเพลาใบพัด เฟืองบริวาร (PINION GEAR) ถูกขับโดยเฟืองขับให้หมุนกลิ้งไปรอบๆ เฟืองสถิต (STATIONARY GEAR) ซึ่งถูกยึดอยู่กับเรือนส่วนหน้าของเรือนเพลาข้อเหวี่ยงอีกต่อหนึ่ง ชุดเฟืองทดแบบนี้จะกะทัดรัดกว่าเฟืองทดดาวล้อมเดือนฟันตรง ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นเฟืองทดของเครื่องยนต์ที่มีเนื้อที่ของเรือนส่วนหน้าจำกัด



รูปที่ ๑–๒๓ เฟืองทดแบบดาวล้อมเดือนฟันเฉียง

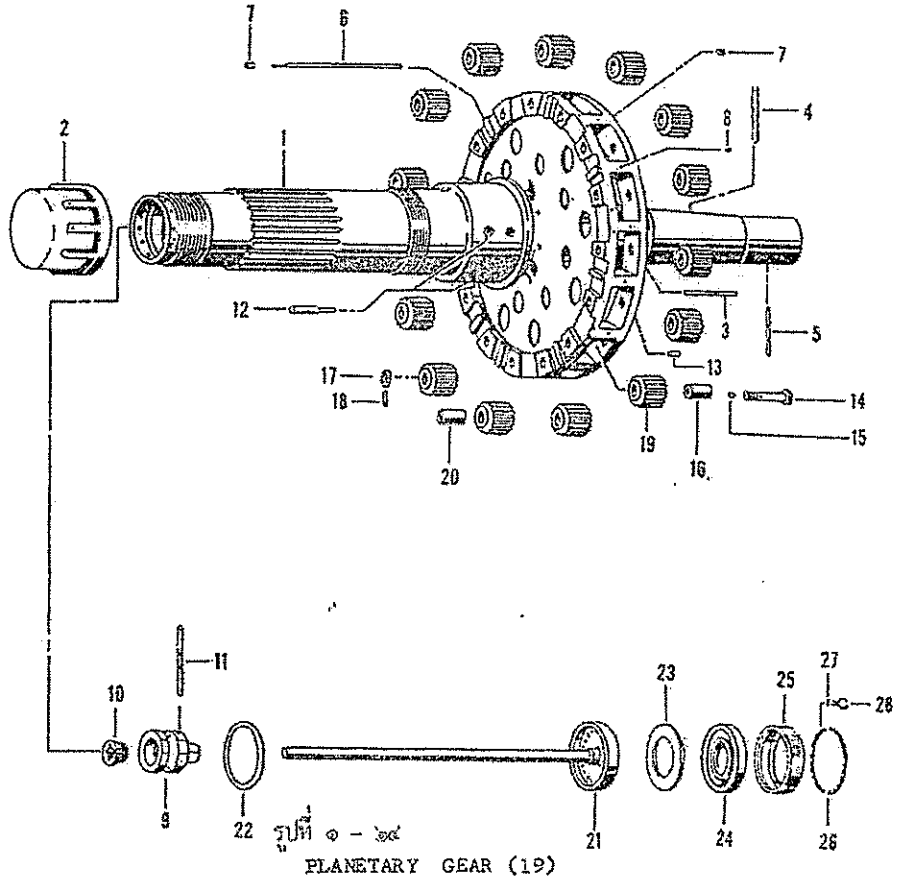
๘.๒ ระบบเครื่องวัดแรงบิด (TORQUE METER SYSTEM)

เครื่องวัดแรงบิดเป็นเครื่องมือที่ใช้วัดกำลังส่งออกของเครื่องยนต์ (ENGINE OUTPUT) โดยจะวัดและชี้บอกค่ากำลังที่แท้จริงของเครื่องยนต์ที่จ่ายให้กับเพลาใบพัดหลักการทำงานของเครื่องวัดแรงบิดทั้งหลายคล้ายคลึงกัน คือจะวัดแรงบิดซึ่งถูกส่งทอดมาโดยการหมุนของเพลาข้อเหวี่ยงผ่านมายังเฟืองสถิต (STATIONARY GEAR) เนื่องจากเฟืองสถิตมีแนวโน้มที่จะหมุนเมื่อมีแรงบิด แต่หมุนไม่ได้เพราะถูกบังคับให้อยู่กับที่ เฟืองสถิตจึงส่งทอดค่าแรงบิดนี้โดยการเคลื่อนตัวไปทางด้านหน้าและหลังแทน ระยะการเคลื่อนที่ไปยังด้านหน้าและหลังของเฟืองสถิตจึงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ การวัดค่าวัดโดยการส่งทอดความดันน้ำมันหล่อลื่นไปยัง เครื่องถ่ายทอดค่าแรงบิด (TRANSMITTER) แล้วจึงส่งต่อไปยังเครื่องอ่าน (INDICATOR) เพื่อชี้บอกค่าในห้องนักบิน หลักการทำงานของเครื่องวัดแรงบิดเป็นหลักการง่ายๆ แต่การนำมาใช้ก็เปลี่ยนแปลงไปตามแต่ละชนิดของเครื่องยนต์ ในที่นี้เราจะพูดถึงการทำงานของระบบเครื่องวัดแรงบิดของเครื่องยนต์ R 2800 – 99 W ซึ่งติดตั้งกับ บ.ล.๔

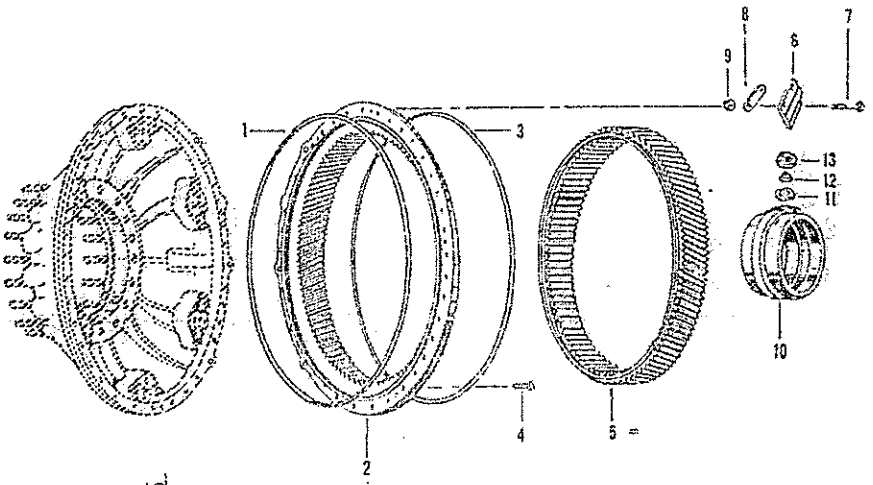
การทำงานของระบบวัดแรงบิดของ ย. R – 2800 – 99 W

ส่วนประกอบ ก่อนที่จะอธิบายถึงการทำงานของระบบเครื่องวัดแรงบิด ควรจะทราบถึงเครื่องประกอบ (COMPONENT) ของระบบวัดแรงบิดเสียก่อน ในระบบนี้จะประกอบด้วย ตัว REDUCTION DRIVE GEAR ซึ่งขับโดยเครื่องยนต์ หรืออาจจะเรียกเฟืองตัวนี้ว่า SUN GEAR เฟืองอีกชุดหนึ่ง คือ PLANETARY GEAR ซึ่งมีทั้งหมด ๑๕ เฟือง ถูกยึดติดกับแท่น TRUNION ของ SPIDER และตัว SPIDER จะยึดติดกับเพลาใบพัดอีกต่อหนึ่ง (ดูรูปที่ ๑–๒๑) PLANETARY GEAR ทั้งชุดถูกขับโดย REDUCTION DRIVE GEAR ให้กลิ้งไปรอบๆ REDUCTION FIXED GEAR (ดูรูปที่ ๑–๒๔ ประกอบ) นอกจากนี้แล้วในระบบยังมีสูบกระตุ้น (BOOSTER PUMP) เพื่อทำหน้าที่เพิ่มความดันต่อจากสูบน้ำมันหล่อลื่นเครื่องยนต์ มีลิ้นระบายความดัน ลูกสูบ ๖ ลูกโดยแบ่งเป็น MASTER PISTON ๑ ลูก และ STAVED PISTON อีก ๕ ลูก ติดตั้งอยู่โดยรอบของเรือนหน้า (ดูรูปที่ ๑–๒๖ ประกอบ)

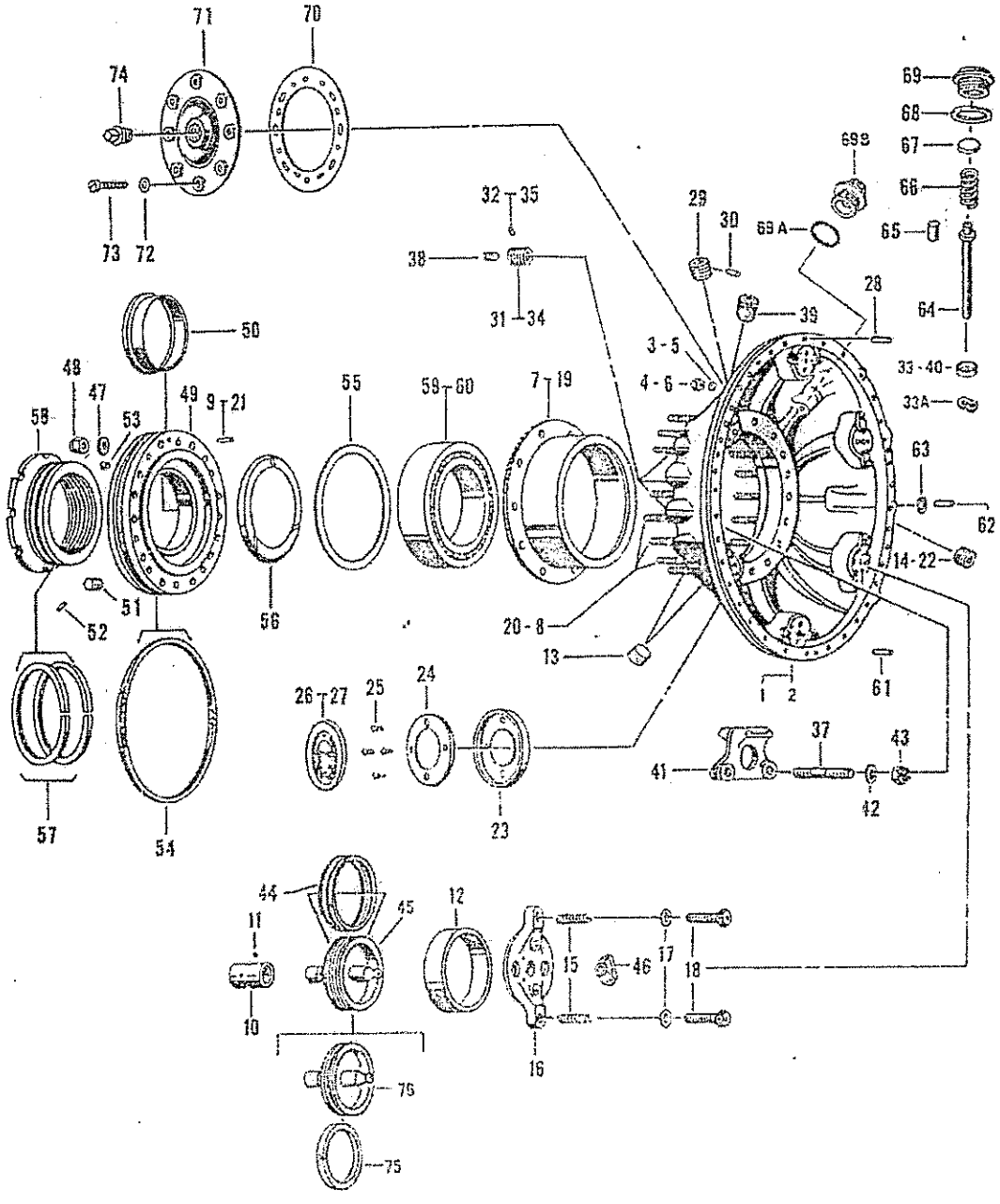
การทำงาน เมื่อเพลาใบพัดหมุนก็จะทำให้ REDUCTION FIXED GEAR (ดูรูปที่ ๑–๒๗) เคลื่อนที่ไปข้างหน้า ส่วนจะมากน้อยแค่ไหน ขึ้นอยู่กับแรงบิดที่เพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์จ่ายให้ การเคลื่อนตัวไปข้างหน้าของ REDUCTION FIXED GEAR จะถูกความดันน้ำมันหล่อลื่นดันกลับทางลูกสูบจำนวน ๖ ลูกที่ติดตั้งอยู่ที่เรือนหน้า ที่ปลายก้านสูบของแต่ละลูก จะถูกล้อมอยู่ในเบ้าของ SLIPPER BEARING ซึ่งเป็นตัวสัมผัสกับ REDUCTION FIXED GEAR



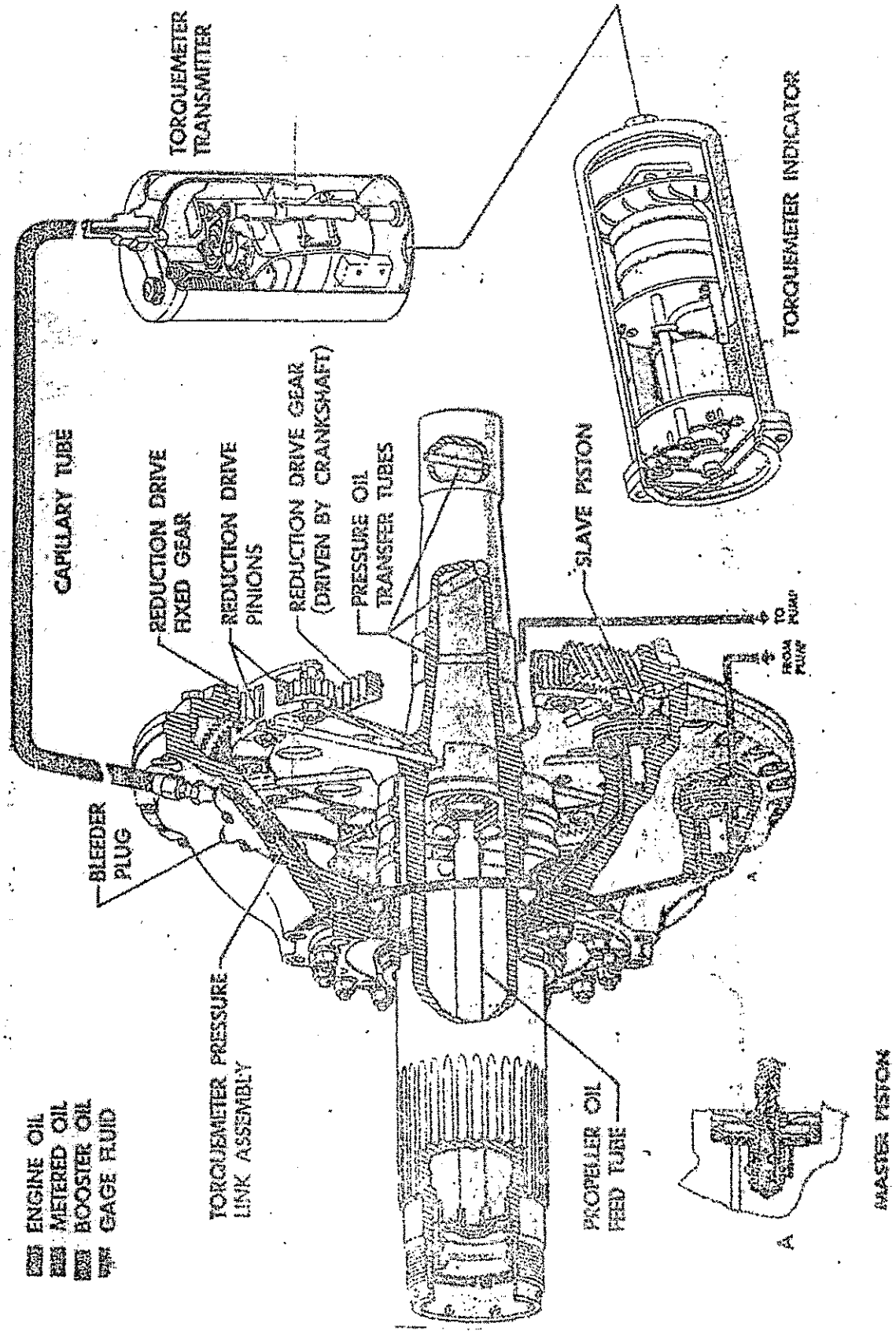
รูปที่ ๑–๒๔ PLANETARY GEAR (19)



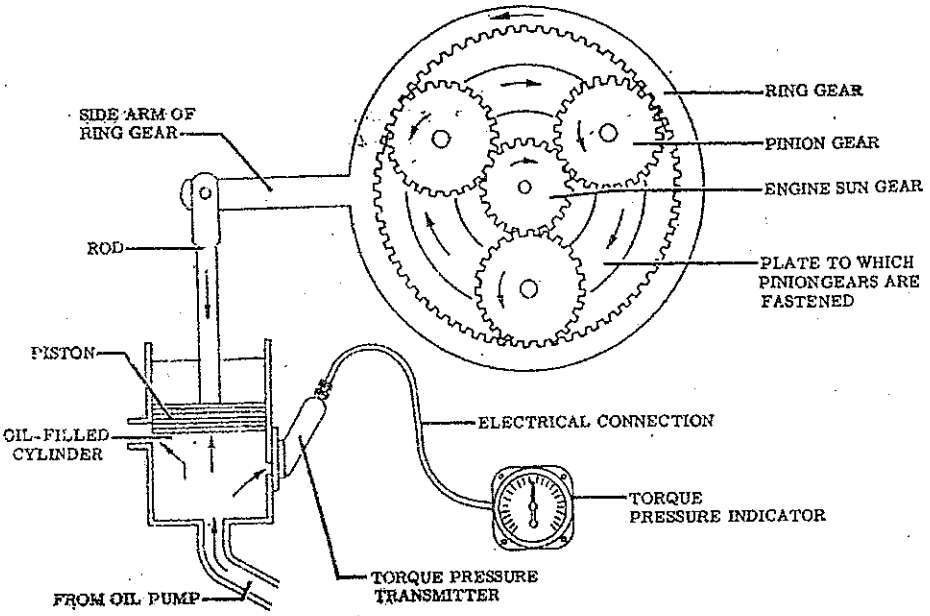
รูปที่ ๑–๒๕ REDUCTION FIXED GEAR หมายเลข ๕



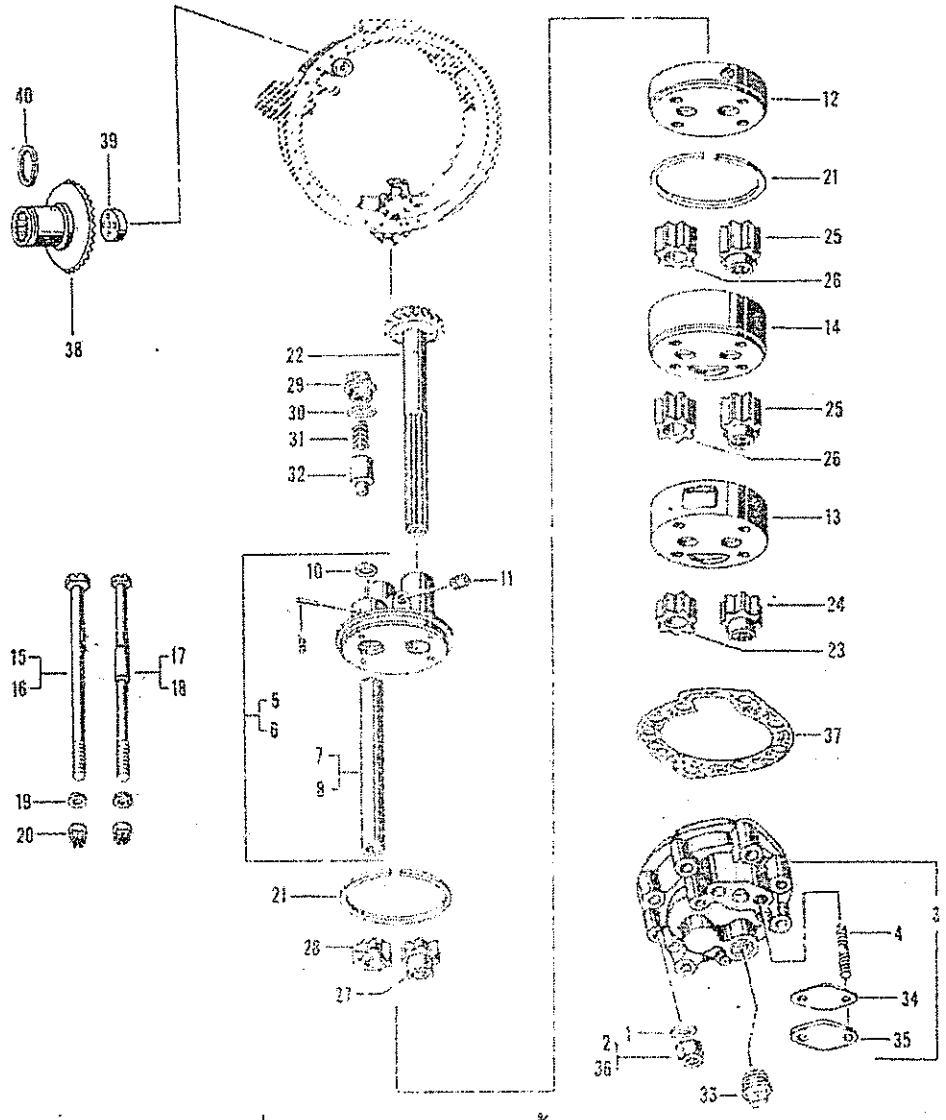
รูปที่ ๑–๒๖ ลูกสูบวัดแรงบิด หมายเลข ๔๕ , ๗๖



รูปที่ ๑–๒๗ ระบบวัดแรงบิด



รูปที่ ๑–๒๘ ระบบวัดแรงบิด



รูปที่ ๑–๒๙ สูบกระตุ้นและลิ้นระบายความดัน

● น้ำมันหล่อลื่นจาก CRANKSHAFT OIL TRANSFER BEARING ถูกดูดโดยลูกสูบซึ่งติดตั้งอยู่ที่เรือนบริภัณฑ์ส่วนหน้าให้ไหลผ่านท่อและช่องทางต่างๆ มายังสูบกระตุ้นเพื่อเพิ่มความดัน แล้วจึงส่งต่อไปยังลิ้นระบายความดันซึ่งติดตั้งอยู่ที่แผ่นปิดด้านหน้าของสูบน้ำมันหล่อลื่น (ดูรูปที่ ๑-๒๗ ประกอบ) จากนั้นน้ำมันหล่อลื่น จะผ่านเข้าไปในร่องของเรือนหน้าของเครื่องยนต์และเรือนบริภัณฑ์ส่วนหน้า เพื่อให้ไหลเข้าไปยังปลายด้านหน้าของ MASTER PISTON

● ลิ้นระบายความดันทำหน้าที่รักษาความดันของระบบไม่ให้เกิน ๓๓๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ลิ้นนี้จะเปิดให้น้ำมันหล่อลื่นระบายออกไปยังทางเข้าของสูบกระตุ้นเมื่อความดันในระบบเกินกว่า ๓๓๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว หลังจากที่ไหลเข้าไปยัง MASTER PISTON แล้ว MASTER PISTON จะทำหน้าที่ปิดเปิดให้น้ำมันหล่อลื่นไหลต่อไปยังลูกสูบบริวาร (SLAVED PISTON) อีก ๕ ลูก โดยให้ไหลผ่านช่องวงแหวนรอบเรือนหน้าของเครื่องยนต์ การควบคุมให้น้ำมันหล่อลื่นไหลออกมากน้อยขึ้นอยู่กับแรงที่ REDUCTION FIXED GEAR กระทำต่อลูกสูบ ดังนั้นการเคลื่อนที่ของ REDUCTION FIXED GEAR จะถูกแรงดันของน้ำมันหล่อลื่นที่กระทำผ่านลูกสูบทั้ง ๖ ลูกไปต่อต้านให้ REDUCTION FIXED GEAR อยู่ในอาการสมดุลย์เป็นอัตราส่วนโดยตรงกับแรงบิดที่เพลาข้อเหวี่ยงจ่ายให้กับเพลาใบพัด

● ความดันน้ำมันหล่อลื่นที่เป็นตัวกลางสำหรับใช้วัดแรงบิดนี้จะถูกส่งทอดไปยังระบบเครื่องวัดแรงบิดซึ่งประกอบด้วยตัวส่งทอด (TRANSMITTER) ท่อส่งความดันเข้าสู่ตัวส่งทอดเรียกว่า CAPILLARY TUBE และเครื่องอ่านค่า (INDICATOR) เครื่องประกอบเหล่านี้ทำงานสัมพันธ์โดยตรงกับความดันน้ำมันหล่อลื่นที่ส่งทอดมาโดยลูกสูบ เป็นการสะท้อนให้ทราบค่าของแรงบิดที่เพลาข้อเหวี่ยงกระทำต่อเพลาใบพัด

● ระบบเครื่องวัดแรงบิดเป็นระบบ AUTOSYN ซึ่งมีหลักการอยู่ว่า เมื่อแรงดันของน้ำมันหล่อลื่นที่ส่งมาจากลูกสูบวัดแรงบิดทั้ง ๖ ลูก ถูกส่งผ่านท่อส่งไปยังตัวส่งทอดก็จะไปอัดให้แผ่นกั้น (DIAPHRAGM) ซึ่งต่อกับท่อ BOURDON โดย CAPILLARY TUBE ดังนั้นเมื่อแผ่นกั้นถูกอัดก็จะส่งแรงดันให้ท่อ BOURDON ขยายตัวไปหมุนข้อต่อและทำให้กลไกไปหมุนให้โรเตอร์ของซิงโครมอเตอร์เคลื่อนตัว

● ถ้าตำแหน่งของโรเตอร์ของตัวส่งทอดอยู่ไม่ตรงหรือแตกต่างกับตำแหน่งโรเตอร์ของตัวอ่านค่าแล้ว ตัวส่งทอดก็จะส่งสัญญาณไปยังตัวอ่านค่า ทำให้โรเตอร์ของตัวอ่านค่าหมุน ซึ่งสามารถอ่านค่าออกมาได้โดยเข็มชี้บอกค่าหมุนตามโรเตอร์ผ่านเฟืองต่างๆ ที่จัดไว้ โรเตอร์ของตัวอ่านค่า จะเคลื่อนที่ทำงานอ่านค่าต่อไปจนกระทั่งตำแหน่งโรเตอร์ของมันอยู่ในตำแหน่งเดียวกันกับตำแหน่งโรเตอร์ของเครื่องส่งทอด เมื่อโรเตอร์ทั้งสองอยู่ตรงในตำแหน่งเดียวกัน ตัวอ่านค่าจะหยุดรับสัญญาณ ค่าความดันที่อ่านได้จะเป็นค่าที่แท้จริงที่ส่งมาจากลูกสูบวัดแรงบิด สำหรับ R -2800 -99 W เมื่อทราบค่าแรงบิดจากเครื่องวัดเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว จะสามารถคำนวณหาแรงม้าห้ามล้อ (BHP) ได้จากสูตร

BHP = RPM x TORQUE OIL PRESSURE

ค่าของ K = 0.00632

๘.๓ ระบบจุดประกายล่วงหน้า (SPARK)

เครื่องยนต์อากาศยานสูบดาวบางชนิด มีกลไกใช้มือปรับให้จุดประกายล่วงหน้าในกรณีที่ต้องการให้ส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิง บางมาก เพื่อเป็นการประหยัดเชื้อเพลิง เนื่องจากอัตราการเผาไหม้ของส่วนผสมที่บาง (๑๗ ต่อ ๑) เป็นไปโดยเชื่องช้ามาก จึงจำเป็นต้องให้หัวเทียนจุดประกายก่อนปกติ ทั้งนี้เพื่อรักษาให้มีความดันสูงสุดภายในกระบอกสูบอยู่ในพิกัดที่กำหนด

- กลไกของระบบจุดประกายล่วงหน้าประกอบด้วยลิ้นควบคุมซึ่งอำนวยการโดยโซลินอยด์เฟืองสำหรับยกเพื่อจุดประกายล่วงหน้า และยังประกอบด้วยลูกสูบอำนวยการอีกหลายลูก ลูกสูบอำนวยการเหล่านี้ถูกขับให้เคลื่อนโดยทั้งแรงสปริงและแรงดันน้ำมันหล่อลื่น เมื่อลิ้นควบคุมซึ่งบังคับโดยโซลินอยด์ เปิดแรงดันน้ำมันหล่อลื่นจะถูกส่งตรงไปยังลูกสูบอำนวยการ ทำให้ตัวอำนวยการขยายตัวไปยกเฟืองของระบบให้อยู่ในตำแหน่งจุดประกายล่วงหน้า เมื่อความดันหล่อลื่นหยุดไหลโดยลิ้นควบคุมปิด ตัวอำนวยการจะคืนกลับไปยังตำแหน่งปกติโดยแรงดันของสปริงซึ่งอยู่ภายในลูกสูบแต่ละลูก

- ระบบจุดประกายล่วงหน้าใช้เฉพาะสำหรับปฏิบัติการในรอบเดินทาง ก่อนจะให้ระบบทำงานต้องตั้งคันบังคับส่วนผสมให้ส่วนผสมบางเสียก่อน มิเช่นนั้นแล้วจะทำให้เกิดการระเบิดแบบวิปริต (DETONATION) ขึ้นมาโดยทันที

๙. ส่วนเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER SECTION)

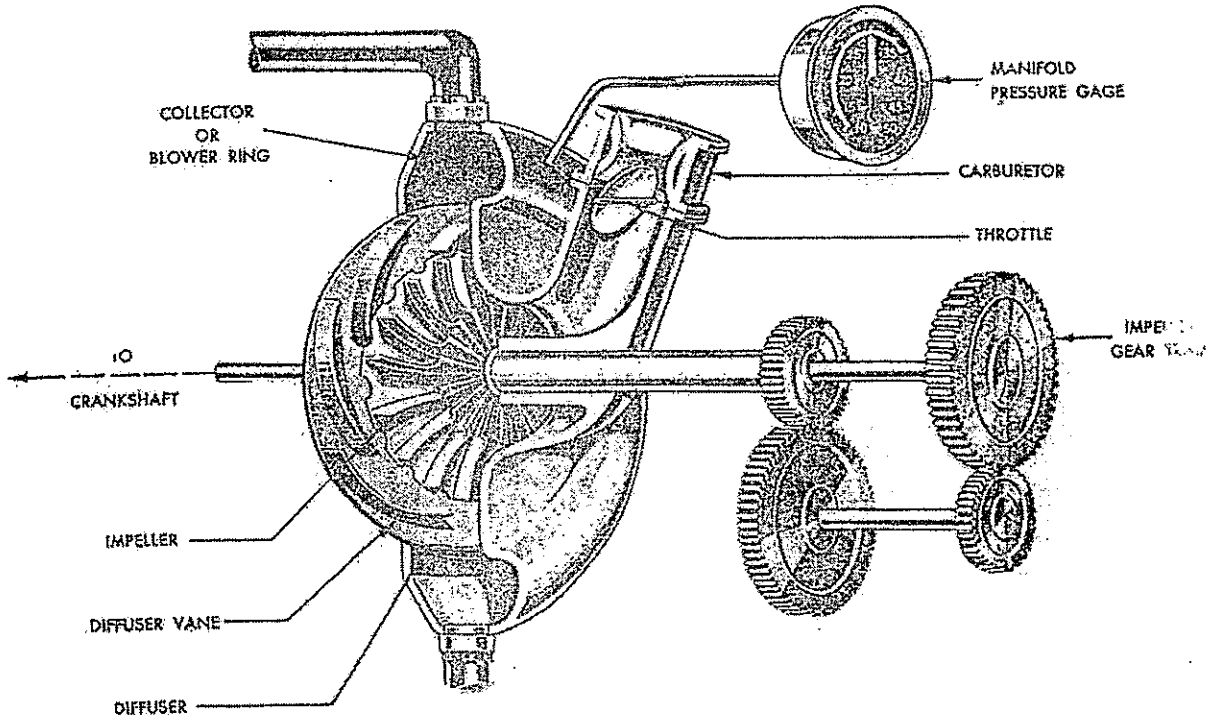
- ทำหน้าที่เป็นเรือนหุ้มชุดประกอบของระบบเพิ่มประจุก๊าซ ประกอบด้วยชุดใบพัดก๊าซ (IMPELLER) เรือนเพิ่มความดัน (DIFFUSER) และวงแหวนสะสมก๊าซ (COLLECTOR RING) ตามที่แสดงไว้ในรูป ๑–๓๐ และ ๑–๓๑ วงแหวนสะสมก๊าซมีท่อไอดีของแต่ละกระบอกสูบติดตั้งอยู่ ตัวเรือนที่หุ้มระบบเพิ่มประจุก๊าซนี้ยังทำหน้าที่รองรับตัวเครื่องยนต์ไว้กับอากาศยาน เพราะรอบๆ ตัวเรือนภายนอกมีที่รองรับสำหรับยึดติดกับแท่นเครื่องยนต์ ตัวเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER) สำหรับเครื่องยนต์อากาศยานโดยทั่วไปจะเป็นแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ อากาศซึ่งไหลออกจากคาบูเรเตอร์ จะไหลเข้าไปยังตัวเพิ่มประจุก๊าซตรงจุดศูนย์กลางของใบพัดก๊าซ (IMPELLER) ตรงทางเข้าของใบพัดก๊าซจะเป็นจุดที่เชื้อเพลิงกับอากาศผสมกัน ในขณะที่ใบพัดก๊าซหมุนด้วยความเร็วสูง ส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศก็จะถูกเหวี่ยงออกไปรอบนอกด้วยความเร็วสูงด้วย ส่วนผสมที่ถูกเหวี่ยงออกมาจะไหลผ่านแผ่นปาดของเรือนเพิ่มความดัน (DIFFUSER)

- ลักษณะการทำงานเช่นนี้เป็นการช่วยให้เชื้อเพลิงระเหยได้เร็วขึ้น ในขณะที่ส่วนผสมของเชื้อเพลิงไหลผ่านช่องแผ่นปาดของเรือนเพิ่มความดัน ความเร็วของส่วนผสมจะลดลงแต่ความดันจะเพิ่มขึ้น และเมื่อผ่านเข้าไปในวงแหวนสะสมก๊าซ (COLLECTOR RING) ส่วนผสมก็จะมีความดันสมดุลเท่ากันหมดโดยตลอด แล้วจึงไหลเข้าสู่ภายในกระบอกสูบ ด้วยเหตุนี้ จึงสามารถประกันได้ว่า กระบอกสูบแต่ละลูกจะได้รับส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิงอย่างสม่ำเสมอเท่ากันหมด ที่วงแหวนสะสมก๊าซมีท่อ

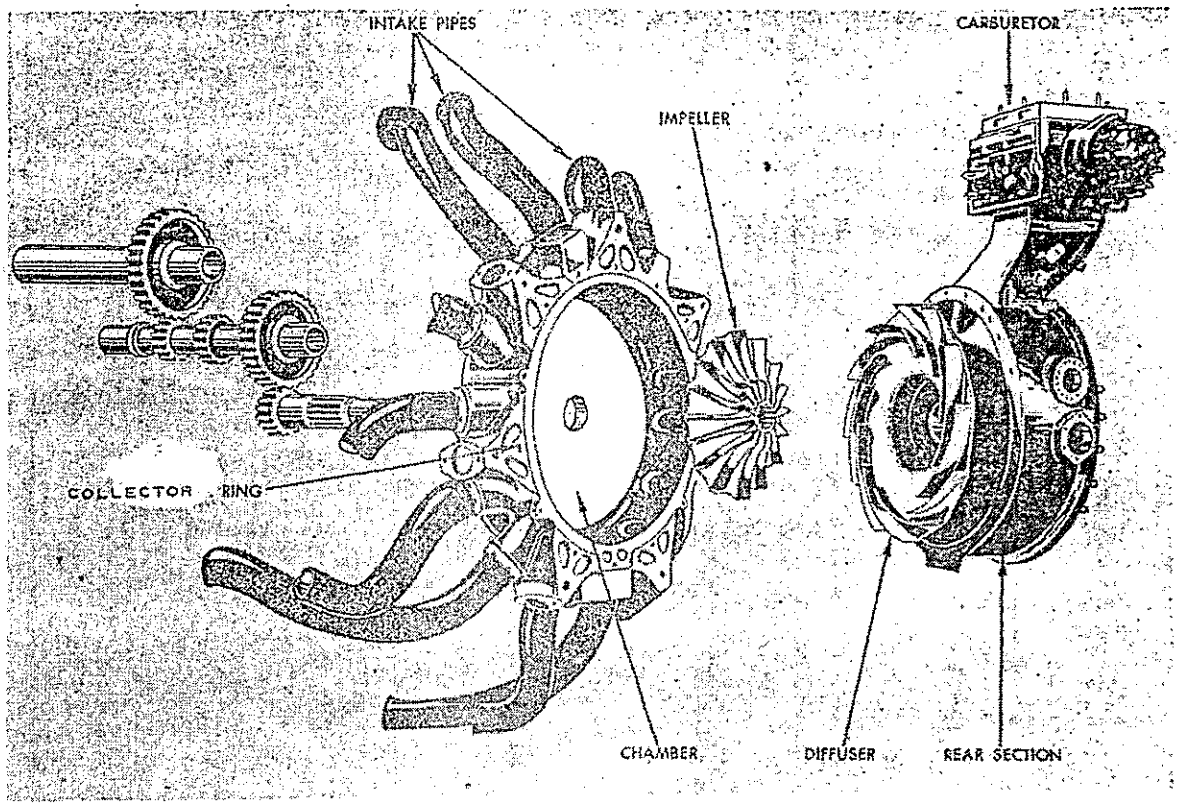
สำหรับวัดความดันไอดีติดตั้งอยู่ด้วย ตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบแรงเหวี่ยงหนีศูนย์เป็นแบบกะทัดรัด เชื่อถือได้ และมีชิ้นส่วนน้อยชิ้น ระบบเพิ่มประจุก๊าซจัดออกได้เป็นแบบอัดตอนเดียว (SINGLE - STAGE) และแบบอัดสองตอน (TWO - STAGE) การจัดแบบนี้เป็นการจัดตามลักษณะที่ส่วนผสมจากท่อไอดีถูกอัดกี่หน ถ้าแบบตอนเดียวก็หมายความว่าไอดีถูกอัดครั้งเดียว ถ้าสองตอนก็หมายความว่าถูกอัดสองครั้ง

๙.๑ ระบบอัดตอนเดียว (SINGLE – STAGE SYSTEM)

ในระบบอัดตอนเดียวจะมีใบพัดก๊าซอยู่ภายในเครื่องยนต์เพียงใบเดียว ใบพัดก๊าซติดตั้งอยู่ระหว่างคาร์บูเรเตอร์และท่อไอดี อากาศจากบรรยากาศภายนอกเครื่องยนต์ หรืออาจเรียกว่า ความดันลมปะทะ (RAM PRESSURE) จะไหลผ่านเข้าทางคาร์บูเรเตอร์และถูกอัดอยู่ในตัวเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER) แล้วจึงจ่ายต่อไปยังกระบอกสูบ ใบพัดก๊าซถูกขับโดยเพลาข้อเหวี่ยงผ่านชุดเฟืองซึ่งมีขนาดเล็กกว่าเฟืองขับ จึงทำให้ใบพัดก๊าซหมุนเร็วกว่าเพลาข้อเหวี่ยง ถ้าอัตราส่วนระหว่างเฟืองใบพัดก๊าซและเฟืองขับของเพลาข้อเหวี่ยงเปลี่ยนแปลงไม่ได้ ตัวเพิ่มประจุก๊าซชนิดนี้ คือแบบอัตราเร็วเดี่ยว ในเครื่องยนต์บางชนิดสามารถเปลี่ยนอัตราส่วนของเฟืองใบพัดก๊าซ ในขณะที่เครื่องยนต์ทำงานเพื่อให้มีอัตราเร็วสูงขึ้น ตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบนี้เรียกว่า แบบอัตราเร็วคู่คือ LOW และ HIGH BLOWER ตำแหน่ง LOW BLOWER เป็นอัตราเร็วที่ใช้สำหรับวิ่งขึ้นและบินอยู่ในเพดานบินระยะต่ำ การเปลี่ยนจาก LOW ไปเป็น HIGH BLOWER จะใช้ก็ต่อเมื่อมีความจำเป็นที่ต้องการเพิ่มประจุก๊าซให้มากขึ้นในขณะที่อากาศยานบิน อยู่ในเพดานบินระยะสูง เครื่องยนต์ส่วนมากใช้ FRICTION CLUTCH



รูปที่ ๑–๓๐ ชิ้นส่วนหลักของตัวเพิ่มประจุก๊าซ



รูปที่ ๑–๓๑ ภาพชิ้นประกอบของตัวเพิ่มประจุก๊าซ

เป็นตัวบังคับเลือกใช้อัตราเร็วโดยตัว (FRICTION CLUTCH) เอง จะถูกอำนวยการให้ทำงานโดยความดันน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ลิ้นเลือกทาง (SELECTOR VALVE) ซึ่งอยู่ในส่วนบริภัณฑ์เครื่องยนต์ ทำหน้าที่นำความดันไปยัง LOW หรือ HIGH – RATIO CLUTCH แล้วแต่การเลือกตั้งจากห้องนักบิน เครื่องยนต์ R –4360 ใช้ตัวประกบไฮดรอลิค (HYDRAULIC COUPLING) ทำหน้าที่แทน FRICTION CLUTCH ตัวประกอบ (COUPLING) ใช้น้ำมันหล่อลื่นจากเครื่องยนต์ สำหรับถ่ายทอดแรงขับซึ่งจะมีลักษณะการทำงานเช่นเดียวกับระบบถ่ายทอดกำลังแบบอัตโนมัติของรถยนต์ การเปลี่ยนอัตราเร็วทำได้โดยส่งน้ำมันหล่อลื่นไปยัง LOW RATIO หรือ HIGH RATIO SET ของตัวประกบไฮดรอลิค

๙.๒ ลิ้นถ่ายของตัวเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER DRAIN VALVE)

ในการเดินเครื่องยนต์หรือหยุดเครื่องยนต์แต่ละครั้ง เชื้อเพลิงจะระเหยไม่หมด และถูกนำเข้าไปในกระบอกสูบเชื้อเพลิง ที่ค้างจากการเผาไหม้เหล่านี้จะรวมตัวกันอยู่ใต้ส่วนสุดของระบบนำไอดีก่อให้เกิดอันตรายโดยอาจจะมีอัคคีภัยเกิดขึ้นได้ หรืออาจไหลไปรวมตัวอยู่ในกระบอกสูบลูกใต้สุด เป็นเหตุให้ลูกสูบไม่สามารถเคลื่อนตัวสู่ศูนย์ตายบนได้ ด้วยเหตุจึงจำเป็นจะต้องถ่ายเชื้อเพลิงที่ค้างอยู่ออกไปโดยการติดตั้งชุดประกอบลิ้นถ่ายทิ้งอัตโนมัติไว้ที่ส่วนล่างสุดของชุดประกอบตัวเพิ่มประจุก๊าซ ลิ้นถ่ายทิ้งจะเปิดออกทุกครั้งที่เครื่องยนต์หยุดเดินและจะปิดเมื่อเครื่องยนต์ทำงาน

๙.๓ ระบบอัดสองตอน (TWO – STAGE SYSTEM)

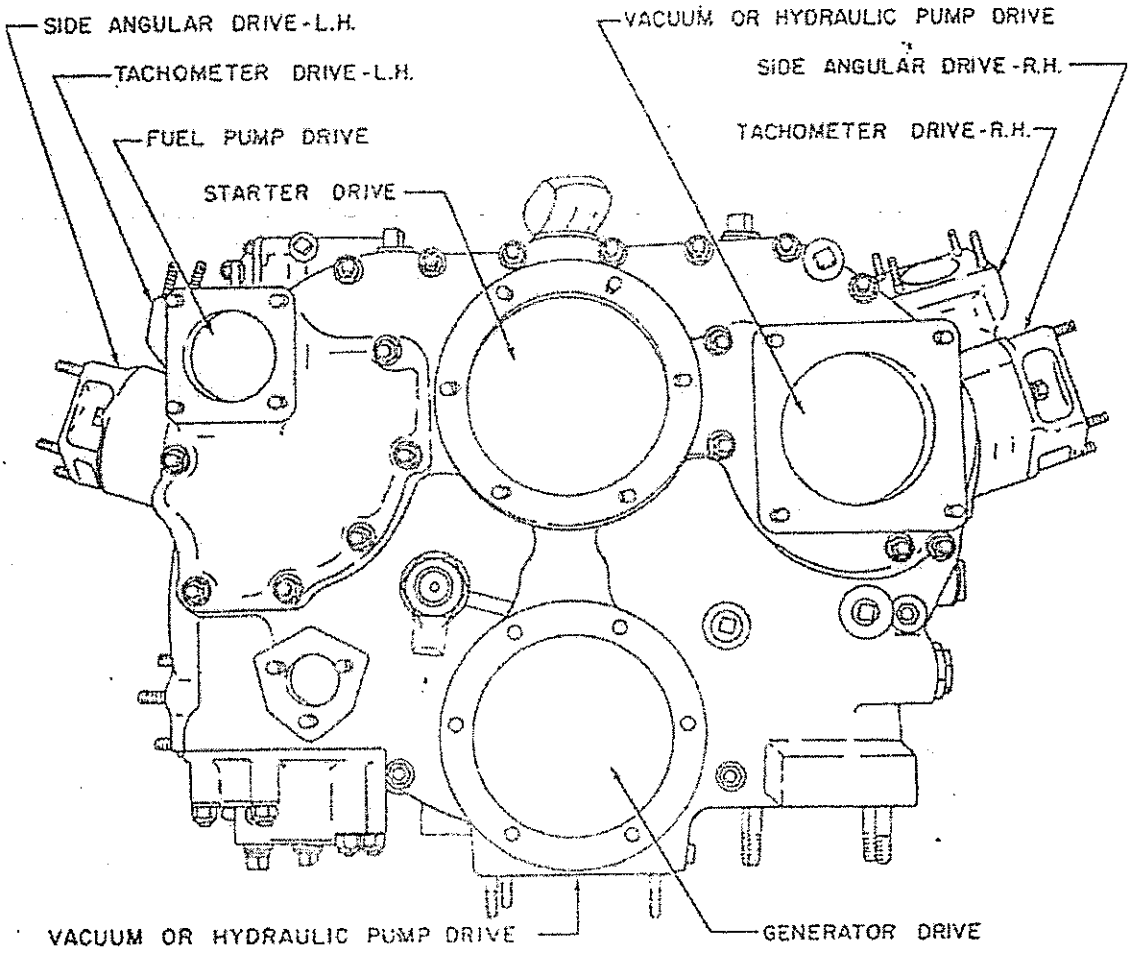
ระบบอัดสองตอนนี้ประดิษฐ์ขึ้นจากโดยการรวมตัวเพิ่มประจุก๊าซภายนอกและภายในเข้าด้วยกัน ในระบบนี้จะมีตัวเพิ่มประจุก๊าซสองตัวติดตั้งกันอยู่แบบอนุกรม ระบบแบบนี้ส่วนมากจะมีตัวเพิ่มประจุก๊าซตัวหนึ่งซึ่งทำหน้าที่เพิ่มความดันของอากาศที่ไหลเข้ามา และอีกตัวหนึ่งทำหน้าที่เพิ่มความดันของส่วนผสม ระบบนี้ตามปกติประกอบด้วยตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหันติดตั้งอยู่ภายนอกเครื่องยนต์ ตัวกังหันถูกขับดันโดยไอเสียจากเครื่องยนต์ นอกจากนี้ในระบบยังมีตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบอัตราเร็วเดี่ยว หรืออัตราเร็วคู่ติดตั้งอยู่ภายในเครื่องยนต์ ตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหันทำหน้าที่อัดอากาศ ซึ่งไหลปะทะเข้ามาจากภายนอก และส่งต่อไปยังคาร์บูเรเตอร์ ในขณะที่อากาศจากคาร์บูเรเตอร์ เข้าไปยังใบพัดก๊าซของเครื่อง เพิ่มประจุก๊าซภายในเครื่องยนต์ อากาศก็จะผสมกับเชื้อเพลิงและหลังจากนั้นส่วนผสมจะถูกอัดเข้าไปยังท่อไอดีของแต่ละกระบอกสูบ จำนวนของอากาศที่ถูกอัดและจ่ายโดยตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน (TURBO SUPERCHARGER) ขึ้นอยู่กับอัตราเร็วของใบพัดก๊าซของตัวมัน อัตราเร็วนี้สามารถปรับควบคุมได้ทั้งนี้เพื่อให้นักบินสามารถควบคุมความดันไอดีได้

๙.๔ สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซ

การเลือกใช้ระบบเพิ่มประจุก๊าซชนิดต่างๆ ติดตั้งกับเครื่องยนต์นั้นขึ้นอยู่กับเพดานบินที่อากาศยานจะปฏิบัติการบิน เครื่องยนต์ซึ่งมีตัวเพิ่มประจุก๊าซภายในแบบอัตราเร็วเดี่ยว เป็นเครื่องยนต์ที่เหมาะสำหรับติดตั้งกับอากาศยานที่มีเพดานบินต่ำ แต่ถ้าต้องการใช้สำหรับเพดานบินสูงปานกลาง ก็ควรใช้แบบติดตั้งภายในอัตราเร็วคู่ และสำหรับเพดานบินระยะสูงมากนั้นอากาศยานจะต้องติดตั้งเครื่องยนต์ที่มีระบบเพิ่มประจุก๊าซแบบอัดสองตอน

๑๐. ส่วนบริภัณฑ์ (ACCESSORY SECTION)

หน้าที่ของเรือนส่วนนี้คือ ใช้พื้นที่สำหรับติดตั้งบริภัณฑ์ต่างๆ ของเครื่องยนต์ และเป็นตัวเรือนสำหรับครอบเฟืองขับของบริภัณฑ์ต่างๆ ที่ถูกขับโดยใช้กำลังจากเครื่องยนต์ นอกจากนี้ยังใช้เป็นที่ติดตั้งตัวเชื่อมต่อของสตาร์ทเตอร์ เครื่องขับช่วยกำลัง (AUXILIARY POWER DRIVE) และท่อหล่อลื่นอีกด้วย กำลังจากเพลาข้อเหวี่ยงถูกส่งทอดไปยังส่วนบริภัณฑ์ โดยเพลาขับส่วนบริภัณฑ์ที่เรียกว่า QUILL SHAFT ชุดเฟืองต่างๆ ในเรือนบริภัณฑ์ทำหน้าที่ออกแรงขับสูบเชื้อเพลิง แม็กนีโต (ถ้าติดตั้งอยู่ส่วนหลัง) สูบน้ำมันหล่อลื่นและสูบกวาดกลับ สูบสุญญากาศ , สูบไฮดรอลิค , เยนเนอเรเตอร์ และเยนเนอเรเตอร์วัดรอบ แท่นรอง (MOUNTING PAD) และชุดขับได้แสดงไว้ในรูป



รูปที่ ๑–๓๒ ส่วนบริภัณฑ์

บทที่ ๒
ระบบนำไอดีและระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ลูกสูบ
(RECIPROCATING ENGINE INDUCTION AND FUEL SYSTEM)

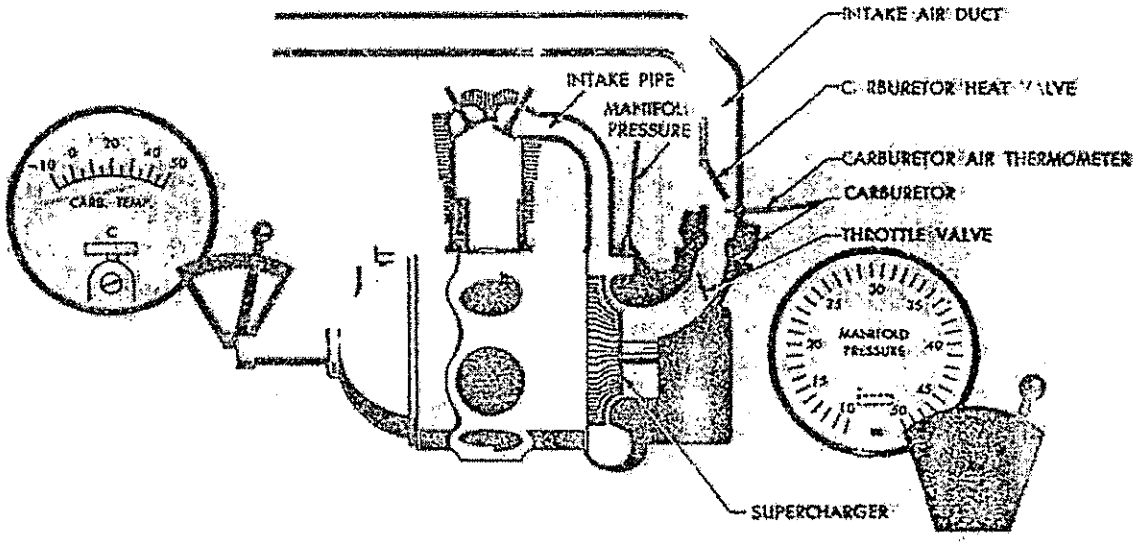
ความมุ่งหมาย เพื่อช่วยให้ นทน. ได้เข้าใจส่วนประกอบและการทำงานของระบบเชื้อเพลิงและระบบนำไอดีของเครื่องยนต์ลูกสูบ

๑. ระบบนำไอดีของเครื่องยนต์ลูกสูบ

ระบบนำไอดีของเครื่องยนต์ลูกสูบทุกชนิดคล้ายคลึงกัน ยกเว้นส่วนประกอบและการติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER) บางระบบประกอบด้วยตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบอัตราเร็วเดี่ยว บางระบบประกอบด้วยตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบอัตราเร็วคู่ และในบางระบบอาจติดตั้งด้วยตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ซึ่งขับด้วยไอเสียร่วม กับตัวเพิ่มประจุก๊าซภายในแบบอัตราเร็วเดี่ยว หรืออาจเรียกการติดตั้งแบบนี้ว่าการติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบอัดสองตอน

๑.๑ เครื่องประกอบของระบบนำไอดี (INDUCTION SYSTEM COMPONENTS)

ในรูปที่ ๒-๑ แสดงให้เห็นระบบนำไอดีอย่างง่าย ขอให้สังเกตดูตำแหน่งของหน่วยต่างๆ ทางเดินอากาศและส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศตลอดทั้งระบบเพื่อประกอบคำอธิบายดังต่อไปนี้

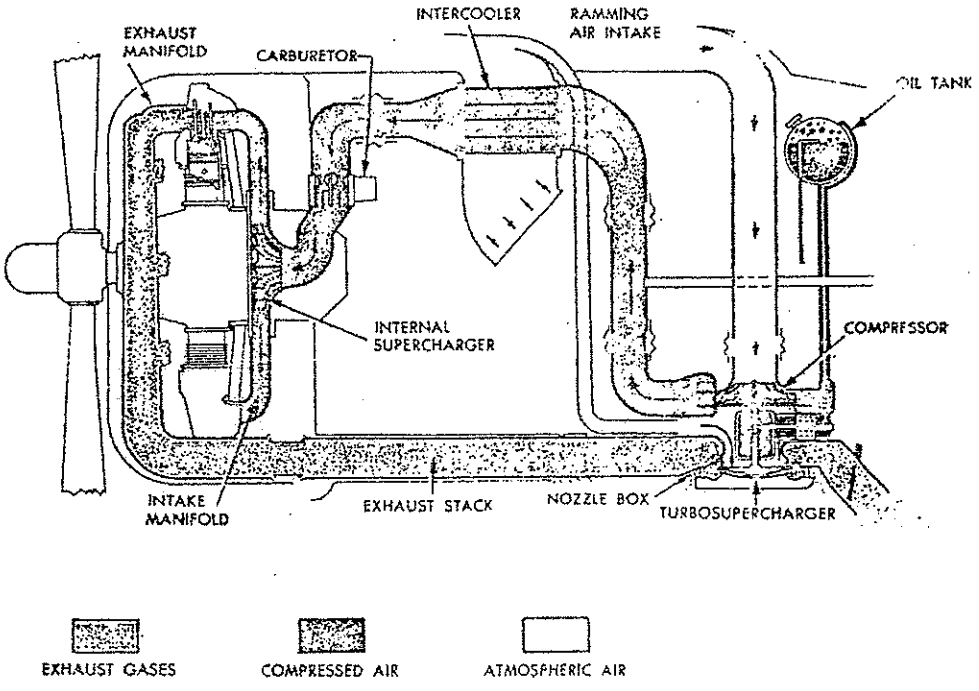


รูปที่ ๒-๑ รายละเอียดของระบบนำไอดี

- อากาศผ่านเข้าไปทางท่อรับอากาศ (RAM AIR INTAKE) ช่องเปิดของท่อรับอากาศ จะติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้กระแสอากาศที่ไหลเข้ามาในท่อถูกดันเข้ามาในลักษณะที่เกิดการปะทะ
- อากาศผ่านท่อเข้าไปยังคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งทำหน้าที่จัดเชื้อเพลิงให้ได้สัดส่วนกับน้ำหนักของอากาศ และส่งเชื้อเพลิงตามจำนวนที่ถูกต้องไปยังเรือนใบพัดก๊าซของตัวเพิ่มประจุก๊าซ ลิ้นบังคับอัตราเร่ง

ของคาร์บูเรเตอร์ทำหน้าที่ปรับควบคุมการไหลของอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์ และการบังคับลิ้นนี้สามารถควบคุมได้จากห้องนักบินโดยวิธีนี้จึงทำให้สามารถควบคุมกำลังส่งออกของเครื่องยนต์ได้

- ลิ้นควบคุมความร้อนของคาร์บูเรเตอร์ อยู่เหนือคาร์บูเรเตอร์ ทำหน้าที่ผสมอากาศอุ่นกับอากาศเย็นที่ไหลเข้ามาเพื่อเป็นการขจัดน้ำแข็งในระบบนำไอดี เครื่องทำความร้อนของคาร์บูเรเตอร์ (CARBURATOR HEAT) นี้ควรใช้เฉพาะเมื่อเกิดมีสภาวะน้ำแข็งเกาะเท่านั้น เพราะอากาศอุ่นจะทำให้กำลังเครื่องยนต์ตก
- เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศของคาร์บูเรเตอร์ (CAT) เป็นเครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้ามาก่อนถึงทางเข้าของคาร์บูเรเตอร์ ค่าของอุณหภูมิจะเป็นเครื่องช่วยบอกนำให้นักบินสามารถรักษาอุณหภูมิของส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิงให้อยู่ในเกณฑ์ที่ปลอดภัย
- ตัวเพิ่มประจุก๊าซภายใน (INTERNAL SUPERCHARGER) ทำหน้าที่อัดส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศ และจ่ายไปยังกระบอกสูบอย่างสม่ำเสมอ ใบพัดก๊าซซึ่งเป็นส่วนประกอบของตัวเพิ่มประจุก๊าซ จะช่วยให้เชื้อเพลิงระเหยได้ดีขึ้น
- เครื่องวัดความดันไอดี (MANIFOLD PRESSURE) จะวัดความดันของส่วนผสมเชื้อเพลิง-อากาศในขณะที่ส่วนผสมกำลังไหลเข้าสู่กระบอกสูบเป็นการบอกกำลังดันที่จ่ายให้กับเครื่องยนต์ (ENGINE INPUT) ด้วยวิธีการเปรียบเทียบหลังจากที่เครื่องยนต์ได้รับกับกำลังที่เครื่องยนต์ส่งออกจะทำให้เราสามารถรู้หรือสังเกตสภาพของเครื่องยนต์ได้ นอกจากนี้ยังสามารถเปรียบเทียบสภาพระหว่างเครื่องยนต์แต่ละเครื่องได้ด้วย



รูปที่ ๒-๒ ระบบนำไอดีซึ่งติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน

- ตามรูปที่ ๒-๒ แสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์อาจจะติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ซึ่งติดตั้งอยู่ภายนอกเครื่องยนต์ การติดตั้งนี้เพิ่มเติมไปจากตัวเพิ่มประจุก๊าซภายในอีกเครื่องหนึ่ง ในระบบนี้อากาศดีจะเข้ามาทางช่องของใบพัดก๊าซของตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ใบพัดก๊าซตัวนี้จะถูกขับให้หมุนโดยก๊าซเสียจากท่อไอเสียของเครื่องยนต์ อากาศที่ถูกอัดจะถูกปล่อยให้ไหลเข้าไปยังคาร์บูเรเตอร์ในขณะที่อากาศถูกอัด อุณหภูมิของมันจะสูงขึ้น เพื่อป้องกันมิให้อุณหภูมิสูงมากจนเกิดการระเบิดอย่างวิปริต (DETONATION) จึงต้องมีเครื่องระบายความร้อนโดยติดตั้งอยู่ในท่ออากาศระหว่างตัวเพิ่มประจุแบบกังหันและคาร์บูเรเตอร์ นักบินสามารถควบคุมอุณหภูมิได้โดยการควบคุมการไหลของกระแสอากาศเย็นที่ใช้สำหรับระบายความร้อนผ่านเครื่องระบาย

๑.๒ **ความดันไอดี** (MANIFOLD PRESSURE)

คือความดันในท่อไอดี เป็นความดันซึ่งดันส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศเข้าไปในกระบอกสูบ ความดันไอดีเป็นความดันสมบูรณ์ (ABSOLUTE PRESSURE) ที่วัดเป็นนิ้วของปรอท ค่าของความดันวัดได้จากความสูงของปรอทที่ถูกความดัน ดันขึ้นไป ในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบา ลิ้นคันเร่งจะอยู่ในตำแหน่งที่เกือบปิดผสมกับการดูดที่เกิดจากการเคลื่อนไหวของลูกสูบ จึงทำให้ความดันไอดีในขณะนั้นต่ำกว่าความดันบรรยากาศ แต่เมื่อเร่งเครื่องยนต์ขึ้น ความดันไอดีจะเพิ่มขึ้นแต่ก็ไม่เกินไปกว่าความดันบรรยากาศ ยกเว้นเครื่องยนต์ที่ติดตั้งด้วยตัวเพิ่มประจุก๊าซเท่านั้นที่จะอัดส่วนผสมและทำให้ความดันไอดีเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่สูงกว่าความดันบรรยากาศ จะในขณะเดินเบาหรือในขณะที่เร่งสุด เพราะภายในกระบอกสูบจะเต็มไปด้วยประจุของส่วนผสม เมื่อลิ้นไอดีปิด ในขณะที่ความดันไอดีเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของประจุก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จึงเป็นการเพิ่มอัตราส่วนระหว่างน้ำหนักต่อปริมาตร ดังนั้นจึงมีจำนวนโมเลกุลของประจุภายในกระบอกสูบมากขึ้น ประจุที่หนักกว่าจะทำให้เกิดแรงดันที่กระทำต่อกระบอกสูบสูงกว่า จากเหตุผลดังกล่าว จึงสรุปได้ว่าความดันไอดีเกี่ยวพันโดยตรงกับกำลังของเครื่องยนต์

- ความดันไอดีขึ้นอยู่กับตัวประกอบ ๒ ตัว คือ <u>ตำแหน่งของลิ้นคันเร่งกับความเร็วรอบต่อนาทีของเครื่องยนต์</u> ในขณะที่คันเร่งเปิดความดันไอดีจะเพิ่มขึ้น เพราะว่าลิ้นคันเร่งอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้กระแสอากาศไหลเข้าได้สะดวกขึ้น ดังนั้น คันเร่งจึงเป็นตัวประกอบอันดับแรกที่ทำให้ความดันไอดีเปลี่ยนแปลงไป

- ในขณะที่ความดันไอดีจะมีผลกระทบกระเทือนมาก ต่อการรักษาตำแหน่งของคันเร่งให้คงที่ ถ้าความเร็วรอบต่อนาทีของเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงไปโดยการเปลี่ยนมุมใบพัด ขอยกตัวอย่างแบบง่ายๆ เพื่อประกอบคำอธิบาย คือ เมื่อท่านอมปลายหลอดไว้ข้างหนึ่ง ท่านก็สามารถดูดอากาศให้ผ่านเข้ามาในหลอดได้ แต่อันที่จริงแล้ว ท่านลดความดันภายในหลอดจึงทำให้ความดันบรรยากาศสูงกว่าความดันในหลอด ความดันบรรยากาศจึงดันให้อากาศเข้าไปในหลอดทางปลายที่เปิดอยู่ ในระบบนำไอดีอากาศก็ไหลผ่านเข้าไปยังระบบด้วยหลักการที่ว่านี้ เมื่อลูกสูบเคลื่อนที่ลงในช่วงชักไอดี ความดันในกระบอกสูบจะลดลง จึงทำให้อากาศพุ่งเข้าสู่ระบบนำไอดีไปยังกระบอกสูบ ซึ่งเป็นบริเวณที่มีความดันต่ำ

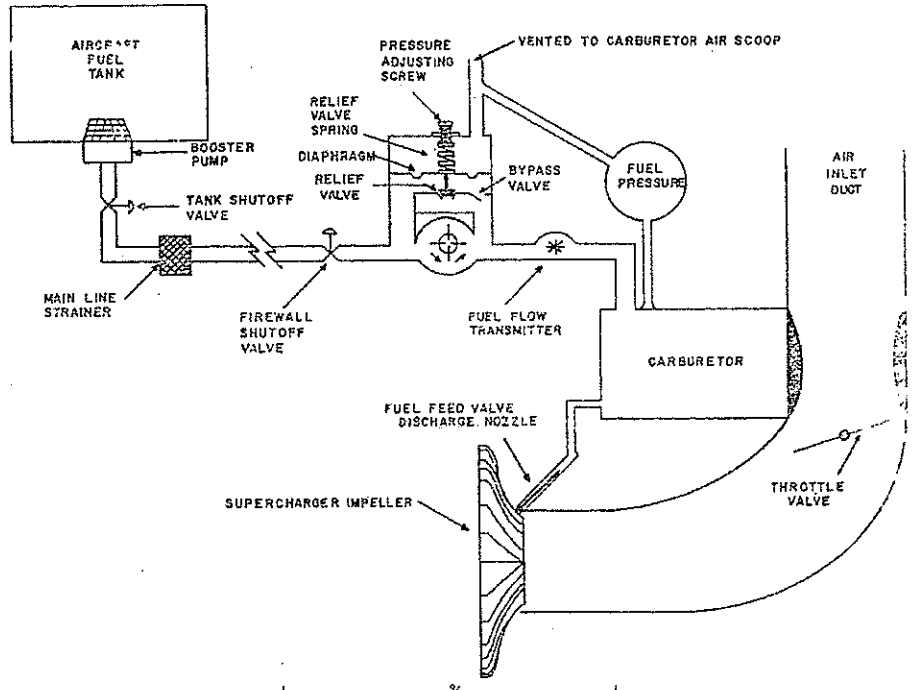
ดังนั้นเมื่อความเร็วรอบต่อนาทีเพิ่มขึ้น (ด้วยการตั้งคันเร่งคงที่) ความดันไอดีจะลดลง เพราะลูกสูบเคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้เกิดการดูดเพิ่มขึ้น (ความดันต่ำ) เมื่อความเร็วรอบต่อนาทีลดลง จะเกิดผลในลักษณะตรงข้าม อัตราเร็วของลูกสูบจะมีผลต่อความดันไอดีมาก ถึงแม้จะติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซ ก็ไม่สามารถชดเชยได้ถ้าความเร็วรอบต่อนาทีแปรเปลี่ยนไป

๒. ระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ลูกสูบ

เชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับการสันดาปบรรจุอยู่ในถังเชื้อเพลิงของอากาศยาน อากาศที่ใช้สำหรับการสันดาปได้จากบรรยากาศภายนอก การผสมเชื้อเพลิงกับอากาศให้ได้สัดส่วนที่ถูกต้องและจ่ายไปเพื่อสันดาปภายในกระบอกสูบจะต้องประกอบด้วยระบบที่สำคัญสองระบบคือ ระบบนำไอดี และระบบเชื้อเพลิง ระบบเชื้อเพลิงทำหน้าที่เก็บและจ่ายเชื้อเพลิงให้กับระบบนำไอดี ระบบนำไอดี ทำหน้าที่นำอากาศจากภายนอกเข้ามาอัดและปรับควบคุมอุณหภูมิแล้วจึงผสมเข้ากับเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่ถูกต้องเพื่อจ่ายไปยังห้องสันดาปภายในกระบอกสูบ

- ระบบเชื้อเพลิงกับระบบนำไอดีเชื่อมต่อกันตรงเครื่องวัดจ่ายส่วนผสมอากาศ-เชื้อเพลิง เครื่องมือที่ใช้วัดและผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ เรียกว่า คาร์บูเรเตอร์ คาร์บูเรเตอร์จะวัดน้ำหนักของอากาศที่ไหลผ่านตัวมันแล้วจึงส่งเป็นสัญญาณเพื่อใช้วัดน้ำหนักเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่ถูกต้องเพื่อจ่ายให้กับเครื่องยนต์

- ในตอนต่อไปนี้ จะกล่าวถึงระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ซึ่งเริ่มต้นจากลิ้นปิดเชื้อเพลิงที่ผนังกันไฟ (FIREWALL SHUT OFF VALVE), สูบเชื้อเพลิงเครื่องวัดอัตราไหลเชื้อเพลิง , คาร์บูเรเตอร์



รูปที่ ๒-๓ ระบบเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ลูกสูบ

๒.๑ ลิ้นปิดเชื้อเพลิงที่ผนังกันไฟ

เชื้อเพลิงจากถังที่ไหลผ่านเข้าไปในเครื่องยนต์จะต้องผ่านลิ้นปิดเชื้อเพลิงที่ผนังกันไฟ ลิ้นนี้ใช้สำหรับบังคับให้เชื้อเพลิงหยุดไหลเข้าเครื่องยนต์ในกรณีฉุกเฉิน

๒.๒ สูบเชื้อเพลิง

สูบเชื้อเพลิงถูกขับโดยเครื่องยนต์ประกอบด้วยชิ้นส่วน ๓ ชิ้น คือ สูบ, ลิ้นระบายความดัน, และ ลิ้นลัดทางไหล (BYPASS VALVE)

๒.๒.๑ สูบชนิดแผ่นปาด (VANE – TYPE PUMP) สูบนี้ถูกขับโดยเครื่องยนต์ และจะจ่ายเชื้อเพลิงภายใต้ความดันให้กับคาร์บูเรเตอร์ เป็นสูบแบบจ่ายปริมาตรคงที่โดยใช้แผ่นปาดเป็นตัวกวาดเชื้อเพลิงมีปริมาตรคงที่ในแต่ละรอบที่สูบหมุน

๒.๒.๒ ลิ้นระบายความดัน

เนื่องจากสูบชนิดแผ่นปาดจ่ายเชื้อเพลิงมีปริมาตรคงที่ในแต่ละรอบที่สูบหมุน ดังนั้นความดันในระบบจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ เพื่อที่จะรักษาความดันไม่ให้เพิ่มขึ้นเกินกว่าที่ระบบต้องการจึงต้องติดตั้งลิ้นระบายความดันเพื่อทำหน้าที่ดังกล่าว ลิ้นระบายความดันมีสลักเกลียวผ่าสำหรับใช้ปรับบังคับแรงดันของสปริงลิ้นให้ควบคุมความดันตามเกณฑ์ที่ต้องการ นอกจากนี้ลิ้นระบายความดันยังมีแผ่นกั้นติดตั้งอยู่และมีทางเปิดเป็นช่องระเหยโดยปลายของช่องต่อไปยังช่องดักอากาศ (AIR SCOOP) ของคาร์บูเรเตอร์เพื่อช่วยรักษาความดันที่ใช้งานของเชื้อเพลิงให้คงที่ แผ่นกั้น (DIAPHRAGM) ออกแรงกระทำต้านต่อแรงสปริง เพื่อรักษาความดันแตกต่างให้คงที่ในขณะที่ระยะสูงเพิ่มขึ้น ดังนั้นแผ่นกั้นจึงเป็นสิ่งจำเป็น เพราะคาร์บูเรเตอร์ถูกออกแบบให้ทำงานตามหลักการของค่าความดันที่แตกต่างคงที่เสมอ

๒.๒.๓ ลิ้นลัดทางไหล

ลิ้นลัดทางไหลประกอบอยู่ภายในสูบเชื้อเพลิง ทำหน้าที่ปล่อยให้เชื้อเพลิงภายใต้ความดันของสูบกระตุ้นเชื้อเพลิงไหลอ้อมแผ่นปาดสูบเชื้อเพลิงเข้าไปยังเครื่องยนต์ ในขณะที่เครื่องยนต์ยังไม่ทำงาน ถ้าไม่มีลิ้นลัดทางไหลก็ไม่มีทางที่จะติดเครื่องยนต์ได้ เพราะสูบเชื้อเพลิงที่ขับโดยเครื่องยนต์ก็ยังไม่ทำงาน ดังนั้นจึงไม่มีเชื้อเพลิงไหลเข้าไปยังเครื่องยนต์

๒.๓ เครื่องวัดอัตราไหลของเชื้อเพลิง ติดตั้งอยู่ระหว่างสูบเชื้อเพลิงกับคาร์บูเรเตอร์ เป็นเครื่องบอกความหมดเปลืองเชื้อเพลิงขิงเครื่องยนต์มีหน่วยเป็นปอนด์ต่อชั่วโมง

๒.๔ คาร์บูเรเตอร์ชนิดใช้ความดันฉีดเชื้อเพลิง (PRESSURE INJECTION CARBURETOR)

คาร์บูเรเตอร์ชนิดนี้ปกติมีรูปร่างเป็นถังรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีหลักการทำงานซึ่งเป็นที่ยอมรับโดยทั่วไปแล้วคือ การจ่ายมาตรเชื้อเพลิงผ่านหัวฉีดสถิต (FIXED JET) ให้เป็นสัดส่วนกับมวลของอากาศที่ไหลผ่าน (MASS AIRFLOW) มวลของอากาศที่ไหลนี้จะถูกควบคุมทำการวัดและถูกเปลี่ยนให้เป็นแรงเพื่อใช้ทำงานจ่ายเชื้อเพลิง ดังนั้นเมื่อมวลอากาศไหลเพิ่มขึ้น ก็จะทำให้จำนวนของเชื้อเพลิงเพิ่มตามขึ้นด้วยโดยอัตโนมัติ เมื่อความดันและอุณหภูมิของอากาศเปลี่ยนแปลงไป แรงดันอากาศที่ใช้ควบคุมการจ่าย

เชื้อเพลิงก็จะเปลี่ยนแปลงไปด้วยอัตโนมัติ จึงทำให้การจ่ายเชื้อเพลิงเป็นไปตามจำนวนที่ถูกต้องเสมอ ไม่ว่าเครื่องยนต์จะทำงานอยู่ในสภาวะใด การใช้นมหนูฉีดเชื้อเพลิงที่ติดตั้งถัดลงมาจากลิ้นคันเร่งจะช่วยลดการจับตัวเป็นน้ำแข็งภายในเรือนคันเร่งของคาร์บูเรเตอร์ ซึ่งเกิดจากการระเหยของเชื้อเพลิงให้น้อยลง และยังทำให้เกิดความแน่ใจว่า มีเชื้อเพลิงจ่ายออกมาตลอดเวลาในขณะที่บินผาดแผลง ที่คาร์บูเรเตอร์มีกลไกสำหรับเลือกปรับความต้องการของปริมาณเชื้อเพลิงไม่ว่าเครื่องยนต์จะทำงานอยู่ในสภาพใด ทั้งนี้โดยไม่ต้องคำนึงถึงอัตราเร็วของเครื่องยนต์ภาระกรรมของใบพัด หรือตำแหน่งของคันเร่ง

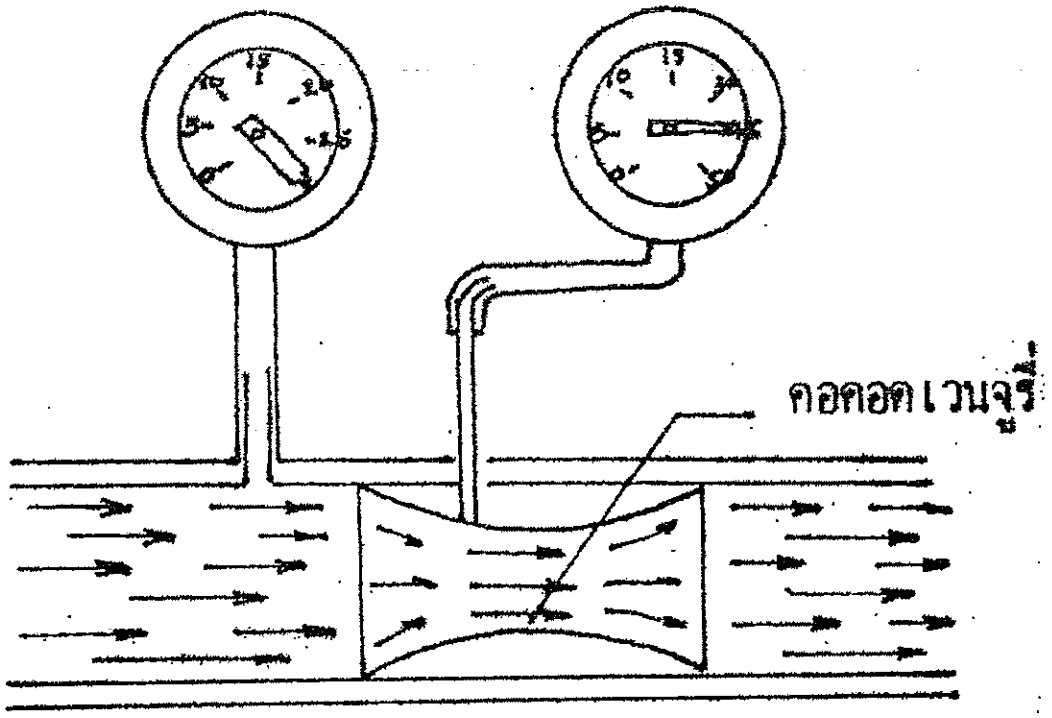
ความเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ บางครั้งมีสิ่งที่สำคัญที่สุดสำหรับการพิจารณาที่บุคคลผู้มีหน้าที่เดินและซ่อมบำรุงเครื่องยนต์ เข้าใจน้อยที่สุด คือ ผลของการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศที่เกิดจากความเปลี่ยนแปลงของความดัน อุณหภูมิ และความชื้น ผู้แผนแบบได้สร้างคาร์บูเรเตอร์ให้จ่ายเชื้อเพลิงและอากาศโดยคิดเทียบเป็นน้ำหนักและหลักการ ในการคิดเทียบขึ้นอยู่กับน้ำหนักของอากาศในหนึ่งลูกบาศก์ฟุต ภายใต้ความดันบรรยากาศมาตรฐาน ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท ที่อุณหภูมิ ๑๕°C และความชื้นเป็นศูนย์ สภาวะอื่นนอกจากนี้จะทำให้คุณลักษณะของคาร์บูเรเตอร์เปลี่ยนไปเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศจะลดลง ถ้าความสูงเพิ่มขึ้นความหนาแน่นของอากาศจะลดลง และถ้าความชื้นเพิ่มขึ้น ความหนาแน่นของอากาศจะลดลง (อากาศที่เป็นไอน้ำจะเบากว่าอากาศแห้ง) เพื่อแก้ปัญหาเหล่านี้ คาร์บูเรเตอร์ที่ใช้ความดันฉีดทำงานจึงต้องมีเครื่องควบคุมส่วนผสมอัตโนมัติ (AUTOMATIC MIXTURE CONTROL UNIT) เพื่อใช้ช่วยชดเชยเมื่ออุณหภูมิและความดันเปลี่ยนแปลง อย่างไรก็ตามเรายังไม่สามารถที่หาเครื่องมือหรืออุปกรณ์สำหรับชดเชยได้อย่างสมบูรณ์ เมื่อความหนาแน่นเปลี่ยนแปลงไปโดยความชื้น

๒.๕ หลักการทำงานของคาร์บูเรเตอร์

ควรเข้าใจหลักการขั้นมูลฐานสามประการเสียก่อน จึงจะช่วยทำให้เข้าใจหลักการของคาร์บูเรเตอร์และหน้าที่ของมันในขณะที่ทำการจ่ายอัตราส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศ ตามอัตราส่วนที่เครื่องยนต์ต้องการ หลักการทั้งสามประการนี้ คือ

- ลักษณะการไหลในท่อเวนจูรี่ (ท่อคอคอด)
- การเปลี่ยนแปลงของความดันเมื่อจำกัดช่องทางเข้าและมีพื้นที่ระบายออกคงที่
- การควบคุมการไหลของเชื้อเพลิงโดยขนาดของหัวฉีดจ่ายเชื้อเพลิงและความแตกต่างของค่าความดันสองค่า

ขณะที่อากาศผ่านคอคอดเวนจูรี่ ความเร็วจะเพิ่มขึ้นและความดันจะลดลง

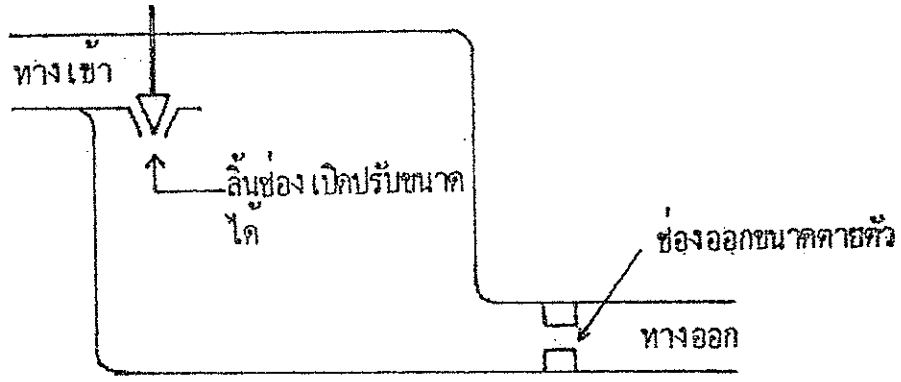


รูปที่ ๒-๔ ลักษณะการไหลในท่อเวนจูรี่

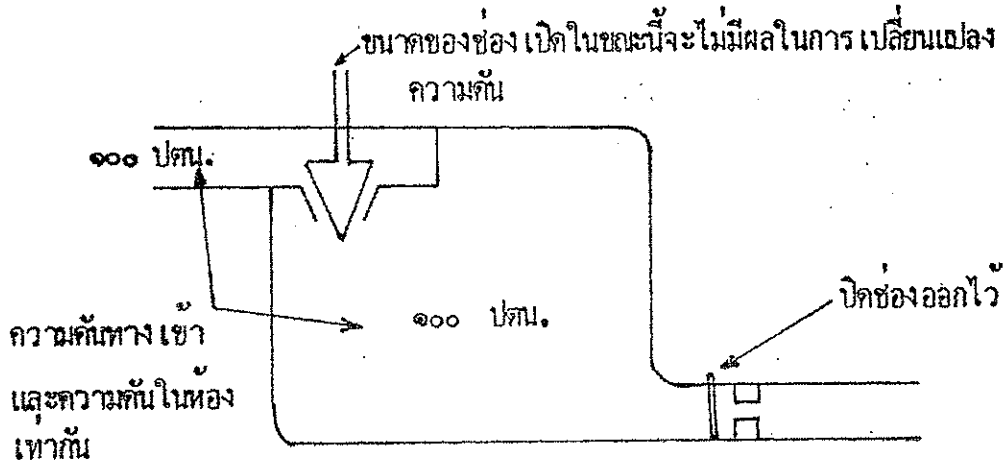
อากาศที่ไหลผ่านท่อเวนจูรี่จะลดความดันสถิตลงเป็นสัดส่วนกับความเร็วของอากาศที่ไหลผ่านท่อเวนจูรี่นั้น ความเปลี่ยนแปลงของความดันตรงคอคอดของท่อเวนจูรี่ ได้ถูกนำมาใช้วัดปริมาตรของอากาศที่ไหลเข้าไปในเครื่องยนต์ (ตามรูปที่ ๒-๔) เนื่องจากว่ากำลังของเครื่องยนต์จะมีมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับจำนวนน้ำหนักของอากาศที่เครื่องยนต์ได้รับและเพราะเหตุว่าอัตราส่วนของเชื้อเพลิง-อากาศนี้เทียบอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ดังนั้นการวัดจำนวนอากาศเป็นปริมาตรในท่อเวนจูรี่จึงจำเป็นต้องเทียบกลับไปเป็นการวัดโดยน้ำหนัก การเปลี่ยนจำนวนของอากาศโดยปริมาตร เป็นจำนวนโดยน้ำหนักนั้นเปลี่ยนโดยเครื่องควบคุมส่วนผสมโดยอัตโนมัติ ซึ่งติดตั้งอยู่กับคาร์บูเรเตอร์ชนิดใช้ความดันฉีด

เครื่องควบคุมส่วนผสมอัตโนมัติทำงานโดยใช้หลักการดังต่อไปนี้ คือ

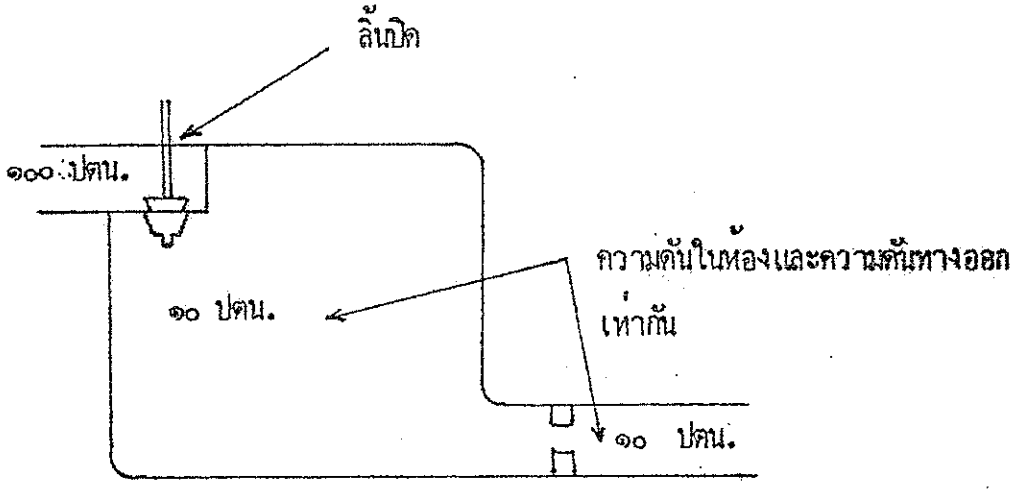
เราสามารถลดและควบคุมความดันภายในห้องให้มีค่าแน่นอนได้ถ้ามีช่องทางให้ความดันไหลออกได้อย่างคงที่ และมีช่องทางเข้าที่สามารถควบคุมขนาดได้ตามรูปที่ ๒-๕ เพื่อให้เข้าใจหลักการได้ชัดเจนขึ้น จึงขออธิบายดังนี้ ถ้าช่องทางออกถูกปิด ในไม่ช้าความดันในห้องจะเท่ากับความดันของท่อทางเข้าไม่ว่าช่องทางจะถูกเปิดให้มีขนาดเท่าไหนก็ตาม ตามรูปที่ ๒-๖ ส่วนในรูปที่ ๒-๗ นั้น ความดันภายในห้องจะเท่ากับความดันที่ช่องทางออกถ้าปิดช่องทางเข้าและเปิดช่องทางออก



รูปที่ ๒-๕ การควบคุมความดันภายในห้อง



รูปที่ ๒-๖ ความดันภายในห้องเมื่อช่องทางออกถูกปิด



รูปที่ ๒-๗ ความดันภายในห้องเมื่อช่องทางเข้าถูกปิด

โดยการเปรียบเทียบรูปที่ ๒-๖ และรูปที่ ๒-๗ จะเห็นได้ว่าความดันซึ่งอยู่ระหว่าง ๑๐ และ ๑๐๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เราสามารถรักษาให้อยู่ในระดับไหนก็ได้โดยวิธีการควบคุมขนาดของช่องทางเข้า และหลักการนี้ยังนำไปประยุกต์ใช้เพื่อเปรียบเทียบการทำงานของ POPPET VALVE ในคาร์บูเรเตอร์ หรือของ MASTER PISTON ในระบบวัดแรงบิดของเครื่องยนต์อีกด้วย

หลักการสำคัญประการที่สามเกี่ยวกับการทำงานของคาร์บูเรเตอร์ คือการทำงานของหัวฉีดจ่ายเชื้อเพลิง (METERING JET) ซึ่งสามารถเปลี่ยนแปลงการไหลของเชื้อเพลิงได้ หัวฉีดจ่ายเชื้อเพลิงอาจเป็นช่องแคบหรือนมหนูติดตั้งในส่วนควบคุมเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์ หัวฉีดทำหน้าที่จ่ายเชื้อเพลิงตามจำนวนที่ต้องการได้อย่างแม่นยำเสมอ จำนวนของเชื้อเพลิงที่จ่ายโดยหัวฉีดขึ้นอยู่กับตัวประกอบ ๓ ตัว คือ

- ขนาดของหัวฉีด (หรือขนาดของช่องที่มีผลในการจ่ายเชื้อเพลิง เมื่อใช้ลิ้นซึ่งเปลี่ยนแปลงขนาดได้ หรือเมื่อใช้หัวฉีดหลายตัวรวมกันแทนที่จะใช้หัวฉีดหัวเดียว)
- ความดันหลังหัวฉีด
- ความดันก่อนหัวฉีด

ภายในคาร์บูเรเตอร์ ความดันหลังหัวฉีด จะถูกรักษาให้คงที่ด้วย SPRING LOADED FUEL FEED VALVE ดังนั้นการไหลของเชื้อเพลิง และอัตราส่วนเชื้อเพลิง-อากาศจึงขึ้นอยู่กับขนาดของหัวฉีดและลิ้นวัดเชื้อเพลิง (VALVE METERING FUEL)และความดันก่อนหัวฉีด

๒.๖ เครื่องประกอบหลักของคาร์บูเรเตอร์

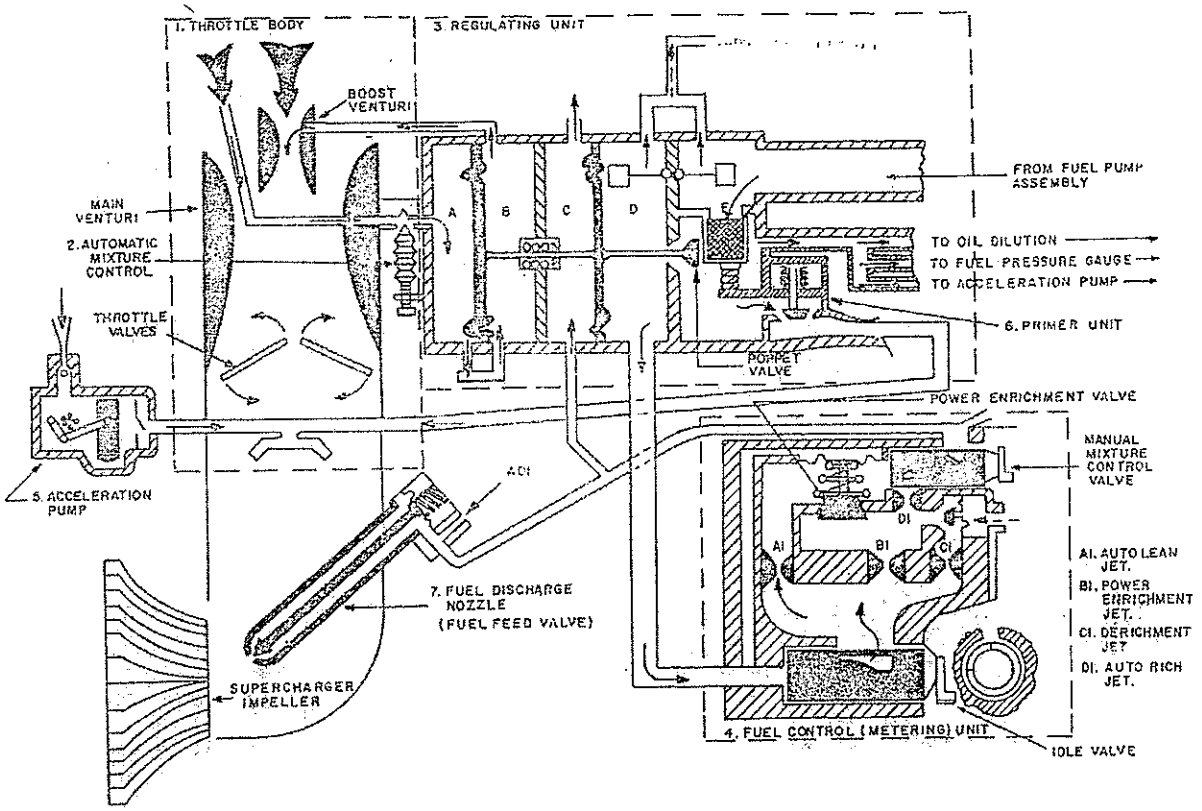
คาร์บูเรเตอร์แบบใช้ความดันฉีดเชื้อเพลิง (รูปที่ ๒-๘) ประกอบด้วยเครื่องประกอบหลักหกส่วน

๒.๖.๑ เรือนคันเร่ง (THROTTLE BODY) ส่วนนี้ประกอบด้วยท่อเวนจูรี่และลิ้นคันเร่ง มีหน้าที่ควบคุมและวัดการไหลของอากาศไปยังเครื่องยนต์

๒.๖.๒ หน่วยควบคุมส่วนผสมอัตโนมัติ (AUTOMATIC MIXTURE CONTROL UNIT) หน่วยนี้ทำหน้าที่ชดเชยความเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นอากาศอันเนื่องมาจากอุณหภูมิ ความดัน และความสูง

๒.๖.๓ หน่วยปรับและควบคุม (REGULATOR UNIT) ทำหน้าที่จ่ายเชื้อเพลิงโดยอัตโนมัติไปยัง หน่วยมาตรเชื้อเพลิง (FUEL METERING UNIT) โดยเป็นสัดส่วนกับมวลของอากาศที่ไหลผ่านหน่วยคันเร่ง ดังนั้นจึงช่วยควบคุมความดันที่ลดลงในขณะที่ไหลข้ามหัวฉีดต่างๆ ในหน่วยมาตรเชื้อเพลิง (METERING UNIT)

๒.๖.๔ หน่วยมาตรเชื้อเพลิง (METERING UNIT) เป็นหน่วยจ่ายเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่ถูกต้องให้กับเครื่องยนต์ตามการตั้งของ คันบังคับส่วนผสม (MANUAL MIXTURE CONTROL) และสภาพการปฏิบัติงานของเครื่องยนต์



รูปที่ ๒–๘

๒.๖.๕ สูบความเร่ง (ACCELERATOR PUMP) ทำหน้าที่ช่วยป้องกันมิให้ส่วนผสมเชื้อเพลิง-อากาศบางมากเกินไปในขณะที่ขยับคันเร่งอย่างรวดเร็ว

๒.๖.๖ หน่วยฉีดล่อ (PRIMER UNIT) ทำหน้าที่ส่งเชื้อเพลิงสำหรับใช้ติดเครื่องยนต์

๒.๗ ส่วนมาตรหลักเชื้อเพลิง (MAIN METERING SECTION)

ส่วนมาตรหลักเชื้อเพลิงของคาร์บูเรเตอร์แบบใช้ความดันฉีดเชื้อเพลิงประกอบด้วยเรือนคันเร่งและหน่วยปรับควบคุม

๒.๗.๑ เรือนคันเร่ง (THROTTLE BODY)

ลักษณะที่สังเกตเห็นได้ง่ายที่สุดของเรือนคันเร่ง คือ ท่อเวนจูรี่คู่ ในรูปที่ ๒-๘ จะเห็นได้ว่าปากท่อด้านล่างท่อเวนจูรี่กระตุ้นอยู่ใกล้กับคอคอดของท่อเวนจูรี่หลัก ดังนั้นเมื่อแรงดันในท่อเวนจูรี่หลักลดลงก็จะทำให้กระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อเวนจูรี่กระตุ้นมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้น จึงทำให้แรงดันที่คอคอดลดลงไปอีก ผลที่เกิดขึ้นคือความแตกต่างของแรงดันมีมากขึ้นและเป็นเหตุให้มีแรงดันอากาศ (AIR METERING) มากขึ้นด้วยเพื่อที่นำเอาแรงดันอากาศมาใช้ปิดเปิดเชื้อเพลิงที่คอคอดของท่อเวนจูรี่กระตุ้น และทางเข้าของท่อเวนจูรี่หลักจะมีท่อทางเข้ากับห้องอากาศ (AIR CHAMBER) ของหน่วยปรับและควบคุม (REGULATOR UNIT) ของคาร์บูเรเตอร์ ห้องอากาศนี้มีอยู่สองห้อง คือห้อง A และห้อง B ส่วนห้อง C และห้อง D เป็นห้องเชื้อเพลิงจากห้อง 5 จะมีช่องทางต่อไปยังคอคอดของท่อเวนจูรี่กระตุ้น

ส่วนอีกทางหนึ่งเป็นทางออกมาจากห้อง A ต่อไปยังท่อรับอากาศเข้าที่ปากทางเข้าของท่อเวนจูรี่หลัก ในระบบนำไอดีบางระบบความดันในช่องทางอากาศเข้าของคาร์บูเรเตอร์มากกว่าความดันบรรยากาศเล็กน้อยเพราะอากาศถูกอัดเข้ามาปะทะรวมตัวกัน ถ้าหากมีการติดตั้งตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน เพื่ออัดอากาศก่อนถึงคาร์บูเรเตอร์ ความดันก็จะสูงกว่าความดันบรรยากาศในบางสภาวะที่กำหนดให้เครื่องยนต์ปฏิบัติงาน ตามที่กล่าวมาแล้วในตอนต้น กระแสอากาศที่ไหลผ่านคาร์บูเรเตอร์นั้นถูกควบคุมโดยลิ้นคันเร่งซึ่งติดตั้งอยู่ใต้ท่อเวนจูรี่หลัก ชิ้นส่วนซึ่งติดตั้งอยู่ใต้ล่างลิ้นคันเร่งมี สูบความเร่ง และนมหนูฉีดล่อเชื้อเพลิง

๒.๗.๒ หน่วยปรับและควบคุมเชื้อเพลิง (REGULATOR UNIT) หน่วยปรับและควบคุมประกอบด้วย ส่วนอากาศ (AIR SECTION), ส่วนเชื้อเพลิง (FUEL SECTION), POPPET VALVE และส่วนนำเชื้อเพลิงเข้า ส่วนอากาศและส่วนเชื้อเพลิงของหน่วยปรับและควบคุมแต่ละส่วนจะถูกแบ่งออกเป็น ๒ ภาคโดยมีแผ่นกั้นหยุ่นตัวทำด้วยไนลอนผสมยางเป็นตัวกั้นอยู่ระหว่างกลาง แผ่นกั้นและลิ้นกระดก (POPPET VALVE) ประกอบเข้าชุดอยู่บนเพลาเดียวกัน ดังนั้นเวลาเคลื่อนที่จึงเคลื่อนที่ไปด้วยกัน

ส่วนอากาศ (AIR - SECTION)

ส่วนอากาศของหน่วยปรับและควบคุมถูกแบ่งออกเป็นสองห้องโดยแผ่นกั้นอากาศ (AIR DIAPHRAGM) ห้อง A ติดต่อกับช่องทางซึ่งเจาะไปยังท่อรับอากาศที่ปะทะเข้า ห้อง B ติดต่อกับช่องทางซึ่งเจาะไปยังคอคอดของท่อเวนจูรี่กระตุ้น (BOOST VENTURI) เนื่องจากความดันในห้อง A สูงกว่าความดันในห้อง B ค่าความดันที่แตกต่างนี้เรียกว่า แรงมาตรอากาศ (AIR METERING FORCE) จะกระทำขวางตลอดแนวของแผ่นกั้น แรงนี้ถูกส่งทอดผ่านเพลาไปยังลิ้นกระดก (POPPET VALVE) ในส่วนเชื้อเพลิงของหน่วยปรับและควบคุมทำให้ลิ้นเปิด การเปลี่ยนตำแหน่งของลิ้นคันเร่ง จะทำให้แรงมาตรอากาศเปลี่ยนไปโดยตรง ระหว่างห้อง A และ ห้อง B จะมีช่องระบายเล็กๆ เพื่อทำให้อากาศเกิดการหมุนเวียน ช่องระบายนี้ยังช่วยให้เครื่องควบคุมส่วนผสมอัตโนมัติสามารถทำงานได้ตามปกติตามหน้าที่ที่กำหนดให้

ส่วนเชื้อเพลิง (FUEL SECTION)

ส่วนเชื้อเพลิงของหน่วยปรับและควบคุมแบ่งออกเป็นสองห้องโดยแผ่นกั้นเชื้อเพลิง (FUEL DIAPHRAGM) เรียกว่า ห้อง "C" และห้อง "D" ห้อง D ถูกใช้อ้างอิงเรียกว่าห้อง "อมาตรเชื้อเพลิง" (UNMETERED FUEL) เพราะห้องนี้ได้รับเชื้อเพลิงโดยตรงห้องทางเข้าของเชื้อเพลิงผ่านลิ้นกระดก จากห้อง D เชื้อเพลิงจะไหลผ่านส่วนควบคุมเชื้อเพลิง (FUEL CONTROL SECTION) ไปยังตัวนมหนู จ่ายเชื้อเพลิงแบบใช้สปริงบรรจุอยู่ภายใน สำหรับตั้งให้นมหนูเปิดเมื่อมีความดันประมาณ ๑๐ ปอนด์ ดังนั้นนมหนูจ่ายเชื้อเพลิงจึงทำหน้าที่คล้ายกับลิ้นระบายความดันและยังช่วยรักษาให้ความดันมาตรเชื้อเพลิง (METERED FUEL) คงที่อีกด้วย ห้อง "C" มีทางต่อไปยังหน่วยควบคุมเชื้อเพลิงและจะรับเชื้อเพลิงซึ่งผ่านมาจากหัวฉีดจ่ายเชื้อเพลิงต่างๆ ดังนั้นจึงถูกเรียกว่าห้องมาตรเชื้อเพลิง (METERED FUEL

CHAMBER) เนื่องจากความดันอมาตรเชื้อเพลิงสูงกว่าความดันมาตรเชื้อเพลิง จึงเกิดแรงอันเป็นผลของความแตกต่างของความดันเรียกว่าแรงมาตรเชื้อเพลิง (FUEL METERING FORCE) แรงนี้จะกระทำกับแผ่นกั้นเชื้อเพลิง (FUEL DIAPHRAGM) ซึ่งถูกส่งทอดผ่านเพลาไปยังลิ้นกระดกอีกทีหนึ่งและมีแนวโน้มที่จะทำลิ้นปิด ถ้าแรงมาตรอากาศสมดุลกับแรงมาตรเชื้อเพลิง ลิ้นกระดกจะหยุดการเคลื่อนไหวค้างนิ่งอยู่ แต่เมื่อเปิดคันเร่งแรงมาตรอากาศจะเพิ่มขึ้นทำให้แผ่นกั้นอากาศเคลื่อนที่ไปทางขวาลิ้นกระดกถึงจะเปิดออก เมื่อลิ้นกระดกเปิดจะช่วยให้ความดันเชื้อเพลิงในห้องD เพิ่มขึ้น ซึ่งเท่ากับเป็นการทำให้ความดันแตกต่างที่ไหลข้ามหัวฉีดต่างๆ เพิ่มขึ้นด้วย ดังนั้นจึงมีเชื้อเพลิงไหลไปยังนมหนูจ่ายเชื้อเพลิงมากขึ้น เมื่อปิดคันเร่งแรงมาตรอากาศจะลดลง ทำให้แรงมาตรเชื้อเพลิงผลักแผ่นกั้นเชื้อเพลิงไปทางซ้ายซึ่งจะไปดันให้ลิ้นกระดกปิด เมื่อลิ้นกระดกปิดจะทำให้ความดันที่ไหลข้ามหัวฉีดลดลงด้วย ดังนั้นจำนวนเชื้อเพลิงที่ไหลไปยังนมหนูจ่ายเชื้อเพลิงจึงน้อยลง ตามหลักการนี้ ปริมาณของเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าไปยังระบบนำไอดี จึงเป็นปริมาณที่จะทำให้อัตราส่วนของส่วนผสมถูกต้องอยู่ตลอดเวลา อัตราส่วนเชื้อเพลิงอากาศถูกรักษาไว้มิให้เปลี่ยนแปลง เพราะว่าแรงมาตรเชื้อเพลิงได้ถูกต้านทานอย่างคงที่พร้อมกับถูกปรับและควบคุมอย่างสม่ำเสมอโดยแรงมาตรอากาศอยู่ตลอดเวลา

ส่วนทางเข้าเชื้อเพลิง , ห้อง "E" (FUEL INLET SECTION CHAMBER E)

ความดันในห้อง E เป็นความดันส่งออกของสูบเชื้อเพลิง เชื้อเพลิงเมื่อไหลเข้าในห้องนี้จะไหลผ่านตะแกรงกรอง จากห้องนี้จะมีท่อต่างๆ เพื่อส่งความดันของสูบเชื้อเพลิงไปยังเครื่องวัดความดันเชื้อเพลิง ระบบละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่นและไปยังสูบความเร่ง หน่วยฉีดล่อด้วยไฟฟ้าก็ได้รับเชื้อเพลิงจากห้อง E นี้ด้วยเช่นกัน

เครื่องแยกไอระเหย (VAPOR SEPARATOR)

ในห้อง D และ E จะมีเครื่องแยกไอระเหยเพื่อป้องกันมิให้ไอระเหยของอากาศและเชื้อเพลิงไปทำให้การจ่ายส่วนผสมของคาร์บูเรเตอร์เปลี่ยนแปลงผิดปกติไป ให้สังเกตลูกลอยและลิ้นเข็มในห้องแต่ละห้อง เมื่อในห้องไม่มีการระเหย ลูกลอยจะลอยตัวขึ้นและดึงให้ลิ้นปิด เมื่อไอระเหยรวมตัวกันระดับเชื้อเพลิงในห้องจะต่ำลงทำให้ลูกลอยลดตัวลงดึงลิ้นให้เปิด ไอระเหยก็จะไหลออกผ่านท่อซึ่งไปยังถังเชื้อเพลิง

สปริงเดินเบา (IDLE SPRING)

สปริงเดินเบาติดตั้งอยู่ระหว่างห้อง B กับห้อง C เป็นเครื่องช่วยแรงมาตรอากาศในระหว่างที่เครื่องยนต์เดินเบา สปริงจะส่งแรงดันไปยังเพลาของลิ้นกระดกเพื่อช่วยให้ลิ้นกระดกเปิดออกในกรณีที่แรงบนแผ่นกั้นอากาศซึ่งดันโดยแรงมาตรอากาศซึ่งไม่มีแรงพอที่จะเปิดลิ้น แรงที่ตั้งไว้โดยสปริงเดินเบาตามปกติจะไปดันให้ลิ้นเปิดจ่ายเชื้อเพลิงมากไปในขณะที่เครื่องยนต์เดินตามปกติ ดังนั้นจึงต้องมีลิ้นเดินเบา (IDLE VALVE) ประกอบอยู่ในหน่วยควบคุมเชื้อเพลิงเพื่อลดกระแสเชื้อเพลิงลงตามที่ต้องการ การทำงานของลิ้นเดินเบาจะอธิบายเมื่อพูดถึงการทำงานของหน่วยควบคุมเชื้อเพลิง

หน้าที่ของหน่วยปรับและควบคุมเชื้อเพลิง (FUNCTION OF THE REGULATING SECTION)

หน้าที่หลักของคาร์บูเรเตอร์อาจจะเปรียบเทียบได้กับช่องแคบควบคุมจำนวนเชื้อเพลิง (METERING ORIFICE) การที่ควบคุมกระแสเชื้อเพลิงที่ผ่านช่องแคบนั้นอาจทำได้โดยเปลี่ยนขนาดของพื้นที่ช่องแคบ หรือไม่ก็เปลี่ยนค่าความดันแตกต่างที่ไหลข้ามช่องแคบ ดังนั้นคาร์บูเรเตอร์ก็มีหลักการเช่นเดียวกันคือ เปลี่ยนแปลงความจุโดยการเปลี่ยนขนาดพื้นที่ ช่องแคบหรือค่าแตกต่างของความดัน แต่เนื่องจากว่าคาร์บูเรเตอร์ไม่สามารถเปลี่ยนแปลงขนาดของหัวฉีดมาตรเชื้อเพลิง (METERING JET) จึงมีทางเปลี่ยนความจุได้ทางเดียวคือการเปลี่ยนแปลงค่าของความดันแตกต่างที่ไหลข้ามหัวฉีดต่างๆ ดังนั้นวัตถุประสงค์ของหน่วยปรับและควบคุมเชื้อเพลิงก็คือ ปรับควบคุมความดันแตกต่างที่ไหลข้ามหัวฉีดต่างๆ ซึ่งติดตั้งอยู่ในหน่วยควบคุมเชื้อเพลิง

๒.๘ ส่วนควบคุมเชื้อเพลิง (FUEL CONTROL SECTION)

ส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิง (AIR – FUEL MIXTURE)

แหล่งเกิดกำลังในเครื่องยนต์ลูกสูบก็คือ ส่วนผสมของอากาศเชื้อเพลิง จึงเป็นสิ่งสำคัญที่จะต้องพิจารณาว่า อัตราส่วนผสมที่ถูกต้องนั้นมีกระบวนการอย่างไร และอะไรเป็นเหตุที่ทำให้ส่วนผสมถูกส่วนหรือไม่ถูกส่วน ปริมาณของอากาศที่จะทำให้เกิดการสันดาปที่เหมาะสมจะเปลี่ยนแปลงไปตามชนิดของเชื้อเพลิงและเครื่องยนต์ ถ้าส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศ ไม่ถูกส่วนจะทำให้อัตราการเผาไหม้และจำนวนความร้อนที่เกิดขึ้นเปลี่ยนแปรไป ดังนั้นจึงมีผลต่อแรงที่เกิดจากการขยายของก๊าซที่เผาไหม้ ที่กระทำต่อลูกสูบด้วยส่วนผสมที่มีปฏิกิริยาทางเคมีโดยสมบูรณ์นั้น คือส่วนผสมที่มีจำนวนอากาศเป็นปริมาณเพียงพอเพื่อการเผาไหม้เชื้อเพลิงในส่วนผสมได้อย่างสมบูรณ์ตามทฤษฎี ส่วนผสมที่เหมาะสมจะมีจำนวนอากาศ ๑๕ ปอนด์ต่อจำนวนเชื้อเพลิง ๑ ปอนด์ อัตราส่วนของส่วนผสมต้องบอกโดยน้ำหนักเสมอ เพราะอัตราส่วนโดยปริมาตรเป็นอัตราส่วนที่ไม่แน่นอนเนื่องจากมีการเปลี่ยนแปลงถ้าความดันและอุณหภูมิแปรเปลี่ยนไป อัตราส่วนของส่วนผสมอาจแสดงเป็นสัดส่วนของเชื้อเพลิงต่ออากาศ หรือ อากาศต่อเชื้อเพลิงดังในรูปที่ ๒-๙ ตัวอย่าง เช่น อัตราส่วนของเชื้อเพลิง – อากาศเท่ากับ ๐.๐๘๓ ปอนด์ หมายความว่ามีเชื้อเพลิงอยู่ ๐.๐๘๓ ปอนด์ในทุกๆ ๑ ปอนด์ของอากาศ อัตราส่วนนี้มีค่าเท่ากับอัตราส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิงในอัตรา ๑๒ : ๑ คือมีอากาศอยู่ ๑๒ ปอนด์ ต่อเชื้อเพลิง ๑ ปอนด์

๒.๙ ความต้องการในส่วนผสมของเครื่องยนต์

เครื่องยนต์ของอากาศยานส่วนมากค่อนข้างไวต่ออัตราส่วนของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศ ส่วนผสมที่มีความสมบูรณ์ทางปฏิกิริยาเคมีมิใช่จะเป็นส่วนผสมที่ต้องการเสมอทุกกรณีไป เพราะเครื่องยนต์อาจถูกออกแบบให้มีสภาพการทำงานซึ่งต้องใช้ส่วนผสมที่ "หนากว่า" หรือ "บางกว่า" ส่วนผสมของอากาศ ๑๕ ปอนด์ต่อเชื้อเพลิง ๑ ปอนด์ โดยมีประสิทธิ์ภาพดีกว่า ส่วนผสมที่เรียกว่าบาง คือ ส่วนผสมของอากาศต่อเชื้อเพลิงที่มากเกินความต้องการของเครื่องยนต์เฉพาะแบบหรือใกล้กับขีดจำกัดที่ตั้งไว้ การยกตัวเลขมาแสดงเพื่อเป็นการยกตัวอย่างว่าส่วนผสมบางนั้นจะเป็นการไม่แน่นอนเพราะสัดส่วนของอากาศ ๑๗ ส่วน

ต่อเชื้อเพลิง ๑ ส่วน อาจจะเป็นส่วนผสมที่บางเมื่อเทียบกับสัดส่วนที่เหมาะสมของเครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง แต่อัตราส่วนอันเดียว กันนี้ อาจจะเป็นส่วนผสมที่บางเกินไป เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์อีกเครื่องหนึ่งซึ่งทำงานได้ดีที่ส่วนผสมบางซึ่งมี ๑๔ ส่วนของอากาศต่อเชื้อเพลิง ๑ ส่วน จึงเห็นได้ว่าอัตราส่วนอากาศ – เชื้อเพลิง ๑๗ : ๑ ก็เป็นอัตราส่วนของส่วนผสมที่บางสำหรับเครื่องยนต์เครื่องหนึ่ง และอัตราส่วนอากาศ เชื้อเพลิง ๑๔ : ๑ ก็เป็นส่วนผสมที่บางสำหรับเครื่องยนต์อีกเครื่องหนึ่ง แต่เมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แต่ละเครื่องส่วนผสมที่กล่าวมาทั้งสองค่าก็จัดว่าเป็นส่วนผสมที่บาง

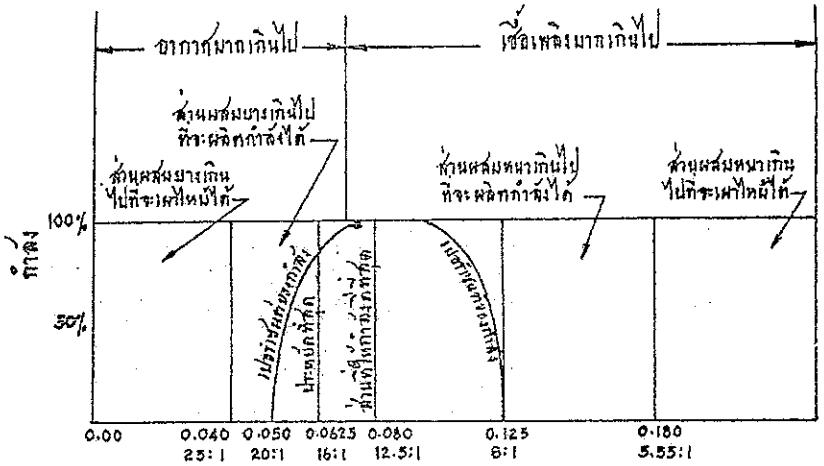
A/F	F/A
8:1	.125:1
9:1	.111:1
10:1	.100:1
11:1	.091:1
12:1	.083:1
13:1	.077:1
14:1	.072:1
15:1	.067:1
16:1	.062:1
18:1	.056:1
19:1	.053:1
20:1	.050:1

F/A	A/F
.05:1	20:1
.06:1	16.7:1
.07:1	14.3:1
.08:1	12.5:1
.09:1	11.1:1
.10:1	10.0:1
.11:1	9.1:1
.12:1	8.3:1
.13:1	7.7:1

รูปที่ ๒ - ๙ ตารางการเทียบอัตราส่วน อากาศ – เชื้อเพลิง หรือ เชื้อเพลิง – อากาศ

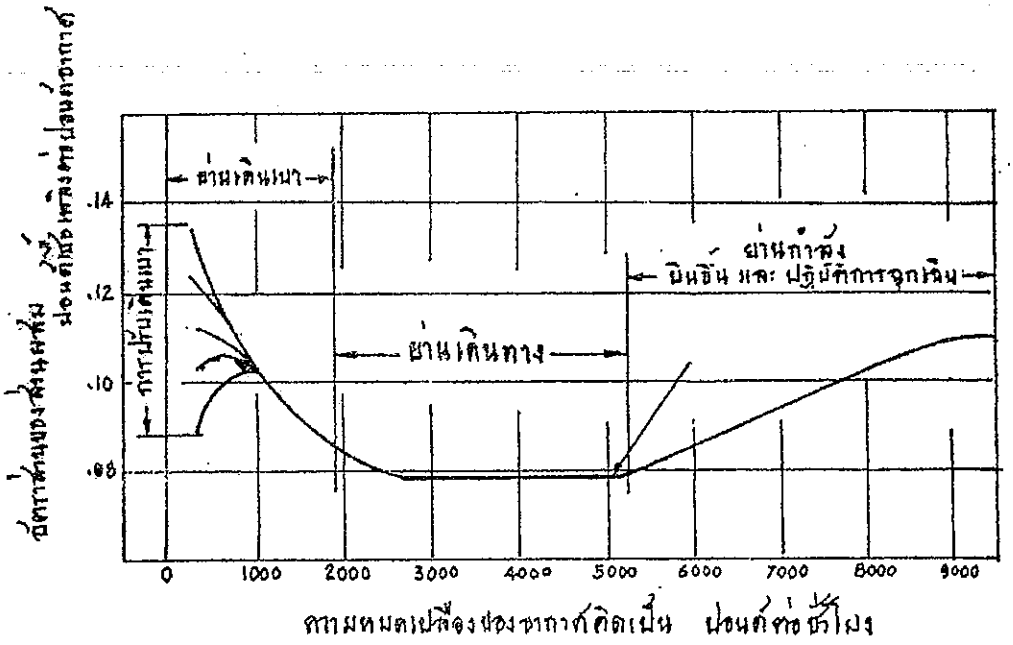
๒.๑๐ ส่วนผสมที่ให้ "กำลังดีที่สุด"

ส่วนผสมอากาศและเชื้อเพลิงสามารถจุดระเบิดได้ตั้งแต่ส่วนผสมหนาที่สุด ๘ : ๑ ไปจนถึงส่วนผสมบางสุด ๑๘ : ๑ ค่าที่ได้กล่าวนี้เป็นย่านที่ให้ไว้สูงสุด และจะมีความสำคัญเพียงเล็กน้อยเท่านั้นเมื่อได้พิจารณาถึงการปฏิบัติงานที่แท้จริงของเครื่องยนต์โดยทั่วไป อัตราส่วนของส่วนผสมที่ใช้ในการปฏิบัติงานที่แท้จริงจะอยู่ระหว่าง ๙ : ๑ เป็นขีดจำกัดของส่วนผสมหนาและ ๑๖ : ๑ เป็นขีดจำกัดของส่วนผสมบาง ทั้งนี้ต้องขึ้นอยู่กับการตั้งที่แท้จริงซึ่งเป็นความต้องการของผู้ออกแบบ,กำลังส่งออกการระบายความร้อน ฯลฯ



อัตราส่วน เชื้อเพลิง-อากาศ (ช/อ) = น้ำหนักของเชื้อเพลิง/น้ำหนักของอากาศ
อัตราส่วน อากาศ -เชื้อเพลิง (อ/ช) = น้ำหนักของอากาศ / น้ำหนักของเชื้อเพลิง

รูปที่ ๒-๑๐ อัตราส่วนของส่วนผสมเชื้อเพลิง - อากาศ



รูปที่ ๒-๑๑ เส้นโค้งแสดงอัตราส่วนเชื้อเพลิง - อากาศ

กำลังม้าส่งออกของเครื่องยนต์ขณะที่ตั้งคันเร่งให้อยู่คงที่แปรเปลี่ยนไปตามส่วนผสมที่ใช้ตามรูปที่ ๒-๑๐ จะสังเกตเห็นได้ว่าความเข้มของส่วนผสมที่ให้กำลังสูงสุดมิได้อยู่ที่ค่าใดค่าหนึ่งโดยเฉพาะแต่อยู่ระหว่างอัตราส่วน ๑๒ : ๑ และ ๑๓ : ๑ ซึ่งเป็นย่านที่ให้กำลังส่งเท่ากันโดยประมาณ ดังนั้นอัตราส่วน ๑๒ : ๑ จึงเป็นอัตราส่วนของส่วนผสมหนาที่ให้กำลังดีที่สุด และอัตราส่วน ๑๓ : ๑ เป็นอัตราส่วนของส่วนผสมบางที่ให้กำลังดีที่สุด ส่วนผสม AUTORICH หมายถึงส่วนผสมซึ่งหนากว่าส่วนผสมหนาที่ให้กำลังดีที่สุด ความหมดเปลืองของเชื้อเพลิงแบบประหยัด (ไม่ใช่ส่วนผสมที่ให้กำลังเต็มที่) คือการใช้ส่วนผสมอากาศ เชื้อเพลิงในบริเวณ ๑๖ : ๑ หรือในตำแหน่ง "AUTOLEAN" การเลื่อนคันบังคับในห้องนักบินก็คือการตั้งส่วนผสมตามที่ต้องการสำหรับให้เครื่องยนต์ทำงานในภาวะต่างๆ โดยเฉพาะ เมื่อคันบังคับส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงถูกเลื่อนมาจากตำแหน่ง AUTORICH ไปยังส่วนผสมที่บางจะทำให้กำลังส่งออกของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้น และความหมดเปลืองของเชื้อเพลิงจะน้อยลงเมื่อกำลังของเครื่องยนต์สูงสุด ความดันไอดีจะมีค่าต่ำสุด ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนอากาศ – เชื้อเพลิง , กำลังกับความดันไอดี – เป็นสิ่งที่สำคัญที่จะกล่าวถึงในภายหลังเมื่อกล่าวถึงตอนการปรับสภาพเครื่องยนต์

๒.๑๐.๑ ย่านใช้งาน (OPERATING RANGE)

เครื่องยนต์ลูกสูบอากาศยานจำเป็นต้องมีพิสัยของการเปลี่ยนแปลงของส่วนผสมให้กว้างพอเพื่อจะได้ปฏิบัติงานในสภาวะที่แตกต่างกัน หน่วยควบคุมเชื้อเพลิงถูกแผนแบบให้จ่ายเชื้อเพลิงในอัตราส่วนที่เหมาะสมสอดคล้องกับการควบคุมส่วนผสมและสภาพการทำงาน หน่วยควบคุมเชื้อเพลิงได้รับความดันปรับควบคุมเชื้อเพลิงจากห้อง D และเป็นตัวกำหนดว่าจะให้หัวฉีดตัวไหนทำหน้าที่ส่งเชื้อเพลิงไป

ยังนมหนูฉีดเชื้อเพลิง (DISCHARGE NOZZLE) ภายในหน่วยควบคุมเชื้อเพลิงจะมีหัวฉีดมาตรเชื้อเพลิง ลิ้นเพิ่มกำลัง (POWER ENRICHMENT VALVE) ลิ้นลดเชื้อเพลิง (DERICHMENT VALVE) ลิ้นเดินเบา และลิ้นปรับบังคับส่วนผสมด้วยมือ ต่อไปนี้จะพูดถึงย่านใช้งานต่างๆ คือ ย่านเดินเบา ย่านเดินทาง และย่านกำลัง

๒.๑๐.๒ ย่านเดินเบา (IDLING RANGE)

ในขณะที่เครื่องยนต์เดินเบาเครื่องยนต์มีความต้องการใช้ส่วนผสมที่หนา เพราะในระหว่างเดินเบา ไอเสียบางส่วนจะถูกดันเข้าไปในท่อไอดีในช่วงระยะเวลาที่ลิ้นเหลื่อมกัน ทั้งนี้เนื่องจากความดันในท่อไอดีต่ำกว่าความดันในกระบอกสูบ หลังจากที่ลิ้นไอเสียปิดและลูกสูบเคลื่อนตัวลงในช่วงชักไอดี ไอเสียที่เข้าไปผสมกับไอดีก็จะถูกดูดกลับเข้ามาในกระบอกสูบ ส่วนผสมที่ถูกดูดกลับมาจึงเป็นส่วนผสมที่บางลง ด้วยเหตุนี้ส่วนผสมที่ใช้เริ่มแรกในขณะเดินเบาจึงต้องหนากว่าที่กำหนดไว้จริง นอกจากนี้แล้วเรายังต้องการให้ส่วนผสมหนาเพื่อการระบายความร้อนของกระบอกสูบด้วย ในรูปที่ ๒-๑๑ จะเห็นได้ว่าย่านเดินเบาเริ่มต้นตั้งแต่ย่านซึ่งใช้ปริมาณอากาศจาก ๐ ถึง ๑๙๐๐ ปอนด์ต่อชั่วโมง ความหนาของส่วนผสมสูงสุดสำหรับย่านนี้บังคับได้ การตั้งสปริงเดินเบาซึ่งไม่อนุญาตให้เปลี่ยนในระดับศูนย์ซ่อม ลิ้นเดินเบาจะมีกลไกซึ่งติดตั้งในตำแหน่งเหมาะสมติดกับเพลาของเพลาคันเร่งโดยให้ลิ้นเดินเบาเปิดออกสุดเมื่อคันเร่งเปิดประมาณ ๑๐ องศา และที่คานของลิ้นเดินเบาจะมีสลักเกลียวผ่า สำหรับหมุนปรับติดตั้งอยู่ด้วย อมาตรเชื้อเพลิง (คือเชื้อเพลิงซึ่งไม่มีผลกระทบกระเทือนเกี่ยวกับการจ่ายจำนวนเชื้อเพลิงในคาร์บูเรเตอร์) ซึ่งไหลมาจากห้องตามรูปที่ ๒-๘ ได้ไหลเข้าไปยังส่วนควบคุมเชื้อเพลิงโดยผ่านเข้าทางขอบและถูกจำกัดควบคุมให้ไหลผ่านลิ้นเดินเบาด้วยความดันมาตรเชื้อเพลิง (FUEL METERING PRESSURE) ซึ่งมีค่าเท่ากับผลแตกต่างของความดันระหว่างห้อง "C" และห้อง D จำนวนเชื้อเพลิงที่ถูกจำกัดเป็นปริมาตร โดยลิ้นเดินเบาจะไหลผ่านหัวฉีด AUTOLEAN ออกไปยังลิ้นควบคุมส่วนผสมแล้วจึงไหลเข้าหานมหนูฉีดเชื้อเพลิง (DISCHARGE NOZZLE) การปรับสลักเกลียวผ่าของลิ้นเดินเบาจะทำให้ตำแหน่งของลิ้นเดินเบาเปลี่ยนไปหมดตลอดในย่านที่มีอัตราเร็วต่ำจึงทำให้อัตราส่วนของส่วนผสมในย่านเดินเบาแปรเปลี่ยนไปตามความจำเป็นสำหรับการเดินเครื่องยนต์ในย่านนี้

๒.๑๐.๓ ย่านเดินทาง (CRUISING RANGE)

ย่านเดินทางตามรูปที่ ๒-๑๑ คือย่านที่ใช้ปริมาณอากาศตั้งแต่ ๑๙๐๐ ปอนด์จนถึง ๕๓๐๐ ปอนด์ต่อชั่วโมง เมื่อลิ้นคันเร่งเปิดเลย ๑๐ องศาไปแล้ว ลิ้นเดินเบาจะเปิดเต็มที่ จำนวนเชื้อเพลิงที่จ่ายออกโดยลิ้นเดินเบาและเบ้าลิ้นจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นจำนวนของเชื้อเพลิงที่จ่ายโดยหัวฉีดของ AUTOLEAN และหัวฉีดของ AUTORICH เมื่อคันบังคับส่วนผสมในห้องนักบินอยู่ในตำแหน่ง "AUTOLEAN" ลูกเบี้ยวของคันบังคับลิ้นส่วนผสมจะเคลื่อนที่ไปปิดช่องเปิดที่ผ่านมาจากหัวฉีด AUTORICH ตามรูปที่ ๒-๘ ดังนั้นจำนวนเชื้อเพลิงที่ไหลไปยังนมหนูฉีดเชื้อเพลิงจึงเป็นจำนวนเชื้อเพลิงที่ไหลออกจากหัวฉีดออโตลีนเพียงหัวเดียว จำนวนของเชื้อเพลิงจึงลดลง แต่เมื่อคันบังคับส่วนผสมอยู่ใน

ตำแหน่ง "AUTORICH" จำนวนของเชื้อเพลิงที่จ่ายให้กับนมหนูจะเป็นเชื้อเพลิงที่ไหลมาจากหัวฉีดทั้งสองหัว ดังนั้นจำนวนเชื้อเพลิงจะเพิ่มขึ้นซึ่งจำเป็นสำหรับในการรักษาส่วนผสมอากาศ เชื้อเพลิงให้เหมาะกับสภาพย่านเดินทางซึ่งต้องใช้ส่วนผสมค่อนข้างหนา เนื่องจากว่าการประหยัดเชื้อเพลิงเป็นเงื่อนไข ที่ต้องการสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์ในย่านนี้ ดังนั้นตามปกติทั่วไปจะตั้งคันบังคับส่วนผสมไว้ที่ตำแหน่ง "AUTOLEAN"

๒.๑๐.๔ ย่านกำลัง (POWER RANGE)

ย่านกำลังในรูปที่ ๒-๑๑ จะเป็นย่านที่เหนือจากย่านเดินทางเริ่มตั้งแต่ ๕๓๐๐ ปอนด์ต่อชั่วโมงไปจนถึงขีดที่ใช้อากาศปริมาณสูงสุดคือ ๙๕๐๐ ปอนด์ต่อชั่วโมง ในย่านดังกล่าวนี้มีความต้องการให้ส่วนผสมหนากว่าเพื่อใช้ในการระบายความร้อน ในระหว่างวิ่งบินขึ้นจะใช้ส่วนผสมที่ให้กำลังสูงสุด (เป็นส่วนผสมบางที่ให้กำลังสูงสุด) ไม่ได้ นอกจากจะใช้น้ำฉีดร่วมกันกับส่วนผสมเพื่อป้องกันการเกิดระเบิดอย่างวิปริต (DETONATION) ดังนั้นเมื่อวิ่งบินขึ้นจะต้องตั้งคันบังคับส่วนผสมไว้ที่ตำแหน่ง "AUTORICH" เพื่อช่วยในการระบายความร้อน เพื่อที่จะให้ส่วนผสมมีอัตราส่วนหนาตามความต้องการ เมื่อเดินเครื่องยนต์ในย่านกำลัง ภายในคาร์บูเรเตอร์ จึงต้องมีลิ้นเพิ่มกำลัง (ENRICHMENT VALVE) ประกอบอยู่ในส่วนของหน่วยควบคุมเชื้อเพลิง (FUEL CONTROL UNIT) ตามรูปที่ ๒-๘ ลิ้นเพิ่มกำลังประกอบด้วยก้านลิ้น (STEM) โดยที่ปลายข้างหนึ่งของก้านลิ้นจะติดอยู่กับลิ้นแบบจุกอุดปลายเรียว (TAPERED HEAD) และอีกข้างหนึ่งติดกับแผ่นกั้น (DIAPHRAGM) สปริงที่อยู่รอบก้านลิ้นจะช่วยให้ลิ้นปิดอยู่จนกว่าแรงดันที่แผ่นกั้นจะมากกว่าแรงสปริง ถ้าแรงดันมากกว่าแรงสปริงลิ้นก็จะถูกผลักให้ออกจากเบ้า แผ่นกั้นติดต่อและทำงานโดยความดันของเชื้อเพลิงจากห้อง D ของหน่วยปรับและควบคุมเชื้อเพลิง (REGULATOR UNIT) และความดันนี้ขึ้นอยู่กับมวลของกระแสอากาศที่ไหลเข้าไปยังเครื่องยนต์ ขณะที่คันเร่งเปิด มวลของอากาศที่ไหลไปยังเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น ซึ่งจะทำให้แรงมาตรอากาศ (AIR METERING FORCE) และแรงมาตรเชื้อเพลิง (FUEL METERING FORCE) เพิ่มขึ้น ดังนั้นความดันแตกต่างระหว่างเชื้อเพลิงที่ถูกวัดจ่ายออก (METERED FUEL) และเชื้อเพลิงที่ส่งให้ (UNMETERED) จะแตกต่างเพิ่มขึ้น แผ่นกั้นของลิ้นเพิ่มกำลัง (POWER ENRICHMENT VALVE) ซึ่งแผ่นกั้นรับความดันก็จะถูกแรงนี้กระทำให้ลิ้นเปิด เมื่อกระแสอากาศไหลเกินกว่า ๕๓๐๐ ปอนด์ต่อชั่วโมง โดยประมาณ (ในกรณีนี้จะเป็นขีดจำกัดบนของกระแสอากาศในย่านเดินทาง) ลิ้นจะเริ่มถูกยกออกจากเบ้า ถ้าคันบังคับส่วนผสมถูกตั้งไว้ในตำแหน่ง "AUTORICH" เชื้อเพลิงที่ไหลไปยังนมหนูฉีดเชื้อเพลิง (DISCHARGE NOZZLE) จะถูกควบคุมโดยหัวฉีด (METERING ORIFICE) ๓ หัว AUTOLEAN JET , AUTORICH JET , และลิ้นเพิ่มกำลัง (TAPERED ENRICHMENT VALVE) กับขนาดเบ้าของมัน เมื่อเปิดคันเร่งจนสุด (FULL THROTTLE) ลิ้นเพิ่มกำลังก็จะเปิดอ้าเต็มที่ทำให้เชื้อเพลิงที่ไหลออกมารวมกันจากหัวฉีด AUTORICH และลิ้นเพิ่มกำลังมากเกินกว่าความจุของหัวฉีด POWER ENRICHMENT และ DERICHMENT จะจ่ายออกให้ทัน (จะเห็นได้จากรูปที่ ๒-๘ ว่า เชื้อเพลิงที่ส่งออกมาหรือที่เรียกว่า UNMETERED FUEL นั้น

จะต้องผ่านหัวฉีดทั้งสองห้องเสียก่อนที่จะผ่านไปยังหัวฉีด AUTORICH) ดังนั้นความหนาสูงสุดของส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงจึงถูกควบคุมโดยขนาดของหัวฉีด POWER ENRICHMENT และหัวฉีด DERICHMENT (หมายถึงว่าเมื่อเปิด FULL THROTTLE แล้วกำลังจะคงที่เพราะหัวฉีดจะจ่ายเชื้อเพลิงได้มากสุดตามขนาดรูของมัน ถึงแม้ว่าลิ้นเพิ่มกำลังจะเปิดสุดแล้วก็ตาม) ซึ่งจะเห็นได้จากการลดระดับแนวโน้มของเส้นโค้งอัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิงอยู่ในแนวเส้นระนาบ เมื่อเลยเขตบนของมวลกระแสอากาศในย่านที่ให้กำลังสูงสุด (๙๕๐๐ ปอนด์ต่อชั่วโมงโดยประมาณ) ตามรูปที่ ๒-๑๑

๒.๑๐.๕ การใช้กำลังเต็มที่ด้วยการฉีดของไหลขจัดการระเบิดแบบวิปริต (FULL POWER WITH ANTIDETONANT INJECTION)

ถ้าคิดดูอย่างมีเหตุผลแล้วก็ดูเหมือนว่าส่วนผสมที่ให้กำลังดีที่สุด ที่รอบเดินทางก็ควรจะให้กำลังมากที่สุดในขณะที่บินขึ้นและควรจะต้องใช้ส่วนผสมอันนี้ อย่างไรก็ตาม ตามที่ได้กล่าวมาแล้วถึงเหตุผลที่ต้องใช้ส่วนผสมที่หนากว่าในขณะที่บินขึ้นก็คือเพื่อป้องกันการระเบิดแบบวิปริตนั่นเอง ระบบฉีดของไหลขจัดการระเบิดแบบวิปริต เรียกคำย่อว่า ADI = ANTIDETONANT INJECTION ทำให้เครื่องมีกำลังเพิ่มขึ้นในช่วงระยะเวลาอันสั้น ของไหลที่ใช้ขจัดการระเบิดแบบวิปริตจะถูกฉีดเข้าไปในระบบไอดีพร้อมกับเชื้อเพลิงที่ถูกจ่ายโดยนมหนูจ่ายเชื้อเพลิง ตัวของไหลเองนั้นมิได้ทำให้กำลังของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นแต่ประการใด แต่ทำหน้าที่เป็นตัวระบายความร้อนให้กับกระบอกสูบและป้องกันการระเบิดอย่างวิปริต การใช้ของไหลฉีดเข้าไปเพื่อป้องกันการระเบิดแบบวิปริตนี้จะทำให้ส่วนผสมบางลงเลยทำให้เครื่องยนต์เกิดกำลังสูงสุด ไอระเหยของสารผสมระหว่างน้ำและแอลกอฮอล์ทำหน้าที่ระบายความร้อนแทนการใช้เชื้อเพลิงฉีดให้หนาขึ้นดังเช่นในเครื่องยนต์ที่ไม่มีระบบนี้ การเดินเครื่องยนต์ในย่านนั้นส่วนผสมที่ให้กำลังดีที่สุดจะทำให้เครื่องยนต์มีกำลังเพิ่มขึ้นถึงแม้ว่าความดันไอดีและความเร็วรอบต่อนาที จะอยู่คงเดิมก็ตาม นอกจากการใช้สารผสมน้ำและแอลกอฮอล์ฉีดเข้าไปในส่วนผสมที่หนาแล้วการที่ปล่อยให้ความดันไอดีสูงขึ้น จนไปถึงจุดหนึ่ง อาจทำให้เกิดการระเบิดแบบวิปริตได้ ดังนั้นการเพิ่มกำลังของเครื่องยนต์อาจทำได้สองทางคือเดินเครื่องยนต์ในย่านของส่วนผสมที่ให้กำลังดีที่สุดหรือเพิ่มความดันไอดีโดยใช้ของไหลฉีดร่วม เมื่อระบบการฉีดของไหลขจัดการระเบิดแบบวิปริต (ADI) ทำงานของไหลจะถูกฉีดเข้าไปในระบบนำไอดีพร้อมกับเชื้อเพลิงที่ถูกจ่ายออกมาจากนมหนูจ่ายเชื้อเพลิง และในขณะเดียวกันนั้น ความดันจากสูบฉีดของไหลจะไปดันกระทำที่แผ่นกั้นของลิ้นลดความหนาเชื้อเพลิง (DERICHMENT VALVE DIAPHRAGM) ทำให้ลิ้นปิดซึ่งจะลดจำนวนการไหลของเชื้อเพลิงซึ่งผ่านหัวฉีดลดความหนาเชื้อเพลิง (DERICHMENT METERING JET) โดยวิธีนี้ อัตราส่วนอากาศเชื้อเพลิงจะเปลี่ยนไปเป็นอัตราส่วนที่ทำให้เกิดกำลังดีที่สุด

๒.๑๑ หน่วยบังคับส่วนผสมอัตโนมัติ (AUTOMATIC MIXTURE CONTROL UNIT)

หน่วยบังคับส่วนผสมอัตโนมัติทำหน้าที่ปรับการเปลี่ยนแปลงสำหรับความหนาแน่นของกระแสอากาศที่ไหลผ่านมายังหน่วยคันเร่ง การเปลี่ยนแปลงของความหนาแน่นอากาศจะเปลี่ยนแปลงโดยเพิ่มขึ้นหรือลดลงเนื่องจากเพดานบินหรือการแปรเปลี่ยนของอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้ามายัง

คาร์บูเรเตอร์ หน่วยบังคับส่วนผสมอัตโนมัติจึงต้องทำหน้าที่รักษาส่วนผสมของอากาศเชื้อเพลิงให้ถูกต้องอยู่เสมอโดยการปรับและขยายแรงมาตรอากาศบนแผ่นกั้นอากาศในหน่วยปรับและควบคุม (REGULATOR UNIT) การทำเช่นนี้จะยังผลให้เกิดการปรับความดันที่ลดลงในขณะที่ไหลข้ามหัวฉีดมาตรเชื้อเพลิง (METERING JET) ต่างๆ ในหน่วยควบคุมเชื้อเพลิงโดยอัตโนมัติเป็นการรักษาการไหลของเชื้อเพลิงจากนมหนูจ่ายเชื้อเพลิงให้เป็นสัดส่วนกับมวลอากาศที่ไหลเข้าสู่เครื่องยนต์

๒.๑๒ สูบเร่งเชื้อเพลิง (ACCELERATOR PUMP)

คาร์บูเรเตอร์แบบฉีดด้วยความดันจะประกอบด้วยสูบเร่งเชื้อเพลิง แบบลูกสูบอำนวยการทำงานโดยคันเร่ง หน้าที่ของมันมีไว้เพื่อป้องกันไม่ให้ส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงบาง ในขณะที่เร่งเครื่องยนต์อย่างรวดเร็ว เพราะในขณะที่เร่งอย่างรวดเร็วนั้นส่วนปรับควบคุมเชื้อเพลิง (FUEL REGULATION SECTION) อาจจะจ่ายเชื้อเพลิงให้ตามที่ต้องการไม่ทัน ฐานของสูบจะประกอบติดอยู่กับตัวเรือนคันเร่ง ภายในสูบเป็นกระบอกสูบชั้นในซึ่งลูกสูบและกลไกอำนวยการทำงานโดยคันเร่งประกอบติดอยู่ เชื้อเพลิงจากห้อง E ของหน่วยปรับควบคุม (REGULATOR SECTION) จะไหลเข้ากระบอกสูบของสูบผ่านทางลิ้นทางเดียวซึ่งติดตั้งอยู่ภายใน เมื่อค่อยๆ เร่งคันเร่งอย่างช้าๆ เชื้อเพลิงในด้านหน้าของลูกสูบจะถูกระบายไหลอ้อมไปยังด้านหลังและจะไม่ถูกฉีดจ่ายออกมาทางนมหนู แต่ถ้าเร่งคันเร่งอย่างรวดเร็วจะทำให้ความดันหน้าลูกสูบเพิ่มขึ้น และทำให้เชื้อเพลิงถูกขับออกมาทางลิ้นจ่ายเชื้อเพลิงไปยังนมหนูเป็นการชดเชยมิให้ส่วนผสมบางตัวลง

๒.๑๓ หน่วยฉีดล่อด้วยไฟฟ้า (ELECTRICAL PRIMER UNIT)

หน่วยฉีดล่อของเครื่องยนต์เป็นลิ้นทำงานด้วยโซลีนอยด์ ควบคุมโดยสวิทช์ในห้องนักบินจุดประสงค์เพื่อทำหน้าที่ส่งเชื้อเพลิงในขณะติดเครื่องยนต์ หน่วยฉีดล่อนี้ติดตั้งอยู่บนส่วนปรับและควบคุม (REGULATOR SECTION) ของคาร์บูเรเตอร์มันรับเชื้อเพลิงมาจากห้อง E และฉีดส่งเชื้อเพลิงเข้าไปยังระบบนำไอดี

บทที่ ๓
ระบบการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ลูกสูบ

ความมุ่งหมาย เพื่อให้ นทน. ได้เข้าใจถึงการทำงานและการซ่อมบำรุงของระบบการจุดระเบิดของเครื่องยนต์ลูกสูบ

๑. ระบบการจุดระเบิดเครื่องยนต์ลูกสูบ

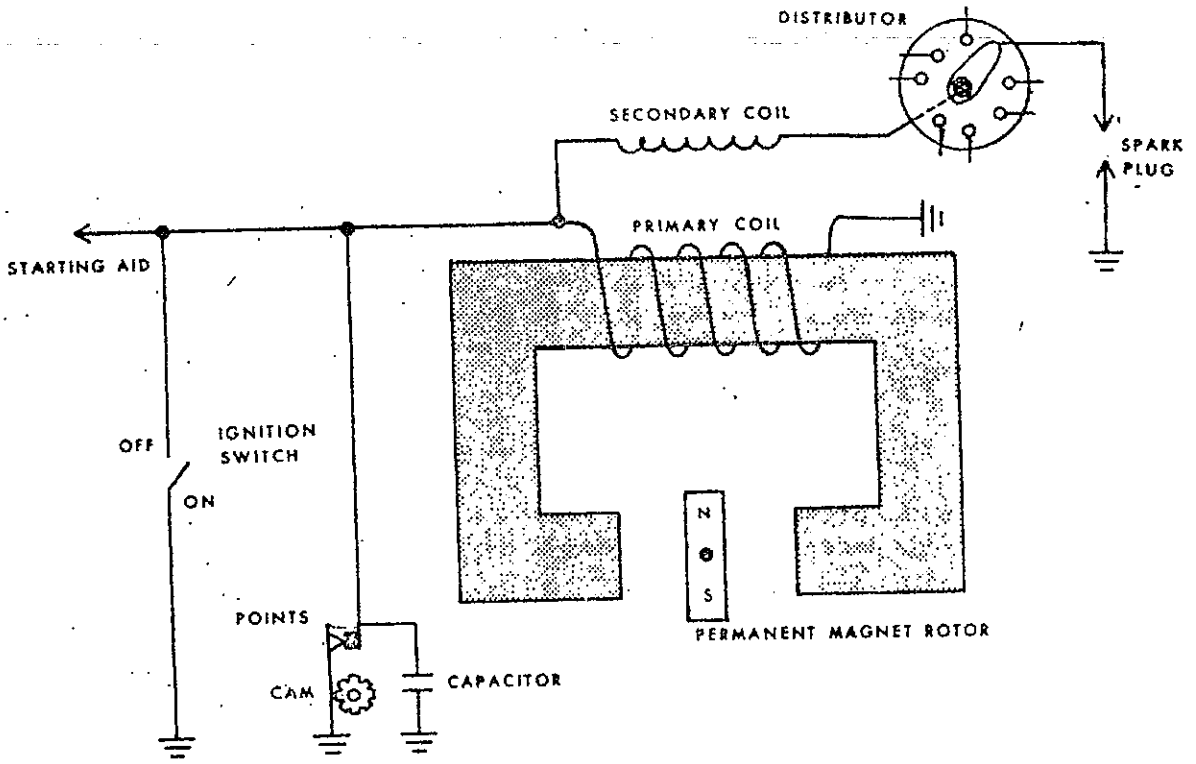
ทั่วไป คู่มือฉบับนี้จะได้กล่าวถึงการทำงานทางไฟฟ้าของแม็กนีโตอากาศยาน และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง วัตถุประสงค์ของการที่ต้องใช้ระบบแม็กนีโตในอากาศยานก็เช่นเดียวกับวัตถุประสงค์ของการใช้ระบบจุดระเบิดในรถยนต์ คือมีหน้าที่จุดเชื้อเพลิงในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ตามเวลาที่เหมาะสม ผลจากการเผาไหม้เชื้อเพลิง จะทำให้เกิดพลังงานนำไปใช้ขับเพลา การที่จะให้ประกายไฟกระโดดข้ามระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียน เพื่อจุดเชื้อเพลิงจำเป็นต้องใช้แรงดันไฟฟ้าสูง ในอากาศยานที่ใช้เครื่องยนต์ลูกสูบแม็กนีโตเป็นผู้ทำให้เกิดแรงดันไฟฟ้าสูงนี้ แม็กนีโตมีข้อดีกว่าระบบจุดระเบิดรถยนต์ ๒ ประการคือไม่มีการสูญเสียประสิทธิภาพที่รอบสูงๆ และมีความแน่นอนกว่า เพราะไม่ต้องอาศัยกำลังไฟฟ้าจากแหล่งภายนอก

๑.๑ เครื่องยนต์อากาศยาน ประกอบด้วยระบบแม็กนีโตคู่ แต่ละระบบไม่ขึ้นแก่กันและทุกๆ กระบอกสูบใช้หัวเทียน ๒ หัว หัวเทียน ๑ ชุด จุดด้วยแม็กนีโตเรือนหนึ่ง และอีกชุดหนึ่งจะจุดโดยแม็กนีโตอีกเรือนหนึ่ง ถ้าระบบใดระบบหนึ่งไม่ทำงาน จะทำให้กระบอกสูบแต่ละลูกมีหัวเทียนทำงาน ๑ หัว แต่จะทำให้การทำงานของเครื่องยนต์ มีข้อขัดข้องบางอย่างเกิดขึ้น แม็กนีโตในอากาศยานมี ๒ ชนิด

๒. ระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง

๒.๑ ส่วนประกอบเบื้องต้น แม็กนีโตชนิดนี้ เป็นแบบเก้า โดยตั้งชื่อจากหลักความจริงว่า การใช้แรงดันไฟฟ้าสูงไปจุดหัวเทียนนั้นได้มาจากภายในของแม็กนีโตเอง โดยมีส่วนประกอบเบื้องต้นคือแม่เหล็กถาวรที่หมุนได้ แกนแผ่นเหล็กอ่อน , ขดลวดที่หนึ่งและขดลวดที่สอง ซึ่งพันไว้ที่แกนเดียวกัน ขดลวดที่สองที่แสดงใน รูปที่ ๑ นั้นพันแยกกันกับขดลวดที่หนึ่ง แต่ความจริงแล้วขดลวดทั้งสองนั้นพันไว้ที่แกนเดียวกัน แม็กนีโตติดตั้งไว้กับเครื่องยนต์โดยใช้เครื่องยนต์ ขับผ่านเฟือง แม่เหล็กถาวรที่หมุนได้ (ROTOR) และลูกเบี้ยวติดตั้งไว้เพลาเดียวกัน ขณะที่เครื่องยนต์หมุนย่อมทำให้แม่เหล็กถาวรและลูกเบี้ยวหมุนตามจานจ่ายซึ่งอาจจะติดกับแม็กนีโตหรืออาจจะเป็นหน่วยแยกต่างหากขับด้วยเครื่องยนต์ ฉะนั้นจะเห็นได้ว่าแม่เหล็กถาวร , ลูกเบี้ยวและจานจ่าย จะหมุนไปกับเครื่องยนต์พร้อมกันโดยไม่ต้องอาศัยกันเลย

๒.๒ หลักการทำงาน โดยหลักการเบื้องต้นแล้ว แม็กนีโตคือเครื่องกำเนิดไฟฟ้ากระแสสลับนั่นเอง โรเตอร์ คือแม่เหล็กถาวรที่มีความเข้มสนามแม่เหล็กสูง ทำหน้าที่เป็นสนามแม่เหล็ก ขณะที่โรเตอร์หมุนไปจะทำให้เกิดแรงดันชักนำขึ้นในขดลวดที่หนึ่ง ถ้าหน้าสัมผัสยังเชื่อมอยู่จะทำให้กระแสไหลกลับไปกลับมาในขดลวดที่หนึ่ง และกระแสนี้จะไม่ทำให้เกิดประกายที่หัวเทียน

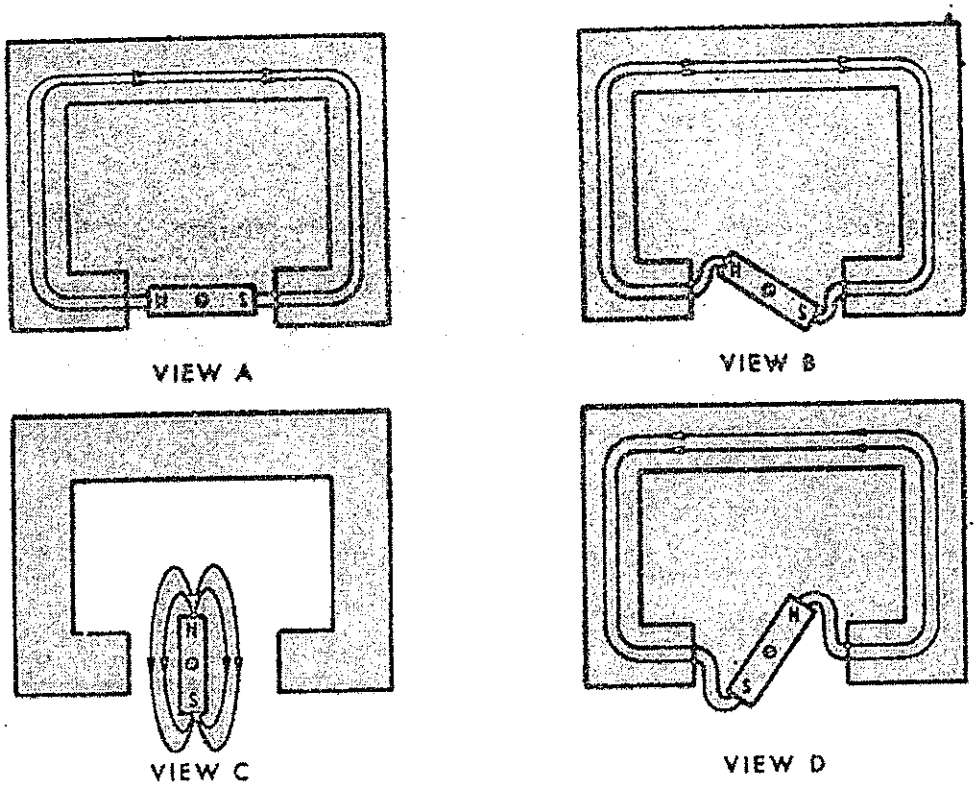


รูปที่ ๑ ระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง

ด้วยเหตุผล ๒ ประการ คือ กระแสจะไหลผ่านตามทางเดิน ซึ่งมีความต้านทานต่ำออกทางด้านหนึ่งของปลายขดลวดลงกราวด์และกลับเข้าทางอีกปลายหนึ่ง เนื่องจากทางที่กระแสไฟฟ้าเดินอยู่นี้มีความต้านทานต่ำ จึงทำให้กระแสมีแนวโน้มที่จะเดินข้ามหัวเทียนน้อย เพราะระยะเว้นเขี้ยว หัวเทียนมีความต้านทานสูง ส่วนเหตุผลข้อต่อมาคือ แรงดันไฟฟ้าที่เกิดจากขดลวดที่หนึ่งไม่สูงพอที่จะดันกระแสให้ข้ามระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียนได้แม้ว่าจะไม่มีทางเดินทางอื่นอีกก็ตาม

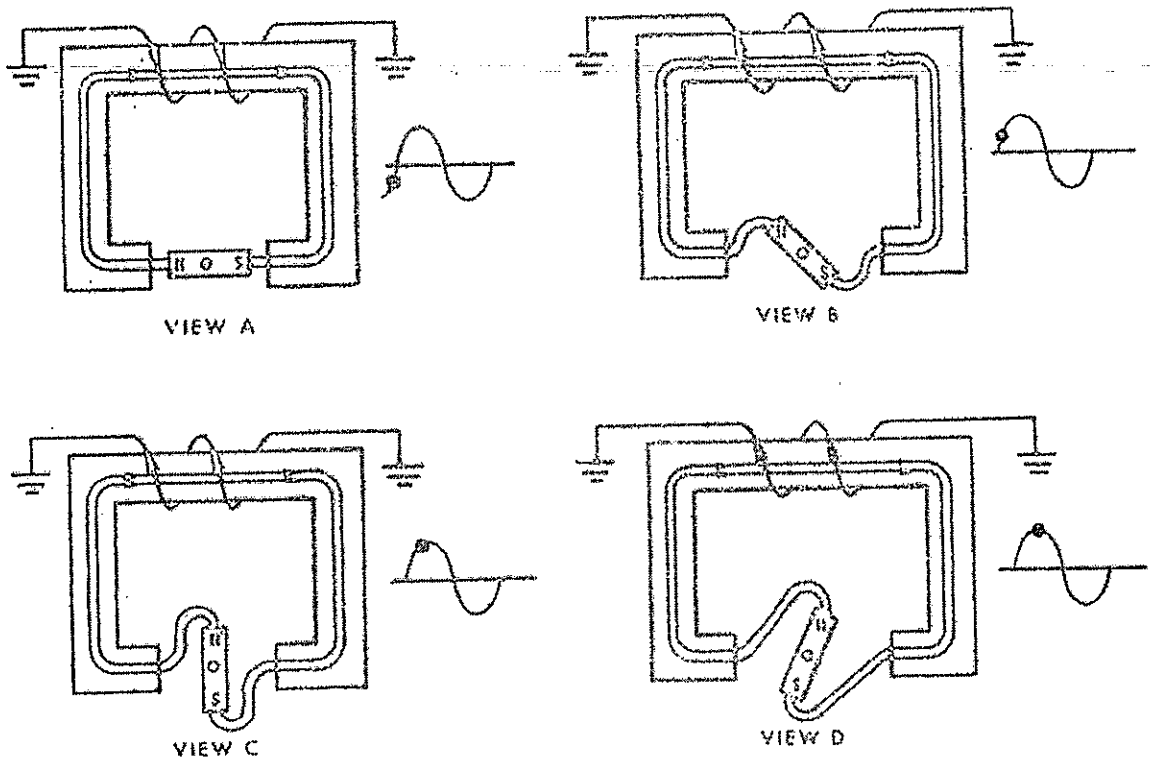
ขดลวดที่หนึ่งและขดลวดที่ ๒ ทำหน้าที่เป็นอุปกรณ์เพิ่มแรงดันโดยมีอัตราส่วนรอบขดลวดประมาณ ๑๐๐/๑ ฉะนั้นแรงดันที่ขดลวดที่สองจึงสูงกว่าขดลวดที่หนึ่ง กระนั้นก็ตาม แรงดันที่ขดลวดที่สองก็ยังไม่สูงพอที่จะดันกระแสให้กระโดดข้ามระยะเว้นหัวเขี้ยวหัวเทียน ซึ่งมีความต้านทานสูงได้ จึงต้องทำแรงดันให้สูงขึ้นไปอีกโดยการเปิดหน้าสัมผัส

เพื่อที่จะให้เข้าใจว่า ทำไมการเปิดหน้าสัมผัสจึงทำให้แรงดันในขดลวดที่สองเพิ่มขึ้น ขอให้พิจารณาความจำเป็น ๒ ประการ คือ การเคลื่อนที่ของเส้นแรงแม่เหล็ก ในขณะที่แม่เหล็กถาวรหมุนและกระแสในขดลวดที่หนึ่งอันเป็นผลมาจากแรงดันชักนำ



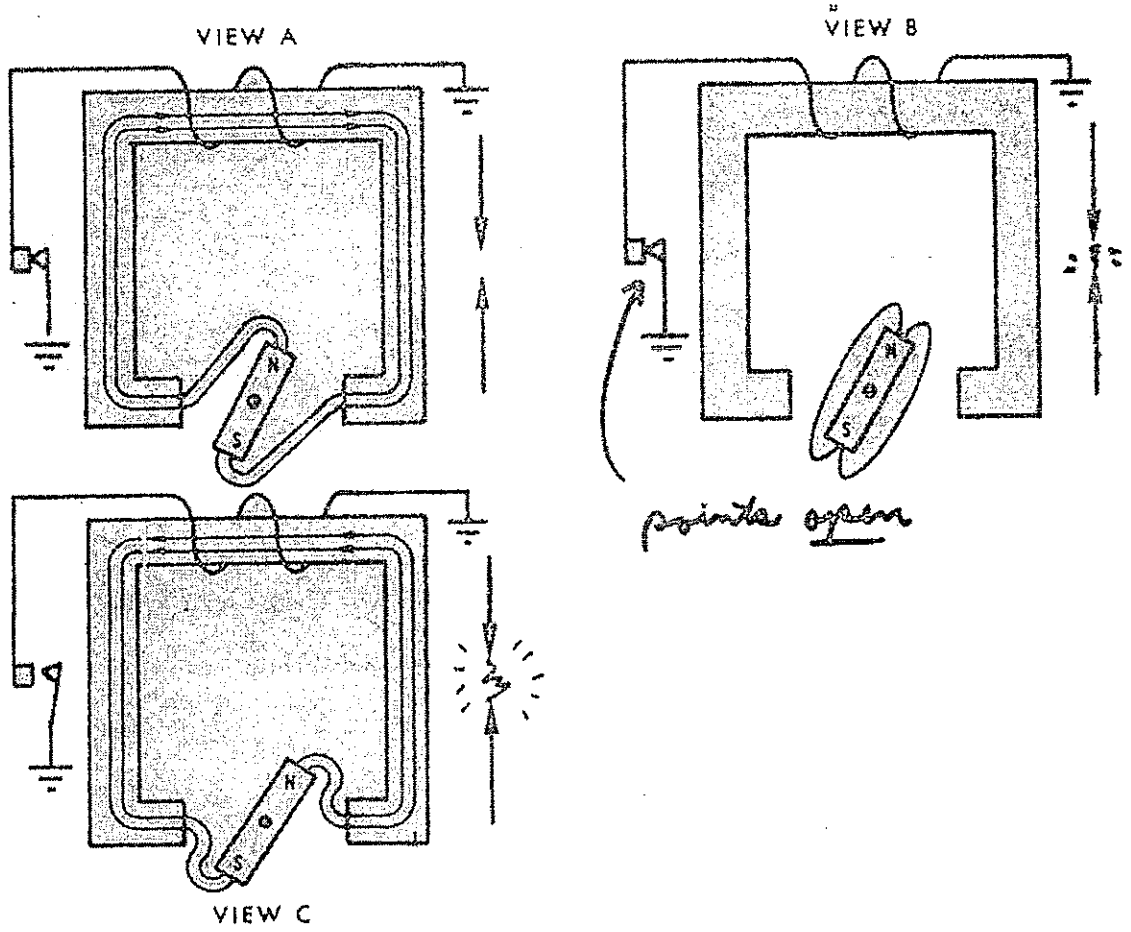
รูปที่ ๒ แสดงเส้นแรงแม่เหล็กในแกนขดลวด ที่ยังมิได้พันขดลวด

ในรูปที่ ๒ แสดงให้เห็นถึงเส้นแรงแม่เหล็กในแกนขดลวดโดยไม่มีขดลวดที่หนึ่งพันอยู่ และโรเตอร์อยู่ในตำแหน่งต่างๆ กัน เส้นแรงแม่เหล็กส่วนมากมีทางเดินและทิศทางตามลูกศร ในตำแหน่งต่างๆ ของโรเตอร์ ได้กล่าวมาแล้วว่า เส้นแรงแม่เหล็กเดินทางจากขั้วเหนือ เข้าขั้วใต้ภายนอกแท่งแม่เหล็ก ภาพ A ของรูปที่ ๒ แสดงให้เห็นถึงตำแหน่งโรเตอร์ ซึ่งอยู่ในตำแหน่งที่เรียกว่า เส้นแรงแม่เหล็กเดินทางได้สะดวกที่สุด ทั้งๆ ที่เส้นแรงแม่เหล็กมิได้เดินทางจากเหนือไปใต้ในทางเดินที่ สั้นที่สุด แต่เป็นทางเดินที่เกิดขึ้นใหม่ การที่เส้นแรงแม่เหล็กเดินทางในระยะที่ยาวกว่าเพราะว่าในระยะยาวนี้เหล็กอ่อนมีรีรัคแตนน้อยกว่าระยะสั้น ซึ่งเป็นทางเดินที่ผ่านไปในอากาศรอบๆ โรเตอร์แม่เหล็กถาวรในภาพ B เส้นแรงแม่เหล็กก็ยังเดินผ่านทางเดิม (ในเหล็กอ่อนรูปเกือกม้า) แม้ว่าโรเตอร์จะหมุนมา อยู่ในตำแหน่งที่มีช่องว่างอากาศเพิ่มขึ้นภาพ C จะเห็นได้ว่าโรเตอร์หมุนมาอยู่ในตำแหน่ง "กลาง" เส้นแรงแม่เหล็กจะไม่เดินผ่านในแกนเหล็กอ่อนดังที่แล้วมา เพราะว่าระยะช่องว่างอากาศมีมาก และขณะที่โรเตอร์หมุนมาอยู่ในภาพ D เส้นแรงจะเดินอยู่ในแกนเหล็กอ่อนอีก จงสังเกตว่าทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กในภาพ D มีทิศทางตรงข้ามกับทิศทางของเส้นแรงแม่เหล็กในภาพ B



รูปที่ ๓ แสดงค่ากระแสในขดลวดที่ ๑ ในขณะที่โรเตอร์หมุนมาอยู่ในตำแหน่งต่างๆ กัน

ในรูปที่ ๓ นี้ได้เพิ่มขดลวดที่ ๑ ให้กับแกนเหล็กอ่อนโดยให้ปลายขดลวดทั้งสองต่อลงกราวด์ ส่วนตำแหน่งต่างๆ ที่โรเตอร์หมุนไปนั้น อยู่ในตำแหน่งเหมือนกับรูปที่ ๒ ค่าของกระแสที่เกิดขึ้นในขดลวดที่ ๑ ในเมื่อโรเตอร์หมุนไปตามตำแหน่งดังกล่าวดูได้จากจุดดำบนเส้นโค้งซายน์และทิศทางของกระแสที่เกิดขึ้นใช้หัวลูกศรซึ่งแสดงไว้ที่ขดลวดแทน เนื่องจากวงจรนี้เป็นวงจรอินดัคตีพ จึงทำให้กระแสตามหลังแรงดัน โค้งของแรงดันมิได้แสดงไว้ในภาพ A โรเตอร์อยู่ในตำแหน่งที่เส้นแรงเดินผ่านอากาศน้อยที่สุด ในขณะที่แรงดันยังมีค่าเป็นศูนย์แต่จะมีกระแสเล็กน้อยไหลในวงจรขดลวด ทั้งนี้เป็นผลจากการตามหลังกันดังกล่าวในภาพ B กระแสได้ผ่านค่าศูนย์ไปแล้วและขณะนี้กำลังไหลในทิศทางตรงข้าม ให้สังเกตว่าทิศทางของกระแสที่ไหลนี้มีแนวโน้มที่จะชักนำให้แกนเหล็กเป็นแม่เหล็ก ฉะนั้นทางด้านขวาสุดจะมีทิศเป็นขั้วเหนือและทางด้านซ้ายจะมีทิศเป็นขั้วใต้และจะมีขั้วเป็นขั้วเดียวกันกับที่ได้รับการชักนำจากโรเตอร์แม่เหล็กถาวร ในภาพ C โรเตอร์จะหมุนอยู่ในตำแหน่งกลาง แต่การเพิ่มของกระแสจะทำให้แกนได้รับการชักนำให้เป็นแม่เหล็กคงเดิม ฉะนั้น จึงทำให้มีรีลัคแตนซ์ต่ำ เพื่อให้เส้นแรงแม่เหล็กเดินจากโรเตอร์ได้ สำหรับในภาพ D กระแสที่เกิดจากขดลวดที่ ๑ มีค่าสูงสุด ฉะนั้นจึงทำให้แกนเหล็กได้รับการชักนำค่อนข้างสูงโดยมีขั้วเหมือนกับในภาพ C เนื่องจากการชักนำที่เกิดขึ้นนี้ เส้นแรงแม่เหล็กจากโรเตอร์จึงยังมีทางเดินเหมือนกับทางเดินที่เกิดขึ้นในภาพ C แม้ว่าตำแหน่งของโรเตอร์จะหมุนผ่านตำแหน่งกลางไปแล้วก็ตาม และทางเดินที่สั้นที่สุดของเส้นแรงแม่เหล็กจากโรเตอร์จะเป็นไปตามภาพ D ในรูปที่ ๒



รูปที่ ๔ แสดงให้เห็นหน้าที่ของหน้าสัมผัส

ภาพ A ของรูปที่ ๔ โรเตอร์อยู่ในตำแหน่งเดียวกับภาพ D ของรูปที่ ๓ ซึ่งขณะนี้เส้นแรงแม่เหล็กจากโรเตอร์มีแนวโน้มตามธรรมชาติ ที่จะกลับทิศทาง เพราะว่าช่องว่างอากาศมีมากขึ้นซึ่งยาวกว่าอีกทางหนึ่ง ที่เส้นแรงแม่เหล็กจะเดินข้ามถ้ากลับทิศทาง ที่กล่าวมานี้จะมีผลต่อกระแสในขดลวดที่ ๑ ซึ่งกำลังรักษาทิศทางของขั้วแม่เหล็กในแกนเหล็กอ่อน ตำแหน่งที่โรเตอร์อยู่ขณะนี้เรียกว่าตำแหน่ง "E GAP" กระแสไฟที่เกิดขึ้นที่ขดลวดที่ ๑ ที่ตำแหน่งอีแกปนี้ จะมีค่ามากที่สุดและที่จุดนี้ลูกเบี้ยวจะหมุนมาอยู่ในตำแหน่งที่ทำให้แง่ลูกเบี้ยวแง่หนึ่งดันหน้าสัมผัสให้แยกจากกันอันจะทำให้ตัดทางเดินของกระแสจากขดลวดที่ ๑ ออก เนื่องจากกระแสจากขดลวดที่ ๑ พยายามจะรักษาทิศทางเส้นแรงแม่เหล็กตามทางเดินในภาพ A ซึ่งขณะนี้กำลังจะเปลี่ยนทางเดินใหม่ตามภาพ B และแล้วอันเกือบจะเป็นเวลาเดียวกันนี้เส้นแรงแม่เหล็กจะผันทางเดินกลับทิศทางสวนกลับทิศทางเดินตามภาพ C แม้ว่าในภาพที่ ๑ ขดลวดที่ ๑ และที่ ๒ จะพันไว้แยกจากกันก็ตาม แต่ความจริงแล้วขดลวดที่ ๒ พันไว้ทับขดลวดที่ ๑ รอบๆ แผ่นแกนเหล็กอ่อนเดียวกัน ฉะนั้นรอบขดลวดที่ ๑ และขดลวดที่ ๒ จึงถูกเส้นแรงแม่เหล็กเคลื่อนที่ตัดอย่างรวดเร็ว ในขณะที่เส้นแรงแม่เหล็กเดินเข้าแกนเหล็กอ่อนและขณะที่มีทิศทางตรงข้ามทางเดิม จากการที่เกิดการตัดด้วยความเร็วสูงกลับไปกลับมานี้จึงทำให้เกิดแรงดันวูบขึ้น ในทันทีทันใด แรงดันนี้จะมีค่าสูงกว่าแรงดันปกติหน้าสัมผัสยังไม่เปิดและเมื่อกลับทิศทางแล้วจะค่อยๆ มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งขณะนี้แรงดันที่

ขดลวดที่ ๒ จะมีค่าสูงพอที่จะทำให้กระแสไหลได้ การเดินครบวงจรของกระแสนี้เริ่มจากขดลวดที่ ๒ ผ่านจานจ่าย ข้ามช่องระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียน กลับลงกราว์และผ่านขดลวดที่ ๑ ไปยังขดลวดที่ ๒ การจุดประกายเพื่อจุดเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อมีกระแสกระโดดข้ามช่องระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียน

ถ้าหน้าสัมผัสเปิดเร็วหรือช้าเกินไป จะทำให้ความเข้มของประกายไฟที่เกิดจากการจุดประกายลดลง การปรับหน้าสัมผัสให้เปิดในขณะที่โรเตอร์อยู่ที่ตำแหน่ง "อีแก๊ป" เรียกว่า "INTERNAL TIMING" ของแม็กนีโต การปรับเช่นนี้ เป็นการปรับทางกลไก และจะต้องปรับให้เรียบร้อย ก่อนที่จะนำแม็กนีโตไปติดตั้งกับอากาศยาน ทางโรงงานจะเป็นผู้ทำเครื่องหมาย TIMING ไว้ที่แม็กนีโตเพื่อให้การทำ INTERNAL TIMING ง่ายขึ้น

จากที่ได้อธิบายมาแล้ว จะเห็นได้ว่าแก่ลูกเบี้ยวจะเปิดหน้าสัมผัสของแม็กนีโตก็ต่อเมื่อกระแสที่ขดลวดที่ ๑ มีค่าสูงสุด และจะเกิดขึ้นทุกครั้งที่มีกระแสถึงจุดสูงสุด (PEAK CURRENT) โดยไม่คำนึงถึงทิศทางของกระแสที่ไหล การที่ต้องใช้แคปาซิเตอร์ต่อคร่อมหน้าสัมผัสไว้ เพื่อลดประกายไฟแลบที่หน้าสัมผัสมิให้เกิดมากเกินไป เป็นการเพิ่มอายุการใช้งานของหน้าสัมผัส และอีกประการหนึ่งก็คือเพื่อให้เป็นทางเดินให้กระแสจากลวดที่ ๒ ลงกราวด์

สายหัวเทียนแต่ละสายจะต่อไว้กับจานจ่ายโดยจัดลำดับไว้ให้คันกรีดสามารถส่งวูบของแรงดันสูงไปยังหัวเทียนซึ่งจัดลำดับไว้ให้จุดในครั้งต่อไป เนื่องจากกระแสส่งออกจากแม็กนีโตเป็นกระแสไฟสลับ เพราะฉะนั้นเมื่อกระแสไหลจากศูนย์กลางอีเลคโตรด ลงกราวด์ โดยข้ามหัวเทียนหัวใดหัวหนึ่งโดยเฉพาะแล้ว กระแสจะไหลจากกราวด์ไปยังศูนย์กลางอีเลคโตรด โดยข้ามหัวเทียน หัวที่อยู่ถัดไปตามลำดับ การจุดระเบิด เชื้อเพลิงจะถูกจุดเท่าๆ กันอย่างดีเสมอ ในทุกกรณี

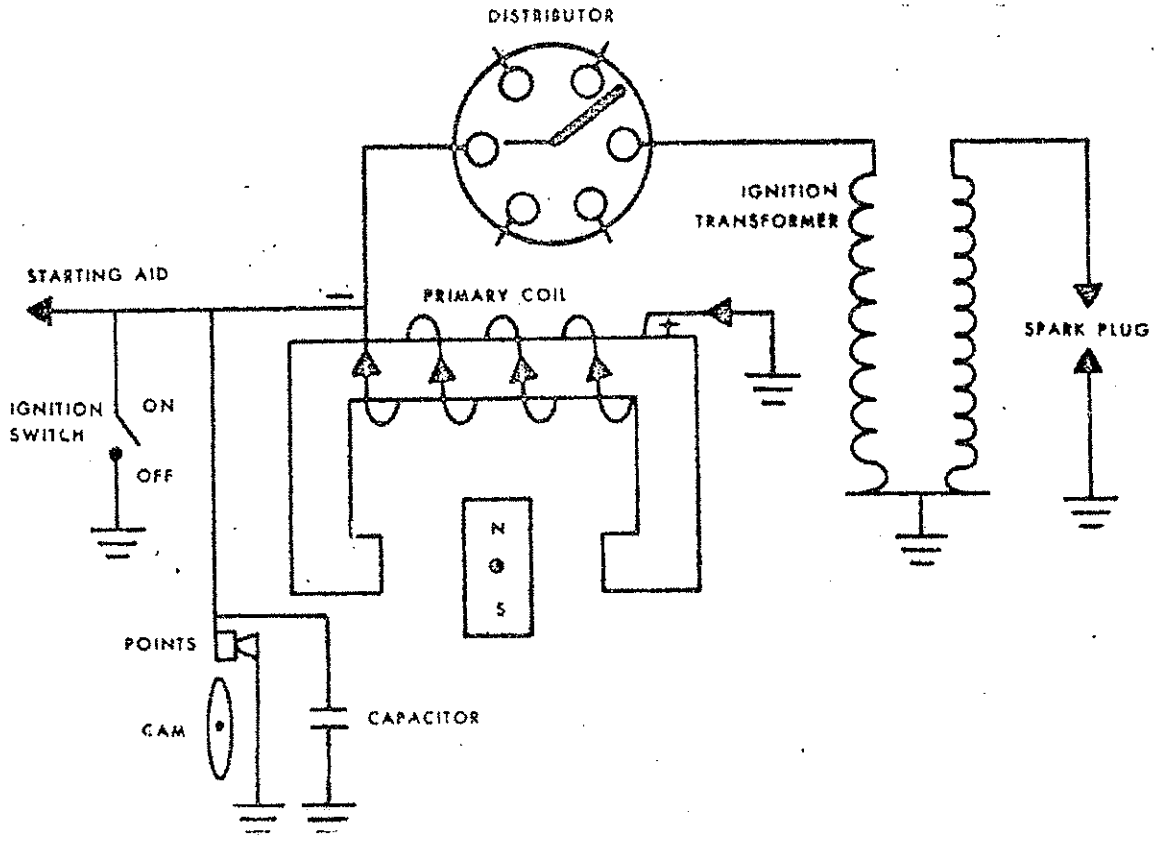
วัตถุประสงค์ของสวิทช์ IGNITION (ดูรูปที่ ๑) เพื่อยอมให้หรือป้องกันการจุดหัวเทียนจากแม็กนีโตในขณะที่กำลังหมุนเครื่องยนต์ ให้สังเกตว่า ถ้าสวิทช์ IGNITION อยู่ในตำแหน่ง "ON" จะทำให้วงจรเปิด และถ้าสวิทช์ IGNITION อยู่ในตำแหน่ง "OFF" จะทำให้วงจรเชื่อม ซึ่งเป็นการตรงข้ามกับสวิทช์ส่วนมาก การที่จะทำให้เกิดการสปาร์คได้นั้น จำเป็นจะต้องตัดกระแสจากขดลวดที่ ๑ ชั่วขณะหนึ่ง โดยให้ลูกเบี้ยวและหน้าสัมผัสเป็นผู้ทำหน้าที่นี้ ถ้าสวิทช์ IGNITION อยู่ในตำแหน่งเชื่อมในขณะที่เครื่องยนต์ กำลังหมุนอยู่ จะทำให้หน้าสัมผัสเปิดต่อเนื่องตลอดไป และจะปิดก็ต่อเมื่อลูกเบี้ยวหมุน แต่กระแสจากขดลวดที่ ๑ จะไม่ถูกตัด ซึ่งเกือบจะเป็นทางเดินขนานของกระแสอีกทางหนึ่ง โดยผ่านตำแหน่งเชื่อมของสวิทช์ IGNITION

<u>ข้อสังเกต</u> จากข้อความดังกล่าวมาข้างบนนี้ สามารถทดสอบได้ โดยหลังจากผลักสวิทช์ IGNITION มาไว้ที่ตำแหน่งเชื่อมแล้ว เครื่องยนต์ก็ยังขับแม็กนีโตต่อไปเรื่อยๆ ทั้งนี้เพราะเครื่องยนต์มีระบบจุดระเบิดคู่ ถ้าเครื่องยนต์มีแม็กนีโต ๒ เรือน และเรือนหนึ่งไม่ทำงาน (หยุดหมุน) ก็ยังมีหัวเทียนอีกหัวหนึ่งในแต่ละกระบอกสูบจุดระเบิด ซึ่งจะทำให้รอบเครื่องยนต์เปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยเท่านั้น การดับเครื่องยนต์

จำเป็นจะต้องให้แม็กนีโตทั้งคู่ไม่ทำงาน การผลักสวิทช์แม็กนีโตให้อยู่ในตำแหน่ง "OFF" ก็คือการทำให้กระแสจากแม็กนีโตลงกราวด์นั่นเอง

๓. ระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ

การที่เรียกว่า แม็กนีโตไฟแรงต่ำ เพราะได้ชื่อมาจากแม็กนีโตชนิดนี้ผลิตแรงดันได้ต่ำกว่าแม็กนีโตไฟแรงสูงมาก อย่างไรก็ตามความต้องการแรงดัน เพื่อจุดหัวเทียนไม่ว่าจะใช้แม็กนีโตชนิดใดก็ต้องใช้แรงดันสูงเหมือนกัน ฉะนั้นระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ จึงจำเป็นต้องมีอุปกรณ์ภายนอกช่วยเพิ่มขึ้น เพื่อทำแรงดันให้สูงขึ้นถึงระดับที่ต้องการ การเพิ่มแรงดันนี้กระทำได้โดยใช้ STEP – UP TRANSFORMER ซึ่งติดตั้งไว้ใกล้ๆ กับหัวเทียนทุกหัว ฉะนั้นจึงเห็นได้ว่าแรงดันสูงนี้ได้มาจาก STEP – UP TRANSFORMER แม็กนีโตแรงดันต่ำไม่มีขดลวดที่ ๒ เหมือนแม็กนีโตไฟแรงสูง สำหรับโครงสร้างอื่นๆ นั้นเหมือนกันกับแม็กนีโตไฟแรงสูงดังรูปที่ ๕



รูปที่ ๕ ระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ

๓.๑ หลักการทำงาน หลักการทำงานของแม็กนีโตไฟแรงต่ำมีหลักการเหมือนกับแม็กนีโตไฟแรงสูงหลายอย่าง คือ แม็กนีโตทั้งสองชนิดใช้ขับด้วยเครื่องยนต์ , เมื่อกราวด์ขดลวดที่ ๑ แล้วจะไม่ทำงาน , หน้าสัมผัสจะต้องเปิดตามเวลาที่ตำแหน่ง อีแก็ปและจะต้องจุดหัวเทียนทุกครั้งที่หน้าสัมผัสเปิด จานจ่าย

ของทั้งสองระบบทำหน้าที่แบะมีวัตถุประสงค์เช่นเดียวกัน หลักการทำงานที่แตกต่างกันก็คือ ทำอย่างไรจึงจะผลิตแรงดันได้สูงในขณะที่หน้าสัมผัสเปิด จากรูปที่ ๕ สมมติว่าแม็กนีโตกำลังทำงาน และโรเตอร์กำลังหมุนใกล้ตำแหน่งอีแก็ป ขั้วแม่เหล็กถาวรเป็นไปตามรูปดังกล่าวและกระแสกำลังไหลออกทางด้านซ้ายของปลายขดลวดที่ ๑ และกลับเข้าด้านขวามือของอีกปลายหนึ่งในขณะที่หน้าสัมผัสเชื่อมจะทำให้เกิดทางเดินของกระแส ๒ ทาง ทางแรกลงกราวด์ผ่านหน้าสัมผัสซึ่งกำลังเชื่อมอยู่และกลับผ่านกราวด์ไปยังปลายด้านบวกของขดลวดที่ ๑ ส่วนอีกทางหนึ่งจากปลายด้านลบของขดลวดที่ ๑ ผ่านจานจ่ายลงกราวด์โดยผ่านขดลวดที่ ๑ ของ IGNITION TRANSFORMER และกลับเข้าทางกราวด์ของปลายด้านบวกของขดลวดที่ ๑ ทางเดินที่กระแสผ่านนี้มีความต้านทานประมาณ ๕ โอห์ม ทางแรกลงกราวด์โดยผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งมีความต้านทานไม่ถึง ๑ โอห์ม เมื่อมีทางเดินขนานของกระแสเกิดขึ้น กระแสที่เดินผ่านทางทั้งสองแต่ละทางจะเป็นสัดส่วนผกผันกับความต้านทานที่กระแสผ่านไปนั้นในกรณีเช่นนี้ หมายความว่ากระแสที่ผ่านจานจ่ายและทรานส์ฟอร์เมอร์ตัดทิ้งได้ เพราะมีค่าน้อยมาก เนื่องจากวงจรนี้มีความต้านทานสูง เมื่อเทียบกับทางเดินอีกทางหนึ่ง แต่ถ้าหน้าสัมผัสเป็นทางเดินของกระแสจะมีเพียงทางเดียวเท่านั้นคือผ่านจานจ่ายและทรานส์ฟอร์เมอร์ ฉะนั้นจึงทำให้เกิดวูบกระแสซึ่งมีค่าสูงขึ้นอย่างทันทีทันใดผ่านทางนี้ วูบกระแสที่ผ่านทรานส์ฟอร์เมอร์จะทำให้สนามแม่เหล็กที่เกิดขึ้นขยายตัวอย่างรวดเร็ว การขยายตัวของสนามแม่เหล็กอย่างรวดเร็วนี้จะตัดกับรอบขดลวดที่ ๒ ของทรานส์ฟอร์เมอร์ทำให้เกิดแรงดันชักนำ ซึ่งมีค่าสูงเพียงพอที่จะจุดหัวเทียนได้ขณะที่โรเตอร์แม็กนีโตหมุนมาอยู่ที่ตำแหน่งอีแก็ปครั้งต่อไป ดันกรีดของจานจ่ายจะอยู่ในตำแหน่งที่จะทำให้กระแสผ่าน IGNITION TRANSFORMER ของหัวเทียนต่อไป ตามลำดับการจุดระเบิดการหมุนกลับทางของโรเตอร์แม็กนีโต จะทำให้กระแสไหลกลับทิศทาง ฉะนั้นขณะที่หน้าสัมผัสเปิดการกระเพื่อมของกระแสจะผ่านทรานส์ฟอร์เมอร์ในทิศทางตรงข้าม แต่ค่าของแรงดันชักนำจะมีค่าเช่นเดียวกับที่แล้วมา

๓.๒ **ข้อดีของระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ** การที่ได้พัฒนาระบบไฟแรงต่ำเพื่อแก้ปัญหาซึ่งเกิดขึ้นในส่วนที่สำคัญของโครงสร้างของระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง ระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำมีข้อดีกว่าระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง ซึ่งเห็นได้ชัดอยู่ ๔ ข้อ คือ

๓.๒.๑ เนื่องจากระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ ใช้สายไฟแรงสูงสั้นกว่า ฉะนั้นโอกาสที่ฉนวนหุ้มสายชำรุดจึงมีน้อยกว่า เมื่อเปรียบเทียบกันตามความยาวของสาย ในระบบแม็กนีโตไฟแรงสูงนั้น เราได้ไฟแรงสูงจากภายในตัวแม็กนีโต สายไฟแรงสูงที่นำกระแสออกจะต้องมีความยาวตลอดทางจากเรือนแม็กนีโตถึงหัวเทียน ซึ่งมีความยาวหลายฟุต ส่วนระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำนั้นเราได้ไฟแรงสูงจาก IGNITION TRANSFORMER ซึ่งติดตั้งไว้ใกล้ๆ กับหัวเทียนทุกหัว ฉะนั้นสายไฟแรงสูงยาวเฉลี่ยในระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำจึงยาวไม่ถึงหนึ่งฟุต

๓.๒.๒ ระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำมีการสูญเสียเกี่ยวกับโคโรนาน้อยกว่า เพราะว่าอากาศบริเวณรอบๆ สายไฟแรงสูงมีแนวโน้มที่จะแตกตัว และอากาศที่แตกตัวนี้ยังมีความต้านทานสูงแต่ยังยอมให้

กระแสบางส่วนไหลผ่านได้ ซึ่งเป็นการสูญเสียกำลัง (CORONALOSS) ของระบบไฟ บางขณะสายไฟแรงสูงจะมองเป็นแสงเรืองในที่มืด อากาศดังกล่าวนี้เป็นปรากฏการณ์ของการสูญเสียกำลังที่มองเห็นได้อย่างชัดเจน เมื่ออากาศยานบินในระยะสูงขึ้นไปอากาศจะมีความหนาแน่นเจือจางลง ฉะนั้นการสูญเสียเนื่องจากโคโรนา และฉนวนหุ้มสายชำรุดจะยังมีมากขึ้น การสูญเสียทางโคโรนาในระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ มีน้อยกว่าระบบไฟแรงสูง เพราะใช้สายไฟแรงสูงสั้นกว่า

๓.๒.๓ แคปาซิแตนซ์ของสายไฟแรงสูงในระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำ มีค่าน้อยกว่าในระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง ซึ่งเป็นเรื่องที่เข้าใจได้อย่างง่ายๆ ทั้งนี้เพราะสายไฟแรงสูงสั้นกว่า ในการลดการรบกวนทางวิทยุของสายไฟแรงสูงในระบบจุดระเบิด กระทำได้โดยใช้โลหะเป็นสายซิลด์หุ้มไว้ สายซิลด์นี้จะต่อลงกราวด์ไว้ ผลจากการซิลด์สายไฟแรงสูงทุกทุกเส้น โดยมีฉนวนกั้นนี้ จะทำให้กลายเป็นแคปาซิเตอร์ที่ต่อขนานกับหัวเทียน ทุกๆ ครั้งที่หน้าสัมผัสเปิดซึ่งจะทำให้เกิดแรงดันสูงขึ้นนั้น ตัวแคปาซิเตอร์จะได้รับการประจุก่อนที่แรงดันจะข้ามระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียนและเพียงพอที่จะเป็นเหตุให้อีเลคตรอนกระโดดข้ามระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียนได้ ในขณะที่เกิดสปาร์คที่ระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียน และกระแสกำลังไหลอยู่นี้จะมีผลทำให้แคปาซิเตอร์ เปลี่ยนตำแหน่งมาเป็นอนุกรมกับระยะเว้นเขี้ยวหัวเทียน ซึ่งจะเป็นผลให้กระแสไหลได้นานขึ้น การที่มีช่วงระยะเวลาการสปาร์คยาวขึ้นนี้จะไม่ทำให้เป็นผลดีต่อระบบจุดระเบิดเลย แต่จะทำให้เกิดความร้อนเพิ่มขึ้นอันจะเป็นเหตุให้เขี้ยวกร่อนและอายุการใช้งานของหัวเทียนจะน้อยลง เนื่องจากสายไฟแรงสูงของระบบแรงต่ำสั้นกว่า ช่วงเวลาการสปาร์คน้อยกว่าจึงทำให้อายุการใช้งานได้นานกว่า

๓.๒.๔ ระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำมี FLASHOVER ที่จานจ่ายน้อยกว่า เนื่องจากในระบบไฟแรงสูงได้ไฟแรงสูงจากภายในแม็กนีโต เพราะฉะนั้นกระแสไฟที่เกิดขึ้นจะต้องเดินทางผ่านจานจ่ายไปยังหัวเทียนตามลำดับการจุดอย่างถูกต้อง ตามปกติแล้วกระแสจะกระโดดข้ามช่องแคบเล็กๆ ระหว่างคันกรีดของจานจ่าย และอีเลคโตรด ที่ชิดที่สุด ภายในฝาครอบจานจ่าย สายไฟจากอีเลคโตรดที่ชิดที่สุด จะต่อกับหัวเทียน เพื่อจุดระเบิดตามกำหนดเวลาในบางโอกาสกระแสจะกระโดดข้ามไปยังอีเลคโตรดผิดลำดับ จึงทำให้เกิดการจุดระเบิดที่หัวเทียนผิดลำดับ เป็นผลให้กำลังเครื่องยนต์ลดลง ทั้งนี้เพราะการจุดระเบิดไม่เกิดขึ้นในลูกสูบที่มีอากาศเชื้อเพลิงอัดอยู่ เมื่อเครื่องบินฯ ระยะสูงขึ้น จะทำให้เกิด FLASHOVER เพิ่มขึ้น เพราะที่ระยะสูงความหนาแน่นของอากาศน้อย จึงทำให้ความต้านทานของอากาศระหว่างคันกรีดจานจ่ายและอีเลคโตรดลดลง ความต้านทานของหัวเทียนที่จะจุดมักจะมีความต้านทานสูงกว่าหัวเทียนหัวอื่นๆ เนื่องมาจากความกดดัน ในขณะที่เกิด FLASHOVER ขึ้น เนื่องมาจากความต้านทานรวมของหัวเทียนภายใต้ความกดดันและช่องแคบที่สุดที่จานจ่ายจะมีค่ามากกว่าความต้านทานรวมของหัวเทียนที่ไม่อยู่ภายใต้ความกดดัน และความต้านทานของช่องแคบจานจ่ายซึ่งกว้างกว่า FLASHOVER ไม่เป็นปัญหาในจานจ่ายแม็กนีโตไฟแรงต่ำ สาเหตุเพียงบางส่วน เนื่องมาจากแรงดันต่ำเกินไปจึงไม่ทำให้กระแสกระโดดข้ามผิดทาง แต่สาเหตุส่วนใหญ่เนื่องจากโครงสร้างต่างกัน ในแม็กนีโตไฟแรงต่ำมีแปรงถ่าน สัมผัสอยู่ระหว่างโรเตอร์ของจานจ่าย และส่วนของโลหะซึ่งต่อไปยังสายต่างๆ ของ IGNITION TRANSFORMER

ความต้านทานของแปรงถ่าน มีค่าน้อยกว่าความต้านทานช่องว่างอากาศระหว่างคันกรีดและอีเลคโตรดที่ใกล้ที่สุดในระบบแม็กนีโตไฟแรงสูงมาก ยิ่งกว่านั้นกระแสที่ไหลผ่านจานจ่ายแม็กนีโตไฟแรงต่ำไม่มีทางที่จะกระโดดข้ามช่องว่างระหว่างเขี้ยวหัวเทียนได้ ฉะนั้นกระแสจึงไหลไปทางขดลวดที่หนึ่งของ IGNITION TRANSFORMER ความต้านทานรวมของทางเดินกระแสที่ผ่านจานจ่ายของแม็กนีโตไฟแรงต่ำและขดลวดที่หนึ่งของทรานส์ฟอร์เมอร์ มีค่าประมาณ ๕ โอห์ม ดังได้กล่าวมาแล้ว ในขณะใดก็ตาม ที่มีทางเดินเพียงทางเดียวเท่านั้นที่ครบวงจรผ่านจานจ่ายแม็กนีโตไฟแรงต่ำ ซึ่งจะเป็นทางเดินที่ไปยังขดลวดที่หนึ่งของทรานส์ฟอร์เมอร์ อันจะทำให้เกิดการสปาร์คครั้งต่อไป ฉะนั้นทางเดินที่พึงประสงค์จึงครบวงจรและทางเดินที่ไม่ปรารถนาจะขาดวงจรในจานจ่าย กระแสจะมีแนวโน้มน้อยมากที่จะเกิด FLASHOVER

๓.๓ เครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุน

แรงดันส่งออกของแม็กนีโตทั้ง ๒ ชนิด เป็นสัดส่วนโดยตรงกับรอบเครื่องยนต์ ฉะนั้นจึงเป็นข้อเปรียบของเครื่องยนต์รอบสูง แต่ก็ยังเป็นปัญหาในระหว่างติดเครื่องยนต์ เพราะว่าขณะเครื่องยนต์รอบต่ำแม็กนีโตไม่สามารถผลิตแรงดันให้สูงเพียงพอ เหนือความต้านทานของหัวเทียนได้ ด้วยเหตุผลนี้เครื่องยนต์ทุกเครื่องจำเป็นต้องมีแม็กนีโตอย่างน้อยที่สุดหนึ่งเรือนติดตั้งเครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุน ซึ่งได้รับกระแสไฟตรงจาก DC.BUS ส่งไปยังแม็กนีโตเรือนแรกในขณะที่เครื่องยนต์เริ่มหมุน เครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์แบบธรรมดาที่ใช้กันมากที่สุด ประกอบด้วยชุดหน้าสัมผัสปิดเปิดได้อย่างรวดเร็ว เพื่อทำให้เกิดห้วงกระแสไฟตรงส่งไปยังแม็กนีโต เนื่องจากการเคลื่อนที่อย่างรวดเร็วของหน้าสัมผัส จึงเรียกอุปกรณ์ชนิดนี้ว่า "VIBRATOR" สำหรับเครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์ชนิดอื่นๆ นั้นจะจ่ายกระเพื่อมกระแสไฟตรงแบบเรียบมากกว่าที่จะจ่ายกระเพื่อมกระแสไฟตรงแบบเป็นห้วง แต่หลักการทำงานเบื้องต้นยังเหมือนกัน

หลักการทำงาน จากรูปที่ ๑ ซึ่งเป็นภาพของแม็กนีโตชนิดไฟแรงสูง เครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เมื่อเริ่มหมุนจะต่ออยู่กับปลายเดียวกันกับขดลวดที่หนึ่งเหมือนกับหน้าสัมผัสและ IGNITION SWITCH ในระหว่างที่เครื่องยนต์เริ่มหมุน เครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุนแบบ VIBRATOR จะจ่ายห้วงกระแสไฟตรงให้ขดลวดที่หนึ่งอย่างรวดเร็ว ขณะที่สวิทช์ IGNITION ยังอยู่ในตำแหน่ง "OFF" (เชื่อม) ห้วงกระแสไฟตรงนี้จะไม่ไหลไปที่แม็กนีโตแต่จะไหลกลับแหล่งกำเนิดโดยผ่านทางความต้านทานต่ำซึ่งสวิทช์เชื่อมไว้ จึงไม่เกิดการสปาร์คขึ้น ถ้าสวิทช์ IGNITION เปิดและหน้าสัมผัสเชื่อมจะทำให้ห้วงกระแสไฟตรงเดินทางความต้านทานต่ำผ่านลงกราวด์ไปยังหน้าสัมผัสซึ่งเชื่อมอยู่และจะยังไม่ไหลผ่านไปที่แม็กนีโตเรือนแรก แต่ถ้าหน้าสัมผัสเปิด จะเหลือทางเดินของห้วงกระแสไฟตรงเพียงทางเดียวที่ไปยังขดลวดที่หนึ่ง กรณีนี้แม็กนีโตจะทำหน้าที่เพิ่มแรงดันให้กับห้วงกระแสไฟตรงที่ขดลวดที่หนึ่ง อันเป็นผลให้ได้รับแรงดันสูงกระแสสลับที่ขดลวดที่สอง คันกรีดจานจ่ายจะส่งกระแสสลับ แรงดันสูงนี้ตรงไปยังหัวเทียนตามความต้องการ กระบวนการนี้จะเกิดขึ้นต่อเนื่องเรื่อยไปตราบที่สตาร์ตเตอร์ยังขบกับเครื่องยนต์อยู่ ขณะที่หน้าสัมผัสเชื่อม จะไม่มีการสปาร์คเกิดขึ้นที่หัวเทียนและทุกครั้งที่หน้าสัมผัสเปิดแรงดันสูงจะได้รับการชัก

นำให้เกิดขึ้นที่ขดลวดที่สอง และจานจ่ายจะเป็นตัวถ่ายทอดให้หัวเทียนตามลำดับการจุดระเบิด เมื่อเครื่องยนต์หมุนถึงรอบที่สตาร์ทเตอร์จากรอบเครื่องยนต์จะหมุนสูงพอที่จะทำให้แม็กนีโตสามารถจุดหัวเทียนได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องช่วย เครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุนนี้จะไม่ได้รับการอำนวย และตัดวงจรจากแม็กนีโตอย่างอัตโนมัติในขณะที่สตาร์ทเตอร์จากเครื่องยนต์

สำหรับหลักการทำงานของเครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุนในระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำตามรูปที่ ๕ นั้น มีส่วนเหมือนกับแม็กนีโตไฟแรงสูงอย่างมาก คือ ถ้าหน้าสัมผัสสวิทช์ IGNITION เชื่อมจะไม่มีการสปาร์คเกิดขึ้น และถ้าหน้าสัมผัสสวิทช์ IGNITION เปิดและหน้าสัมผัสเชื่อมจะทำให้กระแสจากเครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุนไหลกลับแหล่งกำเนิดโดยผ่านหน้าสัมผัสซึ่งเชื่อมอยู่ ถ้าหน้าสัมผัสเปิดจะเกิดกระแสกระเพื่อมขึ้นอย่างทันทีทันใด ผ่านทางเดิน ๒ ทาง ที่เหลืออยู่ ทางแรกผ่านขดลวดแม็กนีโตและอีกทางหนึ่งผ่านไปยังขดลวดที่หนึ่งของขดลวด IGNITION TRANSFORMER ซึ่งจะทำให้แรงดันสูงขึ้น ดังนั้นห้วงกระแสไฟตรงที่กระเพื่อมสูงขึ้นจะผ่านขดลวดที่หนึ่ง และจะได้รับการชักนำให้สูงขึ้นที่ขดลวดที่สองเพื่อจุดหัวเทียนทุกครั้งที่หน้าสัมผัสเปิด จานจ่ายจะเป็นทางเดินที่ครบวงจรให้กระแสผ่านไปยังขดลวดที่หนึ่งของ IGNITION TRANSFORMER ตามลำดับการจุดระเบิด กระแสจากเครื่องยนต์ช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุนที่ไหลไปยังขดลวดแม็กนีโตจะไม่มีผลทำให้เกิดการจุดระเบิดขึ้นในขณะที่หน้าสัมผัสเปิด เพราะว่าระบบแม็กนีโตไฟแรงต่ำไม่มีขดลวดที่สอง เครื่องช่วยการติดเครื่องยนต์เริ่มหมุนจะถูกตัดขาดจากวงจรในขณะที่สตาร์ทเตอร์ดีจากเครื่องยนต์ เหมือนในระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง ซึ่งขณะนี้ แม็กนีโตจะหมุนรอบสูงถึงรอบทำงาน ซึ่งสามารถจะทำให้เกิดการจุดระเบิดได้โดยไม่ต้องใช้เครื่องช่วย

๓.๔ ความปลอดภัยเนื่องจากแม็กนีโต สิ่งที่เป็นอันตรายมากที่สุดของแม็กนีโต คือ ความสามารถในการผลิตแรงดันได้อย่างอิสระโดยมิต้องอาศัยระบบอื่นๆ ด้วยเหตุนี้จึงไม่ควรหมุนใบพัดอากาศยานด้วยมือหรือดึงไปข้างๆ นอกเสียจากแน่ใจว่าสวิทช์ IGNITION อยู่ในตำแหน่ง "OFF" ยิ่งกว่านั้นการหมุนแม็กนีโตอาจจะทำให้เกิดแรงดันได้สูงพอที่จะจุดระเบิดส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงที่ค้างอยู่ในระหว่างดับเครื่องยนต์ ซึ่งอาจจะเป็นสาเหตุให้เครื่องยนต์ติดหรืออย่างน้อยที่สุด เครื่องยนต์ก็หมุนได้เล็กน้อย ความปลอดภัยเนื่องจากแม็กนีโตอีกอย่างหนึ่งที่ควรจะต้องพิจารณา คือ แม้ว่าแรงดันส่งออกของแม็กนีโตจะไม่เป็นอันตรายถึงชีวิตก็ตาม แต่ผู้ที่ทำงานเกี่ยวข้องกับแม็กนีโตจะได้รับความเจ็บปวดถึงช็อคได้ ด้วยเหตุผลนี้การที่จะสัมผัสสายไฟแรงสูงไม่ว่าจะเป็นระบบแม็กนีโตไฟแรงสูง หรือ IGNITION TRANSFORMER ก็ตาม ถ้าแม็กนีโตกำลังหมุนอยู่ก็ไม่ควรจะสัมผัส

บทที่ ๔
ระบบน้ำมันหล่อลื่น , ระบบระบายความร้อนและระบบไอเสีย

ความมุ่งหมาย เพื่อให้ นทน. ได้เข้าใจถึงการทำงานและส่วนประกอบของระบบน้ำมันหล่อลื่น ระบบระบายความร้อนและระบบไอเสียของเครื่องยนต์

๑. ระบบน้ำมันหล่อลื่น

ระบบน้ำมันหล่อลื่นเปรียบเทียบได้กับระบบหมุนเวียนของโลหิตในร่างกายมนุษย์ น้ำมันหล่อลื่นเปรียบเสมือน "โลหิตเลี้ยงชีวิตของเครื่องยนต์" ในร่างกายมนุษย์ หัวใจทำหน้าที่สูบฉีดโลหิตผ่านท่อทางต่างๆ ซึ่งเรียกว่า หลอดโลหิตแดงและหลอดโลหิตฝอย ไปหล่อเลี้ยงส่วนต่างๆ ของร่างกาย หลังจากนั้นโลหิตก็จะถูกดูดกลับมาทางเส้นเลือดสู่หัวใจซีกซ้ายเข้าไปสู่ปอด และถูกส่งกลับไปเลี้ยงร่างกายอีกครั้งหนึ่ง น้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ก็เช่นเดียวกัน จะถูกสูบความดันน้ำมันหล่อลื่นส่งผ่านท่อทางต่างๆ เข้าไปยังระบบเพื่อทำหน้าที่หล่อลื่นและระบายความร้อน หลังจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นก็จะถูกดูดกลับผ่านท่อทางต่างๆ โดยสูบกวาดกลับ (SCAVENGER PUMP) ให้ผ่านทางเครื่องระบายความร้อน ในกรณีที่น้ำมันหล่อลื่นนั้นมีอุณหภูมิสูง แล้วกลับไปยังถังน้ำมันหล่อลื่น ต่อจากนั้นก็จะหมุนเวียนกลับไปหล่อลื่นอีกครั้งหนึ่ง

๑.๑ ระบบน้ำมันหล่อลื่นในตัว (WET SUMP SYSTEM)

ระบบน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์แบบธรรมดาและง่ายที่สุดก็คือ ระบบน้ำมันหล่อลื่นในตัวเอง ซึ่งจะมีกระปุกน้ำมันหล่อลื่นอยู่ในตัวเรือนของเครื่องยนต์ เรือนเพลาข้อเหวี่ยงทำหน้าที่รองรับและเก็บน้ำมันหล่อลื่นที่สำหรับใช้ในระบบ ที่ก้นของเรือนเพลาข้อเหวี่ยงมีตะแกรงกรองเป็นตาข่ายขนาดที่เหมาะสมสำหรับกรองเศษโลหะต่างๆ ที่ไม่ต้องการออกจากน้ำมันหล่อลื่น หลังจากที่กรองเศษโลหะออกแล้วน้ำมันหล่อลื่นจะถูกสูบความดันฉีดส่งไปให้ส่วนต่างๆ ของระบบโดยผ่านไปยังท่อทางซึ่งแยกแขนงกันออกไป หลังจากที่ทำการหล่อลื่นชิ้นส่วนในระบบเรียบร้อยแล้ว น้ำมันหล่อลื่นจะถูกถ่ายกลับเข้าไปในเรือนเพลาข้อเหวี่ยงอีกโดยจะหมุนเวียนไปตามวัฏจักรซ้ำแล้วซ้ำเล่า อย่างไรก็ตาม เครื่องยนต์ที่มีระบบน้ำมันหล่อลื่นอยู่ในตัวมีข้อเสียหลายประการคือ

๑. จำนวนน้ำมันหล่อลื่นที่จะใช้มีได้จำกัด (ขึ้นอยู่กับความจุของเรือนเพลาข้อเหวี่ยง)

๒. ยากที่จะติดตั้งเครื่องระบายความร้อนเพื่อระบายความร้อนให้น้ำมันหล่อลื่นเย็นลง

๓. อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นมักจะสูงอยู่ตลอดเวลา เพราะว่าต้องใช้ผ่านเครื่องยนต์ซึ่งร้อนอยู่เสมอ

๑.๒ ระบบน้ำมันหล่อลื่นแยกอิสระ (DRY SUMP SYSTEM)

เครื่องยนต์ลูกสูบอากาศยานที่มีกำลังสูงซึ่งใช้กันอยู่ปัจจุบันนี้จะติดตั้งด้วย ระบบน้ำมันหล่อลื่นแยกอิสระทั้งสิ้น ในระยะนี้ น้ำมันหล่อลื่นจะบรรจุอยู่ในถัง ซึ่งแยกออกไปติดตั้งต่างหากจากเครื่องยนต์

ความจำเป็นที่ต้องออกแบบถังน้ำมันหล่อลื่นแยกออกต่างหากก็เพราะว่าจะเกิดความยุ่งยากและซับซ้อนในการที่จะออกแบบให้เรือนเพลาข้อเหวี่ยงรับปริมาณน้ำมันหล่อลื่นเป็นจำนวนมากๆ สำหรับอากาศยานประเภทหลายเครื่องยนต์ จะมีระบบน้ำมันหล่อลื่นของแต่ละเครื่องยนต์โดยเฉพาะ สำหรับระบบน้ำมันหล่อลื่นชนิดนี้นอกจากจะให้ความจุมากขึ้นแล้ว ยังสามารถที่จะควบคุมอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นได้ดีกว่าระบบน้ำมันหล่อลื่นในตัวเอง

๑.๓ คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่น

เพื่อที่จะให้เข้าใจถึงความสำคัญของการซ่อมบำรุงระบบน้ำมันหล่อลื่น ช่างผู้ปฏิบัติงานที่ควรทราบถึงหน้าที่ของน้ำมันหล่อลื่นเสียก่อน

๑.๓.๑ ประโยชน์ของน้ำมันหล่อลื่นในอันดับแรก คือ ใช้ลดความเสียดทาน ระหว่างชิ้นส่วนต่างๆ ที่เคลื่อนไหวในเครื่องยนต์ โดยทฤษฎีน้ำมันหล่อลื่นเป็นของเหลวที่จะสอดแทรกไปในระหว่างผิวที่แยกจากกัน ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นจึงเป็นตัวกั้นมิให้โลหะต่อโลหะสัมผัสกัน แผ่นชั้นน้ำมันหล่อลื่นที่อยู่ระหว่างชิ้นส่วนที่เคลื่อนไหว จะทำให้เกิดความเสียดทานระหว่างโมเลกุลของตัวน้ำมันหล่อลื่นเองแทนที่เกิดความเสียดทานระหว่างโลหะ จึงเป็นการลดความเสียดทานและความสึกหรอระหว่างชิ้นส่วนลงจนเหลือน้อยที่สุด

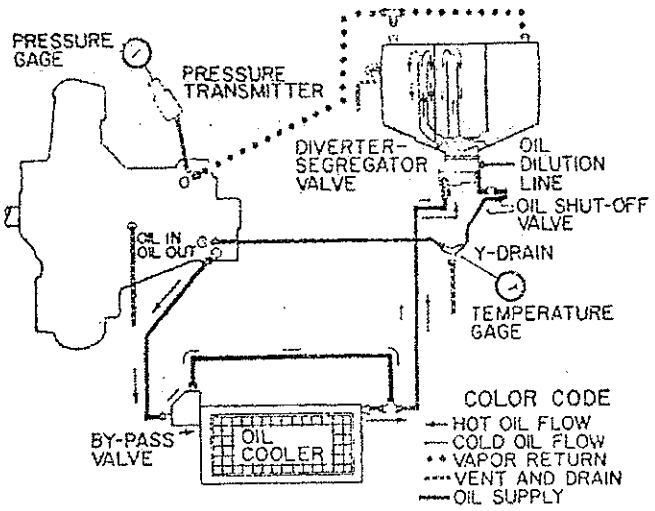
๑.๓.๒ แผ่นฟิล์มน้ำมันหล่อลื่น ยังทำหน้าที่เป็นหมอนรองระหว่างชิ้นส่วนที่เป็นโลหะ การเป็นหมอนรองนี้มีความสำคัญเป็นพิเศษต่อชิ้นส่วนบางชิ้น เช่น เพลาข้อเหวี่ยงและก้านสูบ

๑.๓.๓ ในขณะที่น้ำมันหล่อลื่นไหลหมุนเวียนอยู่ภายในเครื่องยนต์ มันจะทำหน้าที่ดูดความร้อนออกจากชิ้นส่วนต่างๆ เช่น ลูกสูบและผนังของกระบอกสูบเป็นต้น

๑.๓.๔ น้ำมันหล่อลื่นยังทำหน้าที่เป็นตัวผนึก (SEAL) ระหว่างลูกสูบและผนังกระบอกสูบ เพื่อป้องกันการรั่วไหลของก๊าซจากห้องสันดาป

๑.๓.๕ น้ำมันหล่อลื่นเป็นตัวลดการสึกหรอด้วยการล้างเศษโลหะและไหลนำไปยังเครื่องกรองเพื่อแยกเอาอนุภาคเหล่านี้ออกจากน้ำมันหล่อลื่น

๑.๔ ส่วนประกอบและการทำงานของระบบหล่อลื่นแยกอิสระภายนอกเครื่องยนต์



รูปที่ ๔ - ๑
ระบบน้ำมันหล่อลื่นแยกอิสระขั้นมูลฐาน

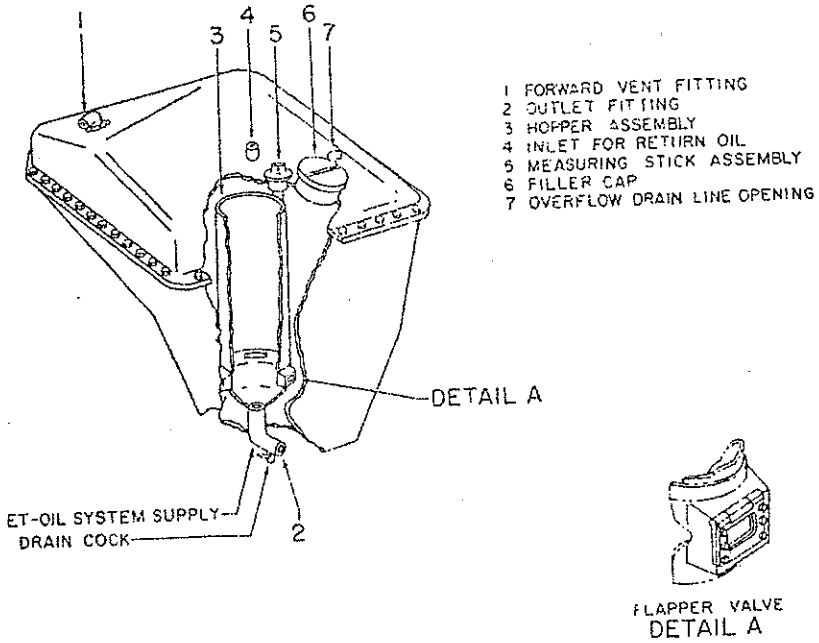
ตำบลที่ติดตั้งถังน้ำมันหล่อลื่นขึ้นอยู่กับขนาดของถังและเนื้อที่ว่างสำหรับการติดตั้ง โดยทั่วไปจะติดตั้งไว้ใกล้กับเครื่องยนต์ หรืออยู่ห่าง เหนือช่องทางเข้าของสูบน้ำมันหล่อลื่นพอสมควรเพื่อให้แน่ใจว่าตำบลที่ติดตั้งนั้นจะทำให้เกิดแรงโน้มถ่วงพอที่จะดันน้ำมันหล่อลื่นให้ไหลไปยังลูกสูบตลอดเวลา จากรูปที่ ๔ - ๑ ซึ่งเป็นระบบน้ำมันหล่อลื่นแยกอิสระขั้นมูลฐานจะเห็นว่าน้ำมันหล่อลื่นไหลออกจากถังโดยแรงโน้มถ่วงผ่านท่อทางไปยังช่องทางเข้าของลูกสูบน้ำมันหล่อลื่นซึ่งหมุนขับโดยเครื่องยนต์ ลิ้นถ่ายทิ้ง (รูปตัว Y) ตั้งอยู่ ณ จุดต่ำสุด ในท่อทางเข้าของน้ำมันหล่อลื่นโดยที่น้ำมันหล่อลื่นจากถังและท่อทางต่างๆ จะถูกถ่ายทิ้งที่ลิ้นนี้ สูบความดันน้ำมันหล่อลื่นซึ่งหมุนขับโดยเครื่องยนต์ทำหน้าที่ส่งน้ำมันหล่อลื่นภายใต้ความดันผ่านเครื่องกรองไปยังเพลา รองลื่น และชิ้นส่วนอื่นๆ หลังจากที่ได้หล่อลื่นชิ้นส่วนต่างๆ เรียบร้อยแล้วน้ำมันหล่อลื่นจะถูกถ่ายลงในกระปุกน้ำมันตกซึ่งตั้งอยู่ที่จุดต่ำสุดของเครื่องยนต์ จากนั้นก็เป็นหน้าที่ของสูบกวาดกลับ (SCAVENGER PUMP) ซึ่งทำหน้าที่กวาดน้ำมันหล่อลื่นออกจากกระปุกและส่งไปยังเครื่องควบคุม อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น (เครื่องระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่น) แล้วจึงไหลกลับสู่ถังน้ำมันหล่อลื่นอีกครั้งหนึ่ง เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นซึ่งติดตั้งอยู่ในห้องนักบินจะวัดบอกอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นที่เข้าไปในเครื่องยนต์ กระเปาะวัดอุณหภูมิ (TEMPERATURE BULB) ซึ่งมีเครื่องวัดอุณหภูมิเชื่อมติดอยู่ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔ - ๑ จะติดตั้งอยู่ที่ลิ้นถ่ายทิ้งรูปตัว Y อย่างไรก็ดี กระเปาะวัดอุณหภูมิอาจจะติดตั้งอยู่ที่ถังน้ำมันหล่อลื่นหรือในตำบลที่เหมาะสม ตำบลใดตำบลหนึ่งในท่อทางนำเข้าก็ได้ นอกจากนี้แล้วบนแผงเครื่องวัดในห้องนักบินยังมีเครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่นอยู่ด้วย ท่อทางของเครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่นเชื่อมติดอยู่ภายในระบบตรงจุดที่อยู่ถัดไปจากเครื่องกรอง เครื่องวัดจะเป็นตัวบอกความดันของน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลเข้าไปในเครื่องยนต์ให้สังเกตท่อทางของเชื้อเพลิงซึ่งติดอยู่กับลิ้นถ่ายทิ้งรูปตัว Y จะเห็นว่า เมื่อลิ้นละลายน้ำมันหล่อลื่น (OIL DILUTION VALVE) เปิดเชื้อเพลิงจะเข้าไปผสมกับน้ำมันหล่อลื่นตรงจุดนี้ เพื่อช่วยให้เครื่องยนต์ติดง่ายในระหว่างที่มีอากาศหนาว ในอากาศยานส่วนมากจะมีลิ้นปิดน้ำมันหล่อลื่นในยามฉุกเฉินสำหรับเครื่องยนต์แต่ละเครื่อง ลิ้นนี้ติดตั้งอยู่ระหว่างถังกับเครื่องยนต์ การบังคับลิ้นให้ปิดน้ำมันหล่อลื่นบังคับได้โดยตรงจากห้องนักบินเมื่อเกิดกรณีฉุกเฉิน นอกจากนั้นแล้วยังใช้ปิดน้ำมันหล่อลื่นในระหว่างที่ปฏิบัติการซ่อมบำรุงบนภาคพื้นถ้ามีความจำเป็น รายละเอียดของส่วนประกอบที่ควรกล่าวถึงคือ ถังน้ำมันหล่อลื่นและเครื่องปรับควบคุมอุณหภูมิหรือเครื่องระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่น

ถังน้ำมันหล่อลื่น (OIL TANK) ถังน้ำมันหล่อลื่นในปัจจุบันส่วนมากจะเป็นแบบ "HOPPER" ถังแบบนี้ประกอบด้วยถังใหญ่ซึ่งมีถังเล็กหรือถังฮอปเปอร์ติดตั้งอยู่ภายในอีกชั้นหนึ่ง โดยทั่วไปที่ก้นถังฮอปเปอร์จะมีท่อน้ำมันหล่อลื่นไหลออกไปยังเครื่องยนต์และด้านบนของถังก็จะมีท่อทางซึ่งน้ำมันหล่อลื่นไหลกลับมาจากเครื่องยนต์ติดตั้งอยู่ จึงสามารถพูดได้ว่าน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้สำหรับหล่อลื่นเครื่องยนต์คือน้ำมันหล่อลื่นที่ออกไปจากถังฮอปเปอร์ทั้งนั้น ที่ตัวถังฮอปเปอร์จะมีลิ้นเฟลปเปอร์ (FLAPPER VALVE) ติดตั้งอยู่เพื่อทำหน้าที่เปิดให้น้ำมันหล่อลื่นจากถังใหญ่ไหลเข้าไปในถังฮอปเปอร์ตามระดับที่กำหนด

ตลอดเวลา (รูปที่ ๔ - ๒ เป็นรูปที่แสดงให้เห็นการออกแบบรูปร่างของถังแบบฮอปเปอร์) ถังฮอปเปอร์ซึ่งประกอบอยู่ภายในถังน้ำมันหล่อลื่นมีประโยชน์ที่สำคัญหลายประการคือ

๑. เนื่องจากถังฮอปเปอร์เป็นถังเล็ก และการใช้ปริมาณน้ำมันหล่อลื่นแต่ละครั้งก็ใช้เพียงเล็กน้อยเท่านั้น จึงทำให้สามารถอุ่นน้ำมันหล่อลื่นให้ร้อนได้เร็วกว่า

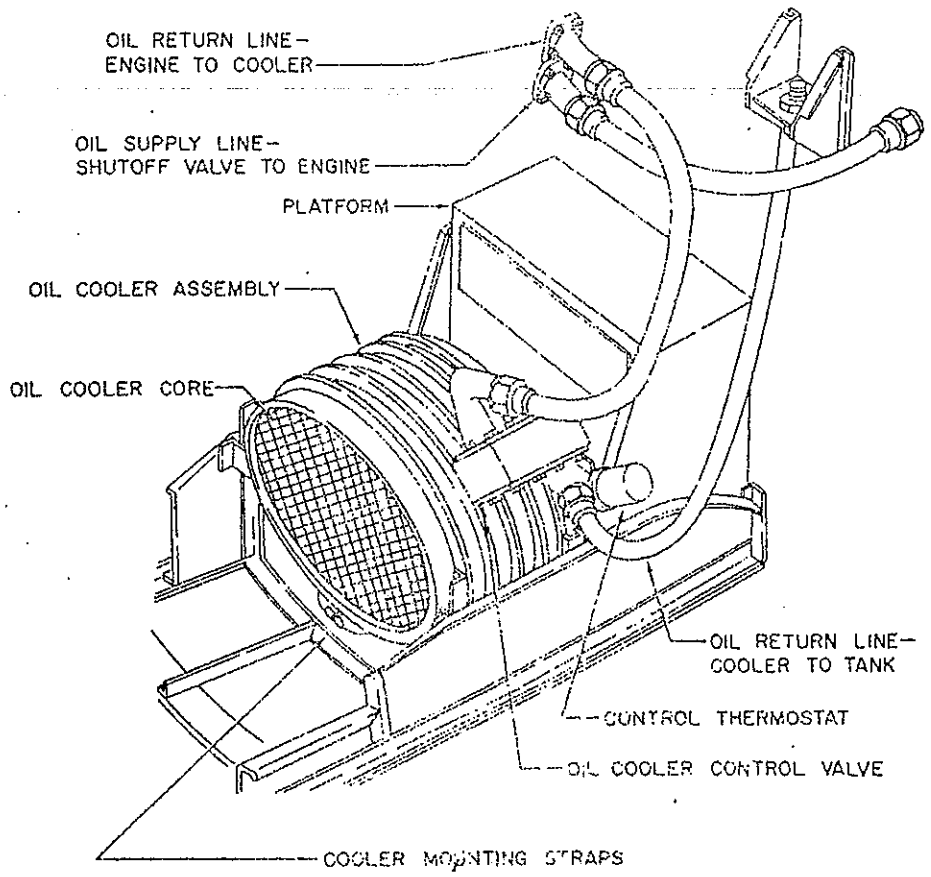
๒. เพราะว่าความจุของถังฮอปเปอร์มีน้อย การละลายน้ำมันหล่อลื่นเพื่อให้ความหนืดลดลง จึงทำได้ง่ายกว่า



รูปที่ ๔ - ๒ ถังน้ำมันหล่อลื่นแบบฮอปเปอร์

๓. การใช้ถังแบบฮอปเปอร์ ทำให้ความจำเป็นในการเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นตามระยะเวลาลดน้อยลง เพราะว่าน้ำมันหล่อลื่นถูกเปลี่ยนอยู่ตลอดเวลา เหตุที่เป็นเช่นนี้อาจอธิบายได้โดยให้สังเกตดูในระบบจะเห็นว่าน้ำมันหล่อลื่นซึ่งเก็บอยู่ในถังฮอปเปอร์ เมื่อถูกเครื่องยนต์นำเอาไปใช้ ก็จะมีน้ำมันหล่อลื่นใหม่ ไหลจากถังใหญ่เข้ามาเพิ่มเติมทางลิ้นเฟลปเปอร์อยู่ตลอดเวลา ลิ้นเฟลปเปอร์ (FLAPPER VALVE) มีหน้าที่เปิดให้น้ำมันหล่อลื่นใหม่จากถังไหลเข้าไปในถังฮอปเปอร์เมื่อน้ำมันหล่อลื่นในถังฮอปเปอร์ลดระดับลง แต่ลิ้นนี้จะไม่ยอมให้น้ำมันหล่อที่ใช้แล้วในถังฮอปเปอร์ไหลออกมาปะปนน้ำมันหล่อลื่นใหม่ในถังใหญ่

ในระบบน้ำมันหล่อลื่นส่วนมากจะมีท่อทางน้ำมันหล่อลื่นไหลกลับติดตั้งอยู่ส่วน บนของถังในลักษณะที่จะฉีดน้ำมันหล่อลื่นให้กระทบกับผนังของถังฮอปเปอร์ การทำเช่นนี้จะทำให้น้ำมันหล่อลื่นเกิดการหมุนวนช่วยให้อากาศแยกตัวออกจากน้ำมันหล่อลื่น อากาศหมุนวนจะหยุดหายไปเมื่อน้ำมันหล่อลื่นกระทบกับลูกฟูก (BAFFLE) ติดตั้งอยู่ที่ก้นถังฮอปเปอร์เป็นการป้องกันมิให้อากาศถูกดึงเข้าไปในท่อทางเข้าของสูบน้ำมันหล่อลื่น



รูปที่ ๔ - ๓ เครื่องระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่น

๑.๕ เครื่องปรับควบคุมอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น (เครื่องระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่น)

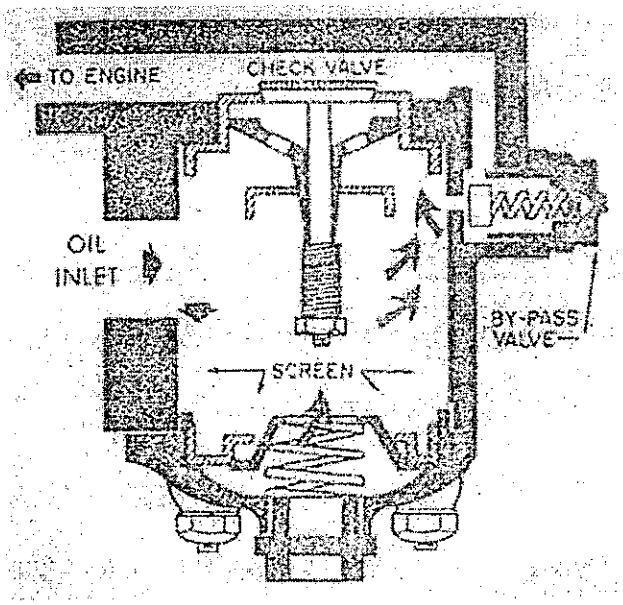
ความหนืด (VISCOSITY) ของน้ำมันหล่อลื่นจะเปลี่ยนแปลงไปตามอุณหภูมิ และเนื่องจากความหนืดมีผลที่จะทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นจึงต้องรักษาอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลเข้าไปวนเวียนอยู่ในเครื่องยนต์ให้อยู่ตามเกณฑ์ที่กำหนด การที่จะควบคุมเช่นนี้ได้ก็ต้องทำการระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่นออกไปให้มีปริมาณพอที่จะทำให้อุณหภูมิลดลงเหลือตามขีดจำกัดก่อนที่ให้ไหลกลับไปหมุนเวียนในเครื่องยนต์ เครื่องปรับควบคุมอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นติดตั้งอยู่ที่ท่อทางไหลกลับ ไปยังถังตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔ - ๓ ตามความหมายของชื่อ เครื่องปรับควบคุมอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น ทำหน้าที่ควบคุมอุณหภูมิโดยการระบายความร้อนให้น้ำมันหล่อลื่น และถ้าอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นไม่สูง มันก็จะส่งกลับไปยังถังโดยตรงโดยที่ไม่ต้องระบายความร้อน เครื่องควบคุมนี้มีส่วนประกอบที่สำคัญสองส่วนคือ เครื่องระบายความร้อนและลิ้นควบคุมการไหล เครื่องระบายความร้อนจะถ่ายเทความร้อนจากน้ำมันหล่อลื่นให้กับอากาศ และลิ้นควบคุมทำหน้าที่ปรับควบคุมการไหลของน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลผ่านเครื่องระบายความร้อน อากาศยานบางแบบใช้ลิ้นกระดกปิดเปิด (SHUTTER) ทำหน้าที่ความคุมการไหลของน้ำมันหล่อลื่นที่ไหลผ่านเครื่องระบายความร้อน

๑.๖ ระบบน้ำมันหล่อลื่นภายในเครื่องยนต์ (INTERNAL LUBRICATION SYSTEM)

บริภัณฑ์ต่างๆ ในระบบน้ำมันหล่อลื่นจะทำหน้าที่จ่ายน้ำมันหล่อลื่น ภายใต้ความดันไปยังชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์ที่ต้องการทำการหล่อลื่น และยังรวบรวมให้น้ำมันหล่อลื่นซึ่งใช้ทำการหล่อลื่นแล้วไหลกลับไปยังถังน้ำมันหล่อลื่น บริภัณฑ์ในระบบที่จะถูกหยิบยกมาอธิบายมีสูบความดัน และเครื่องกรอง

๑.๖.๑ สูบความดัน (PRESSURE PUMP)

สูบความดันน้ำมันหล่อลื่นส่วนมากเป็นแบบเฟืองซึ่งหมุนขับโดยเฟืองทดจากเพลาข้อเหวี่ยงของเครื่องยนต์ ในเครื่องยนต์หนึ่งเครื่องอาจจะมีสูบความดันน้ำมันหล่อลื่นมากกว่าหนึ่งตัว และมักจะมีสูบกวาดกลับอยู่สองตัวหรือมากกว่านั้น สูบกวาดกลับก็เป็นสูบแบบเฟืองเช่นเดียวกันกับสูบความดัน ชุดประกอบของสูบตัวหนึ่งๆ ส่วนมากจะมีเฟืองอยู่หลายชุดซึ่งล้วนแต่ขับโดยเพลาอันเดียวกัน สูบกวาดกลับจะมีขีดความสามารถในการกวาดน้ำมันหล่อลื่นกลับด้วยปริมาณที่มากกว่าสูบความดันเสมอ ทั้งนี้เพื่อให้แน่ใจว่าสามารถดูดนำเอาน้ำมันหล่อลื่นในกระปุกน้ำมันตกกลับไปได้หมดภายใต้สภาพตามปกติ ที่สูบความดันจะมีลิ้นปรับระบายความดันติดตั้งอยู่ทางด้านท่อส่งน้ำมันหล่อลื่นออก เมื่อปรับแรงสปริงของลิ้นปรับระบายความดันให้เหมาะสมแล้ว ตัวลิ้นจะเก็บความดันน้ำมันหล่อลื่นภายใต้เกณฑ์ความดันที่กำหนดเสมอโดยจะระบายความดันที่เกินเกณฑ์ให้กลับไปยังท่อทางเข้าของสูบ การปรับแรงดึงของสปริงปรับตั้งโดยการหมุนสลักเกลียวผ่า ถ้าหมุนในทิศทางตามเข็มนาฬิกาจะช่วยเพิ่มความดันของสปริง ซึ่งจะมีผลทำให้ความดันน้ำมันหล่อลื่นเพิ่มขึ้นด้วยในกรณีที่สูบสึกหรอ และลิ้นปรับระบายความดันชำรุดจะทำให้ความดันน้ำมันหล่อลื่นต่ำ และอุณหภูมิที่หัวกระบอกสูบจะสูง การเกิดสภาพเช่นนี้จะทำให้เกิดข้อยุ่งยากที่ร้ายแรงตามมาภายหลัง จึงต้องระมัดระวังโดยการสังเกตดูความดันจากเครื่องวัดความดันในขณะเดินเครื่องยนต์ไว้เสมอ



รูปที่ ๔ - ๔ เครื่องกรองน้ำมันหล่อลื่นแบบฉากกรอง

๑.๖.๒ เครื่องกรองน้ำมันหล่อลื่น (OIL FILTER)

เศษโลหะและวัสดุแปลกปลอมที่อยู่ปะปนในน้ำมันหล่อลื่นอาจทำให้เครื่องยนต์ได้รับความเสียหาย หรืออาจถึงขั้นที่ทำให้เครื่องยนต์ใช้งานไม่ได้เลย เพื่อป้องกันอันตรายที่เกิดจากสาเหตุดังกล่าวนี้ จึงต้องกรองน้ำมันหล่อลื่นให้สะอาดเสียก่อนแล้วจึงส่งผ่านไปใช้งาน การไหลของน้ำมันหล่อลื่นจะไหลผ่านไปรอบๆ ทางด้านข้างของเครื่องกรองแล้วจึงไหลผ่านไปยังศูนย์กลางของเครื่องกรอง ซึ่งต่อจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นที่สะอาดจะไหลออกไปทางลิ้นทางเดียวซึ่งอยู่ตอนบนของเครื่องกรอง ลิ้นทำหน้าที่ป้องกันมิให้หล่อลื่นภายใต้ความดันของแรงโน้มถ่วงไหลกลับเข้าไปในเครื่องยนต์ การที่ป้องกันไว้เช่นนี้ก็เพื่อไม่ให้เครื่องยนต์เกิดมีของเหลวไปอัดดันลูกสูบ (LIQUID LOCK) ในขณะที่เครื่องยนต์ยังไม่ได้ทำงาน ดังนั้นลิ้นทางเดียวจะเปิดให้น้ำมันหล่อลื่นไหลออกก็เฉพาะแต่ภายใต้ความดันของสูบความดันเท่านั้น เครื่องกรองอาจติดตั้งใต้ภายนอกหรือบรรจุอยู่ภายในเรือนของเครื่องยนต์ก็ได้ แต่ทั้งสองแบบจะมีลิ้นลัดทางไหล (BYPASS) ติดตั้งไว้ให้เปิดออกในกรณีที่เครื่องกรองเกิดการอุดตันหรือน้ำมันหล่อลื่นเกิดการแข็งตัว ตามรูปที่ ๔ - ๔ ลิ้นลัดทางไหลติดตั้งเป็นชิ้นส่วนภายในของเครื่องกรอง แต่บางแบบอาจจะติดตั้งลิ้นลัดทางไหลอยู่ภายในเครื่องยนต์ใกล้กับเครื่องกรอง เครื่องกรองน้ำมันหล่อลื่น โดยทั่วไปมี ๓ แบบคือ แบบม่านกรอง (SEREEN) แบบคูโน (CUNO) แบบแอร์เมซ (AIRMAZE)

๑.๗ การไหลของน้ำมันหล่อลื่นผ่านระบบ (OIL FLOW THROUGH THE SYSTEM)

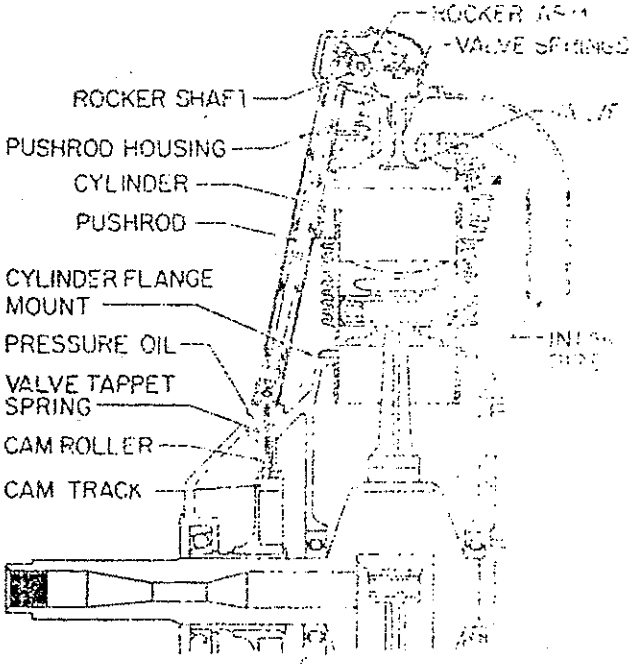
เครื่องประกอบและชิ้นส่วนของภาคความดันในระบบหล่อลื่นจะประกอบด้วยสูบความดัน ลิ้นปรับระบายความดัน และท่อจ่ายความดันหรือช่องทางต่างๆ ซึ่งนำน้ำมันหล่อลื่นไปหล่อเลี้ยงชิ้นส่วนต่างๆ ในแขนงของเพลาข้อเหวี่ยง , แนวของเรือนเพลาข้อเหวี่ยงและแขนงบริภัณฑ์

๑.๗.๑ ระบบน้ำมันหล่อลื่นในแขนงของเพลาข้อเหวี่ยง

น้ำมันหล่อลื่นภายใต้ความดันจะถูกแรงส่งให้ผ่านไปทางช่องรูเจาะในเพลาข้อเหวี่ยงเพื่อไปทำการหล่อลื่นให้กับรองลื่นของหลักเพลา (MAIN JOURNAL BEARING) รองลื่นของก้านสูบหลัก และสลักของก้านสูบรอง (ARTICULATING ROD KNUCKLE PINS) นอกจากนี้หล่อลื่นจะถูกฉีดไปบนผนังกระบอกสูบและลูกสูบ โดยฉีดจากแผงฉีด (SPRAY BAR) และนมหนูฉีดน้ำมันหล่อลื่นที่ติดตั้งอยู่ในเพลาข้อเหวี่ยง

๑.๗.๒ ระบบน้ำมันหล่อลื่นในแขนงของเรือนเพลาข้อเหวี่ยง

การหมุนเวียนของน้ำมันหล่อลื่นในแขนงนี้เริ่มต้นจากการไหลผ่านช่องทางในเรือนของเครื่องยนต์หมุนเวียนผ่านท่อทางต่างๆ ซึ่งอยู่โดยรอบแนวของกระบอกสูบ จากท่อทางเหล่านี้น้ำมันหล่อลื่นจะถูกนำไปทำการหล่อลื่น ลิ้นและกลไกของระบบลิ้นจากรูปที่ ๔ - ๕ จะเห็นว่าน้ำมันหล่อลื่นภายใต้ความดันของสูบจะถูกขับดันผ่านรูเลี้ยงน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในส่วนที่กลวงซึ่งเป็นเรือนของสปริงแห่งยกก้านส่งลิ้น (VALVE TAPPET SPRING) รูกลวงของเบ้าก้านส่ง (PUSH ROD ROCKET) จะอยู่ตรงกับรูของลูกบอลล์ติดตั้งอยู่ปลายสุดของก้านส่งลิ้น หล่อลื่นภายใต้ความดันจะถูกส่งให้ออกไปทางรูของลูกบอลล์



รูปที่ ๔ - ๕ การหล่อลื่นของกลไกลิ้น

ซึ่งอยู่ที่ปลายอีกข้างหนึ่งของก้านส่งโดยที่รูของลูกบอลล์ที่อยู่ปลายด้านนี้จะอยู่ตรงกับแนวรูของเบ้าคานกระเดื่องลิ้น หลังจากนั้นน้ำมันหล่อลื่นจะผ่านเข้าไปทางช่องทางซึ่งเจาะไว้ในคานกระเดื่องเพื่อไปหล่อลื่นรองลื่นของคานกระเดื่องและก้านลิ้น หลังจากที่น้ำมันหล่อลื่นได้ดึงดูดเอาความร้อนจากก้านลิ้น และหัวกระบอกสูบ มันจะไหลซับลงรอบก้านส่งลิ้น (PUSHROD) แท่งยกก้านส่งและลูกกลิ้งของลูกเบี้ยวกลับเข้าไปยังเรือนเพลาข้อเหวี่ยง และในที่สุดก็จะไหลกลับเข้าอยู่ในกระปุกน้ำมันตก

๑.๗.๓ ระบบน้ำมันหล่อลื่นในแขนงของบริภัณฑ์

รองลื่นของเพลาขับบริภัณฑ์ต่างๆ จะได้รับน้ำมันหล่อลื่นซึ่งส่งมาจากสูบน้ำมันหล่อลื่นผ่านช่องทางเข้ามาในส่วนบริภัณฑ์ด้วยความดันที่ลดลงแล้ว ทั้งนี้เพื่อป้องกันมิให้เกิดความดันในตัวเรือนมากเกินไป

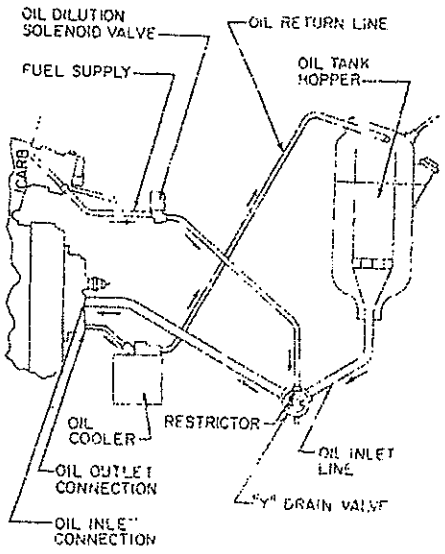
๑.๘ ระบบกวาดกลับ (SCAVENGE SYSTEM)

๑.๘.๑ เครื่องยนต์จะมีกระปุกสำหรับรองรับน้ำมันหล่อลื่นให้ไหลตกมารวมเรียกว่า "กระปุกหลัก" น้ำมันหล่อลื่นที่ไหลตกมารวมอยู่ในกระปุกหลักนี้จะถูกส่งกลับไปยังเครื่องระบายความร้อนและในที่สุดก็กลับไปยังถัง เมื่อน้ำมันหล่อลื่นซึ่งถูกขับดันผ่านส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์กลับคืนมาสู่กระปุกหลังแล้วก็จะทำให้เศษโลหะและคาร์บอนตกค้างอยู่ภายในกระปุก เศษโลหะเหล่านี้อาจถูกนำมาวิเคราะห์ เพื่อดูสภาพภายในของเครื่องยนต์

หน้าที่ของสูบกวาดกลับในระบบกวาดกลับก็คือ รวบรวมเอาน้ำมันหล่อลื่นที่ตกอยู่ในกระปุกต่างๆ แล้วส่งกลับไปยังถัง เพื่อที่จะป้องกันมิให้น้ำมันหล่อลื่นไหลตกมาค้างอยู่ในกระปุกมากเกินไปสูบกวาดกลับจึงต้องมีขีดความสามารถที่จะดูดน้ำมันหล่อลื่นออกไปเป็นปริมาณมากกว่าสูบที่ใช้ในระบบ

๑.๙ ระบบละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่น (OIL DILUTION SYSTEM)

ในเวลาเมื่ออากาศหนาว น้ำมันหล่อลื่นจะเย็นลงและอาจแข็งตัวจนยากที่จะติดเครื่องยนต์ได้ เพื่อแก้ไขปัญหาข้อนี้ เครื่องยนต์ทุกเครื่องจึงต้องมีระบบละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่น การละลายความหนืดของระบบทำได้โดยใช้เชื้อเพลิงผสม ดังนั้นถ้าอากาศหนาวจะต้องทำการละลายน้ำมันหล่อลื่นเสียก่อนที่จะดับเครื่องยนต์ การทำเช่นนี้ก็เพื่อติดเครื่องยนต์ได้สะดวกในครั้งต่อไป และในเวลาที่เดินอุ่นเครื่องน้ำมันหล่อลื่นที่เจือจางแล้วก็พร้อมที่จะไหลหมุนเวียนเข้าไปในระบบได้โดยสะดวก เมื่อเครื่องยนต์ทำงานจนถึงอุณหภูมิการทำงานตามปกติ ก๊าซโซลีนก็จะถูกความร้อนทำให้ระเหย ดังนั้นน้ำมันหล่อลื่นจึงมีคุณสมบัติสู่สภาพเดิม



รูปที่ ๔ - ๖ ระบบละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่น

เชื้อเพลิงก๊าซโซลีน สำหรับละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่นตามปกติ จะได้จากแขนงของข้อต่อรูปตัววาย (Y) ในท่อเครื่องวัดความดันเชื้อเพลิง จากจุดนี้ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔ - ๖ จะมีท่อทางตัวนำไปยังลิ้นละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่น แล้วจึงต่อไปยังลิ้นถ่ายทิ้งรูปตัววาย (Y) ลิ้นละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่นปกติทำงานด้วยโซลินอยด์ เมื่อหมุนสวิทช์ในห้องนักบินมาที่ตำแหน่ง "ON" ลิ้นโซลินอยด์ก็จะเปิดออกและปล่อยให้เชื้อเพลิงไหลเข้าไปในท่อทางเข้าของน้ำมันหล่อลื่นตามรูปที่แสดงจงสังเกตตัวจำกัดการไหล (RESTRICTOR) ตรงทางเข้าของข้อต่อรูปตัววาย (Y) เมื่อลิ้นละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่นเปิดออก ตัวจำกัดการไหลก็จะจำกัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงที่ไหลเข้าไปในข้อต่อรูปตัววาย ในขณะเดียวกันนี้เชื้อเพลิงก็จะไหลอย่างอิสระผ่านท่อทางของระบบละลายน้ำมันหล่อลื่นเข้าไปในระบบน้ำมันหล่อลื่น เมื่อเชื้อเพลิงไหลได้อย่างอิสระเพราะลิ้นเปิดก็จะทำให้ความดันในท่อที่ต่อไปยังเครื่องวัดเชื้อเพลิงมีความดันลดลง ดังนั้นเครื่องวัดเชื้อเพลิงก็จะอ่านค่าต่ำกว่าที่เป็นจริง ทั้งๆ ที่ความดันของเชื้อเพลิงที่สู่คาร์บูเรเตอร์ไม่ได้ลดลงเลย การที่ค่าความดันจากเครื่องวัดอ่านตกลงเป็นเครื่องแสดงว่าระบบละลายความหนืดน้ำมันหล่อลื่นได้ทำงานตามปกติ การใช้ระบบละลายความหนืดไม่ควรใช้มากเกินไป เพราะจะทำให้คุณสมบัติของน้ำมันหล่อลื่นเสียไปซึ่งอาจทำให้เครื่องยนต์ได้รับความเสียหายได้

๒. ระบบระบายความร้อน (COOLING SYSTEM)

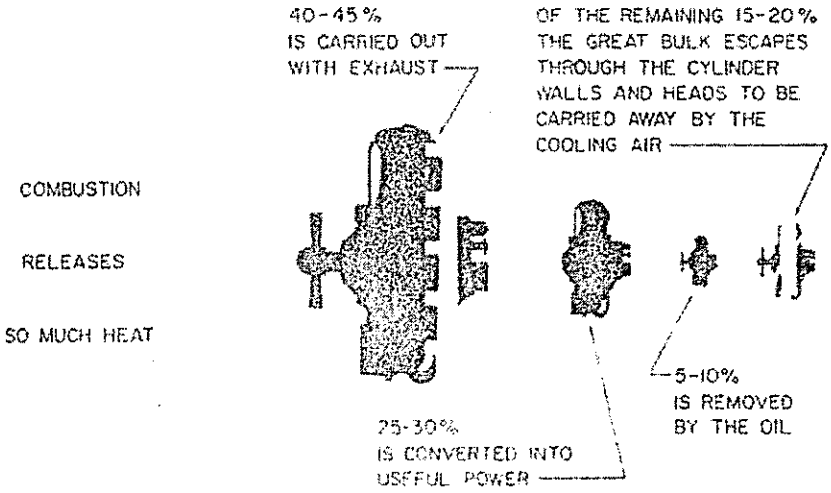
๒.๑ สำหรับเครื่องยนต์แบบสันดาปภายในนั้นไม่ต้องการให้มีความร้อนมากเกินไป เพราะมีเหตุผลที่สำคัญสามประการด้วยกันคือ

๒.๑.๑ ความร้อนเกินเกณฑ์จะมีผลกระทบกระเทือนต่อการเผาไหม้ของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศ

๒.๑.๒ ทำให้ชิ้นส่วนต่างๆ ของเครื่องยนต์เสื่อมและมีอายุการใช้งานสั้น

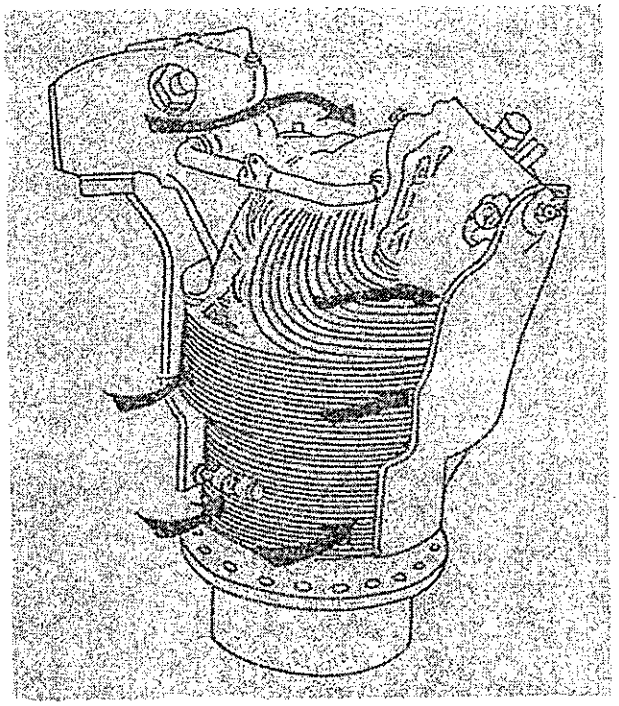
๒.๑.๓ การหล่อลื่นเครื่องยนต์ทำไม่ได้ดีเท่าที่ควร

<u>หมายเหตุ</u> ถ้าอุณหภูมิภายในกระบอกสูบเครื่องยนต์สูงมากเกินไป ส่วนผสมของเชื้อเพลิงอากาศจะร้อนเร็วเกินไปและทำให้เกิดการเผาไหม้ก่อนระยะเวลาที่กำหนด



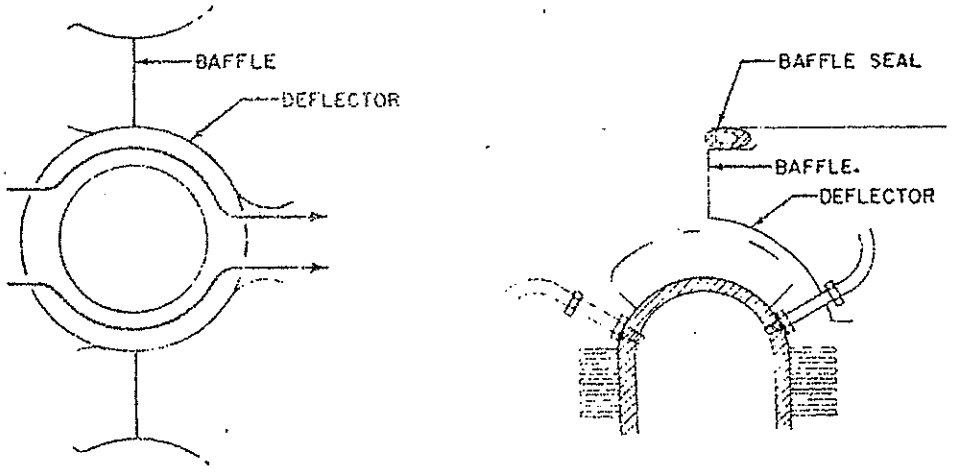
รูปที่ ๔ - ๗ การคายความร้อนออกจากเครื่องยนต์

๒.๒ เชื้อเพลิงอากาศยานเพียงหนึ่งแกลลอนจะมีพลังงานความร้อนมากพอที่จะต้มน้ำได้ ๗๕ แกลลอน จึงเห็นได้ว่าเครื่องยนต์ซึ่งเผาไหม้เชื้อเพลิงจำนวนสี่แกลลอนต่อนาทีจะต้องปล่อยความร้อนออกมาอย่างมหาศาล พลังงานความร้อนที่เชื้อเพลิงคายให้จะมีประมาณเศษหนึ่งส่วนสี่เท่านั้นที่ถูกเปลี่ยนไปเป็นกำลังที่ใช้ประโยชน์ การคายความร้อนจึงต้องกระจายไปในอัตราส่วนที่เหมาะสมเพื่อไม่ให้เครื่องยนต์ได้รับความเสียหาย เนื่องมาจากความร้อนสูงเกินเกณฑ์ในเครื่องยนต์อากาศยานโดยทั่วไป ความร้อนจะถูกคายให้ลดลงตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔ - ๗ จากรูปที่แสดงไว้จะเห็นว่า ความร้อนครึ่งหนึ่งจะกระจายออกไปกับไอเสีย ส่วนความร้อนที่เหลือจะถูกดึงดูดไว้โดยเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นที่หมุนเวียนอยู่ในเครื่องยนต์จะดึงดูดความร้อนส่วนหนึ่งไว้และถ่ายเทให้กระแสอากาศเมื่อไหลผ่านเครื่องระบายความร้อน ส่วนความร้อนที่หลงเหลืออยู่ก็จะถูกระบายออกโดยระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ ดังนั้นจุดประสงค์ของการระบายความร้อนก็คือการนำเอาความร้อนที่มากเกินไปออกจากกระบอกสูบแล้วถ่ายเทให้กับอากาศ ในระบบนี้ยังมีส่วนประกอบและวิธีการที่นอกเหนือไปจากที่ออกแบบให้กระบอกสูบติดตั้งอยู่ในตำแหน่งที่ถูกกระแสลมแต่เพียงอย่างเดียว



รูปที่ ๔ - ๘ การถอนความร้อนออกจากกระบอกสูบ

๒.๓ กระบอกสูบในเครื่องยนต์ขนาดใหญ่มีขนาดโดยประมาณ จะเท่ากับเหยือกที่จุได้หนึ่งแกลลอน แต่อย่างไรก็ตามกระบอกสูบจะมีพื้นผิวภายนอกเพิ่มขึ้นโดยมีแผ่นครีบระบายความร้อนจึงทำให้เห็นว่าขนาดภายนอกมีขนาดเท่ากับถัง การออกแบบครีบเหล่านี้ช่วยให้การถ่ายเทความร้อนโดยการแผ่รังสีถ่ายเทได้ มากขึ้น (ตามรูปที่ ๔ - ๘ แสดงให้เห็นถึงการออกแบบครีบระบายความร้อนรอบภายนอกของกระบอกสูบ) ดังนั้นถ้าแผ่นครีบระบายความร้อนเกิดแตกหักก็จะทำให้การระบายความร้อนให้แก่กระบอกสูบไม่เพียงพอ อาจจะเกิดจุดร้อนขึ้นและถ้าหากแผ่นครีบชำรุดคิดพื้นที่เป็นตารางนิ้วแล้วเกินกว่าที่กำหนดให้ในเอกสารช่างเทคนิคจะต้องทำการเปลี่ยนกระบอกสูบใหม่



รูปที่ ๔ - ๙ การไล่กระจายความร้อน

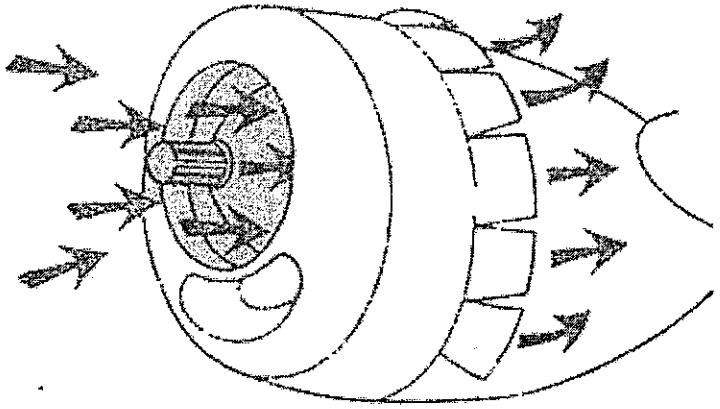
๒.๔ กระโปรงคลุม (COWLING) และแผ่นกั้นกระแสอากาศ (BAFFLE)

ทำหน้าที่บังคับกระแสอากาศให้ไหลผ่านผิวครีบระบายความร้อนของกระบอกสูบ (ตามรูปที่ ๔ - ๙) แผ่นกั้นกระแสอากาศจะนำเอาอากาศให้ไหลใกล้กระบอกสูบและป้องกันมิให้เกิดมีแหล่งที่จะทำให้ความร้อนในอากาศชังตัวอยู่ในขณะที่กระแสอากาศส่วนใหญ่ผ่านไปโดยมิได้ใช้ภายในแผ่นกั้นกระแสอากาศจะมีท่อพ่น (BLAST TUBE) เป็นท่อนำอากาศสำหรับระบายความร้อนให้พุ่งไปยังข้อต่อหักมุมของหัวเทียนตัวหลังของกระบอกสูบทุกลูกเป็นการป้องกันสายหัวเทียนไม่ให้ร้อนเกินเกณฑ์ บางครั้งถ้าอุณหภูมิการทำงานของเครื่องยนต์ต่ำกว่าปกติจะทำให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องยนต์ลดลง ดังนั้นก่อนที่จะบินขึ้นจึงต้องทำการอุ่นเครื่องยนต์เสียก่อน และในระหว่างทำการบินจะต้องรักษาให้เครื่องยนต์อุ่นอยู่เสมอ การจ่ายและการระเหยของเชื้อเพลิงรวมทั้งการหมุนเวียนของน้ำมันหล่อลื่นจะขึ้นอยู่กับการรักษาเครื่องยนต์ให้อุ่นอยู่เสมอ ส่วนเครื่องยนต์ของรถยนต์ขึ้นอยู่กับลิ้น THERMOSTATIC ซึ่งอยู่ในระบบระบายความร้อนด้วยน้ำเพื่อรักษาอุณหภูมิของเครื่องยนต์ให้อยู่ในย่านที่ทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ในเครื่องยนต์อากาศยานก็มีการควบคุมอุณหภูมิด้วย การควบคุมนี้จะบังคับการหมุนเวียนของอากาศให้ไหลตลอดทั่วเครื่องยนต์ทั้งเครื่อง ถ้าปราศจากการควบคุมเช่นนี้ ในตอนบินขึ้นเครื่องยนต์จะมีความร้อนเกินเกณฑ์และจะเย็นมากเกินไปเมื่อมีความเร็วสูงและทำให้กำลังของเครื่องยนต์ตก

๒.๕ การระบายความร้อนส่วนหนึ่งควบคุมโดยการปรับและควบคุมส่วนผสมเชื้อเพลิง - อากาศ ส่วนผสมที่หนาจะช่วยทำให้เครื่องยนต์เย็น การเดินเครื่องยนต์ที่พื้นจะต้องตั้งคันบังคับส่วนผสมที่ตำแหน่ง "AUTO - RICH" เพราะต้องการให้ส่วนผสมที่หนาเข้าไปช่วยระบายความร้อนภายในกระบอกสูบ ในระหว่างที่ทำการบินนั้นจะมีอากาศมากพอสำหรับใช้ระบายความร้อน จึงสามารถใช้ส่วนผสมในตำแหน่ง AUTO – LEAN ได้ ในบางครั้งถ้าคาร์บูเรเตอร์เกิดมีข้อขัดข้องจะทำให้ส่วนผสมเปลี่ยนแปลงไปส่วนมากเราจะทราบอาการได้โดยการสังเกตดูอุณหภูมิหัวกระบอกสูบซึ่งมักจะต่ำหรือสูงกว่าปกติ

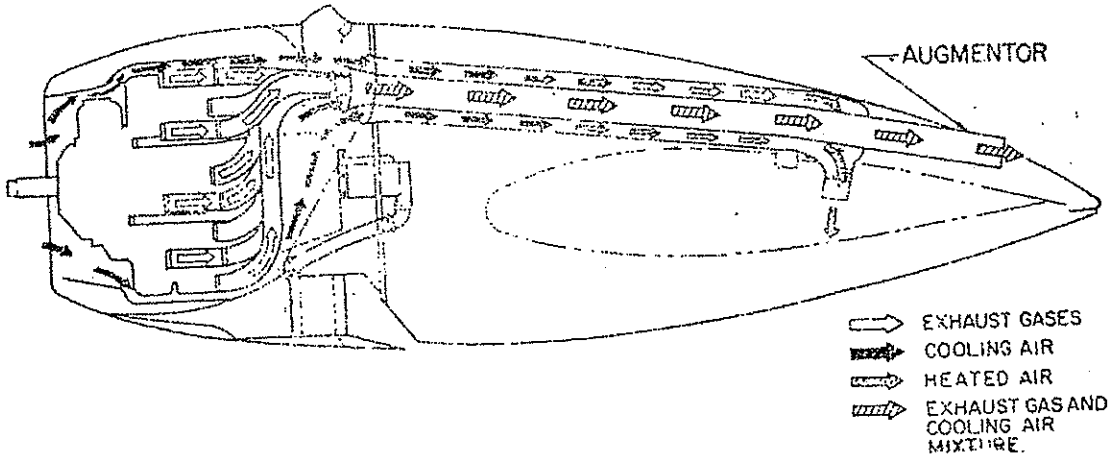
๒.๖ การระบายความร้อนที่ใช้อยู่โดยทั่วไปคือ การใช้แผงกระโปรง (COWL FLAP) ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔ - ๑๐ แผงกระโปรงจะปิดและเปิดด้วยสลักเกลียวยก (JACKSCREW) ซึ่งขับด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าหรือตัวอำนวยการไฮดรอลิค ส่วนเสียของแผงกระโปรงก็คือจะทำให้เกิดแรงต้านเพิ่มขึ้นในขณะที่แผงถูกกางออกเพื่อระบายความร้อน ในอากาศยานบางแบบเมื่อกางกระโปรงออกทุกๆ องศาจะทำให้อัตราเร็วลดลงประมาณ ๓ นอต (KNOT) และเมื่อแผงกระโปรงกางออกเต็มที่ อัตราเร็วของอากาศยานจะลดลงประมาณ ๘๐ ไมล์ต่อชั่วโมง ตัวอย่างแสดงให้เห็นว่าจะเกิดแรงต้านทานมากในการใช้แผงกระโปรงเพื่อทำการระบายความร้อน อย่างไรก็ตามถ้าเราต้องการใช้แผงกระโปรง เราก็ต้องยอมเสียความเร็วเพราะการระบายความร้อนมีความสำคัญกว่า ในขณะที่อากาศยานวิ่งขึ้น แผงกระโปรงจะเปิดออกเฉพาะพอให้อากาศระบายความร้อน เครื่องยนต์ให้มีอุณหภูมิอยู่ใต้เส้นแดงเท่านั้น การที่ยอมให้อุณหภูมิอยู่เหนือเกณฑ์ที่ปฏิบัติงานตามปกติ ก็เพื่อจะลดลงแรงต้านทานลงให้น้อยที่สุดเท่าที่จะทำได้ ในระหว่างการ

ปฏิบัติการที่ภาคพื้น อาจจะเปิดแผงกระโปรงออกให้กว้างได้อย่างเต็มที่ เพราะไม่ได้เกี่ยวข้องกับแรงต้านอีกต่อไปแล้ว



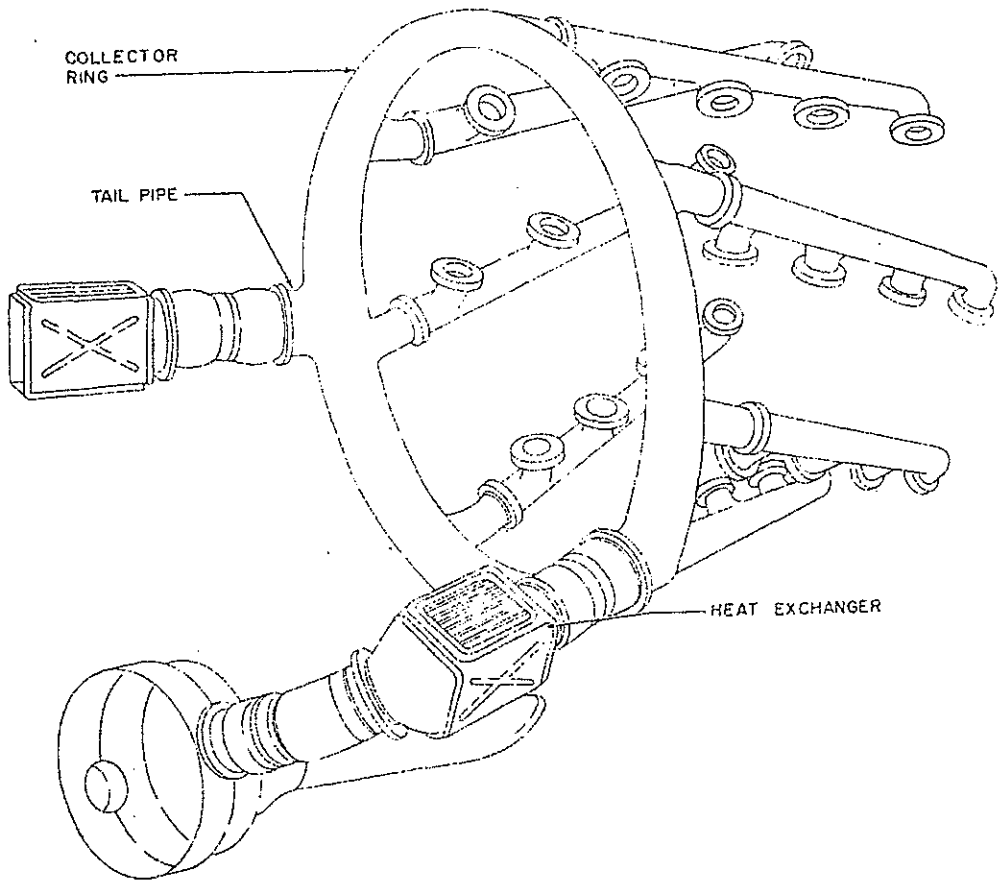
รูปที่ ๔ - ๑๐ การปรับควบคุม การระบายความร้อนด้วยแผงกระโปรง

๒.๗ อากาศยานบางแบบ (เช่น T-29) ใช้เครื่องขยายเสริมการระบาย (AUGMENTOR) เพื่อช่วยให้มีกระแสอากาศมาระบายความร้อนเพิ่มขึ้น ตามรูปที่ ๔-๑๑ กระเปาะกรวยหุ้ม (NACELLE) แต่ละอันมีท่ออยู่สองคู่ต่อจากห้องเครื่องยนต์ไปยังส่วนหลังของกระเปาะกรวยหุ้ม ท่อรวมไอเสีย (EXHAUST COLLECTOR) จะป้อนไอเสียเข้าไปในท่อชั้นในของเครื่องขยายเสริมการระบายให้ไปผสมกับอากาศซึ่งไหลผ่านมาจากบนเครื่องยนต์ ทำให้อากาศมีความร้อนเพิ่มขึ้นจึงเกิดการขยายตัวทำให้มีกระแสพุ่งออกเร็วขึ้น ความดันในบริเวณนั้นก็จะต่ำลง อากาศที่เข้าไปในท่อชั้นนอกของเครื่องขยายเสริมการระบายความร้อนจะมีอุณหภูมิเพิ่มขึ้นเนื่องจากสัมผัสกับท่อชั้นใน แต่อากาศนี้ไม่มีอากาศผสมกันกับก๊าซเสียเพราะอยู่กันคนละชั้น อากาศร้อนที่บริสุทธิ์จากชั้นนอกนี้จะถูกนำไปใช้เพื่อทำความร้อนในห้องโดยสารใช้ในระบบละลายน้ำแข็ง และระบบขจัดน้ำแข็งจึงเห็นได้ว่าเครื่องขยายเสริมระบายความร้อนใช้ก๊าซไอเสียเป็นตัวทำให้เกิดความดันต่ำ จึงเป็นเสมือนสูบให้อากาศภายนอกผ่านมายังเครื่องยนต์ เพื่อให้มีกระแสอากาศที่ใช้ระบายความร้อนนอกเหนือไปจากที่ใบพัดจ่ายให้



รูปที่ ๔ - ๑๑ เครื่องขยายเสริมระบายความร้อน (AUGMENTOR)

แผ่นกั้น (VANE) ที่ติดตั้งอยู่ในเครื่องขยายเสริมระบายความร้อนเป็นตัวควบคุมปริมาตรของอากาศ แผ่นกั้นเหล่านี้ปกติปล่อยทิ้งไว้ตรงตำแหน่งสู่ลม (TRAIL POSITION) เพื่อจะทำให้มีกระแสอากาศไหลเข้ามากที่สุด แต่จะอยู่ในตำแหน่งปิด ถ้าต้องการเพิ่มความร้อนให้กับห้องโดยสารหรือขจัดการเป็นน้ำแข็งหรือป้องกันมิให้เครื่องยนต์เกิดเย็นมากไปในระหว่างที่บินลดระดับเพดานบิน นอกจากจะมีเครื่องขยายเสริมระบายความร้อนแล้วในอากาศยานบางแบบ (T-29) ยังมีประตูส่งความร้อน (HEAT DOOR) หรือแผงกระเปาะเพิ่มเติมสำหรับให้ความร้อนที่ตกค้างอยู่ถ่ายเทออกหลังจากดับเครื่องยนต์ แผงกระเปาะ (FLAP NACELLE) ยังอาจจะใช้เปิดออกเพื่อให้มีการระบายความร้อนเพิ่มเติมมากขึ้นนอกเหนือไปจากการใช้เครื่องขยายเสริมการระบายแต่เพียงอย่างเดียว



Exhaust System

รูปที่ ๔-๑๒ ระบบไอเสีย (EXHAUST SYSTEM)

๓. ระบบไอเสีย (EXHAUST SYSTEM)

๓.๑ ระบบไอเสียของเครื่องยนต์อากาศยานเปรียบเสมือนเป็นเครื่องกวาด (SCAVENGER) ซึ่งทำหน้าที่รวมและปล่อยก๊าซที่เป็นพิษที่มีอุณหภูมิสูงซึ่งคายออกมาจากเครื่องยนต์ทิ้งออกไปสู่บรรยากาศ อากาศยานสมัยใหม่จะติดตั้งระบบไอเสียระบบใดระบบหนึ่งในสองระบบคือ ระบบปล่องสั้น (SHORT STACK) หรือระบบท่อรวม (COLLECTOR) เครื่องยนต์ที่ไม่มีการติดตั้งเครื่องเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน (NON TURBO-SUPERCHARGED) และเครื่องยนต์ที่มีกำลังต่ำซึ่งระดับเสียงไม่ดังจนเกินไปส่วนมากจะใช้ระบบไอเสียแบบปล่องสั้น (SHORT STACK)

๓.๒ ในระบบปล่องสั้นอาจจะมีท่อประจำทุกกระบอกสูบหรือใช้ท่ออันหนึ่งรวมให้ไอเสียจากกระบอกสูบสองหรือสามลูกไหลออกมาผ่านช่องเปิดขนาดต่างๆ ในกระโปรง (COWLING) ในอากาศยานบางแบบใช้ปล่องสั้นของแต่ละกระบอกสูบมารวมเชื่อมกันที่วงแหวนสะสมก๊าซ (COLLECTOR RING) แล้วปล่อยให้ก๊าซเสียผ่านออกไปทางช่องเปิดใหญ่ที่ปลายท่อเพียงช่องเดียว สำหรับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งระบบเครื่องเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ก๊าซไอเสียจะถูกสะสมไว้ขับกังหัน บ่อยที่เครื่องยนต์ซึ่งใช้ท่อรวม (COLLECTOR) ไอเสียจะมีเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (HEAT EXCHANGER) ติดตั้งอยู่ที่ท่อหลังตามรูปที่ ๔ - ๑๒ โดยวิธีนี้ความร้อนจากก๊าซไอเสียอาจใช้สำหรับทำให้อากาศร้อน สำหรับอากาศยานหรือคาร์บูเรเตอร์

๓.๓ ตามที่ได้กล่าวมาแล้วในบทตอนต้นว่า จะมีระยะเวลาหนึ่งลิ้นไอดีและลิ้นไอเสียจะเปิดอยู่เป็นบางส่วนทั้งสองลิ้น ช่วงระยะเวลานี้เรียกว่าการเหลื่อมของลิ้น (VALVE OVERLAP) ถึงแม้ว่าการเหลื่อมของลิ้นจะช่วยเพิ่มให้เครื่องยนต์มรประสิทธิภาพสูงขึ้นเมื่อเดินเครื่องยนต์ที่รอบสูง แต่การเหลื่อมของลิ้นจะไม่ให้ประโยชน์เมื่อเดินเครื่องยนต์ที่รอบเดินเบาเพราะว่า ไอดีที่เข้ามาใหม่ไม่สามารถช่วยขับไอเสียได้มากนักเนื่องจากความดันไอดีต่ำกว่าความดันบรรยากาศที่ช่องทางไอเสียผลที่ได้จึงกลับตรงข้ามคือ จะทำให้ไอเสียบางส่วนไหลสวนเข้าไปในท่อไอดี ทำให้ส่วนผสมเชื้อเพลิง-อากาศที่เข้ามาในกระบอกสูบบางไปส่วนผสมเดิม

๓.๔ ท่อทางไอเสียเป็นช่องทางสำหรับถ่ายก๊าซไอเสียออกจากเครื่องยนต์ ก๊าซไอเสียอาจถูกนำโดยตรงให้ออกไปสู่บรรยากาศโดยไม่ต้องผ่านเครื่องมือใดๆ หรืออาจจะให้ผ่านทางท่อพิเศษ เพื่อถ่ายเทความร้อนให้กับอากาศในท่อทางเข้าของคาร์บูเรเตอร์ห้องนักบิน หรือห้องโดยสารก่อนที่ไอเสียนั้นจะถูกระบายออกสู่บรรยากาศ ท่อทางไอเสียปกติทำด้วย เหล็กกล้า INCONEL หรือ เหล็กกล้ากันสนิม แต่ที่นิยมใช้เหล็กกล้า INCONEL เพราะเหล็กกล้าชนิดนี้ทนต่อความร้อนและต้านทานการผุกร่อน

บทที่ ๕
คุณลักษณะการทำงาน และสมรรถนะเครื่องยนต์ ลูกสูบ

ความมุ่งหมาย เพื่อให้ นทน.ได้เข้าใจถึงคุณลักษณะการทำงานและสมรรถนะของเครื่องลูกสูบในขั้นมูลฐานชนิดของกำลังม้าและตัวประกอบต่างๆที่เกี่ยวข้องกับกำลังของเครื่องยนต์

๑. กล่าวโดยทั่วไป

เท่าที่อธิบายมาในบทแรก เราพุ่งความสนใจเกี่ยวกับเรื่องวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ โครงสร้างของเครื่องยนต์ และระบบของเครื่องยนต์ พร้อมทั้งได้พิจารณาถึงลักษณะการแผนแบบเครื่องยนต์อากาศยานแบบลูกสูบ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเรื่องการสร้างและคุณลักษณะของชุดกระบอกสูบและกลไกอำนวยการทำงานของลิ้น และยังได้อธิบายถึงหน้าที่และจุดประสงค์ของการทำงานร่วมกันทางระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์ ทั้งยังได้เน้นเป็นพิเศษถึงเรื่องเชื้อเพลิง ระบบนำไอดี และระบบจุดระเบิด ดังนั้นในตอนนี้จึงสมควรที่จะอธิบายถึงเรื่องกำลัง ซึ่งเป็นผลผลิตขั้นสุดท้ายของเครื่องยนต์และระบบของมัน

๒. กำลังคืออะไร

คำจำกัดความของกำลังมีตัวประกอบที่เกี่ยวข้องอยู่ ๓ ตัว คือ แรง , ระยะทาง และเวลา โดยพื้นฐานแล้ว กำลังคือ ปริมาณของงานที่ทำในหนึ่งหน่วยเวลาที่กำหนดให้

๒.๑ งาน คือ ผลของแรงคูณด้วยระยะทางในทิศทางที่แรงกระทำ ปกติแรงคิดเป็นปอนด์ และระยะทางมีหน่วยเป็นนิ้วหรือฟุต ดังนั้นหน่วยของงานจึงเป็น

ฟุต-ปอนด์ หรือ นิ้ว-ปอนด์ ตัวอย่างเช่น คนเลื่อนน้ำหนัก ๒๐ ปอนด์ไปบนพื้นเป็นระยะทาง ๖ ฟุต เราจะได้งาน = ๒๐ ปอนด์ x ๖ ฟุต = ๑๒๐ ฟุต-ปอนด์ หรือถ้าอีกคนเลื่อนน้ำหนัก ๔๐ ปอนด์ไปเป็นระยะทาง ๓ ฟุต เขาก็จะได้งาน ๑๒๐ ฟุต-ปอนด์ เท่ากับคนแรก อย่างไรก็ตามเมื่อไม่ทราบว่าเขาใช้เวลาในการทำงานเท่าไร ก็ยังไม่สามารถคำนวณหากำลังได้

๒.๒ กำลัง คือ อัตราของการทำงานหรือเป็นจำนวนของงานที่ทำในระยะเวลาที่กำหนด หรือสรุปได้ว่า กำลังคือ งานหารด้วยเวลา ยกตัวอย่างเช่น ชายคนหนึ่งทำงาน ๑๒๐ ฟุต-ปอนด์ ในการเลื่อนน้ำหนัก ๔๐ ปอนด์ ในหนึ่งวินาที แสดงว่าชายคนนี้มีกำลัง ๑๒๐ ฟุต-ปอนด์ต่อวินาที หรือเราอาจจะให้จำกัดความในการที่มีกำลัง ๑๒๐ ฟุต-ปอนด์ต่อวินาที ว่า "หนึ่งกำลังคน" ก็ได้ถ้าเราต้องการ ดังนั้นถ้าเครื่องมือใดก็ตามที่มีความสามารถทำงาน ๑๒๐๐ ฟุต-ปอนด์ต่อวินาที ก็แสดงว่าเครื่องมือนั้นมีอัตราการทำงานเท่ากับ ๑๐ กำลังคน แต่ในสมัยโบราณนั้นได้เทียบกำลังเป็น "กำลังม้า" โดยให้ "หนึ่งกำลังม้า" เท่ากับอัตราการทำงาน ๕๕๐ ฟุต-ปอนด์ต่อวินาที หรือ ๓๓,๐๐๐ ฟุต-ปอนด์ต่อนาที ต่อไปนี้เป็นตัวอย่างในการหากำลังม้า

ตัวอย่างที่ ๑ ถ้าเครื่องยนต์สามารถทำงานด้วยอัตรา ๑,๓๒๐,๐๐๐ ฟุต-ปอนด์ต่อนาที เครื่องยนต์มีกำลังม้าเท่าไหร่

วิธีทำ กำลังม้า = $\frac{\text{จำนวนฟุต.–ปอนด์ต่อนาที}}{๓๓,๐๐๐}$

= $\frac{๑,๓๒๐,๐๐๐}{๓๓,๐๐๐}$

= ๔๐

ตอบ เครื่องยนต์มี ๔๐ กำลังม้า

ตัวอย่างที่ ๒ เครื่องยนต์เครื่องหนึ่งทำงานภายในห้าวินาทีได้ ๑๑๐,๐๐๐ ฟุต-ปอนด์ จะมีกำลังม้าเท่าไหร่

วิธีทำ กำลัง = $\frac{\text{งานฟุต-ปอนด์}}{\text{วินาที}} = \frac{๑๑๐,๐๐๐}{๕} = ๒๒,๐๐๐ \frac{\text{ฟุต-ปอนด์}}{\text{วินาที}}$

กำลัง = $\frac{\text{จำนวนฟุต-ปอนด์ต่อวินาที}}{๕๕๐}$

= $\frac{๒๒,๐๐๐}{๕๕๐}$ = ๔๐ กำลังม้า

๓. แรงบิด (TORQUE)

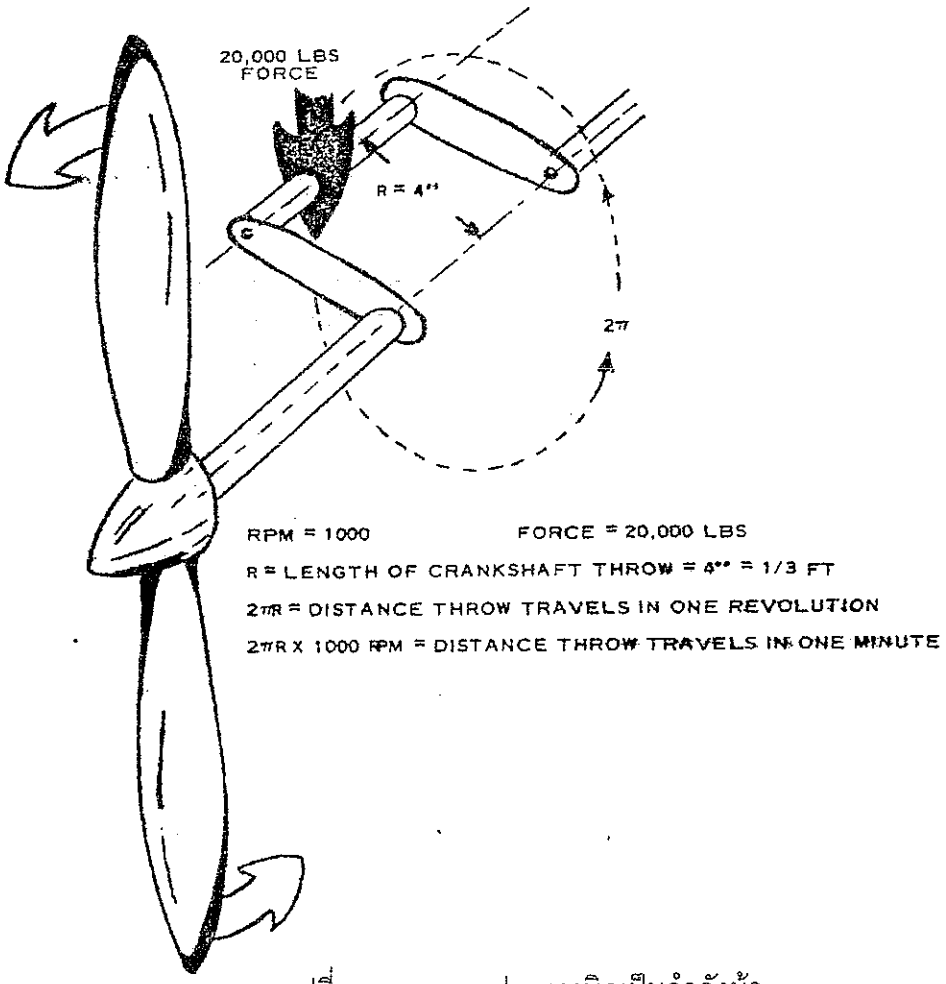
๓.๑ ตามที่อธิบายมาแล้วว่า งานคือ แรงคูณด้วยระยะทางซึ่งมีทิศทางเดียวกับแรงกระทำ ในกรณีของเครื่องยนต์เราต้องพิจารณาถึงแรงบิดซึ่งกระทำกับเพลาข้อเหวี่ยงโดยก้านสูบ ถ้าเราพิจารณาโดยเสมือนหนึ่งว่า ก้านสูบตั้งฉากกับขอขว้างเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT THROW) เราก็สามารถพิจารณาถึงแรงที่มีความโน้มในการบิดว่า แรงบิด และให้คำจำกัดความของแรงบิดว่า เป็นแรงซึ่งคูณด้วยระยะทางซึ่งตั้งฉากกับแรงแนวโน้มของการบิดจะทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุน และหมุนต่อไปด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น จนกว่าภาระกรรมบนใบพัดเพิ่มขึ้นจนสามารถถ่วงดุลมิให้รอบของใบพัดมีความเร็วเพิ่มขึ้นอีกต่อไป เมื่อมาถึงจุดนี้ แรงที่ส่งออกจากเครื่องยนต์จะสมดุลย์กับแรงภาระกรรมที่กระทำบนใบพัด และถ้าให้เครื่องยนต์อยู่ในตำแหน่งที่สมดุลย์เมื่อมีความเร็วรอบเท่ากับ ๑,๐๐๐ รอบต่อนาที เราก็จะสามารถหากำลังม้าของเครื่องยนต์ได้จากข้อมูลต่างๆ ตามที่แสดงไว้ในรูปที่ ๔ - ๑

๓.๒ แรงบิดที่กระทำบนเพลาข้อเหวี่ยงเท่ากับแรงที่ใช้กระทำ (จากก้านสูบ) คูณด้วยความยาวของขอขว้างเพลาข้อเหวี่ยง (CRANKSHAFT THROW)

แรงบิด = แรง x ระยะทางที่ตั้งฉากกับแรง

ตามรูปที่ ๔ - ๑ แรงบิด = ๒๐,๐๐๐ ปอนด์ x 1/3 ฟุต

= ๖,๖๖๗ ปอนด์ – ฟุต



รูปที่ ๕ - ๑ การแปลงแรงบิดเป็นกำลังม้า

๓.๓ เนื่องจากงานคือแรงคูณด้วยระยะทางในทิศทางที่แรงกระทำ ดังนั้นงานในหนึ่งรอบจะเท่ากับแรงคูณด้วยเส้นรอบวงซึ่งจะได้ งาน = แรง $\times 2\pi \times r$ ในเมื่อ r เท่ากับรัศมีของวงกลมหรือในที่นี้ก็คือความยาวของขอขว้างเพลาข้อเหวี่ยง แต่เนื่องจาก แรง x r นั้นจะเท่ากับแรงบิด ฉะนั้นจะได้ค่าของงาน = แรงบิด $\times 2\pi$ จากรูปที่ ๕ - ๑

งานต่อหนึ่งรอบ = แรงบิด $\times 2\pi$

= ๖,๖๖๗ ปอนด์ – ฟุต x ๖,๒๘๓

= ๑,๘๘๙ ปอนด์ – ฟุต

๓.๔ งานที่ทำได้เมื่อเพลาข้อเหวี่ยงหมุนไปหนึ่งรอบภายในหนึ่งนาที จะเท่ากับงานคูณด้วยความเร็วเป็นรอบต่อนาที (RPM)

งานต่อนาที = งานต่อหนึ่งรอบ x รอบต่อนาที

$$= ๔๑,๘๘๙ \ \frac{\text{ปอนด์ – ฟุต}}{\text{รอบ}} \times ๑,๐๐๐ \ \frac{\text{รอบ}}{\text{นาที}}$$

$$= ๔๑,๘๘๙,๐๐๐ \ \frac{\text{ปอนด์ – ฟุต}}{\text{นาที}}$$

๓.๕ จากคำจำกัดความของกำลังม้าก็คืองานที่ทำได้ในหนึ่งนาทีหารด้วย ๓๓,๐๐๐ จากสูตรนี้เราสามารถเปลี่ยนค่าและหาจำนวนกำลังม้าของเครื่องยนต์ได้

$$\text{กำลังม้า} \qquad \frac{\text{ปอนด์ – ฟุต ต่อนาที}}{๓๓,๐๐๐} = \frac{๔๑,๘๘๙,๐๐๐}{๓๓,๐๐๐}$$

$$= ๑,๒๖๙ \text{ กำลังม้า}$$

๔. ความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด – ความเร็วรอบต่อนาทีและกำลังม้า

๔.๑ จากปัญหาในข้อ ๓ ทำให้เราทราบถึงกำลังม้าที่ผลิตจากเครื่องยนต์ และถ้าเราพิจารณาปัญหาจากโจทย์ในข้อ ๓ ให้ละเอียด เราก็จะเห็นความสัมพันธ์ระหว่างแรงบิด ความเร็วรอบต่อนาที และกำลังม้า ถ้าเราแทนค่าต่างๆ จากข้อมูลในข้อ ๓ ลงไปในสูตรกำลังม้า เราก็จะพบความสัมพันธ์ดังต่อไปนี้

$$\text{กำลังม้า} = \frac{\text{แรงบิด (ฟุต – ปอนด์)} \times 2\pi \times \text{รอบต่อนาที}}{๓๓,๐๐๐}$$

๔.๒ จากสูตรในข้อ ๔.๑ ค่า 2π จะเท่ากับ ๖.๒๓๘ โดยประมาณ ดังนั้นเราสามารถหาร ๓๓,๐๐๐ ด้วย 2π หรือ ๖.๒๘๓ จะเหลือ

$$\text{กำลังม้า} = \frac{\text{แรงบิด} \times \text{รอบต่อนาที}}{๕๒๕๒}$$

$$\text{หรือ} = \text{แรงบิด} \times \text{รอบต่อนาที} \times \frac{๑}{๕๒๕๒}$$

๔.๓ จากการแยกแยะสูตรข้างบนแสดงให้เห็นความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดระหว่าง แรงบิด , ความเร็วรอบต่อนาที และ กำลังม้า เมื่อมี $\frac{๑}{๕๒๕๒}$ เป็นตัวประกอบคงที่ เราก็จะคำนวณหากำลังม้าได้ทันที ถ้าทราบค่าแรงบิดและความเร็วรอบต่อนาที สำหรับค่าของแรงบิดนั้นสามารถวัดได้โดยใช้เครื่องวัดแรงบิด แต่อย่างไรก็ตาม ค่าของแรงบิดในเครื่องยนต์นั้นไม่อาจจะวัดได้ง่ายๆ เหมือนอย่างเช่นความเร็วรอบต่อนาที อากาศยานที่ใช้ใบพัดประเภทปรับหมุนไม่ได้ ไม่มีปัญหายุ่งยากนักเพราะความเร็วรอบต่อนาทีและแรงบิดจะมีค่าควบคู่กันไปคือเพิ่มขึ้นและลดลงเป็นสัดส่วนกัน ดังนั้นเครื่องยนต์ที่ติดตั้งใบพัดประเภทปรับมุมไม่ได้ (FIXED PITCH PROPELLER) จึงใช้เครื่องวัดรอบ (TACHOMETER) เพียงอย่างเดียวก็พอสำหรับที่จะหาค่ากำลังส่งออก (OUTPUT) ของเครื่องยนต์ได้ อย่างไรก็ตามมีอากาศยานขนาดเล็กและขนาดใหญ่จำนวนมากที่ใช้ใบพัดประเภทความเร็วคงที่ (CONSTANT SPEED PROPELLER) หลักการทำงานของใบพัดประเภทความเร็วคงที่จะมีการควบคุมความเร็วรอบต่อนาทีและการควบคุมแรงบิดแยกออกจากกันต่างหาก เครื่องวัดรอบในระบบนี้ก็จะบอกได้เฉพาะแต่ความเร็วรอบต่อนาทีได้เพียงอย่างเดียว และความเร็วรอบต่อนาทีนี้จะถูกควบคุมโดยคันบังคับเครื่องควบคุมรอบ คันเร่งจะแยกออกต่างหากจากคันบังคับรอบต่อนาทีและจะใช้สำหรับปรับควบคุมแรงบิดโดยเฉพาะ เครื่องยนต์ลูกสูบส่วนมากซึ่งผลิตกันมาตั้งแต่สงครามโลกครั้งที่สองจะมีเครื่องวัดแรงบิดติดตั้งไว้ เพื่อให้สามารถอ่านค่าแรงบิดได้โดยตรง เมื่อใช้เครื่องวัดแรงบิด กำลังม้าที่ส่งมายังเพลาใบพัดก็อาจคำนวณได้โดยใช้สูตรต่อไปนี้

- กำลังม้า = ความดันน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องวัดแรงบิด x รอบต่อนาที x K

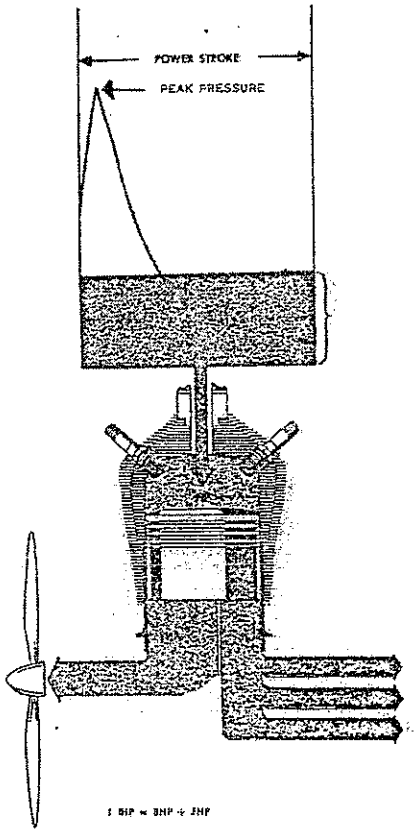
K คือค่าคงที่สำหรับของเครื่องยนต์แต่ละแบบดังเช่นเครื่องยนต์R ๒๘๐๐-๙๙W

ค่าของ K = ๐.๐๐๖๓๒ (ดูรายละเอียดของระบบเครื่องวัดแรงบิดในบทที่๑ หัวข้อ ๘.๒)

๕. ชนิดของกำลังม้า

๕.๑ กำลังม้าดัชนี (INDICATED HORSEPOWER) คือ กำลังม้าที่เกิดขึ้นภายในกระบอกสูบ กำลังชนิดนี้เกิดจากความดันประสิทธิผล (EFFECTIVE PRESSURE) ภายในกระบอกสูบซึ่งไปกระทำให้ลูกสูบเคลื่อนที่ลงในช่วงชักกำลัง กำลังม้าดัชนีสามารถคำนวณมาได้ถ้าทราบค่าความดันเฉลี่ยซึ่งกระทำตลอดวัฏจักรของเครื่องยนต์ ความดันเฉลี่ยนี้ก็คือ ความดันดัชนีประสิทธิผลโดยเฉลี่ย ซึ่งมีชื่อเรียกว่า INDICATED MEAN EFFECTIVE PRESSURE หรือใช้คำย่อว่า IMEP ตามรูปที่ ๕ - ๒ IMEP คือ พื้นที่ในส่วนที่ระบายเป็นเงาสีดำ ค่าความดันที่เกิดขึ้นตามความเป็นจริงในกระบอกสูบระหว่างช่วงชักกำลัง จะแสดงไว้เป็นเส้นโค้งที่มียอดแหลมซึ่งเป็นส่วนเกิดความดันสูงสุด

๕.๒ กำลังม้าเสียดทาน (FRICTION HORSEPOWER) เนื่องจากกำลังที่เกิดขึ้นทั้งหมดภายในกระบอกสูบ ไม่ได้ถูกนำไปใช้หมุนเพลาใบพัดทั้งหมด ตามที่เห็นจากรูปที่ ๕-๒ จะมีกำลังบางส่วนที่ต้องสูญเสียไปเพื่อที่จะเอาชนะความเสียดทานภายใน กำลังบางส่วนก็ต้องใช้ไปเพื่อขับชุดบริภัณฑ์ต่างๆ เช่น แม็กนีโตและสูบเชื้อเพลิงเป็นต้น และยังมีกำลังบางส่วนที่ถูกดูดไปใช้ขับเครื่องเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER)



รูปที่ ๕-๒ ความดันในกระบอกสูบ , IMEP และกำลังต่างๆ

๕.๓ **กำลังม้าห้ามล้อ** (BREAK HORSEPOWER) เป็นกำลังที่ใช้ประโยชน์ในการขับเพลาใบพัด กำลังม้าห้ามล้อเป็นกำลังที่สำคัญที่สุดที่บอกให้ทราบถึงการทำงานที่แท้จริงของเครื่องยนต์ เครื่องวัดแรงบิดจะเป็นเครื่องใช้สำหรับวัดค่ากำลังม้าห้ามล้อและเครื่องยนต์จะถูกกำหนดอัตรากำลังเป็น กำลังม้าห้ามล้อ ความสัมพันธ์ระหว่างกำลังม้าทั้งสามชนิดจะเห็นได้จากสูตรต่อไปนี้

กำลังม้าห้ามล้อ = กำลังม้าดัชนี – กำลังม้าเสียดทาน หรือเขียนเป็นสูตรทั่วไปได้ดังนี้

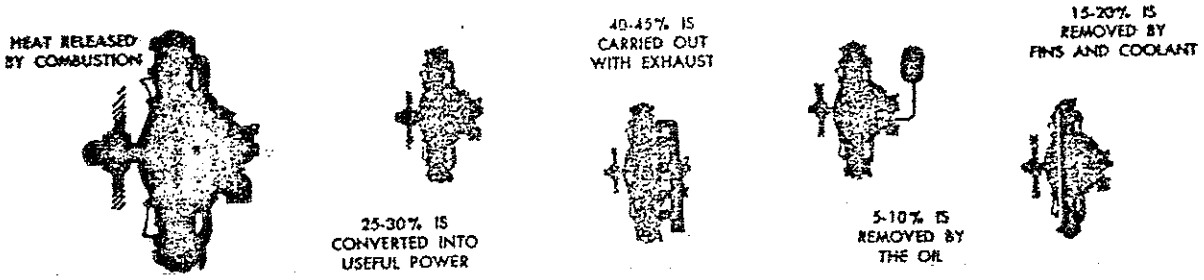
BHP = IHP - FHP

๖. ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ (ENGINE EFFICIENCY)

เมื่อพูดถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ ก็จะมีประสิทธิภาพหลายชนิดด้วยกันซึ่งเกี่ยวข้องหรือมีผลเกี่ยวกับสมรรถนะของเครื่องยนต์ แต่ในที่นี้เราจะพิจารณาถึงประสิทธิภาพที่มีความสำคัญกว่าประสิทธิภาพชนิดอื่นเพียงสองชนิดด้วยกัน คือ ประสิทธิภาพทางกล (MECHANICAL EFFICIENCY) และประสิทธิภาพทางความร้อน (THERMAL EFFICIENCY)

๖.๑ **ประสิทธิภาพทางกล** (MECHANICAL EFFICIENCY) คือจำนวนเปอร์เซ็นต์ของกำลังม้าดัชนี ซึ่งเปลี่ยนไปเป็นกำลังม้าห้ามล้อ เพื่อจะแสดงให้เห็นว่าเครื่องยนต์มีความสามารถในการเปลี่ยนพลังงานศักย์ซึ่งเกิดจากการสันดาปภายในกระบอกสูบให้เป็นกำลังที่เป็นประโยชน์ในการหมุนใบพัดได้ดีแค่ไหน ประสิทธิภาพนี้ตามปกติจะแสดงไว้เป็นค่าของอัตราส่วนของกำลังม้าห้ามล้อต่อกำลังม้าดัชนี หรือ BHP / IHP และจะมีค่าสูงสุด (ในขณะที่ทำงานอยู่ในย่านเดินทาง) ประมาณ ๘๐% ถึง ๘๕% สำหรับเครื่องยนต์ส่วนใหญ่โดยทั่วไป

๖.๒ **ประสิทธิภาพทางความร้อน** (THERMAL EFFICIENCY) คือเปอร์เซ็นต์ของพลังงานศักย์ในเชื้อเพลิงที่ใช้ไปโดยเครื่องยนต์ เพื่อเปลี่ยนให้เป็นพลังงานที่จะต้องใช้งานอย่างแท้จริงหรือกำลังม้าดัชนี จากจำนวนของความร้อนที่จ่ายให้ทั้งหมด (ค่า BTU ในเชื้อเพลิง 1. BTU คือค่าความร้อนที่สามารถทำงานทางกลได้งานเท่ากับ ๗๗๘ ฟุต – ปอนด์) จะมีเพียงประมาณ ๒๕ - ๓๐% ที่เป็นกำลังส่งออกเพื่อใช้ในการทำงาน ส่วนที่เหลือจะสูญเสียไปโดยมี ๑๕ - ๒๐% ต้องสูญไปเพราะถูกแผ่กระจายไปกับครีบระบายความร้อนของกระบอกสูบ ๔๐ - ๔๕% สูญเสียไปทางระบบปล่อยไอเสีย ๕ - ๑๐% ระบายออกไปโดยน้ำมันหล่อลื่น ๕% สูญเสียไปเพื่อเอาชนะความเสียดทาน (ดูได้จากรูปที่ ๕ - ๓) ประสิทธิภาพทางความร้อนของเครื่องยนต์ลูกสูบส่วนมากมีประมาณ ๒๕%



รูปที่ ๕ - ๓ การกระจายความร้อนในเครื่องยนต์

๗. ตัวประกอบซึ่งยังผลกับกำลังของเครื่องยนต์

จากการอธิบายเกี่ยวกับกำลังม้าจะเห็นว่า กำลังที่ใช้หมุนเพลาข้อเหวี่ยงนั้นเป็นผลเกิดจากความดันภายในกระบอกสูบที่ใช้ผลักดันหัวกระบอกสูบ ขณะที่ความดันในกระบอกสูบเพิ่มขึ้นตามอัตราปกติกำลังที่เกิดขึ้นก็ควรจะเพิ่มขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามถ้าความดันสูงสุด (PEAK PRESSURE) ในกระบอกสูบมิได้เกิดขึ้นตามเวลาที่กำหนด (ปกติระหว่าง ๕ องศาและ ๑๕ องศาหลังศูนย์ตายบน) พลังงานศักย์ที่แฝงอยู่ในก๊าซความดันสูงจะถูกปล่อยออกมาในรูปของพลังงานความร้อนมากกว่าที่จะออกมาในรูปของพลังงานกลที่ใช้เป็นประโยชน์ในการทำงาน ดังนั้นเมื่อพูดถึงตัวประกอบที่มีผลกระทบกระเทือนต่อกำลังของเครื่องยนต์ก็จะต้องพิจารณาถึงตัวประกอบต่างๆ ที่มีผลต่อจำนวนของความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบด้วย

๗.๑ อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิง

อัตราการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงในส่วนผสมอากาศ เชื้อเพลิงจะเป็นตัวบอกให้ทราบว่าจุดไหนที่จะทำให้เกิดความดันสูงสุด (สมมติว่าทราบองศาของการจุดระเบิด) เหตุผลที่ว่าอัตราส่วนของอากาศเชื้อเพลิงระหว่าง ๑๒ : ๑ และ ๑๓ : ๑ เป็นอัตราส่วนที่ให้กำลังดีที่สุดนั้นเพราะว่า ที่อัตราส่วนที่เชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้เร็วที่สุด ดังนั้นจึงทำให้เกิดความดันสูงสุดใกล้กับจุดที่ให้ผลที่ดีที่สุด (ประมาณ ๕ องศา หลังศูนย์ตายบน) ตัวประกอบในขั้นแรกสำหรับพิจารณาถึงอัตราการเผาไหม้คือ

๗.๑.๑ อัตราส่วนอากาศ – เชื้อเพลิง

ที่ความเร็วรอบต่อนาทีและความดันที่กำหนดให้ใดๆ ก็ตาม ส่วนผสมที่ให้กำลังดีที่สุดก็คือ ส่วนผสมที่เผาไหม้เร็วที่สุด ส่วนผสมที่นอกเหนือไปจากนี้ (เป็นส่วนผสมที่อาจจะบางกว่าหรือหนากว่า) จะเป็นส่วนผสมที่เผาไหม้ได้ช้ากว่าและจะทำให้เกิดความดันสูงสุดขึ้นช้ากว่าและมีจำนวนน้อยกว่าด้วย

๗.๑.๒ ความดันในกระบอกสูบ

ความหนาแน่นของส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิงจะทำให้อัตราการเผาไหม้เปลี่ยนแปลงไปด้วย ถ้าความดันในกระบอกสูบเพิ่มขึ้น จะทำให้ส่วนผสมมีความหนาแน่นเพิ่มขึ้น และอัตราการเผาไหม้ก็จะเร็วขึ้นด้วย ส่วนในขณะที่ความดันในกระบอกสูบลดลง อัตราการเผาไหม้ก็จะลดลงด้วย

๗.๑.๓ อัตราการเผาไหม้เปรียบเทียบกับเวลาการเผาไหม้

เป็นที่แน่ชัดว่าอัตราการเผาไหม้คือ ระยะทางหารด้วยเวลาและตามปกติจะมีหน่วยเป็นฟุตต่อวินาที เมื่อกล่าวว่า อัตราการเผาไหม้ของส่วนผสม ๑๒ : ๑ เร็วกว่าอัตราการเผาไหม้ของส่วนผสม

๑๐ : ๑ ก็หมายความว่าส่วนหน้าของเปลวไฟของส่วนผสม ๑๒ : ๑ (สมมติว่าการทำงานอยู่ในสภาพเหมือนกัน) ขยายเร็วกว่าส่วนหน้าของเปลวไฟของส่วนผสม ๑๐ : ๑ อย่างไรก็ตามถ้ากล่าวถึง เวลาการเผาไหม้ ก็จะหมายถึงเวลาที่ต้องการเพื่อเผาไหม้ส่วนผสมอากาศ เชื้อเพลิงทั้งหมด เวลาการเผาไหม้เกี่ยวข้องกับ

- อัตราการเผาไหม้และตัวประกอบทุกตัวที่เกี่ยวข้องกับอัตราการเผาไหม้
- จำนวนหัวเทียนในกระบอกสูบ
- ขนาดของห้องสันดาป

๗.๒ ความดันไอดี

ตามที่ได้กล่าวไว้ในระบบไอดีว่า ความดันไอดีเป็นความดันสมบูรณ์ (ABSOLUTE PRESSURE) ซึ่งมีหน่วยเป็นนิ้วปรอทภายในวงแหวนสะสมก๊าซ (COLLECTOR RING) ของตัวเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER) ซึ่งขับโดยเครื่องยนต์ความดันไอดี คือ ความดันที่เกิดขึ้นในท่อทางไอดี เพื่อช่วยขับดันส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเข้าไปในกระบอกสูบ เมื่อความดันไอดีเพิ่มขึ้นส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิงที่ถูกอัดเข้าไปในกระบอกในจังหวะไอดีก็หนาขึ้น ทำให้ความดันสูงขึ้นในช่วงชักความอัด และเมื่อความดันของกระบอกสูบสูงขึ้น ส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงจะเผาไหม้อย่างรวดเร็วยิ่งขึ้น ดังนั้นความดันสูงสุด (PEAK PRESSURE) จะเกิดขึ้นก่อนในวัฏจักรและสูงขึ้นกว่าเก่าด้วย จงสังเกตว่าการเพิ่มความดันไอดีนั้นจะต้องเพิ่มอยู่ในขอบเขตจำกัด เพราะต้องคำนึงไม่ให้ความดันเพิ่มขึ้นจนเป็นอันตรายต่อเครื่องยนต์ได้ ตัวประกอบซึ่งกำหนดค่าของความดันไอดี คือ

๗.๒.๑ สภาพของบรรยากาศ (ATMOSPHERIC CONDITIONS)

ความดัน อุณหภูมิ และความชื้นของอากาศที่แวดล้อมจะมีผลกระทบกระเทือนต่อความดันไอดี

๗.๒.๒ การเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER)

อัตราเร็วของตัวเพิ่มประจุก๊าซ ซึ่งขับโดยเครื่องยนต์และอัตราเร็วของตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ก็จะมีผลกระทบกระเทือนต่อความดันไอดี

๗.๒.๓ ตำแหน่งคันเร่ง (THROTTLE POSITION)

การเปิดลิ้นคันเร่งที่ตำแหน่งต่างๆ จะเป็นการควบคุมจำนวนการไหลของกระแสอากาศที่เข้าสู่เครื่องยนต์ คันเร่งจึงเป็นตัวควบคุมความดันไอดีเป็นอันดับแรก

๗.๒.๔ ความเร็วรอบต่อนาที

ในเครื่องยนต์ที่ติดตั้งด้วยใบพัดอัตราเร็วคงที่ ความเร็วรอบต่อนาทีของเครื่องยนต์ถูกควบคุมแยกออกอิสระจากตำแหน่งคันเร่ง คือ เราสามารถจะเปลี่ยนความเร็วรอบต่อนาทีได้โดยไม่ต้องเปลี่ยนตำแหน่งของคันเร่งการทำเช่นนี้ จะทำให้ขีดความสามารถในการดูดเอาส่วนผสมเข้าภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์จะเปลี่ยนไปตามความเร็วรอบต่อนาที เมื่อความเร็วรอบต่อนาทีเพิ่มขึ้น ลูกสูบก็เคลื่อนที่เร็วขึ้นทำให้เกิดการดูดเอาส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงเข้ามาภายในกระบอกสูบมากขึ้นด้วย แต่ความดันไอดีจะลดลงและเมื่อความเร็วรอบต่อนาทีลดลง จะเกิดผลในทางตรงข้าม ผลที่เกิดจากการเพิ่มอัตราเร็วของ

เรือนใบพัดก๊าซ (IMPELLER) ของตัวเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER) จะไม่เพียงพอที่จะชนะผลที่เกิดจากการที่ความเร็วรอบต่อนาทีเพิ่มขึ้น

๗.๓ จุดของการจุดระเบิด (POINT OF IGNITION)

ด้วยความดันไอดีและอัตราส่วนอากาศ – เชื้อเพลิงที่กำหนดให้ จุดของการจุดระเบิดจะเป็นตัวประกอบที่บอกให้ทราบว่าความดันสูงสุด (PEAK PRESSURE) จะเกิดขึ้น ณ ที่ใด ถ้าการจุดระเบิดเกิดช้ากว่าเวลาที่กำหนด ความดันสูงสุดในช่วงชักกำลังจะเกิดช้ากว่าปกติ และความดันสูงสุดที่ได้ก็จะต่ำลงด้วย ถ้าการจุดระเบิดเกิดเร็วกว่าเวลาที่กำหนด ความดันสูงสุดจะเกิดขึ้นใกล้กับจุดศูนย์ตายบนซึ่งอาจทำให้เกิดการระเบิดอย่างวิปริตขึ้นได้ถ้าความดันไอดีสูงกว่าเกณฑ์ ในสองกรณีดังกล่าวจะทำให้อุณหภูมิที่หัวกระบอกสูบสูงขึ้น ดังนั้นการที่จะให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะที่เหมาะสม จึงต้องให้การจุดระเบิดเกิดขึ้นตรงตามจุดที่แน่นอนซึ่งได้บ่งไว้ในเอกสารเทคนิค

๗.๔ อัตราส่วนความอัด (COMPRESSION RATIO)

อัตราส่วนความอัดของเครื่องยนต์จะกำหนดไว้แน่นอนโดยการแบบแผนจากบริษัทผู้ผลิตเป็นอัตราส่วนของปริมาตรในกระบอกสูบในขณะที่ลูกสูบอยู่ที่จุดศูนย์ตายล่างกับปริมาตรที่เหลืออยู่ เมื่อลูกสูบอยู่ที่ศูนย์ตายบน อัตราส่วนความอัดจะเกี่ยวพันกับความดันซึ่งเกิดขึ้นในกระบอกสูบในช่วงชักความอัดและอัตราการเผาไหม้ด้วย

๗.๕ การรั่วไหลของความดันในกระบอกสูบ

ความดันที่ถูกกักอยู่ในกระบอกสูบ จะมีผลเกี่ยวข้องกับกำลังที่เกิดขึ้นของเครื่องยนต์ ปริมาณการรั่วไหลของความดันขึ้นอยู่กับสภาพของลิ้นและแหวนลูกสูบ เมื่อการรั่วไหลมากเกินไปความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบจะต่ำลง และจะเกิดขึ้นช้ากว่าปกติในช่วงชักกำลัง เพราะเมื่อเกิดการรั่วไหลมากอัตราการเผาไหม้จะช้าลงและความดันสูงสุดจะต่ำกว่าปกติด้วย

๗.๖ ประสิทธิภาพทางปริมาตร (VOLUMETRIC EFFICIENCY)

ประสิทธิภาพทางปริมาตร คืออัตราส่วนระหว่างน้ำหนักของเชื้อเพลิงและอากาศที่ถูกดึงดูดเข้าไปในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ภายใต้สภาพการทำงานที่เป็นจริงกับน้ำหนักของเชื้อเพลิงและอากาศที่กระบอกสูบจะดึงดูดไว้ภายใต้สภาพการทำงานตามมาตรฐาน คือที่ระดับน้ำทะเลในขณะที่มีความดันบรรยากาศตามมาตรฐาน (อุณหภูมิ ๖๐°F ความชื้นเป็นศูนย์ ความดันบรรยากาศเท่ากับ ๒๙.๙๒ นิ้วปรอท) เครื่องยนต์ที่ติดตั้งด้วยเครื่องเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER) อาจจะมีประสิทธิภาพทางปริมาตรมากกว่า ๑๐๐% ในพิสัยการทำงานของบางย่านที่แน่นอน แต่เครื่องยนต์ที่มิได้ทำการเพิ่มประจุก๊าซจะมีประสิทธิภาพทางปริมาตรไม่เกินไปกว่า ๘๓% ตัวประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพทางปริมาตรได้แก่

๗.๖.๑ อัตราส่วนหรือความแตกต่างระหว่างความดันที่ช่องทางเข้าของกระบอกสูบ (ความดันไอดี) และความดันที่ช่องทางออก (ความดันกลับของไอเสีย)

๗.๖.๒ ความสัมพันธ์ระหว่างการตั้งลิ้นและความเร็วรอบต่อนาที

ตามปกติเครื่องยนต์จะถูกแผนแบบให้มีประสิทธิภาพสูงสุดเฉพาะที่ย่านอัตราเร็วย่านใดย่านหนึ่งเท่านั้น การเหลื่อมของลิ้นจึงถูกแผนแบบให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ณ อัตราเร็วใดอัตราเร็วหนึ่งโดยเฉพาะการตั้งเวลาของเหตุการณ์ปิดลิ้นไอดีก็เช่นเดียวกัน คือจะต้องตั้งองศาให้ลิ้นไอดีปิดที่อัตราเร็วเดียวกับการตั้งให้ลิ้นเหลื่อมกัน เมื่อไรก็ตามที่เครื่องยนต์เดินด้วยอัตราเร็วอื่นนอกเหนือไปจากความเร็วที่รอบเดินทางแล้ว ประสิทธิภาพทางปริมาตรของเครื่องยนต์จะลดลง ปริมาณของลิ้นเหลื่อมกันที่ให้ประสิทธิภาพมากที่สุดที่อัตราเร็วรอบเดินทางจะเป็นปริมาณที่มากไปเมื่อเครื่องยนต์มีความเร็วต่ำเช่นรอบเดินเบาเป็นต้น และเมื่อเครื่องยนต์เดินด้วยอัตราเร็วที่สูงกว่ารอบเดินทาง เครื่องยนต์จะมีประสิทธิภาพลดลง เพราะว่าที่ความเร็วรอบต่อนาที ที่สูงกว่าก็ต้องการจำนวนองศาของลิ้นเหลื่อมกันมากกว่าเพื่อให้ลิ้นไอดีเปิดอยู่นานกว่า

๗.๖.๓ ระยะเว้นของลิ้นร้อน (หรือในขณะเดินเครื่องยนต์)

ระยะเว้นของลิ้นจะมีผลไปถึงการตั้งลิ้น (กำหนดเวลาปิดเปิดของลิ้น) ขนาดของระยะเว้นลิ้นในขณะเดินเครื่องยนต์ (ระยะเว้นลิ้นขณะร้อน) ขึ้นอยู่กับตัว ประกอบ ๒ ตัว คือ

- ระยะเว้นของลิ้นซึ่งช่างตั้งในขณะที่เครื่องยนต์เย็น
- อุณหภูมิของหัวกระบอกสูบ ซึ่งจะเป็นตัวกำหนดว่า กระบอกสูบขยายตัวได้แค่ไหน ดังนั้นอุณหภูมิจึงเป็นตัวบอกให้ทราบว่าระยะเว้นของลิ้นจะเพิ่มขึ้นมากแค่ไหน (ระยะเว้นลิ้นจะเพิ่มขึ้น เมื่ออุณหภูมิของหัวกระบอกสูบเพิ่มขึ้น)

๗.๖.๔ อุณหภูมิของส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศ

อุณหภูมิของส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศที่เข้าไปในกระบอกสูบจะมีผลทำให้ปริมาณของส่วนผสมที่ถูกดันเข้าไปในกระบอกสูบเปลี่ยนแปลงไป และทำให้ประสิทธิภาพทางปริมาตรเปลี่ยนไปด้วย ปริมาตรของก๊าซเมื่อความดันคงที่จะเปลี่ยนแปลงเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิ ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้น (ตามกฎของชาร์ล – CHARLIE'S LAW) ถ้าอุณหภูมิเพิ่มขึ้นปริมาตรที่ประจุก๊าซ (ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศ) ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จึงทำให้ส่วนผสมที่ถูกอัดเข้าไปในกระบอกสูบมีความหนาแน่นลดลง ตัวประกอบที่เกี่ยวกับอุณหภูมิของส่วนผสมดังนี้

- อุณหภูมิของอากาศรอบนอกที่ถูกดึงดูดเข้าไปในเครื่องยนต์ (อุณหภูมิของอากาศในคาร์บูเรเตอร์)
- จำนวนของอุณหภูมิที่สูงขึ้น เนื่องจากการประจุก๊าซ
- จำนวนความร้อนที่ถ่ายเทให้กับส่วนผสมที่ไหลเข้ามาในกระบอกสูบ ปริมาณของความร้อนที่ถ่ายเทให้นี้จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิหัวกระบอกสูบเพิ่มขึ้น

๗.๗ การวิเคราะห์ข้อขัดข้อง

กล่าวโดยสรุปว่า มีตัวประกอบหลายอย่างซึ่งทำให้ความดันที่เกิดขึ้นในกระบอกสูบเปลี่ยนแปลงไป ตัวประกอบเหล่านี้มีความเกี่ยวข้องต่อกันและกัน เมื่อตัวประกอบตัวหนึ่งเปลี่ยนไปจะทำให้ตัวประกอบตัวอื่นเปลี่ยนไปด้วย โดยเหตุนี้ข้อขัดข้องอันเดียวกันแทนที่จะปรากฏออกมาโดยมีอาการอย่างเดียวกัน กลับปรากฏออกมาให้เห็นในลักษณะที่ต่างๆ กัน ดังนั้นการที่จะวิเคราะห์ข้อขัดข้องก็ต้องนำเอาอาการต่างๆ ในแต่ละระบบมารวมกันเป็นชุดแล้วจึงจะสามารถหาสาเหตุได้ การวิจัยปัญหาแต่ละปัญหาจึงต้องนำอาการที่มีสาเหตุเกี่ยวข้องกันมารวมกันเป็นชุด แล้วจึงจะหาสาเหตุข้อขัดข้องของแต่ละระบบให้แน่นอนลงไปได้ จึงเป็นหน้าที่ของช่างผู้มีหน้าที่ทำการปรับสภาพเครื่องยนต์ที่จะเรียนรู้และสังเกตเครื่องวัดต่างๆ และจากการวิเคราะห์เกณฑ์ต่างๆ จากค่าที่อ่านได้ จะทำให้สามารถบอกได้ว่าสมรรถนะของเครื่องยนต์อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานหรือไม่ ถ้าต่ำกว่ามาตรฐานที่กำหนด ช่างก็จะต้องรู้สาเหตุว่าข้อขัดข้องนั้นเกิดจากระบบใด ทั้งนี้สังเกตได้จากการอ่านค่าเครื่องวัดต่างๆ จากแผงเครื่องวัดในห้องนักบิน

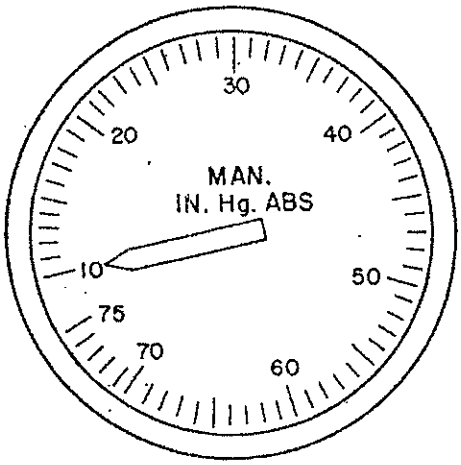
๘. เครื่องวัดสำหรับเครื่องยนต์

เครื่องวัดสำหรับเครื่องยนต์มีไว้เพื่อให้ผู้ใช้เครื่องยนต์ได้รู้สภาพของระบบต่างๆ ในเครื่องยนต์ เช่นเครื่องวัดจะบอกให้ทราบถึงสภาพของความดันในระบบหล่อลื่น , แรงบิด , ความดันเชื้อเพลิง , ความดันไอดี , อุณหภูมิหัวกระบอกสูบ , อุณหภูมิของอากาศที่เข้าในคาร์บูเรเตอร์ , อุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่น และความเร็วรอบต่อนาทีของเครื่องยนต์ จากประสบการณ์ที่ผ่านมาบอกให้ทราบว่าเครื่องวัดจะเป็นเครื่องชี้บอกที่เชื่อถือได้ก็ต่อเมื่อรู้จักอ่านค่าและมีความหมายจากค่าที่อ่านได้เท่านั้น ดังนั้นความรู้ในการตีความหมายจากการอ่านค่าเครื่องวัดจึงมีความสำคัญต่อช่างปรับสภาพเครื่องยนต์เท่าๆ กับนักบินเลยก็ว่าได้ เครื่องวัดที่ใช้วัดค่าต่างๆ สำหรับเครื่องยนต์มี

๘.๑ เครื่องวัดความดันไอดี (MANIFOLD PRESSURE GAUGE)

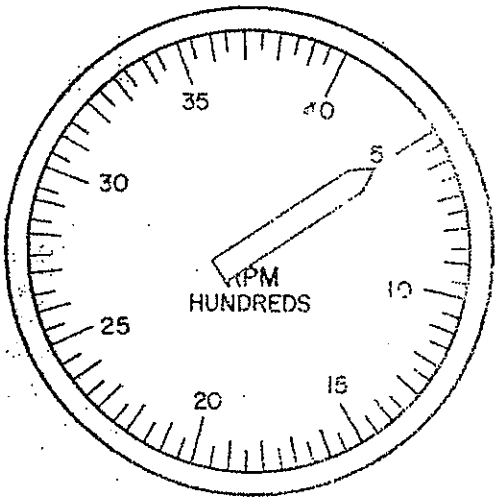
เครื่องวัดความดันไอดี ประกอบด้วยกลไกสะท้อนบอกค่าความดันบรรจุอยู่ภายในซึ่งจะขยายหรือหดตัวตามขนาดแรงดันที่กระทำ เครื่องวัดความดันไอดีเป็นเครื่องวัดที่ วัดความดันจากแหล่งโดยตรงเลยทีเดียวมีหน่วยวัดความดันสมบูรณ์เป็นนิ้วปรอท (๒.๐๔ นิ้วปรอทเท่ากับความดัน ๑ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว) เครื่องวัดความดันไอดี , เครื่องวัดรอบและเครื่องวัดแรงบิด จะได้ค่าซึ่งทำให้ทราบถึงสมรรถนะและกำลังส่งออกของเครื่องยนต์ว่าดีมากน้อยแค่ไหน ระหว่างที่ทำการบิน การเปลี่ยนแปลงค่าความดันไอดีอาจจะทำได้โดยการเปลี่ยนแปลงการตั้งคันบังคับคันเร่งหรือคันบังคับรอบใบพัดในระหว่างการเดินเครื่องยนต์ที่พื้น เมื่อเครื่องยนต์ทำงานที่อัตราเร็วค่าความดันในท่อไอดีระหว่างลิ้นคันเร่งของคาร์บูเรเตอร์และช่องไอดีที่ติดกับกระบอกสูบจะต่ำลง ดังนั้นเครื่องวัดไอดีจะอ่านค่าความดันไอดีในขณะนั้นต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ที่รอบเดินเบา ค่าความดันไอดีจะมีค่าประมาณ ๑๕ นิ้วปรอท ซึ่งต่ำกว่าความดันบรรยากาศ ทั้งนี้เพราะว่าที่รอบเดินเบาลิ้นคันเร่งอยู่ในตำแหน่งที่เกือบปิด แต่เมื่อลิ้นคันเร่งเปิดกว้างขึ้น

อัตราเร็วของเครื่องยนต์จะเพิ่มขึ้น เพราะประจุก๊าซเข้าไปมากขึ้น ดังนั้นค่าความดันไอดีก็จะเพิ่มขึ้นด้วย สำหรับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งด้วยเครื่องเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ค่าความดันไอดีอาจจะสูงถึง ๖๐ นิ้วปรอท ในขณะที่เดินเครื่องยนต์ในรอบที่กำลังสูงสุด เมื่อเครื่องยนต์ไม่ได้ทำงานความดันไอดีจะเท่ากับความดันบรรยากาศ คือประมาณ ๓๐ นิ้วปรอทที่ระดับน้ำทะเล



รูปที่ ๕ - ๔ เครื่องวัดความดันไอดี

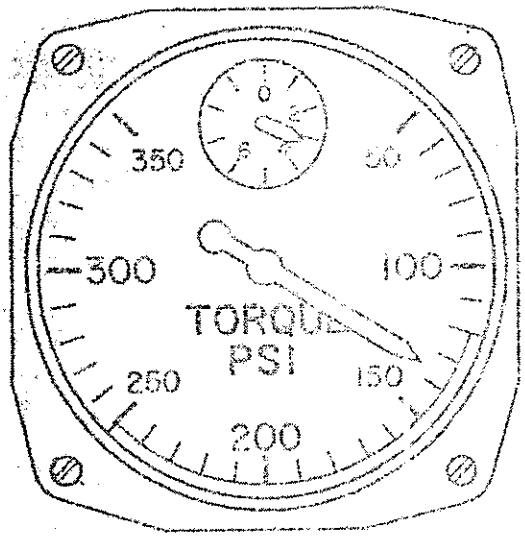
๘.๒ **เครื่องวัดรอบ** (TACHOMETER)



รูปที่ ๕ - ๕ เครื่องวัดรอบ

เครื่องวัดรอบตมรูปที่ ๕ - ๕ จะเป็นเครื่องชี้บอกให้ทราบค่าอัตราเร็วของเครื่องยนต์ ระบบเครื่องวัดรอบประกอบด้วยเครื่องอ่านค่าและเยนเนอเรเตอร์วัดรอบ ตัวเยนเนอเรเตอร์วัดรอบติดตั้งอยู่กับเครื่องยนต์และถูกขับให้หมุนผ่านเฟืองทดของเครื่องยนต์ การหมุนของเยนเนอเรเตอร์จะเป็นตัวผลิตกระแสไฟฟ้าเป็นอัตราส่วนตามการเปลี่ยนแปลงของความความเร็วรอบของเครื่องยนต์ กระแสไฟฟ้าจะถูกส่งเข้าไปยังเครื่องอ่านค่าซึ่งประกอบด้วยมอเตอร์ชนิดสามารถชนิดสามเฟสติดตั้งอยู่ตอนท้ายของตัวเรือนชุดต้านแรงแม่เหล็ก (MAGNETIC - DRAG) ติดตั้งอยู่ตอนกลางและด้านหน้าของตัวเรือนประกอบด้วยหน้าปัดเข็มชี้ ซึ่งจะอ่านค่าความเร็วรอบต่อนาทีของเพลาข้อเหวี่ยง

๘.๓ เครื่องวัดแรงบิด (TORQUEMETER)



รูปที่ ๕ - ๖ เครื่องวัดแรงบิด

เครื่องวัดแรงบิดเป็นเครื่องมือใช้วัดกำลังส่งออกของเครื่องยนต์โดยจะวัดแรงที่ใช้หมุน หรือ แรงบิด ซึ่งเครื่องยนต์กระทำต่อเพลาใบพัดเมื่อทราบว่าแรงบิดที่ความเร็วรอบต่อนาทีต่างๆ พร้อมกับตัวประกอบคงที่ ก็จะสามารถคำนวณหากำลังม้าห้ามล้อส่งออกที่เพลาใบพัดได้ ค่าตัวประกอบคงที่แต่ละเครื่องจะไม่เหมือนกันขึ้นอยู่กับว่าเครื่องยนต์นั้นเป็นแบบไหนก็จะมีค่าคงที่สำหรับเครื่องยนต์แบบนั้น โดยเฉพาะเครื่องวัดแรงบิดที่แสดงไว้ในรูปที่ ๕ - ๖ จะใช้หลักการโดยอาศัยการเคลื่อนตัวของชุดเฟืองทดใบพัดเป็นตัวบอกค่า หลักการนี้เป็นไปได้ก็เพราะแรงที่กระทำเฟืองวงแหวนสถิต (FIXED RING GEAR) ของชุดประกอบเฟืองทดใบพัดจะเป็นปฏิภาคโดยตรงกับแรงที่กระทำกับเพลาใบพัด ถ้าแรงบิดที่เพลาใบพัดเพิ่มขึ้น เฟืองแหวนสถิตก็จะเคลื่อนตัวก็จะเป็นสัดส่วนกับแรงบิดที่ใช้กระทำแต่การเคลื่อนตัวของมันจะถูกความดันน้ำมันหล่อลื่นจากสูบกระตุ้นกระทำต่อต้านไว้ โดยการวัดแรงที่ต่อต้าน (ความดันน้ำมันหล่อลื่น) ก็จะทำให้สามารถทราบถึงค่าแรงบิดของเครื่องยนต์ได้

๘.๔ เครื่องวัดอุณหภูมิ

มีเครื่องวัดอุณหภูมิ ๓ เครื่องด้วยกันที่มีความสำคัญในการบอกอุณหภูมิของเครื่องยนต์ในขณะที่ใช้ปฏิบัติงาน เครื่องวัดทั้งสาม คือ เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น เครื่องวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบ และเครื่องวัดอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์

๘.๔.๑ เครื่องวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น

การวัดอุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่นโดยทั่วไปจะวัดอุณหภูมิของน้ำมันหล่อลื่นที่บริเวณใกล้กับช่องทางเข้าของน้ำมันหล่อลื่นในระบบจากการวัดดุที่จุดนี้ ค่าของอุณหภูมิที่อ่านได้จะเป็นค่าที่แสดงถึงสภาพความหนืดของน้ำมันหล่อลื่นก่อนที่จะไหลเข้าไปยังเครื่องยนต์ น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้สำหรับการระบาย

ความร้อนและหล่อลื่นเครื่องยนต์จะต้องมีอุณหภูมิอยู่ในเกณฑ์กำหนดเพื่อรักษาคุณสมบัติของการหล่อลื่นให้เหมาะกับการใช้งาน

๘.๔.๒ เครื่องวัดอุณหภูมิหัวกระบอกสูบ

เครื่องยนต์ลูกสูบดาว จะใช้เทอร์โมคัพเปิ้ลติดตั้งไว้ที่หัวกระบอกสูบลูกที่ร้อนที่สุด กระบอกสูบลูกนี้ตามปกติเป็นกระบอกสูบลูกที่มีกระแสอากาศไหลผ่านน้อยที่สุด เทอร์โมคัพเปิ้ลจะติดตั้งไว้ใต้หัวเทียนตัวหลัง หรือในช่องพิเศษตอนบนสุดหรือด้านหลังของ หัวกระบอกสูบ การที่เลือกตำแหน่งติดตั้งของเทอร์โมคัพเปิ้ลนั้นก็เพราะต้องการให้ได้ค่าอุณหภูมิที่มีเสถียรภาพดี (คือไม่เปลี่ยนแปลงรวดเร็วเกินไป) และมีการได้เปรียบเชิงกลด้วยคือสะดวกต่อการติดตั้งและสายต่อมีความคงทนต่อการใช้งาน

๘.๔.๓ เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์

กระเปาะความต้านทานที่ใช้วัดอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์ตามปกติจะติดตั้งอยู่ในพลั่วดักอากาศ (AIR SCOOP) ซึ่งอยู่ตอนบนถัดจากคาร์บูเรเตอร์ ค่าอุณหภูมิที่วัดได้จากตำแหน่งนี้จะเป็นค่าที่เชื่อถือได้มากที่สุดในการที่จะบอกให้ทราบว่าเมื่อใดอากาศที่ไหลเข้ามายังคาร์บูเรเตอร์จะมีสภาพเกาะตัวเป็นน้ำแข็ง เมื่อค่าที่อ่านบอกว่าอากาศกำลังจะมีสภาพเกาะตัวเป็นน้ำแข็ง นักบินหรือผู้ใช้เครื่องยนต์ก็จะเปลี่ยนทางเดินของอากาศให้เข้าไปยังเครื่องทำความร้อนในระบบนำไอดีก่อน เพื่อให้อากาศอุ่นตัวก่อนที่จะไหลเข้าไปยังคาร์บูเรเตอร์ ถ้าเกิดการเกาะตัวเป็นน้ำแข็งหรือสิ่งสกปรกที่ช่องระบายระหว่างห้อง A และห้อง B จะทำให้แรงมาตรอากาศเพิ่มขึ้นมากกว่าปกติจึงทำให้ส่วนผสมหนา แต่ถ้าเกิดน้ำแข็งหรือมีสิ่งสกปรกที่จุดปลายท่อที่ต่อมายังท่อเวนจูรี่กระตุ้น หรือที่ปลายท่อรับอากาศปะทะจะทำให้ส่วนผสมบางลง ด้วยเหตุนี้เครื่องวัดอุณหภูมิอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์จึงมีส่วนสำคัญในการหลีกเลี่ยงไม่ให้เกิดน้ำแข็งเกาะตัวในคาร์บูเรเตอร์

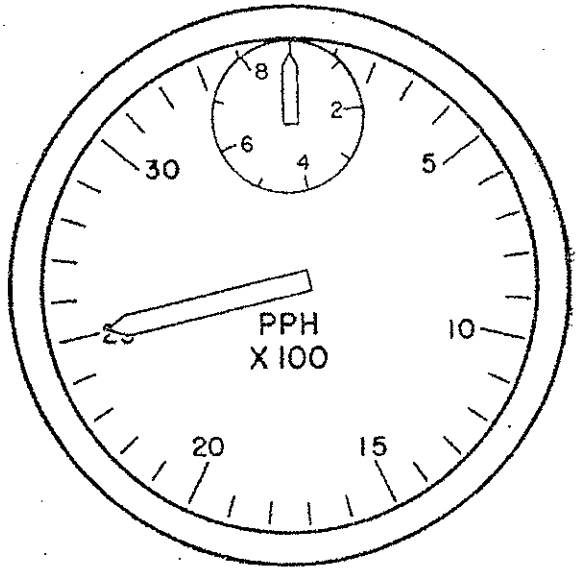
๘.๕ เครื่องวัดความดัน

๘.๕.๑ ความดันน้ำมันหล่อลื่น

ระบบเครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่นเป็นแบบระบบส่งทอดซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องอ่านค่าและเครื่องส่งทอด เครื่องอ่านค่าซึ่งรับสัญญาณส่งทอดมาจากเครื่องส่งทอดจะเป็นตัวบอกให้ช่างทราบถึงความดันของน้ำมันหล่อลื่นที่ถูกส่งเข้าไปยังระบบน้ำมันหล่อลื่นของเครื่องยนต์ เครื่องวัดจะเป็นตัวเตือนบอกให้ช่างระวังถึงการขาดน้ำมันหล่อลื่น ข้อขัดข้องของสูบรองลื่นละลายตัวผนึกเสีย ท่อน้ำมันหล่อลื่นแตก เพราะถ้ามีข้อขัดข้องดังกล่าวแล้วความดันน้ำมันหล่อลื่นจะลดลงผิดปกติ เครื่องวัดความดันน้ำมันหล่อลื่นมีหน้าปัดอ่านค่าความดันได้จาก ๐ ถึง ๒๐๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว สำหรับผ่านความดันที่ปลอดภัยสำหรับการปฏิบัติงานจะมีเครื่องหมายทาบอกไว้ที่หน้าปัด ความดันน้ำมันหล่อลื่นตามปกติจะมีค่าจาก ๕๐ ถึง ๙๐ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

๘.๕.๒ ความดันเชื้อเพลิง

เครื่องส่งทอดความดันเชื้อเพลิงตามปกติจะติดตั้งอยู่ที่ผนังกันไฟ (FIREWALL) และความดันของระบบเชื้อเพลิงจะถูกวัดที่คาร์บูเรเตอร์ เครื่องส่งทอดความดันเชื้อเพลิงจะวัดค่าความดันที่แตกต่างระหว่างความดันเชื้อเพลิงและความดันอากาศที่ไหลเข้าสู่คาร์บูเรเตอร์โดยวัดที่ช่องทางไหลเข้าของเชื้อเพลิงและช่องทางไหลเข้าของอากาศตามลำดับ ดังนั้นเครื่องวัดเป็นตัวบอกค่าความดันแตกต่างเชื้อเพลิง (เครื่องวัดความดัน) ที่เกิดขึ้นที่ช่องทางเข้าของคาร์บูเรเตอร์ ที่ตัวเรือนเครื่องวัดจะมีข้อต่อสำหรับต่อท่ออยู่ ๒ ทาง ข้อหนึ่งต่อไปยังท่อระเหยของอากาศและอีกข้อหนึ่งต่อเข้ากับท่อเชื้อเพลิง ท่อระเหยต่อเข้ากับช่องทางอากาศเข้าของคาร์บูเรเตอร์ ถ้าเกิดข้อผิดพลาดขึ้นที่ท่อระเหยของเครื่องวัดจะทำให้เครื่องวัดอ่านค่าความดันเชื้อเพลิงคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง เครื่องวัดมีหน่วยวัดค่าความดันเป็นปอนด์ต่อตารางนิ้ว



รูปที่ ๕ - ๗ ตัวอ่านค่าอัตราไหลเชื้อเพลิง

๘.๖ **เครื่องวัดอัตราไหลเชื้อเพลิง** (FUEL FLOWMETER)

เครื่องวัดอัตราไหลเชื้อเพลิงประกอบไปด้วยเครื่องส่งทอดและเครื่องอ่านค่า เครื่องส่งทอดติดตั้งอยู่ในท่อนำเชื้อเพลิงเข้าเครื่องยนต์หลังสูบเชื้อเพลิงทำหน้าที่วัดอัตราการไหลของเชื้อเพลิง เครื่องส่งทอดมีระบบไฟฟ้าต่อเข้ากับตัวอ่านค่า (แสดงไว้ในรูปที่ ๕ - ๗) ซึ่งติดตั้งอยู่ในห้องนักบินมีหน่วยวัดอัตราการสิ้นเปลืองของเชื้อเพลิงเป็นปอนด์ต่อชั่วโมง

๙. เครื่องควบคุมเครื่องยนต์

จากการบรรยายที่ผ่านมาจะพูดถึงคำจำกัดความของกำลัง , ตัวประกอบซึ่งทำให้กำลังของเครื่องยนต์แปรเปลี่ยนไป และรวมถึงเครื่องวัดต่างๆ ที่จะทำให้ผู้ใช้ทราบถึงกำลังของเครื่องยนต์ ดังนั้นต่อไปนี้จึงขอพูดถึงว่ากำลังของเครื่องยนต์ได้ถูกควบคุมจากผู้ใช้ได้อย่างไร เครื่องควบคุมเครื่องยนต์หมายถึง เครื่องที่เมื่อเปลี่ยนแปลงไปจะมีผลทำให้คุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์เปลี่ยนไปโดยทันที เครื่องควบคุมหลักสำหรับเครื่องยนต์ คือ เครื่องควบคุมคันเร่ง , เครื่องควบคุมส่วนผสม เครื่องควบคุมใบพัด , เครื่องควบคุมตัวเพิ่มประจุก๊าซ (ทั้งแบบติดตั้งภายในและแผงกังหัน) และเครื่องควบคุมความร้อนของคาร์บูเรเตอร์ เครื่องควบคุมอื่น (บางครั้งเรียกว่าเครื่องควบคุมรอง) ซึ่งมีผลกระทบกระเทือนคุณลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์โดยทางอ้อม มีเครื่องควบคุมแผงครอบกระโปรงเครื่องยนต์ (ENGINE COWL FLAP) และเครื่องควบคุมตัวระบายความร้อนน้ำมันหล่อลื่น ด้วยเครื่องควบคุมทั้งสองนี้ จะทำให้ผู้ใช้สามารถปรับควบคุมอุณหภูมิใช้งานของเครื่องยนต์ได้ทางอ้อม

๙.๑ เครื่องควบคุมคันเร่ง

คันบังคับคันเร่งในห้องนักบินมีกลไก เชื่อมต่อกับลิ้นคันเร่งในเรือนคันเร่งของคาร์บูเรเตอร์ โดยการปรับลิ้นคันเร่ง (ลิ้นผีเสื้อ) ให้อยู่ในตำแหน่งต่างๆ จะเป็นการควบคุมกระแสอากาศที่ไหลเข้ามายังเครื่องยนต์ ซึ่งเป็นการควบคุมความดันไอดีนั่นเอง สำหรับเครื่องยนต์ที่ติดตั้งด้วยใบพัดอัตราเร็วคงที่ เครื่องควบคุมคันเร่งจะเป็นตัวควบคุมแรงบิดของเครื่องยนต์โดยตรงอย่างแท้จริง

๙.๒ เครื่องควบคุมส่วนผสม

คันบังคับส่วนผสมต่อเข้ากับกลไกข้อต่อของลิ้นบังคับส่วนผสมในคาร์บูเรเตอร์ด้วยคันบังคับส่วนผสม ผู้ใช้เครื่องยนต์สามารถเลือกอัตราส่วนผสมอากาศ – เชื้อเพลิงได้ตรงกับความต้องการตามสภาพปฏิบัติการของเครื่องยนต์

๙.๓ เครื่องควบคุมใบพัด

ควบคุมใบพัดในห้องนักบินจะส่งสัญญาณไฟฟ้าไปยังมอเตอร์ ซึ่งหมุนโดยชุดเฟืองในเครื่องควบคุมความเร็วใบพัด (PROPELLER GOVERNOR) เพื่อปรับควบคุมอัตราโดยการควบคุมเช่นนี้ ผู้ปฏิบัติงานก็จะสามารถเลือกความเร็วที่เหมาะสมกับสภาพการทำงาน เครื่องควบคุมความเร็วใบพัดจะรักษาความเร็วรอบต่อนาทีให้คงที่โดยการเปลี่ยนมุมปักเงยใบพัดแล้วให้ภาระกรรมบนใบพัดสอดคล้องกับแรงบิดที่เครื่องยนต์จ่ายให้ ด้วยเหตุนี้เองเมื่อแรงบิดของเครื่องยนต์เพิ่มขึ้นเนื่องจากการเร่งเครื่องยนต์ เครื่องควบคุมความเร็วใบพัดจะสะท้อนค่าในการที่อัตราเร็วมีแนวโน้มเพิ่มขึ้น เพื่อไปเพิ่มค่ามุมกลีบใบพัดมากขึ้นพอที่จะต้านกับแรงบิดของเครื่องยนต์ที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นตำแหน่งสมดุลย์ระหว่างแรงบิดเครื่องยนต์และมุมกลีบใบพัดจะเปลี่ยนตำแหน่งใหม่ในขณะที่ความเร็วรอบต่อนาทียังคงเดิมแต่กำลังม้าห้ามล้อจะสูงขึ้น

ตัวอย่าง เครื่องยนต์ R 2800 – 99 W ในระหว่างรอบเดินทางหมุนด้วยความเร็ว ๒๖๐๐ รอบต่อนาที และความดันน้ำมันหล่อลื่นวัดแรงบิดเท่ากับ ๑๑๕.๕ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว (ค่า K ซึ่งเป็นตัวประกอบคงที่เท่ากับ ๐.๐๐๖๓๒) ถ้าหากเร่งคันเร่งขึ้นจนกำลังม้าห้ามล้อเท่ากับ ๒๐๐๐ เครื่องวัดแรงบิดจะชี้บอกความดันเท่าไร

วิธีทำ จากสูตรสำหรับคำนวณหากำลังม้าห้ามล้อ

กำลังม้าห้ามล้อ = ความดันน้ำมันหล่อลื่นสำหรับวัดแรงบิด x รอบต่อนาที x K

(BHP) = (TORQUE OIL PRESSURE x RPM x K)

ดังนั้น ความดันน้ำมันหล่อลื่นสำหรับวัดแรงบิด = $\frac{\text{กำลังม้าห้ามล้อ}}{\text{รอบต่อนาที x K}}$

$$= \frac{2000}{๒๖๐๐ \times ๐.๐๐๖๓๒}$$

= ๑๒๑.๗ ปอนด์ต่อตารางนิ้ว

๙.๔ เครื่องควบคุมเครื่องเพิ่มประจุก๊าซ (SUPERCHARGER CONTROL)

เครื่องควบคุมเครื่องเพิ่มประจุก๊าซเป็นตัวปรับควบคุมอัตราเร็วของตัวเพิ่มประจุก๊าซซึ่งขับโดยเครื่องยนต์ของตัวเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน ในกรณีที่ตัวเพิ่มประจุก๊าซ ซึ่งขับโดยเครื่องยนต์มี ๒ อัตราเร็ว พนักงานควบคุมจะสามารถเลือกใช้ในตำแหน่ง HIGH – BLOWER (อัตราเร็วสูงหรือ LOW BLOWER (อัตราเร็วต่ำ) ตำแหน่ง HIGH-BLOWER เป็นตำแหน่งที่ใช้เฉพาะเมื่ออากาศยานบินอยู่ในระดับเพดานบินสูงเท่านั้น ถ้าหากเลือกใช้ตำแหน่ง HIGH – BLOWER ในขณะบินขึ้น หรือในระดับเพดานต่ำ เครื่องยนต์จะเกิดอาการที่ใช้กำลังเกินตัว (OVERBOOST) ส่วนเครื่องควบคุมเครื่องเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน (TURBOSUPERCHARGER) จะคอยบังคับตำแหน่งของประตูก๊าซเสียโดยการกำหนดให้ไอเสียเครื่องยนต์ผ่านเข้าไปหมุนกังหันเป็นจำนวนมากน้อยเท่าใด ถ้าก๊าซเสียผ่านเข้าไปมาก กังหันก็จะหมุนเร็วขึ้นทำให้ใบพัดก๊าซมีอัตราเร็วเพิ่มขึ้นด้วยเป็นผลให้ความดันที่จ่ายไปยังเครื่องยนต์มากขึ้น ดังนั้น ความดันไอดีจึงสูงขึ้น

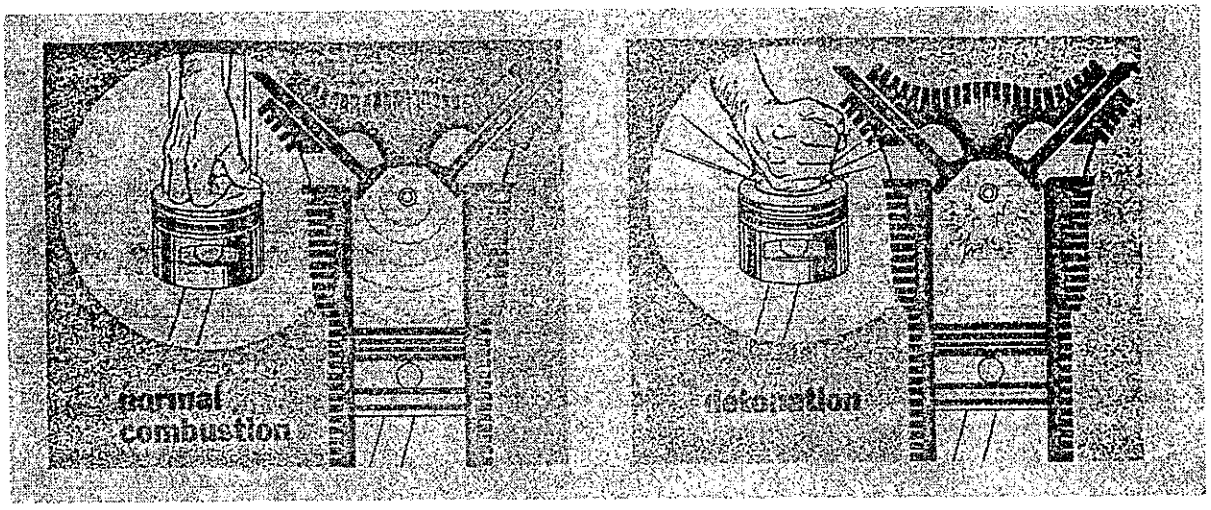
๙.๕ เครื่องควบคุมความร้อนของคาร์บูเรเตอร์ (CARBURETOR HEAT CONTROL)

เครื่องควบคุมความร้อนของคาร์บูเรเตอร์มีความจำเป็นในการป้องกันการเป็นน้ำแข็งในระบบนำไอดี เครื่องควบคุมความร้อนนี้จะต้องใช้ทุกครั้ง เมื่อเครื่องวัดอุณหภูมิของอากาศในคาร์บูเรเตอร์ (CARBURETOR AIR TEMPERATURE ใช้คำย่อว่า CAT) ชี้บอกว่ากำลังจะเกิดการเกาะตัวเป็นน้ำแข็ง เมื่อใช้เครื่องควบคุมความร้อนจะมีปัญหาเกิดขึ้นคือกำลังของเครื่องยนต์จะตกจนสังเกตเห็นได้ ด้วยเหตุผลดังกล่าว เครื่องควบคุมความร้อนจะใช้ต่อเมื่ออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์ (CAT) อยู่ระหว่าง -๑๐° เซ็นติเกรด และ $+๑๕^{\circ}$ เซ็นติเกรด และสภาพอากาศมีลักษณะที่จะทำให้เกิดน้ำแข็งใน

คาร์บูเรเตอร์ หรือ เมื่ออุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์ต่ำกว่า -๑๐° ซ. และเชื้อเพลิงเกิดการระเหยได้ยาก และการส่งเชื้อเพลิงไม่สม่ำเสมอ สังเกตเห็นได้จากเครื่องยนต์เดินไม่เรียบ หรือเครื่องยนต์กำลังตก การใช้เครื่องควบคุมความร้อนอนุญาตให้ใช้ได้ตลอดเวลา ถ้าอุณหภูมิของ CAT ต่ำกว่า -๑๐° ซ. และไม่ควรหลีกเลี่ยงการใช้ตราบเท่าที่เครื่องยนต์ยังเดินเป็นปกติ อุณหภูมิต่ำสุดของอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์ซึ่งยังทำให้เครื่องยนต์เดินเป็นปกติได้ขึ้นอยู่กับสภาพของเครื่องยนต์ และความสามารถในการรักษาให้อุณหภูมิของหัวกระบอกสูบมีความอุ่นอยู่ได้

๑๐. การสันดาปผิดปกติ (ABNORMAL COMBUSTION)

เมื่อส่วนผสมของเชื้อเพลิงและอากาศถูกจุดระเบิดขึ้นภายในกระบอกสูบ การสันดาป (การเผาไหม้) ก็จะเกิดขึ้น ถึงแม้ว่าเวลาที่ใช้ในการสันดาปเชื้อเพลิงจะรวดเร็วเพียงเสี้ยวของวินาที การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นก็จะเป็นไปอย่างสม่ำเสมอไม่เหมือนกับการระเบิด ในระหว่างที่เกิดการสันดาปนี้ เชื้อเพลิงจะถูกเผาไหม้ปล่อยความร้อนออกมาและเกิดเป็นก๊าซขึ้น ความร้อนทำให้อุณหภูมิของก๊าซที่เกิดใหม่สูงขึ้น เป็นเหตุให้ก๊าซขยายตัวและปล่อยความดันจำนวนมหาศาลออกมากระทำกับผนังของห้องสันดาปและหัวกระบอกสูบ ความดันที่กระทำบนลูกสูบจะทำให้เพลาข้อเหวี่ยงหมุน โดยวิธีนี้พลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงที่ถูกเผาไหม้จะถูกเปลี่ยนไปเป็นพลังงานกล กระบวนการที่กล่าวมานี้เรียกว่าการสันดาปตามปกติ แต่ถ้าเวลาใดที่การสันดาปไม่เป็นไปตามปกติเพราะมีสาเหตุบางอย่าง การสันดาปในสภาพเช่นนั้นเรียกว่าการสันดาปผิดปกติ มีด้วยกัน ๔ ชนิด คือ การระเบิดอย่างวิปริต (DETONATION) , การจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลา (PREIGNITION) การเผาไหม้ย้อนกลับ (BACK FIRING) และการเผาไหม้ตกค้าง (AFTERFIRING)



รูปที่ ๕ - ๘ การสันดาปตามปกติและการระเบิดอย่างวิปริต

๑๐.๑ การระเบิดอย่างวิปริต (DETONATION)

การระเบิดอย่างวิปริต คือ ปรากฏการณ์ของการสันดาปซึ่งเป็นผลเกิดจากการเผาไหม้ผิดปกติ โดยทันทีทันใดของเชื้อเพลิงที่ตกค้างอยู่ภายในห้องสันดาปหลังจากที่ได้เกิดการเผาไหม้ตามปกติ จึงทำให้คลื่นความดันภายในกระบอกสูบซึ่งเคลื่อนที่ด้วยความเร็วสูง ตามที่กล่าวมาตอนต้นแล้วว่า การเผาไหม้ตามปกติจะเป็นผลให้อัตราการเคลื่อนที่ของเปลวไฟส่วนหน้าเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและทำให้เกิดแรงดันที่กระทำต่อลูกสูบเป็นไปอย่างราบเรียบแต่เต็มไปด้วยพละกำลัง อย่างไรก็ตามเมื่อเกิดการระเบิดอย่างวิปริตขึ้น กระแสคลื่นความดันที่เกิดจะเป็นเหตุให้มีแรงดันจำนวนสูงมากไปกระแทกกับหัวกระบอกสูบและห้องสันดาปตามรูปที่ ๕ - ๘ ความดันสูงซึ่งเกิดขึ้นในช่วงสั้นๆ นี้ทำให้เกิดแรงกระแทกบนลูกสูบรุนแรงมากกว่าความดันที่เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอตามการสันดาปตามปกติ และเนื่องจากเกิดเพียงช่วงสั้นไม่สม่ำเสมอจึงทำให้กำลังของเครื่องยนต์ตก ในปัจจุบันยังไม่มีเครื่องวัดที่เหมาะสมในอากาศยานที่จะใช้บอกถึงการเกิดระเบิดวิปริตได้โดยตรง ดังนั้นจึงหันมาใช้วิธีจะคาดคะเนหรือบอกโดยทางอ้อมว่าขณะนั้นเครื่องยนต์เกิดการระเบิดอย่างวิปริตแล้วหรือยัง การที่เครื่องยนต์เดินสะดุด มิได้แสดงว่าเครื่องยนต์เกิดการระเบิดอย่างวิปริตเสมอไป แต่ทว่าเมื่อเครื่องยนต์เดินสะดุดผิดปกติพร้อมกับกำลังตก สาเหตุอาจจะเป็นเพราะการเกิดระเบิดอย่างวิปริต การที่เครื่องยนต์เดินสะดุด จึงควรที่จะได้รับการตรวจให้ตลอดและแก้ไขเสียทันที เพราะถ้าปล่อยความบกพร่องทิ้งไว้ อาจจะทำให้เกิดการระเบิดอย่างวิปริต การจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลาหรือเกิดปัญหาร้ายแรงอย่างอื่นขึ้น เมื่อเกิดการระเบิดอย่างวิปริตอุณหภูมิของหัวกระบอกสูบมักจะสูงและทำให้กำลังของเครื่องยนต์ตก การสังเกตว่าเครื่องยนต์กำลังตกหรือไม่นั้นอาจทราบได้โดยการอ่านค่าจากเครื่องวัดแรงบิด ถ้าอากาศยานมีเครื่องวัดชนิดนี้ติดตั้งอยู่อย่างไรก็ตาม การที่กำลังเครื่องยนต์ตกนั้นอาจเกิดจากสาเหตุอื่นอีกหลายประการที่นอกเหนือไปจากการระเบิดอย่างวิปริต เมื่อใดก็ตามที่มีควันดำทึบพ่นออกมาเป็นระยะๆ พร้อมกับมีประกายไฟ หรือ คาร์บอนออกมาจากท่อไอเสีย แสดงว่าเครื่องยนต์กำลังเกิดการระเบิดอย่างวิปริต ลักษณะที่เกิดนี้จะเป็นคนละอย่างกับการเกิดเปลวไฟสีแดงมัวและมีควันดำออกมาอย่างสม่ำเสมอซึ่งเป็นอาการของส่วนผสมที่หนาไป

<u>สภาพการทำงานของเครื่องยนต์ซึ่งทำให้เกิดการระเบิดอย่างวิปริต</u>

อาจจะกล่าวได้ว่า การเปลี่ยนแปลงใดๆ ก็ตามที่ทำให้สภาพการทำงานของเครื่องยนต์มีความดันสูงสุดเพิ่มขึ้นหรือมีอุณหภูมิสูงสุดในห้องสันดาปเพิ่มขึ้นก็จะเป็นการเพิ่มแนวโน้มให้เกิดการระเบิดอย่างวิปริตเพิ่มขึ้นด้วยเช่นกัน ดังนั้นแนวโน้มแห่งการระเบิดอย่างวิปริตจะเกิดเพิ่มขึ้นโดยสาเหตุดังต่อไปนี้

๑. เมื่อความดันไอดีเพิ่มขึ้นจากการเร่งคันเร่งหรือเพิ่มความเร็วของเครื่องประจุก๊าซ

๒. เมื่อตั้งจุดระเบิดให้ล้ำหน้า หรือให้เครื่องยนต์ทำงานโดยที่มีหัวเทียนจุดระเบิดเพียงหัวเดียวแทนที่จะจุดทั้งสองหัว

๓. เมื่อเพิ่มอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้าคาร์บูเรเตอร์ โดยการใช้เครื่องควบคุมความร้อนอากาศ การใช้เครื่องระบายความร้อนไม่ถูกต้อง (เครื่องยนต์ที่ใช้เครื่องเพิ่มประจุก๊าซแบบกังหัน) หรือ

การใช้เครื่องประจุก๊าซซึ่งขับโดยเครื่องยนต์ไม่ถูกต้อง (เช่นใช้ HIGH BLOWER ในระหว่างเดินเครื่องยนต์บนพื้น)

๔. อุณหภูมิหัวกระบอกสูบสูง

๕. มีผงคาร์บอนจับตัวในห้องสันดาป ผงเหล่านี้ทำให้อัตราการนำความร้อนจากห้องสันดาปลดลงแต่ความดันในกระบอกสูบสูงขึ้น

๖. เดินเครื่องยนต์ด้วยส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศที่บางเกินไป

๗. ใช้เชื้อเพลิงไม่ถูกต้องตามข้อกำหนด

<u>ผลของการระเบิดอย่างวิปริต</u> : เมื่อเกิดการระเบิดอย่างวิปริตในเครื่องยนต์จะทำให้เกิดผลขึ้นหลายประการด้วยกันคือ

๑. กำลังเครื่องยนต์ตก : ยกเว้นแต่ว่าส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศจะถูกเผาไหม้ด้วยอัตราที่สม่ำเสมอและราบเรียบแล้ว ความประหยัดเชื้อเพลิงในระหว่างทำงานจะลดลงและกำลังผลิตของเครื่องยนต์ในขณะที่ตั้งคันเร่งและตั้งคันบังคับส่วนผสมในแต่ละตำแหน่งจะลดลง

๒. ความร้อนสูงเกินเกณฑ์ : ผลกระทบกระเทือนต่อไปเนื่องจากการระเบิดอย่างวิปริต ได้แก่ การเกิดความร้อนจนส่งเป็นประกายออกมาของอนุภาคคาร์บอนอิสระซึ่งอยู่ภายในกระบอกสูบซึ่งจะทำให้เกิดเปลวไฟสว่างขึ้นภายในห้องสันดาปแทนที่จะเกิดเป็นเปลวไฟสีน้ำเงินตามปกติ เปลวไฟนี้จะส่งความร้อนออกมาโดยการแผ่รังสีด้วยอัตราเร็วที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นในระหว่างที่เกิดการเผาไหม้อย่างวิปริต จึงทำให้ความร้อนภายในกระบอกสูบสูงเกินเกณฑ์

๓. การจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลา : การระเบิดอย่างวิปริต ทำให้เกิดมีจุดร้อนขึ้นตามตำบลต่างๆ ภายในห้องสันดาป ซึ่งถ้ามีความร้อนสูงพอก็จะทำให้เกิดการเผาไหม้ก่อนกำหนดเวลาได้ การเผาไหม้ก่อนกำหนด หมายถึงการเกิดจุดระเบิดส่วนผสมเชื้อเพลิง – อากาศ ก่อนเวลาตามปกติซึ่งกำหนดให้ระบบจุดระเบิดทำงาน การจุดระเบิดก่อนกำหนดนี้จะมีผลร้ายแรงมากและอาจทำให้เครื่องยนต์หยุดทำงานไปชั่วระยะเวลาหนึ่ง กล่าวโดยทั่วไป สาเหตุและผลของการจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลาและการระเบิดอย่างวิปริตนั้นเหมือนกัน คือ เกิดอุณหภูมิและความดันสูง

๔. ความเสียหายทางกายภาพ : เมื่อเกิดการระเบิดอย่างวิปริตขึ้น การเผาไหม้ที่ผิดปกติและรวดเร็วของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศจะทำให้ชิ้นส่วนของเครื่องยนต์ได้รับแรงเครียดเกินเกณฑ์ขึ้นอย่างมาก เพราะแรงดันและอุณหภูมิภายในกระบอกสูบได้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ความดันสูงสุดที่เกิดขึ้นจากการระเบิดอย่างวิปริตมีอยู่บ่อยครั้งที่สูงกว่าความดันสูงสุด ที่เกิดจากการสันดาปปกติถึง ๕๐% ผลที่เกิดจากการระเบิดอย่างวิปริตอีกบางประการ ได้แก่ การที่ลูกสูบเกิดความร้อนสูงเกินเกณฑ์ ทำให้แหวนลูกสูบเกิดการติดแน่นและแตก ซึ่งไปทำให้เกิดการขีดข่วนต่อลูกสูบและกระบอกสูบ นอกจากนี้แล้วการระเบิดอย่างวิปริตยังทำให้ลูกสูบถูกเผาไหม้สิ้นบิดงอหัวกระบอกสูบร้าวหรือแตก สลักเกลียวปล่องที่ยึดหัวกระบอกสูบเกิดแรงเครียดเกินเกณฑ์ หรือแตก

การป้องกันการเกิดระเบิดอย่างวิปริตและการจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลา

จากการบรรยายที่กล่าวมาแล้วว่า การระเบิดอย่างวิปริตและการจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลาจะทำให้กำลังส่งออกของเครื่องยนต์ลดลงโดยทันทีทันใดและต่อมาในไม่ช้าก็จะทำให้เครื่องยนต์เสีย ถ้าให้ทำงานในย่านที่ต้องใช้กำลังสูง หรือทำให้เกิดความเสียหายเล็กน้อย หรือถ้าไม่เสียหายก็จะทำให้กำลังเครื่องยนต์ตก ด้วยเหตุผลดังกล่าวนี้จึงไม่ควรเดินเครื่องยนต์ในสภาพที่เห็นว่าอาจจะเกิดการระเบิดอย่างวิปริตขึ้นและจะต้องทำการแก้ไขโดยทันทีที่เครื่องยนต์เกิดการระเบิดอย่างวิปริต การเดินเครื่องยนต์ในขณะที่ไม่มีการเกิดระเบิดอย่างวิปริตหรือการจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลาถือว่าเป็นการทำงานโดยปกติของเครื่องยนต์และเครื่องยนต์ที่เดินในสภาพนี้ทำให้เครื่องยนต์สามารถทำงานตามย่านต่างๆ ได้เต็มที่ ถึงแม้ว่าจะให้เดินจนเต็มกำลังหรืออยู่ในสภาวะที่คับขันก็ตาม บ่อยครั้งที่ช่างพบว่าเมื่อเครื่องยนต์ชำรุดเสียหายแล้วจึงหาสาเหตุได้ภายหลังว่าที่เครื่องยนต์ชำรุดนั้นเป็นเพราะเกิดการระเบิดอย่างวิปริต วิธีที่ดีที่สุดในการป้องกันการระเบิดอย่างวิปริต ก็คือ การปฏิบัติตามคู่มือการทำงานของเครื่องยนต์ของแต่ละแบบโดยเคร่งครัด การใช้เชื้อเพลิงให้ถูกต้องตามข้อกำหนดและการซ่อมบำรุงกลไกของเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพดีเท่าที่จะทำได้โดยการปรับสภาพเครื่องยนต์ตามกระบวนการที่ถูกต้อง เมื่อสงสัยว่าจะเกิดการระเบิดอย่างวิปริต หรือเกิดการจุดระเบิดก่อนกำหนดเวลาให้ปฏิบัติตามหัวข้อดังต่อไปนี้

๑. ลดความดันไอดีและความเร็วรอบต่อนาทีลง (ความเร็วรอบต่อนาทีสูงทำให้อัตราเร็ว BLOWER และอุณหภูมิของส่วนผสมสูง)

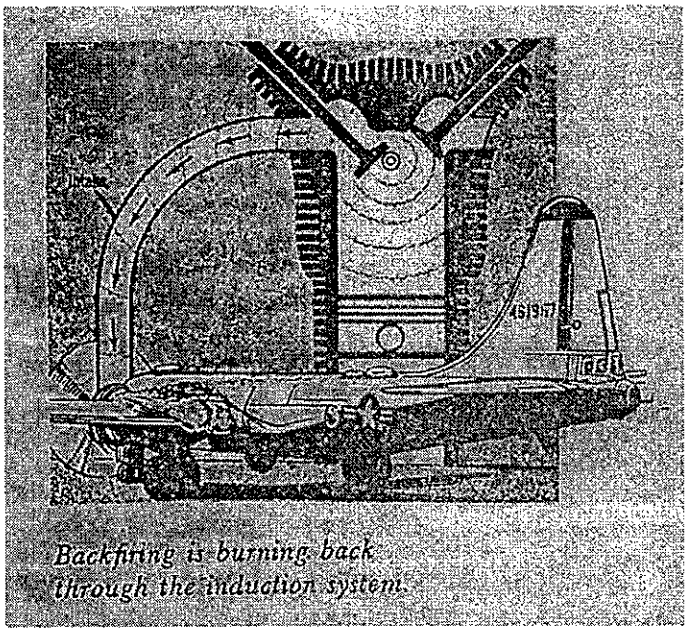
๒. เพิ่มส่วนผสมให้หนาขึ้น

๓. ลดอุณหภูมิของอากาศที่ไหลเข้ามายังคาร์บูเรเตอร์ ให้ต่ำสุดเท่าที่ยังไม่ทำให้เกิดการจับตัวเป็นน้ำแข็ง

๔. การเพิ่มส่วนผสมให้หนาอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสมลาการลดอุณหภูมิของส่วนผสมนั้นตามปกติจะยอมให้ทำได้ตามค่าความดันไอดีซึ่งบ่งไว้ในเอกสารเทคนิคในกรณีที่เกิดการระเบิดอย่างวิปริต เนื่องจากสภาพทางกลไกของเครื่องยนต์ช่างจะต้องทำการปรับสภาพก่อนที่จะปล่อยให้บินเที่ยวต่อไป และต้องทำการตรวจตัวประกอบต่อไปนี้เป็นพิเศษคือ

๑. ใช้เชื้อเพลิงตามข้อกำหนดหรือเปล่า
๒. การตั้งจุดระเบิดถูกต้องหรือเปล่า
๓. หัวเทียนและสายไฟจุดระเบิดอยู่ในสภาพดีหรือเปล่า
๔. ท่อทางไอดีรั่วหรือเปล่า
๕. การปรับระยะเว้นลิ้นถูกต้องหรือเปล่า
๖. อัตราการไหลของเชื้อเพลิงเมื่อเครื่องยนต์ทำงานในย่านต่างๆ ถูกต้องหรือเปล่า
๗. กำลังอัดของกระบอกสูบได้ตามเกณฑ์หรือเปล่า

๑๐.๒ การเผาไหม้ย้อนกลับ (BACK FIRING)



รูปที่ ๕ - ๙ การเผาไหม้ย้อนกลับ

การเผาไหม้ย้อนกลับ คือการเผาไหม้ของส่วนผสมเชื้อเพลิงอากาศในระบบนำไอดี การเผาไหม้ย้อนกลับเป็นอันตรายต่อการทำงานของเครื่องยนต์เพราะไม่เพียงแต่เผาไหม้ส่วนผสมในระบบนำไอดีซึ่งทำให้เครื่องยนต์ขาดเชื้อเพลิงเท่านั้น มันยังทำให้เกิดคลื่นความดัน ซึ่งทำให้เกิดความเสียหายอย่างร้ายแรงต่อลิ้นคันเร่งของคาร์บูเรเตอร์ หม้อกรองเชื้อเพลิง , ท่อไอดี , แผ่นกั้นและกล่องหีบเพลง (BELLEW) ของเครื่องควบคุมส่วนผสมอัตโนมัติ เหล่านี้เป็นต้น

<u>สาเหตุบางประการที่ทำให้เกิดการเผาไหม้ย้อนกลับคือ</u>

๑. ส่วนผสมบาง (ทำให้มีคุณสมบัติในการเผาไหม้ช้า)

๒. หัวเทียนหัวใดหัวหนึ่งในสองหัวไม่ทำงาน (เวลาในการเผาไหม้นานขึ้น)

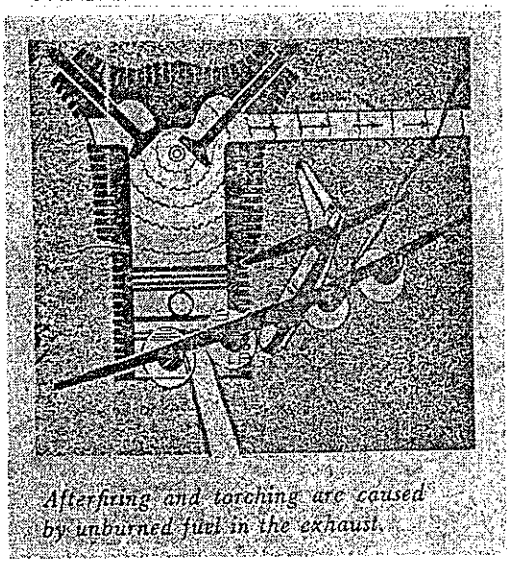
๓. การเปิดลิ้นคันเร่งเร็วเกินไปหรือสูบเร่งเชื้อเพลิงไม่ทำงาน (ทำให้เกิดส่วนผสมบาง)

๔. กระบอกสูบตาย (หัวเทียนในกระบอกสูบไม่ทำงานทั้งคู่) ทำให้ส่วนผสมที่ยังไม่ถูกเผาไหม้ไหลเข้าไปผสมกับก๊าซเสียที่ร้อนในท่อไอเสีย ดังนั้นในจังหวะที่ลิ้นเหลื่อมกัน (OVERLAP) จึงสามารถทำให้เกิดการเผาไหม้ย้อนกลับได้

๕. ลิ้นเกิดเปิดค้างหรือคืนเข้ากับเบ้าลิ้นไม่สนิท (ทำให้การเผาไหม้รั่วออกมา)

กล่าวโดยสรุป ตัวประกอบข้างบนตามที่กล่าวมาตัวใดตัวหนึ่ง หรือหลายตัวรวมกันซึ่งทำให้เกิดการเผาไหม้เกิดขึ้นในขณะที่ลิ้นไอดีเปิดจะเป็นสาเหตุให้เกิดการเผาไหม้ย้อนกลับ

๑๐.๓ การเผาไหม้ตกค้าง (AFTERFIRING)



รูปที่ ๕ - ๑๐ การเผาไหม้ตกค้าง

การเผาไหม้ตกค้างคือการเผาไหม้ในระบบไอเสีย บางครั้งเรียกว่า การเกิดเปลวเพลิง (TORCHING) สาเหตุเนื่องมาจากมีเชื้อเพลิงในห้องสันดาปมากเกินไป แต่มีออกซิเจนสำหรับใช้สันดาปไม่เพียงพอที่จะเผาไหม้ให้หมด การใช้ส่วนผสมที่หนาเกินไปเนื่องจากการปรับส่วนผสมไม่ถูกต้อง หรือมีข้อบกพร่องบางประการจะทำให้เครื่องยนต์เกิดการเผาไหม้ตกค้างขึ้น

บรรณานุกรม

NORTHROP INSTITUTE OF TECHNOLOGY AFM 52 – 9 POWER PLANTS FOR AEROSPACE VEHICLES. ฉบับพิมพ์ครั้งที่ ๓ ปี ๑๙๖๕