สารบัญ

ประวัติ และการคิดประดิษฐ์ เครื่องกังหันก๊าซ
ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ
หลักการทางฟิสิกส์
กฎการเคลื่อนที่ของ นิวตัน (NEWTON'S LAW OF FMOTION)
หลักการของเบอร์นูลี่ (BERNOULLI'S PRINCIPLE)
ตัวกระจายและการกระจายอากาศ (DIFFUSER AND DIFFUSION)
หลักการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ
การแบ่งประเภทเครื่องยนต์กังหันก๊าซ
วัฏจักรของเครื่องยนต์กังหันก๊าซเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ลูกสูบ
การเปรียบเทียบเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับเครื่องยนต์ธรรมดา
ส่วนประกอบของเครื่องยนต์กังหันก๊าซเรือ

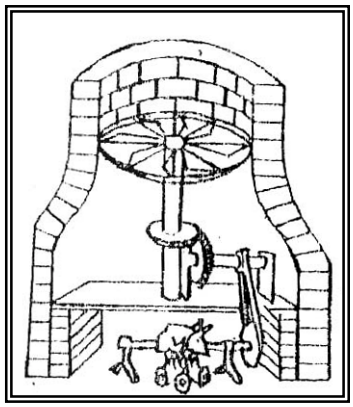
1. ท่ออากาศดีเข้า (INLET DUCT
2. เครื่องอัดอากาศ (COMPRESSOR)
   - เครื่องอัดอากาศ ชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมี
   - เครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน (AXIAL FLOW COMPRESSOR)
   - เครื่องอัดอากาศแบบผสม (CENTRIFUGAL AND AXIAL FLOW COMPRESSOR)
3. ห้องเผาไหม้ (COMBUSTION CHAMBER)
4. ชุดกังหัน (TURBINE)
5. ท่อแก๊สเสีย (EXHAUST DUCT)

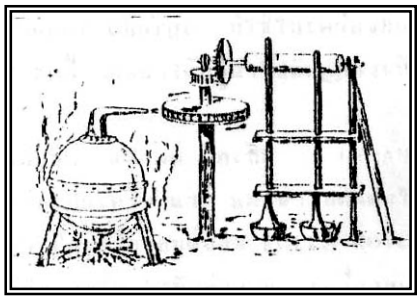
ประวัติ และการคิดประดิษฐ์ เครื่องกังหันก๊าซ

วิวัฒนาการด้าน เครื่องกังหันก๊าซได้มีมากก่อน เครื่องยนต์ลูกสูบเสียอีก แต่เป็นไปแบบช้ามาก และมีการพัฒนาสืบต่อเนื่องกันมาอย่างไม่จบสิ้น ในปัจจุบันการพัฒนาของเครื่องยนต์กังหันก๊าซก็ยังคงดำเนินอยู่ต่อไป

ประมาณ 250 ปี ก่อนคริสศักราช ฮีโร (HERO) นักวิทยาศาสตร์ชาวอียิปต์ได้ประดิษฐ์เครื่องมือชนิดหนึ่งขึ้นมาใช้ชื่อว่า AEOLIPILE ซึ่งใช้พลังงานจากไอน้ำไปหมุนลูกกลมบนแกนแกนหนึ่งซึ่งคล้ายเครื่องพ่นต้นไม้ ที่ใช้อยู่ในปัจจุบัน

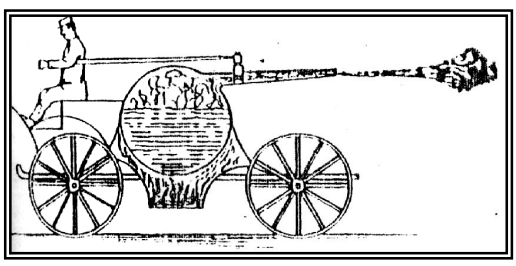
ต่อมาในปี ค.ศ.1500 ลิโอนาโด้ ดาวิชี่ (REONADO DA VINCI) ได้สร้างเครื่องจักรกลขึ้นมาโดยอาศัยหลักการของปฏิกิริยาโต้กลับ (REACTION) โดยใช้เปลวความร้อนจากเตาไฟที่ก่อนขึ้นปล่องควัน ให้ผ่านปีกใบพัดลม 1 ชุด อากาศร้อนจะทำให้ปีกใบพัดหมุนได้ แล้วต่อเพลาและสายพานไปหมุนเครื่องปิ้ง

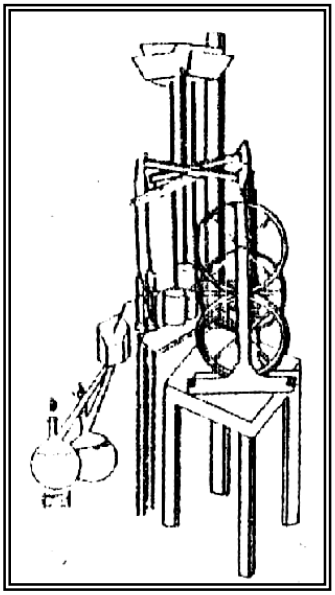




ในปี ค.ศ.1629 โจวานนี่ บลังก้า (GIOVANNI BRANCA) วิศวกร ชาวอิตาเลี่ยนได้ประดิษฐ์เครื่องตำข้าวโดยใช้แรงผลักของไอน้ำ ไปหมุนปีกพัดลมแล้วต่อเพลาจากปีกพัดลม เข้าเครื่องตำข้าว

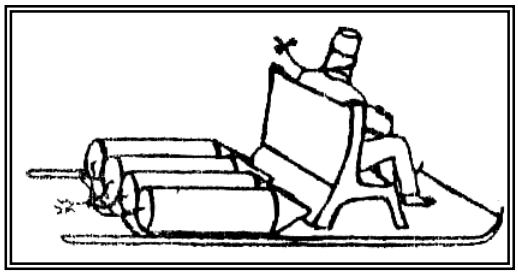
ในปี ค.ศ.1687 เซอร์ ไอแซค นิวตัน (SIR ISAAC NEWTON) ได้พิสูจน์ทฤษฎีว่าด้วยการเคลื่อนที่ (LAW OF MOTION) โดยสร้างรถคันหนึ่งโดยอาศัยแรงผลักของไอน้ำ ที่กระทำต่อบรรยากาศ รถคันนี้ถูก เรียกว่า (NEWTON'S STEAM WAGON) ทฤษฎีของการเคลื่อนที่เป็นรากฐานของการคิดประดิษฐ์เครื่องยนต์ กังหันก๊าซ ในเวลาต่อมา





ยังมีนักวิทยาศาสตร์และนักประดิษฐ์อีกมากมาย เช่น จอห์น บาร์เบอร์ (JOHN BABER) ชาวอังกฤษ และ เซอร์ ชาณ์เลสส์ พาร์สัน (SIR. CHAARLESPARSON) ได้พยายามวางรากฐานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซให้ดีขึ้นเรื่อยๆ ในจำนวนนี้มีนักประดิษฐ์อีกผู้หนึ่งชื่อ ดร.แซนฟอร์ด มอสส์ (DR.SANFORD MOSE) เป็นผู้สร้าง COMPRESSOR ของเครื่อง SUPER CHARGE ที่ใช้ในเครื่องยนต์ลูกสูบ ซึ่งต่อมาได้มีผู้ดัดแปลงเป็น COMPRESSOR ของเครื่องกังหันก๊าซ ที่ใช้กับเครื่องยนต์เจ็ท

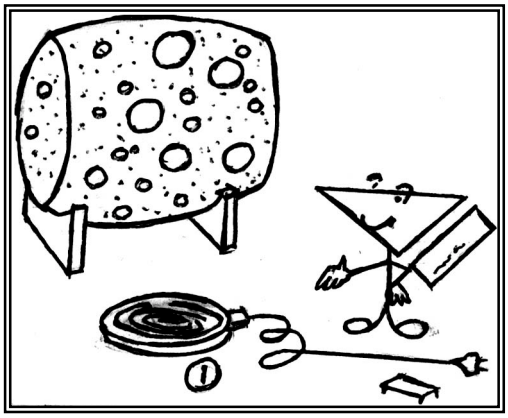
ทางด้านเอเชีย ต้น ๆ ปี ค.ศ.1232 มีนักศึกษาชาวมองโกล ชื่อ วันฮู (WAN HOU) คิดที่จะใช้จรวดในรูปของแรงผลัก โดยเขาได้ผูกลูกจรวดที่บรรจุดินปืนทำดอกไม้ไฟ เข้ากับเก้าอี้แล้ววางลงบนกระดานเลื่อนแล้วจุดไฟในเวลาต่อมา ได้มีผู้คิดสร้างจรวดที่บรรจุดินปืนทำดอกไม้ไฟ เข้ากับเก้าอี้แล้ววางลงบนกระดานเลื่อนแล้วจุดไฟ ในเวลาต่อมาได้มีผู้คิดสร้างจรวดที่ใช้ในสงครามอย่างมากมาย



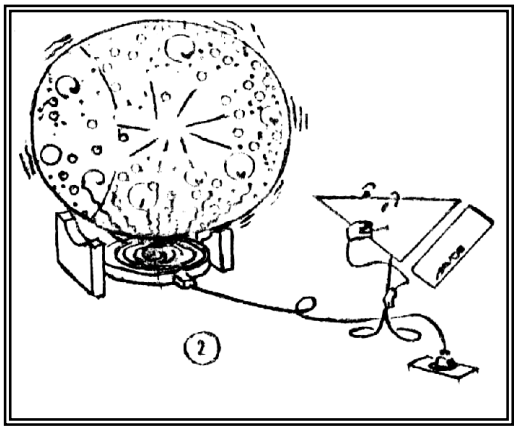
ในปี ค.ศ.1930 นักวิทยาศาสตร์ชื่อ แฟรงค์ วิทเทิล FRANK WHITTLE ได้ประสบความสำเร็จ ในการสร้าง เครื่องยนต์กังหันก๊าซ เครื่องแรก และนำไปติดตั้งในเครื่องบินได้สำเร็จ ในนามของบริษัท POWER JET LTD. รายการของเครื่องมี COMPRESSOR แบบ CENTRIFUGAL TYPE SINGLE STAGE หมุน 17,750 รอบ/นาที IMPELLER มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 19 นิ้ว อากาศเข้าเครื่องด้วยความเร็ว 1,500 ปอนด์/นาที ความหมดเปลืองเชื้อเพลิง 200 แกลลอน/ชม. เมื่อมีกำลังผลัก 3,000 แรงม้า

ทฤษฎีพื้นฐานเกี่ยวกับการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

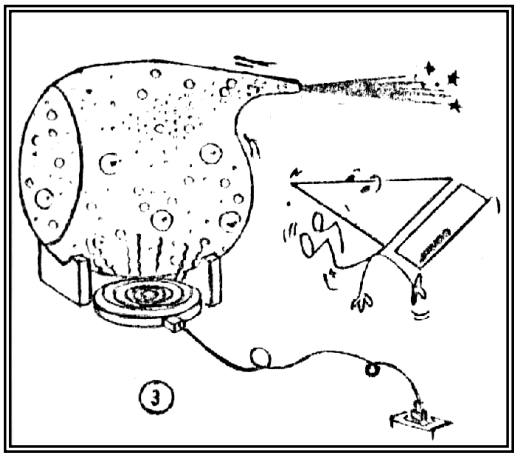
พิจารณา รูปที่ 1-5



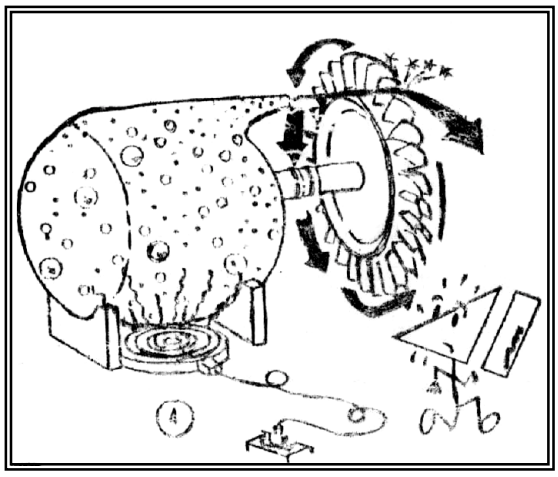
รูปที่ 1 ประกอบด้วยภาชนะซึ่งภายในเต็มไปด้วยโมเลกุลของอากาศ โดยจะมีมวล ความหนาแน่น และปริมาตรจำเพาะค่าหนึ่ง ซึ่งสิ่งต่าง ๆ เหล่านี้ เป็นองค์ประกอบสำคัญในการทำให้เกิดการเร่งมวลของอากาศ เพื่อนำไปขับกังหันต่อไป



รูปที่ 2 ความดันหรือแรงขับเคลื่อนที่จะเพิ่มความดันนี้ ทำได้โดยการให้ความร้อน ดังรูป และจะมีผลทำให้โมเลกุลของอากาศที่บรรจุอยู่ภายในภาชนะนั้นขยายตัว โดยที่ความดันที่เพิ่มขึ้นนี้ จะมีค่าเท่ากันทุกทิศทาง



รูปที่ 3 เมื่อได้ความดันที่เพียงพอแล้ว ขั้นต่อไปคือปล่อยให้ขยายตัว เพื่อให้มวลของอากาศมีความเร่ง และในการปล่อยให้ขยายตัวนี้ จะให้อากาศขยายตัวผ่านปลายท่อทางออกที่มีลักษณะเรียวเป็นกรวย ที่มีพื้นที่หน้าตัดที่ทางออกเล็ก ๆ เพื่อให้มวลของอากาศเกิดความเร่งนั่นเอง เมื่ออากาศมีความเร่ง เราจะได้เป็นพลังงาน เนื่องจากความเร็วขึ้นมา ซึ่งพลังงานจากความเร็วที่ได้มานี้จะมีปริมาณมาก การที่จะเอาพลังงานนี้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด ก็โดยการเปลี่ยนรูปพลังงานความเร็วให้อยู่ในรูปของการหมุน

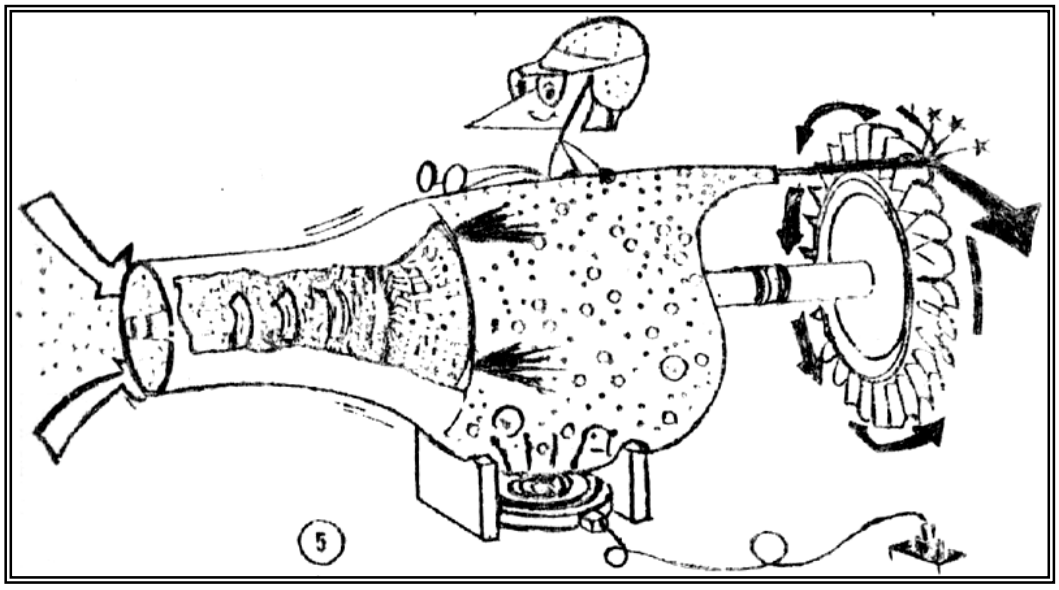


รูปที่ 4 ในการเปลี่ยนรูปลักษณะการทำงานให้อยู่ในรูปของการหมุนทำได้โดยใช้ล้อกังหัน ชนิด IMPACT REACTION แรงที่เกิดจากการเปลี่ยนรูปพลังงานที่กังหันจะแยกออกเป็น 2 แรง

แรงแรกคือ “แรงผลัก” ACTION เกิดจากการที่โมเลกุลของอากาศวิ่งด้วยความเร็วสูงออกจากปลายท่อ (NOZZLE) กระทบกับล้อกังหัน

แรงที่สอง คือ “แรงปฏิกิริยา” REACTION ซึ่งเกิดจากการที่แก๊สวิ่งออกจากล้อกังหันด้วยความเร็วสูง ในทิศทางตรงข้ามกับการหมุน

แรงปฏิกิริยานี้เป็นปรากฏการณ์ที่ถูกค้นพบโดย เซอร์ ไอแซค นิวตัน คุณสมบัติทางกายภาพของการเคลื่อนที่ คือ ที่ใดมีแรงกระทำอยู่ ที่นั้น ที่นั่นต้องมีแรงปฏิกิริยาที่มีขนาดเท่ากันแต่มีทิศทางตรงข้ามกันอยู่ด้วย เพราะฉะนั้นแก๊สขยายตัวผ่านกังหัน ล้อกังหันจะมีแรงกระทำ ACTION และ แรงปฏิกิริยา REACTION ในทิศตรงข้ามการหมุนของล้อกังหัน ซึ่งจะเป็นแบบนี้ไปตลอดการทำงาน ถ้ายังมีอากาศเข้ามาแทนที่ เพื่อเร่งมวลของอากาศ และขยายตัวต่อไป เมื่อภาชนะบรรจุไม่มีอากาศเข้ามาแทนที่วัฏจักรการทำงานก็จะจบลงด้วยเวลาอันสั้น



รูปที่ 5 การที่เราจะทำงานให้ต่อเนื่อง เราต้องปรับปรุงภาชนะบรรจุ โดยเพิ่มตัวอัดอากาศ COMPRESSOR ซึ่งจะทำให้อากาศไหลเข้ามาแทนที่อย่างต่อเนื่อง ทำให้ได้อากาศที่มีความหนาแน่น ความดัน และ อุณหภูมิสูง เข้าสู่วัฏจักรการทำงานต่อไป เนื่องจากแรงที่เรานำมาขับ คอมเพรสเซอร์ นี้ได้มาจากงานที่เกิดจากการหมุนของกังหันดังนั้น จึงเป็นวัฏจักรแบบทำงานด้วยตัวเอง ทำให้ได้การทำงานที่ต่อเนื่อง

หลักการทางฟิสิกส์

แรง FORCE หมายถึงอำนาจที่กระทำหรือพยายามกระทำให้เทหวัตถุเปลี่ยนความเร็ว หรือความเร็ว แรงเป็นปริมาณเวคเตอร์(VECTOR) เพราะมีขนาดและทิศทางให้หน่วยวัดเป็น นิวตัน (NEWTON) โดยกำหนดว่า แรงที่กระทำต่อมวล หนึ่งกิโลกรัม เกิดความเร่ง หนึ่งเมตรต่อวินาที ^{2} เรียกแรงจำนวนนั้นว่า “แรงหนึ่งนิวตัน”

นิวตัน = กิโลกรัม – เมตร/วินาที ^{2}

ในเครื่องยนต์กังหันก๊าซ เราพิจารณาได้ว่าของเปลวหรือก๊าซที่ไหลผ่านเครื่องยนต์ทำให้เกิดแรงขึ้นมา

$$F = P \times A$$

เมื่อ F = แรง มีหน่วยเป็น ปอนด์

P = ความดัน มีหน่วยเป็น ปอนด์/ตารางนิ้ว

A = พื้นที่ซึ่งถูกแรงมากระทำ มีหน่วยเป็น ตารางนิ้ว

งาน (WORK) หมายถึงผลของแรงที่กระทำต่อเทหวัตถุให้เคลื่อนที่ไปตามทิศทางของแรงนั้น

$$W = F \times D$$

เมื่อ W = งาน มีหน่วยเป็น ฟุต – ปอนด์

F = แรง มีหน่วยเป็น ปอนด์

D = ระยะทางมีหน่วยเป็น ฟุต

กำลัง (POWER) หมายถึงค่าของงานที่เกิดขึ้นในหนึ่งหน่วยเวลา หรืออัตราของการเกิดงาน

$$P = \frac{P \times D}{T}$$

เมื่อ P = กำลัง มีหน่วยเป็น ฟุต – ปอนด์/นาที หรือ ฟุตปอนด์/วินาที

F = แรง มีหน่วยเป็น ปอนด์

D = ระยะทางมีหน่วยเป็น วินาที หรือ นาที

แรงม้า ตามปกติใช้คำว่า กำลังเชิงกล ในระบบมาตราฐานของอังกฤษ เท่ากับ งานที่กระทำได้ 33,000 ฟุต – ปอนด์ ใน 1 นาที หรือ 550 ฟุต – ปอนด์ ใน 1 วินาที

ความเร็ว(VELOCITY) หมายถึงอัตราส่วนของระยะทางทั้งหมดต่อเวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่

อัตราเร่ง (ACCELERATION) หมายถึง อัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็ว หรือ ความเร็วที่เปลี่ยนไปใน 1 หน่วยเวลาที่ใช้ใสการเปลี่ยนความเร็ว

$$A = \frac{V_2 - V_1}{t}$$

เมื่อ A = อัตราเร่ง หน่วยเป็น ฟุต/วินาที ^{2}

V_1 = ความเร็วในตอนแรก หน่วยเป็น ฟุต/วินาที

V_2 = ความเร็วในตอนสุดท้าย หน่วยเป็น ฟุต/วินาที

T = เวลา หน่วยเป็น วินาที

พลังงาน(ENERGY) หมายถึง ความสามารถในการทำงานในเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ พลังงานนี้จะผลิตทั้ง การเคลื่อนไหวและความร้อน พลังงานแบ่งออกเป็น

1 พลังงานจลน์ (KINETIC ENERGY = E_K) เป็นพลังงานที่ได้เมื่อเทหวัตถุเคลื่อนที่

2 พลังงานศักย์ (POTENTIAL ENERGY = E_P) เป็นพลังงานที่มีอยู่ในเทหวัตถุเมื่อวัตถุอยู่นิ่งกับที่

กฎการเคลื่อนที่ของ นิวตัน (NEWTON'S LAW OF FMOTION)

กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 1 ของนิวตัน "เทหวัตถุใดๆเมื่อมีสภาวะหยุดนิ่งก็จะหยุดนิ่งเรื่อยไป และท่าเคลื่อนที่ก็จะเคลื่อนไปเป็นเส้นตรง ด้วยความเร็วคงที่ตลอดไป จนกว่าจะมีแรงภายนอกมากระทำต่อเทหวัตถุนั้นให้เปลี่ยนแปลงไป"

กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 2 ของนิวตัน "เมื่อมีแรงกระทำต่อเทหวัตถุให้เคลื่อนที่ไป โดยมี ความเร็วในทิศทางเดียวกับแรงนั้น ความเร็วที่เกิดขึ้นจะเป็นปฏิภาคโดยตรงต่อ แรงที่มากระทำ และเป็นปฏิภาคกลับกับมวลวัตถุ"

F = ma

กฎการเคลื่อนที่ ข้อที่ 3 ของนิวตัน " เมื่อมีแรงมากระทำต่อเทหวัตถุ จะมีแรงปฏิกิริยาโต้ตอบในทิศทางตรงข้าม และมีขนาดเท่ากัน"

ACTION = REACTION

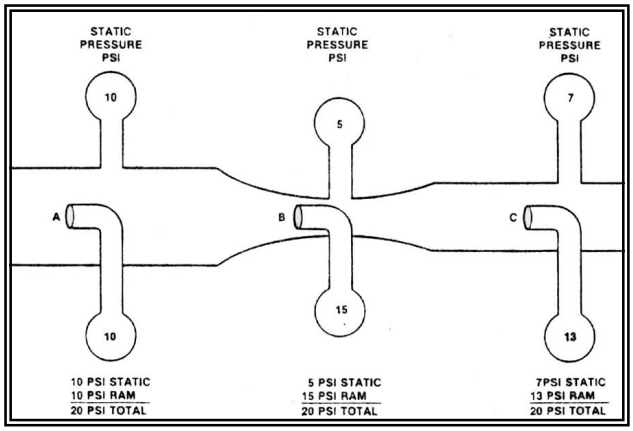
มวลสารและน้ำหนัก (MASS AND WEIGHT)

- มวลสาร (MASS) หมายถึง ปริมาณของสารที่บอกคุณลักษณะประจำตัวชนิดหนึ่งของเทหวัตถุ

- น้ำหนัก (WEIGHT) หมายถึง แรงดึงดูดของโลกที่กระทำต่อเทหวัตถุนั้น (น้ำหนักของสารเปลี่ยนแปลงได้ มวลสารเปลี่ยนแปลงไม่ได้)

หลักการของเบอร์นูลี่ (BERNOULLI'S PRINCIPLE)

หลักการของเบอร์นูลี่ เกี่ยวกับความดันและความเร็วของการไหลของของเหลวในเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ ความดันของก๊าซจะเปลี่ยนแปลงไป เนื่องจากความร้อน โดยการเปลี่ยนแปบงปริมาณโมเลกุลและปริมาณของก๊าซ การเปลี่ยนแปลงทั้งสองอย่างนี้จะปรากฏให้เห็นได้ชัดเจนมากในชุดอัดอากาศ และห้องเผาไหม้



หลักการของเบอร์นูลี่ ได้กล่าวไว้ว่า "เมื่ออากาศหรือของเหลวไหลผ่านท่อทาง หรือ เวนจูรี่ (VENTURI) ด้วยอัตราเร็วสม่ำเสมอ ผลบวกของความดัน (พลังงานศักย์) และความเร็ว (พลังงานจลน์) จะคงที่" หรือจะพูดอีกนัยหนึ่งคือ "ถ้าพลังงานรวมคงที่ เมื่อความดันของก๊าซเพิ่มขึ้น ความเร็วของก๊าซจะลดลงเป็นปฏิภาคโดยตรงต่อกัน " หรือ " ความเร็วของกระแสอากาศจะเป็นปฏิภาคสวนกลับกับความดัน"

เพื่อให้เข้าใจหลักการเบอร์นูลี่ให้ดีขึ้น ให้พิจารณาถึงอากาศที่ไหลผ่านท่อทางจะมีทั้งพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ นั่นคือ ความดันสถิตย์ (STATIC PRESSURE) และความดันอันเกิดจากความเร็ว (RAM PRESSURE) เมื่ออากาศไหลผ่านจากส่วนที่แคบ ไปสู่ส่วนที่กว้างออก (DIVERGENT) ความเร็วจะลดลง ขณะ

ที่กระแสอากาศกระจายออกอย่างรวดเร็ว และพลังงานรวมจะคงที่ กำลังดันของอากาศจะเพิ่มขึ้น (พลังงานศักย์ POTENTIAL ENERGY จะเพิ่มขึ้นเป็นปฏิภาคสวนกลับกับพลังงานจลน์) ถ้าเราวัดความดันสถิตย์ภายในท่อจะพบว่าความดันทางด้านทางเข้าจะน้อยกว่าทางด้านทางออกของท่อ

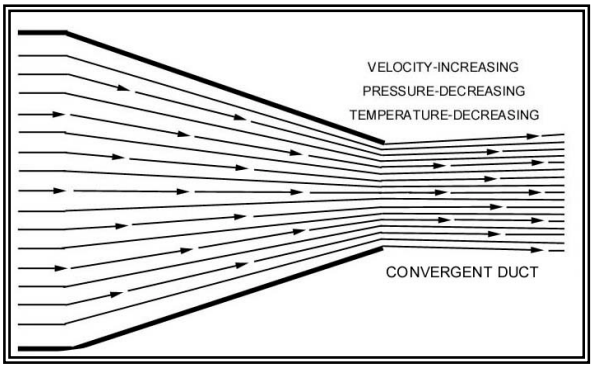
ถ้าตอนทางออกของท่อที่อากาศไหลผ่านส่วนที่ แคบตีบ (CONVERGENT) หรือ ส่วนที่เล็กลง อัตราการไหลของกระแสอากาศจะมีความเร็วสูงขึ้น พลังงานจลน์ของกระแสอากาศเพิ่มขึ้น และพลังงานศักย์หรือความดันสถิตย์จะลดลง

ความดันรวมของกระแสอากาศ คือ ผลบวกของ (STATIC PRESSURE) กับ RAM PRESSURE ในรูปจะเห็นว่า เมื่อวัดความดันรวมของกระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อทุก ๆ ตำแหน่งจะคงที่เท่ากันหมด ที่จุด B ซึ่งมีพื้นที่น้อยที่สุดความเร็วจะมากที่สุด RAM PRESSURE สูงที่สุด แต่ STATIC PRESSURE ต่ำที่สุดที่จุด C ท่อที่บานออก คือโตขึ้น RAM PRESSURE ลดลง จะสังเกตเห็นว่าทั้งสามจุด ความดันรวมเท่ากันหมด

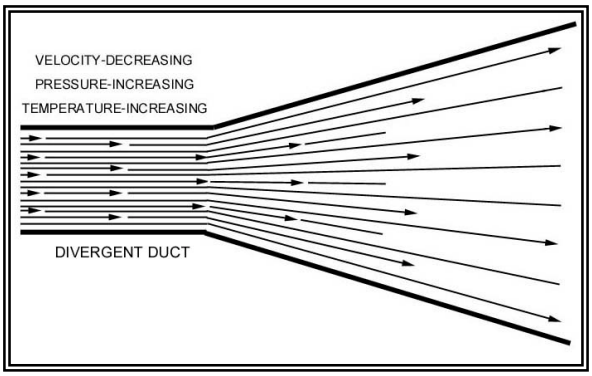
ตัวกระจายและการกระจายอากาศ (DIFFUSER AND DIFFUSION)

เป็นลักษณะการสร้างช่องทางเดิน หรือช่องทางผ่านของอากาศ ภายในเครื่องยนต์กังหันก๊าซ ซึ่งจะมีผลต่อกำลังดันและความเร็วของกระแสอากาศภายในเครื่องเป็นอย่างมาก เป็นการคิดสร้างขึ้นมาเพื่อให้เครื่องทำงานอย่างมี ประสิทธิภาพ มี 2 ลักษณะ คือ

① CONVERGENT DUCT เป็นการสร้างช่องทางเดินในลักษณะของทางเข้า ของอากาศมีพื้นที่กว้างกว่าทางออก ซึ่งจะมีผลทำให้ กระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อนี้มี “ความเร็วของก๊าซจะเพิ่มขึ้นและความดันลดลง”



② DIVERGENT DUCT เป็นการสร้างช่องทางเดินในลักษณะของทางเข้าของอากาศมีพื้นที่เล็กหรือแคบกว่าทางออก ซึ่งจะมีผลทำให้กระแสอากาศที่ไหลผ่านท่อนี้มี “ความเร็วของก๊าซลดลงและความดันเพิ่มขึ้น”



เครื่องกังหันก๊าซที่ใช้กับเรือ ประเทศอังกฤษ เป็นชาติแรก ที่ได้คิดปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเครื่องยนต์กังหันก๊าซของเครื่องบินมาเป็นพลังขับเคลื่อนของเรือ ซึ่งเรียกว่า เครื่องยนต์กังหันก๊าซเรือ MARINE GASTUBINE และเป็นที่นิยมใช้กันมากขึ้นในหลายประเทศ แถบยุโรป และอเมริกาในเวลาต่อมา

เครื่องกังหันก๊าซที่ใช้ใน กองทัพเรือไทย

ปัจจุบันเครื่องกังหันก๊าซ มีบทบาทอย่างมากทั้งในเครื่องบินและเรือรบ ตลอดจนวงการอุตสาหกรรมต่างๆ มากมาย เครื่องกังหันก๊าซเครื่องบินได้ถูกพัฒนาปรับปรุงและดัดแปลงเพื่อนำมาเป็นพลังขับเคลื่อนของเรือรบ เรียกว่า เครื่องกังหันก๊าซเรือ (MARINE GAS TURBINE) สำหรับกองทัพเรือไทยนั้นเครื่องกังหันก๊าซยังคงใหม่ เมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล และเครื่องจักรไอน้ำ ซึ่งใช้มาเป็นเวลานานอย่างไรก็ตาม กองทัพเรือไทยก็ได้ใช้เครื่องกังหันก๊าซเรือ เครื่องแรกเป็นพลังงานขับเคลื่อนของ ร.ล.มกุฎราชกุมาร ในปี พ.ศ.2513 เป็นเครื่อง ROOLLS – ROYLE MODEL TM 3 B ของอังกฤษ ทำความเร็วสูงสุดได้ถึง 26 น๊อต และต่อมาในปี พ.ศ.2538 ก็ได้ใช้เครื่องกังหันก๊าซใน ร.ล.นเรศวร และ ร.ล.ตากสิน เป็นเครื่อง LM.2500 ของ

กองฝึกการช่างกล

อเมริกา ทำความเร็วสูงสุดได้ถึง 32 น๊อต และต่อมาก็ติดตั้งใน ร.ล.จักรีนฤเบศ โดยเรือทั้งหมดจัดวางเครื่องแบบ “CODOG” = COMBINE OPERATION DIESEL OR GASTUBINE

หลักการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

หลักการทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซ คือมีการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงภายในห้องเผาไหม้อย่างต่อเนื่องตลอดเวลา แล้วนำอากาศร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้ไปเป่าปีกกังหันให้หมุนไปจนเกิดกำลังงานที่เพลา (นำพลังงานมาใช้ประโยชน์)

การดูดอากาศ ⌫ อากาศที่กำลังดันและอุณหภูมิปกติ

⌫ พัดอากาศดูดอากาศเข้าเครื่องด้วยความเร็วสูง

การอัดอากาศ ✎ พัดอากาศอัดอากาศด้วยกำลังดัน และความเร็วมากขึ้น ส่งเข้าไปในห้องเผาไหม้ตลอดเวลา

การเผาไหม้ ➢ น้ำมันเชื้อเพลิงถูกฉีดเข้าไปในห้องเผาไหม้ผสมกับอากาศ

➢ อากาศสำหรับการเผาไหม้แยกเป็น 2 ส่วน

1. PRIMAR AIR 25 % เข้าผสมกับ น้ำมันเชื้อเพลิง
2. SECINDARY AIR 75% เข้าระบายความร้อนรอบห้องเผาไหม้

➢ ใช้ประกายไฟจากหัวเทียน ในการเริ่มเดินเครื่อง (เมื่อความเร็วเครื่องได้ 5 – 10 % จะตัดไฟออก)

การขยายตัวทำงาน ❖ ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้มีกำลังดันและอุณหภูมิสูงผ่านปีกกังหันก๊าซร้อนจะทำปฏิกิริยา 2 ลักษณะ คือ

1. แรงผลัก IMPULSE FORCE
2. แรงโต้ REACTION FORCE

ทำให้เพลาหมุนไปและใช้ประโยชน์ในการหมุนของเพลาไปขับพัดอากาศและภาระต่าง ๆ ของเครื่อง เช่น เพลาใบจักร ฯลฯ

การระบายก๊าซเสีย ❖ ก๊าซร้อนที่ผ่านปีกกังหันแล้วไหลออกสู่บรรยากาศ

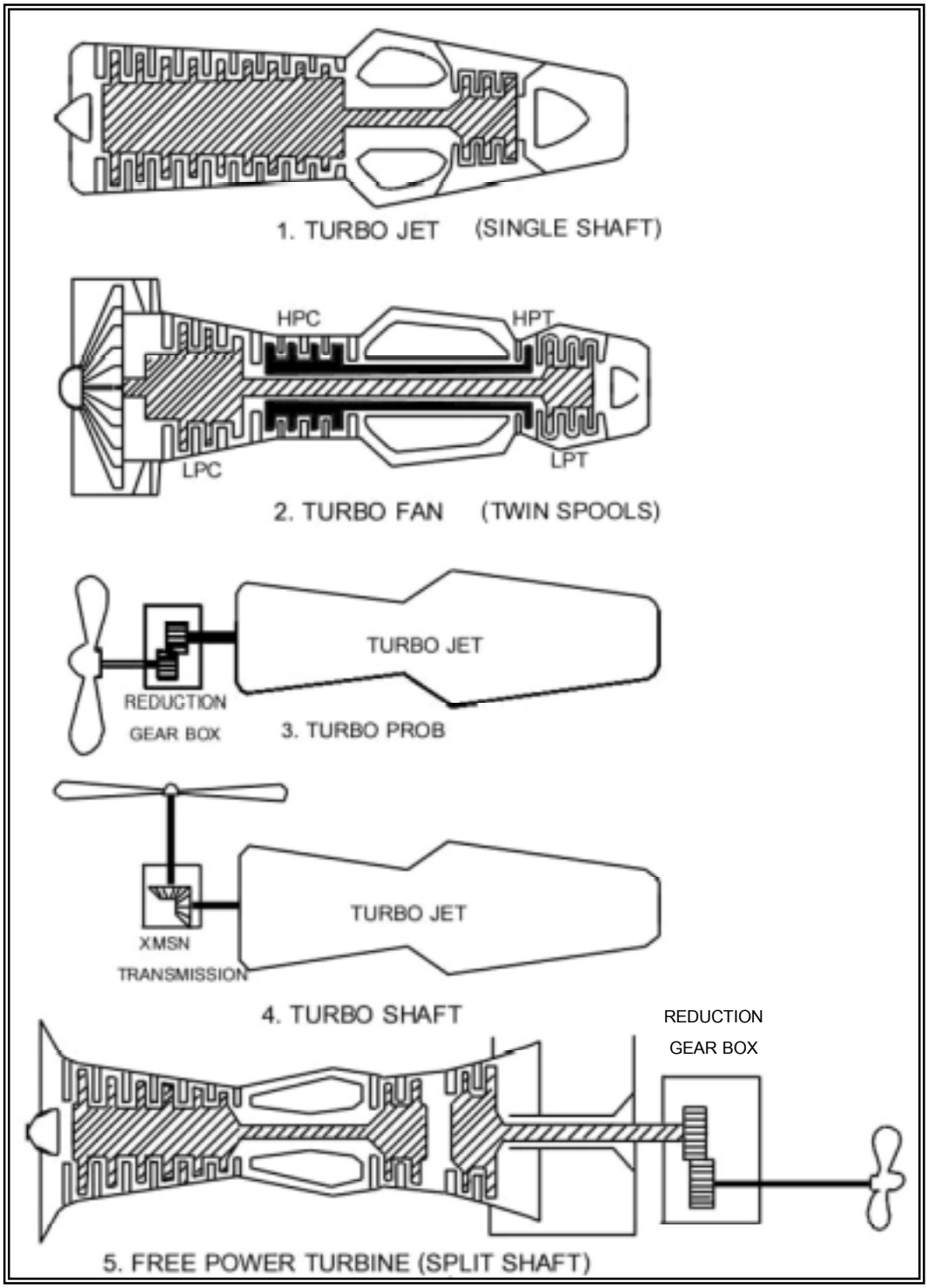
❖ บางแบบใช้ก๊าซที่พ่นออกสู่บรรยากาศเป็นพลังขับเคลื่อน (เครื่องบิน)

การแบ่งประเภทเครื่องยนต์กังหันก๊าซ

1. แบ่งตามแบบของพัดอากาศ
   - 1.1 CENTRIFUGAL FLOW COMPRESSOR
   - 1.2 AXIAL FLOW COMPRESSOR
   - 1.3 CENTRIFUGAL & AXIAL FLOW COMPRESSOR
2. แบ่งตามแบบของห้องเผาไหม้
   - 2.1 CAN TYPE
   - 2.2 ANNULAR TYPE
   - 2.3 CAN & ANNULAR TYPE
3. แบ่งตามการนำพลังงานไปใช้
   - 3.1 TURBO JET ENGINE
   - 3.2 TURBO FAN ENGINE
   - 3.3 TURBO PROP ENGINE
   - 3.4 TURBO SHAFT ENGINE
   - 3.5 FREE POWER TURGINE
4. แบ่งตามลักษณะของเพลา
   - 4.1 SINGLE SHAFT
   - 4.2 SPLIT SHAFT
   - 4.3 TWIN SPOOLS

กองฝึกการช่างกล กองการฝึก กองเรือยุทธการ

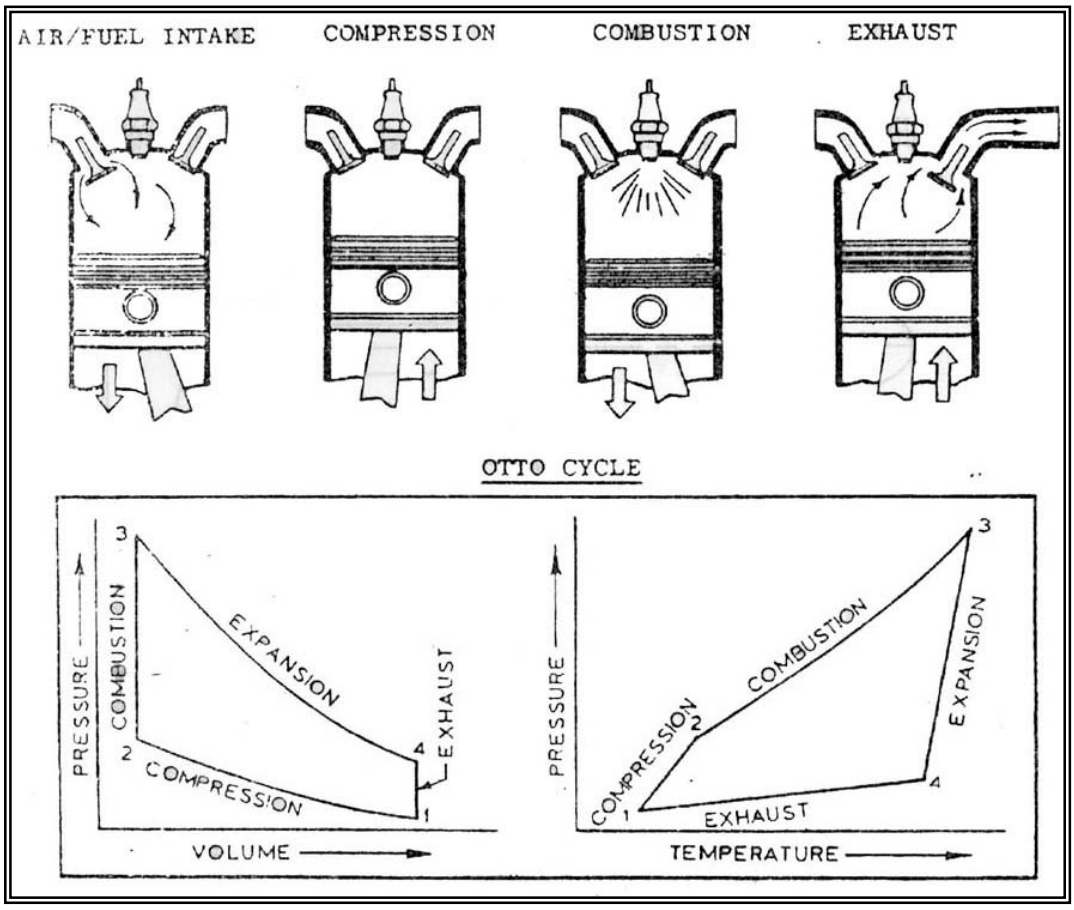
ชนิดของเครื่องยนต์ GASTURBINE



วัฏจักรของเครื่องยนต์กังหันก๊าซเมื่อเปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ลูกสูบ

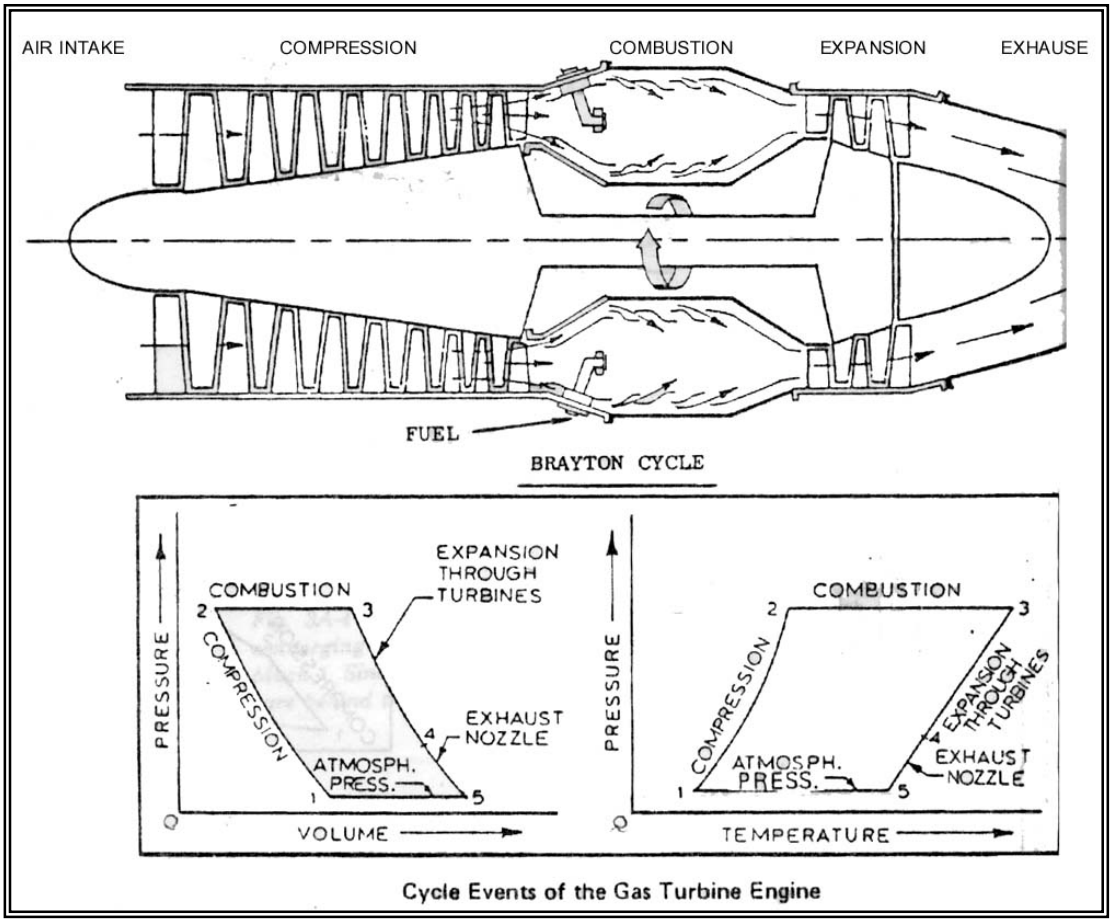
การทำงานนับว่าใกล้เคียงกันมาก คือ มีจังหวะ ดูด อัด ระเบิด และไล่แก๊สเสีย เช่นเดียวกัน แต่สิ่งที่แตกต่าง ก็คือ การทำงานของเครื่องยนต์กังหันก๊าซจะเป็นวัฏจักร์ที่ราบเรียบสม่ำเสมอ แต่ของเครื่องยนต์ลูกสูบเป็นชนิด INTERMITTENT (เดินๆ หยุดๆ เป็นพักๆ)

OTTO CYCLE เป็นวัฏจักรการทำงานที่ “ปริมาตรคงที่” เพราะว่าพลังงานที่เพิ่มเข้าไปในอากาศนั้นมิได้ มีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรเลย เหตุการณ์ทั้งหมดในวัฏจักร ออตโต คือ ดูด อัด ระเบิด และไล่แก๊สเสีย นั้น ได้กระทำในที่เดียวกันภายในกระบอกสูบของเครื่องยนต์ แต่กระทำในเวลาที่แตกต่างกัน



BRAYTON CYCLE วัฏจักรการทำงานของ แบรตัน กล่าวไว้ว่าในเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ เชื้อเพลิงทำให้เกิดพลังงาน เมื่อมีพลังงานความดันของก๊าซคงที่ แต่ปริมาตรของก๊าซเพิ่มขึ้นและความเร็วของก๊าซที่ออกจาเครื่องยนต์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วย เป็นวัฏจักรการทำงานที่ “ความดันคงที่” (CONSTANT PRESSURE)

จังหวะการทำงานอย่างต่อเนื่องของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ แสดงให้เห็นเป็นกราฟ ปริมาตร – ความดัน และกราฟ อุณหภูมิ – ความดัน ดังในรูป คือ ดูด (INTAKE) อัด (COMPRESSION) เผาไหม้ (COMBUSTION) ขยายตัว (EXPANSION) และคาย (EXHAUST) คล้าย ๆ กับการทำงานของเครื่องยนต์ลูกสูบ



Cycle Events of the Gas Turbine Engine

อากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์คือ อากาศรอบ ๆ ตัวเรามีความดันเท่ากับความดันอากาศภายนอก เส้นโค้งระหว่าง 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่า ความดันอากาศเพิ่มจากดูดไปอัดและปริมาตรลดลง (ปริมาตรเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกับกำลังดัน) เมื่อมีการเผาไหม้ส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ ในห้องเผาไหม้ก็มีพลังงานเกิดขึ้นความดันของก๊าซยังคงที่ แต่ขอให้สังเกตว่าปริมาตรของก๊าซจะเพิ่มขึ้น (กำลังดันคงที่ ปริมาตรเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิ) นั้นคือ คุณลักษณะของวัฏจักร เบรตัน (BRAYTON CYCLE)

เมื่อก๊าซร้อนออกจากห้องเผาไหม้ผ่านชุดเทอร์ไบน์ ความดันก๊าซจะลดลงแต่ปริมาตรยังคงเพิ่มขึ้น สังเกตเส้นกราฟ ระหว่าง 3 และ 4 ก๊าซที่เผาไหม้เกิดการขยายตัวอย่างรวดเร็วพุ่งออกจากเครื่องยนต์ในขณะเดียวกับที่ชุดเทอร์ไบน์นี้ พลังงานความร้อนจะเปลี่ยนเป็นพลังงานกลให้เทอร์ไบน์ไปขับชุดอัดอากาศและชุดเฟืองขับอุปกรณ์ของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ หลังจากที่ก๊าซร้อนผ่านชุดเทอร์ไบน์ ก็จะพุ่งออกท่อออกสู่บรรยากาศภายนอก ครบวัฏจักรและได้ผลผลิตออกมาเป็น แรงขับ (THRUST)

กองฝึกการช่างกล กองการฝึก กองเรือยุทธการ ☎ 068-2699

การเปรียบเทียบเครื่องยนต์กังหันก๊าซกับเครื่องยนต์ธรรมดา

1. ในเครื่องกังหันก๊าซเป็นเครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้ภายในโดย

    1.1 อากาศถูกอัดตัว

    1.2 มีการผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง

    1.3 มีการเผาไหม้เชื้อเพลิง

    1.4 ได้กำลังงานจากการเผาไหม้ และขยายตัวของแก๊สร้อน

2. ในการทำให้เกิดกำลังงาน

    2.1 ในเครื่องยนต์ธรรมดา เกิดกำลังงานภายในกระบอกสูบ

    2.2 ในเครื่องกังหันก๊าซ เกิดขึ้นในส่วนประกอบต่าง ๆ

        - การอัดอากาศเกิดขึ้นในส่วนของเครื่องอัดอากาศเข้า
        - การเผาไหม้เกิดในส่วนห้องเผาไหม้
        - การขยายตัวทำงานเกิดในส่วนปีกกังหันหมุน

3. ลักษณะในการเกิดกำลังงาน

    3.1 ในเครื่องยนต์ธรรมดา เกิดกำลังงานเป็นจังหวะในรอบการทำงานหนึ่งจะเกิดกำลังงานเฉพาะจังหวะที่เกิดการจุดระเบิด หรือมีการเผาไหม้ เท่านั้น

    3.2 ในเครื่องยนต์กังหันก๊าซ เกิดกำลังงานต่อเนื่องกันตลอดเวลา จึงทำให้กำลังงานเกิดขึ้นสม่ำเสมอ เรียกว่า มีกำลังงานต่อเนื่องกัน

4. ข้อดีและข้อเสียของเครื่องกังหันก๊าซ

<u>ข้อดี</u>

1. มีน้ำหนักเบา
2. กะทัดรัด เสียพื้นที่ / บริเวณ ในการติดตั้งน้อยกว่า
3. ออกแบบง่าย ในเมื่อพิจารณาถึงส่วนเคลื่อนที่ต่าง ๆ ที่มีกับเครื่อง
4. ให้กำลังงานมากกว่า ในเมื่อน้ำหนักต่อขนาดของเครื่องเท่ากัน เมื่อเปรียบเทียบน้ำหนักต่อแรงม้า เครื่องยนต์แก๊สโซลีนหนักกว่า 6 เท่า เครื่องยนต์ดีเซลหนักกว่า 12 เท่า และ การเสียพื้นที่กับบริเวณที่ติดตั้งเครื่องยนต์กังหันก๊าซมีขนาดเล็กเป็น ½ เท่าของเครื่องยนต์แก๊สโซลีน และเป็น ¼ เท่าของเครื่องยนต์ดีเซล
5. การเริ่มเดินเครื่องกระทำได้เร็ว และเร่งเครื่องได้เร็ว เกิดขึ้นในเวลาอันสั้นโดยใช้เวลา 1/10 ของเวลาที่ใช้ในการเริ่มเดินเครื่องยนต์ธรรมดา
6. การใช้งาน ใช้ได้รวดเร็ว และใช้งานได้เต็มกำลัง
7. มีส่วนประกอบน้อย
8. มีการสั่นสะเทือนน้อย
9. มีการสิ้นเปลืองน้ำมันหล่อลื่นน้อย (1/40 เท่าของเครื่องยนต์ธรรมดา)

10. การใช้เชื้อเพลิงสะดวกกว่า เพราะไม่ต้องการกรองอย่างละเอียดถี่ถ้วนมากนัก และลดอันตรายจากไฟไหม้ได้ดีเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน

ข้อเสีย

1. มีความหมดเปลืองเชื้อเพลิงสูงมาก

2. ต้องมีส่วนประกอบที่มีขนาดกว้างในการทำงานดูดอากาศและท่อทางแก๊สเสีย

3. การบำรุงรักษาไม่ถูกต้องหรือขาดการเอาใจใส่ ไม่ปฏิบัติตามข้อกำหนด จะทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องเสียไปจนถึงอาจทำให้เครื่องขัดข้องหรือเสียหาย

4. ต้องการอากาศเข้าเครื่องจำนวนมาก อาจมีสิ่งแปลกปลอมเจือปน

5. ระบบควบคุมยุ่งยากซับซ้อน

6. เสียงเครื่องมีความถี่สูง อันตรายต่อหู ต้องมีฉนวนกั้นเสียงอย่างดี ทำให้การติดตั้งและการบำรุงรักษายาก

7. ส่วนประกอบของเครื่องอยู่ภายใต้ความเครียดสูง (ความร้อนสูง)

8. PENCIL MARK, FINGER PRINT อาจทำให้ชิ้นส่วนเสียหายได้ (COMPRESSOR BLADE)

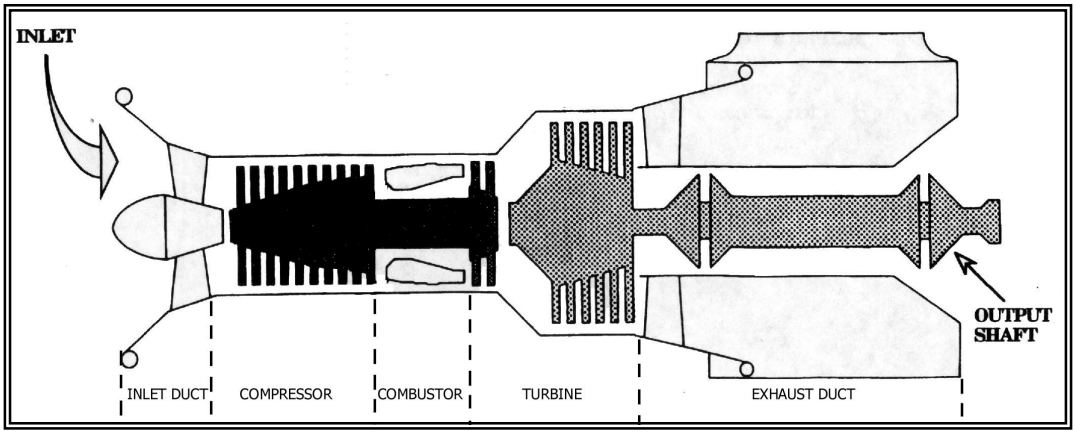
ข้อเสียทางยุทธวิธี

- ก๊าซเสียมีความร้อนสูง เป็นจุดอ่อนบริเวณปล่องก๊าซเสีย เพราะเป็นเป้าของอาวุธนำวิถีที่หาเป้าด้วยความร้อน ต้องมี (EX HAUST GAS COOLING SYSTEM)
- การปรับซ่อมใหญ่ ต้องกระทำบนโรงงาน หรือมีเครื่องเปลี่ยน
- เหตุผลสำคัญข้อหนึ่งของเครื่องกังหันก๊าซ ที่นำมาใช้กับเรือ คือ ความถี่ของเสียงเครื่องไม่ดังไปไกล เรือดำน้ำตรวจจับได้ยาก

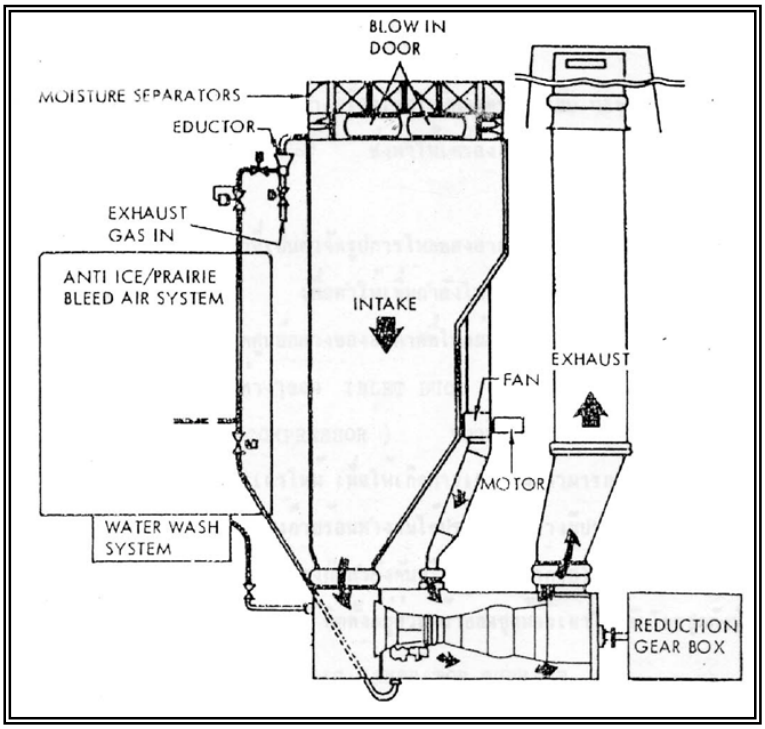
ส่วนประกอบของเครื่องยนต์กังหันก๊าซเรือ

เครื่องยนต์กังหันก๊าซเรือ ประกอบไปด้วย ส่วนสำคัญ ๆ 5 ส่วน คือ

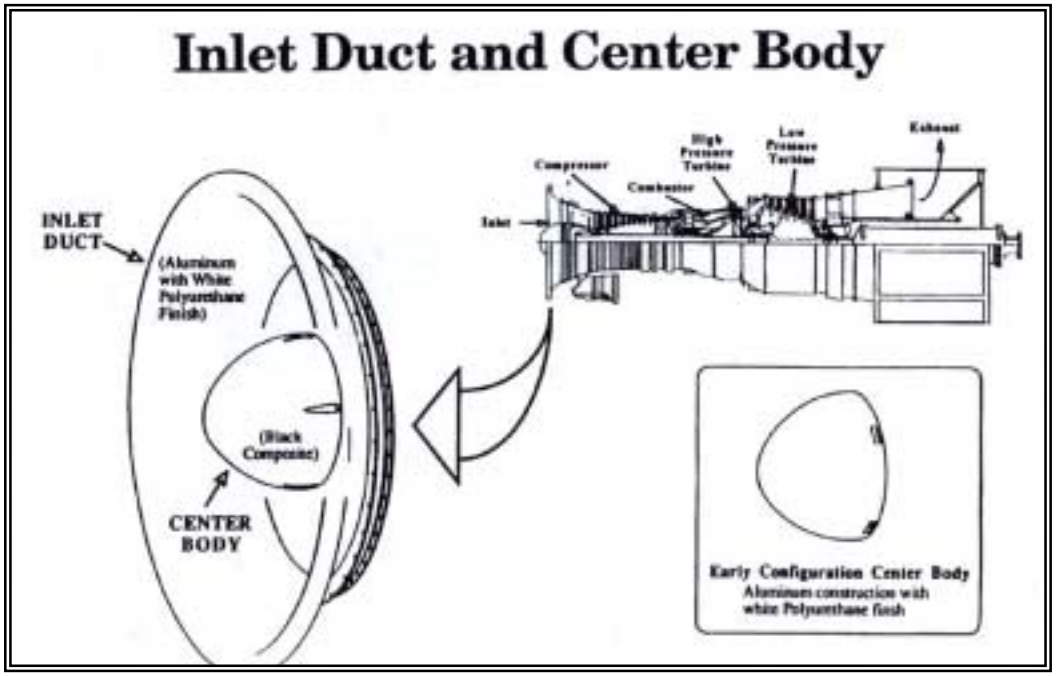
1. ท่ออากาศดีเข้า (INLET DUCT)
2. เครื่องอัดอากาศ (COMPRESSOR)
3. ห้องเผาไหม้ (COMBUSTION CHAMBER)
4. ชุดกังหัน (TURBINE)
5. ท่อแก๊สเสีย (EXHAUST DUCT)



นอกจากส่วนสำคัญ 5 ส่วนนี้ยังมีส่วนประกอบอีกมาก คือ ระบบเกียร์ (GEAR SYSTEM) ระบบน้ำมันเชื้อเพลิง (FUEL SYSTEM) ระบบเริ่มเดิน (START SYSTEM) ระบบระบายความร้อน (COOLING SYSTEM) ระบบหล่อลื่น (LUBRICATION SYSTEM) และระบบจุดประกายไฟ (IGNITION SYSTEM) เป็นต้น



1. **ท่ออากาศดีเข้า** (INLET DUCT)



INLET DUCT และ CENTER BODY เป็นโครงสร้างเพื่อผลทางอากาศพลศาสตร์ที่อยู่ส่วนหน้าของตัวเครื่อง และเป็นทางผ่านของอากาศเข้าเครื่อง

วัตถุประสงค์มีหน้าที่ จัดอากาศเข้าเครื่องเพื่อให้มีความราบเรียบ และมีการกระจายตัวอย่างเป็นรูปแบบ ไม่มีการอลวน (TURBULANCE) ซึ่งทำให้เครื่องเกิดความสมดุลย์และทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

INLET DUCT ทำหน้าที่เป็นตัวจัดรูปการไหลของอากาศโดยมีการสร้างให้มีรูปร่างในลักษณะสอบเข้าหากัน (CONVERGENT) เพื่อทำให้เพิ่มกำลังในการไหลของอากาศเข้าเครื่องเร็วขึ้น

CENTER BODY เป็นจุดศูนย์กลางของอากาศที่ไหลผ่าน INLET DUCT ทำหน้าที่เป็นตัวแบ่งบังคับอากาศให้ไหลผ่านส่วนต่าง ๆ ของ INLET DUCT โดยทั่วถึง

2. เครื่องอัดอากาศ (COMPRESSOR)

หน้าที่อัดอากาศให้ได้ปริมาณและกำลังดันเพียงพอ ตามความต้องการส่งเข้าห้องเผาไหม้ เพื่อให้เกิดการเผาไหม้ที่สามารถผลิตพลังงานความร้อนได้มากพอที่จะทำให้เกิดการขยายตัวของก๊าซร้อนทำงานได้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพ (พลังของก๊าซร้อนที่เกิดจากการเผาไหม้เป็นปฏิภาคโดยตรงกับกำลังดันหรือมวลของอากาศ)

สถานที่ติดตั้งของเครื่องอัดอากาศ ติดตั้งอยู่ส่วนหน้าของชุดห้องเผาไหม้ขับโดยชุดกังหันเทอร์ไบน์ (HIGH PRESSURE TURGINE or GAS GENERATOR TURBINE)

เครื่องอัดอากาศ แบ่งเป็น 3 ชนิด ตามอาการไหลของอากาศภายในเครื่องอัดอากาศ คือ

❶เครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมี (CENTRIFUGAL FLOW COMPRESSOR)

❷ เครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน (AXIAL FLOW COMPRESSOR)

❸เครื่องอัดอากาศแบบผสม (CENTRIFUGAL AND AXIAL FLOW COMPRESSOR)

2.1 เครื่องอัดอากาศ ชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมี (CENTRIFUGAL FLOW COMPRESSOR)

คุณลักษณะ ของเครื่องอัดอากาศ ชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมี ใช้กับเครื่องยนต์ขนาดเล็ก ๆ

ส่วนประกอบและการสร้าง

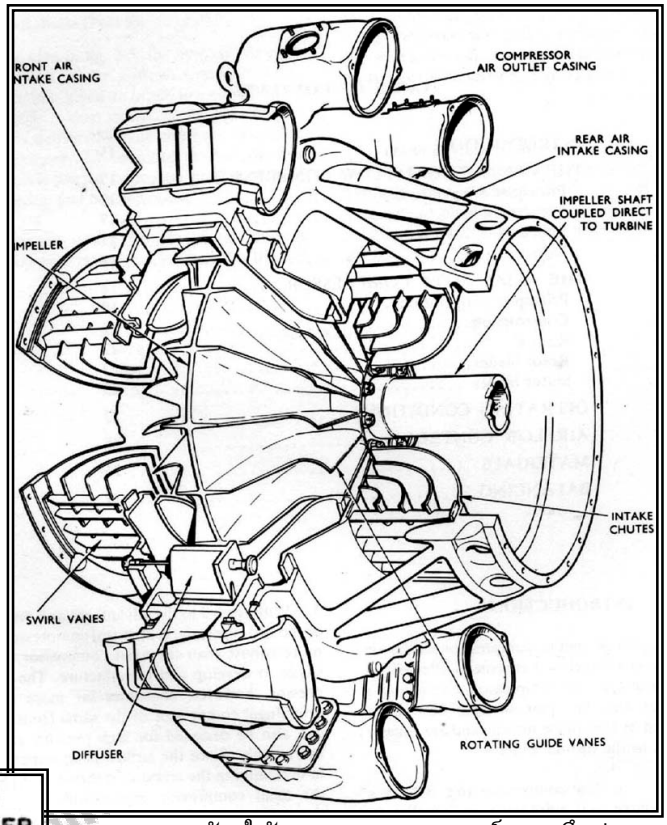
ส่วนประกอบที่สำคัญได้แก่

- ใบพัด (IMPELLER or ROTOR)
- ชุดกระจายอากาศ (DIFFUSER or STATOR)
- COMPRESSOR MANIFOLD

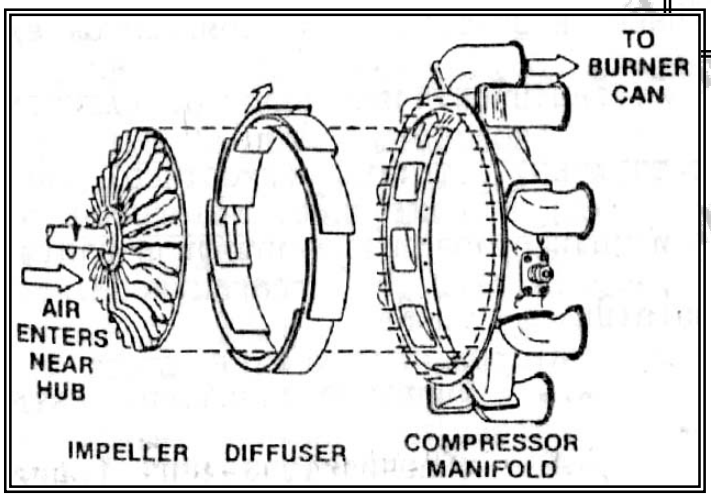
โดยเพลาของใบพัดต่อตรงกับเพลาของชุดกังหันเทอร์ไบน์

ลักษณะการสร้าง

1 ใบพัด (IMPELLER) ทำด้วยอลูมินั่มผสม ALUMINUM ALLOY ทำเป็นรูปจานหรือทรงกลม อบชุบผิวให้แข็งขัดเรียบ เพื่อลดการเสียดสีและการรวกวน TURBULANCE ของอากาศ ลักษณะการสร้างที่สำคัญคือ



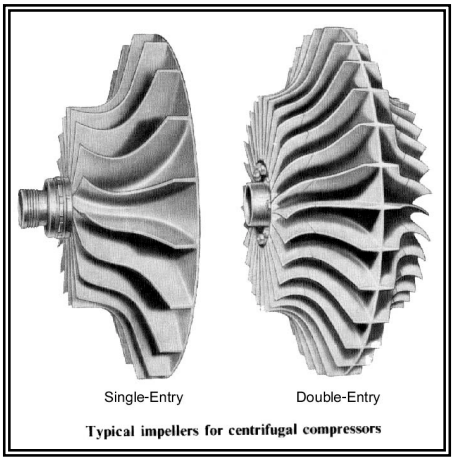
- ครีบหรือปีกของใบพัด (VANE) สร้างให้ยาวออกมาจากศูนย์กลางถึงปลายปีกตามแนวรัศมีโดยรอบ จุดประสงค์ทำให้เกิดแรงเหวี่ยงของอากาศขณะที่ใบพัดหมุน
- ครีบหรือปีกของใบพัด (VANE) ที่อยู่บริเวณตรงกลางจะสร้างให้ใหญ่หรือยาวโค้งไปในทิศทางเดียวกับทางหมุนของใบพัด เพื่อให้อากาศที่ไหลเข้ามาจากทางดูดเปลี่ยนทิศทางไหลไปตามแนวรัศมี (ไหลไปทางปลายปีก) ได้โดยง่าย



- ช่องว่างระหว่างครีบหรือปีกของใบพัด (VANE) จุดประสงค์เป็นช่องทางเดินของอากาศ การสร้างจะวางครีบให้เกิดร่องในลักษณะร่องที่ปลายปีกกว้างกว่าร่องที่โคนปีก เพื่อทำให้เกิดช่องทางเดินของอากาศในลักษณะ CIVERGENT เป็นการทำให้เกิดกำลังดันสูง

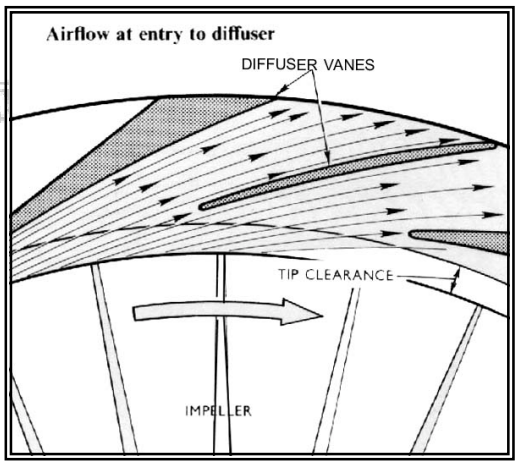
- การสร้างใบพัด (IMPELLER) มีการสร้าง 2 แบบ คือ

1. ใบพัดแบบหน้าเดียว
2. ใบพัดแบบสองหน้า



Typical impellers for centrifugal compressors

2 ชุดกระจายอากาศ (DIFFUSER) ประกอบด้วย ปีกหลาย ๆ อันวางซ้อนสองชั้นเหลื่อมกัน เป็นวงกลม วางประกอบล้อมรอบอยู่ปลายของใบพัด โดยให้ปีกด้านในอยู่ในแนวเดียวกับทิศทางการไหลของอากาศจากใบพัด



- ช่องว่างระหว่างปีกซ้อนสองชั้นจัดเป็นช่องทางเดินของอากาศซึ่งการสร้างช่องทางเดินของอากาศที่ดิฟฟิวเซอร์นี้จะวางปีกซ้อนให้เป็นลักษณะ DIVERGENT เพื่อเมื่ออากาศไหลผ่านจะทำให้มีลักษณะการไหลที่แผ่กระจาย ซึ่งเป็นการเปลี่ยนพลังงานความเร็ว เป็นพลังงานความดัน

- ระยะห่างระหว่างปลายใบพัด (IMPELLER) กับดิฟฟิวเซอร์ถ้าระยะชิดเกินไป จะทำให้เกิดการต้านของอากาศ ซึ่งจะมีผลทำให้ใบพัดสร้างความดันไม่สม่ำเสมอ หรือเกิดการไหลของอากาศไม่คงที่เกิดการสั่นสะเทือน

- การสร้างดิฟฟิวเซอร์อาจสร้างเป็นส่วนประกอบเดียวกับเรือคอมเพรสเซอร์ หล่อติดกับ CASING หรือสร้างแยกสามารถถอดประกอบได้ด้วยสลัก นัต

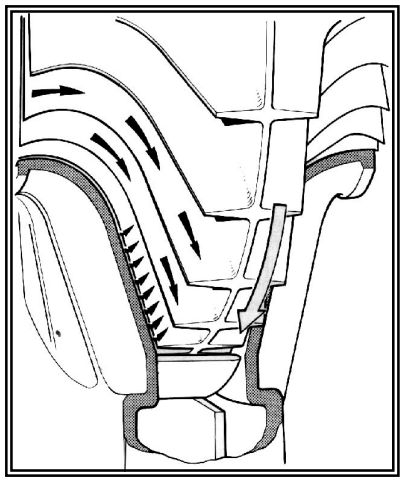
3 COMPRESSOR MANIFOLD หรือ CASING ปกติเครื่องอัดอากาศแบบอากาศไหลตามแนวรัศมีได้ออกแบบสร้างเพื่อใช้งานกับห้องเผาไหม้ชนิด CAN TYPE เพราะฉนั้น COMPRESSOR MANIFOLD จึงมีหน้าที่ แบ่งอากาศที่ออกจากดิฟฟิวเซอร์และจ่ายอากาศไปยังห้องเผาไหม้โดยมีการสร้างและส่วนประกอบสำคัญดังนี้

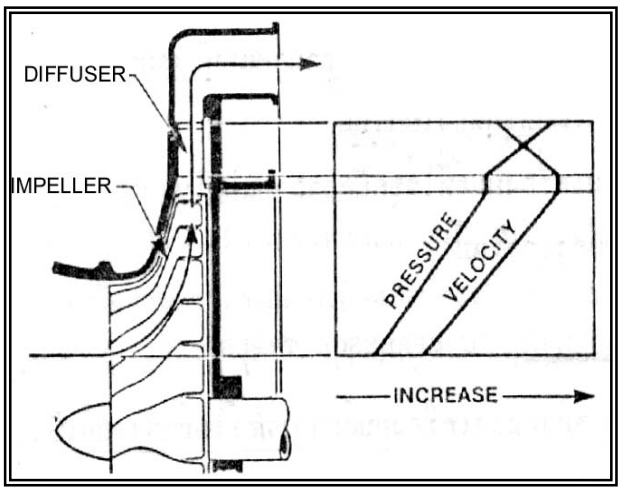
- เรือน MANIFOLD ได้เจาะช่องเพื่อใช้ในการแบ่งอากาศที่จะส่งไปแต่ละห้องเผาไหม้ให้ได้จำนวนอากาศที่เท่ากัน

- ข้อต่องอทางออก (OUTLET BLBOW) เป็นข้อต่อที่เชื่อมต่อจากช่องอากาศออก (OUTLET PORT) ของ MANIFOLD ทำหน้าที่เปลี่ยนแนวรัศมี (RADIAL FLOW) เป็นไหลตรงตามแนวแกน (ACIAL FLOW) เพื่อส่งไปห้องเผาไหม้

- TURNING VANE เป็นช่องบังคับอากาศที่ประกอบอยู่ภายใน ที่ข้อต่องอ (ELBOW) ทำหน้าที่ช่วยบังคับให้อากาศไหลเปลี่ยนทิศทางได้โดยง่ายเป็นการป้องกันกำลังดันตกในท่อส่ง

หลักการทำงานเครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมี นอกจากจะมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ 3 ส่วน ตามที่กล่าวมาแล้วนั้นยังมีส่วนประกอบอื่น ๆ อีก เช่น เพลาของพัด ซึ่งต่อกับเพลาของกังหันเทอร์ไบน์โดยตรงบอลแบริ่งซึ่งทำหน้าที่เป็นส่วนรองรับเพลงของใบพัด โดยมีหลักการทำงานดังนี้





อากาศจะไหลเข้าท่อทางดูดของเครื่องอัดอากาศ ซึ่งอยู่บริเวณศูนย์กลางของพัดเมื่อใบพัดหมุนด้วยความเร็วสูง อากาศจะถูกเหวี่ยงและทำให้เคลื่อนที่ออกไปตามร่องของครีบสู่ปลายของพัด ซึ่งการเหวี่ยงของใบพัดนี้จะทำให้เกิดการเร่งของอากาศเคลื่อนที่ไปสู่ปลายปีกด้วยความเร็วสูงเกิดเป็นพลังงานความเร็ว (พลังงานจลน์) ส่วนช่องว่างระหว่างครีบที่สร้างให้เป็นลักษณะ DIVERGENT จะทำให้เกิดความดันของอากาศรวมอยู่ด้วยบางส่วน ซึ่งจะทำให้ได้อากาศในลักษณะความเร็วสูงกำลังดันต่ำ (HIGH VELOCITY LOW PRESSURE)

อากาศที่ถูกเหวี่ยงพ้นปลายปีกของใบพัด (IMPELLER) จะไปเข้าดิฟฟิวเซอร์ผ่านช่องภายในดิฟฟิวเซอร์ ซึ่งจะทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานของอากาศที่อยู่ในรูปของความเร็ว(พลังงานจลน์) เป็นพลังงานความดัน (กำลังดันสูง ความเร็วต่ำ) ส่งผ่านช่องที่เรือนพัดเข้าท่อจ่าย (MANIFOLD) ส่งเข้าห้องเผาไหม้ต่อไป

ในทางปฏิบัติหรือในการออกแบบสร้างเครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมีนี้จะออกแบบให้เครื่องอัดอากาศทำงานร่วมกันระหว่างใบพัด (IMPELLER) และดิฟฟิวเซอร์ กล่าวคือในการอัดอากาศหรือในการผลิตกำลังดันอากาศ กำลังดันหรือความดันของอากาศรวมที่ได้ (ที่ส่งไปห้องเผาไหม้) ครึ่งหนึ่งจะเกิดที่ตัวใบพัด (IMPELLER) ที่สร้างร่องครีบในลักษณะ DIVERGENT และอีกครั้งหนึ่งของกำลังดันที่ได้จะเกิดที่ตัวดิฟฟิวเซอร์

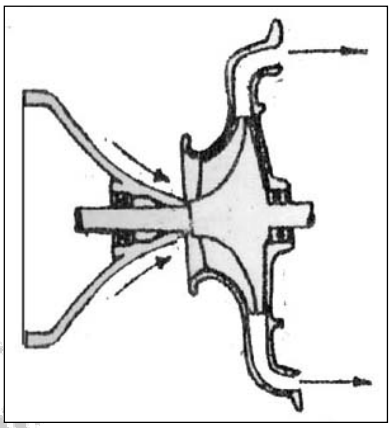
มวลของอากาศและความดันที่ออกจากเครื่องอัดอากาศจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1. จำนวนความเร็วรอบในการหมุนของใบพัด (IMPELLER) กล่าวคือ ความเร็วของอากาศจากใบพัดจะเพิ่มขึ้น เมื่อใบพัดหมุนเร็วขึ้นทำให้ได้พลังงานจลน์มากขึ้น และได้ความดันหรือมวลของอากาศมากขึ้นตามลำดับเมื่อผ่านดิฟฟิวเซอร์

2. อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องถ้าอุณหภูมิของอากาศเข้าเครื่องต่ำเครื่องอัดอากาศจะทำงานได้ดีกว่า

แบบต่าง ๆ ของเครื่องอัดอากาศแบบอากาศไหลตามแนวรัศมี จุดประสงค์ที่ออกแบบสร้างเครื่องอัดอากาศให้มีรูปร่างหรือลักษณะต่างๆ กัน เพื่อต้องการเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง แบ่งออกเป็น **3 แบบ** คือ.-

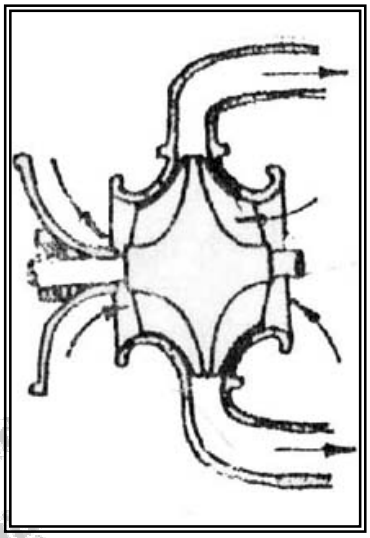
1 เครื่องอัดอากาศแบบ SINGLE ENTRY STAGE หรือ SINGLE STAGE



ประกอบด้วยเรือนพัด (CASING) แบบอากาศเข้าทางเดียว (SINGLE ENTRY) และใบพัด (IMPELLER) แบบอากาศไหลตามแนวรัศมีมีหน้าเดียวประกอบรวมกันจำนวน 1 ชุด โดยมีดิฟฟิวเซอร์ประกอบกับเรือนพัด(CASING) บริเวณปลายใบพัด

การทำงาน อากาศเข้าทางดูดตรงกลางเรือนดัด และถูกเหวี่ยงด้วยใบพัดจากโคนปีกออกไปปลายปีกเกิดเป็นพลังงานความเร็ว และเมื่อผ่านดิฟฟิวเซอร์พลังงานของอากาศจะเปลี่ยนจากความเร็วเป็นกำลังดันส่งเข้าห้องเผาไหม้ต่อไป

2. เครื่องอัดอากาศแบบ DOUBLE ENTRY STAGE



ประกอบด้วยเรือนพัด (CASING) แบบอากาศเข้าสองทาง (DOUBLE ENTRY) และใบพัด (IMPELLER) แบบอากาศไหลตามแนวรัศมีมีสองหน้า ส่วนดิฟฟิวเซอร์ประกอบอยู่ที่เรือนพัด (CASING) บริเวณปลายใบพัดเช่นกัน

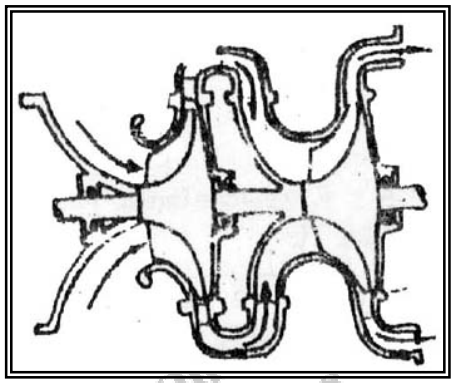
การทำงาน อากาศเข้าทางดูดตรงกลางเรือนพัดทั้งสองด้านและจะถูกเหวี่ยงพร้อมกันด้วยใบพัดทั้งสองหน้าจากโคนปีกออกไปปลายปีก เกิดเป็นพลังงานความเร็วเมื่อผ่านดิฟฟิวเซอร์ พลังงานของอากาศจะถูกเปลี่ยนจากพลังงานความเร็วเป็นความดันส่งเข้าท่อทางส่งไปเข้าห้องเผาไหม้

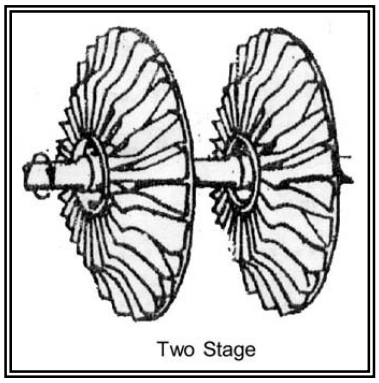
ข้อดี ของเครื่องอัดอากาศแบบ DOUBLE ENTRY STAGE เมื่อเปรียบเทียบกับแบบ SINGLE ENTRY STAGE คือ สามารถสร้างขนาดให้เล็กลงได้ เมื่อเปรียบเทียบในการอัดอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากเครื่องอัดอากาศแบบ DOUBLE ENTRY STAGE ใช้ใบพัดแบบสองหน้าความสามารถจึงเป็น 2 เท่าของแบบSINGLE ENTRY STAGE เมื่อมีขนาดเท่ากัน (ปัจจุบันนิยมใช้)

ข้อเสีย เกิดปัญหายุ่งยากในการนำอากาศเข้าช่องทางดูด กล่าวคือจะต้องสร้างให้อากาศเข้าสู่ใบพัดทั้งสองหน้าได้อย่างราบเรียบและเท่ากัน ซึ่งการแก้ปัญหาดังกล่าวกระทำโดยสร้างห้องพักอากาศหรือห้องกักอากาศ (PLENUM CHAMBER) เพื่อทำหน้าที่เป็นห้องกระจายส่งอากาศช่วยให้อากาศเข้าสู่ทางดูดของใบพัดทั้งสองหน้าได้ดี (ในเครื่องบินจะเกิดปัญหาการนำอากาศเข้าใบพัด IMPELLER) ด้านหลังซึ่งจะอยู่ตรงข้ามกับช่องนำอากาศเข้า

3. เครื่องอัดอากาศแบบ TWO STAGE

ปกติการสร้างเครื่องอัดอากาศแบบไหลตามแนวรัศมีหลายชุด (STAGE) จะประกอบด้วยตัวเรือนพัด (CASING) และใบพัด (IMPELLER) แบบหน้าเดียวต่อรวมเพลาเดียวกันตั้งแต่สองชุด (STAGE) ขึ้นไปอากาศที่ออกจากเครื่องอัดอากาศชุดแรกจะถูกส่งเข้าอัดในเครื่องอัดอากาศชุดหลังๆ ต่อไปเป็นการเพิ่มกำลังดัน (มวลอากาศ) และเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องแต่ในทางปฏิบัตินิยมสร้างแค่ 2 ชุด (STAGE) เท่านั้น เนื่องจากเกิดปัญหากำลังดันตกในท่อทางระหว่างชุด และปัญหาการรั่วไหลของอากาศตามช่องทางนำอากาศเข้าชุดถัดไป





<u>การทำงาน</u> อากาศเข้าทางดูดตรงกลางเรือนพัดของเครื่องอัดอากาศชุดที่ 1 และถูกเหวี่ยงด้วยใบพัดจากโคนปีกออกไปปลายปีกเกิดเป็นพลังงานความเร็วส่งผ่านดิฟฟิวเซอร์เปลี่ยนพลังงานความเร็วเป็นความดันแล้วส่งเข้าท่อส่งอากาศ ซึ่งอากาศที่มีกำลังสูงนี้จะถูกส่งเข้าอัดในเครื่องอัดอากาศชุดที่ 2 การทำงานภายในเครื่องอัดอากาศชุดที่ 2 เหมือนกับชุดแรกแต่กำลังดันที่ได้จะสูงกว่า

เครื่องอัดอากาศแบบ TWO STAGE นี้ไม่นิยมใช้เนื่องจากต้องเสียพื้นที่ในการติดตั้งมาก โดยทำให้เพิ่มความยาวของเครื่องขึ้นอีก

ข้อดี ข้อเสีย ของเครื่องอัดอากาศแบบอากาศไหลตามแนวรัศมี

<u>ข้อดี</u>

1. แข็งแรงทนทาน
2. สร้างง่ายราคาถูก
3. มีผงฝุ่นจับบ้างไม่เป็นไร
4. มีอัตราส่วนการอัดตัวต่อ STAGE สูงประมาณ 2.5 – 3
5. มีความคงตัวในการรักษา STABILITY RANG ดีกว่า

<u>ข้อเสีย</u>

1. ประสิทธิภาพต่ำ เพราะทำเป็นหลายชุด STAGE ลำบาก
2. มีขนาดใหญ่

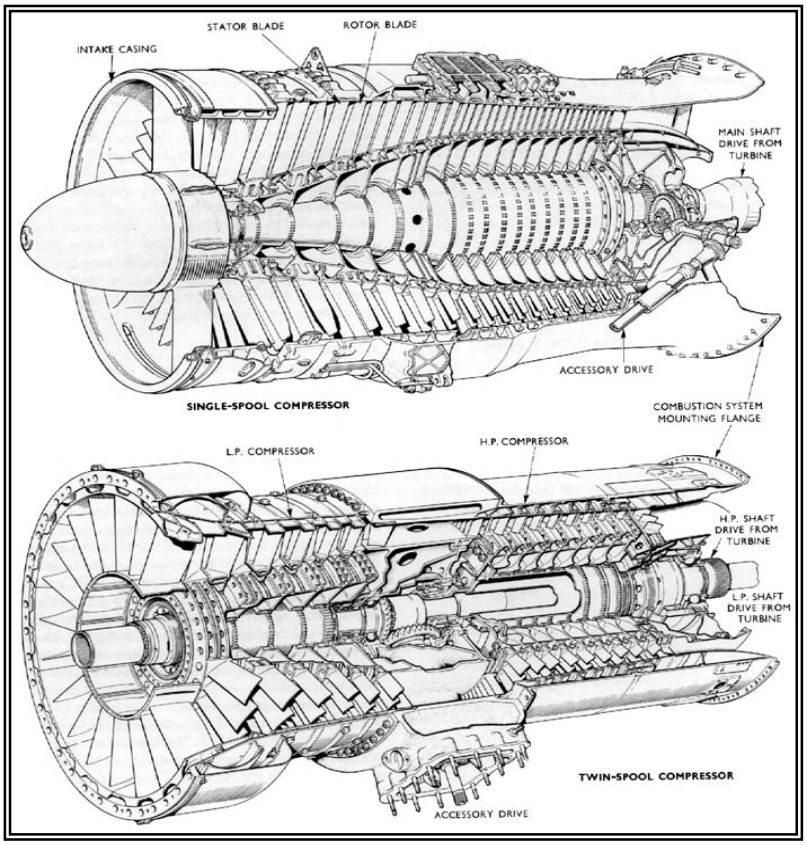
ทั้งนี้แม้ว่าเครื่องอัดอากาศแบบอากาศไหลตามแนวรัศมีจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่า แต่มีคุณสมบัติสำคัญคือ มีความแข็งแรง ทนทาน จึงเป็นที่นิยมกันมาก (ในเครื่องขนาดเล็ก ๆ)

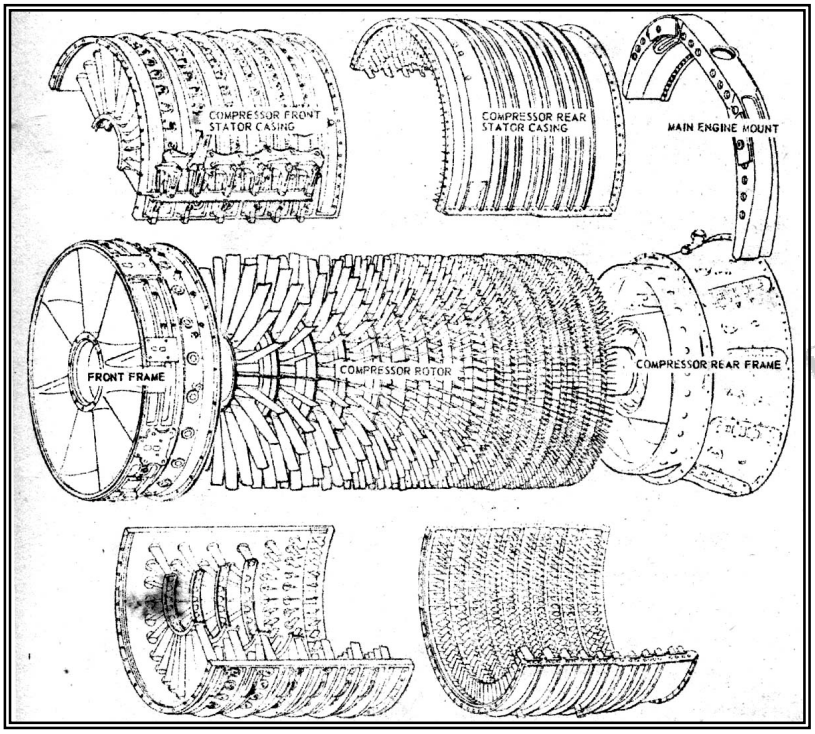
2.2 เครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน (AXIAL FLOW COMPRESSOR)

คุณลักษณะ - ใช้กับเครื่องขนาดกลาง ขนาดใหญ่

- อัดอากาศได้สูงกว่าแบบชนิดอากาศไหลตามแนวรัศมีหลายเท่าประมาณ 25 : 1 หรือมากกว่า

- สามารถทำได้หลายสเตจ





<u>ส่วนประกอบ</u> แบ่งเป็น 2 ส่วน

1. ส่วนหมุน (ROTOR) ประกอบด้วย

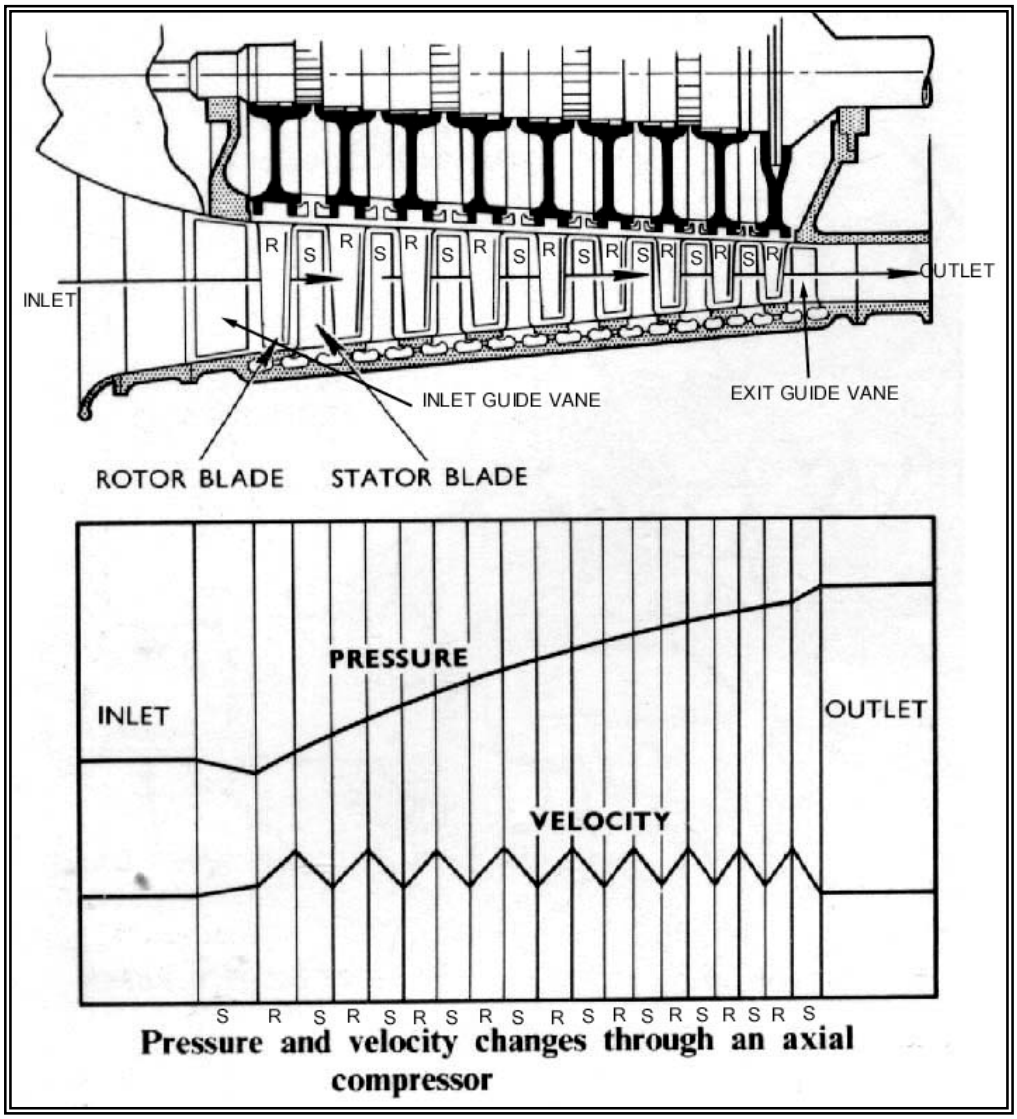
- เพลาโรเตอร์ (ROTOR SHAFT)
- ปีกหมุน (ROTOR BLADE)

2. ส่วนที่อยู่นิ่ง (STATOR) ประกอบด้วย

- ตัวเรือนชุดอัดอากาศ (CASING)
- ปีกนิ่ง (STATOR VANE)

กองฝึกการช่างกล กองการฝึก กองเรือยุทธการ

เมื่อประกอบ 2 ส่วนเข้าด้วยกันจะอยู่ในลักษณะปีกนิ่งสลับด้วยปีกหมุน โดยขึ้นต้นด้วยปีกนิ่งก่อน การนับ STAGE ใน 1 STAGE ประกอบด้วยปีกหมุน 1 และปีกนิ่ง 1 โดยเริ่ม STAGE แรกที่ปีกหมุนอันแรกนับจากช่องทางอากาศเข้าแล้วตามด้วยปีกนิ่งนับเป็น STAGE ที่ 1 STAGE ที่ 2 นับจากปีกหมุนตัวที่ 2 แล้วตามด้วยปีกนิ่งนับเป็น 2,3



Pressure and velocity changes through an axial compressor

ปีกนิ่งอันแรกที่ไม่นับรวมอยู่ใน STAGE ที่ 1 แถวหน้าสุดมีชื่อเรียกว่า INLET GUIDE VANE มีทั้งแบบ FIXED & VARIABLE มีหน้าที่รับอากาศเข้าไปปะทะปีกหมุน STAGE ที่ 1 ด้วยมุมที่ถูกต้องเหมาะสมเพื่อให้ประสิทธิภาพการอัดสูงสุด

ลักษณะการสร้างที่สำคัญของปีกนิ่ง(STATOR VANE) และปีกหมุน(ROTOR BLADES)

ปัจจุบันการสร้างคอมเพรสเซอร์แบบ AXIAL FLOW จะสร้างส่วนที่อยู่นิ่งคือส่วนที่เป็นตัวเรือนชุดอัดอากาศ (CASING) และปีกนิ่ง (STATOR VANE) เป็นลักษณะ 2 ฝา ปะกบคือมีฝาบน ฝาล่าง ถ้ามีขนาดยาวจะสร้างเป็น 4 ฝา เมื่อเอามาประกอบกับส่วนหมุน (ROTOR) จะยึด 2 ฝา ให้ติดกันด้วยสลักประโยชน์ในการทำ 2 ฝาปะกบกันคือสามารถถอดตรวจปีกหมุนปีกนิ่งได้ง่าย

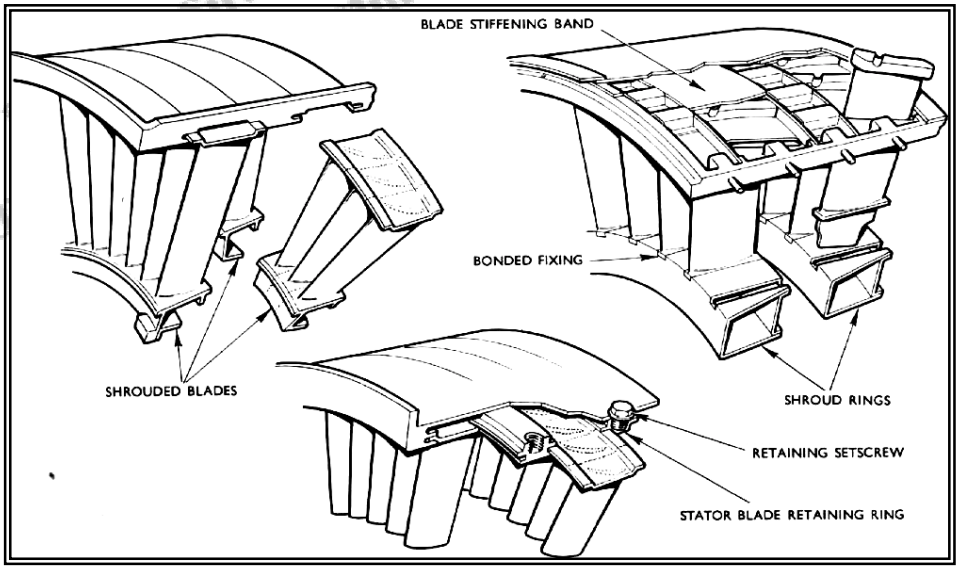
1. ปีกนิ่ง (STATOR VANE) ส่วนมากสร้างด้วยเหล็ก (STEEL) ที่มีคุณสมบัติป้องกันสนิม หรือการผุกร่อนยึดติดอยู่กับ SPLIT RING หรือ SHROUND สอดอยู่ด้านในของฝาครอบชุดตัวเรือนชุดอัดอากาศ (CASING) จำนวนแถว

ขึ้นอยู่กับความต้องการความอัดอากาศที่มีจำนวนแถวมากที่สุดและให้อัตราส่วนความอัดอากาศมากที่สุด ในปัจจุบันใช้ประมาณ 10 - 16 STAGE ลักษณะการสร้างที่สำคัญคือ ช่องว่างระหว่างปีกนิ่งที่อากาศผ่านจะสร้างในลักษณะ DIVERGENT เพื่อเปลี่ยนความเร็วของอากาศที่ถูกอัดผ่านมาจากปีกหมุนเป็นกำลังดัน (ปีกนิ่งระหว่าง STAGE)

ปีกนิ่งทำหน้าที่ 2 อย่างคือ.-

1. รับอากาศจากช่องนำอากาศเข้าหรือจากปีกหมุนแล้วส่งต่อให้ STAGE ถัดไป หรือส่งเข้าห้องเผาไหม้ด้วยความเร็ว และความดันตามต้องการ

2. ควบคุมการไหลของกระแสอากาศให้ไปในทิศทางที่ปะทะกับปีกหมุนเป็นมุมที่ถูกต้อง และเพื่อให้มีประสิทธิภาพการอัดสูงสุด

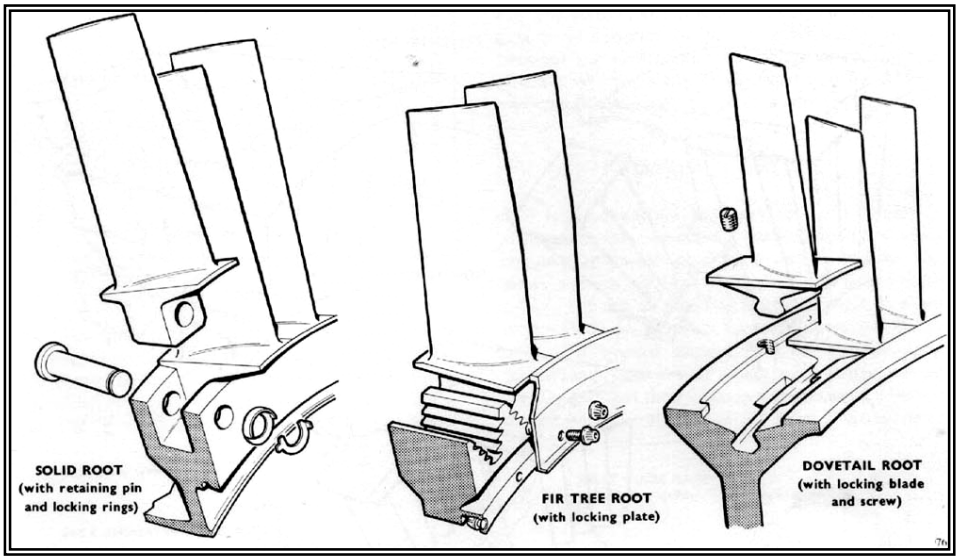


ตอนทางออกของชุดอัดอากาศจะมี STATOR VANE แถวสุดท้ายทำหน้าที่ควบคุมการไหลของกระแสอากาศอัดให้พุ่งออกไปตรงๆเพื่อลดการเกิดกระแสวกวนเรียก EXIT GUIDE VANE หรือ STARIGSTENING VANE

2. ปีกหมุน (ROTOR BLADES) ส่วนมากสร้างด้วย STAINLESS STEEL ลักษณะของการนำตัวปีกติดกับเพลานิยมทำกันเป็น 3 แบบคือ.-

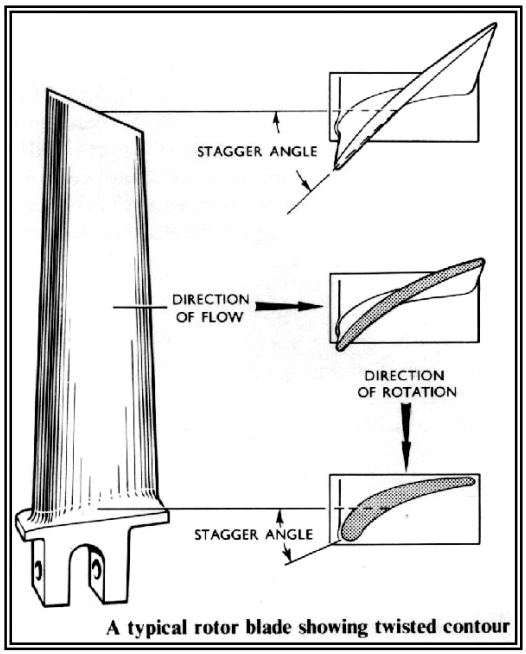
1. SOLID ROOT
2. FIRTREE ROOT
3. DOVETAIL ROOT

]



ลักษณะการสร้างที่สำคัญคือ ช่องว่างระหว่างปักหมุนที่อากาศผ่านจะสร้างในลักษณะ CONVERGENT ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของอากาศเป็นตัวทำให้เกิดการอัดช่องอากาศเมื่อปีกหมุนหมุนด้วยความเร็วสูงอากาศจะถูกอัดให้เคลื่อนตัวด้วยความเร็วสูงไหลไปตามแนวแกนผ่านปีกนิ่ง

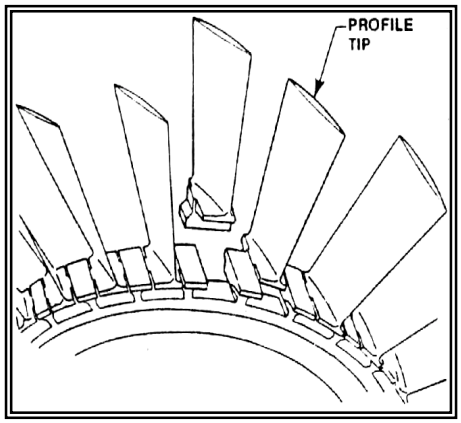
การออกแบบสร้างปีกหมุนมักจะทำให้กำลังดันที่เกิดขึ้นจากการถูกอัดค่อย ๆ ไต่ขึ้นไปทางปลายปีกตามความยาวของปีก PRESSURE สูง ๆ ที่เกิดขึ้นจะรวมตัวกันอยู่ที่ปลายปีกเหมือนแรงเหวี่ยงจำเป็นต้องบิดปีกให้เป็นรูปโค้งงอ เพื่อทำให้เกิดการสมดุลย์ของกำลังดันระหว่างอากาศที่ถูกอัดปลายปีกกับโคนปีก



A typical rotor blade showing twisted contour

กองฝึกการช่างกล กองการฝึก กองเรือยุทธการ

ปลายปีกหมุนทำให้บิดและอ่อนตัวได้โดยเคลือบผิวด้วยสารเพื่อให้ระยะเบียดน้อย ปลายปีกเรียกว่า QUEALER TIP ปลายปีกชุดอัดอากาศบางแบบจะถูกสร้างให้มีรอยตัวให้บางลงเรียก BLADES PROFILE ทั้งนี้ทำไว้เพื่อป้องกันการชำรุดที่อาจจะเกิดขึ้นกับปีกเมื่อเกิดการเสียดสีกับ CASING ในกรณีที่ปีกหมุนหลวมคลอนหรือแบริ่งชำรุด

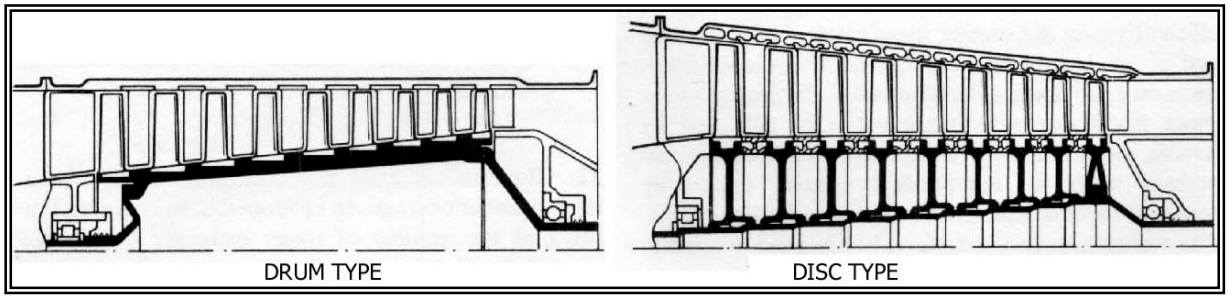


ชุดเพลาหมุน (ROTOR SHSFT) แบ่งออกเป็น 3 ชนิดคือ

1. DRUM TYPE คือตัว ROTOR จะมีแผ่นเหล็ก 1 - 2 ชิ้นติดอยู่ที่รากปีกโดยใช้เป็นตัวประกับซึ่งทำให้ตัวปีกหมุนแน่นและแข็งแรงขึ้น

2. DISC TYPE ตัวปีกหมุนจะติดอยู่กับจาน (DISC) โดยแยกต่างหากออกเป็นชุด ๆ มีวงแหวนสปริง (SPACER RING) ทำหน้าที่ต่อกับเพลาหมุนโดยจะมีรูสลักที่เพลาหมุน

3. DRUM & DISC คือนำทั้งสองแบบมารวมกัน


DRUM TYPE DISC TYPE

หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน

เป็นการทำงานร่วมกันระหว่างปีกหมุนกับปีกนิ่งคือ เมื่อพัดอากาศหมุนอากาศจากช่องนำอากาศเข้าจะถูกดูดเข้าผ่านปีกนิ่งแถวแรก INLET GUIDE VANE แล้วผ่านปีกหมุน STAGE ที่ 1 อัดส่งผ่านไปข้างหลังด้วยความเร็วสูง ผ่านปีกนิ่ง STAGE ที่ 1 ความเร็วของอากาศจะถูกทำให้ลดลงและเปลี่ยนเป็นกำลังดันปีกนิ่งจะส่งอากาศที่มีกำลังดันสูงขึ้นนี้ให้กับปีกหมุน STAGE ที่ 2 ปีกหมุน STAGE ที่ 2 จะอัดอากาศส่งผ่านไปข้างหลังด้วยความเร็วสูงอีกผ่านปีกนิ่ง STAGE ที่ 2 ความเร็วของอากาศจะถูกลดลงและเปลี่ยนเป็นกำลังดันอีกครั้งแต่กำลังดันที่ปีกนิ่ง STAGE ที่ 2 นี้จะสูงกว่า STAGE ที่ 1 การทำงานใน STAGE ที่ 3,4 และต่อ ๆ ไปจะเป็นเช่นนี้แต่จะได้กำลังดันสูงขึ้นเรื่อย ๆ จนได้กำลังดันตามต้องการ

จะสังเกตเห็นได้ว่าการสร้างปีกหมุนและปีกนิ่งของแต่ละ STAGE นั้นจะยาวไม่เท่ากันโดยสร้างให้ STAGE หลัง ๆ มีปีกสั้นกว่า และการสร้างตัวเรือนพัดอากาศจะแคบลงจะสร้างเป็นรูปเรียวลง (TAPER) ในแต่ละ STAGE เป็นผลให้อากาศที่ไหลผ่านชุดอัดอากาศแบบนี้มีความเร็วคงที่ความดันและอุณหภูมิเพิ่มทั้งนี้เป็นเพราะ

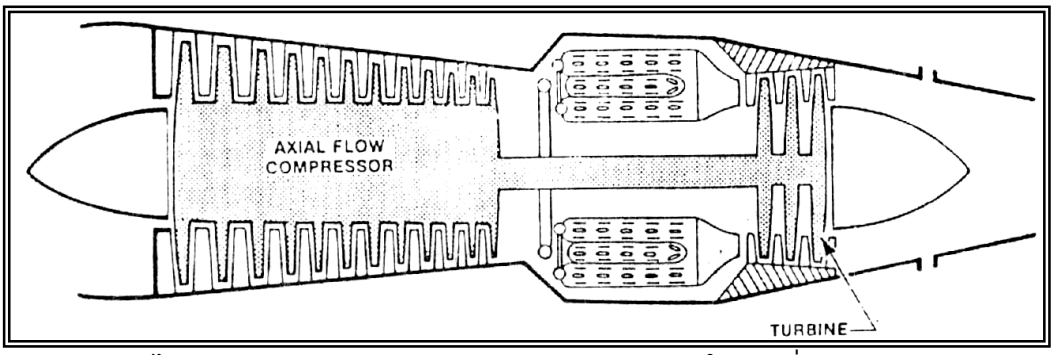
1. ต้องสร้างพื้นที่ให้สัมพันธ์กับปริมาตรที่น้อยลงของอากาศ (ตามกฎปริมาตรเปลี่ยนแปลงตรงข้ามกับกำลังดัน) STAGE หลัง ๆ กำลังดันสูงปริมาตรจะน้อยลง

2.การที่จะอัดอากาศที่มีกำลังดันสูง และปริมาตรน้อยลงเนื่องจากอากาศถูกอัดมาแล้วใน STAGE ต้น ๆ ใน STAGE หลัง ๆ จึงต้องสร้างให้มีขนาดเล็กลงจึงจะอัดอากาศได้ทัน

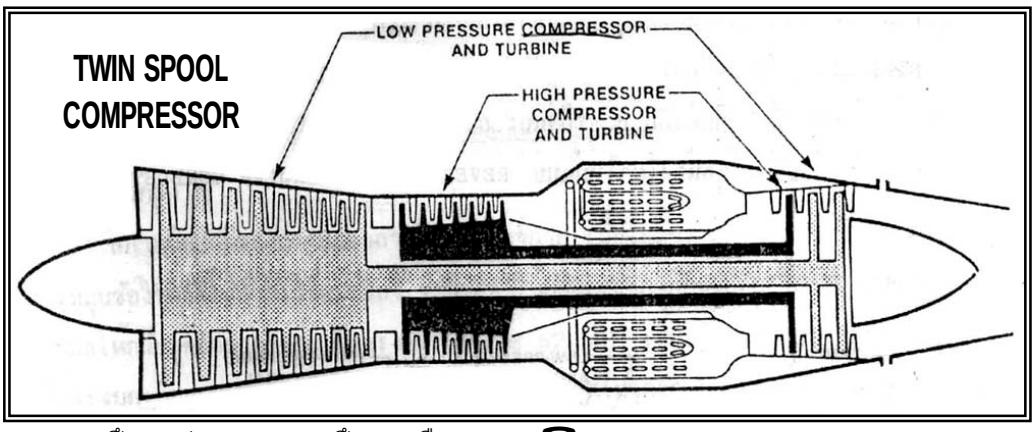
3. ในการสร้างตัวเรือนให้เป็นรูปเรียวลงแบบ CONVERGENT เพื่อต้องการรักษาความเร็วของอากาศที่ถูกอัดแต่ละ STAGE ให้คงที่เท่ากันตลอดชดเชยส่วนของช่องว่างระหว่างปีกนิ่งที่ทำแบบ DIVERGENT

เครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกนแบ่งออกได้เป็น 2 ชนิดคือ.-

1. SINGLE SPOOL COMPRESSOR เป็นชุดอัดอากาศชุดเดียวอาจจะมี 6-16 STAGE ในปัจจุบันส่วนมากใช้ VARIABLE INLET GUIDEVANES และได้พัฒนาต่อไปโดยให้ STATOR VANES แถวแรก ๆ 2-3 แถว สามารถเปลี่ยนมุมได้ (VARIABLE STATORVANES) ทั้งนี้เพื่อคอยควบคุมปริมาณการไหลของกระแสอากาศอัดในชุดอัดอากาศให้สัมพันธ์กับเชื้อเพลิงที่ฉีดเข้าห้องเผาไหม้และป้องกันการเกิด COMPRESSOR STALL ในรอบต่ำ ๆ ด้วย



2. TWIN SPOOL COMPRESSOR ชุดอัดอากาศแยกเป็นชุดอัดอากาศที่มี 2 ชุด หรือ 3 ชุด แต่ละชุดต่างก็มี TURBINE มาขับไม่ขึ้นแก่กันชุดอัดอากาศชุดแรกเรียกว่าชุดอัดอากาศความดันต่ำ LOW PRESSURE COMPRESSOR ถูกขับด้วยเทอร์ไบน์



ความดันต่ำ LOW PRESSURE TURBINE ซึ่งเป็น FREE TURBINE หมุนเป็นอิสระควบคุมรอบไม่ได้หมุนตามเทอร์ไบน์ความดันสูง และมีรอบช้ากว่าเทอร์ไบน์ความดันสูงเล็กน้อย ชุดอัดอากาศชุดหลังเรียกว่าชุดอัดอากาศความดันสูง (GIGH PRESSURE COMPRESSOR) ถูกขับด้วยเทอร์ไบน์ความดันสูง HIGH PRESSURE TURBINE ควบคุมรอบได้ด้วย FUEL CONTROL UNIT

ข้อดีของเครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน

1. มีความดันเพิ่มตามจำนวนสเตจที่เพิ่มขึ้นโดยมีการสูญเสียความอัดน้อยที่สุด
2. เส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า

ข้อเสียของเครื่องอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน

1. ความเร็วของอากาศ AIR FLOW เปลี่ยนแปลงง่ายกว่าทำให้ประสิทธิภาพลดทำอัตราส่วนการอัดไปประมาณ 1.2 ต่อสเตจ (การอัดต่ำ)
2. มีความยาวมาก
3. มีน้ำหนักมาก
4. ราคาแพง
5. ถ้ามีผงฝุ่น DEPOSIT จับปีกแม้เพียงเบา ๆ ก็จะทำให้ประสิทธิภาพลดลงได้ 3 - 5%

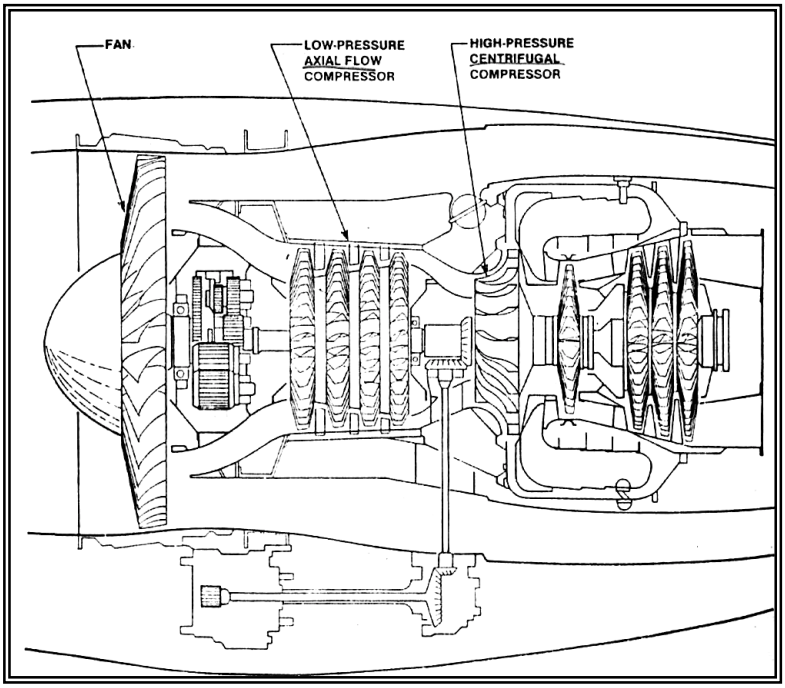
วิเคราะห์การเปรียบเทียบข้อดีและข้อเสียระหว่างAXIAL FLOW COMPRESSOR & CENTRIFUGAL FLOW COMPRESSOR

ผลทางด้าน	AXIAL FLOW	CENTRIFUGAL FLOW
1. กำลัง	-ดีกว่าเมื่อรอบเท่ากันอัตราส่วนการอัดสูงกว่า	-ต้องให้หมุนเร็วกว่าจึงจะได้กำลังอัดเท่ากัน
2. ประสิทธิภาพ	-ได้ถึง 80 - 90%	- ได้ 75 - 80%
3. น้ำหนัก	-หนักกว่า	- เบา
4. การออกแบบสร้าง	-ยากและราคาแพง	- ง่ายกว่าและราคาถูก
5. การบำรุงรักษา	-ยากเพราะมีส่วนประกอบสลับซับซ้อน	- ง่ายกว่า
6. การใช้งาน	- ต้องการให้มีแรงม้าสูง	- ไม่ต้องการแรงม้า

กองฝึกการช่างกล กองการฝึก กองเรือยุทธการ

2.3 เครื่องอัดอากาศแบบผสม (CENTRIFUGAL AND AXIAL FLOW COMPRESSOR)

ประกอบด้วย COMPRESSOR ทั้ง 2 ชนิดรวมกันคือแบบ AXIAL FLOW จะอยู่ด้านหน้าต่อด้วย CENTRIFUGAL FLOW ก่อนเข้าห้องเผาไหม้ปัจจุบันนิยมใช้กับเครื่องขนาดเล็ก เครื่องอัดอากาศแบบนี้เหมาะกับเครื่องยนต์ GASTUBINE ที่ใช้ชุดห้องเผาไหม้แบบ REVERSE FLOW ANNULAR COMBUSTORS



การทำงาน

เมื่ออากาศถูกอัดผ่าน AXIAL FLOW ไปแล้วก็จะเข้าอัดใน CENTRIFUGAL FLOW ก่อนจะเข้าห้องเผาไหม้เป็นการนำข้อดีของทั้ง 2 แบบมารวมกัน

ปัจจุบันนิยมใช้กับเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ขนาดเล็กเครื่องอัดอากาศแบบนี้มีส่วนดีที่เหมาะกับเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ที่ใช้ชุดห้องเผาไหม้แบบ REVERSE FLOW ANNULAR COMBUSTORS

เงื่อนไขการทำงาน (OPERATING CONDITION)

การไหลของอากาศรอบ ๆ ปีกอาจมีผลทำให้เกิดความรุนแรงของการไหล ให้เกิดการไหลแบบแปรปวน ซึ่งอากาศที่ไหลเข้าสู่สเตจต่าง ๆ ถ้าเป็นการไหลแบบแปรปวนแล้วจะทำให้เกิดอาการ “หยุดชั่วขณะ” (STALL) หรือเกิดอาการสั่น (SURGE) เกิดขึ้นได้ถึงแม้ว่าอาการทั้งสองอย่างนี้จะมีความหมายคล้ายคลึงกันแต่มีข้อแตกต่างคือ.-

- อาการ STALL อาจเกิดเพียงแค่หนึ่งสเตจ หรือเพียงกลุ่มหนึ่งของสเตจเท่านั้น
- อาการ SURGE โดยทั่วไปหมายถึงการเกิดความกดดันตกขึ้นๆ ลงๆ ตลอดช่วงที่ผ่านคอมเพรสเซอร์
- การ STALL เกิดจากการไหลวกวนของอากาศในสเตจหนึ่ง ซึ่งการวกวนของอากาศนี้เกิดจากจำนวนอากาศเข้าเครื่องไม่พอ หรือลดลงเป็นเพราะการลดหรือเพิ่มความเร็วทันทีทันใดโดยรวดเร็ว
- อาการ STALL สังเกตได้จากอุณหภูมิแก๊สเสียสูงกว่าปกติ มีการสั่นหรือจามที่ชุดอัดอากาศ
- การ SURGE เป็นอาการที่เกิดจากการ STALL ถ้าไม่ได้รับการแก้ไขเกิดจากอากาศเป็นลูกคลื่น
- มักเกิดที่ CRITICAL SPEED (จุดสั่น) เครื่องจะมีอาการสั่นอากาศที่ออกจากสเตจข้างหน้าไม่พอเหมาะที่จะเข้าสเตจหลังทำให้ด้านหนึ่งของปีกชุดอัดอากาศมีปฏิกิริยารุนแรงกับอีกด้านหนึ่ง
- สาเหตุที่ทำให้เกิด SURGE ใช้เชื้อเพลิงมากเกินไปเนื่องจากพยายามเร่งเครื่องเร็วเกินไปปีกของชุดอัดอากาศหรือชุดกังหันชำรุด, เครื่องติดช้าเกินไป, พยายามเร่งเครื่องเมื่อเครื่องร้อน, AIR BLEED VALVE ปิดเร็วเกินไป, SURGE จะทำให้เครื่องเสียหาย ถ้าเกิดขึ้นต้องรีบหยุดเครื่องทันที

3. ห้องเผาไหม้ (COMBUSTION CHAMBER)

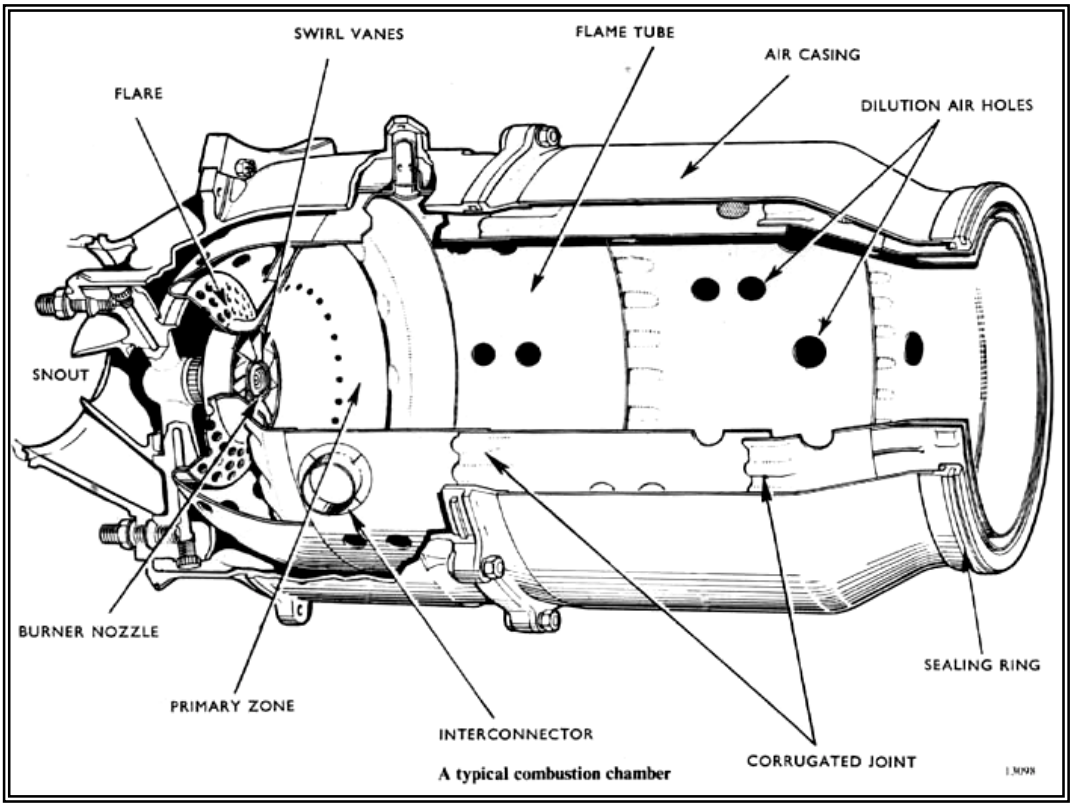
สถานที่ติดตั้ง ติดตั้งอยู่ต่อจากชุดอัดอากาศ

ทำหน้าที่ 1 ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศให้ได้อัตราส่วนที่พอเหมาะในการเผาไหม้ประมาณ 15 : 1 เพื่อให้ได้ปริมาณก๊าซร้อนที่มีกำลังดันและอุณหภูมิสูงเพียงพอส่งไปขับปีกกังหันเทอร์ไบน์ได้อย่างต่อเนื่อง

2. ลดอุณหภูมิก๊าซร้อนให้กับส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ถูกเผาไหม้แล้วให้มีอุณหภูมิที่พอเหมาะให้ชุดเทอร์ไบน์อยู่ในสภาพที่ทนได้ขณะทำงาน

3. ส่งกระแสก๊าซร้อนไปปะทะกับชุดเทอร์ไบน์

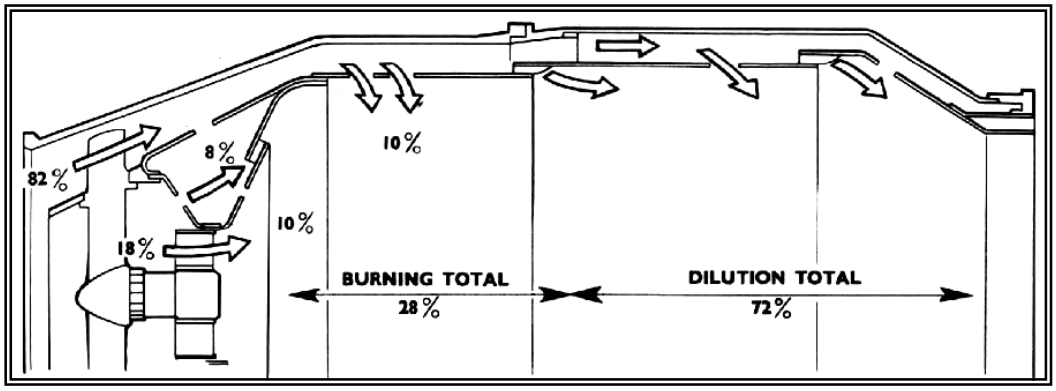
ส่วนประกอบ ของห้องเผาไหม้ขึ้นอยู่กับแบบของห้องเผาไหม้แต่โดยทั่วไปจะต้องประกอบด้วย



1. ตัวเรือนห้องเผาไหม้ (COMBUSTION CASING)

2. LINER เป็นสภาพที่บรรจุอากาศส่วนระบายความร้อน และที่ผนัง LINER ได้เจาะรูไว้เพื่อให้อากาศส่วนที่ระบายความร้อนเข้ามาระบายความร้อนในห้องเผาไหม้ชั้นใน

3. ห้องเผาไหม้ชั้นใน (COMBUSTION CHAMBER LINER) แบ่งออกได้เป็น 3 ส่วนคือ.-



3.1 ส่วนโดม (DOME SECTION) จะเป็นส่วนหัวของผนังในเป็นตัวจำกัดอากาศที่ใช้ 25%

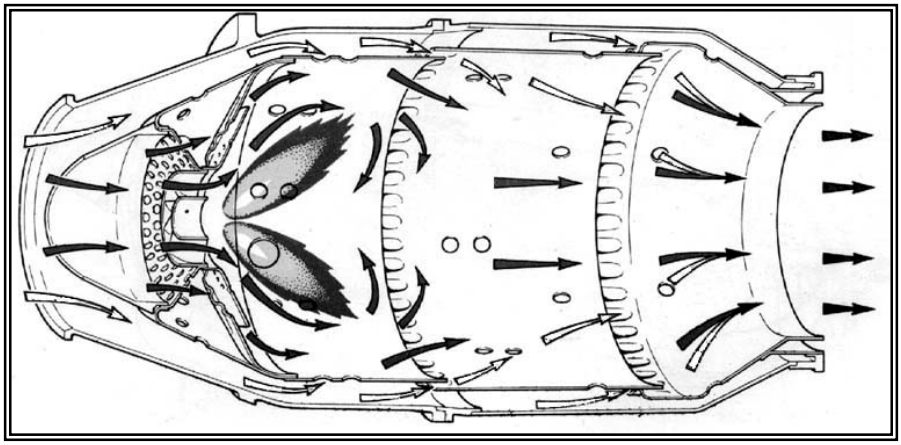
- ส่วนกลางของโดมเป็นที่ติดตั้งช่องรับหัวฉีดเชื้อเพลิง (FUEL NOZZLE FURRULE)

- มีช่องบังคับอากาศ SWIRL CUP OR SWIRL VANE ประกอบอยู่โดยรอบหัวฉีด ซึ่งทำหน้าที่บังคับอากาศส่วนที่ใช้ในการเผาไหม้ให้เกิดการหมุนอลวนทำให้อากาศผสมกับเชื้อเพลิงได้ดี และเกิดการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ บางแบบจะมีช่องรับหัวเทียน (IGNITER PLUG) เพื่อเป็นตัวจุดส่วนผสมน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศให้เกิดการลุกไหม้ในครั้งแรก

3.2 ส่วนกลางหรือส่วนเจือจาง (DILUTION SECTION) เป็นส่วนที่เจาะรูเกล็ด (LOUVER HOLES) ไว้รอบ ๆ เป็นจำนวนมากเพื่อให้อากาศที่มิได้ใช้ในการเผาไหม้ 75% ของอากาศทั้งหมดผ่านเข้าไประบายความร้อนพื้นผิวชั้นใน และยังมีรูกลมโตสลับรูเกล็ดเพื่อให้อากาศเข้าไปบีบให้กระแสอากาศที่เผาไหม้ให้อยู่ตรงกลาง และยังระบายความร้อนให้ลดลงเพียงพอที่จะทำให้ชุดเทอร์ไบน์ได้

3.3 ส่วนท้ายหรือส่วนส่งกระแสก๊าซร้อน (TRANSITION SECTION) เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ส่งกระแสก๊าซร้อนให้พุ่งไปปะทะกับชุดเทอร์ไบน์อย่างมีประสิทธิภาพ

การทำงานของห้องเผาไหม้ น้ำมันเชื้อเพลิงจะถูกส่งผ่านระบบต่างๆ มาเข้าหัวฉีด ซึ่งติดอยู่ส่วนหน้าของห้องเผาไหม้หัวฉีดจะพ่นน้ำมันเป็นฝอยเข้าสู่ห้องเผาไหม้อากาศที่ถูกส่งมาจากชุดอัดอากาศจะแยกเป็น 2 ส่วนคือ.-



1. ส่วนแรกเรียกว่า (PRIMARY AIR) หรือส่วนที่ใช้ในการเผาไหม้จะใช้อากาศเพียง 25% เพื่อเป็น

- อากาศ 15% ผ่านช่องบังคับอากาศผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิงเกิดการเผาไหม้ขึ้น

- อากาศ 10% ผ่านรูที่ผนังห้องเผาไหม้ชั้นในทำหน้าที่ห่อหุ้มเปลวไฟและคลุกเคล้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงที่ยังไม่เกิดการลุกไหม้ต่อไป

2. ส่วนที่สองเรียกว่า SECONDARY AIR หรือส่วนระบายความร้อนมี 75% เพื่อเป็น

- ห่อหุ้มเปลวไฟและก๊าซร้อนไม่ให้สัมผัสกับผนังห้อง

- ลดอุณหภูมิความร้อนให้เหมาะสมกับชุดเทอร์ไบน์

การเผาไหม้เป็นไปในลักษณะต่อเนื่องตลอดเวลาหัวเทียนปกติจะใช้เพียงสองหัวจะใช้ในการเดินเครื่องครั้งแรก โดยทำหน้าที่จุดส่วนผสมของน้ำมันเชื้อเพลิงกับอากาศให้เกิดการลุกไหม้ เมื่อไฟติดแล้วระบบไฟของหัวเทียนจะตัดการทำงานออกไป (หรือเมื่อความร้อนห้องเผาไหม้มีอุณหภูมิ 3,500 องศา F.)

คุณสมบัติที่ดีของห้องเผาไหม้

1. ทนต่ออัตราการเผาไหม้สูงได้ต่อเนื่อง
2. มีกำลังดันตกภายในน้อย
3. น้ำหนักเบา

4. มีขนาดเล็กให้มากเท่าที่จะทำได้

ผนังชั้นนอกและชั้นในของห้องเผาไหม้เจาะรูโดยรอบเพื่อให้อากาศไหลผ่านเป็นการระบายความร้อนของผนังและลดอุณหภูมิที่เกิดจากห้องเผาไหม้

เครื่องสมัยใหม่ออกแบบให้ก๊าซจากการเผาไหม้เดินทางแบบ THROUGH FLOW หรือเรียกว่าไหลตรง

รูและช่องที่เจาะไว้รอบ ๆ ผนังห้องเผาไหม้มีประโยชน์ดังนี้.-

1. ให้อากาศสำหรับระบายความร้อนไหลผ่านไปทางส่วนท้ายของห้องเผาไหม้เพื่อลดความร้อนของก๊าซจากการเผาไหม้ให้อยู่ระดับที่ปลอดภัย

2. ทำให้เปลวไฟอยู่ที่ส่วนกลางห้องเผาไหม้

3. รับอากาศส่วนที่จะใช้เผาไหม้

สาเหตุที่ต้องออกแบบสร้างห้องเผาไหม้เป็นแบบต่าง ๆ ก็เพราะ

1. เพื่อลดอุณหภูมิความร้อนของอากาศที่ถูกส่งมาจากชุดอัดอากาศให้พอเหมาะเพื่อการเผาไหม้

2. ลดอุณหภูมิของก๊าซร้อนให้เหมาะสมกับชุดเทอร์ไบน์

3. ลดความเร็วของกระแสอากาศที่ส่งมาจากชุดอัดอากาศ เพื่อให้เกิดการคลุกเคล้ากับน้ำมันเชื้อเพลิงได้ดีเกิดการเผาไหม้ที่ดี

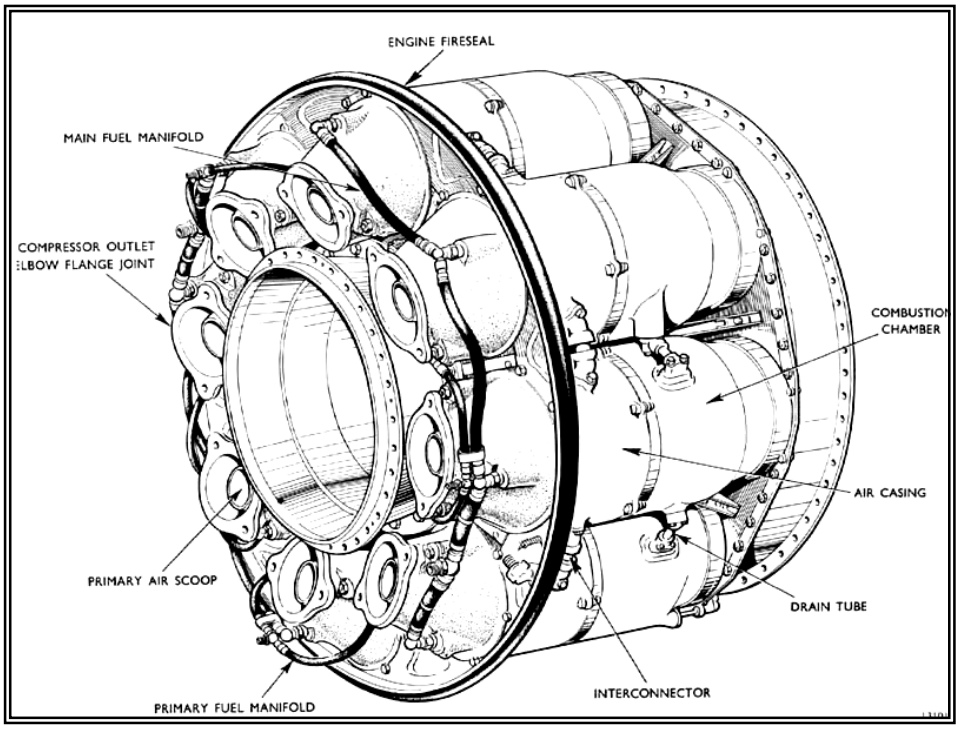
ห้องเผาไหม้แบ่งออกเป็น 3 แบบ

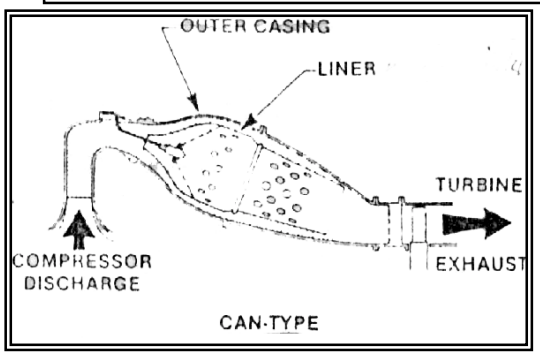
1. CAN TYPE
2. ANNULAR TYPE
3. CAN-ANNULAR OR CANNULAR TYPE

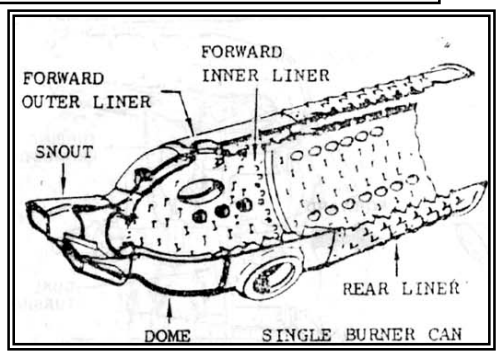
1. CAN TYPE นิยมใช้กับเครื่องที่ใช้ชุดอัดอากาศแบบอากาศไหลตามแนวรัศมี CENTRIFUGAL FLOW ห้องเผาไหม้แบบนี้มีลักษณะเหมือนรูปกระป๋อง CAN โดยจัดห้องเผาไหม้วางในทางนอนรอบ ๆ แกนเพลาของเครื่องยนต์ซึ่งจะมีประมาณ 8 - 14 ลูก แต่ละลูกประกอบด้วย

- ตัวเรือนชั้นนอก (OUTER CASING)
-. LINER
-. ห้องเผาไหม้ชั้นใน (COMBUSTION CHAMBER LINER)

โดยมี INTER CONNECTOR เป็นท่อที่ต่อเชื่อมกันระหว่างห้องเผาไหม้แต่ละลูกทำหน้าที่เป็นตัวกระจายก๊าซที่เผาไหม้จากลูกหนึ่งไปยังอีกลูกหนึ่งขณะติดเครื่องยนต์ครั้งแรก (START UP) ก๊าซร้อนที่ออกจากแต่ละลูกของชุดห้องเผาไหม้จะถูกนำไปขับชุดกังหันเทอร์ไบน์







ข้อได้ประโยชน์ของห้องเผาไหม้แบบ CAN TYPE

1. เส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่าในแต่ละหน่วยเมื่อเปรียบเทียบกับห้องเผาไหม้แบบ ANNULAR
2. เมื่อนำห้องเผาไหม้แต่ละชุดมารวมกันทำให้มีโครงสร้างที่แข็งแรงมากกว่าและเบากว่า
3. ประสิทธิภาพการใช้งานดีกว่า
4. ถอดออกตรวจแต่ละใบได้โดยไม่ต้องยกลงทั้งเครื่อง

ข้อเสียประโยชน์

1. ห้องเผาไหม้แน่นมากตรวจสภาพภายนอกด้วยสายตาทำได้ไม่ทั่วถึง
2. เนื่องจากหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงติดอยู่ที่กึ่งกลางของห้องเผาไหม้ทำให้อากาศที่พุ่งเข้าห้องเผาไหม้รวมตัวกับน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนการเผาไหม้ไม่ดีพอ ซึ่งอาจจะทำให้มีน้ำมันเชื้อเพลิงเหลือไปเกิดการลุกไหม้ในปีกกังหันทำให้ปีกกังหันชำรุด

2. ANNULAR TYPE เป็นห้องเผาไหม้ที่ปัจจุบันนิยมใช้กับเครื่องกังหันก๊าซมากที่สุด ซึ่งปัจจุบันจะใช้รวมกับชุดอัดอากาศชนิดอากาศไหลตามแนวแกน

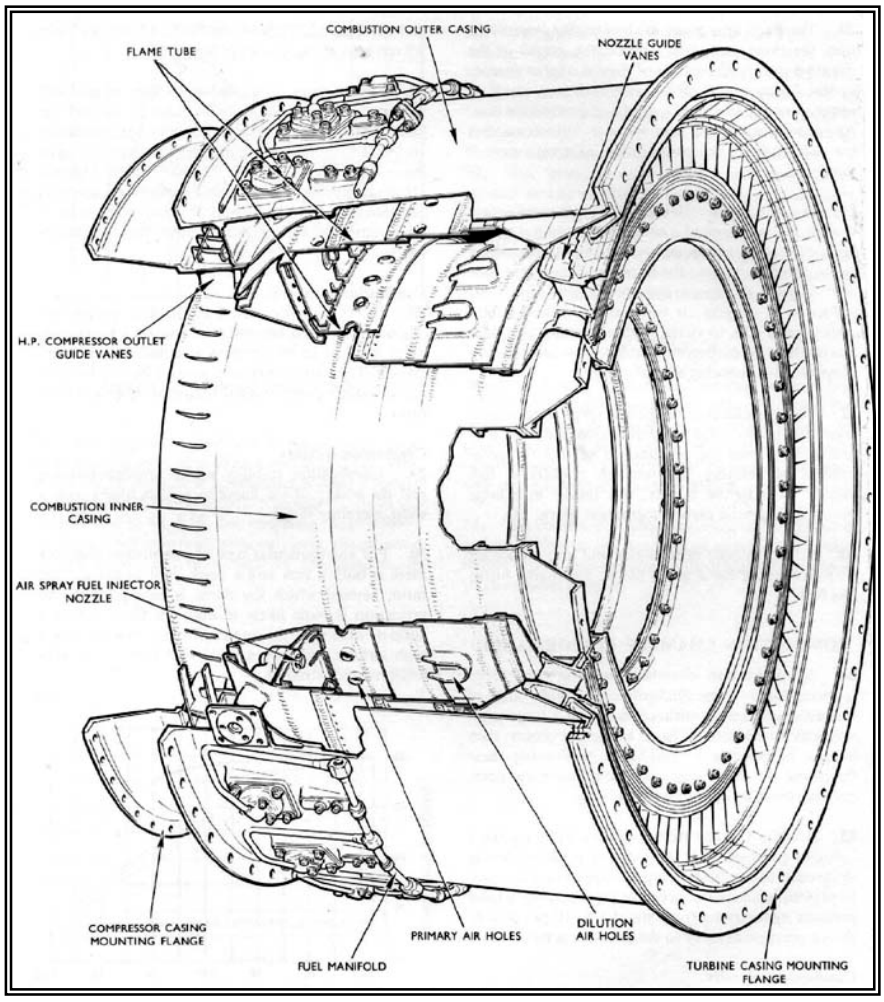
ประกอบด้วย

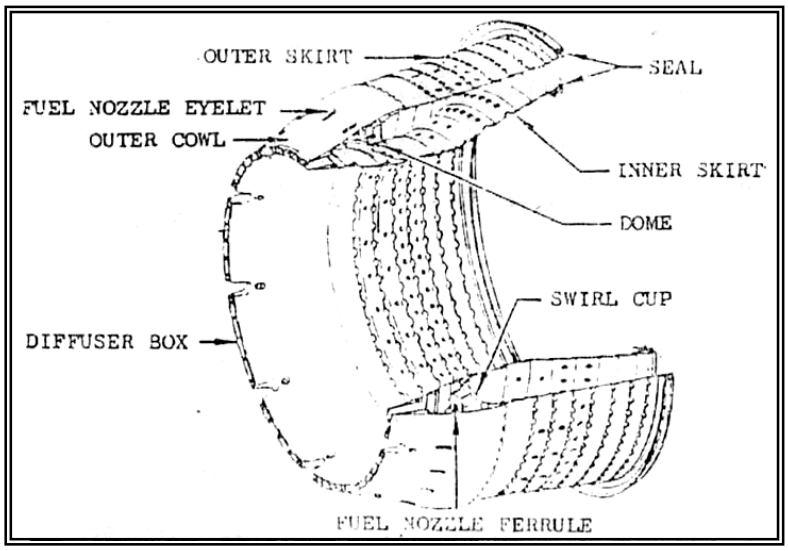
- ตัวเรือนห้องเผาไหม้ COMBUSTION CASING
- ผนังชั้นนอก (OUTER LINER)
- ห้องเผาไหม้ชั้นใน (COMBUSTION CHAMBER LINER)
- ผนังชั้นใน (INNER LINER)

บางทีเรียกว่า BASKET TYPE เป็นชนิดที่ให้ประสิทธิภาพในการผสมเชื้อเพลิงกับอากาศได้ดีที่สุด และมีพื้นที่ในการเผาไหม้และระบายความร้อนให้กับก๊าซที่เผาไหม้ได้ดีที่สุด

ผนังชั้นนอก (OUTER LINER) และผนังชั้นใน (INNER LINER) มีลักษณะเป็นวงกลมใหญ่ล้อมรอบห้องเผาไหม้ชั้นใน (COMBUSTION CHAMBER LINER) และสร้างบรรจุอยู่ภายในตัวเรือนห้องเผาไหม้ (COMBUSTION CASING)

ตัวเรือนห้องเผาไหม้ (COMBUSTION CASING) แบ่งเป็นตัวเรือนชั้นนอก (OUTER CASING) และตัวเรือนชั้นใน (INNER CASING) ช่องว่างระหว่างตัวเรือนชั้นนอกและตัวเรือนชั้นในกับผนังชั้นนอก (OUTER LINER) และผนังชั้นใน (INNER LINER) บรรจุอากาศส่วนระบายความร้อน





ข้อได้ประโยชน์ของห้องเผาไหม้แบบ ANNULAR TYPE

1. มีปริมาตรของห้องเผาไหม้มากกว่า
2. ประสิทธิภาพดีกว่าแบบ CAN TYPE
3. การรวมตัวระหว่างอากาศกับเชื้อเพลิงดีกว่า
4. อัตราส่วนระหว่างปริมาตรและพื้นที่ภายในเหมาะสมทำให้มีการระบายความร้อนได้อย่างแน่นอน

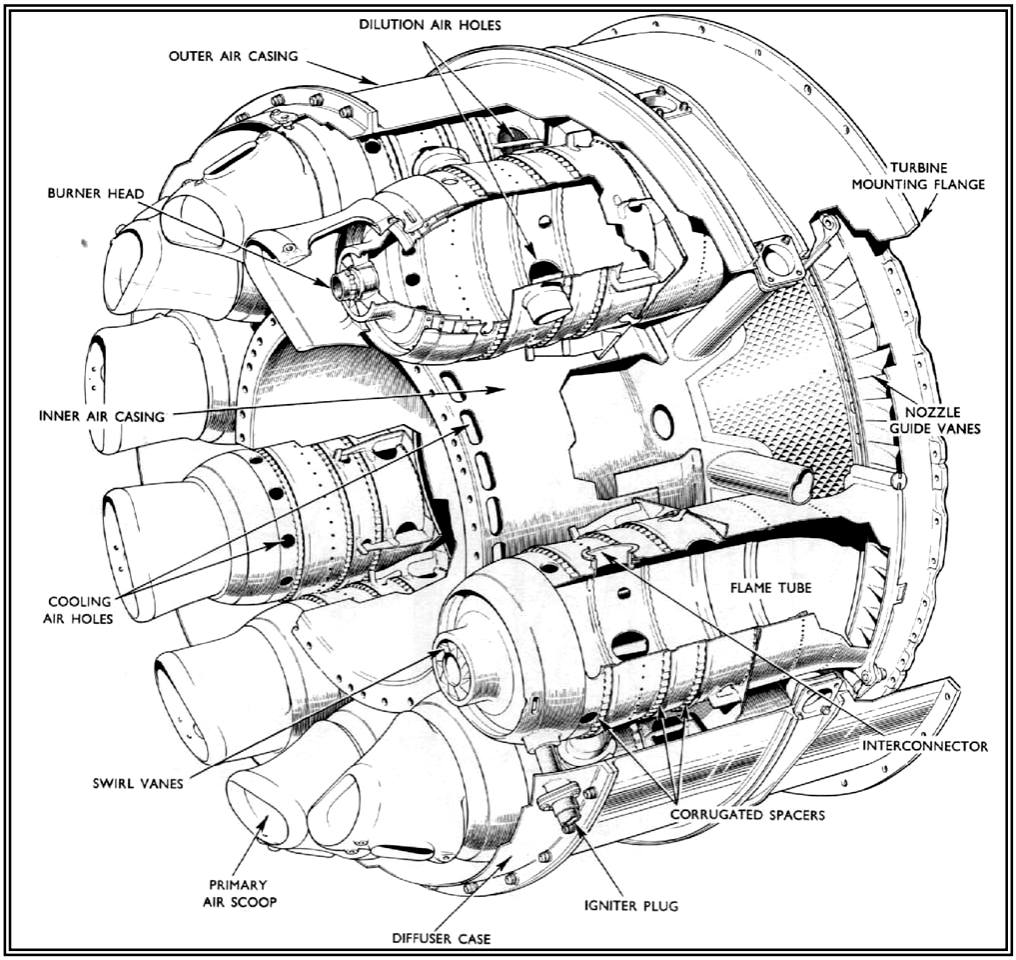
ข้อเสียประโยชน์

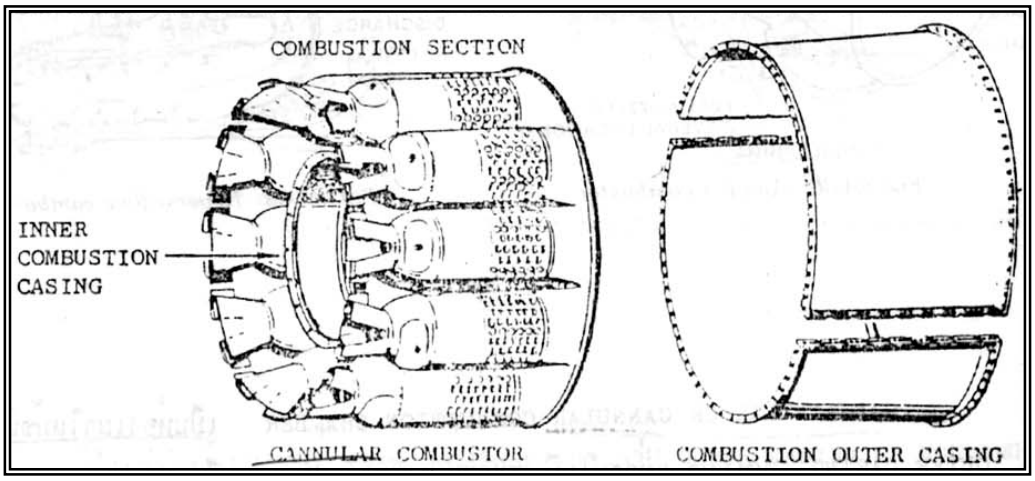
1. เมื่อจะถอดซ่อมต้องยกลงทั้งเครื่อง

3. CAN – ANNULAR OR CANNULAR TYPE เป็นห้องเผาไหม้ที่รวมลักษณะของ CAN TYPE และ ANNULAR TYPE ไว้ด้วยกันโดยสร้างห้องเผาไหม้เล็ก ๆ แบบ CAN TYPE จำนวนหลาย ๆ ลูกบรรจุไว้ในห้องเผาไหม้แบบ ANNULAR TYPE คือห้องเผาไหม้ชนิดนี้มี OUTER CASING ลูกเดียวแต่ภายในมี LINER ประกอบเรียงรายอยู่รอบๆ แกนเพลาเครื่องยนต์หลายลูกโดยมี INTER CONNECTER เชื่อมอยู่ระหว่าง LINER แต่ละลูกนิยมใช้กับเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ที่มีแรงขับสูงห้องเผาไหม้แบบนี้ง่ายต่อการถอดประกอบตัวเรือนห้องเผาไหม้มักแยกเป็นสองฝาสามารถเลือกเปลี่ยนห้องเผาไหม้ชั้นในที่ชำรุดได้เป็นลูก ๆ

- อากาศจากชุดอัดอากาศจะถูกส่งเข้าห้องเผาไหม้ทั้งชุด CAN และ ANNULAR TYPE โดยเฉพาะอากาศส่วนของ CAN TYPE จะเข้าตรงบริเวณส่วนกลางโดยมีท่อนำอากาศเข้าเรียกว่า PERFORATETUBE ซึ่งอากาศส่วนของชุด CAN นี้จะเป็นทั้งอากาศส่วนเผาไหม้และส่วนระบายความร้อนของห้องเผาไหม้ชุด CAN

การเผาไหม้จะเกิดขึ้นเฉพาะที่ห้องเผาไหม้ชุดCAN เท่านั้นส่วนอากาศที่เข้าไปในห้องเผาไหม้ ANNULAR จะทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับห้องเผาไหม้ชุด CAN





ข้อได้ประโยชน์ของห้องเผาไหม้แบบ CANNULAR TYPE

1. ถอดออกตรวจได้ง่ายและสามารถใช้ TELESCOPE ตรวจได้ทั่วทั้งห้องเผาไหม้โดยไม่ต้องยกลงมา
2. ห้องเผาไหม้สั้นกว่าเป็นการลด PRESSURE DROP
3. การออกแบบเป็นการเป็นไปในทางป้องกันความร้อนที่จะออกไปกระทบกับปีกกังหันเพื่อป้องกันปีกกังหันชำรุด

COMBUSTOR

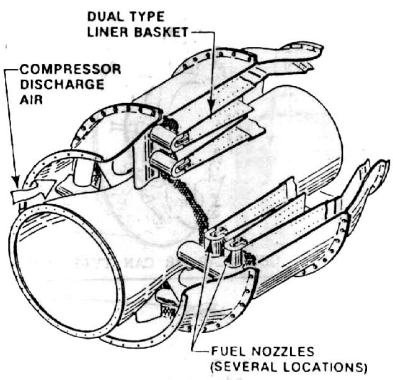


Fig. 6A-36 Annular combustor

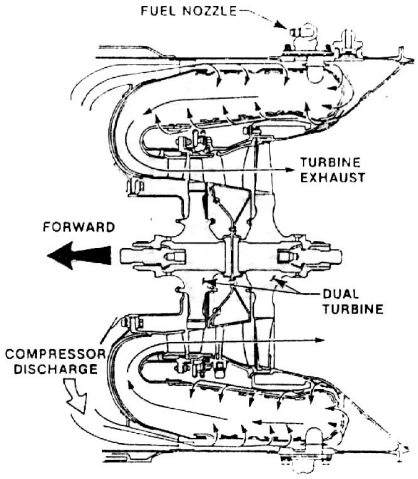
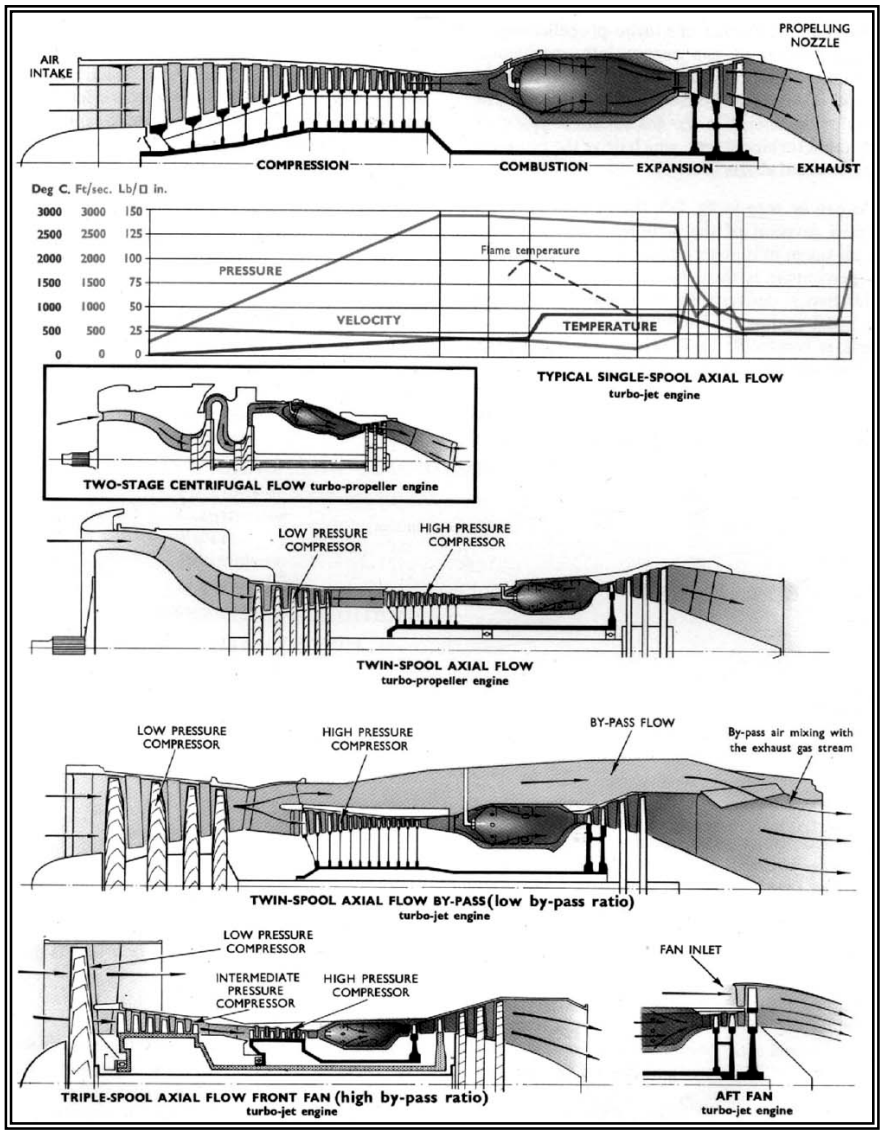
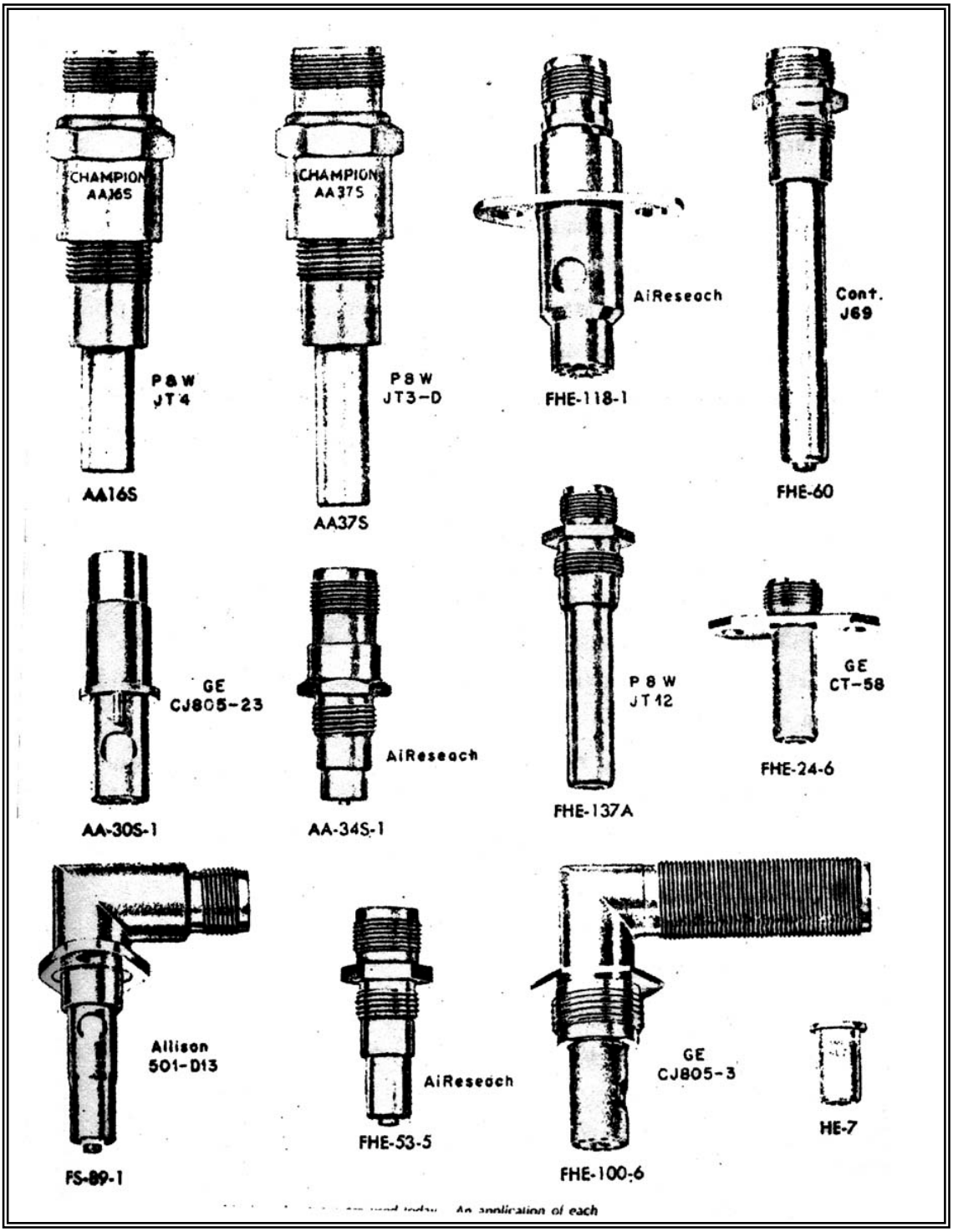


Fig. 6A-38 Reverse-flow combustor




CHAMPION AA16S
P&W JT4
AA16S
CHAMPION AA37S
P&W JT3-D
AA37S
AiReseach
FHE-118-1
Cont. J69
FHE-60
GE CJ805-23
AA-30S-1
AiReseach
AA-34S-1
P&W JT12
FHE-137A
GE CT-58
FHE-24-6
Allison 501-D13
FS-89-1
AiReseach
FHE-53-5
GE CJ805-3
FHE-100-6
HE-7

4. **ชุดกังหัน** (TURBINE)

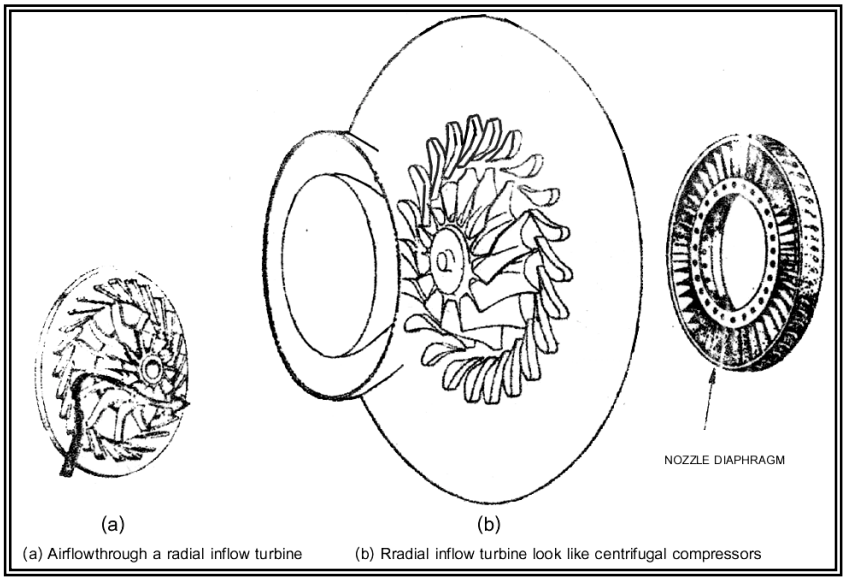
สถานที่ติดตั้งอยู่ต่อจากห้องเผาไหม้

หน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อน (HEAT ENERGY) และพลังงานความเร็ว (KINETIC ENERGY) ของแก๊สร้อนให้เป็นพลังงานกล (MECHANICAL ENERGY) แล้วถ่ายทอดไปตามเพลาขับชุดอัดอากาศและชุดเฟืองขับภาระ

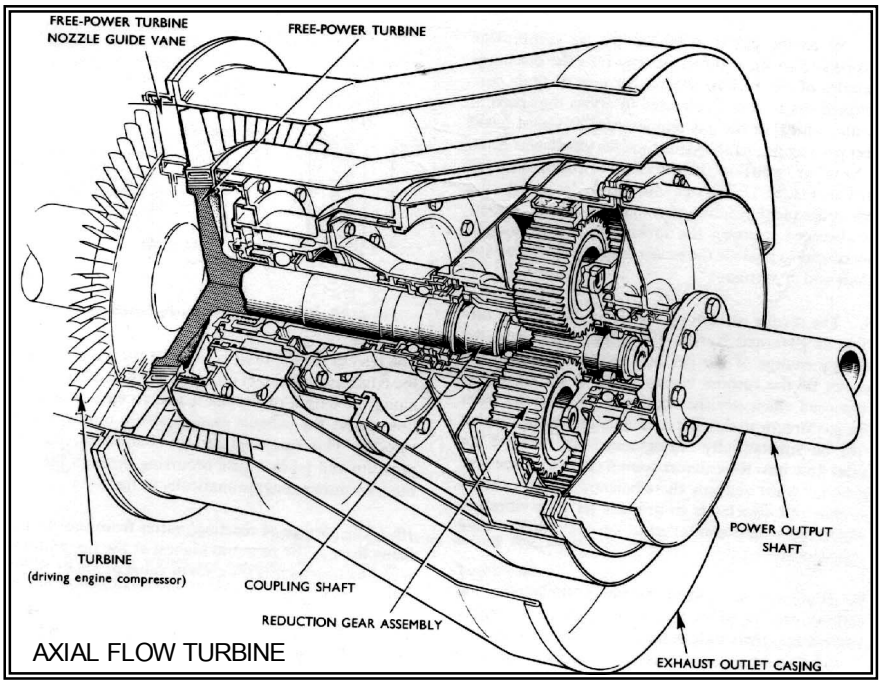
ชุดกังหัน (TURBINE) แบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ

1. RADIAL IN FLOW TURBINE มีลักษณะเหมือน CENTRIFUGAL FLOW COMPRESSOR ประกอบด้วย

- ปีกหมุนทำเป็นรูปจาน หรือทรงกลม
- NOZZLE หรือหัวฉีดประกอบอยู่รอบ ๆ ปลายปลีกหมุน



การทำงาน แก๊สร้อนจะไหลผ่าน NOZZLE หรือหัวฉีดที่อยู่รอบนอกที่เส้นรอบวง และผ่านตามรัศมีเข้าไปตรงกลางของวง TURBINE และจะผ่านออกตามแกนออกสู่บรรยากาศ นิยมใช้กับเครื่องขนาดเล็ก ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง (แข็งแรง ทนทาน สร้างง่าย)



AXIAL FLOW TURBINE

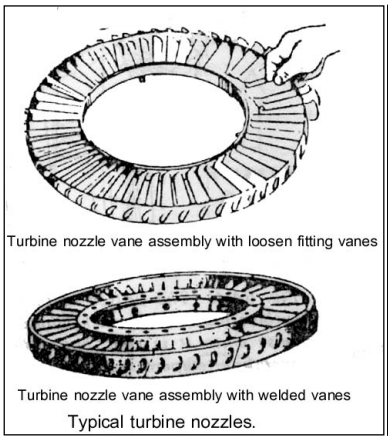
2. AXIAL FLOW TURBINE มีลักษณะเหมือน AXIAL FLOW COMPRESSOR ประกอบด้วย ตัวเรือน TURBINE (TURBINE CASING), ชุดที่อยู่นิ่ง (STATOR), ชุดหมุน (ROTOR)

ชุดที่อยู่นิ่ง(STATOR)

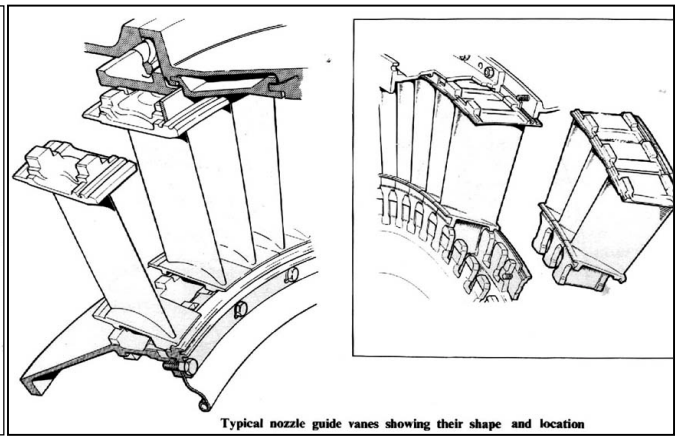
มีชื่อเรียกหลายชื่อเช่น TURBINE STATOR TURBINE NOZZLE VANE, TURBINE GUIDE VANE & NOZZLE DIAPHRAGM

การสร้างเหมือนกับปีกนิ่งของ COMPRESSOR แต่การวางช่องระหว่างปีกแบบ CONVERGENTเพื่อเพิ่มความเร็ว

TURBINE NOZZLE VANE ติดตั้งอยู่ท้ายสุดห้องเผาไหม้ประกอบอยู่กับตัวเรือนเทอร์ไบน์ ทำหน้าที่เป็นตัวรับกระแสแก๊สร้อนจากห้องเผาไหม้แล้วเปลี่ยนพลังงานความร้อน และพลังงานความดันก๊าซ เป็นพลังงานความเร็วส่งไปปะทะปีก TURBINE ROTOR เป็นมุมที่ถูกต้อง

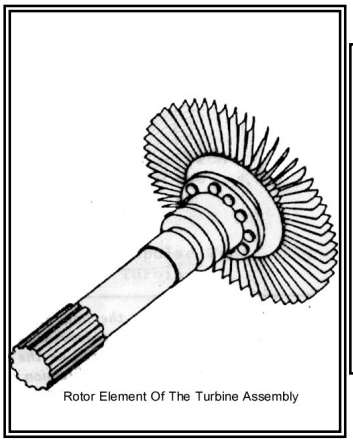


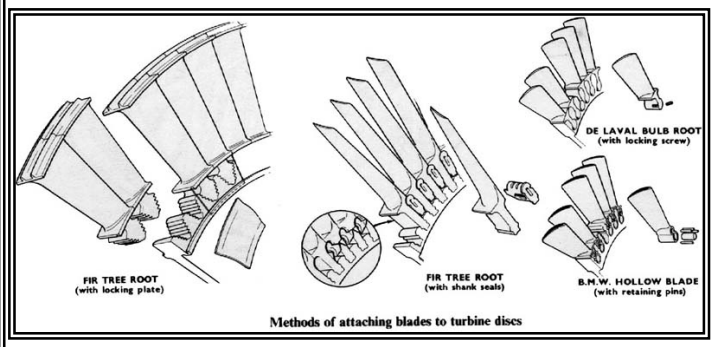
Typical turbine nozzles.


Typical nozzle guide vanes showing their shape and location

ชุดหมุน (ROTOR) ได้แก่ เพลาโรเตอร์ และปีกหมุน

- ปีกหมุน (TURBINE BLADE) ประกอบติดกับเพลาของโรเตอร์ทำหน้าที่รับแรงปะทะของก๊าซร้อนแรงปะทะที่ปีกหมุนจะทำให้ TURBINE ROTOR หมุนเปลี่ยนพลังงานความเร็วเป็นพลังงานกล



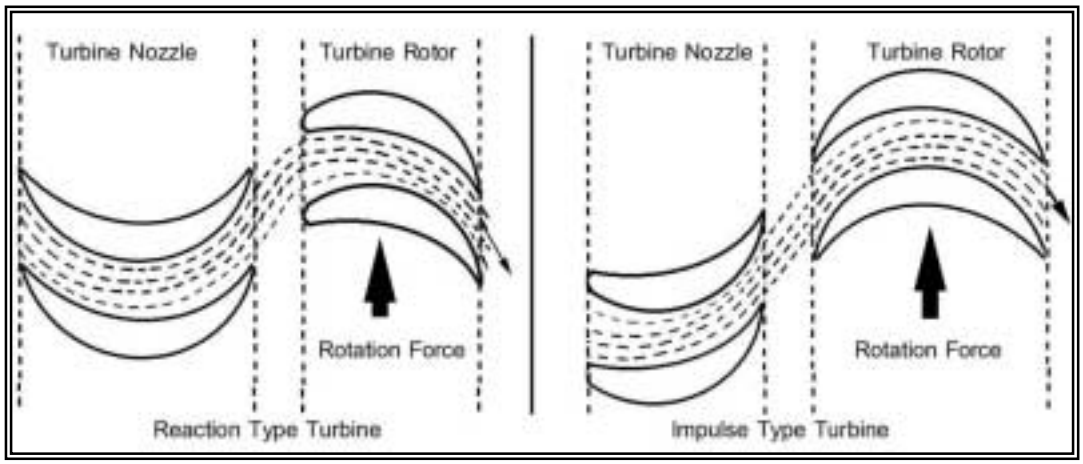


การสร้างปีกเทอร์ไบน์ TURBINE BLADES ของ TURBINE ROTOR มี 3 แบบ คือ

1. IMPULSE TURBINE จัดให้ TURBINE NOZZLE เป็น CONVERGENT คือทางเข้าโตทางออกเล็กก๊าซที่ไหลผ่าน NOZZLE จึงมีความเร็วเพิ่มความดันลดพุ่งไปปะทะปีกเทอร์ไบน์

-TURBINE BLADES ปีกเทอร์ไบน์จัดให้ทางเข้าและทางออกระหว่างปีกเทอร์ไบน์คงที่คือเท่ากันทำให้ก๊าซที่ไหลผ่านเทอร์ไบน์มีความเร็วและความดันคงที่

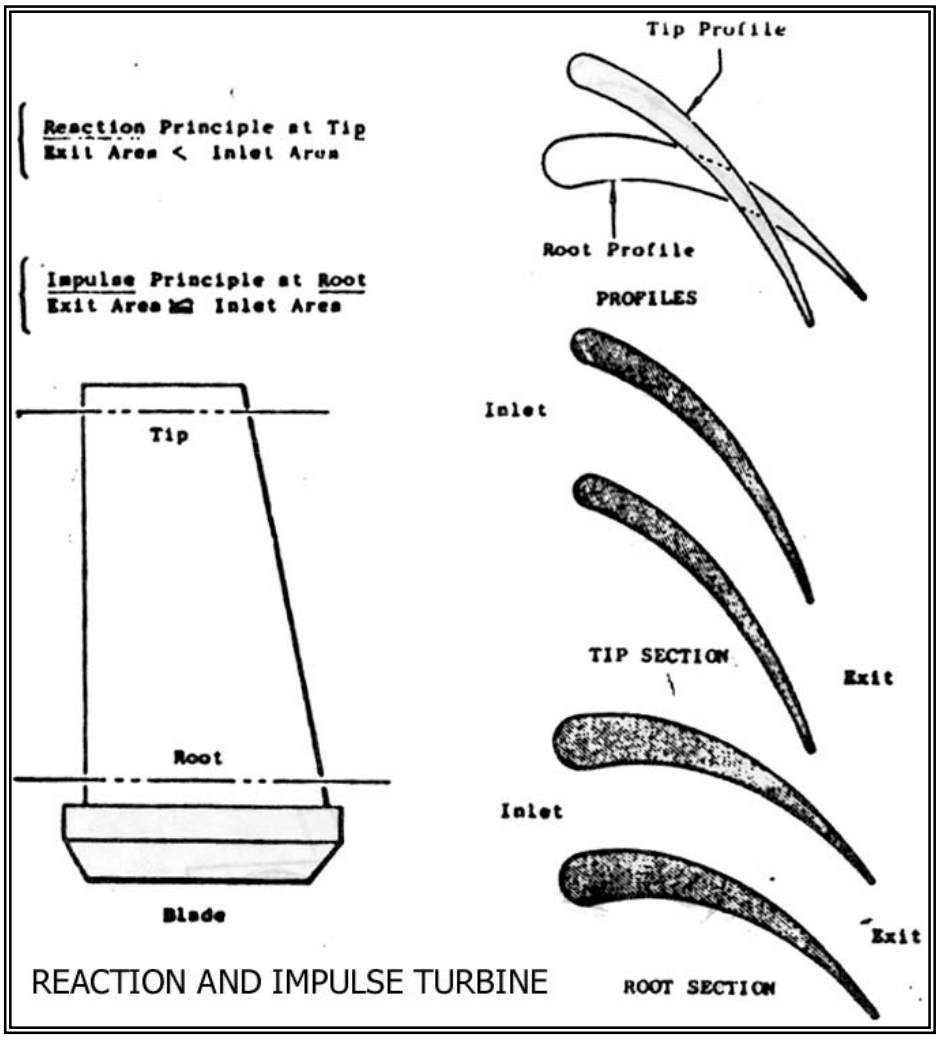
- ตัว TURBINE NOZZLE จะทำหน้าที่บังคับก๊าซที่ผ่านให้เพิ่มหรือลดความเร็วเองเป็นการควบคุมความเร็วเครื่อง



2. REACTION TURBINE จัดให้ TURBINE NOZZLE มีทางเข้าและออกเท่ากันก๊าซที่ไหลผ่านจึงมีความเร็วและความดันคงที่พุ่งไปปะทะกับเทอร์ไบน์

- TURBINE BLADES ปีกเทอร์ไบน์จัดให้ช่องว่างระหว่างปีกเทอร์ไบน์และทางเข้าโตทางออกเล็กคือเป็น CONVERGENT ทำให้ก๊าซที่ไหลผ่านมีความเร็วเพิ่มความดันลดลง

3. REACTION AND IMPULSE TURBINE โดยจัดให้ช่องว่างระหว่างปีกหมุนเป็น REACTION ที่ปลายปีกคือเป็น CONVERGENT และเป็น IMPULSE ที่โคนปีกคือทางเข้าและทางออกคงที่เท่ากันทำให้ก๊าซที่ไหลผ่านมีความเร็วสูง ความดันสูงได้ประสิทธิภาพและแรงม้ามากนิยมใช้กันมากในเครื่องกังหันก๊าซในปัจจุบัน



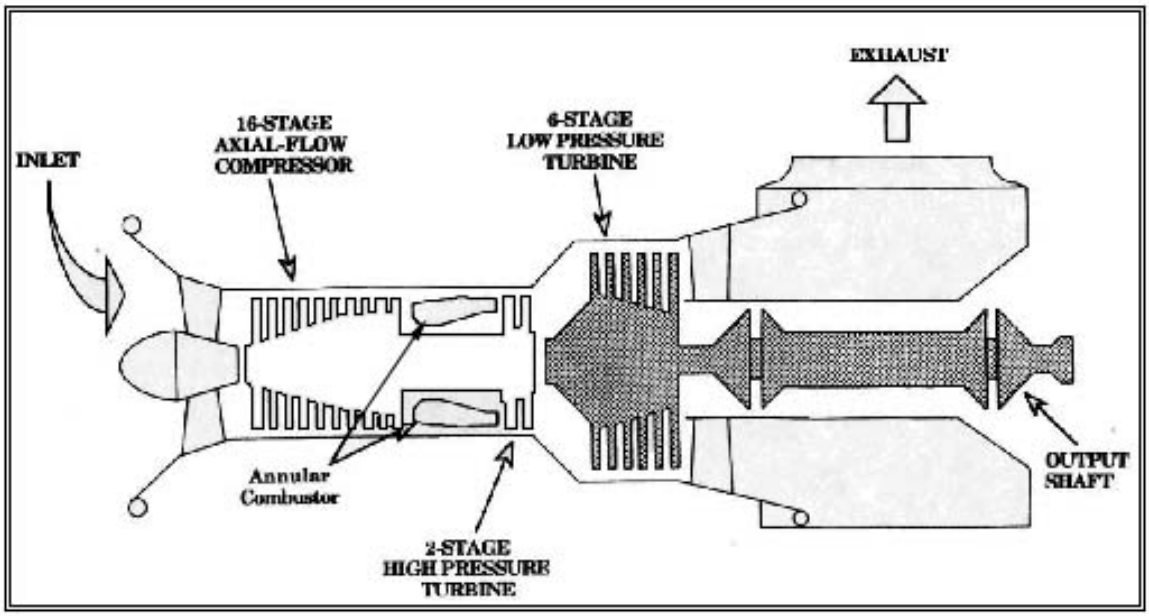
TURBINES แบ่งออกเป็น

1. HIGH PRESSURE TURBINE หรือ CAS GENERATOR TURBINE (กังหันขับพัดอากาศ) ทำหน้าที่ขับ COMPRESSOR และส่วนประกอบย่อยต่าง ๆ เพื่อทำให้เกิดการเผาไหม้ให้ได้พลังงานความร้อนใช้พังงาน 2/3

GAS GENERATOR TURBINE หรือ HIGH PRESSURE TURBINE จะติดตั้งอยู่หลังจากห้องเผาไหม้มีส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนคือ 1. STATOR หรือ NOZZLE 2. ROTORหรือปีกหมุน

ROTOR ประกอบด้วยเพลาวงกังหัน และปีกกังหันประกอบติดอยู่ด้วยกัน

ก๊าซร้อนจากการเผาไหม้ซึ่งผ่าน STATOR ไปยังปีกของ ROTOR ทำให้ ROTOR หมุนด้วยความเร็วระหว่าง 3,600 - 42,000 รอบ/นาที อุณหภูมิระหว่าง 1,050 - 2,300 องศา ฟ.



2. LOW PRESSURE TURBINE หรือ POWER TURBINE OR FREE POWER TURBINE (กังหันขับเพลาใบจักร) ทำหน้าที่รับพลังงานความร้อนจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ และใน GAS GENERATOR TURBINE มาขยายตัวทำงานที่ปีก TURBINE และส่งพลังงานออกไปขับใบจักรเรือใช้พลังงาน 1/3 (พลังความร้อนจากการเผาไหม้)

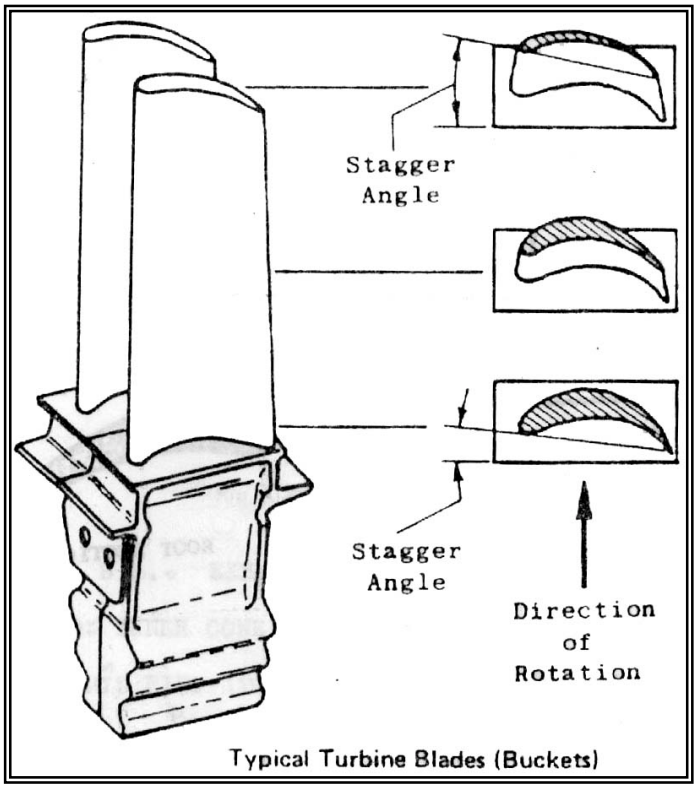
POWER TURBINE หรือ LOW PRESSURE TURBINE หรือกังหันขับภาระ

- MULTI STAGE อยู่ต่อจาก GAS GENERATOR TURBINE (แยกคนละเพลา)
- ต่อกับ CLUTCH และ REDUCTION GEAR และเพลาใบจักร
- มีความเร็วรอบในการหมุนช้ากว่า TURBINE ที่ใช้ขับ COMPRESSOR เพราะใช้พลังงานของก๊าซที่เหลือจากการเป่าปีกกังหันขับพัดอากาศแล้วมาขับต่อก่อนปล่อยออกปล่องไป
- มีลักษณะการสร้างเหมือนกับ TURBINE ขับ COMPRESSOR ทุกประการ

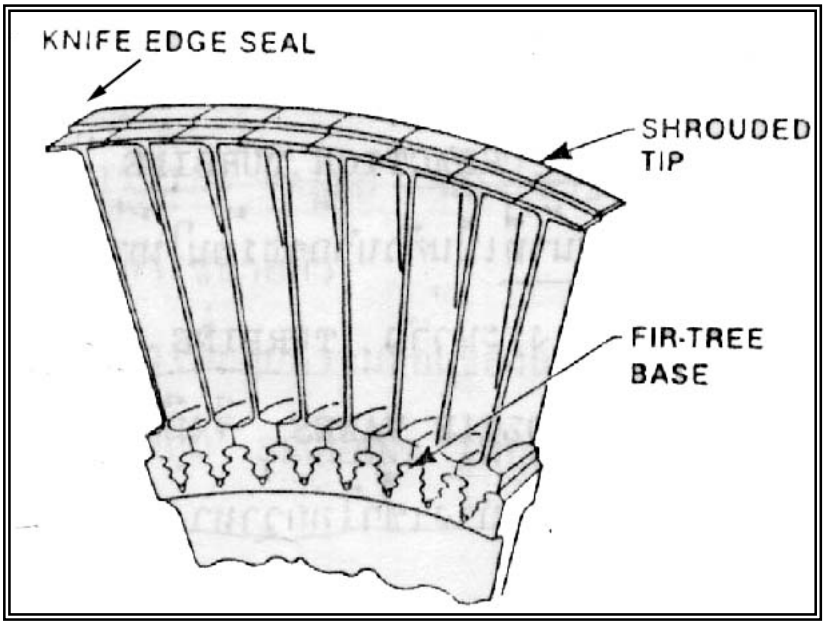
TURBINES ชุดกังหัน โดยหลักการการสร้างและลักษณะในการทำงานแล้ว TURBINE ของเครื่องยนต์กังหันก๊าซเหมือนกับ TURBINE ของเครื่องกังหันไอน้ำมีบางส่วนที่แตกต่างกันได้แก่

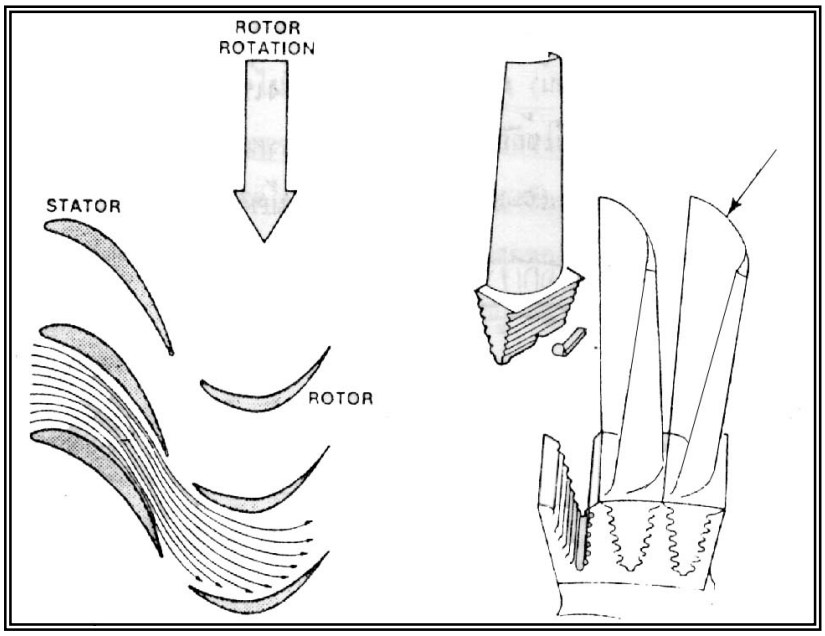
- โลหะที่ใช้ทำปีกกังหัน
- การระบายความร้อนของแบริ่งรับเพลากังหัน
- ความยาวของปีกกังหันต่อเส้นผ่าศูนย์กลางกังหันน้อยกว่า

TURBINE



Typical Turbine Blades (Buckets)





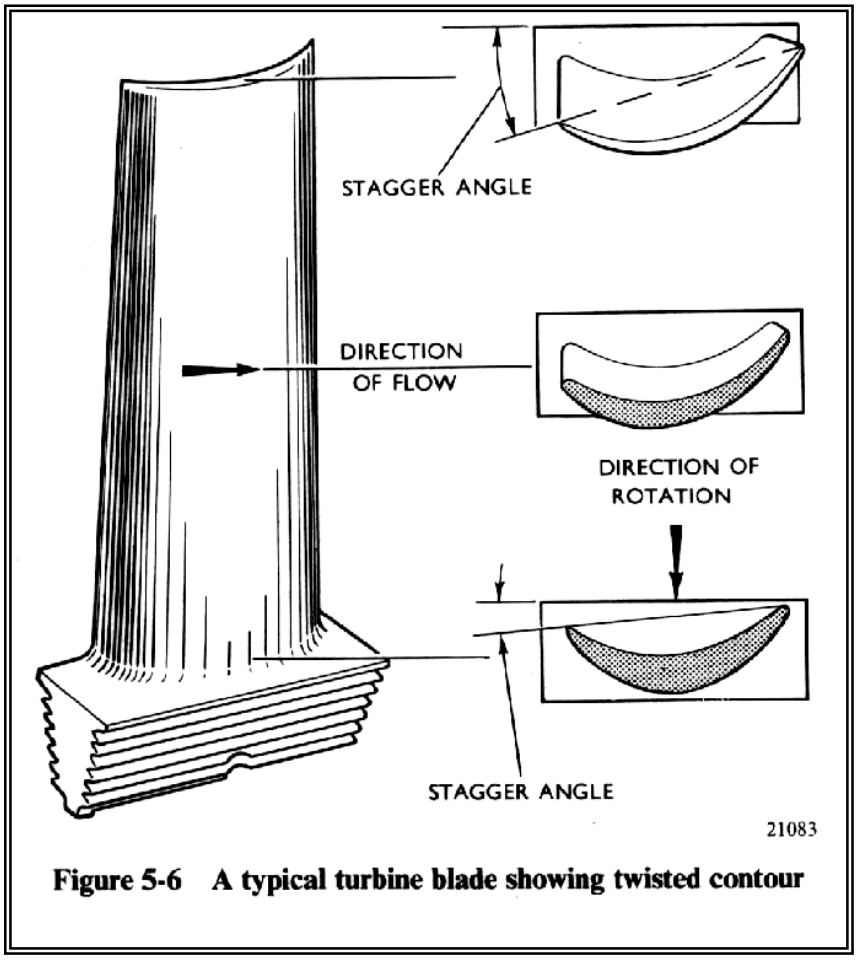
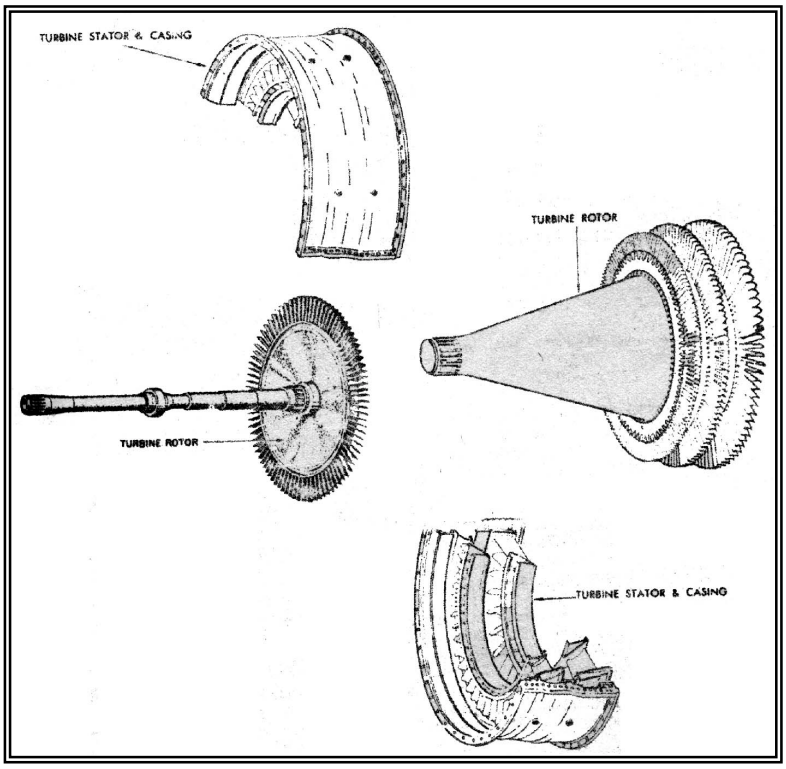


Figure 5-6 A typical turbine blade showing twisted contour



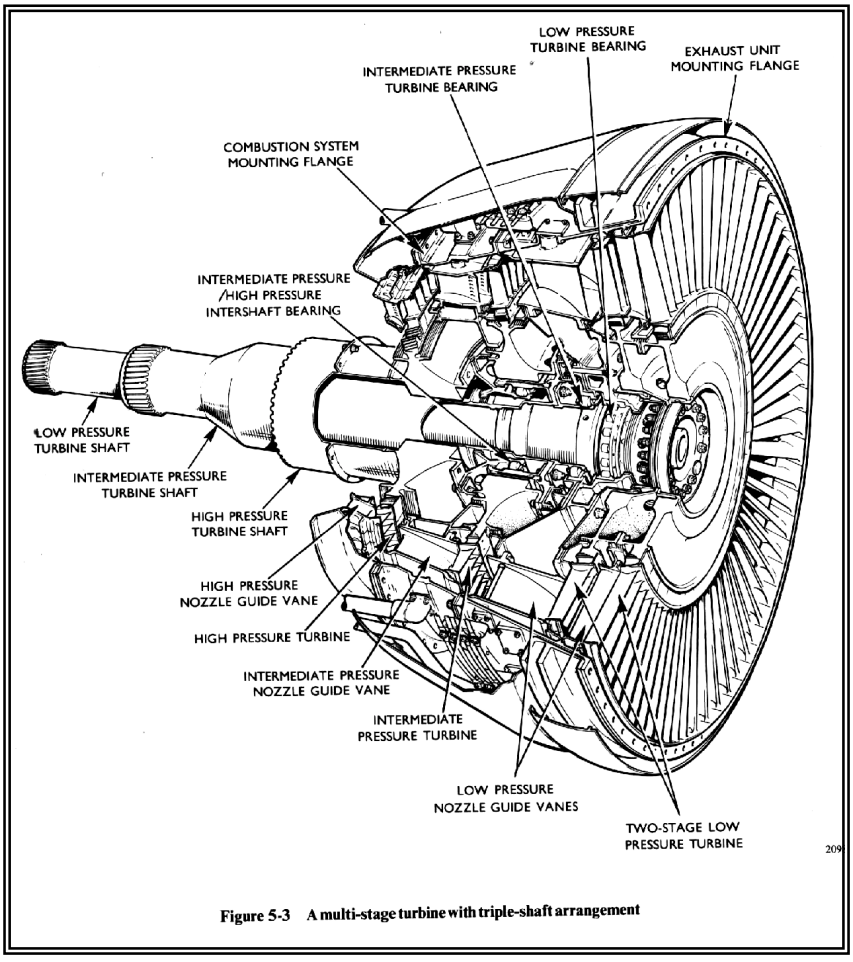
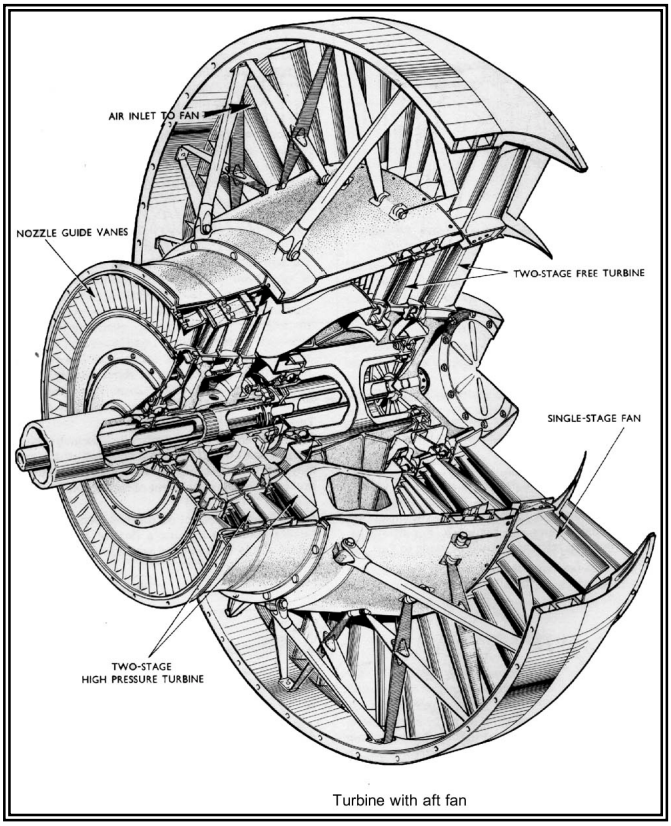


Figure 5-3 A multi-stage turbine with triple-shaft arrangement



Turbine with aft fan

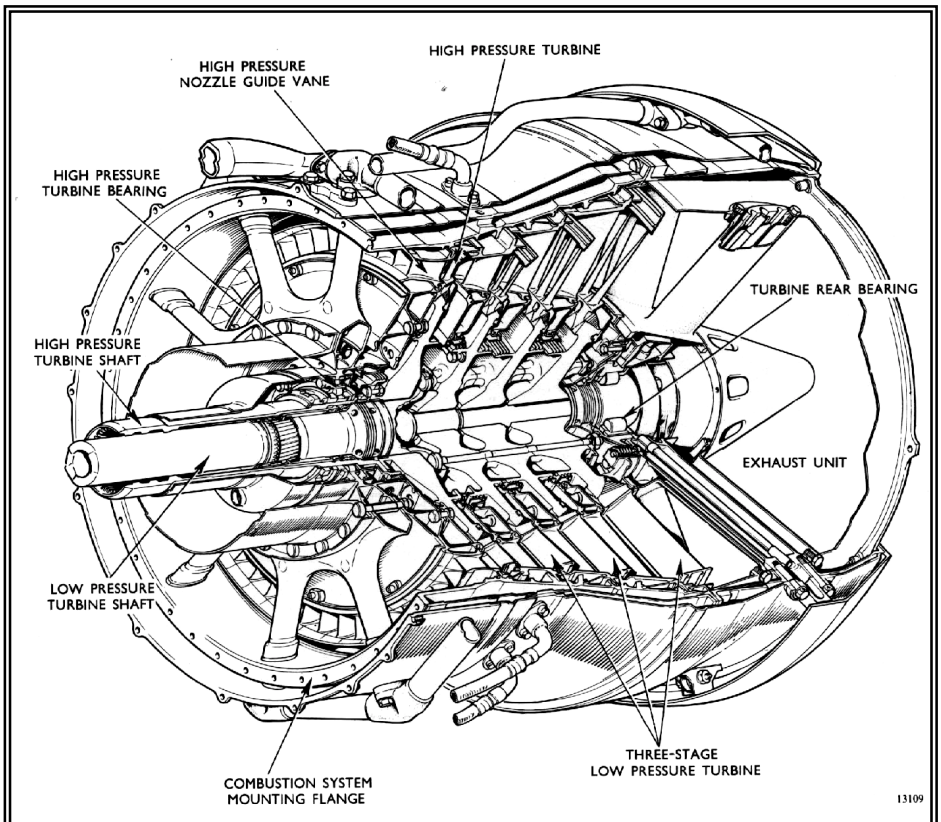


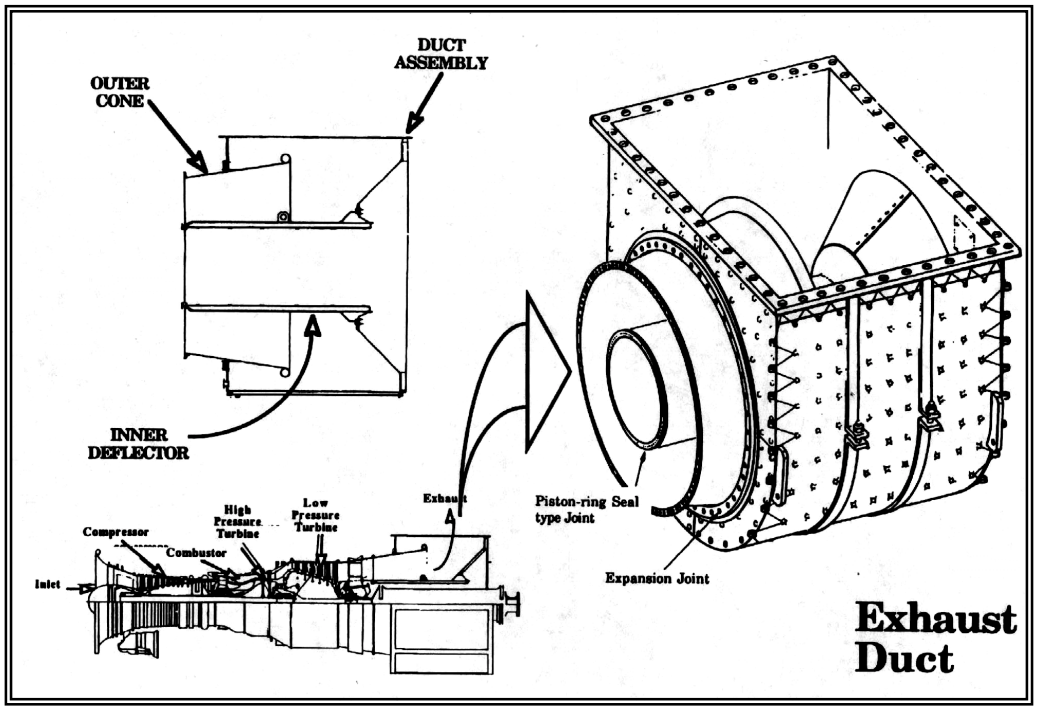
Figure 5-2 A multi-stage turbine with twin-shaft arrangement

5. **ท่อแก๊สเสีย**(EXHAUST DUCT)

การทำงานเพื่อป้องกันไม่ให้ก๊าซเสียไหลกลับเข้าไปใน ENCLOSURE

ท่อแก๊สเสียประกอบด้วย

1. OUTER CONE
2. DUCT ASSEMBLY
3. INNER DEFLECTOR



1. OUTER CONE เป็นท่อกลมซึ่งมีปลายบานออกเป็นช่องทางการไหลของก๊าซเสียจาก POWER TURBINE ออกสู่ท่อแก๊สเสีย

2. DUCT ASSEMBLY เป็นท่อซึ่งสร้างจากแผ่นโลหะขนาดใหญ่ม้วนเป็นวงกลมใช้เป็นช่องทางลำเลียงแก๊สเสียที่ออกจาก POWER TURBINE

3. INNER DEFLECTOR เป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นทรงกระบอกขนาดใหญ่ทำหน้าที่เป็นผนังกั้นความร้อนหุ้มอยู่โดยรอบ HIGH SPEED COUPLING SHAFT, INNER DEFLECTOR จะอยู่ข้างใน DUCT ASSEMBLY โดยร้อยทะลุผ่าน DUCT ASSEMBLY และมีเพลาของ HIGH SPEED COUPLING SHAFT ร้อยทะลุผ่านอยู่ข้างใน INNER DEFLECTOR อีกทีหนึ่ง

กองฝึกการช่างกล
กองการฝึก กองเรือยุทธการ

แก๊สเสียที่ถูกขับออกมาผ่าน OUTER CONE จะไหลผ่านต่อไปทางท้ายเครื่องจนไปชน FLARED SECTION ซึ่งเชื่อมต่ออยู่ระหว่าง INNER DEFLECTOR และผนังด้านหลังของท่อแก๊สเสียมุมเอียงของ FLARED SECTION จะเปลี่ยนทิศทางการไหลของแก๊สเสียให้ไหลขึ้นด้านบนเป็นมุม 90 ^{o} ออกสู่ปล่องของเรือ

ด้านนอกของ EXHAUST DUCT ทั้งหมดจะหุ้มด้วยฉนวนกันความร้อนเพื่อลดการแผ่รังสีความร้อนและการนำความร้อนโดยอากาศเข้าสู่ระบบของเครื่อง