



รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
Maintenance Manual for J85-GE-21B/C Engine Turbine Rotor Parts

โดย

นาย ชยุต งามอยู่

รหัส 6524100006

นาย นรภัทร สายสุ้ย

รหัส 6524100007

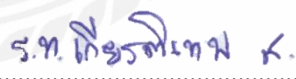
รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 151-495 สหกิจศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2567

หัวข้อโครงการ : คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
Maintenance Manual for J85-GE-21B/C Engine Turbine Parts
รายชื่อผู้จัดทำ : ชยุต งามอยู่ 6524100006
: นรภัทร สายส้อย 6524100007
หลักสูตร : วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเครื่องกล
อาจารย์นิเทศ : ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

อนุมัติให้โครงการนี้เป็นส่วนหนึ่งของการปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับ
การทำงาน หลักสูตรวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ภาคการศึกษาที่ 3
ปีการศึกษา 2567

คณะกรรมการสอบโครงการ


.....อาจารย์นิเทศ
(อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย)


.....ผู้นิเทศ
(เรืออากาศโท เกียรติเทพ สะเดา)


.....กรรมการกลาง
(อาจารย์สมบัติ หิรัญวรรณพงษ์)


.....ผู้ช่วยอธิการบดีและผู้อำนวยการสำนักสหกิจศึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มารุจ ลิ้มปะวัฒน์นะ)

จดหมายนำส่งรายงาน

วันที่ 18 พฤษภาคม พ.ศ.2568

เรื่อง ขอส่งรายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา
เรียน อาจารย์นิเทศ หลักสูตร ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล (หลักสูตร 4 ปี)
อาจารย์ ดร.ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย

ตามที่นาย ชยุต งามอยู่ และ นาย นรภัทร สายส้อย นักศึกษาหลักสูตร 4 ปี วิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม ได้ไปปฏิบัติงานสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงาน ระหว่างวันที่ 19 พฤษภาคม 2568 ถึง วันที่ 29 สิงหาคม 2568 ในตำแหน่ง ช่างโรงงาน ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ กองทัพอากาศ และได้รับมอบหมายจากผู้นิเทศ เรืออากาศโท เกียรติเทพ สะเดา ให้ศึกษาและทำรายงานเรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C

บัดนี้การปฏิบัติสหกิจศึกษาและการศึกษาเชิงบูรณาการกับการทำงานได้สิ้นสุดแล้ว นาย ชยุต งามอยู่ และ นาย นรภัทร สายส้อย นักศึกษาหลักสูตร 4 ปี ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม จึงขอส่งรายงานดังกล่าวมาพร้อมกันนี้จำนวน 1 เล่ม เพื่อขอรับคำปรึกษาต่อไป

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา

ขอแสดงความนับถือ

ลงชื่อ.....

(นายชยุต งามอยู่)

ลงชื่อ.....

(นายนรภัทร สายส้อย)

คณะผู้จัดทำ

กิตติกรรมประกาศ (Acknowledgement)

การที่คณะผู้จัดทำได้มาปฏิบัติสหกิจศึกษา ในตำแหน่งช่างโรงงาน แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ กองทัพอากาศ ตั้งแต่วันที่ 19 พฤษภาคม 2568 ถึง 29 สิงหาคม 2568 ได้สำเร็จลุล่วงตามวัตถุประสงค์ด้วยดีส่งผลให้ คณะผู้จัดทำ ได้รับความรู้ ประสบการณ์ทำงานต่างๆ และความเข้าใจในอนาคต ด้วยความอนุเคราะห์อย่างยิ่งจาก แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ ที่ให้โอกาส คณะผู้จัดทำเข้ามาปฏิบัติสหกิจศึกษา กรุณาเสียสละเวลาอบรม สอนงาน และช่วยเหลือด้านต่างๆ ตลอดระยะเวลาในการปฏิบัติสหกิจศึกษาในครั้งนี้ จึงขอขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ ที่นี้ จากการสนับสนุนหลายฝ่าย ดังนี้

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. นาวาอากาศเอก นพดล นาคเงิน | หัวหน้า แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์
กรมช่างอากาศ |
| 2. เรืออากาศโท เกียรติเทพ สะเดา | หัวหน้าหมวดซ่อมที่ 3 ฝ่ายตรวจซ่อมชิ้นส่วน
แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์
กรมช่างอากาศ |
| 3. อาจารย์ ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิ์ชัย | อาจารย์นิเทศ |

และบุคคลที่ไม่ได้กล่าวนามทุกท่านที่ได้ให้คำแนะนำในการจัดทำรายงานสหกิจศึกษาฉบับนี้จนเสร็จสมบูรณ์

คณะผู้จัดทำหวังเป็นอย่างยิ่งว่ารายงานฉบับนี้จะเป็นประโยชน์ต่อ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ และผู้สนใจปฏิบัติสหกิจศึกษาของโรงงาน เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการทำความเข้าใจและพัฒนาโครงการต่อไป รวมทั้งในการค้นคว้าของผู้สนใจทั่วไปด้วย หากรายงานฉบับนี้มีข้อผิดพลาดประการใด คณะผู้จัดทำก็ขออภัยมา ณ ที่นี้

ชยุต งามอยู่
นรภัทร สายสุ้ย
ผู้จัดทำ
29 สิงหาคม 2568

ชื่อโครงการ : คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C

หน่วยกิต : 5 หน่วยกิต

ผู้จัดทำ : ชยุต งามอยู่ 6524100006
: นรภัทร สายสุ้ย 6524100007

อาจารย์ที่ปรึกษา : ดร. ชาญชัย วิรุณฤทธิชัย

ระดับการศึกษา :ปริญญาตรี

หลักสูตร : วิศวกรรมเครื่องกล

คณะ : วิศวกรรมศาสตร์

ภาคการศึกษา/ ปีการศึกษา : 3/2567

บทคัดย่อ

คู่มือเอกสารเทคนิคการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยานหรือเรียกว่า T.O. (Technical Order) ซึ่งเป็นแบบภาษาอังกฤษและมีความซับซ้อนทำให้บุคลากรบางส่วนไม่สามารถเข้าใจได้ ทางนักศึกษาจึงได้จัดทำคู่มือที่เป็นภาษาไทยให้กับบุคลากรกองซ่อมเครื่องยนต์ เพื่อให้บุคลากรใหม่เข้าใจมากยิ่งขึ้นและให้บุคลากรภายในองค์กรได้ศึกษาเรียนรู้การซ่อมบำรุงและขั้นตอนการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor ของเครื่องยนต์ J85-GE-21B/C เพื่อให้ผลลัพธ์ในการซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพมากที่สุด

ผลจากการนำคู่มือไปใช้งาน 1.ด้านความชัดเจนและเนื้อหา 96% 2.ด้านรูปแบบและองค์ประกอบ 95% 3.ด้านประโยชน์ที่ได้รับ 91% ส่งผลให้บุคลากรมีความเข้าใจขั้นตอนในการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor ได้อย่างเข้าใจ ไม่เกิดข้อผิดพลาดในการซ่อมบำรุงและปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน

คำสำคัญ : คู่มือการซ่อมบำรุง/เครื่องยนต์อากาศยาน/ชิ้นส่วน Turbine Rotor



Project Title : Maintenance Manual for J85-GE-21B/C Engine
Turbine Rotor Parts

Credit : 5 Credits

By : Mr.Chayoot Ngamyoo 6524100006
: Mr.Noraphat SaiSui 6524100007

Advisor : Dr.Chanchai Wiroonritichai

Degree : Bachelor of Engineering

Major : Mechanical Engineering (4 year course)

Faculty : Engineering

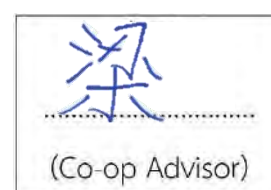
Semester / Academic year : 3/2024

Abstract

Aircraft Engine Maintenance Manual (referred to as T.O.), which is in English and highly complex, poses challenges for some personnel to comprehend. Therefore, the students have developed a Thai-language manual for the engine maintenance division to enhance understanding among new personnel and provide existing staff with a resource for studying maintenance procedures and repair steps for the Turbine Rotor component of the J85-GE-21B/C engine. This initiative aims to maximize the efficiency and effectiveness of maintenance operations.

Results from implementing the manual have shown that personnel now have a clearer understanding of the Turbine Rotor maintenance process, reducing errors in maintenance tasks and ensuring safety for the operators.

Keywords : Manual Maintenance/Aircraft Engine/Turbine Rotor Part



สารบัญ

	หน้า
จดหมายนำส่งรายงาน	ก
กิตติกรรมประกาศ	ข
บทคัดย่อ	ค
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ (Abstract)	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญรูปภาพ	ฉ
สารบัญภาคผนวก	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ข้อมูลของสถานประกอบการและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	1
1.2 ที่มาและความสำคัญของโครงการ	1
1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.4 ขอบเขตของโครงการ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 การทบทวนเอกสารงานวิจัย/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature)	
2.1 ประเภทของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์	3
2.2 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์	7
2.3 โครงสร้างของชุดเทอร์ไบน์ (Turbine Section)	13
2.4 เครื่องเจียรระนาบทรงกระบอก (Cylindrical Grinder)	15
บทที่ 3 รายละเอียดการปฏิบัติงาน	
3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ	22
3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน	23
3.3 รูปแบบการจัดองค์กรและการบริหารงานขององค์กร	24
3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย	24
3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา	24

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน	24
3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน	24
3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ	25
3.9 อุปกรณ์และเครื่องมือที่ใช้	26
3.10 ขั้นตอนการซ่อมบำรุง Turbine Rotor	30
บทที่ 4 ผลการปฏิบัติงาน	
4.1 ผลการปฏิบัติการ	41
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	
5.1 สรุปผลโครงการ	46
5.2 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน	46
5.3 ข้อเสนอแนะ	46
5.4 ผลการประเมินการใช้งานคู่มือ	47
บรรณานุกรม	52
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก ภาพการนิเทศงานของอาจารย์นิเทศ	53
ภาคผนวก ข คู่มือเอกสารเทคนิค	55
ภาคผนวก ค แบบแบบฟอร์มผลการประเมินการใช้งานคู่มือ	60
ภาคผนวก ง ตารางเกรดล้อหินเจียรไน	62
ประวัติผู้จัดทำ	64

สารบัญตาราง

ตารางที่ 3.1 ตารางเวลาการปฏิบัติสหกิจศึกษา

หน้า

25



สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Prop	3
รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Shaft	4
รูปที่ 2.3 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Jet	5
รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Fan	5
รูปที่ 2.5 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Ram Jet	6
รูปที่ 2.6 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Scram Jet	7
รูปที่ 2.7 การทำงานของช่องนำอากาศเข้า	8
รูปที่ 2.8 ชิ้นส่วน Compressor Rotor	9
รูปที่ 2.9 ชิ้นส่วน Diffuser Section	10
รูปที่ 2.10 ชิ้นส่วนและการทำงานของ Combustion Section	11
รูปที่ 2.11 ชิ้นส่วนของ Turbine Rotor	12
รูปที่ 2.12 ชิ้นส่วนของ Exhaust Section	12
รูปที่ 2.13 ทิศทางการไหลของอากาศแบบ Reaction Turbine และแบบ Impulse Turbine	13
รูปที่ 2.14 ลักษณะของ Typical Turbine Blade	14
รูปที่ 2.15 ชุด Turbine Rotor	14
รูปที่ 2.16 ข้อมูล Blade ใน T.O.	15
รูปที่ 2.17 เครื่องเจียรไนทรงกระบอก	16
รูปที่ 2.18 Grinding Handle	16
รูปที่ 2.19 Head Stock	17
รูปที่ 2.20 Tail Stock	17
รูปที่ 2.21 Coolant Value	18
รูปที่ 2.22 Grinding Wheel	18
รูปที่ 2.23 Bed หรือ Taper Table	19
รูปที่ 2.24 Table Handle	19
รูปที่ 2.25 Control Panel	20
รูปที่ 2.26 Control Handle	21

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.1 แผนที่แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ	22
รูปที่ 3.2 สถานที่แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ	23
รูปที่ 3.3 บุคลากรแผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ	23
รูปที่ 3.4 แผนผังการจัดหน่วยแผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ	24
รูปที่ 3.5 Dial Gauge	26
รูปที่ 3.6 Fixture Rotor	26
รูปที่ 3.7 Armor Lock	27
รูปที่ 3.8 Rubber Hose	27
รูปที่ 3.9 แวนตานิริภัย	28
รูปที่ 3.10 ถุงมือผ้า	28
รูปที่ 3.11 สายพานยกของ	29
รูปที่ 3.12 การตรวจวัดค่า	30
รูปที่ 3.13 ใบสั่งงาน	31
รูปที่ 3.14 ปรับได้ะอยู่ที่ 0 องศา	32
รูปที่ 3.15 การเจียรระโนหน้าหิน	33
รูปที่ 3.16 การใส่ท่ออย่าง	34
รูปที่ 3.17 การใส่ Armor Lock	35
รูปที่ 3.18 การปรับตั้งได้ะงานและการ Set Zero	36
รูปที่ 3.19 ป้อนค่าการเจียรระโน	37
รูปที่ 3.20 การวัดค่าหลังจากการเจียรระโนเรียบร้อยแล้ว	38
รูปที่ 3.21 นำท่ออย่างออก	39
รูปที่ 3.22 นำส่งกลับไปยังแผนกสนับสนุนการซ่อมเครื่องยนต์	40
รูปที่ 4.1 ใบสั่งงาน	41
รูปที่ 4.2 ค่าก่อนการเจียรระโน Stage 1	42
รูปที่ 4.3 ค่าหลังการเจียรระโน Stage 1	43
รูปที่ 4.4 ค่าก่อนการเจียรระโน Stage 2	44
รูปที่ 4.5 ค่าหลังการเจียรระโน Stage 2	45

สารบัญรูปภาพ (ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 5.1 ผลการประเมินบุคคลที่ 1	47
รูปที่ 5.2 ผลการประเมินบุคคลที่ 2	48
รูปที่ 5.3 ผลการประเมินบุคคลที่ 3	49
รูปที่ 5.4 ผลการประเมินบุคคลที่ 4	50
รูปที่ 5.5 ผลการประเมินบุคคลที่ 5	51



สารบัญภาคผนวก

	หน้า
รูปภาคผนวกที่ 1 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพหน้าสถานที่ปฏิบัติงาน กับอาจารย์นิเทศ	54
รูปภาคผนวกที่ 2 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพภายในสถานที่ปฏิบัติงาน กับอาจารย์นิเทศ	54
รูปภาคผนวกที่ 3 คู่มือเอกสารเทคนิคการเจียระไน Turbine Rotor	56
รูปภาคผนวกที่ 4 คู่มือเอกสารเทคนิคการเจียระไน Turbine Rotor (ต่อ)	57
รูปภาคผนวกที่ 5 คู่มือเอกสารเทคนิคฉบับภาษาไทย	58
รูปภาคผนวกที่ 6 คู่มือเอกสารเทคนิคฉบับภาษาไทย (ต่อ)	59
รูปภาคผนวกที่ 7 แบบฟอร์มผลการประเมินการใช้คู่มือ	61
รูปภาคผนวกที่ 8 ตารางเกรดล้อหินเจียระไน	63

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ข้อมูลของสถานประกอบการและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ กองทัพอากาศ 171 กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ ถนนพหลโยธิน เขตดอนเมือง แขวงสนามบิน กรุงเทพมหานคร 10210 นักศึกษาฝึกงานหมวดเครื่องมือกลที่ 2 ฝ่ายเครื่องมือกล ซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor ฝึกงานตั้งแต่วันที่ 19 พฤษภาคม 2568 ถึง วันที่ 29 สิงหาคม 2568

1.2 ที่มาและความสำคัญของโครงการ

Turbine Rotor เป็นชิ้นส่วนหลักในเครื่องยนต์ J85-GE-21B/C ที่ทำหน้าที่ดูดพลังงานจากแก๊สร้อนเพื่อหมุนเพลาและขับเคลื่อนคอมเพรสเซอร์หรือใบพัด ทำให้เกิดแรงขับเคลื่อนอากาศยาน ลักษณะและหน้าที่ของ Turbine Rotor

1.2.1 โครงสร้าง ประกอบด้วยใบพัด (Blades) ติดอยู่บนดิสก์ (Disk) ที่เชื่อมกับเพลาหลักทำจากวัสดุทนความร้อนสูงเช่น นิกเกิลอัลลอยด์ หรือเซรามิก 1.2.2 หลักการทำงาน แก๊สร้อนความเร็วสูงจากห้องเผาไหม้ (Combustion Chamber) มากระทบใบพัดทำให้ Rotor หมุนแปลงพลังงานความร้อนเป็นพลังงานกล

1.2.3 ความสำคัญ หากชำรุดอาจทำให้เครื่องยนต์สูญเสียกำลังหรือเสียหายรุนแรง จึงต้องมีการบำรุงรักษาตามคู่มือ (T.O.) อย่างเคร่งครัด

ปัญหาที่พบบ่อย

1.2.3.1 รอยร้าว (Cracks) จากความเครียดความร้อน (Thermal Fatigue)

1.2.3.2 การกัดกร่อน (Corrosion) จากสารเคมีในเชื้อเพลิง

1.2.3.3 การเสียดสี (Erosion) จากอนุภาคในแก๊สร้อน

การซ่อมบำรุง Turbine Rotor จึงต้องทำโดยผู้ชำนาญการและใช้ขั้นตอนตามคู่มือเพื่อความปลอดภัยและประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

จากการฝึกสหกิจศึกษาตามโครงการ สหกิจศึกษาของทางมหาวิทยาลัย ได้ให้โอกาสข้าพเจ้าได้ไปฝึกสหกิจศึกษาที่แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ ทางแผนกโรงงานได้มอบหมายงานในเรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C

1.3 วัตถุประสงค์ของโครงการ

- 1.3.1 เพื่อพัฒนาและจัดทำคู่มือการซ่อมบำรุงเป็นภาษาไทย
- 1.3.2 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของบุคลากร
- 1.3.3 เพื่อยกระดับความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน
- 1.3.4 เพื่อเป็นฐานความรู้สำหรับการพัฒนาบุคลากรรุ่นใหม่
- 1.3.5 เพื่อประเมินการใช้คู่มือในสถานการณ์จริง

1.4 ขอบเขตของโครงการ

- 1.4.1 ปฏิบัติตามคู่มือเอกสารเทคนิค (T.O.)
- 1.4.2 การซ่อมบำรุงและตรวจสอบชิ้นส่วน Turbine Rotor ของเครื่องยนต์ J85-GE-21B/C

1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.5.1 เพื่อให้เข้าใจและรู้ขั้นตอนในการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน
- 1.5.2 เป็นคู่มือเพื่อให้บุคลากรสามารถเข้าใจขั้นตอนการซ่อมบำรุงได้อย่างมีประสิทธิภาพและเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน

บทที่ 2

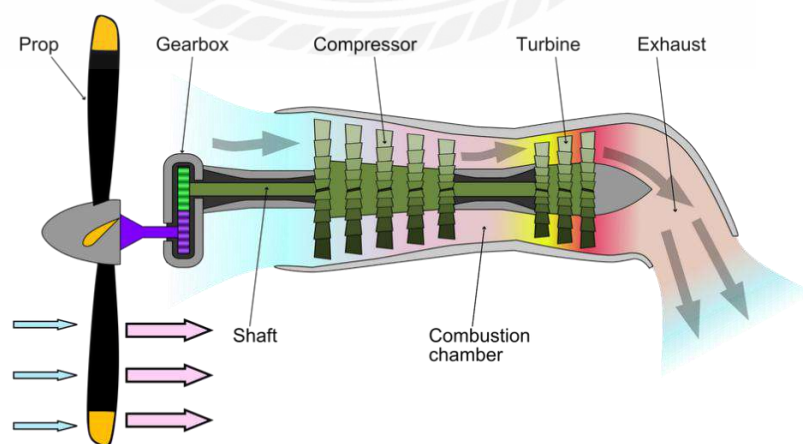
การทบทวนเอกสารงานวิจัย/วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง (Literature)

2.1 ประเภทของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์โบ

เครื่องยนต์สำหรับอากาศยานนั้นมีสองชนิด คือ “Shaft Engine” และ “Reaction Engine” สำหรับ Shaft Engine นั้นทำงานคล้ายกับพัดลมขนาดใหญ่ น้ำมันถูกเผาไหม้กลายเป็นแรงในการขับเคลื่อนใบพัดของเครื่องยนต์ผ่านระบบเพลาขับเคลื่อนเพื่อสร้างแรงลมและผลักเครื่องบินไปข้างหน้า โดยที่ Shaft Engine นั้นมักจะเป็นเครื่องยนต์ใบพัดสำหรับเครื่องบินขนาดเล็ก ส่วน Reaction Engine นั้นต่างออกไปจาก Shaft Engine ตรงที่พลังงานในการขับเคลื่อนส่วนใหญ่ นั้นมาจากการอัดอากาศให้มีความดันสูง จากนั้นจึงฉีดน้ำมันเข้าไปในอากาศดังกล่าวก่อนที่จะจุดระเบิด เพื่อให้อากาศดังกล่าวขยายตัวมหาศาลออกมาด้านหลังของเครื่องยนต์เพื่อผลักเครื่องบินไปข้างหน้า จึงมักจะพบเห็นในเครื่องบินขนาดใหญ่

2.1.1 เครื่องยนต์ Turbo prop

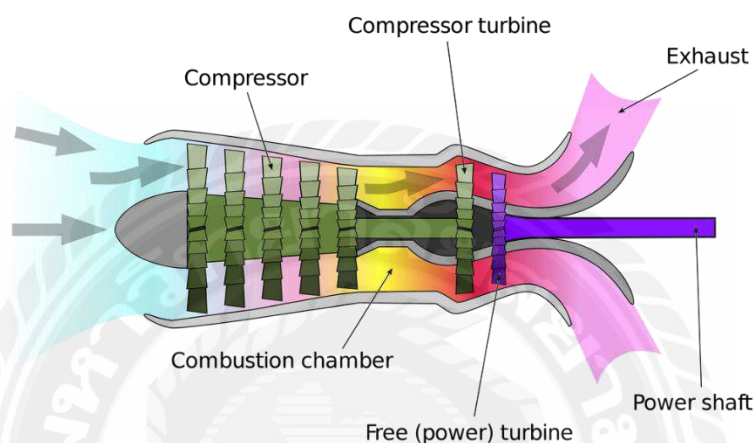
เป็นเครื่องยนต์ที่เรียกได้ว่ากึ่ง Reaction Engine แม้ตัวมันเองนั้นเป็นเครื่องยนต์ Reaction Engine แต่ยังใช้ระบบใบพัดเดี่ยวคล้ายกับเครื่องยนต์ Shaft Engine ในการขับเคลื่อนอยู่ พลังงานในการผลักเครื่องบินไปข้างหน้า นั้นส่วนใหญ่มาจากแรงผลักจากใบพัด ไม่ใช่แรงจุดระเบิด และขยายตัวของอากาศจากการเผาไหม้หรือ Exhaust Jet โดยพลังงานเพียงประมาณ 10% นั้นมาจากแรงขยายตัวของอากาศ อย่างไรก็ตามที่ความเร็วสูง พลังงานจากระบบ Exhaust Jet จะสูงขึ้น เนื่องจากมีอากาศให้อัดและจุดระเบิดมากขึ้นจากแรงดันที่สูงขึ้น Turbo Prop จึงสามารถทำความเร็วได้สูงขึ้นกว่าระบบเครื่องยนต์ใบพัดปกติ



รูปที่ 2.1 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Prop

2.1.2 เครื่องยนต์ Turbo Shaft

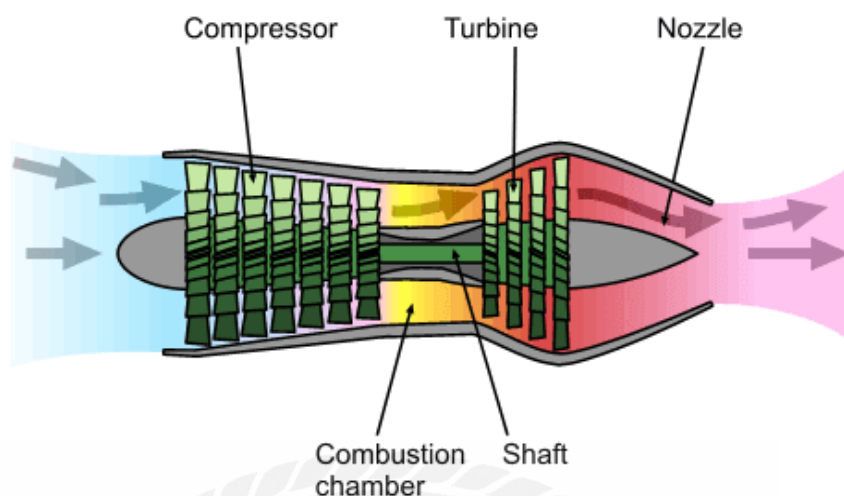
เครื่องยนต์ประเภทนี้ไม่ได้ใช้แรงขับเคลื่อนจากไอเสียโดยตรง แต่จะเน้นการผลิต กำลังงานที่เพลา (Shaft Power) เป็นหลัก เพื่อนำไปใช้ขับเคลื่อนอุปกรณ์อื่นๆ เช่น ใบพัดเฮลิคอปเตอร์, เครื่องกำเนิดไฟฟ้า หรือปั้มน้ำในเรือและโรงงานอุตสาหกรรม โดยแกนของกังหันจะถูกเชื่อมต่อเข้ากับชุดเกียร์และเอาต์พุตเพลาเพื่อส่งต่อกำลังงานไปยังอุปกรณ์ปลายทาง



รูปที่ 2.2 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Shaft

2.1.3 เครื่องยนต์ Turbo Jet

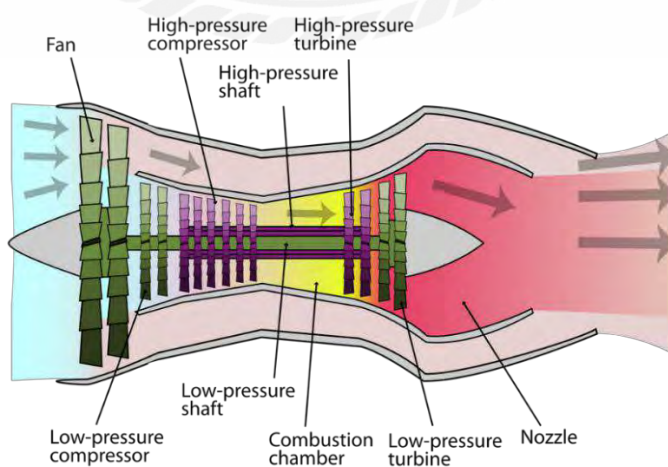
ได้รับการพัฒนาขึ้นมาในยุคสงครามโลกครั้งที่สอง สำหรับเครื่องบินขับไล่ ซึ่งถือเป็นเครื่องยนต์ Reaction Engine โดยสมบูรณ์ หลักการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Jet ก็คือหลักการทำงานโดยพื้นฐานของเครื่องยนต์ Reaction Engine ตามทฤษฎี ซึ่งก็คือการอัดอากาศด้วยระบบ Compressor ก่อนที่จะฉีดเชื้อเพลิงเข้าไปในอากาศความดันสูง ก่อนที่จะจุดระเบิดแล้วปล่อยมวลอากาศออกมาข้างหลังของเครื่องยนต์เพื่อสร้างแรงผลัก อย่างไรก็ตาม Turbo Jet นั้นจะสามารถใช้งานได้อย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อเครื่องบินนั้นบินด้วยความเร็วสูงมากพอ หากเครื่องบินลำนั้นบินช้าเกินไป อากาศจะไม่ถูกอัดมากพอที่จะจุดระเบิดและสร้างมวลอากาศได้มากพอ จึงต้องปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิง (Air-Fuel Ratio) ให้น้อยลงเพื่อทดแทนมวลอากาศที่ลดลง หมายความว่าต้องใช้เชื้อเพลิงมากขึ้นในการจุดระเบิด ทำให้การใช้งาน Turbo Jet นั้นไม่ค่อยนิยม และเครื่องบินสมัยใหม่ล่าสุดท้ายที่ใช้เครื่องยนต์ Turbo Jet ก็คือคองคอร์ด (Concorde) ซึ่งเป็นเครื่องบินพาณิชย์ความเร็วเหนือเสียง



รูปที่ 2.3 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Jet

2.1.4 เครื่องยนต์ Turbo Fan

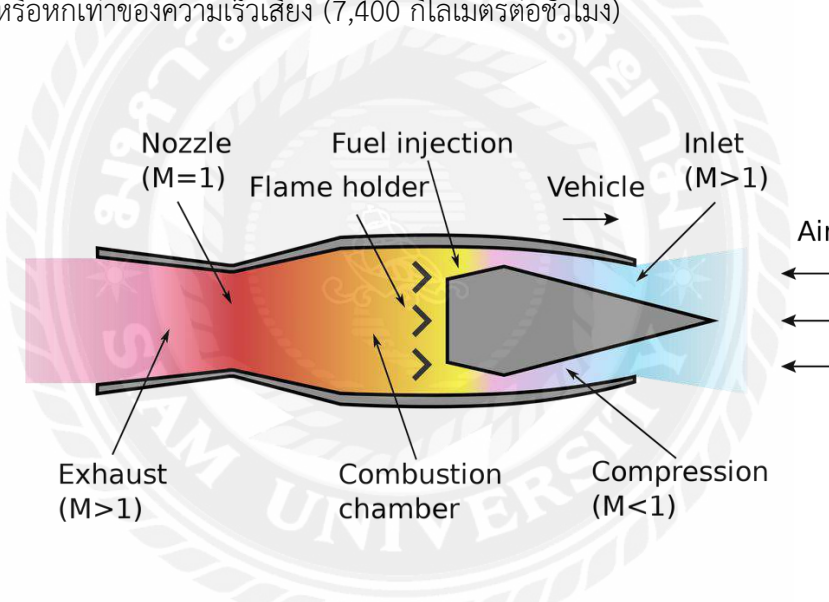
ได้รับการพัฒนาต่อมาจากเครื่องยนต์ Turbo Jet หลักการเหมือนกับเครื่องยนต์ Turbo Jet ที่จะให้พลังงานในการขับเคลื่อนทั้งหมดมาจากการจุดระเบิดมวลอากาศ แต่เครื่องยนต์ Turbo Fan จะให้อากาศส่วนหนึ่งสามารถผ่านเครื่องยนต์ไปได้ โดยที่ไม่ต้องถูกอัดและจุดระเบิด หรือที่เรียกว่า Bypass คล้ายกับพัดลมที่สร้างแรงลมด้วยการหมุนของใบพัด หลักการของ Turbo Fan นั้น คล้ายกับระบบ Turbo Prop แต่เปลี่ยนจากใบพัดเดี่ยวมาเป็นระบบใบพัดขนาดใหญ่และระบบเครื่องยนต์ที่สมมาตรมากขึ้น ทำให้ที่ความเร็วต่ำพลังงานส่วนใหญ่จะมาจากอากาศ Bypass มากกว่าระบบจุดระเบิดมวลอากาศ ในขณะที่ขับเคลื่อนที่ความเร็วสูง พลังงานส่วนใหญ่จะมาจากระบบจุดระเบิดมวลอากาศ เครื่องยนต์ Turbo Fan จึงมีประสิทธิภาพในทั้งสองเหตุการณ์



รูปที่ 2.4 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Turbo Fan

2.1.5 เครื่องยนต์ Ram Jet

Ram Jet เป็นเครื่องยนต์ที่ไม่มีระบบ Compressor มาช่วยในการอัดอากาศแต่อาศัยความเร็วของเครื่องบินในการบินชนกับอากาศที่อยู่นิ่งมาช่วยในการอัดอากาศแทน จึงเรียกว่า “Ram jet” เพราะ “Ram” หมายถึงการชน โดยที่อากาศจะถูกอัดเข้ากับ “Shock Cone” ในเครื่องยนต์ ซึ่งทำหน้าที่ในการอัดอากาศ ทำให้ปริมาณอากาศที่เครื่องยนต์ Ramjet สามารถนำมาใช้ในการจุดระเบิดนั้นมากขึ้นจากเครื่องยนต์ Turbo Fan และ Turbo Jet เนื่องจากไม่ต้องมีระบบ Compressor มาบังคับและข้อจำกัดของ Ram Jet คือ การที่มันไม่มีระบบ Compressor นั้นทำให้เครื่องบิน Ram Jet จะต้องบินด้วยความเร็วสูงมาก ๆ ระดับความเร็วเหนือเสียงซึ่งเป็นจุดที่อากาศถูกอัดมากพอจนไม่ต้องใช้ระบบ Compressor มาช่วย โดยที่ Ram Jet นั้นจะมีประสิทธิภาพมากที่สุดที่ความเร็ว Mach 3 หรือสามเท่าของความเร็วเสียง (3,700 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และสามารถทำงานได้ที่ความเร็วมากถึง Mach 6 หรือหกเท่าของความเร็วเสียง (7,400 กิโลเมตรต่อชั่วโมง)

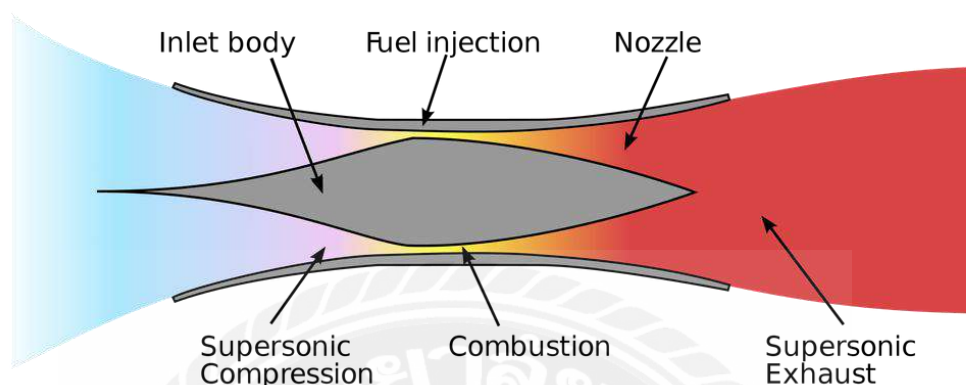


รูปที่ 2.5 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Ram Jet

2.1.6 เครื่องยนต์ Scram Jet

ทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์ Ram Jet โดยความเร็วของอากาศภายในเครื่องยนต์ Ram Jet จะถูกลดลงจากความเร็วเหนือเสียง (Supersonic) ลงมาเป็นความเร็วต่ำกว่าเสียง (Subsonic) ด้วยระบบ “Shock Cone” เพื่ออัดอากาศก่อนการจุดระเบิด แต่ในเครื่องยนต์ Scram Jet นั้นไม่มีระบบ Shock Cone แต่จุดระเบิดมวลอากาศที่ความเร็วเหนือเสียงเลย ดังนั้น Scram Jet จะต้องทำงานที่ความเร็วที่สูงยิ่งกว่า Ram Jet เนื่องจากอากาศจะต้องถูกอัดตั้งแต่ตอนที่มันชนเข้ากับเครื่องยนต์โดยไม่อาศัยระบบ Shock Cone เครื่องยนต์ Scram Jet จะทำงานได้ก็ต่อเมื่อที่ความเร็วสูงมากถึง Mach 6 ขึ้นไป และสามารถทำงานได้สูงสุดถึง Mach 10 (Hypersonic Speed) ดังนั้นเครื่องบินที่ใช้

Scram Jet จะต้องใช้เครื่องยนต์อื่นอย่าง Ram Jet มาช่วยในการบินให้มีความเร็วสูงถึง Mach 6 ก่อนที่จะใช้งาน Scram Jet ได้



รูปที่ 2.6 แผนผังการทำงานของเครื่องยนต์ Scram Jet

2.2 ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์โบ

ส่วนประกอบของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์โบแบ่งส่วนประกอบของเครื่องได้ 6 ส่วนหลัก

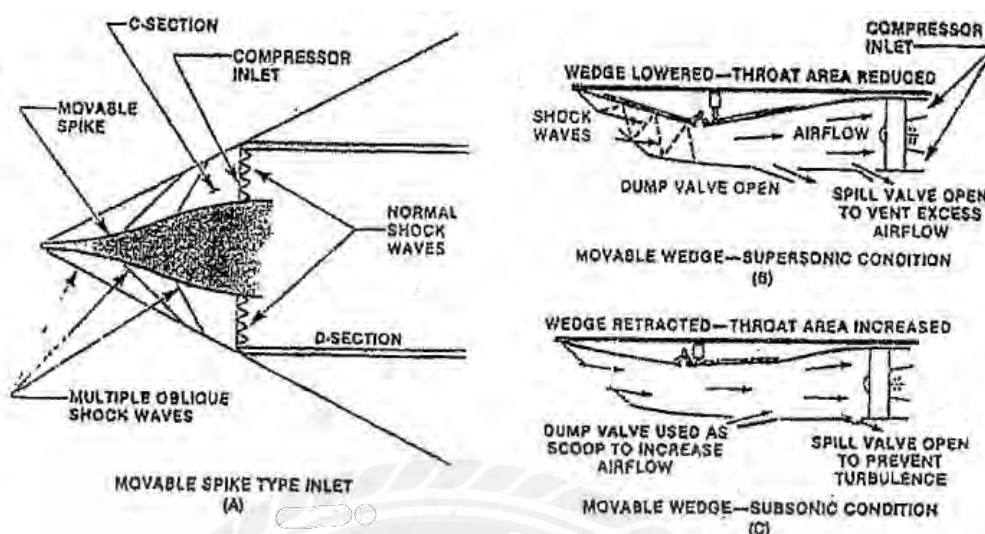
2.2.1 ช่อกนำอากาศเข้า (Air Inlet Duct) ช่อกนำอากาศเข้าที่มีประสิทธิภาพสูงจะออกให้มีลักษณะราบเรียบ สั้น เพื่อที่จะให้ได้อัตราส่วนการอัด (Compression Ratio) ที่สูงเพื่อให้ทนทานต่อการชำรุด (Distortion Free) ทั้งนี้เพราะ ต้องรับพลังงานที่สูงของอากาศที่ไหลผ่านเพื่อหลีกเลี่ยงการเกิดกระแสาอากาศ”อลวน” (Compressor Stall) และอุณหภูมิภายในเครื่องยนต์ที่ชุดเทอร์โบสูงเกินเกณฑ์ พลังการไหลของอากาศเข้าเครื่องยนต์ ได้มากเท่าใดก็จะทำให้เครื่องยนต์สามารถผลิตแรงขับได้มากเท่านั้น ปริมาณของอากาศไหลเข้าเครื่องยนต์จะมากน้อยเท่าใดขึ้นอยู่กับองค์ประกอบ 3 ประการ คือ

1. รอบของชุดอัดอากาศ (The Compressor Speed - R.P.M.)
2. ความเร็วไปข้างหน้าของอากาศยาน (The Forward Speed Of Aircraft)
3. ความหนาแน่นของอากาศภายนอก (Surrounding Air) การจำแนกแบบของช่อกนำอากาศเข้า เครื่องยนต์สามารถ จำแนก ได้ดังนี้

3.1 Nose Inlet (ช่อกนำอากาศเข้าที่ปลายหน้าสุด) ติดตั้งอยู่ที่ตำแหน่งปลายหน้าสุดของ ลำตัวอากาศยาน หรือกระเปาะเครื่องยนต์ (Power Plant Pod)

3.2 Wing Inlet ติดตั้งอยู่ที่ชายหน้าปีกตรงโคนปีก สำหรับเครื่องบินที่ใช้เครื่องยนต์เดี่ยว

3.3 Annular Inlet ติดตั้งอยู่รอบ ๆ หรือบางส่วนของลำตัวเครื่องบินหรือเครื่องยนต์



รูปที่ 2.7 การทำงานของช่องนำอากาศเข้า

2.2.2 ชุดอัดอากาศ (Compressor) การเผาไหม้ของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศภายใต้ความดันเท่ากับบรรยากาศธรรมดาจะไม่ได้ผลผลิต ของพลังงานความร้อนได้เพียงพอที่จะทำให้เกิดการขยายตัวของก๊าซร้อนทำงานให้ได้ประโยชน์อย่างมีประสิทธิภาพได้ พลังของก๊าซร้อนจากการเผาไหม้เป็นปฏิกิริยาโดยตรงกับมวลอากาศ ดังนั้น เราจึงต้องการ มวลอากาศมากๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของวัฏจักรการเผาไหม้ทั้งเครื่องยนต์ลูกสูบและเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศต้องมีการอัดตัวเพื่อให้ได้มวลอากาศมาก ๆ ในปริมาณที่กำหนด สำหรับเครื่องยนต์ลูกสูบใช้ลูกสูบและกระบอกสูบเป็นตัวอัดส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศ การเคลื่อนตัวของลูกสูบในกระบอกสูบทำให้เกิดการอัดตัวและลดปริมาตรในการอัด ทำให้ส่วนผสมเกิดการอัดตัว เครื่องยนต์บางแบบใช้ Supercharger เป็นตัวเพิ่มมวลของส่วนผสมอีกด้วย สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ การอัดตัวต้องทำโดยวิธีอื่น กว่าพบวิธีที่ได้ผลที่สุดนั้นต้องใช้ เวลายาวนานในการค้นคว้าและพัฒนา เซอร์ วิตเติลแห่งอังกฤษ ได้คิดชุดอัดอากาศแบบไหลตามรัศมีได้ (Centrifugal Flow Compressor) และใช้ได้ผลกับเครื่องยนต์แบบที่มีแรงขับต่ำๆ และส่วนมากมีขนาดเล็กใช้กันมาจนถึงปัจจุบันนี้ แต่ประสิทธิภาพของชุดอัดอากาศแบบนี้หากใช้ชุดเดียวจะมีค่าความอัดต่ำ ถ้าจะให้ได้ความดันสูงๆ ต้องสร้างให้มีขนาดใหญ่หรือหลาย Stage ซึ่งมีน้ำหนักมากและมีเส้นผ่านศูนย์กลางโต จึงไม่นิยมสร้างและหันมานิยมสร้างชุดอัดอากาศชนิดอากาศ ไหลตามแนวแกนซึ่งให้ความอัดสูง มีพื้นที่หน้าตัดเล็ก ซึ่งคุณลักษณะเช่นนี้สำคัญมากกับเครื่องยนต์อากาศยาน ชุดอัดอากาศของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ทำหน้าที่หลายอย่าง หน้าที่หลัก (Primary Function) ก็คือ อัดอากาศให้ได้ปริมาณและความดันเพียงพอตามความต้องการส่งเข้าไปยังห้อง เผาไหม้ หน้าที่รองก็คือ แบ่งอากาศออกไปใช้ในระบบต่างๆ ของเครื่องยนต์

และเครื่องบินจากช่องของชุด อัดอากาศในตำแหน่งต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับว่าต้องการอากาศอัดที่มีความดันและอุณหภูมิเท่าใด และอากาศนำไปใช้งานอื่นๆ ดังนี้

2.2.2.1 ระบบปรับความดัน, ความร้อน และความเย็นในห้องผู้โดยสาร (Cabin Pressurization, Heating And Cooling)

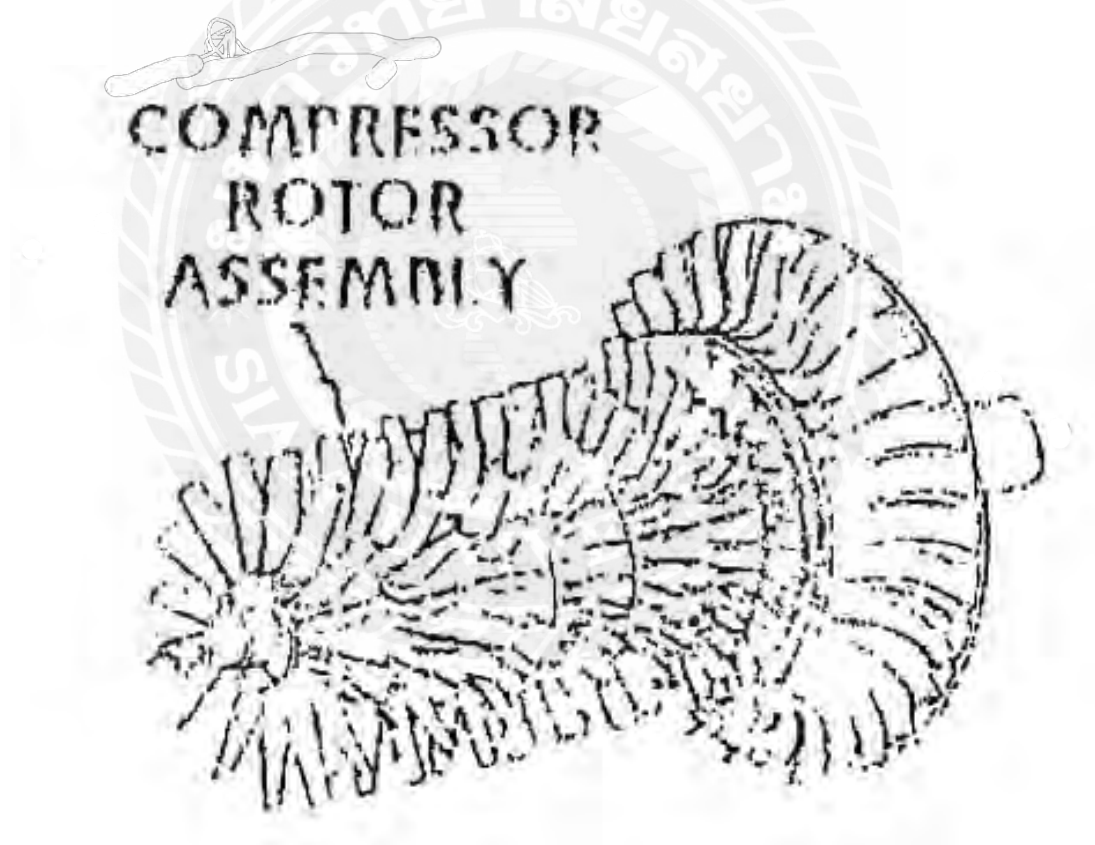
2.2.2.2 ระบบทำลายน้ำแข็งและระบบป้องกันการเกิดน้ำแข็ง (Deicing And Anticing Equipment)

2.2.2.3 ระบบหมุนติดเครื่องยนต์ด้วยลม (Pneumatic Starting Of Engines)

2.2.2.4 ระบบขับอุปกรณ์ (Auxiliary Drive Unit, A.D.U.)

2.2.2.5 ระบบควบคุม Survo ต่าง ๆ (Control Booster Survo)

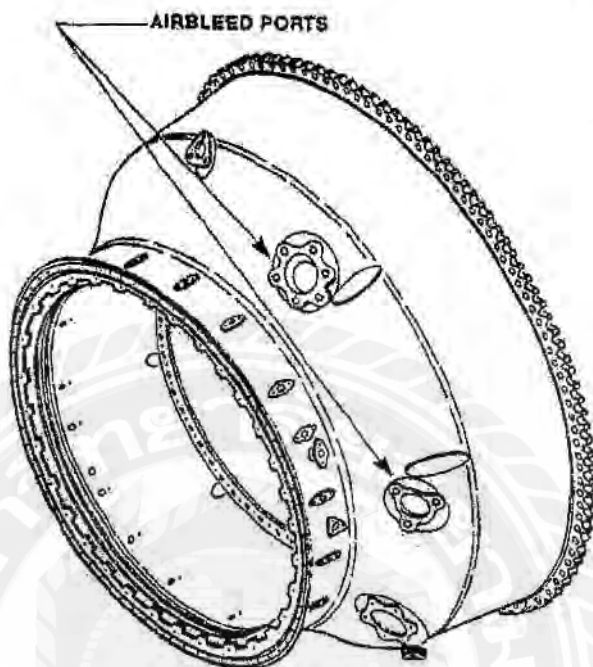
2.2.2.6 ระบบเครื่องวัด (Power For Running Instruments)



รูปที่ 2.8 ชิ้นส่วน Compressor Rotor

2.2.3 ส่วนกระจายอากาศ (Diffuse Section) ส่วนกระจายอากาศติดตั้งอยู่ระหว่างชุดอัดอากาศกับชุดห้องเผาไหม้ ทำหน้าที่เป็นส่วนกระจายอากาศที่ได้รับจากชุดอัดอากาศที่มีความเร็วสูงให้เป็นความดันสถิตสูงสุดก่อนที่จะส่งเข้าห้องเผาไหม้ ส่วนมากจะเป็นที่ติดตั้งหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง

(Fuel Nozzle) ห้องเผาไหม้และ Air Bleed Ports เพื่อแบ่งอากาศออกไปใช้ในระบบต่างๆ ของเครื่องบินและเครื่องยนต์ บางแบบเรียก Main Frame



รูปที่ 2.9 ชิ้นส่วน Diffuser Section

2.2.4 ชุดห้องเผาไหม้ (Combustion Section)

2.2.4.1 ห้องเผาไหม้ทำหน้าที่

- A. เป็นส่วนที่ทำหน้าที่ผสมเชื้อเพลิงกับอากาศให้ได้อัตราส่วนที่พอเหมาะในการเผาไหม้สำหรับเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์
- B. เผาไหม้ส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ
- C. ระบายความร้อนให้กับส่วนผสมของเชื้อเพลิงกับอากาศที่ถูกเผาไหม้แล้วให้อุณหภูมิที่พอที่จะทำให้ชุดเทอร์ไบน์อยู่ในสภาพที่ทนได้ขณะทำงาน
- D. ส่งกระแสก๊าซร้อนไปปะทะกับชุดเทอร์ไบน์

2.2.4.2 ตำแหน่งการติดตั้ง (Location) ชุดห้องเผาไหม้ติดตั้งอยู่ระหว่างชุดอัดอากาศกับชุดเทอร์ไบน์

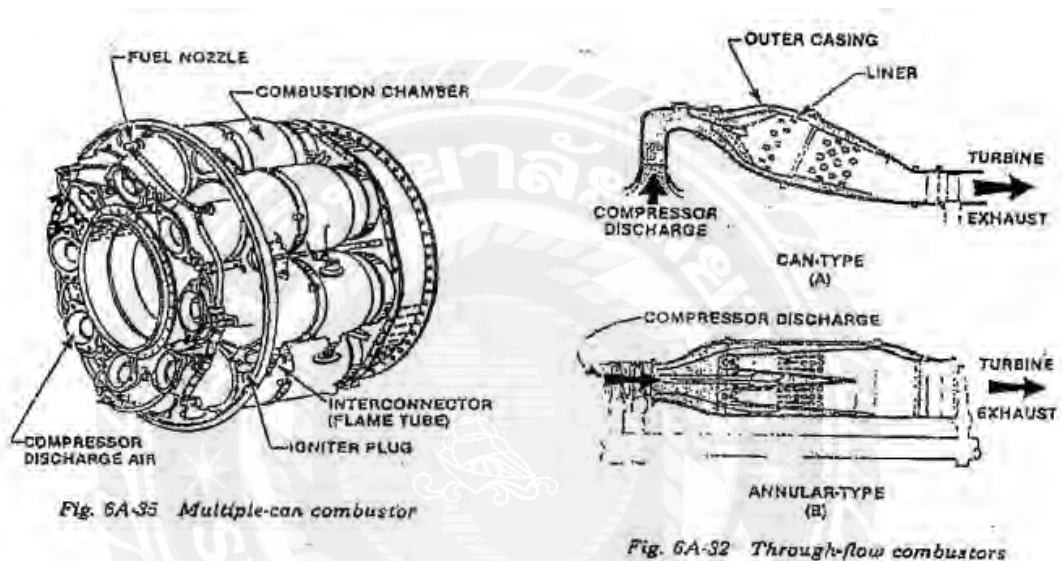
2.2.4.3 ส่วนประกอบ ชุดห้องเผาไหม้ประกอบด้วยชิ้นส่วนชั้นมูลฐาน ดังนี้

- A. ตัวเรือนห้องเผาไหม้ (Combustion Casing)
- B. ห้องเผาไหม้ชั้นใน (Inner Liner)
- C. ระบบการจุด (Ignition System)

D. ระบบฉีดเชื้อเพลิง (Fuel Injection System)

E. ระบบถ่ายทิ้งเชื้อเพลิง (Fuel Drainage System) เพื่อถ่ายถังเชื้อเพลิงที่ยังไร
ถูกเผาไหม้ออกสู่ภายนอก หลังจากการดับเครื่องยนต์

อากาศอัดที่เหลือจากชุดอัดอากาศทั้งหมดจะถูกจำกัดโดยห้องเผาไหม้ชั้นใน ให้เข้าไปผสม
กับ เชื้อเพลิงได้เพียง 25% เพื่อให้ได้อัตราส่วนผสมที่พอเหมาะในการเผาไหม้ อากาศอัดที่เหลืออีก
75% จะไปทำหน้าที่ระบายความร้อนให้กับส่วนต่างๆ ของห้องเผาไหม้



รูปที่ 2.10 ชิ้นส่วนและการทำงานของ Combustion Section

2.2.5 ชุดเทอร์ไบน์ (Turbine Section)

2.2.5.1 ชุดเทอร์ไบน์ ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานความร้อน (Heat Energy) และพลังงาน
ความเร็ว (Kinetic Energy) ของก๊าซร้อนให้เป็นพลังงานกล (Mechanical Energy) แล้วถ่าย ทอดไป
ตามเพลาขับชุดอัดอากาศและชุดเฟืองขับอุปกรณ์

2.2.5.2 การติดตั้ง ชุดเทอร์ไบน์ติดตั้งอยู่ติดกับส่วนท้ายสุดของห้องเผาไหม้

2.2.5.3 ส่วนประกอบ ชุดเทอร์ไบน์ประกอบด้วย ชุดที่อยู่กับที่ (Stator) และชุดหมุน
(Rotor) และตัวเรือนเทอร์ไบน์ (Turbine Casing)



FIGURE 1-51. Rotor element of the turbine assembly.

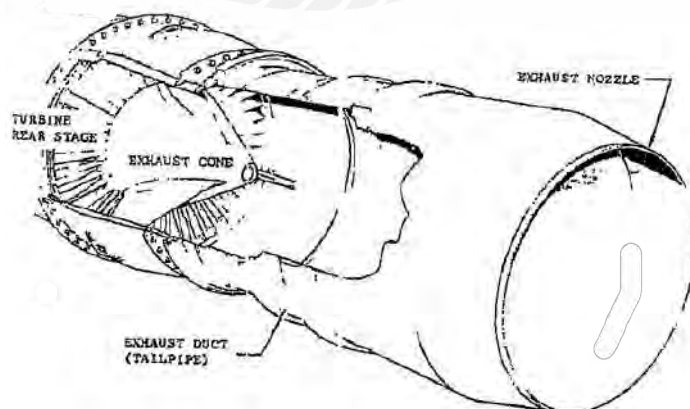
รูปที่ 2.11 ชิ้นส่วนของ Turbine Rotor

2.2.6 ชุดท่อท้าย (Exhaust Section)

2.2.6.1 หน้าที่ ชุดท่อท้ายของเครื่องยนต์ก๊าซเทอร์โบทำหน้าที่เป็นตัวกระแส้ก๊าซร้อนที่ได้รับจากชุดเทอร์โบน์ส่งออกสู่บรรยากาศภายนอก ให้ได้ความเร็วและความดันอันจะก่อให้เกิดแรงขับ (Thrust) ตามต้องการ

2.2.6.2 การติดตั้ง ชุดท่อท้ายติดตั้งอยู่ส่วนสุดท้ายของเครื่องยนต์ต่อจากชุดเทอร์โบน์โดยมีหน้าแปลนยึดติดกับส่วนท้ายสุดของชุดเทอร์โบน์

2.2.6.3 ส่วนประกอบ ชุดท่อท้ายประกอบด้วย Exhaust Cone, Exhaust Duct (Tail Pipe), Exhaust Nozzle



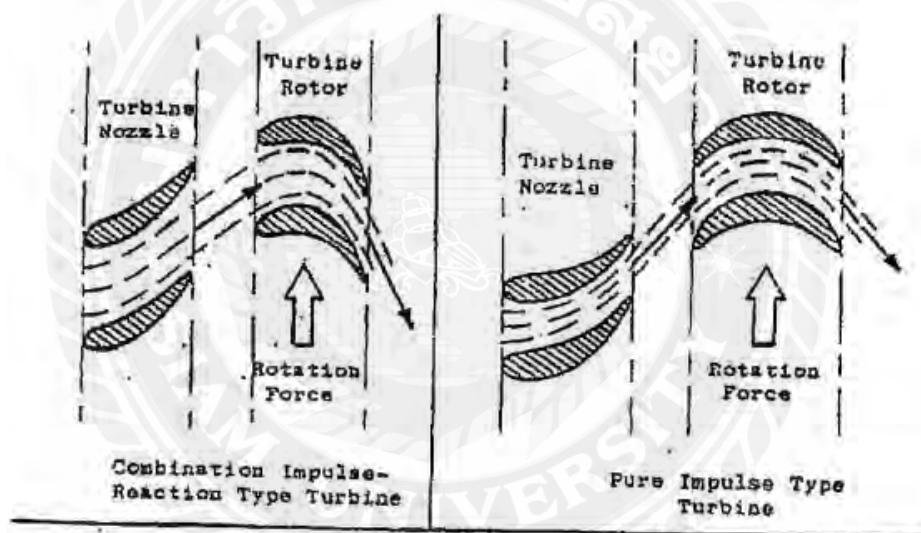
รูปที่ 2.12 ชิ้นส่วนของ Exhaust Section

2.3 โครงสร้างของชุดเทอร์ไบน์ (Turbine Section)

แบ่งออกได้เป็น 2 แบบคือ

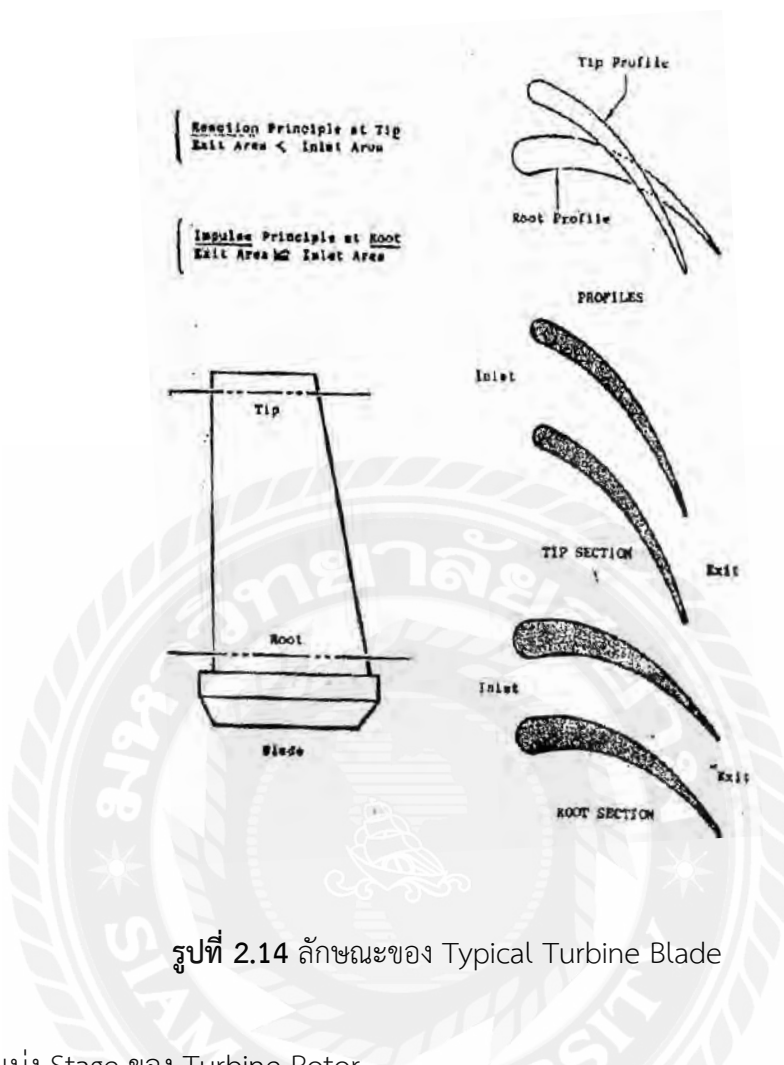
2.3.1 แบบ Reaction Turbine จัดให้ Turbine Nozzle ทำหน้าที่เป็นตัวนำก๊าซร้อนให้พุ่งไปปะทะกลีบเทอร์ไบน์เป็นมุมที่ถูกตองด้วยการออกแบบให้ ช่องว่างระหว่าง Turbine Nozzle Vanes มีทางเข้าและทางออกเท่ากันก๊าซที่ไหลผ่าน Nozzle Vanes จึงมีความเร็วและความดันคงที่และจัดให้ช่องว่างระหว่างกลีบเทอร์ไบน์ตอนทางเข้าโตกว่าทางออกคือเป็น Convergent Duct ทำให้ก๊าซที่ไหลผ่านมีความเร็วเพิ่มความดันลด

2.3.2 แบบ Impulse Turbine จัดให้ Turbine Nozzle เป็น Convergent คือ ทางเข้าโตกว่าทางออก ก๊าซที่ไหลผ่าน Nozzle จึงมีความเร็วเพิ่มความดันลด พุ่งไปปะทะกลีบเทอร์ไบน์ ซึ่งจัดให้ทางเข้าและทางออกระหว่างกลีบเทอร์ไบน์คงที่คือเท่ากันทำให้ก๊าซที่ไหลผ่านเทอร์ไบน์มีความเร็ว



รูปที่ 2.13 ทิศทางการไหลของอากาศแบบ Reaction Turbine และแบบ Impulse Turbine

เครื่องยนต์ก๊าซเทอร์ไบน์ในปัจจุบัน นิยมใช้แบบ Combination คือ แบบผสม Reaction-Impulse Turbine โดยจัดให้ช่องว่างระหว่างกลีบ Turbine Rotor เป็น Reaction ที่ปลายกลีบ และ Impulse ที่โคนกลีบ



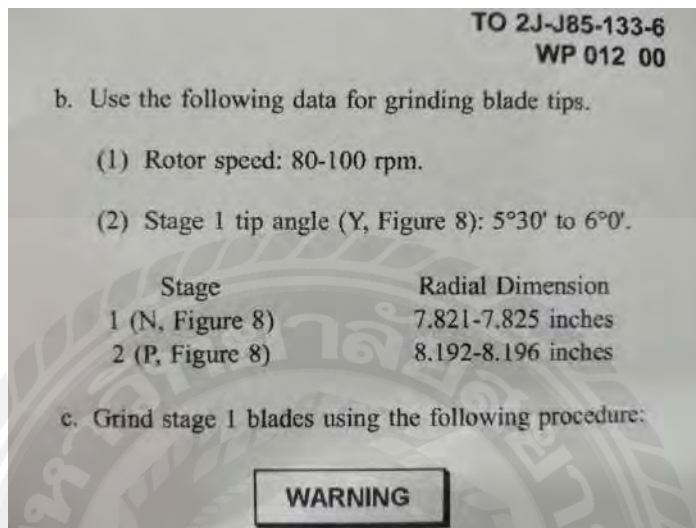
รูปที่ 2.14 ลักษณะของ Typical Turbine Blade

การแบ่ง Stage ของ Turbine Rotor



รูปที่ 2.15 ชุด Turbine Rotor

1. Turbine Rotor Stage 1 มีขนาดรัศมี 7.812 - 7.825 นิ้ว มีองศาปลาย Blade 5 องศา 30 ลิปดา
2. Turbine Rotor Stage 2 มีขนาดรัศมี 8.192 - 8.196 นิ้ว มีองศาปลาย Blade 0 องศา



รูปที่ 2.16 ข้อมูล Blade ใน T.O.

2.4 เครื่องเจียรไนทรงกระบอก (Cylindrical Grinder)

เครื่องเจียรไนเป็นเครื่องจักรที่ใช้ในการเจียรไนผิวงานทรงกระบอกขนานและงานทรงกระบอกเรียวที่มีความแม่นยำระดับสูงสุดในการผลิตชิ้นงานสำหรับอุตสาหกรรมการบินและอวกาศ การปรับเนื้อหาและความละเอียดในการใช้เครื่องเจียรไนทรงกระบอกมีความสำคัญอย่างมากเนื่องจากความแม่นยำและคุณภาพของผลิตภัณฑ์จะถูกพิจารณาอย่างรอบคอบในอุตสาหกรรม สำหรับ Turbine Rotor ของเครื่องยนต์ J-85 เป็นเครื่องเจียรไนทรงกระบอกยี่ห้อ Lanid รุ่น 3R 3RH



รูปที่ 2.17 เครื่องเจียรไนทรงกระบอก

มีส่วนประกอบดังนี้

2.4.1 Grinding Handle ใช้ในการป้อนค่าสำหรับการเจียรไนชุด Turbine Rotor



รูปที่ 2.18 Grinding Handle

2.4.2 Head Stock เป็นส่วนที่ใช้ในการจับตัวชุด Turbine Rotor โดยใช้มอเตอร์ในการหมุน



รูปที่ 2.19 Head Stock

2.4.3 Tail Stock ใช้ในการยึดชุดเทอร์ไบน์คล้ายกับ Head Stock แต่จะไม่หมุน



รูปที่ 2.20 Tail Stock

2.4.4 Coolant Value ใช้สำหรับการหล่อเย็นตัวชุด Turbine เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนในขณะเจียระไน



รูปที่ 2.21 Coolant Value

2.4.5 Grinding Wheel ใช้สำหรับเจียระไนปลาย Blade ในชุด Turbine Rotor



รูปที่ 2.22 Grinding Wheel

2.4.6 Bed หรือ Table Taper เป็นส่วนฐานเครื่องที่รองรับ Head Stock และ Tail Stock ไว้ และสามารถหมุนโต๊ะปรับองศาสำหรับการเจียระไนปลาย Blade ที่เป็นองศาได้



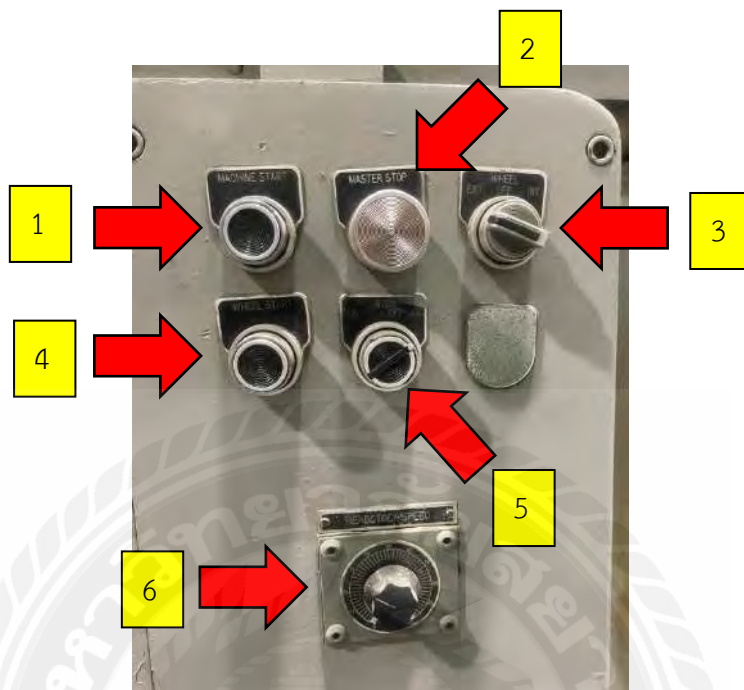
รูปที่ 2.23 Bed หรือ Taper Table

2.4.7 Table Handle ใช้สำหรับปรับโต๊ะงานให้เลื่อนไปทางซ้ายหรือขวา



รูปที่ 2.24 Table Handle

2.4.8 Control Panel แผงควบคุมเครื่องมีดังนี้



รูปที่ 2.25 Control Panel

2.4.8.1 Machine Start Switch ใช้สำหรับเปิดระบบไฟฟ้าและระบบปั้มน้ำหล่อเย็นของ
เครื่อง

2.4.8.2 Master Stop Switch ใช้สำหรับหยุดระบบการทำงานทั้งหมดหรือเรียกว่า
Emergency Stop

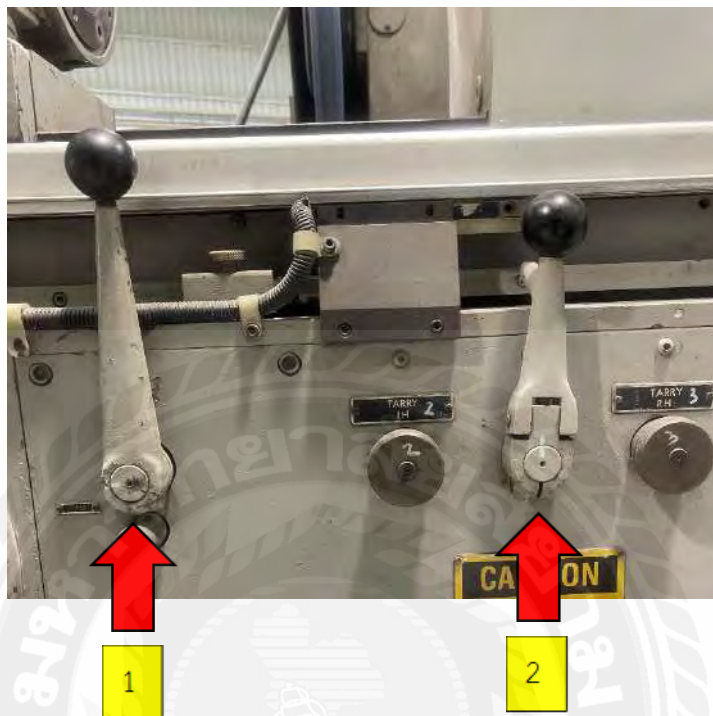
2.4.8.3 Wheel Spin Control Switch เป็นสวิตช์ปรับการหมุนของล้อให้หมุนไป
ด้านหน้าหรือด้านหลัง

2.4.8.4 Wheel Start Switch ใช้สำหรับในการเปิดหินเจียร์ให้หมุน

2.4.8.5 Work Switch ใช้สำหรับล๊อคโต๊ะงานหรือปลดโต๊ะงาน

2.4.8.6 Head Stock Speed ใช้สำหรับปรับรอบความเร็ว

2.4.9 Control Handle คันโยกบังคับของเครื่องมีดังนี้



รูปที่ 2.26 Control Handle

2.4.9.1 โยกไปทางซ้าย จะเป็นการหมุนมอเตอร์ของ Head Stock โยกมาทางขวาจะเป็นการเลื่อนโต๊ะงานโดยอัตโนมัติ

2.4.9.2 โยกไปทางซ้าย เมื่อโยกคันโยกอันที่ 1 โต๊ะจะเลื่อนไปทางขวา ถ้าโยกไปขวา โต๊ะจะเลื่อนไปทางซ้าย

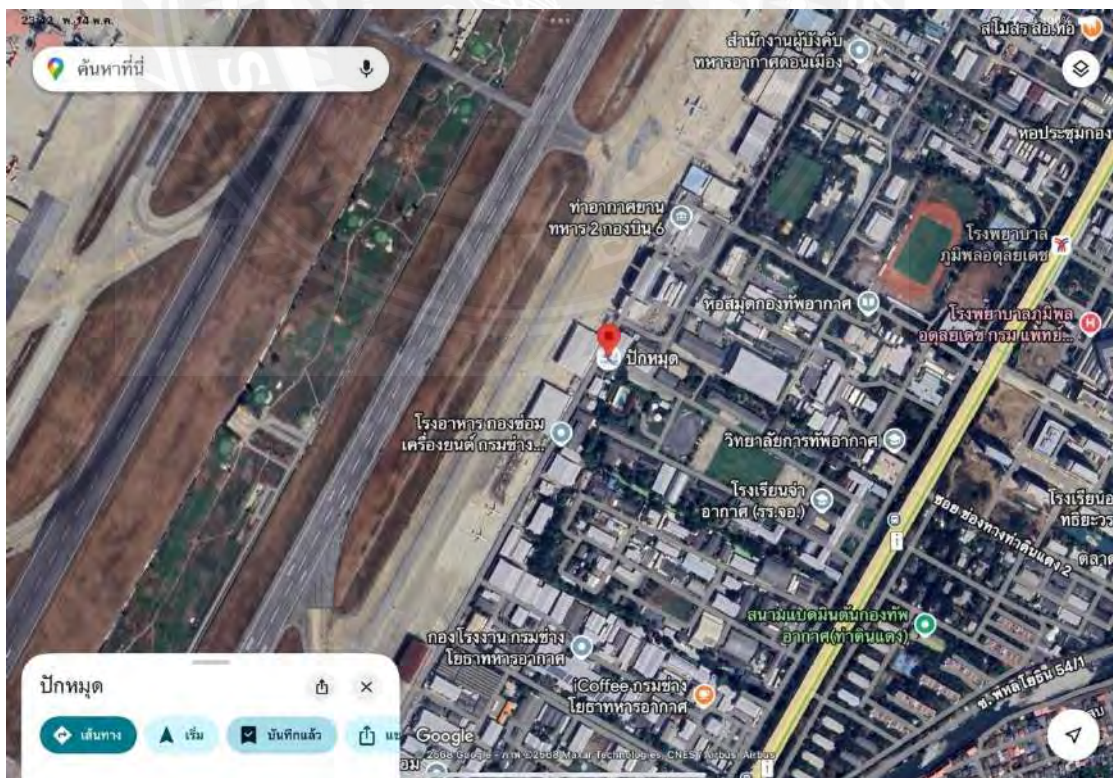
บทที่ 3

รายละเอียดการปฏิบัติงาน

รายละเอียดของงานที่ปฏิบัติ จะกล่าวถึงชื่อ - ที่ตั้งของสถานประกอบการ ลักษณะโดยรวมของสถานประกอบการ รูปแบบการบริหารองค์กร ตำแหน่งงานที่นักศึกษาได้รับมอบหมายระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน ขั้นตอนวิธีการดำเนินงาน อุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในการปฏิบัติงานโครงงานสหกิจ

3.1 ชื่อและที่ตั้งของสถานประกอบการ

ชื่อ : แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ
สถานที่ตั้ง : 171 ถนนพหลโยธิน แขวงสนามบิน เขตดอนเมือง กรุงเทพมหานคร 10210
โทรศัพท์ : 025344554
Website : <https://dae.rtaf.mi.th/>
E-mail :



รูปที่ 3.1 แผนที่แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

3.2 ลักษณะของสถานที่ปฏิบัติงาน



รูปที่ 3.2 สถานที่แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

แผนกโรงงานตั้งอยู่ในเขตฐานทัพอากาศดอนเมือง เป็นหน่วยงานย่อยของกรมช่างอากาศ มีหน้าที่และภารกิจ ดำเนินการเกี่ยวกับการตรวจซ่อม สร้าง ดัดแปลง ควบคุมการผูกเรือน โครงสร้างชิ้นส่วนอากาศยาน เครื่องยนต์บริภัณฑ์ภาคพื้นและภาคอากาศ การซ่อมบำรุงเครื่องจักรกลของหน่วย รวมทั้งการจัดทำบัญชีความต้องการพัสดุ โดยมีหัวหน้าแผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ เป็นผู้บังคับบัญชารับผิดชอบ



รูปที่ 3.3 บุคลากรแผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

3.3 รูปแบบการจัดองค์การและการบริหารงานขององค์กร



รูปที่ 3.4 แผนผังการจัดหน่วยแผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

3.4 ตำแหน่งและลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย

ตำแหน่งที่นักศึกษาที่รับผิดชอบ : ช่างโรงงาน หมวดเครื่องมือกลที่ 2
 ลักษณะงานที่ได้รับมอบหมาย : ทำการซ่อมบำรุงและตรวจสอบชิ้นส่วน Turbine Rotor ของเครื่องยนต์ J85-GE-21 B/C

3.5 ชื่อและตำแหน่งงานของพนักงานที่ปรึกษา

ชื่อพนักงานที่ปรึกษา : เรืออากาศโทเกียรติเทพ สะเดา
 ตำแหน่ง : หัวหน้าหมวดซ่อมที่ 3 ฝ่ายตรวจซ่อมชิ้นส่วน
 แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

3.6 ระยะเวลาที่ปฏิบัติงาน

เริ่มปฏิบัติงาน : วันที่ 19 พฤษภาคม พ.ศ. 2568
 สิ้นสุดปฏิบัติงาน : วันที่ 29 สิงหาคม พ.ศ. 2568

3.7 ขั้นตอนและวิธีการดำเนินงาน

3.7.1 ปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาและพนักงานพี่เลี้ยง

ปรึกษาถึงหัวข้อโครงการในเรื่องต่างๆที่ได้ฝึกปฏิบัติและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้

3.7.2 ศึกษาข้อมูลเบื้องต้น

ศึกษาข้อมูลการซ่อมบำรุงเบื้องต้นและรายละเอียดต่าง ๆ ของชุด Turbine Rotor

3.7.3 ตั้งหัวข้อโครงงาน

หาหัวข้อโครงงานโดยปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาถึงความเป็นไปได้ในโครงงาน รวมถึงขอคำชี้แนะในการเจอปัญหาในการทำโครงงาน

3.7.4 รับงานจากแผนกสนับสนุน

แผนกสนับสนุนจะนำชุด Turbine Rotor มายังแผนกโรงงานพร้อมกับใบสั่งงานที่จะบอกค่าการเสียดทานของ Turbine Rotor, Stage.1 และ Stage.2

3.7.5 รวบรวมข้อมูลและสรุปผล

รวบรวมข้อมูลทั้งหมดที่เกี่ยวข้องเพื่อสรุปผลและจัดทำรายงาน

3.8 ระยะเวลาในการดำเนินโครงการ

ตารางที่ 3.1 เวลาการปฏิบัติสหกิจศึกษา

ลำดับ	หัวข้อโครงงาน	2568			
		พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.
1	ปฏิบัติงานสหกิจภาคปฏิบัติ	←	→	→	→
2	ค้นหาข้อมูล	←	→	→	→
3	เรียบเรียงและตรวจสอบ			←	→
4	จัดทำเอกสารประกอบ		←	→	→

3.9 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้

3.9.1 เครื่องมือวัดที่ใช้ในการตรวจสอบ

1. Dial Gauge เครื่องมือวัดแบบเฉพาะทาง ที่ผลิตมาสำหรับการวัดค่าตรวจสอบชิ้นส่วน Turbine Rotor เท่านั้น



รูปที่ 3.5 Dial Gauge

2. Fixture Rotor ใช้ในการวาง Turbine Rotor สำหรับการวัดตรวจสอบค่าหลังจากการเจียระไนตามใบสั่งงานที่ได้รับมา



รูปที่ 3.6 Fixture Rotor

3.9.2 อุปกรณ์ที่ใช้

1. Armor Lock ใช้ล็อกกับชุดหัวของ Turbine Rotor เพื่อให้สามารถหมุนได้



รูปที่ 3.7 Armor Lock

2. Rubber Hose หรือ ท่อยางใช้คั่นระหว่าง Blade ไม่ให้เกิดการแกว่งหรือสั่นสะเทือนระหว่างการเจียระไน



รูปที่ 3.8 Rubber Hose

3. แว่นตานิรภัย ป้องกันสายตา



รูปที่ 3.9 แว่นตานิรภัย

4. ถุงมือผ้า ป้องกันมือจาก Blade ที่มีความคม



รูปที่ 3.10 ถุงมือผ้า

5. สายพานยกของแบบแบน ใช้สำหรับยกชุด Turbine Rotor



รูปที่ 3.11 สายพานยกของ

3.10 ขั้นตอนการซ่อมบำรุง Turbine Rotor

1. เมื่อรับงานมาจากแผนกสนับสนุนแล้ว ทำการวัดตรวจสอบปริมาตรสูงสุดของ Blade ทั้งสอง Stage โดยดูจากใบสั่งงานที่แนบมาด้วย



รูปที่ 3.12 การตรวจวัดค่า

GRINDING TURBINE ROTOR STANDARD

2J-185-GE-21-TURBINE

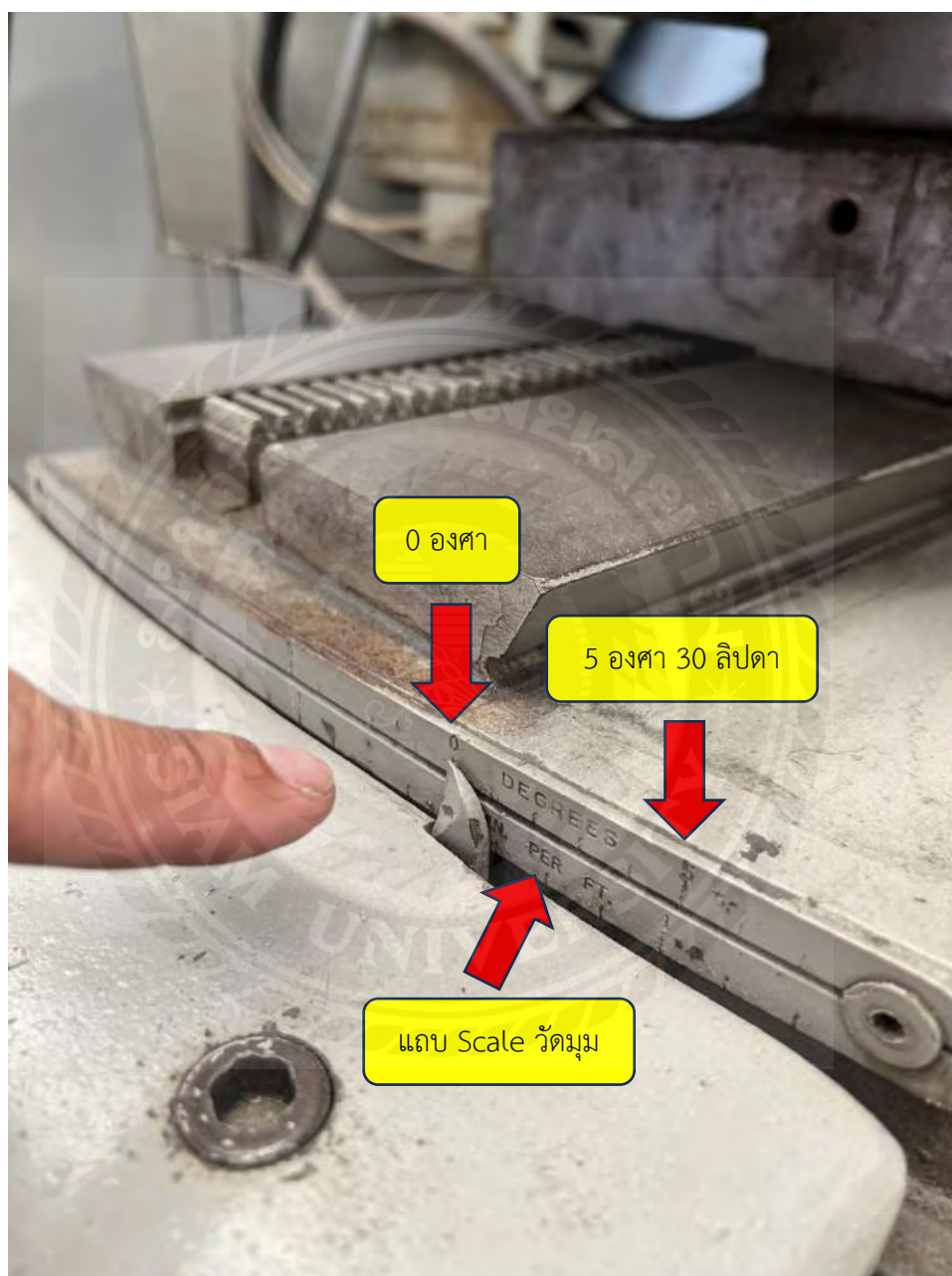
DATE <u>9/12/67</u>		* Grind Stg. 1 = 0.031	
ENGINE SERIAL NO. <u>228089 (900)</u>		Stg. 2 = 0.025	
TURBINE ROTOR SERIAL NO. <u>GDA T0825</u>			
		STAGE	
		1	2
MASTER DIMENSION (21C6074G02)	(a)	7.790	8.170
MAXIMUM LENGTH OF BLADE-TIP IS MEASURED	(b)	0.066	0.041
MAXIMUM TURBINE BLADE-TIP RADIUS	(a+b)	7.856	8.211
RADIAL DIMENSION		7.825	8.196
GRINDING TURBINE ROTOR, TAKE OFF		0.031	0.015

READING	TURBINE ROTOR	
	STAGE 1	STAGE 2
INDICATOR READINGS	1 0.066	0.038
	2 0.065	0.040
	3 0.065	0.041
	4 0.065	0.039
	5 0.063	0.037
	6 0.062	0.035
	7 0.062	0.036
	8 0.065	0.034
	9 0.062	0.035
	10 0.066	0.038

Measuring Concentricity and Diameters of Turbine Rotor, Using Fixture 21C6074

รูปที่ 3.13 ใบสั่งงาน

2. ทำการเตรียมเครื่องเจียระไนทรงกระบอก โดยการตั้งโต๊ะงานให้อยู่ที่ 0 องศา และทำการเจียระไนหน้าหินเจียร์



รูปที่ 3.14 ปรับโต๊ะอยู่ที่ 0 องศา



รูปที่ 3.15 การเจียระไนหน้าหิน

3. ปรับองศาให้ตรงกับ Stage ที่เราต้องการเจียระไน โดยที่ Stage 1 ใช้มุม 5 องศา 30 ลิปดา Stage 2 ใช้มุม 0 องศา
4. ใส่ตัวอย่างคั่นระหว่าง Blade ทั้งสอง Stage เพื่อกันสะท้อนระหว่างการเจียระไน



รูปที่ 3.16 การใส่ตัวอย่าง

5. ทำการยก Turbine Rotor ออกจาก Fixture โดยใช้สายพานยกของคล้องไปที่ช่องระหว่าง Blade ทั้งสอง Stage และทำการใส่ Armor Lock ที่หัวของชุด Turbine Rotor โดยจะอยู่ที่ฝั่งของ Stage 1



รูปที่ 3.17 การใส่ Armor Lock

6. ยกชุด Turbine Rotor ขึ้นเครื่องเจียระไน
7. ดัน Tail Stock ให้ยันศูนย์กับชุด Turbine Rotor และหมุนล็อกยันศูนย์ให้เรียบร้อย

8. หมุนโต๊ะงานให้หน้าตัดของปลาย Blade อยู่ตรงกับหน้าของหินเจียรระโน และทำการ Set Zero โดยให้หน้าตัดของปลาย Blade ใบที่ยาวที่สุด (จากการวัดค่าในขั้นตอนที่ 1) สัมผัสกับหน้าหินเจียรระโน



รูปที่ 3.18 การปรับตั้งโต๊ะงานและการ Set Zero

9. เมื่อทำการ Set Zero แล้วทำการเปิดเครื่องและเปิดหินเจียร์และโยกคันโยกที่ 1 เพื่อให้มอเตอร์หมุนตัว Turbine Rotor และเริ่มป้อนค่าการเจียระไนครั้งละไม่เกิน 0.0005 นิ้ว โดยดูจากใบสั่งงาน



รูปที่ 3.19 ป้อนค่าการเจียระไน

10. เมื่อทำการเจียระไนเรียบร้อยแล้วให้ยก Turbine Rotor ลงมาวางที่ Fixture และนำ Dial Gauge มาวัดค่ารัศมีของปลาย Blade



รูปที่ 3.20 การวัดค่าหลังจากการเจียระไนเรียบร้อยแล้ว

11. เมื่อได้ค่าที่ต้องการตามที่ใบสั่งงานกำหนดมาแล้ว นำตัวอย่างออก เป่าลมทำความสะอาด และนำส่งกลับไปยังแผนกสนับสนุนการซ่อมเครื่องยนต์เพื่อประกอบกับเครื่องยนต์ต่อไป



รูป 3.21 นำตัวอย่างออก



รูปที่ 3.22 นำส่งกลับไปยังแผนกสนับสนุนการซ่อมเครื่องยนต์

บทที่ 4
ผลการปฏิบัติงาน

4.1 ผลการปฏิบัติการ

GRINDING TURBINE ROTOR STANDARD		21-J85-GE-21-TURBINE	
DATE <u>9/12/67</u>		* Grind Stg. 1 = 0.031 Stg. 2 = 0.025	
ENGINE SERIAL NO. <u>228 089 (900)</u>			
TURBINE ROTOR SERIAL NO. <u>44A T0825</u>			
		STAGE	
		1	2
MASTER DIMENSION (21C6074G02)	(a)	7.790	8.170
MAXIMUM LENGTH OF BLADE-TIP IS MEASURED	(b)	0.066	0.041
MAXIMUM TURBINE BLADE-TIP RADIUS	(a+b)	7.856	8.211
RADIAL DIMENSION		7.825	8.196
GRINDING TURBINE ROTOR, TAKE OFF		0.031	0.015

READING		TURBINE ROTOR	
		STAGE 1	STAGE 2
INDICATOR READINGS	1	0.066	0.038
	2	0.065	0.040
	3	0.065	0.041
	4	0.065	0.039
	5	0.063	0.037
	6	0.062	0.035
	7	0.062	0.036
	8	0.065	0.034
	9	0.062	0.035
	10	0.066	0.038

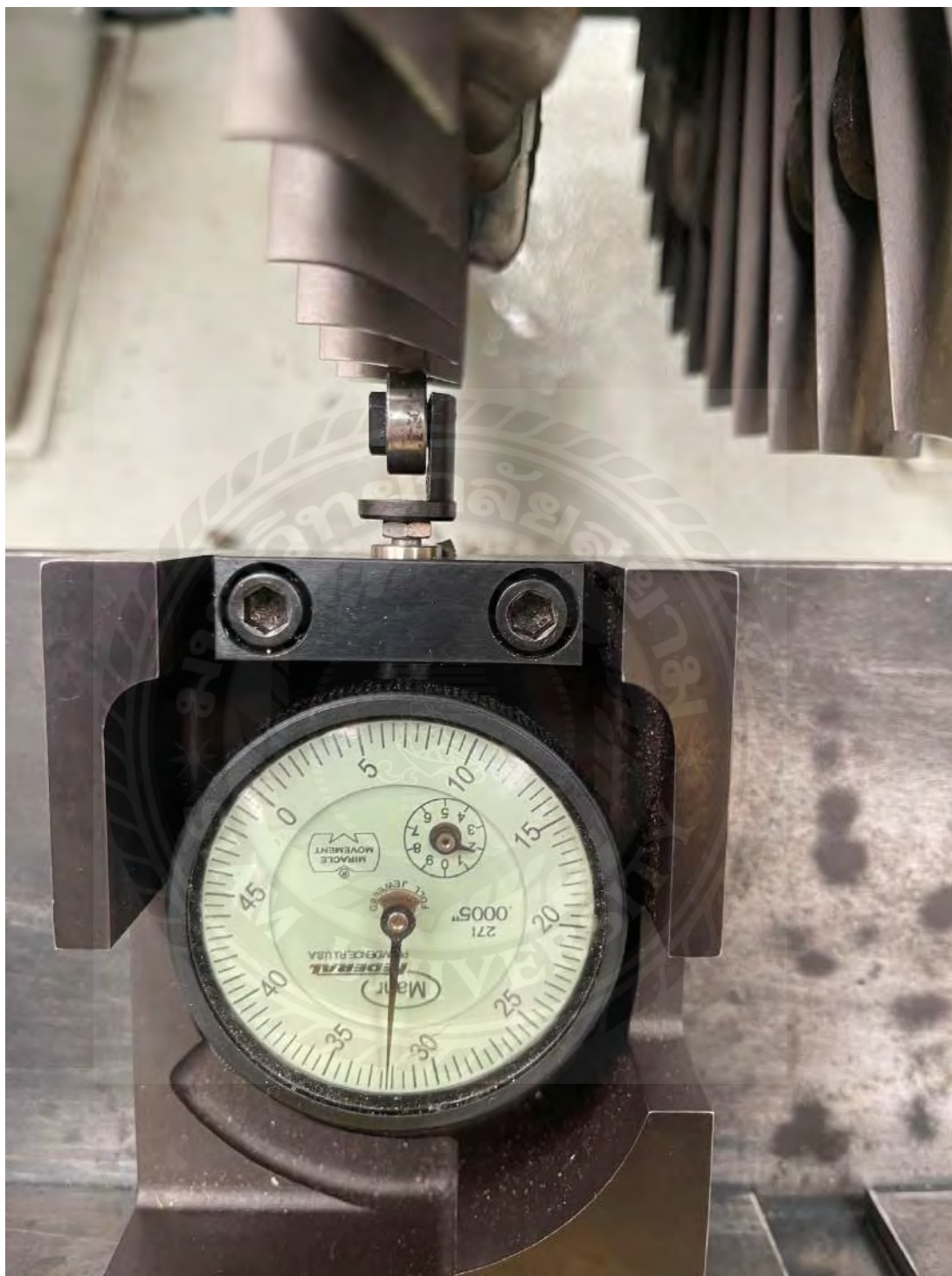
Measuring Concentricity and Diameters of Turbine Rotor , Using Fixture 21C6074

รูปที่ 4.1 ใบสั่งงาน

4.1.1 ค่าความสูงของ Turbine Blade Stage 1 สูงที่สุดอยู่ที่ 7.856 นิ้ว ทำการเจียรระไนออก 0.031 นิ้ว เหลืออยู่ที่ 7.825 นิ้ว



รูปที่ 4.2 ค่าก่อนการเจียรระไน Stage 1



รูปที่ 4.3 ค่าหลังการเจียระไน Stage 1

4.1.2 ค่าความสูงของ Turbine Blade Stage 2 สูงที่สุดอยู่ที่ 8.211 นิ้ว ทำการเจียรระไน ออก 0.015 นิ้ว เหลืออยู่ที่ 8.196 นิ้ว



รูปที่ 4.4 ค่าก่อนการเจียรระไน Stage 2



รูปที่ 4.5 ค่าหลังการเจียระไน Stage 2

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลโครงการ

การซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เป็นการซ่อมบำรุงส่วนหนึ่งในการซ่อมบำรุงเครื่องยนต์อากาศยาน เพื่อให้เครื่องยนต์ได้มาตรฐานและเกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการปฏิบัติการกิจต่างๆ ให้ดำเนินลุล่วงไปได้ด้วยดี เป็นการลดค่าใช้จ่าย และเพิ่มความปลอดภัยในการปฏิบัติการกิจ ผลลัพธ์ที่ได้สามารถนำไปเป็นแนวทางการในการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันและการซ่อมบำรุงตามสภาพได้ในอนาคต

5.2 ปัญหาที่พบในการปฏิบัติงาน

5.2.1 การป้อนค่าการเจียรไนที่เกินหรือขาดจากที่ใบสั่งงานกำหนดอาจทำให้เกิดข้อผิดพลาด

5.2.2 การป้อนค่าการเจียรไนแต่ละครั้งไม่ควรเกิน 0.0005 นิ้ว เพราะจะทำให้ปลายของ Blade เกิดการชำรุดเสียหาย

5.2.3 การวัดค่าตามเอกสารเทคนิค ต้องนำชิ้นงานออกจากเครื่องเจียรไนทุกครั้ง ทำให้เสียเวลาในการปฏิบัติงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ผู้ปฏิบัติงานต้องเปิดคู่มือเอกสารเทคนิค (T.O.) ที่เป็นปัจจุบันประกอบกับการปฏิบัติงานของชิ้นส่วนอากาศยานนั้นๆ เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาด

5.3.2 ผู้ปฏิบัติงานต้องวางแผนกับพนักงานที่ปรึกษาก่อนปฏิบัติงานทุกครั้ง เพื่อไม่ให้เกิดข้อผิดพลาดและป้องกันอันตรายแก่ผู้ปฏิบัติงานขณะปฏิบัติงาน

5.4 ผลการประเมินการใช้งานคู่มือ

แบบประเมินความเข้าใจและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการสหกิจศึกษา

เรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C

ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

หัวข้อการประเมิน	รายการการประเมิน	คะแนนการประเมิน				
		5	4	3	2	1
ความชัดเจนและเนื้อหา	ภาษาและคำศัพท์ที่ใช้ในคู่มือมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ และคุณสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายเพียงใด		✓			
	คู่มือมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการซ่อมบำรุงในงานของคุณหรือไม่ เช่น มีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้, อะไหล่ที่จำเป็น, และขั้นตอนทั้งหมดอย่างละเอียด	✓				
	ความถูกต้องของข้อมูลในคู่มือ เช่น ตัวเลข คำการตั้งคำ หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่ระบุไว้ตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่	✓				
	คู่มือฉบับนี้ใช้ได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่จริงหรือไม่	✓				
รูปแบบและองค์ประกอบ	ความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ เช่น มีสารบัญที่ชัดเจน การแบ่งหัวข้อที่หาได้ง่าย หรือมีหน้าดัชนีช่วยค้นหา	✓				
	ความคมชัดและประโยชน์ของภาพประกอบที่ใช้ในคู่มือ ว่าช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการทำงานได้ดีขึ้นหรือไม่		✓			
	การจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหาเป็นระเบียบ อ่านง่าย และทำตามขั้นตอนได้ไม่สับสนหรือไม่	✓				
ประโยชน์ที่ได้รับ	หลังจากที่การอ่านและใช้คู่มือนี้แล้ว การทำงานซ่อมบำรุงของคุณมีประสิทธิภาพหรือทำได้ง่ายขึ้นหรือไม่		✓			
	คุณมีความมั่นใจในการทำตามขั้นตอนที่คู่มือระบุมากน้อยแค่ไหน		✓			
	คุณเชื่อว่าข้อมูลในคู่มือถูกต้องและปลอดภัยหรือไม่	✓				
	การให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดของคุณต่อคู่มือฉบับนี้ ตั้งแต่เนื้อหา, รูปแบบ, ไปจนถึงประโยชน์ที่ได้รับ	✓				

ข้อเสนอแนะ

ผู้ประเมิน
วันที่ 23 เดือน 7.ย. พ.ศ. 66

แบบประเมินความเข้าใจและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการสหกิจศึกษา
เรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

หัวข้อการประเมิน	รายการการประเมิน	คะแนนการประเมิน				
		5	4	3	2	1
ความชัดเจนและเนื้อหา	ภาษาและคำศัพท์ที่ใช้ในคู่มือมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ และคุณสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายเพียงใด	/				
	คู่มือมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการซ่อมบำรุงในงานของคุณหรือไม่ เช่น มีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้, อะไหล่ที่จำเป็น, และขั้นตอนทั้งหมดอย่างละเอียด	/				
	ความถูกต้องของข้อมูลในคู่มือ เช่น ตัวเลข ค่าการตั้งค่า หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่ระบุตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่		/			
	คู่มือฉบับนี้ใช้ได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่จริงหรือไม่	/				
รูปแบบและองค์ประกอบ	ความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ เช่น มีสารบัญที่ชัดเจน การแบ่งหัวข้อที่หาได้ง่าย หรือมีหน้าดัชนีช่วยค้นหา	/				
	ความคมชัดและประโยชน์ของภาพประกอบที่ใช้ในคู่มือ ว่าช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการทำงานได้ดีขึ้นหรือไม่		/			
	การจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหาเป็นระเบียบ อ่านง่าย และทำตามขั้นตอนได้ไม่สับสนหรือไม่	/				
ประโยชน์ที่ได้รับ	หลังจากที่อ่านและใช้คู่มือนี้แล้ว การทำงานซ่อมบำรุงของคุณมีประสิทธิภาพหรือทำได้ง่ายขึ้นหรือไม่	/				
	คุณมีความมั่นใจในการทำตามขั้นตอนที่คู่มือระบุมากน้อยแค่ไหน		/			
	คุณเชื่อว่าข้อมูลในคู่มือถูกต้องและปลอดภัยหรือไม่	/				
	การให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดของคุณต่อคู่มือฉบับนี้ ตั้งแต่เนื้อหา, รูปแบบ, ไปจนถึงประโยชน์ที่ได้รับ	/				

ข้อเสนอแนะ

ผู้ประเมิน
วันที่ 23 เดือน กันยายน พ.ศ. 68

แบบประเมินความเข้าใจและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการสหกิจศึกษา
เรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

หัวข้อการประเมิน	รายการการประเมิน	คะแนนการประเมิน				
		5	4	3	2	1
ความชัดเจนและเนื้อหา	ภาษาและคำศัพท์ที่ใช้ในคู่มือมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ และสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายเพียงใด	/				
	คู่มือมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการซ่อมบำรุงในงานของคุณหรือไม่ เช่น มีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้, อะไหล่ที่จำเป็น, และขั้นตอนทั้งหมดอย่างละเอียด	/				
	ความถูกต้องของข้อมูลในคู่มือ เช่น ตัวเลข ค่าการตั้งค่า หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่ระบุไว้ตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่	/				
	คู่มือฉบับนี้ใช้ได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่จริงหรือไม่		/			
รูปแบบและองค์ประกอบ	ความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ เช่น มีสารบัญที่ชัดเจน การแบ่งหัวข้อที่หาเจอง่าย หรือมีหน้าดัชนีช่วยค้นหา	/				
	ความคมชัดและประโยชน์ของภาพประกอบที่ใช้ในคู่มือ ว่าช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการทำงานได้ดีขึ้นหรือไม่	/				
	การจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหาเป็นระเบียบ อ่านง่าย และทำตามขั้นตอนได้ไม่สับสนหรือไม่	/				
ประโยชน์ที่ได้รับ	หลังจากที่อ่านและใช้คู่มือนี้แล้ว การทำงานซ่อมบำรุงของคุณมีประสิทธิภาพหรือทำได้ง่ายขึ้นหรือไม่	/				
	คุณมีความมั่นใจในการทำตามขั้นตอนที่คู่มือระบุมากน้อยแค่ไหน		/			
	คุณเชื่อว่าข้อมูลในคู่มือถูกต้องและปลอดภัยหรือไม่	/				
	การให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดของคุณต่อคู่มือฉบับนี้ ตั้งแต่เนื้อหา, รูปแบบ, ไปจนถึงประโยชน์ที่ได้รับ	/				

ข้อเสนอแนะ

ผู้ประเมิน
วันที่ ๒๓ เดือน ก.ย พ.ศ. ๕๙

รูปที่ 5.3 ผลการประเมินบุคคลที่ 3

แบบประเมินความเข้าใจและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการสหกิจศึกษา
เรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศยาน

หัวข้อการประเมิน	รายการการประเมิน	คะแนนการประเมิน				
		5	4	3	2	1
ความชัดเจนและเนื้อหา	ภาษาและคำศัพท์ที่ใช้ในคู่มือมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ และคุณสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายเพียงใด	✓				
	คู่มือมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการซ่อมบำรุงในงานของคุณหรือไม่ เช่น มีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้ อะไหล่ที่จำเป็น และขั้นตอนทั้งหมดอย่างละเอียด		✓			
	ความถูกต้องของข้อมูลในคู่มือ เช่น ตัวเลข คำการตั้งค่า หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่ระบุไว้ตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่	✓				
	คู่มือฉบับนี้ใช้ได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่จริงหรือไม่	✓				
รูปแบบและองค์ประกอบ	ความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ เช่น มีสารบัญที่ชัดเจน การแบ่งหัวข้อที่หาได้ง่าย หรือมีหน้าดัชนีช่วยค้นหา	✓				
	ความคมชัดและประโยชน์ของภาพประกอบที่ใช้ในคู่มือ ว่าช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการทำงานได้ดีขึ้นหรือไม่		✓			
	การจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหาเป็นระเบียบ อ่านง่าย และทำตามขั้นตอนได้ไม่สับสนหรือไม่	✓				
ประโยชน์ที่ได้รับ	หลังจากที่อ่านและใช้คู่มือนี้แล้ว การทำงานซ่อมบำรุงของคุณมีประสิทธิภาพหรือทำได้ง่ายขึ้นหรือไม่	✓				
	คุณมีความมั่นใจในการทำตามขั้นตอนที่คู่มือระบุมากนักแค่ไหน		✓			
	คุณเชื่อว่าข้อมูลในคู่มือถูกต้องและปลอดภัยหรือไม่		✓			
	การให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดของคุณต่อคู่มือฉบับนี้ ตั้งแต่เนื้อหา, รูปแบบ, ไปจนถึงประโยชน์ที่ได้รับ	✓				

ข้อเสนอแนะ

..... ผู้ประเมิน
วันที่ 23 เดือน กันยายน พ.ศ. 68

แบบประเมินความเข้าใจและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการสหกิจศึกษา
เรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศ

หัวข้อการประเมิน	รายการการประเมิน	คะแนนการประเมิน				
		5	4	3	2	1
ความชัดเจนและเนื้อหา	ภาษาและคำศัพท์ที่ใช้ในคู่มือมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ และคุณสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายเพียงใด	✓				
	คู่มือมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการซ่อมบำรุงในงานของคุณหรือไม่ เช่น มีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้, อะไหล่ที่จำเป็น, และขั้นตอนทั้งหมดอย่างละเอียด	✓				
	ความถูกต้องของข้อมูลในคู่มือ เช่น ตัวเลข คำการตั้งค่า หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่ระบุไว้ตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่	✓				
	คู่มือฉบับนี้ใช้ได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่จริงหรือไม่	✓				
รูปแบบและองค์ประกอบ	ความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ เช่น มีสารบัญที่ชัดเจน การแบ่งหัวข้อที่หาได้ง่าย หรือมีหน้าดัชนีช่วยค้นหา		✓			
	ความคมชัดและประโยชน์ของภาพประกอบที่ใช้ในคู่มือ ว่าช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการทำงานได้ดีขึ้นหรือไม่	✓				
	การจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหาเป็นระเบียบ อ่านง่าย และทำตามขั้นตอนได้ไม่สับสนหรือไม่	✓				
ประโยชน์ที่ได้รับ	หลังจากที่การอ่านและใช้คู่มือนี้แล้ว การทำงานซ่อมบำรุงของคุณมีประสิทธิภาพหรือทำได้ง่ายขึ้นหรือไม่		✓			
	คุณมีความมั่นใจในการทำตามขั้นตอนที่คู่มือระบุมากนักแค่ไหน		✓			
	คุณเชื่อว่าข้อมูลในคู่มือถูกต้องและปลอดภัยหรือไม่	✓				
	การให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดของคุณต่อคู่มือฉบับนี้ ตั้งแต่เนื้อหา, รูปแบบ, ไปจนถึงประโยชน์ที่ได้รับ		✓			

ข้อเสนอแนะ

จ.ท. กัทธัง จุฑาณัง ผู้ประเมิน
วันที่ 23 เดือน ก.พ. พ.ศ. 69

บรรณานุกรม

กรมช่างอากาศ. (2568, 24 กรกฎาคม). *ทฤษฎีเครื่องบินปีกทอร์โบ*. ตำราสายวิชาการช่างอากาศ

<https://dae.rtaf.mi.th/aeronautical-engineering-textbook>

โชติพิวัฒน์ จิตต์ประสงศ์. (2567, 21 กุมภาพันธ์). *รู้จักเครื่องยนต์แต่ละชนิดในอากาศยานแตกต่างกัน*

อย่างไรและทำงานอย่างไร. Thai PBS. <https://www.thaipbs.or.th/now/content/833>





ภาคผนวก ก

ภาพงานนิเทศงานของอาจารย์ที่ปรึกษา



รูปภาคผนวกที่ 1 นักศึกษาและผู้นิเทศร่วมถ่ายภาพหน้าสถานที่ปฏิบัติงานกับอาจารย์นิเทศ



รูปภาคผนวกที่ 2 นักศึกษาและผู้นิเทศปฐมนิเทศภายในสถานที่ปฏิบัติงานกับอาจารย์นิเทศ

ภาคผนวก ข
คู่มือเอกสารเทคนิค



TO 2J-J85-133-6
WP 812-80

(3) With indicators in free position and against master, preload gages as follows.

(a) 21C6074G01 gages read +0.005 inch, but have a total travel of 0.025 inch. Push in on indicator(s) until gage has rotated one complete turn (0.010 inch) and then is brought to a reading of 0.002 inch more. This represents a preload of 0.010 inch plus 0.002 inch, or 0.012 inch preload.

(b) 21C6074G02 gages have a total travel of 0.125 inch. Preload indicator(s) one complete turn (0.050 inch) plus 0.005 inch, or 0.055 inch preload.

(c) With gage(s) (21C6074G01 or G02) in preloaded position, tighten screws loosened in Step i(2). Rotate bezel of indicator(s) to zero.

(4) Remove set master from radial inspection fixture.

j. Remove grinding arbor from set master as follows.

(1) Remove locknut (3) using wrenches specified in Step f, and remove arbor sleeve (2).

(2) Disassemble set master from arbor. Tapping arbor lightly may be required to free both parts, due to an interference fit. Reassemble arbor and sleeve using locknut. This will keep the assembly together when not in use.

21 GRINDING PROCEDURE.

22 PRELIMINARY INFORMATION.

Turbine rotor blade tips are ground to maintain minimum clearance with turbine shrouds.

23 PROCEDURE.

(See Figure 8.)

WARNING

Handling Bladed Components

Wear leather palm gloves (welder's type with gauntlet) when handling components with assembled blades and vanes. Blades and vanes are sharp and can cause serious injury.

a. Install turbine rotor, with arbor assembly installed, into grinding machine.

b. Use the following data for grinding blade tips.

(1) Rotor speed: 80-100 rpm.

(2) Stage 1 tip angle (Y, Figure 8): 5°30' to 6°0'.

Stage	Radial Dimension
1 (N, Figure 8)	7.821-7.825 inches
2 (P, Figure 8)	8.192-8.196 inches

c. Grind stage 1 blades using the following procedure:

WARNING

Power Grinding

- Avoid prolonged or repeated contact with dust. Inhalation of dust may cause temporary coughing and wheezing, respiratory tract irritation, and permanent lung problems.
- If dust contacts eyes, flush them thoroughly with water. If coughing or wheezing persists, get medical help.
- When using an air-exhausted grinding wheel, wear approved respirator, goggles, or face shield.

(1) Find longest blade tip in stage 1 (marked with Dykem); start machine and bring wheel in until it just barely sparks.

(2) Grind off about 1/2 of the excess material from longest blade, plunging in with wheel, using a manual feed rate of 0.0005 inch increments.

(3) Re-measure radius N and identify longest blade (Paragraph 17). Record amount of material remaining to be removed in order to obtain desired radial dimension.

(4) Reinstall rotor with arbor assembly into grinding machine.

(5) Find longest blade tip (marked with Dykem); start machine and bring wheel in until it just barely sparks; remove excess material, plunging in with wheel, using a manual feed rate of 0.0005 inch increments, until desired radial dimension is obtained.

d. Index to stage 2 and repeat step c.

รูปภาคผนวกที่ 3 คู่มือเอกสารเทคนิคการเจียระไน Turbine Rotor

TO 2J-J85-133-6
WP 012 00

WARNING

Handling Bladed Components

Wear leather palm gloves (welder's type with gauntlet) when handling components with assembled blades and vanes. Blades and vanes are sharp and can cause serious injury.

- e. Remove turbine rotor and arbor from grinding machine and reinspect blades (Paragraph 17).
- f. Rotate rotor 360° and locate blade with maximum radius, mark it with Dykem, and record maximum radius of each stage on chart like the one shown in Figure 9.
- g. Measure blade tip radius at 10 equally spaced locations for each stage; calculate and record the average blade tip radius (d) for each stage on chart like the one shown in Figure 9.

รูปภาคผนวกที่ 4 คู่มือเอกสารเทคนิคการเจียระไน Turbine Rotor (ต่อ)

คำเตือน

การจัดการส่วนประกอบแบบใบมีด

ขอให้สวมถุงมือหนัง (ชนิดเดียวกับที่ใช้ในงานเชื่อม) เมื่อดำเนินการกับส่วนประกอบที่มีใบมีด และครีปที่ได้ประกอบเข้าไว้ ใบมีดและครีปดังกล่าวมีความคมและอาจก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้

a. ติดตั้ง Turbine Rotor พร้อมชุดตัวล็อกเข้ากับเครื่องเจียรระโน

b. ใช้ข้อมูลต่อไปนี้สำหรับการเจียรระโนปลาย Blade

(1) ความเร็วของ Rotor: 80-100 รอบต่อนาที

(2) องศาปลาย Blade Stage 1 อยู่ที่ 5 องศา 30 ลิปตา ถึง 6 องศา

Stage	Radial Dimension
1	7.821-7.825 นิ้ว
2	8.192-8.196 นิ้ว

c. เจียรใบพัดระยะที่ 1 (Stage 1 blades) โดยใช้ขั้นตอนดังต่อไปนี้:

คำเตือน

Power Grinding

- หลีกเลี่ยงการสัมผัสโดยตรงหรือซ้ำ ๆ กับฝุ่นที่เกิดขึ้น การสูดดมฝุ่นอาจก่อให้เกิดการระคายเคืองในระบบทางเดินหายใจ และมีเสียงหวีด และอาจส่งผลให้เกิดปัญหาปอดเรื้อรัง
- หากฝุ่นเข้าตา ให้ชะล้างด้วยน้ำสะอาดอย่างทั่วถึง หากมีอาการไอหรือเสียงหวีดที่ยังคงอยู่ ให้ไปพบแพทย์
- เมื่อทำการเจียรโดยใช้เครื่องเจียรระโนที่ดูดอากาศออก ให้สวมใส่เครื่องช่วยหายใจที่ได้มาตรฐาน, แวนตา หรือกระบังหน้าเนื่องจากอาจเกิดประกายไฟได้

ขั้นตอนการเจียรระโน:

(1) คั่นหาปลาย Blade Stage 1 ที่ยาวที่สุด (ทำเครื่องหมายด้วย Dykem); เริ่มเดินเครื่อง และทำการเจียรจนกระทั่งไม่เกิดประกายไฟอีกต่อไป

(2) เจียรระโนเพื่อลดขนาดส่วนที่เกินออกไปประมาณ $1/2$ ของวัสดุส่วนที่เกินทั้งหมดจากความยาวที่ยาวที่สุด โดยป้อนเข้ากับล้อเจียรระโน ด้วยอัตราป้อนด้วยมือ 0.005 นิ้วต่อครั้ง

(3) วัดรัศมีเข้าและระบุความยาวที่ยาวที่สุด บันทึกปริมาณวัสดุที่เหลือที่ต้องทำการเจียรออกเพื่อให้ได้รัศมีตามแนวรัศมีที่ต้องการ

(4) ติดตั้งชุดเพลาลูกเบี้ยวเข้ากับเครื่องเจียร

(5) ค้นหาเพลาลูกเบี้ยวที่ยาวที่สุด (ทำเครื่องหมายด้วยสีย้อม Dyken); เริ่มเดินเครื่องและทำการเจียรจนกระทั่งไม่เกิดประกายไฟอีกต่อไป โดยทำการเจียรเข้ากับล้อเจียรด้วยอัตราป้อนด้วยมือ 0.0005 นิ้วต่อครั้ง จนกว่าจะได้รัศมีตามแนวรัศมีที่ต้องการ

d. ดำเนินการ Stage 2 และทำซ้ำในขั้นตอน c.

คำเตือน

การจัดการส่วนประกอบแบบใบมีด

ขอให้สวมถุงมือหนัง (ชนิดเดียวกับที่ใช้ในงานเชื่อม) เมื่อดำเนินการกับส่วนประกอบที่มีใบมีด และครีปที่ได้ประกอบเข้าไว้ ใบมีดและครีปดังกล่าวมีความคมและอาจก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงได้

e. ถอด Turbine Rotor และชุดตัวล้อออกจากเครื่องเจียรระโนและดำเนินการตรวจสอบใบมีดซ้ำ

f. หมุน Rotor 360 องศา และระบุตำแหน่งของใบมีดที่มีรัศมีสูงที่สุด ทำเครื่องหมายด้วยสีย้อม Dyken และบันทึกค่ารัศมีสูงสุดของแต่ละ Stage ลงในแผนผัง

g. ทำการวัดรัศมีปลาย Blade ณ ตำแหน่งที่เว้นระยะห่างเท่ากันจำนวน 10 ตำแหน่ง สำหรับแต่ละ Stage คำนวณและบันทึกรัศมีปลาย Blade เฉลี่ยของแต่ละ Stage ลงในแผนผัง

รูปภาพผนวกที่ 6 คู่มือเอกสารเทคนิคฉบับภาษาไทย (ต่อ)



ภาคผนวก ค

แบบฟอร์มผลการประเมินการใช้คู่มือ

แบบประเมินความเข้าใจและประโยชน์ที่ได้รับจากโครงการสหกิจศึกษา
เรื่อง คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
ณ แผนกโรงงาน กองซ่อมเครื่องยนต์ กรมช่างอากาศยาน

หัวข้อการประเมิน	รายการการประเมิน	คะแนนการประเมิน				
		5	4	3	2	1
ความชัดเจนและเนื้อหา	ภาษาและคำศัพท์ที่ใช้ในคู่มือมีความซับซ้อนเกินไปหรือไม่ และคุณสามารถทำความเข้าใจขั้นตอนต่างๆ ได้ง่ายเพียงใด					
	คู่มือมีข้อมูลที่จำเป็นครบถ้วนสำหรับการซ่อมบำรุงในงานของคุณหรือไม่ เช่น มีข้อมูลเกี่ยวกับเครื่องมือที่ต้องใช้, อะไหล่ที่จำเป็น, และขั้นตอนทั้งหมดอย่างละเอียด					
	ความถูกต้องของข้อมูลในคู่มือ เช่น ตัวเลข ค่าการตั้งค่า หรือลำดับขั้นตอนการทำงานที่ระบุไว้ตรงกับข้อเท็จจริงหรือไม่					
	คู่มือฉบับนี้ใช้ได้กับเครื่องมือหรืออุปกรณ์ที่คุณกำลังใช้งานอยู่จริงหรือไม่					
รูปแบบและองค์ประกอบ	ความสะดวกในการหาข้อมูลที่ต้องการ เช่น มีสารบัญที่ชัดเจน การแบ่งหัวข้อที่หาเจอง่าย หรือมีหน้าดัชนีช่วยค้นหา					
	ความคมชัดและประโยชน์ของภาพประกอบที่ใช้ในคู่มือ ว่าช่วยให้คุณเข้าใจขั้นตอนการทำงานได้ดีขึ้นหรือไม่					
	การจัดลำดับหัวข้อและเนื้อหาเป็นระเบียบ อ่านง่าย และทำตามขั้นตอนได้ไม่สับสนหรือไม่					
ประโยชน์ที่ได้รับ	หลังจากที่อ่านและใช้คู่มือนี้แล้ว การทำงานซ่อมบำรุงของคุณมีประสิทธิภาพหรือทำได้ง่ายขึ้นหรือไม่					
	คุณมีความมั่นใจในการทำตามขั้นตอนที่คู่มือระบุมากน้อยแค่ไหน					
	คุณเชื่อว่าข้อมูลในคู่มือถูกต้องและปลอดภัยหรือไม่					
	การให้คะแนนความพึงพอใจโดยรวมทั้งหมดของคุณต่อคู่มือฉบับนี้ ตั้งแต่เนื้อหา, รูปแบบ, ไปจนถึงประโยชน์ที่ได้รับ					

ข้อเสนอแนะ

ผู้ประเมิน

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

รูปภาคผนวกที่ 7 แบบฟอร์มผลการประเมินการใช้คู่มือ

ภาคผนวก ง
ตารางเกรดล้อยินเจียระไน



เกรดล้อหินเจียรไน	ความแข็ง	การใช้งานที่เหมาะสม
A – G	นิ่มที่สุด → ค่อนข้างนิ่ม	ใช้กับวัสดุพวกแก้ว, งานเจียรไนที่มีพื้นผิวสัมผัสกับหิน มาก
H – J	ค่อนข้างแข็ง	ใช้ในขั้นตอนเจียรไนหยาบ ไม่เน้นความละเอียด
K	แข็งปานกลาง	ใช้ในขั้นตอนเจียรไนละเอียด หรือ งานขึ้นรูป
L	ค่อนข้างแข็ง	เหมาะกับงานเจียรไนขึ้นรูปที่ต้องการความเที่ยงตรง สูง
M – P	แข็ง	ใช้กับเหล็กกล้าเครื่องมือที่ผ่านการชุบแข็ง
Q – S	แข็งมาก	ใช้กับงานเจียรไนใช้กำลังมาก, ชิ้นงานโลหะที่ไม่ใช่ เหล็ก
T – Z	แข็งที่สุด	ใช้กับงานที่ต้องใช้ความเร็วรอบสูงมากๆ, โลหะเนื้อนิ่มที่ ไม่ใช่เหล็ก

รูปภาคผนวกที่ 8 ตารางเกรดล้อหินเจียรไน

ประวัติผู้จัดทำ



ชื่อ-นามสกุล	จำอากาศเอก ชยุต งามอยู่
รหัสนักศึกษา	6524100006
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	77/273-5 หมู่ 2 ต.พนมสารคาม อ.พนมสารคาม จ.ฉะเชิงเทรา
อีเมล	chayoot.nga@siam.edu
เบอร์	086 844 1454
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนพนมสารคาม พนมอดุลวิทยา มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนพนมสารคาม พนมอดุลวิทยา หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) : โรงเรียนช่างฝีมือทหาร ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยสยาม



ชื่อ-นามสกุล	จำอากาศเอก นรภัทร สายส่วย
รหัสนักศึกษา	6524100007
คณะ	วิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิชา	วิศวกรรมเครื่องกล
ที่อยู่	666/80 ซ.พหลโยธิน 69 แยก 2 แขวงอนุสาวรีย์ เขตบางเขน กทม.
อีเมล	Noraphat.sai@siam.edu
เบอร์	091 670 9282
ประวัติการศึกษา	มัธยมศึกษาตอนต้น : โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย มัธยมศึกษาตอนปลาย : โรงเรียนฤทธิยะวรรณาลัย หลักสูตรประกาศนียบัตรวิชาชีพ (ปวช.) : โรงเรียนช่างฝีมือทหาร ปริญญาตรี : มหาวิทยาลัยสยาม



https://drive.google.com/drive/folders/186WZGbEahuMVf1VmUAw_CXLNS2n-zaDb?usp=sharing

รายงานการปฏิบัติงานสหกิจศึกษา

คู่มือการซ่อมบำรุงชิ้นส่วน Turbine Rotor เครื่องยนต์ J85-GE-21B/C
Maintenance Manual for J85-GE-21B/C Engine Turbine Rotor Parts

โดย

นาย ชยุต งามอยู่ รหัส 6524100006

นาย นรภัทร สายสื้อ รหัส 6524100007

รายงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของรายวิชา 151-495 สหกิจศึกษา
หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสยาม
ภาคการศึกษาที่ 3 ปีการศึกษา 2567