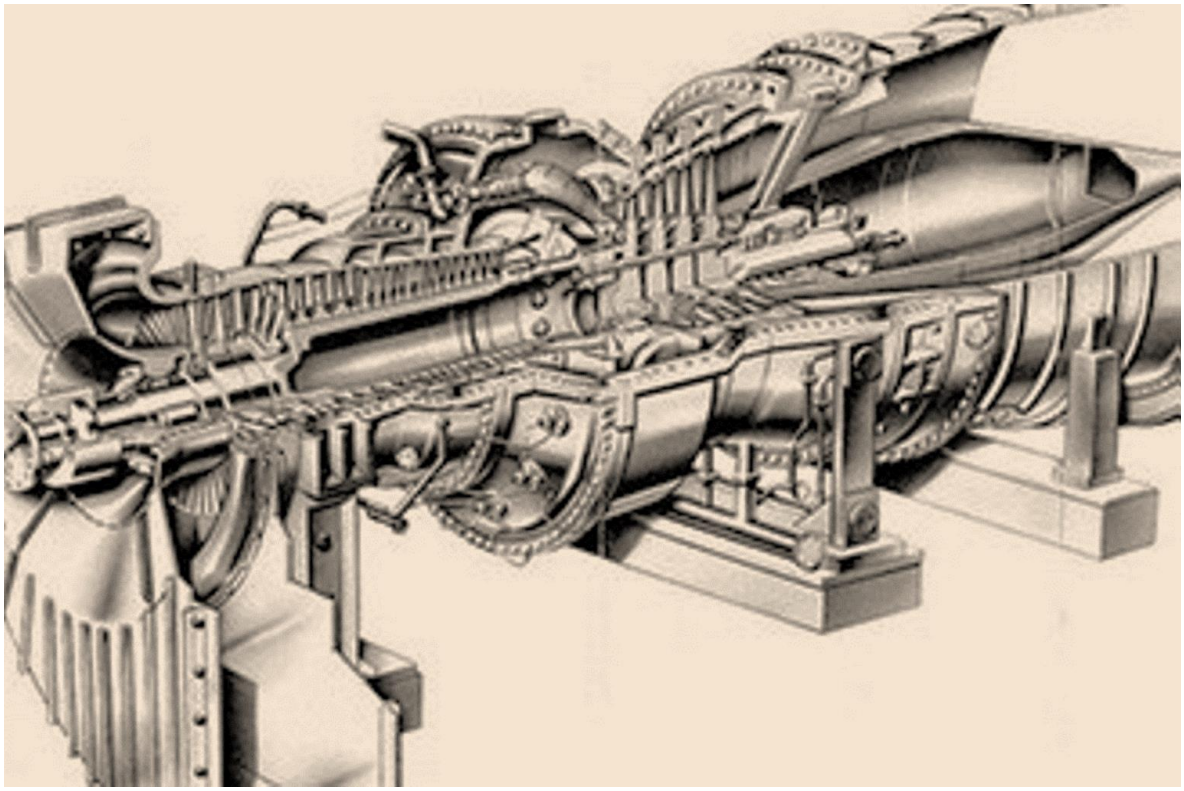
الصيانة وساعات التشغيل المكافئة للتوربين الغازي



Gas Turbine Maintenance & Equivalent Operating Hours (EOH)

إعداد وترجمة
المهندس عدنان بهجت جليل

جدول المحتويات Table of Content

الموضوع	رقم الصفحة
عوامل التشغيل المؤثرة في الصيانة Operating Factors Affecting Maintenance	3
فترات الفحص (الفحص الدوري) Inspection Interval	3
إجراء أو طريقة (Roll-in and Roll-out)	4
ملخص فحص التوربين الغازي Summary of GT Inspection	4
فحص غرف الاحتراق Combustor Inspection	5
جدول (برنامج) فحص غرف الاحتراق للتوربين الغازي Combustion Inspection Schedule for Gas Turbine	6
فحص التوربين Turbine Inspection	7
برنامج فحص التوربين الغازي Turbine Inspection Schedule	7- 8
الفحص الشامل (صيانة عامة) Major Overhaul Inspection	9
برنامج الفحص الشامل للتوربين الغازي Major Overhaul Inspection Schedule for Gas Turbine	10
الصيانة الدورية الاعتيادية Routine Maintenance	11
فترة أو مدة الحياة المتوقعة (العمر الأفتراضي) للأجزاء الحارة Hot Parts Expected Life Time	12
تعريف ساعات التشغيل المكافئة Definition of Equivalent Operating Hours (EOH)	13
تقييم (تقدير) عُمر الأجزاء الحارة Hot Parts Life Evaluation	14
طريقة تقييم أو تقدير العمر Life Evaluation Method	14
عملية تقييم وتقدير العمر لريشة التوربين المتحركة Life Evaluation Process for Turbine Blade	15- 16
عملية تقييم وتقدير العمر لريشة التوربين الثابتة Life Evaluation Process for Turbine Vane	17
تقنية تمديد العمر Life Extension Technology	18
المراجع References	19

عوامل التشغيل المؤثرة في الصيانة Operating Factors Affecting Maintenance

- نوع وجودة الوقود Type and quality of fuel

من حيث نواتج التكثيف Condensate ، الملوثات contaminants وما إلى ذلك .

- تردد البدء (بدء التشغيل) Starting Frequency

حسب نوع الدورات الحرارية Thermal cycle .

- دورات التحميل Load cycles

حسب نوع الدورات الحرارية (تعتبر محطة توليد الكهرباء التي تتبع الحمل load-following power plant ، محطة طاقة تعمل على تعديل إنتاجها من الطاقة power output مع تقلبات الطلب على الكهرباء على مدار اليوم . عادة ما تكون محطات متابعة الحمل بين محطات الحمل الأساس base load ومحطات الطاقة القصوى peaking power من حيث الكفاءة efficiency وسرعة بدء التشغيل start-up وإيقاف التشغيل shut-down وتكلفة البناء وتكلفة الكهرباء وعامل السعة capacity factor .

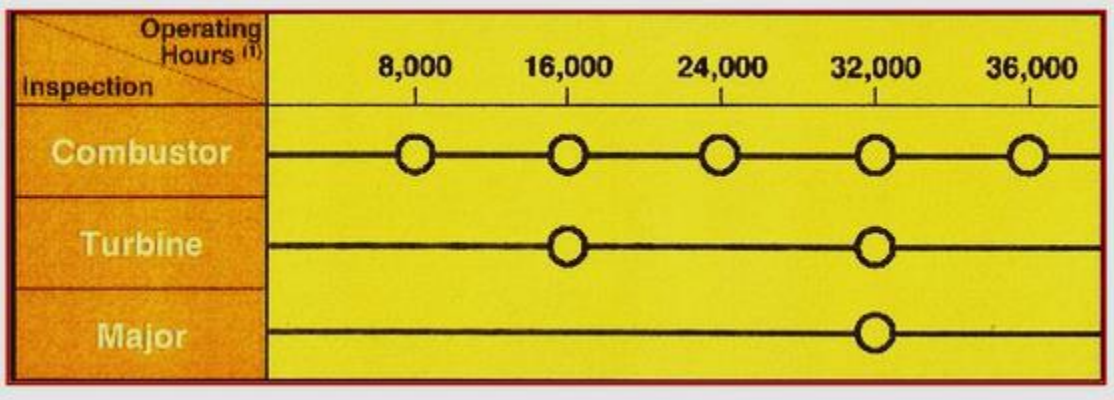
- بيئة (الوسط المحيط) Environment

حالة الكشط abrasive والتآكل corrosive .

فترات الفحص (الفحص الدوري) Inspection Interval

يوضح الجدول التالي ساعات التشغيل operating hours التي يجب فيها إجراء الفحص للتشغيل على وقود الغاز gas fuel (لأغلب التوربينات الغازية) .

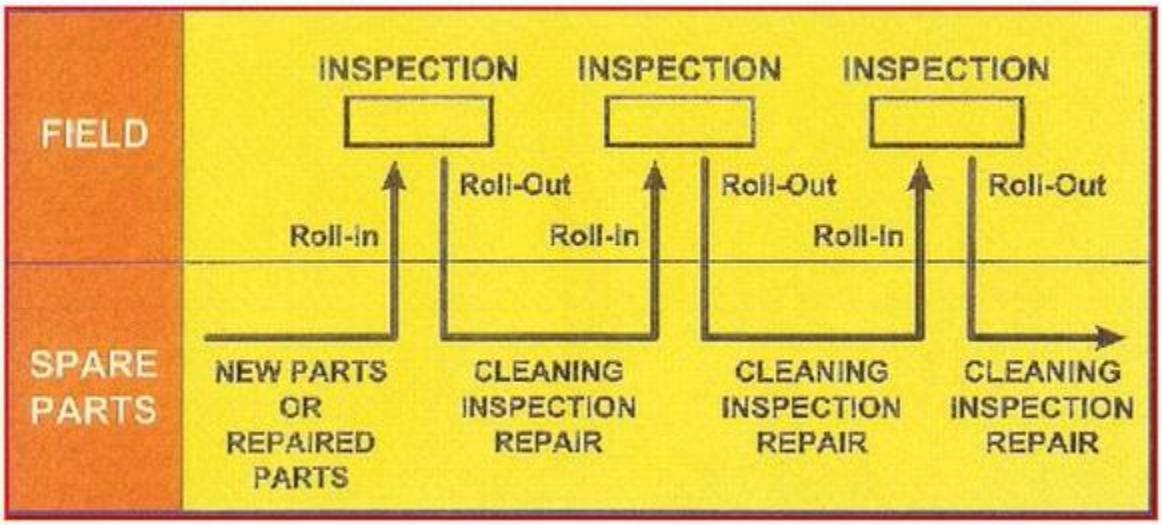
الفترات الزمنية الموصى بها للفحص :



ملاحظة : الساعات تعني ساعات التشغيل المُكافئة Equivalent Operating Hours التي تعكس ظروف تشغيل التوربينات الغازية .

إجراء أو طريقة (Roll-in and Roll-out)

يجب أن تكون مجموعة كاملة واحدة من الأجزاء الساخنة جاهزة للأدخال (للتركيب) Roll-in . الأجزاء التي تم إخراجها (Roll-out) يجب إعادة استخدامها / إصلاحها / تجديدها reused/repaired/rejuvenated قبل الفحص التالي .



ملخص فحص التوربين الغازي Summary of GT Inspection

الفحص Inspection	الإجراء Procedure	فقرات الفحص Inspection Items
فحص غرف الاحتراق Combustor Inspection	تفكيك سلال الاحتراق Dismantling combustor basket	- الفحص البصري Visual inspection والفحص اللاتدميري NDT[1] لفوهات الوقود fuel nozzles و سلال الاحتراق combustor baskets والقطع الانتقالية transition pieces . - الفحص البصري للصف row الرابع لريش التوربين المتحركة turbine blade و الصف الأول والرابع للريش الثابتة vane . - الفحص البصري لريشة التوجيه الداخلية المتغيرة للضاغطة compressor variable inlet guide vane (IGV) ، الصف الأول للريش المتحركة ، الصف الأول للريش الثابتة .
فحص التوربين Turbine Inspection	رفع الغطاء العلوي للتوربين Lifting the upper housing of the turbine	- الفحص البصري و NDT [1] للريش المتحركة blades والثابتة vanes وموانع التسرب seals للتوربين . - يتم إجراء فحص غرف الاحتراق في نفس الوقت .

الفحص الشامل (صيانة عامة) Major Overhaul Inspection	رفع الغطاء العلوي للتوربين والضاغطة ورفع المحور الدوار Lifting the upper housing of the turbine and compressor , Lifting the rotor	- الفحص البصري و NDT [2] لجميع المكونات من وصلة التمدد expansion joint للهواء الداخل inlet air إلى وصلة التمدد الأولى لغازات العادم exhaust gas . - فحص وصيانة الأجهزة المساعدة auxiliaries وأنظمة التحكم control systems والأجهزة الدقيقة instruments

[1] NDT : فحص غير تدميري Non Destructive Test (فحص الاختراق Penetrant Test) .

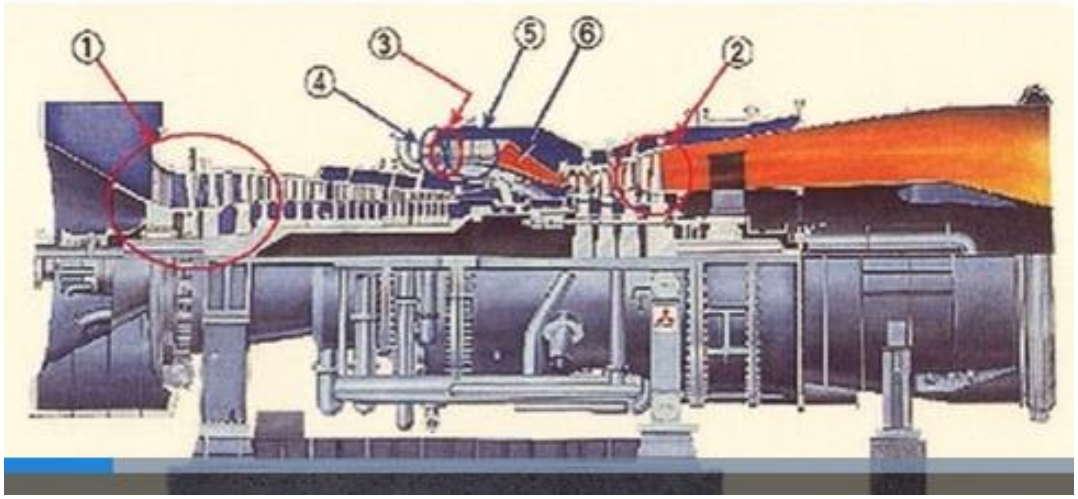
[2] NDT : فحص غير تدميري Non Destructive Test (فحص الاختراق والفحص بالجسيمات المغناطيسية (الفحص كهرومغناطيسي) Magnetic Particle test والفحص بالموجات فوق الصوتية Ultrasonic test) .

فحص غرف الاحتراق Combustor Inspection

1. مدخل الضاغط Compressor inlet [1]
2. الصف الرابع لريش التوربين المتحركة Turbine blade row [1]
3. كاشف اللهب وجهاز الاشعال Flame detector and igniter [2]
4. فوهة الوقود Fuel nozzle [2]
5. سلة الاحتراق Combustor basket [2]
6. القطعة الانتقالية Transition piece [2]

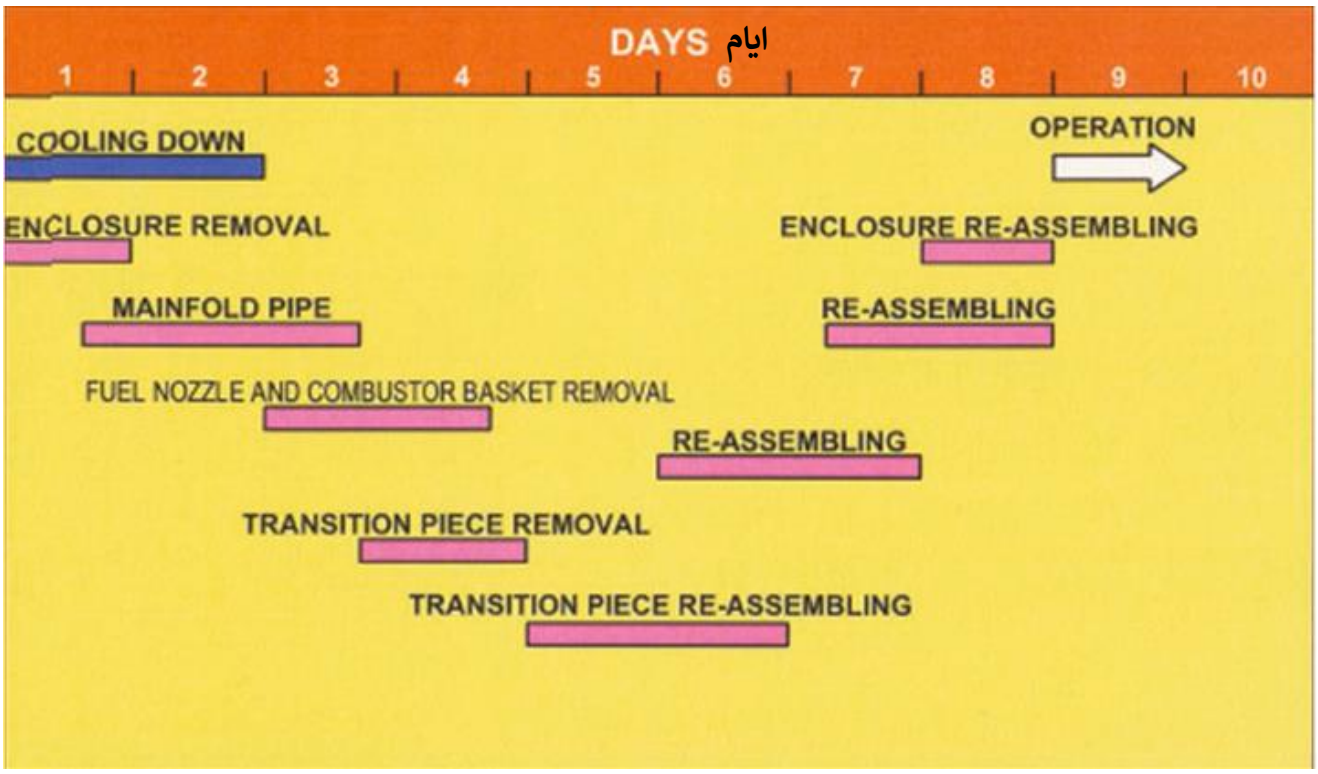
(1) : فحص بصري Visual Inspection .

(2) : أجزاء قابلة لإعادة الأستخدام Roll-in & Roll-out Parts .



جدول (برنامج) فحص غرف الاحتراق للتوربين الغازي
Combustion Inspection Schedule for Gas Turbine

تبريد التوربين COOLING DOWN
إزالة الغلاف الخارجي ENCLOSURE REMOVAL
الأنابيب الرئيسية MAINFOLD PIPE
إزالة فوهة الوقود وسلال الاحتراق FUEL NOZZLE AND COMBUSTOR BASKET REMOVAL
إزالة القطع الانتقالية TRANSITION PIECE REMOVAL
إعادة التجميع RE-ASSEMBLING
إعادة التجميع RE-ASSEMBLING
إعادة تجميع القطع الانتقالية TRANSITION PIECE RE-ASSEMBLING
إعادة تجميع الغلاف ENCLOSURE RE-ASSEMBLING
تشغيل OPERATION

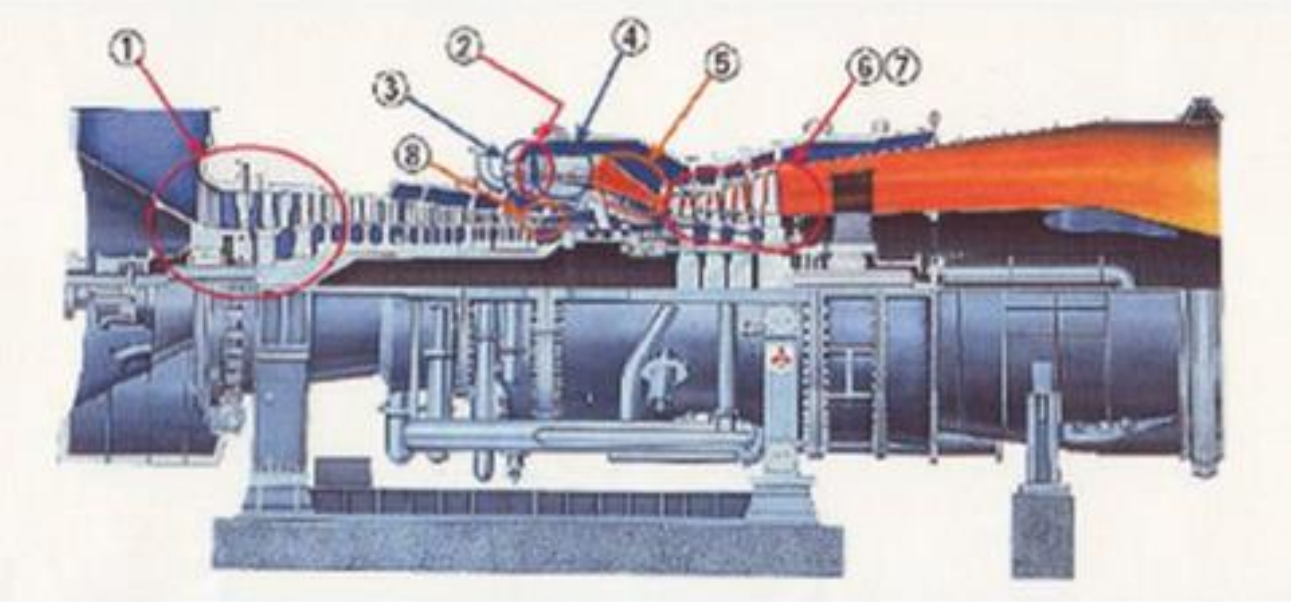


فحص التوربين Turbine Inspection

1. مدخل الضاغط Compressor inlet [1]
2. كاشف اللهب وجهاز الاشعال Flame detector and igniter [2]
3. فوهات الوقود Fuel nozzle [2]
4. سلال الاحتراق Combustor basket [2]
5. القطعة الانتقالية Transition piece [2]
6. ريش التوربين المتحركة Turbine blade [2]
7. ريش التوربين الثابتة Turbine vane [2]
8. الصف الأخير للضاغط و ريش التوجيه الخارجي Outlet Guide Vane (OGV) والريش الثابتة diaphragm [1]

(1) : فحص بصري .

(2) : أجزاء قابلة لإعادة الأستخدام .



برنامج فحص التوربين الغازي Turbine Inspection Schedule

تبريد التوربين COOLING DOWN

إزالة الغلاف الخارجي وأجزاء الكهرباء والسيطرة الذاتية والانابيب ENCLOSURE, ELEC. & INST. PARTS AND PIPNG REMOVAL

إزالة غلاف التوربين TURB. CASING REMOVAL

إزالة فوهات الوقود وسلال الاحتراق والقطع الانتقالية FUEL NOZZLE, COMBUSTOR BASKET AND TRANS. PIECE REMOVAL

إزالة حلقات الريش المتحركة وأجزاء الريش الثابتة T-BLADE RING AND T-VANE SEG. REMOVAL

إزالة الريش المتحركة T-BLADE REMOVAL

تنظيف وفحص CLEANING & INSPECTION

فحص وأختبار منظومة التحكم والسيطرة CONTROL SYSTEM CHECK

إعادة تجميع RE-ASSEMBLING

إعادة تثبيت (تركيب) REINSTALL

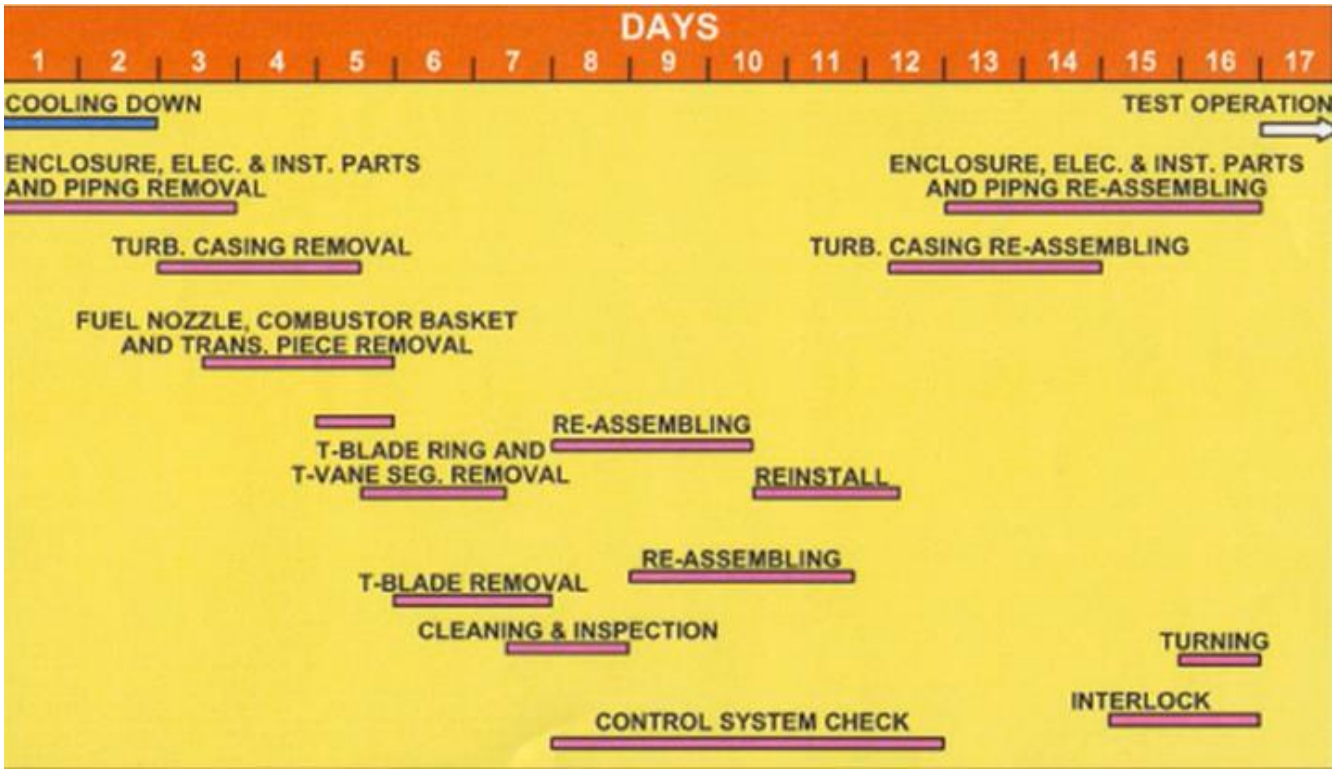
أنظمة التحكم لحماية التوربين INTERLOCK

تدوير TURNING

إعادة تجميع غلاف التوربين TURB. CASING RE-ASSEMBLING

إعادة تجميع الغلاف الخارجي وأجزاء الكهرباء والسيطرة الذاتية والانابيب ENCLOSURE, ELEC. & INST. PARTS AND PIPNG RE-ASSEMBLING

فحص تشغيلي TEST OPERATION

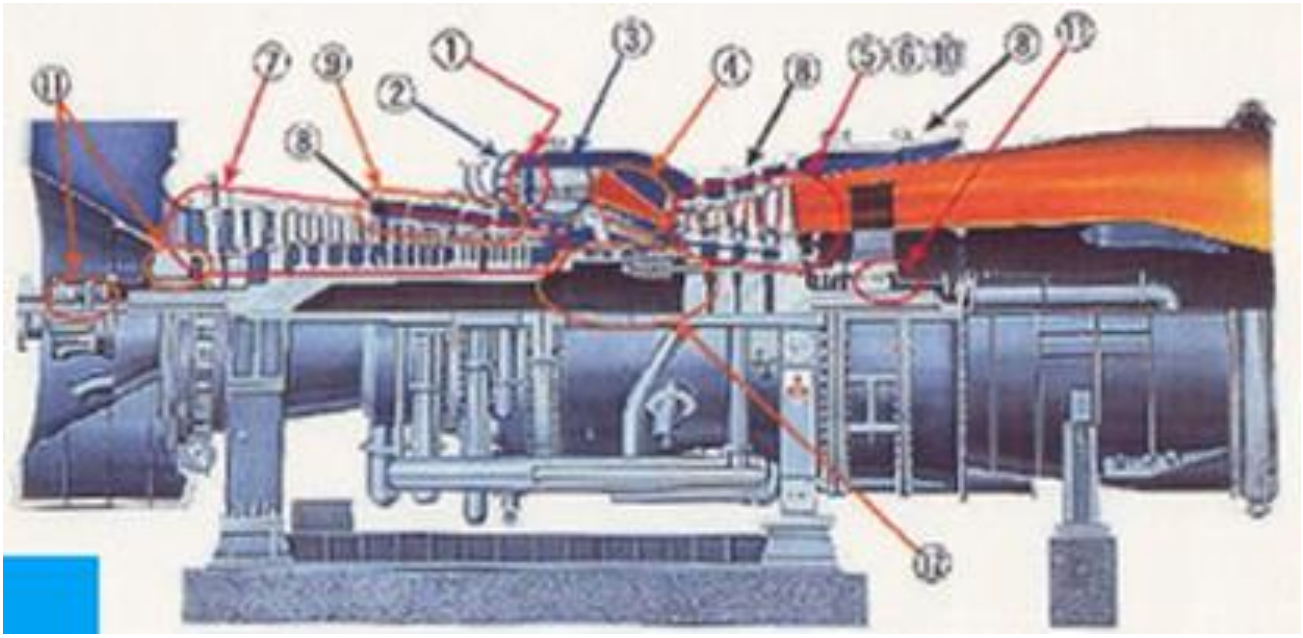


الفحص الشامل (صيانة عامة) Major Overhaul Inspection

1. كاشف اللهب وجهاز الإشعال (1)
2. فوهة وقود (1)
3. سلة الاحتراق (1)
4. قطعة انتقالية (1)
5. ريشة التوربين المتحركة (1)
6. ريشة التوربين الثابتة (1)
7. ريشة الضاغط المتحركة والثابتة Compressor blade and diaphragm
8. غلاف عادم التوربين و الضاغط Exhaust turbine and compressor casing
9. حلقة ريشة الضاغط Compressor blade ring
10. حلقة ريش التوربين للمراحل Turbine blade ring #1, #2, #3 and #4
11. مساند (محامل) التوربين الشعاعية والمحورية (الدفعية) Turbine journal bearing and thrust bearing
12 . المحور الدوار Rotor (2)

(1) : الفحص البصري .

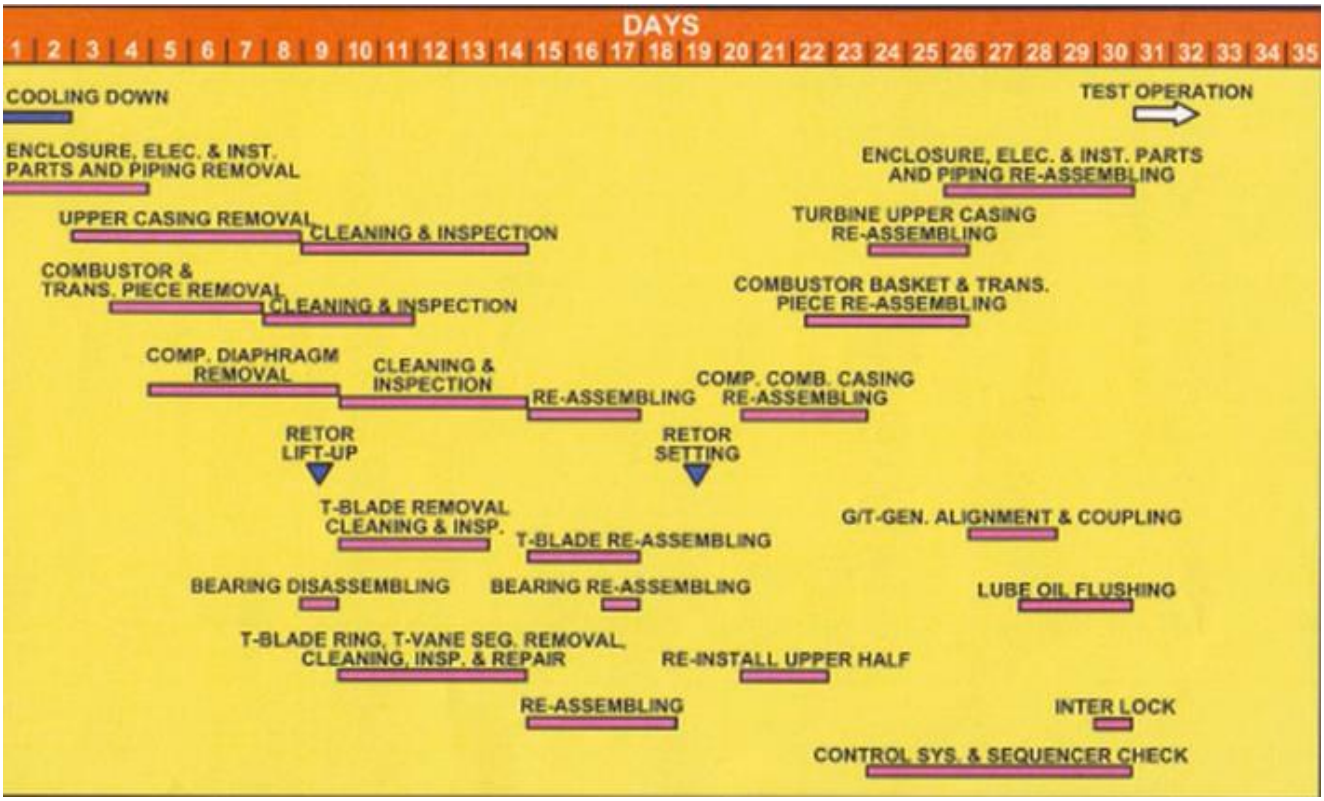
(2) : أجزاء قابلة لإعادة الأستخدام .



برنامج الفحص الشامل للتوربين الغازي Major Overhaul Inspection Schedule for Gas Turbine

تبريد التوربين COOLING DOWN
إزالة الغلاف الخارجي وأجزاء الكهرباء والسيطرة الذاتية والانابيب ENCLOSURE, ELEC. & INST. PARTS AND PIPNG REMOVAL
إزالة الغلاف العلوي UPPER CASING REMOVAL
تنظيف وفحص CLEANING & INSPECTION
إزالة فوهات الوقود وسلال الاحتراق والقطع الانتقالية COMBUSTOR & TRANS. PIECE REMOVAL
إعادة تجميع فوهات الوقود وسلال الاحتراق والقطع الانتقالية COMBUSTOR BASKET & TRANS. PIECE RE-ASSEMBLING
تنظيف وفحص CLEANING & INSPECTION
إزالة الريش الثابتة للضاغط COMP. DIAPHRAGM REMOVAL
تنظيف وفحص CLEANING & INSPECTION
إعادة تجميع RE-ASSEMBLING
إعادة تجميع الغلاف المركب للضاغط COMP. COMB. CASING RE-ASSEMBLING
إزالة حلقات الريش المتحركة وأجزاء الريش الثابتة T-BLADE RING AND T-VANE SEG. REMOVAL
تنظيف وفحص وتصليح CLEANING, INSP. & REPAIR
إزالة الريش المتحركة T-BLADE REMOVAL
تنظيف وفحص CLEANING & INSPECTION
إعادة تجميع الريش المتحركة T-BLADE RE-ASSEMBLING
تفكيك المساند (المحامل) BEARING DISASSEMBLING
إعادة تجميع المحامل BEARING RE-ASSEMBLING
موازنة وربط التوربين-المولد GT-GEN. ALIGNMENT & COUPLING
إعادة تركيب النصف العلوي RE-INSTALL UPPER HALF
فحص وأختبار منظومة التحكم والسيطرة CONTROL SYSTEM CHECK
إعادة تجميع RE-ASSEMBLING
أنظمة التحكم لحماية التوربين INTERLOCK
فحص وأختبار منظومة التحكم وتسلسل التحكم CONTROL SYS, & SEQUENCER CHECK
تنظيف زيت التزييت LUBE OIL FLUSHING
إعادة تجميع الغلاف العلوي للتوربين TURBINE UPPER CASING RE-ASSEMBLING
إعادة تجميع الغلاف الخارجي وأجزاء الكهرباء والسيطرة الذاتية والانابيب ENCLOSURE, ELEC. & INST. PARTS AND PIPNG RE-ASSEMBLING
فحص تشغيلي TEST OPERATION

رفع المحور الدوار RETOR LIFT-UP
ضبط وتهيئة وتركيب المحور RETOR SETTING



الصيانة الدورية الاعتيادية Routine Maintenance

	أثناء التشغيل (صيانة أعتيادية) **During Operation** **(Routine Maintenance)**	**أثناء أيقاف النتشغيل (صيانة أثناء التوقف)** **During Shutdown** **(Shutdown Maintenance)**
التوربين الغازي **Gas Turbine**	**- الفحص البصري للشكل الخارجي** **Visual Appearance Check** ضوضاء غير عادية Unusual noise ، اهتزاز vibration ، تسخين مفرط overheat ، تسرب leakage ، فشل مواد العزل failure of insulation materials ، ارتخاء المثبتات loose of fasteners ، تلوث (اوساخ مترسبة) fouling ، صدأ rusting ، إلخ . **- فحص تشغيلي Operational Check**	**- الفحص البصري للشكل الخارجي** التسربات Leaks ، ارتخاء المثبتات ، النظافة cleanliness ، إلخ . **- فحص الأجزاء الداخلية / فحص** **Internal parts Check / Inspection** الأضرار الهيكلية للكسر Structural damage of crack ، تخدش أو تحزز scoring ، أهتراء wear ، تشوه deformation ، تآكل corrosion ، احتكاك rubbing ، حالة التلامس للمحمل bearing ، الخلوصية clearance ، والمحاذاة أو الموازنة alignment ، إلخ .

	ظروف الضغط / درجة الحرارة Pressure/temperature ، مستوى زيت التزييت lube oil level ، تغير الأداء performance change، إلخ .	**- فحص تشغيلي** فحص الوظائف والأداء بعد إعادة التجميع . **- تبديل الأجزاء المستهلكة** أجزاء مسار الغاز الحار Hot gas path parts ، موانع التسرب seal ، البراغي bolts والصواميل nuts ، إلخ .
المنظومات المساعدة Auxiliaries	**- الفحص البصري للشكل الخارجي** ضوضاء غير عادية ، اهتزاز ، تسخين مفرط ، تسرب ، فشل مواد العزل ، ارتخاء المثبتات ، تلوث (اوساخ مترسبة) ، صدأ ، إلخ . **- فحص تشغيلي** وظائف تشغيلية Operational functions ، ظروف الضغط / درجة الحرارة ، مستوى زيت التزييت lube oil level ، إلخ .	**- الفحص البصري للشكل الخارجي** التسريات ، ارتخاء المثبتات ، النظافة ، إلخ . **- فحص الأجزاء الداخلية / فحص** الأضرار الهيكلية للكسر ، تخدش أو تحزز ، أهتراء ، تشوه ، تآكل ، احتكاك ، حالة التلامس للمحمل ، الخلوصية ، والمحاذاة أو الموازنة ، إلخ . **- فحص تشغيلي** فحص الوظائف والأداء بعد إعادة التجميع . **- تبديل الأجزاء المستهلكة** المحامل ، حلقات مانع التسرب seal rings ، حلقات المكبس piston rings ، أطواق مانع التسرب / الحشوة gaskets / packing ، مواد مطاطية rubbers ، زيت التزييت lube oil ، الشحوم grease ، إلخ .

فترة أو مدة الحياة المتوقعة (العمر الأفتراضي) للأجزاء الحارة Hot Parts Expected Life Time

تم تحديد العمر المتوقع للأجزاء الحارة بناءا على قوة ومتانة التصميم design strength ونتيجة تجارب التشغيل السابقة . وفيما يلي جدول بساعات الحياة المتوقعة للأجزاء الحارة مع الإصلاحات والتأهيل المستوفي للشروط :

الأجزاءParts		ساعات التشغيل المكافئة EOH
سلة الاحتراق Combustor basket		24,000
القطعة الانتقالية Transition piece		24,000
ريشة التوربين الثابتة Turbine vane	#1	30,000
	#2	50,000
	#3	80,000
	#4	100,000
ريشة التوربين المتحركة Turbine blade	#1	30,000
	#2	50,000
	#3	70,000
	#4	100,000

تعريف ساعات التشغيل المكافئة Definition of Equivalent Operating Hours (EOH)

لحساب ساعات التشغيل المكافئة للحمل الأساس base load والتشغيل المستمر ، عندما يكون التشغيل بوقود سائل liquid fuel (و / أو) الحمل دوري ، من الضروري فصل ساعات التشغيل الفعلية actual hours of operation حسب المهمة (ساعات الأشعال لكل بدء تشغيل fired hours per start) والوقود (الغاز أو الزيت gas or oil). ثم يتم استخدام هذه القيم المنفصلة في المعادلة التالية لحساب الساعات المكافئة للتشغيل عند الحمل الأساسي بوقود الغاز gas fuel .

$$H = \frac{BHG}{CDF} + 1.25 \times \frac{BHO}{CDF} + 3 \times \frac{PHG}{CDF} + 3.75 \times \frac{PHO}{CDF}$$

حيث أن :

H = الساعات المكافئة للاشعال (التشغيل) المستمر على وقود غاز

BHG = ساعات تشغيل الحمل الأساس base load بوقود الغاز gas fuel

BHO = ساعات تشغيل الحمل الأساس بزيت الوقود المقطر distillate oil fuel (وقود الديزل diesel fuel أو زيت الوقود fuel oil) .

PHG = ساعات تشغيل حمل الذروة peak load بوقود الغاز .

PHO = ساعات تشغيل حمل الذروة بزيت الوقود المقطر .

CDF = عامل الحمل الدوري cyclic duty factor ، محدد من الجدول التالي :

Hrs./Start	CDF
> 100	1
10 - 99.99	.90
8 - 9.99	.80
7 - 7.99	.70
6 - 6.99	.60
5 - 5.99	.50
4 - 4.99	.40
3 - 3.99	.30
2 - 2.99	.20
Less than 2 hrs./start	.10

تقييم (تقدير) عُمر الأجزاء الحارة Hot Parts Life Evaluation

1. تدهور Deterioration

- زحف (تشوه وتغيير شكل) تحت درجة حرارة عالية Creep under High Temperature
- دورة الاجهاد (التشوه) المنخفض Low Cycle Fatigue (تشوه لدن متكرر plastic deformation)
- فقدان معدني عن طريق تأكسد السطح والتآكل Metal Loss by Surface Oxidation & Corrosion

2. تحليل العمر Life diagnosis

- دورات التحميل (مستويات الحمل المتغير) Load Cycles
- تردد البدء / الايقاف Start/Stop Frequency
- جودة الوقود Fuel Quality
- البيئة المحيطة Environment
- التطبيق الفعلي للصيانة Maintenance Practice

تأثير على العمر
أستهلاك Consumption

طريقة تقييم أو تقدير العمر Life Evaluation Method

تقييم الاستخدام (الاستهلاك) الأقصى Evaluation for Maximum Use-up

1 . ريشة التوربين المتحركة Turbine Blade

- التحليل المعدني Metallurgical Analysis
- الطور y' phase (زاوية ميل الريشة) .
- خاصية الكسر (التلف) بسبب الزحف أو الاجهاد Creep Rupture Property

2 . ريشة التوربين الثابتة Turbine Vane

- التحليل المعدني
- كاربيد مترسب Precipitated Carbide (ترسيب الكربيد هو حالة تحدث عندما يتم الاحتفاظ بالفولاذ الأوستنيتي المقاوم للصدأ austenitic stainless steels ساخنا جدا لفترة طويلة جدا .
- خاصية الشد Tensile Property

عملية تقييم وتقدير العمر لريشة التوربين المتحركة Life Evaluation Process for Turbine Blade

تقييم نتائج الفحص Evaluation of Inspection results

- شقوق أو تصدعات Cracks
- فقدان معدني Metal Loss (اكسدة Oxidation ، تأكل Corrosion ، اهتراء Wear)
- تقشر أو كشط طبقة الطلاء Coating layer ، استهلاك

إشارة إلى معايير التصليح

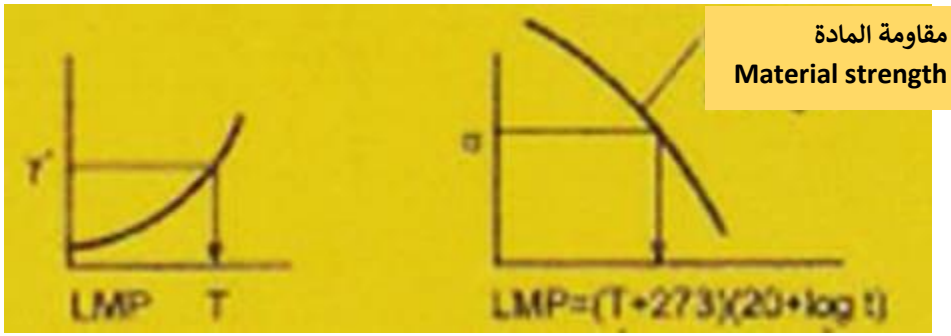
- شكل الطور 'y phase ، تغير عدد وحجم الحبيبات grain number ،
أفتراض درجة حرارة المعدن Metal Temp

تقدير العمر في ظل التشغيل الفعلي

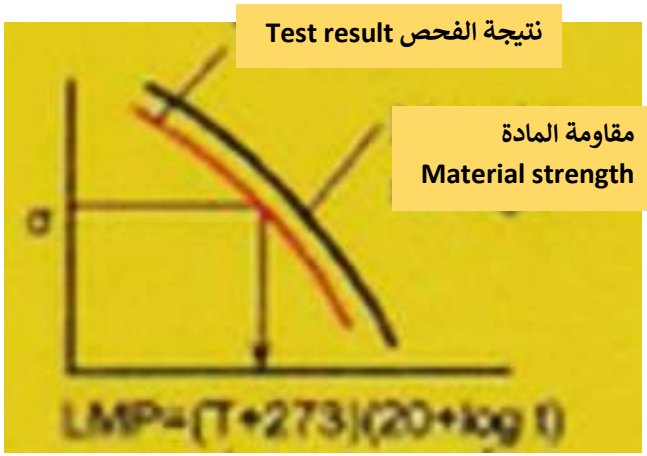
غير قابل للاستخدام ---- إتلاف

قابل للاستخدام ---- تصليح أو معالجة بأعادة التسخين Reheat Treatment (استعادة المادة material recovery) أو أستخدام مستمر (متواصل) .

توصية بالفحص التالي



يعتبر عامل لارسون ميلر (Larson-Miller parameter (LMP وسيلة للتنبؤ بعمر المادة مقابل الوقت ودرجة الحرارة باستخدام نهج مترابط يعتمد على معادلة معدل Arrhenius عادة ما يتم التعبير عن قيمة العامل ك LMP = T (C + log t) ، حيث C هو ثابت خاص بمادة ، غالبا ما يتم تقريبه ك (20) ، t هو الوقت بالساعات ، و T هي درجة الحرارة في وحدة كلفن kelvins . يصف عامل Larson-Miller تكافؤ الوقت عند درجة الحرارة للصُلب steel تحت عملية الزحف المنشط حراريا لتلف الإجهاد . يسمح بحساب الأوقات المكافئة اللازمة لحدوث تلف الإجهاد عند درجات حرارة مختلفة .

- تدهور نتيجة خاصية الكسر (التلف) بسبب الزحف أو الاجهاد Creep Rupture Property ----- تقدير العمر في ظل التشغيل الفعلي  تم الحصول على حالة استعادة المادة بنتيجة المعالجة بإعادة التسخين .	

عملية تقييم وتقدير العمر لريشة التوربين الثابتة Life Evaluation Process for Turbine Vane

تقييم نتائج الفحص Evaluation of Inspection results

- شقوق أو تصدعات Cracks
- فقدان معدني Metal Loss (اكسدة Oxidation ، تأكل Corrosion ، اهتراء Wear)
- تشوه (تغير الشكل) Deformation
- تقشر أو كشط طبقة الطلاء Coating layer ، استهلاك

إشارة إلى معايير التصليح

- غير قابل للاستخدام ---- إتلاف
- قابل للاستخدام ---- تصليح أو معالجة بأعادة التسخين Reheat Treatment أو أستخدام مستمر (متواصل) .

تقدير العمر في ظل التشغيل الفعلي

- شكل الطور 'y phase ، تغير عدد وحجم الحبيبات grain number ،
أفتراض درجة حرارة المعدن Metal Temp

- افتراض درجة حرارة المعدن Metal temp ---- درجة حرارة عالية بشكل غير طبيعي؟ (تكوين كاربيد مترسب precipitated carbide إلخ) .
- تدهور خاصية الشد Tensile property -------- تدهور غير طبيعي (انخفاض الليونة أو الممطوطية ductility)

توصية بالفحص التالي

ملاحظة : المطيلية أو الممطولية مصطلح يطلق على المواد ذات القابلية العالية للتشكيل ، فهي خاصية ميكانيكية تستخدم لوصف مادة يمكن أن تتشوه بشكل لدن بدون أن تنكسر . (قابلية الطرق والسحب) . تُعرف الليونة بالدرجة التي يمكن أن تتحمل بها المادة التشوه البلاستيكي (اللدن) plastic deformation تحت اجهاد الشد tensile stress قبل الفشل failure .

تقنية تمديد العمر Life Extension Technology

تقنية إعادة التسخين Reheat Technology وتتضمن ما يلي :

- درجة حرارة تسخين عالية للسبائك الفائقة المتدهورة .

ملاحظة : السبائك الفائقة superalloy أو السبائك عالية الأداء high-performance alloy هي مجموعة من سبائك النيكل والحديد والنيكل والكوبالت nickel, iron–nickel and cobalt alloys المستخدمة في المحركات النفاثة . هي تلك السبائك التي تبدي قوة ميكانيكية mechanical strength ممتازة ومقاومة زحف عالية thermal creep deformation resistance عند درجات الحرارة المرتفعة ، واستقرار سطحي surface stability جيد، ومقاومة عالية للتآكل والأكسدة corrosion and oxidation resistance

- تحلل Decomposition وإعادة ضبط الطور γ' المتزايد والكاربيد الحبيبي intergranular carbide .

(التآكل الحبيبي Intergranular corrosion (IGC) هو هجوم انتقائي بالقرب من حدود حبيبات الفولاذ المقاوم للصدأ grain boundaries of a stainless steel . يمكن ترسيب كاربيدات الكروم Chromium carbides أثناء المعالجة الحرارية heat treatment أو اللحام welding) .

- المعالجة الحرارية القياسية للمادة Standard heat treatment the material .

- استعادة الخواص الميكانيكية Recovery of mechanical properties .

References المراجع

1-Google Translate.
2- Wikipedia- the free encyclopedia ويكيبيديا ، الموسوعة الحرة
3- Dictionary of Engineering – Second Edition - McGraw-Hill
4- https://www.almaany.com/ موقع المعاني
٥- معجم المصطلحات العلمية والفنية والهندسية - أحمد شفيق الخطيب - ٢٠٠٥