

INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL

ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA

UNIDAD TICOMÁN

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE: INGENIERO EN AERONÁUTICA
POR LA OPCIÓN DE TITULACIÓN: SEMINARIO
DEBERAN PRESENTAR: LOS CC. PASANTE:
CERVANTES BAÑUELOS OMAR EDGAR
ESCOBEDO JUÁREZ ISAI

OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE METODOS DE INSPECCIÓN DE PND EN LOS COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA
	INTRODUCCIÓN
	JUSTIFICACIÓN
CAPÍTULO I	INFORMACIÓN GENERAL PARA LA INSPECCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL.
CAPÍTULO II	MÉTODOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS APLICADOS AL TREN DE ATERRIZAJE.
CAPÍTULO III	PROCEDIMIENTOS DE PND PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE ROTURAS Y DAÑOS DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
	GLOSARIO DE ACRÓNIMOS
	BIBLIOGRAFÍA

México, DF., a 31 de Octubre de 2008.

A S E S O R E S

M. B. A. MARCOS FRAGOSO MOSQUEDA

M. EN C. MARIO MENDEZ RAMOS



I. P. N.
ESCUELA SUPERIOR DE
INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
UNIDAD TICOMÁN
V. B. Bo.
DIRECCIÓN

AGRADECIMIENTOS

A MI FAMILIA:

Porque gracias a su apoyo y consejo he llegado a realizar la más grande de mis metas, la cual constituye la herencia más valiosa que pudiera recibir.

A MI MADRE Y HERMANA

Al término de esta etapa de mi vida quiero expresar un profundo agradecimiento, a quienes con su ayuda, apoyo y comprensión me alentaron a lograr esta hermosa realidad.

Como un pequeño testimonio por el gran apoyo brindado durante los años difíciles y más felices de mi vida, en los cuales he logrado terminar mi carrera profesional, la cual constituye un aliciente para continuar con mi superación.

Con admiración y respeto

ING. ESCOBEDO JUAREZ ISAI

AGRADECIMIENTOS

A MIS PADRES:

Como un testimonio de cariño y eterno agradecimiento por el apoyo moral y estímulos brindados con infinito amor y confianza y por infundir en mí, ese camino que inicio con toda la responsabilidad que representa el término de mi carrera profesional.

Por sus cuidados, amor y orientación, por sus sabios consejos que me orientaron por el camino recto de la vida.

Dios me ha dado la bendición de tenerte y la oportunidad de contar contigo y compartir mis fracasos, triunfos, tristezas y alegrías.

A DIOS:

En la vida se dan pocas oportunidades para salir adelante y contar con un ser que nos induzca y enseñe que no debemos darnos por vencidos para lograr nuestras metas e ideales.

Infinitamente te agradezco todo el apoyo que me has brindado para subir este escalón que será el inicio de mi profesión.

Con todo mi amor. Gracias.

ING. CERVANTES BAÑUELOS OMAR EDGAR

ÍNDICE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	5
OBJETIVO GENERAL	6
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	6
INTRODUCCIÓN	7
JUSTIFICACIÓN	8
CAPITULO I	
INFORMACIÓN GENERAL PARA LA INSPECCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL.	
1.1 INSPECCIONES REQUERIDAS	9
1.2 PROCESOS DE INSPECCIÓN EN LOS COMPONENTES DE AERONAVES.	14
CAPITULO II	
MÉTODOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS APLICADOS AL TREN DE ATERRIZAJE.	
2.1 VISUAL (VT).	21
2.2 LÍQUIDOS PENETRANTES (PT).	22
2.3 PARTÍCULAS MAGNÉTICAS (MT).	27
2.4 CORRIENTES PARASITAS (ET).	47

CAPITULO III

PROCEDIMIENTOS DE PND PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE ROTURAS Y DAÑOS DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80.

3.1 CONCEPTO	51
3.2 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIONES POR PND DEL CILINDRO DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DEL AVIÓN MD80.	53
3.3 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIONES POR PND DEL PISTÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DEL AVIÓN MD80.	65

RECOMENDACIONES DE MEJORAS PARA LA DETECCIÓN DE ROTURAS Y DAÑOS AL CILINDRO Y PISTÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80	79
--	-----------

CONCLUSIONES	82
---------------------	-----------

GLOSARIO DE ACRÓNIMOS	83
------------------------------	-----------

BIBLIOGRAFIA	
---------------------	--

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A través de la operación del equipo MD80 desde su fabricación original, podemos plantear el problema que existe con los trenes de aterrizaje principal de la aeronave MD80, los cuales por el alto tiempo de operación se han ido deteriorando causando daños por fatiga en sus componentes, principalmente en los actuadores, barras deslizantes, barras de torsión, en el cilindro amortiguador, el pistón de sujeción de ruedas y del propio cilindro, por lo que el fabricante “Boeing” ha emitido varios boletines de servicio, en las cuales recomienda realizar inspecciones por PND al pistón y cilindro de amortiguación con mayor frecuencia, con la finalidad de que sigan manteniendo un nivel alto de confiabilidad y operación en estos componentes, los cuales por su función de operación se consideran elementos que requieren un alto nivel calidad. Es de importancia tomar en cuenta que si las inspecciones de PND, no se llevan a cabo podemos poner en riesgo la seguridad de los pasajeros, tripulación y aeronave a demás de tener grandes pérdidas en los costos de mantenimiento. Por estos motivos se deben analizar los procedimientos de Pruebas no destructivas aplicados a los componentes antes mencionados y proponer alternativas, las cuales ayuden a detecta: roturas o daños de los materiales en etapas iniciales.

OBJETIVO GENERAL.

Optimizar las inspecciones de pruebas no destructivas aplicadas al pistón y cilindro de amortiguación del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80, con esto propondremos mejoras en los procedimientos de inspecciones de PND que permitan una mayor oportunidad de detección anticipada de fisuras, roturas o daños estructurales que se presenten en los componentes.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

1.- Recopilar la información para la inspección de aeronaves de acuerdo a los procedimientos de mantenimiento, con respecto a las inspecciones de PND que debe de optimizarse en los diferentes intervalos del servicio de línea y programado al tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80.

2.- investigar y analizar la actualización de los procedimientos de inspecciones aplicadas al cilindro y pistón del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80, con la finalidad de obtener un mejor monitoreo de estos componentes, para detectar oportunamente la formación de fisuras, roturas, o daños estructurales, por evidencias de fugas, reportes de bitácora y recomendar las acciones de mantenimiento necesarias en función de la optimización de las PND.

INTRODUCCIÓN

En este trabajo se tratara de explicar los principales métodos de las inspecciones de pruebas no destructivas, así como los procedimientos que se deben seguir para la inspección del pistón y cilindro de amortiguamiento del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80. Basándonos en los manuales del fabricante, boletines de servicios, procesos de mantenimiento, y directivas de aeronavegabilidad. Se desarrollaran propuestas de mejora de las PND que nos ayudaran a detectar fisuras o roturas y mantener un nivel operacional más alto (horas o ciclos según aplique) del tren de aterrizaje principal.

Una de las principales fuentes de información para poder realizar inspecciones por PND a los trenes de aterrizaje principal son los manuales del fabricante, la correcta interpretación y utilización de estas guías, serán de gran ayuda para poder mejorar los procedimientos de inspección por métodos no destructivos. Esto incluye manuales y boletines de servicio del fabricante, catálogos de partes ilustradas y así también las regulaciones de FAA, directivas de aeronavegabilidad, circulares de aviso y especificaciones de la aeronave.

Las pruebas no destructivas como su nombre lo indican, (NDT Non Destructive Testing) son pruebas o ensayos de carácter NO destructivo, que se realizan a los materiales, ya sean metales, o compuestos. Este tipo de pruebas, generalmente se emplea para determinar cierta característica física o química del material en cuestión. Por lo que es importante conocer las principales pruebas aplicadas a trenes de aterrizaje.

JUSTIFICACIÓN

Este problema surge de la necesidad de optimizar los procedimientos y métodos en la inspección de trenes de aterrizaje, ya que por los tiempos de operación del tren de aterrizaje, estos componentes se han ido deteriorando y acumulando esfuerzos en gran parte de su estructura. Por eso en este trabajo, se contribuye con una pequeña parte del proceso de inspección del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80 en base al manual de mantenimiento de componente, boletines de servicio y especificaciones del fabricante. Utilizando algunas de las pruebas no destructivas que existen actualmente analizaremos dicha información para optimizar los procedimientos de inspección, con esto propondremos un método más funcional.

El uso adecuado de los métodos, técnicas y un correcto procedimiento de inspección, nos dan como resultado una detección a tiempo de daños en los materiales de cualquier índole en el tren de aterrizaje, lo cual va a permitir reducir la daños mayores, teniendo un mayor grado de confiabilidad en la operación del tren de aterrizaje. Por eso en este proyecto daremos los procedimientos más óptimos para las inspecciones de tren de aterrizaje principal, de acuerdo al manual de mantenimiento de la aeronave, enfocándonos principalmente al cilindro y pistón, ya que por su funcionamiento se consideran componentes críticos.

Con este trabajo se pretende que los ingenieros aeronáuticos dispongan de mejoras en los métodos, técnicas, procedimientos y recomendaciones de inspección de pruebas no destructivas, aplicadas a un tren de aterrizaje para la detección temprana de roturas, discontinuidades y fatiga de los materiales en sus componentes.

CAPITULO 1

INFORMACIÓN GENERAL PARA LA INSPECCIÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL.

Se denomina tren de aterrizaje al conjunto de ruedas, soportes, amortiguadores, cilindro, pistón y otros equipos que un avión utiliza para aterrizar o maniobrar sobre una superficie.

Aunque por su denominación, el tren de aterrizaje parece sugerir una única función a este sistema, realmente cumple varias funciones: sirve de soporte al aeroplano, posibilita el movimiento del avión en superficie, incluyendo despegues y aterrizajes y amortigua el impacto del aterrizaje. Las operaciones en superficie exigen del tren de aterrizaje capacidades de direccionamiento, frenado, y para amortiguar el aterrizaje, debe ser capaz de absorber impactos de cierta magnitud.

1.1 INSPECCIONES REQUERIDAS.

Las inspecciones son verificaciones visuales y manuales para determinar la condición de la aeronave y sus componentes. Una inspección de aeronave puede abarcar desde una casual, caminando alrededor de la aeronave a una inspección detallada incluyendo desarmado completo y uso métodos no destructivos. Un sistema de inspección consiste de varios procesos, incluyendo:

1. Reportes hechos por el técnico de aviación, la tripulación de vuelo de una aeronave.
2. Inspecciones regulares programadas de una aeronave.

3.- Inspecciones por Pruebas No Destructivas recomendadas en los manuales de mantenimiento o en muchos casos por situaciones presentadas en componentes como los boletines de servicio, las cuales requieren se aplique un método no destructivo para la localización de alguna fisura o daño en el componente. Estas inspecciones también son programadas y se efectúan de acuerdo a la complejidad de la prueba y de la disponibilidad de tiempo.

Con base a lo anterior. Un sistema de inspección es diseñado para mantener las aeronaves en la mejor condición posible. Las Inspecciones repetitivas y especiales deben estar consideradas en la realización de un buen programa de mantenimiento.

Ha sido comprobado que el mantenimiento preventivo e inspecciones programadas regularmente aseguran la aeronavegabilidad de la aeronave. Fallas operacionales y mal funcionamiento del equipo son apreciablemente reducidas si el desgaste excesivo o defectos menores son detectados y corregidos oportunamente, la importancia de las inspecciones y uso adecuado de registros concernientes a estas inspecciones no puede ser desfasado.

INSPECCIONES REQUERIDAS

Las regulaciones de la aviación federal (FAR, Federal Aviation Rules) así como las del fabricante proporcionan la información necesaria para las pruebas no destructivas de todas las aeronaves civiles a intervalos específicos dependiendo generalmente sobre el tipo de operaciones con el cual están comprometidos, para el propósito de determinar su condición general. En este caso nos referiremos al tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80, el cual debe ser inspeccionado una vez cada 12 meses calendario, mientras para otras aeronaves deben inspeccionarse cada 100 horas de vuelo. En otros

casos una aeronave puede ser inspeccionada de acuerdo con un sistema el cual deberá proveer una inspección total sobre un periodo de calendario o de tiempo de vuelo para que se efectúen las inspecciones aplicables al tren de aterrizaje.

En orden para determinar los requerimientos de inspección específica y sus reglas para la ejecución de las inspecciones, deberán referirse a los FARs que prescriben los requerimientos para la inspección por pruebas no destructivas y mantenimiento de aeronaves en varios tipos de operaciones técnicas de inspección.

LISTA DE VERIFICACIÓN (CHECK LIST)

Invariablemente se debe utilizar una lista de verificación cuando se este efectuando una inspección, la cual puede ser de su propio diseño o la proporcionada por el fabricante del equipo que este siendo inspeccionada o una obtenida de alguna otra fuente. La lista de verificación debe incluir lo siguiente:

4. Grupo del tren de aterrizaje

- a) Todas las unidades del tren. Por condición y seguridad de fijación.
- b) Amortiguadores de vibración. Por nivel correcto del servicio neumático.
- c) Uniones, barras de carga y miembros estructurales. Por desgaste o uso indebido, fatiga y distorsión.
- d) Mecanismo de retracción y aseguramiento. Por operación correcta.
- e) Líneas hidráulicas. Por fugas y deterioro evidente.
- f) Sistema eléctrico. Por rozamiento de líneas y fijación correcta de componentes eléctricos y por operación correcta de ruptores e interruptores.

- g) Mazas. Por defectos, roturas y por condición de baleros.
- h) Neumáticos. Por desgaste y cortaduras provocadas por algún objeto extraño.
- i) Frenos. Por ajuste correcto y condición de balatas o discos de carbón o acero y por fugas de hidráulico.
- j) Patines y flotadores. Por seguridad de sujeción y por defectos obvios.

REGISTRO DE OPERACIÓN DE LA AERONAVE (AIRCRAFT LOGS)

La FAA utiliza el término “Aircraft Logs” para referirse a la bitácora de la aeronave donde deberá anotarse todo lo concerniente a la operación de la aeronave y todos los registros suplementarios, esto proporciona la historia del mantenimiento y su operación, control de los programas de mantenimiento, y los datos para el tiempo de reemplazo de los componentes y accesorios de la aeronave.

El corolario de esto en la bitácora de la aeronave es el registro en el cual todos los datos concernientes a la aeronave son anotados, quedando debidamente registrados y considerados como información principal para determinar la condición de la aeronave, datos de inspección, tiempo del planeador y de los motores. Refleja la historia de todos los eventos que ocurren a la aeronave, sus componentes y accesorios. Y contiene un lugar para indicar el cumplimiento con las directivas de aeronavegabilidad de FAA y los boletines de servicio del fabricante.

INSPECCIONES ESPECIALES

Durante la vida útil de una aeronave, ocasionalmente puede afectarse cuando los aterrizajes son realizados en una condición de sobrepeso o parte del vuelo se realiza a través de severa turbulencia y /o también son experimentados aterrizajes bruscos.

Cuando estas situaciones se presentan, existen procedimientos de inspección especial deben llevarse a cabo para determinar si algún daño ha ocurrido en la estructura de la aeronave. Los procedimientos que a continuación se mencionaran son de carácter general para ser entendidos y efectuados por el técnico supervisor y/o técnico de aviación, donde se mencionan las áreas a ser inspeccionadas aunque no están todos incluidas; Por lo que cuando se ejecute alguna de estas inspecciones especiales, siempre deberán de seguir las instrucciones de los procedimientos detallados en el manual de mantenimiento de la aeronave.

Antes de iniciar una inspección, debemos, tomar nota de cualquier evidencia de líquido que reflejen alguna fuga de fluido, hidráulico, agua, neumático y aceite. A demás de asegurarnos que todos los componentes estén limpios.

INSPECCIONES POR ATERRIZAJE BRUSCO O CON SOBREPESO

El esfuerzo estructural inducido por un aterrizaje depende no solamente del peso bruto al momento del contacto, sino también de la severidad del impacto. Sin embargo por la dificultad para estimar la velocidad vertical al momento del contacto, es difícil juzgar si ha sido o no un aterrizaje lo suficientemente severo para provocar un daño, por ésta razón debe ser efectuada una inspección especial después que el aterrizaje se realiza a un peso conocido por exceder el peso de diseño de aterrizaje o después de un aterrizaje brusco o forzado, aunque la aeronave no haya excedido este peso de diseño o no presente daños estructurales a simple vista.

1.2 PROCESOS DE INSPECCIÓN EN LOS COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE.

MANUALES

Los manuales son las fuentes de información para guiar a los inspectores de pruebas no destructivas, supervisores y técnicos de aviación en la operación y mantenimiento de la aeronave y su equipamiento respectivo. La utilización correcta de estas guías, serán de gran ayuda para optimizarlas. Esto incluye manuales y boletines de servicio del fabricante, catálogos y así también las regulaciones de FAA, como las directivas de aeronavegabilidad, circulares de aviso y especificaciones de la aeronave, motor, grupo propulsor, componentes y accesorios respectivos.

BOLETINES DE SERVICIO

Son uno de los varios tipos de publicaciones emitidos por los fabricantes del planeador, motor y componentes de la aeronave que en base a acontecimientos en las operaciones de la aeronave recomiendan modificaciones a los procedimientos, ajustes o cambios de operación que incluye lo siguiente.

1. El depósito de la emisión de la publicación;
2. El nombre del planeador o componente aplicable;
3. Instrucciones detalladas para el servicio, ajuste, modificación o inspección y origen de partes si son requeridas.
4. El número estimado de horas hombre requeridas para lograr un trabajo.

MANUAL DE MANTENIMIENTO DE LA AERONAVE

Instrucciones completas para el mantenimiento de todos los sistemas y componentes instalados en la aeronave. Además contiene información para el técnico de aviación quien normalmente trabaja con las unidades, ensambles y sistemas estando instaladas en la aeronave y que no están en reparación mayor. Un manual de mantenimiento de la aeronave típico contiene:

1. Descripción de los sistemas, tales como combustible, controles de vuelo, eléctrico, hidráulico, etc.
 2. Instrucciones de lubricación ubicando la frecuencia y los líquidos y lubricantes a ser usados en los diversos sistemas que así lo requieren.
 3. Cargas de presión y eléctricas aplicables en los diversos sistemas que así lo requieren.
 4. Tolerancias y ajustes necesarios para que opere correctamente la aeronave.
 5. Métodos de nivelación, levantamiento y remolque de la aeronave.
 6. Métodos de balance de superficies de control.
 7. Identificación de estructuras primarias y secundarias.
 8. Frecuencia y extensión de inspecciones necesarias para la operación adecuada de la aeronave.
 9. Métodos de recopilación especiales aplicables a la aeronave.
 10. Técnicas de inspección especiales que requieren inspecciones de rayos x, ultrasonidos, corrientes parásitas, partículas magnéticas de líquidos penetrantes y /o boroscópicas.
 11. Relación de herramientas especiales.
-

MANUAL DE REPARACIÓN MAYOR O DE OVERHAUL. Este manual del fabricante contiene información descriptiva y detallada con instrucciones paso a paso cubriendo el trabajo que normalmente se ejecutan en una unidad o parte removida de la aeronave. Partes sencillas tales como interruptores y relevadores no son cubiertos por este manual ya que su reparación no es económica.

MANUAL DE REPARACIONES ESTRUCTURALES. Este manual contiene información e instrucciones específicas del fabricante para reparación de estructuras primarias y secundarias. Piel típica, mampara y armazones, costillas y reparaciones de largueros son cubiertas en este manual. También son incluidas sustituciones de material y sujetadores y técnicas especiales de reparación.

CATÁLOGO DE PARTES ILUSTRADAS (I.P.C.) presenta en partes la estructura del componente y el equipo en secuencia de desarmado, también son incluidas vistas expandidas o ilustraciones en corte para todas las partes y equipo manufacturado por el fabricante de la aeronave y de los componentes.

REGULACIONES DE LA AVIACIÓN FEDERAL (FAR). Fueron establecidas por ley, para proporcionar seguridad y conducción ordenada de las operaciones de vuelo y para prescribir los privilegios y limitaciones del hombre del aire. Un conocimiento de los FAR's es necesario durante la ejecución del mantenimiento, ya que todo trabajo realizado a la aeronave debe cumplir con lo previsto por los FAR.

DIRECTIVAS

DIRECTIVAS DE AERONAVEGABILIDAD (ADS)

Una función primaria de seguridad de la administración de la Aviación Federal es requerir la correlación de condiciones existentes que afecten la normalidad del desarrollo en otros productos del mismo diseño. La condición insegura puede existir debido a defectos del diseño o mantenimiento u otras causas. El FAR 39 de directivas de aeronavegabilidad (AD), y 39.1 su aplicabilidad, define la autoridad y responsabilidad del administrador para requerir la acción correctiva necesaria.

Las ADs son el medio utilizado para notificar a los propietarios de las aeronaves y otras personas interesadas de las condiciones inseguras y prescribir las condiciones bajo las cuales el producto puede continuar siendo operado. Las ADs son regulaciones de la Aviación Federal (FAR) y deben ser cumplidos a menos que se especifique una excepción en garantía de efectuarlo posteriormente y que no afecte la aeronavegabilidad. Los AD's pueden ser divididos dentro de dos categorías: 1. Aquellas de natural emergencia que requieren cumplimiento inmediato después de recibirlas y 2. Aquellas de una menor naturaleza urgente que registran cumplimiento dentro de un periodo relativamente largo de tiempo.

El contenido de las AD's incluye el modelo y número de serie de la aeronave, motor, propulsión o de la parte a aplicar afectada. También incluye el tiempo o periodo de cumplimiento, una descripción de la dificultad (incidente o accidente) experimentada y la acción correctiva necesaria.

Hojas de dato de certificación tipo. Estas hojas describen el diseño tipo y DETERMINA las limitaciones por las regulaciones de la Aviación Federal aplicables. También incluye algunas otras limitaciones y se encuentra la información necesaria para la certificación tipo de una aeronave de modelo particular.

Las hojas de datos de certificación tipo son numeradas en la esquina superior derecha de cada página. Este número es igual al número de certificación tipo. El nombre del sostenedor del certificado tipo, junto con todos los modelos aprobados aparece inmediatamente abajo del número de certificado tipo. Los datos de edición completan este grupo, lo cual es adjuntado en una bitácora de control.

La hoja de datos es separada dentro de una o más secciones, cada sección por un número romano seguido por la designación del modelo de la aeronave para cual pertenece la sección. La categoría o categorías en las cuales la aeronave puede ser certificada son mostradas en paréntesis siguiendo el número de modelo. También incluye la fecha de aprobación del certificado tipo.

La hoja de datos contiene información como la que a continuación se menciona:

1. Designación del modelo de motores por el cual el fabricante de la aeronave obtuvo aprobación para utilizarlos con el modelo de la aeronave.
 2. Límites de velocidad del aire en MPH y nudos.
 3. Rango del centro de gravedad para condiciones extremas de carga de aeronave dada en pulgadas desde el DATUM establecido. El rango puede también ser establecido en porcentaje de la cuerda aerodinámica media (MAC Mean Aerodynamic Chord) para aeronave de categoría de transportes.
 4. Rango del centro de gravedad (r.c.g.) con peso vacío (cuando sea establecido) en tasa dado como los límites delantero y trasero en pulgadas desde el datum establecido. Si no existe rango la palabra “none” (ninguno) será mostrada siguiendo el rumbo de la hoja de dato.
 5. Ubicación del Datum.
 6. Proveer de medios para nivelar la aeronave.
 7. Disponer de todos los pesos máximos pertinentes.
 8. Número de asientos y sus brazos de palanca (momento).
 9. Capacidad de combustible y aceite.
 10. Movimientos de las superficies de control.
 11. Equipo requerido.
 12. Equipo especial o adicional que se determine de la placa para la certificación.
 13. Información concerniente a los requerimientos de la placa.
-

Los anteriores datos no son todos los que pueden ser mostrados a la autoridad y se consideran básicos generales para la inspección, supervisión y de los técnicos de aviación.

ESPECIFICACIONES ATA 100. La Asociación de Transporte Aéreo de América (ATA) ha emitido especificaciones para los fabricantes técnicos desde el 1º de junio de 1956.

Cita 1: “Esta especificación establece un estándar para la introducción de datos técnicos de la aeronave sus accesorios y componentes por fabricante para sus productos”.

Cita 2: “En orden para estandarizar el tratamiento de la parte o componente fabricado y para simplificar los problemas del usuario para localizar las instrucciones en un método uniforme de arreglo del material en todas las publicaciones que hayan sido desarrolladas”

La especificación ATA 100 tiene dividida la aeronave en sistemas tales como el de tren de aterrizaje que cubren el sistema básico del tren (ATA 32 00). Numerando en cada sistema principal el arreglo adecuado para identificar varios subsistemas. El manual de partes hasta el último modelo en los 80's tenía más o menos 12500 líneas de división y los manuales de mantenimiento se han conformado con base al ATA. A continuación podemos ver las especificaciones del ATA 100 del tren de aterrizaje.

Sistema	Subsistema	Título
32		Tren de aterrizaje
	00	Generalidades
	10	Tren principal
	20	Tren de nariz /patín de cola
	30	Controles de extensión /retracción
	40	Ruedas y frenos
	50	Control direccional de nariz
	60	Alarmas de posición y seguros de seguridad en tierra
	70	Puertas del tren de aterrizaje
	80	Suplementario (patines, flotadores, etc.)

CAPITULO 2

MÉTODOS DE PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS APLICADOS AL TREN DE ATERRIZAJE.

Como se ha estado comentando la aplicación de diferentes técnicas de inspección para mantener la seguridad y aeronavegabilidad de las aeronaves son diversas y deben seguir un método para efectuarlas desde la más sencilla, como la visual, hasta la más compleja, como la gamagráfica, verificar con pruebas no destructivas la integridad de la aeronave sus componentes y sus trenes de aterrizajes nos va a dar oportunidad de detectar daños y fisuras en tiempo, con esto podremos prevenir perdidas totales de trenes de aterrizaje. A continuación se describen los principales métodos no destructivos aplicados:

A continuación se da una tabla comparativa de los métodos utilizados para la inspección de trenes.

CUADRO COMPARATIVO DE MÉTODOS PND.

MÉTODO	APLICACION	VENTAJAS	DESVENTAJAS
VISUAL	Detección de defectos superficiales o daño estructural en todos los materiales	1.- simple de usar en áreas donde otros métodos son imprácticos. 2.- las ayudas ópticas mejoran el método	1.- la confiabilidad depende de la capacidad y experiencia del operador. 2.- se requiere accesibilidad para la inspección directa o con baroscopio.
LÍQUIDOS PENETRANTES	Detección de roturas superficiales en todos los metales (piezas vaciadas, forjadas, maquinadas, soldaduras, etc.	1.-simple de aplicar 2.-barato 3.-fácil de interpretar 4.-relativamente rápido	1.- los defectos deben estar abiertos a la superficie 2.- las piezas deben ser limpiadas cuidadosamente antes y después de la prueba 3.- requiere personal entrenado

OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE METODOS DE INSPECCIÓN DE PND EN LOS COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

PARTÍCULAS MAGNÉTICAS	Detección de defectos superficiales o cercanos a la superficie, en materiales ferromagnéticos, de cualquier forma o tratamiento térmico	1.-relativamente simple 2.-portátil (algunos) 3.-rápido 4.-relativamente barato	1.- el flujo magnético debe ser perpendicular al plano del defecto 2.- las piezas deben ser limpiadas cuidadosamente antes y después de la prueba 3.- requiere personal entrenado
CORRIENTES PARASITAS (ALTA FRECUENCIA)	Detección de defectos superficiales en piezas metálicas (roturas, corrosión incrustaciones, etc.) medición de conductividad para determinación de tratamiento térmico / relación con cambios de dureza	1.- portátil 2.- costo moderado 3.- proporciona resultados inmediatos 4.- sensible a defectos pequeños 5.- requiere mínima reparación del área	1.- adecuado solo para inspección de metales 2.- requiere probetas y patrones específicos para cada inspección 3.- sensible a variaciones en la geometría de las piezas 4.- requiere personal altamente calificado
CORRIENTES PARASITAS (BAJA FRECUENCIA)	Detección de defectos sub-superficiales en materiales metálicos, corrosión, adelgazamiento, separación de capas, etc.	1.- útil para localización de roturas no abiertas al exterior, sin desensamble de la estructura 2.- portátil 3.- costo moderado 4.- resultados inmediatos	1.- requiere sensores mayores mientras menor sea la frecuencia utilizada. 2.- mismas que en el método de alta frecuencia

2.1 INSPECCIÓN VISUAL

Partiendo de la definición de la palabra esta significa examen para determinar el cumplimiento de las partes o ensambles con sus especificaciones y concretamente la inspección visual es la que se realiza a simple vista o con ayudas ópticas, como pueden ser lentes de aumento, espejos, herramientas de medición, baroscopios, etcétera y se aplica en la detección de defectos sobre la superficie.

La información obtenida de la inspección se utiliza para:

a) Clasificación del producto

b) Ajuste del proceso

c) Información para el control de calidad

d) Retroalimentación para reclamos de garantía

e) Interacción directa con los proveedores (para lo cual inclusive en la aviación se utiliza el concepto de inspección de recepción para determinar la condición de la materia prima, artículos especializados, componentes y subensambles, manufacturados o reparados).

Todos y cada uno de los métodos de inspección en las aeronaves son también conocidos de pruebas no destructivas, siendo la visual una de las más importantes, siendo el ojo humano el principal instrumento para efectuarlo y por lo tanto es el origen de la implementación de las inspecciones de las pruebas no destructivas, que como su nombre lo indica se efectúan sin destruir el material bajo prueba y a continuación serán definidos sus usos, ventajas y desventajas.

2.2 INSPECCIÓN DE LÍQUIDOS PENETRANTES.

Éste método es una prueba no destructiva para detectar defectos abiertos a la superficie en partes de cualquier material no poroso , se utiliza con igual éxito sobre metales como el aluminio, magnesio, bronce, cobre, hierro forjado, acero inoxidable y titanio. También puede ser usado en cerámica, plásticos, hule moldeado y vidrio.

La inspección penetrante detectará defectos tales como roturas en las superficies o porosidades, defectos causados por arrugamiento, fatiga agrietamientos, reventones, astilladuras, fragilización, etc. Además este tipo de inspecciones indicará falta de adhesión entre la unión de los metales.

La principal desventaja de este método de inspección es que el defecto debe estar abierto a la superficie para permitir que el penetrante llegue dentro del defecto. Por esta razón si la parte en cuestión está hecha de material magnético es recomendable utilizar la inspección penetrante de partículas magnéticas o la inspección electromagnética.

El éxito de la inspección por líquidos penetrantes depende de que el líquido penetrante entre en la superficie abierta y permanezca claramente visible al operador. Esto puede hacer visual en la parte dañada pero podría haber dudas que con la examinación de la parte con líquidos después de procesar se incrementara la visibilidad de defecto, así que podrá confirmarse más fácilmente.

El kit de líquido penetrante consiste de removedor limpiador emulsificador, penetrante seco emulsificador y revelador. El kit fluorescente consiste de un conjunto de luz negra, botes de spray limpiador, penetrante y revelador. EL conjunto de luz consiste de un transformador de potencia, cable de conexión eléctrica flexible y una lámpara de mano que por su tamaño puede ser usada en casi cualquier posición o lugar.

Los pasos para ejecutar la Inspección por líquido penetrante son:

1. Limpieza minuciosa de la superficie a inspeccionar.
2. Aplicar el penetrante mínimo a una distancia de 10 centímetros de la superficie.
3. Remover el penetrante sobre la superficie con removedor, emulsificador o limpiador.
4. Seque la parte mínimo un minuto a temperatura ambiente.
5. Aplicar el revelador.
6. Inspeccionar e interpretar los resultados.

PROCEDIMIENTO DE LÍQUIDOS PENETRANTES

El éxito y confiabilidad de una inspección por líquidos penetrantes depende de la manera que la parte fue reparada por lo que se recomienda la aplicación de principios básicos en este tipo de inspección, como son:

1. El penetrante debe entrar en el defecto en orden para formar una indicación. Es importante permitir un tiempo aproximado de 10 minutos para que el penetrante pueda llenar el defecto. El defecto debe estar limpio y libre de materiales contaminantes para que el penetrante esta libre para entrar.
2. Si el penetrante es lavado fuera del defecto no se tendrá una indicación adecuada del mismo. Si se lava o enjuaga antes de que penetre adecuadamente en el defecto es posible que se remueva éste desde el interior del defecto como de la superficie.
3. Identificar roturas que sean visiblemente fáciles de detectar en superficies no contaminadas y simples de limpiar y no aplicar la inspección de líquidos penetrantes solo en caso de duda.
4. El defecto más pequeño de mayor longitud o fisuras muy delgadas requieren un tiempo mayor de penetración para detectar defectos tales como los poros.
5. Cuando la parte a ser inspeccionada es hecha de un material susceptible al magnetismo, debe ser inspeccionada por el método de inspección de partículas magnéticas si se tiene el equipo disponible.
6. Cuando se aplique el revelador a la superficie de una parte deberá secarse suavemente al ambiente y formar una capa blanca que se abrirá con una indicación de rojo brillante en la zona que se tenga un defecto, si no aparece esta indicación obviamente no hay rotura.

7. Cuando la inspección es con penetrante fluorescente el defecto deberá observarse utilizando una lámpara de luz negra y este aparecerá de un color verde amarillo brillante y las áreas aledañas aparecerán con un color azul violeta.

8. Es posible examinar una indicación de un defecto y determinar su causa tanto como su extensión si conocemos el proceso de manufactura al cual la parte fue sometida.

El tamaño de la indicación o acumulación de penetrante, mostrara la extensión del defecto, y la brillantez será una medida de la profundidad. Roturas profundas contendrán más penetrante y ampliarán y harán más brillante el defecto. Aperturas pequeñas contendrán sólo pequeñas cantidades de penetrante y esto hará que aparezcan líneas finas brillantes rojas o verde amarilla.

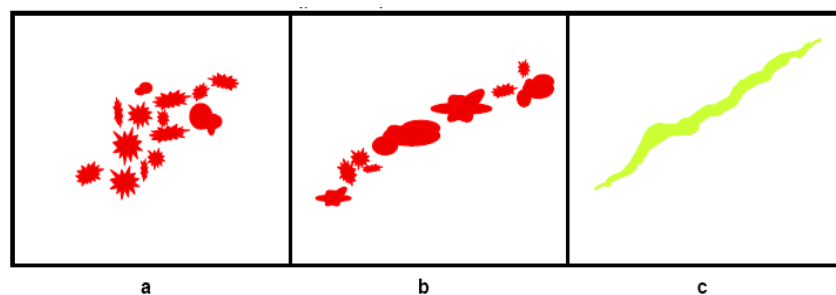


Fig. 2.1 Se muestra una de las principales indicaciones de rotura por inspección de líquidos penetrantes visibles a luz normal (a y b) y por luz ultravioleta (c).

- a. Puntos de porosidad
- b. Rotura por apriete o unión parcialmente soldada
- c. Rotura o apertura similar

INDICACIONES FALSAS

Cuando la superficie a inspeccionar requiere métodos de inspección de partículas magnéticas hay dos condiciones que pueden crear acumulación de penetrante que se confunden algunas veces con roturas y discontinuidades.

La primera condición desarrolla indicaciones falsas por lavado deficiente por limpieza inadecuada de la superficie y defectos a inspeccionar, por lo que es recomendable utilizar también algún desengrasante para remover la suciedad o el penetrante en la superficie después de aplicar.

La segunda también se presenta cuando la inspección se realiza en superficies ensambladas a presión como baleros, ruedas, bujes, etc. por lo que el penetrante mostrará una línea roja o verde amarilla en la unión con la superficie de estos componentes, que son fácilmente identificados previos a la inspección.

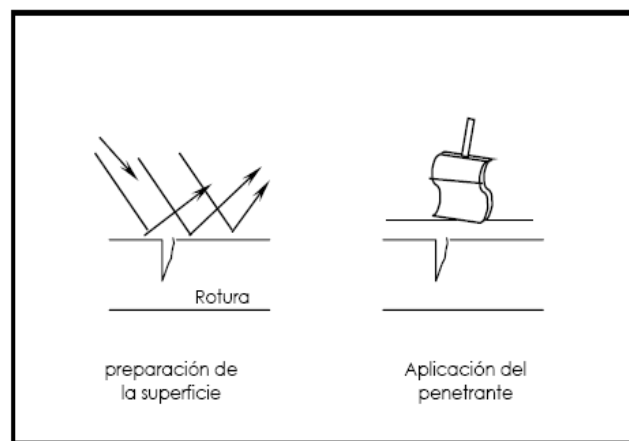


Fig. 2.2 Aplicación del penetrante

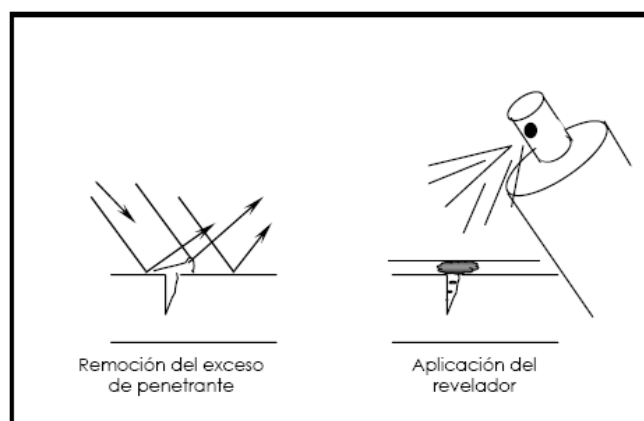


Fig. 2.3 Remoción del penetrante y aplicación del revelador

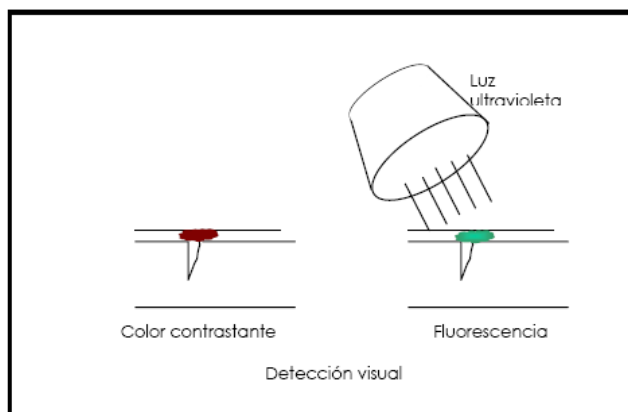


Fig. 2.4 Inspección final en defecto visual del color contrastante y fluorescente

2.3 INSPECCIÓN DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS E INSPECCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

Esta inspección es un método de detección de roturas no visibles y de otros defectos en materiales ferromagnéticos como el hierro y el acero. Este método de inspección es una prueba no destructiva que significa que si es efectuada en la parte correspondiente esta no se daña pero es no aplicable a materiales no magnéticos.

Las partes altamente reforzadas de la aeronave son sometidas a movimientos de rotación instantáneos, recíprocos y de vibración que frecuentemente desarrollan pequeños defectos en puntos que pueden causar falla completa de las partes. La inspección de partículas magnéticas ha demostrado una confiabilidad para la detección eficiente de esta clase de defectos que se localizan en o cerca de la superficie. Usando este método de inspección la localización del defecto es indicado en el tamaño y forma aproximada delineado en superficie.

El proceso de inspección consiste de magnetizar la parte y aplicarle partículas ferromagnéticas a la superficie del área a inspeccionar. Las partículas ferromagnéticas

(medio de indicación) están contenidas en suspensión en un líquido que es vaciado sobre la parte a inspeccionar, la cual también puede ser sumergida en el líquido en suspensión; Las partículas en Remoción del exceso de penetrante en forma de polvo seco, pueden ser espolvoreadas sobre la superficie de la parte a inspeccionar, el proceso húmedo es el más comúnmente utilizado en la inspección de partes de la aeronave.

Si una discontinuidad esta presente las líneas de fuerza magnética serán perturbadas y polos opuestos existirán sobre cada lado de la discontinuidad. Las partículas así magnetizadas formaran un patrón, en el campo magnético entre los polos opuestos. Este patrón se conoce como una “indicación”, que asume la forma aproximada de la proyección a la superficie de la discontinuidad; que puede ser definida como una interrupción en la estructura física normal o la configuración de una parte con defecto tal como una rotura, falla de forjado, grietas, hendiduras, inclusiones, porosidades y lo que se le parezca. Una discontinuidad puede y no afectar la utilización de una parte de la aeronave

DESARROLLO DE INDICACIONES

Cuando una discontinuidad en un material magnetizado esta abierto a la superficie y una sustancia magnética la forma de un medio de indicación este disponible sobre la superficie, la fuga de flujo en la discontinuidad tiende a formar el medio de indicación dentro de una trayectoria de la más alta permeabilidad. Permeabilidad es un termino usado para referirse a la facilidad con la cual el flujo magnético puede ser establecido en un circuito magnetizado, debido a que el magnetismo en la parte y la adherencia de las partículas magnéticas a cada lado de la discontinuidad, forman la indicación y esta permanece sobre la superficie de la parte inspeccionada en forma **de un recorte de lineado aproximado** de la discontinuidad que esta inmediatamente debajo de ella.

La misma acción tiene lugar cuando la discontinuidad no esta abierta a la superficie, solo que la cantidad de fuga de flujo magnético es menor, pocas partículas se sostienen en el lugar y una línea de menor forma define la indicación de la discontinuidad. Si la discontinuidad esta muy por debajo de la superficie ahí puede no haber fuga de flujo magnético y por lo tanto no habrá indicación sobre la superficie. Normalmente la fuga de flujo magnético en una discontinuidad transversal se muestra en la figura y una longitudinal en otra figura.

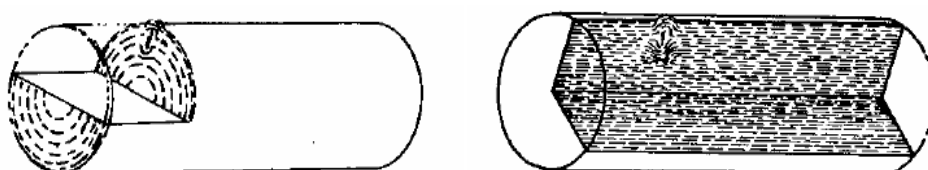


Fig. 2.5 Podemos ver la forma de campo magnético alrededor de una pieza la cual es magnetizada de forma transversal y longitudinal. De esta forma podremos detectar roturas longitudinales y transversales respectivamente.

PREPARACIÓN DE LAS PARTES PARA LA INSPECCIÓN DE PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

Grasas, aceite y mugre deben ser limpiadas de todas las partes antes de ser verificadas. La limpieza es muy importante ya que grasa u otro material extraño presente pueden dar indicaciones no relevantes o falsas, debido a la adherencia de las partículas magnéticas al material extraño como drene de la superficie de la parte a inspeccionar, y que en suficiente cantidad sobre una discontinuidad puede también evitar la formación de un patrón en la discontinuidad. No es recomendable depender de la suspensión de partículas magnéticas para limpiar las partes a inspeccionar, ya que el material extraño contaminara la suspensión reduciendo la efectividad de la inspección.

En el procedimiento seco, limpieza minuciosa severa es absolutamente necesaria, debido también a que la grasa o material extraño sostendrían el polvo magnético resultando en indicaciones no relevantes o falsas , haciendo imposible eventualmente distribuir el medio de indicación sobre la superficie de la parte a inspeccionar.

Nota.- Todas las pequeñas aperturas y drenes de lubricación a partes internas o cavidades deben ser cubiertas con parafina o masking tape o algún otro material no abrasivo.

Capa o revestimiento de cadmio, cobre, estaño, cromo, níquel y zinc no interfieren ni afectan la ejecución satisfactoria de la inspección de partículas magnéticas, a menos que los revestimientos o capas sean inusualmente gruesos o demasiado densos o que las discontinuidades al ser detectadas sean inusualmente pequeñas (en el caso de los pistones del tren de aterrizaje recubiertos de cromo se aplica con magnaflux en el taller y en la línea se verifica con luz negra y si esta dañado (aparece como reja de jaula de pollos). El plaquedo de cromo y níquel efectivamente no interfieren en las roturas abiertas a la superficie de la base del metal, pero no permiten visualizar pequeñas discontinuidades, tales como inclusiones, porque esta más intensamente magnetizado y el níquel es más efectivo en evitar la formación de indicaciones.

EFFECTO DE LA DIRECCIÓN DEL FLUJO

En orden para localizar un defecto en una parte es esencial que la línea magnética de la fuerza pase aproximadamente perpendicular al defecto, por lo que es necesario inducir flujo magnético en más de una dirección para que los defectos puedan aparecer en cualquier punto perpendicular al eje principal de la parte inspeccionada. Esto requiere dos operaciones de magnetización separadas, una circular y otra longitudinal donde el efecto de la dirección de flujo se observa en la figura de abajo. Esto generalmente se le llama magnetización longitudinal, se observa la magnetización circular.

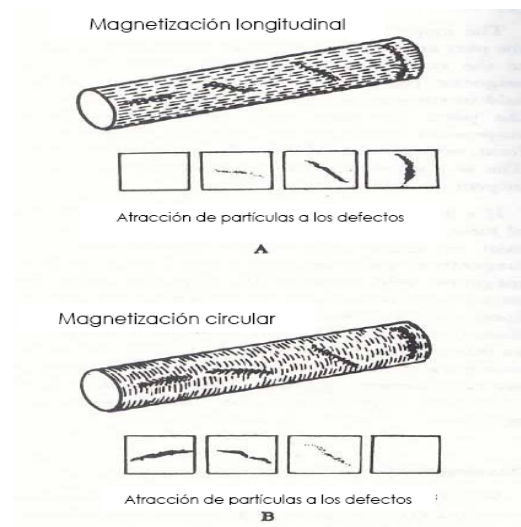


Fig. 2.6 en la imagen de arriba podemos observar la forma de roturas de acuerdo a forma de magnetización.

Magnetización circular es la inducción de un campo magnético, consistente de círculos concéntricos de fuerza alrededor y dentro de la parte donde esta pasando la corriente eléctrica. Este tipo de magnetización localiza defectos que van aproximadamente paralelos al eje de la parte inspeccionada. La magnetización circular de una parte de una sección transversal sólida se muestra en la figura. Cada cabeza de la unidad a magnetizar es conectada eléctricamente a través de un control de botón de empujar (push button) que cuando hace contacto pasa la corriente de magnetización desde una cabeza a otra a través de la parte (que pudiera ser un cigüeñal).

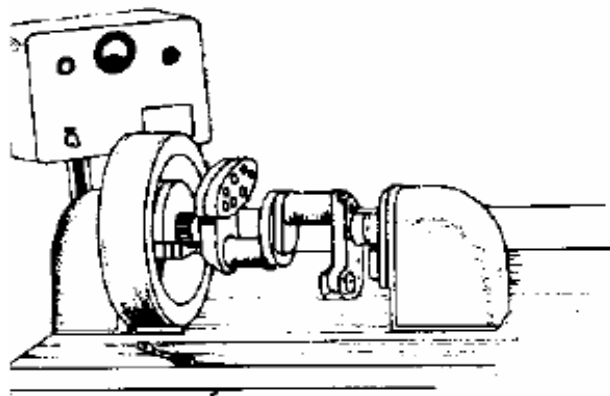


Fig. 2.7 Ilustra la magnetización de una parte pasando la corriente de magnetización a través de toda la pieza montada sobre los cabezales del equipo de partículas magnéticas. Con esto obtendremos roturas longitudinales al eje de la pieza.

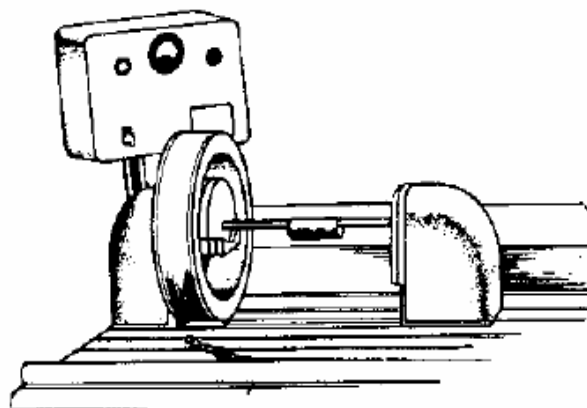


Fig. 2.8 Ilustra la magnetización circular de una parte hueca pasando la corriente de magnetización a través de una barra conductora localizada sobre el eje de la parte hueca.

En una magnetización longitudinal el campo magnético es producido en una dirección paralela al eje longitudinal de la parte a inspeccionar. Esto se logra colocada la parte en un solenoide excitado por la corriente eléctrica. La parte metálica se convierte en el núcleo de un electromagneto y es magnetizado por inducción desde el campo magnético creado en el solenoide.

En magnetización longitudinal de partes de gran longitud el solenoide debe ser movido a lo largo de la parte para magnetizarlo. Ver figura. Esto es necesario para asegurar un campo magnético adecuado y uniforme a través de la longitud total de la parte.

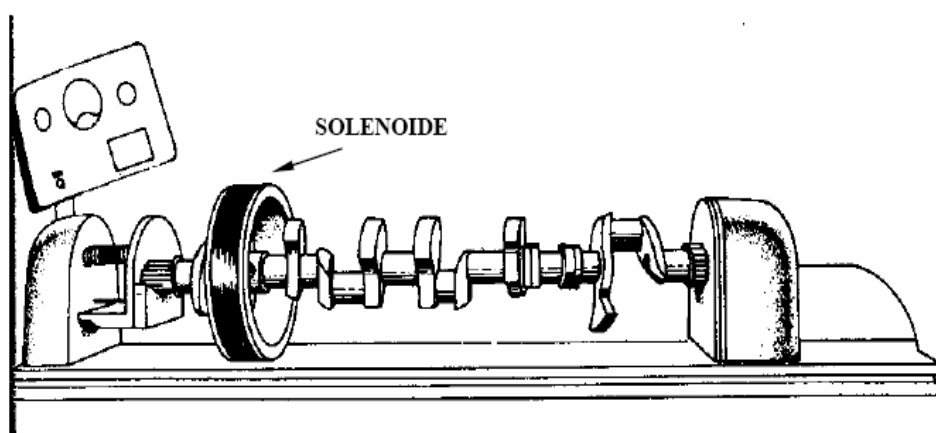


Fig. 2.9 Se ilustra el cigüeñal colocado al centro de una bobina la cual va a producir un campo magnético el cual nos va a dar indicaciones de rotura en forma transversal al eje de la pieza.

El solenoide produce magnetización efectiva para aproximadamente 12 pulgadas desde cada extremo de la bobina hasta donde se acomoda la parte o sección a inspeccionar imantándose aproximadamente 30 pulgadas de longitud.

La magnetización longitudinal equivalente a aquella obtenida por un solenoide puede ser lograda circulando alrededor del objeto al magnetizar un conductor eléctrico flexible. Aunque este método no es el más conveniente, tiene la ventaja que las vueltas (bobina) entre mas unidas a la forma del objeto a magnetizar producirá una magnetización mas uniforme. El método de bobina flexible es también útil para partes de gran longitud y de forma irregular para las que solenoides estándar no están disponibles y tienen que manufacturarse.

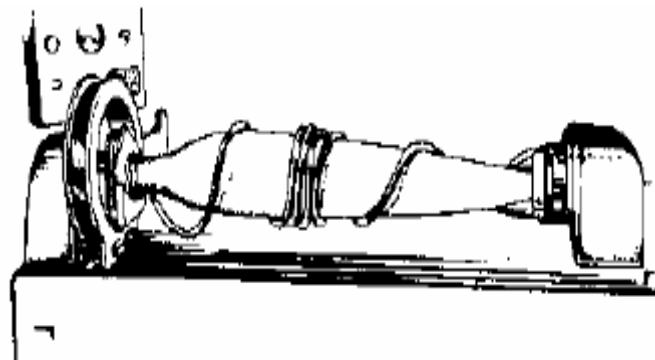


Fig. 2.10 Se ilustra otra pieza la cual se le hace una magnetización por contacto directo.

EFFECTO DE DENSIDAD DE FLUJO

La efectividad de inspección de partículas magnéticas depende también de la densidad de flujo o intensidad del campo magnético en la superficie de la parte u objeto a inspeccionar cuando el medio (polvo o liquido magnético) es aplicado. De esta forma la densidad de flujo se incrementa en la parte aumentando la sensibilidad de la prueba debido a una mayor fuga de flujo magnético a la discontinuidad del material y resultando una formación mejorada de los patrones de partículas magnéticas.

Una excesiva alta densidad de flujo magnético puede formar indicaciones no relevantes; por ejemplo, patrones de flujo de grano en el material, estas indicaciones interfieren con la

detección de patrones resultantes de discontinuidades significativas y será entonces necesario una alta densidad de campo magnético que sea suficiente para revelar todas las posibles discontinuidades por daños, pero no lo suficientemente fuerte para que produzca confusión en indicaciones no relevantes.

MÉTODO DE MAGNETIZACIÓN

Cuando una parte es magnetizada, la intensidad del campo magnético en la parte a inspeccionar se incrementa al máximo para una fuerza magnética particular y permanece en este máximo tanto como la fuerza de magnetización sea mantenida. Cuando la fuerza de magnetización sea removida (eliminada), la intensidad del campo magnético disminuye a un valor residual bajo, dependiendo de las propiedades magnéticas del material y forma de la parte (espécimen), estas características magnéticas determinan si el método usado es continuo o residual en la magnetización de la parte.

En un método de inspección continua, la parte es magnetizada y aplicado el medio de indicación, en tanto la fuerza de aplicación sea mantenida, la densidad del flujo magnético disponible en la parte es máxima. El valor máximo del flujo depende directamente de la fuerza de magnetización y de la permeabilidad del material del cual esta hecho la parte.

El método continuo puede ser usado prácticamente en todos los procedimientos de magnetización longitudinal y circular. El procedimiento continuo proporciona mayor sensibilidad que el residual, particularmente en discontinuidades de localización superficial, la alta naturaleza crítica de las partes y ensambles en las partes de aeronaves así como la necesidad para inspeccionar sub superficies en muchas aplicaciones ha resultado que el método continuo es el más ampliamente utilizado.

Ya que como el procedimiento continuo revelara más discontinuidades no significantes que el procedimiento residual, entonces será necesario interpretar y evaluar cuidadosa e inteligentemente las discontinuidades reveladas por el procedimiento continuo.

El procedimiento de inspección residual incluye la magnetización de la parte y la aplicación del medio de indicación después de que la fuerza de magnetización haya sido

removida (eliminada). Este procedimiento revela al magnetismo permanente o residual en la parte inspeccionada siendo mas practico que el procedimiento continuo, cuando la magnetización se logra por cable eléctrico flexible embobinado alrededor de la parte a inspeccionar, en general el procedimiento residual es utilizado solo con aceros que hayan sido tratados por calentamiento para aplicación de esfuerzos (aplicaciones reforzadas).

IDENTIFICACIÓN DE INDICACIONES

La evaluación correcta del tipo de indicaciones es extremadamente importante pero en ocasiones se dificulta para hacer la observación de una sola indicación. Las principales características de las indicaciones son: forma, construcción o armado de la pieza, ancho y perfil del corte o silueta de la parte. Estas características distintivas deben considerarse entre los tipos de discontinuidades para determinar la severidad del daño detectado. No obstante en esto debe tenerse especial cuidado del tipo o carácter de patrón de partículas magnéticas en la evaluación total de una discontinuidad.

Algunas indicaciones son mas fácilmente distinguidas en aquellas producidas por roturas abiertas a la superficie incluidas discontinuidades de roturas por fatiga, tratamiento calorífico, arrugamiento y ondulamiento en soldadura y forjados y roturas por trituramiento.

Roturas por fatiga se definen en patrones claros y generalmente uniforme y sin romperse a lo largo de la longitud de la rotura y con una buena conformación, las roturas están frecuentemente distorsionadas en apariencia, si se compararan con las indicaciones rectas de una línea de unión o hendiduras, y puede también cambiar su dirección ligeramente en áreas localizadas (ver figura 5.10 que ilustra roturas por fatiga) las roturas por fatiga se encuentran en partes que han estado en servicio pero estas no se localizan en partes nuevas. Estas roturas están usualmente en áreas altamente tensionadas (o sometidas a carga) de la parte donde existe una concentración de esfuerzos por alguna razón. Es importante reconocer que aunque haya una indicación de una pequeña fatiga por rotura esta puede desarrollarse y dañar más a la parte estructural sobre la que se trate.

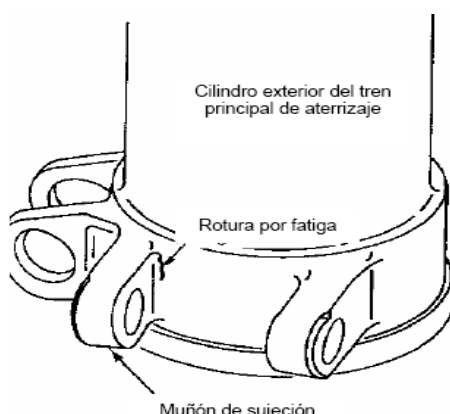


Fig. 2.11 Se muestra un pistón de tren de aterrizaje en donde es probable encontrar roturas por el método de partículas magnéticas

Las roturas por tratamientos de calor tienen un delineamiento uniforme pero son menos claras tienen menos conformación que las roturas por fatiga. En secciones delgadas tal como las paredes del barril de un cilindro, estas roturas pueden dar varios patrones grandes que tienen una forma característica que consiste de líneas cortas distorsionadas y agrupadas juntas.

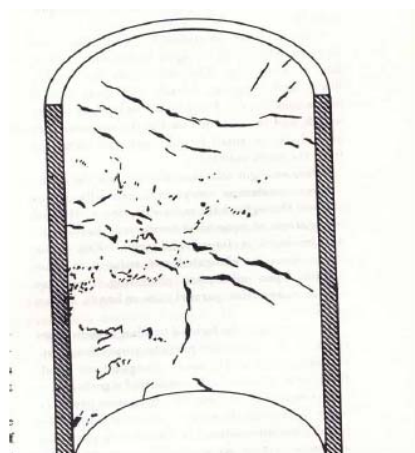


Fig. 2.12 se muestran fisuras por tratamientos de calor

Las roturas por arrugamiento o encogimiento se definen en patrones claros y son usualmente líneas muy distorsionadas, ya que las paredes de la roturas por agrietamiento están cercanas entre si, su indicación generalmente la conforma a una menor extensión de aquellas indicaciones de rotura por fatiga, las roturas por agrietamiento son finas y delineadas pero limitadas en profundidad y varían desde una indicación de una simple

línea a una red de líneas formando rejillas. Estas roturas generalmente están relacionadas a la dirección del agrietamiento. Por ejemplo, una rotura usualmente empieza y continua en ángulos rectos al movimiento de una rueda de esmeril proporcionando un patrón simétrico, estas roturas pueden frecuentemente ser identificadas por medio de esta relación.

Indicaciones de *costuras de soldadura*, son usualmente delineadas derechas y finas aunque algunas veces son intermitentes y tienen una pequeña conformación. Líneas de cabello son costuras de soldadura muy finas de tal forma que las caras de la costura están muy cercanas entre ellas desde su fabricación. Discontinuidades de este tipo son normalmente consideradas detrimentales en partes altamente reforzadas.

Inclusiones son materiales no metálicos tales como compuestos químicos y materiales escorias que han sido atrapados en una barra solidificada de fundición (como los émbolos de un motor o algún otro componente obtenido por fundición). Usualmente están a lo largo, ancho y sobresalido de la barra solidificada de fundición, la cual es retrabajada y eliminada durante el proceso de operación de maquinado. Estas inclusiones aparecen en varios tamaños y formas, desde largueros o refuerzos donde son fácilmente visibles al ojo humano a partículas que únicamente son visibles magnificándolas, en una parte acabada o rectificada puede tenerlas como discontinuidades superficiales o sub-superficiales.

Indicaciones de inclusiones sub-superficiales son usualmente escoplos, gruesos y borrosos de forma continua o de amplia densidad a través de su longitud. Inclusiones mas grandes son las que están parcialmente cerca o abiertas a la superficie y aparecen mas claramente definidas. Aunque una evaluación cercana a la inclusión generalmente revelara una falla de definición y hace que las indicaciones consistan de varias líneas paralelas mas que una sola, estas características distinguen una inclusión mayor de una rotura.

Cuando cavidades o rotura se localizan considerablemente debajo de la superficie de una parte, la inspección de partículas magnéticas no es un método confiable para detectarlas. Si alguna indicación es lograda estas parecen ser una indistinta e inexacta conformación de cavidad o rotura, con la sustancia magnética que tiende a distribuirse sobre el área total, mas que formar una indicación clara de los límites de la discontinuidad creará

confusión en la determinación del defecto. Defectos de este tipo son detectados más fácilmente por procedimientos radiográficos.

Traslape o enfaldes pueden ser identificados por su forma o localización, estos tienden a ocurrir al final o en la línea de proceso de un forjado. Las indicaciones son usualmente grandes e irregulares, indicaciones de islotes o ramificaciones cortas usualmente interrumpirán una indicación de traslape de cualquier longitud y la escala incluida, en traslape o faldón, invariablemente da patrones pequeños o pequeñas partículas atacando desde la indicación principal, afectándola.

En una barra solidificada la distribución de varios elementos o compuestos generalmente no son uniformes a través de la barra., pueden ocurrir formación de segregaciones en algunos elementos. Así la barra o lingote es forjada y posteriormente rolada. Estas segregaciones son elongadas y reducidas en la sección transversal, sobre procesamientos subsecuentes pueden aparecer como líneas o bandas paralelas muy delgadas conocidas como Banding (bandeo), la segregación en forma de bandeo en algunas ocasiones revelada por la inspección de partículas magnéticas, particularmente cuando una se esta usando intensidad magnética pero normalmente no es significativo.

Algunas formas serias de segregación probablemente ocurran en piezas de fundición, donde la condición básica del metal permanece inalterable en la parte acabada y cualquier segregación ocurre como si fuera originalmente formada, puede variar en tamaño y será normalmente irregular en forma, esto generalmente ocurre en o debajo de la superficie.

INSPECCIÓN DE MAGNAGLO

Esta inspección es similar a la magnética excepto que en la magnaglo se usa una solución de partículas fluorescentes y se inspecciona la parte con una luz negra. La eficiencia de la inspección es incrementada por una luz de neon que hace relucir los defectos (por alta luminiscencia), y una indicación de fisura más pequeña es mas fácilmente observarla. Esta inspección es un excelente método para usarse en los engranes, partes con cuerdas, y componentes del motor de la aeronave. El spray de liquido café con reflejante rojo o baño que se aplique consiste de pasta de magnaglo

mezclada con aceite ligero en una proporción de 0.10 a 0.25 oz. de pasta por galón de aceite (actualmente se obtienen botes en spray de magnaglo). Después de la inspección, la parte debe ser desmagnetizada y limpiada con un solvente de limpieza (bote de spray limpiador).

EQUIPO DE MAGNETIZACIÓN MAGNAFLUX

Unidad fija no portátil llamada comúnmente Magnaflux una unidad fija de propósitos generales, proporciona corriente directa para procedimientos de magnetización residual o humedad continua. Cualquier magnetización circular o longitudinal puede ser aplicada y puede ser energizada tanto con corriente alterna rectificada como con corriente directa.

Los cabezales de contacto proveen las terminales eléctricas para la magnetización circular, donde uno de los cabezales esta fijado en la unidad. Su placa de contacto es montada sobre un eje rodeado por un resorte de presión, de tal forma que permita que la placa se mueva longitudinalmente, la placa se mantiene extendida por el resorte hasta que la presión transmitida a través de la operación de la fuerza del cabezal móvil la regrese.

El cabezal móvil se desliza horizontalmente en las guías longitudinales cuando el motor esta operando, y el cual es controlado por el interruptor de la bomba.

El resorte permite suficiente carrera para el impulso del motor para evitar que se obstruya y también proporciona presión en los extremos de las placas de contacto para asegurar un buen contacto eléctrico.

Un interruptor operado como percutor en el cabezal fijo corta el circuito de movimiento hacia delante del cabezal móvil cuando el resorte ha sido adecuadamente comprimido. En algunas unidades el cabezal móvil es operado manualmente y la placa de contacto en ocasiones se arregla para operar con neumático (aire de impacto), ambas placas de contacto son fijadas con varios porta piezas para soportar el trabajo de operación.

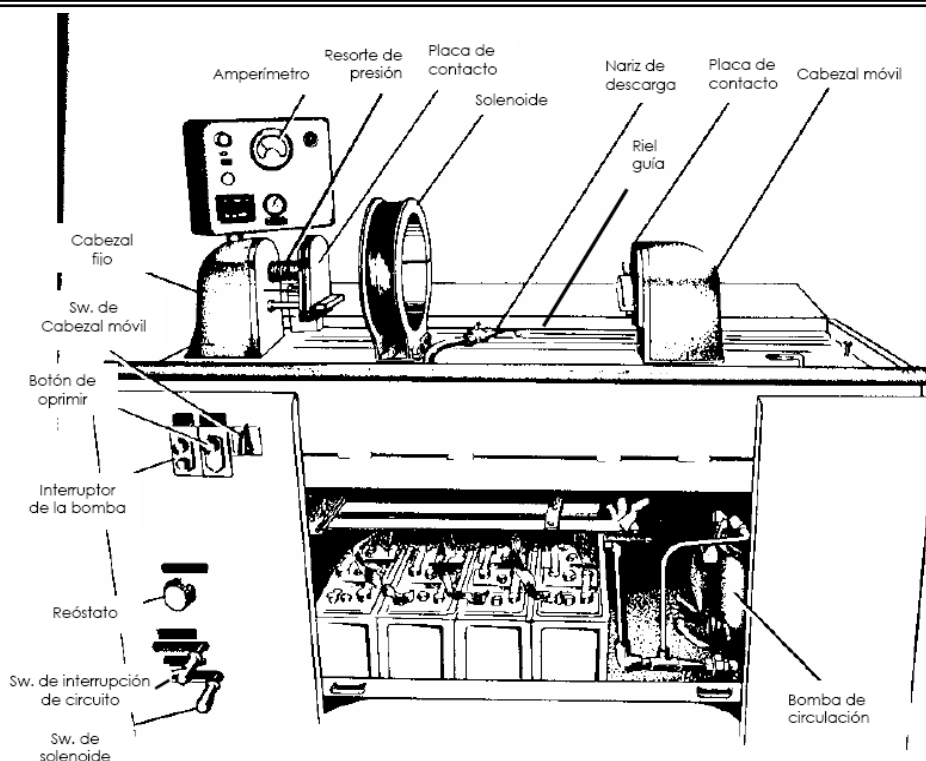


Fig. 2.13 Se ilustra el equipo de partículas magnéticas.

El circuito de magnetización es cerrado oprimiendo el botón de empujar (push button) que esta al frente de la unidad y se abre usualmente después de medio segundo de forma automática.

La intensidad de corriente magnética puede ser posicionada manualmente al valor deseado por medio del reóstato o incrementar el valor a la capacidad de la unidad por el de interrupción de circuito. Alerta, la corriente utilizada se indica en el amperímetro.

La magnetización longitudinal se produce por el solenoide, el cual se mueve por el mismo riel guía del cabezal móvil, y es conectado al circuito eléctrico por medio del interruptor del solenoide.

El líquido suspensión esta en el tanque y es agitado y circulado por una bomba, la suspensión es aplicada a la parte en inspección por una descarga, la suspensión se drena, desde la mesa de trabajo a través de las rejillas de madera a un panel de colección

que la regresa al tanque, la bomba de circulación es operada por un interruptor de oprimir (push button).

Unidad portátil de propósitos generales con frecuencia es necesario efectuar inspecciones de partículas magnéticas (electromagnéticas) en lugares donde el equipo fijo (magna flux) no es factible para efectuar inspecciones en las partes de las estructuras de las aeronaves sin removerlas, esto ocurre particularmente en los montajes de los motores y de los trenes de aterrizaje que son propensos a desarrollar roturas en la operación de servicio. Un equipo adecuado para este propósito es del tipo portátil, capaz de suministrar corriente alterna y corriente directa para magnetizar las partes. Un ejemplo típico de este equipo.

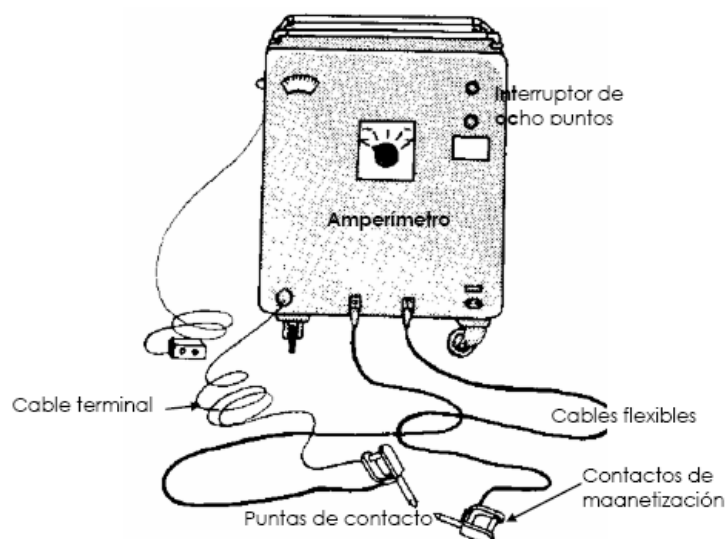


Fig. 2.14 Podemos ver el equipo de partículas magnéticas por puntas de contacto

Esta unidad es solamente una fuente de corriente de magnetización y desmagnetización y no proporciona un medio de soportar la aplicación constante de la corriente eléctrica para trabajo pesado y consecuentemente estar aplicando la suspensión magnética ya que opera con 115 a 220 volts de corriente alterna a 60 ciclos y contiene un rectificador que produce corriente directa cuando es requerida. La corriente de magnetización se suministra a través de los cables flexibles. El cable terminal puede ser fijado con las puntas de contacto de magnetización o con las pinzas de contacto. La magnetización circular puede ser desarrollada utilizando las puntas o pinzas de contacto y la

magnetización circular se desarrolla embobinando (enrollado) el cable alrededor de la parte a magnetizar.

La intensidad del campo magnético de la corriente de magnetización es controlada por un interruptor de ocho puntos de conexión y la duración del tiempo que es aplicado se regula por un corte automático similar al que es usado en la unidad de propósitos generales (magna flux).

Esta unidad también se utiliza como un desmagnetizador suministrando de corriente alterna de alto amperaje y bajo voltaje. Para desmagnetizar, la corriente alterna se pasa a través de la parte y gradualmente se va disminuyendo mediante un reductor de corriente eléctrica.

En *inspecciones electromagnéticas de estructuras grandes con superficies planas o acabado fino* donde la corriente debe pasar a través de la parte, algunas veces es imposible utilizar pinzas de contacto, en tal caso es mejor utilizar las puntas de contacto. Estas pueden ser usadas tanto en el magnaflux como en la unidad portátil, la parte o ensamble que este verificándose debe ser puesta sobre una charola o unidad estándar, y la suspensión magnética direccionada a la parte y escurriéndose la charola el exceso de suspensión. Procedimiento de expansión (spray) también puede ser utilizado.

ALERTA, las puntas de contacto deben ser sostenidas firmemente contra la superficie que esta siendo inspeccionada, ya que existe la probabilidad de tendencia de una corriente con alto amperaje que provoque quemaduras en las áreas de contacto, que poniendo especial cuidado tales quemaduras serán ligeras o no las habrá. Para aplicaciones donde las puntas de magnetización son recomendables, quemadura ligera es normalmente objetable.

Cuando se desee utilizar el cable terminal como una fuente de energía, un bloque de contacto es útil, esto consiste de un bloque de madera fijado a cada extremo con placas de cobre espaciadas para colocar las terminales del cable. En el caso que el bloque de contacto se coloque entre los cabezales de la unidad estándar, los interruptores de control

y tiempo de la unidad pueden ser utilizadas para regular la corriente de magnetización. Esto proporciona una forma conveniente de contacto del cable a la fuente de energía y elimina la necesidad de usar conexiones atornilladas.

Cuando la corriente se pasa a través de una pala de hélice de acero para una magnetización circular es posible que se queme la punta de la hélice si no se toman las precauciones correspondientes. Esto se evita utilizando pinza de contacto abisagrada sujeta al cabezal móvil de la unidad a inspeccionar. La pinza de contacto se alinea con la malla de cobre para proporcionar un buen contacto eléctrico conforme a la curvatura de las caras de la pala de la hélice. Esta fijación evita el contacto eléctrico en el borde delgado de la punta de la pala y eliminara la intensidad de alta corriente que pueda causar quemadura en la punta. La base final (cabeza o culata) de la pala es soportada por un contacto montado en el cabezal fijo.

MEDIOS DE INDICACIÓN

Existen varios tipos de indicación disponible para la inspección de partículas magnéticas, pueden ser divididos en dos tipos generales; 1.materiales de proceso húmedo y 2 materiales de proceso seco, cuyo requerimiento básico para usarse en que produzca indicaciones aceptables de discontinuidades en partes inspeccionadas, por lo que se debe proporcionar un color contrastante en la superficie de la parte que es particularmente importante usar de una forma extensiva colores rojo y negro para procedimiento húmedo y rojo, negro y gris para el procedimiento seco actualmente para ambos casos se esta usando un blanco fosforescente.

Para una operación aceptable el medio de indicación debe ser de alta permeabilidad y baja retentividad; la alta permeabilidad asegura que un mínimo de energía magnética será requerida para atraer el material a una fuga de flujo magnético causado por discontinuidades. Una baja retentividad asegura que la movilidad de las partículas magnéticas no será inducida magnéticamente, esto es que por las partículas mismas se magnetizan y se atraen unas con otras.

La sustancia magnética para el proceso húmedo es usualmente abastecida en forma de pasta (actualmente ya viene en spray), la roja mejora la visibilidad en superficies oscuras, aunque la cantidad exacta de sustancia magnética a ser agregada puede variar, una concentración de 2 onzas de pasta por galón del vehículo líquido ha sido normalmente aceptable, la pasta no debe estar resumida dentro de la suspensión líquida en el tanque (en el caso del spray este debe agitarse lo suficiente antes de aplicar ya que el agitador y la bomba del magna flux no pueden depender entre si para hacer la mezcla).

El procedimiento adecuado para preparar una suspensión es colocar la cantidad correcta de pasta en un contenedor y agregar pequeñas cantidades de la suspensión líquida, trabajando cada adición con un agitador manual hasta que la pasta haya sido diluida a una mezcla líquida uniforme que pueda vaciarse (fluida) al tanque.

Es importante que la nueva sustancia magnética siempre sea usada para preparar las suspensiones. Cuando la suspensión se decolora o tiene algún otro tipo de contaminación al aplicarse la formación de patrones de partículas magnéticas se interfiere con drenaje del magna flux y debe ser totalmente drenado, limpiando y rellenando el tanque con suspensión limpia.

DESMAGNETIZACIÓN

El remanente del magnetismo permanente después de la inspección debe ser eliminado mediante una operación de desmagnetización para que la parte inspeccionada sea retornada al servicio. Partes de mecanismos de operación deben ser prioritariamente desmagnetizadas para evitar partes magnetizadas desde limaduras, pulverizaciones o partículas magnéticas dejadas en el sistema o mecanismo, o partículas de acero (metálicas) resultantes del desgaste o deterioro operacional. Una acumulación de tales partículas sobre una parte magnetizada (imantada) puede causar excoiraciones de baleros, chumaceras u otras partes de operación mecánica. Partes de la estructura de la aeronave como el de la cabina debe ser también desmagnetizado ya que de no hacerlo afectara a los instrumentos principalmente a la brújula magnética e indicadores de rumbo y dirección.

Desmagnetización entre sucesivas operaciones de imantación (magnetización) normalmente no es requerida a menos que la experiencia indique que la omisión de esta operación provoque una disminución de la efectividad para una aplicación particular y que previamente haya sido considerada necesaria para remover completamente el campo magnético existente en una parte antes de que fuera imantada (magnetizada en una dirección diferente)

Puede desmagnetizarse de diferentes maneras. El procedimiento mas conveniente para partes de aeronaves consiste en la aplicación a la parte de una fuerza de magnetización de manera continua y dirección inversa a la magnetización original y con el mismo tiempo de aplicación, con lo que gradualmente va disminuyendo a intensidad del campo magnético; así que la fuerza de magnetización se ira disminuyendo desde la primera aplicación en una y otra dirección hasta que la magnetización de la parte también descienda (normalmente se utiliza un indicador de campo magnético de escala de cero a +10 y -10 gauss)

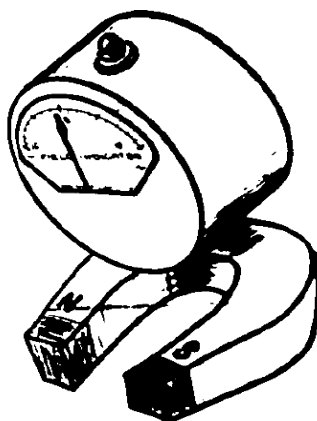


Fig. 2.15 Se ilustra indicador de campo con el cual se verifica la magnetización de la pieza.

PRACTICA ESTÁNDAR DE DESMAGNETIZACIÓN

El procedimiento para lograr una disminución gradual de la magnetización de forma inversa es utilizado un solenoide (anillo de bobina) energizado con corriente alterna, de tal forma que al mover la parte magnetizada desde el campo magnético alterna del solenoide hará que el magnetismo disminuya gradualmente. Un desmagnetizador de un tamaño similar al de magna flux es recomendable emplear y obtener un máximo de efectividad con las partes pequeñas sosteniéndolas y pasándolas tan cerca como sea posible a la pared de la bobina del solenoide.

Las partes que no eliminan la magnetización deberán ser pasadas lentamente varias veces a través del desmagnetizador y en el mismo tiempo de duración o girada en varias direcciones. Es permisible un ligero remanente de magnetización cuando la corriente esta puesta y muy insignificante o cero después de cortar la corriente de magnetización pero teniendo cuidado de no cortarla, hasta que la parte este a 35 o 70 cm del área de operación si no se vuelve a magnetizar.

Una operación efectiva del procedimiento de desmagnetización es mover lentamente la parte fuera de la bobina y lejos de la intensidad del campo magnético y la parte debe conservarse en dirección opuesta al sentido de apertura (primera magnetización) hasta 35 o 70 cm del desmagnetizador.

Cualquier otro procedimiento utilizando el equipo portátil es pasar corriente alterna a través de la parte que esta siendo desmagnetizada y gradualmente reducir la corriente a cero hasta que se desmagnetice.

2.4 CORRIENTES PARASITAS (EDDY CURRENT TESTING)

Análisis electromagnético es un término que describe el ancho especial de los métodos de prueba electrónico incluyendo la intersección de campos magnéticos y corrientes circulatorias. La técnica mas ampliamente usada es las PND es la corriente de Eddy (C.E.) o corriente parásitas.

La CE están compuestas de electrones libres que se desplazan a través de superficies metálicas bajo la influencia de un campo magnético inducido y se utiliza en el mantenimiento de aeronaves para inspeccionar los ejes o flechas y líneas de distribución (venas de lubricación) de los motores a reacción, piel de las alas, mazas de las ruedas, barrenos de birlos y orificios de las bujías, por roturas, grietas y daños por tratamiento de calor a la estructura y piel de la aeronave. Las corrientes de Eddy se utilizan en las plantas de fabricación de aviones para inspeccionar piezas de fundición, estampados, maquinados, forjados y extrusión. Las pruebas de C.E como herramienta de las PND en general se utilizan para:

a) Detectar discontinuidades superficiales y sub-superficiales

b) Detectar irregularidades en la estructura del material

c) Medir la conductividad de los materiales

d) Determinar espesores de recubrimiento aplicados sobre bases metálicas

En síntesis esta técnica se aplica en todos aquellos materiales que son capaces de conducir una corriente eléctrica, que sea o no magnétizable.

Las principales ventajas de esta técnica son:

1. Alta velocidad de prueba

2. Medición exacta de la conductividad
3. Resultados inmediatos
4. Detección de áreas de discontinuidades muy pequeñas ($0.0387 \text{ mm}^2 - 0.000076 \text{ plg}^2$)
5. Es portátil y produce resultados inmediatos y sensibles a pequeñas imperfecciones

Desventajas:

1. No identifica claramente la naturaleza específica de discontinuidades
2. La medición de profundidad, de penetración restringida a menos de 6 mm
3. En algunos casos es difícil verificar los metales ferromagnéticos
4. La superficie a revisar debe ser accesible a la probeta (espécimen) y no se tiene un registro permanente de los resultados.

PRINCIPIOS BÁSICOS

Cuando una corriente alterna pasa a través de una bobina desarrolla un campo magnético, alrededor de la bobina la cual al girar induce un voltaje de polaridad opuesto y contra el flujo de la corriente original. Si esta bobina se coloca de tal forma que el campo magnético pase a través de una probeta (espécimen) de conducción eléctrica, C.E o corrientes parásitas serán inducidos dentro de la probeta, las C.E crearan su propio campo magnético el cual varía a la oposición del campo original, al flujo de la corriente original. Así la susceptibilidad de la probeta a las corrientes parásitas determina el flujo de corriente a través de la bobina.

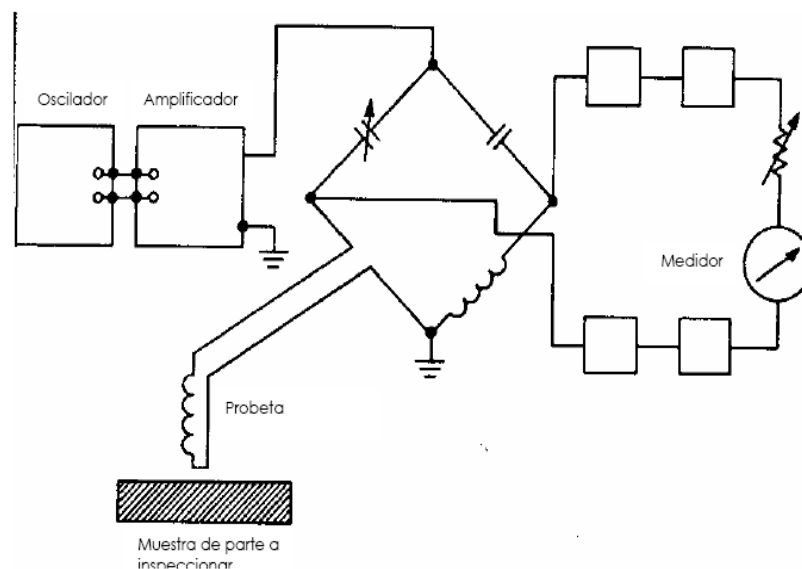


Fig. 2.16 se muestra el principio básico de funcionamiento de corrientes parásitas.

La magnitud de fase de este contador de campo es dependiente primeramente de la resistividad y permeabilidad de la probeta bajo consideración y es un hecho que nos establece una determinación cualitativa de varias propiedades físicas del material inspeccionado, la interacción del campo magnético de la C.E con el campo magnético original resulta un cambio de energía que puede ser medido utilizando un circuito electrónico similar al puente. La probeta se coloca en cualquier dirección o se pasa a través del campo magnético de una bobina de inspección electromagnética y su efecto sobre la impedancia de la bobina o en el voltaje de salida de una o mas vueltas de prueba, se observa durante este proceso, por lo que los campos eléctricos se hacen para explorar una pieza o parte en inspección, en varias condiciones, incluyendo la transmisión de energía a través de la probeta o espécimen tal como la transformación de los rayos "X", calor o ultrasonido, en haces (rayos) que tienen una dirección e intensidad reconocible y obedecen a las leyes de la absorción, reflexión, difracción y difusión.

Elementos receptores pueden ser colocados dentro de los haces (rayos) y de esta forma tener una medición directa del posible flujo de energía. Sin embargo en pruebas electromagnéticas la energía se disminuye por si misma de una manera conocida como variaciones imprevisibles en la propagación, y sufre una transformación en el proceso,

desde una energía magnética a una energía eléctrica y subsecuentemente regresar a una energía magnética. Ya que el flujo de corriente inducida en el circuito cerrado, generalmente no es posible interceptarla en la frontera de la probeta o espécimen para una mejor descripción observar en la figura.

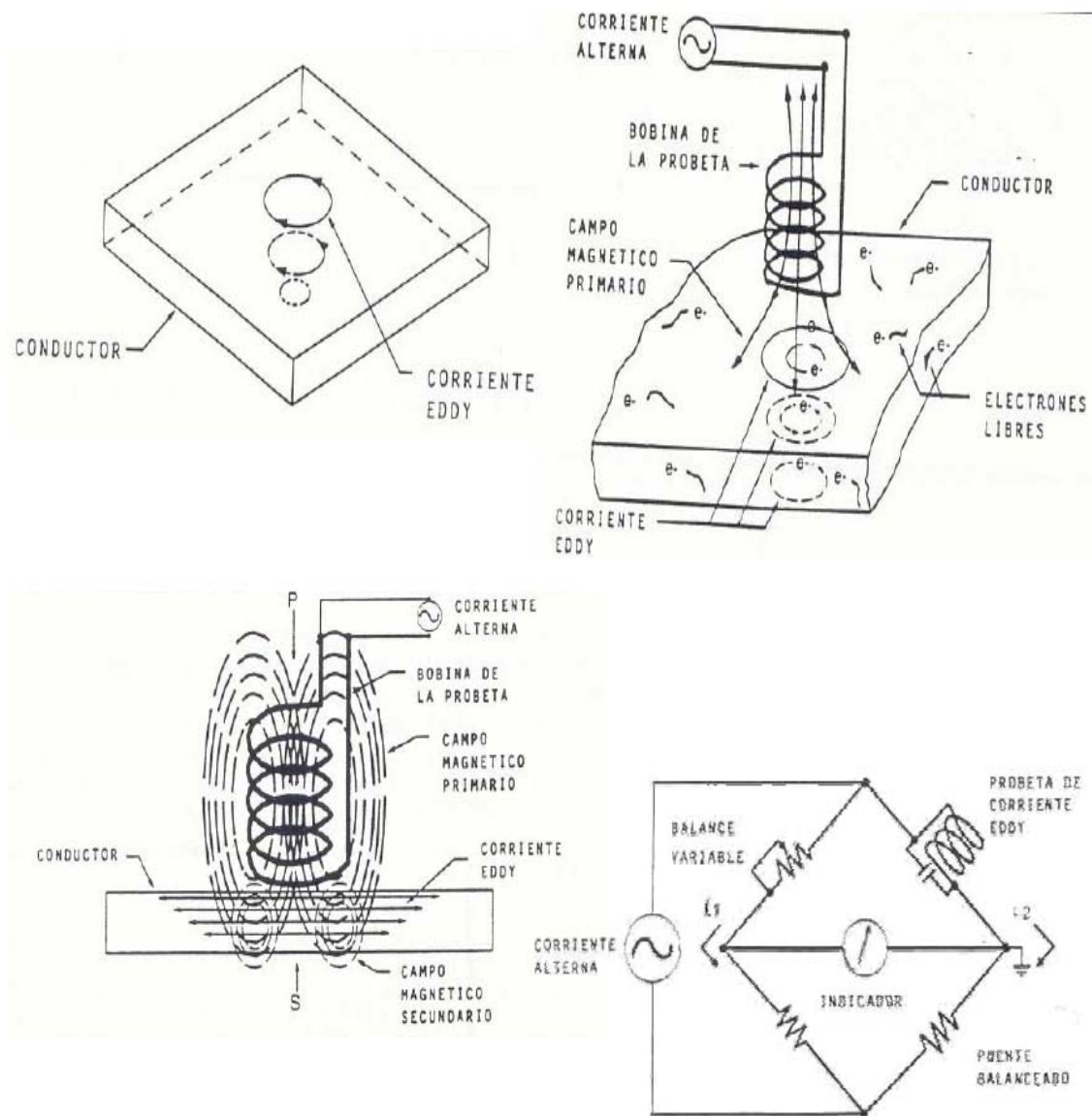


Fig. 2.17 se observa la forma de operación de corrientes Eddy para localizar roturas superficiales.

CAPITULO 3

PROCEDIMIENTOS DE PND PARA MEJORAR LA DETECCIÓN DE ROTURAS Y DAÑOS DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80.

3.1 CONCEPTOS

De acuerdo a lo anterior nos enfocaremos en analizar los procedimientos por pruebas no destructivas aplicadas al cilindro y pistón de amortiguamiento del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80. Ya que consideramos componentes claves que requieren intervención de inspección por pruebas no destructivas con mayor frecuencia, con esto se tendrá en un nivel óptimo de operación, confiabilidad y localización de fisuras.

En este capítulo podremos obtener los procedimientos de inspección de pruebas no destructivas para el tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80, de acuerdo a lo indicado en el manual de mantenimiento de componente, CMM (Component Maintenance Manual capítulo ATA 32), boletines de servicio, manual NDTSPM. Con esta información podremos analizar los procedimientos de inspección del cilindro y el pistón del tren de aterrizaje y propondremos mejoras en dichos procedimientos. El desarrollo de procedimientos nos dará una mejor eficiencia y desempeño en cuanto a detectar daños a tiempo en los componentes antes mencionados ya que es de vital importancia tener un buen mantenimiento preventivo y correctivo.

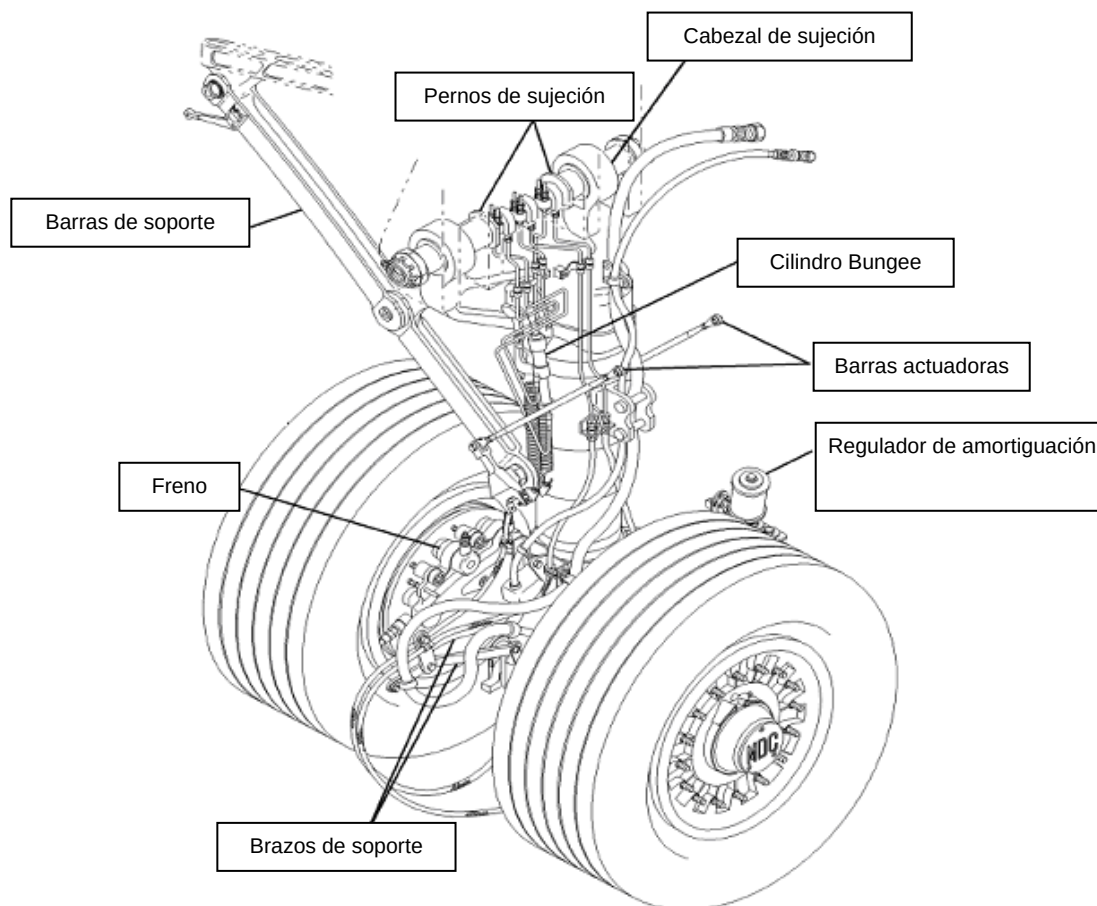


Fig. 3.1 Como podemos observar se muestran los principales componentes del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80.

De acuerdo a lo anterior vamos a comenzar con el análisis de procedimientos por pruebas no destructivas para la inspección del pistón y cilindro del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80, esto en base al manual de mantenimiento ATA 32 y boletines de servicio MD80-32A344, MD80-32-277 y MD80-32A-308.

3.2 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIONES POR PND DEL CILINDRO DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

ANTECEDENTES

Cinco operadores MD-80 localizaron cinco casos de cilindros amortiguamiento de tren de aterrizaje principal con fracturas, dando por resultado la remoción (cambio ó desmonte) de dichos componente. Los cilindros de amortiguamiento se encontraron con roturas entre un total de 6.386 y 28.100 aterrizajes. Las roturas comenzaron en la superficie externa de los cilindros. Las grietas fueron creadas por altas tensiones de vibración que ocurren durante el frenado de la aeronave. Esto de acuerdo al boletín de servicio MD80-32A286, ya que el fabricante recomendó la instalación de un aislador de vibración en el freno hidráulico para prevenir la vibración. El boletín de servicio también recomendó inspecciones de cuatro intervalos, por pruebas no destructivas (NDT). La inspección pasada fue recomendada para 4.800 aterrizajes después de la instalación del aislador de vibración. Pero la vibración que se tuvo en la aeronave antes de la modificación por el boletín de servicio MD80-32A286, pudo haber iniciado las pequeñas grietas que no habían sido detectadas, además de la continúa operación que tienen las aeronaves y por no contemplar una serie de inspecciones por métodos no destructivos condujeron a que los trenes presentaran roturas significativas. Debido a esta información se ha puesto un mayor cuidado en las inspecciones por pruebas no destructivas al cilindro del tren de aterrizaje principal. A continuación se detallan las mejoras que nos llevaran a tener un mejor monitoreo de roturas, las cuales si se detectan a tiempo se puede dar una mejor solución de reparación y un mantenimiento correctivo y preventivo mas optimo para el componente antes mencionado.

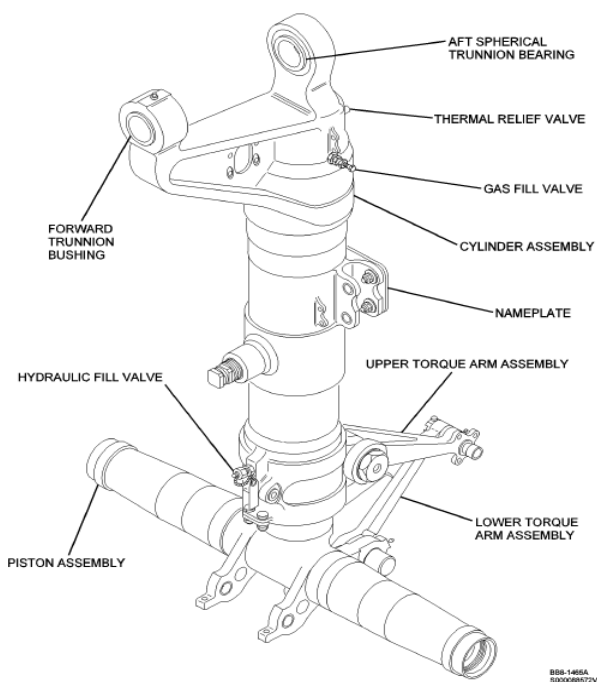


Fig. 3.2 Se observa el cilindro de amortiguamiento.

Se recomienda que la primera inspección sea realizada en los cilindros en el plazo de 90 días pero no debe exceder 450 aterrizajes y se debe cumplir con lo siguiente.

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS PARA EL CILINDRO DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL.

A continuación se describen los procesos y métodos por partículas magnéticas para la inspección del cilindro amortiguador del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80. El cual por recomendaciones del fabricante (boeing) en su boletín de servicio MD80-32A344, recomienda realizar una inspección por pruebas no destructivas al componente para detección de roturas.

De acuerdo a la información del boletín de servicio antes mencionado se determinara el procedimiento de inspección al cual se le darán las recomendaciones pertinentes para la aplicación de pruebas no destructivas, esto optimizara y facilitara el mantenimiento preventivo y correctivo ya que podremos detectar roturas en etapas iniciales.

1.- En primer lugar se definirá la mano de obra en cuanto a la inspección por pruebas no destructivas por el método de partículas magnéticas fluorescentes. Se dan dos programas en los cuales podremos ver dos situaciones que se pueden presentar durante la inspección. Con esto podremos saber en que tipo de servicio se llevara acabo la inspección.

➤ **MANO DE OBRA**

A continuación se presenta una estimación de las horas necesarias para hacer la inspección por partículas magnéticas para el cilindro del tren de aterrizaje. Esta información fue obtenida de acuerdo al boletín de servicio MD80-32A344 emitido por el fabricante Boeing.

CONDICIÓN 1: CUANDO AL INSPECCIONAR NO SE ENCUENTREN ROTURAS

TAREAS	NUMERO DE PERSONAS	HORAS DE TAREA	HORAS TRANSCURRIDAS
Remover resortes del amortiguador	1	0.5	0.5
Remover pintura/primer	1	1.0	1.0
Inspección	1	2.0	2.0
Aplicar pintura/primer	1	0.4	0.4
Instalar resortes del amortiguador	1	0.5	0.5
TOTAL PARA CADA AERONAVE		4.4	4.4

OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE METODOS DE INSPECCIÓN DE PND EN LOS COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

CONDICIÓN 2: CUANDO AL INSPECCIONAR SE ENCUENTREN ROTURAS.

TAREAS	NUMERO DE PERSONAS	HORAS DE TAREA	HORAS TRANSCURRIDAS
Remover resortes del amortiguador	1	0.5	0.5
Remover pintura/primer	1	1.0	1.0
Inspección	1	2.0	2.0
Remover el recubrimiento de cadmio	1	1.0	1.0
Inspección	1	2.0	2.0

TAREAS	NUMERO DE PERSONAS	HORAS DE TAREA	HORAS TRANSCURRIDAS
Subir aeronave	4	4.0	1.0
Remover MLG	3	13.2	4.4
Reemplazar cilindro	2	4.0	2.0
Instalar MLG	3	16.2	5.4
Bajar aeronave	4	3.2	0.8
Servicio	2	1.0	0.5
Tareas	2	3.0	1.5
TOTAL PARA CADA AERONAVE		51.1	22.1

➤ **EQUIPO Y MATERIAL**

El equipo y material utilizado durante la inspección debe estar debidamente aprobado, certificado y cumplir con las especificaciones de la norma ASTM E 1444.

El material y equipo se enlista a continuación.

1. Yugo electromagnético de corriente directa y alterna (CD/AC)
2. Imán permanente.
3. Lámpara de luz ultravioleta: intensidad mínima de $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
4. Radiómetro con sensores de luz ultravioleta y luz visible
5. Indicador de campo (indicador Gauss)
6. Lámpara de luz blanca
7. Lupas o lentes de aumento y espejos
8. Partículas magnéticas fluorescentes de alta sensibilidad(aerosol magnaglo AM)
9. Limpiador (cleanner SK2)
10. Alcohol o solvente (tinher)
11. Guantes látex
12. Toallas blancas
13. Bata
14. Lentes de protección UV

➤ INSTRUCCIONES DE TRABAJO

Antes de iniciar o realizar el trabajo de inspección por partículas magnéticas, revise y recopile información técnica, bitácoras referente al servicio de mantenimiento en cuanto a pruebas no destructivas del cilindro de amortiguación de la aeronave MD-80, con el propósito de conocer la vida operacional del componente.

1. Para comenzar la inspección se debe quitar el acoplamiento (bungee), resortes (spring) y barras (link), esta tarea debe ser efectuada por un mecánico calificado y realizarse en base al manual MD-80 AMM 32-32-10

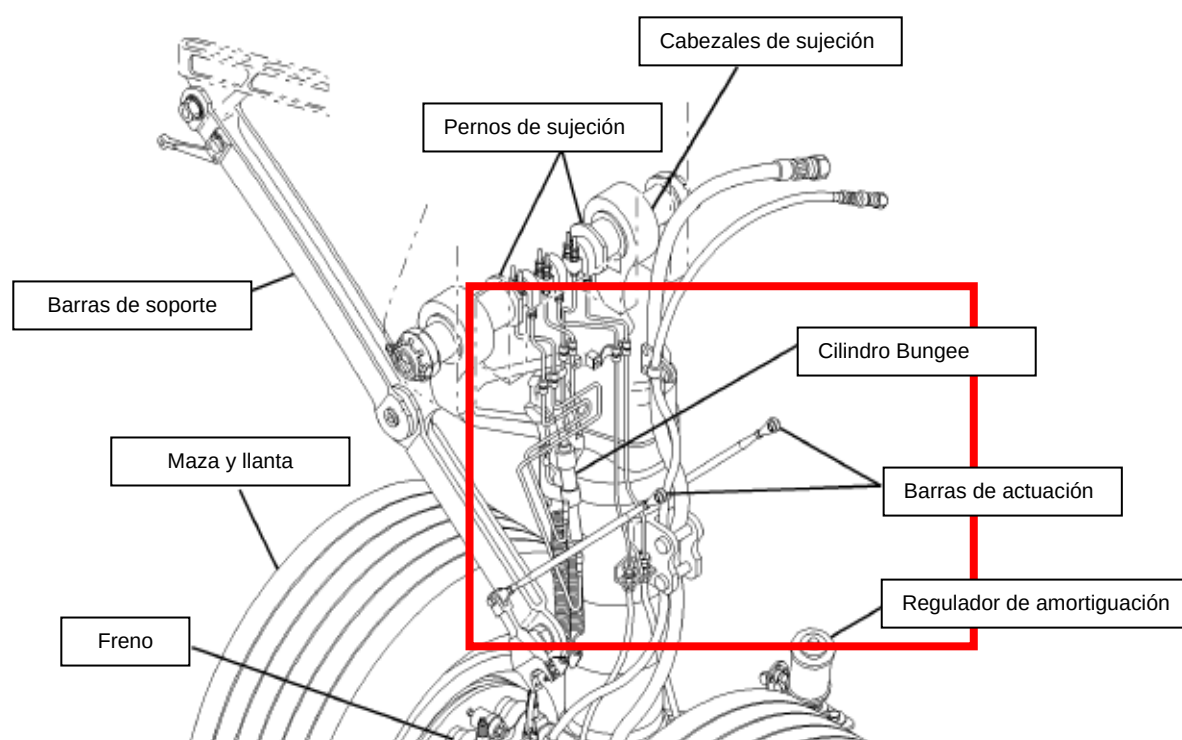


Fig. 3.3 se ilustran los componentes que se deben remover para realizar la inspección.

2. Prepare el área de la inspección quitando el protector tal y como lo indica el manual OMH 20-60-2.
3. Limpie el área de la inspección con cleanner o alcohol 96° y toallas limpias, verificando que no quede grasa o algún otro material contaminante, ya que es importante para obtener buenas señales de inspección.
4. Realice una inspección visual a todo el cilindro de amortiguamiento minuciosamente, revise que no haya fugas de algún fluido, poner especial atención en las partes críticas del componente observando que no haya ningún daño o desgaste. Como se puede observar en la figura de abajo, que muestran las zonas críticas del cilindro.

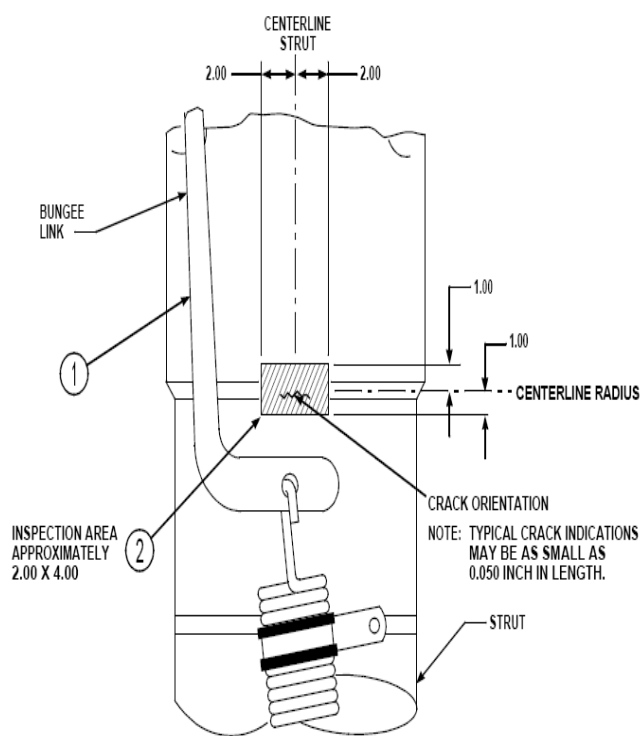


Figura 3.4 se ilustran las zonas críticas en las que probablemente se pueden encontrar roturas.

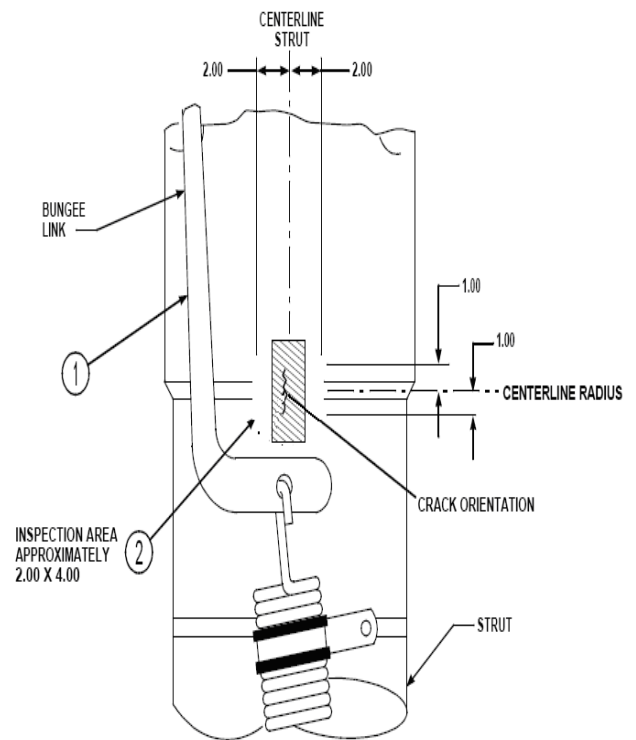


Figura 3.5 se ilustran las fisuras o roturas longitudinales en las que probablemente se pueden encontrar roturas.

4. Realice la inspección de partículas magnéticas y actúe conforme a lo siguiente:

Para comenzar con la inspección Identifique las zonas críticas del cilindro de amortiguamiento tal y como se muestra en la figura de arriba. Haga la inspección por partículas magnéticas Fluorescentes al cilindro.

De acuerdo a lo siguiente:

- a. Una vez limpio el cilindro se procede a aplicar partículas magnéticas con el equipo de yugo electromagnético. De acuerdo al boletín de servicio MD80-32A344 recomienda utilizar corriente directa. Se verifica el equipo de prueba de acuerdo a las especificaciones siguientes:

- 1.- Utilizar corriente directa (CD)
- 2.- Emplear 1100 ampers para magnetizar la zona de inspección.

- b. LOCALIZACIÓN DE ROTURAS TRANSVERSALES:** Para poder localizar roturas transversales respecto al eje longitudinal del cilindro es importante colocar el yugo electromagnético de forma que las dos zonas de contacto queden sobre el eje longitudinal del cilindro (los dos puntales no deben estar separados por mas de (15-20cm) como se muestra en la siguiente figura de abajo, una vez que las dos zonas de contacto están en posición correcta se aplican partículas magnéticas e inmediatamente se magnetiza la zona a inspeccionar. Con un indicador de campo se verifica el nivel de magnetización el cual debe ser mayor o igual a 5 Gauss, con esto obtendremos una buena indicación en caso de que haya fisura (especificación de acuerdo a norma (ASTME 1444).

Para poder hacer la inspección se debe utilizar luz negra la cual va hacer que las partículas se vean fluorescentes estas partículas nos van a dar una mejor indicación de rotura ya que son de mayor sensibilidad. Antes de realizar la inspección se debe esperar por lo menos 1 minuto esto para lograr adaptar el ojo humano a las partículas fluorescentes ya que si no la inspección va ser poco satisfactoria.

Las tareas antes mencionadas se deben aplicar al rededor del cilindro sobre las áreas críticas. Una vez inspeccionada toda el área antes mencionada se procede a inspeccionar otra zona, se debe tener cuidado cuales fueron las zonas de magnetización por el yugo electromagnético para no dejar zonas libres de inspección, tal y como se muestra en la figura de abajo.

Este procedimiento se debe realizar en todas las zonas del cilindro siempre y cuando se pueda posicionar el yugo electromagnético.

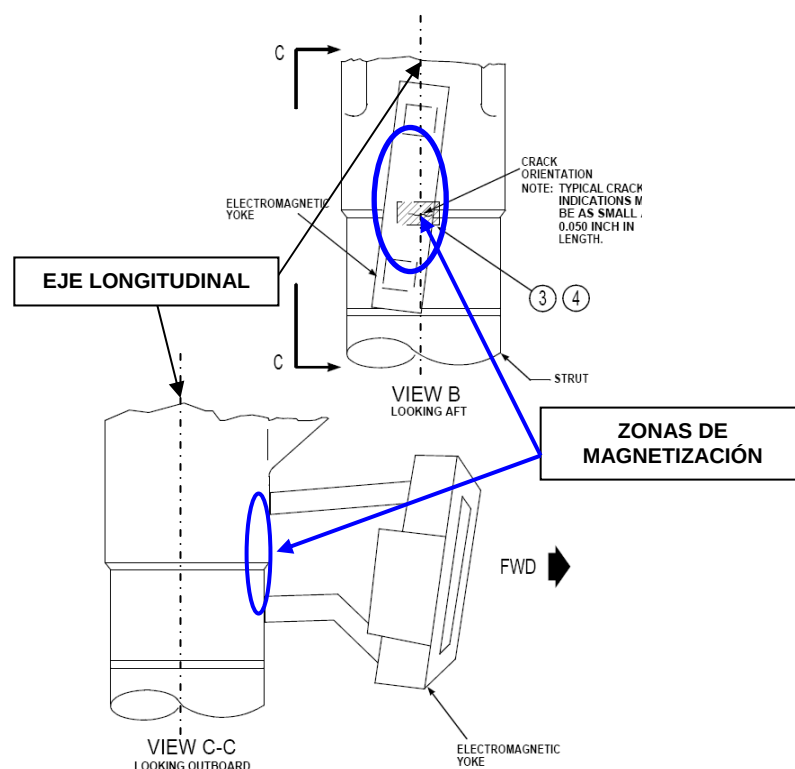


Fig 3.6 se ilustran la forma en la cual se debe magnetizar el cilindro para obtener roturas transversales ale eje longitudinal de la pieza, también se observa el área de magnetización.

- a. LOCALIZACIÓN DE ROTURAS LONGITUDINALES:** Para poder localizar roturas paralelas al eje longitudinal del cilindro es importante colocar el yugo electromagnético esta vez respecto al eje transversal de forma que las dos zonas de contacto queden sobre el eje transversal del cilindro (los dos puntales no deben estar separados por mas de (15-20cm), una vez que las dos zonas de contacto están en posición correcta se aplican partículas magnéticas e inmediatamente se magnetiza la zona a inspeccionar. Con un indicador de campo se verifica el nivel de magnetización, el cual debe ser mayor o igual a 5 Gauss, con esto obtendremos una buena indicación en caso de que haya fisuras o roturas (especificación de acuerdo a norma ASTM E-1444).

Para poder hacer la inspección se debe utilizar luz negra la cual va hacer que las partículas se vean fluorescentes, estas partículas nos van a dar una mejor indicación de rotura ya que son de mayor sensibilidad. Antes de realizar la inspección se debe esperar por lo menos 1 minuto esto para lograr adaptar el ojo

humano a las partículas fluorescentes ya que si no la inspección va ser poco satisfactoria.

Las tareas antes mencionadas se deben aplicar al rededor del cilindro sobre las áreas críticas. Una vez inspeccionada toda el área antes mencionada se procede a inspeccionar otra zona del cilindro, se debe tener cuidado cuales fueron las zonas de magnetización por el yugo electromagnético para no dejar zonas libres de revisión.

Este procedimiento se debe realizar en todas las zonas del cilindro siempre y cuando se pueda posicionar el yugo electromagnético.

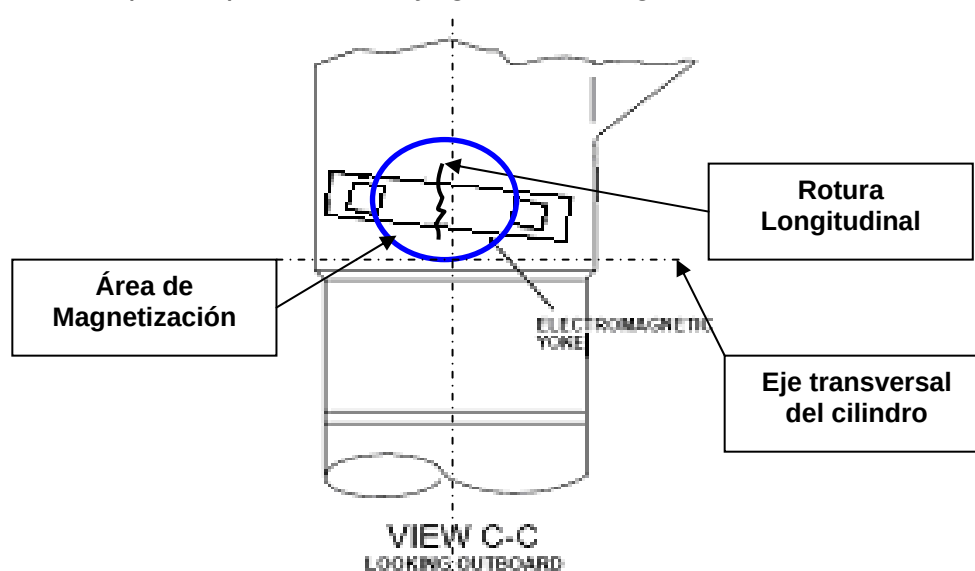


Fig 3.7 Se ilustran la forma en la cual se debe magnetizar el cilindro para obtener roturas longitudinales al eje transversal de la pieza, también se observa el área de magnetización.

5. Si durante el procedimiento de inspección no hay indicaciones de rotura, proceda como lo indica el paso 7, pero si se localizo alguna indicación rotura proceda de acuerdo a la indicación numero 6.

6. Al encontrar indicaciones de rotura se debe efectuar el siguiente procedimiento

a. Observe el tamaño, forma, intensidad y localización de la indicación de rotura.

b. Se debe quitar el cadmio de la zona donde se asume hay una indicación de rotura esto de acuerdo al manual de reparación mayor referencia 20-10-6. Con esto corroboraremos si la indicación de rotura es real o se trata de una falsa indicación.

c. Aplique nuevamente la inspección por partículas magnéticas en la zona donde se presenta la indicación de rotura, de acuerdo a lo establecido en el punto 4.

Nota: si la indicación de la rotura no se confirma, aplique el cadmio en área del cilindro tal y como lo indica al manual de reparación mayor referencia 20-10-6. Proceda al paso 7 y continúe con la inspección.

Nota: si se confirma una indicación de la rotura, proceda a lo siguiente:

ROTURA PRESENTE:

- I. Levante la aeronave, esto de acuerdo al manual de la aeronave MD-80 AMM referencia 07-11-00.
- II.- Quite y guarde el montante del tren de aterrizaje principal de acuerdo al manual MD-80 AMM referencia 32-11-01.
- III.- Sustituya el cilindro de amortiguamiento, En base al manual de componente referencia CMM 32-17-01, o CMM referencia 32-17-02.
- IV.- Instale el montante útil guardado. En base al manual MD-80 AMM referencia 32-11-01.

7. si durante la inspección no se encontró ninguna rotura actúe de acuerdo a lo siguiente:

NO HAY ROTURA PRESENTE.

I- Limpiar perfectamente el área de inspección con un alcohol limpio y toallas.

II.- Instale el acoplamiento (bungee), resortes (spring) y barras (link), esta tarea debe ser efectuada por un mecánico calificado y realizarse en base al manual MD-80 AMM 32-32-10

III.- Con esto termina el trabajo de inspección por pruebas no destructivas y se puede liberar la aeronave a operación.

3.3 PROCEDIMIENTOS DE INSPECCIONES POR PND DEL PISTÓN DE ACOPLAMIENTO DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

ANTECEDENTES

Dos operadores MD-80 localizaron dos casos de fractura en el pistón de acoplamiento de tren de aterrizaje principal, dando por resultado la baja de dichos componente. Ambas fracturas se originaron por fatiga de los materiales, después de acumular entre un total de 6.386 y 28.100 aterrizajes. Las roturas se encuentran alrededor del eje de acoplamiento del pistón en la zona de transición. Esta información fue obtenida de acuerdo al boletín de servicio MD80-32-277. Este boletín recomienda inspecciones por pruebas no destructivas (PND líquidos penetrantes y partículas magnéticas).

➤ INSPECCIONES APLICADAS A PISTONES QUE NO HAN TENIDO NINGUNA MODIFICACIÓN.

El fabricante recomienda realizar inspecciones por pruebas no destructivas al pistón de acoplamiento, después de los 5000 ciclos de aterrizaje pero menos de 30,000.

Después de los 5,000 ciclos de aterrizajes se debe aplicar las inspecciones de PND en intervalos de 1500 ciclos o 12 meses lo que ocurra primero.

Durante cada cambio de freno, 50 aterrizajes o 7 días lo que ocurra primero, se debe efectuar una inspección visual y en caso de evidencia de rotura aplicar inspecciones por PND (líquidos penetrantes y partículas magnéticas)

➤ INSPECCIONES APLICADAS A PISTONES CON MODIFICACIONES

El fabricante recomienda realizar inspecciones por pruebas no destructivas al pistón de acoplamiento, después de los 2500 ciclos de aterrizaje.

Durante cada cambio de freno, 50 aterrizajes o 7 días lo que ocurra primero, se debe efectuar una inspección visual y en caso de evidencia de rotura aplicar inspecciones por PND (líquidos penetrantes y partículas magnéticas)

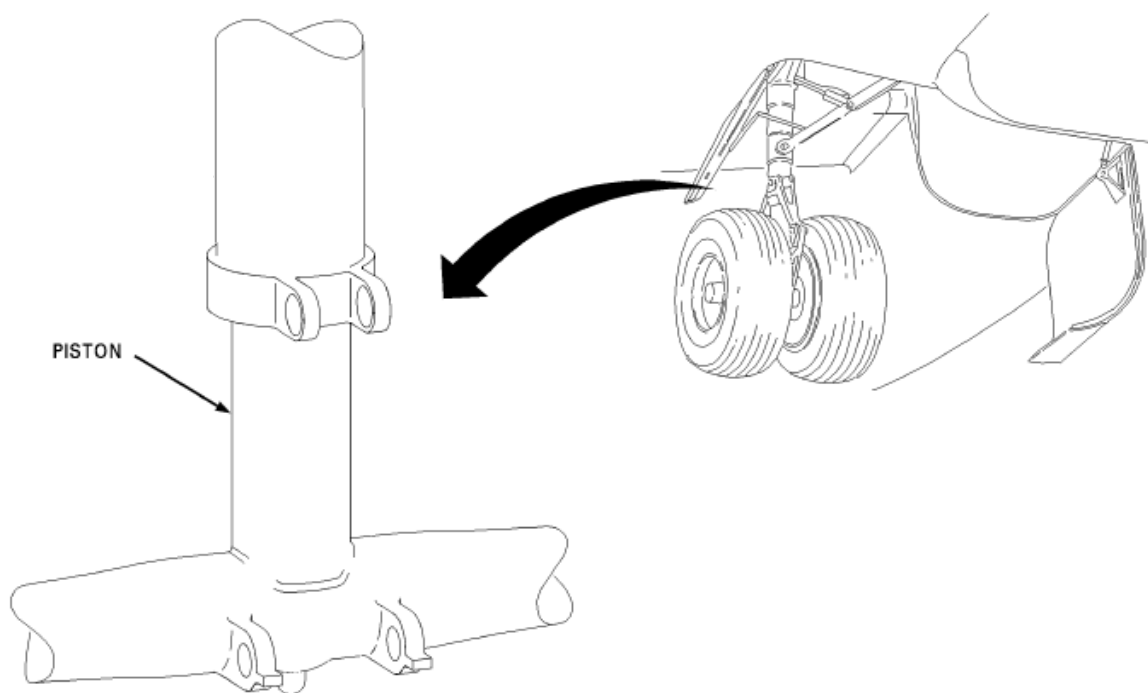


Fig. 3.8 Se observa el pistón de amortiguamiento del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80, el cual se encuentra desarmado.

PROCEDIMIENTO DE INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS Y LÍQUIDOS PENETRANTES PARA EL PISTÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL.

A continuación se describen los procedimientos y métodos por partículas magnéticas y líquidos penetrantes para la inspección del pistón de sujeción del tren de aterrizaje principal de la aeronave MD80. El cual por recomendaciones del fabricante en sus boletines de servicio MD80-32-277 recomienda realizar una inspección por pruebas no destructivas al componente para detección de roturas.

De acuerdo a la información de los boletines de servicio antes mencionados, se determinara el procedimiento de inspección al cual se le darán las recomendaciones pertinentes para la aplicación de pruebas no destructivas, esto optimizara y facilitara el mantenimiento preventivo y correctivo ya que podremos detectar roturas en etapas iniciales.

1.- En primer lugar se definirá la mano de obra en cuanto a la inspección por pruebas no destructivas por el método de partículas magnéticas fluorescentes y líquidos penetrantes. Se dan dos programas en los cuales podremos ver dos situaciones que se pueden presentar durante la inspección.

➤ MANO DE OBRA

A continuación se presenta una estimación de las horas necesarias para hacer la inspección por partículas magnéticas y líquidos penetrantes para el cilindro del tren de aterrizaje. Esta información fue obtenida de acuerdo al boletín de servicio MD80-32-277, información obtenida por el fabricante.

OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE METODOS DE INSPECCIÓN DE PND EN LOS COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

CONDICIÓN 1: CUANDO AL INSPECCIONAR NO SE ENCUENTREN ROTURAS

TAREAS	NUMERO DE PERSONAS	HORAS DE TAREA	HORAS TRANSCURRIDAS
Remover componentes	1	0.5	0.5
Remover pintura/primer	1	1.0	1.0
Inspección	1	2.0	2.0
Aplicar pintura/primer	1	0.4	0.4
Instalar componentes	1	0.5	0.5
TOTAL PARA CADA AERONAVE		4.4	4.4

CONDICIÓN 2: CUANDO AL INSPECCIONAR SE ENCUENTREN ROTURAS.

TAREAS	NUMERO DE PERSONAS	HORAS DE TAREA	HORAS TRANSCURRIDAS
Remover componentes	1	0.5	0.5
Remover pintura/primer	1	1.0	1.0
Inspección	1	2.0	2.0
Remover el recubrimiento de cadmio	1	1.0	1.0
Inspección	1	2.0	2.0

TAREAS	NUMERO DE PERSONAS	HORAS DE TAREA	HORAS TRANSCURRIDAS
Subir aeronave	4	4.0	1.0
Remover MLG	3	14.2	4.4
Reemplazar pistón	2	4.0	2.0
Instalar MLG	3	16.2	5.4
Bajar aeronave	4	3.2	0.8
Servicio	2	1.0	0.5
Tareas	2	3.0	1.5
TOTAL PARA CADA AERONAVE		51.1	22.1

➤ EQUIPO Y MATERIAL

El equipo y material utilizado durante la inspección debe estar debidamente aprobado, certificado y cumplir con las especificaciones de norma.

LÍQUIDOS PENETRANTES

El material y equipo se enlista a continuación.

1. Líquido penetrante (tipo 1, método C en aerosol nivel de sensibilidad 3 ZL-27A)
2. Lámpara de luz ultravioleta: intensidad mínima de $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
3. Radiómetro con sensores de luz ultravioleta y luz visible
4. Lámpara de luz blanca
5. Lupas o lentes de aumento y espejos
6. Limpiador (cleaner SKC-S)
7. Revelado (aerosol ZP-9F)
8. Alcohol
9. Guantes látex
10. Toallas blancas

11. Bata
12. Lentes de protección contra rayos ultravioleta.

PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

El material y equipo se enlista a continuación.

1. Imán permanente.
2. Lámpara de luz ultravioleta: intensidad mínima de $1000 \mu\text{W}/\text{cm}^2$
3. Radiómetro con sensores de luz ultravioleta y luz visible
4. Indicador de campo (indicador Gauss)
5. Lámpara de luz blanca
6. Lupas o lentes de aumento y espejos
7. Partículas magnéticas fluorescentes de alta sensibilidad(aerosol magnaglo AM)
8. Limpiador (cleaner SKC-S)
9. Alcohol o solvente (tinher)
10. Guantes látex
11. Toallas blancas
12. Bata
13. Lentes de protección UV

➤ INSTRUCCIONES DE TRABAJO

1. La inspección se debe llevar a cabo en zona de acoplamiento en los lengüetas de sujeción de torsión tal y como se muestra en las figuras de abajo.

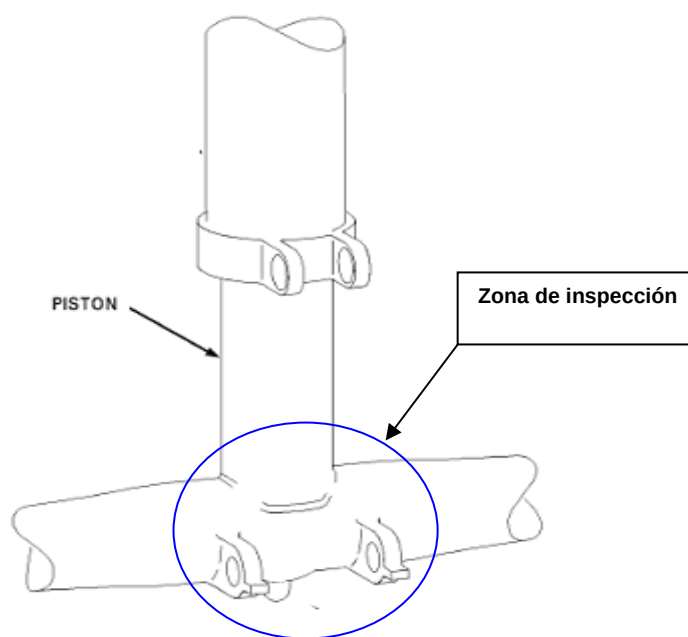


Fig 3.9 Se ilustra la zona de inspección del pistón en el tren de aterrizaje principal.

2. Prepare el área de la inspección quitando pintura, cadmio y primer de acuerdo al manual de reparación mayor (OHM 20-60-2).

INSPECCIÓN DE LÍQUIDOS PENETRANTES APLICADA AL PISTÓN

1. Realice una inspección visual a todo el pistón de amortiguamiento minuciosamente, revise que no haya fugas de algún hidráulico, poner especial atención en las partes críticas del componente observando que no haya ningún daño o desgaste. Como se puede observar en la figura 3.2.3, que muestran las zonas críticas del pistón.
2. Limpie perfectamente el área de inspección con cleaner (SKC-S) con toallas blancas y limpias, verificando que no quede grasa o algún otro material contaminante, ya que es importante para obtener buenas señales de inspección.

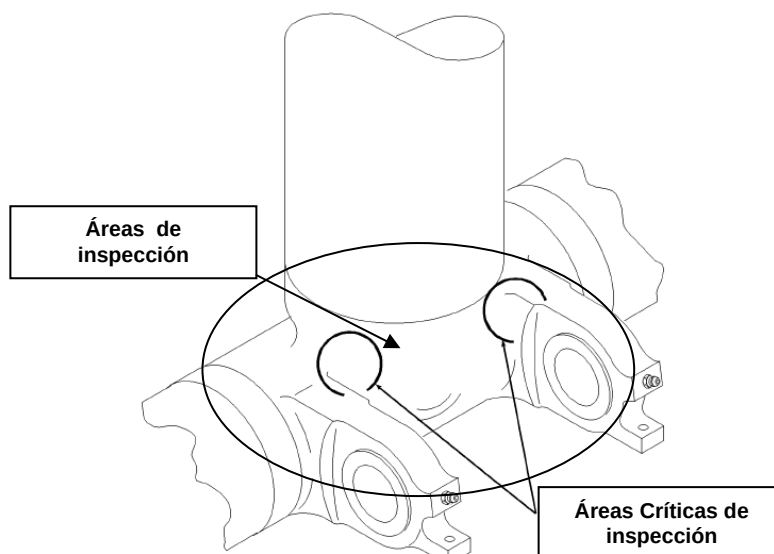


Figura 3.10 se ilustran las zonas críticas en las que probablemente se pueden encontrar roturas y donde se debe aplicar la inspección por líquidos penetrantes

3. Realice la inspección de líquidos penetrantes Fluorescentes y actúe conforme a lo siguiente:

- 1. APLICACIÓN DEL LIQUIDO PENETRANTE.-** Aplique líquido penetrante ZL-27A en las zonas críticas utilizando un aplicador (toalla blanca absorbente en forma de brocha).
- 2. TIEMPO DE PENETRACIÓN.-** Debe esperar 10 minutos para que el líquido penetre lo suficiente para tener buenas indicaciones en caso de una fisura o roturas.
- 3. REMOCIÓN DEL LÍQUIDO PENETRANTE.-** con toallas blancas se debe limpiar la zona donde fue aplicado el líquido. Para quitar el líquido se debe utilizar limpiador (cleaner SKC-S). esperar por lo menos 5 minutos para que la pieza quede totalmente seca

4. **APLICACIÓN DE REVELADOR.**- Se aplica revelador (ZP-9F) y esperar por lo menos 10 minutos antes de la inspección

Para poder hacer la inspección se debe utilizar luz negra la cual va hacer que las partículas se vean fluorescentes estas partículas nos van a dar una mejor indicación de rotura ya que son de mayor sensibilidad. Antes de realizar la inspección se debe esperar por lo menos 1 minuto esto para lograr adaptar el ojo humano a las partículas fluorescentes ya que si no la inspección va ser poco satisfactoria.

Se procede a inspeccionar el área de manera minuciosa. Si hay indicaciones de rotura se debe limpiar y nuevamente aplicar revelador, con esto se corrobora si la indicación es real o falsa.

4. Si durante el procedimiento de inspección no hay indicaciones de rotura, proceda a aplicar el método de partículas magnéticas. Si hay indicación de rotura marque la zona y aplique el antes mencionado y si esta se corrobora nuevamente actúe de acuerdo al punto A Rotura presente.

INSPECCIÓN POR PARTÍCULAS MAGNÉTICAS

1. Limpie el área de la inspección con cleanner o alcohol 96° y toallas limpias, verificando que no quede grasa o algún otro material contaminante o residuos de líquido penetrante, ya que es importante para obtener buenas señales de inspección.

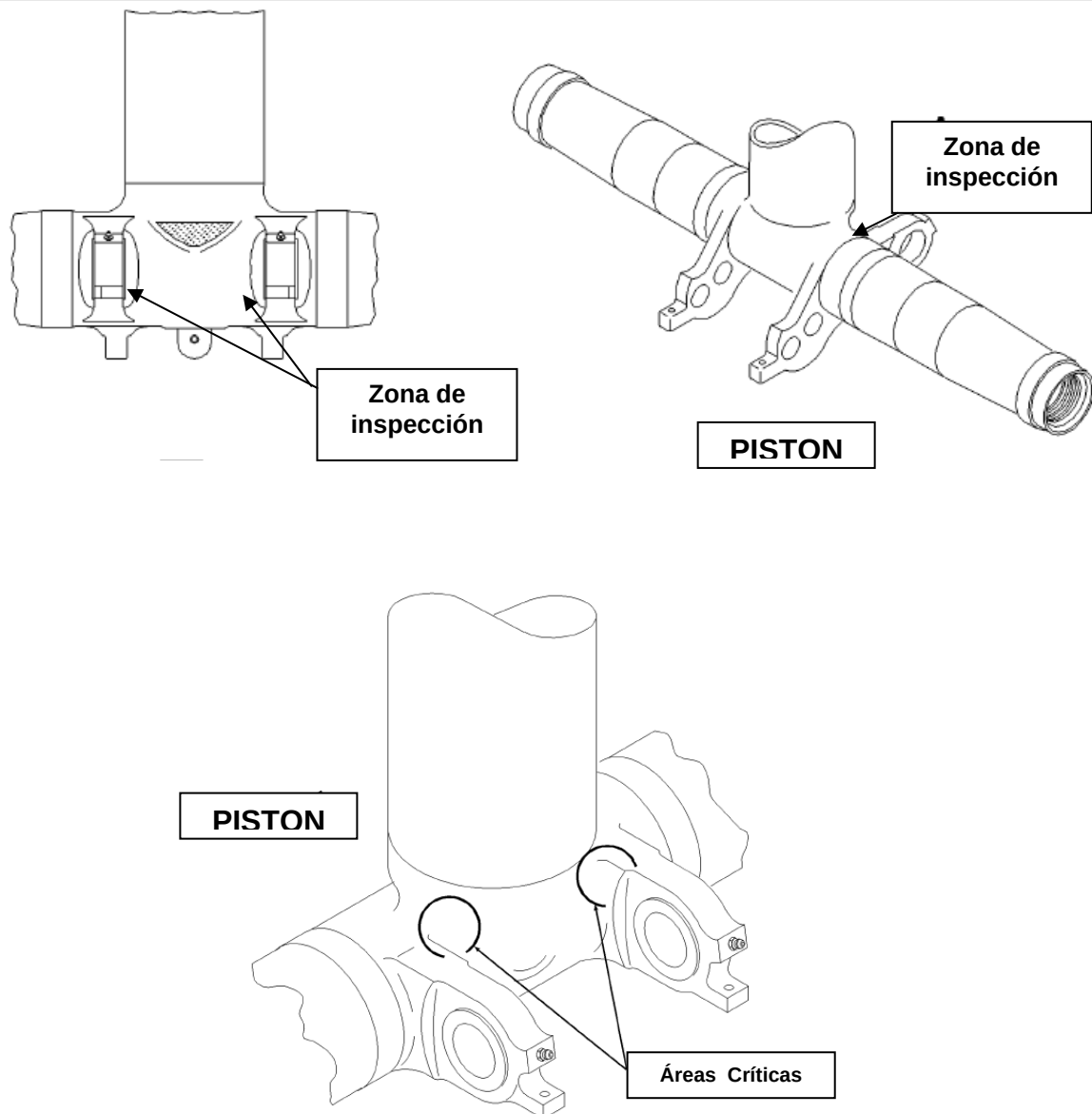


Figura 3.11 se ilustran las zonas de inspección en las que probablemente se pueden encontrar roturas.

2. Realice la inspección de partículas magnéticas y actúe conforme a lo siguiente:

Para comenzar con la inspección Identifique las zonas críticas del pistón de amortiguamiento tal y como se muestra en la figura de arriba. Haga la inspección por partículas magnéticas Fluorescentes.

De acuerdo a lo siguiente:

Una vez limpio el cilindro se procede a aplicar partículas magnéticas con un imán permanente. De acuerdo al boletín de servicio MD80-32-277.

LOCALIZACIÓN DE ROTURAS: Para poder localizar roturas transversales respecto al eje longitudinal del pistón es importante colocar el imán de forma que las dos zonas de contacto queden sobre pistón, como se muestra en la siguiente figura de abajo, una vez que las dos zonas de contacto están en posición correcta se aplican partículas magnéticas en la zona a inspeccionar. Con un indicador de campo se verifica el nivel de magnetización.

Para poder hacer la inspección se debe utilizar luz negra la cual va hacer que las partículas se vean fluorescentes estas partículas nos van a dar una mejor indicación de rotura ya que son de mayor sensibilidad. Antes de realizar la inspección se debe esperar por lo menos 1 minuto esto para lograr adaptar el ojo humano a las partículas fluorescentes ya que si no la inspección va ser poco satisfactoria.

Las tareas antes mencionadas se deben aplicar al rededor del pistón sobre las áreas críticas. Una vez inspeccionada toda el área antes mencionada se procede a inspeccionar otra zona, se debe tener cuidado cuales fueron las zonas de magnetización, para no dejar zonas libres de inspección, tal y como se muestra en la figura de abajo.

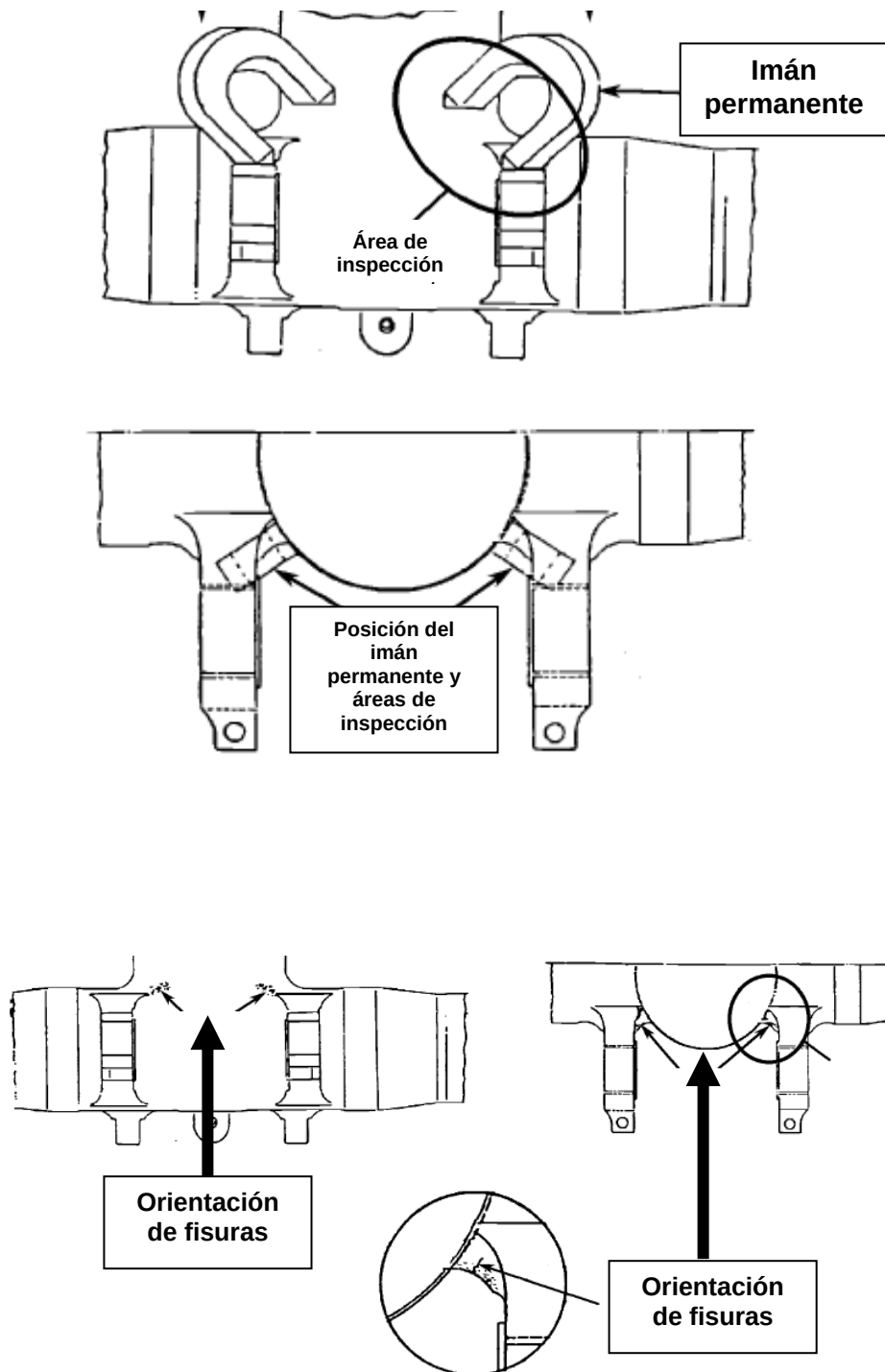


Fig 3.12 Se ilustran la forma en la cual se debe magnetizar el pistón para obtener roturas, de la pieza, también se observa el área de magnetización. También se muestra la forma en la que pueden formarse fisuras y roturas

3. Si durante el procedimiento de inspección no hay indicaciones de rotura, proceda como lo indica el paso B, pero si se localizo alguna indicación rotura proceda de acuerdo a la indicación numero A.

A. Al encontrar indicaciones de rotura se debe efectuar el siguiente procedimiento

a. Observe el tamaño, forma, intensidad y localización de la indicación de rotura.

c. Aplique nuevamente la inspección por partículas magnéticas en la zona donde se presenta la indicación de rotura, de acuerdo a lo establecido en el punto 4.

Nota: si la indicación de la rotura no se confirma, aplique el cadmio en área del pistón tal y como lo indica al manual reparación mayor (OHM referencia 20-10-6). Proceda al paso 5 y continúe con la inspección.

Nota: si se confirma una indicación de la rotura, proceda a lo siguiente:

ROTURA PRESENTE:

I.- Levante la aeronave, esto de acuerdo al manual de la aeronave MD-80 AMM referencia 07-11-00.

II.- Quite y guarde el montante del tren de aterrizaje principal de acuerdo al manual MD-80 AMM referencia 32-11-01.

III.- Sustituya el pistón de amortiguamiento, En base al manual de componente referencia CMM 32-17-01, o CMM referencia 32-17-02.

IV.- Instale el montante útil guardado. En base al manual MD-80 AMM referencia 32-11-01.

B. si durante la inspección no se encontró ninguna rotura actúe de acuerdo a lo siguiente:

NO HAY ROTURA PRESENTE.

I- Limpiar perfectamente el área de inspección con un alcohol limpio y toallas.

II.- Instale todos los componentes que sustituyeron para la inspección. Este trabajo. Debe ser efectuada por un mecánico calificado y realizarse en base al manual MD-80 AMM 32-32-10

III.- Con esto termina el trabajo de inspección por pruebas no destructivas y se puede liberar la aeronave a operación.

RECOMENDACIONES PARA LA DETECCIÓN DE ROTURAS Y DAÑOS AL CILINDRO Y PISTÓN DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80

CILINDRO DE AMORTIGUACIÓN:

Para optimizar la inspección por métodos no destructivos del cilindro de amortiguación del tren de aterrizaje MD80 se deben tomar en cuenta las siguientes propuestas:

- 1.- Antes de iniciar una inspección por métodos no destructivos el inspector debe reunir toda la información referente al tren de aterrizaje (cilindro de amortiguación) con el propósito de conocer la vida operación de este componente. Revisar manual de mantenimiento, Bitácoras, órdenes de ingeniería, Boletines de servicio.
- 2.- Realizar una inspección visual del cilindro de amortiguación de manera minuciosa poniendo especial cuidado en las zonas críticas, la revisión debe realizarse con lámpara de luz blanca y lupas o aumentos. En caso de tener alguna indicación se recomienda aplicar una inspección por partículas magnéticas. Esta tarea se debe efectuar de manera constante por lo menos cada dos días. Con esta tarea lograremos monitorear y detectar cualquier tipo de daño superficial del cilindro de amortiguación.
- 3.- Para la inspección de partículas magnéticas en la cual el fabricante marca un tiempo de revisión de 90 días o 450 ciclos de aterrizaje. Es recomendable aplicar la inspección cada tres meses en los servicios de pernocta.
- 4.- Todas las actividades de inspección por pruebas no destructivas aplicadas al cilindro de amortiguación deben ser registradas e incluir datos como: fecha de aplicación, lugar de aplicación, tiempo, material utilizado, resultados de la inspección, condiciones encontradas y localización.

PISTÓN DE AMORTIGUACION:

Para optimizar la inspección por métodos no destructivos del pistón de amortiguación del tren de aterrizaje MD80 se deben tomar en cuenta las siguientes propuestas:

1.- Antes de iniciar una inspección por métodos no destructivos el inspector debe reunir toda la información referente al tren de aterrizaje (pistón de amortiguación) con el propósito de conocer la vida operación de este componente. Revisar manual de mantenimiento, Bitácoras, órdenes de ingeniería, Boletines de servicio.

2.- Realizar una inspección visual del pistón de amortiguación de manera minuciosa poniendo especial cuidado en las zonas críticas, la revisión debe realizarse con lámpara de luz blanca y lupas o aumentos. En caso de tener alguna indicación se recomienda aplicar una inspección por partículas magnéticas. Esta tarea se debe efectuar de manera constante por lo menos cada dos días. Con esta tarea lograremos monitorear y detectar cualquier tipo de daño superficial del pistón de amortiguación.

3.- Para la inspección de partículas magnéticas y líquidos penetrantes, en la cual el fabricante marca un tiempo de revisión de 12 meses o 1500 ciclos de aterrizaje. Se recomienda aplicar el método de partículas magnéticas cada tres meses en los servicios de pernocta. Solo en caso de tener indicaciones de fisuras es recomendable aplicar el método de líquidos penetrantes.

Es importante aclarar que los procedimientos e indicaciones del fabricante se deben aplicar en tiempo y forma.

4.- Todas las actividades de inspección por pruebas no destructivas aplicadas al pistón de amortiguación deben ser registradas e incluir datos como: fecha de aplicación, lugar de aplicación, tiempo, material utilizado, resultados de la inspección, condiciones encontradas y localización.

RECOLECCIÓN DE DATOS DE A CUERDO CON LAS RECOMENDACIONES PARA LA DETECCIÓN DE ROTURAS Y DAÑOS AL CILINDRO Y PISTÓN DEL MLG DE LA AERONAVE MD80.

INSPECCION	CICLOS	PISTON DE AMORTIGUAMIENTO	CILINDRO DE AMORTIGUAMIENTO
PND	5000	Después de los 5000 ciclos se debe aplicar las inspecciones de PND, en intervalos de 1500 ciclos o 12 meses lo que ocurra primero.	Si aplica.
INSPECCIÓN VISUAL	50	Se debe de tener cuidado en las zonas críticas.	Revise que no halla fugas de algún fluido, poner especial atención en las partes críticas del componente.
PND (LÍQUIDOS PENETRANTES Y PARTÍCULAS MAGNÉTICAS)	450	Es recomendable aplicar la inspección cada tres meses en los servicios de pernocta.	Es recomendable aplicar la inspección cada tres meses en los servicios de pernocta.
CON MODIFICACIONES POR PND	2500	Realizar inspecciones por PND después de los 2500 ciclos.	
CON MODIFICACIONES POR INSPECCIÓN VISUAL	50	Durante cada cambio de freno o 7 días lo q ocurra primero.	
CON MODIFICACIÓN PND (LÍQUIDOS PENETRANTES Y PARTÍCULAS MAGNÉTICAS)	450	En caso de evidencia de una fractura, rotura o fisura.	
PND	450		Se recomienda que sea la primera inspección para la detección de roturas.

ESTAS VARIABLES ANTES MENCIONADAS DEBEN SER COMPARADAS AL TÉRMINO DE CADA ETAPA DE INSPECCIÓN RECOMENDADA POR EL FABRICANTE. ÉSTOS RESULTADOS VAN A DETERMINAR SI LAS PROPUESTAS CUMPLEN CON LOS OBJETIVOS PROPUESTOS DE OPTIMIZACIÓN Y DETECCIÓN DE DAÑOS EN LOS COMPONENTES DE MANERA OPORTUNA.

Estos resultados van a determinar si las propuestas cumplen con los objetivos propuestos de optimización y detección de daños en los componentes de manera oportuna. Es importante aclarar que los procedimientos e indicaciones del fabricante se deben aplicar en tiempo y forma.

CONCLUSIONES

Con base a los análisis desarrollados en esta tesina se observo que en si, todas las PND son de suma importancia para optimizar los procesos de inspección, se tiene actualmente que la aplicación de la prueba de líquidos penetrantes, por partículas magnéticas de tipo fluorescente, reduce al mínimo la posibilidad de una rotura del cilindro de amortiguamiento del tren de aterrizaje MD-80, y detecta oportunamente algún daño que pueda ser reparado y nos garantice una vida mayor del tren de aterrizaje y consecuentemente minimizar el tiempo de la inspección electromagnética en el laboratorio de PND de Aeroméxico por ejemplo, así también esto coadyuvara a la adecuación de los intervalos de inspección desde que se instale un nuevo tren o se repare para verificar preventivamente que no tenga roturas en intervalos que no excedan 90 días o 450 aterrizajes para el cilindro amortiguador y para el pistón 1500 ciclos de aterrizajes o 12 meses. Lo que ocurra primero, beneficiándose el mantenimiento programado del tren de aterrizaje.

Otra conclusión recomendación resultado de este trabajo es el dejar de hacer inspecciones electromagnéticas repetitivas minimiza la posibilidad de daños en el tren, ya que este con las constantes inspecciones electromagnéticas origina fragilización del material del tren.

Se recomienda por ultimo que en los manuales de procedimientos de mantenimiento se agregue el siguiente texto: Antes de iniciar o realizar el trabajo de inspección por partículas magnéticas y líquidos penetrantes, revise y recopile información técnica, bitácoras referente al servicio de mantenimiento en cuanto a pruebas no destructivas del pistón de sujeción de la aeronave MD-80, con el propósito de conocer la vida operacional del componente.

ACRONIMOS Y GLOSARIO DE TERMINOS TECNICOS.

A

AMM	(Aircraft Maintenance Manual) Manual del mantenimiento de aeronaves.
AD	Directiva de aeronavegabilidad.
Aircraft Logs	Registro de operación de la aeronave. (Bitácoras)
ATA	Asociación del Transporte Aéreo.

B

Banding	Bandeo.
Bungee	Acoplamiento.

C

CHECK LIST	Lista de verificación.
CMM	(Component Maintenance Manual) Manual de Componentes de mantenimiento.
CE	Corrientes parasitas o corrientes de Eddy.
Cleanner	Limpiador.
CD	Corriente directa

D

DPM	(Douglas Process Material) Material de proceso de Douglas
DPS	(Douglas Process Standards) Estándares de proceso de Douglas.
Damper	Amortiguador.
DATUM	Línea de referencia para el centro de gravedad.

E

ETB	(Eddy Test Bolt Hole) Inspección de prueba de corrientes parásitas del orificio de perno.
-----	---

**OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE METODOS DE INSPECCIÓN DE PND EN LOS
COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80**

ETHF	(Eddy Test High Frequency) inspección PND de corrientes parásitas de alta frecuencia.
ETLF	(Eddy Test Low Frequency) Inspección PND de corrientes parásitas de baja frecuencia.
ETHFR	(Eddy Test High Frequency Reflectance) Reflectancia de alta frecuencia de corrientes parásitas.
ETLFR	(Eddy Test Low Frequency Reflectance) Reflectancia de baja frecuencia de corrientes parásitas.

F

FAA	Administración Federal de Aviación.
FAR	(Federal Aviation Rules) Las regulaciones de la aviación federal

I

IPC	Catalogo de Partes Ilustradas.
-----	--------------------------------

L

LG	(LANDING GEAR) Tren de aterrizaje.
Link	Unión de Barras.

M

MLG	(Main Landing Gear) Tren de aterrizaje principal.
MGM	Manual General de Mantenimiento.
MT	(Magnetic Particle Test) Prueba de partículas magnéticas.
MTF	(Magnetic Particle Test Fluorescent) Partículas magnéticas fluorescentes.
MAC	(Mean Aerodynamic Chord) cuerda aerodinámica media.
MAGNAGLO	Un ejemplo de inspección de partículas magnéticas fluorescentes.
Montante	Soporta y unión del tren de aterrizaje principal.

N

NDT	(Non destructive Testing) Pruebas no Destructivas.
-----	--

**OPTIMIZAR LOS PROCEDIMIENTOS DE METODOS DE INSPECCIÓN DE PND EN LOS
COMPONENTES DEL TREN DE ATERRIZAJE PRINCIPAL DE LA AERONAVE MD80**

NDTSPM	(Nondestructive Testing Standard Practices Manual) Manual de practicas estándar de Pruebas No Destructivas.
--------	---

O

OHM	(Overhaul Manual) Manual de Reparación mayor.
-----	---

P

Placa de Cadmio	Recubrimiento para evitar la corrosión
PRY	(PRIMARY) Primario.
Part number	Numero de parte.
PT	(Penetrant test - visible dye) Prueba penetrante visible.
PTF	(Penetrant test fluorescent) Prueba penetrante fluorescente.
Push Button	Botón de empujar.

Q

QTY	(QUANTITY) Cantidad
-----	---------------------

R

RTX	(ray radiography) Inspección radiográfica.
RTG	(Gamma- ray radiography) Inspección gamagráfica y radiografica
RCG	Rango del centro de gravedad

S

SHOCK STRUT	Cilindro Amortiguador.
SYS	(SYSTEM) Sistema.
Service Bulletin	Boletín de servicios.
ST	Sonic (Tap test) Ultrasonido (pruebas de piso)
Spring	Resorte.

T

TASK CARD	Tarjeta de Trabajo o tarea de trabajo.
TT	(Torque test) Prueba de torque.

U

UTL (Ultrasonic surface) Inspección ultrasónica de superficie.

V

VTB (Visual-aided boroscope) Inspección boroscópica.

VTs (Visual-aided surface) Inspección visual en superficie

W

WHEEL WELL Masa o eje de la rueda de frenos y del tren de aterrizaje.

LISTADO DE FIGURAS.

	No. PAG		No. PAG
Fig. 2.1	26	Fig. 2.15	47
Fig. 2.2	27	Fig. 2.16	51
Fig. 2.3	27	Fig. 2.17	52
Fig. 2.4	28	Fig. 3.1	54
Fig. 2.5	30	Fig. 3.2	56
Fig. 2.6	32	Fig. 3.3	60
Fig. 2.7	33	Fig. 3.4	61
Fig. 2.8	33	Fig. 3.5	61
Fig. 2.9	34	Fig. 3.6	63
Fig. 2.10	35	Fig. 3.7	64
Fig. 2.11	38	Fig. 3.8	68
Fig. 2.12	38	Fig. 3.9	73
Fig. 2.13	42	Fig. 3.10	74
Fig. 2.14	43	Fig. 3.11	76
		Fig. 3.12	78

LISTADO DE TABLAS.

	No. PAG.
CUADRO COMPARATIVO DE MÉTODOS PND.	21
CONDICIÓN 1: CUANDO AL INSPECCIONAR NO SE ENCUENTREN ROTURAS	57
CONDICIÓN 2: CUANDO AL INSPECCIONAR SE ENCUENTREN ROTURAS.	58
CONDICIÓN 1: CUANDO AL INSPECCIONAR NO SE ENCUENTREN ROTURAS	70
CONDICIÓN 2: CUANDO AL INSPECCIONAR SE ENCUENTREN ROTURAS.	70
CONDICIÓN 2: CUANDO AL INSPECCIONAR SE ENCUENTREN ROTURAS.	71

BIBLIOGRAFIA.

-Apoyo de estudio pagina web My Boeing Fleet.

-Teniendo como materia de estudio los Boletines de Servicio (Service Bulletin)

- **MD80-32-277**

ATA System: 3210

LANDING GEAR - Main Gear Shock Strut - Inspect/Replace Main Landing Gear
(MLG) Piston

-**MD80-32A344**

ATA System: 3211

LANDING GEAR - Main Gear Shock Strut - Inspect/Replace Main Landing Gear
Shock Strut Cylinder

-Sistemas de mantenimiento planeación y control.

Duffuaa, Raouf, Dixon

LIMUSA

-Procesos de inspección en la aviación.

MBA Marcos Frago Mosqueda

2003