ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción

"Estudio De Factibilidad En Técnicas No Destructivas Para Realizar Metalografía En Campo De Componentes Estructurales: Réplicas Metalográficas Y Microscopio Portátil"

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO MECÁNICO

Presentada por:
William Vidal Salazar Rodríguez
GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2010

A G R A D E C I M I E N T O

Agradezco a Dios por cada día, a mis padres, mi familia, amistades y al Ing. Julián Peña, por su apoyo incondicional en la realización de esta Tesis.

D E D I C A T O R I A

A mi madre, por ella soy lo que soy, a mi padre, siempre preocupado por mi bienestar. Para los dos, este gran momento de mi vida y un pequeño paso para mis propósitos…… Los amo

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Francisco Andrade S. Ing. Julián Peña E. DECANO DE LA FIMCP
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Omar Serrano V. VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, me corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).

William Vidal Salazar Rodríguez

RESUMEN

El presente trabajo trata sobre el Estudio de Factibilidad acerca de dos técnicas para obtener la metalografía de un componente en campo, análisis que difiere en gran manera del que se realiza en un laboratorio.
Se aprovechó el análisis de un componente estructural, un Horno Catalítico, para llevar a cabo el estudio de dos técnicas para obtener una metalografía en campo, tales como son: Las Réplicas Metalográficas y el uso del Microscopio Portátil.
En el primer capítulo, se mencionan las consideraciones generales, junto con los aspectos teóricos en lo que a Metalografía No destructiva se refiere. Se explica sobre las Réplicas Metalográficas y la Microscopía en campo.
En el segundo capítulo, se detalla el Plan de Trabajo que se utiliza para la inspección de un componente mediante las técnicas no destructivas en cuestión. Se trata sobre la experiencia que se adquirió al inspeccionar un componente estructural en campo, las dificultades que se presentaron dependiendo de su configuración, y las áreas a analizar, momento en el cual se crea el dilema sobre que técnica no destructiva es más conveniente utilizar.
II
En el tercer capítulo, se analiza la factibilidad de cada método, luego de ponerlos a prueba en el análisis de un componente estructural. Se detallan las ventajas y desventajas de cada uno.
En el cuarto capitulo se dan las conclusiones y recomendaciones con respecto a la utilización de cada método.
III

ÍNDICE GENERAL

Pág.
RESUMEN…… I
ÍNDICE GENERAL……III
ÍNDICE DE TABLAS…….XII
ÍNDICE DE FIGURAS……..VIII
INTRODUCCIÓN……. 1

CAPÍTULO 1
1. LA METALOGRAFÍA DE CAMPO COMO METODOLOGÍA EN PROGRAMAS DE INSPECCIÓN NO DESTRUCTIVA…….3
1.1 La Metalografía de Campo……4
1.2 Replicas Metalográficas……8
1.2.1 Tipos de réplicas……. 8
1.2.2 Tipos de materiales utilizados para réplicas……... 9
1.2.3 Técnicas de preparación de replicas…….. 14
1.2.4 Análisis Micro estructural…….. 24
1.2.5 Alcance de la técnica……. 40
IV
1.3 Microscopía de Campo…… 47
1.3.1 Microscopio metalográfico……. 48
1.3.2 Microscopio metalográfico portátil…….51
1.4 Metodología para la Obtención de Metalografía de Componentes Estructurales…….. 54
1.4.1 Inspección visual……...…….55
1.4.2 Desbaste……. 56
1.4.3 Técnicas de pulido…….59
1.4.4 Revelado de la micro estructura…… 70

CAPÍTULO 2
2. PLAN DE TRABAJO PARA INSPECCIÓN DE DOS COMPONENTES MEDIANTE TÉCNICAS NO DESTRUCTIVAS……75
2.1 Plan de Inspección.- Metodología……75
2.2 Inspección visual en un Horno Catalítico……. 78
2.3 Preparación de las superficies……. 79
2.3.1 Desbastado……. 80
2.3.2 Pulido mecánico……. 81
2.3.3 Pulido electroquímico……. 85
2.3.4 Revelado micro estructural…… 95
V
2.4 Obtención de las micro estructuras…….97
2.4.1 Microscopio portátil…….. 97
2.4.2 Réplicas Metalográficas…….. 106

CAPÍTULO 3
3. ANÁLISIS DE RESULTADOS……111
3.1. Réplicas Metalográficas……. 111

3.2. Microscopio Portátil…….119

CAPÍTULO 4
4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES……. 130

APÉNDICES

BIBLIOGRAFÍA

ABREVIATURAS

ASTM	American Society for Testing and Materials
CD	Compact Disc
CNEA	Centro Nacional de Energía Atómica
cm^2	Centímetro cuadrado
Cr	Cromo
HP	High Power
LP	Low Power
min	Minuto
mm	Milímetro
Mo	Molibdeno
mts	Metros
PC	Personal Computer
SEM	Scanning Electron Microscope
USB	Universal Serial Bus
ZAT	Zona Afectada Térmicamente

SIMBOLOGÍA

Á	Angstrom (10^{-10} metros)
°C	Grado Centígrado
δ	Ferrita Delta
σ	Fase sigma
µm	Micrómetro (10^{-6} metros)

ÍNDICE DE FIGURAS

.

Pág.

Figura 1.1 Instalaciones en montaje – control inicial…… 5
Figura 1.2 Proceso de laminación en caliente……. 6
Figura 1.3 Réplicas de goma, se mezcan dos componentes
y se obtiene una pasta..... 10
Figura 1.4 Réplicas de ranuras realizadas en el interior de un tubo….. 11
Figura 1.5 Equipo para réplicas fabricado por Struers,
incluye el solvente y el kit con 50 replicas…….. 12
Figura 1.6 Hojas de acetato de 50 µm…….. 13
Figura 1.7 Esquema de un proceso típico de replicación
de dos etapas……21
Figura 1.8 Esquema de replicación carburo-fisura……..... 22
Figura 1.9 Esquema de los Distintos Tipos de Fisuras que pueden
ser puestos en evidencia por una replica micro estructural
en un material de base hierro …….. 26
Figura 1.10 Distribución de la vida por Creep basada en la
Clasificación de Cavidades…….. 29
Figura 1.11 Curva de progresión del daño por Creep……. 31
Figura 1.12 Clasificación del daño por creep a partir de la evolución de
la micro estructura……. 33
Figura 1.13 Estado de degradación micro estructural A…….. 34
Figura 1.14 Estado de degradación micro estructural B…….. 35
Figura 1.15 Estado de degradación micro estructural C……. 35
Figura 1.16 Estado de degradación micro estructural D……. 36
Figura 1.17 Estado de degradación micro estructural E……. 37
Figura 1.18 Estado de degradación micro estructural F……..... 37
Figura 1.19 Esquema para la determinación del parámetro
Micro estructural A ligado al grado del daño, para
determinar la vida remanente del componente……..... 39
Figura 1.20 Curva de creep, específica del material analizado,
para determinar la vida remanente del componente
(Método cuantitativo)…… 39
Figura 1.21 Tubo de sobrecalentador fisurado, con corrosión
erosión en la pared exterior……. 42
Figura 1.22 Disminución de espesor en zona fisurada…… 43
Figura 1.23 A la izquierda la microestructura tomada en la zona
de fractura, nótese la globulización de la perlita.
A la derecha la micro estructura tomada a 180°,
no presenta degradación …..…….. 43
Figura 1.24 Corte transversal de un microscopio metalográfico.
Camino de la luz……..... 50
Figura 1.25 Ilustración del aspecto microscópico de los límites
de grano que aparecen como líneas oscuras. Reflexión
del haz de luz…… 50

Figura 1.26 Esquema de las Zonas Críticas de obtención
de Metalografías de un Componente en Campo…… 55
Figura 1.27 Desbaste grueso con el uso de una amoladora
Portátil……..... 56
Figura 1.28 Representación de la superficie al comienzo del
pulido grueso…… ….58
Figura 1.29 Pulido mecánico “in situ” con abrasivos y felpas con
pasta diamantada…….. 60
Figura 1.30 Elementos utilizados para preparar superficies metálicas
con pulido mecánico……. 61
Figura 1.31 Etapas que deben eliminarse en el pulido fino……. 62
Figura 1.32 Esquema de nivelación de la superficie en el pulido
Electrolítico…… 64
Figura 1.33 Curva densidad de corriente / voltaje…… 65
Figura 1.34 Fuente de corriente continua para pulido electroquímico…. 68

Figura 2.1 Horno Catalítico a evaluar, primero a la izquierda……. 77
Figura 2.2 Inspección visual interior Horno Catalítico…….. 79
Figura 2.3 Desbaste grueso con la amoladora…… 81
Figura 2.4 Taladro con el adaptador portapapeles (disco de goma)….. 83
Figura 2.5 Pulido manual con papeles de granulometría #400 y 600…. 85
Figura 2.6 Rectificador de corriente DC – AC……. 89
Figura 2.7 Conexión del ánodo (-) al rectificador…… 90
Figura 2.8 Inicio del pulido electrolítico, se moja en tampón
en el electrolito…….. 91
Figura 2.9 Movimientos circulares para el pulido, con una
presión relativamente baja para no quemar el paño……... 92
Figura 2.10 Arriba, superficie sin el pulido electrolítico final,
abajo la superficie ya pulida. Nótese el circulo de aprox.
1.5 cm de diámetro con una calidad tipo espejo. …… 94
Figura 2.11 Microscopio Metalográfico Portátil utilizado en el
proyecto……. 98
Figura 2.12 Cámara Digital para microscopio …….. 99
Figura 2.13 Vista del programa para la digitalización de las
Fotografías…….100
Figura 2.14 Trabajo en equipo para la digitalización de las imágenes
por medio del Microscopio Portátil…… 103
Figura 2.15 Manejo del microscopio hasta obtener un enfoque
preciso para la digitalización de la micro estructura ……. 104
Figura 2.16 Digitalización de la imagen……. 105
Figura 2.17 Se coloca una capa de disolvente (acetona) a la
superficie para luego adherir la Hoja de Acetato
por tensión superficial ……. 108
Figura 2.18 Se extrae la réplica de la superficie luego de 5 min
de espera. Se lo realiza con la mano …… 109
Figura 2.19 Se clasifica la réplica para su transporte y posterior
análisis en laboratorio …….. …….. 110

Figura 3.1 Análisis punto 1 por medio de Réplicas…… 112
Figura 3.2 Análisis punto 4 por medio de Réplicas…… 113
Figura 3.3 Análisis punto 5 por medio de Réplicas…….114
Figura 3.4 Análisis punto 17 por medio de Réplicas…….. 115
Figura 3.5 Análisis punto 18 por medio de Réplicas……...116
Figura 3.6 Análisis punto 23 por medio de Réplicas…..... 117
Figura 3.7 Análisis punto 34 por medio de Réplicas…..... 118
Figura 3.8 Análisis punto 1 por medio de Microscopio Portátil……. 120
Figura 3.9 Análisis punto 4 por medio de Microscopio Portátil……. 121
Figura 9.10 Análisis punto 5 por medio de Microscopio Portátil……. 122
Figura 3.11 Análisis punto 17 por medio de Microscopio Portátil…….. 123
Figura 3.12 Análisis punto 18 por medio de Microscopio Portátil…….. 124
Figura 3.13 Análisis punto 23 por medio de Microscopio Portátil…….. 125
Figura 3.14 Análisis punto 34 por medio de Microscopio Portátil…….. 126

ÍNDICE DE TABLAS

Pág.
Tabla 1.1 Ventajas y desventajas de los diferentes materiales
Para Réplicas Metalográficas…….. 23
Tabla 1.2 Criterios aplicables a la degradación por cavidades…… 30
Tabla 1.3 Electrolitos y voltaje para pulido con tampón…… 70
Tabla 2.1 Electrolitos y Voltaje para Pulido Electrolítico
del Acero Inoxidable A - 312…….. 87
Tabla 2.2 Electrolitos y Voltaje para Revelado Micro estructural
del Acero Inoxidable A - 312…… 96
Tabla 2.3 Características Microscopio Metalográfico utilizado
en el proyecto……. 99

INTRODUCCIÓN

El mantenimiento y análisis de la vida remanente de todo componente estructural es de vital importancia para toda industria. Con ello se minimizan pérdidas económicas y en mayor importancia, pérdidas humanas.

En industrias donde trabajen componentes a altas temperaturas y presiones es importante su continua revisión mediante chequeos periódicos. Estos chequeos que son parte del mantenimiento preventivo, incluyen ensayos no destructivos, de cualquier tipo dependiendo de las exigencias de la estructura, pero muchas veces no es suficiente con realizar medición de espesores o tintas penetrantes por ejemplo, entonces es cuando hay que analizar la Micro estructura del material para ver como se está comportando a nivel micro estructural.

Es cuando se hace uso de la Metalografía, para realizar este tipo de análisis. Pero en ese momento surge el dilema sobre que técnica extractiva es mas conveniente utilizar. Nos referimos a Las Replicas Metalográficas y al uso del Microscopio Metalografico Portátil. El Análisis Micro estructural que se realice en un laboratorio va a diferir en gran manera del que se realice en campo, por ello se requiere de técnicas que permitan extraer estas micro estructuras de manera correcta y fácil.

El desarrollo de la presente Tesis, aportará en gran manera como una guía para futuros proyectos similares, gracias a la experiencia que se adquirió al analizar un componente estructural en campo. Se trata de un Horno Catalítico, el cual se

aprovechó su parada de operación para su revisión. Se tomaron 41 puntos de análisis en toda la integridad del Horno, muchas veces en lugares de difícil acceso, ventilación e iluminación.

Es en ese momento, gracias a la experiencia, es que se puede decidir sobre uno u otro método para la extracción de las Micro estructuras, cada una con sus ventajas y desventajas. Se explicará el procedimiento de inspección con cada método, y quedará a criterio del lector, cual de ellos es el más factible para usar.

BIBLIOGRAFIA

1. Calvo F. A., Metalografía Práctica, 1972.
2. Combustion Engineering Inc, Remaining Life Estimation of Boiler Pressure Parts.
3. L. H. Van Vlack, Materiales para Ingeniería, 1973.
4. Metals Handbook, Volume 9, Metallography, 2004.
5. Montero Ricardo, Curso Réplicas Metalográficas.
6. Ovejero García José, Réplica sus Aplicaciones, Universidad Nacional de General San Martin (Argentina), Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales, 1998.
7. Sturla – Castellano, Metalografía Microscópica, 1951.