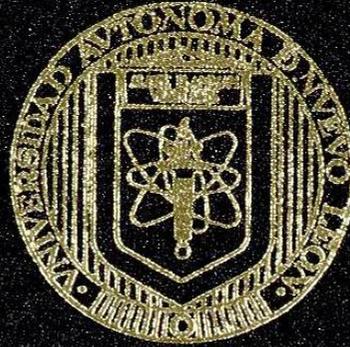


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



PROPAGACION DE GRIETAS EN UN ACERO INOXIDABLE
DEL TIPO AISI 304 RECUBIERTO CON UNA
ALEACION RESISTENTE AL DESGASTE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD
EN MATERIALES

PRESENTA
JULIAN RODRIGUEZ HERNANDEZ

CD. UNIVERSITARIA

ABRIL DEL 2001

TM
Z5853
.M2
FIME
2001
R7

PROPAGACION DE GRIETAS EN UN ACERO INOXIDABLE DEL TIPO AISI 304
RECUBIERTO CON UN ALEACION RESISTENTE AL DESCASTE

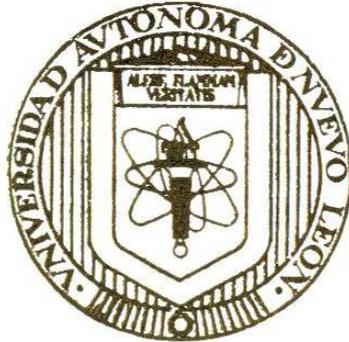
J. R. H.

200



1020145363

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



PROPAGACION DE GRIETAS EN UN ACERO INOXIDABLE
DEL TIPO AISI 304 RECUBIERTO CON UNA
ALEACION RESISTENTE AL DESGASTE

TESIS

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE
MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD
EN MATERIALES

PRESENTA
JULIAN RODRIGUEZ HERNANDEZ

CD. UNIVERSITARIA

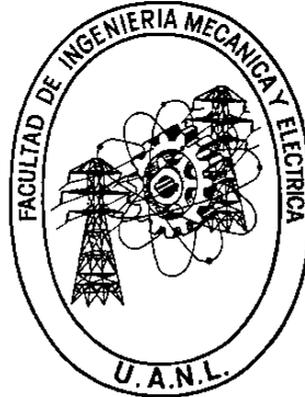
ABRIL DEL 2001

TH
Z5852
•H2
FINE
2001
R7



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO



**PROPAGACION DE GRIETAS EN UN ACERO INOXIDABLE DEL
TIPO AISI 304 RECUBIERTO CON UNA ALEACION
RESISTENTE AL DESGASTE**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS
DE LA INGENIERIA MECANICA CON ESPECIALIDAD EN
MATERIALES**

PRESENTA

JULIAN RODRIGUEZ HERNANDEZ

CIUDAD UNIVERSITARIA

ABRIL DEL 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POST-GRADO

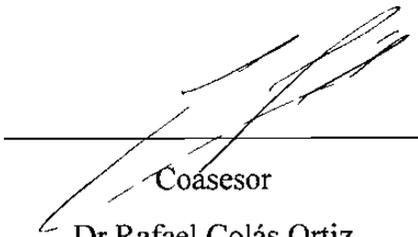
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “Propagación de grietas en un acero inoxidable del tipo AISI 304 recubierto con una aleación resistente al desgaste” realizada por el alumno Julián Rodríguez Hernández, matrícula 784023 sea aceptada para su defensa como opción al grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en Materiales.

El Comité de Tesis.



Asesor

Dra. Martha Patricia Guerrero Mata.



Coasesor
Dr Rafael Colás Ortiz



Coasesor

Dr. Ignacio Alvarez Elcoro



Vo. Bo.

M.C. Roberto Villareal Garza

San Nicolás de los Garza, N.L., Abril del 2001

A mis padres

José Antonio y Josefa

A mis amigos y compañeros.

Milton, Alfonso, Rolando, Diego, Fredy,

Mauricio, Ricardo, Nicándro y Eugenio.

A mi buen amiga

Lidón.

AGRADECIMIENTOS

A Dios...

A mis padres y hermanos por su cariño y esfuerzos.

Agradezco a la Universidad Autónoma de Nuevo León por el apoyo brindando en mis estudios de postgrados a si mismo agradezco a la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica.

Se agradece los apoyos económicos brindados por el CONACYT y SIREYES para realizar el presente trabajo. También se agradece el apoyo del PAICYT (UANL) para la terminación de este trabajo.

A la empresa HYLSA por el material donado para la realización de esta investigación.

A la Dra. Martha Patricia Guerrero por sus comentarios y el gran apoyo que recibí para la realización de este trabajo.

Al Dr. Rafael Colás Ortiz, por su participación y valiosos comentarios.

Al Dr. Ignacio Alvarez Elcoro por la revisión de este trabajo.

A los Profesores del DIMAT.

A todos mis compañeros del DIMAT.

| | |
|---|----|
| Dedicatoria. | i |
| Agradecimientos. | ii |
| Resumen. | 1 |
| | |
| Capítulo 1 | |
| INTRODUCCIÓN. | 2 |
| Referencias bibliográficas. | 4 |
| | |
| Capítulo 2 | |
| RECUBRIMIENTOS DUROS Y ACEROS INOXIDABLES. | 5 |
| | |
| 2.1 Introducción. | 5 |
| 2.2 Recubrimientos duros. | 6 |
| 2.3 Materiales usados como recubrimientos duros. | 7 |
| 2.3.1 Aleaciones base cobalto. | 8 |
| 2.3.2 Aleaciones base níquel. | 9 |
| 2.3.3 Aleaciones base hierro. | 10 |
| 2.4 Recubrimientos duros de base hierro con alto cromo y carbono. | 12 |
| 2.5 Selección de las aleaciones de recubrimientos duros. | 15 |
| 2.6 Selección del proceso de deposición de los recubrimientos duros. | 17 |
| 2.6.1 Propiedades y requerimientos de calidad del recubrimiento duro. | 17 |
| 2.6.2 Características metalúrgicas del metal base | 18 |
| 2.7 Aceros Inoxidables. | 19 |
| 2.8 Clasificación de los aceros inoxidables. | 24 |
| 2.9 Aceros inoxidables austeníticos. | 26 |
| 2.10 Precipitación de carburos en los aceros inoxidables. | 29 |
| Referencias bibliográficas. | 32 |
| | |
| Capítulo 3 | |
| PROPAGACION DE GRIETAS POR FATIGA. | 34 |
| | |
| 3.1 Mecánica de la fractura. | 34 |
| 3.1.1 Fuerza de ampliación de las grietas. | 37 |
| 3.1.2 Modos de desplazamiento de la superficie de fractura. | 39 |
| 3.1.3 El campo de esfuerzos alrededor de una grieta y el factor de intensidad de esfuerzos. | 40 |
| 3.2 Ciclos de esfuerzos en fatiga. | 42 |
| 3.3 Aspectos estructurales de la fatiga. | 44 |
| 3.4 Etapa II de propagación de grietas por fatiga. | 48 |
| 3.5 Efecto de la temperatura en la fatiga. | 50 |
| 3.6 El caso de fatiga térmica. | 51 |
| Referencias bibliográficas. | 53 |

| | |
|---|-----------|
| Capítulo 4 | |
| PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL. | 54 |
| 4.1 Composición química del material. | 54 |
| 4.2 Preparación del material a estudiar. | 55 |
| 4.2.1 Corte de las probetas. | 56 |
| 4.2.2 Preparación metalográfica. | 56 |
| 4.2.3 Ataque químico. | 57 |
| 4.2.4 Determinación de parámetros microestructurales. | 58 |
| 4.3 Tratamiento de envejecido. | 59 |
| 4.4 Ciclado térmico. | 60 |
| 4.5 Microscopía óptica y electrónica. | 61 |
| 4.6 Ensayo de Microdureza. | 61 |
| Referencias bibliográficas. | 62 |
| | |
| Capítulo 5 | |
| RESULTADOS Y DISCUSION. | 64 |
| 5.1 Caracterización del recubrimiento duro y el acero inoxidable. | 64 |
| 5.1.1 Análisis metalográfico del recubrimiento duro. | 64 |
| 5.1.2 Análisis metalográfico del acero inoxidable. | 68 |
| 5.1.3 Análisis metalográfico en la zona de unión del acero inoxidable y recubrimiento. | 68 |
| 5.2 Tratamiento de envejecido en una muestra. | 71 |
| 5.3 Ciclos térmicos. | 74 |
| 5.4 Análisis visual de las probetas. | 76 |
| 5.5 Análisis metalográfico de las probetas. | 79 |
| 5.6 Ensayo de microdureza. | 87 |
| Referencias bibliográficas. | 94 |
| | |
| Capítulo 6 | |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES. | 96 |
| 6.1 Conclusiones. | 96 |
| 6.2 Recomendaciones. | 97 |
| | |
| APENDICE. | 98 |

RESUMEN

Este trabajo presenta los resultados del estudio de la propagación de grietas en un tubo de acero inoxidable AISI tipo 304 recubierto con una aleación resistente al desgaste. Este recubrimiento fue depositado en la parte interior del tubo por medio de soldadura de arco eléctrico. Las condiciones de solidificación en la aleación depositada provoca la generación de grietas, que en su mayoría inician en la superficie del recubrimiento y se detienen en el acero inoxidable. El objetivo de este trabajo fue analizar la posible propagación de grietas dentro del acero inoxidable por medio de ciclado térmico. Para esto se obtuvieron cuatro probetas del tubo. Las muestras estuvieron sujetas a 40 ciclos de enfriamiento y calentamiento. El calentamiento se llevó a cabo al aire en un horno de resistencia eléctrica a una temperatura de 700 °C por 5 minutos para después ser enfriadas fuera del horno hasta alcanzar los 300 °C. Tres muestras fueron enfriadas al aire y la última en agua. Antes del ciclado térmico, una de las probetas, fue sometida a un tratamiento de envejecido a una temperatura de 750 °C durante una semana. Todas las muestras fueron analizadas metalográficamente en microscopios óptico y de barrido (SEM), antes y después del ciclado. Las pruebas del ciclado térmico se complementaron con ensayos de microdureza realizados en las cuatro probetas tratadas. Los resultados del presente estudio permiten concluir que en las tres muestras enfriadas al aire las grietas del recubrimiento duro no penetran en el acero inoxidable y las que ya estaban dentro del acero se mantuvieron estables. La muestra enfriada en agua presentó propagación de las grietas del recubrimiento al acero inoxidable. La microdureza en el acero inoxidable sufrió cambios durante el ciclado térmico viéndose afectada principalmente por el modo de enfriamiento de las probetas.