

# CORROSIÓN DE LOS BULONES EN EL REACTOR RP-10 DEL CENTRO NUCLEAR “RACSO”

Babiche I. [cbabiche@ipen.gob.pe](mailto:cbabiche@ipen.gob.pe); Revilla A. [arevilla@ipen.gob.pe](mailto:arevilla@ipen.gob.pe)

*Dirección General de Instalaciones – Instituto Peruano de Energía Nuclear / Lima, Perú*

## Resumen

Algunos bulones de acero inoxidable, que soportan la canastilla de los elementos gastados ubicados en la pileta auxiliar, presentan corrosión generalizada y por picado (pitting). El contenido del ión cloruro en el agua del reactor y el tipo de acero inoxidable del bulón se identificaron como las principales causas del problema. Este trabajo describe los análisis y ensayos que condujeron a determinar el tipo de acero y a controlar en parte el fenómeno observado.

## Abstract

Some screws of stainless steel that support the basket of spent fuel element located in the auxiliary pool show generalized and pitting corrosion. Chlorides in water reactor and type of stainless steel of the screw are the main reasons of the problem. This work describes the analyses and tests that lead to determine the type of steel and to partly control the observed phenomenon.

## 1 Introducción

Algunos bulones que soportan varias piezas metálicas del reactor y pileta auxiliar se encuentran en un proceso corrosivo (generalizado y/o picado). Todas estas piezas se encuentran sumergidas en agua liviana y desmineralizada (conductividad = 1.5  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), la experiencia nos muestra que éstas estarían sujetas a una rápida corrosión por picado si es que la calidad del agua no es la adecuada.

El Grupo de Mantenimiento Químico del RP-10 tiene entre sus varios objetivos, la conservación de los materiales metálicos en condiciones óptimas de trabajo.

Basado en las referencias, la corrosión por picado de los aceros inoxidables es el mecanismo principal que podría limitar la vida útil de los bulones.

En este documento describiremos las propiedades de los aceros inoxidables martensíticos, así como también las

acciones realizadas para demostrar que algunos bulones son de SS martensítico y no de SS austenítico como manda la especificación.

## 2 Consideraciones Teóricas

### 2.1 Acero inoxidable martensítico

Son aleaciones de Fe-Cr, conteniendo de 12 a 17% de Cr y de 0.1 a 1% de C de manera que se produzca estructura martensítica por temple desde la región austenítica. Ellas pueden ser endurecidas por tratamiento térmico para formar martensita de la misma manera que los aceros al carbono ordinarios. Con 1% de C se pueden obtener altas durezas, pequeñas cantidades de otros elementos aumentan su resistencia a la corrosión, tenacidad y resistencia mecánica. Son llamados martensíticos por la microestructura que pueden desarrollar por recocido y posterior temple. Cabe notar que los SS martensíticos poseen una resistencia a la corrosión relativamente pobre comparada con los ferríticos y austeníticos.

Además los elementos aleantes bajan la temperatura  $M_s$  (temperatura de inicio de la transformación martensítica), como consecuencia habrá austenita retenida a temperatura de ambiente.

### 2.2 Microestructura

La microestructura de los inoxidables martensíticos está determinada principalmente por sus contenidos de cromo y carbono y por el tratamiento térmico. En la condición de recocido (815°C), la microestructura óptica de la aleación AISI 410 (12% Cr, 0.1% C) consiste en una matriz de granos de ferrita con carburos dispersos al azar.

### 2.3 Tratamiento térmico

Los aceros inoxidables martensíticos pueden mejorar su dureza y resistencia por tratamiento térmico para formar martensita de la misma manera que los aceros al carbono ordinarios. La aleación es

austenizada y enfriada a una velocidad suficientemente rápida para producir una estructura martensítica y luego es revenida para incrementar la tenacidad y aliviar tensiones.

#### 2.4 Austenizado

La máxima dureza es alcanzada cuando la temperatura de Austenizado esta entre 980 y 1090°C, y se incrementa conforme el contenido de carbono se incrementa. La dureza disminuye por calentamiento por sobre los 1100°C, mientras que calentamiento por debajo de los 900°C no producirán suficiente austenita.

#### 2.5 Velocidad de enfriamiento

El cromo contribuye en la alta templabilidad de este acero, eliminando la necesidad de un temple en agua después del austenizado y permitiendo un enfriamiento más lento para producir la estructura martensítica.

#### 2.6 Revenido

Este tratamiento incrementa tenacidad y ductilidad. Cuando la temperatura de revenido alcanza los 430°C, se observa un efecto de endurecimiento secundario ligero, básicamente por la formación de  $(Fe,Cr)_{23}C_6$ .

#### 2.7 Propiedades mecánicas

Los máximos valores de tenacidad son obtenidos a los 260°C, por encima de esta temperatura los valores disminuyen alcanzando un mínimo entre 450 a 550°C. En la práctica el rango de revenido entre 475 a 550°C se evita por la pobre tenacidad presentada por los SS martensíticos. Este decrecimiento en la resistencia al impacto corresponde al pico de endurecimiento secundario en la curva de revenido y es atribuida a la precipitación de carburos (o nitruros).

#### 2.8 Propiedades de corrosión

La mayoría de SS martensíticos contienen el justo 12% de Cr necesario para pasivar su superficie. Su composición química está diseñada para resistencia-dureza, disminuyendo su resistencia a la corrosión. En la región de temperaturas críticas (370 a 600°C) la resistencia a la corrosión de estas aleaciones también es reducida.

### 3 Procedimiento

#### 3.1 Muestreo

En la última operación de limpieza de la pileta auxiliar se extrajo los bulones que soportan la caja de elementos combustibles fallados, observando los siguientes sucesos:



#### 3.2 Limpieza

Se procedió a limpiar cada uno de los bulones con una solución de  $HNO_3$  (20%) obteniéndose los siguientes resultados:



#### 3.3 Determinación del tipo de acero inoxidable

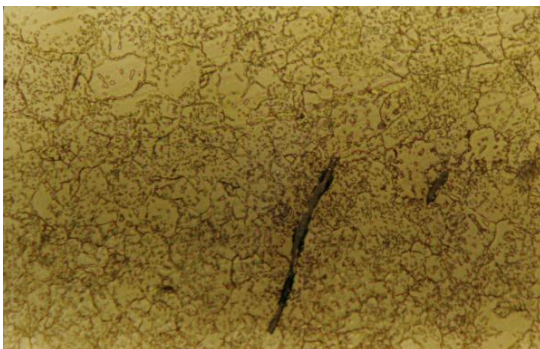
3.3.1 Mediante el contacto con un imán se determino que los bulones problema son de acero inoxidable martensítico (magnético) y no austenítico como lo indica la especificación, mediante la siguiente foto:



3.3.2 Mediante el trozado de una muestra, colocada en una briqueta, pulida, atacada con nital y solución de cloruro férrico y vista al microscopio.



Se observo lo siguiente:



## 4 Resultados

1. Mediante la prueba de imantación se comprobó que los bulones son magnéticos.
2. En la microestructura mostrada se observa carburos globulizados en matriz ferrítica.
3. En la microestructura se observa inclusiones de MnS.

## 5 Conclusiones

1. Los aceros inoxidables austeníticos y ferríticos son no-magnéticos, por lo tanto el material de los bulones es de acero inoxidable martensítico.
2. De la microestructura se concluye que el material es un acero inoxidable martensítico en condición de recocido clasificado como AISI 410.
3. Las inclusiones de MnS observadas en la micrografía es un indicio del comportamiento corrosivo de la pieza

## 6 Referencias

- [1] ASM Metals Handbook. Metallography, Structures and Phase Diagrams. 8<sup>th</sup> Edition. Vol. 8.
- [2] Donald R. Askeland, Ciencia e Ingeniería de los Materiales.
- [3] Uhlig Herbert. Corrosion and Control Corrosion. 2<sup>nd</sup>. Edition.