



Universidad Nacional Autónoma de México



Facultad de Ingeniería

Ingeniería de Manufactura

Profesor: M.C. Jorge Luis Romero Hernández

Análisis de falla: zona afectada por el calor

Grupo: 03.

Integrantes:

- **García Gómez Lidia Esmeralda**
- **Miranda Pérez Mercedes.**
- **Pérez Rasilla Juanpablo**
- **Acosta Rivera Enrique**

Fecha de entrega: 18 de marzo de 2020

INTRODUCCIÓN



En este trabajo trabajamos con un tubo cédula 40, con medidas: diámetro exterior 1.315 pulgadas, diámetro interior 1.049 pulgadas y con un espesor 0.113 pulgada. La cual tenía una falla afectada por soldadura. En este trabajo hicimos un tratamiento térmico, para conocer los daños que provocó la soldadura.

Zona afectada por el calor (térmicamente)

Es aquella parte de metal en la fusión que fue modificada por el calor entre la zona fundida y el límite del metal de base. Debido a que el proceso de soldado por resistencia se basa en calentar dos piezas, es inevitable que haya una **zona afectada por el calor** . El material que se encuentra dentro de la **zona afectada** sufre un cambio que puede o no resultar beneficioso para la unión soldada.

Factores de los cuales depende la zona afectada por el calor

- Coeficiente de difusividad térmica: Dependiente de la conductividad térmica, la densidad del material, y su calor, haciendo que entre mayor sea su difusividad, más rápidamente se propague el calor.
- Cantidad de calor aplicada*
- Duración de la exposición*
- Zona afectada*

*entre mayores sean sus niveles, mayores serán las zonas de influencia térmica.

Los efectos de soldar pueden ser perjudiciales en el material rodeando la soldadura. Dependiendo de los materiales usados y la entrada de calor del proceso de soldadura usado, la zona afectada por el calor (ZAT) puede variar en tamaño y fortaleza. La difusividad térmica del material base es muy importante - si la difusividad es alta, la velocidad de enfriamiento del material es alta y la ZAT es relativamente pequeña. Inversamente, una difusividad baja conduce a un enfriamiento más lento y a una ZAT más grande.

La cantidad de calor inyectada por el proceso de soldadura también desempeña un papel importante, pues los procesos como la soldadura oxiacetilénica tienen una entrada de calor no concentrado y aumentan el tamaño de la Zona Afectada. Los procesos como la soldadura por rayo láser tienen una cantidad altamente

concentrada y limitada de calor, resultando una Zona Térmicamente afectada, pequeña. La soldadura de arco cae entre estos dos extremos, con los procesos individuales variando algo en entrada de calor

¿Qué provoca la Zona Afectada Térmicamente?

Esta zona afectada por el calor, y también por el rápido enfriamiento subsecuente, puede producir cambios a niveles metalúrgicos e incluso químicos, y algunos de los más importantes que se pueden observar son:

- **Oxidación:** La cual produce cambios de color y de aspecto en los metales.
- **Nitruración:** Puede aumentar la dureza del metal, y por lo tanto, disminuir el nivel de soldabilidad de sus materiales.
- **Corrosión:** Provoca que el contenido de cromo caiga, generando carburos en los bordes; en el caso del acero esto puede ocasionar que ya no sea inoxidable.
- **Fragilización:** El calor y el gas se filtran dentro del metal, creando lo que se conoce como presión intergranular, lo que a la vez causará un debilitamiento en sus metales, pudiendo incluso producir grietas.
- **Problemas Metalúrgicos:** Puede ocasionar 2 problemas esenciales, uno, el aumento de la dureza de los metales, y por lo tanto, su fragilidad; y por el contrario, un sobrecalentamiento que pudiera provocar un debilitamiento de los materiales.

Se puede eliminar

Aplicaciones que pueden servir para resolver los problemas de la zona afectada Térmicamente.

- Sistema de control del ángulo

Utilizado para poder obtener un ángulo preciso cuando hay una gran variación elástica; contar con un sistema de control de ángulo le será de gran ayuda para obtener el ángulo que usted precisa. Estos sistemas pueden ser por contacto o a medición por láser, derivando en una precisión perfecta para sus piezas.

- Sistema de control de bombeado

Un sistema de este tipo, le permitirá compensar la deformación causada a sus máquinas (cuando las piezas son muy diferentes entre sí), haciendo que usted pueda lograr ángulos regulares para sus piezas.

- Otros métodos

Por otro lado, existen otros métodos “más simples”, como quitar la oxidación con lijas o amoladoras, o incluso a través de un mecanizado posterior, pero estos

procedimientos le causarán a mediano y largo plazo, considerables mermas de material, y por supuesto, de tiempos en sus proceso.

Estructuras de Widmanstätten

Definida según la Real Academia de Ingeniería como: Estructura resultante del intercrecimiento de bandas de taenita y camacita (aleaciones de Fe y Ni), presente en ciertos meteoritos y litosideritos.

Las estructuras de Widmanstätten (también conocidas como estructuras Thomson) son el resultado del intercrecimiento de bandas de taenita y camacita (dos aleaciones de hierro [Fe] y níquel [Ni]), producidas por un enfriamiento muy lento durante un lapso prolongado y presentes en ciertos meteoritos metálicos y litosideritos. También dicho que es un patrón característico que aparece al pulir y tratar con ácido algunos meteoritos de hierro. Se forma por la alternancia de cristales de camacita y Taenita; la Camacita es un mineral compuesto de hierro y níquel con proporciones 90:10 - 95:5 , y forman las barras más anchas en la estructura Widmanstätten. La taenita es un mineral compuesto de hierro y níquel con un contenido de níquel del 20% y 65% (mucho más alto que en la camacita) , y forma líneas finas y oscuras en la estructura. La plesita es una mezcla de granos de camacita y taenita.

Los ángulo de la estructuras que presentan las bandas cuando se observa una sección pulida de un meteorito dependen de cómo se haya realizado el corte de dicha sección. El Fe-Ni presenta una estructura cristalina octaédrica; así, si los ángulos son de 60° o 120° , quiere decir que el corte es paralelo a una de las caras del octaedro. Si el corte es perpendicular al eje principal, los ángulos serán de 90° .



Diagrama 1: Corte perpendicular al eje del octaedro, paralelo a una de las caras, y corte con un ángulo distinto.

DESARROLLO EXPERIMENTAL

De forma general, lo que se hizo fue un corte con montura en baquelita y después se realizó metalografía para analizar la estructura interna de la zona del tubo y la zona de soldadura, para posteriormente compararlas.

La pieza a analizar fue la siguiente:



Se midieron los diámetros interior y exterior, y estas medidas eran muy aproximadas a las de un tubo cédula 40. Su diámetro nominal era de una pulgada.

Se procedió a cortar la pieza en la zona roja observada en la imagen, para lo cual se utilizó una segueta.

Figura 1. Pieza inicial y zona de corte

El primer corte se realizó de la siguiente manera:



Figura 2. Primer corte del tubo, mostrado desde diferentes perspectivas

El corte final quedó como se muestra a continuación:



Figura 3. Corte final de la pieza

La parte de la soldadura es la protuberancia que se aprecia en la Figura 3.



Figura 4. Montadora automática

Una vez cortada la pieza, se procedió a utilizar una montadora automática para realizar la montadura de la pieza en baquelita. Esto se realizó con el propósito de manipular más fácilmente la pieza para que los ángulos de corte con las lijas no fueran distintos y así la pieza tuviera una sección de desbaste uniforme. Configuramos la máquina con un tiempo de calentamiento de 4:30 minutos, tiempo de enfriamiento de 3 minutos, una presión de 500 psi, una temperatura máxima de 180 °C y sin precarga.

Se colocó polvo fenólico en el orificio donde se encontraba el pistón con la pieza e inició el procedimiento. El resultado final fue el que se muestra en la Figura 5.

Se observa que la pieza de acero quedó enterrada al hacer la montadura, por lo que se procedió a hacer un desbaste con lijas. Se inició con una lija de 200 y se fueron incrementando los valores de 100 en 100, hasta llegar a la lija de 1000. Se cambiaba de lija cuando se observaba que las marcas de corte eran uniformes y todas iban en una misma dirección.



Figura 5. Montadura de la pieza

Una vez hecho el desbaste de la pieza ésta se pulió y después se le aplicó un ataque químico. Con esto la pieza estaba lista para analizarse en el microscopio.



El profesor nos proporcionó una segunda pieza que ya estaba en su montadura, para la cual únicamente se realizó pulido y ataque químico. Ésta se muestra en la Figura 6. También correspondía a un tubo calibre 40 con un diámetro nominal de una pulgada.

Figura 6. Segunda pieza que nos fue proporcionada

Ambas piezas de las Figuras 5 y 6 fueron observadas en un microscopio electrónico de barrido, que se muestra en la Figura 8. Las imágenes resultantes se colocaron en la sección de resultados.

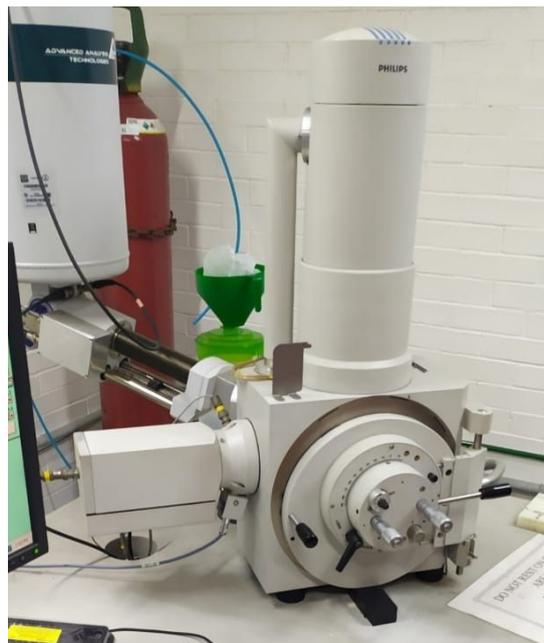


Figura 8. Microscopio electrónico de barrido

RESULTADOS

Imágenes de la muestra que nos dio el profesor ya montada (Figura 6).

En la zona del tubo sin soldar (Figura 9) se observa que el tamaño de granos es muy fino.

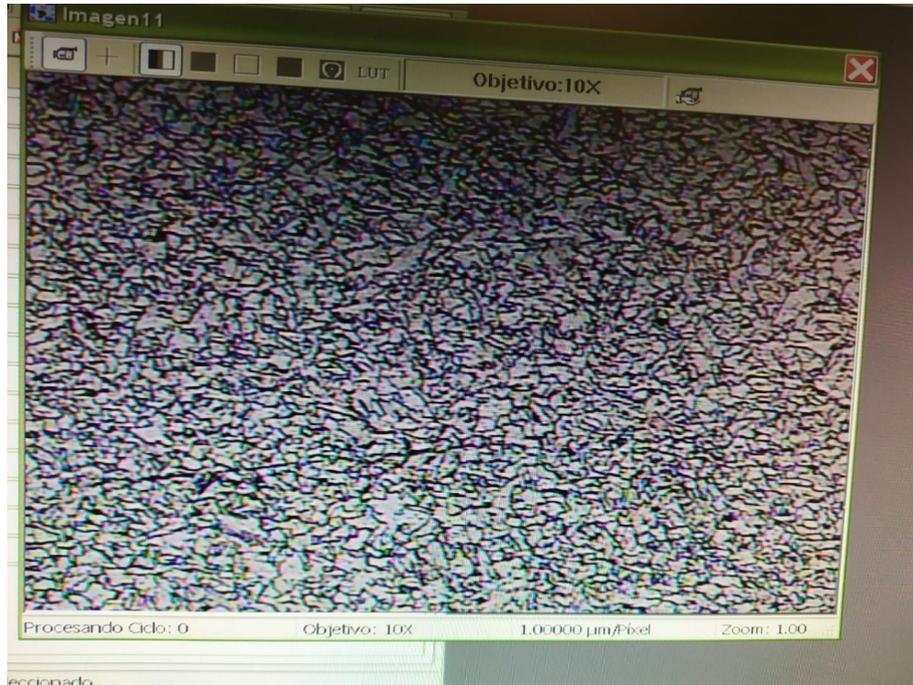


Figura 9. Acercamiento de una sección del tubo sin soldar

En la zona del tubo con soldadura (figuras 10 y 11) el tamaño de grano es mucho más grande, además de que se observan agujas.

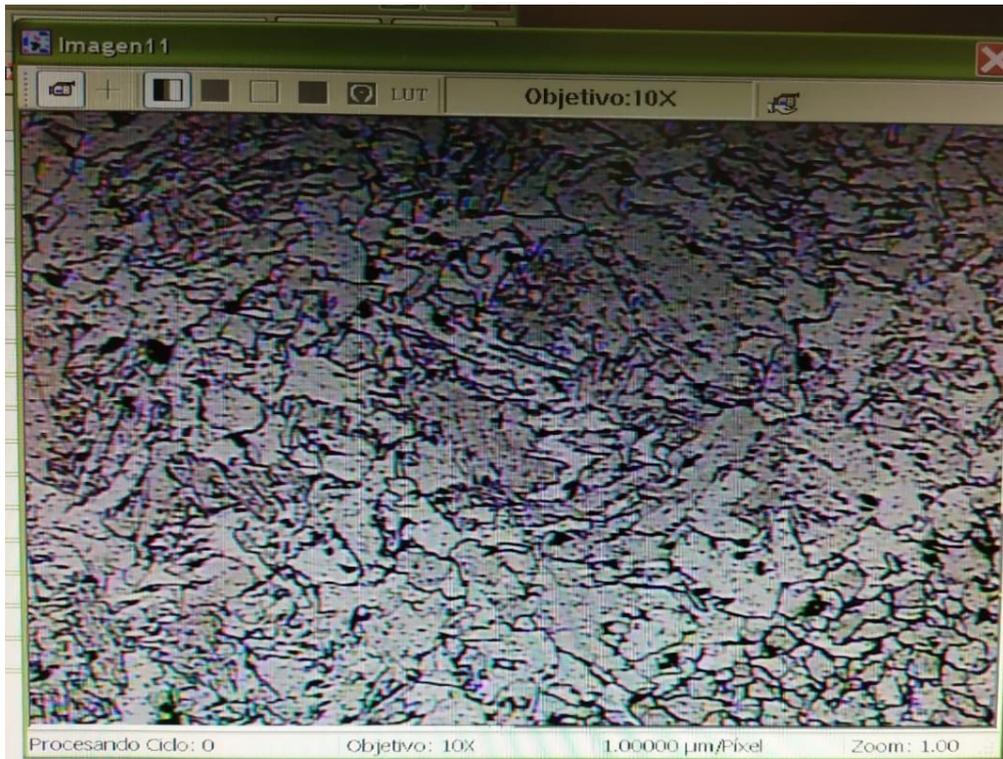


Figura 10. Acercamiento de una sección del tubo con soldadura

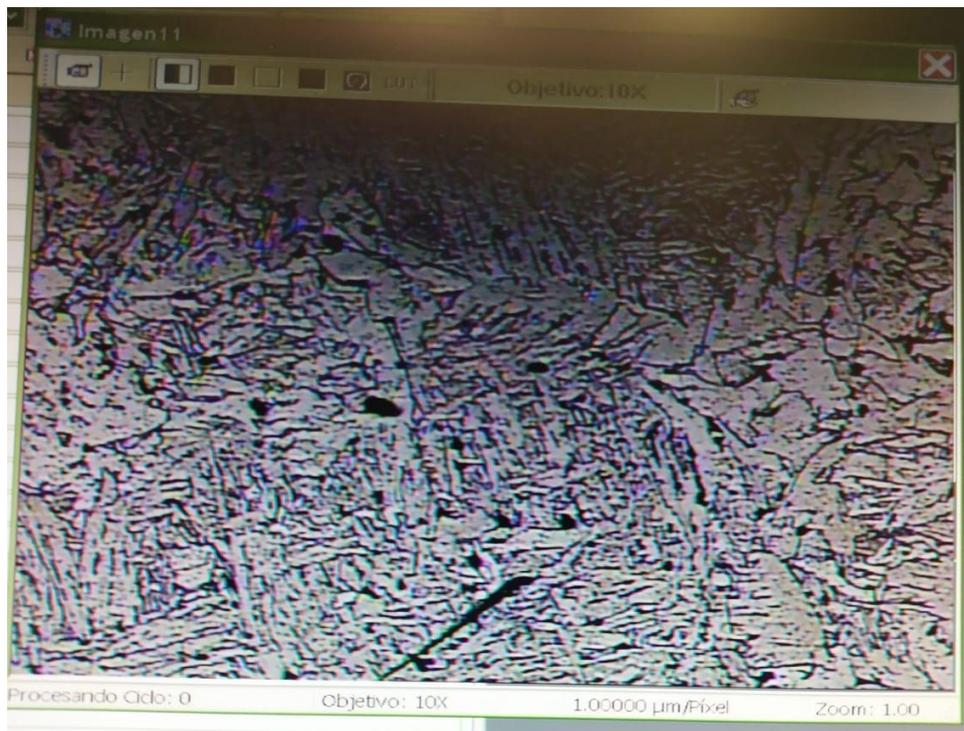


Figura 11. Acercamiento de una sección del tubo con soldadura

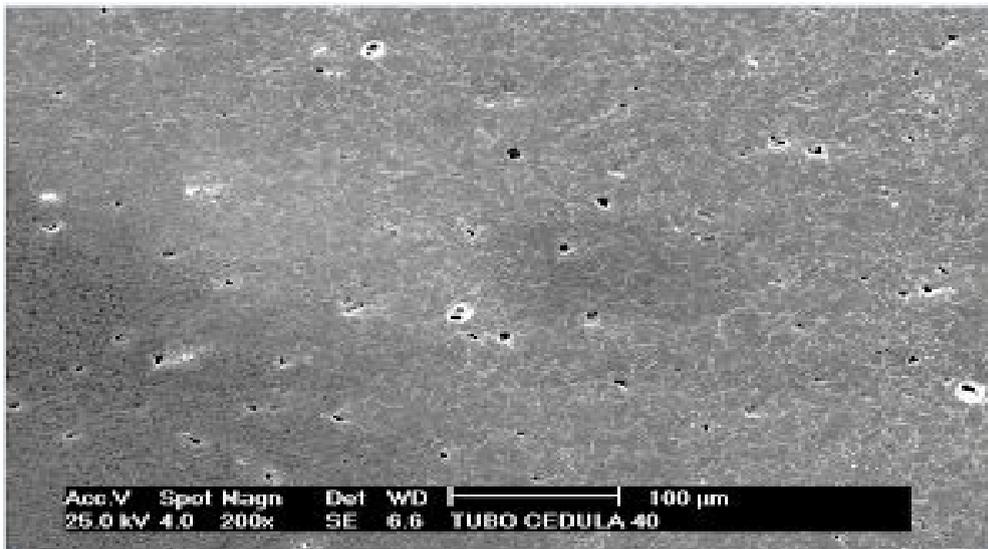


Figura 12. Sección de tubo observada con doscientos aumentos utilizando un microscopio electrónico de barrido.

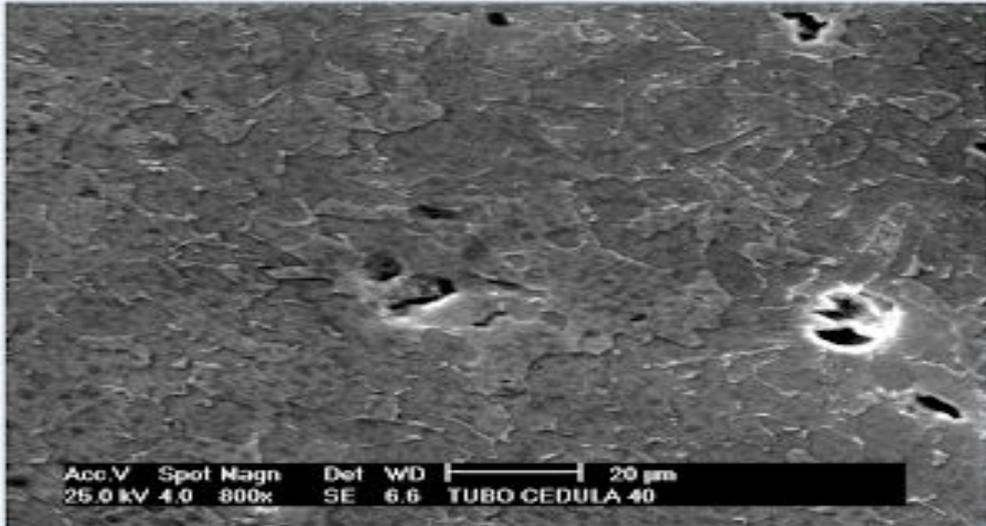


Figura 13. Sección de tubo observada con ochocientos aumentos utilizando un microscopio electrónico de barrido.

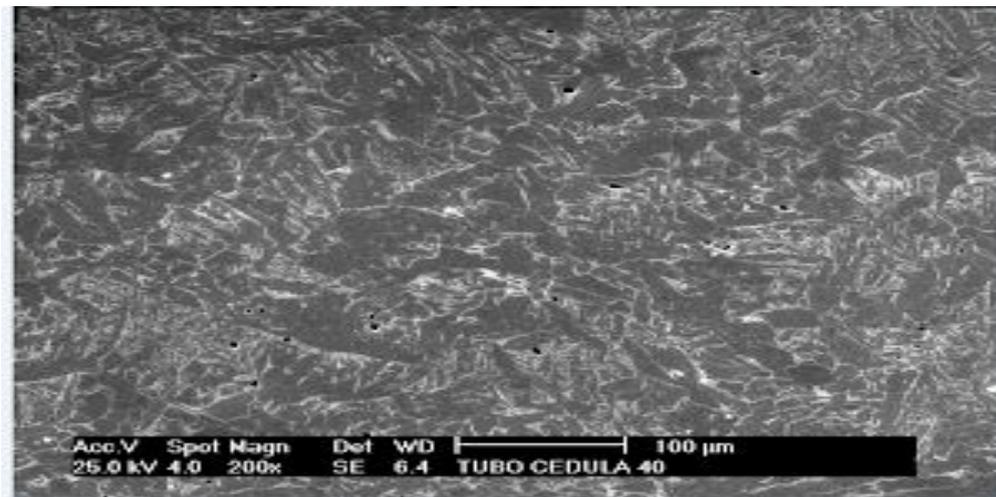


Figura 13. Sección de soldadura observada con doscientos aumentos utilizando un microscopio electrónico de barrido.

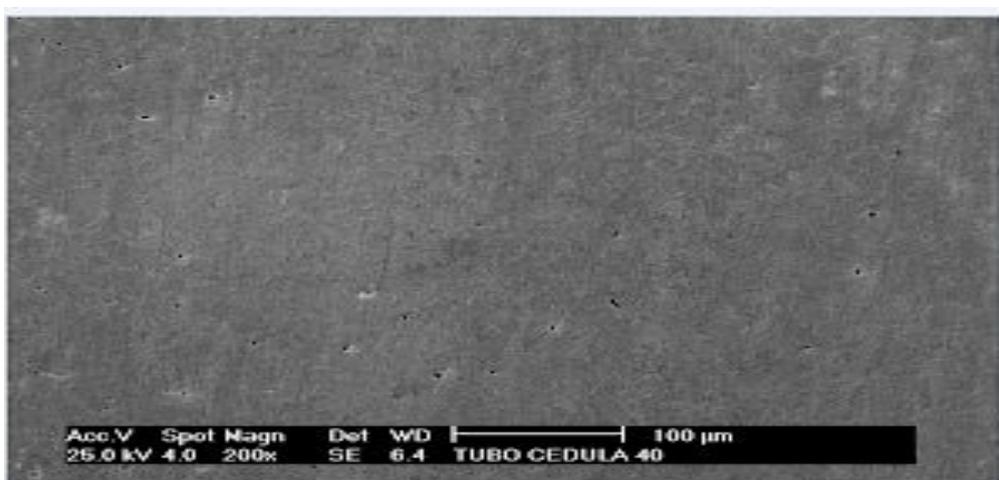


Figura 14. Segunda sección de tubo observada con doscientos aumentos utilizando un microscopio electrónico de barrido.

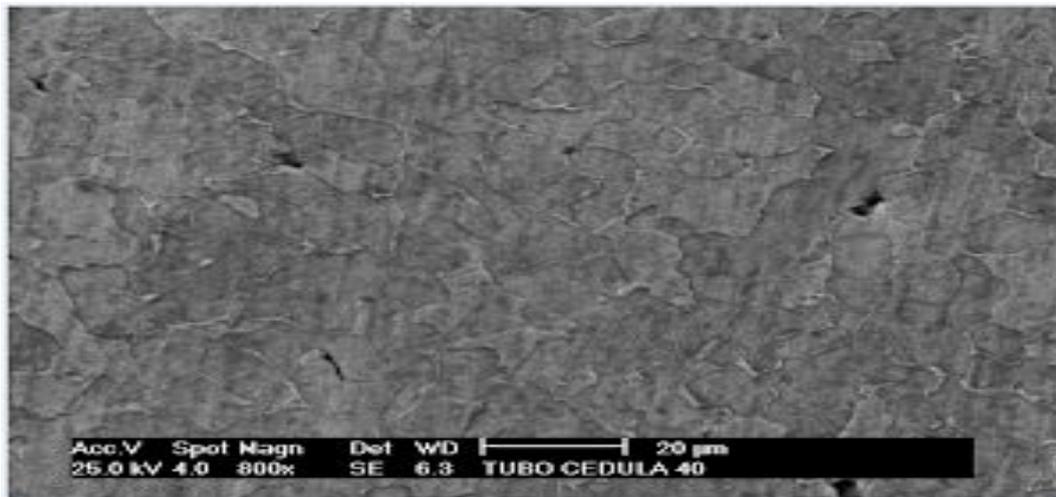


Figura 15. Segunda sección de tubo observada con ochocientos aumentos utilizando un microscopio electrónico de barrido.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Como bien se sabe, la zona afectada por el calor es un cierto volumen de material soldado que no ha llegado a la fusión, pero que ha alcanzado altos niveles de temperatura (entre los 723°C - 1480°C) que provocan en él importantes cambios microestructurales que modifican sustancialmente sus propiedades mecánicas. Estas van desde provocar la aparición de fisuras y otros defectos que afectan a la estructura.



Figura 15. Sección del material en donde se resalta la zona afectada por el calor.

Para cada composición química de los aceros existe una velocidad de enfriamiento crítica, si la velocidad de enfriamiento del metal de soldadura supera este valor crítico, se formaran estructuras martensíticas duras en la zona afectada por el calor. Este tipo de estructuras provoca fragilidad y fisuraciones en frío, lo cual puede ser causante de la falla.

Retomando las figuras 10 y 11 y el argumento anterior, se pueden apreciar las microestructuras en forma de aguja (Martensita) sobre un fondo blanco (Austenita), esto correspondiendo a una estructura martensítica dura.

Por otro lado, al observar la Figura 11 se concluye que existen estructuras Widmanstätten, dado que se observan estructuras en forma de alfiler. Ésta es una estructura acicular (en forma de aguja) típica de los aceros en bruto de colada; proporciona fragilidad y, por lo tanto es indeseable. La ferrita aparece rodeando los granos y a partir de ella se desarrollan las agujas o ramificaciones características de dicha estructura. Se originan por altas temperaturas de coladas, en el aporte y zonas afectadas por el calor en soldaduras, o durante transformaciones en estado sólido, cuando la velocidad de enfriamiento es demasiado alta para permitir la formación de ferrita intergranular.

CONCLUSIONES

Dado a los resultados obtenidos, y al análisis correspondiente, la falla se pudo deber por la generación de alguna fisura en frío, o bien, gracias a la fragilidad generada por el tiempo de enfriamiento en la zona afectada por el calor. Concluimos esto ya que en la zona afectada por el calor pudimos apreciar una estructura martensítica dura, la cual es causante de los defectos anteriormente mencionados.

También se concluye que las estructuras Widmanstätten son indeseables en los aceros (en este caso es un tubo de acero calibre 40 con diámetro nominal de una pulgada), dado que disminuyen la resistencia del material haciéndolo más frágil y propenso a fallas. En este caso es muy probable que se hayan formado debido al método de enfriamiento utilizado en la pieza, que muy probablemente fue un enfriamiento a muy alta velocidad con lo cual no se pudo formar ferrita intergranular.

FUENTES DE CONSULTA

- BF Mexico, Zona afectada termicamente
<https://www.bfmx.com/zona-afectada-termicamente/>
- Arizona Skies. «Iron Meteorite Widmanstätten Patterns»
- <http://www.arizonaskiesmeteorites.com/Widmanstatten/yomiroalcielo.blogspot.com/2012/09/la-estrutura-de-widmanstatten.html?m=1>
- https://www.frro.utn.edu.ar/repositorio/catedras/mecanica/5_anio/metalografia/5-_Estructuras_del_acero_v2.pdf