



ABRIR 4.1 ESTUDIO COMPARATIVO... (inicio)

4.1.3. Estudio del comportamiento de las aleaciones frente al ensayo Strauss modificado.

En este ensayo, las muestras sufren un ataque muy selectivo en las zonas empobrecidas en Cr, y cuando se someten al ensayo de doblado, los granos austeníticos pierden cohesión y se produce el agrietamiento intergranular al momento del doblado a 180°. Al ser selectivo, permite pronosticar el comportamiento de los materiales en diferentes medios donde exista la posibilidad de ataque preferencial y localizado en las zonas empobrecidas en Cr.

Este ensayo a diferencia del ensayo Huey, no proporciona datos cuantitativos del nivel de corrosión, sino que los resultados son cualitativos, clasificándose a las probetas como aceptables ó no aceptables después de haber sido sometidas a este ensayo. Si las probetas presenta grietas continuas en la zona de doblado se clasifican como inaceptables y se considera que las probetas no han superado el ensayo de corrosión intergranular.

Por lo tanto, los resultados obtenidos en este ensayo no corresponden a velocidades de corrosión, sino que se muestran mediante macrografías de la zona de doblado. Estas macrografías han sido realizadas mediante microscopia electrónica de barrido, y en ellas se indica el tratamiento térmico efectuado en la muestra, los aumentos a los que se ha realizado la macrografía y cual ha sido su comportamiento ante el ensayo Strauss modificado (no aceptable, dudosa ó aceptable) puesto de manifiesto por la presencia o ausencia de grietas.

Las macrografías se han realizado a 40 aumentos, siendo necesario en algunos casos una inspección mas detallada para las muestras calificadas como dudosas, debido a la presencia de pequeñas fisuras, por lo que se analizan a 80 aumentos, determinándose si las grietas observadas corresponden al fenómeno de sensibilización.

Una vez calificadas todas las muestras ensayadas, se procede a elaborar tablas de resultados en las que se indica el tipo de tratamiento térmico, el comportamiento del

material frente al ensayo Strauss modificado, así como los aumentos a los cuales se realizó la evaluación. A continuación, y procediendo de forma similar al tratamiento de los resultados del ensayo Huey, se procedió a representar los resultados obteniéndose las correspondientes curvas Temperatura-Tiempo-Sensibilización (TTS). A la hora de representar el diagrama TTS se ha adoptado el siguiente criterio gráfico para diferenciar las probetas sensibilizadas de las no sensibilizadas:

- muestra sensibilizada (no aceptable)
- muestra no sensibilizada (aceptable)

Al estudiar los diagramas TTS, mediante el ensayo Strauss modificado, se observó que la temperatura máxima de sensibilización así como la temperatura a la que se localiza la nariz de la curva, en los materiales utilizados, son menores a las obtenidas mediante el ensayo Huey, diferencias que se discutirán en el apartado 4.1.4, de este capítulo. En las curvas TTS se observa claramente el fenómeno de desensibilización ("healing"), que se produce al aumentar el tiempo de tratamiento a una determinada temperatura. Es importante observar que este fenómeno se produce a tiempos relativamente cortos y a altas temperaturas, no detectándose a bajas temperaturas para los tiempos ensayados.

4.1.3.1. Acero de referencia AISI 304.

En la tabla XXIII, se muestran los resultados obtenidos para el acero AISI 304 en el ensayo Strauss modificado. En ella, primeramente, se puede apreciar que el material solubilizado no presenta fisuras, por lo que no se encuentra sensibilizado a la corrosión intergranular en este ensayo. A partir de la mencionada tabla se elabora la curva TTS, mostrada en la figura 69. Se puede apreciar que la temperatura máxima de sensibilización esta comprendida entre 943 y 958 K, y la mínima detectada para el intervalo de estudio es de 823 K. La nariz de la curva se encuentra a la temperatura de 898 K y tiempo de 50 min aproximadamente. Es importante notar la desensibilización que se produce al aumentar el tiempo de tratamiento a temperaturas más elevadas. A 943 K/ 90 min el material esta sensibilizado, pero para tiempos mayores a 150 min el material deja de

estarlo. El intervalo de temperaturas para el que produce sensibilización se encuentra comprendido entre 823 y 943 K, siendo el tiempo mínimo necesario el de 50 min.

En la figura 70, se puede apreciar que el comportamiento que presenta el material en estado de solubilización es el de aceptable. En las figuras comprendidas entre la 71 y la 86, se presentan macrografías de las probetas sometidas al ensayo Strauss modificado, en ellas se muestran la influencia de la temperatura y del tiempo de tratamiento en los resultados obtenidos en el ensayo Strauss modificado. La influencia de estas variables así como las macrografías mencionadas se estudiarán con más detalle en los dos siguientes apartados.

Fig.	Tratamiento térmico	Comportamiento	Aumentos
70	Solubilizado	Aceptable	40
	823 K/30 min	Aceptable	40
	823 K/60 min	Aceptable	40
	823 K/120 min	Aceptable	40
77	823 K/240 min	Aceptable	40
78	823 K/480 min	Aceptable	40
79	823 K/960 min	No aceptable	40
	848 K/60 min	Aceptable	40
71	848 K/90 min	Aceptable	40
	848 K/120 min	No aceptable	40
	873 K/30 min	Aceptable	40
	873 K/45 min	Aceptable	40
	873 K/60 min	Dudosa	40
	873 K/60 min	No aceptable	80

Tabla XXIII: Resultados del ensayo Strauss modificado para el acero AISI 304. (Continua...).

Fig.	Tratamiento térmico	Comportamiento	Aumentos
72	873 K/90 min	No aceptable	40
	873 K/120 min	No aceptable	40
	908 K/45 min	Aceptable	40
	908 K/60 min	Dudosa	40
	908 K/60 min	No aceptable	80
73	908 K/90 min	No aceptable	40
	908 K/240 min	No aceptable	40
	923 K/60 min	Aceptable	40
	923 K/240 min	Aceptable	40
80	943 K/30 min	Aceptable	40
81	943 K/60 min	Aceptable	40
83	943 K/75 min	Aceptable	40
74	943 K/90 min	No aceptable	40
	943 K/120 min	No aceptable	40

Tabla XXIII: Resultados del ensayo Strauss modificado para el acero AISI 304.
(Continua...).

Fig.	Tratamiento térmico	Comportamiento	Aumentos
85	943 K/150 min	Aceptable	40
86	943 K/180 min	Aceptable	40
	943 K/240 min	Aceptable	40
75	958 K/90 min	Aceptable	40
	958 K/120 min	Aceptable	40
	973 K/30 min	Aceptable	40
	973 K/60 min	Aceptable	40
	973 K/120 min	Aceptable	40
	973 K/240 min	Aceptable	40
	1 023 K/30 min	Aceptable	40
	1 023 K/60 min	Aceptable	40
	1 023 K/120 min	Aceptable	40
76	1 073 K/60 min	Aceptable	40
	1 073 K/120 min	Aceptable	40

Tabla XXIII: Resultados del ensayo Strauss modificado para el acero AISI 304.

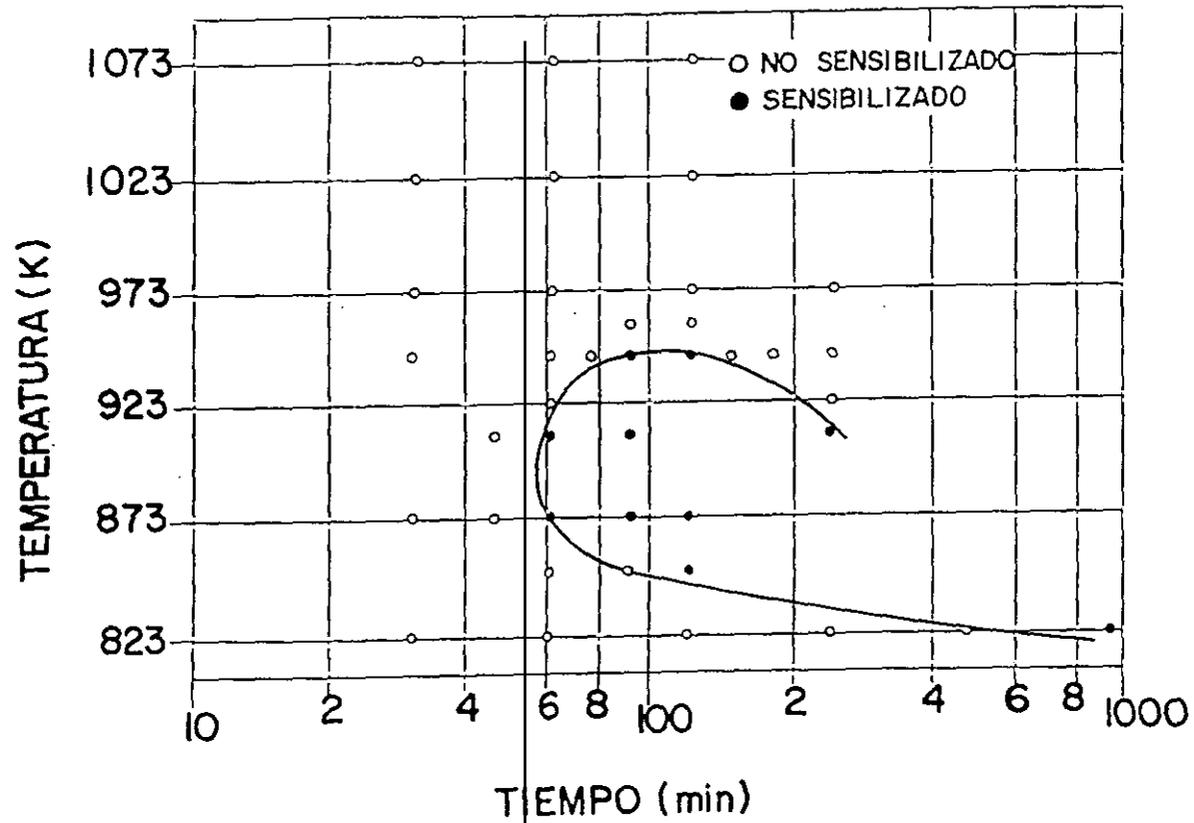


Figura 69: Diagrama Temperatura-Tiempo-Sensibilización para el acero AISI 304, obtenido mediante el ensayo Strauss modificado.

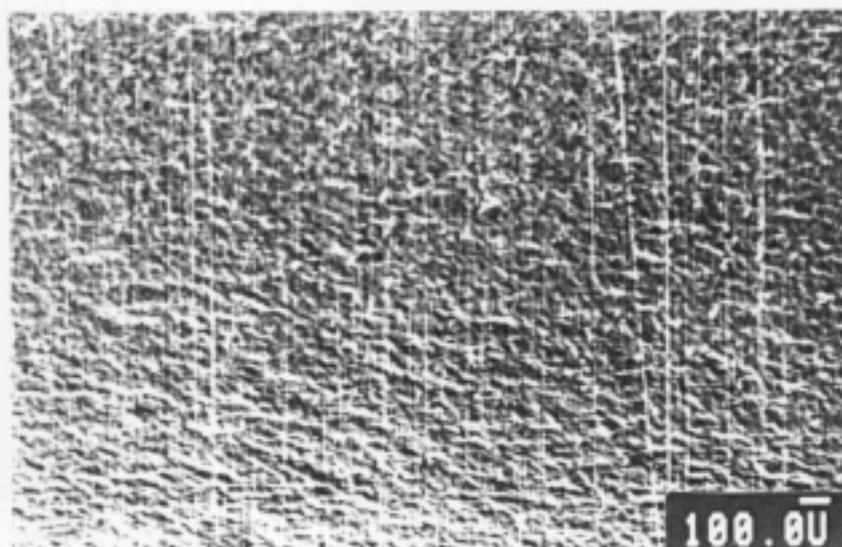


Figura 70: Acero AISI 304, solubilizado, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X40).

a) Influencia de la temperatura de tratamiento térmico.

Para estudiar la influencia de la temperatura de tratamiento en la microestructura de las muestras ensayadas, se escogió 90 min como tiempo de estudio, debido a que al ir aumentando el tiempo de tratamiento el material pasa por los estados de no sensibilizado, sensibilizado para finalmente a altas temperaturas encontrarse no sensibilizado. En la figura 71, para las condiciones de tratamiento de 848 K/90 min, se puede observar que el material no se encuentra sensibilizado, aunque presenta grietas, éstas no revelan continuidad a lo largo de toda la zona transversal del material; si se aumenta el tiempo de tratamiento el material se sensibilizará a tiempos ligeramente mayores como se observó en la figura 69. Al aumentar la temperatura el material también sensibiliza debido a que los fenómenos de difusión aumentan con la temperatura, produciéndose mas rápidamente la zona empobrecida en Cr. Esta afirmación se corrobora al observar la figura 72 para 873 K, donde la sensibilización se observa claramente. Al seguir aumentando la temperatura nuevamente la amplitud de las grietas van disminuyendo hasta producirse la desensibilización, como se aprecia

en las figuras 73 a 75. De la comparación de las figuras 71, 72 y 73, se puede deducir que la "nariz" de la curva se sitúa a temperaturas entre 873 y 908 K. Este hecho se corrobora con el diagrama de la figura 69.

El aumento de la temperatura de tratamiento térmico hasta 1 173 K, muestra que el material no se encuentra sensibilizado (figura 76).

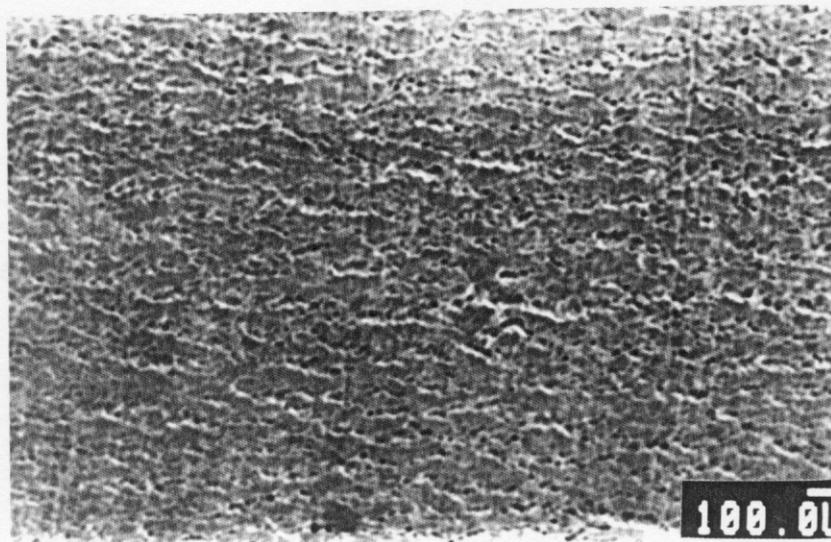


Figura 71: Acero AISI 304 tratado a 848 K durante 90 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X40).

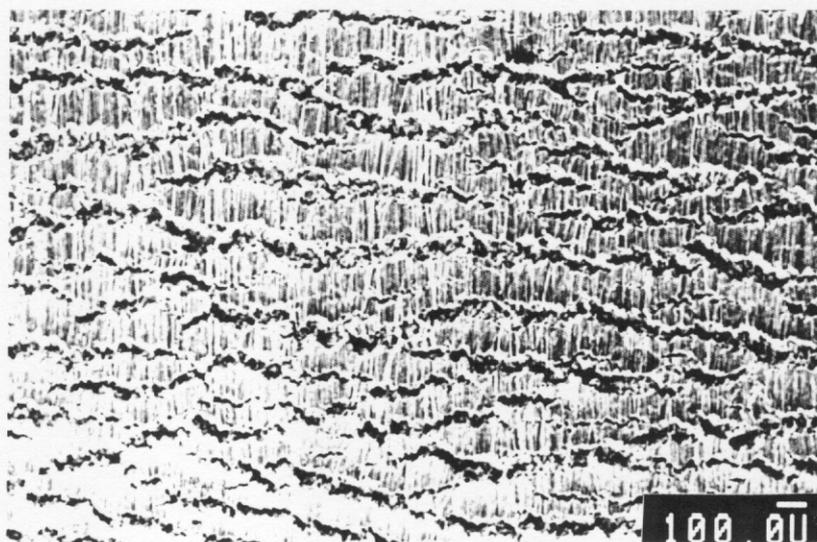


Figura 72: Acero AISI 304 tratado a 873 K durante 90 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X40).

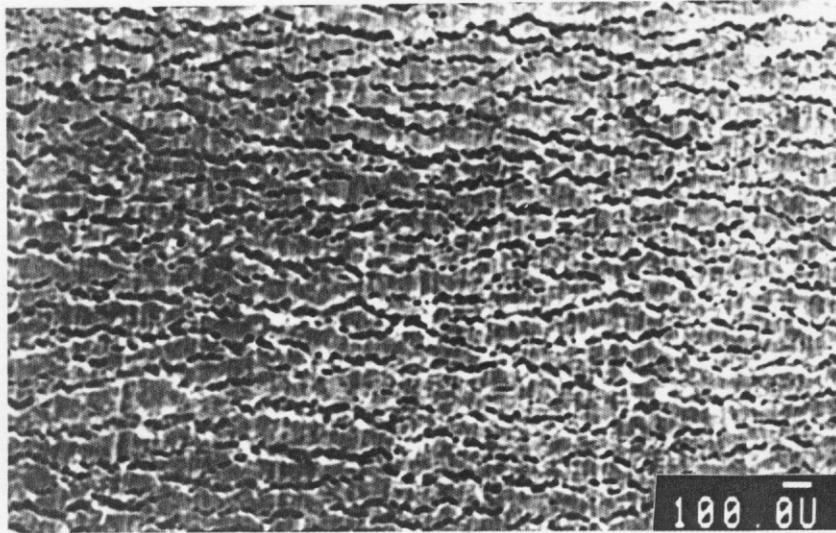


Figura 73: Acero AISI 304 tratado a 908 K durante 90 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X40).

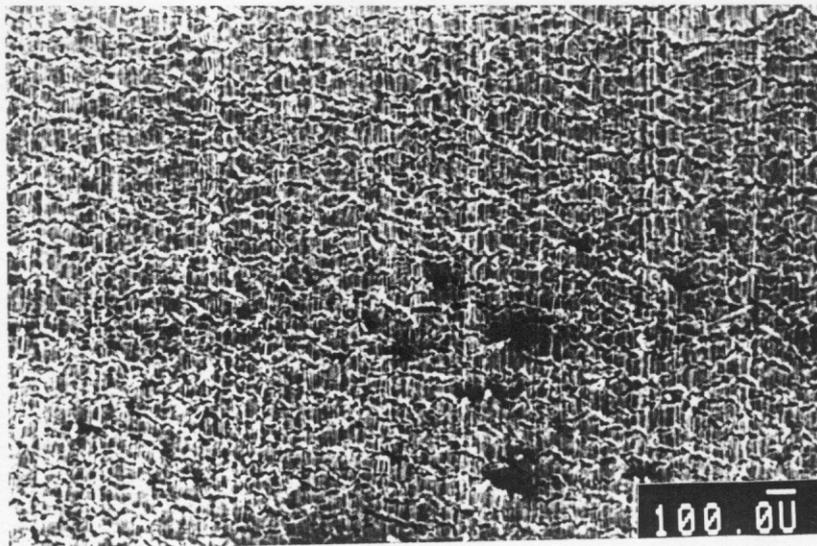


Figura 74: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 90 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X40).

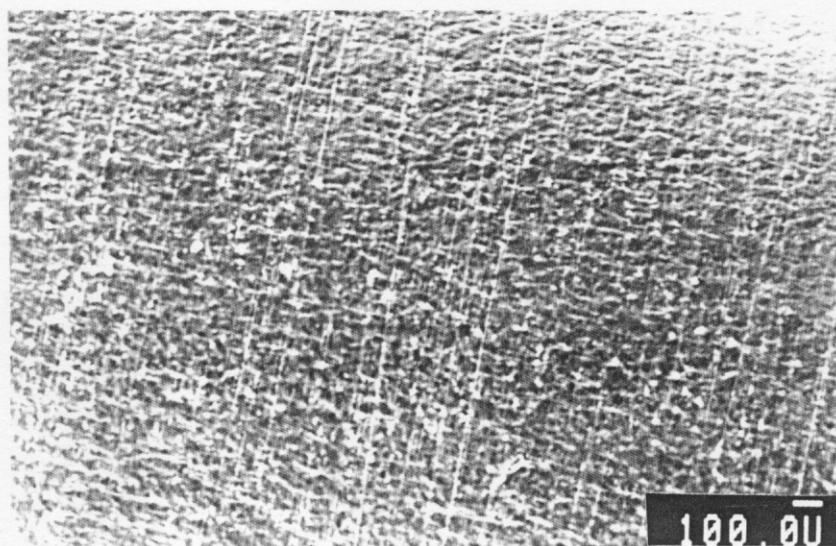


Figura 75: Acero AISI 304 tratado a 958 K durante 90 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X40).

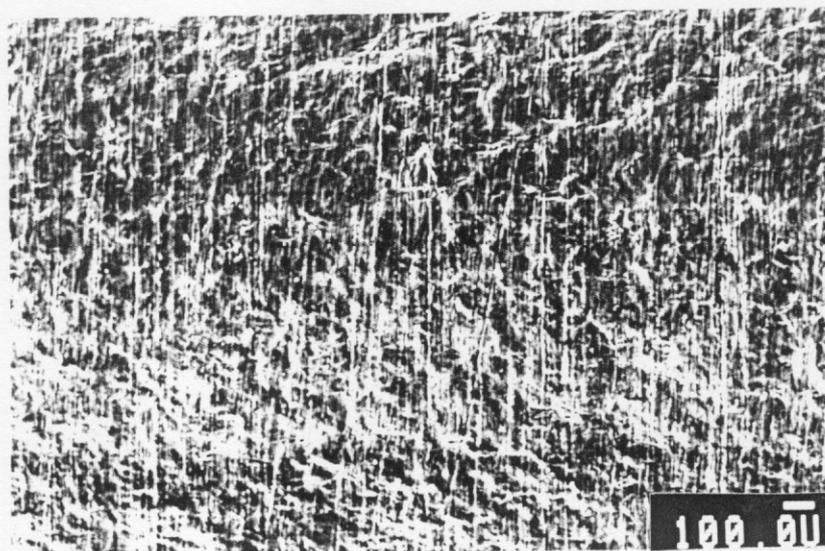


Figura 76: Acero AISI 304 tratado a 1 073 K durante 60 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X40).

b) Influencia del tiempo de tratamiento térmico.

Para observar la influencia del tiempo de tratamiento térmico en el comportamiento frente a la sensibilización del acero AISI 304, se escogieron dos temperaturas de trabajo, siendo éstas 823 y 943 K. Al trabajar a 823 K, se puede observar que a tiempos de 240 min (figura 77), el material no presenta fisuras. Al aumentar el tiempo hasta 480 min (figura 78), se observan pequeñas fisuras muy localizadas y no extendidas, para tener a 960 min una sensibilización bastante clara, como se aprecia en la figura 79.

Al trabajar a la temperatura de 943 K, se tuvo que hacer uso en muchos casos de mayores aumentos (X80), para determinar si el material se encontraba fisurado o no, por existir a X40 aumentos duda respecto al comportamiento del material. A 30 min, el material no presenta claramente fisuras (figura 80); a 60 min, el material no sensibilizó, ratificándose esta observación a mayores aumentos (figuras 81 y 82), para presentar a 75 min sensibilización, que a X40 aumentos no se resuelve claramente por lo que se recurre a X80 aumentos como se puede apreciar en las figuras 83 y 84. A 150 min, el material está claramente sensibilizado (figura 85). Al aumentar el tiempo de tratamiento el material deja de estar sensibilizado presentándose el fenómeno de desensibilización a tiempos de 180 min, como se puede observar en la figura 86.

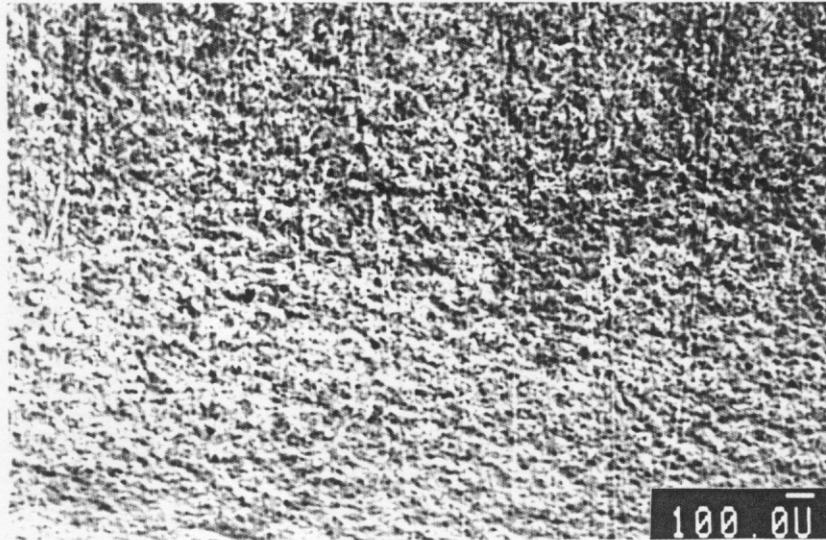


Figura 77: Acero AISI 304 tratado a 823 K durante 240 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X40).

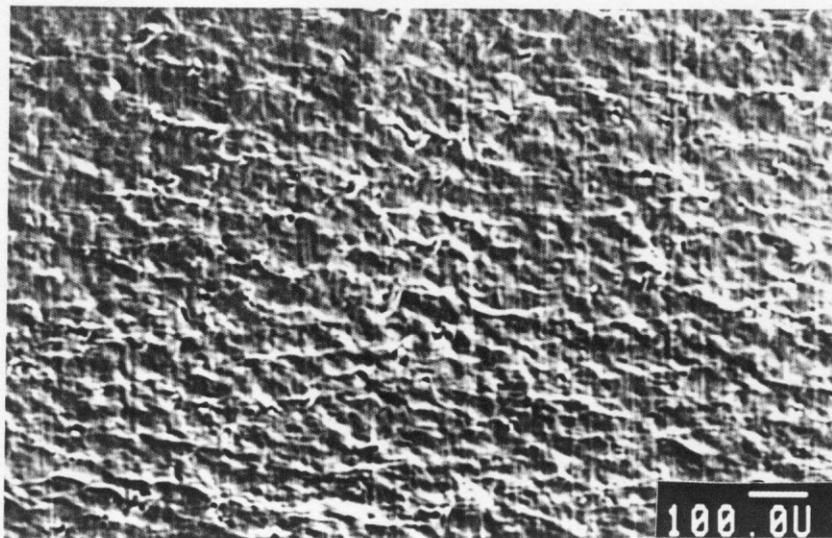


Figura 78: Acero AISI 304 tratado a 823 K durante 480 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X80).

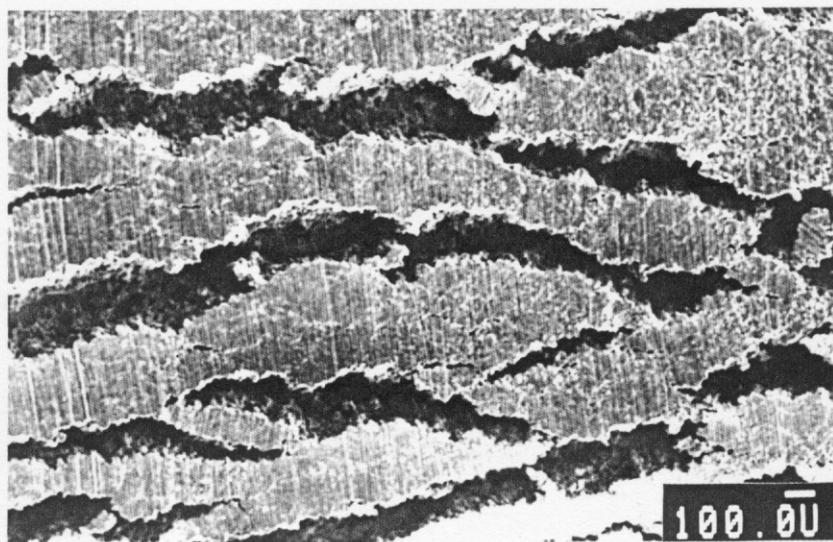


Figura 79: Acero AISI 304 tratado a 823 K durante 960 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X40).

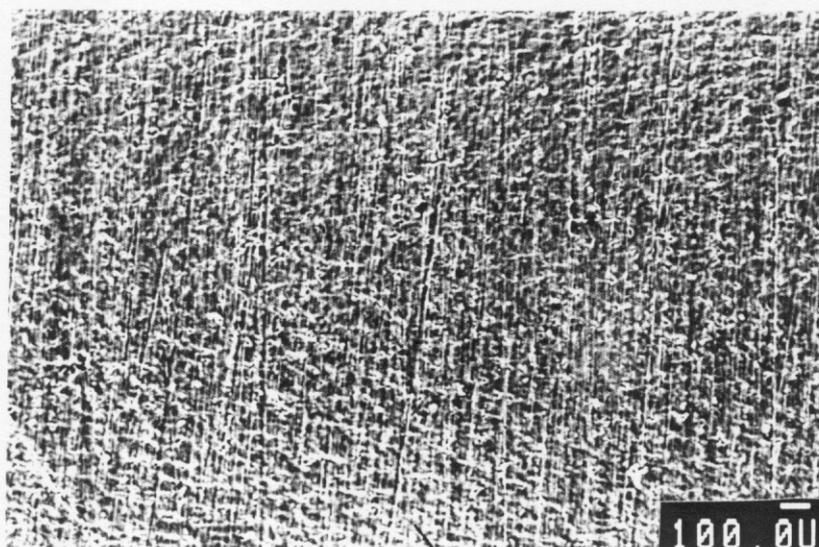


Figura 80: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 30 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X40).

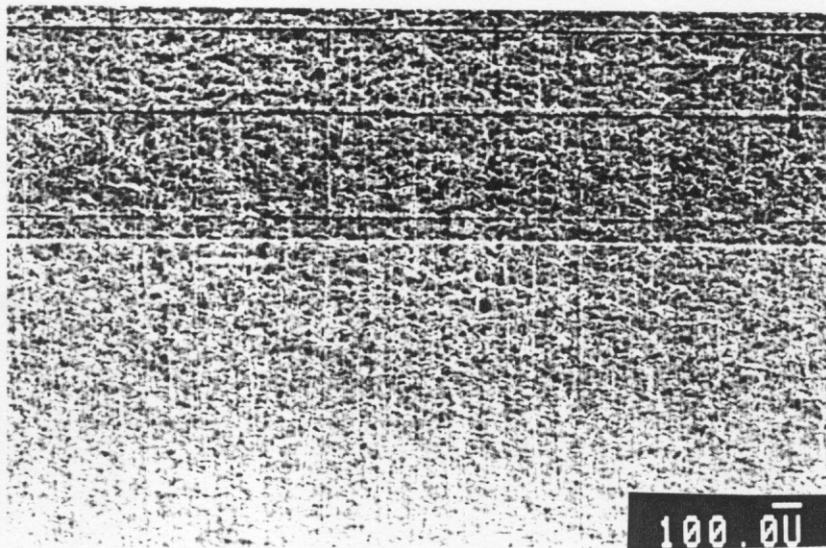


Figura 81: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 60 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X80).

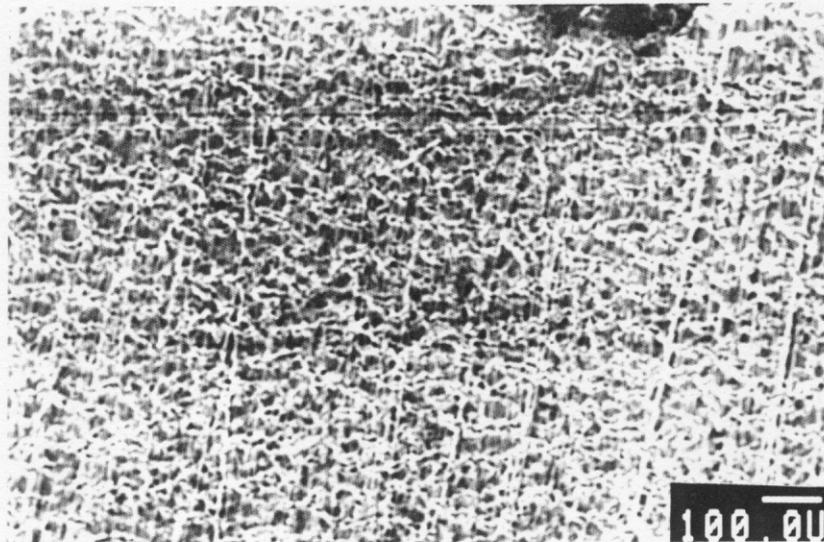


Figura 82: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 60 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X80).

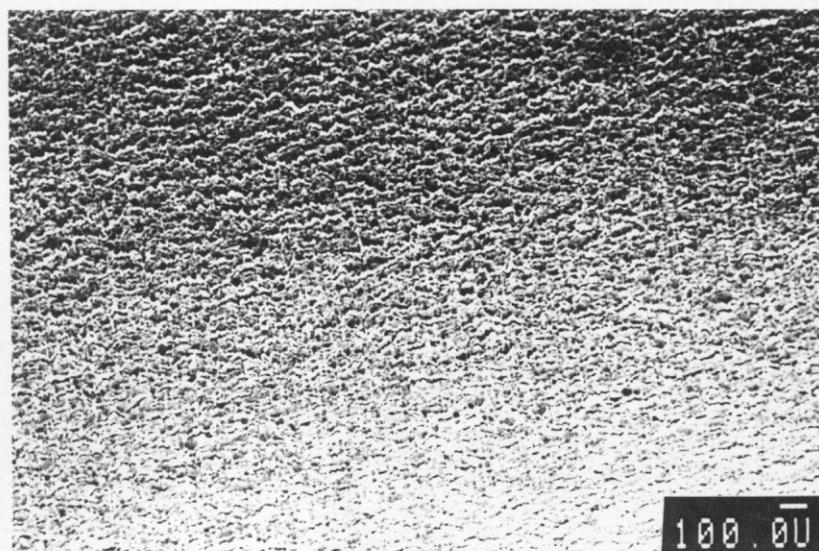


Figura 83: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 75 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X40).

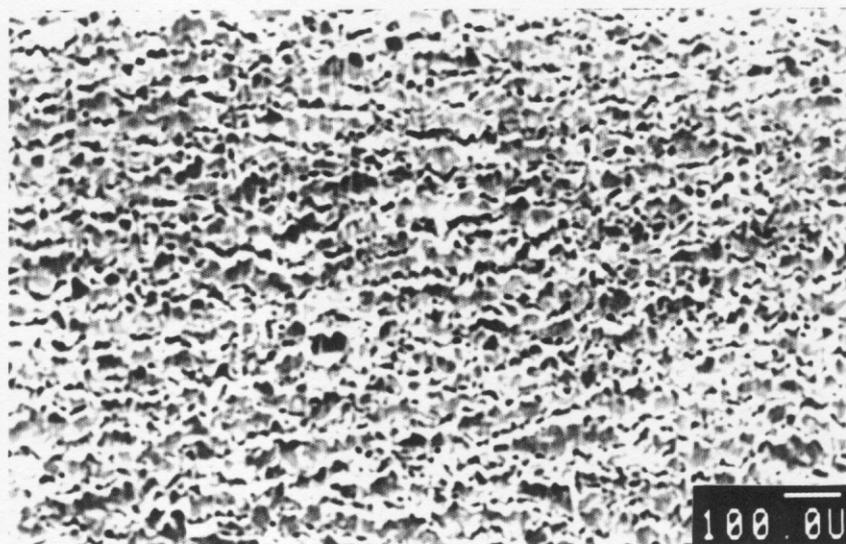


Figura 84: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 75 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X80).

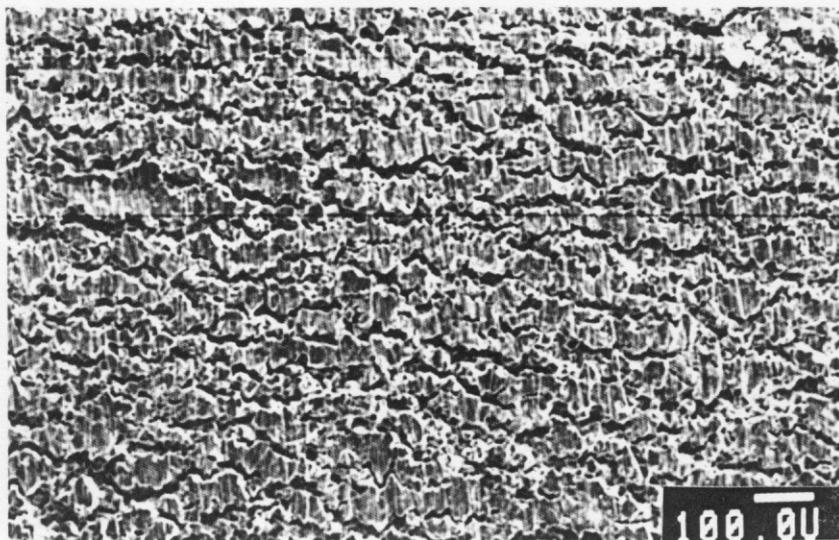


Figura 85: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 150 min, sometido al ensayo Strauss modificado. No aceptable (X80).

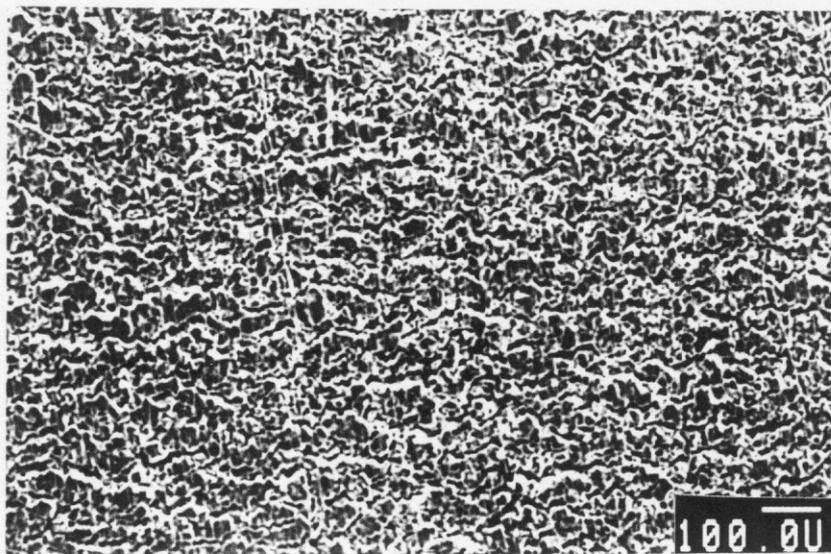


Figura 86: Acero AISI 304 tratado a 943 K durante 180 min, sometido al ensayo Strauss modificado. Aceptable (X80).

ABRIR 4.1 ESTUDIO COMPARATIVO... (continuación)

