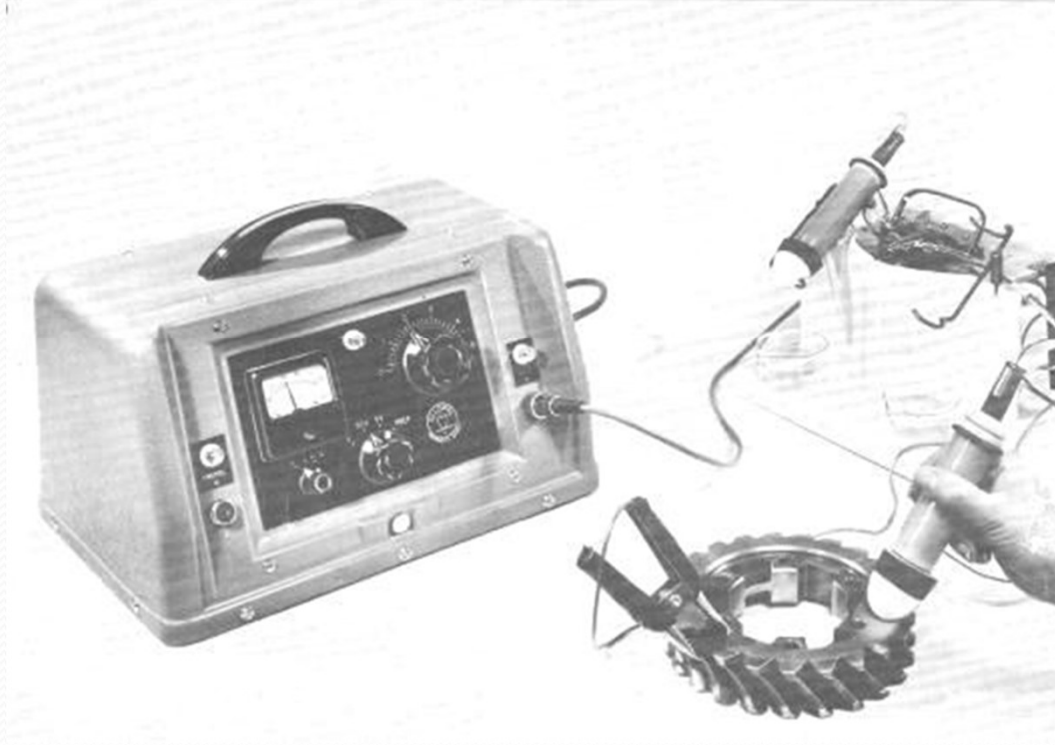


Ensayos no Destructivos

Réplicas metalográficas

Las relaciones existentes entre microestructura-tratamiento térmico, microestructura-propiedades mecánicas, microestructura-resistencia a la corrosión, hacen que el estudio de la microestructura de los metales y las aleaciones constituya una herramienta valiosa ya sea en la investigación científico-tecnológica como en el control de los materiales.

ELECTROLYTIC POLISHING APPARATUS



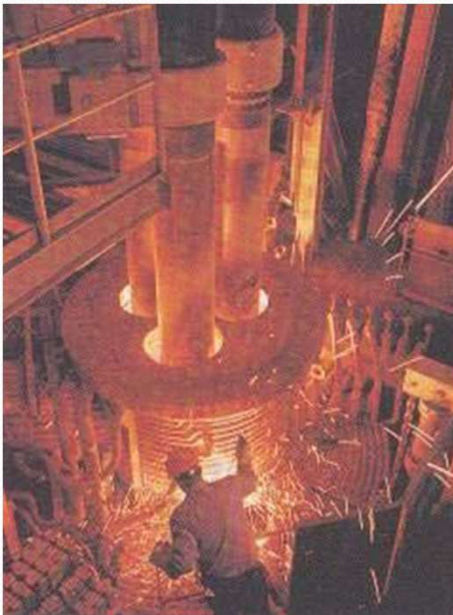
La metalografía no destructiva al dar información sobre el estado microestructural de los componentes que trabajan a presión y temperatura por ej: una caldera, posibilita verificar la existencia de alteraciones que dan indicación sobre comportamiento futuro de dichos elementos.

Generalidades

Durante la operación y mantenimiento de componentes, particularmente de aquellos que trabajan en condiciones seleccionadas, es importante poder evaluar su *integridad y estimar su *vida residual.

*Integridad: Relacionado con el nivel de defectos que se detecta en un componente. Es necesario establecer el grado de daño de un componente.

*Vida residual: Intervalo de tiempo que un componente puede ser mantenido en servicio (con parámetros bien definidos), antes de perder su funcionalidad.



Componentes en servicio

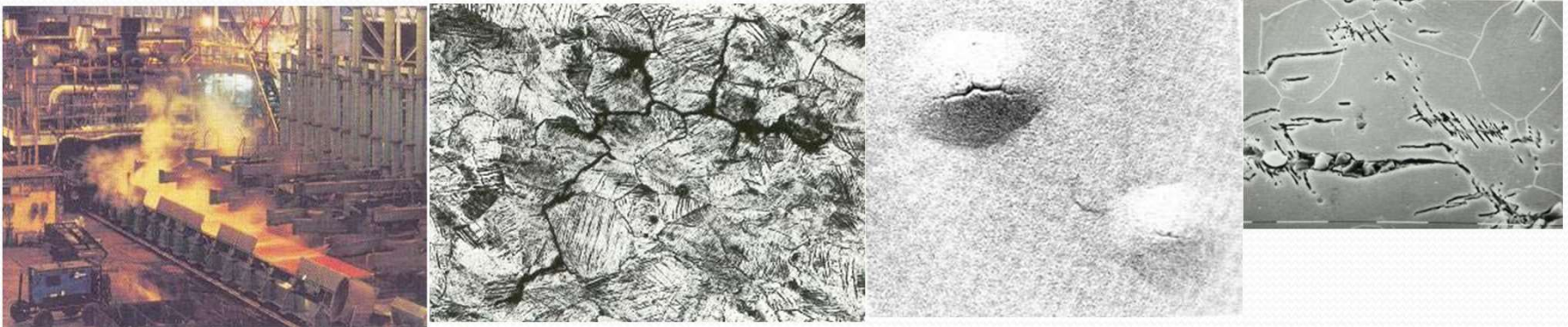


Instalaciones en montaje – Control inicial

Aplicaciones industriales y tecnológicas

Las causas más frecuentes de rotura de elementos de caldera o componentes que soportan presión y temperatura, pueden ser clasificados en tres categorías según sea su origen:

- **Mecánico:** Relacionadas con defectos ligados a la fabricación del componente, por ejemplo: pliegues durante el proceso de laminación, que producen una disminución de la resistencia mecánica, errores en el diseño, etc.
- **Químico:** Asociadas a problemas de corrosión, pudiéndose detectar por medio de las réplicas si el mecanismo de degradación del material es provocado por: corrosión bajo tensión, corrosión intergranular, corrosión fatiga o corrosión por alta temperatura.
- **Térmico:** Producen una elevación anormal de la temperatura de trabajo del componente. La más importante es la presencia de películas no conductoras en el interior de las piezas o la localización de zonas calientes no previstas, de diversos orígenes, las cuales provocan alteraciones microestructurales localizadas.



Técnica de la réplica

Con el empleo de esta técnica y mediante la observación metalográfica es posible advertir la presencia de transformaciones peligrosas para las propiedades mecánicas, tales como grafitización, globulización, martensita en un cordón de soldadura etc.; que pueden derivar en accidentes y paradas innecesarias de los equipos, con las consecuencias productivas y económicas (lucro cesante).

Los aceros al carbono usados en calderas sufren en servicio transformaciones microestructurales detectables metalográficamente. La más evidente entre ellas es la esferoidización de los carburos laminares de la perlita.

La esferoidización permite detectar anomalías en la historia térmica del material. Si en condiciones normales el proceso de esferoidización se completa a lo largo de la vida útil de un dado elemento de la caldera, (tubo recalentador, por ejemplo), la presencia de carburos coalescidos en tubos de pocas horas de uso será indicio evidente que estos tubos soportaron temperaturas de trabajo excesivas y en consecuencia, que el daño provocado será también mayor que el correspondiente al de tubos que han trabajado en condiciones normales. En otras palabras, los tubos han envejecido prematuramente, pudiéndose estimar su vida útil.



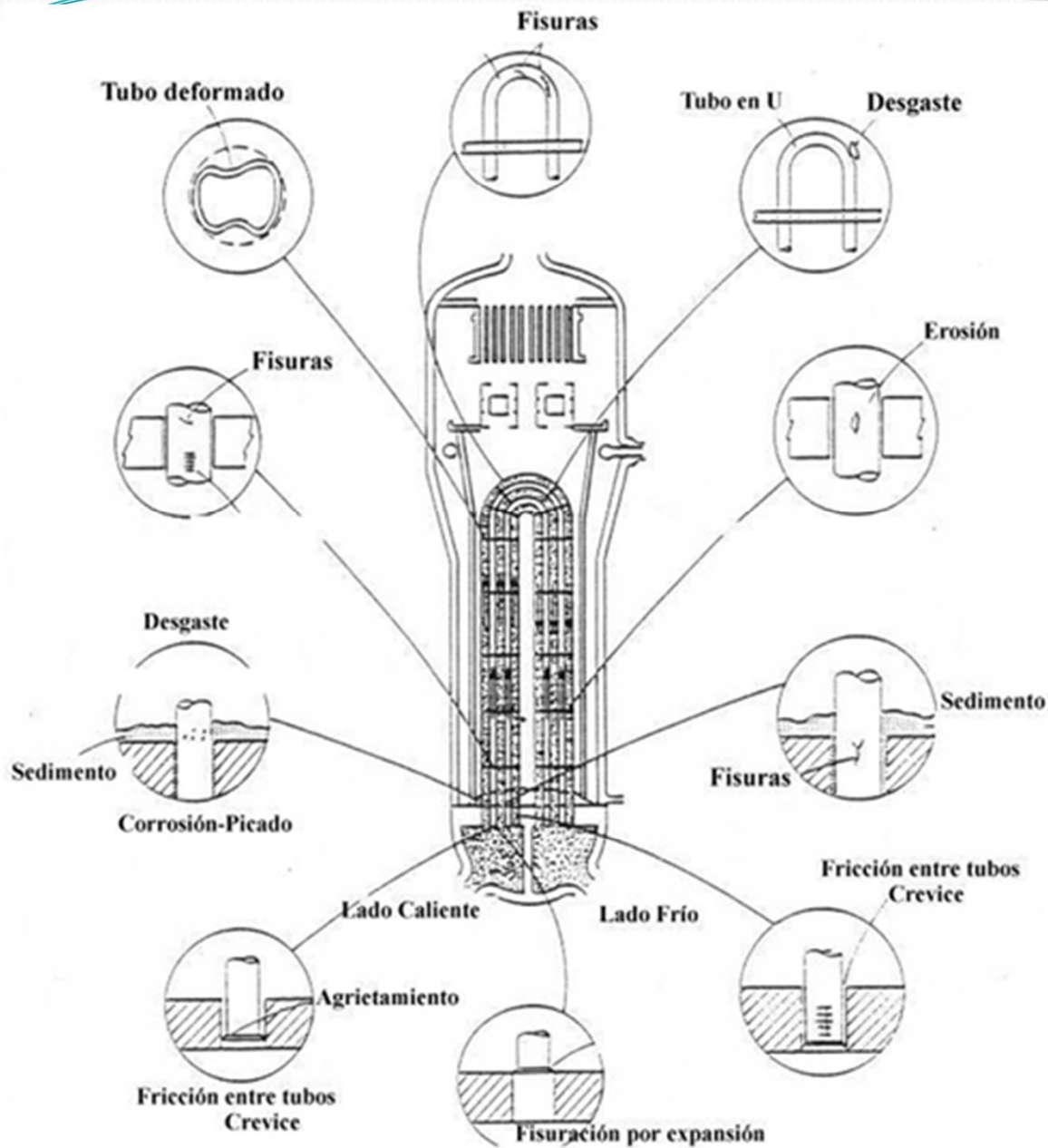
La adecuada gestión de control de vida remanente de una central térmica o instalación industrial en general, es la mejor opción para alargar la vida útil.

Pasos a seguir para obtener una réplica metalográfica

Esta técnica metalográfica se encuentra especificada en la norma **ASTM E-1351- 2002** donde se recomiendan los pasos a seguir para la obtención de una superficie del metal a estudiar libre de deformaciones (rayado, deformación plástica ,etc).

Diferentes etapas del proceso de obtención de una réplica metalográfica

- **Inspección visual:** La selección de las zonas críticas y representativas de posibles daños de tipo termomecánicos, químicos, etc. es muy importante para la detección de degradación microestructural.



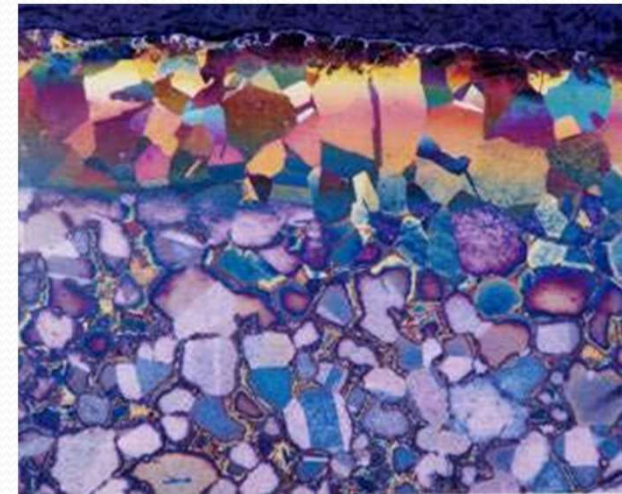
Croquis de un generador de vapor indicamos las zonas críticas de este componente en particular.

2) **Procedimiento para realizar el desbaste grueso:** Una vez seleccionadas las zonas críticas se comienza la preparación de la superficie a estudiar, a continuación detallaremos los pasos a seguir:

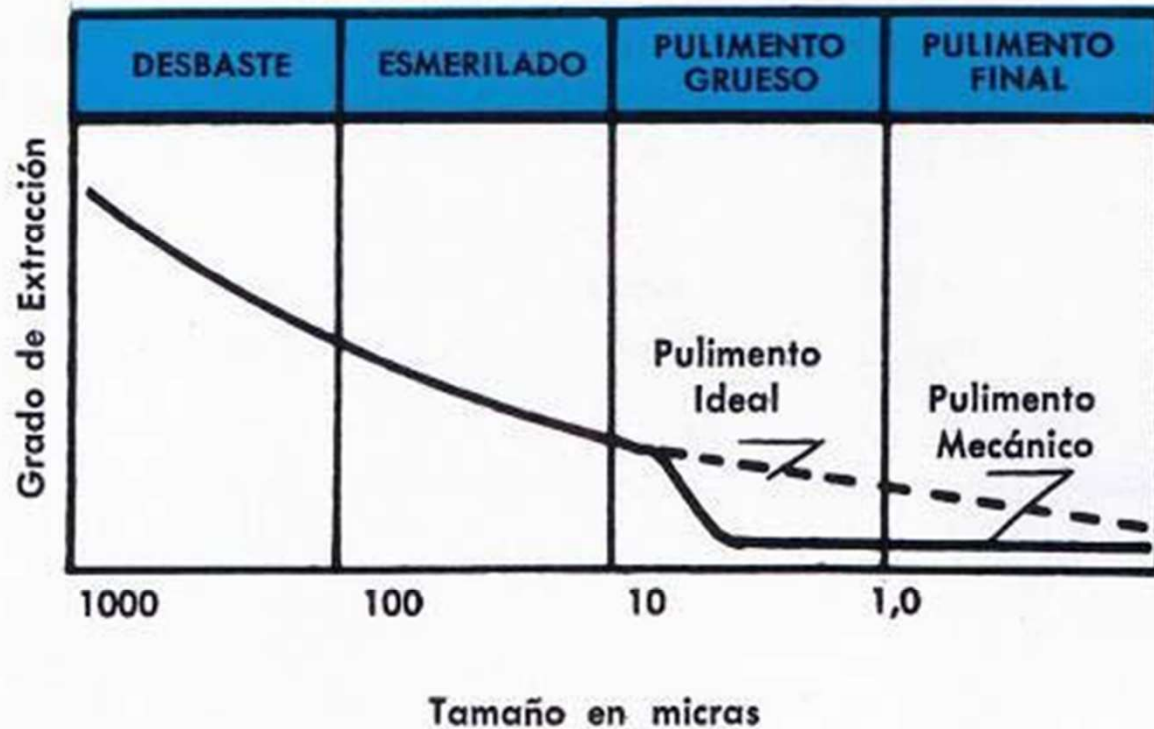
2 a) **Desbastado de la superficie:** Cuando la atmósfera de trabajo del componente genera oxidación , decarburación, o cualquier proceso químico que deje depósitos de sales es necesario utilizar una amoladora portátil para eliminar estas capas de metal degradado que no permiten observar la microestructura real del componente.



Desbaste grueso donde eliminamos restos de sales, óxidos y capa decarburada.



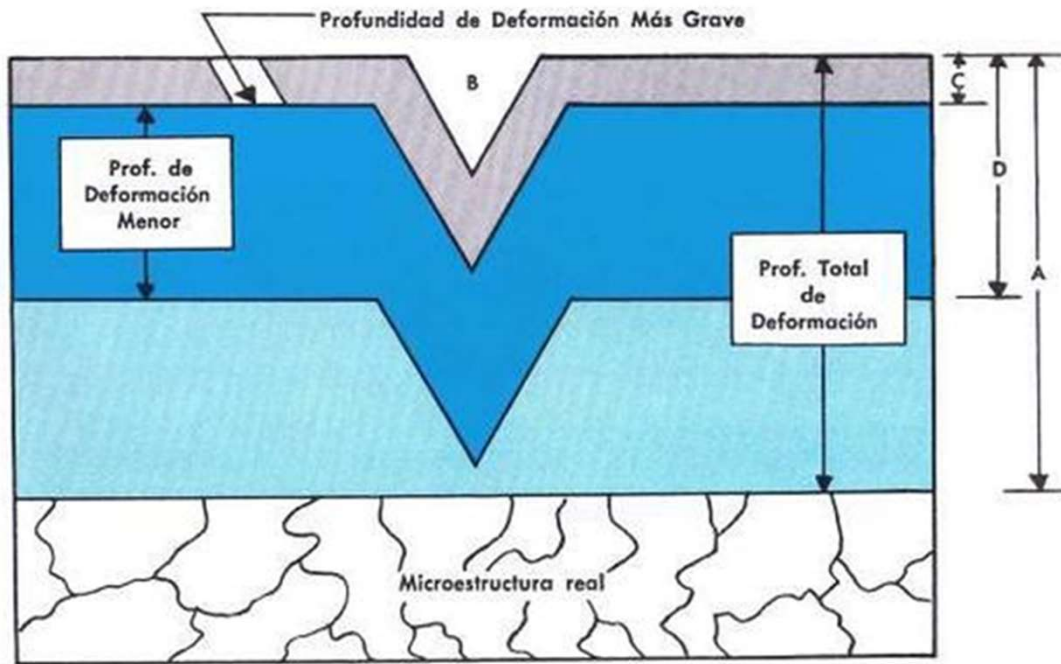
Capa decarburada



Profundidad de desbaste aproximada en las diferentes etapas de pulido.

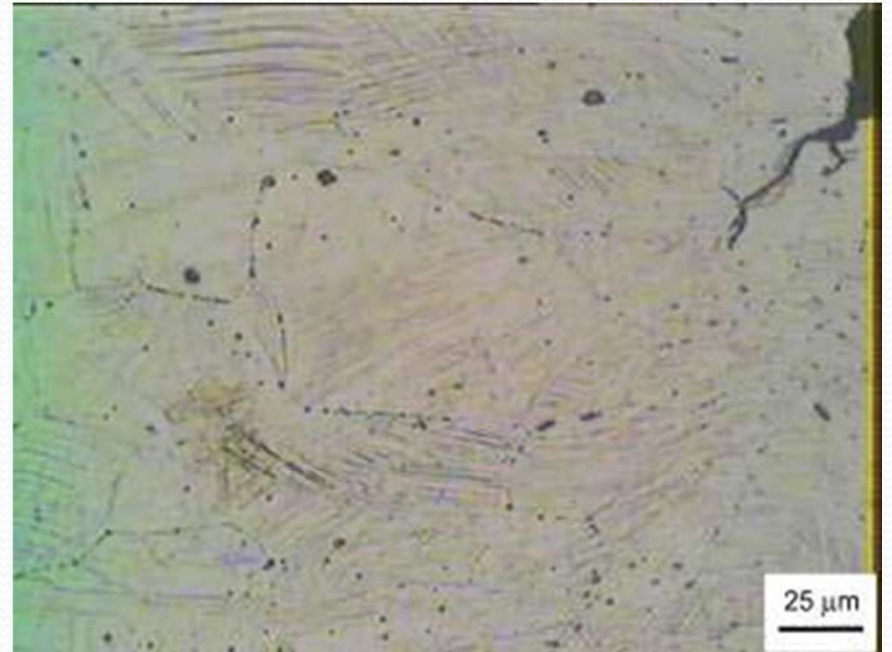
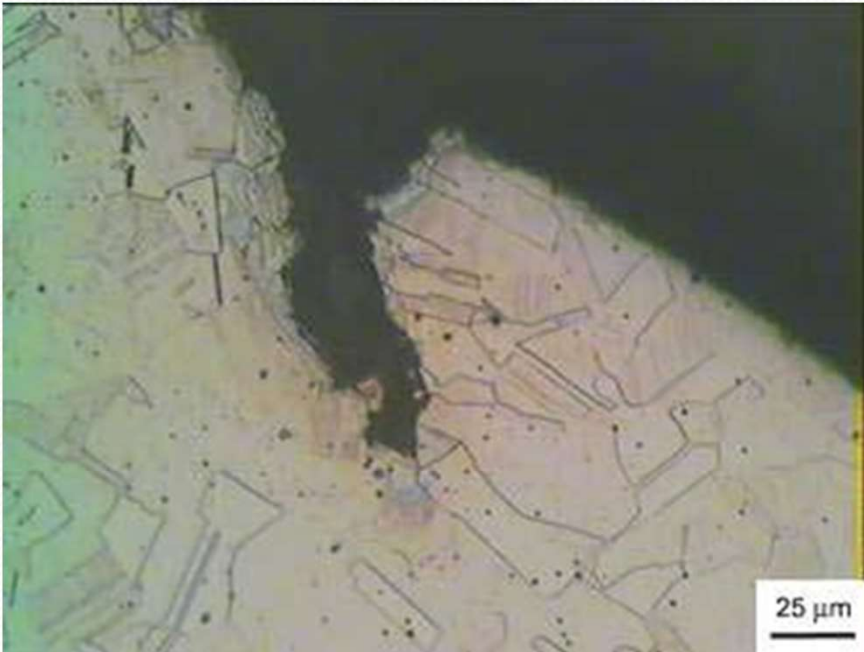
En esta etapa de desbaste realizado con amoladora la profundidad de metal y depósitos de la superficie eliminados oscila entre 0,1 - 1,0 mm aproximadamente, dependiendo del espesor de estos depósitos, dureza, etc.

2b) **Pulido grueso:** Una vez concluida la etapa de desbaste grosero (amolado), se elimina la deformación plástica generada en esta etapa con papeles abrasivos de carburo de silicio de malla desde #120,220,320,400 y 600.



Representación de la superficie al comienzo del pulido grueso

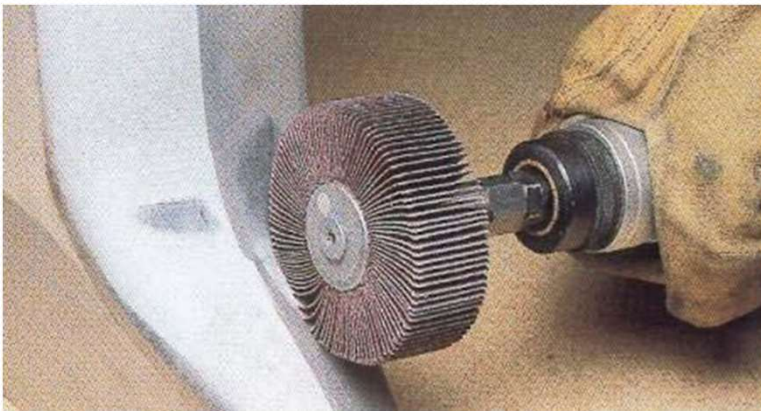
La etapa de pulido grueso debe durar el tiempo suficiente para extraer toda la deformación abrasiva.



Acero inoxidable sin deformación plástica. El mismo acero deformado en frío.

3)- **Procedimientos para el pulido fino:** En esta etapa de pulido debo decidir que procedimiento de pulido utilizaré en función de lo que quiero observar en la superficie metálica preparada. El pulido fino mecánico o el pulido electrolítico son las dos alternativas posibles para pulido "in situ" .

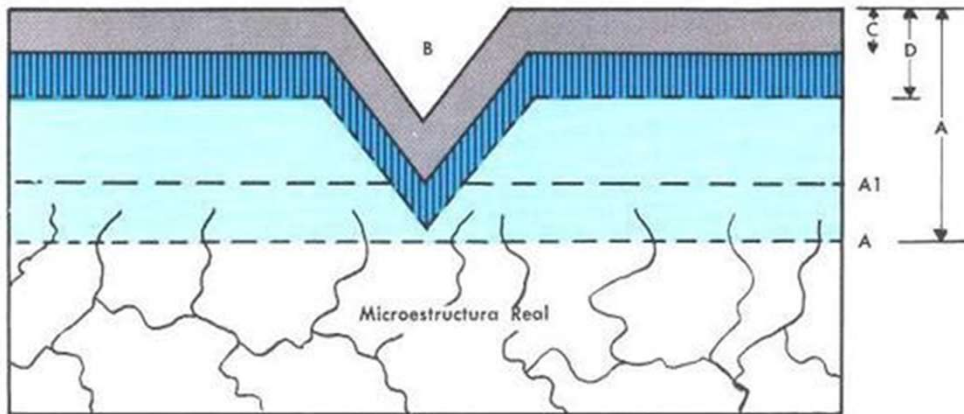
Pulido fino mecánico: Se utilizará este tipo de pulido cuando necesite observar inclusiones u óxidos, densidad de poros, medir densidad de hoyuelos generados por creep, medir ancho y largo de fisuras, o el material no me admita pulido electroquímico tal es el caso de las fundiciones de acero (Ej: Gris, blanca, nodular, etc.), generalmente en rodillos de laminación, los aceros antimagnéticos al manganeso



Pulido mecánico con abrasivos y felpas con pasta diamantada.



Elementos utilizados para preparar superficies metálicas con pulido mecánico.



Es de vital importancia realizar muy bien esta etapa para no generar distorsiones de la microestructura, rayado o deformación, siendo la línea A1 la que representa estas condiciones



Esmerilado



Pulimento Grueso



Pulimento Final (Sin atacar)



Pulimento Final (Reactivo — 10 % $\text{Fe}(\text{NO}_3)_3 \cdot 9\text{H}_2\text{O}$)

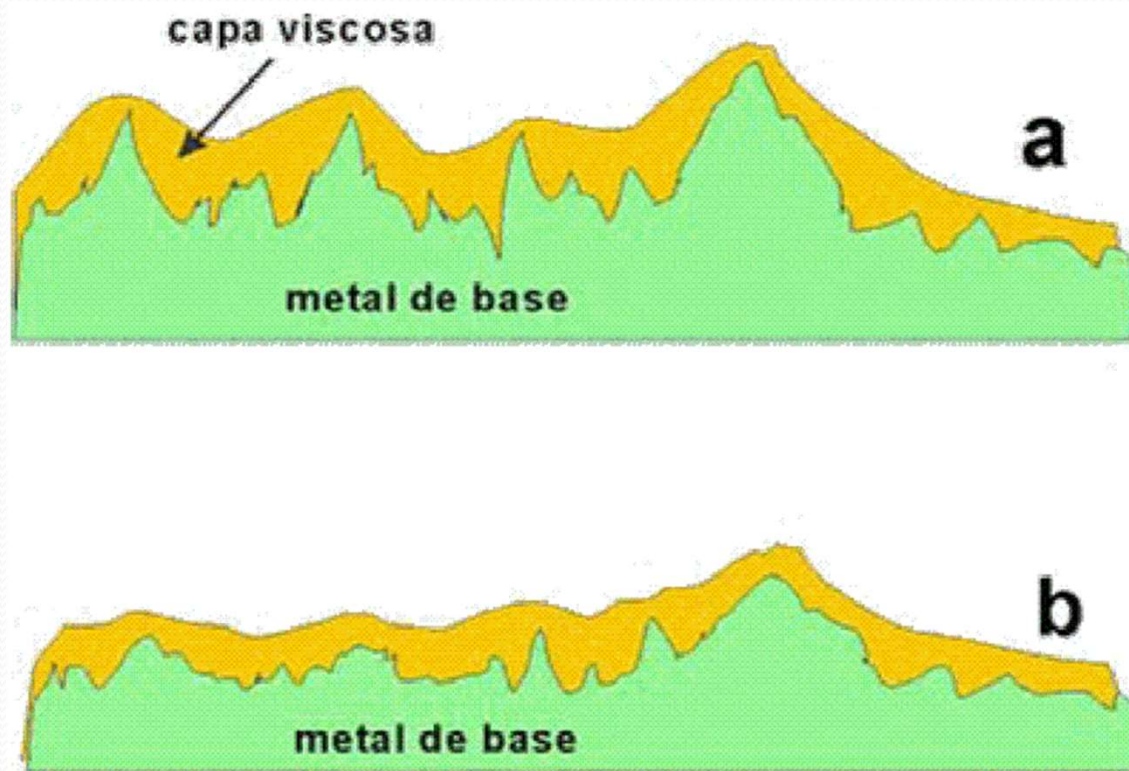
Estas cuatro fotos muestran el estado de la superficie de la probeta ilustrada en la tapa, al preparársela a través de las tres etapas tratadas en este fascículo. El material es: 35 % Cu, 4 % Si, y el resto aleación de Al. (Aumento original: 200 μm .)

Etapas de pulido hasta llegar a observar la microestructura.

Pulido electrolítico:

El electropulido (o pulido electroquímico o pulido electrolítico) funciona básicamente debido a que, al disolverse el metal bajo la circulación de corriente, se forma una capa viscosa de productos de la disolución, la cual se va difundiendo lentamente en el baño electrolítico.

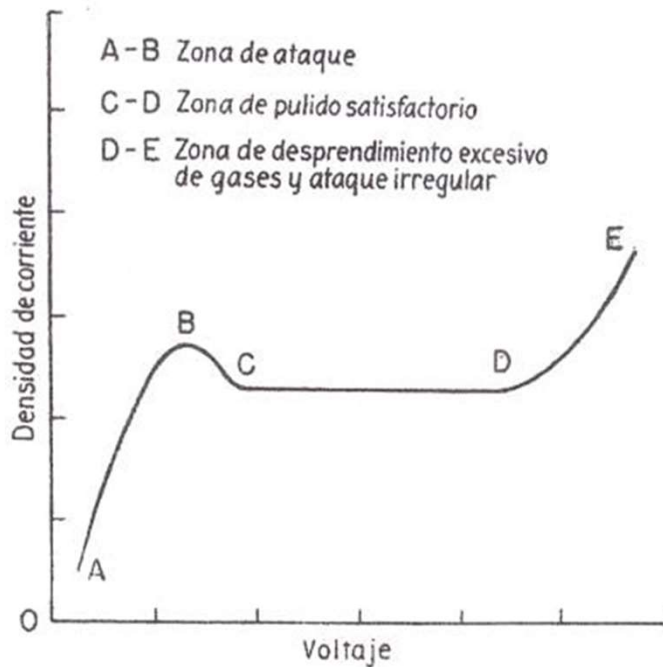
El espesor de esta capa no es constante, siendo mayor en los valles; y como su resistencia eléctrica es superior a la de la solución de electropulido, conduce a una disolución preferencial de los picos, y a una nivelación de la superficie.



En la fig. (a) se puede apreciar el esquema de un corte transversal (a escala microscópica) de la superficie al comienzo del procedimiento, y en la (b) cómo después de un tiempo de tratamiento la superficie se ha disuelto y comienza a "nivelarse".

En este proceso no se forma una capa superficial como en el caso del pulido mecánico, ya que lo que se disuelve es el metal de base. El espesor de material disuelto varía entre 10 y 25 micrones, de acuerdo con la intensidad de corriente utilizada y el tiempo de exposición.

Esta etapa de pulido final, realizada por medio electrolytico, tiene por objeto, mediante la disolución anódica del material en el baño la eliminación completa de las rayas y la zona distorsionada por la preparación previa. En la siguiente curva veremos las zonas generadas de las variaciones del voltaje en función de la densidad de corriente.



<i>Electrolitos y voltaje para pulido con tampón</i>		
<i>Electrolitos</i>	<i>Materiales</i>	<i>Tensión (Volt)</i>
<i>10 ml de ácido perclórico 90 ml Butil cellosolve</i>	<i>Aceros al C e inoxidables Aluminio y aleaciones base aluminio.</i>	<i>30-35 25-30</i>
<i>10 ml ácido perclórico 45 ml ácido acético glacial 45 ml Butil cellosolve</i>	<i>Aceros al C e inoxidables Aleaciones base Cromo Níquel y sus aleaciones</i>	<i>30-35 32-35 30-40</i>
<i>54 ml de ácido fosfórico 85%) 22 ml alcohol etílico 3 ml agua destilada 21 ml Butil cellosolve</i>	<i>Cobre y sus aleaciones</i>	<i>4-6</i>

Curva densidad de corriente / Voltaje.

Revelado de la microestructura

4)- **Revelado de la microestructura:** Utilizando como referencia la norma ASTM E-407 en la cual se detallan los pasos a seguir para el microataque de metales y aleaciones, se utilizan según las fases que quiera observar diferentes reactivos de ataque los cuales pueden utilizarse tanto por inmersión (arrojando reactivo sobre la superficie pulida), o en forma electroquímica.

- ***Mecanismo de ataque químico:***

El mecanismo de ataque de las aleaciones polifásicas es, esencialmente, de naturaleza electroquímica, consecuencia de las diferencias de potencial que se produce en los diferentes constituyentes, cuando se pone la probeta en contacto con el reactivo.

- ***Mecanismo de ataque electrolítico:***

El ataque por métodos electrolíticos es de particular utilidad para poner de manifiesto la estructura en materiales tales como las aleaciones fuertemente deformadas en frío, aleaciones resistentes a la corrosión y al calor y aleaciones que presentan pasividad superficial durante los ataques usuales.

Teniendo en cuenta lo visto anteriormente, el copiado de la microestructura por medio de una réplica metalográfica será básicamente la copia de la topografía de la superficie irregular realizada con el ataque químico.

5)- Técnica de colocación y extracción de réplicas: En este paso se copia la topografía de la superficie metalográfica recientemente atacada.

Réplicas microestructurales: Estos tres tipos de réplicas son las utilizables en trabajos «in situ».



Los tres tipos de réplicas microestructurales del mercado, la identificada como (1) se trata del barniz de base nitrocelulósica diseñado y elaborado en los laboratorio de CNEA (2) son las comercialmente de marca Struers con respaldo de aluminio. Finalmente la identificadas con el número (3) se trata de un lámina de acetato de 50 μm de espesor.

Existen en mercado tres tipo de réplicas del tipo microestructurales.

TIPO DE RÉPLICAS	VENTAJAS	DESVENTAJAS
Barniz	<ul style="list-style-type: none"> • Excelente resolución (9 puntos). • Formas irregulares y porosas. 	<ul style="list-style-type: none"> • Burbujas y adhesión de partículas. • Fraguado más de 30 minutos.
Acetato	<ul style="list-style-type: none"> • Muy buena resolución (8 puntos). • Colocación y extracción en solo 2 minutos. • Ideal para estudiar fisuras. 	<ul style="list-style-type: none"> • Si el operador no tiene experiencia las burbujas pueden perjudicar las zonas de interés. • Áreas irregulares, ángulos vivos, valles de engranajes, etc.
Acetato con respaldo (tipo Struers)	<ul style="list-style-type: none"> • Buena resolución (7 puntos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Áreas pequeñas. • Solo superficies planas (se deforma soporte metálico).

Ventajas y desventajas de los diferentes tipos de réplicas