Manual de contenido
del participante

Procesos de Producción

ESPAÑOL

Para obtener más información sobre este curso, escanea el QR o ingresa a este link:
https://tenaris.sharepoint.com/sites/TUIN/Lists/Database/DispForm.aspx?ID=64&e=Za5lqc

"Este documento ha sido firmado electrónicamente en su versión en español.
Nota Importante (para documentos impresos desde Intranet): este documento impreso puede no ser válido a menos que la copia evidencie ser controlada. Si la copia no es controlada y usted no recibe avisos de cambios en forma sistemática, por favor verificar la última versión aplicable ingresada en el LMS antes de su implementación.
El presente documento y toda la información que contiene son propiedad de TENARIS S.A. y/o sus empresas afiliadas ("TENARIS"), o bien han sido otorgados a estas empresas bajo licencia.
Se prohíbe copiar, volver a copiar, reproducir, traducir, revelar, adaptar, modificar, distribuir a terceros o utilizar de otro modo el presente documento y toda la información que contiene, con cualquier fin, sin la autorización expresa previa por escrito de TENARIS.
TENARIS deslinda toda responsabilidad por cualquier pérdida, daño o lesión que pueda resultar del uso de la información incluida en el presente. Todos los derechos reservados".

TenarisUniversity

Propósito y objetivos de este manual

En este curso, estudiaremos las distintas etapas de los procesos de fabricación de Tenaris.

El propósito de este manual es ayudar a alcanzar las metas siguientes:

- Aprender acerca de los procesos de fabricación de tubos de Tenaris.
- Poder identificar las distintas etapas de los procesos y familiarizarse con la terminología técnica.
- Entender la importancia de cada etapa del proceso siderúrgico a fin de alcanzar mayores niveles de rendimiento.
- Conocer los insumos y el equipamiento utilizado en los procesos de fabricación de tubos de Tenaris.

Es importante comprender las consecuencias que el desconocimiento de los conceptos y principios explicados en este manual puede ocasionar en el ambiente, seguridad y salud ocupacional y en la calidad del producto final.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Índice de Contenidos

A lo largo del curso, se describen todos los procesos y se presentan las características principales. Después de finalizar el curso, el alumno tendrá una visión general excelente de todos los procesos de producción de Tenaris.

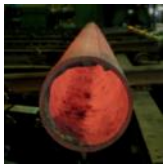
El presente curso describe los procesos de producción de Tenaris, desde el tratamiento de la materia prima hasta el acondicionamiento final de los tubos para su despacho.

CAPÍTULO 1 5
Materia prima

CAPÍTULO 2 10
Aceración

CAPÍTULO 3 22
Laminación en caliente

CAPÍTULO 4 37
Soldadura



CAPÍTULO 5 55
Tratamiento térmico

CAPÍTULO 6 63
Controles no destructivos

CAPÍTULO 7 76
Terminación

CAPÍTULO 8 87
Procesos para productos huecos

CAPÍTULO 9 98
Otros procesos

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

El manual contiene pequeñas figuras que se repiten en todos los capítulos y que son una forma de organización de la información para hacer más fácil y dinámica la lectura. Estas figuras son denominadas Íconos.

A continuación hay una descripción de la utilización de cada ícono, es decir, en qué oportunidad aparecen:

GLOSARIO
Explica términos y siglas.

RECUERDE
Refuerza un concepto ya mencionado en el texto del manual.

ANEXO
Profundiza conceptos

MANTENIMIENTO
Resalta procedimientos necesarios de mantenimiento.

QUESTION
Presenta preguntas disparadoras para analizar el tema en cuestión.

ATENCIÓN
Destaca conceptos importantes

EJEMPLO
Ilustra con situaciones reales los temas tratados.

ACTIVIDAD
Señala el comienzo de un ejercicio que le permitirá reforzar lo aprendido

EXAMEN FINAL
Señala el comienzo de la evaluación final.

FIN DE CAPÍTULO
Señala la finalización del capítulo.

FIN DE MANUAL
Señala la finalización del manual.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

1

Materia prima

En este capítulo, estudiaremos la materia prima utilizada para la aceración. Asimismo, se explicará el proceso de reducción directa para obtener el hierro esponja.

TEMAS DEL CAPÍTULO 1

1.1 Mineral de hierro y proceso de reducción directa 6

1.2 Chatarra metálica 8

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

1.1 Mineral de hierro y proceso de reducción directa

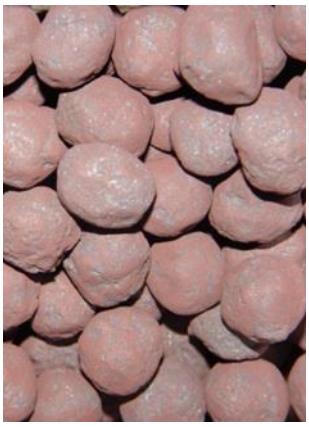
El proceso de reducción directa implica transformar el óxido de hierro en hierro esponja.

Mineral de hierro

El mineral de hierro es óxido de hierro con un mínimo de 67,5% de hierro. El mineral de hierro existe de dos maneras:

Pellets

Piedras de mineral de hierro de grano fino. Su tamaño promedio es de 12-13 milímetros.



Piedras o lumps

Piedras calibradas de mineral de hierro, tal como se las encuentra en la naturaleza, con un contenido de hierro superior al 67,5%. Debido a su tamaño de alrededor de 1/4" a 1 1/4" (pulgadas), se las conoce como piedras calibradas.

Proceso de reducción directa

Abastecido con gas natural reformado, el proceso de reducción directa convierte óxido de hierro, en forma de pellets o piedras, en hierro esponja. Quita oxígeno del mineral de hierro y carburiza el producto reducido.

Las ventajas de utilizar hierro esponja en lugar de chatarra metálica son:

- Mejor calidad del acero.
- Independencia del mercado de chatarra.
- Menor contaminación ambiental.

El hierro esponja es óxido de hierro reducido. Consta de 92,5- 93,5% de hierro total con 94-95% de metalización, 2,2-2,4% de carbono y 3,5 de ganga (elementos químicos naturales que no se pueden eliminar durante los procesos de reducción directa). Puede almacenarse sólo por un tiempo limitado.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Briquetado

Recuperación de partículas finas y polvo

El hierro esponja, antes de enviarse a la acería, pasa por una zaranda. Los materiales de grano fino resultantes, menores a 6 milímetros, se retiran y luego comprimen.
En distintos sectores de la planta de producción, existen sistemas colectores de polvos.

Briquetado

Las partículas finas y el polvo de hierro esponja constituyen elementos valiosos, dado que poseen las mismas características químicas que el hierro esponja.

La briqueteadora posee un sistema de alta presión hidráulica. Cuenta con dos rodillos con moldes, que rotan en sentidos opuestos y así comprimen la mezcla.

Luego, se envían las briquetas a la acería.

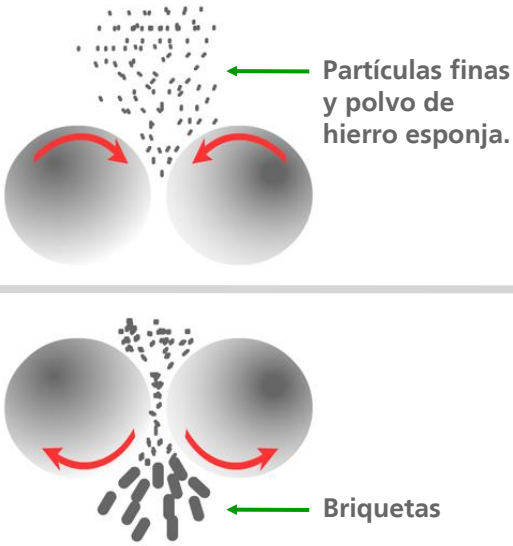
En general, la mayoría de las acerías utilizan tanto el hierro esponja producto de la reducción directa como las briquetas, elaboradas con partículas y polvo de hierro esponja.

Sin embargo, especialmente cuando se debe transportar el hierro esponja, se usa sólo en forma de briquetas.

HIERRO FINO

POLVO

BRIQUETAS



MOLDES DE UNA BRIQUETEADORA

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

1.2 Chatarra metálica

La chatarra metálica es la materia prima más común para alimentar el horno de arco eléctrico (EAF) para la producción de acero.

Chatarra metálica

La chatarra metálica puede:

1. Comprarse en el mercado.
2. Reciclarse de la producción interna.

La chatarra metálica puede proveerse de las siguientes formas:

Chatarra no procesada

Chatarra empaquetada

Chatarra triturada

Preparación de la chatarra metálica

La playa de almacenamiento de chatarra es el lugar físico donde se almacenan los elementos ferrosos previamente triturados y clasificados. La chatarra se descarga mediante grúas puente o camiones volquete.

La cesta de chatarra es un contenedor de aproximadamente 50/60 m^3 empleado para cargar chatarra en el horno de arco eléctrico (EAF).

Por lo general se preparan dos cestas para cada colada.

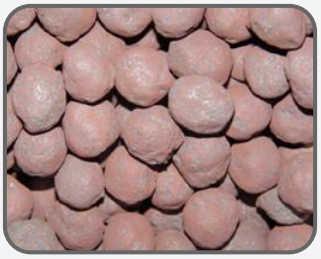
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

En este capítulo, se mencionó la materia prima utilizada en las acerías de Tenaris.

Sírvase completar las actividades siguientes:

1 ¿Puede identificar cada una de las imágenes siguientes? Escriba, debajo de cada imagen, cuáles son *pellets*, *lumps* o piedras, briquetas y hierro esponja.



A

B

C

D

2 Después de completar la actividad anterior, sírvase resolver los enunciados siguientes, escribiendo la letra de la imagen correspondiente.

Subproducto del proceso de reducción.

Producto obtenido después del proceso del horno reductor.

Formas disponibles de óxido de hierro.

3 ¿Cuáles de los elementos siguientes elegiría si optara por cargar la cesta para el horno eléctrico con el objetivo de obtener mejor calidad de acero y menor impacto ambiental? Sírvase identificar cada opción con su nombre correspondiente.

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 1. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre aceración.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

2

Aceración

En este capítulo, estudiaremos las operaciones principales del horno de arco eléctrico realizadas durante el proceso de aceración a fin de obtener barras de colada continua o lingotes.

TEMAS DEL CAPÍTULO 2

2.1 Proceso del horno de arco eléctrico o EAF 11

2.2 Sangrado, afino y desgasificación bajo vacío 14

2.3 Proceso de colada continua y en lingotes 16

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

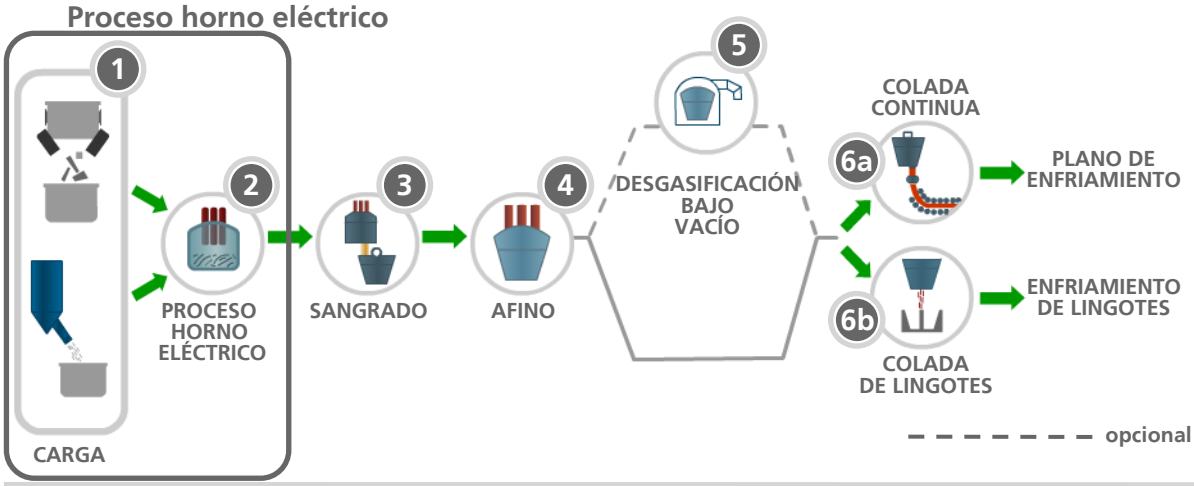
2.1 Proceso del horno de arco eléctrico o EAF

Se cargan hierro esponja y chatarra de acero en el horno de arco eléctrico (EAF) para producir acero fundido.

Proceso de producción

El proceso de aceración comprende varias fases, cada una de las cuales tiene una injerencia importante en la calidad final y las características finales del producto.

Proceso de aceración



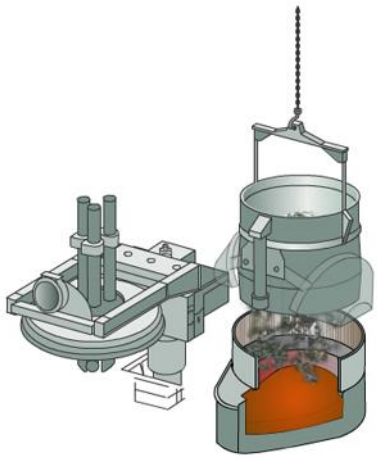
En esta etapa, se carga hierro esponja y chatarra de acero en el horno eléctrico (EAF) para producir acero fundido.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

1 CARGA AL HORNO ELÉCTRICO

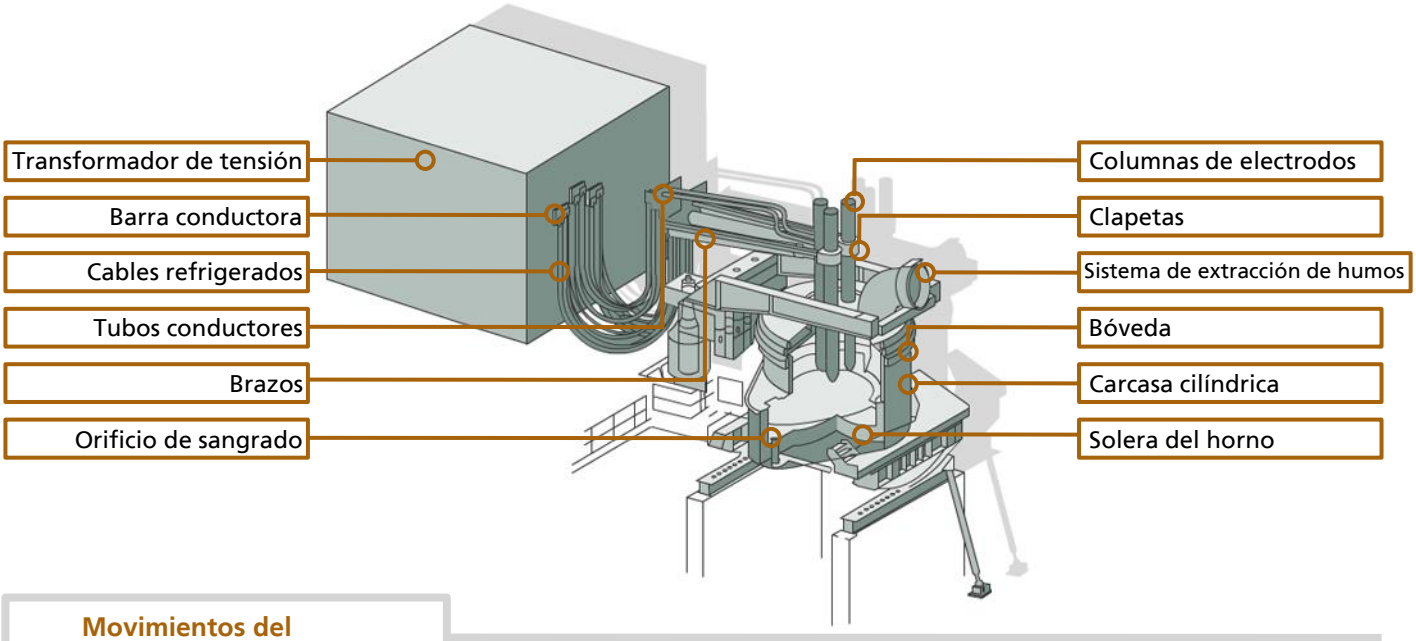
Una vez abierta la bóveda, se cargan una o dos cestas de chatarra (por ej., 10/15 toneladas) en el horno de arco eléctrico (EAF). Luego, se cierra la bóveda y se produce el proceso de fusión por la acción de calentamiento del arco eléctrico. Nunca debe vaciarse el horno por completo. Debe quedar por lo menos algo de acero en el EAF, dado que este material remanente ayuda a fundir la carga siguiente.

El hierro de reducción directa se carga en el horno eléctrico por medio de una cinta transportadora hasta completar la carga prevista.

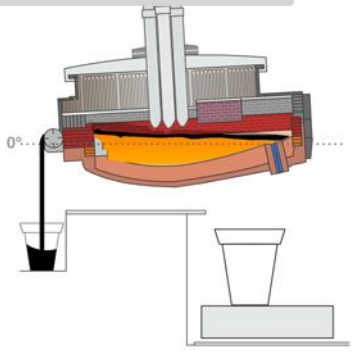


2 PROCESO DEL HORNO ELÉCTRICO (EAF)

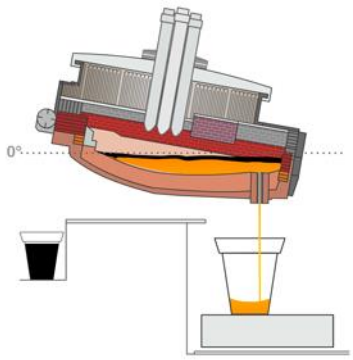
Partes principales del horno eléctrico (EAF)



Movimientos del horno

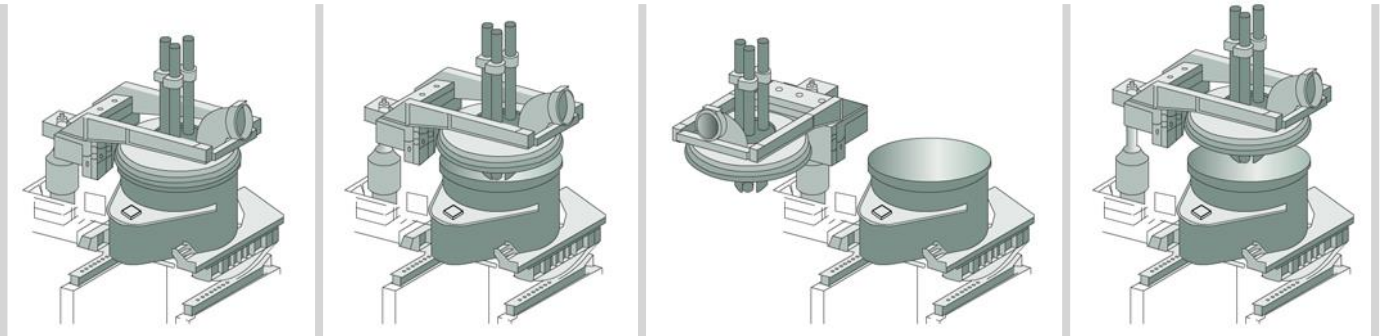


Escoriado: eliminación de la escoria que flota en la superficie del baño de acero líquido.



Sangrado: descarga de baño líquido del horno a la cuchara.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".



La bóveda baja, sube, se corre para permitir la carga de chatarra.

Proceso de fusión

En la actualidad, se emplea el horno eléctrico para calentar y fundir la materia prima, y un horno de cuchara para el afino (ajuste metalúrgico final).
Una vez que la carga está fundida parcialmente por la acción de calentamiento del arco eléctrico generado por los electrodos que se encuentran en el interior del horno eléctrico, también se inyectan oxígeno y carbono en el horno eléctrico moderno para aumentar, de esa manera, la energía de calentamiento químico del baño.

Mediciones de la carga fundida

La carga fundida debe alcanzar una temperatura adecuada para el proceso de aceración. Su composición química debe cumplir con los requerimientos del proceso. Una vez que la materia prima llega al estado líquido, deben efectuarse varias mediciones para determinar las consiguientes operaciones metalúrgicas.

Deben medirse las características siguientes del baño líquido:

•**Composición química:** debe tomarse una muestra del baño y enviarla al laboratorio para su análisis.

•**Temperatura:** se sumerge una termocupla en el baño líquido. Se trata de un dispositivo que mide temperaturas por medio de dos metales distintos en contacto.

•La unión de esos dos materiales origina un potencial eléctrico medible que cambia con la temperatura.

•La temperatura de sangrado oscila entre 1630°C y 1650°C, según los requerimientos de las etapas siguientes.

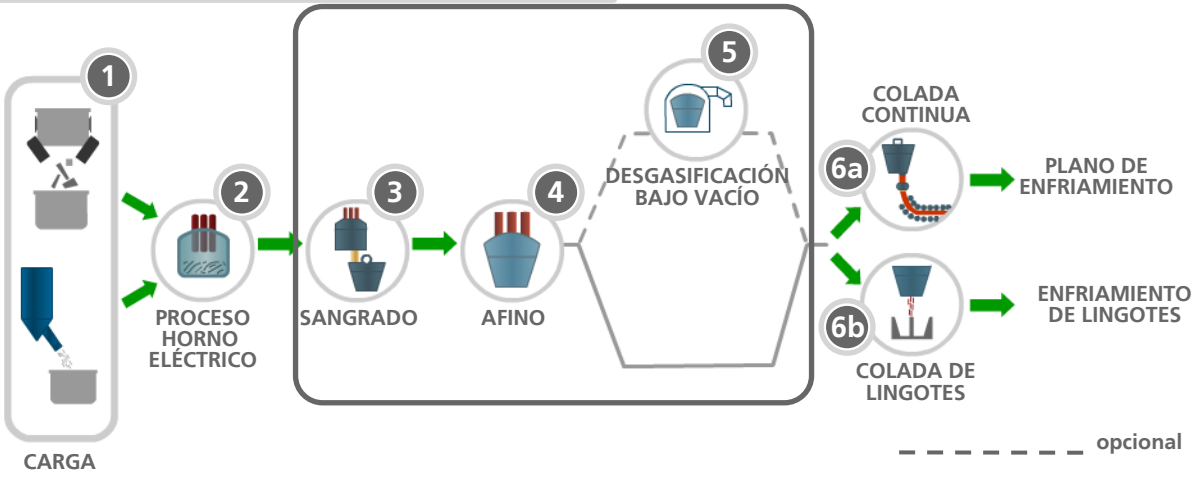
•**Contenido de oxígeno:** como en todos los procesos de producción de acero, debe controlarse el oxígeno disuelto, dado que es importante para la calidad del producto final.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

2.2 Sangrado, afino y desgasificación bajo vacío

Estos procesos se producen cuando la carga está totalmente fundida y el acero está listo para los ajustes finales de su composición química.

Sangrado, afino y desgasificación bajo vacío



Al terminar el sangrado, el acero queda en la cuchara, donde se producen las operaciones de afino. El objetivo es realizar ajustes finales a la composición del acero, temperatura y limpieza. Opcionalmente, el acero puede pasar por un proceso de desgasificación bajo vacío.

3 SANGRADO

Sangrado significa transferir acero fundido del horno eléctrico al horno cuchara.

El horno cuchara es un recipiente con ladrillos refractarios, que deben precalentarse antes de su uso a fin de mantener la temperatura del acero.

Durante esta etapa, comienza el agregado de ferroaleaciones.

Después del sangrado, la cuchara se traslada a la estación de horno cuchara.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

4 AFINO

Una vez que la cuchara está colocada en su posición, un gas burbujeante agita el acero líquido y homogeniza su temperatura y composición. Se agregan aditivos y ferroaleaciones al acero fundido a fin de obtener la composición deseada.

Las funciones principales del proceso de afino son:

1. Obtener la composición del acero según las especificaciones y normas requeridas.
2. Alcanzar la temperatura de tratamiento final.
3. Limpiar el acero, separando las inclusiones del baño.

La producción de acero en las acerías de horno eléctrico aumentó en forma considerable debido al uso simultáneo de un horno de arco eléctrico (EAF) para fundir el acero y el horno cuchara para el afino. En la actualidad, como el tiempo de proceso en el horno eléctrico es más corto, el afino en el horno cuchara puede llevarse a cabo en paralelo y se aumenta la capacidad de producción.

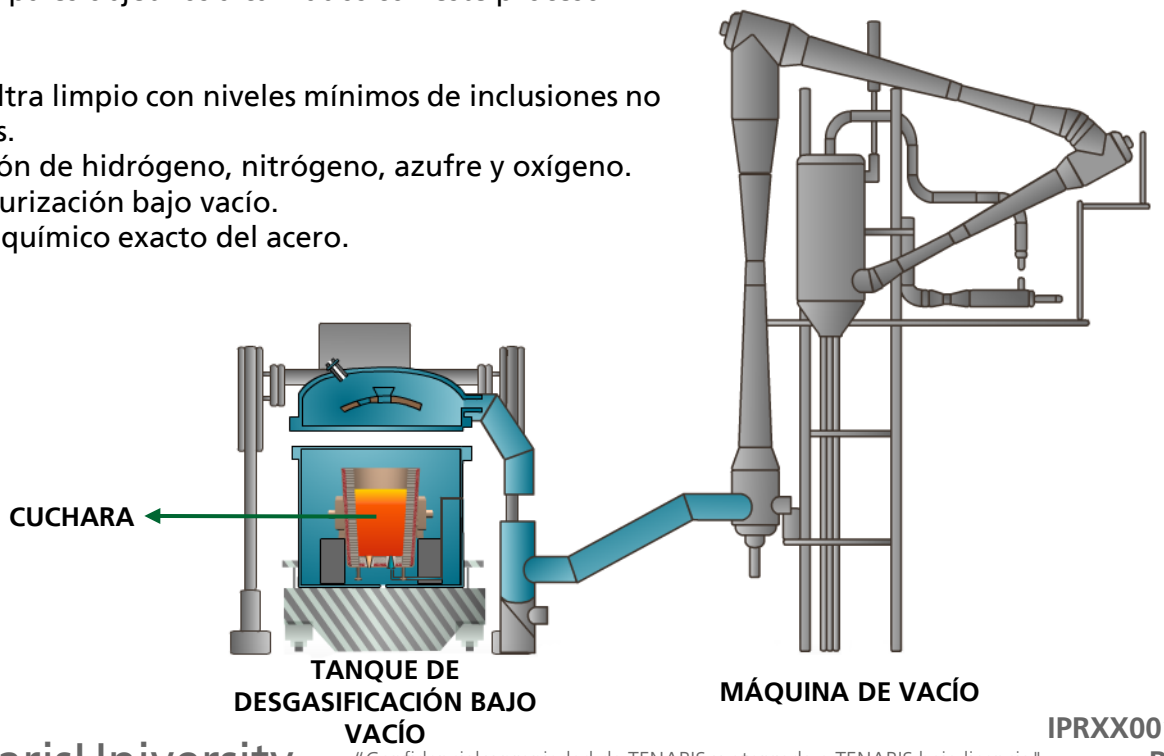
En esta etapa, se agrega silicato de calcio (Ca-Si) a fin de mejorar la pureza del acero y optimizar la fluidez de colada, dado que el calcio transforma los agregados sólidos en líquido, y de esa manera evita la obstrucción de la buza (por canal o ductos de horno eléctricos por donde fluye la fundición) del horno cuchara.

5 DESGASIFICACIÓN BAJO VACÍO

El desgasificador bajo vacío reduce la presión de gas en la atmósfera encima del acero. Como no hay aire en el tanque de desgasificación bajo vacío, se evita la reoxidación.

Los principales objetivos alcanzados con este proceso son:

- Acero ultra limpio con niveles mínimos de inclusiones no metálicas.
- Reducción de hidrógeno, nitrógeno, azufre y oxígeno.
- Descarburización bajo vacío.
- Análisis químico exacto del acero.

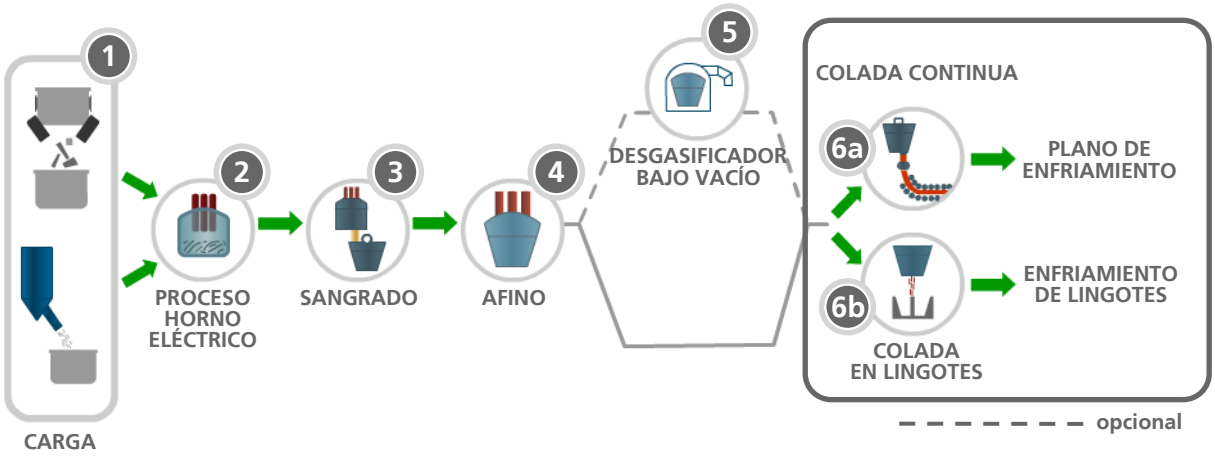


"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

2.3 Proceso de colada continua y en lingotes

Luego el acero se cuela en forma continua para formar tochos sólidos. Este método ha reemplazado ampliamente la colada en lingotes.

Proceso de colada continua y en lingotes

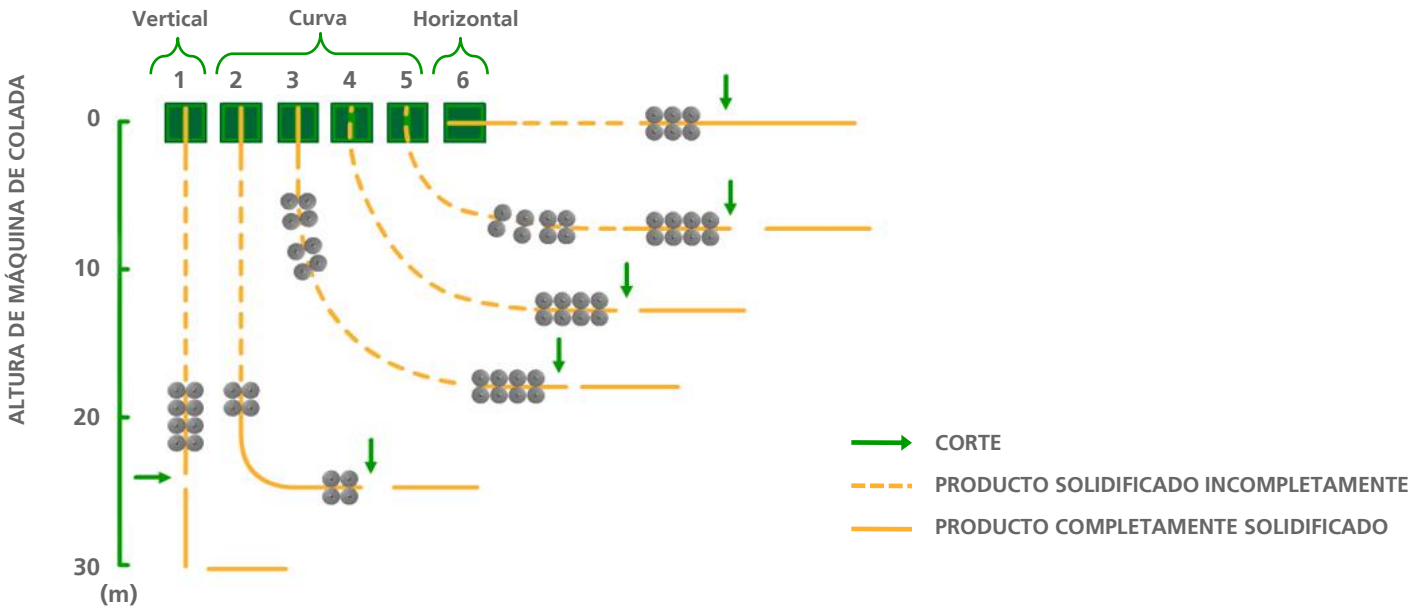


Por último, se cuela el acero en forma continua. Este método ha reemplazado ampliamente la colada en lingotes.

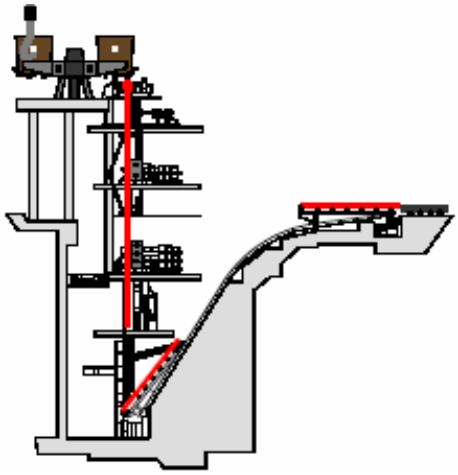
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

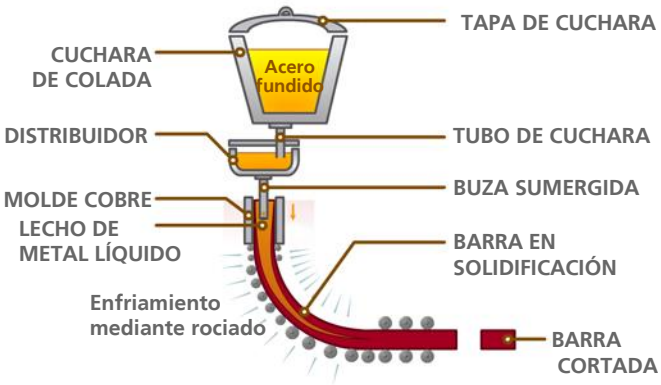
Máquinas de colada continua

Existe una amplia variedad de máquinas de CC según la forma del producto, la capacidad de producción y los diseños mecánicos, metalúrgicos y operativos.



Máquina de colada continua en Tenaris





"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

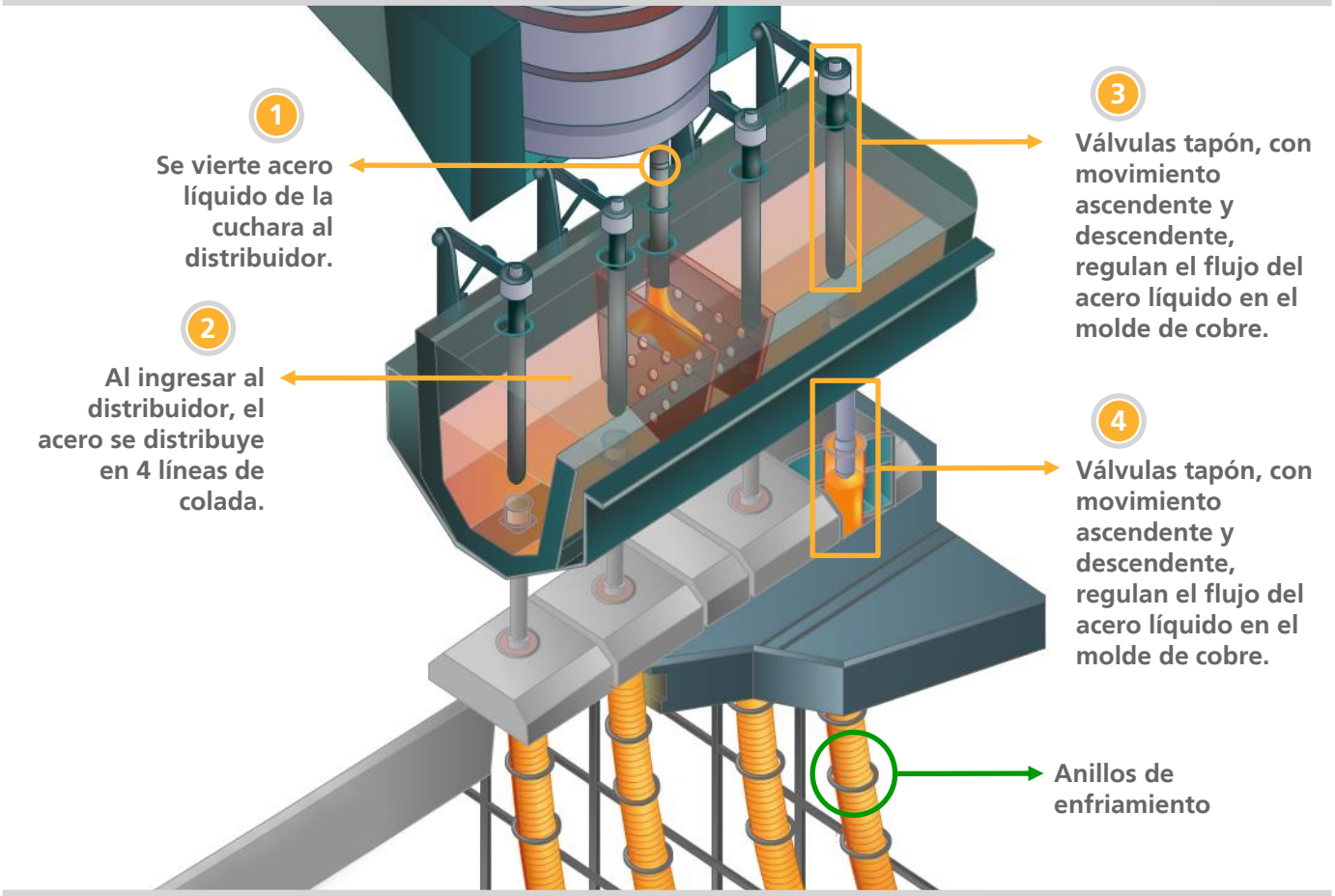
6a PROCESO DE COLADA CONTINUA

El objetivo principal del proceso de colada continua es transformar acero líquido en barras sólidas, para así obtener productos que puedan ir directamente al proceso de laminación.

Una vez finalizadas las operaciones de afino, la cuchara se transporta a un área donde una grúa la levanta y lleva a la torreta, en la máquina de colada continua.
El proceso comienza una vez que el acero empieza a fluir de la cuchara al distribuidor.

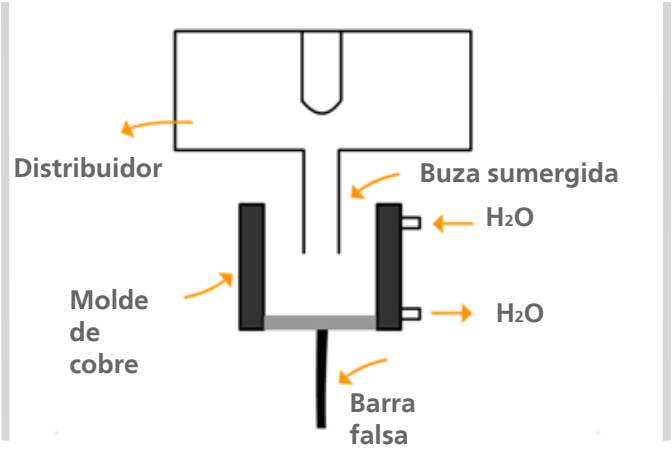
El acero líquido fluye desde la cuchara al distribuidor, y luego del distribuidor a las líneas de solidificación de colada.

PROCESO DE COLADA CONTINUA



Una vez que el nivel del acero alcanza el 70% del molde, se transmite un movimiento oscilatorio a éste, para evitar que el acero líquido se adhiera a las paredes del molde.

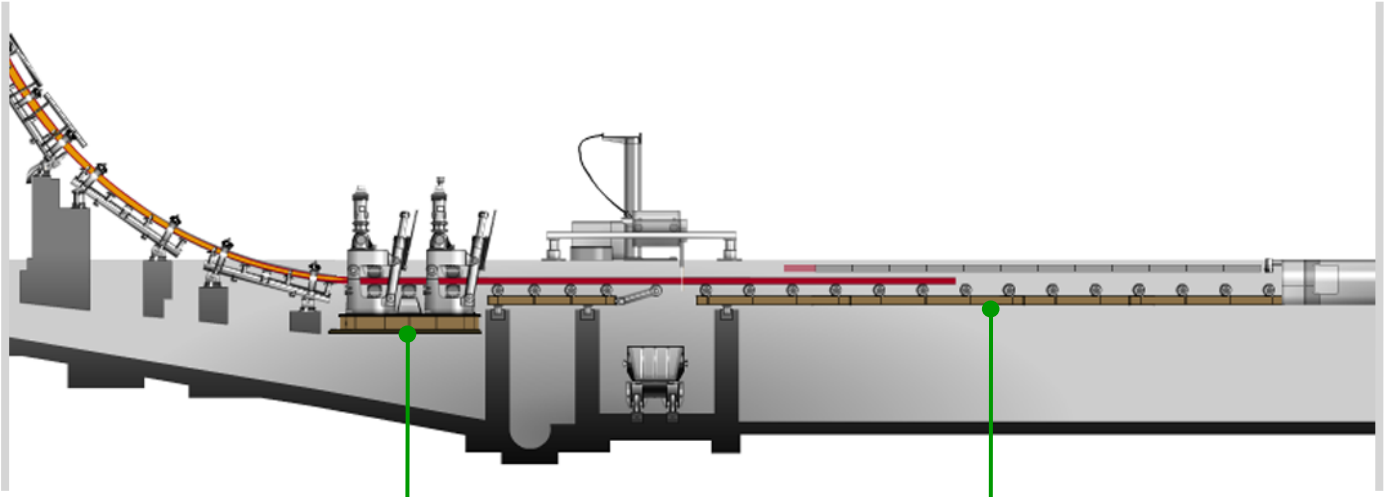
También se activan el sistema de refrigeración y el sistema de extracción de la barra falsa, a medida que avanza con rociadores de agua, para refrigerar la barra de acero.
Este proceso continúa, hasta que la barra llega a la máquina enderezadora-extractora.



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Máquinas cortadoras y planos de enfriamiento

Después del proceso de colada continua, las barras de acero se dirigen a la máquina cortadora, de donde pasan a los planos de enfriamiento.



Máquina cortadora: Esta máquina está equipada con un soplete a oxígeno. Cuando recibe una señal, toma la barra y comienza a cortar y a moverse junto a ésta. Al terminar el corte, el dispositivo de corte suelta la barra.

Planos de enfriamiento: Una cinta transportadora deposita los tochos en el plano de enfriamiento, donde se enfrían por convección natural de aire.

Las barras se identifican con códigos de números, que especifican datos de la orden, número de colada y grados de acero.

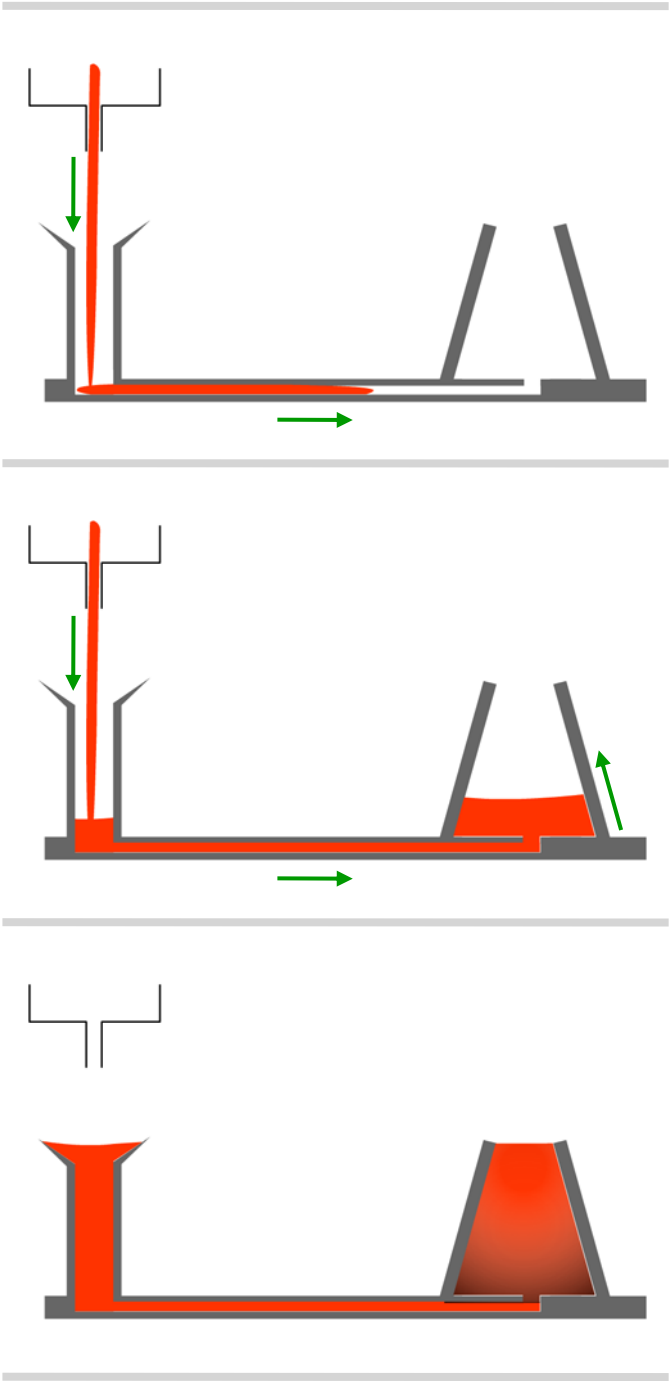
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

6b PROCESO DE COLADA EN LINGOTES

El método de colada en lingotes era la tecnología empleada antes de que se desarrollara la colada continua. En la actualidad, la colada en lingotes se emplea para producir barras de gran diámetro, que no pueden obtenerse con el método de colada continua (o sea, de más de 400 mm).

Los lingotes alimentan a los laminadores peregrinos

El acero se vierte por un embudo, con un sistema de canales en la base de las lingoteras.
La colada en lingotes se emplea cuando se requieren barras de diámetro mayor a los que pueden obtenerse con la colada continua.



Colada a través de un embudo

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

Hemos estudiado el proceso de aceración. El objetivo de esta actividad es integrar conceptualmente todo el proceso.

¿Puede identificar cada paso del proceso de aceración?
Sírvase escribir debajo del nombre del proceso la letra de la descripción correspondiente.

Carga	Horno eléctrico	Sangrado	Afino	Desgasificación bajo vacío	Colada continua	Colada en lingotes
☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐

- ☐ Eliminación de gases del metal fundido a baja presión para obtener un acero más puro.
- ☐ Carga de chatarra metálica y hierro esponja en el horno EAF.
- ☐ Vertido de acero directamente de la cuchara al distribuidor, haciéndolo fluir en un molde de cobre refrigerado con agua para una rápida solidificación.
- ☐ Calentamiento y fusión de materia prima por medio de arcos eléctricos generados por electrodos de grafito sobre el baño de metal.
- ☐ Eliminación de cantidades residuales de impurezas remanentes después de finalizados los pasos principales de extracción.
- ☐ Vertido de acero líquido en moldes, para su lenta solidificación.
- ☐ Transferencia de acero fundido del horno eléctrico (EAF) al horno cuchara.

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 2. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre laminación en caliente.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3

Laminación en caliente

Este capítulo describe el proceso de laminación en caliente y los distintos equipamientos utilizados.

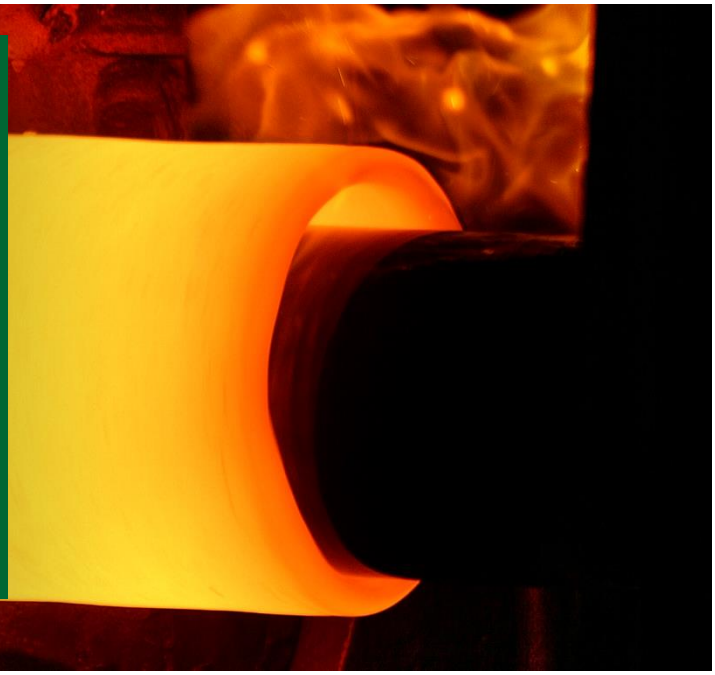
TEMAS DEL CAPÍTULO 3

3.1 Descripción del proceso de laminación en caliente	23
3.2 Calentamiento y perforado	28
3.3 Laminación	31
3.4 Recalentamiento y calibrado	35

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3.1 Descripción del proceso de laminación en caliente

El proceso de laminación en caliente produce tubos sin costura. Presentamos una descripción de los distintos equipamientos y configuraciones.



Proceso de laminación en caliente

Material inicial

Las barras de colada continua y los lingotes constituyen el material inicial para el proceso de laminación.

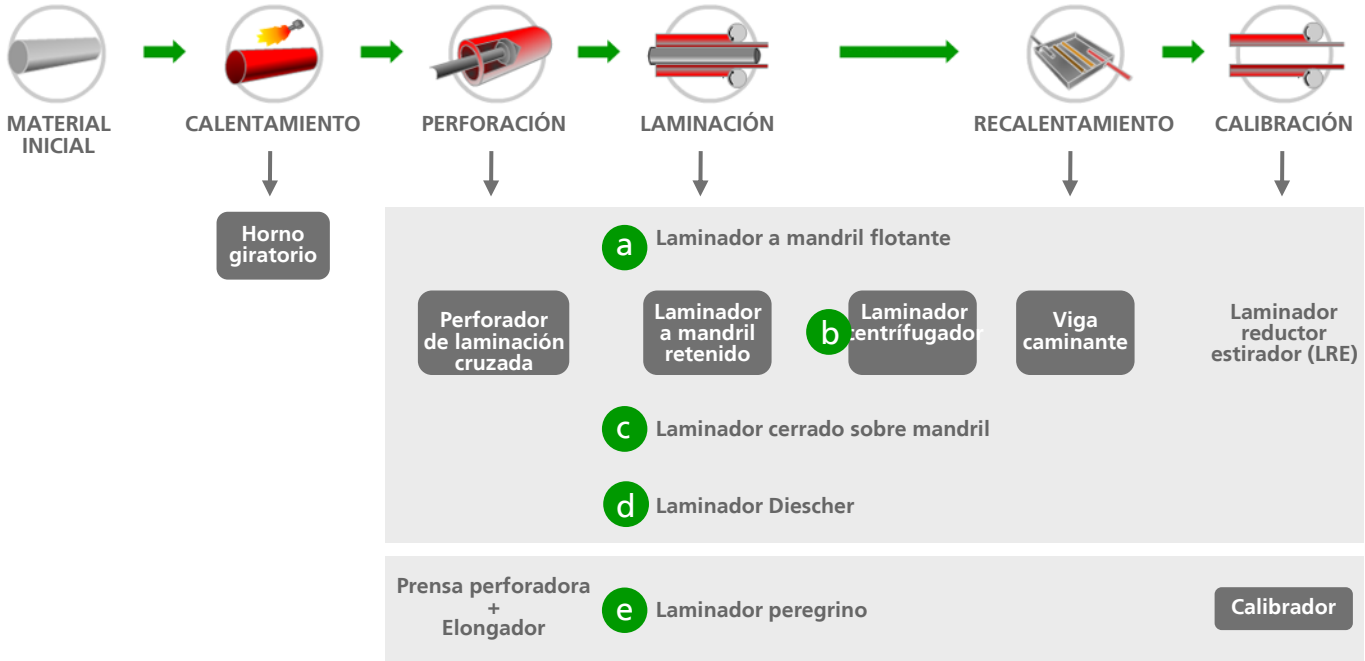
Barras de CC

Lingotes de acero

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Proceso de laminación en caliente. Descripción

1	**Calentamiento**	El material inicial se calienta a una temperatura adecuada para una deformación posterior (cerca de los 1300°C/ 2372°F). El calor produce las condiciones apropiadas para la fase de laminación.
2	**Perforación**	El material inicial se perfora para formar el “forado”.
3	**Laminación**	Se lamina el forado para formar el tubo esbozado, y así definir su espesor de pared y diámetro externo.
4	**Recalenta-miento**	Se recalienta el tubo esbozado a fin de obtener una temperatura homogénea.
5	**Calibración**	Se vuelve a laminar el esbozado para obtener las dimensiones finales.



- a Laminador a mandril flotante y laminador a mandril retenido
- b Laminador centrifugador
- c Proceso de laminador cerrado sobre mandril
- d Proceso de laminador Diescher
- e Proceso de laminador peregrino

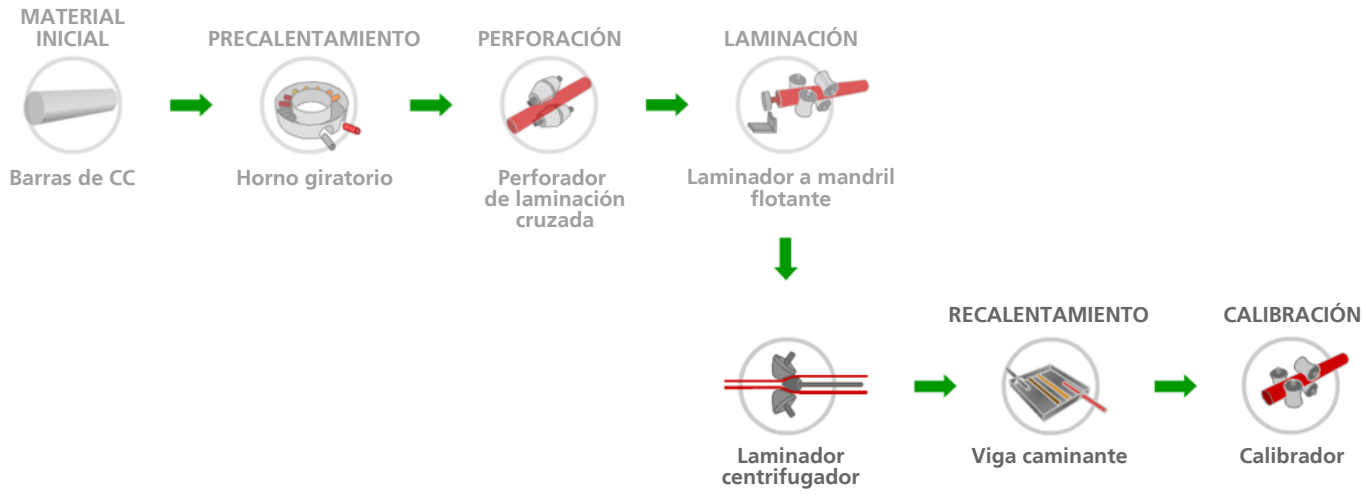
“Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Disposición principal de los distintos equipos de laminación

a Disposición del laminador a mandril flotante y del laminador a mandril retenido

b Disposición del laminador centrifugador

El material inicial de este laminador es el tubo esbozado proveniente del laminador a mandril retenido (MPM).

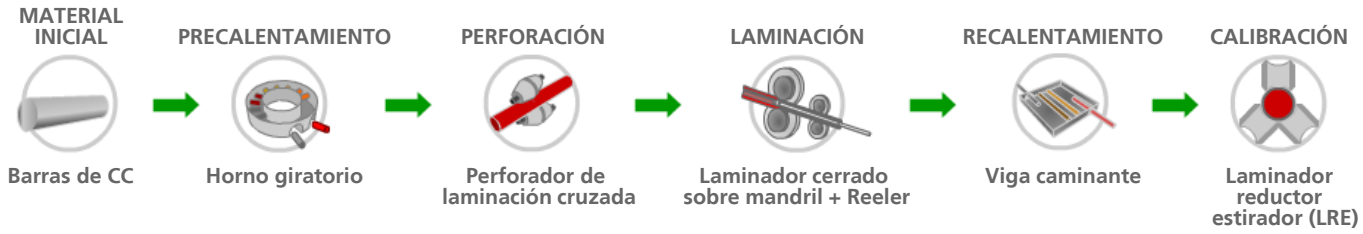


GLOSARIO

MPM: Multi Stand and Plug Mill (Laminador cerrado sobre mandril multijaula)

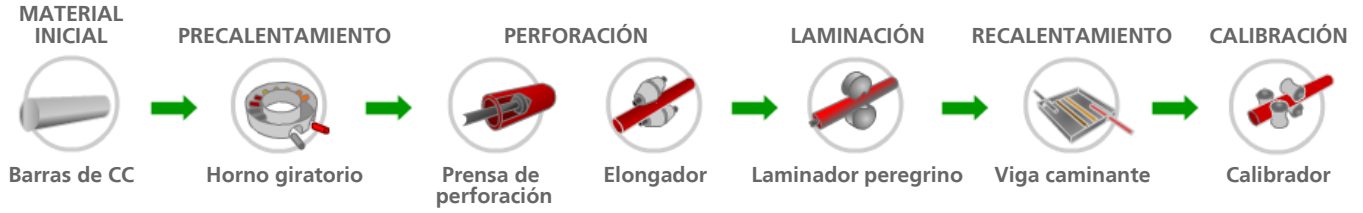
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

c Disposición del proceso del laminador cerrado sobre mandril



d Disposición del proceso del laminador Diescher

e Disposición del proceso de laminación con laminador peregrino

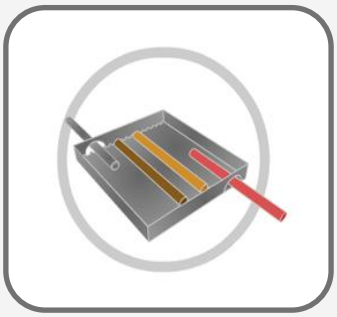


"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

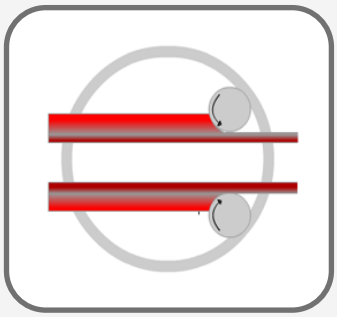
ACTIVIDAD

El proceso de laminación en caliente consta de los pasos siguientes:

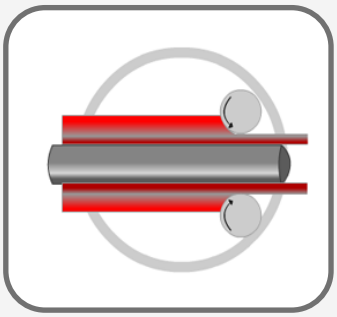
Sírvase ordenar los distintos pasos del proceso de laminación en caliente.



RECALENTAMIENTO



CALIBRACIÓN



LAMINACIÓN

CALENTAMIENTO

PERFORACIÓN

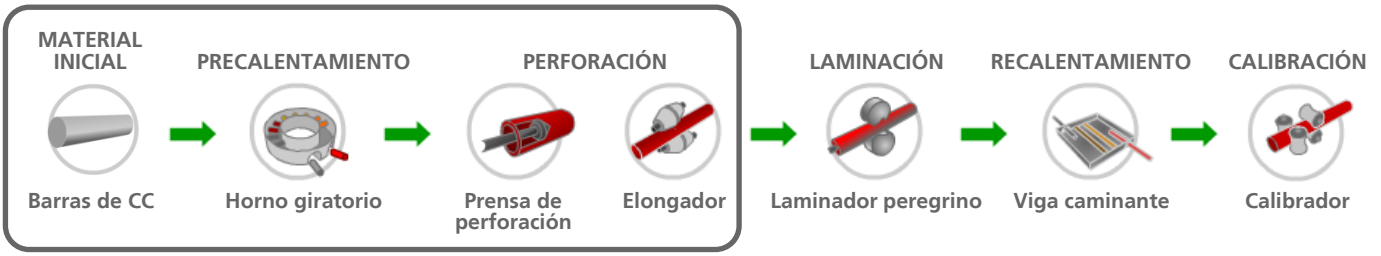
1. _____
2. _____
3. _____
4. _____
5. _____

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3.2 Calentamiento y perforación

El calor genera las condiciones adecuadas para la fase de laminación. El material inicial se perfora para formar un producto forado.

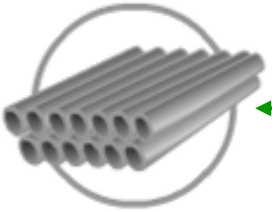
Calentamiento y perforación



Material inicial

Barras de CC
Se laminan en el:
Laminador a mandril flotante
Laminador a mandril retenido
Laminador cerrado sobre mandril
Laminador Diescher

Lingotes de acero
Se laminan en el:
Laminador peregrino

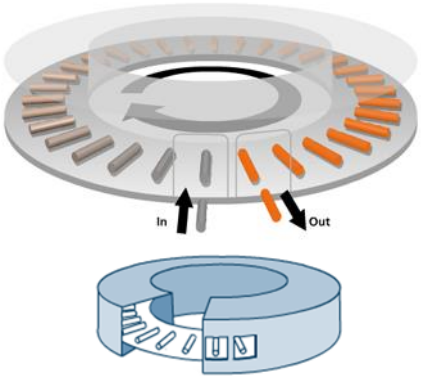


TUBOS SIN COSTURA

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Calentamiento

El horno giratorio posee una solera giratoria anular con un diámetro de 30-40 metros. Rota dentro de una cámara de calentamiento con quemadores de gas propano.
Los tochos se cargan y descargan del horno con dos pinzas.



Las barras se calientan a aproximadamente 1200°-1300°C (2192°-2372°F) en un horno giratorio.

Proceso de perforación

La barra, al salir del horno de calentamiento, pasa por el primer paso de deformación: el proceso de perforación.

Pueden realizarse dos procesos de perforación distintos, con equipos diferentes.

Perforador de laminación cruzada	Prensa de perforación y elongador
El material inicial son barras de colada continua.	El material inicial son lingotes de acero.

Proceso de perforación de laminación cruzada.

Los material iniciales son las barras del proceso de colada continua.

El proceso de perforación es la primera etapa de deformación donde el tocho sólido se convierte en un tubo rudimentario o forado.
El tocho se perfora al pasar por dos rodillos oblicuos en la misma dirección y a través de un tapón, en la línea central de la máquina.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

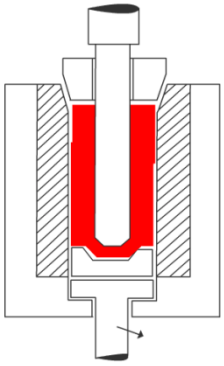
Proceso de perforación del lingote

El lingote se coloca en una matriz cónica y se perfora con una matriz cilíndrica.

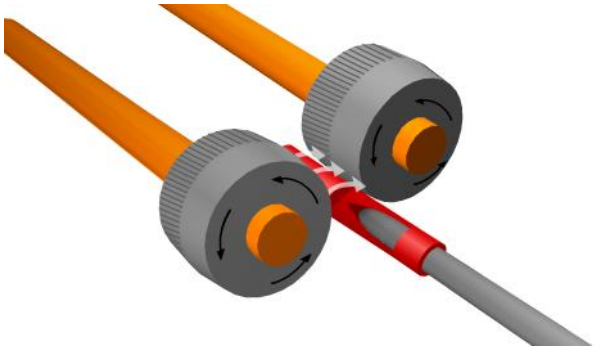
Este proceso es ideal para:

•Aceros de baja deformación (que se romperían bajo tensiones de corte o tracción).

•Materiales con cavidades centrales que precisan sellarse.



Perforación de lingote



El elongador es un tren de perforación cruzada. Aquí, el vaso pasa por otra etapa de elongación para:

1.Aumentar la longitud total después de la perforación.

2.Abrir la cola.

3.Disminuir la excentricidad.

ACTIVIDAD

En base a los contenidos vistos con anterioridad sobre los procesos de calentamiento y perforación, sírvase completar la actividad siguiente.

Sírvase responder las preguntas siguientes.

1 ¿Cuál es la función del proceso de calentamiento?

2 ¿Cuál es la función del proceso de perforación?

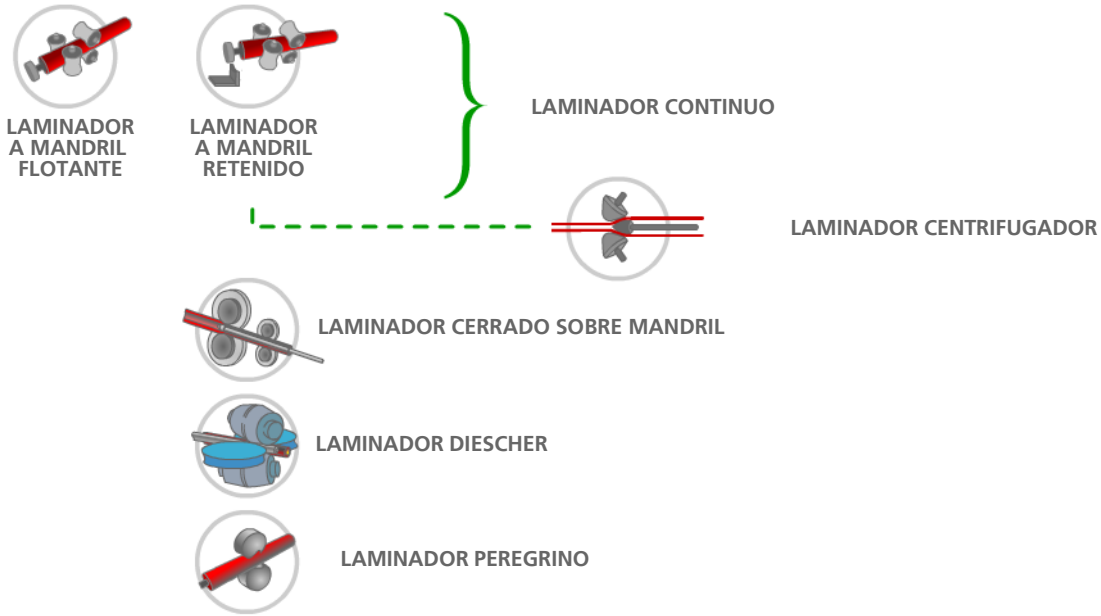
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3.3 Laminación

El producto forado se lamina para formar un esbozado y, de esa manera, se definen el espesor de pared y el diámetro externo del tubo.

Laminación

La laminación se puede efectuar con distintos equipos:



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

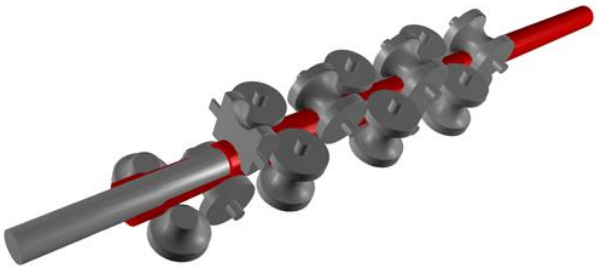
Laminador a mandril flotante

El laminador a mandril flotante se utiliza para fabricar tubos sin costura de pequeño diámetro.

Después de calentar y perforar, el mandril se inserta en un tubo forado y el conjunto se pasa por el laminador a mandril flotante.

El tubo forado se elonga de una jaula a otra.

El laminador a mandril flotante reduce el espesor de pared en forma continua, con una serie de pares de rodillos dispuestos a 90° uno del otro. Después de la laminación, la barra del mandril se extrae del tubo, se enfría y se prepara para la operación siguiente.



¡ATENCIÓN!

La velocidad del mandril varía durante el proceso de laminación.

Las tres etapas transientes son:

1. Transiente de entrada: cuando se llena el tren de laminación con la pieza de trabajo.
2. Condición de régimen permanente: cuando todas las jaulas funcionan en forma simultánea.
3. Transiente de salida: la fase de vaciado del tren de laminación.

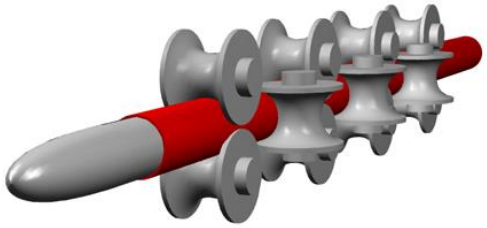
Estas tres condiciones generan variaciones longitudinales de espesor de pared, mientras que en el MPM (laminador a mandril retenido), éstas se evitan porque el mandril se desplaza a velocidad constante y controlada.

Laminador a mandril retenido (MPM)

El proceso de laminación en caliente en el MPM consta principalmente de los pasos siguientes:

1. Después del calentamiento y la perforación, se lamina el tubo forado en un laminador a mandril retenido (MPM) de 6-8 jaulas.
2. El forado se lamina longitudinalmente en un mandril que se desplaza a velocidad constante y controlada.
3. El proceso se completa con un laminador extractor, con jaulas ubicadas después del MPM.

La ventaja de este proceso en comparación con el del laminador a mandril flotante es que, como la pieza de trabajo se lamina en condiciones de laminación más estables, se evitan las fluctuaciones de espesor de pared.



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Proceso de laminación en laminador cerrado sobre mandril

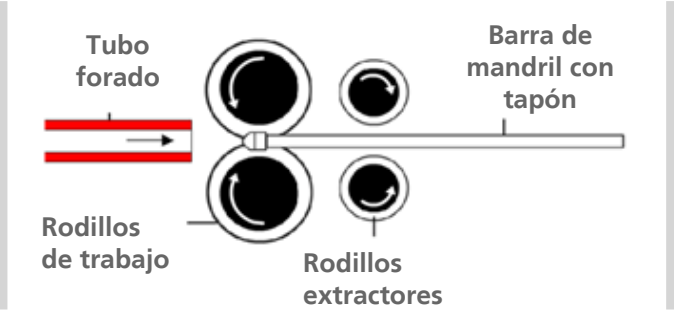
La producción comienza cuando se calienta y perfora un tocho redondo en un perforador de laminación cruzada para formar un tubo forado.

El forado se empuja dentro del laminador cerrado sobre mandril y luego lo toman un par de rodillos y pasa por un tapón interno (con aproximadamente el mismo diámetro del tubo terminado).

Al terminar la operación de laminación, el mandril queda dentro del tubo mientras que el tapón cae por un hueco a un dispositivo de cambio.

Para devolver el tubo al lado de entrada de la pasada, se eleva el rodillo de trabajo superior y, al mismo tiempo, se colocan los rodillos extractores en rotación.

Luego, se rota el tubo a 90° por cada pasada en el laminador cerrado sobre mandril, a fin de garantizar la redondez.
Con posterioridad, se inicia una segunda pasada de rodillos con un tapón de mayor diámetro, y el tubo se devuelve delante de la jaula de laminación.



Proceso de laminación en el laminador cerrado sobre mandril

Una vez que se laminó la pared del tubo según el espesor deseado, el tubo se pasa por un calibrador y un laminador reductor para emparejar el espesor de pared y producir las dimensiones finales.

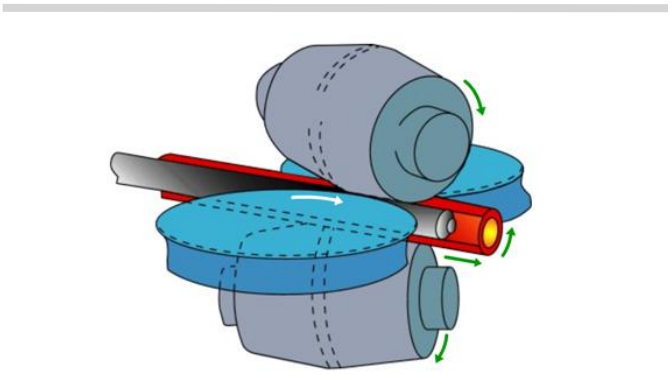
Proceso de laminación en laminador Diescher

Este proceso de laminación con rodillos cruzados produce tubos con diámetros de hasta 220 mm y 50 mm de espesor de pared.

El forado producido en el perforador de rodillos cruzados se elonga en el laminador Diescher sobre una barra de mandril que sirve de herramienta interna para producir las dimensiones finales del tubo. Ese mandril retenido avanza con el tubo forado.

El hueco entre los dos rodillos de trabajo con forma de barril es cerrado por los discos Diescher, los cuales rotan en el mismo sentido de avance del tubo.

Los discos son impulsados a una velocidad mayor que la velocidad de salida del material tubular. Ello promueve un flujo favorable del material y facilita la fabricación de tubos de pared delgada.



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Laminador centrifugador

El material inicial es el tubo esbozado proveniente del MPM.

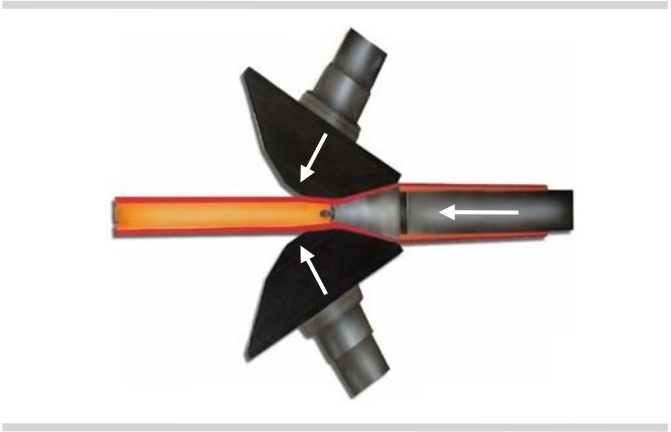
El proceso de expansión en caliente consiste en laminar de manera cruzada entre dos rodillos oblicuos y un tapón ubicado en la línea central longitudinal de la pieza de trabajo.

Los ejes de los rodillos cónicos forman un ángulo de 60° respecto de la línea central del tubo.

Se aumenta el diámetro y se disminuye el espesor de pared.

Luego, se somete el tubo expandido a una calibración del diámetro externo en un rodillio (*reeler*).

El proceso de *reeling* elimina helicoidalmente la ondulación superficial de los diámetros interno y externo, producida en el proceso de expansión.



Laminador peregrino

El material inicial son forados provenientes de la prensa perforadora y el elongador.

Se empuja el tubo forado por un mandril cilíndrico lubricado.

Luego, se guía por rodillos peregrinos, uno dispuesto encima del otro y con funcionamiento en sentido opuesto al avance del material.

Los rodillos muerden el forado y reducen el espesor de pared mientras lo desplazan hacia atrás.
Luego se rota y empuja hacia adelante, donde se realiza otro ciclo de laminación.

Los rodillos de las jaulas poseen una ranura de paso con una sección transversal circular variable.

En el radio máximo de la ranura de paso, los rodillos forman un paso libre, denominado abertura de la boca.

En ese momento, el forado con el mandril avanzan por el canal de carga alrededor de 25 mm. Con la rotación de los rodillos, se reducen el diámetro externo y el espesor de pared de los rodillos.

Dicha reducción se incrementa con la disminución del radio de la ranura de paso.

Los rodillos empujan la sección anular sujetada del tubo forado en sentido de su rotación, de manera que el forado y el mandril se desplazan hacia atrás (opuesto al sentido en que los desplaza el canal de carga).

Cuando los rodillos rotaron 360°, regresan al paso libre, y el canal de carga avanza nuevamente el forado entre los rodillos. El forado luego gira 90° cuando se lo desplaza hacia adelante.

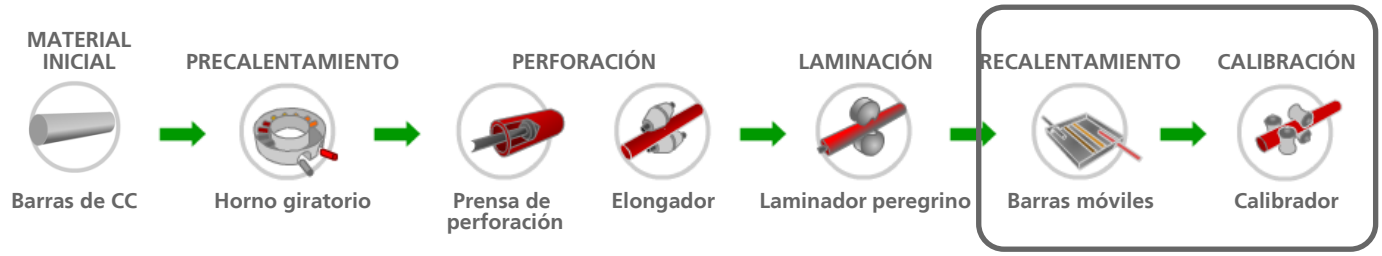
La atenuación de los impactos generados durante la laminación se obtiene mediante la acción de un conjunto de corredera, que controla el movimiento del mandril.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3.4 Recalentamiento y calibración

Se recalienta el tubo esbozado para obtener una temperatura homogénea. Finalmente, vuelve a laminarse para obtener las dimensiones finales deseadas.

Recalentamiento y calibración

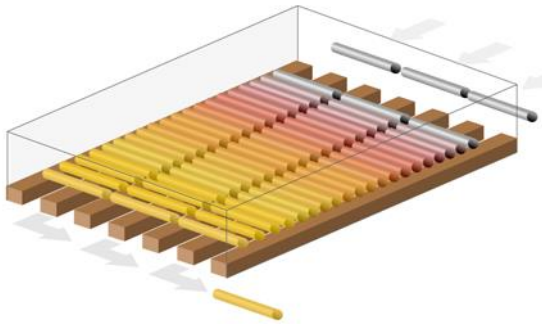


Recalentamiento

Después de la laminación, se recalientan los tubos para alcanzar una temperatura homogénea.

El horno de barra móvil es el horno de recalentamiento más común. Consta de:

- Una cámara rectangular con quemadores a gas natural.
- Vías de rodillos de entrada y salida para la carga y descarga de los tubos.
- Barras fijas y móviles para el transporte interno.

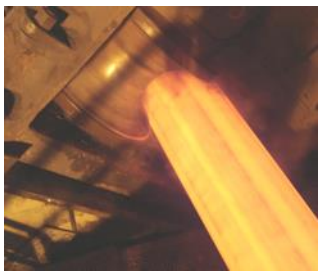


"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Calibración

Éste es el último paso del proceso de laminación.

1. Calibrador: Se utiliza principalmente para reducir el diámetro y mejorar la redondez de los tubos esbozados.



Elongador

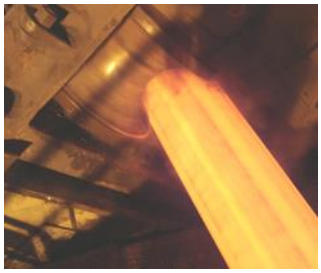
2. Laminador reductor estirador: Se utiliza principalmente para reducir diámetro y espesor de pared, al mismo tiempo que se mejora la redondez de los tubos esbozados.

3. Laminador expansor: Es un tipo de laminador transversal donde se obtiene un tubo con diámetro mayor al del tubo madre, así como una reducción de su espesor.
Consiste de solo una jaula con dos rodillos cónicos que giran en sentido horario y un punzón colocado en el centro longitudinal de la línea de la pieza de trabajo laminada.
Después del proceso de acabado, el tubo de las dimensiones requeridas se enfría de forma controlada en una cama de enfriamiento para evitar distorsiones (por ejemplo: flexión u ovalidad). Finalmente, los tubos terminados se cortan con una sierra para enviar para su ajuste o despacho.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Calibración

Éste es el último paso del proceso de laminación.
1. Calibrador: Se utiliza principalmente para reducir el diámetro y mejorar la redondez de los tubos esbozados.

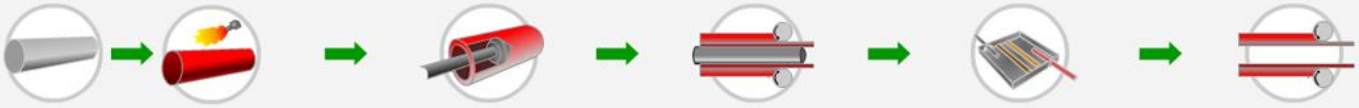


2. Laminador reductor estirador: Se utiliza principalmente para reducir diámetro y espesor de pared, al mismo tiempo que se mejora la redondez de los tubos esbozados.

ACTIVIDAD

El proceso de laminación comprende varios pasos. Cada uno de ellos se lleva a cabo mediante diversos equipos, a fin de alcanzar las distintas especificaciones del producto.

Sírvase completar con el equipo utilizado en cada etapa del proceso de laminación en caliente.



Laminador Diescher	Prensa de perforación + Elongador	Perforador de laminación cruzada	Laminador reductor estirador	Calibrador	Laminador a mandril retenido
Laminador cerrado sobre mandril	Horno giratorio	Laminador peregrino	Laminador centrifugador	Viga caminante	Laminador a mandril flotante

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 3. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre soldadura.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

4

Soldadura

En este capítulo, estudiaremos el proceso por el cual se transforman flejes o chapas en productos tubulares mediante la soldadura, que sigue un patrón helicoidal o una junta longitudinal.

TEMAS DEL CAPITULO 4

4.1 ERW / Soldadura por resistencia eléctrica - Longitudinal 38

4.2 SAW / Soldadura por arco sumergido - Espiral 44

4.3 SAW / Soldadura por arco sumergido - Longitudinal 48

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

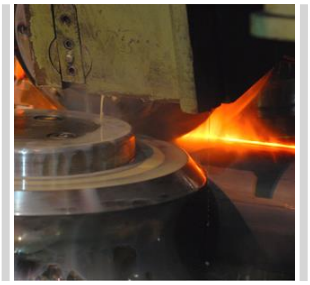
4.1 ERW / Soldadura por resistencia eléctrica - Longitudinal

Este proceso de soldadura comprende el conformado de la chapa, desde la forma plana a la cilíndrica mediante una serie de rodillos y corriente eléctrica de alta frecuencia para soldar los bordes y formar un tubo.

Proceso de producción

ERW/Soldadura por resistencia eléctrica -Longitudinal

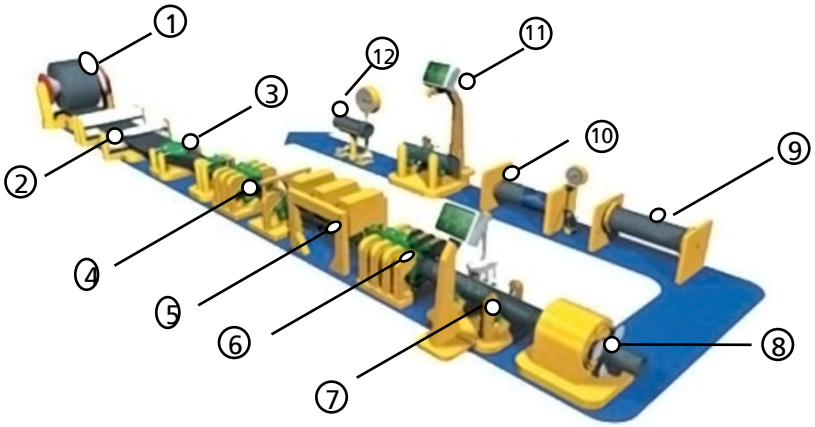
Durante la soldadura por resistencia eléctrica (ERW), se transmite al material una corriente eléctrica de alta frecuencia por medio de frotadores de cobre o una bobina de inducción. Éstos suministran calor de manera que los bordes de empalme inician la fusión al entrar en contacto. Los contactos de cobre por lo general tienen forma de ruedas, presionadas contra el conjunto a soldar. Se forma el tubo progresivamente a partir de una chapa delgada con un rodillo y los bordes se juntan y calientan por inducción.



El calentamiento es sumamente rápido, y se produce en unas decenas de segundos, debido a la concentración de la corriente en la superficie, lo que genera alta productividad.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Las distintas etapas del proceso de ERW son:



1	Desbobinado
2	Corte de bordes de bobina
3	Preconformado
4	Conformado y soldadura de bordes
5	Normalizado
6	Calibración y enderezado
7	Control por ultrasonido
8	Corte a longitudes individuales
9	Biselado de extremos del tubo
10	Prueba hidráulica
11	Control por ultrasonido
12	Inspección final y marcado

¡ATENCIÓN!

Las etapas 9 y 12 pueden variar según el producto final.

Desbobinado

1 Desbobinado

Una grúa puente coloca la bobina en la rampa de almacenamiento, donde se guarda hasta que comience el proceso de producción. La bobina se carga en el desbobinador, luego es elevada por un cilindro hidráulico y centrada por dos conos.

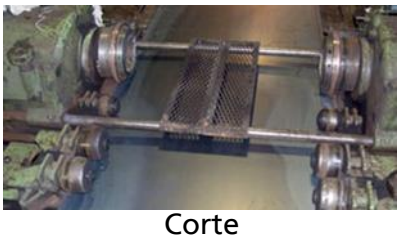
Luego, un rodillo conducido la desenrolla, de modo que el extremo delantero toque el nivelador (dispositivo que aplana cualquier deficiencia de forma). A continuación, aplana el fleje y alimenta el tren de producción. Una cizalla recorta la cabeza de la bobina, dado que suele ser irregular.

2 Corte de bordes de bobina

El objetivo de esta operación es recortar los bordes del fleje de modo de obtener el ancho solicitado. Esto depende del diámetro y espesor del tubo.

A medida que el fleje se desplaza a lo largo de la línea, es alineado por una mesa centradora, mientras que cuchillos giratorios cortan ambos lados. Los bordes se retiran y bobinan, o bien se cortan en pequeños trozos.

Cuando el cliente lo especifica, la bobina se somete a un control por ultrasonido. Por lo general, el ancho de la bobina viene establecido del proceso de corte longitudinal. Este proceso se aplica en línea cuando la bobina es de ancho simple.



Corte

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3 Preconformado

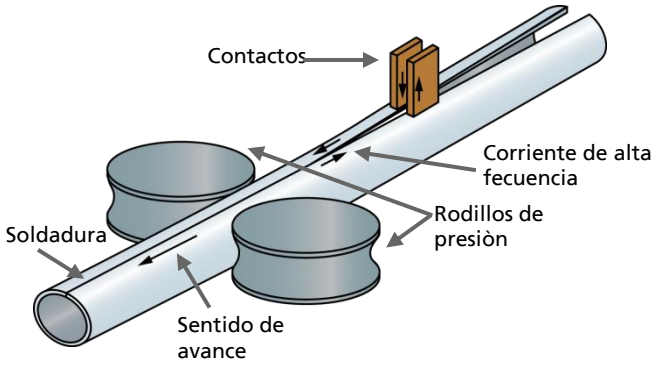
La sección de preconformado consta de conjuntos de rodillos que doblan el fleje y lo preparan para la operación siguiente. El tamaño de los rodillos varía según el diámetro del tubo solicitado.

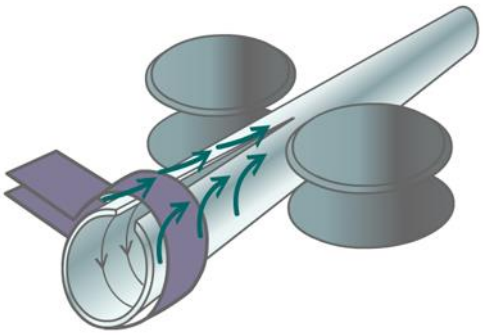
4 Conformado y soldadura de los bordes

El fleje puede doblarse mediante un sistema de rodillos con jaula, un sistema *break down* o FFX, formado por varios pares de rodillos laterales ajustables y conjuntos de rodillos inferiores y superiores. Ahí, cambia gradualmente su forma de U para adoptar una forma ovalada. El tubo casi conformado ingresa a la sección de *fin pass*. Los bordes del fleje son guiados para producir una convergencia en "V", que permite el proceso de soldadura.

Durante esta etapa, se transmite al material una corriente eléctrica de alta frecuencia por medio de frotadores de cobre. Como resultado de ello, los bordes de empalme en forma de "V" comienzan la fusión al entrar en contacto.

Un conjunto de rodillos de presión ejercen la presión necesaria para completar el proceso de soldadura.





Soldadura

5 Normalizado de juntas

La función principal de este proceso es recuperar las propiedades metalúrgicas y mecánicas del fleje, perdidas durante la soldadura.

El normalizado de juntas consiste en calentar la zona soldada en todo su espesor, con dos, tres o más etapas de calentadores a inducción. El tubo se enfría al aire libre hasta que alcanza una temperatura inferior. El enfriamiento final se lleva a cabo en un baño de agua.

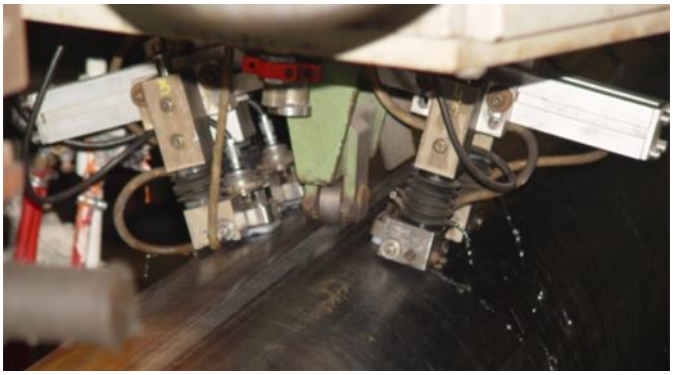
El recocido de bordes es similar al proceso de normalizado. Su objetivo es producir buena ductilidad y tenacidad en la zona soldada dado que, después de la soldadura, la estructura del tubo tiende a cristalizarse.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

6 Calibración y enderezado

El objetivo principal de este proceso es obtener una reducción del diámetro externo del tubo y su rectitud. Se trata de un proceso en frío efectuado por un conjunto de hasta cuatro rodillos con ranuras circulares.

Enderezado



Inspección por ultrasonido

7 Control por ultrasonido

La zona soldada debe someterse a una inspección automática por ultrasonido en línea. Cuando se detectan defectos, el tubo se pinta automáticamente. Luego, el tubo se corta a longitudes individuales.

Si la superficie muestra defectos, los tubos se someten a un nuevo control por ultrasonido, realizado en forma manual. Ello determina si el tubo cumple o no con las especificaciones requeridas. Los tubos descartados eventualmente pueden volver a clasificarse de acuerdo con una norma menos exigente.

8 Corte a longitudes individuales

Después del ultrasonido, los tubos se cortan según las longitudes requeridas. El corte se efectúa con tres discos que giran en torno a su eje. El operador controla la longitud con reglas fijas.

Corte

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Biselado

9 Biselado de los extremos del tubo

Dos biseladoras de extremos biselan cada extremo del tubo, según las especificaciones requeridas.

Luego, los tubos se inspeccionan visualmente, uno por uno, y se inspeccionan en forma aleatoria con una plantilla.

10 Prueba hidráulica

El equipo consta de dos cabezales que cierran los extremos del tubo con juntas de goma. Allí se coloca el tubo con la soldadura hacia arriba.

Antes del ensayo, debe lavase el tubo con agua. Luego, se llena el tubo con agua y se mantiene presión hidráulica durante un tiempo determinado. Si se encuentra alguna pérdida, se prueba el tubo y, si eventualmente pasa la prueba, queda aprobado.

Prueba hidráulica

11 Control por ultrasonido

Este control se realiza con dispositivos automáticos que funcionan según el concepto de pulso-eco.

Los transductores de ultrasonido pueden funcionar como transmisores, receptores o transmisores-receptores. El eco acústico aparece en la computadora cuando se detectan irregularidades.

Control por ultrasonido

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

12 Inspección final y marcado

En esta etapa, se verifica el espesor, la rectitud, los biseles adecuados y los cortes. Cuando se lo requiere, las líneas de soldadura se someten a un control final por ultrasonido.

Los tubos aprobados en la inspección final deben pesarse y debe medirse su longitud final. El peso y la longitud se registran en el proceso final de identificación.

Además, cuando lo requiere el cliente, los tubos reciben una capa de barniz.

Marcado

Inspección visual

ACTIVIDAD

En esta sección, se describió el proceso de soldadura por resistencia eléctrica o ERW.

Sírvase unir con flechas el número de paso del proceso con su descripción correspondiente, de modo de crear la secuencia correcta.

Paso 1	En esta etapa, se lleva a cabo un proceso en frío para obtener la reducción del diámetro externo y la rectitud del tubo.
Paso 2	Se recortan los bordes del fleje.
Paso 3	El proceso de tratamiento térmico se efectúa para recuperar las propiedades metalúrgicas y mecánicas perdidas del fleje.
Paso 4	Se carga la bobina en el desbobinador.
Paso 5	El fleje entra en un sistema de jaulas con rodillos, donde cambia su forma en U y adopta una forma ovalada.
Paso 6	Durante el preconformado, un conjunto de rodillos doblan el fleje.

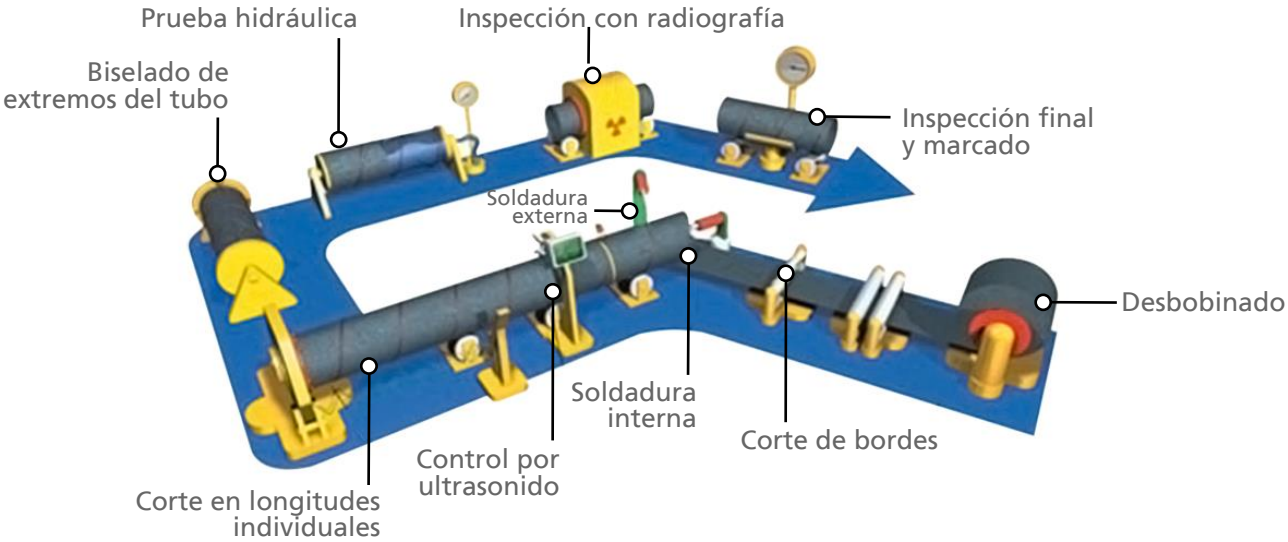
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

4.2 SAW / Soldadura por arco sumergido - Espiral

La soldadura por arco sumergido (SAW) es otro proceso de soldadura que permite fabricar tubos de gran diámetro.

SAW- Espiral

Los pasos del proceso de soldadura por arco sumergido son:



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Durante la soldadura por arco sumergido (SAW), la pileta de soldadura está protegida contra la oxidación mediante un fundente producido a partir del electrodo que se alimenta en forma separada a la soldadura.

La soldadura en espiral permite la producción de tubos de gran diámetro a partir de chapas o flejes más angostos.

Pasos de la soldadura por arco sumergido

1 Desbobinado

Una grúa puente carga la bobina en una plataforma, donde se centra entre conos mediante un cilindro hidráulico.

Tras haber sido fijada entre mordazas, la bobina es enrollada por rodillos móviles que son presionados contra la bobina mediante dos cilindros hidráulicos.

Soldadura SAW helicoidal

2 Corte de bordes de bobina

Al atravesar la línea de producción, el fleje es posicionado mediante rodillos guía y unas recortadoras recortan los bordes, los cuales se cortan en trozos pequeños.

3 Soldadura preliminar (Tack Welding)

Los tubos son cerrados por medio de una jaula con rodillos dispuestos alrededor del perímetro del tubo para asegurar el correcto cierre de los bordes.

El proceso de soldadura longitudinal denominado Tack-Welding es utilizado para soldar los bordes de las chapas mediante soldadura GMAW, con el sólo fin de que queden unidos y correctamente presentados los bordes luego de su conformado. También cumplen con la función de soporte de las soldaduras finales SAW interiores y exteriores que se realizarán posterior a ésta.

Antes de Tack-Welding

Después de Tack-Welding

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

4 Conformado y soldadura interna

Tres grupos de alojamientos, con tres rodillos cada uno, conforman el tubo a partir de la bobina de entrada. La soldadura interna se realiza donde se juntan los bordes del tubo y la bobina de entrada.

La soldadura se realiza con uno o dos alambres, mientras que el arco se sumerge en una capa de fundente en polvo.

Un aspirador recupera el fundente que no se fundió durante la soldadura.

Un operador monitorea el proceso, regulando el cabezal de soldadura, a fin de alinearlo con la línea de soldadura.

Soldadura interna

Soldadura interna

5 Soldadura externa

La torreta de soldadura exterior está ubicada a 180° de la soldadura interna. Incluye un sistema de regulación de altura.

Al igual que la soldadura interna, se utilizan uno o dos alambres y un aspirador recolecta el fundente que no se fundió.

Soldadura externa

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

6

Control por ultrasonido

Los transductores ultrasónicos se encuentran ubicados en una torre de altura ajustable. Cualquier discontinuidad aparece en la pantalla digital y el operador marca el tubo. La inspección por ultrasonido utiliza el sistema pulso-eco y se aplica al 100% de la línea de soldadura.

Control por ultrasonido

7

Expansión mecánica en frío

La expansión en frío es la última etapa en el proceso de formación de tubos y su objetivo principal es calibrar el diámetro y las dimensiones de acuerdo con las normas.
Este proceso se lleva a cabo con una herramienta que consiste en una serie de troqueles de sección circular de un radio específico para el diámetro del tubo, que se expanden por la acción de un sistema hidráulico.

Corte

8

Corte a longitudes individuales

Después de la soldadura, el tubo se corta con llama o plasma a la longitud requerida mientras se desplaza por la línea de producción.

Corte

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

9

Biselado de los extremos del tubo

Ambos extremos del tubo se mecanizan para formar biseles de acuerdo con las normas, de modo que los tubos se pueden ensamblar soldando en tuberías o para la tarea para la que se han hecho.

Biselado

10

Inspeccion y prueba por Rayos X

La inspección por rayos X se lleva a cabo en el 100% de los extremos de los tubos. Las radiografías se toman en una cabina especial aislada para evitar la fuga de radiación dañina. La prueba de ultrasonido de los biseles es la prueba no destructiva que se lleva a cabo en los extremos del tubo mediante el uso de la técnica de pulso-eco para detectar discontinuidades en los extremos. Todos los datos de la inspección se cargan en el sistema de trazabilidad.

Inspección por Rayos X

11

Prueba hidráulica

El tubo se coloca contra un cabezal fijo en un extremo, mientras que se posiciona un cabezal móvil contra el otro extremo del tubo.

Luego, se comprime axialmente. El tubo se llena con agua. Luego, se aumenta la presión de agua hasta el valor de ensayo durante una cantidad determinada de segundos.

Prueba hidráulica

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

12

Inspección con radiografía

La inspección con radiografía se realiza en la zona de la soldadura para detectar fisuras, ojos de pescado, inclusiones y cualquier tipo de defecto que afecte el uso final.

13

Inspección final y marcado

La inspección visual y dimensional se lleva a cabo para controlar:

1. Diámetro externo, espesor de pared, ovalidad y rectitud.
2. Longitud y peso

Luego, se marcan los tubos de acuerdo con los procedimientos correspondientes.

Sírvase responder las preguntas siguientes:

ACTIVIDAD

1. La soldadura espiral permite fabricar…
   - Tubos de gran diámetro. ☐
   - Tubos de pequeño diámetro. ☐

2. La soldadura por arco sumergido se efectúa …
   - Ingresando una bobina en el tubo. ☐
   - Fuera del tubo, a una altura regulable. ☐

3. La inspección por ultrasonido se realiza ….
   - A lo largo del 100% de la línea de soldadura. ☐
   - En una cierta cantidad de muestras, proporcionalmente a la longitud de soldadura. ☐

4. La inspección visual incluye:
   - Diámetro externo, espesor de pared, ovalidad y rectitud. ☐
   - Longitud y peso. ☐

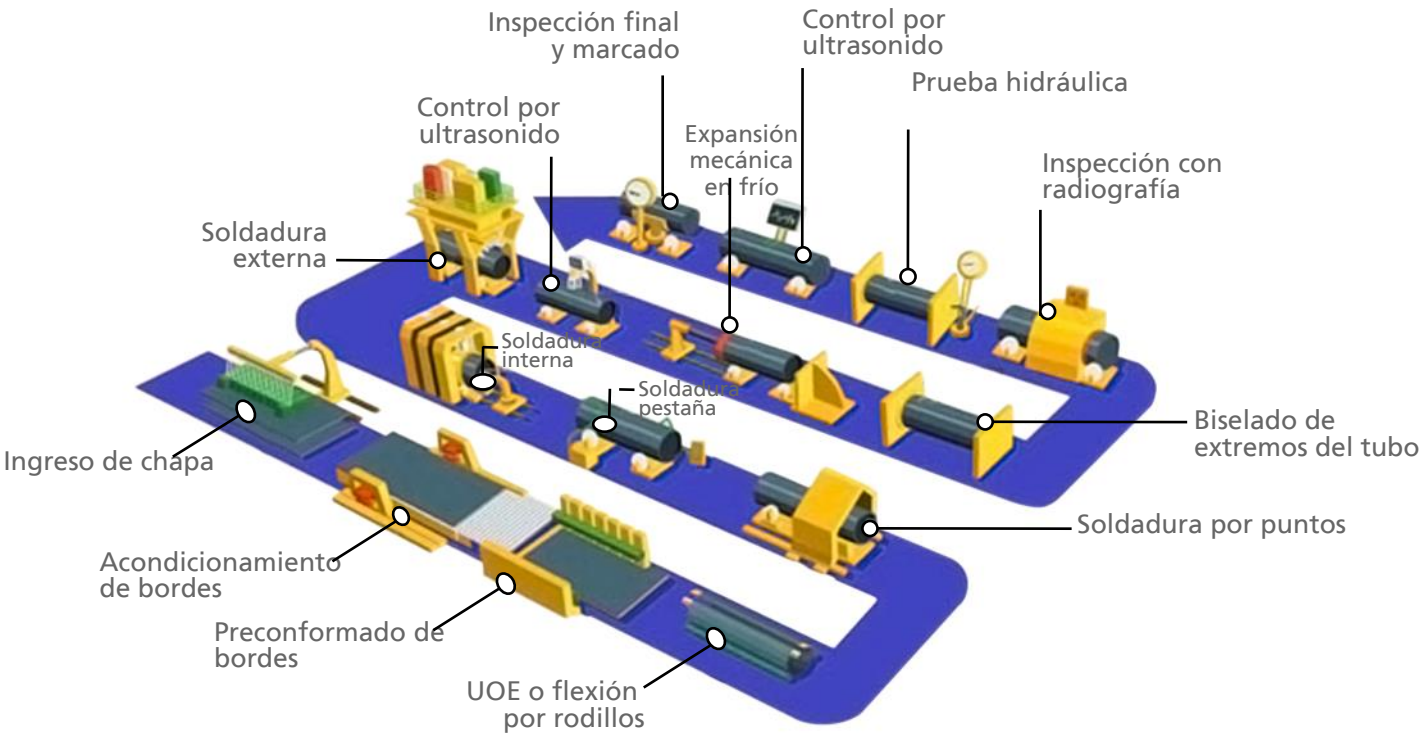
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

4.3 SAW / Soldadura por arco sumergido - Longitudinal

A diferencia de otros métodos, la unión tope longitudinal del tubo se suelda en por lo menos dos pasadas.

La unión tope longitudinal del tubo se suelda en al menos dos pasadas, una de las cuales es en el interior del tubo. Las soldaduras se realizan calentando con un arco eléctrico entre el metal desnudo y el electrodo. No se utiliza presión. El material de relleno para las soldaduras se obtiene de los electrodos.

Proceso SAW longitudinal



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

1 Ingreso de placas

Los flejes o chapas se almacenan para su inspección e identificación. Las chapas inspeccionadas y aprobadas se cargan en el bancal de entrada mediante platos magnéticos o dispositivos de vacío.

Placas

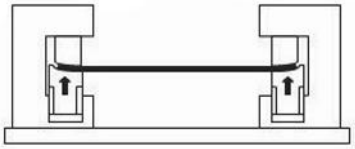
2 Acondicionamiento de bordes

Se trata de un proceso de dos pasos:

1. Primero, las chapas se centran y escuadran. Se mide la longitud de la chapa.
2. Luego, se acondicionan los bordes mediante el fresado y biselado.

3 Preconformado de bordes

Los bordes de las chapas se preforman con una prensa hidráulica o un par de rodillos de conformado. Los bordes preconformados se preparan para las prensas en "U" y en "O" o la máquina dobladora con rodillos.



Prensa dobladora

4 UOE o flexión por rodillos

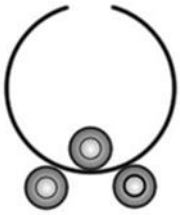
Los tubos se conforman mediante el proceso de UO o el proceso de flexión con 3 rodillos.

Proceso UO: La chapa se forma con dos prensas: la prensa para formar U y la prensa para formar O.

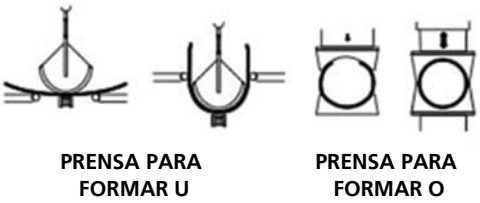
- En la prensa U, se estampa la chapa en el medio con un punzón macho mientras que se cierran los costados de la chapa para formar una U.
- La prensa O consta de matrices superior e inferior de un radio preestablecido, según el diámetro del tubo. La matriz inferior permanece fija mientras que la superior se mueve. Los cilindros hidráulicos son responsables del movimiento, haciendo que el tubo adopte una forma de O.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

El sistema de Roll Bending consiste en hacer pasar una chapa entre tres rodillos generalmente dispuestos en la forma denominada piramidal o 3 bolillos (la distribución más utilizada) de forma de curvar sin plegaduras, ondas o curvaturas de diferente radio a una chapa de ancho predeterminado en función del diámetro y espesor del caño a fabricar
Deberá ejercerse una presión tal y en las condiciones adecuadas para obtener las deformaciones plásticas del acero que den forma permanente a la evolvente (chapa ya conformada sin soldar) correspondiente al caño a fabricar , para esto deberá ser pasada tantas veces como sea necesaria a fin lograr la evolvente deseada , esta cantidad de pasadas es función directa del diámetro ,espesor y propiedades mecánicas del acero aumentando la presión de curvado en cada pasada la cueza necesaria para lograr esto se obtiene de equipos hidráulicos y de accionamientos mecánicos que posicionan los rodillos en la forma deseada a posterior se sueldan los bordes correctamente presentados en la TW y luego por SAW.



Flexión con rodillo



Prensa UO

5 Soldadura preliminar

Los tubos son cerrados por medio de una jaula con rodillos dispuestos alrededor del perímetro del tubo para asegurar el correcto cierre de los bordes.
El proceso de soldadura axial denominado es utilizado para soldar los bordes de chapa a fin de que queden unidos y correctamente presentados luego de su formado, también cumplen con la función de backing de las soldaduras SAW interiores y exteriores posteriores.
La soldadura GMAW es producto de un arco eléctrico mantenido entre un alambre sólido (generalmente polo positivo) que cumple la función de un electrodo continuo y la pieza a soldar (generalmente polo negativo), con esta configuración de polaridad obtiene una mayor deposición de soldadura durante este proceso el arco y la soldadura fundida son protegidos por un gas activo o mezcla de gases controlados en sus proporciones de participación, caudal y presión. Este proceso de soldadura puede ser utilizado en la mayoría de los metales usando el alambre de calidad compatible y pertinente con el metal base para no afectar las características químico/mecánicas del mismo ni de las futuras soladuras SAW en forma no deseada. En Siat se realiza en la Tack Welding y en Confab en la UO.

Soldadura preliminar - Antes

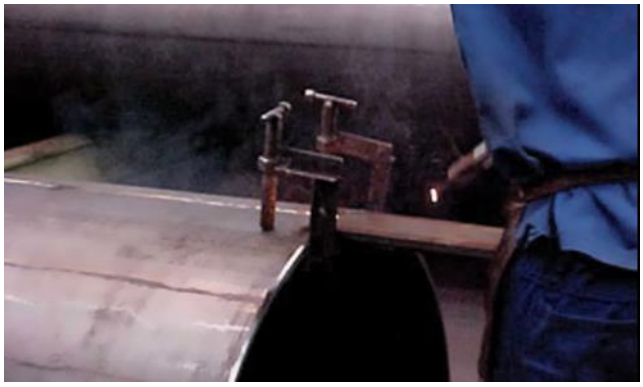
Soldadura preliminar. Después

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

6 Soldadura de solapas

Se sueldan pestañas en ambos extremos en forma manual. Dichas pestañas se emplean para iniciar y finalizar la soldadura por arco sumergido a fin de garantizar que el período de arco transiente al inicio y al final de la soldadura se produzaca a lo largo de las pestañas. Esto también garantiza una condición de arco constante a lo largo del tubo.

Además, estas pestañas guían el cabezal de soldadura interna al inicio y al final del tubo.

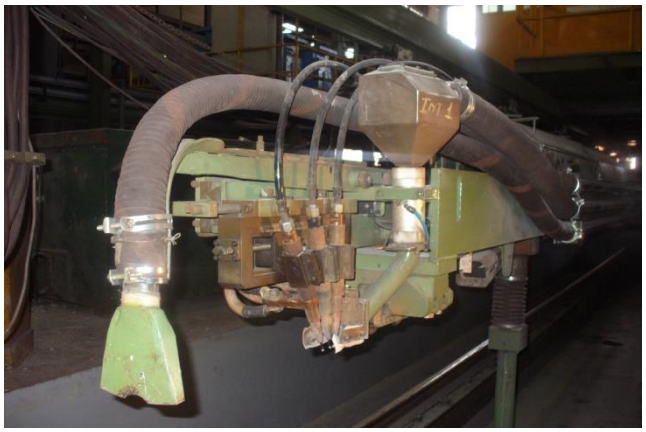


Soldadura de solapas

7 Soldadura interna

La soldadura emplea la técnica "tándem" del proceso SAW con 2, 3 ó 4 alambres, alimentados individualmente por fuentes de energía independientes, todas funcionando en la misma pileta fundida.

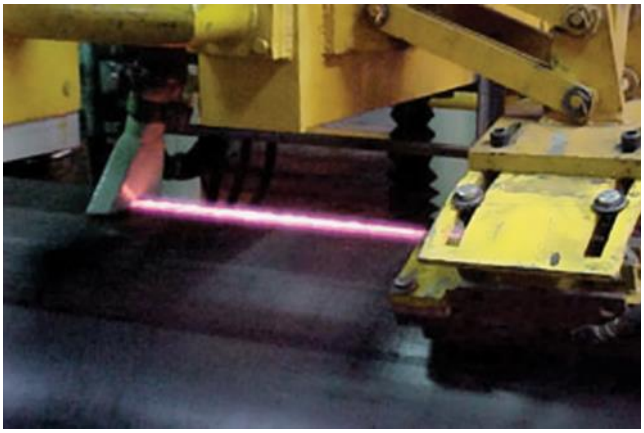
El fundente de la soldadura alimenta al cabezal de soldadura a través de una manguera que funciona en un sistema presurizado. El fundente no fundido se recupera mediante un aspirador.



Soldadura interna

8 Soldadura externa

Esta soldadura también emplea la técnica tándem del proceso SAW. Cada cabezal de soldadura se apoya en una plataforma que se desplaza sobre rieles o, alternativamente, el tubo se mueve en un carro mientras que los cabezales de soldadura se mantienen fijos. La velocidad de soldadura se controla de manera automática. Los alambres se alimentan a través de un sistema de potencial constante y el fundente se alimenta por gravedad. El fundente no fundido regresa al sistema por un dispositivo aspirador.



Soldadura externa

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

9 Control por ultrasonido

El control por ultrasonido se efectúa mediante un sistema de pulso-eco. UT funciona como transmisores y receptores, y aparecen señales en la pantalla digital en caso de alguna irregularidad. Tres pares de sondas, con transductores angulares, barren las distintas profundidades de la zona soldada. Una vía de rodillos transporta los tubos a través del UT. Los tubos observados son reparados, cortados y reclasificados según una norma de menor exigencia.

Control por ultrasonido

Expansión en frío

10 Expansión mecánica en frío

La función es calibrar y enderezar el tubo. El cabezal de expansión consta de varias matrices con el radio requerido, que pueden abrirse y cerrarse mediante un cilindro hidráulico. El tubo se inserta en el cabezal de expansión y se inicia el primer ciclo de expansión. Una vez terminada la expansión, el tubo pasa al segundo ciclo hasta cubrir la longitud total.

11 Biselado de los extremos del tubo

Una batería de máquinas de frenteado y biselado biselan ambos extremos del tubo, según las especificaciones requeridas.

Luego, los tubos se inspeccionan visualmente, uno a uno, y se controlan en forma aleatoria con la ayuda de una plantilla.

Biselado

Inspección con radiografía

12 Inspección con radiografía

Esta inspección se realiza sólo en los extremos del tubo y cuando se repararon algunas zonas puntuales en la línea de soldadura.

El tubo se coloca con la línea de soldadura hacia arriba en la cámara aislada. La fuente de rayos X se coloca en la parte exterior del tubo y los rayos X atraviesan la pared del tubo y se imprimen en la película colocada dentro del tubo.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

13 Prueba hidráulica

Este procedimiento es similar a la prueba hidráulica explicada con anterioridad.

Prueba hidráulica

Control por ultrasonido

14 Control por ultrasonido

El procedimiento es similar al control por ultrasonido explicado con anterioridad.

15 Inspección y marcado

Cada tubo se somete a una inspección visual y un control dimensional. De requerirse, se barniza la superficie externa con pistolas con boquillas o rodillos de goma espuma.
Por último, el tubo se mide, pesa e identifica con un estarcido y etiquetas con código de barras.

Control dimensional

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

En este capítulo, estudiamos los tres procesos de soldadura que se realizan en Tenaris.

Sírvase unir con flechas el proceso de soldadura con su descripción correspondiente.

- SOLDADURA DE RESISTENCIA ELÉCTRICA (ERW) >
- SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (SAW Espiral) >
- SOLDADURA DE ARCO SUMERGIDO (SAW Longitudinal) >

La soldadura se realiza calentando con un arco eléctrico entre el metal desnudo y el electrodo. No se utiliza presión. El material de relleno para la soldadura se obtiene de los electrodos.

La soldadura interna se realiza donde se juntan los bordes del tubo y la bobina que ingresa.
Un operador vigila el proceso, regulando el cabezal de soldadura, a fin de alinearlo con la línea de soldadura.

Se pasa corriente alterna por los electrodos presionados contra el conjunto a soldar.

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el capítulo 4. A continuación se desarrollará el capítulo sobre tratamientos térmicos.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

5

Tratamiento térmico

El presente capítulo explica a qué tratamientos térmicos se someten los tubos sin costura a fin de alcanzar las propiedades mecánicas esperadas y cumplir con los requerimientos de las normas y los clientes.

TEMAS DEL CAPÍTULO 5

5.1 Función de los procesos de tratamiento térmico 56

5.2 Descripción de los tratamientos térmicos 57

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

5.1 Función de los procesos de tratamiento térmico

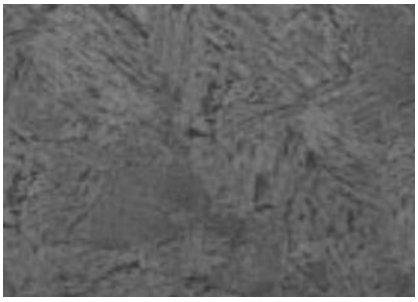
Los tubos de acero deben someterse a tratamientos térmicos a fin de alterar la dureza y tenacidad de las barras de acero y aumentar la dureza, ductilidad o resistencia del acero, para que éste reúna las condiciones apropiadas para aplicaciones adicionales.

Los tratamientos térmicos alteran las propiedades del acero sometiendo los tubos a una serie de cambios de temperatura.

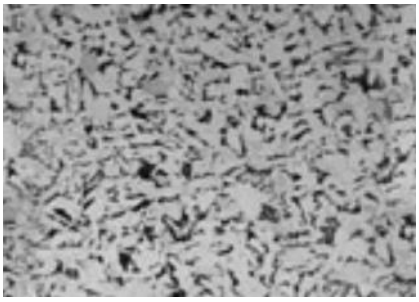
Luego, los tubos se enfrían según sea necesario, para generar modificaciones en la forma estructural, de modo de generar un impacto en las características deseadas.

El tratamiento térmico de los productos de acero consiste en un "ciclo térmico" por el cual se modifica la microestructura y las propiedades del producto. Las propiedades de un producto de acero se ven influenciadas básicamente por su microestructura.

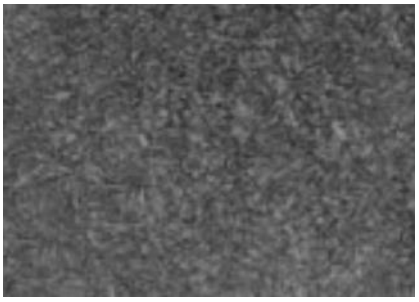
Si cambian las fases de la microestructura, dichas propiedades también sufrirán una alteración.



Barra de CC antes de laminación

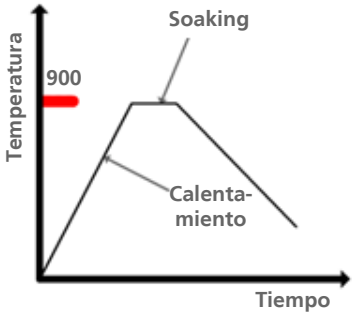


Tubo después de laminación

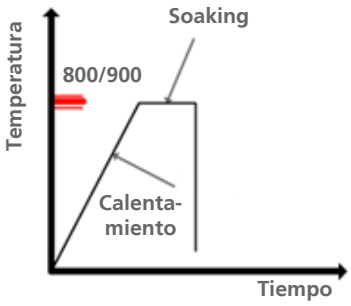


Tubo después de templado

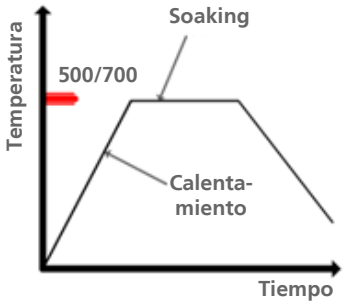
Evolución tiempo-temperatura correspondiente a distintos procesos de tratamiento térmico.



Normalizado



Templado

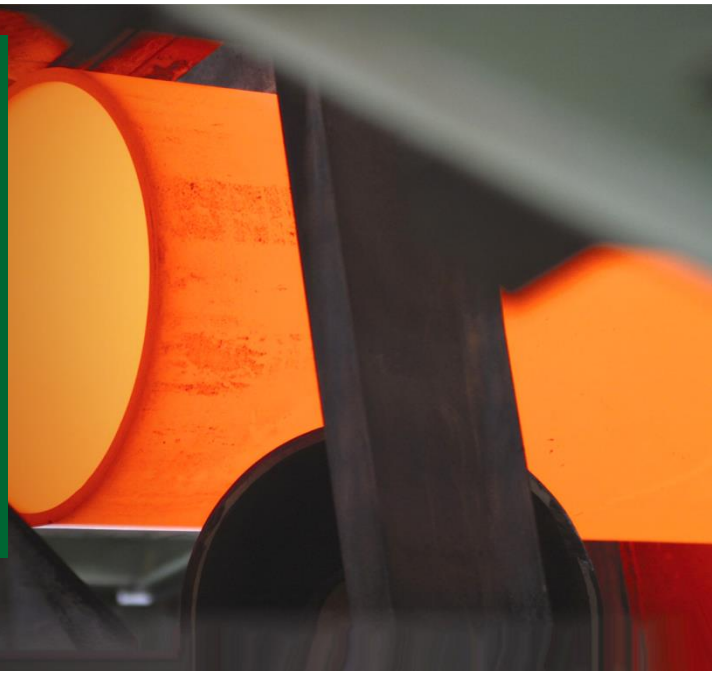


Revenido

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

5.2 Descripción de los tratamientos térmicos

El tratamiento térmico incluye distintos pasos donde los tubos de acero se calientan, templan, recalientan, calibran y enderezan.



Austenizado

La función del pasaje por este horno es calentar los tubos a una temperatura homogénea.
Ello garantiza una transformación de estructura de austenita a martensita en el paso siguiente, el proceso de templado.
El proceso de calentamiento consiste en calentar el acero por encima del rango de transformación.

El horno de austenizado cuenta con dos secciones distintas:

1. **La zona de calentamiento** es una zona para calentar y elevar la temperatura de austenizado.
2. **La zona de *soaking* (o termodifusión)** es para mantener la temperatura de austenizado constante durante un tiempo determinado.

Horno de austenizado

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Para determinar el tiempo de permanencia en el horno, deben considerarse algunos factores.

1. Temperatura de salida.
2. Espesor de pared del tubo.
3. Diámetro del tubo.
4. Y cantidad de canales o movimientos que realiza el tubo dentro del horno.

GLOSARIO

Tiempo de permanencia: El tiempo que el tubo tiene que permanecer dentro del horno para alcanzar la temperatura deseada.

Dentro del horno, los tubos se desplazan mediante levas de barras móviles de un canal de las barras fijas al siguiente, hasta que llegan a la vía de salida.

Cuando tiene que interrumpirse el tratamiento térmico, se realiza una rotación de los tubos en el lugar, para evitar que se doblen.

Por otro lado, durante el proceso de producción, los tubos rotan mientras que las levas de las barras móviles los trasladan.

Para evitar golpes térmicos, la cámara de entrada se mantiene a baja temperatura. El calentamiento se lleva a cabo mediante aire precalentado y quemadores, que utilizan gas natural como combustible y que están ubicados en las paredes delanteras y traseras del horno.

Normalizado

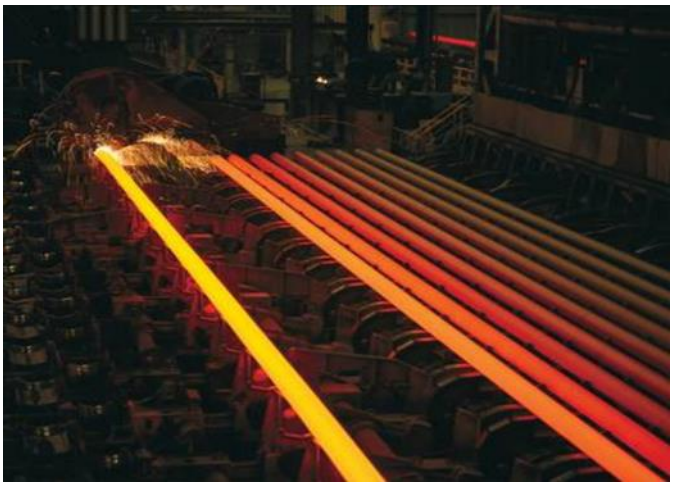
La función principal de este tratamiento térmico es aumentar la ductilidad del acero.

Este tratamiento se emplea para homogeneizar la estructura del tubo.
Consiste en calentar el tubo de manera homogénea hasta alcanzar la temperatura de austenizado.
Luego, se enfría el tubo a temperatura ambiente. Esto genera cierta uniformidad en la microestructura, dureza y propiedades mecánicas del tubo.
Los tratamientos de normalizado se efectúan en el horno de austenizado, si bien no se utilizan el cabezal de temple ni el horno de revenido.
El normalizado se realiza a temperaturas que exceden la de transformación. Luego, los tubos se enfrían en aire, a la salida del horno de austenizado.

Austenizado

¡ATENCIÓN!

El aire precalentado (a aproximadamente 530 °C/ 986°F) se obtiene del recuperador mediante intercambio de calor entre los humos de combustión y el aire del ambiente.



Plano de enfriamiento del normalizado

GLOSARIO

Ductilidad: La capacidad de un material de deformarse plásticamente sin quebrarse.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Templado

El proceso de templado convierte la austenita en martensita mediante un enfriamiento rápido de 900 °C (1652°F) a temperatura ambiente. La estructura de la martensita es muy dura y frágil. Por lo tanto, este proceso se complementa con el revenido.

Según el espesor de pared, el templado puede realizarse por medio de:

- Un proceso de enfriamiento externo, con módulos de cabezal de temple. → TUBOS DE POCO ESPESOR DE PARED
- Un proceso de enfriamiento interno/externo mediante inmersión del tubo en una tina con circulación interna de agua. → TUBOS DE PARED GRUESA

Módulo de cabezal de temple externo

Antes de pasar al módulo de cabezal de temple externo, el tubo pasa por un desescamador a alta presión de agua.

El cabezal de temple está ubicado junto al aro desescamador.

Debe lograrse un ritmo de enfriamiento uniforme durante el temple, a fin de evitar que el tubo se flexione y obtener una buena transformación de fase.

El cabezal de temple externo consta de varios módulos compuestos por varios aros con boquillas orientadas tangencialmente hacia el tubo.

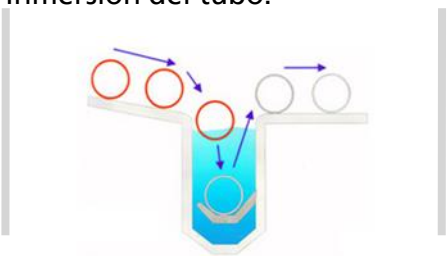
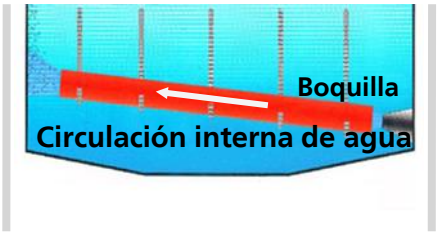
Cada aro está formado por un conjunto de flautas concéntricas y horizontales, con boquillas distribuidas adecuadamente y fijadas con roscas.

Módulo de cabezal de temple

Tina de templado externo e interno

Otra manera de obtener una transformación martensítica es mediante la inmersión del tubo en un tanque de agua a temperatura ambiente y suministrando recirculación interna.

De esta manera, para lograr un proceso de enfriamiento más eficiente y estricto, se trata tanto la superficie interna como la externa.
Inmersión del tubo:

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Revenido

El objetivo principal de este tratamiento térmico es reducir la fragilidad del acero.

El tratamiento térmico mediante el revenido consiste en calentar el tubo a una temperatura inferior a la de transformación.

El resultado es "martensita revenida", con propiedades mecánicas que varían según las distintas temperaturas de revenido a las cuales se expuso el material.

El proceso de revenido produce cambios en los tubos: un leve incremento del diámetro promedio y una posible modificación de su redondez.

¡ATENCIÓN!

El horno de revenido es muy flexible y permite distensionado.

El horno de revenido y el horno de austenizado funcionan de manera similar:

Sin embargo, algunas de sus diferencias son:

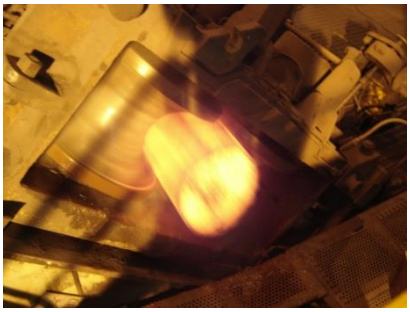
1. El horno de revenido no posee pulmón.
2. El horno de revenido puede funcionar a temperaturas inferiores a las del horno de austenizado.
3. El horno de revenido está diseñado para controlar las bajas temperaturas requeridas para los tratamientos especiales.

Calibración

El objetivo del calibrador es producir en el producto tubular revenido las tolerancias dimensionales necesarias.

Este equipo posee tres jaulas de dos o tres rodillos cada una, y está ubicado junto al horno de revenido.

Tubo ingresando al calibrador durante desescamado



Tubo saliendo del calibrador

Calibrador en la línea de expansión

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Enderezado

El objetivo de este equipo es eliminar los defectos de rectitud que pudieran originarse en el proceso de tratamiento térmico.

Reduce la ovalidad y flexión.

La máquina enderezadora consta de pares de rodillos verticales enfrentados entre sí. El enderezado puede realizarse a baja temperatura (temperatura ambiente) o alta temperatura (450 °C/ 842°F), según las especificaciones del producto.

El enderezado en caliente elimina las tensiones residuales del tubo y minimiza su ovalidad.

Ovalidad mínima y tensiones residuales bajas son esenciales para el casing de huelgo especial y alta resistencia al colapso.

Tubo doblado

El principio de enderezado se lleva a cabo mediante las operaciones de *bending* (flexión) y *crushing* (presión externa) .
El *bending* lo hace el par central de rodillos, en la curva elástica.
Luego, los tubos doblados se someten a deformación plástica, cuando pasan por el túnel que forman los rodillos.
El *crushing* se realiza ovalizando el tubo, cerrando cada par de rodillos en la curva elástica del material.

Proceso de enderezado

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

El tratamiento térmico incluye distintos pasos donde los tubos se calientan, templan, recalientan, calibran y enderezan.

Sírvase unir con una flecha cada proceso con su objetivo principal.

AUSTENIZADO	Producir las tolerancias dimensionales necesarias para el producto tubular.
NORMALIZADO	Aumentar la ductilidad del acero y homogeneizar las estructuras del tubo.
TEMPLADO	Reducir la fragilidad del acero y obtener las propiedades mecánicas adecuadas.
REVENIDO	Convertir austenita en martensita mediante el enfriamiento rápido.
CALIBRACIÓN	Este proceso asegura la transformación de la estructura de austenita a martensita en el paso siguiente, el proceso de templado.

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 5. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre controles no destructivos.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

6

Controles no destructivos

El presente capítulo describe el proceso de controles no destructivos a los que se someten los tubos sin costura después de la laminación o el tratamiento térmico.

TEMAS DEL CAPÍTULO 6

6.1 CND en Tenaris 64

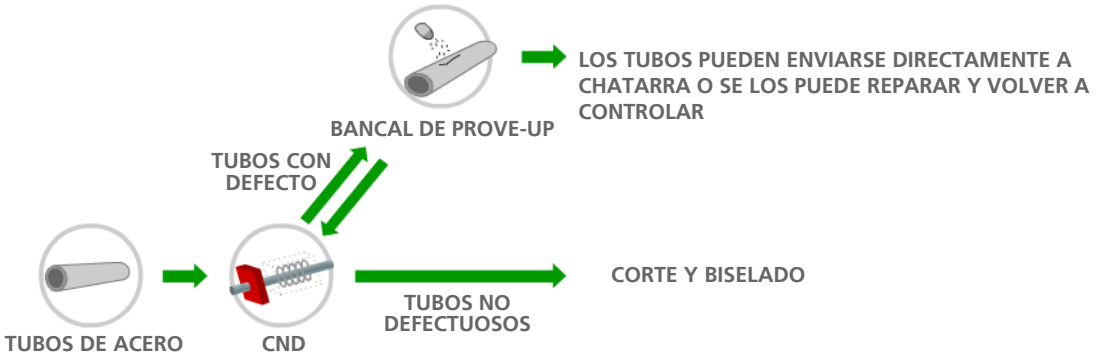
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

6.1 CND en Tenaris

Los productos de Tenaris pasan por estrictos controles no destructivos a fin de garantizar la mejor calidad.

Proceso de producción

Controles no destructivos



"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Inspección

¡ATENCIÓN!

El 100% de la producción de Tenaris se somete a CND.

El primer paso de la inspección consiste en soplar aire comprimido dentro del tubo a fin de quitar el laminillo suelto. Luego, se lleva a cabo la inspección visual externa e interna. Se pasa un calibre de un diámetro externo determinado por el interior del tubo.

Los controles no destructivos (CND) son métodos de inspección totalmente automatizados que suelen emplearse para detectar defectos en tubos, sin ocasionar ningún efecto en las propiedades de éstos. Además, resultan críticos para dos aspectos clave de la fabricación:

- Calidad
- Productividad

Inspección interna

Inspección de tubos

Controles no destructivos empleados en la actualidad

Los controles no destructivos pueden clasificarse en:

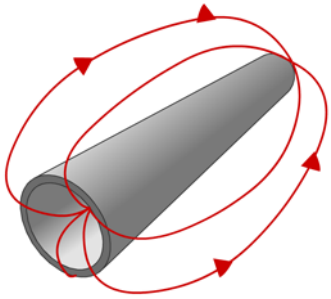
a. Métodos de inspección electromagnética (por lo general, denominados EMI)
b. Controles por ultrasonido (por lo general, denominados UT)
c. Métodos de corriente inducida (Eddy) (por lo general, denominados ET)
d. Inspección por partículas magnéticas (por lo general, denominada MPI)

a Métodos de inspección electromagnética (EMI)

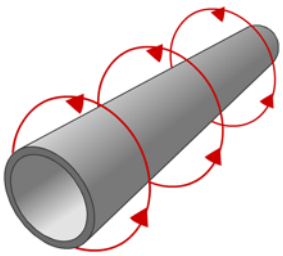
Los métodos de inspección electromagnética (EMI) se emplean para la inspección de la superficie interna y externa.

Los tubos se magnetizan en forma circular o longitudinal, según el tipo de defecto a detectar.

La magnetización longitudinal detecta los defectos transversales y la magnetización circular detecta defectos longitudinales. Cuando a un defecto lo cruza transversalmente un campo magnético, genera dispersión en el flujo magnético. Si el defecto es barrido por un sensor, se induce una señal eléctrica que indica la presencia de un defecto en el material ensayado.



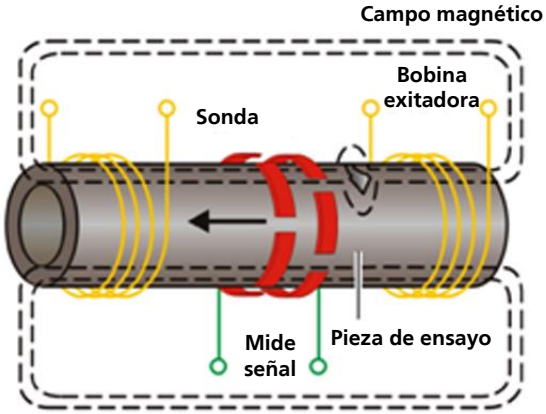
Magnetización longitudinal



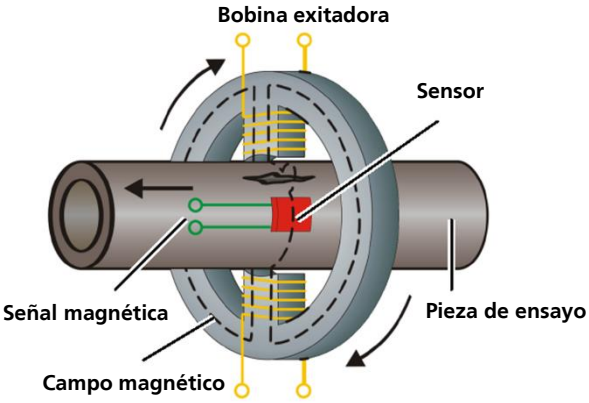
Magnetización circular

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

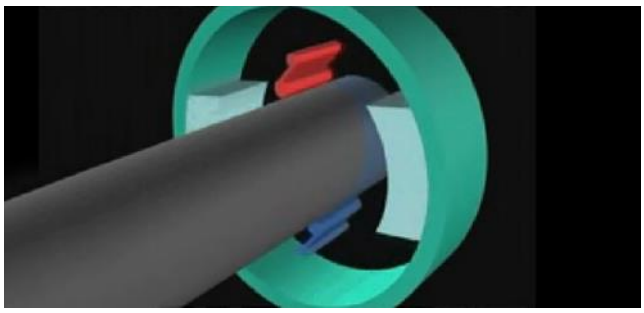
Si los tubos presentan defectos, se envían a un bancal de *prove-up,* donde se realiza una inspección manual con partículas magnéticas y se los repara con una amoladora. Si pueden eliminarse los defectos, los tubos vuelven a inspeccionarse. Si son tan profundos que superan la tolerancia de espesor de pared de los tubos, éstos se descartan y se los manda a chatarra.



Transomat – Sonoscope
Detecta defectos transversales externos e internos en el espesor de la pared del tubo, aplicando un campo electromagnético continuo.



Rotomat - Amalog
Se utiliza para detectar defectos longitudinales externos e internos en el espesor de pared del tubo, aplicando campos electromagnéticos continuos.



Rotoflux – Statoflux
Se emplea para detectar defectos longitudinales externos (detecta defectos de hasta 0.3 mm), aplicando campos alternativos de frecuencia media.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

b Controles por ultrasonido (UT)

El control por ultrasonido (UT) utiliza energía acústica de alta frecuencia para llevar a cabo la verificación y realizar la medición del espesor de pared. La fase de calibración es muy importante para asegurar que el equipo de control está configurado para ensayar el producto de acuerdo con los requisitos de control especificados.

La inspección por ultrasonido puede emplearse para la detección / evaluación de fallas, mediciones dimensionales, caracterización de materiales, y demás funciones.

Se controla un tubo patrón por cada cuatro, a fin de garantizar un correcto funcionamiento del equipo.

A continuación, se describen los equipos empleados en los controles por ultrasonido y su capacidad de detección:

VENTAJAS DE LA INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO

- Es sensible a las discontinuidades tanto superficiales como subsuperficiales.
- La profundidad de penetración para la detección de defectos o la medición es superior a otros métodos de CND.
- Es muy preciso para la determinación de la posición del reflector y la estimación del tamaño y la forma.
- Pueden generarse imágenes detalladas con sistemas automatizados.
- Posee otros usos, tales como mediciones de espesor, además de la detección de fallas.

DESVENTAJAS DE LA INSPECCIÓN POR ULTRASONIDO

- La superficie debe estar accesible para poder transmitir el ultrasonido.
- Se requieren mayores habilidades y capacitación que con cualquier otro método.
- Normalmente requiere un medio de acoplamiento (como el agua) para promover la transferencia de energía acústica en la pieza de ensayo.
- Los materiales rugosos, de forma irregular, muy pequeños, excepcionalmente delgados o no homogéneos son difíciles de inspeccionar.
- Los defectos lineales orientados en sentido paralelo al haz de sonido pueden pasar inadvertidos.
- Se precisan patrones tanto para calibrar el equipo como para caracterizar los defectos.

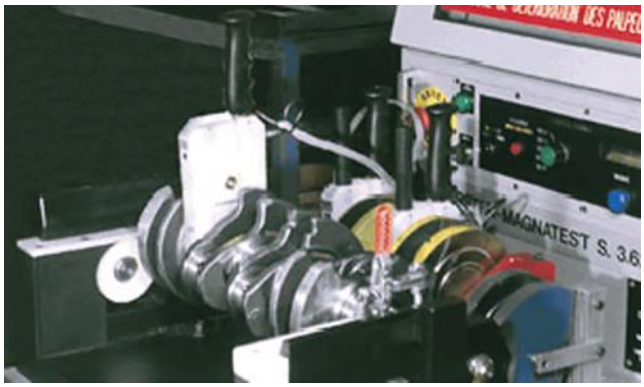
GLOSARIO

Calibración: acción de controlar la precisión y exactitud de un equipo de medición.

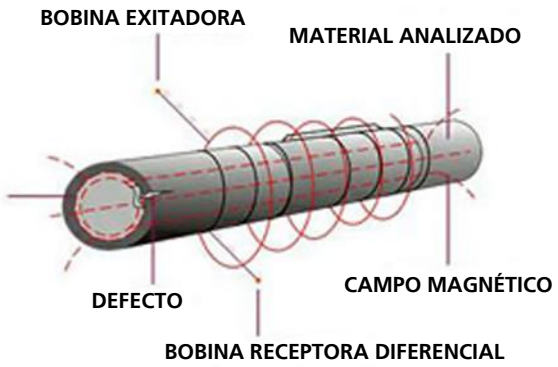
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

C Método por corrientes inducidas (ET)

Se trata de una corriente eléctrica inducida dentro del cuerpo de un conductor cuando dicho conductor se mueve a través de un campo magnético no uniforme o se encuentra en una región donde hay un cambio en el flujo magnético. También es conocida como corriente Foucault.



Magnatest
Se emplea para la identificación del grado de acero que no corresponde a la orden original.



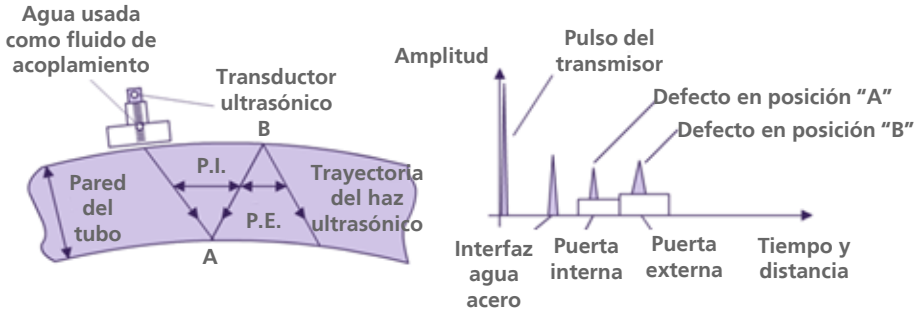
Defectomat
Consiste en corrientes Eddy para detectar defectos transversales externos y orificios pasantes (TDH).

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

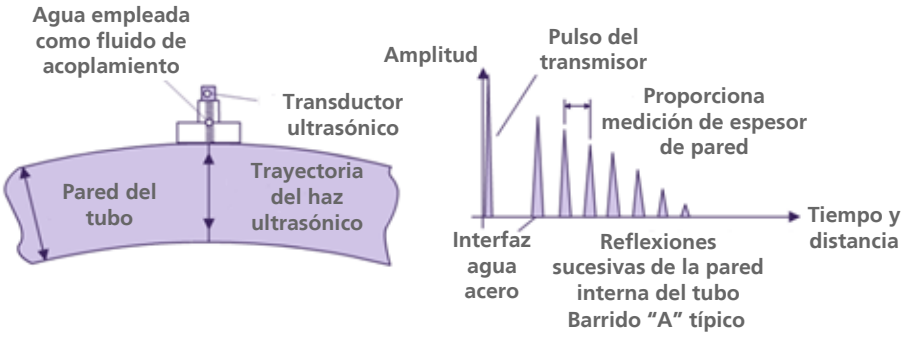
Sistemas automáticos

La mayoría de los sistemas automatizados de control por ultrasonido disponibles hacen uso completo de la técnica pulso-eco para la detección de defectos.

El área de señal mandada es el intervalo de tiempo después de que el pulso inicial del transmisor detecta un defecto, parte de la energía acústica regresa a la sonda de UT y produce una señal de eco.



Sírvase notar las distintas posiciones de las puertas internas y externas debido a los distintos tiempos de tránsito de las reflexiones producidas por las imperfecciones internas y externas.



El método ultrasónico de pulso-eco también puede emplearse para medir el espesor de pared del tubo bajo ensayo.

Inspección con haz normal. Medición del espesor de pared y detección de defectos de laminación

Las mediciones ultrasónicas de pulso-eco pueden determinar la ubicación de una discontinuidad en una pieza o estructura midiendo con exactitud el tiempo necesario para que un pulso ultrasónico corto, generado por un transductor, viaje a través del espesor del material, refleje desde la parte posterior o la superficie de una discontinuidad y regrese al transductor.

Haces angulares – Detección de defectos

Los transductores y las cuñas se usan comúnmente para introducir una onda de corte refractada en el material a ensayar. La trayectoria acústica angular permite al haz de sonido ingresar de un lateral a fin de mejorar la detectabilidad de los defectos. Según la circulación de los transductores, pueden encontrarse defectos longitudinales, transversales y angulados.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Inspección con haz normal

Los instrumentos de medición de espesor ultrasónicos de precisión por lo general funcionan a frecuencias de entre 500 KHz y 25 MHz (por lo general, se utilizan de 2,25 MHz a 7,5 MHz), con transductores piezoeléctricos para generar ráfagas de ondas acústicas cuando son excitados por los impulsos eléctricos.

Se ha desarrollado una amplia variedad de transductores con diversas características acústicas para satisfacer las necesidades de las aplicaciones industriales.

Por lo general, se emplean bajas frecuencias para optimizar la penetración cuando se miden materiales gruesos, altamente atenuadores o de gran dispersión, mientras que se recomiendan las altas frecuencias para optimizar la resolución en materiales delgados, no atenuadores o de baja dispersión.

Para la medición de espesor, las técnicas ultrasónicas permiten una medición rápida y confiable sin requerir el acceso a ambos lados de la pieza. Se pueden obtener precisiones de hasta ±1 micrones o ±0,0001 de pulgada en algunas aplicaciones. Los valores típicos de precisión oscilan entre 0,1mm y 0,05 mm.

La mayoría de los materiales de ingeniería puede medirse ultrasónicamente, inclusive metales, plásticos, compuestos, epoxis y vidrio. Los instrumentos de medición portátiles modernos son simples de utilizar y muy confiables.

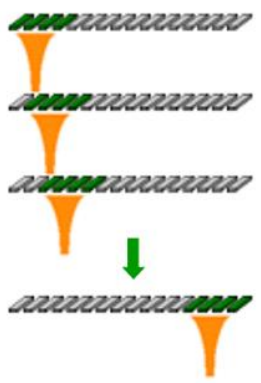
La última tecnología de UT incorporada en Tenaris

El concepto de elementos controlados por fase se basa en el uso de transductores compuestos por elementos individuales que pueden accionarse en forma individual.

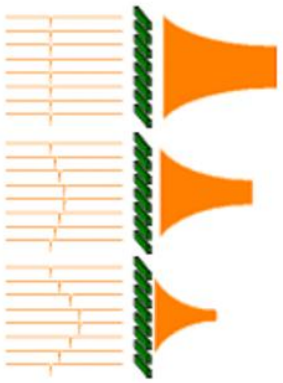
Estos transductores están conectados a unidades de accionamiento adaptadas especialmente para permitir una emisión y recepción independientes, simultáneas en cada canal.

Esas unidades también deberían poder afectar, tanto durante la emisión como la recepción, los distintos tiempos de retardo electrónico correspondientes a cada canal.

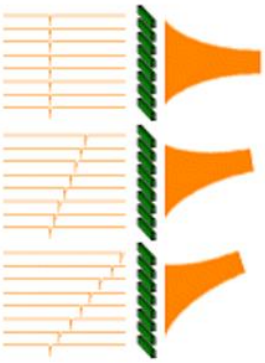
En el caso de algunas aplicaciones que implementan el barrido electrónico, no todos los elementos de la sonda se emplean en forma simultánea. En ese caso, la unidad de accionamiento utiliza multiplexión dinámica para distribuir los elementos activos entre los elementos del transductor.



Barrido



Enfoque



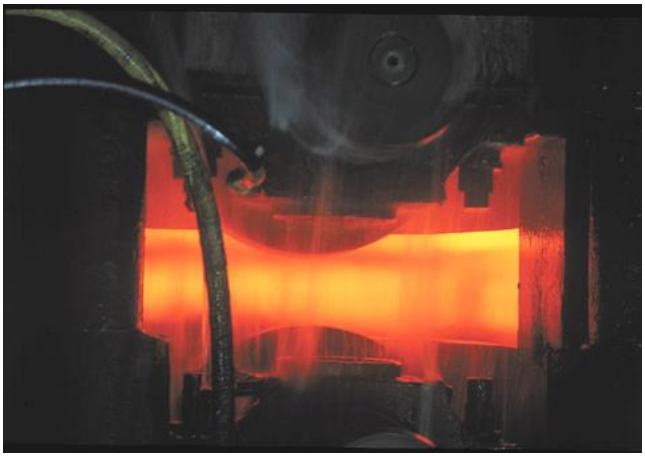
Deflección

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

d Inspección por partículas magnéticas (MPI)

El método de control no destructivo por partículas magnéticas (MP) se utiliza para detectar discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales ferromagnéticos.

En las plantas de Tenaris, se emplea tanto en la etapa de *prove-up*, después de que se activó una alarma en la línea de inspección, o para la inspección de extremos de tubos rectos, recalcados o roscados en puestos diseñados especialmente.

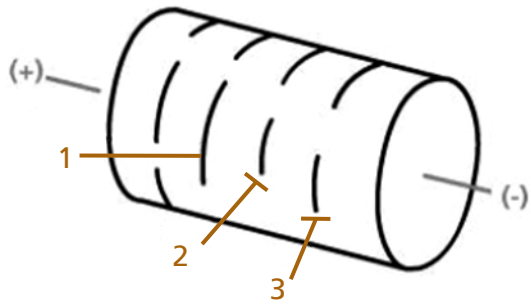


Partículas magnéticas

El método de control por partículas magnéticas se basa en el principio de que el flujo magnético en un objeto magnetizado se ve distorsionado localmente por la presencia de una discontinuidad.

Esa distorsión hace que parte del campo magnético salga y reingrese en el objeto de ensayo donde se encuentra la discontinuidad. Dicho flujo disperso es capaz de atrapar partículas finamente divididas de materiales magnéticos, que forman un perfil o indicio de la discontinuidad.

Se obtienen mejores resultados cuando el campo magnético es perpendicular a la discontinuidad.



1. Una fisura paralela al campo no atrapa partículas magnéticas (no hay indicios).
2. Aparecen indicios con fisuras a 45° del campo.
3. Las fisuras a 90° del campo generan los mejores resultados.

Distintos tipos de métodos de inspección por partículas magnéticas

Los controles MP constan de tres operaciones básicas:

1. Establecen un flujo magnético adecuado en el objeto bajo ensayo.
2. Aplican partículas magnéticas en un polvo seco o suspensión líquida (método por vía seca o húmeda).
3. Examinan el objeto bajo ensayo en condiciones adecuadas de iluminación.

Estos tres pasos pueden realizarse en forma simultánea, en cuyo caso las corrientes eléctricas que establecen el campo se encienden mientras se inspecciona la pieza (método activo). Este método posee la ventaja de alcanzar altos campos magnéticos. En forma alternativa, puede emplearse un método residual, donde se establece una magnetización permanente. Un ejemplo es la magnetización circular de un tubo a lo largo de cuyo eje se hace circular una corriente de alta intensidad por medio de una descarga de capacitor u otro medio. Este método se aplica sólo con aceros de alta retentividad.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Método por vía húmeda

En el método por vía húmeda, el objeto magnetizado puede sumergirse en un baño agitado de partículas magnéticas suspendidas, o se puede inundar con una suspensión de partículas.

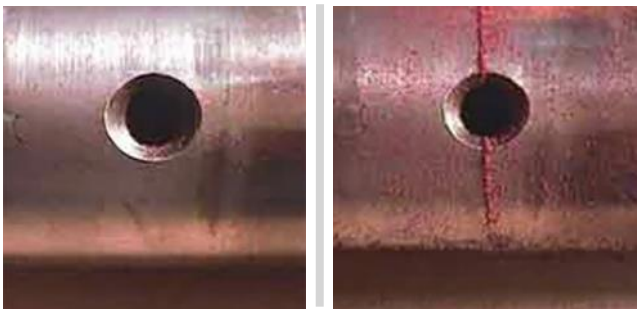
Características principales:

1. Excelente movimiento de partículas
2. Mejor cobertura superficial que el método por vía seca
3. Puede utilizarse en sistemas automatizados

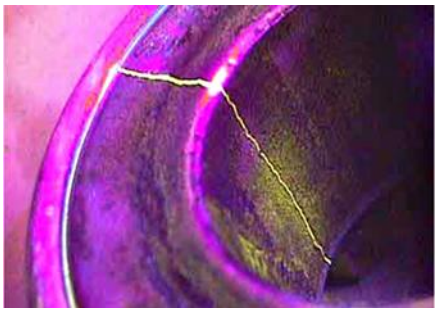
Verificación de magnetización residual

Inundación de un extremo de tubo con una suspensión de partículas magnéticas

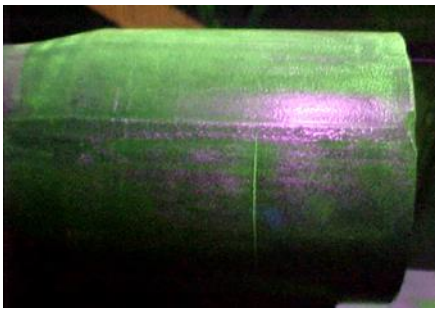
La mejor visibilidad se obtiene ligando pigmentos fluorescentes en las partículas magnéticas. En una zona oscurecida con luz ultravioleta, una cantidad perceptible de luz visible es emitida por las partículas magnéticas que se acumulan en las discontinuidades.



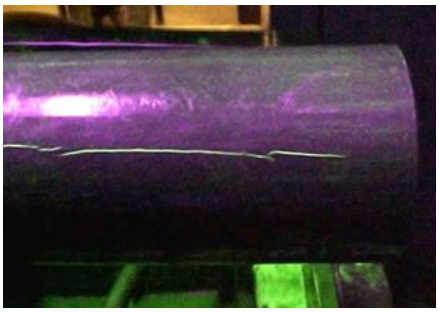
Fotos de fisuras originadas en un agujero, antes y después de la inspección



Marca fluorescente de partículas magnéticas en vía húmeda que indica presencia de fisura en un rodamiento.



Marca fluorescente de partículas magnéticas en vía húmeda que indica presencia de fisura transversal en el extremo de un tubo.



Marca fluorescente de partículas magnéticas en vía húmeda que indica presencia de fisura longitudinal en el extremo de un tubo.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Método por vía seca

Características principales:

•Adaptable a objetos grandes y verificación en campo.
•Excelente desplazamiento cuando se emplea con corrientes alternas.
•Se precisa un equipo simple.

1. Aplicación de partículas magnéticas

2. Verificación de la magnetización

Se coloca una chapa de hierro ranurada entre dos placas de bronce normal respecto del campo H esperado. Si la magnetización es pobre, no se advierte una orientación significativa. El indicador se conoce como Burmah Castrol.

Detección e interpretación
¿El indicio de la discontinuidad es relevante, irrelevante o falso?

El primer paso en la interpretación de una discontinuidad indicada por partículas magnéticas es decidir su carácter.

¿Relevante?

Un indicio es relevante si representa una discontinuidad real de material. En ese caso, se evalúa en base a los criterios de aceptación correspondientes al objeto ensayado. Si se halla dentro de los criterios de aceptación, el objeto puede aceptarse. Si no se cumplen los criterios de aceptación, el objeto puede descartarse o repararse.

¿No relevante?

Los indicios no relevantes son generados por campos de flujo disperso que provienen de la forma del objeto bajo ensayo, como ser ángulos o valles de roscas. No constituyen motivo de descarte pero pueden ocultar discontinuidades reales.

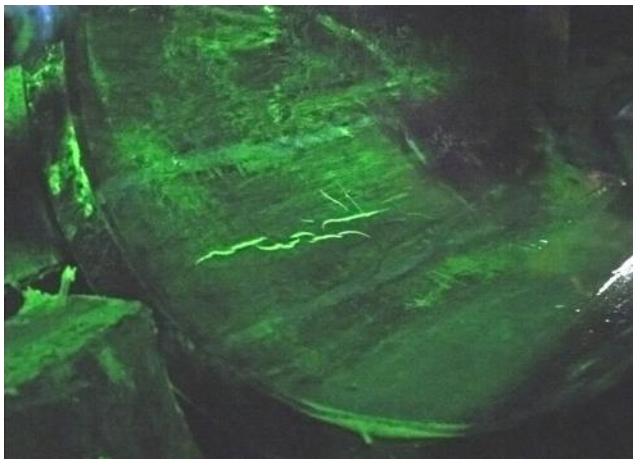
¿Falso?

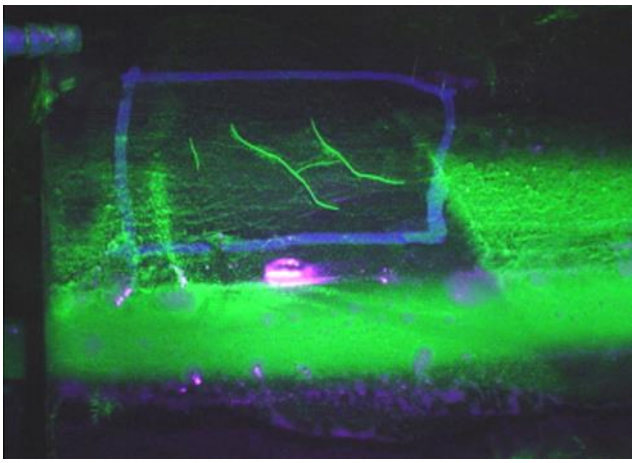
Los indicios falsos no son generados por flujos dispersos sino por laminillo o suciedad, y deben separarse tras haber determinado la causa.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

En resumen:

Revela discontinuidades superficiales y subsuperficiales en materiales magnetizables cuando el flujo aplicado se ve distorsionado por la presencia de dichas discontinuidades y atrae partículas finamente divididas de materiales magnéticos aplicados a la pieza.





Bancal de prueba (*prove-up)*

Los tubos con defectos se envían a la mesa de prueba.

En el bancal de entrada, se magnetizan los tubos circularmente por medio de una barra conductora central, que genera el campo magnético apropiado.

Luego, los tubos se someten a una inspección con partículas magnéticas por vía seca. Si el material posee un defecto longitudinal, el flujo disperso presente en él atrae las partículas magnéticas, poniendo en evidencia la presencia de un defecto.

Todo defecto detectado se elimina con una amoladora, y luego se controla el espesor de pared remanente a fin de garantizar que aún se encuentra dentro de la tolerancia de espesor de pared especificada.

De lo contrario, se descarta el tubo.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

Hemos estudiado los procedimientos de control no destructivo que se llevan a cabo en Tenaris.

Sírvase indicar si los enunciados siguientes son verdaderos o falsos.

		VERDADERO	FALSO
1	Los controles no destructivos pueden efectuarse después del proceso de laminación o bien al finalizarse el tratamiento térmico, según los requerimientos de producción.	☐	☐
2	Los procedimientos de controles no destructivos pueden generar efectos en las propiedades de los tubos.	☐	☐
3	Cuando se detecta un defecto, independientemente de si se halla dentro de tolerancia o no, el tubo se envía a chatarra.	☐	☐
4	El control por ultrasonido puede emplearse no sólo para la detección de defectos sino para la medición dimensional.	☐	☐
5	Para detectar un defecto no superficial, se recomienda el control por ultrasonido de pulso-eco.	☐	☐
6	Todos los tubos se envían al bancal de *prove-up* después de los procedimientos de control no destructivo.	☐	☐
7	Si se detecta un defecto, éste se elimina con la amoladora. Luego, se controla el espesor de pared contra la tolerancia aceptada.	☐	☐

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 6. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre terminación.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

7

Terminación

En el presente capítulo, estudiaremos el proceso de terminación de los tubos sin costura y el proceso de fabricación de cuplas de Tenaris.

TEMAS DEL CAPiTULO 7

7.1 Terminación 77

7.2 Fábrica de cuplas 84

IPRXX001-GCU
Rev. 02

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

7.1 Terminación

Las líneas de terminación realizan las últimas operaciones en los tubos recibidos de las áreas de controles no destructivos, de manera de que cumplan con los requerimientos especificados por el cliente.

Proceso de producción

Controles no destructivos

LÍNEAS DE TERMINACIÓN

FÁBRICA DE CUPLAS

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

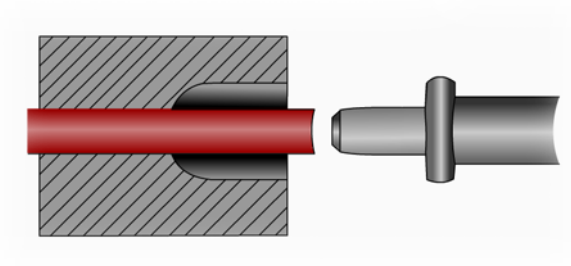
Pasos de la terminación

1 Recalque

El objetivo principal de este proceso es aumentar el espesor de pared de los extremos del tubo para permitir las operaciones de roscado siguientes. El recalque consiste en incrementar el espesor de pared de los extremos del tubo con dos medias matrices y un mandril dentro del tubo. De esta manera, se incrementa el espesor de pared mediante una acción de forjado.

El mayor espesor permite las operaciones de roscado. El roscado en el interior del tubo se conoce como “extremo hembra o box” y, en el exterior, “extremo macho o pin”.

Previo al recalque, se calienta el tubo hasta 1250 °C en un horno a inducción o un horno abierto a gas.



Operación de recalque

Tubo recalcado

Operación de recalque

2 Tratamiento térmico

Este proceso se lleva a cabo sólo cuando se lo requiere.
Sírvase consultar el capítulo 4 del presente curso si desea mayor información.

“Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3 Frenteado y biselado

Después del CND y el tratamiento térmico, los tubos se envían a las líneas de roscado y biselado.

Antes del roscado, los tubos se frentean y biselan. El objetivo del bisel es permitir el inicio de la operación de roscado.

En el caso de la tubería de conducción o *line pipe*, el bisel se usa para la soldadura a tope.

Después del biselado

4 Roscado

Roscadoras: Los extremos de los tubos de casing y tubing API se roscan con roscas redondas en las máquinas automáticas PMC (Pipe Machinery Company), donde los tubos están fijos y el cabezal rota. En el caso de las conexiones premium, los tubos se roscan en tornos a control numérico o CNC, donde gira el tubo mientras que las torretas con portaherramientas mecanizan el extremo.

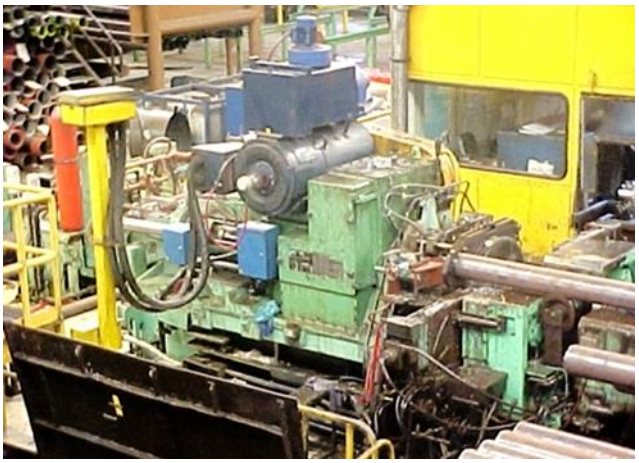
Inspección: Después del roscado, las roscas se inspeccionan visualmente y se controlan sus dimensiones, de acuerdo con un plan de inspección.

Tipos de rosca:

- Rosca redonda para casing y tubing; tubos sin recalque (NUE), y tubos con recalque externo (EUE).
- Rosca V para *line pipe*.
- Rosca buttress para casing y tubing.

Roscas Premium:

- Tenaris Blue
- Tenaris PJD
- Tenaris MS
- Tenaris MS XT/XC
- Tenaris MS28
- Tenaris 3SB
- Hydril TYPE 563



Operación de roscado

Éstas son roscas premium propietarias. Las demás conexiones premium se fabrican en Tenaris bajo licencia. Las licencias son de Grant Prideco, Hunting y ADMS.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

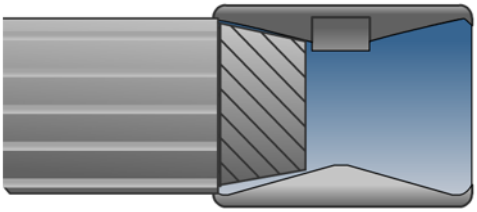
5 Apretado de cuplas

La función de esta operación es montar la cupla y apretarla con el torque adecuado en la máquina de torque.

Después del roscado, se lleva a cabo el apretado de la cupla para obtener el tubo final con la conexión cuplada: un tubo roscado con cupla. La operación se realiza con equipos especiales, capaces de ensamblar la cupla en uno de los extremos macho roscados.

La operación de enrosque se realiza controlando los parámetros de enrosque, a saber: torque de enrosque final y/o posición de la cupla.

En las conexiones premium se controla otro parámetro también: el hombro de torque.
La mayoría de las máquinas aprietacuplas están instaladas en línea, inmediatamente después de las máquinas de roscado.
Sin embargo, en algunos casos, pueden estar ubicadas fuera de línea.
Los aprietacuplas para conexiones premium suelen tener un programa de computación que muestra e imprime un gráfico de torque para cada conexión.

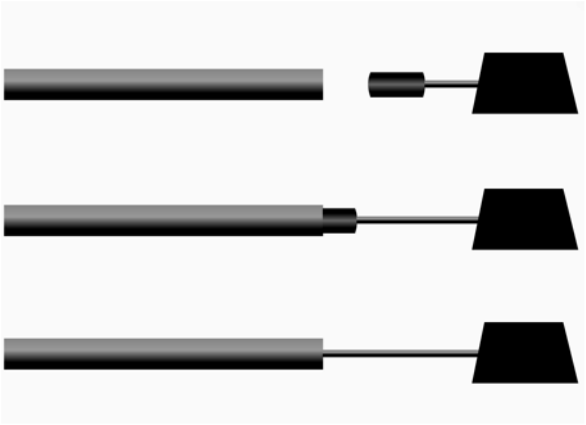


Apretado de cupla

6 Calibración

Para controlar el diámetro interno del tubo después del montaje de la cupla, debe pasarse un mandril por la longitud completa del tubo, sin que se trabe.

Calibrador de tubo con conexión



Calibración

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

7 Prueba hidráulica

Todos los tubos se prueban en una máquina de prueba hidrostática, donde se llenan previamente, y luego se controlan a la presión especificada durante de 5 segundos.

Este proceso consiste en llenar el tubo con un fluido, por lo general una emulsión de agua y aceite. Se incrementa la presión del fluido hasta alcanzar un valor específico de ensayo.

La presión de ensayo especificada depende principalmente de:

- Grado de acero.
- Diámetro externo del tubo y espesor de pared.
- Tipo de producto (casing, tubing, line pipe, etc).
- Normas aplicables.

Prueba hidráulica

8 Balanza, medidora, estarcidora

Después de la prueba hidráulica, los tubos se envían a un puesto donde se miden, pesan, pintan bandas, estarcen y punzonan. La BME consta de los siguientes puestos:

- **Medición:** mediante sensores o un sistema de fotocélulas, con una tolerancia especificada de acuerdo a la norma API.
- **Pesado:** mediante celdas de carga, con una tolerancia especificada de acuerdo a la norma API.
- **Punzonado:** la información que suele punzonarse en el tubo es: monograma API, grado de acero, espesor, fecha de producción, número de licencia, o cualquier dato que solicite el cliente.
- **Estarcido:** se efectúa según las normas aplicables y puede agregarse una marcación específica solicitada por el cliente. Suele aplicarse con un cabezal de estarcido.
- **Pintado de bandas:** para identificar los grados de acero, en el extremo hembra o box. Eventualmente, cuando lo solicita el cliente, se colocan otras bandas de identificación en el extremo opuesto.

MMS

Estarcido

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

9 Laqueado y barnizado

Después del proceso de BME, el tubo se envía a la máquina de laqueado, barnizado, aceitado.

Cuando la norma o el cliente lo especifica, se aplica laca/barniz o aceite.

Este revestimiento se aplica para evitar la corrosión durante el almacenamiento o el transporte.

Laqueado y barnizado

10 Empaquetado

El empaquetado generalmente se realiza para diámetros de hasta 4,5 pulgadas. Este proceso se lleva a cabo en forma manual o automática, a fin de evitar daños durante la maniobra o el transporte.

Despacho
Los tubos se envían a la playa de almacenamiento, para su posterior distribución a los clientes.

Despacho

Empaquetado

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

11 Operaciones Especiales

Dentro del grupo de procesos de acabado, existen operaciones especiales que incluyen:

- Estampado.
- Fosfatización.
- Dopeless.

El estampado es una operación de formación en frío, que modifica la forma de los extremos de los tubos para tener un margen de mecanizado adecuado para la conexión patentada que se va a mecanizar. El estampado se puede realizar en extremos de pasador, extremos de caja o ambos, según el tipo de conexión.

El proceso de fosfatado consiste en recubrir la superficie de acoplamiento con una capa de fosfato no metálico y finamente cristalino. Los cristales pueden ser de manganeso y hierro o de zinc y hierro, según la composición química de la solución de recubrimiento de fosfato. El espesor de la capa de fosfato se mide por el peso del recubrimiento en mg/sq. medidor, según lo determinado por una prueba de cupón.

La conexión Dopeless® es un sistema propietario desarrollado por Tenaris para eliminar el uso de droga.

La solución Dopeless® es un recubrimiento de película seca que proporciona simultáneamente lubricación y resistencia a la corrosión a largo plazo.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

En esta sección, se describieron las actividades de las líneas de terminación.

Sírvase completar con el número correcto:

1. RECALQUE
2. TRATAMIENTO TÉRMICO
3. FRENTADO Y BISELADO
4. ROSCADO
5. APRETADO DE CUPLA
6. CALIBRACIÓN
7. PRUEBA HIDRÁULICA
8. BALANZA, MEDIDORA, ESTARCIDORA
9. LAQUEADO Y BARNIZADO
10. EMPAQUETADO
11. OPERACIONES ESPECIALES

- ◯ Obtiene las propiedades mecánicas esperadas del acero.
- ◯ Permite simular las condiciones de trabajo del tubo en el pozo ejerciendo una presión especificada.
- ◯ Prepara el tubo para permitir el ensamblado de la cupla.
- ◯ Facilita la maniobra, el almacenamiento y el despacho.
- ◯ Aumenta el espesor de pared del extremo del tubo, para permitir las operaciones de roscado.
- ◯ Es un paso necesario para permitir el inicio de las operaciones de roscado.
- ◯ Se realiza para obtener la conexión final de tubo y cupla.
- ◯ Operaciones para identificar tubos con datos importantes.
- ◯ Para controlar el diámetro interno del tubo.
- ◯ Aplicación de revestimientos anticorrosivos.
- ◯ Incluye los procesos de Estampado, Fosfatizado y Dopeless.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

7.2 Fábrica de cuplas

La mayoría de los tubos OCTG se despachan con una cupla en uno de los extremos como parte del producto terminado.

En la fábrica de cuplas, el material inicial ya inspeccionado suele ser tubos con tratamiento térmico, con material excedente suficiente como para soportar una operación de mecanizado, también denominado semielaborado de cupla. La secuencia en la fábrica de cuplas es la siguiente:

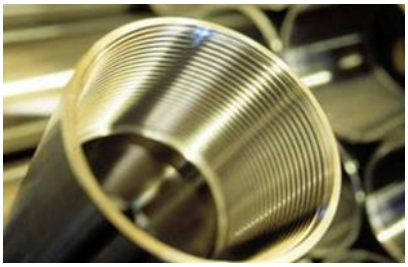
1 Corte

El semielaborado de cupla que proviene de las líneas de terminación se corta en trozos, según las especificaciones para cuplas, a fin de obtener los manguitos. Éstos se envían a la zona de roscado para la siguiente operación.

El producto de las cortadoras se denomina manguito.

Tubos

Cortadora



Cuplas

2 Roscado

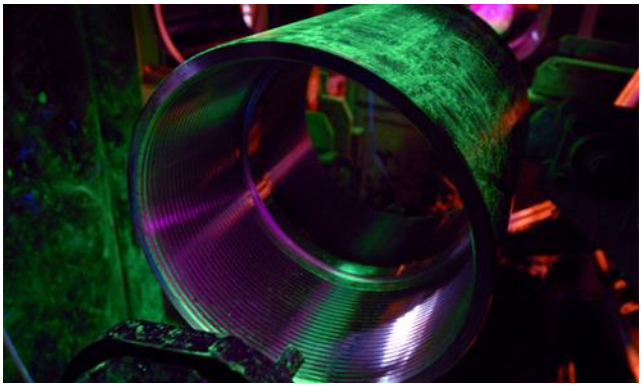
Los manguitos se mecanizan para obtener las cuplas. Se siguen especificaciones API para la fabricación de cuplas API. Para las conexiones premium, se requiere una operación adicional.

Las cuplas premium se roscan en tornos a control numérico o CNC.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

3 Inspección

A la salida del proceso de roscado, se encuentran los bancales de inspección. Las cuplas se inspeccionan visualmente y se controlan las dimensiones, de acuerdo con un plan de inspección. Además, todas las cuplas se inspección con partículas magnéticas y/o EMI.



4 Punzonado

Después de la inspección, las cuplas se marcan con punzonadoras que identifican el material con los datos siguientes:

- Fabricante
- Mongrama API
- Grado de acero
- Fecha de fabricación

5 Fosfatizado

Se aplica una capa de fosfato por inmersión sobre la superficie roscada para reducir la fricción entre el acoplamiento y las roscas del tubo y para proteger la rosca contra la corrosión. Este proceso se llama fosfatización.

- Desengrasado: proceso mediante el cual se desengrasan las cuplas en una solución a 80°C para eliminar suciedad, aceites emulsionables, aceites resistentes a la corrosión y grasas.
- Decapado: se quitan los óxidos superficiales con soluciones ácido acuosas. Se lleva a cabo cuando la superficie de la cupla no fosfatizada presenta una capa de óxido. Luego, las cuplas se enjuagan con agua.
- Lavado: después del decapado, las cuplas se lavan con agua.
- Activado: el activado de la superficie de la cupla asegura la formación de una capa de cristal de fosfato adherente resistente.
- Fosfatizado: se aplica una capa de fosfato mediante inmersión.
- Lavado: después del fosfatizado, las cuplas se lavan.
- Aceitado: las cuplas fosfatizadas se aceitan para proteger la superficie de ambientes corrosivos.
- Secado: es la última estación, donde se secan las cuplas aceitadas con aire caliente.

6 Pintado

Una vez finalizado el fosfatizado, las cuplas se transportan a la estación de pintado. El pintado externo con distintos colores permite la identificación del grado de acero.

A pedido del cliente, también se pintan bandas de color y se estarce el número de colada. Antes del despacho, las cuplas se marcan con: grado de acero, código de colada, orden de compra, etc. Luego, las cuplas ya están listas para el despacho.

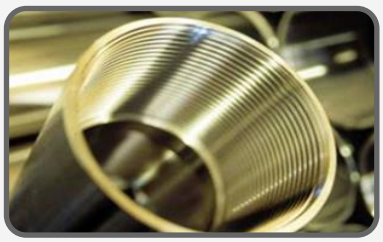
Cuplas terminadas

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

En esta sección, se describieron las actividades de la fábrica de cuplas.

Sírvase responder las preguntas siguientes:



¿Cómo se llama el lugar donde se fabrican cuplas?

¿Cómo se denomina el producto de las cortadoras?

¿Qué datos figuran en el punzonado de los tubos?

¿Cuál es el objetivo del proceso de fosfatizado?

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 7. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre productos huecos.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

8

Procesos para elaborar productos huecos

En este capítulo, estudiaremos los distintos procesos de producción a los que se someten los tubos laminados en caliente para obtener tubos trefilados en frío, tubos laminados en frío en un laminador peregrino y garrafas de gas.

TEMAS DEL CAPÍTULO 8

8.1 Proceso de trefila en frío 88

8.2 Laminador peregrino en frío 94

8.3 Garrafas 95

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

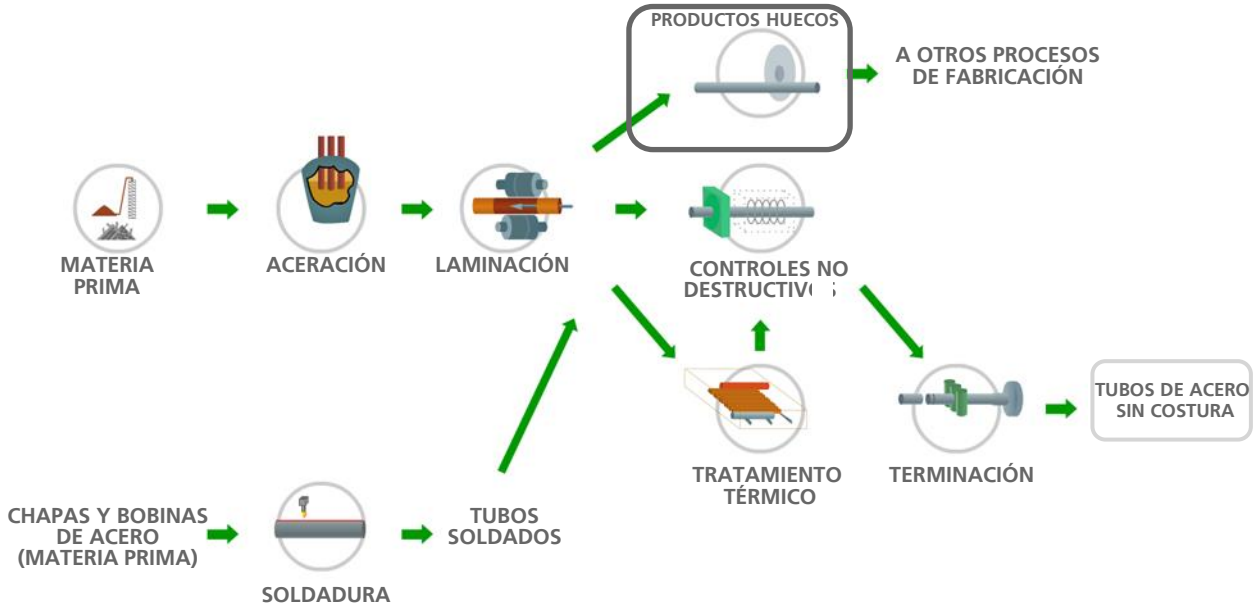
8.1 Proceso de trefila en frío

A veces, los tubos laminados en caliente son sometidos a un proceso de trefila en frío

Los tubos laminados en caliente presentan ciertas limitaciones respecto de su terminación superficial o tolerancia dimensional.

Así, a veces se los somete a determinados procesos de deformación en frío, como la trefila en frío o la laminación en frío en laminador peregrino.

Proceso de producción



Proceso de trefila en frío

El objetivo principal del proceso de trefila en frío es obtener:

- Dimensiones que no pueden obtenerse mediante el proceso en caliente.
- Tolerancias dimensionales más estrechas.
- Mejor terminación superficial.
- A veces, mejores propiedades mecánicas mediante el endurecimiento de la deformación.

El proceso consta de los siguientes pasos:

Veamos una reseña del proceso de trefila en frío que se lleva a cabo en Tenaris.

Antes de forzar los tubos por la matriz, se lubrican y se forma la punta en sus extremos. Un cabezal de tiro sujeta una de las puntas y fuerza el tubo a pasar por una matriz. Como resultado, se reducen el diámetro interno y el espesor de pared.

La trefila en frío puede efectuarse con o sin un mandril dentro del tubo.

1 Tratamiento superficial

Las superficies externas e internas se preparan para permitir la trefila en frío, mediante las operaciones siguientes:

a. **Desengrasado:** Se emplea una solución alcalina para quitar la suciedad de la superficie metálica.

b. **Decapado:** Consiste en una reacción química que disuelve por inmersión el laminillo de óxido de hierro y cualquier contaminante presente en el tubo.

c. **Fosfatizado:** Este proceso se lleva a cabo después de las operaciones de lavado con agua caliente y neutralizado.
Se aplica una capa de fosfato de zinc para permitir una distribución pareja y retención de una capa de lubricante en la superficie.

d. **Lubricación:** En los procesos de trefila en frío de tubos, se utiliza jabón como lubricante de segunda capa.

El tratamiento superficial con fosfato y un lubricante antes de la deformación en frío:
- Reduce la fricción,
- Aumenta la velocidad del proceso de trefilación,
- Reduce el consumo de energía, y
- Aumenta la vida de las matrices.

e. **Secado:** Una vez finalizado el tratamiento de lubricación, los tubos se posicionan en un bancal inclinado, para que se drene el exceso de jabón. Por último, se secan los tubos con un soplador de aire caliente.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

2 Apunteado

Para permitir la inserción del tubo en la matriz, se reduce un extremo mediante una acción de forjado en condiciones calientes o frías.

Apunteadora

Tubos apunteados

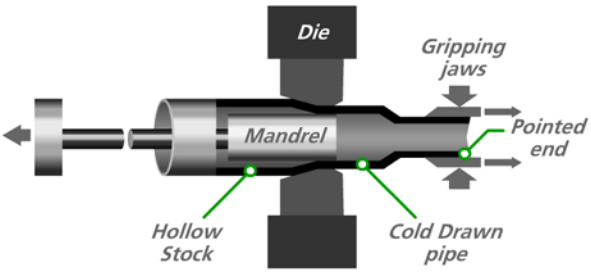
3 Trefila en frío

El largo total del tubo entrante se deforma plásticamente en condiciones frías a fin de reducir el diámetro del tubo y el espesor de pared.
Existen diferentes métodos de trefila en frío, como el mandril cilíndrico estacionario, el mandril cónico y la barra larga cilíndrica móvil.

El proceso de trefila en frío puede efectuarse con un mandril dentro del tubo.

Se coloca el tapón al final de un mandril. Luego, éste se posiciona en la boca de la matriz.

Existe otro método de trefila en frío que se realiza sin mandril; por lo general, se emplea para la fabricación de tubos con diámetros internos pequeños o grandes espesores de pared.



Trefila en frío

4 Tratamiento térmico

Debido a la deformación en frío, con hasta el 45% de reducción del área, el material se torna duro y frágil, de manera que necesita un tratamiento térmico para obtener las propiedades deseadas (dureza, fluencia, resistencia, máxima tensión de rotura).

Los tratamientos térmicos posibles son:

- Recocido (690°C – 720°C)
- Normalizado (880°C – 920°C)
- Revenido (470°C – 780°C)
- Distensionado (520°C – 660°C)

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

5 Enderezado en frío

Después del tratamiento térmico, los tubos deben enderezarse a fin de alcanzar los valores adecuados de rectitud.

Los tubos pasan por una enderezadora de rodillos múltiples, donde se produce la flexión elástica. Cuando se flexiona el tubo, se produce una deformación plástica para convertir el tubo doblado en un tubo recto.

Los tubos giran debido a los ángulos de avance de los rodillos de la enderezadora.

Rodillos de la enderezadora

6 Controles no destructivos

Antes del acondicionamiento, se inspeccionan todos los tubos para detectar grietas y comprobar las características del acero. El equipo NDT típico se utiliza para detectar grietas longitudinales externas y defectos transversales externos e internos. Luego se cortan algunas muestras de tubos para realizar las diferentes pruebas requeridas por los estándares o clientes.
Los controles no destructivos comprenden los equipos siguientes:

- Magnatest
- Defectomat
- Circograph
- Controles por ultrasonido
- Medición de diámetro

Controles no destructivos

7 Corte

Una vez cortados los extremos, el tubo pasa a la sierra de varias entradas. Allí, pueden efectuarse dos tipos de corte:

- Corte de acuerdo con las especificaciones del cliente.
- Corte según las longitudes de fabricación.

Corte

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

8 Inspección

a **Inspección visual:** Los tubos se reciben en el bancal de inspección y se someten a una inspección visual.

b **Inspección dimensional:**
Se llevan a cabo las inspecciones siguientes:
•Diámetro interno y externo del tubo
•Espesor de pared
•Longitud del tubo

c **Inspección de superficie interna:** Se ilumina el interior del extremo de los tubos con una linterna para detectar defectos a lo largo de todo su interior.

d **Control de rectitud:** La rectitud del tubo puede verificarse visualmente, permitiendo la rotación del tubo en el bancal de salida.

e **Inspección de extremos:** Se realiza una inspección en los extremos del tubo a fin de verificar perpendicularidad, rebabas, abolladuras, chaflán, etc.

f **Empaquetado y acondicionamiento:** Después de la inspección visual, se mide la longitud del tubo. Luego, los tubos se estarcen y se envían a una escala volante donde se pesan para disponer los productos terminados en paquetes.

Por último, se llevan a cabo las operaciones de empaque, cosmética y protección superficial, según las especificaciones.

Paquete con fleje de acero

Tubos identificados listos para el despacho

Paquetes envueltos por estiramiento

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

Acabamos de describir el proceso de trefila en frío.

Sírvase responder las preguntas siguientes.

1 Indique la secuencia correcta de los siguientes pasos que integran el proceso de trefila en frío.

n°:	n°:	n°:	n°:	n°:	n°:	n°:

2 ¿En qué etapa se tratan los tubos de manera de alcanzar las propiedades deseadas (dureza, fluencia, resistencia, máxima tensión de rotura)?

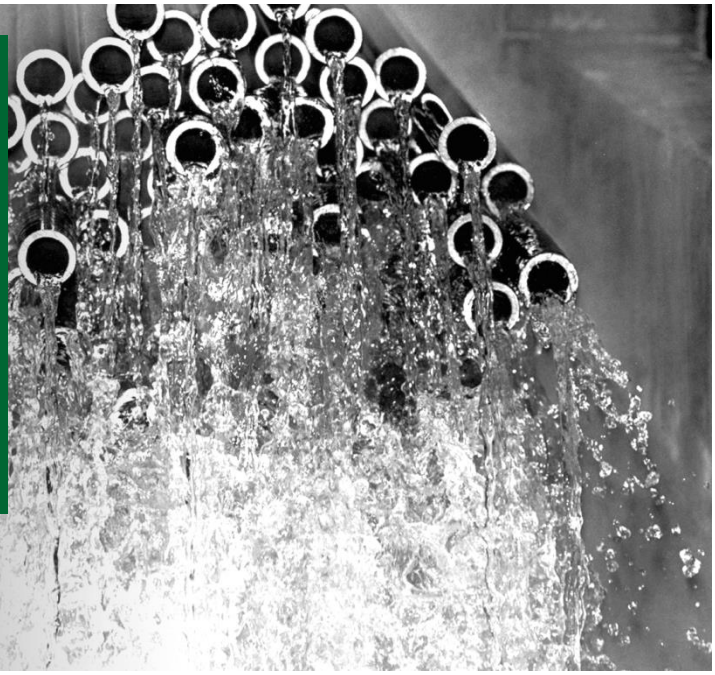
3 ¿Cuál es el objeto de forzar el tubo por una matriz?

4 ¿El control de rectitud es una actividad visual o automatizada?

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

8.2 Laminador peregrino en frío

El objetivo de este proceso también es reducir el tubo, mediante un mecanismo de dos rodillos reciprocantes.



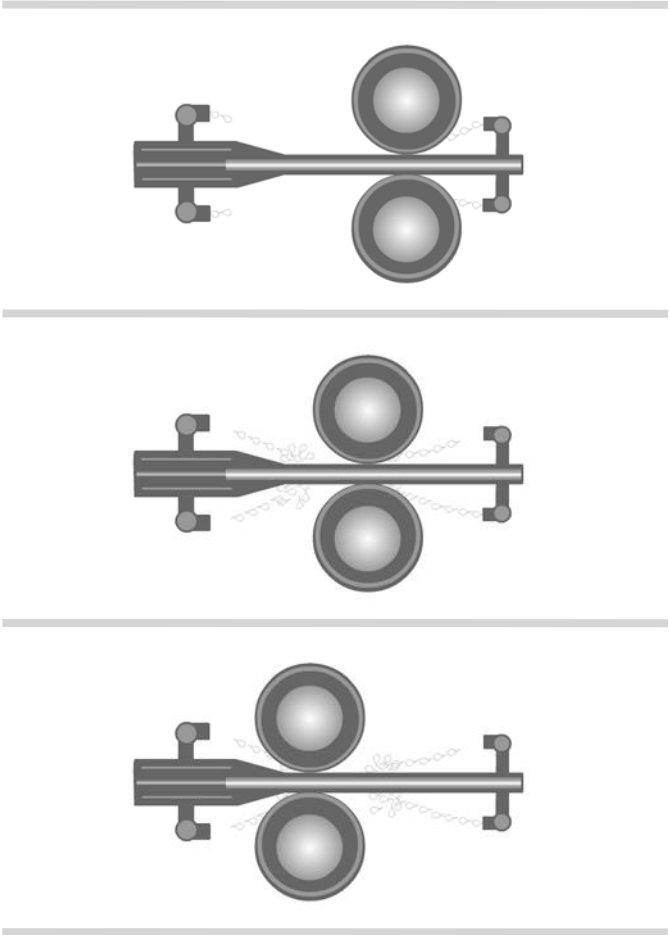
El laminador peregrino posee dos rodillos reciprocantes accionados por un mecanismo de manivela empotrada en una jaula móvil. Los atributos de diseño que distinguen los trenes de laminación en frío de tubos de laminadores peregrinos de tubos calientes son el movimiento reciprocante de la jaula de rodillos y el mandril estacionario.

Además, en la laminación periódica en frío, se utiliza todo el tubo, mientras que, en la laminación peregrina en caliente, debe descartarse una parte considerable.

En el proceso del laminador peregrino en frío, se lamina el tubo bajo compresión, para alcanzar así mayor reducción que con el proceso de trefila en frío.

La reducción máxima de área del laminador peregrino en frío es de aproximadamente 80%, mientras que en la trefila en frío, es sólo del 45%.

Los rodillos de trabajo, montados sobre rodamientos en la jaula, realizan un movimiento de balanceo durante la laminación, accionados por los engranajes montados en el cuello del rodillo.



Laminador peregrino en frío

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

8.3 Garrafas

Las garrafas son un tipo particular de recipiente a presión capaces de soportar una presión de hasta 300 bares.

Garrafas

El proceso de fabricación de garrafas de gas está compuesto por los pasos siguientes:

Las garrafas de gas se fabrican con tubos sin costura como material inicial. Deben cumplir con normas estrictas de calidad y confiabilidad. Las normas nacionales y los códigos de reglamentación vigentes en diversos países establecen estrictas recomendaciones de seguridad a fin de evitar el estallido y el colapso por fatiga durante la carga y la descarga.

Los principales gases comprimidos que pueden contener las garrafas son:

- VGS (vehículo de gas natural)
- Oxígeno
- Nitrógeno
- Hidrógeno
- Argón

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Pasos de fabricación de garrafas de gas

1

CORTE

Se cortan tubos de aleación especial (por lo general SAE 4130) con un ancho y diámetro externo específicos, a longitudes específicas según la capacidad del recipiente.
El proceso de corte suele efectuarse con sierras de banda, y el margen de longitud es de +/- 2 mm. El tubo resultante se conoce también como “pieza de trabajo”.

2

PRECALENTAMIENTO / FORMADO DE BASE / PUNZONADO

Se precalienta el extremo del tubo en un horno a inducción.
Durante el formado de la base, se inyectan gases para producir una atmósfera inerte y se cierra la base mediante presión de soldadura ejercida por dos rodillos modelados.
El extremo cerrado del tubo se moldea con una prensa hidráulica de alrededor de 500 toneladas. El óxido remanente en la parte interna donde se produjo la soldadura se quita con una fresadora.

3

FORMADO DE CABEZA Y CUELLO

La cabeza y el cuello se forman mediante un proceso de martilleo con 4 matrices que se mueven en condiciones de alta temperatura. Este proceso se realiza en forma alternada, mientras que el tubo avanza y gira. Se cierra el extremo del cuello mientras que todavía está caliente mediante una prensa.

4

TRATAMIENTO TÉRMICO

Una vez que las garrafas se cerraron en el fondo y en el cuello, se las somete a un tratamiento térmico. En el caso de garrafas de alta resistencia, el proceso consta de los pasos siguientes:
1.Horno de austenizado.
2.Tina de templado.
3.Horno de revenido.

En el caso de garrafas de baja resistencia, el tratamiento térmico consiste en un proceso de normalizado.

5

LIMIPIEZA EXTERNA

Después del tratamiento térmico, se limpia la superficie externa con un granallado metálico.

6

CND

La primera inspección de las garrafas se realiza midiendo la dureza. También, se somete el cuerpo de la garrafa de gas a un control por ultrasonido.

“Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

7

MECANIZADO DEL CUELLO / MONTAJE DE ACCESORIOS

El mecanizado del cuello se realiza con tornos a control numérico o CNC. Este proceso consiste en frentear, alesar y roscar el cuello para permitir la colocación del aro y la válvula.

Según el tipo de garrafa, se instalan los accesorios siguientes:
- Aro roscado.
- Anillo de base

8

PRUEBA HIDRÁULICA Y LIMPIEZA INTERNA

La prueba hidráulica se realiza aumentando la presión interna 1,5 veces la presión de trabajo. Luego, se lleva a cabo una inspección visual en el interior.

El granallado y el lavado se realizan para eliminar toda suciedad remanente del proceso de fabricación.

9

INSPECCIÓN CON MAGANFLUX

El cuello, la zona cilíndrica y la base de cada garrafa se controlan mediante una inspección electromagnética.

10

CERTIFICADO Y MARCACIÓN

Se pesan todas las garrafas y se verifica su volumen. Luego, se marcan sus cabezas punzonándose el número de identificación a fin de facilitar la trazabilidad de cada pieza.

11

LIMPIEZA INTERNA / PINTADO / DESPACHO

Para eliminar las virutas producto del mecanizado, se realiza un lavado a alta presión en el interior de la garrafa.

La última etapa del ciclo de fabricación es el pintado, que distingue el tipo de gas industrial y el cliente.

Se pinta la superficie granallada para proteger las garrafas de la corrosión.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

¿Cuánto conoce acerca del proceso de producción de garrafas de gas?

Sírvase indicar si los enunciados siguientes son verdaderos o falsos.

		VERDADERO	FALSO
1	Las garrafas de gas pueden fabricarse con tubos con o sin costura, como material inicial.	☐	☐
2	Las normas nacionales y los códigos de reglamentación recomiendan no llenar las garrafas de gas con oxígeno comprimido, debido al riesgo de explosión.	☐	☐
3	Antes del formado de la cabeza y el cuello, se precalienta el tubo.	☐	☐
4	Antes del formado de la base, el tubo se somete a un proceso de tratamiento térmico a fin de alcanzar las propiedades de dureza y resistencia deseadas.	☐	☐
5	Todas las garrafas de gas producidas por Tenaris pasan por controles no destructivos.	☐	☐
6	Todas las garrafas se pesan y se verifica su volumen.	☐	☐
7	En todas las garrafas se estampa el número de identificación a fin de permitir la trazabilidad de cada pieza.	☐	☐

¡Felicitaciones! Usted ha finalizado el Capítulo 8. A continuación, se desarrollará el capítulo sobre otros procesos.

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

9

Otros procesos

Tenaris es la única empresa del mundo que produce varillas de bombeo y cuplas totalmente integradas. Desde sus plantas de Argentina y Brasil, elabora productos especializados para satisfacer todas las necesidades.

TEMAS DEL CAPÍTULO 9

9.1 Confab Equipamentos 99

9.2 Varillas de bombeo en San Luis, Argentina 103

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

9.1 Confab Equipamentos

Confab Equipamentos es la marca empleada por la unidad de equipamientos de Confab Industrial S.A, que produce una gran diversidad de equipamientos industriales.

Con plantas de fabricación ubicadas en Moreira César, Pindamonhangaba (SP), esta unidad produce equipamiento industrial para los segmentos siguientes:

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

Con tecnologías propias o en asociación con diversas empresas, Confab Equipamentos brinda sistemas completos para los segmentos en los que opera, trabajando estrechamente con el cliente desde la etapa de diseño hasta la puesta en marcha de proyecto.

Unidad de equipamientos	
Superficie total	904.239 m2
Superficie construida	83.700 m2
Capacidad de producción	1 millón horas hombre/año
Volumen máximo de equipamiento	30.000 toneladas/año

Servicios brindados por Confab Equipamentos

Confab Equipamentos está capacitada para brindar los siguientes servicios especializados e innovadores:

• Logística integrada, desde los insumos hasta la entrega del producto final al cliente,
•Uso de software especial para cálculos complejos (fatiga térmica, elementos finitos, etc.),
• Administración de los equipos y conjunto completo de la planta,
• Planificación y administración de todas las actividades para el abastecimiento de plantas completas llave en mano,
• Control total de gestión (PMI) – Administración de contratos,
Ingeniería propia:
•- Básica: mecánica / proceso.
•- De detalle: uso de materiales, diseños, lista de despacho, etc.
•- Asistencia técnica, puesta en servicio y arranque.
•- Servicios posteriores a la puesta en marcha.
• Uso de CAD, Inventor, Compress, PDMS, Microstation software, etc.

Confab Equipamentos – Moreira Cesar, Brasil

"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

ACTIVIDAD

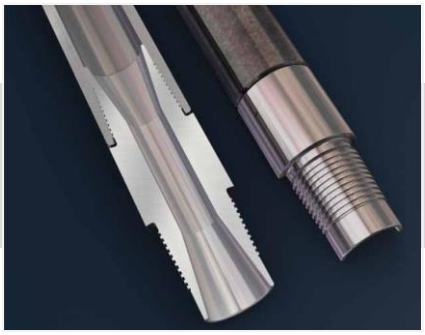
Mencione los segmentos para los cuales Confab produce equipamientos industriales.

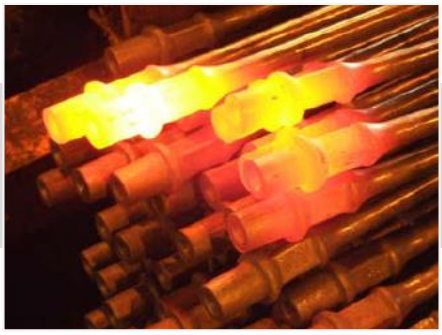
"Confidencial y propiedad de TENARIS u otorgada a TENARIS bajo licencia".

9.2 Varillas de bombeo en San Luis, Argentina

Las varillas de bombeo se producen principalmente en Villa Mercedes, provincia de San Luis (Argentina) y en Moreira César (Brasil).

Desde la elaboración del acero con materia prima hasta las varillas de bombeo y las cuplas, todo el proceso se desarrolla en las plantas de Tenaris. Allí se produce la línea completa de varillas de bombeo API y, por supuesto, la gama completa de productos Premium y bombas de cavitación progresiva en línea (BCP). Éstas poseen un rendimiento excepcional en condiciones extremas tales como cargas pesadas, ambientes corrosivos y situaciones que requieren un mayor control de la fricción entre la tubería de conducción (tubing) y las varillas.
Además de estos productos, Tenaris ofrece servicios relacionados a cargo de un equipo de profesionales que, entre otras responsabilidades, brinda asistencia técnica especializada en las operaciones de campo.





"El presente documento y toda la información que contiene son propiedad de TENARIS S.A. y/o sus empresas afiliadas ("TENARIS"), o bien han sido otorgados a estas empresas bajo licencia.
Se prohíbe copiar, volver a copiar, reproducir, traducir, revelar, adaptar, modificar, distribuir a terceros o utilizar de otro modo el presente documento y toda la información que contiene, con cualquier fin, sin la autorización expresa previa por escrito de TENARIS.
TENARIS deslinda toda responsabilidad por cualquier pérdida, daño o lesión que pueda resultar del uso de la información incluida en el presente.
Todos los derechos reservados".

En este punto finaliza la explicación sobre otros procesos. ¡Felicitaciones! Ha finalizado el curso Procesos de Producción.