

## Cañerías de acero y alloys

### Introducción

Cañería es aquel ducto destinado a la conducción de fluidos, sean éstos gases, líquidos, sólidos o pulpas.

En nuestro medio distinguimos una **cañería** (pipe) de un **tubo** (tube) fundamentalmente por sus medidas.

La cañería tiene un diámetro nominal que no corresponde ni al diámetro externo ni al interno. En cambio, el tubo tiene un diámetro nominal que coincide con el diámetro real externo. Hay también diferencias de espesor de pared. La cañería, destinada a aplicaciones a mayor presión, tiende a ser más gruesa que el tubo.

Es tal la diversidad de usos de las cañerías, que se fabrican con una diversidad de materiales, usando diferentes métodos de fabricación. Son sometidas a diferentes tratamientos térmicos, una vez terminadas, para lograr características adecuadas, de resistencia mecánica y resistencia a la corrosión, de ser éstas propiedades requeridas por la aplicación. También son sometidas a diferentes ensayos para asegurar su calidad.

De todos estos aspectos, se encargan las normas de fabricación y de medidas, que existen en gran número y han sido estudiadas y escritas por diferentes instituciones, tales como ASTM (American Society for Testing and Materials), API (American Petroleum Institute), DIN (Deutsches Institut für Normung), ANSI (American National Standards Institute).

Restringiremos el tema a las cañerías de acero (en sus diversos tipos) y aleaciones especiales (aleaciones de níquel y de titanio), cubriendo los aspectos de métodos de fabricación, tratamientos térmicos, pruebas o ensayos y medidas, con sus tolerancias.



### Fabricación

La **cañería con costura** (soldada) se fabrica a partir de láminas angostas (flejes) en un proceso continuo. El fleje es empujado longitudinalmente por una serie de rodillos laterales que lo van doblando gradualmente, hasta tomar la forma cilíndrica, en que los bordes del fleje quedan topándose. Estos bordes de tope, se unen mediante un proceso de soldadura continua, cuya calidad es controlada simultáneamente.

La soldadura puede ser autógena o con aporte de material. En el primer caso se puede recurrir a una soldadura por resistencia eléctrica ERW o a una soldadura por corriente inducida por alta frecuencia HFI. En el segundo caso se recurre a una soldadura al arco sumergido SAW, la que es especialmente apta para espesores mayores de pared...

## FABRICACIÓN/TRATAMIENTO TÉRMICO

..... La cañería ya soldada es sometida a una eliminación del exceso de soldadura por el exterior e interior. A veces el cordón de soldadura es forjado en frío para lograr un estructura cristalina y propiedades similares al resto de la cañería. Luego se corta a la medida. Opcionalmente, la cañería puede ser sometida a tratamiento térmico, decapado y acabado de superficie.

La cañería sin costura es fabricada por procedimientos totalmente diferentes. Básicamente se comienza por fabricar un cuerpo cilíndrico hueco mediante la acción de un madril sobre una porción cilíndrica del acero (billet) previamente calentado al rojo, alojada dentro de un molde, hasta perforarlo (pierce). Luego este cuerpo hueco, siempre al rojo, es estirado (draw) empujándolo y con un madril en su interior, a través de un orificio de menor diámetro. Alternativamente puede ser sometido a la acción exterior, en caliente, de rodillos rotantes excéntricos que reducen el diámetro de la cañería que avanza y que rota sobre su eje, mientras que en su interior se mantiene un mandril para ajustar el diámetro interno (pilgering). También puede usarse un proceso de extrusión en caliente.

Para ciertos casos se opta por procesos de estirado o de pilgering en frío, los que conducen a obtener un mejor acabado de la superficie y una mayor precisión de las medidas y propiedades mecánicas mejores. Es necesario incluir etapas de enderezado para asegurar la linealidad de la cañería. Luego se corta a la dimensión deseada. Opcionalmente se incluyen etapas de tratamiento térmico y de decapado.

### Tratamiento térmico

Cuando el proceso de fabricación involucra un calentamiento del material a temperaturas altas, ya sea el total de la pieza (cañerías sin costura) o en zonas localizadas (cañería con costura), se produce un cambio estructural del metal que modifica tanto sus propiedades mecánicas como sus propiedades de resistencia a la corrosión.

La norma específica de una cañería, diseñada para una aplicación particular, se preocupa de este aspecto, especificando el tratamiento térmico necesario, según el material. En general el tratamiento térmico combina a lo menos, las etapas de (1) calentamiento, (2) mantención de la pieza a una temperatura y (3) enfriamiento. Dependiendo de la finalidad del tratamiento térmico varían tanto las temperaturas recomendadas para cada etapa como la duración de cada etapa y muy importante en la etapa de enfriamiento, la velocidad de enfriamiento.

Los tipos de tratamientos se conocen por nombres propios tales como:

#### Recocido a disolución (solution annealing):

Se calienta el material a una temperatura adecuada durante un tiempo adecuado para lograr que algunos componentes pasen a la disolución sólida, seguido de un enfriamiento rápido para que estos permanezcan en disolución.

#### Revenido (tempering):

Recalentamiento de un material (previamente normalizado o endurecido y templado), a una temperatura inferior de la de transformación y luego enfriado a una velocidad adecuada

#### Normalizado (normalizing):

Calentamiento de un material a una temperatura superior a la de transformación y enfriado al aire hasta una temperatura muy inferior a la de transformación

#### Templado (quenching):

Enfriamiento rápido

Aliviado de tensiones (stress relieving):

Calentamiento a una temperatura apropiada, manteniendo por un tiempo suficiente para reducir las tensiones y luego enfriando lentamente para evitar tensionamiento.

#### Envejecido (ageing):

Cambio en las propiedades de un material a temperatura ambiente o levemente elevada después de un forjado en caliente, tratamiento térmico o forjado en frío. Puede a veces deberse a un cambio de fases (precipitación).

## PRUEBAS Y ENSAYOS

Las cañerías son sometidas a una serie de pruebas y ensayos durante su proceso de fabricación y una vez terminadas, según sean las exigencias de la norma particular, orientada a un tipo de aplicación puntual. Hay ciertas exigencias y pruebas básicas que son comunes a muchas normas particulares, por lo que se resumen en una forma general (ASTM A530).

### Pruebas mecánicas

El detalle y la descripción de las pruebas mecánicas, se resumen en la norma ASTM A370. Cada norma particular especifica cuales de estas pruebas son necesarias:

- **Pruebas de tensión:**

consiste en determinar el "límite elástico" (cuando al material se deforma en un cierto %), la "tensión de ruptura" (cuando el material se rompe), la "elongación" (% de alargamiento en el punto de ruptura) y la "reducción de área" (% de reducción en el punto de ruptura).

- **Pruebas de flexión:**

determina la ductilidad del material frente a ensayos de doblado.

- **Pruebas de dureza:**

Determina la resistencia de material a la penetración y puede correlacionarse con la tensión de ruptura. Escalas comunes son dureza Brinell(HB) y dureza Rockwell(HR) especificando la escala B o C (ejemplo escala C se indica HRC).

- **Pruebas de impacto(Charpy V-notch):**

Para aceros que pierden la ductilidad a baja temperatura y se vuelven quebradizos. Puede especificarse valores mínimos requeridos de energía absorbida en el impacto(lateral), apariencia de la fractura, expansión lateral observada o una combinación de éstos a una temperatura especificada. También puede requerirse ensayos en un rango de temperaturas, para determinar temperaturas de transición a la cual se alcanza una determinada energía absorbida en el impacto o apariencia de la fractura.

- **Pruebas de manipulación:**

Se relaciona con la ductilidad necesaria para las operaciones de fabricación en que se utilizará el producto tubular. Estos ensayos son: "pruebas de aplastamiento", "pruebas de aplastamiento inverso", "prueba de compresión", "prueba de pestañado", "prueba de rebordeado", "prueba de doblado".

### Prueba hidrostática

Cada tira de cañería es sometida a una prueba hidrostática que produce en la pared una tensión no inferior al 60% del límite elástico mínimo especificada para ese material (aceros al carbono y aceros aleados ferríticos) o 50% del límite elástico mínimo especificado (aceros aleados austeníticos). La presión hidrostática aplicada y la tensión resultante se relacionan por la fórmula de Barlow:

$$P=2St/D$$

En que

P = presión hidrostática (psi o Mpa)  
S = tensión en la pared de la cañería (psi o Mpa)  
t = espesor de pared nominal (pulgadas o mm)  
D = diámetro externo (pulgadas o mm)

Independientemente de los valores de presión hidrostática calculados de la fórmula de Barlow, rigen los siguientes límites máximos de presión hidrostática usados:

2500 psi (17.0 Mpa) para  $D \geq 3.5$  pulgadas  
2800 psi (19.0 Mpa) para  $D > 3.5$  pulgadas

la cañería es mantenida a la presión de prueba a lo menos 5 segundos sin que se produzcan fugas. La costura debe ser inspeccionada en toda su longitud.

El cliente puede solicitar otros valores de presión de prueba y acordados con el fabricante.

## **OTROS ENSAYOS**

### ***Ensayo de composición***

Muchas normas especifican el análisis químico del material de la colada para asegurar al cliente que el acero esta dentro de la norma en cuanto a composición. El número de muestras por lote a analizar está explícitamente establecido.

### ***Ensayos no destructivos***

En reemplazo de las pruebas hidrostáticas puede recurrirse a "ensayos con ultrasonido" (se marca UT) para detectar fallas en la aleación o "ensayos por corrientes en remolino" (se marca ET) para detectar discontinuidades en el metal.

Estas pruebas se aplican después de cada etapa de procesado mecánico de la cañería, tratamiento térmico o enderezado. Un ensayo por rayos X de las costuras puede ser requerido por el usuario (se marca RT).

### ***Ensayo de corrosión intergranular***

La norma ASTM A262 da los detalles de estos ensayos aplicados a aceros austeníticos para determinar su susceptibilidad a la corrosión intergranular, mediante la acción de diversas soluciones corrosivas de ensayo (práctica A, B, C, E, F).

Algunos ensayos permiten clasificar visualmente los resultados como aceptable o no-aceptable. Otros en cambio dan información cuantitativa en base a pérdida de peso, que permite determinar la susceptibilidad relativa a la corrosión intergranular, de diferentes materiales.

### ***Ensayo de tamaño de grano***

El tamaño de grano se determina por observación al microscopio de una muestra debidamente pulida y atacada, con una disolución corrosiva adecuada, del acero o aleación.

El tamaño de grano determina una serie de propiedades mecánicas de resistencia del material (resistencia a la fractura, resistencia a la fatiga), siendo a veces conveniente un tamaño de grano fino y otras veces un tamaño de grano grueso. El tamaño de grano está íntimamente relacionado con el tratamiento técnico aplicado al material. Los detalles de ensayo y evaluación de los resultados está descritos en la norma ASTM E 112.

### ***Medidas y tolerancias***

Las medidas de diámetro, espesor de pared y peso/metro de cañerías en USA, han sido estandarizadas por la ANSI, existiendo dos tablas de medidas complementarias ANSI B 36.10 y ANSI B 36.19. Los diámetros externos en pulgadas son diámetros nominales (NPS), siendo el diámetro real siempre mayor que el NPS hasta NPS < 14".

Los espesores de pared son expresados en un número arbitrario llamado Schedule (SCH), cuya equivalencia en pulgadas o mm varía según el NPS de la cañería. De este modo el espesor SCH 10 no es igual en cañerías de pequeño diámetro que en cañerías de mayor diámetro.

Dentro de la norma general A530 se especifica tolerancias de peso de cañerías (+10%, -3.5% hasta NPS 12"; +10%, -5% sobre NPS 12"), tolerancia de espesor de pared (+ (15-20)%, -12.5% según NPS), variación de diámetro interno (+0,-1/16"), variación de diámetro externo (+ (0.015" -0.187"), -0.031" según NPS), variación de longitud (+1/4")