

Parte III

Para el Ingeniero de Diseño

Diseño para servicios corrosivos

Se puede hacer mucho en la ingeniería de detalle para mejorar la resistencia a la corrosión y obtener mejores prestaciones de grados de acero inoxidable menos costosos.

Hay dos reglas de oro:

1. DISEÑAR PARA PERMITIR UN DRENAJE LIBRE Y COMPLETO.
2. ELIMINAR O SELLAR HENDIDURAS EN LAS SOLDADURAS

Fondos de tanques

Las Figuras 14-1 a 14-6 muestran seis diseños comunes de fondos de tanques. El diseño de fondo plano con ángulos rectos de la Figura 14-1 invita a una falla temprana desde el interior, en la soldadura de la esquina, donde el sedimento se acumulará, incrementando la probabilidad de la corrosión por rendijas. La humedad que penetra desde el exterior entre el fondo plano y la base dará lugar a una corrosión por rendijas en el fondo.

El fondo redondeado que se muestra en la Figura 14-2 es mucho más resistente en el interior, pero es igualmente malo que el anterior en el exterior, dado que la condensación se dirige directamente hacia la rendija entre el fondo del tanque y la base. El enlucido que se usa para desviar dicha condensación, en la Figura 14-3, ayuda inicialmente, pero pronto se rajará y comenzará a necesitar mantenimiento. La pollera que se muestra en la Figura 14-4 es el mejor diseño para tanques con fondo plano. Los fondos cóncavos apoyados en la base o soportados, como se muestra en las Figuras 14-5 y 14-6, son muy buenos y superiores a los fondos planos, no sólo desde el punto de vista de la resistencia a la corrosión, sino también a la fatiga. Las tensiones de fatiga del llenado y vaciado del tanque a menudo se consideran en el cálculo, pero pueden ser significativas y conducir a fallas en los tanques de fondo plano. Los diseños cóncavos pueden soportar mejor cargas de fatiga más grandes que los fondos planos.

Salidas de fondos de tanque

El agua que se deja permanecer en el fondo de tanques de acero inoxidable, han sido causantes de fallas en agua común y salina. Las salidas de costado y centro que se muestran en las Figuras 14-7 y 14-8 facilitan una construcción sencilla, pero invita a una falla prematura en el fondo de los tanques. No sólo queda una capa de agua estancada sino que tampoco el sedimento se puede sacar. Las salidas de costado y fondo que se muestran en las Figuras 14-9 y 14-10 permiten que el fondo pueda ser drenado completamente y toda la basura y sedimento sea lavado, dejando el fondo limpio y seco. Los diseños con

pendiente que se muestran en las Figuras 14-11 y 14-12 hacen más fácil la limpieza y desagote.

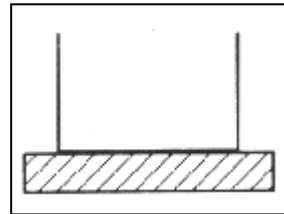


Figura 14-1 Fondo plano, bordes en ángulo - el peor

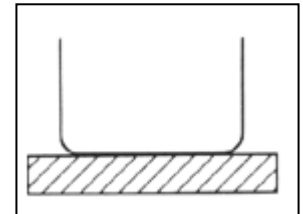


Figura 14-2 Fondo plano, bordes redondeados - bueno en los bordes, exterior pobre

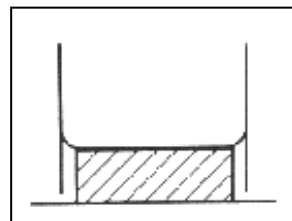


Figura 14-3 Fondo plano, bordes redondeados, enlucido - pobre adentro, pobre afuera

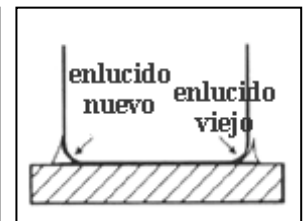


Figura 14-4 Fondo plano, bordes redondeados, pollera, bueno adentro, bueno afuera

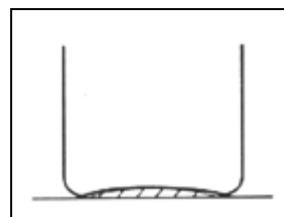


Figura 14-5 Fondo cóncavo, bordes redondeados - bueno adentro, bueno afuera, resistente a la fatiga

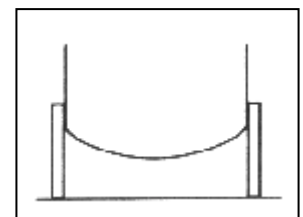


Figura 14-6 fondo cóncavo - mejor adentro, mejor afuera, resistente a la fatiga

Soldaduras en las esquinas del fondo

Cuando las paredes laterales forman un ángulo recto con el fondo, el filete de soldadura a menudo no es tan liso como se muestra en la Figura 14-13. Generalmente es áspero y varía en el ancho para compensar fallas de ajuste. Debido a la localización, es muy difícil esmerilar la soldadura. Los sedimentos tienden a aglomerarse y es difícil eliminarlos, dando lugar a un tipo de ataque en rendijas debajo del sedimento. A menos que se suelde desde afuera, como se muestra en la Figura 14-14, la hendidura también es susceptible de ataque por rendijas. Redondeando el ángulo y moviendo la soldadura a la pared lateral se supera esta dificultad, como se muestra en la Figura 14-15. Esta construcción ha mejorado mucho la

resistencia a la corrosión y tiene mucha mejor resistencia a la fatiga.

Uniones y estructuras

Todas las uniones crean sitios potenciales para el ataque por rendijas. La figura 14-16 muestra un ángulo soporte de bandeja con soldaduras intermitentes, adecuadas desde el punto de vista de la resistencia, pero existe una rendija entre el ángulo y la pared interior del recipiente, que pronto se llenará con sedimentos y podrá dar lugar a una falla prematura por corrosión en rendijas. La Figura 14-17 muestra el mismo soporte de bandeja con una soldadura continua que sella la parte superior y evita que material indeseado pueda introducirse entre el ángulo y la pared. Está todavía abierto desde el fondo, pero es mucho menos probable que pueda introducirse material extraño. La Figura 14-18 muestra una soldadura que sella completamente la fisura entre el soporte y la pared.

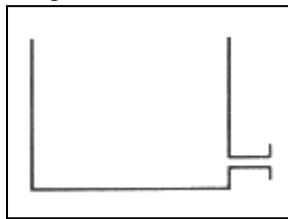


Figura 14-7 Salida de costado, arriba del fondo - pobre.

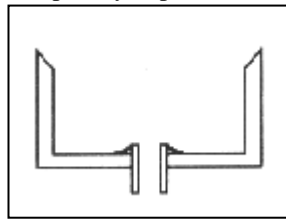


Figura 14-8 Salida al centro, arriba del fondo - pobre.

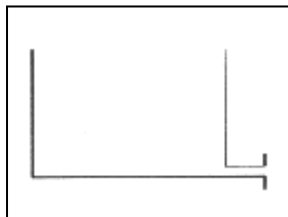


Figura 14-9 Salida de costado, drenable - bueno

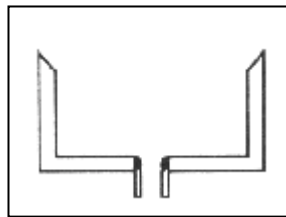


Figura 14-10 Salida al centro, deprimida - bueno

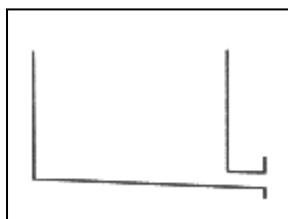


Figura 14-11 Salida de costado, drenable, con pendiente - la mejor

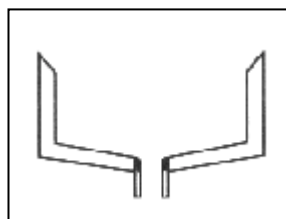


Figura 14-12 Salida al centro, deprimida, con pendiente - la mejor

La Figura 14-19 muestra una planchuela de refuerzo a la cual se sueldan otros elementos. La soldadura intermitente crea una fisura entre el refuerzo y la pared, que puede dar lugar a un fallo prematuro. Toma realmente poco tiempo completar el cordón de soldadura para que selle completamente el refuerzo, lo cual siempre se debe hacer. Es una buena práctica taladrar un pequeño agujero en la pared exterior, y siempre se debe hacer si el recipiente recibirá un tratamiento térmico para disminuir

tensiones, de otra manera la expansión del aire atrapado podría dañar la pared del recipiente.

La Figura 14-21 muestra ángulos estructurales posicionados de tal manera que puedan drenar, un factor importante en la parada y limpieza. Los ángulos nunca se deben poner como en la parte superior de la Figura 14-22. La mejor posición, que permite un completo drenaje, se muestra en la vista inferior.

Cuando se usan canaletas, se deben practicar agujeros de drenaje cada 300 mm en el centro, a menos que se posicione como se muestra en la vista de la derecha de la Figura 14-23.

Los baffles en tanques e intercambiadores de calor crean espacios muertos donde el sedimento puede acumularse y la limpieza es muy dificultosa. La Figura 14-25 muestra un corte en la esquina inferior del baffle en un tanque y la Figura 14-26 un corte en la porción inferior de un plato de soporte de un intercambiador de calor. Ambos arreglos reducen la acumulación de sedimentos y facilitan la limpieza.

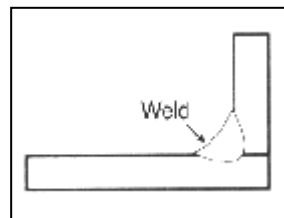


Figura 14-13 Esquina soldada desde adentro - pobre adentro, peor afuera

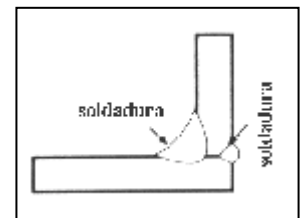


Figura 14-14 Esquina soldada desde ambos lados - pobre adentro, bueno afuera

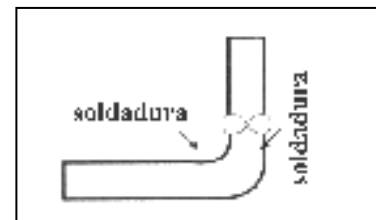


Figura 14-15 Soldadura en la pared en lugar de la esquina - la mejor adentro, bueno afuera, resistente a la fatiga

Calentadores y entradas

Los calentadores deben ser colocados de tal manera que no causen puntos calientes en las paredes del recipiente. En la Figura 14-27, la mala localización de los calentadores crea puntos calientes en la pared del recipiente, lo cual puede resultar en una corrosión mayor en el área comprendida entre el calentador y la pared. Un buen diseño evita los puntos calientes colocando el calentador en una posición central.

Cuando a un recipiente se agrega una solución concentrada, no debe ser introducida en el costado, como se muestra en el diseño de la Figura 14-28. La introducción en el costado causa concentración y mezclado desparejo en la pared lateral. Con un buen diseño, la mezcla tiene lugar lejos de la pared lateral. Es también una buena práctica introducir la alimentación

debajo del nivel del líquido para evitar las salpicaduras y secado por encima de la línea de líquido.

Soldaduras de los caños

A menudo es conveniente, en los caños de poco diámetro, enchufarlos y soldarlos antes que soldarlos a tope, como en la Figura 14-29. En caños de diámetro mayor, por arriba de 50 mm, se usa habitualmente un anillo de respaldo, como se muestra en la Figura 14-30.

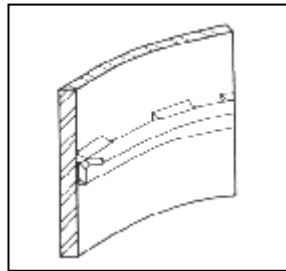


Figura 14-16 Soporte de bandeja, cordones de soldadura discontinuos - soporte adecuado, corrosión severa

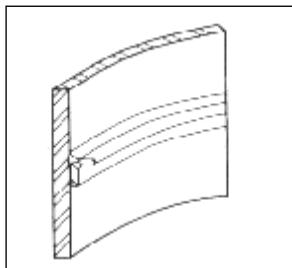


Figura 14-17 Soporte de bandeja, sello completo, soldado arriba - buena resistencia a la corrosión

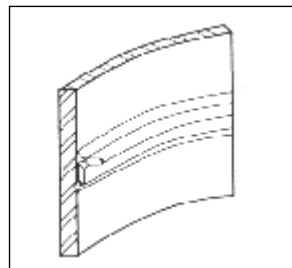


Figura 14-18 Soporte de bandeja, sello completo, soldado arriba y abajo - la mejor resistencia a la corrosión

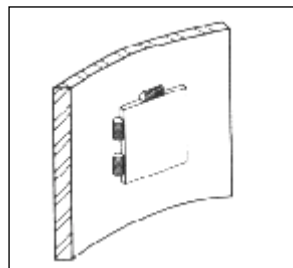


Figura 14-19 Planchuela de refuerzo, cordón de soldadura discontinuo - adecuada resistencia

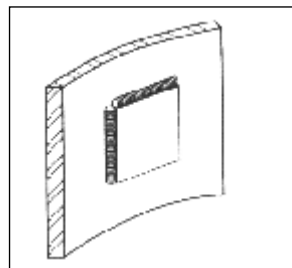


Figura 14-20 Planchuela de refuerzo, sellada por soldadura - la mejor resistencia a la corrosión

Ambos diseños pueden ser satisfactorios para aquellos servicios donde la aleación de acero inoxidable tiene una adecuada resistencia a la corrosión en rendijas. Debido a la hendidura formada, estos diseños llevan a una corrosión innecesaria en ambientes agresivos, y no son recomendadas. El anillo de respaldo tiene la desventaja adicional de proyectarse dentro del flujo de la corriente, lo cual a su vez puede causar acumulación de sedimentos o turbulencia innecesaria.

Muy a menudo las cañerías de acero inoxidable se instalan como calidad comercial, esto es sin imponer los códigos estándar tales como la ASME o la American

Petroleum Institute, API, las cuales requieren una penetración completa de la soldadura a tope. Cuando los procedimientos no requieren una penetración completa, es muy común tener una soldadura que se ve hermosa en el exterior, pero con penetración incompleta en el interior, tal como se muestra en la Figura 14-31. Muchas fallas debidas a fisuras fueron originadas por penetración incompleta en la primera pasada de soldadura a tope de caños.

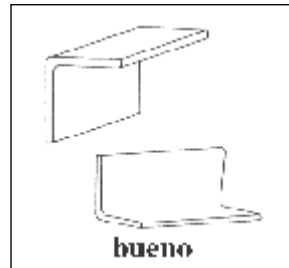


Figura 14-21 Posición de ángulos

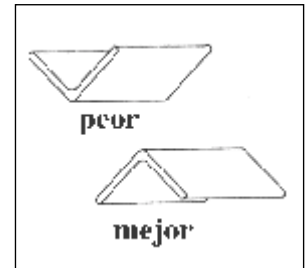


Figura 14-22 Posición de ángulos

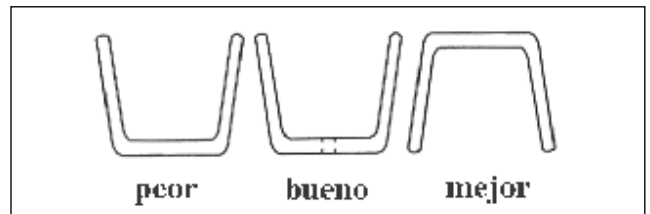


Figura 14-23 Posición de canaletas

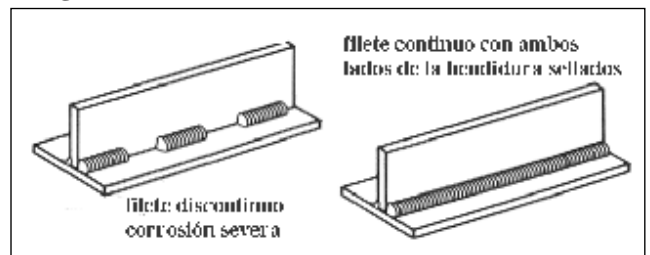


Figura 14-24 Vigas de soporte

Dado que la norma ASTM no cubre la fabricación, las especificaciones deben indicar penetración completa y superficie interior lisa para las soldaduras a tope, cuando no están cubiertas por otras especificaciones.

El procedimiento que se prefiere para la soldadura a tope de caños para asegurar la alta calidad de la primera pasada de soldadura es el uso de TIG, con respaldo de gas inerte. En las soldaduras manuales, es normal el uso de metal de aporte o insertos consumibles. La Figura 14-32 muestra algunos diseños estándar de insertos consumibles. Las soldaduras adecuadamente realizadas, con cualquier técnica, puede lograr una superficie interna libre de fisuras, con un mínimo de concavidad o convexidad en el cordón de soldadura.

El método de alimentación manual de metal de aporte se usa ampliamente en la industria de procesos químicos, pero la experiencia de la compañía o del soldador influencia fuertemente la selección. Es importante que el cordón de soldadura de la primera pasada tenga una cantidad adecuada y uniforme de metal de aporte fundido dentro de la soldadura, para lograr la mejor resistencia a

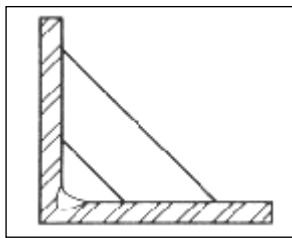


Figura 14-25 Esquina de baffle cortada - buena

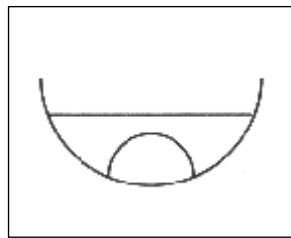


Figura 14-26 Baffle de intercambiador de calor cortado - buena

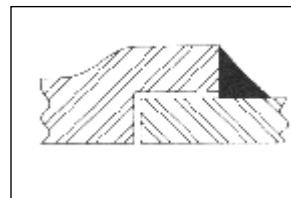


Figura 14-29 Soldadura de enchufe - corrosión severa

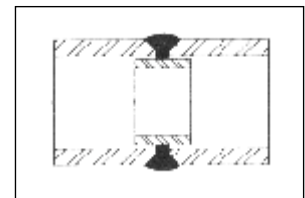


Figura 14-30 Soldadura de caño hecha con anillo de respaldo - corrosión severa

la corrosión. Esta adición se obtiene sin esfuerzo mediante el uso de insertos consumibles o por soldadores experimentados utilizando el método de alimentación manual.

Hay un número de máquinas TIG automáticas disponibles para realizar la primera pasada de soldadura y efectuar soldadura de relleno. La primera pasada puede ser hecha usando un inserto, con alimentación automática de alambre o, en caños con pared delgada, soldar en una sola pasada sin agregado de metal de aporte. El contorno del cordón de soldadura interior es muy consistente y es un excelente proceso para utilizar cuando los costos no son el factor decisivo. La soldadura automática TIG es ventajosa para tubos y caños de 50 mm de diámetro y menos.

necesidad de maquinado o esmerilado de la soldadura en la cara de la brida, como en la *Figura 14-34*. Ambos arreglos son adecuados cuando la brida es del mismo material que el caño. Ninguno es adecuado cuando se utilizan bridas de acero común con caños de acero inoxidable. En este caso se prefiere un collarín, como se muestra en la *Figura 14-35*. En el caso de cañerías presurizadas, el diseño de la brida estará de acuerdo con el diseño aplicable o las especificaciones de fabricación.

Para que las cañerías y las tuberías de intercambiadores de calor drenen completamente, es necesario dar una pendiente a la cañería o a los tubos de los intercambiadores de calor lo suficiente como para que el agua pueda drenar y no quede atrapada donde el caño o tubo se comben ligeramente entre los soportes. La figura 14-36 muestra cómo una película acuosa tiende a permanecer en las salidas horizontales de caños o tubos, y cómo el agua drena cuando existe una pendiente.

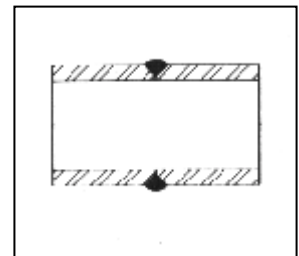


Figura 14-31 soldadura de caño con penetración incompleta - corrosión severa

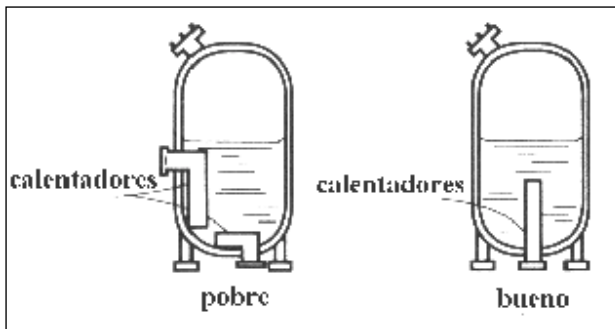


Figura 14-27 Diseños pobre y bueno para la localización de calefactores en un recipiente

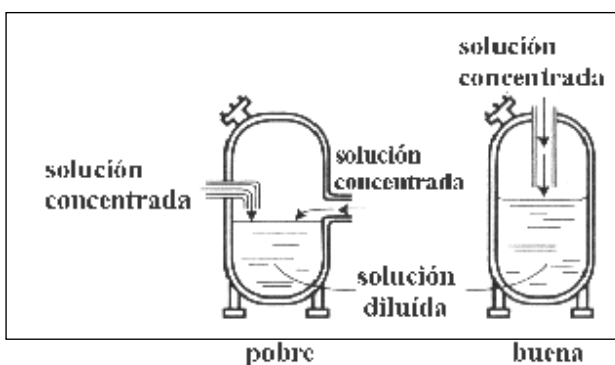


Figura 14-28 Diseños pobre y bueno para mezclar soluciones concentradas y diluidas

Las *Figuras 14-33, 14-34 y 14-35* muestran tres buenos diseños para la soldadura de bridas a caños. El arreglo deprimido mostrado en la *Figura 14-33* evita la

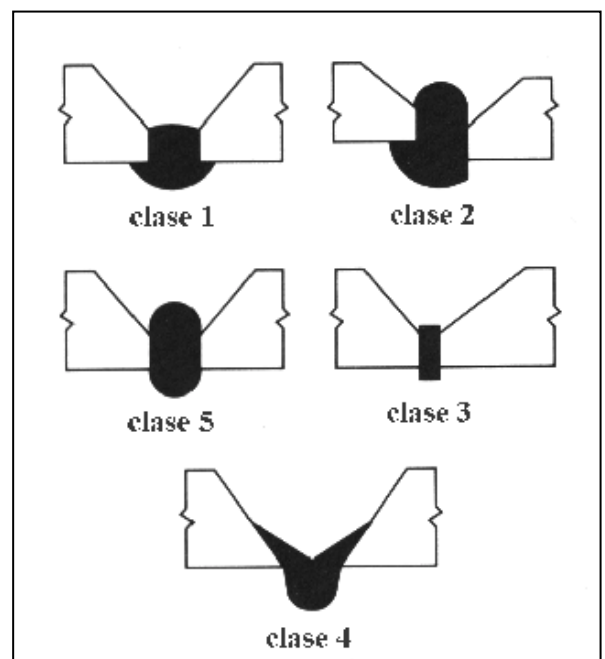


Figura 14-32 Insertos consumibles estándar

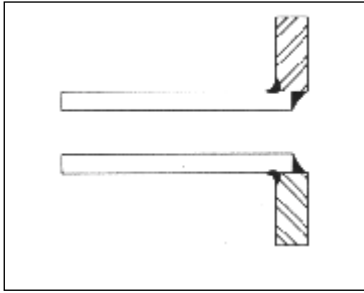


Figura 14-33 Caño deprimido, brida y caño misma aleación - bueno

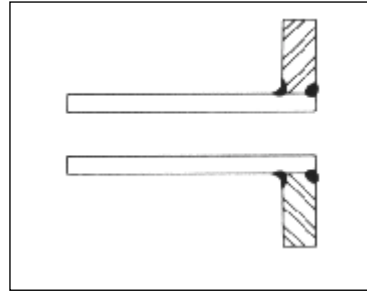


Figura 14-34 Brida y caño al mismo nivel, misma aleación - mejor

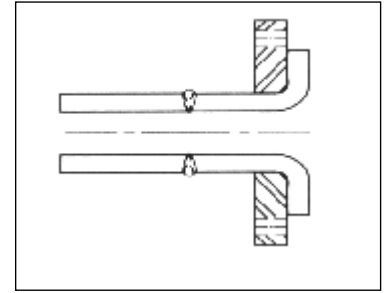


Figura 14-35 Collarín, brida de acero al carbono o hierro - muy bueno

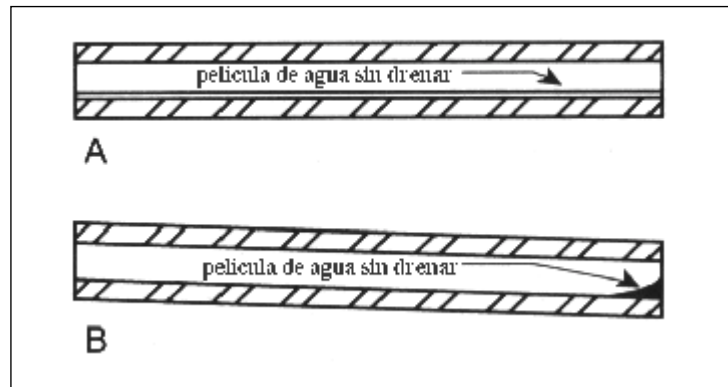


Figura 14-36 (A) horizontal (estándar) - pobre
(B) horizontal con pendiente - muy buena

Apéndice A

Especificaciones para fabricaciones soldadas de acero inoxidable

ASTM A240 - "Heat resisting chromium and chromium-nickel stainless steel plate, sheet and strip for pressure vessels"

Es una especificación básica para fabricaciones soldadas de acero inoxidable. Requiere Templado por disolución en la Usina. Esta especificación incluye 40 grados austeníticos, 4 dúplex y 16 ferríticos. Precaución: se debe tener cuidado en seleccionar los grados más bajos en carbono o estabilizados para servicios resistentes a la corrosión. Los grados altos en carbono se utilizan principalmente en aplicaciones que requieran resistencia a la temperatura.

ASTM A262 - "Detecting susceptibility to intergranular attack in austenitic stainless steel"

Es una especificación suplementaria que cubre cinco pruebas que pueden ser incluidas en los documentos de fabricación cuando se requiera la máxima resistencia al ataque intergranular. Cuando se usa la A262, los criterios a ser encontrados en la prueba deben ser incluidos como criterios pasa / no pasa, y no son parte de la A262.

ASTM A264 - "Stainless chromium-nickel steel-clad plate, sheet and strip"

Es la especificación para construcción revestida, usando grados austeníticos cubiertos por la A240.

ASTM A265 - "Nickel and nickel-base alloy-clad steel plate"

Es la especificación para construcción revestida usando los 10 grados de aleación más alta de níquel.

ASTM A312 - "Seamless and welded austenitic stainless steel pipe. "

ASTM A403 - Wrought austenitic stainless steel piping fittings."

Son las especificaciones más antiguas para caños de aceros inoxidables austeníticos utilizados en ambientes

agresivos, desarrolladas y ampliamente usadas por la industria química. Ambos productos requieren un temple por disolución después de la soldadura. La mayoría de los aceros inoxidables están cubiertos. Precaución: Se debe tener cuidado en seleccionar los grados más bajos en carbono o estabilizados para servicios donde se requiera resistencia a la corrosión. Están incluidos los grados más altos de carbono y tamaños desde 1/8 de pulgada a 30 pulgadas de diámetro.

ASTM A778 - "Welded, unannealed austenitic stainless steel tubular products."

ASTM A774 - "As welded austenitic stainless steel fittings for general corrosive services at low and moderated temperatures."

Se utilizan cuando los grados bajos en carbono y estabilizados se pueden usar en la condición soldada. El temple por disolución después de la soldadura no se requiere. Sólo los grados bajos en carbono y estabilizados se incluyen en estas especificaciones. Están cubiertos tamaños desde 3 a 48 pulgadas de diámetro.

ASTM A409 - "Welded large diameter austenitic steel pipe for corrosive or high temperature service."

Cubre los espesores menores, con soldadura lineal o en espiral, caños desde 14 pulgadas hasta 30 pulgadas de diámetro. Se requiere temple por disolución, a menos que específicamente no se lo requiera. Se cubren 14 grados. Precaución: Se debe tener cuidado en seleccionar los grados con bajo carbono o estabilizados para servicios resistentes a la corrosión, dado que se incluyen los grados con más alto contenido de carbono. No hay especificaciones para accesorios.

Requisitos adicionales

Pocas especificaciones ASTM para caños y accesorios requieren decapado después de la producción.

Las normas ASTM no cubren la fabricación en talleres de caños o tubos. El cliente debe desarrollar sus propias especificaciones para la soldadura a tope y fabricación de caños. Importantes puntos a incluir son:

1. Penetración completa, interior parejo, pasada inicial de soldadura mediante el método TIG.

2. Respaldo con gas inerte en el interior del tubo durante la soldadura para minimizar la oxidación.
3. Composición adecuada, o metal de aporte con más alto contenido de Mo, para los grados que contengan Molibdeno.
4. Protección de los caños con tapas protectoras para minimizar la contaminación durante el transporte y almacenaje.