



Seminario del Acero Inoxidable Material de Apoyo

Coordinación de Vinculación



CONTENIDO		PÁG
I.	CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES	3
II.	RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES	10
III.	SOLDADURA DE LOS ACEROS INOXIDABLES	18
IV.	ACABADOS SUPERFICIALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES	23
V.	TRANSFORMACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES	32
VI.	CONSIDERACIONES BÁSICAS AL DISEÑAR EN ACERO INOXIDABLE	48
VII.	PRESENTACIONES COMERCIALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES	58
VIII.	LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LOS ACEROS INOXIDABLES	60
IX.	DIRECTORIO DE PROVEEDORES	61

I. CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

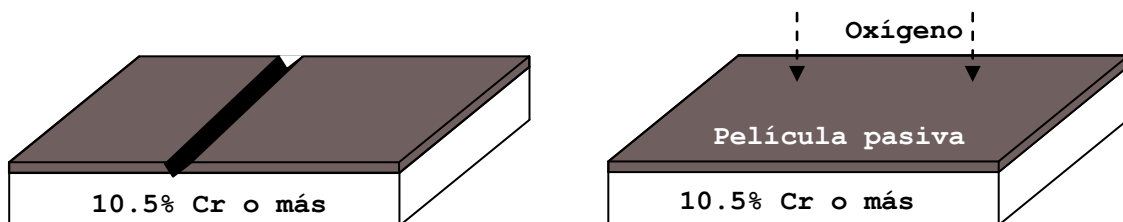
¿QUÉ ES EL ACERO INOXIDABLE?

La mayoría de los metales se oxidan, por ejemplo la plata se pone negra, el aluminio cambia a blanco, el cobre cambia a verde y ordinariamente el acero cambia a rojo. En el caso del acero, el hierro presente se combina con el oxígeno del aire para formar óxidos de hierro en la superficie. Esta capa, llamada herrumbre es irregular, permeable y antiestética.

Pero más allá de la vista que ofrecen la mayoría de los metales al oxidarse, el principal problema radica en el desgaste que sufre la pieza o aplicación al oxidarse, llevándolo a reemplazos de piezas o sustituciones totales para continuar dando el servicio para el que fue creado.

A principios del siglo XX algunos metalurgistas descubrieron que adicionando poco más de 10% de cromo al acero, éste no presentaba herrumbre bajo condiciones normales; la razón de ello es que el cromo suele unirse primeramente con el oxígeno del aire para formar una delgada película transparente de óxido de cromo sobre la superficie del acero y excluye la oxidación adicional del acero inoxidable. Esta película se llama capa pasiva. En el caso de que ocurra daño mecánico o químico, esta película es auto reparable en presencia de oxígeno.

Si se rompe la película pasiva, al entrar en contacto el cromo del acero inoxidable con el oxígeno, se regenera la película.



El acero inoxidable es esencialmente un acero de bajo carbono, el cual contiene como mínimo un aproximado 10.5% de cromo en peso, lo que le hace un material resistente a la corrosión.



PROCESO DE FABRICACIÓN

Inicia con la fusión de hierro, chatarra y ferro-aleaciones de acuerdo al grado de acero inoxidable a preparar; continúa con la refinación del acero para eliminar impurezas y reducir el contenido de carbono; posteriormente el acero líquido se cuela en continuo,

se corta en planchones y se forman los rollos rolados en caliente. El proceso termina con el molino de laminación en frío, recocido y limpieza.

CLASIFICACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

El acero inoxidable puede ser clasificado en cinco familias diferentes; cuatro de ellas corresponden a las particulares estructuras cristalinas formadas en la aleación: austenita, ferrita, martensita y dúplex (austenita mas ferrita); mientras que la quinta son las aleaciones endurecidas por precipitación, que están basadas más en el tipo de tratamiento térmico usado que en la estructura cristalina.

Las primeras tres familias se encuentran disponibles comercialmente en el país, mientras que las familias dúplex y las aleaciones endurecidas por precipitación sólo se consiguen mediante la importación.

ACEROS INOXIDABLES MARTENSÍTICOS

Son la primera rama de los aceros inoxidables simplemente al cromo. Representan una porción de la serie 400, sus características son:

- Moderada resistencia a la corrosión
- Endurecibles por tratamiento térmico y por lo tanto se pueden desarrollar altos niveles de resistencia mecánica y dureza
- Son magnéticos
- Debido al alto contenido de carbono y a la naturaleza de su dureza, es de pobre soldabilidad

Los Martensíticos son esencialmente aleaciones de cromo y carbono. El contenido de cromo es generalmente de 10.5 a 18% y el de carbono es alto, alcanzando valores de hasta 1.2%.

ACEROS INOXIDABLES FERRÍTICOS

Estos aceros inoxidables de la serie 400 AISI (American Iron & Steel Institute) mantienen una estructura ferrítica estable desde la temperatura ambiente hasta el punto de fusión, sus características son:

- Resistencia a la corrosión de moderada a buena, la cual se incrementa con el contenido de cromo y algunas aleaciones de molibdeno
- Endurecidos moderadamente por trabajo en frío: no pueden ser endurecidos por tratamiento térmico
- Son magnéticos
- Su soldabilidad es pobre por lo que generalmente se eliminan las uniones por soldadura a calibres delgados
- Usualmente se les aplica un tratamiento de recocido con lo que obtienen mayor suavidad, ductilidad y resistencia a la corrosión
- Debido a su pobre dureza, el uso se limita generalmente a procesos de formado en frío

Los Ferríticos son esencialmente aleaciones con cromo. El contenido de cromo es usualmente de 10.5 a 30%, pero contenidos limitados de carbono del orden de 0.08%. Algunos grados pueden contener molibdeno, silicio, aluminio, titanio y niobio que promueven diferentes características.

ACEROS INOXIDABLES AUSTENSÍTICOS

Los aceros inoxidable austeníticos constituyen la familia con el mayor número de aleaciones disponibles, integra las series 200 y 300 AISI. Su popularidad se debe a su excelente formabilidad y superior resistencia a la corrosión. Sus características son las siguientes:

- Excelente resistencia a la corrosión
- Endurecidos por trabajo en frío y no por tratamiento térmico
- Excelente soldabilidad
- Excelente factor de higiene y limpieza
- Formado sencillo y de fácil transformación
- Tienen la habilidad de ser funcionales en temperaturas extremas
- Son no magnéticos

Los Austeníticos se obtienen adicionando elementos formadores de austenita, tales como níquel, manganeso y nitrógeno. El contenido de cromo generalmente varía del 16 al 26% y su contenido de carbono es del rango de 0.03 al 0.08%.

El cromo proporciona una resistencia a la oxidación en temperaturas aproximadas de 650° C en una variedad de ambientes.

Esta familia se divide en dos categorías:

SERIE 300 AISI.- Aleaciones cromo-níquel

SERIE 200 AISI.- Aleaciones cromo-manganeso-nitrógeno



SERIE 300 AISI

Es la más extensa, mantiene alto contenido de níquel y hasta 2% de manganeso. También puede contener molibdeno, cobre, silicio, aluminio, titanio y niobio, elementos que son adicionados para conferir ciertas características. En ciertos tipos se usa azufre o selenio para mejorar su habilidad de ser maquinados.

SERIE 200 AISI

Contiene menor cantidad de níquel. El contenido de manganeso es de 5 a 20%. La adición de nitrógeno incrementa la resistencia mecánica.

ACEROS INOXIDABLES DÚPLEX

Son aleaciones cromo-níquel-molibdeno, sus características son las siguientes:

- Son magnéticos
- No pueden ser endurecidos por tratamientos térmicos
- Buena soldabilidad
- La estructura dúplex mejora la resistencia a la corrosión de fractura bajo tensión en ambientes con iones de cloruro.

Los dúplex tienen un contenido de cromo de entre 18 y 26% y de níquel de 4.5 a 6.5%. La adición de elementos de nitrógeno, molibdeno, cobre, silicio y tungsteno imparten ciertas características de resistencia a la corrosión.

ACEROS INOXIDABLES ENDURECIBLES POR PRECIPITACIÓN

Esta familia ofrece una alternativa a los aceros inoxidable austeníticos cuando se desea asociar elevadas características mecánicas y de maquinabilidad. Son aleaciones hierro-cromo-níquel que se caracterizan por la resistencia mecánica obtenida a partir del endurecimiento por tratamiento térmico de envejecimiento. Los aceros endurecibles por precipitación están patentados y frecuentemente se les designa con las siglas de la empresa productora.



PROPIEDADES GENERALES DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Tipo	Resistencia a la corrosión	Dureza	Magnéticos	Endurecibles por tratamiento térmico	Soldabilidad
Martensíticos	Baja	Alta	Sí	Sí	Pobre
Ferríticos	Buena	Media-baja	Sí	No	Limitada
Austeníticos	Excelente	Alta*	No**	No	Excelente

* : Adquieren mayor dureza al ser trabajados en frío.

** : Adquieren cierto magnetismo al ser trabajados en frío.

CARACTERÍSTICAS Y APLICACIONES DE LOS TIPOS DE LOS ACEROS INOXIDABLES MÁS COMUNES

MARTENSÍTICOS

403.– Es primariamente empleado en partes críticas de maquinaria sometida a altos esfuerzos y donde se requiere, además buena resistencia al calor, corrosión, desgaste abrasivo o erosión.

410.– Es de propósito general y el tipo más usado de la familia martensítica debido a sus atractivas características y su bajo costo. Se emplea en tuercas, tornillos, cubiertos, herramientas de cocina, partes de horno a bajas temperaturas, equipo para refinación de petróleo, vajillas, partes para turbinas a gas o vapor, etc. Tiene un coeficiente de expansión poco menor que el del acero al carbono, mientras que la conductividad térmica es casi la mitad correspondiente al valor para el acero al carbono. Puede desarrollar una excelente combinación de resistencia mecánica y dureza mediante adecuado tratamiento térmico. En la condición de recocido, es dúctil y es una buena opción para formado y otras operaciones de transformación donde el uso final está destinado a ambientes moderadamente corrosivos.

416.– Otra versión del tipo 410, donde el azufre o el selenio son adicionados para producir las mejores características de maquinabilidad de la clase martensítica, tiene menor desempeño en ductilidad y formabilidad que el 410. Se utiliza en conectores, cerraduras, cabezas de palos de golf, partes de bombas, flechas, partes para válvulas, etc.

420.– Es una modificación del 410, con alto contenido de carbono, que le permite alcanzar mayor dureza y mayor resistencia al desgaste aunque menor resistencia a la corrosión. Se utiliza para instrumentos dentales y quirúrgicos, hojas de cuchillos, moldes, herramientas, etc.

422.- Diseñado para el servicio a temperaturas de hasta 650° C, combinando resistencia mecánica. Presenta maquinabilidad de mediana a baja.

431.- Diseñado para obtener altas propiedades mecánicas mediante tratamiento térmico junto con buena resistencia al impacto. Empleado para fabricar conectores, cerraduras, partes para transportadores, equipo marino, flechas de propelas, flechas de bombas, resoles, etc.

440.- Utilizados en donde se requiere una alta y extremada dureza, resistencia a la abrasión y buena resistencia a la corrosión. De baja maquinabilidad. Sus principales aplicaciones son: cuchillería, partes resistentes al secado, equipo quirúrgico, inyectores, etc.

FERRÍTICOS

405.- Conocido como un grado soldable del tipo 410 se utiliza en partes resistentes al calor, equipo para refinación de calor, racks para templado de acero.

409.- Es un acero estructural de uso general, es utilizado en aplicaciones que no requieren alta calidad de apariencia. Se usa para fabricar silenciadores y convertidores catalíticos para automóviles, cajas de trailer, tanques de fertilizantes, contenedores.

430.- Es el más popular de los aceros inoxidables simplemente al cromo. Es un acero de propósito general, es dúctil y tiene buenas características de formabilidad, tiene buena resistencia a la corrosión. Es ideal para muebles y decoración interior. Se utiliza para adornos y molduras automotrices, materiales de construcción, equipo químico de proceso, cremalleras, partes para quemadores, adornos interiores arquitectónicos y paneles, adornos y equipos de cocina, equipo para proceso de ácido nítrico, aparatos científicos, etc.

434.- Es una variación del tipo 430 que contiene molibdeno y niobio que incrementan la resistencia a la corrosión, es particularmente ventajosa para usos automotrices exteriores.

446.- Contiene el máximo contenido de cromo de toda la familia ferrítica, por lo que tiene la mayor resistencia a la corrosión de su clase, se recomienda para uso en atmósferas de comportamiento azufroso a altas temperaturas (1000° C). No debe ser utilizado en aplicaciones en donde se requiera alta resistencia mecánica. Se utiliza para la fabricación de bases para tubos de rayos X, partes de quemadores, tubos para pirómetros, válvulas y conectores, etc.

AUSTENÍTICOS

301.- Menor resistencia a la corrosión que otros aceros de la serie 300. Puede ser fácilmente formado y ofrece buenas propiedades de soldabilidad. Utilizado en partes de aviones, adornos arquitectónicos, cajas de ferrocarril y de trailer, cubiertas de rines, equipos para procesamiento de alimentos.

303.- Especial para propósitos de maquinado, buena resistencia a la oxidación en ambientes de hasta 900° C. Se emplea para cortes pesados. Se usa para la fabricación de partes para bombas, bushings, partes maquinadas y flechas.

304.- Todo propósito, tiene propiedades adecuadas para gran cantidad de aplicaciones. Se recomienda para construcciones ligeras soldadas que requieran buena resistencia a la corrosión. Tiene buen desempeño en temperaturas elevadas (800 a 900° C) y buenas propiedades mecánicas. Es recomendable cuando se requiera soldar altos espesores de material. Algunas aplicaciones son equipo químico de proceso, accesorios para aviones, remaches, equipo para hospitales, etc.

309.- Poseen alta resistencia mecánica, tenacidad y excelente resistencia a la oxidación en temperaturas de hasta 1000° C. Calentadores de aire, equipo químico de proceso, partes de quemadores de turbinas de gas e intercambiadores de calor son algunas de las aplicaciones más comunes fabricadas con este tipo de acero.

310.- Es frecuentemente usado en servicios de alta temperatura. Se utiliza para fabricar calentadores de aire, equipo para tratamiento térmico de aceros, equipo químico de procesos, etc.

316.- Resistente a la corrosión frente a diversos químicos agresivos, ácidos y atmósfera salina. Se utiliza para adornos arquitectónicos, equipo para el procesamiento de alimentos, farmacéutico, fotográfico, textil, etc.

321.- Es similar al 304, pero contiene una adición de titanio equivalente a cinco veces el contenido de carbono. Las principales aplicaciones de este acero son recipientes a presión y almacenamiento, partes de motores de jet, equipo químico de proceso, etc.

II. RESISTENCIA A LA CORROSIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Como se mencionó al inicio de este documento, la principal característica del acero inoxidable es la resistencia a la corrosión, propiedad que le infiere el contener cuando menos 10.5% de cromo en su peso. Al reaccionar con el oxígeno se forma una película de **óxido de cromo (Cr₂O₃)** pasivamente continua, muy resistente y estable en la superficie de los mismos. Esta película es extremadamente delgada (2 a 5 X 10⁻⁷ mm de espesor) y se encuentra aún en los aceros inoxidables con acabado súper-espejo.

La capa pasiva se puede mejorar adicionando diferentes elementos de aleación.

CORROSIÓN

La corrosión es el deterioro de un material a consecuencia de un ataque químico por su entorno; es el mecanismo espontáneo con el que la naturaleza revierte los procesos de obtención de los materiales causando la alteración o destrucción de la mayor parte de los bienes fabricados por el hombre.

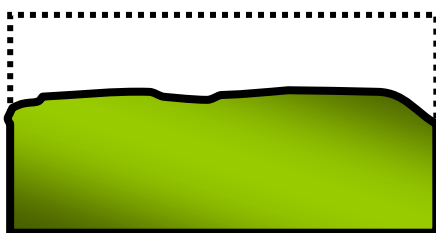
La estabilidad de la capa pasiva y por consiguiente la capacidad de resistir la corrosión, está ligada a las características de la aplicación ---composición, estructura, modalidad---, así como al ambiente agresivo al que se somete el acero inoxidable.

Los fenómenos corrosivos que cuantitativamente son más frecuentes en la práctica son los que se denominan de corrosión húmeda, es decir en presencia de agua en estado de condensación, aunque sea en forma de simple humedad atmosférica. La corrosión húmeda puede ser de tipo generalizada o localizada. También existe la corrosión a altas temperaturas.

TIPOS DE CORROSIÓN HÚMEDA

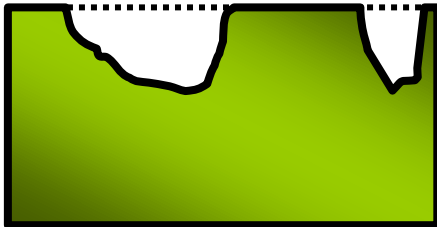
CORROSIÓN GENERALIZADA

Se presenta en la totalidad de la superficie expuesta del metal en forma de agresión progresiva y a velocidad constante.

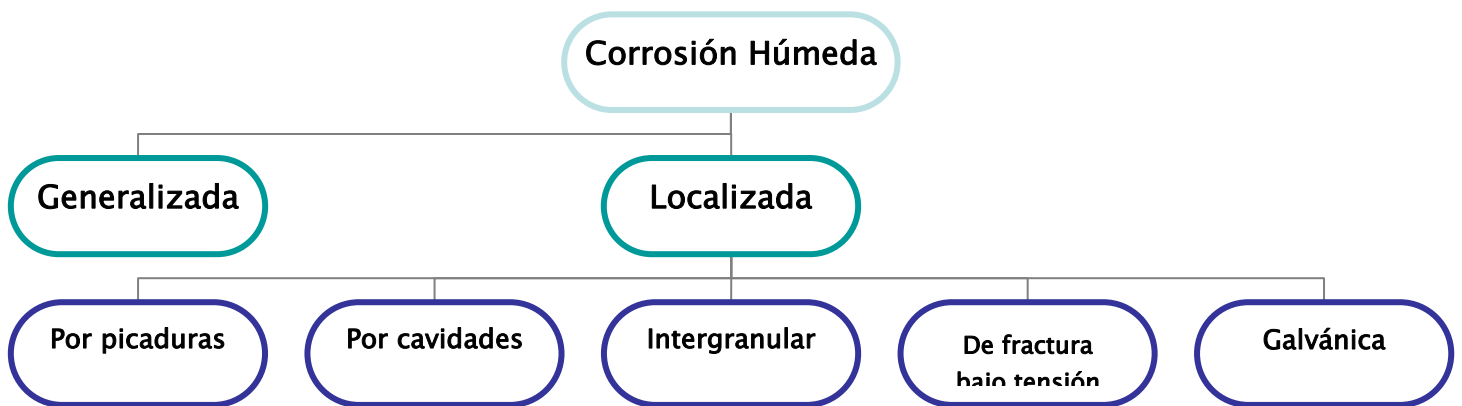


CORROSIÓN LOCALIZADA

Existen varias causas posibles para este tipo de ataque, en general se trata de variaciones en las condiciones locales de la superficie.



Existen cinco tipos de corrosión húmeda localizada.

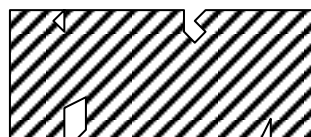


Corrosión por picaduras

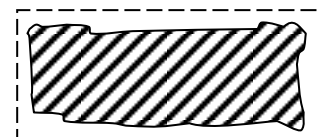
El picado es un tipo de corrosión frecuentemente observado en los aceros inoxidables, es una forma de corrosión localizada muy peligrosa, ya que en ocasiones el avance del debilitamiento en el material puede no ser observable. Se caracteriza por la presencia de pequeñas perforaciones localizadas en una superficie que por otro lado presenta áreas no afectadas.



Sin corrosión



Picadura



Corrosión general

Representación de la corrosión por picadura como una etapa intermedia

Los ambientes típicos capaces de desarrollar corrosión por picaduras son el agua marina y en general las aguas que contienen iones cloro, sobre todo si están estancadas.

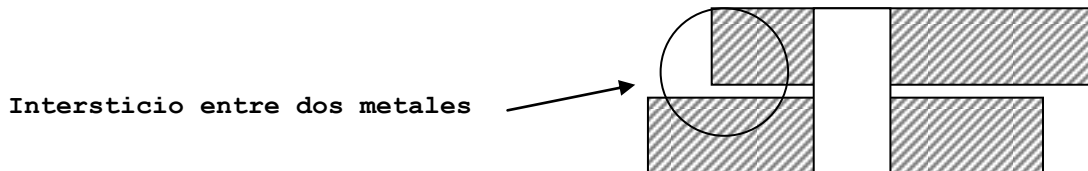
Para evitar este tipo de ataque conviene tener en cuenta lo siguiente:

- Asegurar que las superficies se encuentren descontaminadas, eliminado toda traza de hierro.
- Eliminar la capa de óxidos metálicos de los cordones de soldadura y de las zonas adyacentes.
- Evitar la sensibilización del material tanto en procesos de soldadura como por calentamiento.

Corrosión por cavidades

Esta corrosión se puede presentar cuando se presenten intersticios entre dos superficies acopladas de piezas metálicas del mismo o diferente tipo, o bien entre piezas metálicas y depósitos de cuerpos extraños, incluso no metálicos (microorganismos u otros depósitos de materiales).

Este tipo de corrosión ataca la superficie metálica que se encuentra oculta, por ejemplo, debajo de arandelas o cabezas de tornillo, en las roscas de tornillos o en accesorios de tubería en contacto con juntas, bajo sedimentos o sólidos asentados, o bajo la flora marina.



Los medios para combatir este fenómeno son los siguientes:

- Evitar en la fase de diseño y proyecto la formación de intersticios abiertos hacia el ambiente corrosivo.
- Durante el montaje, evitar que por debajo de las juntas, especialmente en los bordes, queden aprisionados depósitos de suciedad, arena o polvo.
- Con un correcto diseño de las piezas y una cuidadosa limpieza de las mismas, evitar la formación de depósitos, incluso de materiales inertes.

Corrosión intergranular

Es una corrosión localizada a escala microscópica en los límites de grano de la aleación. En el acero inoxidable regularmente es resultado del agotamiento del cromo sobre los límites de grano en zonas sensibilizadas por procesos térmicos.

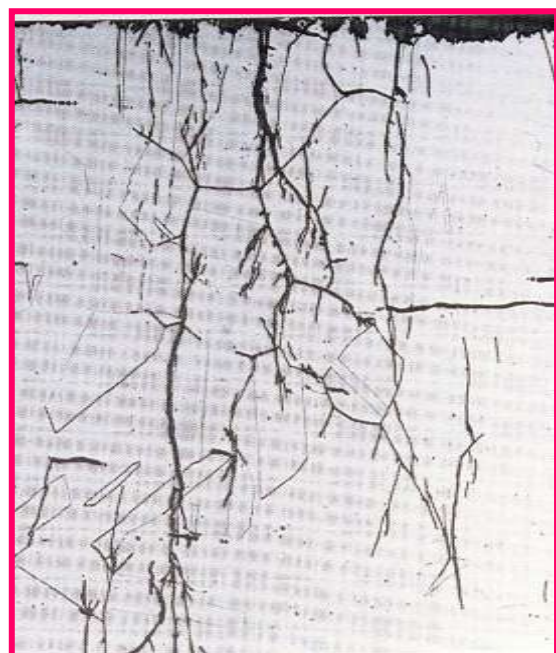
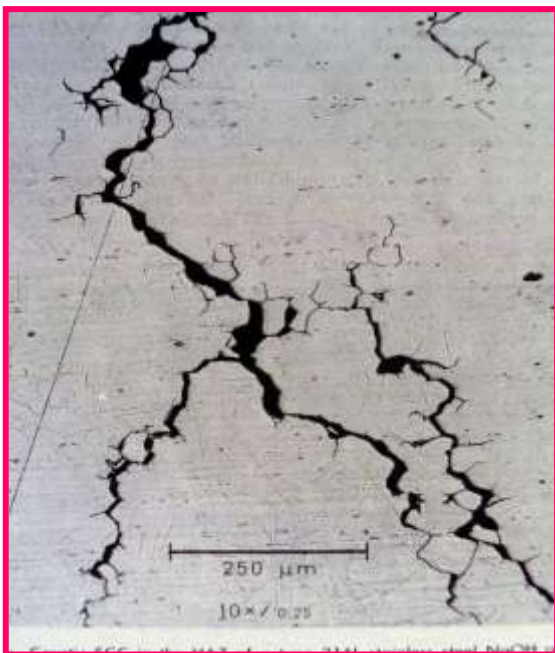
Para evitar la corrosión intergranular:

- Evitar calentar y enfriar lentamente en el rango de sensibilización (450 a 850 °C.)
- Emplear aceros con bajo contenido de carbono (aceros grado "L"), para evitar la formación de carburos de cromo.
- Emplear aceros estabilizados (aceros con Titanio y / o niobio (columbio))
- Se pueden redissolver los carburos de cromo calentando la pieza sensibilizada a una temperatura de 1036 a 1150 °C seguido de un enfriamiento rápido con agua o aire forzado.

Corrosión de fractura bajo tensión.

Toma la forma de fractura ramificada en un material aparentemente dúctil. Para que la corrosión de fractura bajo tensión ocurra, se requiere de la interrelación de dos factores esenciales: la superficie del material expuesto al medio corrosivo deberá estar bajo esfuerzo de tensión y el medio corrosivo deberá específicamente ser causa de la corrosión bajo tensión.

El esfuerzo de tensión puede ser el resultado de cargas aplicadas, presión interna en el sistema o esfuerzos residuales provenientes de soldaduras anteriores o combadura. El medio corrosivo que puede provocar este fenómeno corrosivo es aquel que tiene presencia de cloruros, sosa cáustica y sulfuros bajo condiciones de alta temperatura. La corrosión de fractura bajo tensión rara vez tiene lugar si la temperatura es menos a 50°.



Para evitar la corrosión bajo tensión, es importante:

- Ensamblar cuidadosamente las piezas para evitar cuerpos en tensión.
- Formar zonas superficiales de compresión en aquellas partes sometidas a estado de tensión mediante martillado, granallado y laminado superficiales.
- Eliminar las tensiones generadas en el proceso de fabricación.
- Realizar apropiadamente la soldadura para evitar estados de tensión en los cordones de soldadura.

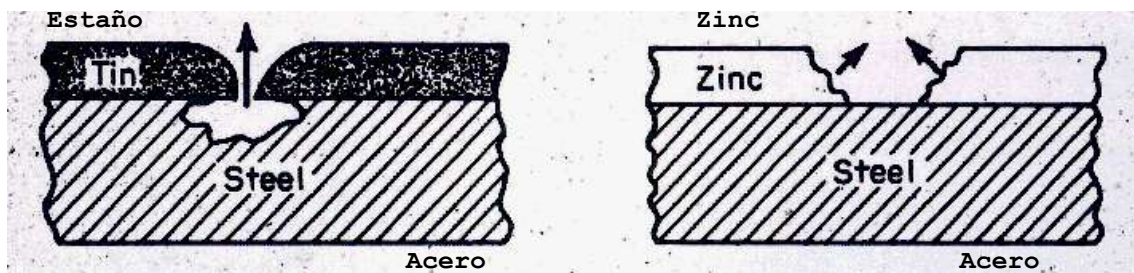
Corrosión galvánica

Este tipo de corrosión ocurre cuando dos metales distintos están en contacto eléctrico y sumergidos en el mismo electrolito (incluyendo la humedad atmosférica). El material más activo de los dos, denominado ánodo, se corroe a una velocidad mayor. El más pasivo, denominado cátodo queda protegido y su velocidad de corrosión será menor que la normal.

Al utilizar el mismo tipo de material o al evitar el contacto eléctrico entre los dos materiales diferentes a unir, se evita este tipo de corrosión.

Los metales y aleaciones pueden ser ordenados de acuerdo a su comportamiento activo (anódico) o noble cuando se encuentran en un determinado electrolito. A esta clasificación se le conoce como serie galvánica, a continuación se enlista un ejemplo de metales o aleaciones, en donde los primeros de la lista son más catódicos y los últimos más anódicos en un ejemplo para agua de mar:

- Grafito, oro, platino
- Hastelloy C
- Incoloy 825
- AISI 316
- AISI 304
- Inconel 600
- Aleaciones cromo-níquel
- Bronces
- Cobre
- Estaño
- Plomo
- Acero al carbón
- Aluminio y sus aleaciones
- Zinc
- Magnesio.



Corrosión galvánica en acero cubierto de estaño y zinc respectivamente. Las flechas indican el ataque de la corrosión.

RESISTENCIA A DIVERSOS AMBIENTES

Atmósfera

Los aceros inoxidable mantienen una apariencia sin cambio sustancial después de una exposición prolongada a la atmósfera.

Atmósfera marina

En atmósferas marinas los tipos 301, 302, 303, 304, 321 y 347 pueden desarrollar un manchado superficial disperso de color amarillento. Esta afectación es reducida en el caso del tipo 309 y es prácticamente eliminada en las aleaciones de tipo 310 y 316 (este último presenta la mejor resistencia).

Agua destilada

Los aceros inoxidable austeníticos ordinarios prácticamente no son atacados por el agua destilada.

Agua doméstica

La exposición prolongada en agua doméstica caliente (60°) ha mostrado que el AISI 304 es altamente resistente a la corrosión.

Agua salina

El comportamiento del acero inoxidable en contacto con sal está determinado por las condiciones de exposición: donde la velocidad del agua es baja y hay probabilidades que organismos marinos o materias sólidas se adhieran a la aleación, puede esperarse un ataque considerable localizado alrededor o debajo de la materia adherida. Cuando la exposición se realiza bajo condiciones en donde los organismos u otros materiales sólidos no permanecen adheridos a la superficie de la aleación, el ataque a los austeníticos es despreciable.



Bajo las condiciones más adversas de exposición, las aleaciones que contienen molibdeno (AISI 316 y 317) son superiores a otras composiciones.

Sales neutras y alcalinas

Los aceros inoxidable austeníticos están prácticamente libres de corrosión por sales neutras y alcalinas.

Sales ácidas

El comportamiento de los inoxidable en soluciones salinas ácidas dependerá de los ácidos liberados por la hidrólisis. Las aleaciones que contienen molibdeno frecuentemente demuestran una ventaja bajo las condiciones más severas de acidez y temperatura.

Ácido clorhídrico

Todas las concentraciones de ácido clorhídrico atacan los aceros inoxidable, porque este ácido destruye fácilmente su pasividad.

Ácido sulfúrico

El inoxidable tipo 316 proporciona un servicio útil a temperatura ambiente en concentraciones de ácido sulfúrico debajo del 20% y arriba de 85%. Entre 20% y 85% el acero inoxidable está sujeto a ataque rápido. Aleaciones conteniendo molibdeno con cobre y silicio, conjuntamente con niveles más elevados de cromo y níquel, proporcionan resistencia al ataque a temperaturas de alrededor de 50° C.

Ácido nítrico

Los aceros inoxidable austeníticos tienen una buena resistencia a la corrosión por el ácido nítrico. En todas las concentraciones y prácticamente en todas las temperaturas. Los tipos 304 y 347 son usados comúnmente para este ácido hasta su punto de ebullición, para temperaturas mayores se recomiendan los tipos 309 y 310.

Ácido fosfórico

Los tipos 302 y 304 son satisfactorios con la mayoría de las concentraciones a temperatura ambiente.

Ácido láctico

Los aceros inoxidable austeníticos normales son utilizados ampliamente para manejar soluciones de tipo láctico. Para soluciones concentradas calientes se recomienda usar aplicaciones de aleaciones que tengan molibdeno, como los tipos 316 y 317.



Corrosión por alimentos

Los alimentos que contienen ácidos, tales como el acético, cítrico, málico, tartárico y láctico son procesados en equipos hechos de acero inoxidable tipo 304 ó 316. Donde se añade sal durante el procesamiento de alimentos se recomienda más el 316.

III. SOLDADURA DE LOS ACEROS INOXIDABLES

GENERALIDADES

Soldadura es el calentamiento de dos piezas de metal hasta llegar a sus puntos de fusión permitiéndolas fluir juntas hasta formar una sola masa. Es, sin lugar a dudas, el método más utilizado para unir los aceros inoxidables; la tecnología y técnicas de soldadura han tenido un amplio desarrollo desde la década de los cuarentas y han progresado conjuntamente con el uso del acero inoxidable en diversos sectores industriales.

La soldadura de los aceros inoxidables es por naturaleza diferente a la soldadura del acero al carbono y de los aceros de baja aleación. El punto de fusión de los inoxidables es más bajo, por lo cual se requiere más calor para llegar al mismo; su resistencia eléctrica es mucho mayor que la del acero al carbono por lo que los procesos de soldadura requieren menor intensidad de corriente.

SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO

Los aceros inoxidables pueden soldarse por diferentes procesos entre los que se encuentran: los de arco eléctrico que producen la coalescencia de las piezas en trabajo mediante el calor del arco, estos procesos pueden clasificarse como procesos con electrodos consumibles: SMAW, GMAW, FCAW y SAW; por otro lado están los de electrodo no consumible como son los GTAW y PAW.

ARCO ELÉCTRICO

El arco eléctrico en la soldadura consiste en una descarga eléctrica a través de un gas ionizado entre el extremo del electrodo y el metal base. Para iniciar y mantener el arco, es necesario un medio conductor de la corriente eléctrica; para obtenerlo es necesario que el espacio existente entre el extremo del electrodo y la pieza esté ocupado por un medio de bajo potencial de ionización, que permita el movimiento de los iones. En este medio, total o parcialmente ionizado, las partículas de gas se cargan eléctricamente formando iones. Al gas total o parcialmente ionizado se le denomina plasma y constituye el medio conductor del arco eléctrico.



TÉCNICAS DE SOLDADURA MANUAL DE LOS ACEROS INOXIDABLES

SOLDADURA POR ARCO ELÉCTRICO CON ELECTRODO RECUBIERTO *SHIELDED METAL ARC WELDING (SMAW)*

Proceso de soldadura entre un electrodo recubierto y el metal a unir, el metal de aporte procede principalmente del núcleo del electrodo, mientras que la protección

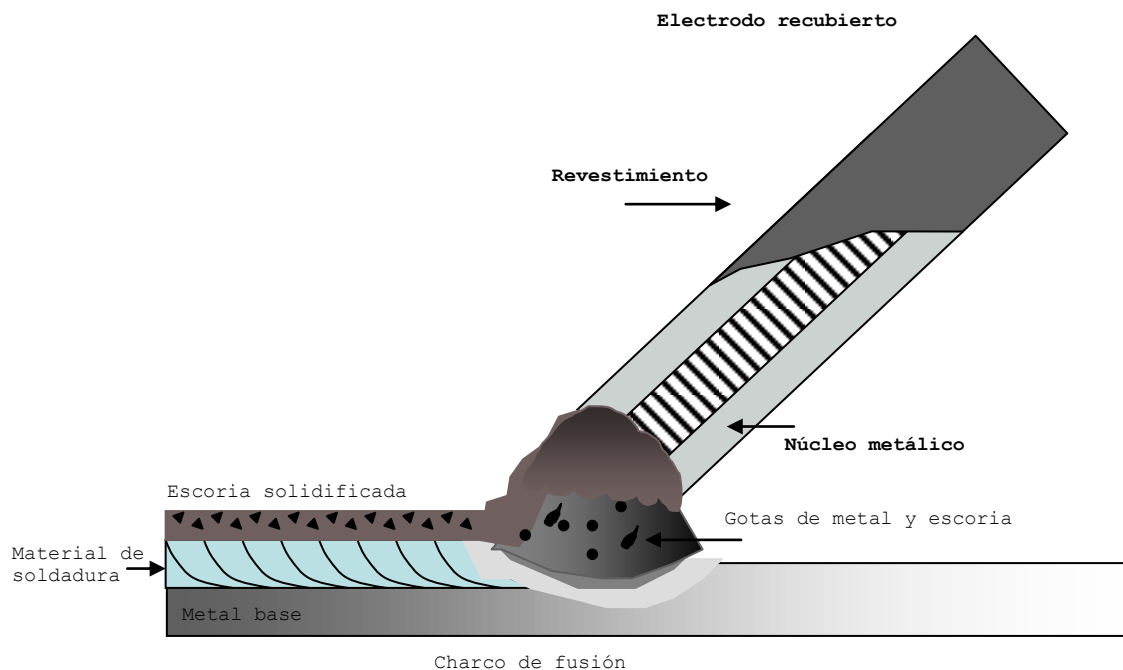
gaseosa se obtiene de la descomposición del recubrimiento. El proceso comienza cuando el arco eléctrico se enciende y el intenso calor funde la punta del electrodo y la superficie de contacto del metal. Diminutas gotas de metal fundido se forman en la punta del electrodo y éstas son transferidas al charco de fusión, de tal manera que el metal de aporte se deposita conforme se consume el electrodo.

El núcleo del electrodo es usualmente alambre sólido de acero inoxidable. Las principales características del electrodo recubierto están en su revestimiento, el cual:

- Permite la adición de elementos de aleación que modifican las propiedades mecánicas del cordón de soldadura;
- Forma una capa de escoria encima del cordón de soldadura, el cual sirve para proteger de la contaminación por aire;
- Permite un enfriamiento lento del metal solidificado y ayuda a la forma del cordón y a la limpieza de su superficie.

El proceso de soldadura por electrodo recubierto es el más utilizado debido a su flexibilidad, simplicidad de uso y equipo relativamente sencillo y de bajo costo.

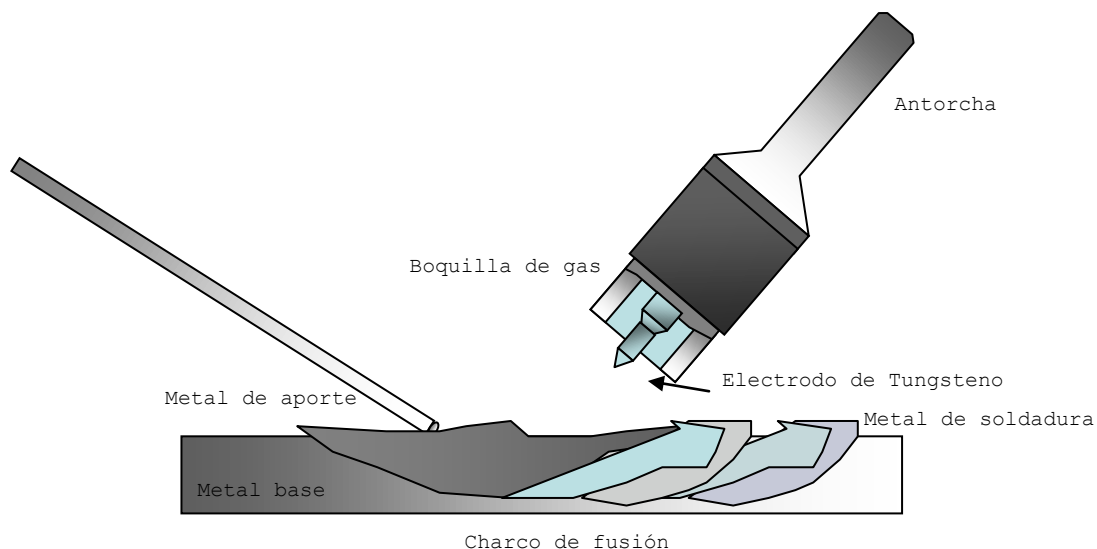
Soldadura por Arco con Electrodo Recubierto



SOLDADURA POR ARCO CON ELECTRODO DE TUNGSTENO Y GAS *GAS TUNGSTEN ARC WELDING (GTAW)*

La soldadura por arco con electrodo de tungsteno y gas (TIG) es un proceso en el cual la soldadura es efectuada con el calor de un arco establecido entre un electrodo no consumible de tungsteno y la pieza de trabajo. El electrodo, el arco y área vecina al charco de metal líquido son protegidos por una pantalla de gas inerte. El electrodo no se consume en metal líquido, sino que es necesario agregar o aportar metal de relleno.

La soldadura TIG produce soldadura excepcionalmente limpia, ya que no se genera escoria. Argón y helio son empleados como gases de protección, son gases inertes.



Esta técnica se usa para soldar casi todos los metales, sin embargo es ideal para soldar aluminio y aleaciones de los aceros inoxidables donde la integridad de la soldadura es de gran importancia. La calidad de las soldaduras producidas y la facilidad para soldar metales muy delgados son las mejores características de esta técnica.

La principal desventaja de este método es que es más lento que el de electrodo recubierto, por lo que es poco utilizado en espesores mayores a 1/4".

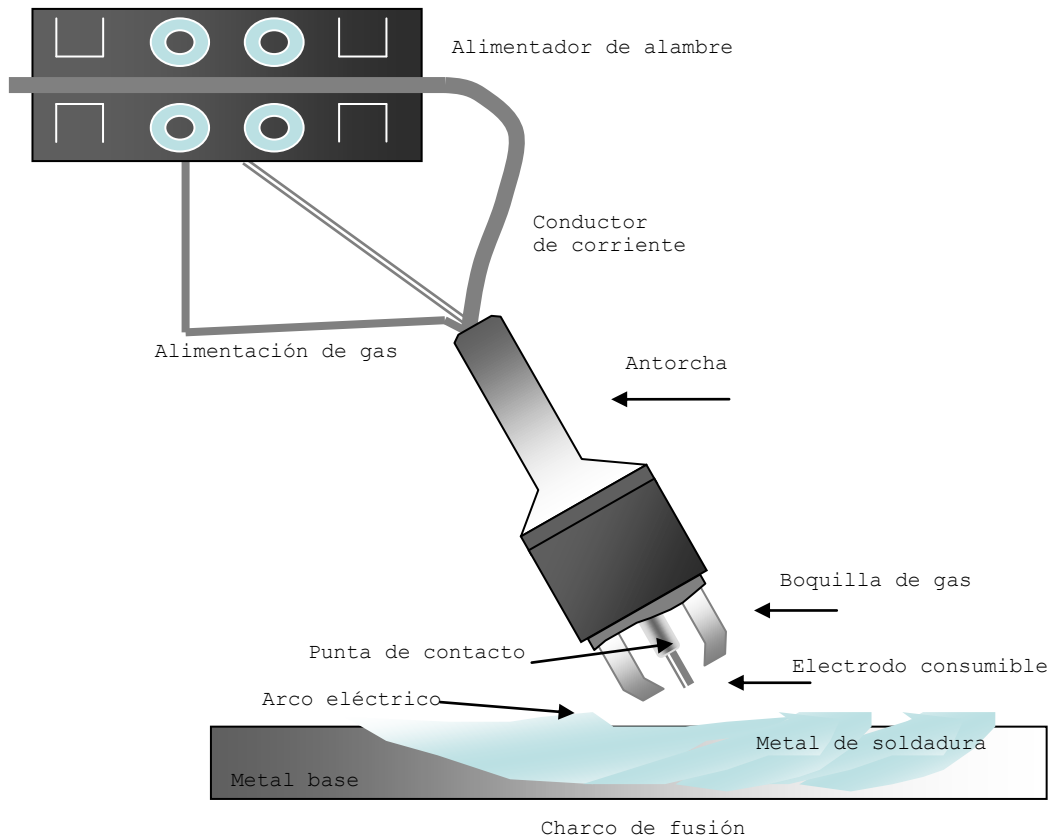
SOLDADURA POR ARCO CON ALAMBRE SÓLIDO Y GAS ***GAS METAL ARC WELDING (GMAW) o METAL INERT GAS (MIG)***

En este proceso, también conocido comercialmente como Micro-alambre, el arco para soldar se produce mediante un arco eléctrico entre el electrodo consumible que se alimenta automáticamente en forma de alambre desnudo y la pieza. En el proceso MIG se utiliza una pistola soldadora (O soplete), cuya función es entregar el alambre para

soldar, la corriente y el gas protector hacia el arco. Para soldar aceros inoxidables se utiliza una mezcla de 75% de Argón y 25% de CO₂.

Al no haber revestimientos como en el caso del proceso SMAW, no se forma una capa de escoria, sino una película vítrea ligera.

Soldadura por Arco con Alambre Sólido y Gas



ARCO PLASMA

PLASMA ARC WELDING (PAW)

Proceso de soldadura que emplea un arco constreñido entre un electrodo no consumible y el arco de fusión, o entre el electrodo y la boquilla de constricción. Se utiliza como soporte del arco un gas en estado plasma.

El proceso de soldadura es similar al GTAW, la diferencia significativa es que en PAW se tienen muy alta densidad de energía del arco y velocidad de gas, como resultado de forzar el paso del arco a través de la boquilla de constricción.

IV. ACABADOS SUPERFICIALES

El término acabados superficiales se refiere al terminado del material en cuanto a apariencia y textura. Esta modificación a la superficie del material se puede realizar por medios químicos o mecánicos.

Tanto en productos terminados provenientes de fábrica como en productos elaborados en acero inoxidable, el estado de la superficie tiene una elevada importancia, no solo con fines estéticos y de apariencia, sino también de la resistencia a la corrosión del material.

La resistencia a la corrosión en último extremo será tanto más elevada cuanto mejor sea el estado superficial del elemento en acero inoxidable.

En la arquitectura y aplicaciones ornamentales, la apariencia del acero inoxidable es un elemento crítico de diseño; un acabado mal seleccionado o mal especificado puede alterar el efecto deseado.

En productos de consumo, tales como enseres domésticos, aparatos de cocina, adornos automotrices, por ejemplo, el brillo obtenido, por un buen pulido de la aleación, adquiere gran importancia para la venta. En equipos comerciales, como utilizado en cocinas institucionales, restaurantes y hospitales, el apropiado acabado en el acero inoxidable ayuda a enfatizar la facilidad y sensación de limpieza.

En el caso de los aceros inoxidables pulidos (satinados), además de la apariencia, existen un sinnúmero de propósitos funcionales importantes, para los cuales deben prepararse apropiadamente las superficies de los aceros inoxidables. En aplicaciones sanitarias, por ejemplo, el pulido de la superficie del material no sólo debe verse limpio, sino ser fácilmente limpiable.

En ambientes agresivos, una superficie lisa, tersa, es menos susceptible a la acumulación de suciedad, la que usualmente se convierte en puntos focales donde se inicia la corrosión.

ACABADOS POR LAMINACIÓN

Se realizan en los procesos de laminación en caliente y frío, son los que se suministran básicamente en todos los productos planos de acero inoxidable. Es suficiente para algunas aplicaciones, pero también son la base para otros procesos de modificación de superficie.

Los acabados por laminación más comunes son:



1D

Laminado en caliente y recocido.

Esta superficie propia de las planchas y placas más gruesas, tiene poca reflectividad. Se utiliza sobre todo en motivos no decorativos, donde la apariencia no es relevante (Ejemplo: sistemas de soporte en lugares no visibles).

2D

Laminado en frío, recocido y decapado.

Esta apariencia es menos rugosa que la 1D, es mate, poco reflejante. Es adecuada para aplicaciones industriales y de ingeniería, aunque en arquitectura es menos usada.

2B

Laminado en frío, recocido y decapado. Con un ligero laminado final utilizando rodillos muy pulidos que proporcionan una superficie lisa, reflejante, grisácea. Es el acabado superficial más utilizado en la actualidad y sirve de base para la mayoría de los acabados brillantes y pulidos.

2R

Este acabado muy brillante que refleja las imágenes con claridad, se obtiene mediante un tratamiento térmico, seguido de un laminado en frío utilizando rodillos muy pulidos. Este acabado es menos susceptible a alojar contaminantes del aire y su limpieza resulta más fácil.

Acabado Mexinox Rolled On[®]

El acero inoxidable con acabado superficial de Mexinox Rolled On[®] (RO) , se obtiene mediante impresión, es decir, es un grabado que se realiza mediante la acción de unos rodillos templadores preparados superficialmente que entran en contacto con la superficie del material y mediante presión, el terminado de los rodillos se transfiere a la lámina. Los acabados pulidos, #3 y #4, se obtienen mediante la acción mecánica de lijas que desbastan la superficie de la aleación para proporcionarle el acabado específico. Este proceso es menos limpio que el proceso para obtener el acabado RO y consecuentemente, éste último es más resistente a la corrosión.

Ambos acabados, RO y #3 o #4, tienen un aspecto similar, sin embargo, debido a la forma en la cual se obtienen, los materiales con terminado RO tienen una mejor calidad superficial.

Acabados Superficiales de Fábrica Obtenidos por Laminación



2B



2D



Mexinox Rolled On[®]

ACABADOS MECÁNICOS ESMERILADOS Y ABRILLANTADOS

Se obtienen después de aplicar una serie de operaciones de esmerilado y pulido con diferentes tamaños de grano abrasivo.

Actualmente se dispone en el mercado de una gran cantidad de abrasivos. Los abrasivos se clasifican de acuerdo a:

- Tamaño del grano: Va desde el grano grande (Más agresivo, más metal removido en poco tiempo, mayor rugosidad) hasta grano pequeño (Poca remoción, elaboración de un acabado).
- Material base o mineral (Óxido de aluminio, carburo de silicio, alúmina de zirconio)
- Estructura (Aglutinados, revestidos, no tejidos).



Los abrasivos **aglutinados** pueden ser: Vitrificados o bien Resinosos.

Los abrasivos **revestidos** son muy comúnmente usados, los conocemos como lijas y existen en el mercado una gran variedad de especialidades como: Pliegos, ruedas flap, discos fibra, cartuchos, cuadros, cruces, etc.

Los **no tejidos** son abrasivos de tecnología reciente, hechos de fibras de nylon impregnadas con resina y mineral abrasivo. Tienen una gran capacidad para seguir el contorno de la superficie y trabajan a relativamente baja velocidad.

Los acabados más comunes son:

No.	APARIENCIA	GRANO DEL ABRASIVO
#3	Rayado	100

Adecuado para pulidos posteriores durante la fabricación.

No.	APARIENCIA	GRANO DEL ABRASIVO
#4	Cepillado	120 - 180

Ampliamente utilizado para cocinas, restaurantes, mostradores, etc.

#6	Satinado mate	240
----	---------------	-----

Usado en arquitectura y en aplicaciones ornamentales en donde un alto lustre no es deseable.

#7	Pulido	320
----	--------	-----

Tiene alto grado de reflexión. Usado para aplicaciones arquitectónicas y ornamentales.

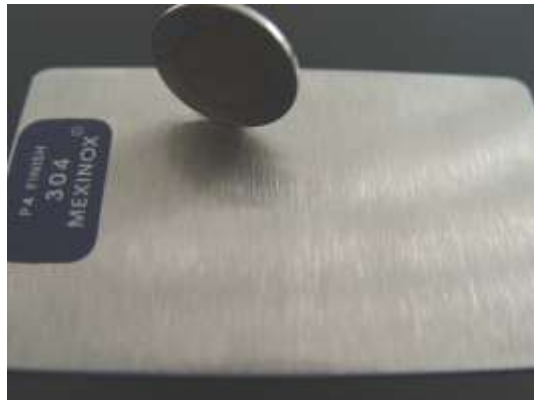
#8	Espejo	400
----	--------	-----

Es el acabado con más alta reflexión. Su superficie es libre de líneas producidas por grano, ideal para usarse como placas de presión, espejos y reflectores.

Acabados Superficiales de Fábrica obtenidos por Abrasión



P3



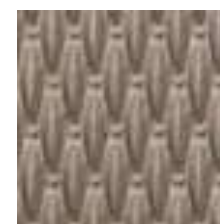
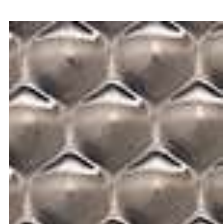
P4

ACABADOS GRABADOS

Se obtienen laminando las bobinas con rodillos previamente grabados con dibujos. Este proceso endurece la chapa y permite lograr espesores más finos, con el consiguiente ahorro y reducción del peso total.

Son ideales para aplicaciones arquitectónicas, revestimientos de grandes áreas planas, de áreas públicas, ya que en él se aprecia menos el daño provocado por golpes o arañazos. La lámina grabada es de baja reflectividad y puede estar grabada por un lado o bien por los dos lados.

Algunos Acabados Grabados



ACABADO CHORREADO POR ARENA O SANDBLASTEADO

El chorreado con arena proporciona uniformidad, una superficie no direccional, de baja reflectividad que contrasta bien, visualmente, con los acabados bien pulidos. Consiste en el lanzamiento de materiales abrasivos con aire a presión ocasionando cambios en la superficie. Los materiales utilizados para el chorreado incluyen partículas de acero inoxidable, bolas de cerámica, óxido de aluminio, cáscaras de nuez machacadas y vidrio.

Ejemplo de Aplicación con Acabado Sandblasteado



ELECTRO-PULIDO

Este proceso químico se realiza tanto en chapa como en componentes terminados, es un tratamiento superficial que se realiza mediante un proceso electrolítico por disolución anódica de la superficie metálica a tratar, produciendo una nivelación del material base, es decir, elimina crestas y valles.

Este proceso permite obtener superficies lisas y brillantes, de **condiciones sanitarias**. Las superficies más lisas, además de aumentar la resistencia a la corrosión, son menos susceptibles a alojar contaminantes y su limpieza y mantenimiento es más fácil.

Ejemplo de Aplicación con Acabado Electropulido



ACABADOS COLOREADOS

La capa inerte de óxido de cromo de la superficie del acero inoxidable es la que le proporciona la característica de la resistencia a la corrosión al material y, en caso de dañarse, se repara en presencia del oxígeno. Se puede dar color a la capa mediante un proceso químico endurecido por un proceso electrolítico. El acero austenítico es el más adecuado para este proceso. Dependiendo del tiempo, durante la inmersión del acero en una solución ácida, se forma la capa en la superficie y mediante el efecto físico de la interferencia de la luz, es decir la superposición de la luz que entra y se refleja, se produce un efecto de color intenso.

El tipo específico de color que pasa a través de la capa es: bronce, dorado, rojo, púrpura y verde.

Diferentes Colores que pueden obtenerse en el Acero Inoxidable





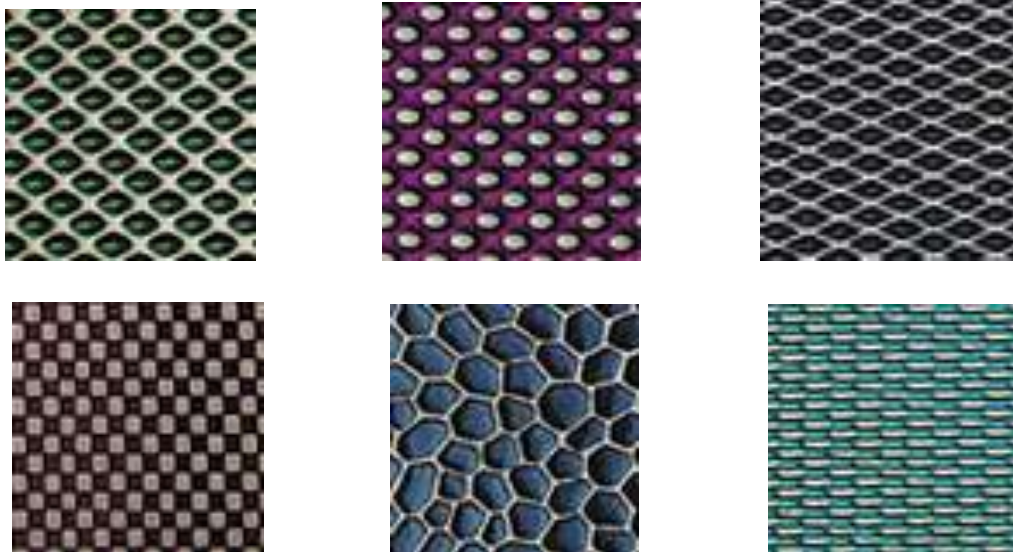
Se pueden realizar tratamientos de transformación a la lámina coloreada (doblez, pulido, corte) sin fracturar el color, aunque el proceso es delicado y con seguridad variará el tono de la lámina en las superficies tratadas. No se puede soldar sin arañar la superficie coloreada.

Ejemplo de aplicaciones en acero inoxidable coloreado



COLOREADO Y GRABADO ELECTROLÍTICO

Como el nombre lo indica, este proceso es la combinación de grabado y coloreado. Si se imprime algún grabado previo a la coloración se pueden crear diseños muy vistosos, pudiendo dar un realce mediante un ligero amolado del grabado y con la exposición de los “puntos salientes” al color propio del acero inoxidable, dejando el coloreado en los huecos que son menos susceptibles al daño.



GRABADO CON ÁCIDO.

Las técnicas actuales proporcionan los medios para crear diseños gráficos apasionantes y creativos.

El **grabado con ácido** es un proceso que elimina una parte del material de la superficie. Las superficies grabadas tienen una apariencia mate, rugosa y que contrasta con las superficies con acabados pulidos o satinados.

Grabados con ácido



V. TRANSFORMACIÓN DE LOS ACEROS INOXIDABLES

Existe una gran variedad de técnicas disponibles para dar forma al acero inoxidable. Hay una relación inevitable entre el proceso y la forma. Geometrías que son difíciles de formar con una técnica se pueden dar fácilmente usando otra. Por ejemplo, los objetos transformados en la fundición son generalmente caracterizados por geometrías redondeadas y fluidas, mientras que los dobleces tienden a ser angulares.

Los procesos más significativos en la transformación del acero inoxidable se describen a continuación:

OPERACIONES DE CORTE

El acero inoxidable se puede cortar con una gran variedad de técnicas, incluyendo: procesos mecánicos, de erosión o térmicos, tales como aserrado, cizallado, punzonado, corte por chorro de agua, corte por plasma y corte por láser. Con excepción del corte oxiacetilénico (ya que la flama no puede cortar a través de los óxidos de cromo formados en la superficie del acero inoxidable), el acero inoxidable puede ser cortado con los mismos métodos para cortar acero al carbono.

Procesos mecánicos:

- Aserrado
- Cizallado
- Punzonado

Procesos de erosión:

- Corte por chorro de agua (con abrasivos)

Procesos térmicos:

- Corte por plasma
- Corte por láser

No se puede asegurar que un proceso sea mejor que otro ya que para seleccionar adecuadamente el método ideal es necesario considerar cada uno de los siguientes factores:

- Espesores de corte
- Velocidad de corte
- Acabado de la pieza cortada
- Precisión
- Zona afectada térmicamente

- Necesidad de operaciones secundarias
- Complejidad de la pieza a cortar
- Costos de operación
- Inversión necesaria.

Procesos mecánicos

La operación de corte mecánico consiste en someter la lámina a esfuerzos de cizallamiento entre los bordes cortantes de las herramientas hasta llevar el material al punto de fractura. Las técnicas que se revisarán son: aserrado, cizallado y punzonado.

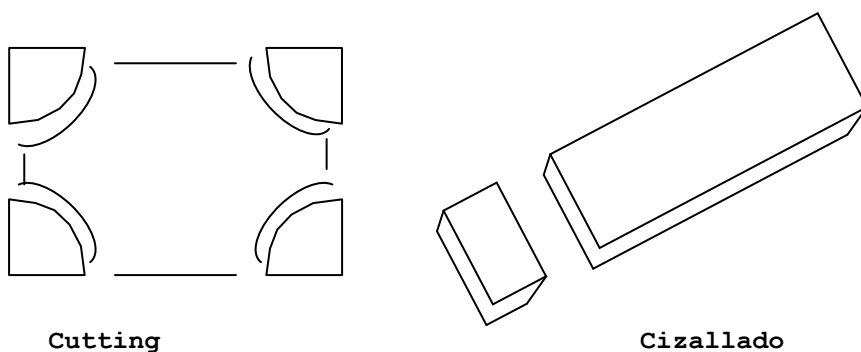
Aserrado

El aserrado es una operación para cortar metal y dividir una pieza en distintos segmentos con una hoja de filo múltiple. El uso principal de las sierras es para cortar el material a la longitud necesaria para otras operaciones. La adaptabilidad de las sierras permite usarla para cortar formas y contornos irregulares.

Cizallado

Las cizallas o cortadoras pueden ser utilizadas para cortar líneas rectas. Son particularmente útiles para la reducción de hojas o para la preparación para punzonado. El corte es efectuado por una estampa de corte formada por dos cuchillas, las cuales disponen normalmente de cuatro ángulos de corte.

El trabajo de corte puede ser **cizallado** (Separación del material de forma lineal); y **cutting** (Separación del material de forma no lineal, sino irregular).

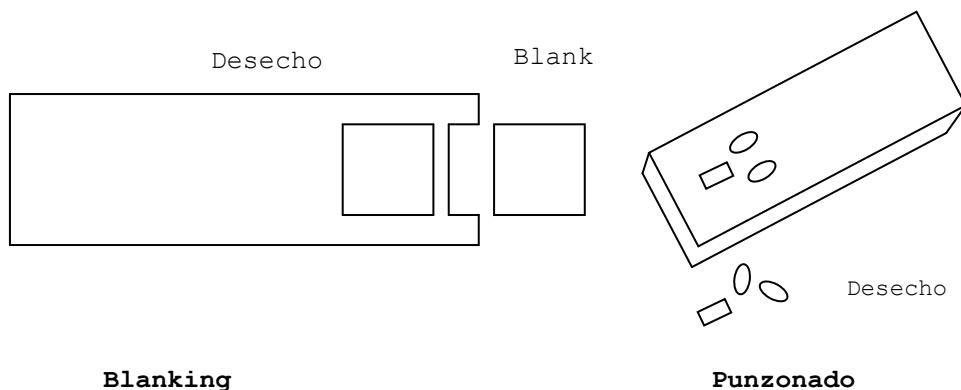


Punzonado

Es un proceso de tipo mecánico originado por cizalladura. Intervienen dos herramientas, una que se coloca en la parte inferior de la chapa a punzonar o matriz, y otra que se coloca en la parte superior o punzón.

La compresión del material genera una deformación, a medida que avanza la penetración del punzón en el material se inician grietas en los bordes de contacto entre el punzón y la pieza y la matriz y la pieza, y a medida que avanzan esas grietas se produce una rotura o fractura que hace que se separe la chapa del material de

recorte, coinciden las dos grietas y el punzón sigue penetrando hasta provocar la expulsión del material cortado.



Ventajas

- Permite cortar y además hacer operaciones de conformado
- Más barato que el láser para el corte de golpes sueltos (tiempos = décimas segundo)
- En la actualidad hay máquinas de mucha velocidad (1200 golpes/min en punzonado y 2800 golpes/min en mascado)

Desventajas:

- Requiere operaciones secundarias de acabado
- El punzonado tiene la limitación de cortar espesores menores que los que cortan los métodos térmicos.
- Problemas para cortar espesores muy elevados (agujeros de gran diámetro)
El espesor máximo del acero inoxidable que se puede punzonar es de aproximadamente 20 mm, pero es importante considerar que en espesores mayores de 10 mm se pueden agrietar las líneas de corte, favoreciendo así la corrosión.
- Coste de herramientas y reafilado

Operaciones de corte por erosión

Corte por chorro de agua

En general, este método trabaja forzando un cierto caudal de agua con partículas abrasivas altamente presurizado a través de un orificio de un diámetro muy pequeño (tobera), formando un delgado chorro de altísima velocidad (cercano a la velocidad de la luz). Este chorro impacta el material con una gran fuerza en un área muy reducida, lo que provoca pequeñas grietas que con la persistencia del impacto del chorro “erosiona” el material, por lo que se habla de “micro-erosión”.

A través del proceso específico del corte, prácticamente no se produce ninguna rebaba con un cortado recto y una entalladura de corte fino con muy pocas pérdidas de material.



Ventajas:

- Corte frío. No existe calor que pueda afectar o distorsionar las propiedades del acero inoxidable
- Multi-direccional (puede cortar en cualquier dirección)
- Perfora la mayoría de los materiales en el corte (sin necesidad de hacerlo previamente)
- No existe agrietamiento en el corte que pudiera favorecer eventualmente la corrosión

- Es ambientalmente amistoso (No existen: gases peligrosos, humos, radiaciones UV), limpio y seguro.
- Ahorro de material por ancho de corte reducido.
- Los sistemas de chorro de agua pueden cortar material de hasta 200 mm de espesor en cualquier dibujo geométrico
- El uso de la técnica de corte por chorro de agua se populariza cada vez más, mientras que los costos bajan.

Desventajas:

- En algunos casos de materiales de grandes espesores y de gran dureza, el tiempo requerido para ser cortado puede ser muy largo y elevar en gran medida sus costos.
- En grandes espesores la forma vertical “ideal” del corte tiende a distorsionarse, incrementado en ocasiones por una incorrecta velocidad de corte.

Operaciones térmicas de corte

Corte por plasma

El fundamento del corte por plasma se basa en elevar la temperatura del material a cortar de una forma muy localizada y por encima de los 30.000 °C, llevando el material hasta el cuarto estado de la materia, el plasma, estado en el que los electrones se disocian del átomo.

El procedimiento consiste en provocar un arco eléctrico estrangulado a través de la sección de la boquilla del soplete, sumamente pequeña, lo que concentra extraordinariamente la energía cinética del gas empleado, ionizándolo, y por polaridad adquiere la propiedad de cortar. La ventaja principal de este sistema radica en su reducido riesgo de deformaciones debido a la compactación calorífica de la zona de corte. También es valorable la economía de los gases aplicables, ya que a priori es viable cualquiera, si bien es cierto que no debe atacar al electrodo ni a la pieza.

El equipo necesario para aportar esta energía consiste en un generador de alta frecuencia alimentado de energía eléctrica, gas para generar la llama de calentamiento (argón, hidrógeno, nitrógeno), y un porta electrodos, que dependiendo del gas puede ser de tungsteno, hafnio o circonio.



Ventajas:

- Corte rápido. Más de 75 pulgadas/min. en aceros de 3/8 de pulgadas.
- No requiere ciclo de precalentamiento lo que ahorra tiempo y es más conveniente
- Produce pequeña y precisa anchura del corte lo cual favorece el proceso cuando la exactitud es importante
- La zona afectada por el calor es pequeña
- Deja bordes limpios y derechos
- Es más económico que otros métodos

Desventajas:

- La comparativa frente al láser en cuanto a calidad resulta inferior
- El calor del arco resulta en la formación de una zona afectada por el calor y en distorsión del material, la carbonización en esta zona puede provocar problemas de corrosión.
- Posterior al corte, los bordes deben ser trabajados (Removiendo aproximadamente 3mm del material) o decapados.

Corte con láser

En el corte mediante láser se utiliza la radiación para calentar la pieza hasta alcanzar la temperatura de fusión, al tiempo que una corriente de gas a presión arrastra el material fundido. La utilización del Láser en este campo ofrece muchos aspectos positivos. El haz láser enfocado sobre la pieza actúa como una herramienta puntual. La zona afectada térmicamente es muy limitada, lo que evita la aparición de distorsiones. El contorno de la pieza a cortar puede ser de cualquier forma y complejidad, pudiéndose realizar el proceso a altas velocidades.



Pieza cortada por láser

Ventajas:

- Velocidad de producción alta. Más rápido que plasma de alta definición
- Corta perfiles de forma compleja
- Elevada precisión y calidad de piezas cortadas (sobre todo en espesores pequeños y medianos)
- Posibilidades de actuar sobre superficies de espacio muy reducidos
- La precisión del corte y la ausencia de contacto mecánico con la pieza reducen significativamente la aparición de distorsiones e impurezas. Costuras angostas, sin rebabas, lo que evita trabajos posteriores de limpieza.
- Zona Afectada Térmicamente muy reducida
- Las paredes de corte son paralelas entre sí y perpendiculares a la pieza, no redondeadas, como sucede con otras técnicas de corte.

- Se aprovecha mejor el material gracias al mínimo grosor del surco producido por el láser.
- La calidad del procesado es alta.
- Fácil integración en sistemas robóticos o herramientas integradas en un CNC.
- No requiere fabricación de matricería
- Puede cortar espesores de hasta 8 mm

Desventajas:

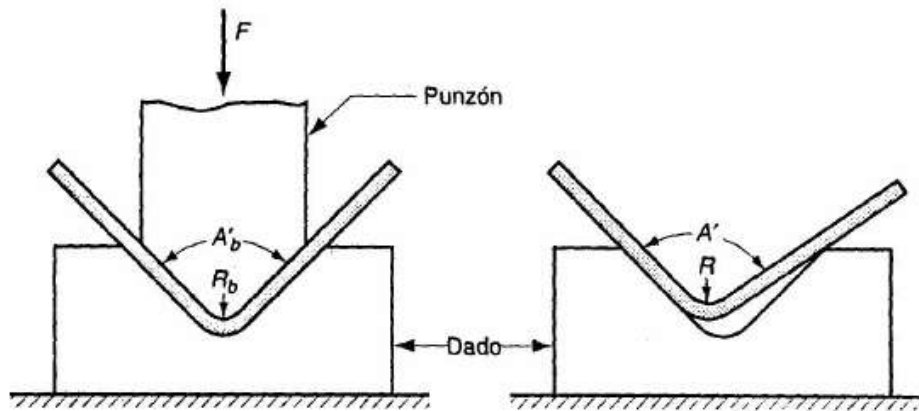
- La gran desventaja que presenta el corte de chapa por láser frente a otros procedimientos reside principalmente en el espesor máximo que se puede cortar.
- Velocidad reducida para espesores < 3 mm
- Inversión inicial elevada (en comparación plasma o chorro de agua)
- Inversión alta / Coste elevado de consumibles (boquillas, electrodos)

TRABAJO DE FORMADO Y DOBLADO

Doblado

Entre las técnicas de formado del acero inoxidable comenzaremos por la de doblado, el cual consiste en producir una deformación lineal del material al doblarlo en dos dimensiones. Se pueden producir formas complejas al doblar en múltiples operaciones. El doblado del acero inoxidable no requiere necesariamente herramientas especiales y tiende a ser un método particularmente económico de producir componentes geoméricamente simples.

La formación en frío del acero inoxidable resulta en un endurecimiento del material, es por ella que se requiere más fuerza para transformarlo que la requerida para doblar en acero al carbono. Así mismo, el acero inoxidable tiende más al *springback* o *recuperación elástica* que el acero al carbono es por ello que debe “sobre-doblarse”.



Quando la presión de doblado se retira, la energía elástica permanece en la parte doblada haciendo que esta recobre parcialmente su forma original, este fenómeno es conocido como recuperación elástica.

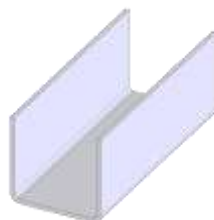
La operación de doblez o doblado consiste en realizar una transformación plástica de una lámina o plancha metálica y convertirla en una pieza con forma o geometría distinta a la anterior

El trabajo consiste en cambiar la forma de una lámina plana sin alterar el espesor, de manera que todas las secciones sucesivas sean iguales.

Las operaciones de doblado se realizan usando como herramientas de trabajo diversos tipos de punzones y dados o matrices. Los dos métodos de doblado más comunes y sus herramientas asociadas son el doblado en V; y el doblado de bordes o L, ejecutado con un dado deslizante.



Doblez en V



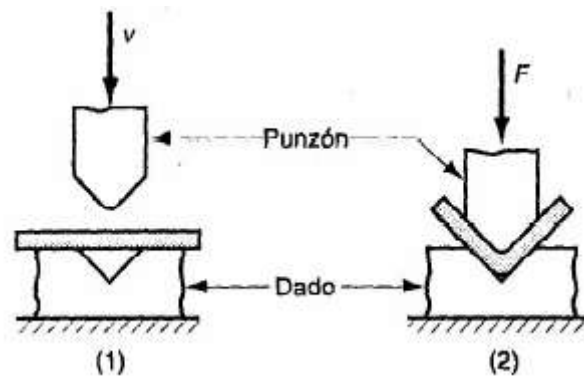
Doblez en U



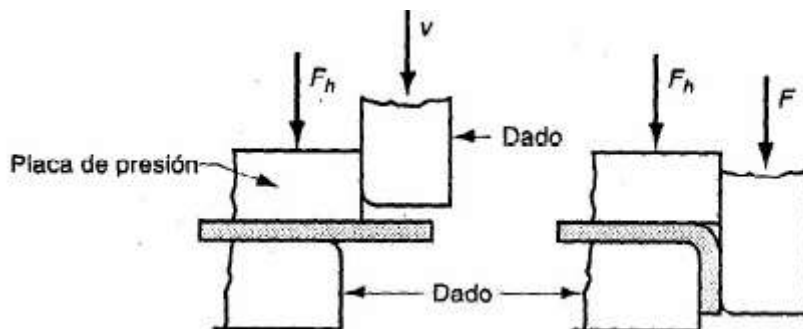
Doblez en L

En el doblado en V la lámina se dobla entre un punzón y una matriz en forma de V, los ángulos van desde los muy obtusos hasta los muy agudos. La gran ductilidad del acero inoxidable permite formar menores radios.

El doblado en V se usa generalmente para operaciones de baja producción y se realizan frecuentemente en una prensa de cortina, los correspondientes dados en V son relativamente simples y de bajo costo.



El doblado de bordes involucra una carga voladiza sobre la lámina. Se usa una placa de presión, que aplica una fuerza para sujetar la lámina contra el dado, mientras el punzón fuerza la parte volada para doblarla sobre el borde del dado. Debido a la presión del sujetador, los dados deslizantes son más complicados y más costosos que los dados en V y se usan generalmente para trabajos de alta producción.



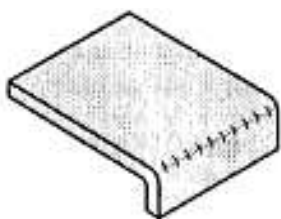
Otras operaciones de doblado

Se dispone de otras operaciones de doblado adicional a las mencionadas, algunas de éstas involucran el doblado sobre ejes curvos, en lugar de ejes rectos, o incluso tienen características diferentes.

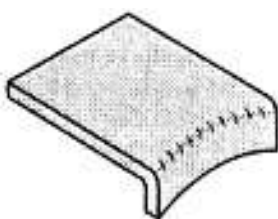
Formado de bridas, dobléz, engargolado y rebordeado.

El formado de bridas es una operación en la cual el filo de una lámina se dobla en un ángulo de 90° para formar un borde. Se usa frecuentemente para reforzar o dar rigidez. El borde se puede formar en un dobléz sobre un eje recto o puede involucrar algunos estiramientos o contracciones del metal.

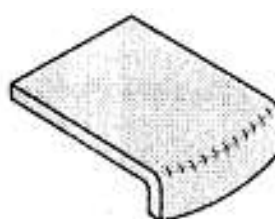
Formado de bridas:



Bridado recto



Bridado Estirado



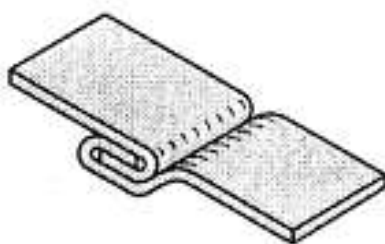
Bridado contraído

El dobléz involucra el doblado del borde de la lámina sobre sí misma en más de un paso de doblado. Esto se hace frecuentemente para eliminar el filo agudo de la pieza, para incrementar su rigidez y para mejorar la apariencia. El engargolado o empalme es una operación relacionada en la cual se ensamblan dos bordes de láminas.

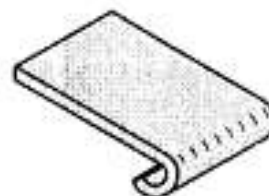
En el rebordeado, también llamado formado de molduras, los bordes de la lámina se producen en forma de rizo o rollo. Tanto esta operación como el dobléz se hacen con fines de seguridad, resistencia y estética



Dobléz



Engargolado (Empalme)



Rebordeado

Doblado con cilindros

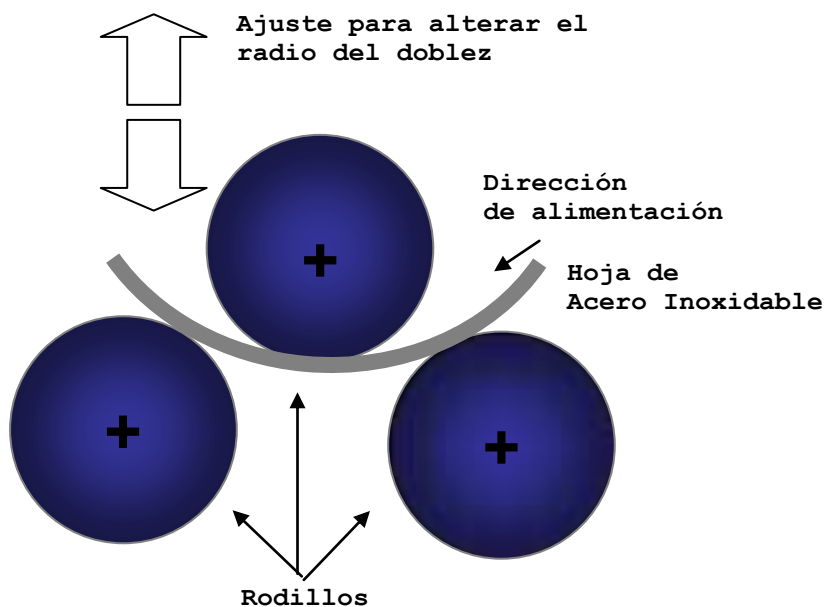
En el proceso de doblado con cilindros o roll forming, se alimentan las hojas o tiras de acero inoxidable a través de varios pares de herramientas cilíndricas acomodadas serialmente. Cada uno de estos pares forma progresivamente las tiras del material hasta alcanzar el perfil deseado.



Pieza rolformada

Rolado

La roladora se compone de 3 cilindros dispuestos de forma triangular como se ilustra en la figura. La hoja se alimenta entre el cilindro superior y los dos cilindros inferiores, la cual queda “pelliscada” entre los cilindros. El radio del doblado se ajusta subiendo o bajando el cilindro superior.



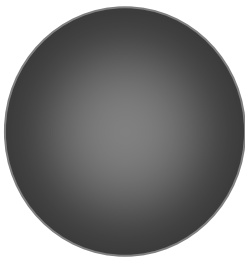
Mecanismo de una roladora

TRABAJO DE EMBUTIDO Y EXPANSIÓN

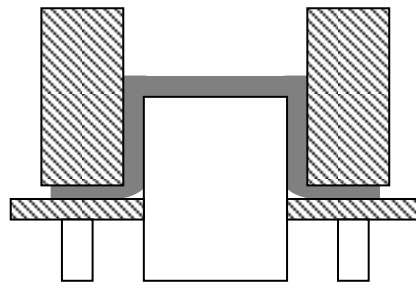
Es una operación de formación que transforma un disco de material plano en una recopa hueca con fondo cerrado. Las operaciones de embutido también pueden crear cajas y figuras más complicadas. También el embutido se conoce como cuajado.

A diferencia de otras técnicas de formado de metal, el embutido transforma el material plano de forma no lineal en 3 dimensiones. El grosor del material se altera como resultado del estiramiento.

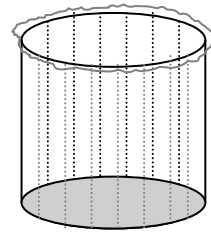
Las piezas recortadas o discos a emplear se disponen en el asiento o anillo de centrado, fijado a la matriz de embutir, con la finalidad de centrar el disco en el proceso de embutición. Un dispositivo pisador aprieta el disco contra la matriz de embutir con la finalidad de que no se produzcan pliegues. El punzón de embutir al bajar estira el material sobre los bordes rebordados de la matriz, de modo que se produzca una pieza hueca. El desplazamiento de todos los cristales en que esta constituido el material a embutir es radical en toda su magnitud. Cada uno de los cristales del material se desplaza, en la medida de que este se desliza en la abertura entre el punzón y la matriz.



**Desarrollo del
blank**



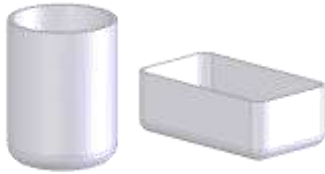
Embutido



Cuerpo hueco

El **planchado** es un trabajo posterior al embutido y consiste en “planchar” las paredes para ganar altura, se estira el material y se reduce el espesor de las paredes.

Trabajo de embutido



Embutido



Embutido invertido



Planchado



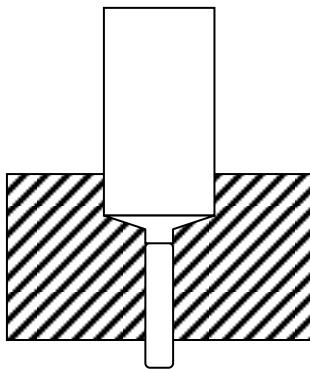
Bulging esférico



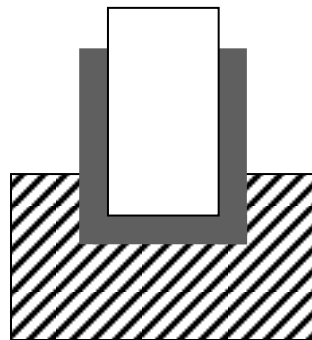
Bulging cónico

TRABAJO DE COMPRESIÓN

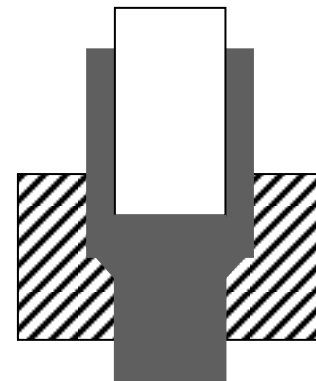
Existen procesos como la **extrusión** (estiramiento del material), **acuñado**, **cabeceado** y **forjado** (en frío).



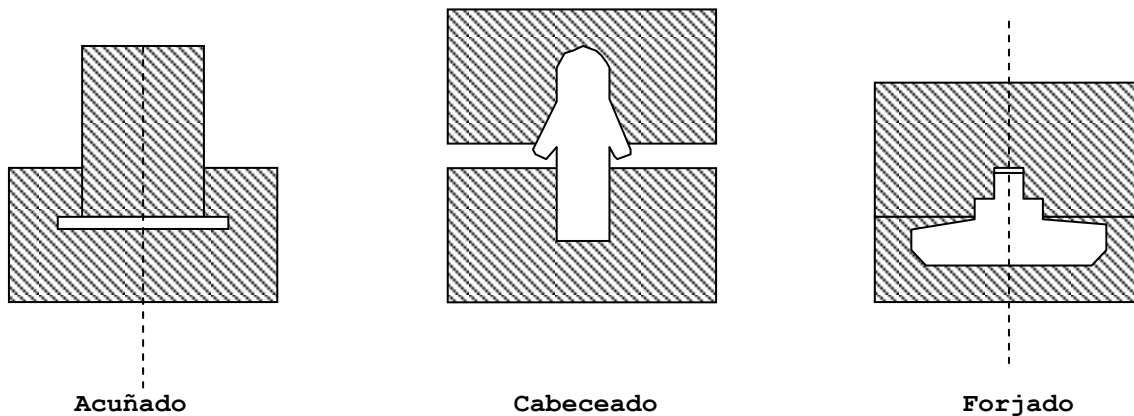
Extrusión frontal



Extrusión posterior



Extrusión compuesta



Si bien, el acero inoxidable es un material fácil de transformar es importante observar la limpieza exhaustiva o de preferencia la exclusividad del uso de maquinarias para este material, ya que si intercalamos el uso de las maquinarias y herramientas con operaciones de acero al carbón, por ejemplo, la contaminación cruzada sería inevitable.

Se puede cortar y doblar acero inoxidable incluso si el material se adquirió con un acabado de fábrica, como el 2B, P3, P4, etc.

Generalmente se pueden solicitar al proveedor los rollos, flejes, hojas, etc. con una película plástica y mantenerla durante los procesos de transformación para proteger la superficie de daños.

DESEMPEÑO DE LOS ACEROS INOXIDABLES EN LAS OPERACIONES DE TRANSFORMACIÓN

Características de fabricación											
Pulido											
Embutido											
Formado en caliente											
Formado en frío											
Endurecido por tratamiento térmico											
Troquelado											
Abrillantado											
Corte por cizalla											
Soldadura											
Maquinado											
Grupo	Tipo										
Austenítico	201, 202, 301, 302, 304, 304L, 305	L	E	L*	B	L*	NO	E**	B	E	B
	316, 316L, 317, 317L	L	E	L*	B	L*	NO	E**	B	E	B
Ferrítico	430, 439	B	L	B	B	B	NO	B	B	E	B
Martensítico	403, 410	B	L	B	B	B	SI	B	B	B	B
	420	L	L	B	B	B	SI	L	B	P	B

CODIGO
E = EXCELENTE
B = BUENO
L = LIMITADO
P = POBRE

•*El material puede ser cortado por cizalla. Sin embargo debido a que se endurece rápidamente conforme se va cortando se va requiriendo de más fuerza para la operación.

•** El material se va endureciendo conforme se deforma en frío y va siendo más difícil el formado en frío.

VI. CONSIDERACIONES BÁSICAS AL SELECCIONAR, DISEÑAR Y FABRICAR EN ACERO INOXIDABLE

Los usuarios del acero inoxidable lo distinguen por su excelente resistencia a la corrosión y por sus cualidades estéticas. Sin embargo, para mantener estas dos características es necesario el correcto manejo durante su aplicación.

La prevención de la corrosión comienza con un detallado análisis de las condiciones a las que estará sometida la aplicación a fabricar, el medio ambiente, el servicio que dará, las sustancias, humedad, temperatura, presión, etc. en que se desempeñará, la determinación del material ideal para su fabricación, stress, compatibilidad de los metales, el diseño y aplicación de planes de mantenimiento, limpieza y supervisión. Pero entre la planeación y el uso de aplicación hay elementos tan fundamentales para evitar la corrosión, como los demás que han sido mencionados: el adecuado diseño y fabricación de la aplicación..

El acero inoxidable no representa mayor dificultad respecto de otros materiales metálicos en cuanto a cortarlo, darle forma o unirlo, aunque estos procesos pueden diferir unos de otros. La clave del éxito está en respetar esas pequeñas diferencias.

Los cuidados relevantes en el uso del inoxidable inician desde la *selección de materiales*. La atención se debe mantener, asimismo, en el *diseño* de la aplicación y, por último, en las *operaciones de transformación*

A continuación se comentarán las principales consideraciones al seleccionar, diseñar y fabricar en acero inoxidable para asegurar una larga vida, funcionalidad y desempeño esperados y apariencia deseada de la aplicación a diseñar.

El conocer y aplicar las reglas que aquí se mencionan no es para lidiar con la corrosión, sino para prevenirla

SELECCIÓN DE MATERIALES

1.- Especificar el tipo de acero inoxidable más apropiado para la aplicación, así como el acabado y calibre

Una selección adecuada de un acero, se basa en la evaluación de los siguientes criterios:

<i>Uso Final</i>	El primer paso es indagar, sobre las condiciones a las que el material estará expuesto en la aplicación específica, para determinar el tipo de acero que puede aportar un mejor desempeño. En base a esto se evaluarán los siguientes criterios de selección.
<i>Resistencia a la Corrosión y Oxidación a Altas Temperaturas</i>	Es uno de las principales criterios de selección del material. El transformador debe conocer el medio bajo el cual será sometido el material.
<i>Propiedades Mecánicas</i>	La resistencia mecánica a bajas y a altas temperaturas es muy importante. La combinación de resistencia a la corrosión y mecánica es base para la selección del acero.
<i>Características Finales del Producto</i>	Fabricación del producto, incluyendo todos los procesos a los que será sometido el material.
<i>Costo Total</i>	Un análisis del costo de ciclo de vida es recomendable, para evaluar los costos del material y aquellos relativos al mantenimiento, reemplazo, vida en servicio, etc.
<i>Disponibilidad</i>	Finalmente es necesario tomar en cuenta la disponibilidad del material.
<i>Uso y Mantenimiento</i>	Es altamente recomendable que se entregue al usuario final de la aplicación un listado de recomendaciones para el cuidado y mantenimiento del material. Más que un criterio, es un valor agregado al usuario que favorece al cumplimiento del desempeño esperado del material.

2.- Seleccionar el acabado

- Superficies tersas dificultan la adherencia de contaminantes y favorecen la limpieza manual y natural (lluvia), por lo tanto reducen el riesgo de corrosión
- Superficies rugosas acumulan contaminantes y son más difíciles de limpiar, por lo tanto favorecen la corrosión
- En aplicaciones o instalaciones grandes asegurarse que el material proceda de una misma bobina o colada para asegurar la misma vista de la hoja
- Para aplicaciones en exteriores o de alto tráfico se recomiendan acabados texturizados o poco reflectivos ya que no se ensucian ni manchan tan fácilmente.
- En aplicaciones exteriores o en donde las condiciones así lo demanden, preferir acabados unidireccionales que faciliten la limpieza natural o manual.

ALMACENAMIENTO

El acero inoxidable es un material de calidad para productos de calidad. Quienes adquieren productos de acero inoxidable esperan tener una excelente apariencia superficial. Como es conocido, a diferencia del acero al carbono, en el acero inoxidable no se aplica usualmente pintura. Por tanto las manchas, marcas o rayones y otros defectos que pueden originarse debido a un manejo inadecuado del material, deberán ser eliminados antes de enviar el producto al cliente para asegurar un producto de calidad y para evitar corrosión. La eliminación de tales defectos superficiales es normalmente más costosa que tomar las medidas adecuadas para prevenirlos, es por ello que hacemos las siguientes recomendaciones:

- Asegurar un ambiente limpio
- Almacenar en un lugar diferente al de fabricación
- De preferencia almacenar bajo techo en condiciones libres de humedad
- Si se almacena a la intemperie:
 - Cubrir con lona a prueba de agua
 - Almacenar de forma tal que no le salpique lodo, ni se almacene agua en la superficie
- Almacenar placas y discos de forma vertical
- De preferencia almacenar en su empaque original conservando el papel intercalario
- Proteger del contacto con acero al carbón (Racks, montacargas, mesas, etc.)
- Evitar el almacenamiento prolongado en ambientes húmedos o salinos
- Nunca caminar sobre el material, ni arrastrarlo
- Evitar daño a las superficies
- Evitar la prolongada exposición al calor y/o luz solar ya que esto dificultaría la remoción de la película plástica.
- Identificar plenamente el tipo de acero inoxidable en almacén (Por empaque, tarima y rack)
- Asegurar un apropiado almacenamiento, manejo y tránsito de hojas o piezas planas de calibres delgado, ya que éstas son más susceptibles al daño
- Durante el manejo de material, particularmente para aquel de acabado reflectivo usar guantes de lino para evitar marcas de dedos en el material
- En estructuras pesadas o voluminosas que deban manejarse con grúa, proteger las garras o piezas de sujeción con gomas o materiales blandos.

DISEÑO PARA EVITAR LA CORROSIÓN

El acero inoxidable es un material que requiere mínimo mantenimiento si se ha diseñado apropiadamente, a este respecto las recomendaciones básicamente van encaminadas a evitar el estancamiento o concentración de líquidos y a la generación de formas que favorezcan y permitan el acceso para limpieza, supervisión y mantenimiento.

1.- Diseñar para facilitar la limpieza

- Las superficies horizontales retienen suciedad. Las superficies inclinadas favorecen la limpieza manual y por lluvia y dirigen el agua evitando estancamiento.

2.- Diseñar para facilitar el drenaje

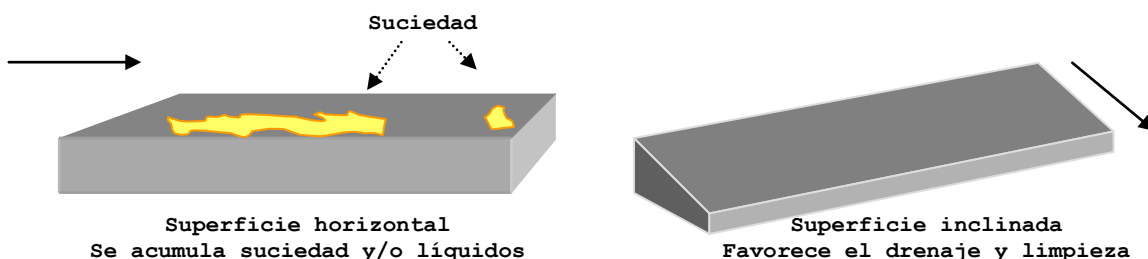
- Tanques y contenedores se deben diseñar de forma tal que drenen por completo el líquido contenido
- Sellar las juntas o hacerlas lo suficiente separadas para el libre desagüe para evitar la corrosión por cavidades. Esta ocurre cuando agua y contaminantes corrosivos se mantienen atrapados en espacios vacíos y hay cloruros presentes en el ambiente.

3.- Diseñar para facilitar el acceso (Supervisión y mantenimiento).

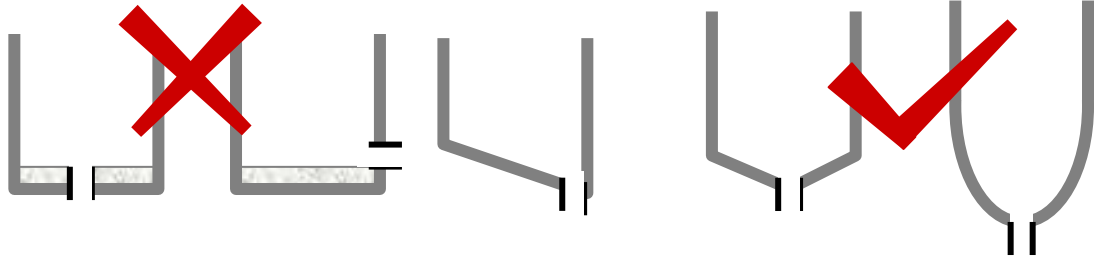
- El diseño de la aplicación deberá, en cuanto a su forma y dimensiones, permitir la inspección, cambio de piezas, y maniobras varias

4.- Preferir las geometrías simples

- Evitar bordes, trampas y/o cavidades en donde su pueda acumular la humedad o suciedad



Inclinación de la superficie

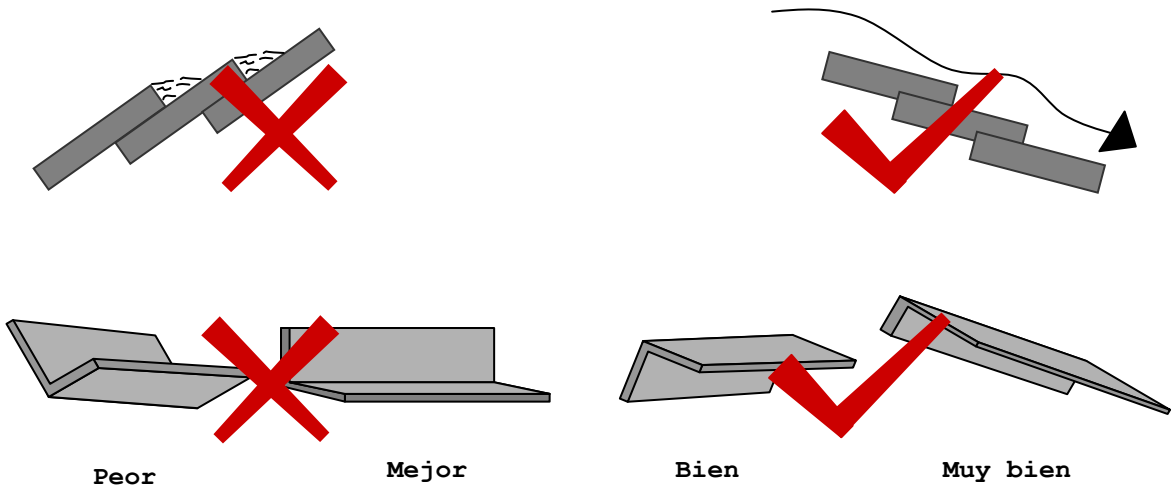


Mal
La evaporación del líquido atrapado incrementa la concentración. El líquido atrapado causa corrosión por picadura

Bien
Fondo inclinado

Mejor
No hay forma de que se estanque líquido

Diseño de contenedores: Favorecer el drenaje del líquido contenido



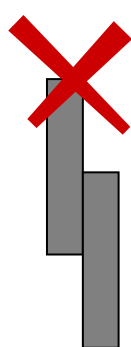
Peor

Mejor

Bien

Muy bien

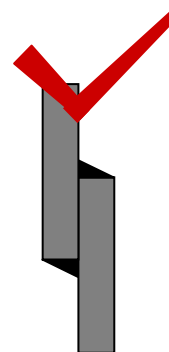
Favorecer la limpieza y el drenaje



Mal

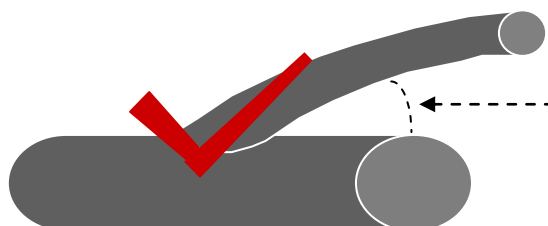
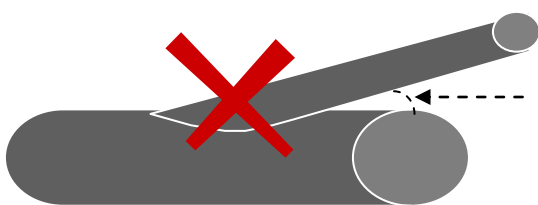


Bien



Mejor

Evitar cavidades



Tubería: Facilitar el acceso para inspección y limpieza

OPERACIONES DE TRANSFORMACIÓN:

- Limpiar las mesas de trabajo, de preferencia cubrirlas con alfombra, cartón o papel
- Usar herramientas exclusivas para acero inoxidable y libres de contaminación y herrumbre
- Limpiar la superficie o zona de contacto de la herramienta antes de utilizar
- Usar prensas tipo clamp con gomas
- Si se deben efectuar operaciones de trazado, evitar el uso de punzones duros, procurando utilizar lápices o marcadores de fácil eliminación con un trapo o disolvente. Si las láminas están protegidas con película plástica se deberá trazar sobre ésta.
- Para las operaciones de corte en cizalla, la presión de los pisadores o sujetadores debe graduarse de forma que no marquen la lámina. De ser posible, recubrirlos con goma u otro material deformable.

- En la operación de cizallado procurar que la pieza a utilizar no sea la que caiga y si fuera posible no deberá dejarse caer, sino que se deberá extraer con la mano por la parte posterior de la cizalla. Una vez cortada la lámina, apilar los trozos en recipientes adecuados, procurando utilizar papeles separadores entre los mismos.
- Si se efectúan dobleces en las láminas, la matriz de doblado debe estar libre de polvo o cualquier otro tipo de material. Si se usa papel hay que evitar que esté doblado, ya que puede marcar las láminas. En dobleces severos se debe usar cinta adhesiva o papel encerado para evitar el perjudicial contacto con el metal. Otra solución es utilizar matrices muy pulidas o recubiertas con cromo.
- Evitar dobleces a 90° , preferir pequeños radios en el doblado para obtener la curva sanitaria
- Para procesos de rolado con rodillos, los cilindros deben estar perfectamente limpios y mantenerse en esta situación mientras dure el proceso; es recomendable utilizar rodillos recubiertos de cromo y conservarlos bien lubricados y altamente pulidos. Si en la misma roladora se efectúan trabajos con aceros al carbono e inoxidable indistintamente, es muy conveniente recubrir los rodillos de trabajo con papel duro cuando se role el acero inoxidable.
- Si se esmerila o pule con discos o bandas abrasivas, éstos deben estar libres de partículas de hierro o acero al carbono y no deben en ningún caso utilizarse indistintamente para acero al carbono y acero inoxidable.
- Si se utiliza el proceso de sandblast debe vigilarse que la arena empleada esté libre de partículas o limaduras de hierro o acero al carbono y en ningún caso debe haberse utilizado previamente para otro tipo de material
- Proteger la superficie con una película plástica



Evitar ángulos de 90° en donde se pueda alojar suciedad

Evitar:

- Herramientas contaminadas
- Herramientas de acero al carbono
- Medios abrasivos
- Cepillos de acero al carbón o de acero inoxidable utilizados para limpiar acero al carbón
- Partículas de acero en el aire
- Rasguños o rayones en la superficie
- Maniobrar el material con guantes sucios
- Grasa, aceite, lubricantes, marcas de crayones, marcadores o pintura en la superficie
- Evitar marcadores con cloruro o sulfuro para marcar acero inoxidable

Direccionamiento del acabado:

- Al instalar o colocar tener en cuenta la dirección del laminado o acabado. Debe tenerse cuidado que todos los componentes visibles de la aplicación a fabricar se instalen en la misma dirección. Cualquier parte de una aplicación de grandes dimensiones instalado en una dirección contraria (a la del laminado) reflejará la luz de forma diferente bajo ciertas condiciones de luz, luciendo diferente. Esta regla aplica para acabados lisos, pulidos, texturizados y coloreados.
- En aplicaciones en exteriores, la dirección del rayado debe ser vertical para favorecer la limpieza natural.
- Tip: Pedir al proveedor que indique por debajo de la hoja y sobre la película plástica la dirección del laminado o grabado.
- Mantener protegido con película plástica

Uniones:

Soldadura: adecuada y cuidada

- Selección de un soldador calificado
- Evitar la soldadura “en-sitio”, de no ser posible, aislar el área para evitar contaminación.
- Limpiar antes de soldar acero inoxidable usado limpiar para eliminar contaminantes que minan la resistencia a la corrosión por el calor de la soldadura (azufre, fósforos, carbón, estaño, zinc, cobre, sosa cáustica y otros químicos)
- Usar electrodos adecuados, libres de humedad
- Preferir cordones continuos por ambos lados para sellar las cavidades
- Remover la escoria (evita corrosión por cavidades)

- Remover el tinte de calor (Heat tint) para restaurar la resistencia a la corrosión (De preferencia con ácido nítrico o mejor con electropulido)
- Remover las manchas de encendido del arco (pulido de grano fino)
- Limpiar la superficie después de soldar

Uniones mecánicas: tornillería

- En ambientes húmedos, el tipo de acero de la unión deberá ser al menos de un tipo equivalente al que se unirá
- En uniones de acero inoxidable con otros materiales, separar del acero inoxidable mediante arandelas de materiales no metálicos
- Evitar apretar de forma excesiva tornillos al unir piezas de inoxidable para evitar que estas se distorsionen.
- Colocar almohadillas reforzadoras bajo las piezas de los tornillos para evitar que las piezas se pandeen, especialmente si son de grandes dimensiones o si el grosor de la hoja es muy delgado.

Cuando la vista es importante se puede optar por la unión con stud weld (Soldadura de pernos) o con adhesivos.

Stud weld

- Se recomienda cuando se quiere hacer una fijación de pernos a una chapa sin perforarla. Es un método de soldadura por descarga eléctrica controlada que permite soldar pernos con una pistola en un solo disparo. (Secuencia del proceso: 1.- Contacto del tornillo con la chapa, 2.- Descarga del arco eléctrico y 3.- El tornillo ingresa en el baño de metal y se funde contra la chapa)
- Unión rápida y eficiente fijación
- No se necesita marcar el reverso
- No necesita material de aporte
- La unión soldada es más fuerte que el material matriz o el pasador.
- Sólo se requiere el acceso por un lado.
- No hay agujeros por lo que la chapa no tiene fugas y no está debilitada
- El equipo es portátil y fácilmente posicionable.
- Óptimo acabado

Adhesivos

- La cinta adhesiva para unir chapas de inoxidable está hecha de espuma acrílica y en el mercado se encuentran marcas como 3M VHB
- No requiere tiempo de secado

- Menor tiempo en la instalación
- No requiere retrabajo
- Fácil de aplicar
- Distribuye el stress uniformemente sobre una mayor área
- Absorbe impacto, vibración, gravedad, expansión térmica
- Excelente resistencia en ambientes húmedos
- Virtualmente invisible
- Se puede usar para interiores y exteriores
- Une materiales iguales o diferentes

Vista

- Evitar usar ferríticos y austeníticos en una misma aplicación, ya que la diferencia del tono entre los dos tipos de acero puede ser perceptible y en caso de condiciones severas la resistencia a la corrosión sería diferente.
- Cuando la apariencia es importante, en aplicaciones grandes evitar piezas grandes y/o largas no soportadas
- Los paneles reflectivos o componentes de aplicaciones de grandes dimensiones con acabado reflectivo pueden ser susceptibles del fenómeno de abolladura (Oil canning), el cual es una distorsión óptica, percibida como un oleaje en la superficie de la pieza o aplicación. Para evitar este fenómeno se recomienda usar acabados poco reflectivos, hojas perforadas, malla o acabados texturizados. También se recomienda usar calibres relativamente robustos, soportados por una estructura rígida y preferir las formas ligeramente cóncavas para evitar toda la plenitud de las superficies reflectivas.

Limpieza:

En ocasiones los profesionales de acero inoxidable dan por sentado que tanto ellos como el usuario final sabrá como limpiar la aplicación de acero inoxidable, sin embargo no necesariamente es así. Se recomienda consultar los siguientes manuales disponibles en www.iminox.org.mx:

- Uso y Conservación del Acero Inoxidable: Manual para Distribuidores y Transformadores. Sección Recursos Documentales/Publicaciones
- Uso y Conservación de Productos de Acero Inoxidable: Manual para Usuarios Finales. Sección Recursos Documentales/Publicaciones

VII. PRESENTACIONES COMERCIALES DE LOS ACERO INOXIDABLES

Presentaciones comerciales disponibles en México:

TIPOS DE ACERO:

- *Austeníticos (301, 304, 304L, 304DDQ, 316, 316L, 321)
- *Ferríticos (409, 409L, 420, 430, 434, 439 y 441)
- Martensíticos (disponible sólo en barras y soleras)

*Disponibles con o sin recubrimiento plástico

ACABADOS SUPERFICIALES DISPONIBLES DE FÁBRICA:

Acabados por laminación

- 1
- 2D (Opaco)
- 2B (Brillante y terso)
- Acabado Mexinox Rolled ON 3 y 4 (apariencia similar al pulido)

Acabados mecánicos

- Pulido 3 (abrasivo de grano 100 a 180)
- Pulido 4 (abrasivo de grano 180 a 240)

* Se encuentran pulidos por una o las dos caras, a solicitud del cliente.

PRESENTACIÓN:

Hojas/Rollos:

- Producto plano laminado en frío.
- Anchos de 914 y 1219 mm (3´ y 4´)
- Largos 2438 y 3048 mm (8´ y 10´)
- Espesores desde 0.33 a 3.43 mm.

Fleje:

- Producto plano laminado en frío.
- Anchos desde 25.4 hasta 609.6 mm
- Espesor menor a 3/16" (4.76 mm)

**Placa:**

- Producto plano laminado en caliente.
- Anchos desde 910 mm (3´) hasta 2.44 mts (8´)
- Largos desde 2.44 mts (8´) hasta 6.1 mts (20´)
- Espesor desde 1/8" (3.2 mm) a 2" (50.8 mm)
- Acabado: 1

Discos:

- Producto circular plano laminado en frío.
- Diámetros de 160 y hasta 708 mm
- Espesores desde .40 y hasta 1.60 mm

Tubo:

- Redondo
 - Cuadrado
 - Rectangular
 - Hexagonal
- *(Ornamental, Sanitario, Tubing, Pipe, Tubo flexible)

Barra:

- Redondo
 - Cuadrado
 - Rectangular
 - Hexagonal
- *(Sólida, Hueca) * También disponible en Martensítico 410, 416 y 431

Otros:

- Perfiles
- Ángulos
- Soleras
- Lámina perforada
- Lámina texturizada
- Cables y alambres
- Malla
- Tornillería
- Rodajas

VIII. LIMPIEZA Y MANTENIMIENTO DE LOS ACEROS INOXIDABLES

El acero inoxidable es fácil de limpiar, regularmente sólo basta limpiar con agua y jabón, enjuagar con agua limpia y secar con un paño. Por regla general las aplicaciones de acero inoxidable deben limpiarse con agua y jabón 3 ó 4 veces por año si están en exteriores y todos los días si se encuentran en ambientes higiénicos o en condiciones agresivas, fuera de estos casos debe limpiarse cuando está sucio para que recupere su apariencia original.

La frecuencia y costo de limpieza y mantenimiento del acero inoxidable es menor que la de otros materiales, lo que lo lleva a tener un menor costo en su ciclo de vida, aún cuando la inversión inicial sea mayor.

MÉTODOS GENERALES DE LIMPIEZA

Problema	Agente limpiador	Comentarios
Limpieza de rutina. Todos los acabados.	Jabón o detergente suave y agua.	Limpiar con esponja, enjuagar con agua limpia, secar con paño limpio.
Huellas de dedos. Todos los acabados.	Jabón, agua tibia o solvente orgánico. O bien, pasta de bicarbonato de sodio y agua.	Enjuagar con agua limpia, secar con paño limpio.
Manchas difíciles, decoloraciones. Todos los acabados.	Solución suave o crema limpiadora no abrasivas.	Enjuagar con agua limpia, secar con paño limpio.
Marcas de aceite/grasa. Todos los acabados.	Solvente orgánico.	Posteriormente limpiar con agua y jabón suave, enjuagar con agua limpia, secar con paño limpio.
Marcas de oxidación. Todos los acabados.	Gel especial. 10% ácido fosfórico o solución de ácido oxálico. Aplicar la solución con algodón, (10 a 15 minutos y enjuagar)	Enjuagar bien con agua limpia. En el caso de ácido fosfórico enjuagar con amonía.
Rasguños. Acabados satinados-cepillados.	Pulir con almohadillas de nylon impregnadas con abrasivos libres de hierro.	Asegurarse de que las almohadillas sean de nylon para evitar que partículas de hierro se adhieran a la superficie.
Pintura/Graffiti	Solventes alcalinos o de pintura.	Usar cepillo de cerdas o nylon suave. Seguir instrucciones del productor.



IX. DIRECTORIO DE PROVEEDORES

A continuación se enlistan los socios fundadores de IMINOX, tienen sucursales en las principales ciudades de la República Mexicana:

Aceros Anglo, S.A de C.V

Electrificación No. 103 Col. Independencia. Toluca, Edo. de México C.P. 50070

Tels. (722) 214 3019 / 214 3087 / 214 9855

www.acerospalmexico.com.mx/sucursales.htm

jhernandez@palmexico.com.mx

Fabricación de acero grado maquinaria, inoxidable, herramienta.

Aceros inoxidables (barras, perfiles, anillos y piezas forjadas)

Aceros Fortuna, S.A. de C.V.

Av. Lic. Juan Fernández Albarrán No. 31, Fracc. Industrial San Pablo Xalpa, Tlalnepantla, Edo de Mexico C.P. 54090

Tels. (55) 5010 4800

jjrodri@cartech.com

www.acerosfortuna.com.mx

Distribución, Importación, exportación y transformación de acero de todas clases y sus productos derivados.

Aceros Palméxico

Insurgentes Norte No 554 Col. Atrampa. México, D.F., C.P. 06450

Tel. (55) 57 29 09 18

jhernandez@palmexico.com.mx

www.acerospalmexico.com.mx

Ventas de acero inoxidable y otros aceros.

Casa Sommer, S.A. de C.V.

Boulevard Toluca N° 13-A Col. San Francisco Cuautlalpan. Naucalpan Edo. de México C.P. 53560

Tel. (55) 2629 8080

dmanjarrez@csommer.com

www.csommer.com

Comercialización de Metales, Acero Inoxidable, Baleros, Transmisiones Mecánicas y Tornillos. Distribución de láminas, rollos, cintas, placas, tubos, barras, perfiles, lanas, cribas, telas, láminas perforadas, láminas antiderrapantes.



Distribuidora Metálica, S.A. de C.V.

Av. Toluca No. 373 Col. Olivar de los Padres. México D.F. C.P. 01780

Tel. (55) 5595 4700

mvera@metalica.com.mx

www.metalica.com.mx

Venta de lámina, placa, barra, ángulo, tubería, conexiones, etc. de acero inoxidable.

Fischer Mexicana, S.A. de C.V.

Eje 124 No. 115 Zona Industrial, San Luis Potosí, S.L.P.

Tel. (444) 826 5060

tania.bevc@fischer-mexicana.com

Tubería de acero inoxidable con costura para uso ornamental, industrial y automotriz.

Inoxidables de San Luis, S.A. de C.V.

Bldv. Antonio Rocha Cordero 799, Col. El Aguaje. San Luis Potosí, S.L.P. C.P. 78090

Tel. (444) 804 1170

hoz_antonio@inox-sanluis.com.mx

www.inox-sanluis.com.mx

Lámina, placa, antiderrapante, ángulo, solera, barra, tubería ornamental redonda y cuadrada, tubería industrial, tubing, malla. Además doblez hasta 1/4" en 10', soldadura TIG y MIG, corte con láser hasta 1/2" 5' x 10', cizalla hasta 3/8" en 10' y plasma de 2", punzonado.

Inoxidables y Procesos, S.A. de C.V.

Av. de las Naciones No. 1 Piso 22 Of. 37 Col. Nápoles. Del. Benito Juárez México, D.F. C.P. 03810

Tels. (55) 9000 0414.

amilav1@cim.com.mx

www.inoxidablesyprocesos.com

Venta y distribución de acero inoxidable y metales no ferrosos. Diseños texturizados, tridimensionales laminados en frío, repujados, coloreados, granallados, atacados por ácido, jaladoras, cierres y fijaciones industriales.

Mexinox Trading

Av. Industrias No. 4100, Zona Industrial, 1a. Sección, San Luis Potosí, S.L.P. C.P. 78395

Tel. (444) 826 5144

arturo.vargas@thyssenkrupp.com

www.mexinoxtrading.com.mx

Distribución de acero inoxidable.



Promotora Industrial GIM, S.A. de C.V.

Henry Ford # 4 Fracc. Industrial San Nicolás Tlalnepantla, Edo de México CP 54030

Tel. (55) 5005 0580

www.inversinox-gim.com

Comercialización y transformación de acero inoxidable, distribución de placa, lámina en rollo y hoja, flejes, tubo ornamental, barra, solera, ángulos y discos. Cuenta con un centro de servicio; dobléz, corte y troquelado, soldadura TIG y MIG, pulido y otros procesos.

Thyssenkrupp Mexinox, S.A. de C.V.

Av. Industrias No. 4100, Zona Industrial, 1a. Sección, San Luis Potosí, S.L.P. 78395

Tel. (444) 826 5170

manuel.marmolejo@thyssenkrupp.com

www.mexinox.com.mx

Fabricación y distribución de acero inoxidable