

RAZONES PARA UN TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA (T. T. P. S.) (RELEVADO DE ESFUERZOS)

El término "Relevado de Esfuerzos" es realmente un nombre inapropiado. La terminología correcta es "Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura". Como tratamiento térmico proporciona algo más que solo un relevado básico de esfuerzos. El término abreviado 'postcalentamiento' ahora se usa más generalmente que en lugar de "relevado de esfuerzos y 'tratamiento térmico posterior a la soldadura'".

Pueden producirse tensiones residuales de alto nivel en las soldaduras debido a la restricción del metal base durante la solidificación de la soldadura. Exactamente la misma situación se observa en las fundiciones, en la medida en que se forma una piscina de metal fundido. Esta piscina se solidifica rápidamente y se contrae. El metal base se opone a esta contracción con el resultado de que tanto la placa como la soldadura están tensionadas. Estos esfuerzos pueden ser tan altos como la tensión de fluencia del material en sí. Cuando se combinan con tensiones de carga normales, estas pueden exceder las tensiones de diseño.

El precalentamiento correcto reduce el estrés térmico

El área a precalentar depende de la complejidad de la soldadura en los componentes. En una fabricación simple, una longitud de 6 "a cada lado de la soldadura puede ser suficiente, mientras que, en una fabricación compleja, en la que se pueden generar tensiones por precalentamiento local, toda la estructura deberá calentarse. Siempre se debe tener precaución para evitar diferenciales de temperatura excesivos durante el precalentamiento local, ya que pueden desarrollarse tensiones elevadas, lo que resulta en distorsión y fracturas en las soldaduras por segmentos.

Al finalizar la operación de soldadura en estructuras complejas, el equipo de precalentamiento debe usarse para bajar la estructura gradualmente a temperatura ambiente.

Se debe evitar el enfriamiento rápido a toda costa.

Un Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura provee:

1. Más ductilidad en el metal de soldadura, y una disminución de la dureza.
2. Mayor resistencia a la corrosión y a la fragilidad cáustica.
3. Mejora la estabilidad para el mecanizado.

Vida y Seguridad de la Soldadura.

El propósito del postcalentamiento es frecuentemente el incrementar seguridad de la estructura y asegurarse contra fallas prematuras, incluida la falla por fractura durante la fabricación. A veces, el postcalentamiento se especifica para estructuras sujetas a cargas repetidas bajo el supuesto de que aumenta la resistencia a la fatiga.

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

La falla de una soldadura aparte de razones metalúrgicas, como huecos, generalmente se debe a uno de los tres tipos de cargas:

1. Cargas estáticas, que estresan las partes más allá de su máxima resistencia.
2. Cargas repetidas que estresan el material más allá de su resistencia límite.
3. Una combinación de carga y temperatura que conduce a fracturas por fragilización.

Las tensiones residuales generalmente no son un factor importante en la ruptura de una soldadura, en la que la carga estática ha creado tensiones que exceden la resistencia máxima del material.

Considere el caso de una estructura cargada estáticamente en tensión, donde la soldadura ha alcanzado el límite elástico del material debido a una combinación de tensiones de tracción establecidas por la carga y la tensión residual de tracción en la soldadura. A medida que se aplica una carga adicional, la deformación plástica local desplaza la carga del área de alta tensión a un área de menor tensión hasta que finalmente toda la sección alcanza el límite elástico. Por lo tanto, las tensiones residuales se alivian localmente y la soldadura se comporta de la misma manera como si no hubiera habido tensión residual.

En estos casos, el relevado de esfuerzos puede reducir la carga estática de la capacidad de carga de una estructura.

En general se afirma que el postcalentamiento disminuirá los esfuerzos por tensión y cedencia del metal de soldadura en aproximadamente un 10 por ciento.

Esta reducción en la resistencia no se debe a la eliminación de la tensión residual, sino al ablandamiento del material y la soldadura. Existe evidencia a nivel mundial de que el alivio de tensiones puede mejorar el rendimiento de ciertas uniones (juntas) en condiciones de carga repetidas. Donde la tensión aplicada es totalmente o en su mayor parte compresiva, el relevado de esfuerzos destaca por una mayor resistencia a las fallas por fatiga. Las fallas por fatiga son poco probables en estructuras relevadas de esfuerzos que trabajan en tensiones completamente compresivas.

El aspecto más importante del postcalentamiento es la prevención de fracturas por fragilización. Los aceros estructurales son normalmente considerados para comportarse de una manera dúctil, bajo ciertas circunstancias pueden fallar de una manera quebradiza.

Las grietas transgranulares de corrida rápida que se propagan a través del material aparecen en condiciones generales de bajo estrés. Puede ocurrir el colapso catastrófico de puentes, la falla de recipientes a presión y otras construcciones soldadas.

Para evitar una fractura por fragilización, una de las soluciones más simples es usar un material de muesca dúctil. Hay aceros especiales disponibles, que siguen siendo difíciles a bajas temperaturas, pero a veces son demasiado caros para una aplicación en particular.

El relevado de esfuerzos térmico ha demostrado ser el método más efectivo para evitar fracturas por fragilización. La relajación de las tensiones residuales y el alivio de la fragilidad metalúrgica mediante el temple proporciona un método eficaz de protección.

La mayoría de los metales se vuelven más duros cuando operan a temperaturas más bajas y la mayoría de los códigos que se aplican para la soldadura de recipientes a presión permitirán condiciones de operación bajo cero mucho más bajas, si los recipientes se han relevado de esfuerzos.

Corrosión y Fragilización Cáustica

Cuando el acero suave se va a exponer a un ambiente corrosivo, la superficie generalmente es protegida por pintura u otros recubrimientos y solo con algunas excepciones se realiza el relevado de esfuerzos que mejora significativamente la resistencia del acero suave a la corrosión.

Recipientes a presión, calderas y otras aplicaciones que están expuestas a las soluciones cáusticas, con frecuencia desarrollan fragilidad cáustica y agrietamiento por corrosión bajo tensión en áreas locales de alta tensión. El alivio del estrés puede reducir los residuos residuales causados por la operación de soldadura y puede prevenir la fragilidad cáustica. Por lo tanto, el tratamiento es definitivamente beneficioso.

El acero austenítico resistente a la corrosión (acero inoxidable) generalmente se daña cuando se somete a un tratamiento térmico para relevado de esfuerzos. Esto se debe al hecho de que la temperatura de relevado sensibiliza el acero y hace que toda la superficie sea vulnerable al ataque de la corrosión.

Se realiza una gran cantidad de tratamiento térmico en plantas petroquímicas y sitios de construcción, particularmente en tuberías que se están erigiendo en el campo; esta tubería es principalmente cromo molibdeno, así como el 9 y 12 por ciento de materiales de cromo y para demostrar la efectividad del tratamiento térmico, generalmente se especifica un valor máximo de dureza Brinell. Esto asegura que las propiedades mecánicas necesarias son retenidas en la soldadura y en la zona afectada por el calor del metal base por el tratamiento térmico.

El agrietamiento por corrosión bajo tensión generalmente es causado por el fluido manejado por las tuberías y son principalmente soluciones de álcalis cáusticos, algunos nitratos particularmente cuando están calientes y de destilados que contiene H.C.N. o compuestos de cianuro.

Maquinabilidad y Estabilidad

La soldadura en aceros de baja aleación y otros aceros de endurecimiento por aire puede producir zonas duras que dificultan el mecanizado a dimensiones precisas. El postcalentamiento suaviza las zonas endurecidas lo suficiente como para que el mecanizado sea satisfactorio y en ocasiones, se obtiene el beneficio principal debido al ablandamiento del material y no a la eliminación de tensiones residuales.

Estructuras que deben mantener un alto grado de estabilidad dimensional. con frecuencia requieren relevado de esfuerzos antes del mecanizado. La tensión residual es causada por la soldadura de un sistema equilibrado y el mecanizado puede desequilibrar el sistema al eliminar el material que contiene tensiones residuales.

En consecuencia, la deformación puede ocurrir durante el mecanizado o en servicio. Un ejemplo de esto puede ser un anillo simple soldado por una serie de juntas a tope. Cuando se eliminan los alineadores o cartabones del anillo, el equilibrio de la tensión residual se altera y se produce deformación fácilmente. Cuando existen dudas sobre si se requiere relevado de esfuerzos a este respecto, el tratamiento térmico a menudo se especifica como una precaución de seguridad. De hecho, puede haber un ahorro financiero a largo plazo.

Normalizando

Las propiedades mecánicas de los aceros pueden mejorarse mediante la normalización. La resistencia a la tracción y el valor de impacto mejoran, lo que lleva a una mejor resistencia a la fractura por fragilización. Un tratamiento térmico como el normalizado en el acero, es similar a un recocido completo, ya que las temperaturas se obtienen entre 25 y 50 ° C por encima del punto crítico superior. Por ejemplo, con acero dulce, la temperatura sería de aproximadamente 900 ° (1650 ° F). Un rápido enfriamiento en el aire quieto seguido a la retirada del horno de fabricación.

Un ejemplo particular donde la normalización puede ayudar en la fabricación, es donde se usa la soldadura por electro escoria (La soldadura por electro escoria es un proceso de soldadura por fusión, con protección de escoria) Como se depositó, el metal de soldadura de electro escoria y la zona afectada por calor asociada tienen valores de impacto inherentemente pobres. Al normalizar, hay una mejora radical en la ductilidad de la muesca y, por lo tanto, una mayor resistencia a la falla por fragilización. La estructura de grano grueso en el metal de soldadura depositado se mejora mediante el refinamiento del grano.

Tratamiento Térmico De Solución

Ciertos tipos de aceros inoxidable austeníticos sufren cambios estructurales en el rango de 500 a 800 ° C (950 ° F a 1450 ° F). que son perjudiciales para sus propiedades de resistencia a la corrosión. Estas condiciones pueden ser llevadas a cabo durante la soldadura, donde porciones del metal a cierta distancia de la soldadura se calientan en este rango. Ocurre un deterioro de la soldadura. Un método para obtener inmunidad contra el deterioro, es elevar el material entre 1000-1150°C (1800° F- 2100° F) seguido de un enfriamiento rápido. Este tratamiento térmico se denomina como “tratamiento térmico de solución”.

RAZONES PARA REALIZAR UN TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA T.T.P.S. (P.W.H.T.)

Ahora bien, como se mencionó al inicio de este capítulo que el término "Relevado de Esfuerzos" es realmente un nombre inapropiado. La terminología correcta es “Tratamiento Térmico Posterior a la Soldadura” PWHT (de sus siglas en Inglés Post Weld Heat Treatment); la importancia que tiene como tratamiento térmico es muy relevante ya que proporciona algo más que solo un relevado básico de esfuerzos, una vez que los procesos de soldadura han concluido, esto se puede dar en un taller de fabricación o en campo, por ejemplo, la construcción de una planta química como una refinería.

Sabemos que un tratamiento térmico es un proceso controlado de temperatura contra tiempo cubriendo un perfil diseñado con la finalidad de obtener ciertas propiedades físicas que se pierden después de la aplicación de la soldadura, ¿Qué ventajas proporciona un postcalentamiento controlado?

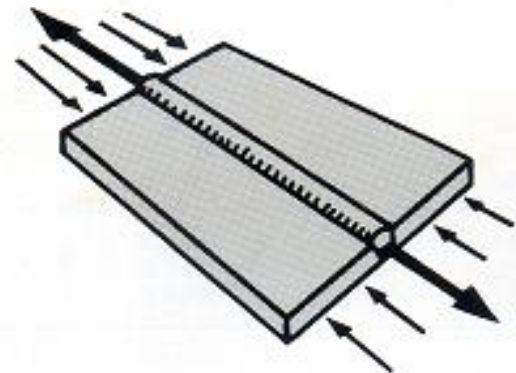
A continuación, se mencionarán estas ventajas:

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

- **AUMENTA LA DUCTILIDAD Y DISMINUYE LA DUREZA.**

El Postcalentamiento reduce los esfuerzos mecánicos estructurales por tensión residual y elasticidad, en los aceros soldados, porque “Suaviza” los materiales para una mayor resistencia y desempeño de operación.

En el ámbito de la metalurgia se entiende por metal dúctil aquel que soporta grandes deformaciones antes de romperse, siendo opuesto al metal frágil, que se rompe sin apenas presentar deformación.

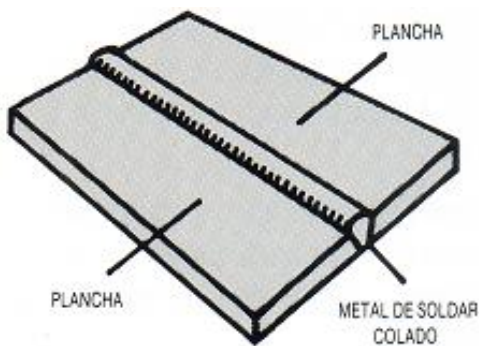


El metal de soldeo se afirma rigidamente a las planchas y, en frío, debería tener el mismo largo que estas. Por lo que es estirado por las planchas y sometido a una fuerza de tracción. Las planchas desarrollan una fuerza compresiva correspondiente.

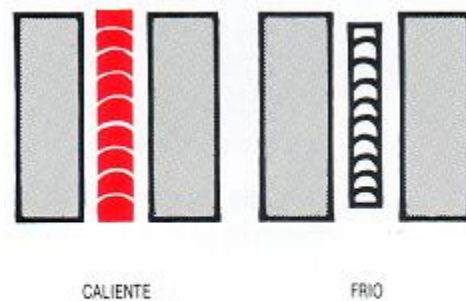
- **REDUCE AL MÍNIMO LAS FRACTURAS.**

Los aceros estructurales, tuberías, recipientes para alta presión y componentes complejos de acero soldados, cuando se conjugan ciertos factores pueden fallar hasta catastróficamente, aunque sean considerados dúctiles, ya que llegan a fracturarse aún bajo condiciones de trabajo normales si existen defectos en su estructura, como nudos o puntos de tensión o esfuerzos residuales. Esto todavía es más crítico en aceros que deben trabajar a muy bajas temperaturas.

El Postcalentamiento al aliviar las tensiones o esfuerzos residuales y templar la estructura del metal mejora sensiblemente su resistencia a las fracturas.



El metal de soldar colado tiene el mismo largo que las planchas a soldar, en caliente, pero trata de contraerse al enfriar.



Si se pudiera separar este metal de soldar de las planchas, la soldadura fría sería más corta que las planchas.

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

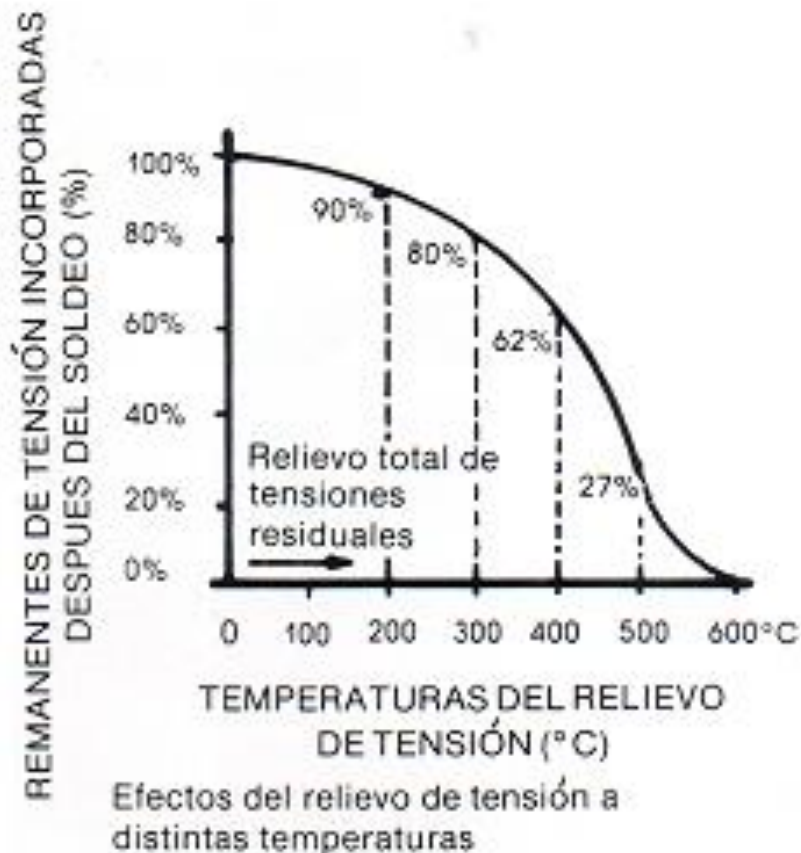
- AUMENTA LA RESISTENCIA A LA CORROSIÓN.**

Las fisuras y fracturas por corrosión o por acción caustica en tuberías, recipientes para alta presión, calderas u otros equipos de proceso soldados, pueden ocurrir al estar en contacto con sustancias como hidróxidos, sulfatos de hidrogeno, nitratos, etc.

El Postcalentamiento de las soldaduras correspondientes en estos equipos de proceso, tuberías, etc. reduce el nivel de los esfuerzos residuales y de la dureza, dando mayor resistencia contra la corrosión que en aquellos no tratados térmicamente, aunado al hecho de hacer más homogénea la estructura cristalina del metal y con ello reducir el espacio intergranular.

- AUMENTA Y EQUILIBRA LA RESISTENCIA MECÁNICA.**

La soldadura en estructuras complejas provoca puntos de tensión o esfuerzo contenido en la estructura del metal, que, si son sometidas a torneado o formado sin el alivio o relevado de esfuerzos, es factible su deformación por la desestabilización de los esfuerzos contenidos al retirar material y que este material contribuía a equilibrar dichos esfuerzos. También se corre el riesgo debido a la dureza que tiene la soldadura a que durante el maquinado se presenten fracturas.



TERMICA MEXICANA, S.A. DE C.V.

Por lo arriba descrito, es entendible porque organismos como ASME, AWS, BS y muchos más, en los códigos, normas y estándares que emiten, proveen guías para la realización del “TRATAMIENTO TÉRMICO POSTERIOR A LA SOLDADURA” PWHT.

A continuación, se enlista algunas secciones de los códigos ASME y AWS por mencionar algunos, que contemplan el postcalentamiento:

- **ASME B31.1** – 2018 POWER PIPING Apartado 132.2.
- **ASME B31.3** – 2018 PROCESS PIPING Apartado 331.
- **ASME B31.4** – 2016 PIPE LINE TRANSPORTATION SYSTEMS FOR LIQUIDS AND SLURRIES Apartado 434.8.9.
- **ASME B31.8** – 2018 GAS TRANSMISSION AND DISTRIBUTION PIPING SYSTEMS Apartado 825.
- **ASME B31.12** – 2014 HYDROGEN PIPING AND PIPELINES Apartado GR – 3.6.
- **ASME 31P** – 2017 STANDARD HEAT TREATMENTS FOR FABRICATION PROCESSES Apartado 6.
- **ASME SEC, I RULES FOR CONSTRUCTION OF POWER BOILERS** Apartado PW – 39, APENDICE A – 101, APENDICE C.
- **ASME SEC VIII DIV 1 RULES FOR CONSTRUCTION OF PRESSURE VESSELS** Apartado UW – 2, UW – 40, UCS – 56.
- **AWS D1.1/D1.1M**: 2015 STRUCTURAL WELDING CODE – STEEL Apartado 5.8.
- **AWS D10.10/D10.10M**: 1999 (R2009) RECOMMENDED PRACTICES FOR LOCAL HEATING OF WELDS IN PIPING AND TUBING Apartado 4.4.