



American Welding Society

Guía de Inspección Visual de Soldaduras AWS B1.11 (2000)



American Welding Society

Contenido

1. GENERAL	3
1.1 Aplicación	3
1.2 Alcance	3
1.3 Seguridad y salud	4
1.4 Referencias	4
2. PRERREQUISITOS	4
2.1 General	4
2.2 Agudeza visual	4
2.3 Equipamiento	5
2.4 Experiencia y formación	5
2.5 Procedimientos	5
2.6 Programas de certificación	6
2.7 Seguridad	6
3. FUNDAMENTOS DE INSPECCIÓN VISUAL	6
3.1 General	6
3.2 Antes de la soldadura	6
3.3 Durante la soldadura	8
3.4 Después de la soldadura	10
4. CONDICIONES SUPERFICIALES DE SOLDADURA	11
4.1 General	11
4.2 Porosidad	12
4.3 Fusión incompleta	15
4.4 Juntas de penetración incompleta	17
4.5 Socavación	18
4.6 Bajo relleno	19
4.7 Traslape	20
4.8 Laminación	21
4.9 Pliegues (Seams and Laps)	21
4.10 Grietas	22
4.11 Inclusiones de escoria	28
4.12 Refuerzo excesivo	29
4.13 Convexidad y concavidad	30



4.14 Golpe de arco	31
4.15 Salpicaduras	31
4.16 Fusión a través.....	32
4.17 Tamaño de soldadura	33
4.18 Oxidación superficial.....	33
5. EQUIPO DE INSPECCIÓN	34
5.1 Introducción	34
5.2 Calibración y manejo del equipo de inspección	34
5.3 Dispositivos de medición lineal.....	35
5.4 Dispositivos de medición de temperatura	35
5.5 Calibradores de soldadura	36
5.6 Fibroscopio y boroscopio	39
5.7 Calibrador de ferrita	40
5.8 Fuente de luz	41
5.9 Amperímetros	41
6. Registros	42



1. GENERAL

1.1 Aplicación

La información contenida en esta guía se aplica a los servicios y responsabilidades de los inspectores visuales de soldaduras y es de utilidad para aquellos que llevan a cabo sus tareas y responsabilidades definidas en códigos particulares o especificaciones. Este documento esta principalmente dirigido para aquellos que son responsables de la aceptación final de soldaduras. De cualquier forma todos los soldadores, supervisores, técnicos e ingenieros que están requeridos para trabajos de inspección rutinariamente desempeñada por ellos mismos o bajo su autoridad se beneficiaran del uso de este documento. Este documento provee directrices generales para la inspección visual de soldaduras.

El inspector debe ser experto acerca de cada principio y métodos de inspección requeridos en una soldadura en particular. Es responsabilidad de aquellos a cargo con la administración y supervisión de la inspección de hacer certero que los principios y métodos establecidos son propiamente entendidos y aplicados uniformemente. Esta responsabilidad también incluye la capacitación y certificación de inspectores, donde tal certificación se requiere por códigos, especificaciones, o leyes civiles. *AWS QC1, Estándar para la certificación AWS de inspectores de soldadura*, indica la importancia que AWS asigna a la inspección visual.

La documentación del contrato debe especificar los requerimientos para inspección visual. En ausencia de tales requerimientos, el fabricante debe ser requerido a establecer, por escrito, el grado y métodos de inspección a ser requeridos.

Los estándares de aceptación deben ser claramente entendidos por ambos el fabricante y el cliente antes de que cualquier soldadura empiece. Esto no es solo para hacer más efectivo el uso de los métodos de inspección si no para prevenir desacuerdos sobre si una soldadura es satisfactoria de acuerdo a las especificaciones del contrato.

1.2 Alcance

Esta guía incluye una guía general de los prerrequisitos fundamentales para el personal que desempeña inspección visual de soldaduras. Tales prerrequisitos incluyen limitaciones físicas o capacidades, tanto como conocimiento técnico, formación, experiencia, criterio y certificación.

Esta guía esencialmente proporciona una introducción a la inspección visual de soldaduras. Estas inspecciones recaen en tres categorías basado en el periodo en el que son desempeñadas, según lo siguiente: (1) Antes de la soldadura, (2) durante la soldadura, (3) después de la soldadura.

También se proporciona una revisión del equipo de inspección visual usados rutinariamente, como calibradores y equipo de luz. La documentación formal de los resultados de la inspección visual está contenida en la sección 6, Registros. Finalmente la guía sugiere lecturas adicionales o referencias, que pueden proveer más requerimientos detallados para aplicaciones específicas de inspecciones visuales.

1.3 Seguridad y salud

Este documento técnico no maneja todas las soldaduras y riesgos para la salud. La información pertinente puede encontrarse en ANSI Z49.1, *Seguridad en soldadura, corte, y procesos relacionados*, y otros documentos relacionados a seguridad incluyendo regulaciones federales, estatales y locales

1.4 Referencias

Los siguientes documentos son citados en este documento. Las copias pueden ser obtenidas desde el *American Welding Society*.

- (1) AWS A3.0, *Estándar de términos de soldadura y definiciones*
- (2) AWS A4.2, *Procedimientos estándar para calibrar instrumentos magnéticos para medir el contenido de ferrita delta de metal de soldadura en aceros inoxidables austeníticos y Dúplex austeníticos-ferríticos*
- (3) AWS A5.4, *Especificación para electrodos de soldadura para acero inoxidable para Soldadura de Metal de Arco Revestido*
- (4) AWS D10.11, *Soldadura de raíz y purga de tubería de gas*
- (5) AWS QC-1, *Estándar para la certificación AWS de inspectores de soldadura*
- (6) ANSI Z49.1, *Seguridad en soldadura, corte, y procesos relacionados*

2. PRERREQUISITOS

2.1 General

Tal como con cualquier otro método de pruebas no destructivas, hay varios prerrequisitos que deben ser considerados antes de desempeñar la inspección visual. Algunos de los atributos más comunes a considerar se discuten en los siguientes párrafos.

2.2 Agudeza visual

Uno de los prerrequisitos más obvios es que el inspector visual tenga suficiente agudeza visual para desempeñar una inspección adecuada. Las consideraciones deben dar una suficiente visión cerca y lejos con visión natural o corregida. Una examinación periódica de agudeza visual se requiere de varios códigos y especificaciones, y es generalmente se considera una buena práctica.

2.3 Equipamiento

La inspección visual requiere el uso de herramientas o equipos especiales. Las herramientas o equipo dependen de la aplicación y grado de exactitud requerido. Algunas herramientas pueden necesitar ser calibradas antes de usarse. A pesar de que esta guía presenta una idea general de las ayudas para la examinación visual, hay varios conceptos diferentes y otras variantes del equipo. Como regla general, aquellas herramientas deben ser usada de modo que: (1) Cumplan con los requerimientos del proyecto, (2) son adecuadas para la exactitud destinada y (3) satisfacen la necesidad de la inspección.

2.4 Experiencia y formación

Otro prerrequisito obvio es que el inspector visual tenga suficiente conocimiento y habilidades para desempeñar la inspección exitosamente y significativamente. El conocimiento y habilidad puede ser impartido u obtenido a través de procesos educativos y formativos. Cualquier método puede ser desempeñado en un aula o trabajo. La variedad de métodos y procesos de impartir u obtener el conocimiento y habilidades son muchos, pero el arte del buen juicio no siempre viene fácil y rápidamente. Tiempo suficiente debe ser dispuesto para los individuos para comprender puntos clave pertenecientes a lo siguiente: (1) preparación de juntas, (2) precalentamiento de soldadura, (3) temperatura entre pasadas, (4) distorsión de soldadura, (5) consumibles de soldadura, (6) materiales base, y (7) estándares de ejecución del trabajo.

2.5 Procedimientos

El desarrollo de procedimientos estándar que cubren la metodología de inspección y criterio de aceptación resulta en consistencia y exactitud. Tales procedimientos son normalmente preparados por el empleador y típicamente consisten en instrucciones detalladas que interrelacionan los diferentes procesos de fabricación, los requerimientos detallados del cliente, y manejan las bases del criterio de inspección. Detalles como *quien* desempeña la inspección, *cuando* se desempeña, *como* se desempeña la inspección y *donde* se desempeña la inspección están típicamente incluidas en el procedimiento. Como mínimo el procedimiento estándar debe incluir lo siguiente: estándares de mano de obra, listas de verificación, y requerimientos de equipo de inspección.

Cuando los procedimientos escritos no están disponibles, a los inspectores se les puede pedir trabajar directamente con códigos y especificaciones.

2.6 Programas de certificación

Para proporcionar seguridad de que los inspectores visuales están calificados (esto es, que suficientes prerrequisitos sean obtenidos y mantenidos), puede ser deseable tener personal de inspección visual formalmente certificado. La documentación de contrato, estándares de fabricación o agencias regulatorias pueden requerir calificaciones especiales para inspectores visuales. Varios desarrolladores de estándares ofrecen programas de certificación para inspectores visuales como el AWS QC1, *Estándar para la Certificación de Inspectores de Soldadura*.

2.7 Seguridad

Los inspectores visuales deben recibir suficiente adiestramiento sobre prácticas de seguridad en soldadura. Hay muchos riesgos potenciales presentes (electricidad, gases, vapores, luz ultravioleta, calor, etc.). Todo el personal que trabaje dentro o expuesto al ambiente de soldadura debe buscar entrenamiento en seguridad de soldadura.

3. FUNDAMENTOS DE INSPECCIÓN VISUAL

3.1 General

La inspección visual de soldaduras revela fallas superficiales, y es un indicador valorable de la calidad de la soldadura. Es un método de inspección simple, accesible y de bajo costo, pero requiere un inspector capacitado. Adicionalmente, puede ser una excelente herramienta para el control de proceso para ayudar a evitar los problemas subsecuentes de fabricación y evaluar la mano de obra.

La inspección visual solo identifica discontinuidades superficiales. Consecuentemente, cualquier programa consciente de control de calidad debe incluir una secuencia de inspecciones desempeñadas durante todas las fases de fabricación. Un plan de inspección debe establecer puntos de espera que permitan la inspección visual antes de las operaciones subsecuentes.

Un programa consiente de inspección visual antes y durante la soldadura puede reducir costos por revelar defectos superficiales tempranos en el proceso de fabricación.

3.2 Antes de la soldadura

Antes de la soldadura, algunas acciones típicas requieren atención por parte del inspector visual deben incluir lo siguiente:

- (1) Revisión de planos y especificaciones
- (2) Checar procedimientos y calificaciones de desempeño
- (3) Establecer puntos de espera si se requiere
- (4) Establecer un plan de documentación
- (5) Revisar documentación del material
- (6) Examinar material base
- (7) Examinar ajuste y alineación de las juntas
- (8) Revisar almacenamiento de consumibles de soldadura

Si el inspector pone particular atención a estos detalles, muchos problemas que pueden ocurrir más tarde pueden ser prevenidos. Es importante que el inspector revise los documentos gubernamentales para determinar los requerimientos del trabajo. Un sistema debe ser establecido para asegurar que registros acertados y completos son producidos.

3.2.1 Revisión de planos y especificaciones

El inspector debe ya sea tener copias de los planos y especificaciones, o tener acceso a ellos, y debe revisarlos periódicamente. La información a ser adquirida incluye: detalles de soldadura, requerimiento de materiales, requerimientos de inspección, dimensiones, y requerimientos de calificación.

3.2.2 Checar procedimientos y calificaciones de desempeño

El inspector debe revisar procedimientos de soldadura y registros de calificaciones del soldador para asegurar que la calificación cumple los requerimientos de la especificación del trabajo.

3.2.3 Establecer puntos de espera

Se deben dar consideraciones para el establecimiento de puntos de espera o puntos de revisión donde una inspección se va a realizar antes de la realización de una fabricación adicional. Los puntos de espera deben ser establecidos para trabajos de inspección para trabajos en los que se vuelva inaccesible la inspección porque queda cubierto por los trabajos subsecuentes.

3.2.4 Establecer un plan de documentación

Puede ser necesario registrar algunos resultados de inspección. Esta documentación proporcionara información necesaria para la aceptación.

3.2.5 Revisar documentación del material

El inspector debe verificar que el material correcto fue ordenado, recibió y usado durante la fabricación.

3.2.6 Examinar material base

Antes de la soldadura, los materiales base deben ser examinados por discontinuidades inaceptables como laminaciones, costuras, traslapes y grietas.

3.2.7 Examinar ajuste y alineación de las juntas

El ajuste de la junta y alineación son críticas para la producción de una soldadura sana. Los aspectos que deben ser considerados antes de la soldadura incluyen:

- (1) Angulo de ranura
- (2) Apertura de raíz
- (3) Alineación de la junta
- (4) Respaldo
- (5) Inserto consumible
- (6) Limpieza de la junta
- (7) Puntos de soldadura
- (8) Precalentamiento (cuando se requiere)

Todos estos factores pueden tener un efecto directo en la calidad resultante de la soldadura. Si el ajuste es malo, debe ser corregido antes de la aplicación de soldadura. Cuidados extra tomados durante el ensamble de la junta pueden mejorar la efectividad de la soldadura en gran medida. Algunas veces, la inspección de la junta antes de la soldadura revelaran irregularidades dentro de las limitaciones del código, pero esto se convierte en áreas de cuidado y pueden ser observadas cuidadosamente durante los siguientes pasos. Por ejemplo, si una junta T muestra la apertura de raíz máxima, el tamaño del filete requerido puede ser incrementado por el tamaño actual de la apertura de raíz. Los inspectores solo sabrán de esa condición si ellos revisan el ajuste. El plano o junta soldada debe estar marcada de modo, que el tamaño de soldadura correcto pueda ser verificado durante la inspección final.

3.2.8 Revisar almacenamiento de consumibles de soldadura

Los consumibles deben ser almacenados de acuerdo con las recomendaciones del fabricante, códigos aplicables, y requerimientos del contrato.

3.3 Durante la soldadura

Durante la aplicación de la soldadura, algunos aspectos típicos requieren atención por aquellos responsables de la calidad de soldadura incluyendo lo siguiente:

- (1) Revisar precalentamiento y temperatura entre pasadas
- (2) Revisa conformidad con la especificación del procedimiento de soldadura (WPS)

- (3) Examinar el paso de soldadura de raíz
- (4) Examinar las capas de soldadura
- (5) Examinar el segundo lado antes de la soldadura

Cualquiera de estos factores, si se ignoran, pueden resultar en discontinuidades que pueden causar seria degradación en la calidad.

3.3.1 Revisar precalentamiento y temperatura entre pasadas

Cuando se requiere por el código de referencia, documentación del contrato o la especificación del procedimiento de soldadura, el precalentamiento y la temperatura entre pasadas debe ser verificada por el inspector. Mire 5.4 Dispositivos de Medición de Temperatura, para el equipamiento usado para checar temperaturas.

3.3.2 Revisar conformidad con la especificación del procedimiento de soldadura (WPS)

Verificar que las operaciones de soldadura están en cumplimiento de la especificación del procedimiento de soldadura. Tales variables como los consumibles, velocidad de alimentación del alambre, diseño de la junta, características eléctricas, y técnica entre otras que deben ser verificadas.

3.3.3 Examinar el paso de soldadura de raíz

Una gran cantidad de defectos que son descubiertos en una soldadura están asociados con el talón de la soldadura de raíz. Una buena inspección visual siguiendo la aplicación de soldadura de raíz debe exponer el problema para corrección.

3.3.4 Examinar capas de soldadura

Para evaluar la soldadura como el trabajo progresa, es prudente examinar visualmente cada capa. Esto también proporciona una verificación para determinar si una limpieza adecuada se está llevando a cabo entre pasadas. Esto puede ayudar a mitigar la aparición de inclusiones de escoria en la soldadura final.

3.3.5 examinar el segundo lado antes de la soldadura

Condiciones críticas de juntas de raíz de soldadura pueden existir en el segundo lado de una junta de doble soldadura. Esta área debe ser examinada después de remover la escoria y otras irregularidades. Esto es para asegurar que todas las discontinuidades han sido removidas y que el contorno de la excavación proporciona acceso para la soldadura subsecuente.

3.4 Después de la soldadura

Después de la soldadura, algunos aspectos típicos que requieren atención por parte del inspector visual deben incluir los siguientes:

- (1) Examinar la calidad de la superficie de la soldadura
- (2) Verificar las dimensiones de la soldadura
- (3) Verificar la exactitud dimensional
- (4) Revisar los requerimientos subsecuentes

3.4.1 Examinar la calidad de la superficie de la soldadura

Examinar visualmente la superficie de la soldadura y verificar que el contorno, concavidad y convexidad cumplen con el criterio de aceptación establecido por la documentación del contrato. Los estándares de mano de obra pueden manejar tales aspectos como la rugosidad superficial, chisporroteo de soldadura y golpes de arco. Muchos códigos y especificaciones describen el tipo y tamaño de discontinuidades que son aceptables. Muchas de esas discontinuidades pueden ser encontradas por inspección visual de la soldadura terminada. A continuación se enlistan las discontinuidades típicas encontradas en la superficie de soldaduras:

- (1) Porosidad
- (2) Fusión incompleta
- (3) Junta de penetración incompleta
- (4) Socavado
- (5) Bajo llenado
- (6) Traslapes
- (7) Grietas
- (8) Inclusiones metálicas y no metálicas
- (9) Refuerzo excesivo

3.4.2 Verificar las dimensiones de la soldadura

Para determinar si se ha obtenido conformidad, el inspector debe checar si todas las soldaduras cumplen los requerimientos de los planos para tamaño, longitud, y ubicación. Los tamaños de filetes de soldadura pueden ser determinados con el uso de diferentes tipos de calibradores de soldadura que son tratados más adelante. Las soldaduras de ranura deben ser llenadas hasta la sección transversal completa de la junta, o según lo especificado, y el refuerzo de soldadura no debe ser excesivo. Algunas condiciones pueden requerir el uso de calibradores de soldadura especiales para verificar esas dimensiones.

3.4.3 Verificar la exactitud dimensional

La inspección final de una soldadura fabricada debe verificar que las dimensiones están de acuerdo al plano.

3.4.4 Revisar los requerimientos subsecuentes

Revisión de la especificación para determina si se requieren procedimientos adicionales. Tales procedimientos pueden incluir tratamiento térmico después de la soldadura, pruebas no destructivas, pruebas de comprobación, entre otras. El inspector de soldadura cuando sea responsable de la aceptación final debe verificar que cada una de las subsecuentes operaciones sean desarrolladas.

4. CONDICIONES SUPERFICIALES DE SOLDADURA

4.1 General

Esta sección se ocupa solo de discontinuidades, que pueden o no ser clasificadas como defectos (rechazables) dependiendo de los requerimientos individuales de las especificaciones o códigos. El propósito es informacional en instructivo y pretende asistir en la identificación de discontinuidades. Las discontinuidades pueden ocurrir en cualquier localización de la soldadura. La inspección visual después de la soldadura se limita a las condiciones superficiales de la soldadura. El descubrimiento de discontinuidades subsuperficiales requiere que la inspección visual sea complementada por otros métodos de pruebas no destructivas.

Una discontinuidad es una interrupción de la estructura típica del material, como una falta de homogeneidad en sus características mecánicas, metalúrgicas, y físicas. Una discontinuidad no es necesariamente un defecto. Las discontinuidades son rechazables solo si exceden los requerimientos de la especificación en términos de tipo, tamaño, distribución o localización. Un defecto es una discontinuidad o discontinuidades que por naturaleza o efecto de acumulación (por ejemplo, longitud total de grietas) produce que una parte o producto sea incapaz de cumplir el mínimo aceptable aplicable por el estándar o especificación. El termino defecto indica rechazabilidad.

Las discontinuidades de la soldadura y metal base de un tipo específico son más comunes cuando ciertos procesos de soldadura y detalles de junta son usados. Condiciones concurrentes, como alta restricción y acceso limitado a porciones de la junta soldada puede producir incidencias mayores a las normales en la soldadura o discontinuidades de metal base. Por ejemplo, juntas soldadas altamente restringidas son más propensas al agrietamiento.

Cada tipo general de discontinuidad se discute detalladamente en esta sección. Otros documentos pueden usar diferente terminología para alguna de esas

discontinuidades; de cualquier modo, cuando sea posible la terminología aprobada, tal como se encuentra en *AWS A3.0, Términos y Definiciones Estándar de Soldadura*, debe ser usado para eliminar la confusión. Un ejemplo de terminología adicional ocurre en el *AWS D1.1, Código de Soldadura Estructural-Acero*. Ahí, discontinuidades de tipo fusión es un término general que se usa para describir un número de discontinuidades, incluyendo: inclusiones de escoria, fusión incompleta, penetración incompleta de junta, y discontinuidades alargadas similares en soldaduras de fusión.

4.2 Porosidad

La porosidad es una discontinuidad de tipo cavidad formada por gas atrapado durante la solidificación o en un depósito de proyección térmica. La discontinuidad formada es generalmente esférica y puede ser alargada. Una causa común de porosidad es la contaminación durante la soldadura.

Generalmente, la porosidad no es considerada a ser perjudicial como otras discontinuidades, debido a su forma, ya que no resulta en la creación de concentraciones de esfuerzo severas. La porosidad es una indicación de que de que los parámetros de soldadura, consumibles de soldadura, o ajuste de la junta no fueron propiamente controlados para el proceso de soldadura seleccionado o que el metal base está contaminado o la composición incompatible con el metal de relleno que está siendo usado.

La porosidad es un indicador respecto a la calidad aparente de la soldadura, sin ser considerada una discontinuidad severa. Información importante respecto a la causa del problema es proporcionada describiendo la forma y orientación de los poros individuales o el arreglo geométrico de los poros adyacentes.

Un ejemplo de esta utilidad es la distinción entre porosidad alargada y porosidad tubular. Ambas tienen longitudes mayores que su amplitud, pero se diferencian por la orientación respecto al eje de soldadura. También difieren en términos de cómo son causadas.

Proporcionando estos detalles adicionales, un inspector está dando más información de lo que un estándar normalmente requiere, pero puede ser de gran ayuda en la determinación del tipo de acción correctiva a tomar.

4.2.1 Porosidad dispersa

La figura 1 muestra porosidad dispersa que está uniformemente distribuida a través del metal de soldadura.

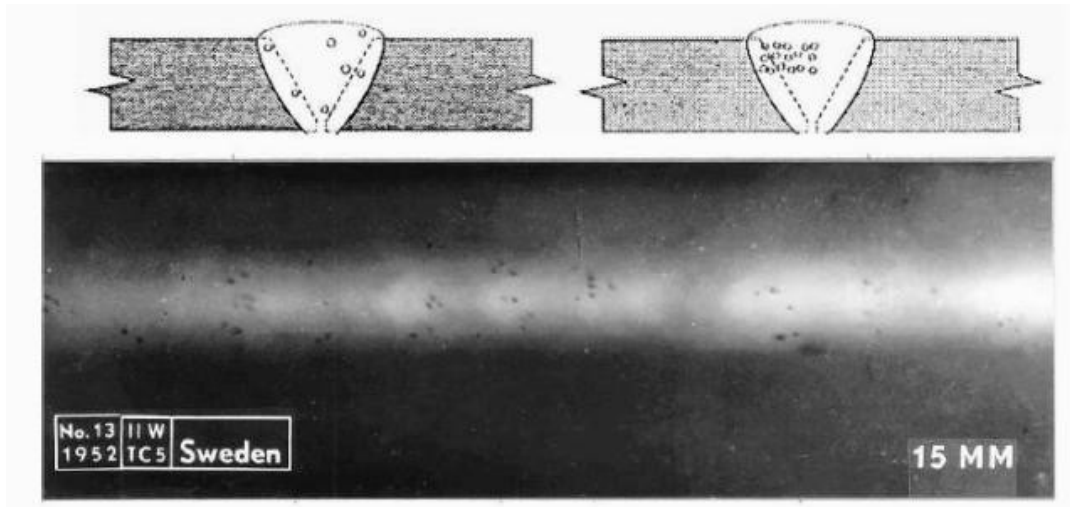


Figura 1. Porosidad dispersa

4.2.2 Porosidad agrupada

La porosidad agrupada es un arreglo de poros que tienen una distribución geométrica aleatoria.

4.2.3 Porosidad tubular

La figura 2 muestra porosidad tubular que es una forma de porosidad que tiene una longitud mayor a su amplitud que se sitúa aproximadamente perpendicular a la cara de la soldadura. La porosidad tubular puede ser referida como porosidad de *agujero de gusano*.



Figura 2. Apariencia Superficial de Porosidad de Agujero de Gusano (Wormhole)

4.2.4 Porosidad alineada

La figura 3 muestra porosidad alineada que es un arreglo de poros alineados orientados en una línea. Los poros pueden ser esféricos o alargados. La porosidad alineada es también referida como porosidad lineal.



Figura 3. Porosidad Alineada

4.2.4 Porosidad alargada

La figura 4 muestra porosidad alargada que es una forma de porosidad que tiene una longitud mayor a su amplitud y que se sitúa aproximadamente paralela al eje de soldadura. Esta muestra porosidad alargada formada entre la escoria y la superficie del metal de soldadura. Tal porosidad puede también ser formada debajo de la superficie del metal de soldadura.

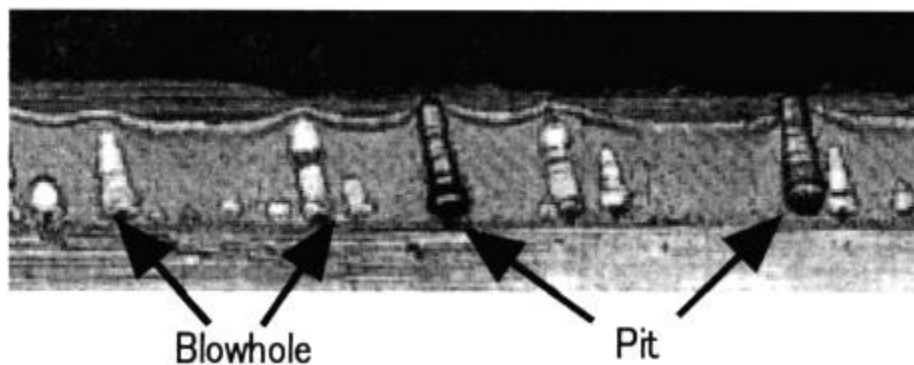


Figura 4. Porosidad Alargada

4.3 Fusión incompleta

La fusión incompleta es una discontinuidad de soldadura en la que la fusión no ocurrió entre el metal de soldadura y las caras de fusión o cordones de soldadura adyacentes. Ejemplos de fusión incompleta se muestran en las figuras 5-9. Este es el resultado de técnicas de soldadura incorrectas, preparación incorrecta del metal base, o diseño incorrecto de la junta. Las deficiencias que causan fusión incompleta incluyen calor de soldadura insuficiente o falta de acceso a todas las caras de fusión, o ambos. A menos que la junta sea limpiada apropiadamente los óxidos fuertemente adheridos pueden interferir con la fusión completa, incluso cuando existe acceso adecuado para la soldadura y se usa calor de soldadura apropiado

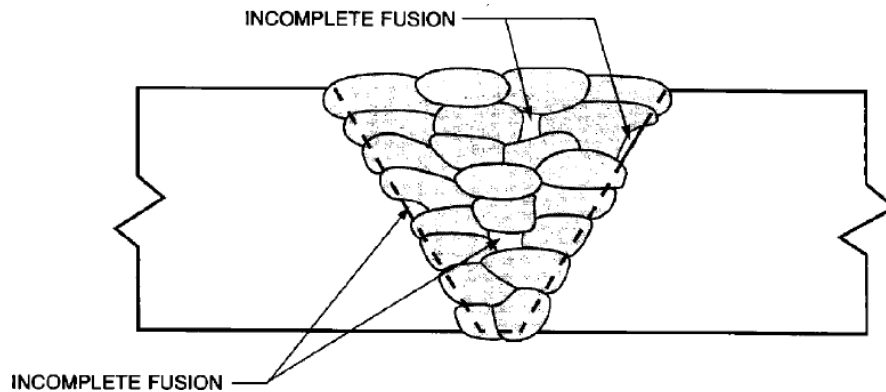


Figura 5. Diferentes Ubicaciones de Fusión Incompleta



Figura 6. Fusión Incompleta

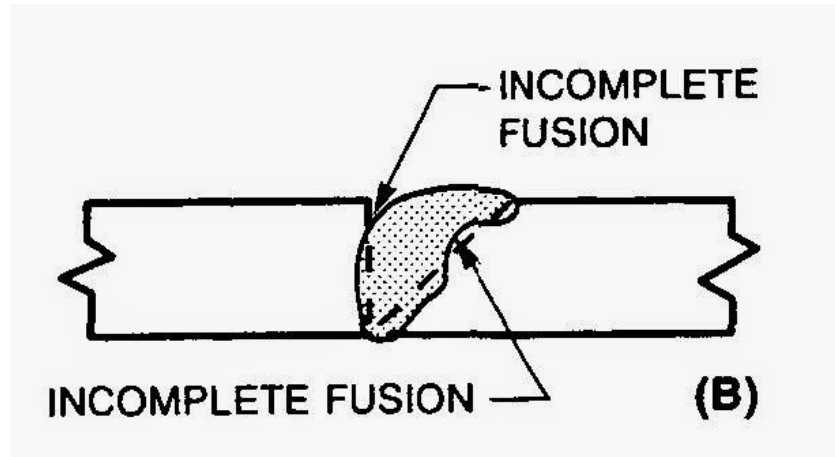


Figura 7. Fusión Incompleta en la Ranura



Figura 8. Fusión Incompleta entre Cordones de Soldadura



Figura 9. Fusión Incompleta entre Soldadura y Metal Base

4.4 Juntas de penetración incompleta

Una junta de penetración incompleta es una condición de junta de raíz en la que el metal de soldadura no se extiende a través del espesor de la junta. El área sin penetrar y sin fusionar es una discontinuidad descrita como junta de penetración incompleta. Ejemplos de juntas de penetración incompleta se muestran en figuras 10-12. Las juntas de penetración incompleta pueden ser resultado de calor de soldadura insuficiente, diseño de junta incorrecto (p.ej., espesores que el arco de soldadura no puede penetrar), o control lateral incorrecto del arco de soldadura.

Algunos procesos de soldadura tienen una mucho mejor penetrabilidad que otros. Para juntas soldadas por ambos lados, la ranura trasera debe especificarse antes de soldar el segundo lado para asegurar que no hay una junta de penetración incompleta. Las soldaduras de tubería son especialmente vulnerables a este tipo de discontinuidades, ya que el interior de la tubería es usualmente inaccesible. Los diseñadores pueden usar una anillo de respaldo o insertos consumibles para ayudar a los soldadores en esos casos. Las soldaduras que son requeridas para tener juntas de penetración completa son comúnmente examinadas por algún método no destructivo.

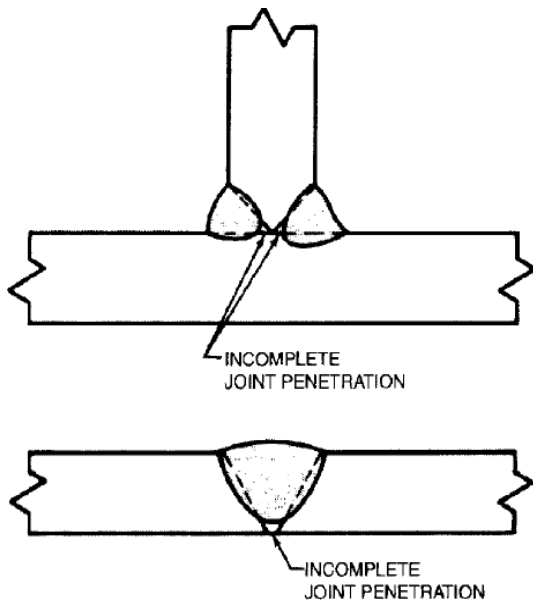


Figura 10. Junta de Penetración Incompleta

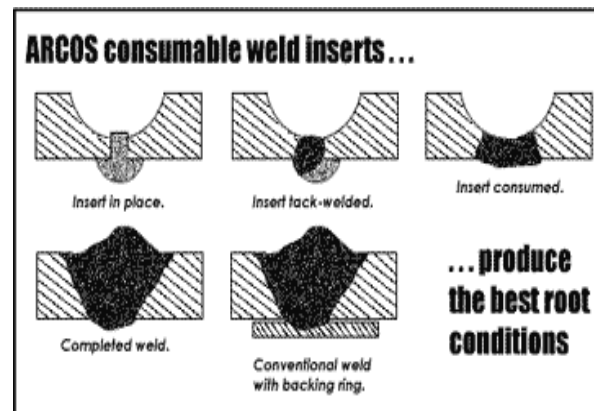


Figura 11. Inserto Consumible

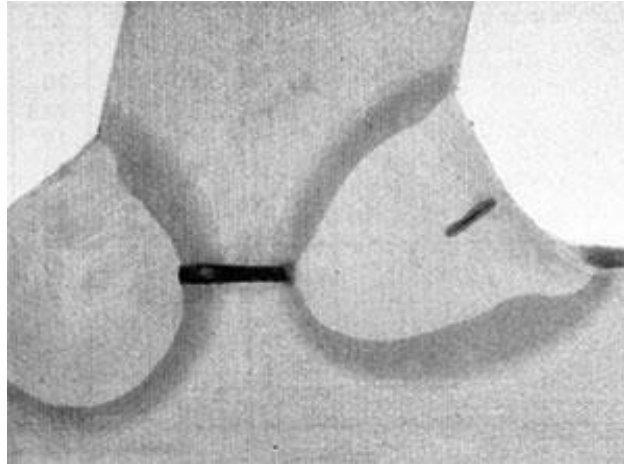


Figura 12. Junta de Penetración Incompleta

4.5 Socavación

El socavado es una ranura fundida en el metal base adyacente al pie de la soldadura o la raíz de la soldadura y dejada si llenar por el metal de soldadura. Esta ranura crea una muesca mecánica que es un concentrador de esfuerzo. Ejemplos de socavados se ilustran en las figuras 13 y 14. Cuando el socavado es controlado dentro de los límites de la especificación no se considera un defecto de soldadura. El socavado esta generalmente asociado ya sea con técnicas de soldadura inadecuadas, o corrientes de soldadura excesiva, o ambos.

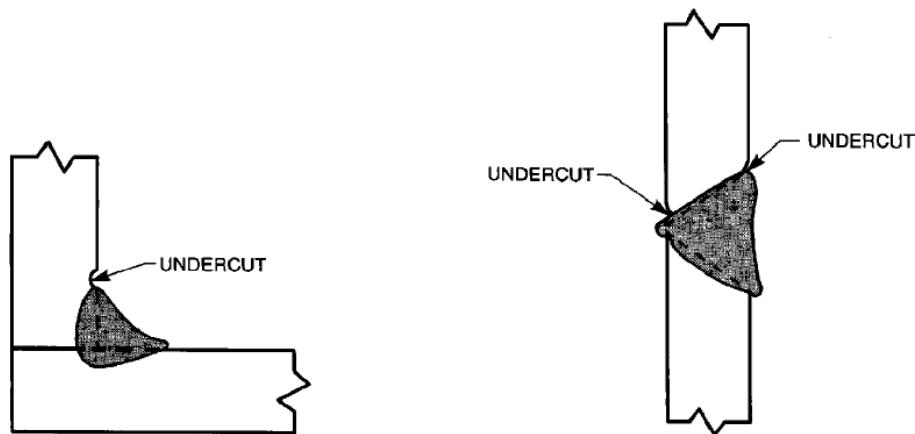


Figura 13. Ejemplos de Socavado



Figura 14. Socavado en el Pie de la Soldadura

4.6 Bajo relleno

El bajo relleno es una condición en el que la cara de la soldadura o superficie de raíz de una soldadura de ranura se extiende debajo de la superficie adyacente al metal base. Esto resulta de la falla del soldador para llenar completamente la junta soldada. Ejemplos de bajo llenado se ilustran en las figuras 15 y 16.

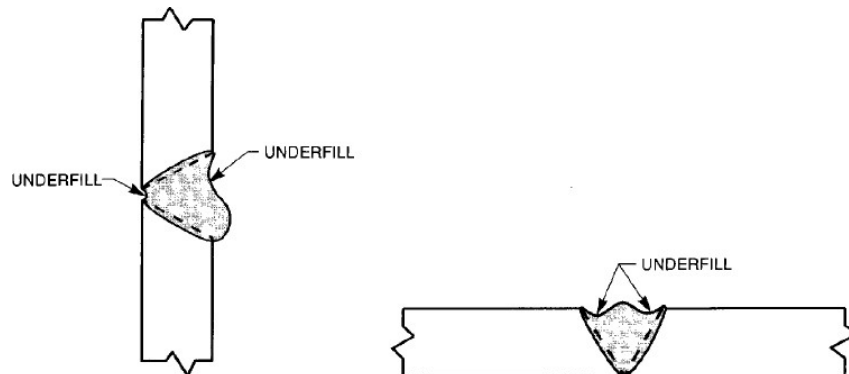


Figura 15. Bajo Llenado

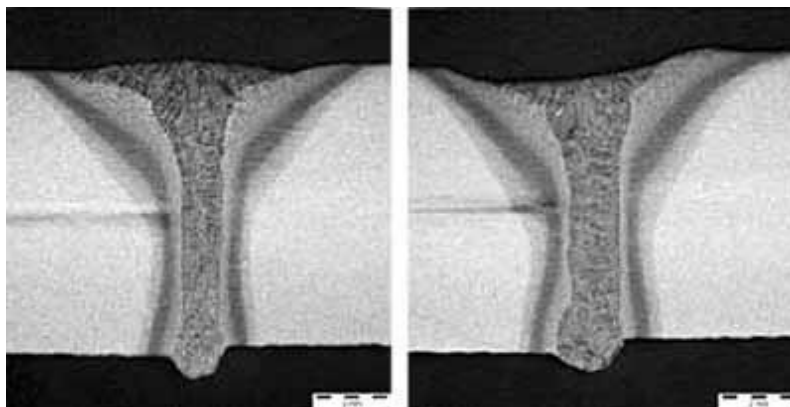


Figura 16. Bajo Llenado en una Sección Transversal (Macrografía)

4.7 Traslape

El traslape es un saliente de metal de soldadura sin fundir más allá del pie de la soldadura o raíz de la soldadura. El traslape es una discontinuidad superficial que forma muescas mecánicas y es casi siempre considerada rechazable. Dos causas comunes de traslapes pueden ser velocidades de pasada inadecuadas y preparaciones inadecuadas del metal base. Ejemplos de traslapes se ilustran en las figuras 17 y 18.

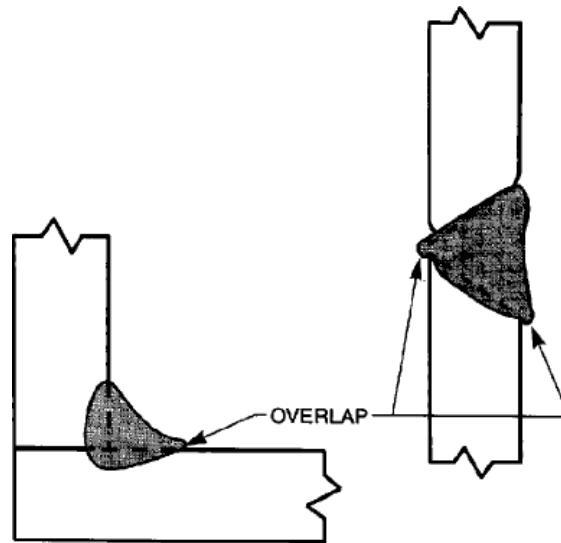


Figura 17. Traslape

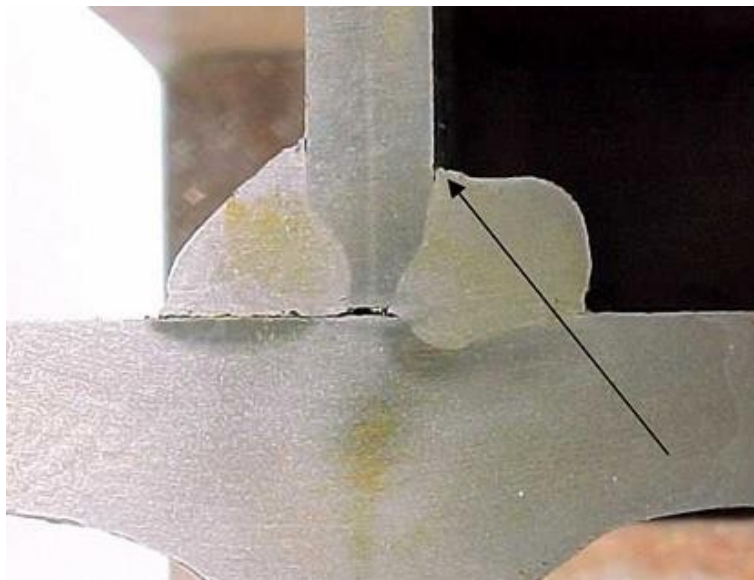


Figura 18. Traslape

4.8 Laminación

La laminación es un tipo de discontinuidad del metal base con una separación o debilitamiento generalmente alineado paralelo a la superficie de trabajo del metal.

Las laminaciones se forman cuando vacíos de gas, contracción de cavidades o inclusiones no metálicas del lingote original, bloque, o moldura son roladas.

Las laminaciones pueden ser completamente internas y son usualmente detectadas por medios no destructivos por pruebas de ultrasonido. También pueden extenderse al filo o extremo, donde son visibles en la superficie y pueden ser detectadas inspección visual, líquidos penetrantes o prueba de partículas magnéticas. Se pueden encontrar cuando el corte o maquinado expone las laminaciones internas. Una laminación expuesta por oxicorte se muestra en la figura 19.

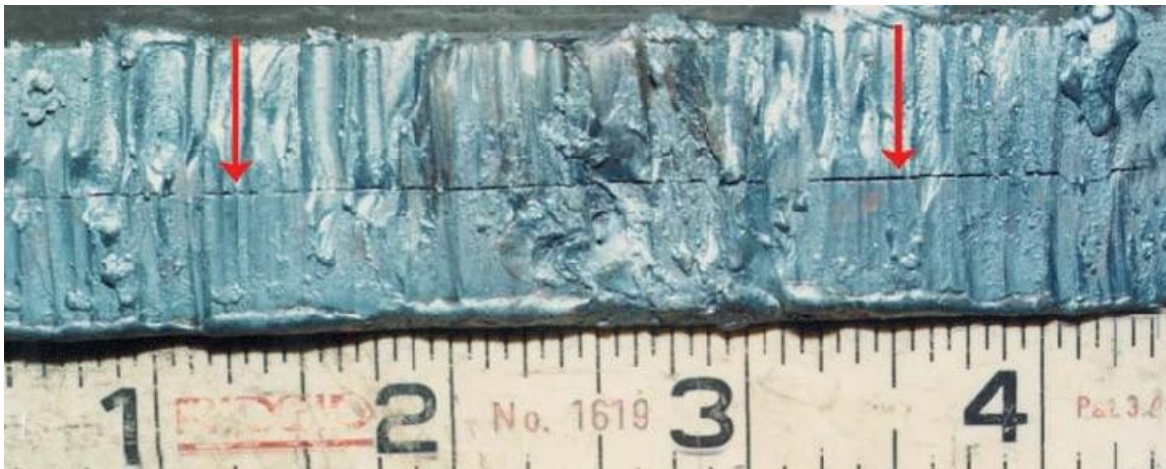


Figura 19. Laminación

Una delaminación es la separación de la laminación bajo cargas de esfuerzo.

4.9 Pliegues (Seams and Laps)

Las fisuras y hendiduras son discontinuidades del metal base que pueden ser encontradas en productos rolados, forjados y estirados. Se diferencian de la laminación en que estos aparecen en la superficie del producto trabajado. La criticidad de las fisuras y hendiduras depende de su orientación, tamaño y la aplicación de la soldadura. Estas solo pueden ser detectadas después de las operaciones de fabricación como doblado, rolado o granallado. La soldadura sobre las fisuras y hendiduras puede causar grietas, porosidad, o ambos.

4.10 Grietas

Las grietas se definen como discontinuidades tipo fractura caracterizadas por una punta afilada y una alta proporción de longitud y amplitud con desplazamiento abierto. Pueden ocurrir en el metal de soldadura, zona afectada por el calor, y metal base cuando los esfuerzos localizados exceden la resistencia última del material. El agrietamiento a veces inicia la concentración de esfuerzo causado por otras discontinuidades o muescas mecánicas cercanas asociadas con el diseño de soldaduras. Los esfuerzos que causan el agrietamiento pueden ser residuales o aplicados. Los esfuerzos residuales se crean como resultado de la restricción proporcionada por la junta de la soldadura y contracción térmica de la soldadura siguiendo la solidificación. Algunos tipos de grietas se ilustran en la figura 20.

Si una grieta es encontrada durante la soldadura debe ser completamente removida antes de la soldadura adicional. Soldar sobre una grieta rara vez elimina la grieta.

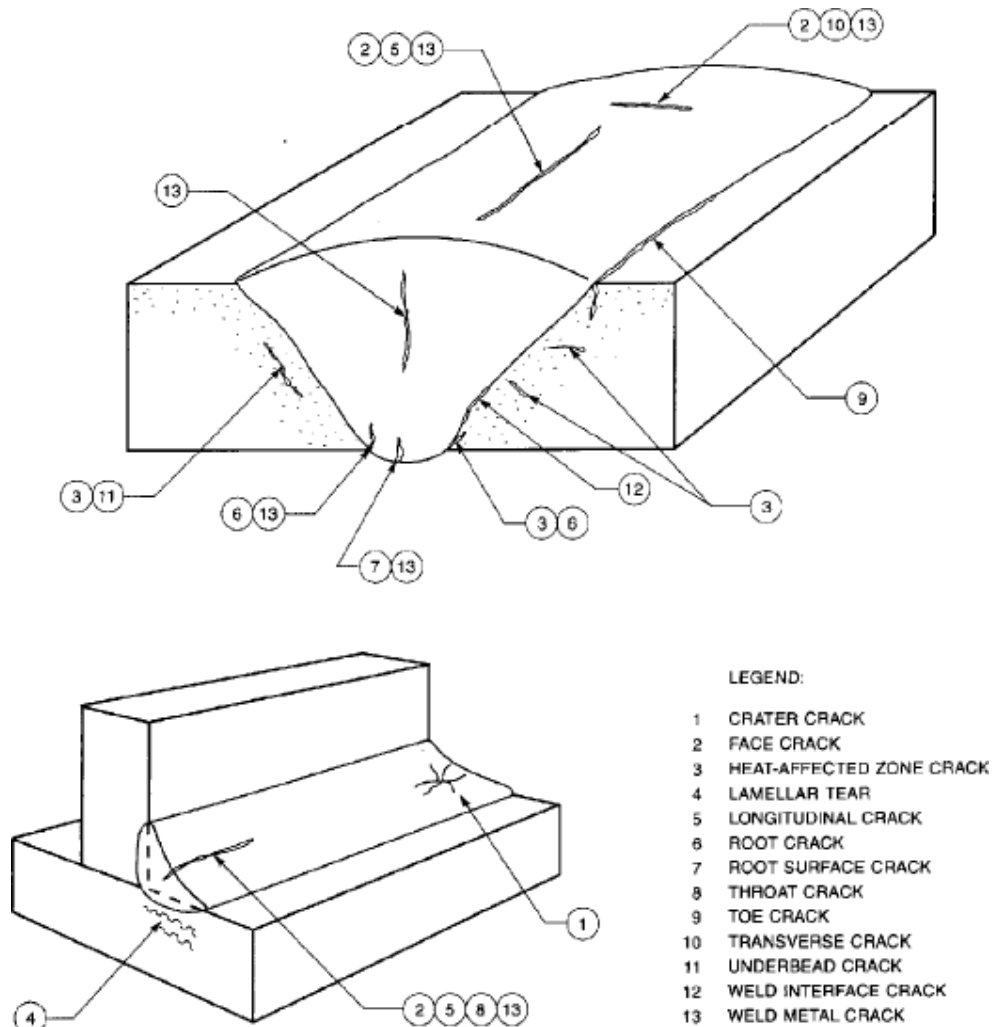


Figura 20. Tipos de Grietas

4.10.1 Orientación

Las grietas pueden ser descritas ya sea como transversal o longitudinal, dependiendo de su orientación.

Cuando una grieta es paralela al eje de la soldadura es llamada grieta longitudinal independientemente de si se trata de una grieta de línea central en el metal de soldadura, o una grieta en el pie de la soldadura en el área afectada por el calor en el metal base. Grietas longitudinales son ilustradas en las figuras 21 y mostradas en la figura 22. las grietas longitudinales en soldaduras pequeñas entre secciones pesadas son frecuentemente el resultado de altas velocidades de enfriamiento y alta restricción. Es soldadura de arco sumergido se relacionan comúnmente con altas velocidades de soldadura o pueden relacionarse con problemas de porosidad que no son vistos en la superficie de la soldadura. Las grietas longitudinales del área afectada por el calor son usualmente causadas por hidrogeno disuelto.

Las grietas transversales son perpendiculares al eje de la soldadura. Estos pueden limitarse en tamaño y contenidas completamente dentro del metal de soldadura o pueden propagarse del metal de soldadura a la zona afectada por el calor adyacente y más allá en el metal base. En algunas soldaduras, las grietas transversales se forman en la zona afectada por el calor y no en la soldadura.

Las grietas transversales son generalmente el resultado de los esfuerzos por la acción de contracción longitudinal en el metal de soldadura de baja ductilidad. El agrietamiento de hidrogeno del metal de soldadura puede estar orientado en dirección transversal. Las grietas transversales se muestran en la figura 23.

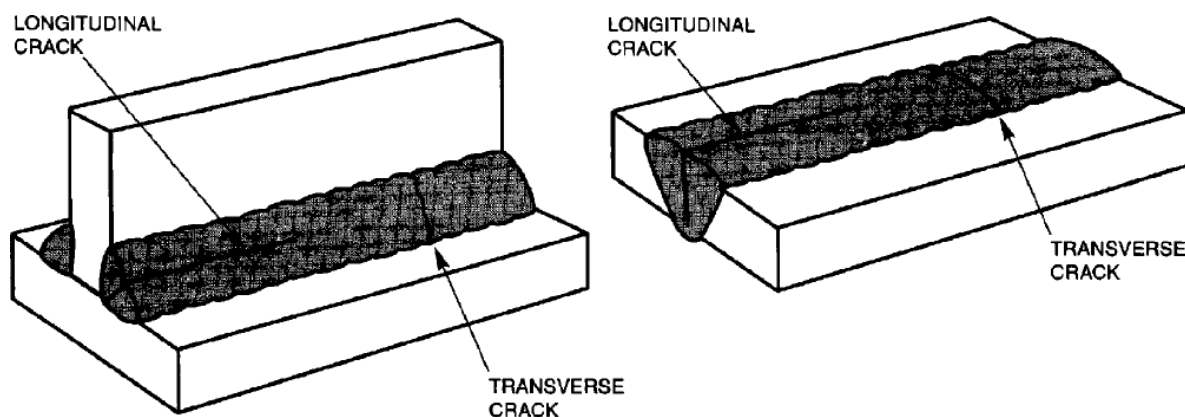


Figura 21. Grieta Longitudinal VS Transversal



Figura 22. Grieta Transversal



Figura 23. Grieta Transversal

4.10.2 tipos de grietas

Las grietas generalmente pueden ser clasificadas ya sea como grietas en caliente o grietas en frío. Las grietas en caliente se desarrollan durante la solidificación y son resultado de insuficiente ductilidad a altas temperaturas. Las grietas caliente se propagan entre los granos en el metal de soldadura o en la interfaz de soldadura.

Las grietas en frío se desarrollan después de que la solidificación se completa. En aceros al carbono y de baja aleación, las grietas en frío pueden ocurrir ya sea en el metal de soldadura, zona afectada por el calor, o metal base, y son usualmente resultado de hidrogeno disuelto. Las grietas pueden formarse horas o incluso días después de que la soldadura es completada. Las grietas en frío se propagan entre los granos y a través de los granos.

4.10.2.1 Grietas de garganta

Las grietas de garganta son grietas longitudinales orientadas a lo largo de la garganta de las soldaduras de filete. Una grieta de garganta se muestra en la figura 24, son generalmente, pero no siempre, grietas en caliente.

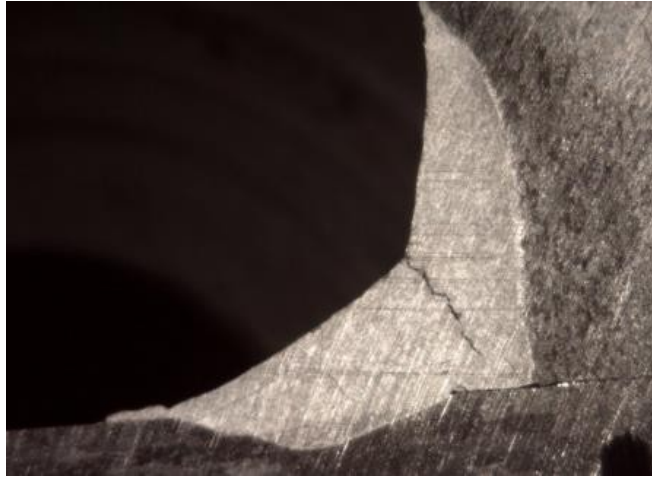


Figura 24. Grieta de Garganta

4.10.2.2 Grietas de raíz

Las grietas de raíz son grietas longitudinales en la raíz de la soldadura o en la superficie de la raíz. Pueden ser grietas en frío o en caliente. Las grietas de raíz se ilustran en la figura 20.

4.10.2.3 Grietas de cráter

Las grietas de cráter ocurren en el cráter de una soldadura cuando la soldadura está incorrectamente terminada. Estas son algunas veces llamadas como *grietas de estrella*, aunque pueden tener otras configuraciones. Una grieta de cráter se muestra en la figura 25. Las grietas de cráter son grietas en calientes usualmente formando una red como estrella. Las grietas de cráter se encuentran frecuentemente en materiales con alto coeficiente de expansión térmica, por ejemplo aceros inoxidable austeníticos y aluminio. Como sea, la ocurrencia de cualquier tipo de estas grietas puede ser minimizada o prevenirse rellenando el cráter a una forma ligeramente convexa antes de terminar el arco. Las grietas longitudinales pueden iniciarse de una grieta de cráter. Tal grieta se muestra en la figura 26.



Figura 25. Grieta de Cráter



Figura 26. Grieta Longitudinal Propagada por Una Grieta de Cráter

4.10.2.4 Grietas de Pie

Las grietas de pie, figuras 27 y 28, son generalmente grietas en frío. Estas se inician y propagan del pie de soldadura donde los esfuerzos de contracción están concentrados. Las grietas de pie se inician aproximadamente normal a la superficie del metal de soldadura. Estas grietas son generalmente el resultado de los esfuerzos de contracción térmica actuando en la zona afectada por el calor. Algunas grietas de pie ocurren porque la ductilidad del metal base no puede soportar los esfuerzos de contracción que se imponen por la soldadura.

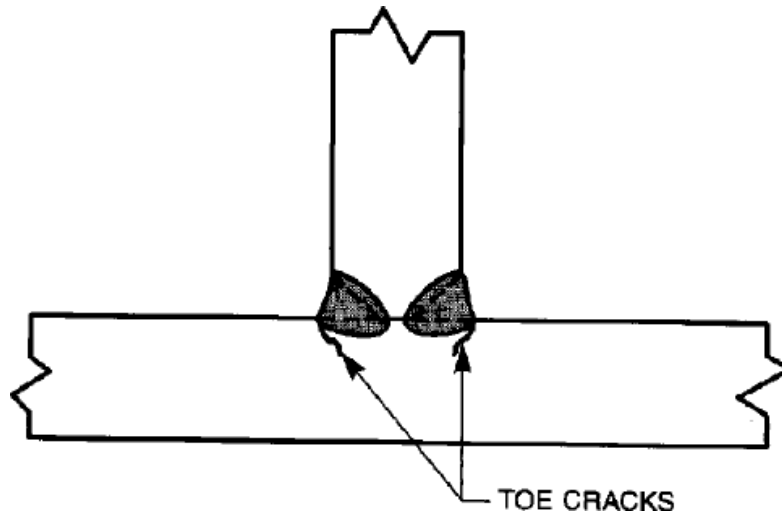


Figura 27. Grietas de Pie



Figura 28. Grieta de Pie

4.10.2.5 Grietas Bajo el Cordón y la Zona Afectada por el Calor

Las grietas bajo el cordón y en la zona afectada por el calor se usan generalmente intercambiamente. Las grietas bajo el cordón y en la zona afectada por el calor son generalmente grietas en frío que se forman en la zona afectada por el calor del metal base. Las grietas bajo el cordón típicas se ilustran en la figura 29. Las grietas bajo el cordón pueden ocurrir cuando tres elementos están presentes simultáneamente:

- (1) Hidrogeno
- (2) Una microestructura de ductilidad relativamente baja
- (3) Altos esfuerzos residuales

Las grietas bajo el cordón y en la zona afectada por el calor pueden ser longitudinales o transversales. Se encuentran en la zona afectada por el calor y no siempre son detectables por inspección visual. Las grietas bajo el cordón se encuentran principalmente en soldaduras de filete, pero pueden aparecer en soldaduras de ranura.

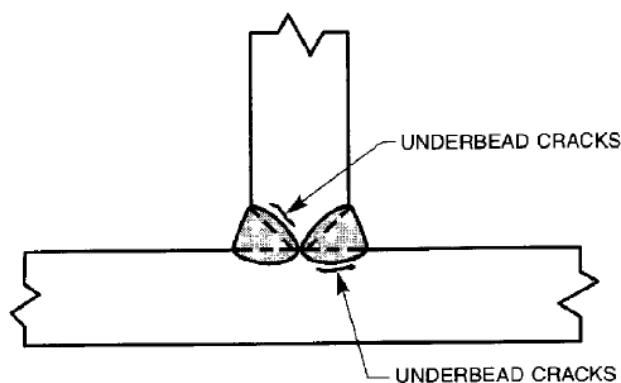


Figura 29. Grietas Bajo el Cordón

4.11 Inclusiones de escoria

Las inclusiones de escoria son productos no metálicos resultado de la disolución mutua del fundente e impurezas no metálicas en algunos procesos de soldadura. Una inclusión de escoria se muestra en la figura 30.

En general, las inclusiones de escoria pueden ser encontradas en soldaduras hechas con cualquier tipo de proceso de soldadura por arco que emplee fundente como medio de protección. En general, las inclusiones de escoria resultan de técnicas de soldadura inapropiadas, la falta de acceso adecuado para soldar la junta, o limpieza inapropiada de la soldadura entre pasadas. Debido a su relativamente baja densidad y punto de fusión la escoria fundida normalmente fluirá a la superficie del paso de soldadura. Las muescas afiladas en la interface de soldadura o entre pasadas algunas veces causan que la escoria quede atrapada bajo el metal de soldadura fundido. La liberación de escoria del metal fundido se facilitará por cualquier factor que tienda a hacer el metal menos viscoso o a retardar su solidificación, como una alta entrada de calor.



Figura 30. Inclusiones de Escoria

4.12 Refuerzo excesivo

En soldaduras de ranura, el refuerzo de soldadura es metal de soldadura en exceso de la cantidad requerida para llenar la junta. El refuerzo de soldadura puede estar localizado ya sea en la cara de la soldadura o en la superficie de la raíz de la soldadura, y son llamadas *refuerzo de cara* y *refuerzo de raíz*, respectivamente. Ejemplos de refuerzos de soldadura se muestran en la figura 31. Un refuerzo excesivo de soldadura es indeseable porque crea altas concentraciones de esfuerzo en los pies de la soldadura, esa condición resulta de la sobre soldadura.

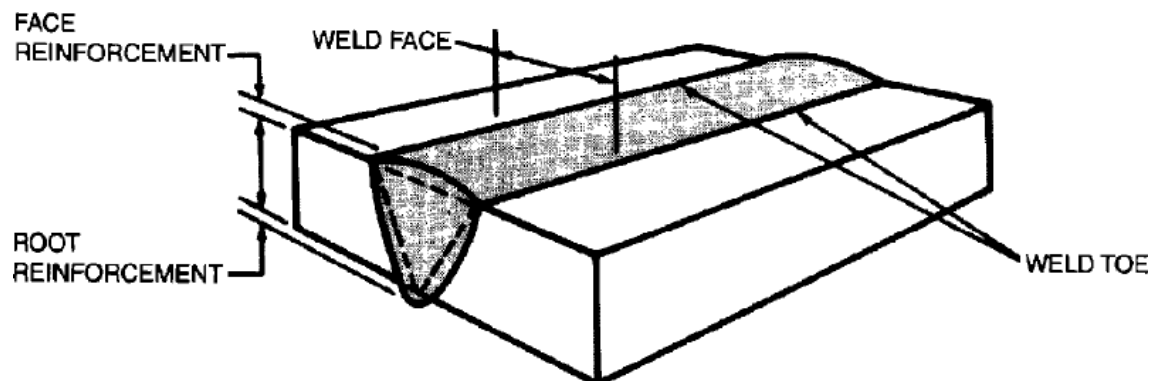


Figura 31. Refuerzo de Soldadura

4.13 Convexidad y concavidad

Convexidad, ilustrada en la figura 32, es la distancia máxima de la cara de filete de soldadura convexo perpendicular una línea que une los pies de soldadura. Una soldadura que muestra convexidad se muestra en la figura 33. La convexidad excesiva como el refuerzo excesivo puede presentar concentraciones de esfuerzo indeseables en los pies de la soldadura.

La concavidad, ilustrada en la figura 34, es la distancia máxima de la cara de la soldadura cóncava a una línea que une los dos pies de soldadura. El tamaño de un filete de soldadura cóncavo se relaciona con la dimensión de la garganta. El tamaño de la pierna será mayor que el tamaño real de la soldadura.

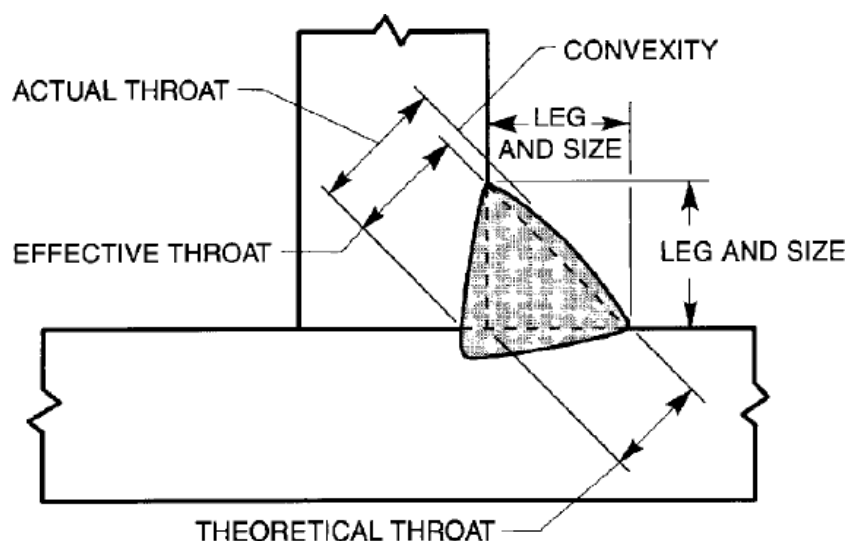


Figura 32. Filete de Soldadura Convexo

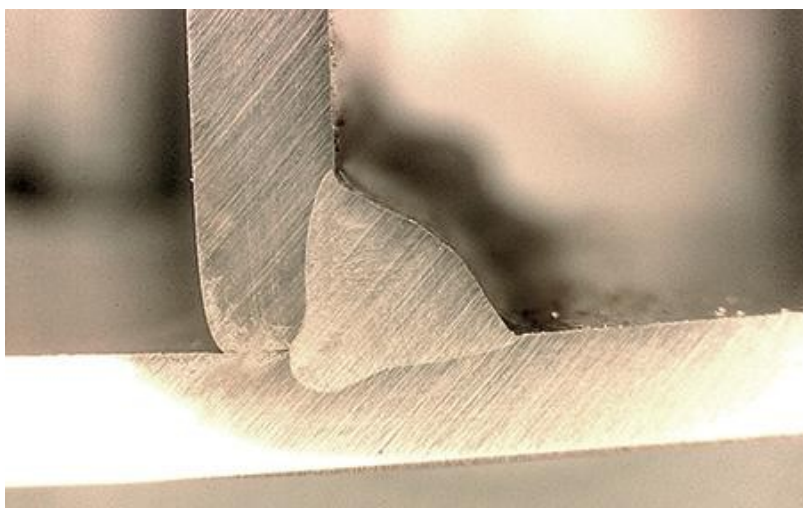


Figura 33. Convexidad

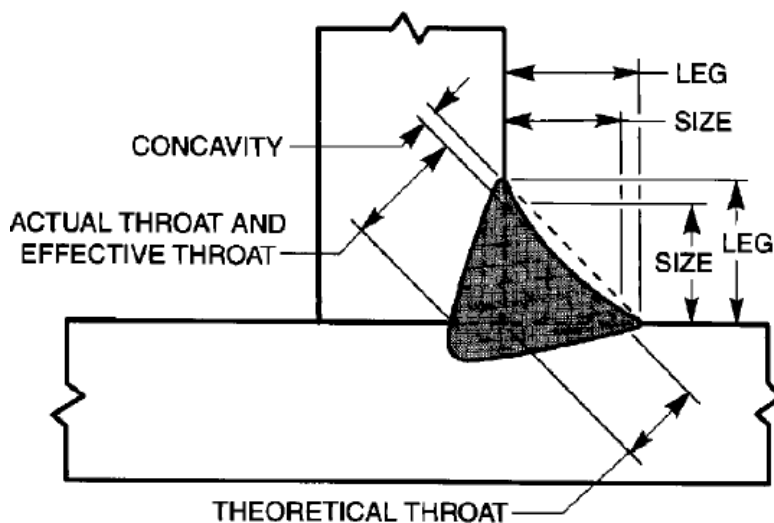


Figura 34. Filete de Soldadura Cóncavo

4.14 Golpe de arco

Un golpe de arco es una discontinuidad que consiste en cualquier metal refundido localizado, metal afectado por el calor, o cambio en la superficie del perfil de cualquier parte de la soldadura o metal base que resulta de un arco. Los golpes de arco resultan cuando el arco se inicia en la superficie del metal base lejos de la junta de soldadura, ya sea intencional o accidental. Cuando esto ocurre, hay un área localizada de la superficie del metal base que es fundida y después rápidamente enfriada debido al disipador de calor masivo creado por el metal base circundante. Los golpes de arco son indeseables e inaceptables, ya que pueden contener grietas.

4.15 Salpicaduras

Las salpicaduras o chisporroteo consisten en partículas de metal expulsadas durante la fusión de la soldadura que no forma parte de la soldadura. Solo las salpicaduras que se adhiere al metal base es de preocupación para en inspector visual.

Normalmente, las salpicaduras no están consideradas como una falla seria a menos que su presencia interfiera con las operaciones subsecuentes, especialmente pruebas no destructivas, o utilidad de la parte. Esto puede ser in indicador de que el proceso de soldadura esta fuera de control, como sea. Un ejemplo de salpicaduras se muestra en la figura 35.



Figura 35. Salpicaduras

4.16 Fusión a través

La fusión a través es un refuerzo de raíz visible producido en una junta soldada de un lado. Condiciones severas de fusión a través se ilustran en la figura 36. La fusión a través es generalmente aceptable a menos que resulte en un refuerzo de raíz excesivo.

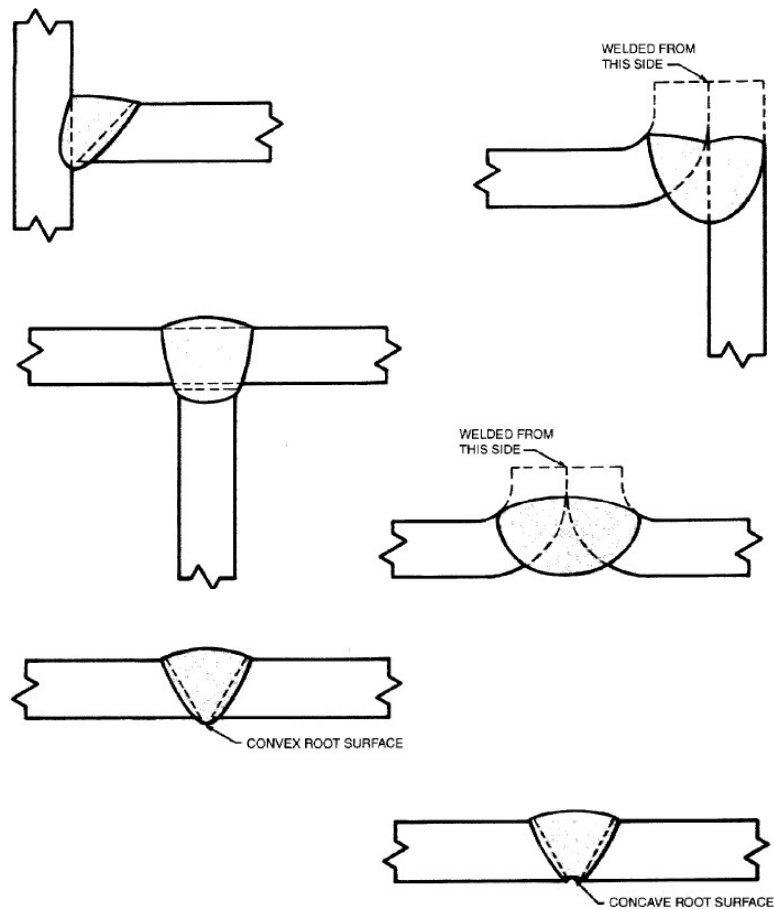


Figura 36. Fusión A Través

4.17 Tamaño de soldadura

El tamaño de soldadura es una medida de una dimensión crítica, o una combinación de dimensiones críticas de una soldadura. El tamaño de soldadura requerido debe mostrarse en los detalles del plano. El tamaño de soldadura de varias juntas soldadas está definidas e ilustradas en el AWS A3.0, *Términos y Definiciones Estándar de Soldadura*.

4.18 Oxidación superficial

La oxidación superficial de aceros inoxidables y aleaciones de níquel ocurren cuando estas aleaciones se exponen a la atmosfera cuando están alrededor de 1000°F (540°C) conocido como *azucarado* (sugaring) cuando se intensifica. Cuando el titanio y zirconio se exponen a la atmosfera a alta temperatura, estos desarrollan decoloración de amarillo pálido a azul a negro. Cualquier decoloración más oscura que el amarillento ligero indica contaminación extrema del metal base.

Estas condiciones pueden ser evitadas manteniendo estos metales protegidos por un gas inerte cuando sean calentados arriba de 800°F (430°C). En tubería, esto es llamado purga, la instrucción específica de como purgar tubería está cubierto en el AWS D10.11, *Pasadas de Raíz de Soldadura y Purga de Gas de Soldadura*. La oxidación superficial ocurre durante la soldadura de arco protegido por gas (GSAW) cuando el gas de protección se pierde o es inadecuado. Oxidación superficial excesiva, algunas veces llamado *azucarado*, se muestra en la figura 37.



Figura 37. Oxidación Superficial (Azucarado) en Una Soldadura de Arco de Gas de Tungsteno en Acero Inoxidable

5. EQUIPO DE INSPECCIÓN

5.1 Introducción

Hay numerosos dispositivos de inspección que pueden ser usados en inspección de soldadura. Esta sección estudia algunas de las herramientas y calibradores más frecuentemente utilizados en la inspección visual de soldadura. Las herramientas expuestas en esta sección son las siguientes:

- (1) Dispositivos de medición lineal
- (2) Materiales indicadores de temperatura
- (3) Termómetros de contacto superficial
- (4) Calibradores de soldadura
- (5) Fibroscopios y boroscopios
- (6) Calibradores de ferrita
- (7) Fuentes de luz
- (8) Amperímetros

5.2 Calibración y manejo del equipo de inspección

Algunas industrias requieren el uso de instrumentos de medición calibrados. La calibración es la comparación de un instrumento de medición con una referencia estándar de una tolerancia más cerrada y exactitud conocida. Esta comparación es generalmente hecha con un estándar cuya exactitud es trazable al Instituto Nacional de Estándares y Tecnología (NIST).

La calibración es generalmente documentada en un registro permanente, y una etiqueta de calibración puede ser adjunta al instrumento indicando la fecha en que se debe volver a calibrar.

Un sistema de calibración efectivo debe asegurar el aviso y calibración de todos los dispositivos de medición de precisión bajo su control en un cronograma periódico preestablecido. Antes de usar un dispositivo de medición controlado, el inspector debe asegurarse que la calibración está vigente. Cualquier calibrador cuya fecha de calibración ha expirado debe calibrarse antes de su uso.

Para asegurar exactitud continua es importante evitar la falta de cuidado o uso excesivo de equipos de inspección. Se debe manejar con cuidado para evitar rasguños o mellas en las superficies de contacto, marcas de la cara y graduación. Los instrumentos deben mantenerse libres de polvo, humedad, y huellas dactilares, y por lo tanto deben limpiarse con un trapo antes de ser guardados. Los equipos deben manejarse y guardarse de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.

5.3 Dispositivos de medición lineal

Los dispositivos como cintas métricas, micrómetros, vernieres, y reglas se usan para medir dimensiones de soldadura.

5.4 Dispositivos de medición de temperatura

5.4.1 Materiales Indicadores de Temperatura.

Los materiales indicadores de temperatura son frecuentemente usados para dar una indicación aproximada de la temperatura. Se hace una marca transversal en el metal en el área a ser checada. Por ejemplo, cuando se usa un indicador de 500°F (260°C), la temperatura de la pieza será al menos de 500°F (260°C) cuando la marca se derrita. Esto se ilustra en la figura 38.



Figura 38. Crayón Sensible a la Temperatura

5.4.2 Termómetros de Contacto Superficial

Los termómetros superficiales proporcionan una indicación directa de la temperatura superficial de la pieza de trabajo. El imán del termómetro superficial se agarra más rápido a los metales base ferromagnéticos. Un termómetro de contacto superficial se muestra en la figura 39.

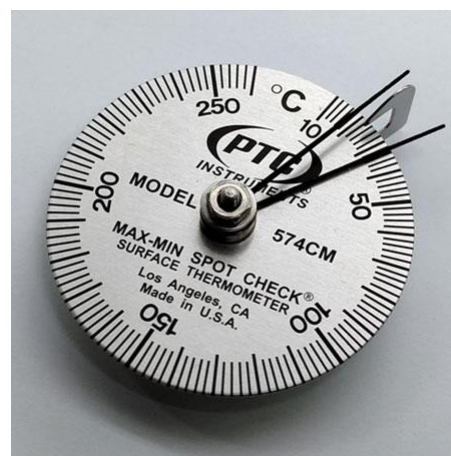


Figura 39. Termómetro de Contacto Superficial.

5.4.3 Pirómetro de Contacto Superficial

El pirómetro eléctrico es un instrumento que ofrece una indicación directa de la temperatura. Es frecuentemente usado cuando la temperatura medida podría exceder los límites de mercurio de otro tipo de termómetros. El punto de prueba se sitúa en el trabajo, y la temperatura se lee en la escala. Algunos dispositivos tienen un botón que puede ser apretado para mantener la lectura, se desea. Este tipo de instrumentos dan una indicación más acertada que cualquier termómetro superficial, o materiales indicadores de temperatura discutidos previamente. La figura 40 ilustra el uso de un pirómetro eléctrico.



Figura 40. Uso de Un Pirómetro de Contacto Superficial

5.5 Calibradores de soldadura

5.5.1 Calibrador de Filete de Soldadura

El calibrador de filetes de soldadura ofrece un medio rápido para medir la mayoría de los filetes de soldadura, de tamaño de $\frac{1}{8}$ -1 in (3.2-25 mm). Ambas piernas deben de la soldadura de filete deben ser medidas. Los calibradores de soldaduras de filete miden soldaduras cóncavas y convexas.

Para medir un filete de soldadura convexo, se selecciona la hoja que representa el tamaño especificado de tamaño de filete con la curva simple, como se muestra en la figura 41, el filo inferior de la hoja se coloca en una de las placas base con la punta de la hoja movida hacia el otro miembro.

Para medir un filete de soldadura cóncava, se selecciona la hoja que representa el tamaño especificado de tamaño de filete con la doble curva, como se muestra en la figura 42. Después de colocar el filo inferior de la hoja en la base de la placa con la punta tocando el miembro superior, la proyección formada por la doble curva debe solo tocar el centro de la cara de la soldadura. Esto medirá el tamaño de la garganta para el tamaño de la soldadura especificada. De cualquier forma si la porción central del calibrador no toca la soldadura, la soldadura tiene un tamaño de garganta insuficiente.



Figura 41. Evaluación de Un Filete de Soldadura Convexo



Figura 42. Evaluación de Un Filete de Soldadura Cóncavo

5.5.2 Calibrador Multiuso

Hay numerosos calibradores multiuso disponibles. Un calibrador multiuso es capaz de desempeñar varias mediciones, como como medir convexidad y concavidad de soldaduras de filete, refuerzos de soldadura y apertura de raíz. El uso de todos los numerosos y diferentes calibradores disponibles no pueden ser todos detallados aquí; de cualquier forma, las instrucciones empacadas con cada calibrador deben ser cuidadosamente seguidas. La figura 43 ilustra uno de esos calibradores siendo usado para medir una soldadura de filete.

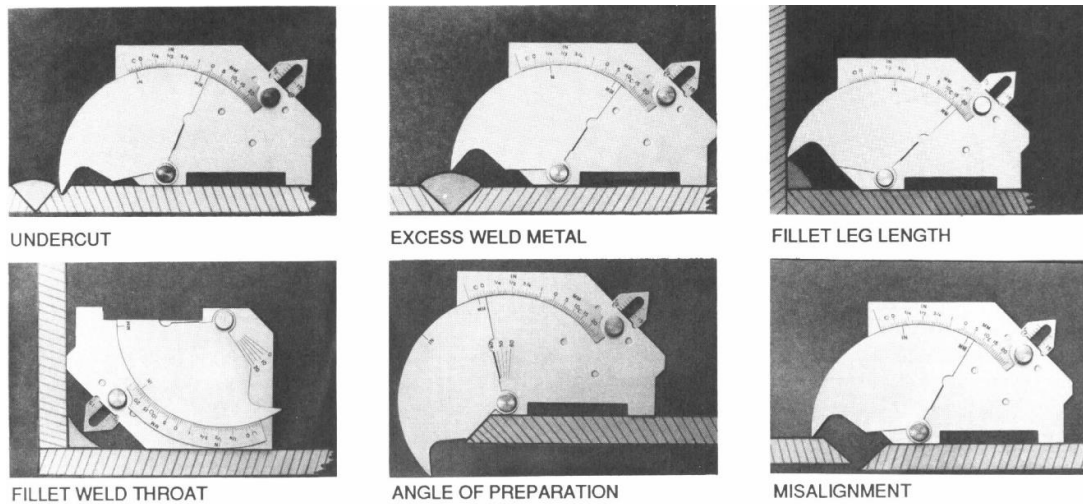


Figura 43. Calibrador Multiuso

5.5.3 Calibrador de Laina

El calibrador de lina se inserta en la abertura de la junta para medir la abertura de raíz (gap). La medida de abertura de raíz se toma del calibrador en el punto donde se ajusta en la junta como se ilustra en la figura 44.



Figura 44. Calibrador de Lina

5.5.4 Calibrador Alto-Bajo

Este calibrador, también llamado calibrador de desalineación, se usa para medir la alineación interna de una junta de tubería. Después de que el calibrador ha sido insertado y ajustado, el tornillo del pulgar es apretado, y la herramienta es removida para medir la desalineación. Esto se muestra en la figura 45.

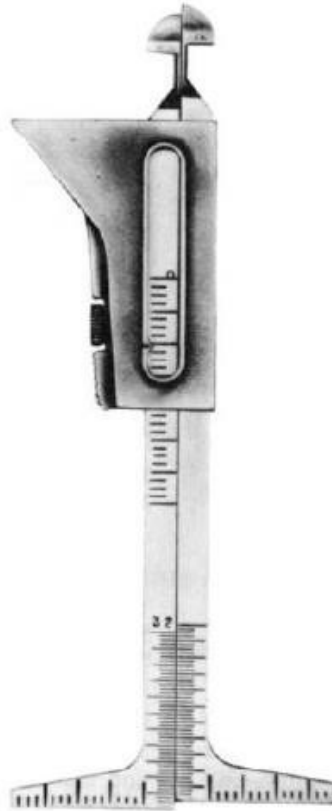


Figura 45. Calibrador de desalineamiento (Hi-Lo)

5.6 Fibroscopio y boroscopio

Estos son instrumentos ópticos ideales para inspección de soldadura donde existe un acceso restringido. Un Fibroscopio tiene una construcción flexible, y un boroscopio es rígido. Estos instrumentos permiten que el inspector mire dentro de agujeros pequeños o alrededor de esquinas. Estas unidades pueden ser combinadas con lentes y cámaras, permitiendo que las imágenes sean proyectadas y grabadas. La figura 46 ilustra el uso de un Fibroscopio.

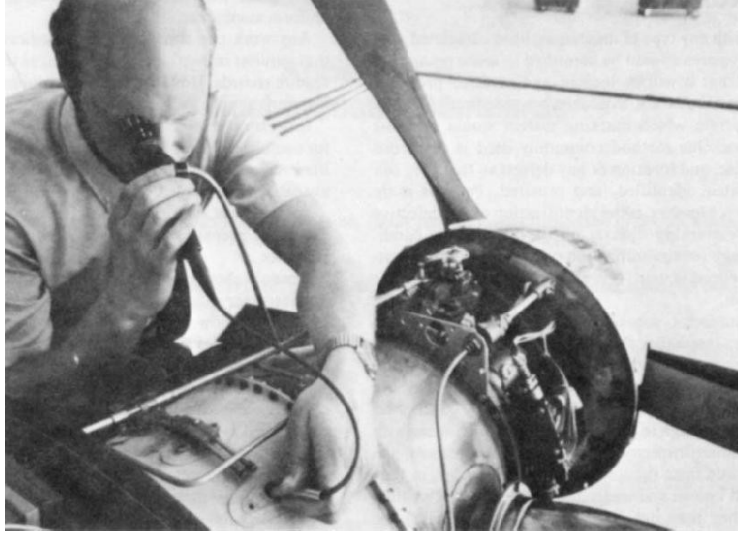


Figura 46. Fibroscopio en Uso

5.7 Calibrador de ferrita

El metal de soldadura de aceros inoxidable austeníticos forma micro grietas cuando no contienen suficiente contenido de una fase magnética conocida como ferrita delta. La cantidad de ferrita delta puede predecirse si la composición química del metal de soldadura es conocida. Esta metodología se discute a detalle en el *AWS A5.4, Especificación para Electrodo de Soldadura de Acero Inoxidable para Soldadura de Metal por Arco Revestido*. En adición, la ferrita en soldaduras de producción puede ser medida usando uno de distintos dispositivos comparadores magnéticos, (calibradores de ferrita) algunos de los cuales son robustos y altamente portables. La ferrita es medida en Número de Ferrita (FN), y los calibradores pueden ser calibrados de acuerdo con el *AWS A4.2, Procedimiento Estándar para Calibración de Instrumentos Magnéticos para Medir el Contenido de Ferrita Delta de Metal de Soldadura de Aceros Inoxidables Austeníticos y Dúplex Austeníticos-Ferríticos*. Típicamente, un mínimo de 3 FN es adecuado para impedir micro grietas, aunque los requerimientos específicos deben ser proporcionados en los documentos de contrato para el trabajo. Un calibrador de ferrita se muestra en la figura 47.



Figura 47. Calibrador de Ferrita

5.8 Fuente de luz

El inspector debe tener iluminación adecuada, ya sea natural o artificial, cuando realice inspección visual. Algunos códigos especifican los requerimientos mínimos de iluminación. Por ejemplo, una fina línea aproximadamente de $\frac{1}{32}$ in (0.8 mm) de espesor en una tarjeta 18% gris natural debe ser visiblemente distinguible para que la iluminación sea correcta. Otros códigos especifican el mínimo de pies-candela (fc) de iluminación que se requieren cuando se realiza inspección visual; por ejemplo, 15 fc (54 lux) para la detección de discontinuidades pequeñas. Si las condiciones de luz ambiental son inadecuadas, se debe usar iluminación artificial como lámparas.

5.9 Amperímetros

Un amperímetro tipo pinza es un instrumento único, portable que mide el flujo de corriente en un circuito sin hacer ninguna una conexión eléctrica con él. Este es un medio eficiente para verificar que la corriente de soldadura está dentro del rango especificado por el procedimiento de soldadura. Una lectura en amperes puede ser obtenida poniendo las pinzas del amperímetro alrededor de un conductor que transporte corriente, como se muestra en la figura 48.



Figura 48. Amperímetro de Pinza

6. Registros

Como cualquier tipo de inspección, una vez completada, cualquier área defectuosa debe ser identificada de modo que asegure que será localizada y reparada apropiadamente. Muchos métodos son válidos, así que condiciones específicas pueden dictar que sistema de marcas sería el más efectivo. Un método comúnmente usado es registrar tipo, tamaño, y localización de cualquier defecto de modo que puedan ser localizados, identificados, y reparados. Quizás más efectivo, como sea, es la identificación del área defectuosa marcando directamente en la parte. Algunas condiciones pueden requerir la utilización de ambos métodos. Cualquier método usado, es todo parte de una función importante.

Un inspector debe ser capaz de mantener registros adecuados, y debe ser capaz de escribir claro y conciso reportes de modo que otros entiendan decisiones pasadas si lo revisan más tarde. En la preparación de registros, los hechos más básicos deben incluirse, aunque sean bien conocidos y entendidos al momento de ser escrito, ya que pueden no ser recordados claramente más tarde. Por lo tanto, un buen registro no solo protege a los inspectores que lo escriben, también ayudan en la adherencia a la política de estándares uniformes.

Cualquier trabajo desempeñado bajo una especificación o código que requiere inspección, examinación o pruebas también requiere registros. De cualquier modo, sean requeridos o no, el inspector debe mantener registros adecuados.

También es trabajo del inspector el examinar todos los registros por lo completo y la exactitud de acuerdo con los requerimientos especificados y hacer que estén disponibles cuando se necesiten.

Cualquier registro que requiera la firma del inspector debe ser preparado por el inspector.

Los registros deben estar tan detallados como sea necesario. El inspector puede comentar en la mano de obra general, los problemas incurridos, y la resolución de condiciones inaceptables. Cualquier reparación debe ser explicada. Las copias de esos registros deben llegar a todas las personas con derecho a recibirlas, y una copia debe mantenerse en los archivos propios del inspector.