



Curso de Inspección visual

Dictado por: Ramón Rivero

Realizado por: Michelin Tavera

Inspección Visual Contenido

1. Introducción
2. Términos Básicos de la Inspección Visual
3. Principios de la Inspección Visual y óptica
 - Descripción de la Inspección Visual y Óptica
 - Principios Básicos
 - Antecedentes Históricos
 - Aplicaciones
 - Ventajas
 - Limitaciones
 - Fundamentos de la Luz
 - El Ojo Humano
 - Condiciones que afectan la Inspección Visual
4. Equipos de Inspección Visual
5. Discontinuidades en Materiales
6. Inspección Visual de Soldaduras



Introducción

Capitulo I

Dictado por: Ramón Rivero

Realizado por: Michelin Tavera

Introducción

Pruebas No Destructivas: Las Pruebas No Destructivas son herramientas fundamentales y esenciales para el control de calidad de materiales, procesos de manufactura, confiabilidad de productos en servicio y mantenimiento de sistemas, con el propósito de prevenir una *falla* prematura que puede ser costosa o fatal. Las pruebas no destructivas se definen como cualquier tipo de prueba practicada a un material sin alterar de forma permanente sus propiedades físicas, químicas, mecánicas o dimensionales. Se identifica con las siglas **PND** o **(END)** Ensayos No Destructivos, Inspecciones No Destructivas y Exámenes No Destructivos.

Falla de Materiales: se puede definir como el hecho de que un material de interés no pueda ser utilizado. Los productos y materiales que están destinados a dar un servicio confiables requieren de pruebas y evaluaciones cuidadosas dependiendo de la condiciones de cargas, temperatura entre otros. Bajo estas condiciones *la falla* puede involucrar situaciones como sacar de operación y desechar el producto, reparaciones costosas, dañar otros productos y la pérdida de la vida.

Introducción

Tipos de Falla: Las fallas se clasifican en:



1. Fractura o separación del Material

2. Deformación permanente o cambio de forma y/o posición, la cual es más menos fácil de reconocer.

Es de gran importancia conocer el tipo de falla que pueda esperarse, para saber:

- ¿Para qué se realiza la inspección?
- ¿Qué método de inspección se debe utilizar?
- ¿Cómo se inspeccionará?
- ¿Cómo se reduce el riesgo de falla?

Para ello el conocimiento de materiales y sus propiedades es muy importante para cualquier persona involucrada en END.

El propósito del diseño y aplicación de las pruebas debe ser el control efectivo de los materiales con el fin de satisfacer un servicio sin que se presente una falla prematura.

Introducción

Fuente de la Falla: La fuente de la falla puede ser:

- Una Discontinuidad
- Un material químicamente incorrecto, ó
- Un material tratado de tal forma que sus propiedades no son adecuados.

Discontinuidad: Cualquier interrupción o variación local de la continuidad o configuración física normal de un material. Se puede considerar una discontinuidad a: cualquier cambio de geometría, huecos, grietas, composición, estructura o propiedades. Algunas discontinuidades como barrenos o formas superficiales son consideradas intencionales en el diseño y no requieren ser inspeccionadas. Otras discontinuidades son inherentes en el material, por su composición química, o su estructura, estas discontinuidades pueden variar en tamaño, distribución e intensidad, dependiendo del material, tratamiento térmico, proceso de fabricación y ambiente al que esta expuesto.

Clasificación de las Discontinuidades:

Por su Forma:

1. Volumétricas: Tienen 3 dimensiones o volumen
2. Planares: son delgadas en una dimensión y grandes en las otras dos.

Por su Ubicación:

1. Superficiales: Se encuentran abiertas a la superficie
2. Internas: No se interceptan con la superficie

Por su Grado de Severidad:

1. Relevantes: Aquellas que por algunas de sus características (dimensiones, forma, ubicación etc.) deben ser interpretadas y evaluadas
2. No Relevantes: Aquellas que por algunas de sus características deben ser interpretadas, registradas pero no evaluadas.

Por su Geometría:

1. Lineales: Aquellas con una longitud mayor que tres veces su ancho (Grieta)
2. Redondeadas: Aquellas de forma elíptica o circular que tienen una longitud igual o menor que tres veces su ancho (Poro)

Introducción

Defecto: Una discontinuidad que excede los límites de aceptación establecidos, o que podría generar que un material o equipo falle cuando sea puesto en servicio o durante su funcionamiento.

Indicación: Es la respuesta que se obtiene al aplicar algún método de Ensayo No Destructivo que requiere ser interpretado para determinar su significado

Clasificación de las Indicaciones

1. Falsas: Se producen por la aplicación incorrecta del ensayo
2. Indicaciones No Relevantes: Son producidas por el acabado superficial de la pieza o la configuración física del material.
3. Indicaciones Relevantes: Son aquellas producidas por las discontinuidades.

Clasificación de las Pruebas No Destructivas:

Se basa de la posición donde se ubican las discontinuidades que pueden ser detectadas

1. Superficiales
2. Volumétricos
3. De Hermeticidad

Introducción

Pruebas Superficiales: Proporciona información acerca de la sanidad de la superficie de los materiales.

VT: Inspección Visual

PT: Líquidos Penetrantes

MT: Partículas Magnéticas

ET: Electromagnetismo

En el caso de VT y PT solo permite detectar discontinuidades abiertas a la superficie. MT y ET Detecta discontinuidades superficiales y subsuperficiales pero muy cercanas a ella

Pruebas Volumétricas: Proporciona información acerca de la condición interna de los materiales:

RT: Radiografía Industrial

UT: Ultrasonido Industrial

AET: Emisión Acústica

Pruebas de Hermeticidad: Proporciona Información del grado en que los equipos puedan contener fluidos sin que escapen a la atmósfera.

LT: Pruebas de Fuga

Prueba de Cambio de Presión: (Hidrostática ó Neumática)

Prueba de Burbuja

Prueba de espectro de masas

Introducción

Razones para el Uso de Ensayos No Destructivos:

- Identificación y separación de Materiales
- Identificación de propiedades de materiales y confiabilidad asociada con su existencia.
- Uniformidad en la producción
- Ahorro en los costos de producción
- Eliminar materia prima defectuosa
- Realizar mejoras en los procesos de producción
- Asegurar la calidad de en el funcionamiento de sistemas en servicio, en plantas o diversos tipos de instalaciones.
- Prevenir fallas prematuras de materiales en servicio
- Como herramientas de diagnóstico después de haberse presentado la falla, para determinar las razones de la misma.

Factores para Selección de los Ensayos No Destructivos

- Tipos de discontinuidades a detectar
- Tamaño, orientación y la ubicación de las discontinuidades a detectar
- Tamaño y forma del objeto a inspeccionar
- Características del material a ser inspeccionado

Introducción

Calificación y Certificación del Personal en Ensayos No Destructivos:

Antes de aplicar los ensayos no destructivos se requiere cumplir con los siguientes requisitos:

- La Calificación del método de inspección utilizado: Las Pruebas que se realicen deben llevarse a cabo mediante procedimientos escritos de inspección previamente calificados.
- Calificación del Personal que realiza la inspección: El éxito de cualquier prueba dependerá principalmente del personal que realiza, interpreta y evalúa los resultados de la inspección. Por esta razón, los técnicos que ejecutan las pruebas deben estar calificados y certificados.
- Administración del proceso de calificación y del personal para asegurar resultados consistentes: La administración del proceso de calificación y certificación del personal debe estar basado bajo un programa de capacitación aceptado:
 - ✓ Práctica Recomendada SNT-TC-1A, de ASNT (American Society For Non Destructive Testing) Edición 2006
 - ✓ Norma ISO 9712
 - ✓ Norma Nacional COVENIN 1999 Edición 2006

Introducción

Calificación y Certificación del Personal en Ensayos No Destructivos:

Calificación: Es el cumplimiento documentado de requisitos: de escolaridad, entrenamiento, experiencia y exámenes (Teóricos, Prácticos y Físicos) establecidos en un programa escrito.

Niveles de Calificación:

Nivel I: Es el individuo calificado para efectuar calibraciones específicas, para ejecutar pruebas específicas, realizar evaluaciones específicas de acuerdo con instrucciones escritas y realizar el registro de resultados. Debe recibir la instrucción o supervisión necesaria de un nivel II o III designado.

Nivel II: Es el individuo calificado para ajustar, calibrar equipos, interpretar y evaluar resultados de pruebas respecto a códigos, normas o especificaciones. Esta familiarizado con los alcances y limitaciones de los métodos y puede tener la responsabilidad asignada del entrenamiento en el lugar de trabajo de los aprendices o niveles I. Es capaz de preparar instrucciones escritas, organizar y reportar los resultados de la prueba.

Introducción

Nivel III: Es el individuo calificado para ser el responsable de establecer técnicas, procedimientos, interpretar códigos, normas ó especificaciones para establecer métodos de prueba y técnicas a utilizarse para satisfacer los requisitos; debe tener respaldo práctico en tecnología de materiales, procesos de manufactura y estar familiarizado con métodos PND comúnmente empleados. Es responsable del entrenamiento y administración de los exámenes de Niveles I y II para su calificación.

Requisitos para Calificación:

Entrenamiento (Capacitación): Es el programa estructurado para proporcionar conocimientos teóricos y desarrollar habilidades prácticas en un individuo a fin de que realice una actividad definida de inspección.

Experiencia Práctica: No se puede certificar personal que no tenga experiencia práctica en la aplicación de los ensayos no destructivos:

- El Técnico Nivel I: Debe adquirir experiencia como aprendiz
- EL Técnico Nivel II: Debe trabajar un tiempo como nivel I
- El Técnico Nivel III: Debió ser aprendiz, Nivel I y haber trabajado uno o dos años como Nivel II.

Introducción

Examen Físico: Tiene la finalidad de demostrar que el personal que realiza la prueba es apto para observar adecuada y correctamente las indicaciones obtenidas.

- Agudeza Visual Cercana con o sin corrección (uso de lentes)
- Diferenciación entre Colores y formas de grises

De acuerdo a la Práctica recomendada SNTC-TC-1A la prueba de agudeza visual debe realizarse anualmente. Mientras que la diferenciación entre colores y formas de grises se realiza antes de optar la certificación y en intervalos de 5 años.

Exámenes de Conocimientos: Los exámenes administrados para calificación del personal Nivel I y Nivel II consisten de un examen general, específico y práctico. De acuerdo con la SNT-TC-1A la calificación mínima aprobatoria de cada examen es de 70% y el promedio simple mínimo de calificación de los 3 exámenes es de 80%

Certificación: La certificación es el testimonio escrito de la calificación. La certificación del personal en Ensayos No Destructivos en todos los niveles es responsabilidad de la empresa que lo contrata (de acuerdo con SNT-TC-1A) o de la agencia central (de acuerdo con ISO 9712), y debe estar basada en la demostración satisfactoria de los requisitos de certificación.



Términos Básicos de la Inspección Visual y Óptica

Capitulo II

Dictado por: Ramón Rivero

Realizado por: Michelin Tavera

Términos Básicos de la Inspección Visual

Inspección Visual

La inspección visual puede ser definida como: la examinación de un objeto utilizando solamente la vista o en conjunto con diferentes instrumentos de amplificación, grabación, registro etc. Sin cambiar, alterar o destruir el objeto sometido a prueba.

Inspección Visual Directa

Es una técnica de inspección realizada usando los ojos y sin ayuda visual, excluyendo fuente de luces, espejos y/o lentes correctivos.

Inspección Visual Realzada

Es una técnica de inspección visual usando ayudas para mejorar la capacidad de visión, por ejemplo elementos de magnificación, boroscopios, probetas de video, fibra óptica.

Iluminación Auxiliar

Es una fuente de luz artificial utilizada como una ayuda visual para mejorar las condiciones de visibilidad y percepción visual.

Lux

Es la unidad de iluminación igual a una iluminación directa de una superficie que está en cualquier lugar a un metro de una fuente puntual uniforme de una candela de intensidad o igual a un lumen por metro cuadrado.

Términos Básicos de la Inspección Visual

Grieta Artificial (Flaw artificial)

Es una imperfección artificial colocada sobre una superficie del material para establecer una condición flaw representativa.

Equipos Estáticos

Son aquellos equipos que no poseen movilidad por si solos. Ejemplo: torres de fraccionamiento, torres de enfriamiento, intercambiadores de calor, calderas, calentadores, recipientes a presión, entre otros.

Inspección Visual Remota

Es una técnica de inspección visual usada con la ayuda de instrumentos para ver en lugares donde el área a examinar es inaccesible para la inspección visual directa.

Superficie Resplandeciente

Reflexión de la luz artificial que interfiere con la inspección visual.

Laminador Traslucido

Serie de capas reforzadas de lentes, acoplados entre si y que tienen la capacidad de transmitir la luz.

Inspección Visual Traslucida

Es una técnica de inspección visual que utiliza intensidad de luz artificial para permitir ver la variación de espesor del laminado traslucido.



Principio de la Inspección Visual y Óptica

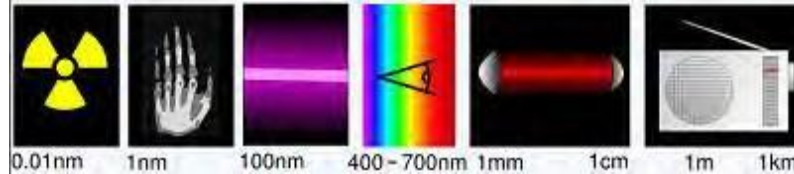
Capitulo III

Dictado por: Ramón Rivero

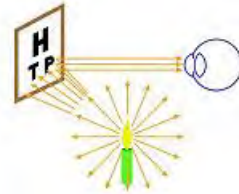
Realizado por: Michelin Tavera

Descripción de la Inspección Visual y Óptica

La inspección visual y óptica utiliza la energía de la porción visible del espectro electromagnético.



Los cambios en las propiedades de la luz, después que entra en contacto con el objeto inspeccionado, pueden ser detectados por el ojo humano o por un sistema de inspección visual.



La detección puede realizarse o puede ser resaltada mediante el uso de espejos, amplificadores (magnificadores), boroscopios y otros accesorios o instrumentos visuales.



Principios Básicos

Formación de la imagen

La formación de la imagen de un objeto se lleva a cabo en el ojo humano u otro accesorio sensible a la luz. En muchos casos, la manera en que se forma la imagen y su proporción, pueden determinarse por geometría y trigonometría, sin consideración detallada de la física de los rayos de luz, A esta técnica se le conoce como “óptica geométrica”, la cual incluye la formación de imágenes por medio de lentes y espejos tales como: telescopios y boroscopios .

Fuentes de luz

Las fuentes de luz para inspección visual típicamente emiten radiación del espectro continuo o no continuo (línea). La luz monocromática es producida por el uso de un accesorio conocido como “monocromator”, el cual separa o dispersa las longitudes de onda del espectro por medio de prismas o rejillas. Menos costosas, y casi igualmente efectivas para inspecciones rutinarias, son las fuentes de luz que emiten diferentes líneas del espectro. Estas fuentes incluyen a las lámparas de mercurio, de sodio y de descarga de vapor. Tales fuentes de luz pueden ser usadas en combinación con vidrio, filtros de líquido o gas, o con filtros de interferencia de alta eficiencia, para transmitir solamente radiación de una longitud de onda específica.

Principios Básicos

Detección de la luz y registro

Una vez que la luz ha interactuado con la pieza inspeccionada (siendo absorbida, reflejada o refractada), las ondas de luz resultantes son consideradas como las señales de la inspección que pueden ser registradas visualmente o fotoeléctricamente. Tales señales pueden ser detectadas por medio de celdas fotoeléctricas, foto multiplicadores o sistemas de circuito cerrado de televisión. En muchas ocasiones son usados accesorios electrónicos de imagen, para los rangos invisibles del espectro electromagnético (rayos “X”, infrarrojos o ultravioleta), pero también pueden ser usados para transmitir datos visuales de zonas riesgosas o donde se localicen obstrucciones.

En ocasiones, se realizan registros fotográficos. Las placas fotográficas procesadas pueden ser evaluadas visualmente o fotoeléctricamente. Algunas aplicaciones tienen la ventaja, por la habilidad de la película fotográfica, para integrar señales de baja energía sobre periodos largos de tiempo. La película fotográfica puede seleccionarse para cumplir con condiciones específicas de la inspección como sensibilidad y velocidad.

Antecedentes Históricos

La inspección visual fue el primer método de Pruebas no Destructivas empleado por el hombre. Sin embargo, es también el menos entendido y adecuadamente utilizado de todos. Existe una diferencia enorme entre ver un simple objeto y realmente observarlo con ojos entrenados

Reseña histórica del desarrollo del boroscopio

Los accesorios que son utilizados para observar el interior de objetos son llamados “endoscopios”, que viene de las palabras Griegas “ver el interior”. En la actualidad el término “endoscopio” se aplica a instrumentos médicos. Los endoscopios industriales son llamados “boroscopios”, porque originalmente fueron utilizados en aperturas de máquinas y huecos tales como los cañones de armas.

En 1806, Philipp Bozzini de Frankfurt anuncia el invento de su “Lichtleiter” Este accesorio es considerado como el primer endoscopio.

En 1876, se desarrolla el primer cistoscopio práctico, para observar la vejiga humana. Dos años después, Edison introduce una luz incandescente.

En 1900 Reinhold Wappler revoluciona el sistema óptico y produce el primer modelo en Estados Unidos.

Antecedentes Históricos

En 1921, en Estados Unidos, la Compañía Westinghouse encomienda a George Crampton desarrollar un accesorio que pudiera utilizarse para observar discontinuidades dentro del rotor de una turbina de vapor.

En 1932, se fabrica el gastroscopio flexible, originalmente considerado para observar el interior de las paredes del estomago. Los boroscopios flexibles para uso industrial han sido construidos más resistentes, para uso rudo, por ejemplo, tienen tubos flexibles de acero, en lugar de hule, en el tubo exterior de la porción flexible.



Aplicaciones

La inspección visual es utilizada para determinar: cantidad, tamaño, forma o configuración, acabado superficial, reflectividad, características de color, ajuste, presencia de discontinuidades superficiales. En general, las inspecciones visuales son utilizadas para dos propósitos:

1. La inspección de superficies expuestas o accesibles de objetos opacos (incluyendo la mayoría de ensamblajes parciales o productos terminados).
2. La inspección del interior de objetos transparentes (tales como vidrio, cuarzo, algunos plásticos, líquidos y gases).

La industria petroquímica y de infraestructura, donde existen ambientes corrosivos, temperatura o donde está sometida a presión, requieren comprobaciones visuales.

Ventajas

Las principales ventajas de la inspección visual y óptica son: Casi todo puede ser inspeccionado, en cierto grado, Puede ser de muy bajo costo, Se puede recurrir a equipo relativamente simple, Se requiere un mínimo de entrenamiento.

Limitaciones

Las principales limitaciones de la inspección visual y óptica son: Solamente pueden ser evaluadas las condiciones superficiales, Se requiere una fuente efectiva de iluminación, Es necesario el acceso a la superficie que requiere ser inspeccionada.

Visión

La fisiología de la vista

a. Recolección visual de datos

El proceso visual humano ocurre en dos pasos: Primero es el procesado del campo visual completo. En segundo lugar, se enfoca hacia un objeto específico dentro del campo visual procesado.

Algunos estudios realizados indican que la separación que se hace de artículos específicos dentro del campo visual general es el fundamento del proceso de identificación. El primer paso en el proceso de identificación es la comparación de los datos visuales con los datos recolectados previamente por la memoria. Se ha sugerido que este procedimiento de comparación es una causa psicológica del “déjame ver”, el sentimiento de haber visto algo antes.

Los datos acumulados son procesados a través de una serie de sistemas específicos. Algunos de nuestros sensores de luz reciben y responden solamente a ciertos estímulos y transmiten sus datos a ciertas áreas particulares del cerebro. Un tipo de sensores acepta datos sobre líneas y extremos; otros procesan solamente direcciones de movimiento o color. El procesado de estos datos discrimina entre vistas complejas diferentes analizando sus diferentes componentes

Visión

La fisiología de la vista

b. Diferenciación dentro del campo visual

Los objetos similares son difíciles de identificar individualmente. Durante el proceso de atención previa, los objetos particulares que comparten propiedades comunes tales como longitud, ancho, espesor u orientación no son lo bastante diferentes como para resaltar. Si las diferencias entre un objeto y el campo general son marcadas, entonces el inspector requiere poco conocimiento de lo que debe ser identificado. Pero, cuando el objeto es similar al campo general, el inspector necesita más detalles específicos del objeto. Además, el tiempo requerido para detectar una característica se incrementa en forma lineal con el número de objetos similares dentro del campo.

La diferenciación de colores es más difícil cuando hay colores diferentes en objetos de forma similar. El reconocimiento de geometrías similares tiende a sobreponerse a las diferencias de color, aún cuando los colores son el objeto de interés.

Además, en un grupo de formas y colores diferentes, donde no hay una forma dominante, una forma particular puede ocultarse dentro de la variedad en el campo visual. Sin embargo, si la forma particular contiene una mayor variación en el color, entonces será muy evidente.

Visión

La fisiología de la vista

c. Búsqueda dentro del campo visual

Las diferencias entre realizar una búsqueda para detectar una sola característica y una búsqueda para detectar conjuntos o combinaciones de características puede tener complicaciones. Por ejemplo, el inspector puede requerir más tiempo para verificar un componente manufacturado cuando los posibles errores son caracterizados por combinaciones de propiedades no deseadas, y podría tomarse menos tiempo para la inspección visual, si los errores de manufactura siempre producen un cambio en una sola propiedad.

Otro aspecto de una búsqueda en el campo visual está dirigido a la ausencia de características. Es más fácil localizar la presencia de una característica que su ausencia. Se ha determinado que la habilidad para distinguir diferencias en intensidad es más exacta al reducir la intensidad dentro del campo.

Visión

Percepción Visual

Percepción Visual

La percepción visual es el estudio de “cómo la mente humana interpreta la información proporcionada visualmente, con la que se forma una impresión”.

Es la interpretación de la información transmitida desde la retina hasta el cerebro.

La percepción visual involucra: Reconocimiento de la presencia de algo (objeto, abertura o medio) Localización en el espacio Relación con otras cosas Identificación de movimiento, color, brillantez o forma.

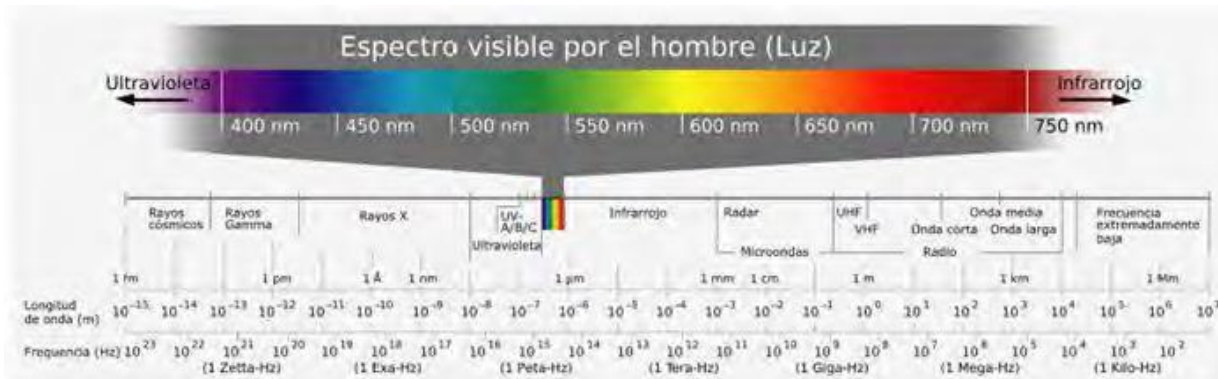
El proceso perceptivo incluye factores ambientales, fisiológicos y psicológicos, lo que es importante durante la inspección cuando la realidad física es diferente de la percepción. Por lo que, los métodos de inspección “deben diseñarse para minimizar los efectos de los factores que lleven a decisiones incorrectas”.

Algunos errores de percepción se deben a la fatiga, enfermedad, desordenes ópticos o falta de entrenamiento; la mayoría de los errores que se presentan en la percepción están relacionados con una mala interpretación de los indicios visuales.

Visión

Fundamentos de la luz

En la inspección visual y óptica, el fenómeno físico usado es la luz, que se encuentra en la porción del espectro electromagnético, con frecuencias entre 370 y 770 nm (nanómetros), que es capaz de excitar la retina humana.



La teoría electromagnética proporciona la descripción más funcional de la luz para propósitos de Pruebas no Destructivas, y la teoría cuántica es la segunda comúnmente utilizada.

El color de la luz, está determinado por su longitud de onda. Un color del espectro es monocromático, y consiste de la luz con un rango específico de valores de longitud de onda. La mayoría de las fuentes de luz no son monocromáticas, esto significa que están compuestas por una variedad de longitudes de onda.

Visión

Fundamentos de la luz

Las variaciones en la longitud de onda de la luz son vistas por el ojo como el “color”. El ojo es más sensible a ciertos colores que otros. La respuesta del ojo alcanza el máximo a aproximadamente la parte media de su banda de respuesta, sobre 550nm, cerca del verde espectral. La luz blanca contiene todos los colores del espectro.

El color puede ser descrito por tres propiedades que pueden medirse: **brillo**.- El brillo significa que el color puede tener un rango desde claro hasta oscuro; un observador ve como se emite, con más o menos luz. **Matiz** (tono).- El matiz es lo que comúnmente se describe como color y depende de las longitudes de onda de la luz reflejada. **Saturación** (pureza). La saturación es la medición de la distancia desde el blanco o neutro y hasta el color correspondiente (su pureza) y se describe como un color vivo o pálido, también referido como la fuerza o intensidad del color.

Visión

Fundamentos de la luz

a. Tipos de luz

Las fuentes de luz para inspección visual y óptica pueden dividirse en:

Luz incandescente – Es la emisión de luz por la excitación térmica de los átomos o moléculas. Las fuentes de luz incluyen lámparas de filamento, de mantos de gas, piro luminiscentes y de arco de carbón.

Luz luminiscente – Resulta de la excitación de un electrón de valencia simple. Es más monocromática que la luz incandescente. Las fuentes de luz incluyen las lámparas de descarga de gas, láser, diodos emisores de luz (LED) y fluorescentes.

Luz polarizada – La polarización es un fenómeno por el cual un rayo de luz que es alterado al atravesar un medio o al ser reflejado por una superficie, en lugar de vibrar en todas direcciones en torno de su trayectoria, solo lo hace en direcciones privilegiadas paralelas al plano llamado plano de polarización.

Luz coherente – Es luz visible o energía radiante con un alto grado de coherencia de fase, mientras la luz producida por la mayoría de fuentes tiene un espectro ancho y producen un área iluminada divergente, la luz láser o en fase es alineada.



Fundamentos de la luz



b. Propiedades de la luz

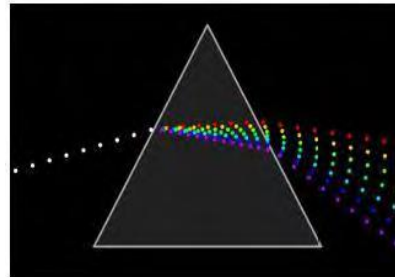
Las principales propiedades de la luz incluyen a la longitud de onda, la frecuencia, la velocidad, la reflexión y la refracción. Longitud de onda, frecuencia y velocidad.

Reflexión y Refracción

La diferencia en el tiempo que le toma a la luz viajar en diferentes medios es responsable de varios principios usados en instrumentos de óptica. La luz es reflejada cuando choca contra una superficie, la dirección del haz reflejado se determina construyendo una línea perpendicular a la superficie reflectora. El ángulo de reflexión es el mismo que el de incidencia, tomando como referencia la perpendicular a la superficie, o la línea normal. La reflexión difusa es causada cuando la luz choca contra una superficie irregular, una superficie rugosa tiene muchos planos superficiales diferentes, por lo que cada haz de luz que incide choca con un plano reflector diferente y es reflejado con un ángulo relativo al plano de la superficie.



Reflexión



Refracción



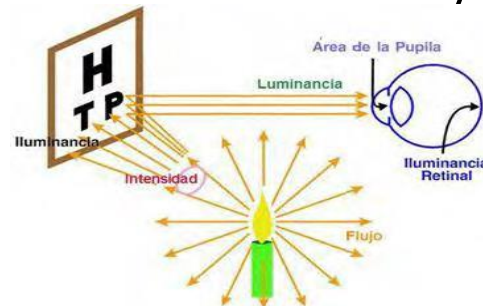
Fundamentos de la luz

c. Medición de la luz

La “radiometría” es la medición de la energía radiante del espectro electromagnético, incluyendo la luz visible, y la medición de las propiedades de la luz por comparación visual es conocida como “fotometría”.

El accesorio fotométrico más común es el ojo humano. Los principios de radiometría y fotometría son los mismos, pero las unidades de medición son diferentes. Las características de la luz, las fuentes de luz y de iluminación consideradas en la inspección visual y óptica son las siguientes: **Flujo luminoso**: Es la relación del flujo de luz, y se mide en “Lumen” (lm). **Iluminancia**: Es la densidad de flujo luminoso sobre un área dada de superficie en un instante dado. Es la medición de la luz fuera de un cuerpo luminoso. Las unidades son los “Lux” (lx) o “pies-candela” (ftc) (1 pie-candela = 10.86 lux).

Luminancia: Es la medición del flujo luminoso en una superficie dada considerando el ángulo de incidencia o de refracción, puede ser saliendo, pasando a través o llegando a la superficie. Es referida como brillantez fotométrica y se mide en cd/m^2 (candela/metro cuadrado) o “Lambert”.



Fundamentos de la luz

Ley de fotometría

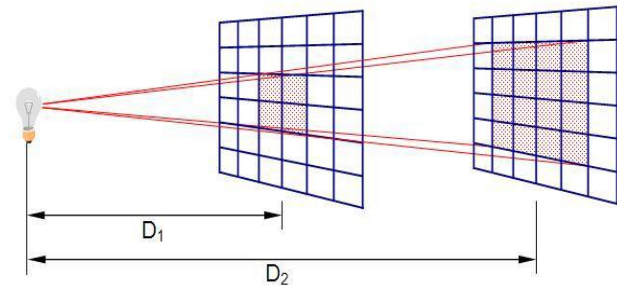
La ley del inverso cuadrado establece que la iluminancia (E), de un punto sobre una superficie, es proporcional a la intensidad luminosa (I), de la fuente de luz, e inversamente proporcional con el cuadrado de la distancia (d), entre el punto y la fuente. Matemáticamente esta ley se expresa:

$$E = \frac{I}{d^2}$$

Donde:

E = Superficie de iluminancia

d = Distancia entre la fuente y la superficie de iluminancia



Fotómetros

La fotometría es la medición y comparación de las propiedades de la luz, con respecto a la respuesta del ojo humano. Los fotómetros se clasifican de acuerdo con la característica que puede medir, lo que incluye la medición de flujo luminoso, iluminancia, luminancia, color, reflectancia y transmisión. Los fotómetros para medir iluminancia, comúnmente utilizados en la industria, son los instrumentos fotoeléctricos.



Fundamentos de la luz

d. Intensidad de luz

Para realizar una inspección visual debe haber una fuente de luz natural o artificial adecuada en intensidad y distribución espectral, con el fin de proporcionar un contraste adecuado sobre el área inspeccionada para que la detección de objetos relevantes o discontinuidades se cumpla con un alto grado de éxito. La detección de contraste es la más básica de las tareas visuales, es la diferencia en luminancia o color entre un objeto y el fondo.

Bajo condiciones óptimas, el ojo humano puede ser estimulado por una pequeña parte del espectro electromagnético. Los límites de la porción visible están definidos, dependiendo de la cantidad de energía disponible, su longitud de onda y la salud del ojo. Para propósitos más prácticos, el espectro visible puede considerarse entre 380 nm y 770 nm. La brillantez de una superficie de prueba depende de su reflectividad y la intensidad de la luz incidente. La brillantez excesiva o insuficiente interfiere con la habilidad de ver claramente y puede obstruir la observación crítica y el juicio. Por esta razón la intensidad de la luz debe estar bien controlada.

De acuerdo con la Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos (ASME), se requiere iluminación (natural o luz blanca suplementaria) de la parte específica, componente, recipiente o la sección que será examinada. La intensidad mínima de luz sobre la superficie o sitio del examen debe ser de 100 pies-candela (1000 lux). La fuente de luz, la técnica usada y la verificación del nivel de luz requieren ser demostrados una vez, documentarse y mantenerse en archivo.

El Ojo Humano

a. Características básicas del ojo humano

El instrumento óptico más comúnmente utilizado en sistemas de inspección visual y óptica es el ojo humano.

El ojo es un instrumento óptico que cuenta con una variedad de ajustes automáticos, que le permiten adaptarse y proporcionar una visión definida, aún variando la distancia y a través de un rango de intensidades de iluminación.

El ojo puede ser comparado con un detector de radiación, realiza un análisis de frecuencias y mide cantidad y dirección. La luz es invisible hasta que encuentra un objeto y se refleja hacia los ojos. La habilidad del ojo para adaptarse a las diferentes condiciones de la luz se debe a la operación de la pupila y el iris.

La pupila es la abertura central del ojo, la cual es contraída y dilatada por el iris, para modular la cantidad de luz que llega a la retina. La pupila también corrige algunas de las aberraciones cromáticas y esféricas de la retina e incrementa la profundidad de campo. El iris consiste de una cortina circular delgada y un par de músculos, los cuales expanden y contraen la abertura de la pupila. La función del iris es comparable a la del diafragma de una cámara. En gran parte, la habilidad del ojo para enfocar es proporcionada por la cornea y el lente cristalino, con poca ayuda de la pupila y los índices refractivos del humor vítreo y el humor acuoso. La cornea cubre al iris y la pupila, y proporciona cerca del 70% de la habilidad refractiva del ojo.

El Ojo Humano

El lente cristalino es responsable del ajuste del foco, para que se pueda mantener una imagen definida sobre la retina conforme cambia la distancia entre el ojo y el objeto que está siendo observado. Por el proceso conocido como “acomodación” el lente cristalino se relaja y se adelgaza para la observación lejana, y se hace grueso para la observación cercana. Esto puede ser comparado con el movimiento de los lentes para enfocar en una cámara.

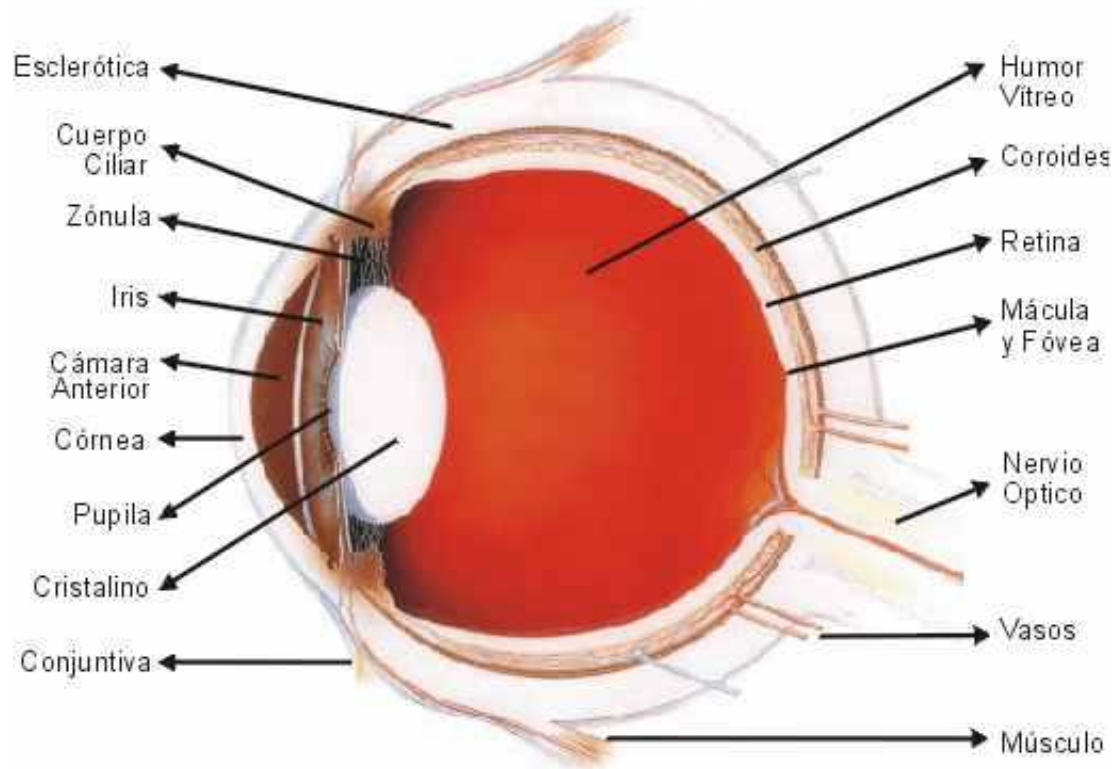
Dentro del ojo, la imagen adquirida se enfoca sobre una capa sensible llamada “retina”. La retina es una membrana nerviosa delicada, localizada en la parte posterior del ojo, la cual, está compuesta por una gran cantidad de elementos individuales, los conos (cones) y las varillas (rods), cada uno de los cuales reacciona con la luz como una célula minúscula fotosensible, convirtiendo la luz en señales eléctricas.

Cada elemento está conectado al cerebro por una fibra individual del nervio óptico y es capaz de tener una acción independiente. Este nervio es comparado con un grupo de cables coaxiales. Cada célula del nervio óptico transmite información desde las células individuales y forma una imagen espontánea del objeto visto. Entonces, los conos y las varillas son los receptores visuales.

Las varillas son mucho más numerosas que los conos y con tiempo suficiente responden a intensidades muy bajas de luz por lo que son las encargadas de crear la visión en estas condiciones, se encuentran localizadas en la parte externa de la retina.

El Ojo Humano

Los conos se concentran en la fovea central, donde prácticamente no existen varillas. Existen tres tipos de conos caracterizados por su sensibilidad a una longitud de onda específica, correspondientes al azul, verde y amarillo. La fovea central es la región del ojo que tiene la importancia primaria para determinar la agudeza visual y la visión del color. La retina es comparable con la película o el medio de registro en una cámara.



El Ojo Humano

Los límites de la visión son:

Intensidad de umbral – Es el nivel más bajo de brillo que el ojo puede ver, y depende de la exposición reciente a la luz.

Contraste – Es la diferencia en el grado de brillo, el ojo es sensible al porcentaje en lugar de los cambios absolutos de brillo.

Ángulo visual – Es el valor del ángulo formado por los extremos del objeto que se está viendo, el ángulo más pequeño es el más difícil de ver.

Tiempo de umbral – Es el tiempo mínimo que debe estar expuesta una imagen para que el ojo la vea, varía con el tamaño del objeto.

La fatiga del ojo se acelera por esfuerzos para ver con intensidades de luz en niveles muy bajos o muy altos, y por los esfuerzos para ver longitudes de onda de luz fuera del rango de frecuencia óptima.

Visión Estereoscópica

La visión estereoscópica proporciona la habilidad para distinguir la profundidad entre objetos. La visión estereoscópica se debe a la distancia lateral entre los dos ojos, la cual provoca que los ojos vean los objetos con un ángulo ligeramente diferente. La percepción humana de la profundidad se mide sobre una base porcentual conocida como “porcentaje de estereopsis”.

El Ojo Humano

b. Agudeza visual

La agudeza visual es la habilidad del ojo para distinguir o diferenciar pequeños detalles, depende de la concentración de conos en la fovea central. La agudeza visual se puede apreciar utilizando dos líneas negras gruesas separadas por una línea blanca.



Conforme se incrementa la distancia desde el ojo hasta la figura, la línea blanca desaparece gradualmente hasta que la figura se convierte en una línea negra gruesa. El efecto se ilustra similarmente por la combinación de los puntos en una fotografía de periódico.

Existe una relación entre la distancia de observación y el tamaño mínimo del objeto visible para el ojo humano promedio, el ojo "normal" puede distinguir un elemento que cae dentro de un ángulo de $1/60$ de 1 grado.

Ángulo mínimo de resolución = Arco de 1 minuto ($1/60$ de 1 grado)



El Ojo Humano

Estudios realizados en audiencias de observación han mostrado que cuando la distancia de observación es menor que cuatro o cinco veces la altura de la imagen, los ojos de los observadores se cansan extremadamente, esto se debe a que el ojo debe moverse excesivamente para cubrir el rango vertical completo de la imagen.

El ojo, el cerebro y el sistema nervioso son variables críticas en inspecciones visuales, esto se debe las variaciones que pueden existir. Por esta razón, los inspectores deben ser examinados para asegurar la agudeza visual natural o corregida. La frecuencia de tal examen la determina un código, especificación, estándar, práctica recomendada o políticas de compañía. Es común realizar los exámenes cada año.

La agudeza visual del inspector puede ser evaluada a distancia cercana y lejana. El **examen visual de Snellen** 20/20 se realiza a 6 m (20 pies) y es el más común para el examen de agudeza visual lejana.

La carta Jeager se usa ampliamente en los Estados Unidos para el examen de agudeza visual cercana, al personal se le puede requerir que lea, por ejemplo, las letras más pequeñas a una distancia de 30 cm (12 pulg.).

Si se establece la prescripción de lentes para aprobar el examen visual, entonces el individuo debe usarlos durante todos los exámenes visuales.

El Ojo Humano

E	1	20/200
F P	2	20/100
T O Z	3	20/70
L P E D	4	20/50
P E C F D	5	20/40
E D F C Z P	6	20/30
F E L O P Z D	7	20/25
D E F P O T E C	8	20/20
L E F O D P C T	9	
F D P L T C E O	10	
P E E L C F T P	11	

READING CARD

15 **J1**
 I walking the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

20 **J2**
 This I went up Market Street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

25 **J3**
 By this time the street had many shops...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

30 **J4**
 Looking in the faces of people, I met a young man...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

40 **J7**
 While I was eating it several sly questions were asked me...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

50 **J8**
 Our city, though laid out with beautiful regularity...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

60 **J10**
 I saw the people wading in the mud while purchasing their provisions...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...
 the first time...
 the street...

The above letters subtend the visual angle of 5' at the designated distance in inches.

Condiciones que Afectan la Inspección Visual

a. Atributos de las piezas que pueden afectar la inspección visual

Limpieza.- La suciedad puede enmascarar discontinuidades presentes. La limpieza típicamente puede hacerse utilizando medios mecánicos o químicos, o ambos.

Cambios de color.- La corrosión u oxidación de metales o el deterioro de materiales orgánicos está frecuentemente acompañado por un cambio en el color.

Características de brillo (brillantez).- El brillo de una superficie coloreada que refleja difusamente, depende de su factor de reflexión y de la cantidad de luz que incide. El brillo excesivo causa una sensación no placentera llamada “resplandor”.

Condición superficial.- La herrumbre, el pulido, fresado, lapeado, ataque químico, la limpieza con arena, granalla, etc., y las formas torneadas.

Forma o configuración de los objetos.- Diferentes ángulos de la superficie de un objeto, causan que sean reflejadas diferentes cantidades de luz hacia el ojo.

Tamaño del objeto inspeccionado.- Si el objeto es más grande que el haz de luz, será necesario iluminar en pasos múltiples.

Temperatura.- El calor excesivo obstruye la vista, esto se debe a la distorsión de la onda de calor.

Textura y reflexión.- La visión depende de la luz reflejada que entra al ojo. La reflexión y la textura de la superficie son características relacionadas. Una superficie altamente reflectora o una superficie con textura rugosa pueden requerir iluminación especial para iluminar sin enmascarar.

Condiciones que Afectan la Inspección Visual

b. Factores ambientales

Las reflexiones y sombras de paredes, techo, muebles y equipo deben considerarse durante la inspección visual. Deben ocurrir reflexiones ambientales o la habitación podría ser muy oscura para que sea práctica.

Una actitud óptima del inspector es relajante pero no debe ser cansada, alerta pero no intranquila; para complementar las necesidades de iluminación, todos los colores en una habitación deben ser tonos claros, ya que hasta el 50% de la luz disponible puede ser absorbida por las paredes oscuras y el piso. Un contraste fuerte del diseño o color puede causar cansancio y eventualmente fatiga. Los colores fríos (azul) son recomendados para áreas de trabajo con altos niveles de ruido y esfuerzo físico excesivo.

c. Factores fisiológicos

Efectos de la fatiga

Ver no es la formación pasiva de una imagen, es un proceso activo en el cual el observador mantiene seguimiento a las acciones personales a través de alimentación informativa, por lo que las cosas percibidas pueden ser alteradas por las acciones o condición física del observador; como sucede con todos los otros procesos que requieren participación activa, la fatiga reduce la eficiencia del observador para realizar una interpretación exacta del dato visual.

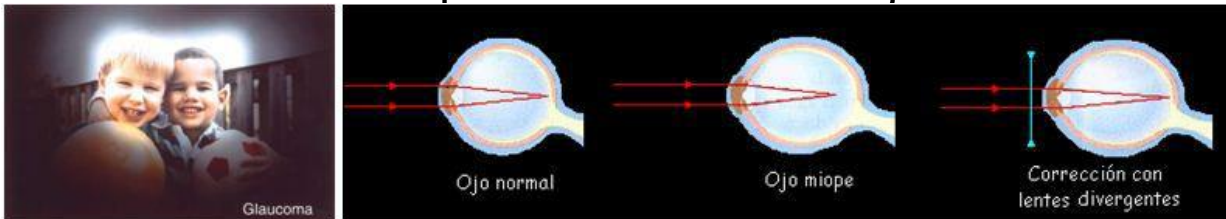
Condiciones que Afectan la Inspección Visual

d. Efectos de la salud del observador

Existen condiciones anatómicas que afectan directa o indirectamente la habilidad del individuo para ver. Por ejemplo, el Glaucoma es una enfermedad caracterizada por el incremento de la tensión intraocular, puede causar un rango de deterioro en la visión, desde anomalías ligeras hasta la ceguera absoluta.

Otras condiciones de salud son la hipermetropía (el lente cristalino se endurece con la edad y hace que pierda su habilidad para enfocar), la retinopatía diabética (deteriora la visión normal), la diabetes (lleva a cambios degenerativos del lente), las cataratas.

La condición puede reducir la visión hasta mantener solamente una percepción ligera. En ocasiones El uso prolongado de iluminación defectuosa y una posición tensa siempre deben evitarse, también, es importante evitar la fatiga de los músculos de los ojos, particularmente cuando es causada por errores de refracción. La incapacidad para concentrarse en un objetivo y una oscilación rítmica del ojo y de las pestañas pueden ocurrir como resultado de la fatiga muscular del ojo, provocando inspecciones visuales que no sean efectivas. Los lentes correctivos y el descanso frecuentemente alivian formas simples de tensión del ojo.



Condiciones que Afectan la Inspección Visual

Nubosidad, aumento de fotofobia, ojos muy acuosos, dolores en el globo ocular, quemaduras, suavidad en el globo ocular, un sentido de incomodidad en los ojos y una reacción de lentitud del iris son algunas señales que indican la necesidad de un análisis minucioso del ojo.

e. Factores psicológicos

Diferentes observadores

La imagen de un objeto depende del observador. Los seres humanos difieren inherentemente en la velocidad, exactitud y certeza de ver, aún teniendo visión promedio o normal los individuos varían particularmente en las mediciones de umbral y en sus interpretaciones de sensaciones visuales.

El estado psicológico, tensiones y emociones influyen en la apreciación de objetos e influyen en la ejecución de tareas visuales.

La importancia de la actitud de un inspector no puede ser sobre enfatizada. Debido a que muchas decisiones de inspecciones visuales involucran material marginal, las interpretaciones deben ser imparciales y consistentes, por lo que debería adoptarse y seguirse fielmente una política definida de procedimientos y estándares de inspección

Condiciones que Afectan la Inspección Visual

Actitud el observador

La representación completa del campo visual no está presente en el cerebro en ningún momento. El cerebro debe contener actividad electroquímica representando algunos aspectos fundamentales de una escena, pero tal imagen no corresponde a como el observador describe la escena, esto ocurre porque el observador añade experiencias y prejuicios que no son parte del campo visual, por lo que tal experiencia sensorial puede reflejar o no la realidad física.

Los datos que entran a través del ojo se transforman irrecuperablemente por sus contextos; una imagen en la retina se percibe diferente si su fondo o contexto cambian. Ninguna sensación simple corresponde únicamente al área original de excitación de la retina.

Tanto el contexto de un objeto observado como la intención del observador afectan la percepción.

Si un observador no aplica la experiencia y el intelecto, es probable que la inspección visual sea inadecuada.

Métodos de Inspección Visual

La inspección (o examen) visual directo está delineada en el Código ASME para Recipientes a Presión y Calderas, Sección V, Pruebas no Destructivas, Artículo 9, y está definida como:

Examen Visual Directo

El examen visual directo usualmente puede hacerse cuando el acceso es suficiente para colocar el ojo dentro de 24 pulgadas (600 mm) de la superficie que será examinada y a un ángulo no menor de 30 grados de la superficie que será examinada. Los espejos podrán usarse para mejorar el ángulo de visión, y los auxiliares tales como los lentes amplificadores pueden ser usados para ayudar en los exámenes.

Examen Visual Remoto

En algunos casos, el examen visual remoto puede ser sustituto del examen visual directo. El examen visual remoto puede usar auxiliares visuales como espejos, telescopios, boroscopios, fibra óptica, cámaras u otros instrumentos adecuados. Tales sistemas deben tener una capacidad de resolución al menos equivalente a la que se obtiene por observación visual directa.

Los lentes de aumento se consideran como “ayudas o auxiliares”. El uso de un espejo para “mejorar el ángulo” también puede considerarse como una ayuda o auxiliar.

Métodos de Inspección Visual

La lógica parece ser que cualquier instrumento o herramienta que evite una observación directa, por ejemplo, que el ojo se localice a una distancia mayor de 24 pulgadas (610mm) y a un ángulo menor que 30 grados se considera indirecto o remoto.

Incluir el uso de un espejo en las definiciones de directa e indirecta o remota permite interpretar la habilidad de “ver” el área de interés sin “auxiliares” o espejos. Lo anterior parece indicar que si el espejo es la única forma de inspeccionar visualmente el área de interés entonces es visual remota (indirecta). Inversamente, si el espejo resalta la observación y la inspección puede hacerse sin el “auxiliar” será considerada como inspección visual directa con un auxiliar.

Como un asunto práctico, la distancia, entre el ojo y la superficie inspeccionada, y el ángulo de observación, determinan la separación angular mínima de dos puntos que pueden resolverse (distinguirse por separado) por el ojo, esto se conoce como “*poder de resolución*” del ojo. *Para el promedio general del ojo humano, la mínima separación angular que puede resolver dos puntos en un objeto es cerca de un minuto de arco (ó 0.0167 grados), esto significa que a 300 mm (12”) de una superficie de prueba, la mejor resolución esperada es cerca de 0.09 mm (0.003”). En 600 mm (24”), la mejor resolución anticipada es cerca de 0.18 mm (0.007”).*

Lentes, espejos, fuentes de luz, instrumentos de medición, calibradores, etc., son usados como herramientas auxiliares en la inspección visual directa.



Equipos de Inspección Visual

Capitulo IV

Dictado por: Ramón Rivero

Realizado por: Michelin Tavera

Equipos de Inspección Visual

Instrumentos ópticos

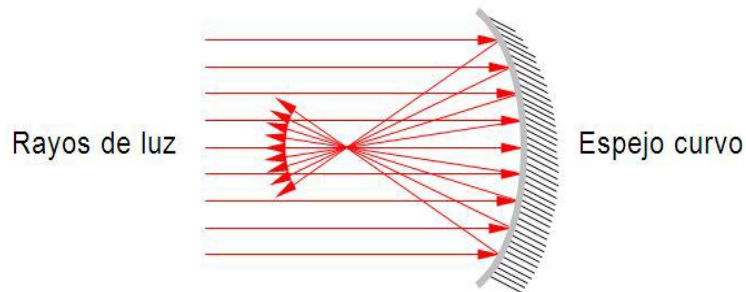
1. Espejos

Los espejos cambian la dirección de la luz por reflexión, pueden ser planos, convexos, cóncavos o parabólicos. Los espejos planos pueden ser arreglados en forma simple o en serie, con el fin de transmitir una imagen o la luz.

Se considera que un espejo curvo está compuesto por un número infinito de espejos planos muy pequeños, y cada uno de ellos refleja un rayo de luz. Un espejo convexo proporciona un campo alargado de observación de la imagen reflejada. Un espejo cóncavo o esférico refleja hacia un punto focal.

Los espejos son invaluable para el inspector porque le permiten ver dentro de componentes como tubería, huecos barrenados y roscados, el interior de piezas fundidas y alrededor de esquinas.

Los espejos con extremo móvil utilizan un pivote con un brazo de control, el cual le permite al inspector mover el espejo para barrer el área completa de interés.



Equipos de Inspección Visual

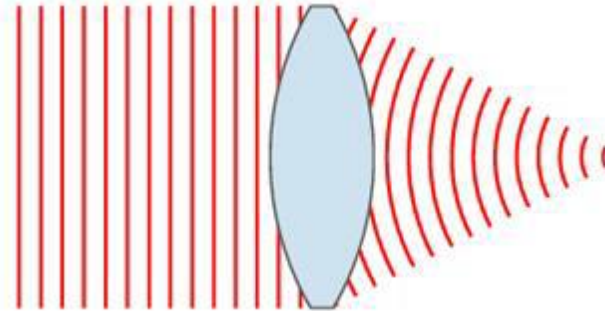
Instrumentos ópticos

2. Lentes (amplificadores o magnificadores)

Un lente es un accesorio que converge o dispersa la luz por refracción.

Dos conceptos de óptica relacionados con los lentes son:

Poder de amplificación – Un objeto parece aumentar de tamaño al acerca al ojo. Para determinar el poder de amplificación de un lente, el tamaño verdadero de un objeto se considera cuando el ojo se encuentra colocado a una distancia de 10”.

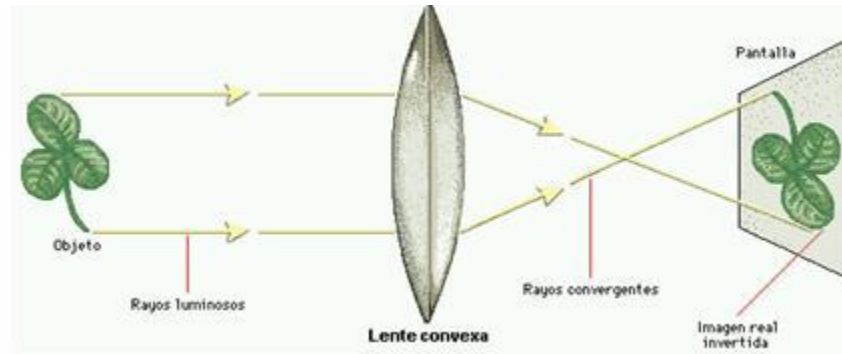


Longitud focal – La longitud focal o distancia focal de un lente es la distancia desde el plano principal del lente hasta el plano focal, lo que se describe de la siguiente forma: el foco principal o plano focal es la distancia desde un lente al punto en el cual los rayos paralelos de luz que llegan a uno de los lados del lente convergen, después de haber sido refractados hacia un foco sobre el lado opuesto.

Equipos de Inspección Visual

Instrumentos ópticos

Para lentes de longitud focal corta la luz que procede de 30 a 40 pies se considera paralela; para un lente de mano, la longitud focal se determina cuando la luz que proviene de una ventana pase a través del lente y la imagen sea enfocada, del otro lado del lente en forma bien definida sobre una hoja de papel. La distancia del lente al papel será la distancia focal.



A una longitud focal más corta, mayor es el poder de magnificación, pero la distancia del ojo al lente debe ser la misma que la longitud focal. Por ejemplo, un lente con longitud focal de una pulgada, tiene un poder de magnificación de 10 (10X), esto es verdad si el lente se mantiene a una pulgada del objeto y el ojo se coloca a una pulgada de distancia del lente.

Una vez que se conoce la distancia focal, puede determinarse la magnificación del lente y viceversa, con la siguiente fórmula se determina el poder de magnificación:

Poder de magnificación (lentes positivos) = $10/\text{longitud focal (pulg.)}$

Equipos de Inspección Visual

Instrumentos ópticos

a. Tipos de lentes

Para describir los lentes, el método convencional es considerar la forma de su superficie, de izquierda a derecha, utilizando la siguiente terminología: Lentes planos

– Describen superficies planas Lentes convexos – Son lentes convergentes porque enfocan la luz sobre un punto, son más gruesos en el centro que en los extremos (protuberantes hacia fuera).

Lentes cóncavos – Son lentes divergentes porque dispersan la luz, son más delgados en el centro que en los extremos (hundidos hacia adentro).



Doble Convexo Plano-Convexo Convexo-Cóncavo Doble Cóncavo Plano-Cóncavo

El tipo más común en el laboratorio, es el doble convexo, y los lentes plano-convexo son usados en proyectores y microscopios. Todos los otros lentes son usados en combinaciones; por ejemplo, los lentes compuestos son usados en la mayoría de sistemas ópticos, desde magnificadores dobles y triples hasta sofisticados lentes de amplificación (zoom) usados en cámaras. Los lentes compuestos proporcionan alta magnificación y control cercano del plano focal.

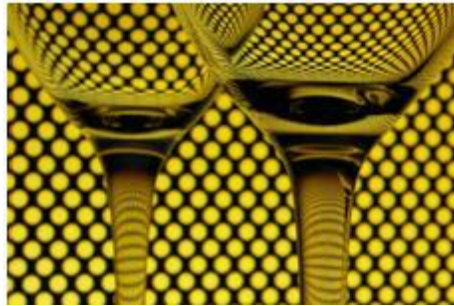
Equipos de Inspección Visual

Instrumentos ópticos

b. Fallas inherentes de los lentes

Existen tres diferentes fallas inherentes en todos los lentes, las que pueden corregirse. El grado de corrección determina la calidad del lente.

1.- Distorsión – La imagen no aparece natural. La calidad del material del lente y el grado de rectificado y pulido son las causas de y el medio para corregir este problema.



2.- Aberración esférica – Los rayos de luz pasan a través del centro del lente y en las orillas son enfocados hacia diferentes puntos (la distorsión es mayor en lentes de diámetros grandes, que en los pequeños), y esta falla se puede corregir por ligeras modificaciones de las superficies curvas.

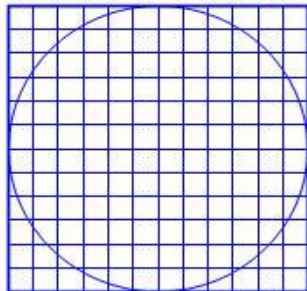


Imagen sin distorsión

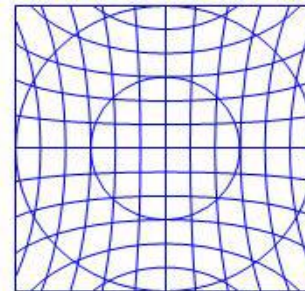
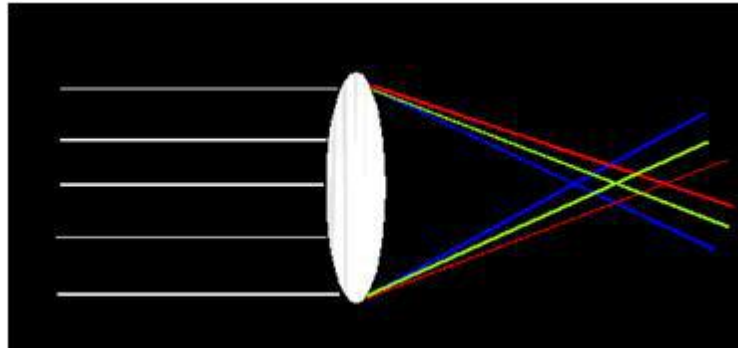


Imagen con distorsión

Equipos de Inspección Visual

Instrumentos ópticos

3.- Aberración cromática – Es un efecto de prisma. Cuando los rayos de luz se descomponen en diferentes colores, no son enfocados en el mismo plano. Esta falla ocurre como efecto lateral y longitudinal. Se corrige usando lentes compuestos de diferentes tipos de vidrios.



Debido a que un lente sencillo utiliza los mismos principios de difracción que un prisma, existe aberración cromática en ellos.

Cuando se diseñan adecuadamente, los lentes compuestos pueden corregir las aberraciones cromática y esférica inherentes a un lente sencillo. El factor limitante para los accesorios de magnificación es la “profundidad de campo”. Conforme la magnificación se incrementa, la distancia entre los picos y valles (de una superficie irregular), que se encuentran simultáneamente enfocados, disminuye; por ejemplo, a 100 magnificaciones la superficie inspeccionada debe ser plana y debe estar pulida, una variación de solo 0.001 de pulgada puede estar fuera del foco de definición.

Equipos de Inspección Visual

Instrumentos ópticos

Conforme el poder de magnificación de un sistema de lentes se incrementa: Existen menos picos y valles en el foco al mismo tiempo El área que se puede observar es más pequeña La distancia desde el lente hasta el objeto es más pequeña (además, entre otros problemas, la iluminación del objeto es difícil)

Lo anterior es una razón por la que los magnificadores comunes que proporcionan arriba de 20X, no son muy prácticos.



Los magnificadores simples se encuentran en muchas variedades, y regularmente son desarrollados nuevos accesorios. Lentes portátiles manuales, sencillos y múltiples Microscopios de bolsillo Magnificadores con soporte Magnificadores que pueden sujetarse a la cabeza o que pueden ser usados como anteojos o en conjunto con anteojos Accesorios de magnificación con fuentes integradas de luz.

Cuando se selecciona un magnificador simple, se consideran los siguientes lentes corregidos por su calidad: Magnificador Coddington Magnificador doble plano-convexo Magnificador Hastings Triple

Equipos de Inspección Visual

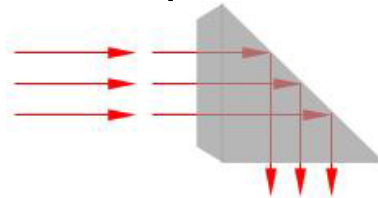
Instrumentos ópticos

3. Prismas

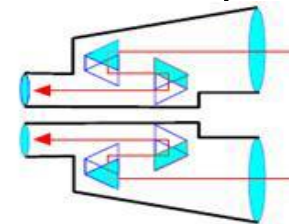
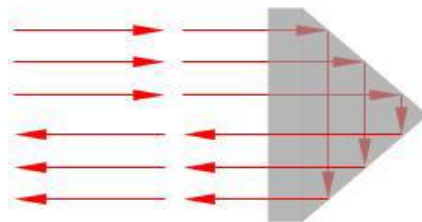
En la mayoría de superficies, la luz que incide es parcialmente reflejada y parcialmente refractada. Con un mayor ángulo de incidencia y mayor diferencia en los índices refractivos del material, la mayor cantidad de luz es reflejada en lugar de ser refractada. El ángulo arriba del cual toda la luz es reflejada, se conoce como el “primer ángulo crítico”. Los prismas utilizan el ángulo crítico para cambiar la dirección o la orientación de la imagen producida por los rayos de luz.

Los dos tipos comunes de prismas son:

Prisma en ángulo recto – Desvía los rayos de luz a 90° Porro prisma – Produce una reflexión de 180° .



Ambos tipos de prismas son comunes en instrumentos de óptica. También son usados para separar frecuencias de una fuente de luz, con base en la difracción. Como las superficies del prisma, que producen refracción, no son paralelas, la distancia que recorre la luz varía desde la parte superior a la parte inferior del prisma.



Equipos de Inspección Visual

Iluminación

Iluminación general

Muy pocas áreas en interiores brindan suficiente luz para ejecutar una inspección visual apropiada.

Las áreas con luz solar son excelentes para los exámenes generales, pero no es suficiente para examinar áreas internas de barrenos y hendiduras profundas.

La alta densidad de la luz fluorescente en el techo ofrece buena iluminación para la inspección en general. Para la iluminación general más específica, existen tres opciones: Un pedestal portátil con una bombilla incandescente puntual o de inundación y un reflector, similar a los usados por los fotógrafos. Dispositivos incandescentes de iluminación general con brazos giratorios. Dispositivos fluorescentes de iluminación general con brazos giratorios.

Dispositivos específicos de iluminación

Los dispositivos específicos de iluminación son de alta intensidad y permiten que la luz sea concentrada en un sitio pequeño, las variedades más comunes son las incandescentes. Usualmente usan un transformador ajustable y uno o más diafragmas y se encuentran en cabezas ajustables.

Un problema con ellas es que se queman y sobrecalientan fácilmente, no tienen suficiente intensidad y tienden a producir una imagen del filamento de la bombilla sobre el objeto iluminado.

Equipos de Inspección Visual

Medición Dimensional

Las mediciones lineales describen longitud, altura, espesor o cualquier otra dimensión que pueda ser descrita como una distancia entre dos puntos, un punto y una línea, un punto y un plano, etc. Las mediciones lineales son las más simples y los requisitos de tolerancias, desempeño de la inspección, evaluación de la variación y el reporte de los resultados siempre se encuentran delineados en documentos de referencia.

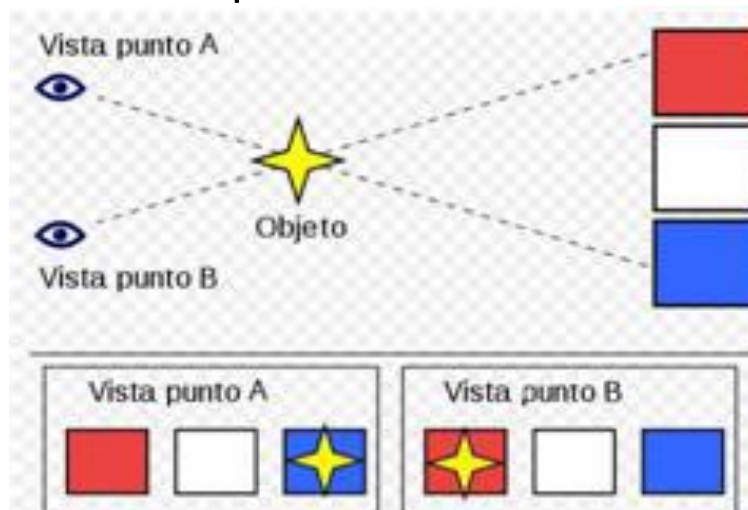
El término “resolución” corresponde a la división más pequeña de la escala de un instrumento, lo que determina la cantidad mínima de variación a la cual será sensible el instrumento.

“Exactitud” es la condición de cumplir con un estándar conocido. La “exactitud” de un instrumento de medición define la extensión con la cual el promedio de varias mediciones cumple con el valor real. Generalmente, los instrumentos de medición deberían tener una exactitud de un cuarto de la tolerancia de la característica que está siendo medida, aunque se prefiere una relación de exactitud de 10:1. La relación más común, y más violada, entre resolución y exactitud, es que la exactitud sea de dos veces la resolución.

Equipos de Inspección Visual

Medición Dimensional

Los errores más comunes al realizar mediciones se deben a: Desgaste sobre la superficie de medición – Todos los instrumentos de medición por contacto directo están sujetos a desgaste sobre la superficie de medición, por lo que periódicamente deberían ser inspeccionados para verificar su planicidad y deberían ser reemplazadas o acondicionadas cuando se considere necesario y al error por paralaje. Error por paralaje – Se debe al aparente desplazamiento de un objeto, debido al cambio en el ángulo de inspección, desde una posición normal hacia el objeto que está siendo inspeccionado. El error de paralaje es evidente cuando se tratan de alinear dos superficies paralelas o intersecciones de superficies, cuando la posición de observación es con un cierto ángulo de inclinación; esto es muy notable cuando se utiliza una regla o se trata de interpolar una escala vernier.

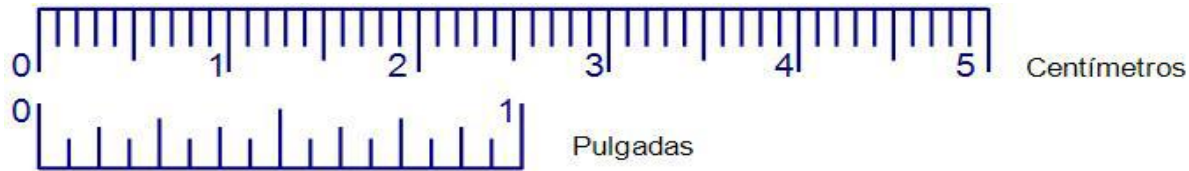


Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

a. Dispositivos de medición lineal

Las mediciones lineales involucran una sola dimensión en línea recta. Ya que todos los instrumentos de medición lineal están diseñados con base en el sistema métrico o en el sistema inglés, y hasta que la transición sea universal al sistema métrico, se usan los dispositivos en ambos sistemas. Es necesario saber cómo leer y utilizar una regla antes de proceder con otras herramientas de medición.



Reglas de acero

Son esenciales y frecuentemente usadas en variedad de funciones; disponibles en estilos diferentes, comúnmente fabricadas de acero y son los instrumentos de medición más comunes. Las reglas de acero de 6" y 12" son las frecuentemente utilizadas. Las reglas de 6" están disponibles con varias escalas, algunas pueden sujetarse al bolsillo. Las escalas pueden encontrarse en el sistema métrico e inglés, o ambos en la misma regla, con subdivisiones tan pequeñas de hasta 0.01". También están disponibles con una escuadra ajustable de 90° en el borde, para verificar la rectitud. Existen cintas de acero, desde 6" y mayores de 100 pies, las cuales pueden ser esenciales para la inspección visual.

Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición



Rotari, C.A.
Ing. END e Insp.



Escala vernier

Las reglas de acero son instrumentos de medición no precisos, pero existen instrumentos de precisión disponibles los cuales tienen la capacidad de medir en décimas o milésimas, con precisión de hasta 0.0001". Esto es posible por medio de un método simple para amplificar la escala lineal básica.

El sistema simple es la escala vernier, la cual es usado en varios instrumentos de medición como calibradores vernier, micrómetros vernier, vernier de alturas y calibradores de profundidades, vernier para dientes de engranes, y transportadores vernier; además, mucha maquinaria industrial utiliza el sistema vernier.

Debido a que la escala vernier es básica en variedad de instrumentos de precisión, el entendimiento completo es un requisito para las aplicaciones y manejo.

Un vernier es una combinación de dos escalas: una escala principal y una escala vernier; la escala principal puede estar dividida en centímetros o pulgadas, o ambas. El principio para el uso de ambas escalas es el mismo, es importante resaltar que el vernier es un instrumento decimal no fraccional, por lo que proporciona la capacidad de precisión.

Equipos de Inspección Visual

Dispositivo de Medición

Micrómetros

Los micrómetros son dispositivos mecánicos extremadamente precisos. Son comúnmente usados para medir centésimas de milímetro o milésimas de pulgada, pero también existen micrómetros con los que se puede medir hasta milésimas de milímetro o diezmilésimas de pulgada.

Los micrómetros están disponibles en variedad de tamaños y formas, y hasta para propósitos especiales, pero es usado el mismo principio para obtener las lecturas.

Existen micrómetros para exteriores, interiores y profundidades, algunos incorporan la medición de exteriores e interiores en la misma unidad. Se encuentran disponibles con varias puntas de medición (que son endurecidas para evitar el desgaste). Estas puntas pueden ser planas, redondeadas, puntiagudas o afiladas.



Equipos de Inspección Visual Dispositivo de Medición

Comparadores ópticos

Los comparadores o proyectores ópticos, son excelentes para la inspección visual y la medición. Un comparador óptico produce la imagen ampliada de un objeto en dos dimensiones sobre una pantalla de cristal translúcido. Puede usar luz reflejada o luz de fondo (o combinación de ambas). La ampliación está disponible desde el tamaño natural hasta 50X. Cuenta con plantillas de comparación que son colocadas sobre la pantalla para verificar la exactitud dimensional. Los resultados pueden ser fotografiados.



Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

Calibradores vernier

Un calibrador vernier es un instrumento que se ajusta para la medición de espesor, diámetro, distancia entre superficies y profundidades. Utiliza una escala Vernier que permite realizar lecturas a una fracción de una división de la escala principal. Siendo el calibrador Vernier un instrumento de medición extremadamente preciso; el error de lectura es de $1/20\text{mm} = 0.05 \text{ mm}$. Las longitudes estándar son 6", 12", 24", 36 y 48". Los tres tipos de calibradores usados son el Vernier, el de Carátula y el Digital.

Como una recomendación, y hasta donde sea posible, las lecturas deben tomarse con el calibrador colocado en la pieza inspeccionada.



Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

Indicadores de carátula

Un instrumento ampliamente usado en inspecciones y operaciones de control de calidad es el indicador de carátula. En ocasiones es usado junto con calibradores de alturas o cuando se desea realizar un barrido de la superficie inspeccionada.

Este instrumento consiste de una carátula graduada, calibrada en centésimas de milímetro o milésimas de pulgada. Se encuentran en variedad de rangos de medición y resoluciones. Actúa por empuje, la variación de la superficie se determina con la deflexión de una aguja indicadora, la cual se produce conforme el indicador o la pieza inspeccionada se mueven. Puede estar equipado con brazos mecánicos o dispositivos de sujeción, de tal forma que pueda sujetarse a un objeto fijo (rígido), y con ello se puedan realizar mediciones contra una referencia. Un uso común es sujetándolo a una cama del torno para verificar las variaciones de dimensiones horizontales y circunferenciales.



Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

Calibradores (galgas)

Existen otros calibradores para mediciones especiales, algunos de ellos son calibradores de profundidad, para medir cuerdas o hilos, transportadores y transportadores de bisel (para medir ángulos), niveles (para medir la variación horizontal), calibradores de interiores y exteriores, para medir diámetros y uniformidad de agujeros, de radios, de tornillos, de espesor (series de hojas de varios espesores conocidos para verificar separaciones). Estos dispositivos son especialmente diseñados y construidos para una aplicación particular. Se encuentran en surtido amplio. Es importante tener presente que la calidad no puede ser sacrificada por el costo de los dispositivos de medición.



Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

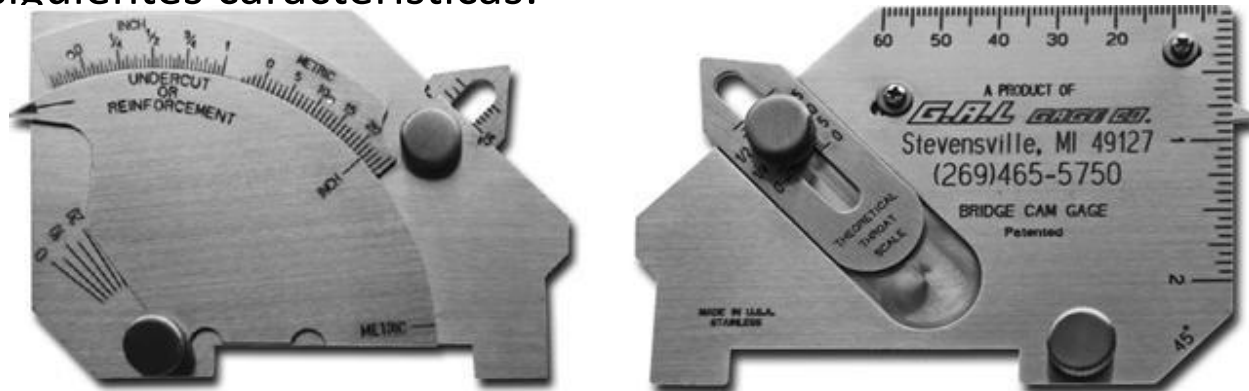
Calibradores para inspección de soldaduras

La inspección de soldaduras de fabricación es un campo altamente especializado, requiere conocimiento de la metalurgia de la soldadura, los procesos, la simbología y de los requisitos aplicables de los documentos de soldadura.

La inspección visual de soldaduras para detectar discontinuidades superficiales y para determinar las características físicas de configuración adecuada de la junta soldada, se realiza usando fuentes artificiales de luz, espejos, reglas, magnificadores y calibradores especiales de soldadura, algunos de los cuales y su uso se describen a continuación.

1. Calibrador Bridge Cam

El calibrador “Bridge Cam”, para funciones múltiples, puede ser utilizado para determinar las siguientes características:

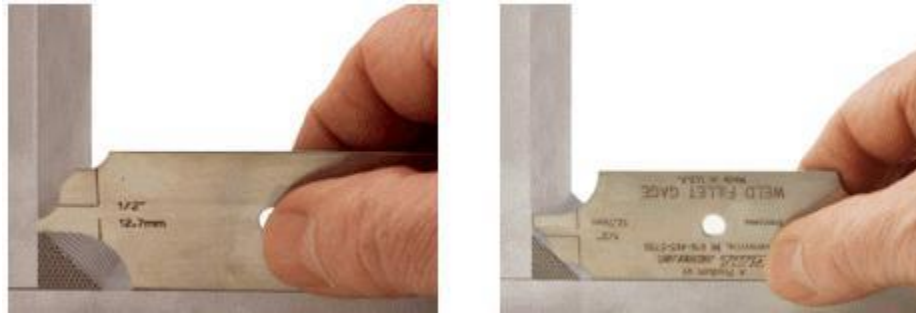


Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

2. Calibrador de soldaduras de filete

Este calibrador ofrece un medio rápido para medir la soldadura más utilizada, la de filete, con espesores desde 1/8" hasta 1". Puede medirse la longitud de pierna y determinar concavidad y convexidad, son calibradores pasa/no pasa.



3. Calibrador Hi-Low

Este calibrador está disponible en dos configuraciones básicas; con el más completo se puede determinar:





Desalineamiento (Hi-Lo) durante el ajuste



Abertura de raíz



Longitud de pierna en soldaduras de filete



Refuerzo o corona de juntas a tope



Espesor de pared en uniones de tubos a tope



Ángulo de preparación del bisel

D
i
s
p
o
s
i
t
i
v
o
s

M
e
d
i
c
i
ó
n

D
e

Equipos de Inspección Visual

Dispositivos de Medición

4. Otros tipos de calibradores con sus aplicaciones

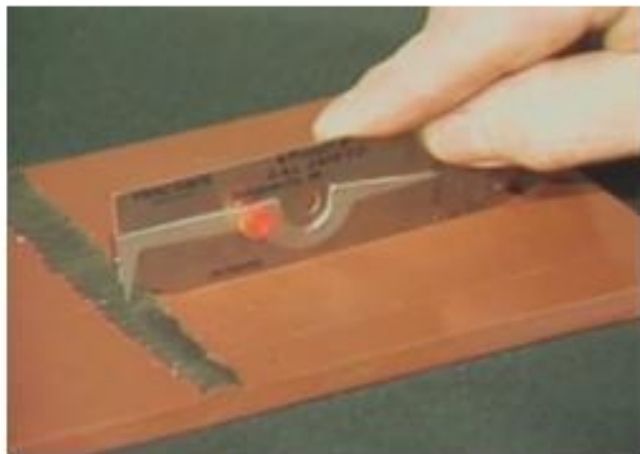
a. Pit gage



Profundidad de socavados o picaduras



Desalineamiento de la junta



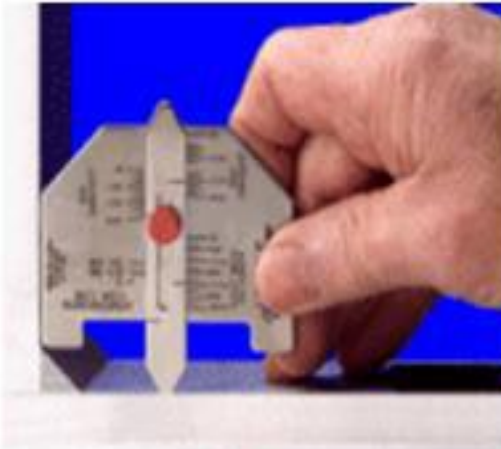
Refuerzo o corona de juntas a tope



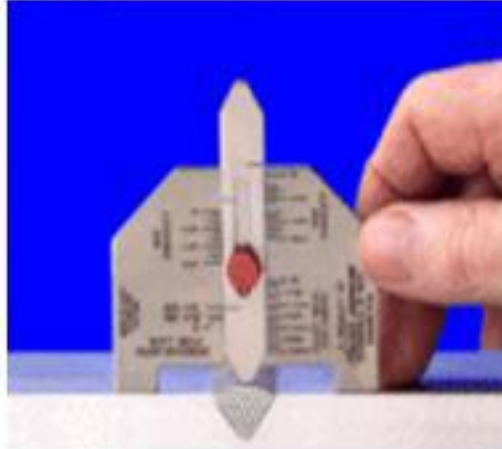
Cantidad de poros por pulgadas y diámetro

Equipos de Inspección Visual Dispositivos de Medición

b . Calibrador para propósitos múltiples



Longitud de pierna



Refuerzo o corona



Tamaño de garganta

Equipos de Inspección Visual Dispositivos de Medición

c. Calibrador ajustable para soldaduras de filete



Tamaño de garganta



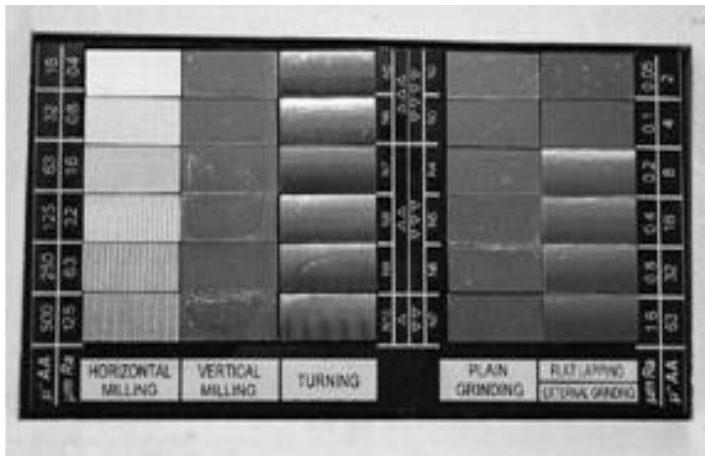
Longitud de pierna

Equipos de Inspección Visual Dispositivos de Medición

Estándares de comparación

Son estándares físicos que proporcionan una representación de las características deseadas de un objeto; incluyen a los calibradores pasa/no pasa, calibradores por transferencia y calibradores para cuerdas o roscas, también se incluye a los estándares de comparación visual, como los usados para evaluar la rugosidad superficial. Los calibradores por comparación proporcionan una técnica de inspección barata y simple, pero los resultados son reportados como datos de atributos

Los estándares para rugosidad superficial son una forma barata para verificar la textura superficial producida por procesos específicos. Se encuentran disponibles como escalas con capas verticales, horizontales o circulares para simular procesos como fresado, torneado, rectificado o fundición. Cada escala representa un patrón o proceso e incluye un rango de rugosidad.



Equipos de Inspección Visual

Dispositivos Indicadores de Temperatura

Además de ayudas mecánicas para inspección visual, pueden ser necesarios dispositivos indicadores de temperatura, usados para controlar operaciones de proceso como soldadura y tratamiento térmico. También pueden ser necesarios cuando se realizan pruebas funcionales en sistemas de presión, para verificar las condiciones de temperatura en los componentes de soporte.

Existen diferentes dispositivos y a continuación se describen.

Termómetros bi-metálicos

Operan con base en dos principios fundamentales, el primero es que el volumen de los metales cambia con la temperatura. Al cambio en la relación temperatura/volumen se le conoce como “coeficiente de expansión”; el segundo principio es que los diferentes metales tienen diferente coeficiente de expansión.

Estos termómetros usan estos principios, cuentan con dos láminas de metal con coeficientes de expansión diferentes. La deflexión que toma lugar es proporcional al cambio de temperatura.

El termómetro proporciona lecturas directas de la temperatura superficial de tubería o componentes. Como requisito al usarlos, las lecturas de temperatura deben tomarse muy cerca del área de interés.

Equipos de Inspección Visual

Dispositivos Indicadores de Temperatura

Pirómetros

El pirómetro, que ofrece lecturas directas de temperatura, es usado cuando la temperatura que debe medirse excede los límites del mercurio o de otros termómetros. La punta de la sonda se coloca sobre la pieza y la temperatura que se lee es en la superficie. El pirómetro proporciona lecturas más exactas que los medidores superficiales



Equipos de Inspección Visual

Dispositivos Indicadores de Temperatura

Crayones sensibles a la temperatura

Estos crayones son usados para obtener una temperatura aproximada. Con el crayón se hace una marca en el metal que está siendo verificado, por ejemplo, cuando se utiliza un crayón de 500°F, la temperatura de la pieza es de al menos 500°F cuando la marca se funde. La medición debe realizarse dentro de 1" (25.4 mm) del metal base adyacente a una soldadura. La marca no debe hacerse directamente sobre la soldadura, por la contaminación.

El uso de cada crayón se basa en la temperatura máxima a la que se funde, por lo que podría necesitarse un juego, dependiendo de las necesidades.

El valor de la temperatura a la que se funde se encuentra indicado en una etiqueta y tiene un color distintivo, dependiendo la temperatura.



Equipos de Inspección Visual

Microscópios

Los microscopios de laboratorio normalmente se encuentran en un rango de poder de amplificación desde 100X hasta 2000X, y en algunos casos mayor.

Usan sistemas de lentes compuestos con dos o más juegos separados. Es común para estos microscopios incluir condiciones para instalar una cámara fotográfica o de video. Usar cámara de video permite observar imágenes sobre un monitor y tener un excelente medio para la documentación.

La mayoría ha sido desarrollada para uso médico y se basa en la transmisión de la luz a través del objeto para formar su imagen, esto los limita a usarse en objetos translúcidos, en los que existe suficiente luz transmitida.

Los microscopios diseñados para obtener imágenes de objetos opacos tienen condiciones para que la iluminación sobre la pieza sea en forma vertical, los microscopios metalográficos son un ejemplo. También, incluyen condiciones para la documentación fotográfica usando cámaras instantáneas o de 35 mm.





Discontinuidades en Materiales

Capitulo V

Dictado por: Ramón Rivero

Realizado por: Michelin Tavera

Discontinuidad

Cualquier interrupción o variación local de la continuidad o configuración física normal de un material

Clasificación de las Discontinuidades

- A. Discontinuidades Inherente
- B. Discontinuidades de Proceso Primario
- C. Discontinuidades de Proceso Secundario
- D. Discontinuidades de Servicio

A. Discontinuidades Inherentes: Son Aquellas que aparecen como resultado de la solidificación inicial del metal.

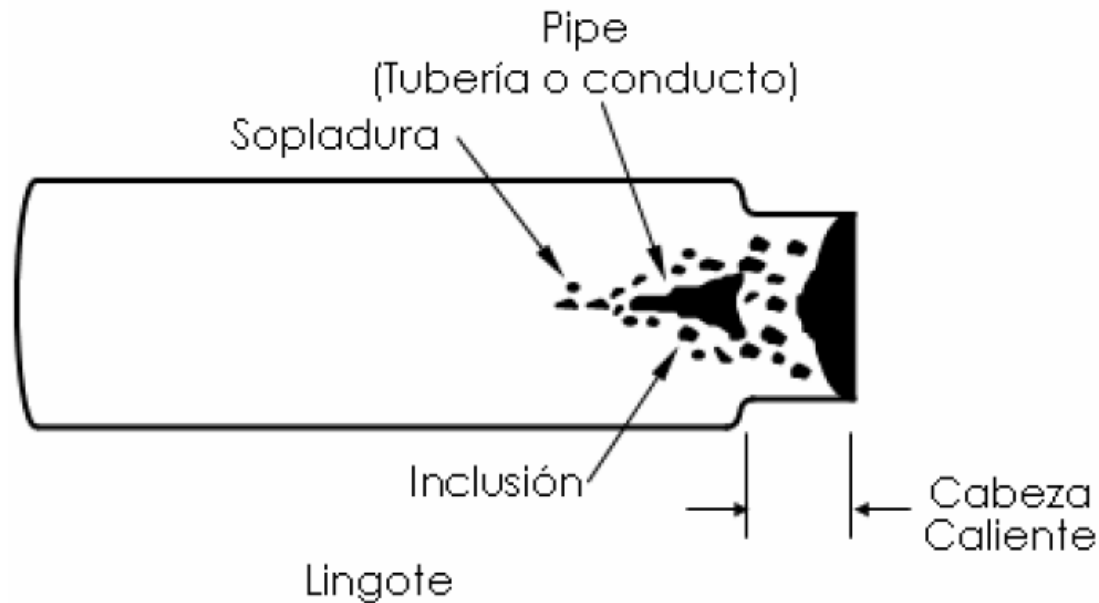
- Discontinuidades en Lingotes:
- **Grieta (Cracking):** Esta puede ocurrir longitudinalmente o en un plano transversal. El agrietamiento longitudinal puede indicar temperaturas de vaciado excesivamente altas y dendritas burdas. La salpicadura en la superficie puede producir grietas transversales. Otras causas de agrietamiento son los moldes raídos y los retrasos largos en verter y quitar . Tal agrietamiento puede ser observado durante la inspección visual, pero en ocasiones aparece en operaciones subsecuentes de rolado.

Discontinuidades

- **Costra (Scrabs):** Son condiciones superficiales en los lingotes causadas por salpicaduras del metal fundido sobre la superficie del molde, de tal forma que al solidificarse y oxidarse no vuelven a fundirse con el lingote.
- **Pipe (tubería o conducto):** Esta es una cavidad formada por la contracción durante la última etapa de la solidificación del metal fundido, o por movimiento antes de la solidificación.
- **Porosidad:** Son hoyos o huecos producidos durante la solidificación del lingote causado por la desoxidación y por gas que queda atrapado.
- **Inclusiones No Metálicas:** Todos los aceros contienen más o menos sustancias de naturaleza no metálica. El origen de tales sustancias se debe principalmente a los materiales que se añaden para la desoxidación del acero fundido dentro del horno, en el cucharón o en el molde del lingote. Estas adiciones son metales que se oxidan fácilmente como el Aluminio, Silicio, Manganeso y otros. Los óxidos y sulfuros de estas adiciones constituyen la mayor cantidad de las inclusiones no metálicas.

Discontinuidades

- El proceso moderno de fundición continua para formar materiales elimina muchas de estas discontinuidades que se forman en los metales pero muchas aplicaciones de la inspección visual son en metales formados por el método de alto horno, hogar abierto, horno eléctrico y el vaciado dentro de un lingote antes de darle forma. El trabajo en caliente del lingote en formas secundarias como tochos, planchones y billets puede causar discontinuidades.



Discontinuidades Inherentes en un lingote

Discontinuidades

- B. Discontinuidades de Proceso Primario:** Aquellas que aparecen como resultado del trabajo del metal con deformación en frío o en caliente, en formas útiles tales como barras, varillas, alambres y formas forjadas.

Discontinuidades en Tochos, Planchones y Billets (Formas Mayores)

- **Grietas:** Pueden resultar por las grietas que no fueron removidas de los lingotes o que no fueron observadas antes de la deformación en caliente. Pueden producirse tanto por temperaturas muy altas en el rolado en caliente o muy frías en el rolado en frío y pueden aparecer en el acero con alto contenido de azufre (fragilidad caliente)
- **Costras:** ocurren durante la producción del lingote, pero puede ser visible solamente hasta que se realiza la reducción en caliente.
- **Costura (Seam):** Resultan de grietas alargadas en el lingote, ocurren durante la deformación en caliente. Las grietas transversales de los lingotes producen costuras en forma de “Y” durante la deformación en caliente. Otras discontinuidades superficiales de los lingotes pueden producir un serie completa de ranuras lineales o de grupo de costuras

Discontinuidades

- **Arco Quemado:** Producto del sobrecalentamiento localizado severo por el impacto de una flama, la que produce oxidación en los bordes de grano, generalmente el acero no se puede rescatar.
- **Material Extraño en el Rolado:** Ocasionalmente objetos tales como tuercas y pernos que se sueltan del equipo de rolado y ruedan sobre el producto. Escamas, escorias y varias partes no metálicas también pueden ser roladas y aparecer como discontinuidades superficiales.
- **Traslape (Laps):** Son proyecciones del rolado que se doblan y son roladas sobre el producto, pero que no son soldadas debido a la oxidación. Estas discontinuidades pueden ser vistas en los productos de proceso primario aunque con apariencia distorsionada. Generalmente, estas discontinuidades de los materiales en bruto, podría provocar que el material sea rechazado en procesos posteriores en los productos terminados. El inspector Visual puede ver estas condiciones en el producto final aunque cambien de forma, por lo que debería ser advertido de ellas.

Proceso Primario (Conformado Inicial)

Forjado – Laminación - Estirado – Extrusión - Perforado

Cada uno de estos métodos puede afectar las discontinuidades inherentes si alguna de ellas esta presente. También cada proceso Tiene el potencial para añadir nuevas discontinuidades al producto terminado.

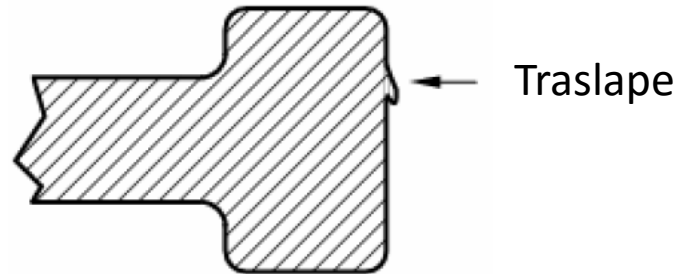
Discontinuidades de Forjado: las forjas, cuando son muy grandes, no son de formas muy complejas. Pueden ser inspeccionadas visualmente sin equipo visual complejo. El forjado normalmente se realiza a altas temperaturas, así que pueden encontrarse oxidación dentro de la discontinuidad. Las discontinuidades del proceso que un inspector visual podría detectar en una forja son:

- a) Traslapes (Laps)
- b) Líneas de Flujo (Flash Lines)
- c) Estallidos o Reventón (Burst)
- d) Grietas (Cracks)

También podrían ser detectadas discontinuidades inherentes causadas por pipe, porosidad o inclusiones, si el proceso de forjado las mueve hacia una superficie expuesta de la forja.

Discontinuidades

- a) Traslapes (Laps): Durante las operaciones de forjado, el manejo inapropiado, del espacio entre los dados puede causar que el metal fluya a través de él, con lo que se formaran traslapes o pliegues de forja, que más tarde se aprietan fuertemente, ya que se encuentra en la superficie y se oxida, el traslape no se suelda.



- b) Desgarres en las Líneas de Flujo: Las grietas o desgarres a lo largo de las líneas de flujo de la forja son usualmente causadas por una condición inapropiada del flujo. Si son poco profundas se pueden “limpiar” si la pieza es maquinada o mecanizada, y no será una pieza defectuosa; o pueden ser muy profundas para limpiarlas y en ese caso la forja no puede salvarse. Tales grietas o desgarres pueden encontrarse fácilmente con Partículas Magnéticas.

Discontinuidades

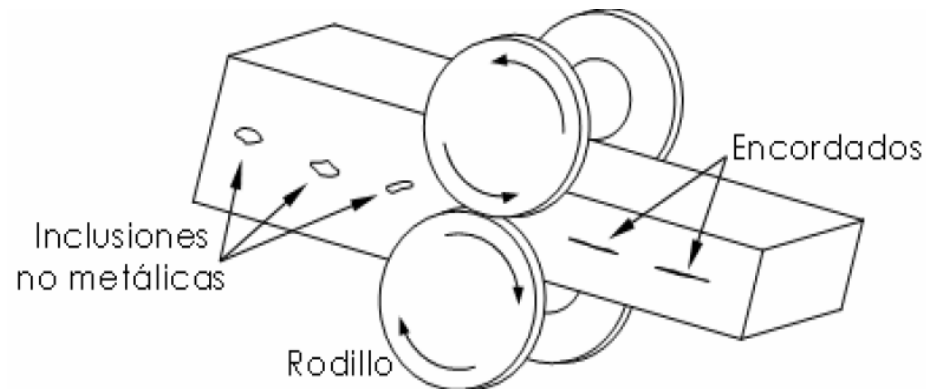
- c) Estallidos: Cuando el acero se trabaja a temperaturas inapropiadas está propenso a agrietarse o fracturarse. Una reducción muy rápida o muy severa de la sección puede causar estallidos o grietas. Tales rupturas pueden ser estallidos internos, o pueden ser grietas en la superficie las cuales pueden observarse si son lo bastante severas
- d) Grietas: Son diferentes al traslape ya que las grietas siguen la distribución de esfuerzos dentro de la forja mientras que el traslape no. Una grieta en forma de U requiere esfuerzos para que sea distribuida singularmente dentro de la forja. Los traslapes y las grietas pueden aparecer en la superficie de la forja como indicaciones finas, dentadas, puntiagudas o lineales.

Discontinuidades de Rolado: Los productos rolados son más comúnmente encontrados en muestras visuales. El inspector visual debe familiarizarse con los procesos de rolado en los que se puede visualizar la operación que formó el producto, esto le ayudará a identificar muchas discontinuidades con base a su localización sobre la pieza. Las discontinuidades de proceso encontradas en el proceso de rolado son: desgarres, grietas, exhiben algunas características similares a algunas discontinuidades de forjado, incluyendo el que puede contener oxidación.

Discontinuidades

Las discontinuidades inherentes tales como pipe, inclusiones, poros son afectadas por el proceso de rolado. Usualmente pueden formar discontinuidades de forma laminar con sus dimensiones mayores paralelas a con la dirección del rolado. Cuando cualquiera de estas discontinuidades se mueve a una superficie del rolado, se puede formar una costura, un encordado o grieta.

- a) Costuras (Seams): Pueden ser causadas por el plegado o doblez del metal, debido al rolado inadecuado o por un defecto en el rodillo. Las discontinuidades presentes se alargan en la dirección del rodillo.
- b) Encordados (Stringers): Se forman en el proceso de rolado por las inclusiones no metálicas presentes en el lingote. Las inclusiones son paquetes de materiales extraños en el lingote. Cuando el lingote es rolado, su diámetro se vuelve más pequeños y se alarga. Las inclusiones no metálicas también se estrechan y se alargan.



Discontinuidades

- c) Grietas (Cracks): Ocurren cuando las áreas delgadas son esforzadas durante el proceso de rolado y alivian el esfuerzo por medio de la ruptura (grieta).

Las costuras, grietas y encordados aparecen en cualquier parte de la pieza rolada. Las costuras y los encordados siguen la dirección del rolado.

Las grietas causadas por porosidad que alcanza la superficie de la pieza durante el proceso también siguen la dirección del rolado. La inspección visual de los productos rolados es complicada por el hecho de que son fabricadas muchas estructuras complejas con componentes en forma de placa y formas roladas.

La inspección Visual de los productos rolados debe realizarse antes de cualquier operación de fabricación que pueda esconder porciones de placa o de la forma.

Discontinuidades

Discontinuidades de Estirado, Extrusión y Perforado: Las discontinuidades asociadas con estos procesos son todas visibles en la superficie de la pieza.

Si está presente alguna discontinuidad en un producto estirado, usualmente será grande. Debido a que la mayoría de productos estirados tiene paredes delgadas, la discontinuidad normalmente aparece rompiendo la pared a través.

Las extrusiones pueden tener lo que se conoce como superficie rasguñada. Esto significa que la superficie aparece rallada y rasgada.

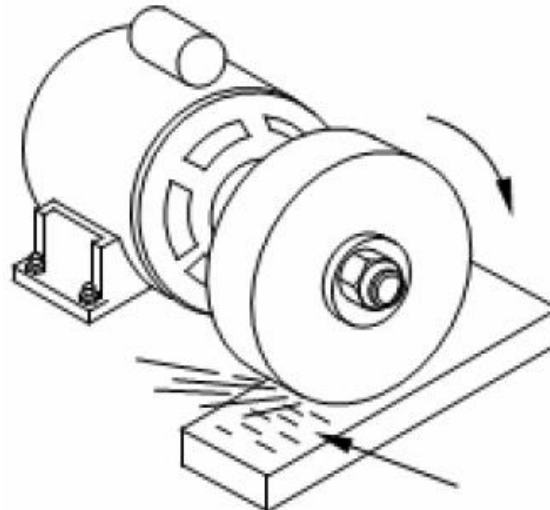
La tubería perforada puede contener pepitas de metal que son fácilmente identificadas. La pepita usualmente deja marcas severas de muescas.

Discontinuidades

- C. Discontinuidades de Proceso Secundario:** Los procesos secundarios dan al material sus dimensiones y forma final.
- **Desgarre de Maquinado:** Son causados porque el metal debajo de la herramienta es jalado, cuando no está cortando limpiamente. Los aceros de bajo carbono, suaves y dúctiles son más susceptibles a este tipo de daño que los aceros duros, con alto contenido de carbono, y otros tipos de aleaciones. Los desgarres por maquinado son superficiales y son fácilmente encontrados con partículas magnéticas.
 - **Grietas por Tratamiento Térmico:** Cuando el acero se calienta y se enfría súbitamente para endurecerlo, o es tratado térmicamente de otra forma para producir propiedades deseadas para resistencia a esfuerzo o desgaste, pueden ocurrir grietas si la operación no es adecuada con el material y la forma de la pieza. Los más común son las grietas de templado, causadas cuando las piezas son calentadas a altas temperaturas y enfriadas repentinamente al sumergirlas en un medio frío, que podría ser agua, aceite, incluso aire. Tales grietas a menudo ocurren en lugares donde la pieza cambia de sección de ligera a pesada, o en filetes o muescas en la pieza. Los cambios de sección y la raíz de la roscas son puntos en los que probablemente se pueden observar grietas de templado

Discontinuidades

- **Grietas por Esmerilado:** Una fuente frecuente de problemas es el esmerilado inapropiado que puede dar como resultado el agrietado superficial o partes endurecidas. Las grietas por esmerilado son esencialmente grietas térmicas y están relacionadas con las grietas por templado en muchas formas. Son causadas porque se establecen esfuerzos por el calentamiento local debajo de la rueda de esmeril. Durante el esmerilado de un metal se genera calor en el punto de contacto entre la rueda de esmeril y el metal. La rueda de esmeril calienta y expande el metal directamente debajo de ella. La rueda pasa y el área pequeña que ha sido esmerilada se enfría y se contrae.



Grietas de Esmerilado

D. Discontinuidades de Servicio: Aquellas que aparecen después de su proceso de fabricación y cuando están en servicio.

- a) **Corrosión:** La corrosión es una reacción química entre un metal y el ambiente circundante, lo que resulta en un deterioro y posible falla del metal. La corrosión es un proceso que involucra una reacción de oxidación (anódica) y una reacción de reducción catódica, por lo que necesita oxígeno para que proceda. En ocasiones la corrosión se combina con otros tipos de ataque como la erosión y la fatiga lo que produce un ataque más severo que cada uno de ellos por si solo. Existen diferentes tipos de corrosión, cada uno con evidencias visibles únicas. Los tipos de corrosión incluyen:
- **General/Uniforme:** Consiste en el ataque y pérdida uniforme de material sobre todas las superficies expuestas. Conducida por una atmósfera agresiva para el material base. Avanza casi a la misma velocidad a través de la superficie completa, hasta que el metal se perfora o hasta que el espesor se reduce a un punto en el cual no puede soportar cargas. Su progreso y velocidad y equipo.

Todas las otras formas son referidas como “corrosión localizada”

Discontinuidades

D. Discontinuidades de Servicio: Aquellas que aparecen después de su proceso de fabricación y cuando están en servicio.

a) Corrosión: La corrosión es una reacción química entre un metal y el ambiente circundante, lo que resulta en un deterioro y posible falla del metal. La corrosión es un proceso que involucra una reacción de oxidación (anódica) y una reacción de reducción catódica, por lo que necesita oxígeno para que proceda. En ocasiones la corrosión se combina con otros tipos de ataque como la erosión y la fatiga lo que produce un ataque más severo que cada uno de ellos por si solo. Existen diferentes tipos de corrosión, cada uno con evidencias visibles únicas. Los tipos de corrosión incluyen:

- **General/Uniforme:** Consiste en el ataque y pérdida uniforme de material sobre todas las superficies expuestas. Conducida por una atmósfera agresiva para el material base. Avanza casi a la misma velocidad a través de la superficie completa, hasta que el metal se perfora o hasta que el espesor se reduce a un punto en el cual no puede soportar cargas. Su progreso y velocidad y equipo.

Todas las otras formas son referidas como “corrosión localizada”

Discontinuidades

- **Picadura (Pitting):** Es corrosión altamente localizada ya que se encuentra en áreas pequeñas y puede proceder rápidamente. El ataque es de penetración profunda, lo que puede producir la falla prematura debido a la perforación. Es más severa en materiales altamente aleados. Ocurre comúnmente en soluciones estancadas, debajo de depósitos o en hendiduras donde se puede formar uno de varios tipos de celdas de concentración
- **Galvánica:** Puede ocurrir cuando dos metales diferentes se unen electrónicamente en un electrolito. Ocurre un ataque acelerado sobre uno de los metales (el ánodo o menos noble) en el área adyacente al punto de contacto. La severidad se estima en una forma burda con la serie galvánica, desarrollada para metales y aleaciones en agua de mar. El ambiente afecta la posición en la serie, los metales y aleaciones pueden cambiar de posición cuando son expuestos a otros ambientes diferentes. Los materiales son considerados como activos o pasivos. Los pasivos, son altamente resistentes a la corrosión; se considera que la pasividad se debe a una película de óxido protectora que mantienen la superficie pasiva.

Discontinuidades

- Los metales dentro de los grupos individuales (activos o pasivos) pueden exponerse en forma segura en contacto galvánico, pero los diferentes grupos no. La relación de área expuestas es muy importante. La corrosión galvánica más severa ocurre cuando un área catódica grande es acoplada con un área pequeña; y al contrario la situación es menos seria y en ocasiones puede ser tolerada.

Discontinuidades

Serie Galvánica en Agua de Mar a 25°C

Extremo corroído (Anódico, o menos noble)
Magnesio
Zinc
Acero galvanizado
Aleaciones de aluminio
Cadmio
Acero de bajo carbono
Plomo
Estaño
Aleaciones de cobre (activas)
Níquel 200 (activo)
Inconel aleación 600(activo)
Hastelloy aleación B
Chlorimet 2
Aleaciones de cobre (pasivas)
Níquel 200 (pasivo)
Inconel aleación 600(pasivo)
Monel aleación 400
Acero inoxidable 410 (pasivo)
Acero inoxidable 304 (pasivo)
Acero inoxidable 316 (pasivo)
Incoloy aleación 825
Inconel aleación 625
Hastelloy aleación C
Chlorimet 3
Plata
Titanio
Grafito
Oro
Platino
Extremo protegido (Catódico, o más noble)

Discontinuidades

- **Crevice (Hendidura o ranura):** Ocurre en uniones o cerca de ellas. Se presenta en superficies ajustadas que tienen contacto pobre con un ambiente corrosivo y debajo de sólidos asentados que forman depósitos sobre una superficie metálica. También se presenta debajo de depósitos localizados en el fondo de contenedores de líquidos. Su geometría evita que el ambiente corrosivo alcance su parte más profunda, consecuentemente, los constituyentes del proceso de corrosión son diferentes a los del ambiente corrosivo, lo que provoca que esas regiones sean corroídas más rápidamente que el metal expuesto. Típicamente se localiza en juntas de solape, placas metálicas remachadas o atornilladas, juntas bridadas y con empaques, y debajo de aislantes térmicos humedecidos.
- **Nivel de Líquido:** Bombas y depósitos de líquidos que sufren de cambios en los niveles del líquido muestran corrosión rápida en la zona de salpicadura. La alta cantidad de oxígeno sobre la superficie y la baja cantidad de oxígeno en el líquido crean celdas anódicas y catódicas. Los residuos a lo largo de la superficie también aceleran la corrosión.

Discontinuidades

- Corrosión en fase selectiva: El ataque se produce sobre los constituyentes microestructurales o fases de los metales y aleaciones. Debido a que las microestructuras metálicas no son homogéneas, esta forma de corrosión es altamente localizada.
 - Corrosión Intergranular: Es un ataque selectivo en los bordes de grano del metal o sobre áreas inmediatamente adyacente, con un ataque relativamente pequeños. Ocurre en aceros inoxidable de la serie 300 y es un problema solamente cuando existe tratamiento térmico inapropiado o en condición de soldado, en aleaciones inestables que contienen mas de 0.03% de carbono.
 - La de-aleación (Dealloying) o des-materialificación, es una remoción selectiva de uno o mas elementos de fases de una aleación. Las dimensiones iniciales permanecen sin cambio. Pero las áreas afectadas consisten de un residuo mecánicamente débil, usualmente de un color diferente al de la aleación. Las formas comunes son: De-zincificación de bronces, en donde el zinc es removido de la aleación, dejando una capa porosa de cobre

Discontinuidades

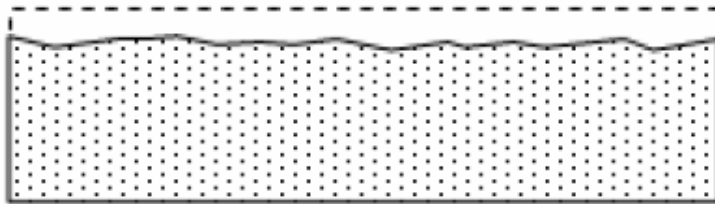
- Corrosión Gráfica de fundiciones de hierro, en donde el hierro es removido, dejando una masa porosa de grafito. “Exfoliación” de aleaciones de aluminio, en donde la corrosión se propaga al o largo de los bordes de grano, en planos paralelos a la superficie. “Ataque en los bordes de grano” la cual ocurre en forma selectiva en inclusiones no metálicas en áreas de sección transversal de productos rolados o extruidos tales como extremos de tubos, extremo de tornillo y los extremos cortados de placas.

La inspección Visual puede detectar relativamente fácil la corrosión general por ejemplo la pérdida de pared, cuando el mecanismo ha dejado restos sin importancia; sin embargo, donde la corrosión se deposita y permanece, la inspección visual es difícil a menos que los depósitos sean cuidadosamente removidos. Usando micrómetros u otros instrumentos de medición puede medirse la cantidad de pérdida de la pared. Es mucho más difícil medir la pérdida de pared de componentes donde no es posible el acceso físico, por lo que otras técnicas, como el ultrasonido, son comúnmente usadas. El ataque por corrosión puede ordenarse desde corrosión uniforme superficial hasta picadura muy localizada

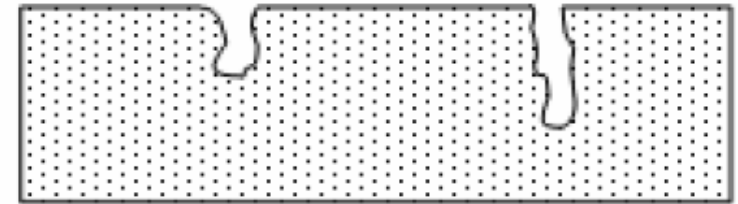
Discontinuidades

En la inspección Visual debe documentarse la naturaleza, extensión y profundidad de cualquier corrosión no uniforme.

Superficie original

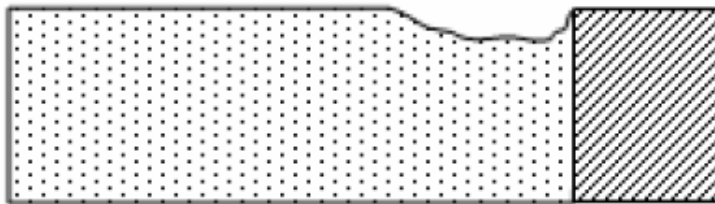


Corrosión General

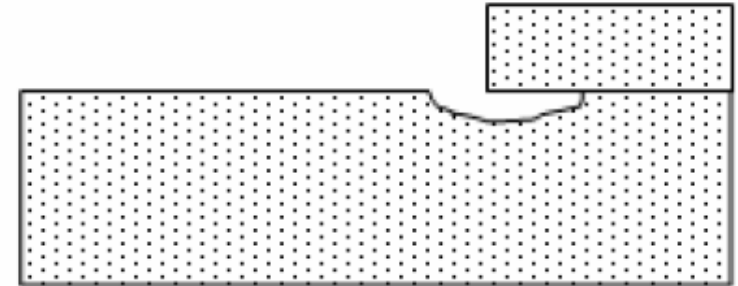


Picaduras

Metal anódico Metal catódico



Corrosión galvánica



Corrosión crevice

Algunas Formas de Corrosión

Discontinuidades

- b) Desgaste (Wear):** Es la remoción indeseable de material por acción mecánica. El desgaste puede ocurrir por diferentes mecanismos. El “desgaste abrasivo” ocurre cuando una superficie rueda, se desliza o resbala sobre otra superficie ejerciendo bastante presión como para causar una acción cortante (causado también por partículas que producen cierta pérdida de metal o por juntas traslapadas que se mueven o vibran). El “desgaste adhesivo” ocurre cuando dos superficies son micro soldadas debido a la acción de calor y presión conforme se mueve una sobre la otra, o en superficies estáticas, cuando movimientos o presiones cíclicas pequeñas producen deformación elástica en los bordes y causan micro soldadura. Con base en la inspección visual, determinar el desgaste como mecanismo de pérdida de un metal es, relativamente fácil. El desgaste debe ser considerado donde quiera que existan superficies que estén en contacto y donde haya movimiento relativo

- c) **Erosión:** La erosión es la pérdida de material o degradación de la cantidad de una superficie a través de la fricción o abrasión de fluidos en movimiento a las altas velocidades (como por ejemplo, en líneas de descarga de bombas, en válvulas de alta y baja presión). Siendo peor si existen partículas sólidas en esos fluidos o por cavitación en fluidos en movimiento (como por ejemplo en bombas y líneas de tubería). La erosión y la erosión – corrosión son frecuentemente observadas en equipos de plantas de poder, debido a la alta velocidad del flujo de gas (productos de combustión o vapor) y la presencia frecuente de líquido atrapado o material sólido. Así, los tubos de calderas pueden mostrar frecuentemente señales de pérdidas de metal debido a la erosión por partículas de ceniza. La última etapa de los álabes de las turbinas de vapor son frecuentemente fabricadas de estellite, para prevenir la erosión causada por agua presente en el vapor. La erosión de fase líquida se observa donde están presente en el vapor. La erosión de fase líquida se observa donde están presentes partículas sólidas o donde existen discontinuidades y cambios de dirección. Algunos tipos específicos y ejemplos de erosión incluyen a: ranuras en forma de herradura encontradas en tubos y sistema de tubería de cobre, debido a velocidades excesivas de flujo de agua; cavitación en la carcasa de los impulsores de bombas.

Discontinuidades

- d) **Agrietamiento por esfuerzos de corrosión (Stress Corrosion Cracking):** El agrietamiento por esfuerzos de corrosión es una acción compuesta por esfuerzos y un ambiente corrosivo, lo que resulta en una reducción significativa en la ductilidad de un material. El SCC se detecta usualmente primero en la superficie del material, propagándose perpendicularmente a la superficie; sin embargo generalmente se propagará perpendicularmente al esfuerzo. Los esfuerzos involucrados son residuales o aplicados, o ambos en presencia de iones específicos o ambientales peculiares para cada metal o aleación. Los esfuerzos residuales se encuentran con facilidad en compuestos soldados o conformados en frío. El ejemplo más común es el SCC en aceros inoxidables de la serie 300 producido por cloruros u otros recubrimientos.

Discontinuidades

- e) **Fatiga:** La fatiga causa una reducción de la sección transversal debido a cargas cíclicas. La fatiga puede producir fracturas o cavidades. Los esfuerzos superficiales y subsuperficiales producen deformación elástica de los materiales. La distribución no uniforme de los esfuerzos puede producir picaduras por fatiga. También la fatiga superficial puede ocurrir donde están presentes ciclos repetidos de esfuerzos aplicados a una superficie, por la presencia de picaduras o por daño abrasivo., que llevan a producir grietas por fatiga.
- f) **Grietas Por Fatiga:** casi siempre inician en la superficie del material que está sometido a cargas elevadas y generalmente progresan en ángulos rectos a la dirección del esfuerzo principal. Los metales que están sujetos a esfuerzos alternados o fluctuaciones sobre un cierto nivel crítico (esfuerzo de fatiga) eventualmente desarrollan grietas que pueden ser debido a efectos mecánicos (vibración cíclica o movimiento) o térmicos (calentamiento y enfriamiento repetitivos)

Discontinuidades

g) Fatiga Mecánica: La fatiga se define como la falla de un material o componente bajo esfuerzos repetidos o fluctuantes, teniendo un valor máximo menor que la resistencia a la tensión del material.

Etapas de la Fatiga:

1. Daño Inicial (lleva al inicio de la grieta)
2. Propagación de la grieta en el componente
3. Falla resultante de la sección reducida.

h) Fatiga Térmica: Existen temperaturas diferenciales dentro de un componente, las cuales inducen esfuerzos y deformaciones significativas. Las fuerzas que causan la fatiga térmica se deben a la expansión diferente entre:

1. Partes dentro de un componente encontrándose a temperaturas diferentes
2. Componentes a temperaturas diferentes que son conectados
3. Diferencias de los coeficientes de expansión.

La proporción cíclica de la fatiga térmica es típicamente baja. Los esfuerzos de altas temperaturas llevan a fallar en muy pocos ciclos. Cuando esto ocurre en menos de 10 ciclos, el fenómeno es conocido como coque térmico.



Inspección Visual de Soldaduras

Capitulo VI

Dictado por: Ramón Rivero

Realizado por: Michelin Tavera

Introducción

Los propósitos y alcances de la inspección de soldadura, así como los principios y conceptos fundamentales y otros aspectos asociados con esta disciplina ya fueron tratados, en la medida de lo posible, a lo largo de este texto, por lo que es conveniente, para finalizar, hacer una recapitulación de las consideraciones más importantes que el inspector debe tener en mente al realizar sus funciones y cumplir efectivamente con sus responsabilidades. Varias veces en algunos capítulos se citó, con mayor o menor énfasis, la siguiente declaración:

el propósito de la inspección de soldadura es determinar si las ensambladuras soldadas (weldments) satisfacen los criterios de aceptación de un código o norma específicos, o los de algún otro documento.

La insistencia en citarla otra vez obedece al hecho de que no es poco frecuente que el inspector se vea involucrado en situaciones en las que no están establecidos los requisitos con que deben cumplir los trabajos a inspeccionar, o bien, que tales requisitos son ambiguos o incompletos.

Inspección de Soldadura

La falta de requisitos completamente definidos puede, en la práctica, ocurrir de varias formas, desde las situaciones en las que no se especifica(n) claramente la(s) norma(s) aplicable(s) a los trabajos a inspeccionar, hasta aquellas en las que los contratos establecen, además de las normas, exclusiones de uno o más requisitos o el establecimiento de otros adicionales, pero los dibujos de fabricación no tienen especificados, por medio de instrucciones o símbolos, los tamaños de cada soldadura, o no se establecen los tipos, alcances y frecuencias de las inspecciones y pruebas a aplicar. En cualquiera de los casos, es de suma importancia que todos los requisitos a cumplir y los criterios de aceptación estén completamente definidos. En algunos casos se especifica que la inspección se realice en un cien por ciento de la producción, y en otros, que ésta se lleve a cabo por medio de muestreo, es decir, a través de la inspección y pruebas de muestras representativas de la producción, y por medio de éstas, llegar a conclusiones válidas sobre la calidad del lote muestreado. Las técnicas de muestreo a emplear (parcial especificado o al azar, o bien estadístico), el tamaño de las muestras y los métodos de inspección debieran formar parte de los procedimientos formales de inspección, y también ser consistentes con los requisitos de norma y de contrato.

Inspección de Soldadura

Por lo general se requiere que la inspección sea completa en los equipos o partes para servicio crítico, los cuales tienen especificados los requisitos de calidad más altos; para juntas críticas por lo común se especifica inspección visual conjuntamente con uno o más métodos de examen no destructivo, mientras que para los trabajos de soldadura típicos o promedio, la inspección a llevar a cabo normalmente involucra una combinación de inspección visual al cien por ciento y muestreo al azar por medio de uno o más métodos de examen no destructivo. Por otra parte, la inspección a realizar también debe tomar en cuenta y ser compatible con los requisitos, objetivos y procedimientos del sistemas de calidad implementado por las organizaciones involucradas en un trabajo de código.

Inspección de Soldadura

Secuencia de las actividades de inspección de soldadura.

En la gran mayoría de los casos, las actividades reales de inspección no están limitadas a la aceptación o rechazo del producto final, sino que deben cubrir sistemáticamente cada una de las etapas de fabricación o construcción. Esto se debe a que una vez que han sido soldados los productos, es difícil evaluar su calidad total, o tomar las acciones correctivas y preventivas que permitan asegurar el cumplimiento completo de los requisitos especificados: Si la inspección no se llevó a cabo desde las etapas iniciales del trabajo, es difícil o imposible determinar si las juntas soldadas tienen las propiedades requeridas, o si las soldaduras fueron aplicadas con procedimientos calificados y por personal con la habilidad requerida, o si se emplearon los metales base especificados.

En general, la inspección debe de realizarse en tres etapas de producción o construcción bien definidas: antes de la soldadura y durante y después de ésta. Las actividades que deben llevarse a cabo en cada una de estas etapas se indica a continuación, aunque debe tomarse en cuenta que ésta es un guía, y en cada caso específico pudiera no ser aplicable una o más de tales actividades.

Inspección de Soldadura

Inspección antes de la soldadura.

Las actividades a realizar en esta etapa son las siguientes:

1. Revisar los dibujos, normas y contratos aplicables
2. Identificar planes de fabricación y calidad (inspección y pruebas)
3. Establecer puntos de verificación en los que debe realizarse un examen o prueba antes de que continúe la fabricación
4. Verificar que están disponibles y calificadas las especificaciones de procedimiento de soldadura necesarias
5. Asegurar que el personal de soldadura está disponible y calificado
6. Revisar que los materiales base cumplen con la especificación aplicable, están identificados, no presentan defectos y que son almacenados y manejados de manera que se asegure que no se deterioren
7. Asegurar que los materiales de soldadura (electrodos, metales de aporte, gases y fundentes) especificados están disponibles y que existen las provisiones para almacenarlos y manejarlos de manera correcta

Inspección de Soldadura

8. Verificar que el ajuste y la alineación de los miembros de las juntas a soldar es el requerido por el diseño o el procedimiento de soldadura. Los principales aspectos a revisar son: ángulo de ranura, abertura de raíz, cara de ranura, alineación de la junta, respaldos, insertos consumibles, limpieza, puntos (tack welds) de soldadura y las superficies y bordes de corte con oxígeno de las partes preparadas de metal base
9. Verificar la disponibilidad del equipo de soldadura necesario y su adecuación para aplicar los procedimientos aplicables
10. Asegurar la disponibilidad de los procedimientos y secuencias de soldadura apropiados para minimizar la contracción y la distorsión (cuando esto resulte aplicable).

Inspección durante la, soldadura.

Las actividades que deben realizarse durante esta etapa son:

1. En términos generales, asegurar que las operaciones de soldadura se llevan a cabo conforme a lo establecido por los procedimientos aplicables (tipo y tamaño de los electrodos; voltaje, amperaje y velocidad de soldadura; tipo de corriente y polaridad; tipo y flujo de los gases de protección)
2. Verificar que la temperatura de precalentamiento y la temperatura entre pasos son las especificadas por el procedimiento de soldadura, y que se dispone de los medios para el control de éstas
3. En aplicaciones en las que es un requisito el control del calor aportado por paso, asegurarse de que este control es efectivo
4. Asegurar que los soldadores estén calificados para las operaciones, procedimientos y variables de soldadura específicos en cada junta
5. Asegurar que los materiales de soldadura se manejan y almacenan apropiadamente
6. Verificar la calidad del paso de raíz. Este paso es una parte crítica de las soldaduras - En soldaduras de ranura soldadas por los dos lados, asegurar que antes de que se suelde el segundo lado, se prepara adecuadamente la raíz de la junta

Inspección de Soldadura

7. Verificar que la limpieza inicial, entre pasos y final es la adecuada
8. Comprobar que la secuencia de pasos de soldadura es la correcta
9. Inspeccionar visualmente las capas o pasos subsecuentes
10. Verificar la realización y los resultados de los exámenes no destructivos en proceso especificados.

Inspección después de la soldadura.

Durante esta etapa el inspector debe:

1. Examinar la apariencia final de las soldaduras
2. Medir el tamaño final de las soldaduras
3. Determinar la longitud de las soldaduras. Al efectuar las actividades indicadas en este inciso y los dos anteriores, se deben detectar e identificar las discontinuidades presentes en las uniones soldadas, así como evaluarlas y decidir, de acuerdo con los criterios aplicables, su aceptación o rechazo.
4. Verificar la precisión dimensional de las piezas soldadas completas, ya que aunque las uniones soldadas no presenten defectos, si las piezas están fuera de las tolerancias dimensionales especificadas, no son útiles para el servicio para el que fueron diseñadas y deben rechazarse
5. Verificar las actividades de reparación y reinspección
6. Asegurar que las estructuras completas (o las uniones soldadas, según sea aplicable), se sometan al tratamiento térmico posterior a la soldadura (relevado de esfuerzos la mayor parte de las veces) especificada.

Inspección de Soldadura

7. Verificar que la limpieza previa a las pruebas no destructivas y la: limpieza final es la adecuada
8. Asegurar que se llevan a cabo las pruebas (destructivas, no destructivas, hidrostáticas, etc.) especificadas, y que sus resultados cumplen con los criterios de aceptación
9. Recopilar, distribuir y archivar la documentación (reportes, certificados y registros) de fabricación e inspección requerida
10. En términos generales, verificar el cumplimiento de las partes fabricadas con respecto a las normas y dibujos

Uso de calibradores de soldadura

A continuación se ilustra el modo en que se deben emplear dos de los instrumentos más populares para la evaluación de tamaños y discontinuidades de soldadura.

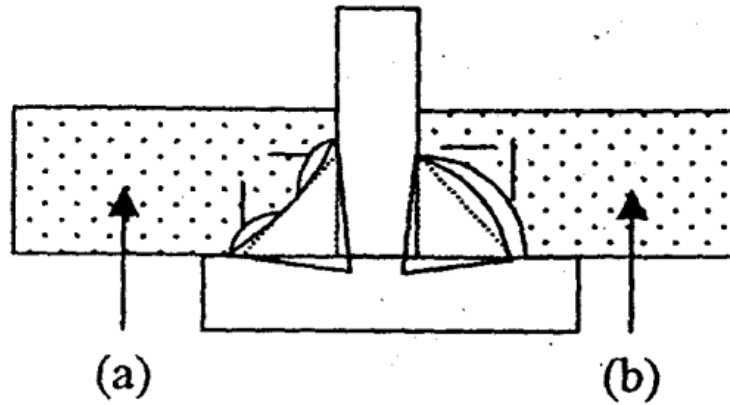
Calibrador de soldaduras de filete

Las soldaduras de filete pueden tener perfiles cóncavos, convexos o planos, y al determinar el tamaño de soldaduras con cada tipo de perfil, es necesario tener en cuenta que, para soldaduras de filete de piernas iguales, el tamaño de la soldadura es la longitud de la pierna o cateto del triángulo rectángulo isósceles de mayor tamaño que puede ser inscrito dentro de la sección transversal de la soldadura; para soldaduras de filete de piernas desiguales, el tamaño corresponde a las longitudes de las piernas o catetos del mayor triángulo rectángulo que puede inscribirse en su sección transversal. De acuerdo con lo anterior, al medir las soldaduras de filete, el inspector debe determinar la longitud de los catetos de los triángulos rectángulos que pueden inscribirse en sus secciones transversales. Estas mediciones se realizan de manera práctica con calibradores de soldadura de filete, que son de dos tipos, uno para medir filetes cóncavos y otro para medir filetes convexos y planos. Las siguientes figuras ilustran el uso de cada tipo.

Inspección de Soldadura

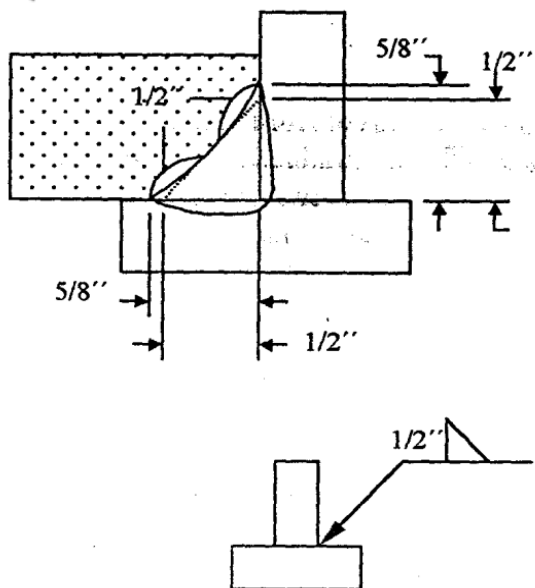


Rotari, C.A.
Ing. END e Insp.



- (a) Calibrador de filetes cóncavos (b) Calibrador de filetes convexos y planos. Figura 1—
Calibradores de soldaduras de filete

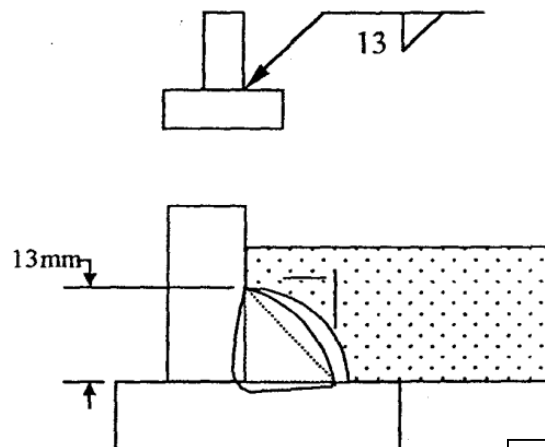
Inspección de Soldadura



Nota 1: Este es el tipo de calibrador que debe usarse para filetes cóncavos. Es incorrecto medir un filete cóncavo con calibrador para filetes convexos.

Nota 2: Este calibrador determina el tamaño real del filete (1/2"), es decir, el cateto del triángulo rectángulo de mayor tamaño que se puede inscribir en la sección transversal de la soldadura, no la longitud de la pierna (5/8").

Figura 2 — Medición de una soldadura de filete cóncava



Nota 1: Este es el tipo de calibrador que debe usarse para filetes convexos y planos. Es incorrecto medir un filete convexo con calibrador para filetes cóncavos.

Nota 2: Para soldaduras de filete de piernas iguales (por especificación), deben medirse las dos piernas del filete; el tamaño real es el del cateto menor.

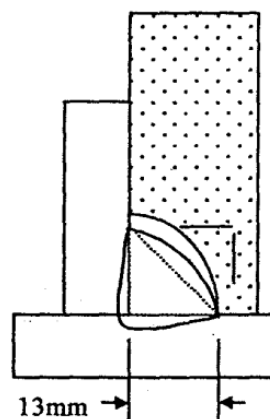


Figura 3— Medición de una soldadura de filete convexa

Inspección de Soldadura

Mediciones con calibrador de soldaduras —Bridge Cam

Características como la profundidad de los socavados, la altura de los refuerzos y la desalineación o escalonamiento pueden ser evaluados con los calibradores adecuados para tales propósitos. Un instrumento ampliamente usado para cubrir estas y otras necesidades de inspección es el calibrador tipo “Bridge Cam”, cuyo uso se ilustra en las siguientes figuras.

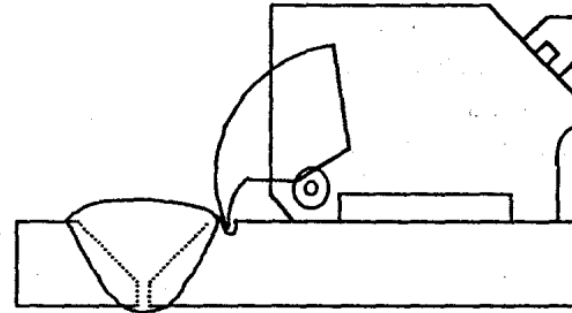


Figura 5 — Medición de la profundidad de un socavado

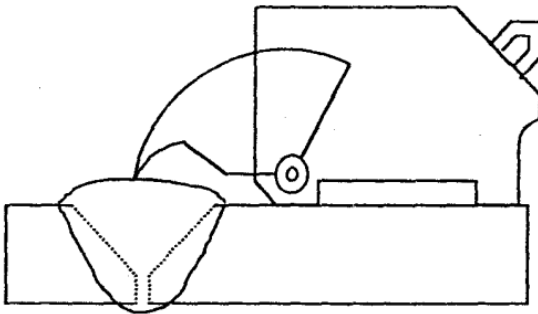


Fig. 4 Determinación del refuerzo de la Soldadura

Inspección de Soldadura

Comparación de los criterios de aceptación de algunas normas para las discontinuidades más comunes.

A fin de ofrecer al inspector de soldadura una visión de conjunto de los criterios de aceptación que algunas normas establecen para las discontinuidades más comunes que pueden detectarse por medio de inspección visual (o en combinación con otros métodos no destructivos), en la tabla 1 se incluye un “cuadro comparativo” de los respectivos criterios de aceptación.

Esta tabla tiene un carácter didáctico, cuyo propósito es mostrar las diferencias de los criterios de aceptación de algunos de los documentos más empleados en inspección de soldadura. Durante la realización de sus actividades, el inspector debe remitirse a las normas aplicables para juzgar la aceptación de las soldaduras que esté examinando. La tabla 1 puede resultar útil para clarificar algunos aspectos que pueden provocar confusión o incertidumbre en los inspectores que suelen tener asignaciones de inspección bajo diferentes normas. Entre estos aspectos se puede mencionar el hecho de que entre un documento y otro, los criterios de aceptación para una misma discontinuidad sean diferentes, o que discontinuidades en apariencia “inofensivas”, sean toleradas por unas normas y por otras no. Como ejemplo de la primera situación, puede citarse que algunos documentos, tales como el ANSI/AWS D1.1 y la Sección VIII División I del ASME, no permitan en absoluto soldaduras

Inspección de Soldadura

agrietadas, mientras que la Norma API 1104, permite grietas en los cráteres si éstas son menores a $5/32''$ (3.96 mm). La justificación al hecho anterior reside en que cada norma está prevista para aplicaciones específicas, en las cuales, las condiciones de servicio, tales como temperatura, presión, tipo de carga, corrosión, desgaste, etc., son diferentes.

Ejemplos de la segunda situación mencionada son los siguientes: El Código ANSI/AWS D1.1 establece como rechazables los refuerzos de soldadura mayores de $1/8''$ (3.2 mm), y para algunas condiciones de carga y tipo de conexión soldada, no acepta socavados de profundidad mayor de $0.010''$ (0.25 mm). La razón de los criterios de aceptación mencionados en el párrafo anterior, en apariencia tan estrictos, se debe a que los cambios bruscos en el espesor y geometría de la junta soldada (para el caso de refuerzo excesivo) y las ranuras tales como los socavados, constituyen elevadores o concentradores de esfuerzos (esto es, puntos localizados en los cuales los esfuerzos son mayores que en el resto de la estructura soldada), que pueden provocar la rotura de la pieza. Adicionalmente, los socavados constituyen puntos de iniciación de fracturas de fatiga, condición que se presenta en conexiones cíclicamente cargadas (sometidas a esfuerzos que actúan periódica y alternativamente, tensión y compresión por ejemplo).

Inspección de Soldadura

Debe tenerse en cuenta que las normas están preparadas por equipos numerosos de gente altamente calificada, con niveles académicos superiores y experiencia de muchos años en empresas e instituciones de tecnología de vanguardia, y que las normas tienen la madurez de muchos años y constantemente son revisadas, actualizadas y mejoradas, por lo que siempre se debe tener confianza en que cada norma es razonablemente correcta y segura.

Teniendo en cuenta que el propósito de la inspección de soldadura es determinar si los bienes soldados cumplen los criterios de aceptación especificados, el inspector debe asegurarse de que todos los requisitos establecidos se cumplen, y siempre debe tener presente que él no tiene autoridad ni prerrogativa para aceptar soldaduras que no satisfacen tales requisitos. Su responsabilidad es la de aplicar los criterios especificados. Así desde este punto de vista, *se dice que el inspector, no tiene criterio, aplica los criterios de las normas especificadas.* Otra consideración que debe tenerse siempre en cuenta, es que cada trabajo o proyecto está regulado por la norma correspondiente. Nunca deben tomarse criterios de aceptación de una norma diferente a la específicamente aplicable al trabajo realizado e inspeccionado. Las declaraciones anteriores (subrayadas) pueden parecer necias y exageradas, pero no es poco frecuente encontrar inspectores que durante sus asignaciones aplican criterios de aceptación diferentes a los que deben aplicar: por ejemplo, evalúan líneas de tubería con requisitos de códigos estructurales o viceversa.

Inspección de Soldadura

También es común encontrar inspectores que aceptan soldaduras con refuerzo excesivo (porque desconocen el criterio de aceptación, debido a presiones de los fabricantes, que suelen esgrimir argumentos como el siguiente: “un refuerzo mayor no es perjudicial, por el contrario, proporciona mayor resistencia a la junta”) o socavados que le parecen poco profundos.

Inspección de Soldadura

Tabla 1- Comparación de los criterios de aceptación de algunas normas para algunas discontinuidades

Discontinuidad	AWS .D1.1 (Estructuras de acero)	ASME BPV, Sec.VIII, División 1 Recipientes a Presión	API 1104 Líneas de tubería para gas y petróleo
Grietas	No aceptable	No aceptable	5/32" (4 mm) para grietas en el cráter (detectadas con otro método no destructivo)
Fusión incompleta	No aceptable	No aceptable	1" de longitud (detectadas con ayuda de otro método no destructivo)
Convexidad en soldadura de filete ("para" se refiere al ancho de la cara de la soldadura)	1/16" para 5/16" 1/8" para > 5/16" <1" 3/16" para > 1"	No establecido	No establecido
Altura del refuerzo de soldadura de ranura Máximo permitido	1/8" (3.2 mm)	De 1/32" (0.8 mm) a 5/16" (8 mm) dependiendo del tipo de junta (véase UW- 35)	De 1/32" (0.8 mm) a 1/16" (1.6 mm)

Inspección de Soldadura

Discontinuidad	AWS .D1.1 (Estructuras de acero)	ASME BPV, Sec.VIII, División 1 Recipientes a Presión	API 1104 Líneas de tubería para gas y petróleo
Socavado Máxima profundidad y longitud permitidas	<p>1/32" (0.8 mm) para espesores <1" (se permite 1/16" (1.6 mm) máximo para una longitud acumulada de 2" en 12" de soldadura);</p> <p>1/16" para espesores iguales o mayores a 1", todo esto en conexiones no tubulares estáticamente cargadas.</p> <p>0.010" (0.25 mm) en miembros primarios cuando la soldadura es transversal a los esfuerzos de tensión, para todas las condiciones de carga en conexiones tubulares y no tubulares;</p> <p>1/32" para todos los otros casos.</p>	<p>En términos generales, 1/32" (0.8 mm) o 10% (lo que resulte menor) del espesor nominal de las superficies adyacentes de la soldadura,</p>	<p>1/32" (0.8 mm) o 12.5% del espesor de pared. 1/64" (0.4 mm) o de 6.5 a 12.5 % del espesor de pared, de un máximo 2" en una longitud de soldadura de 12" continuas. Aceptable si tiene una profundidad de 1/64" o menos, o 6.5 % o menos del espesor de pared</p>

Inspección de Soldadura



Discontinuidad	AWS .D1.1 (Estructuras de acero)	ASME BPV, Sec.VIII, División 1 Recipientes a Presión	API 1104 Líneas de tubería para gas y petróleo
Porosidad	Alguna porosidad visible es permitida (véase tabla 6.1)	No establecido para porosidad visible,	Alguna porosidad visible (con ayuda de líquidos y partículas) permitida. Véase
Falta de alineación	Máximo el 10% del espesor de la parte más delgada de la junta, pero en ningún caso mayor a 1/8" (3.2 mm)	De 1/4 del espesor de pared a 3/4" <i>dependiendo de la categoría y del espesor de la junta (véase Tabla UW-33)</i>	1/16" (1.6 mm)
Penetración incompleta en la junta	No aceptada en juntas de penetración completa	No aceptable	1" de longitud (detectada con ayuda de radiografía)



CONTACTANOS

Dirección: Av. 4 Bella Vista, Edif. Ferley, Sótano Nro. 2 Oficina Nro. 69-104, Sector Bella Vista, Parroquia Olegario Villalobos, Municipio Maracaibo, Edo. Zulia.

Teléfonos: 0261-7978339 04146594881, 0416-6662794, 0412-5806487, 0416-8679248

Página Web: <https://www.rotarica.com.ve/>

E-mail: contacto@rotarica.com.ve rotarica01@gmail.com
rotarica2021@gmail.com rotaricara@hotmail.com
rotaricard@gmail.com
Skype rotarica01