



PENETRANTES, REVELADORES Y SISTEMAS DE ILUMINACION

Capitulo III

Dictado por: Ramón Rivero
Realizado por: Michelin Tavera

Los Líquidos Penetrantes

El penetrante es un fluido con propiedades únicas que le permiten introducirse en pequeñas aberturas, lo cual lo hace especialmente adecuado para emplearse en la detección de discontinuidades superficiales. Además, un buen líquido penetrante debe reunir algunas características para efectuar apropiadamente su función:

- Alta penetración en discontinuidades muy finas.
- Baja pérdida de solventes por evaporación.
- Relativamente fácil de ser removido de la superficie pero no de la discontinuidad.
- Permanecer en estado líquido y tener alta afinidad con el revelador.
- Capaz de formar películas muy finas.
- De color o de fluorescencia muy estable y fácilmente visible aun en bajas concentraciones.
- No debe reaccionar con el material sujeto a inspección.
- Inodoro, atóxico y con alto punto de inflamabilidad
- Estable bajo condiciones de almacenamiento.
- Tener un precio económico.

Propiedades Físicas de los Penetrantes

Para obtener las características descritas y la sensibilidad adecuada, el penetrante debe presentar un balance correcto de sus propiedades físicas, ya que este tipo de inspección depende de la facilidad de un penetrante para mojar la superficie de una pieza y cubrirla en forma continua y uniforme. Las principales propiedades físicas son:

Adherencia.- Es la fuerza de atracción entre moléculas de sustancias distintas.

Cohesión.- Es la fuerza que mantiene a las moléculas de una misma sustancia a una distancia determinada unas de otras. Por ejemplo, los sólidos tienen alta cohesión, en comparación de los líquidos; a su vez, los líquidos tienen mayor cohesión que los gases.

Humectabilidad.- Es la capacidad de un líquido para mojar un sólido y que afecta las características de penetración y de sangrado de los líquidos. Está controlada por el ángulo de contacto y la tensión superficial del penetrante.

Propiedades Físicas de los Penetrantes

Esto se comprende al observar el comportamiento de una gota de agua. De igual forma, cuando un líquido hace contacto con la superficie de un sólido, la fuerza de cohesión compite con la fuerza de adherencia entre las moléculas del líquido y la superficie del sólido. Estas *fuerzas determinan el ángulo de contacto entre el líquido y la superficie.*

En la figura 3.1 se muestran las características de humectabilidad dependiendo del ángulo de contacto entre la gota de un líquido y la superficie de un sólido: Cuando el ángulo θ es menor de 5° se obtiene una buena humectabilidad (A). Cuando el ángulo θ es igual o mayor de 90° la humectabilidad es mínima (B y C).

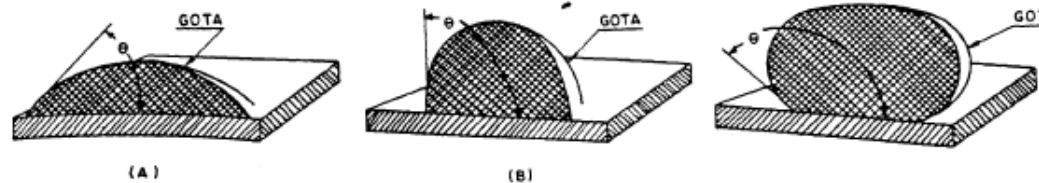


FIGURA 3.1

Características de humectabilidad determinadas por el ángulo (θ)

Propiedades Físicas de los Penetrantes

Viscosidad.- Es la propiedad que presentan los líquidos de oponerse al flujo, como resultado de la fricción molecular. Es una característica que depende de la temperatura y de la composición de la mezcla de solventes. Esta propiedad no produce efecto alguno en la habilidad de un líquido para introducirse en las discontinuidades, ***pero sí afecta la velocidad de penetración***. Un líquido demasiado viscoso, requiere de largos períodos para emigrar dentro de discontinuidades muy finas; por otra parte, los penetrantes de baja viscosidad se escurren rápidamente y no son retenidos en las aberturas poco profundas.

Tensión superficial.- Es la fuerza que tiende a disminuir la superficie libre de un líquido. La fuerza de cohesión entre las moléculas de un líquido genera la tensión superficial. En general, Los líquidos de alta tensión superficial son excelentes disolventes, lo cual puede afectar a algunos de los componentes de los penetrantes como los pigmentos. Pero, los líquidos con baja tensión superficial presentan buenas propiedades de penetración

Propiedades Físicas de los Penetrantes

Capilaridad.- La capilaridad y la humectabilidad, determinan el poder de penetración de un líquido a través de las discontinuidades. Cuando existe contacto entre un líquido y una pared sólida, como se muestra en la figura 3.2, la altura o depresión en un tubo capilar vertical está determinada por el ángulo de contacto formado entre el líquido y la pared del tubo. Si el ángulo de contacto es menor de 90° , el menisco del líquido en el tubo es cóncavo; entonces el líquido asciende por el tubo. Si el ángulo es igual a 90° , no existe aumento ni disminución capilar. Si el ángulo de contacto es mayor a 90° , el líquido no humedece la pared del tubo el menisco formado es convexo y por ello el líquido desciende en el tubo

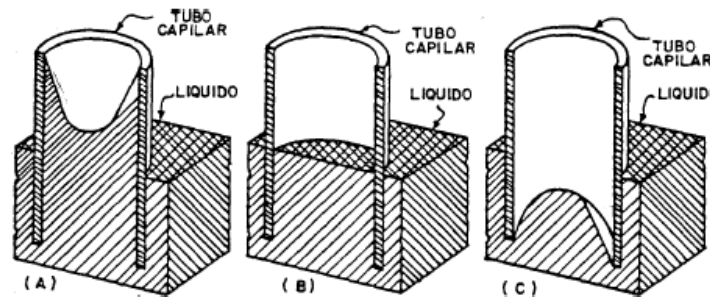


FIGURA 3.2
Variación de la altura o depresión de un líquido en un tubo capilar vertical.

Propiedades Físicas de los Penetrantes

Gravedad Específica.- La gravedad específica es una comparación entre la densidad de un penetrante y la densidad del agua destilada a 4°C. El penetrante debe tener una gravedad específica menor que 1 para evitar que en un tanque el agua flote en la superficie del penetrante, ya que esto puede evitar que el penetrante cubra el objeto de prueba.

Volatilidad.- Es una característica definida por la presión de vapor y el punto de ebullición de un líquido. Es recomendable una baja volatilidad del penetrante para evitar las pérdidas por evaporación en tanques abiertos.

Un penetrante de alta volatilidad se secará más rápidamente en la superficie de la pieza de prueba. Cuando se utilicen materiales con bajo punto de inflamación y/o tóxicos, la volatilidad será una consideración de seguridad.

Inflamabilidad.- El estallamiento de los aceites está relacionado con su punto de inflamación; es decir, el momento en que se incendia.

Propiedades Físicas de los Penetrantes

De acuerdo a las especificaciones, se requiere un mínimo de 51.6°C (125°F) como punto de inflamación. Los fabricantes consideran por lo general una temperatura mínima de 57°C (135°F). En las especificaciones ASTM D-93 y D-92 aparecen algunas otras consideraciones sobre las temperaturas de inflamación. Existen reveladores en aerosol que contienen alcohol, sustancia que es inflamable a la temperatura ambiente. En el mercado existen también reveladores no inflamables, los que contienen **solventes dorados (tetracloruro de carbono, tricloroetileno, cloroformo, etc.) como vehículo.**

Actividad Química.- Es importante que los penetrantes sean químicamente compatibles con el material a ser inspeccionado. Los que contienen cloruros, cloro, halogenuros o sulfuros están frecuentemente restringidos para la inspección de aceros austeníticos, aleaciones de titanio y aceros al alto níquel. En caso de que no exista un requisito específico, el contenido de éstos se limita al 1% como máximo (en peso del residual).

Tipos de Líquidos Penetrantes

De acuerdo con NOM-B-133-1987 y ASME SECCION V, SE-165 y ASTM E-165, los líquidos penetrantes se clasifican en dos métodos:

1. Método A: Líquidos Penetrantes Fluorescentes.
2. Método B: Líquidos Penetrantes Visibles.

A su vez, estos métodos se clasifican en tres tipos:

- Tipo 1. Lavables con agua.
- Tipo 2. Posemulsificables.
- Tipo 3. Removibles con solvente.

De acuerdo con la especificación MIL-1-25135, los líquidos penetrantes se agrupan en las siguientes familias:

- Grupo I Penetrantes visibles removibles con solventes.
- Grupo II Penetrantes visibles Posemulsificables
- Grupo III Penetrantes visibles lavables con agua.

Tipos de Líquidos Penetrantes

- Grupo IV Penetrante fluorescente lavable con agua. (De baja sensibilidad).
- Grupo V Penetrante fluorescente Posemulsificable. (De sensibilidad media).
- Grupo VI Penetrante fluorescente Posemulsificable. (De alta sensibilidad).
- Grupo VII Penetrante fluorescente removible con solvente. (Consiste de penetrante del grupo VI, de un solvente y de un revelador húmedo no acuoso).

La sensibilidad de los Grupos I, II y III es aproximadamente la misma que la del Grupo IV. Estas comparaciones del nivel de sensibilidad son válidas solamente cuando se emplea el mismo tipo de revelador en todos los casos. Diferentes tipos de reveladores producen distintos niveles de sensibilidad de los penetrantes.

Tipos de Líquidos Penetrantes

La Especificación militar MIL-1-6866 presenta seis métodos diferentes de líquidos penetrantes:

Tipo I. Penetrante Fluorescente.

Método A Lavable con agua. (Grupo IV),

Método B Posemulsificable (Grupo V y VI).

Método C Removible con solvente (Grupo VII).

Tipo II. Penetrante Visible.

Método A Lavable con agua (Grupo III).

Método B Posemulsificable (Grupo II).

Método C Removible con solvente (Grupo I).

Tipos de Líquidos Penetrantes

Penetrantes Fluorescentes

- La sensibilidad de los penetrantes fluorescentes es influida principalmente por la concentración del pigmento y por la intensidad del color. En general, los sistemas de penetrantes fluorescentes presentan un número mayor de aplicaciones potenciales que los sistemas de penetrantes visibles.
- Los materiales fluorescentes absorben energía de las ondas luminosas en la región ultravioleta del espectro electromagnético. Esta energía es convertida y emite fotones de energía en diferentes longitudes de onda. Los pigmentos fluorescentes se seleccionan para que absorban energía en el rango de longitud de onda de 350 a 400nm y emitan luz en el rango de 475 a 575nm. La energía emitida se encuentra en el espectro visible en el rango de color de verde a amarillo. La calidad de los pigmentos fluorescentes está determinada por su eficiencia para absorber luz ultravioleta y convertirla en luz visible.
- La sensibilidad de un penetrante fluorescente depende de la habilidad para formar indicaciones que aparezcan como pequeñas fuentes de luz en un área oscura.

Tipos de Líquidos Penetrantes

Penetrantes Visibles

- Debido a que los penetrantes deben ser visibles después de que han sido extraídos por el revelador, en este método se emplea por lo general un pigmento de color rojo, que produce un alto contraste con un fondo color blanco. Los pigmentos rojos se obtienen con facilidad en una amplia gama de tonos, son baratos y fáciles de mezclar con aceite.
- Cuando se emplean emulsificantes o solventes para la remoción del exceso de penetrante, la pequeña cantidad de penetrante atrapado en las discontinuidades se diluye. Para compensar esta dilución, deben emplearse los pigmentos más oscuros y en la más alta concentración posible. Los penetrantes visibles de mayor sensibilidad contienen pigmentos de rojo muy oscuro y pueden contener altas concentraciones de pigmentos suspendidos en el vehículo sin presentar precipitación.
- Los pigmentos visibles pueden emplearse en penetrantes con solvente; los dos últimos son los de mayor sensibilidad. Para obtener una sensibilidad adecuada se recomienda el empleo de reveladores en polvo suspendidos en solvente.

Tipos de Líquidos Penetrantes

Penetrantes Visibles

Se ha desarrollado un penetrante visible con una sensibilidad igual a la del penetrante fluorescente del Grupo V (MIL-1-25135). El penetrante posee un vehículo altamente volátil que se evapora completamente en un período corto, dejando un pigmento de alta concentración en la discontinuidad. Posteriormente se emplea un solvente para remover la película de la superficie. Debido a su volatilidad, este penetrante se mantiene en un envase a presión. Este sistema es muy práctico para la inspección de pequeñas áreas localizadas o en partes reducidas.

Los penetrantes visibles regularmente no se recomiendan para emplearlos con reveladores secos. La ventaja principal de emplear este tipo de penetrantes es que pueden aplicarse con un pequeño conjunto de envases y en la inspección se emplea la luz ordinaria de una planta

Penetrantes Lavables con Agua

A este penetrante se le denomina también autoemulsificable, ya que tiene incorporado un emulsificante que lo hace soluble, por lo que puede lavarse directamente con agua. Es importante que la operación de lavado se controle cuidadosamente, para evitar un *sobrelavado* y con ello remover el penetrante de las discontinuidades.

Las Normas NOM-B-133-1987 y ASTM E-165 recomiendan que la presión del agua de lavado no sea superiora 50 psi (345 KPa) y que la temperatura de ésta oscile entre los 16° y 43° C. El rociado debe efectuarse con gotas gruesas y en un ángulo no mayor a 45°.

Cuando no es posible disponer de sistemas de rociado también se puede remover el exceso de penetrante empleando cepillos de cerdas suaves y cerradas o paños empapados con agua, con los cuales *se talla suavemente la superficie*. Una vez que ésta se ha limpiado, es conveniente secarla a la brevedad posible, ya que el agua que quede adherida puede diluir el penetrante atrapado en la discontinuidad.

Penetrantes Lavables con Agua

El grado y rapidez de la remoción dependen de las características de la boquilla rociadora, a temperatura y presión del agua, duración del ciclo de secado, acabado superficial de la pieza y de las características físicas del penetrante empleado.

El empleo de mezclas de agua con aire a presión tiene la ventaja de ser un método rápido y económico, pues permite dejarlas superficies casi secas después de la limpieza. Para este sistema también debe mantenerse la presión del aire por debajo de los 50 psi (345 Kpa) y la temperatura del agua entre 16° y 43°C.

Cuando se utiliza penetrante fluorescente, se recomienda efectuar la remoción bajo luz ultravioleta, para asegurar que se ha eliminado todo el exceso de penetrante y evitar al mismo tiempo un *sobrelavado*.

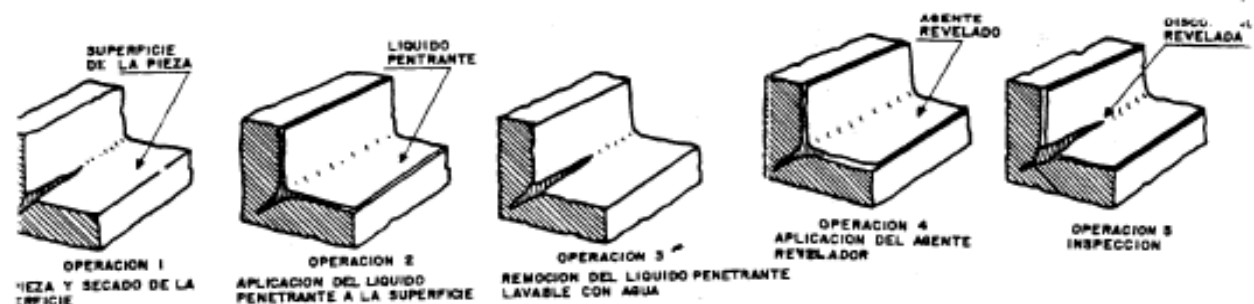


FIGURA 3.3

Operaciones básicas para la inspección por PT autoemulsificable.

Penetrantes Posemulsificables

Un penetrante posemulsificable tiene una base aceite o un vehículo al que se le ha añadido un pigmento. Este sistema difiere del lavable con agua debido a que no puede ser removido directamente con ese medio, pues no contiene un agente emulsificante. Los penetrantes posemulsificables generalmente tienen alta calidad de penetración. Puesto que los penetrantes utilizados en el proceso posemulsificable no son lavables con agua, es necesario aplicar sobre las piezas de prueba un emulsificante después de que ha transcurrido el tiempo de penetración y antes del proceso de lavado.

En este método el tiempo de emulsificación es un factor crítico, ya que debe ser el suficiente para que el emulsificante se mezcle con el penetrante en la superficie, pero debe ser el mínimo posible para evitar que se mezcle con el penetrante de las discontinuidades.

En la figura 3.4 se muestran los pasos para el proceso de penetrante posemulsificable.

Penetrantes Posemulsificables

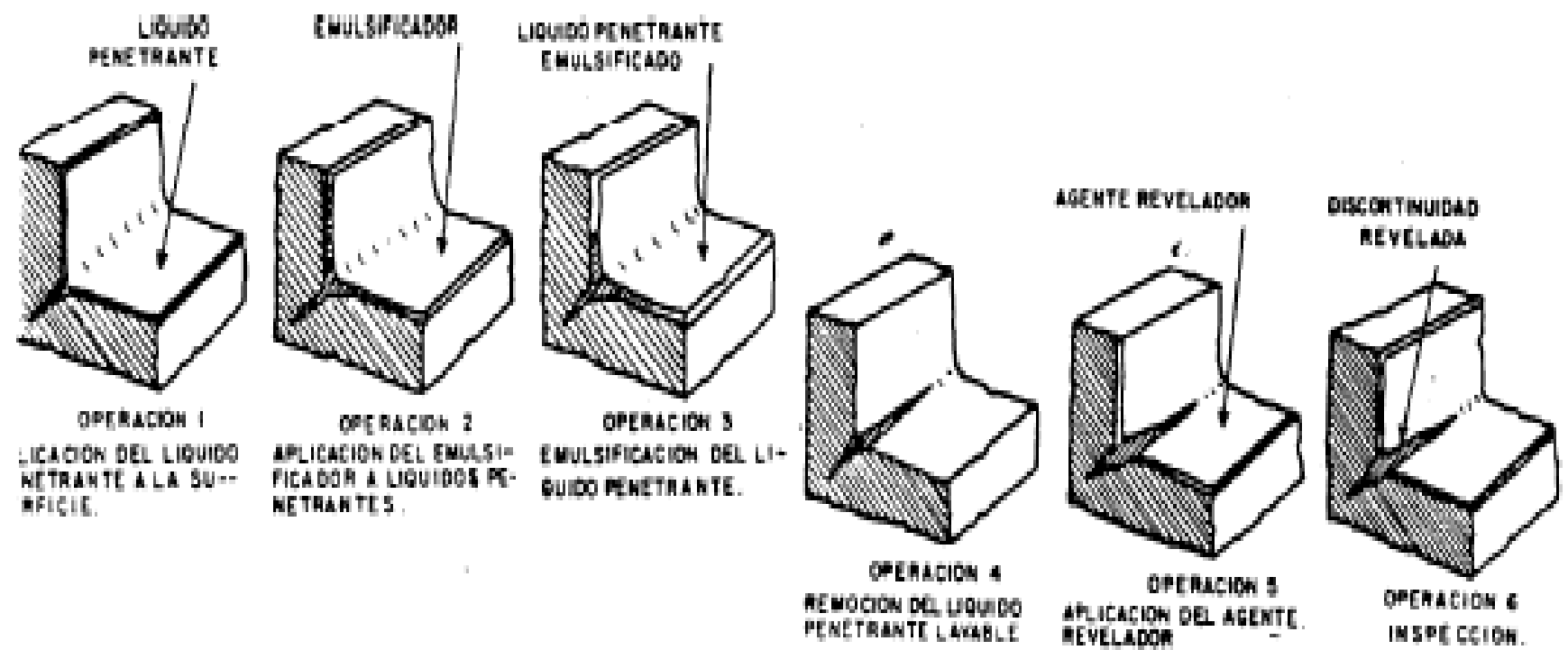


FIGURA 3.4

Pasos esenciales para la aplicación de penetrante posemulsificable.

Penetrantes Posemulsificables Agentes Emulsificantes

Los emulsificantes se combinan con el penetrante de la superficie de la pieza por difusión y por mezcla turbulenta cuando se drena y provoca que el penetrante y el emulsificante puedan removerse con agua corriente. De forma ideal, el penetrante que se encuentra en las discontinuidades no debe emulsificarse. Cuando se cumple esta condición es posible lavar todo el penetrante de la superficie, sin eliminar el que se encuentra atrapado en las discontinuidades.

En las figuras 3.5, 3.6 y 3.7 se muestran las condiciones ideales en las que solo se emulsifica el penetrante que se encuentra en la superficie de la pieza.

El tiempo de emulsificación varía de acuerdo con la viscosidad, el método de aplicación, la composición química del emulsificante y la rugosidad de la pieza.

Penetrantes Posemulsificables Agentes Emulsificantes

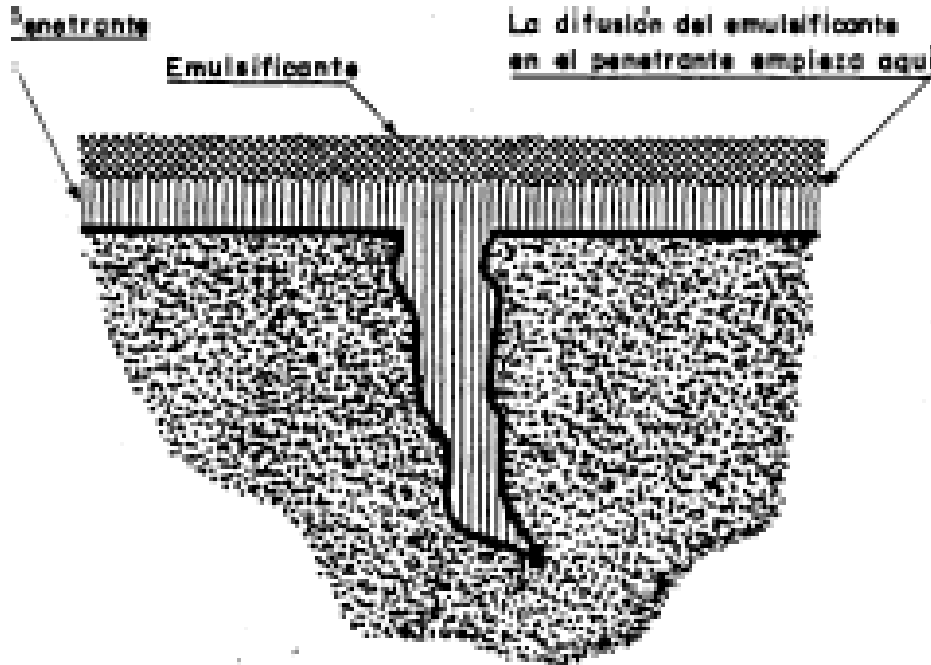


FIGURA 3.5
Emulsificante aplicado al penetrante.

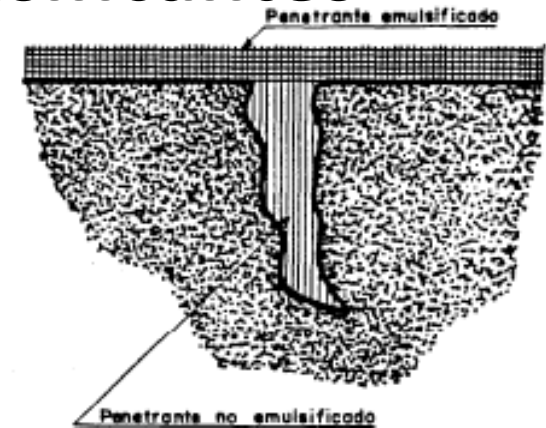


FIGURA 3.6
Penetrante emulsificado en la superficie.

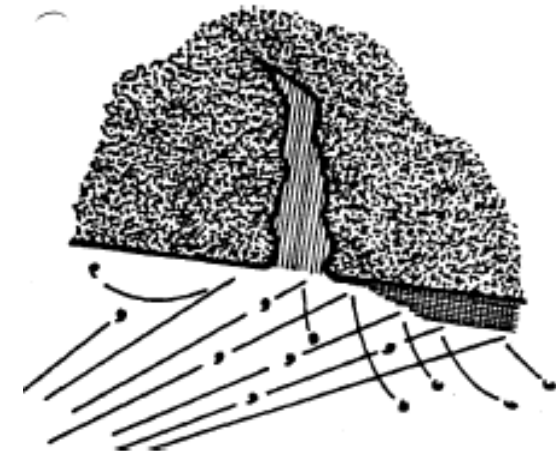


FIGURA 3.7
Rocio de agua para remover el penetrante emulsificado.

Penetrantes Posemulsificables

Agentes Emulsificantes

- Los emulsificantes siempre se aplican por inmersión o por rocío, pero nunca con brocha.
- El emulsificante empleado con mayor frecuencia en los penetrantes posemulsificables es el jabón líquido con una mezcla de diferentes constituyentes que proporcionan las propiedades deseadas.
- Los emulsificantes deben poseer un color que contraste con el color del penetrante para observar si toda la superficie ha sido cubierta por dicha sustancia. El color puede ser fluorescente, de tal forma que cuando se realice el lavado bajo luz ultravioleta, se pueda verificar la completa remoción. El color del emulsificante es por lo general muy leve, debido a la baja concentración de pigmento, el que debe ser soluble en agua para garantizar que no queden residuos de colorante después de que se ha lavado la pieza.

Penetrantes Posemulsificables Agentes Emulsificantes

El emulsificante debe difundirse o interactuar con el penetrante a una velocidad que permita el manejo durante el proceso; proporcionar el tiempo necesario y para controlar la velocidad de lavado en superficies rugosas.

Existen dos tipos de emulsificantes:

Base aceite o lipofílicos.

Base de Agua o Hidrofilicos

Agentes Emulsificantes Emulsificantes Lipofílicos.

Este tipo lleva agentes disueltos en base aceite y trabaja por difusión: la película de emulsificante se difunde en la del penetrante, provocando que éste sea lavable en agua.

PROPIEDADES DE LOS EMULSIFICANTES LIPOFÍLICOS.

Los emulsificantes lípofílicos poseen tres propiedades básicas, las cuales deben equilibrarse para asegurar las características de uso:

Actividad - Viscosidad - Tolerancia al agua.

Estas propiedades deben ser compatibles con las características del penetrante; si éste es altamente insoluble en agua, es necesario utilizar emulsificantes más activos.

La actividad se define como la rapidez con la cual se emulsifica al penetrante, de tal forma que pueda ser removido con agua. Esta interacción se relaciona con la capacidad del emulsificante para actuar como dispersante del aceite contenido en el penetrante.

La viscosidad puede variar entre 10 y 100 centistokes. A mayor viscosidad, se dispersa una mayor cantidad de emulsificante debido al drenado en las paredes durante el procesamiento, por lo que es más económico emplear un emulsificante de menor viscosidad para producir los mismos resultados.

Agentes Emulsificantes Emulsificantes Lipofílicos.

La viscosidad y la actividad están interrelacionadas. Un emulsificante muy activo, pero con baja viscosidad, puede ajustarse mediante la mezcla de éste con uno más viscoso para obtener las características deseadas de lavado.

Por otra parte, un emulsificante muy viscoso se difunde en el penetrante a menor velocidad que un emulsificante poco viscoso. Balanceando la actividad con la viscosidad se obtienen las características adecuadas para lograr un tiempo predeterminado de permanencia del emulsificante.

La tolerancia al agua es otra propiedad importante del emulsificante, pues éste debe tolerar la adición de agua por arriba del 5%.

En la práctica, generalmente el tanque de emulsificante se encuentra localizado cerca del lugar de lavado. Si por accidente se agrega agua al emulsificante, éste toma una apariencia turbia, lo que es consecuencia del grado de tolerancia al agua.

Al agregar agua se reduce la actividad y la viscosidad del emulsificante.

Agentes Emulsificantes

Emulsificantes Lipofílicos.

En cierta forma la reducción de la viscosidad se compensa con la pérdida de actividad. Se puede efectuar una prueba de comparación entre el emulsificante recién preparado y el emulsificante sin diluir para determinar el efecto del agua sobre los mismos.

Esta comparación indica cómo afecta a la viscosidad del emulsificante el agregar agua y observar al emulsificante bajo la luz. Si se afecta la viscosidad del emulsificante al agregar agua, se observa que el emulsificante tiende a volverse turbio.

Este experimento puede realizarse también con emulsificante usado, comparándose la cantidad de agua necesaria para enturbiar al emulsificante usado con la cantidad de agua necesaria para enturbiar el emulsificante recién preparado. Hay emulsificantes que muestran una ligera turbiedad antes de alcanzar latolerancia establecida; la turbiedad es más notable al adicionar más agua. Algunos emulsificantes se espesan pero no se enturbian, otros presentan ambos fenómenos.

El punto de inflamabilidad del penetrante no debe exceder los 510°C , utilizando la prueba de copa cerrada (ASTM D-93), para asegurar que no sea inflamable.

Agentes Emulsificantes Emulsificantes Lipofílicos.

La volatilidad de un emulsificante debe ser baja para reducir la pérdida por evaporación y a la vez prevenir un exceso de vapores en el tanque.

La tolerancia al penetrante es un requisito esencial de un emulsificante ya que las partes cubiertas con penetrante se sumergen en el emulsificante. El emulsificante debe tolerar un 20% de penetrante por volumen manteniendo la sensibilidad requerida

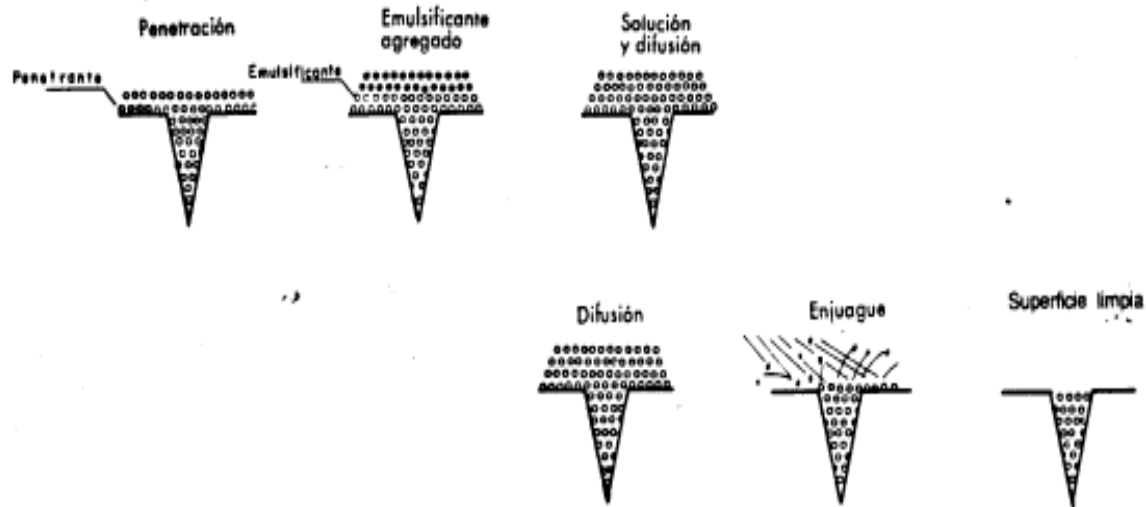


FIGURA 3.8
Mecanismo de los emulsificantes lipofílicos.

Agentes Emulsificantes

Emulsificantes Hidrofílicos.

Este tipo de emulsificante contiene esencialmente agentes tensoactivos y su acción es decapante y detergente. Actúan desplazando el exceso de penetrante en la superficie, mediante la acción de un detergente incorporado al emulsificante.

Tienen alta tolerancia al agua y en la práctica se surten como concentrados líquidos para su dilución posterior en concentraciones del 5 al 50%, para su aplicación en tanques de inmersión y de 0.05% para su aplicación en *forma de rocío*.

En la figura 3.9 se muestra el mecanismo de los emulsificantes hidrofílicos.

El procedimiento de inspección varía ligeramente cuando se utiliza emulsificante hidrofílico, debido a que se le da un enjuague previo a la pieza, para remover la mayor cantidad posible del exceso de penetrante antes de aplicar el emulsificante.

Agentes Emulsificantes Emulsificantes Hidrofílicos.

Propiedades de los emulsificantes hidrofílicos.

El emulsificante contribuye a la sensibilidad del método. Las pruebas de sensibilidad en materiales con superficies rugosas o tersas deben realizarse a diferentes niveles de concentración.

El concentrado hidrofílico se diluye rápidamente sin precipitación de sus componentes. El emulsificante concentrado o diluido no debe producir corrosión en el acero de los tanques de almacenamiento.

Los emulsificantes hidrofílicos con frecuencia se drenan a través de los sistemas de desagüe; en este caso, deben ser biodegradables, especialmente libres de espuma. Además, éstos *no deben contener compuestos fenólicos, cromatos o algún otro metal pesado, cianuros, sulfatos o hidrocarburos clorinados.*

Los emulsificantes hidrofílicos, al igual que los lipofílicos, pueden aplicarse por Ventajas y limitaciones de los dos tipos de emulsificantes.

Agentes Emulsificantes Emulsificantes Hidrofílicos.

El costo inicial del concentrado hidrofílico es similar al del emulsificante lipofílico; sin embargo, la alta dilución con agua del hidrofílico proporciona considerable reducción del costo. En la práctica, se observa que el tiempo de vida promedio en tanques de ambos emulsificantes es similar, dependiendo de la concentración. Una dilución menor le proporciona mayor tiempo de vida a los emulsificantes hidrofílicos.

Los emulsificantes hidrofílicos tienen gran tolerancia al agua, esto permite el prelavado de las piezas, que remueve aproximadamente un 80% del penetrante antes de la emulsificación, inmersión, por aspersion mediante aire o por aspersion electrostática; pero no es recomendable el empleo de brocha o rodillo pues es difícil controlar el tiempo de emulsificación con lo cual se reduce considerablemente la contaminación del emulsificante por el penetrante. El agua del prelavado puede recolectarse y separarse para recuperar el penetrante.

Agentes Emulsificantes Emulsificantes Hidrofílicos.

La baja viscosidad del emulsificante hidrofílico provoca que éste drene más rápidamente de las piezas, dando como resultado una adherencia mínima del emulsificante hidrofílico con respecto al emulsificante lipofílico de mayor viscosidad.

Los emulsificantes hidrofílicos diluidos no son inflamables y son poco tóxicos. Los emulsificantes lipofílicos tienen un alto punto de inflamación.

En esta página se muestra una tabla comparativa de los dos tipos de emulsificantes.

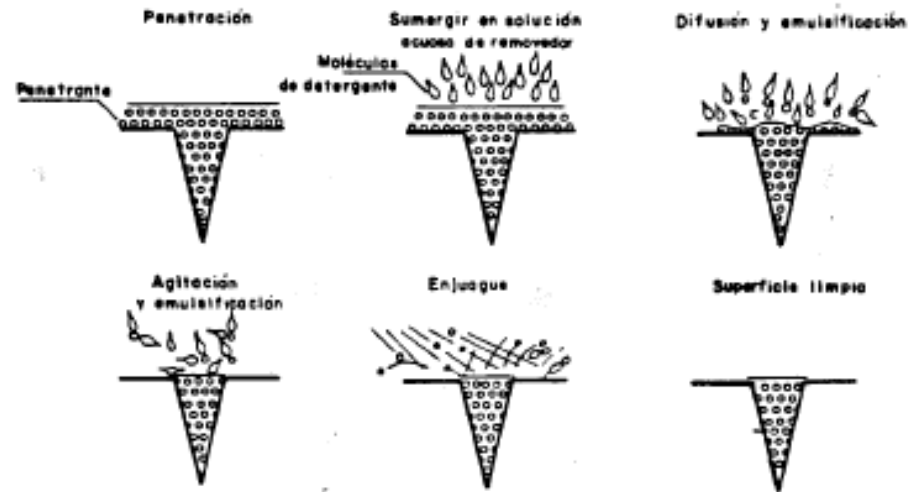


FIGURA 3.9 Mecanismo de los emulsificantes hidrofílicos.

Agentes Emulsificantes

TABLA COMPARATIVA DE LOS EMULSIFICANTES HIDROFILICO Y LIPOFILICO.

HIDROFILICO	LIPOFILICO
SE SUMINISTRA COMO CONCENTRADO BASE AGUA BAJA VISCOSIDAD TOLERANCIA LIMITADA AL PENETRANTE MISCIBLE EN AGUA EN CUALQUIER CONCENTRACIÓN APLICADO POR INMERSION O ROCIADO	SE SUMINISTRA LISTO PARA USARSE BASE ACEITE ALTA VISCOSIDAD TOLERANCIA LIMITADA AL AGUA (5%) MISCIBLE CON EL PENETRANTE EN CUALQUIER CONCENTRACIÓN APLICADO POR INMERSION

Penetrantes Removible con Solventes

Cuando es necesario inspeccionar superficies tersas o solamente una pequeña sección de la pieza, es conveniente el empleo de penetrantes removibles con solvente. Normalmente se utiliza el mismo solvente para la prelimpieza y para la remoción del exceso de penetrante.

El exceso de penetrante se elimina mediante algún material absorbente, frotando la superficie de inspección (preferentemente en una sola dirección); después, con el material absorbente, ligeramente humedecido en el solvente, se remueve el exceso de penetrante que haya quedado en la superficie. Para verificar que la pieza se encuentra libre de penetrante, es recomendable pasar un material absorbente limpio sobre la superficie, el cual debe estar exento de color. En el caso de penetrantes fluorescentes, el exceso de penetrante debe removerse bajo luz ultravioleta siguiendo el procedimiento antes descrito.

Penetrantes Removible con Solventes

Es importante notar que el exceso de penetrante no debe removerse aplicando directamente el solvente sobre la superficie de la pieza, ya que podría extraer el penetrante de las discontinuidades. En la figura 3.10 se muestra la secuencia de operaciones para el sistema de penetrante removible con solvente.

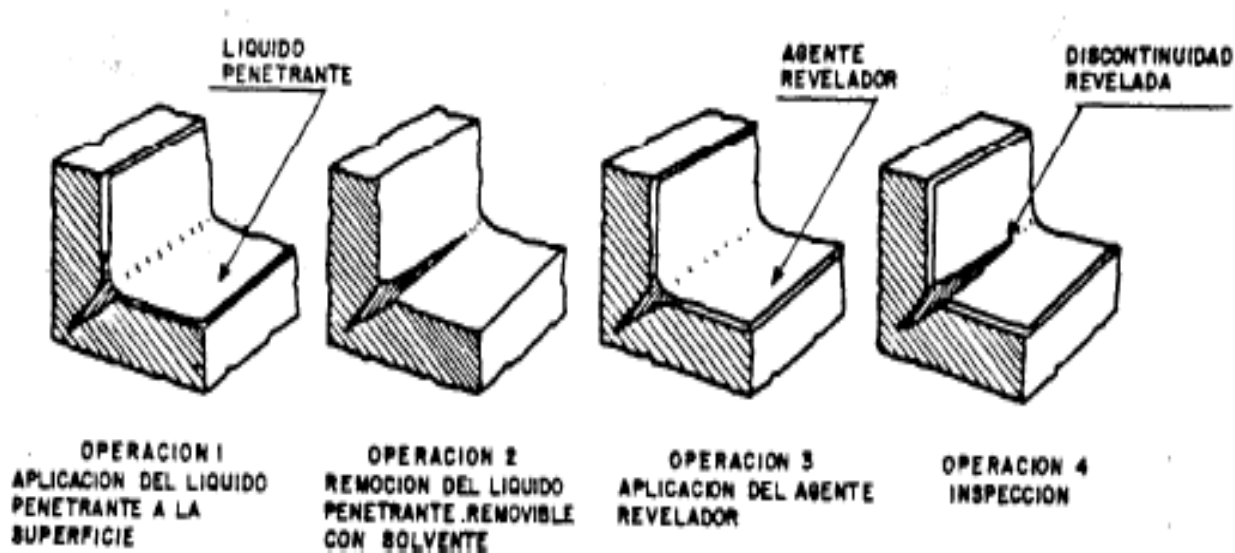


FIGURA 3.10

Secuencia de operaciones para el sistema de líquidos penetrantes removibles con solvente.

Reveladores

La cantidad de penetrante que emerge de una discontinuidad superficial es muy reducida, por lo que es necesario ampliar su visibilidad.

Los reveladores están diseñados de tal forma que extraen el penetrante atrapado en las discontinuidades, para que sean visibles al ojo humano. La acción del revelador es una combinación de tres efectos: solvencia, adsorción y absorción. El polvo revelador ejerce un efecto adsorcivo y absorcivo sobre los residuos del penetrante, llevándolos hacia la superficie de la pieza.

Cuando el penetrante se dispersa a través del polvo revelador, puede ser fácilmente observado. En el caso de los reveladores en suspensión solvente juega un papel importante para promover la extracción del penetrante de las discontinuidades y el mejoramiento de las indicaciones. En el caso de los reveladores acuosos la acción solvente juega un papel importante para promover la extracción del penetrante de las discontinuidades y el mejoramiento de las indicaciones.

Reveladores

Propiedades de los Reveladores.

El revelador debe poseer las siguientes características para efectuar de forma adecuada su función:

- Alto poder de absorción del penetrante.
- Un tamaño de partícula adecuado, para que el revelador se disperse y exponga el penetrante sobre la mayor área posible, además de producir indicaciones intensas y bien definidas.
- Ser capaz de eliminar colores que Interfieran con el fondo y proporcionar un buen contraste con las indicaciones, especialmente cuando se emplean penetrantes con tinte visible.
- Ser de fácil aplicación.
- Deben formar una capa delgada y uniforme sobre la superficie.
- Gran afinidad con el penetrante.
- No debe ser fluorescente si se emplea con penetrantes fluorescentes ni debe absorber ni filtrar la luz ultravioleta empleada para la inspección.
- De fácil remoción después de la inspección.
- No debe Contener ingredientes que dañen las piezas Inspeccionadas o el equipo empleado en el proceso de inspección.

Reveladores

- No deben ser tóxicos para el operador.
- Presentar alto contraste con el penetrante visible con luz normal.

Tipos de reveladores.

Existen tres tipos de reveladores:

- Secos.
- En solución acuosa (solubles en agua).
- En suspensión: Acuosa, No Acuosa

Reveladores Reveladores Secos.

Se aplican a la superficie seca por aspersion, aspersion electrostática o inmersión. Se utilizan generalmente con penetrantes fluorescentes.

Tienen poco uso con los penetrantes visibles.

Están constituidos de un polvo fino que, al aplicarse sobre la superficie, tiene la capacidad de adherirse en ella y formar una película muy delgada. La tendencia a fijarse no debe ser excesiva, ya que en el caso de discontinuidades muy finas, el penetrante no puede formar indicaciones nítidas sobre una capa gruesa de polvo. La figura 3.11 muestra la reacción del penetrante con el revelador.

El color del revelador seco es generalmente blanco. En algunos casos se adiciona un pigmento coloreado en pequeñas cantidades. En muchos casos la cantidad de polvo adherido a la superficie es tan pequeña que no es necesaria su remoción después de la inspección; especialmente cuando se trabajan piezas fundidas.

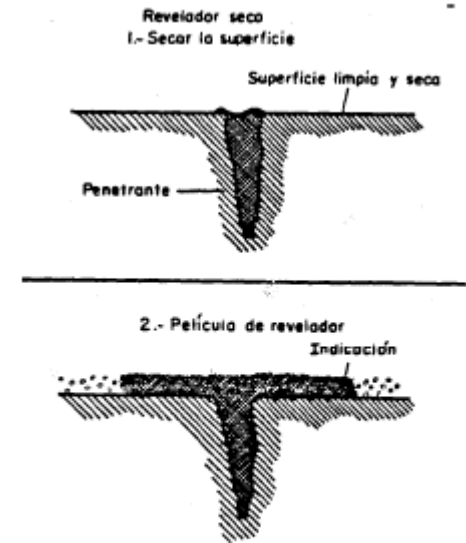


FIGURA 3.11
Aplicación del revelador seco.

Reveladores

Sin embargo, en algunos casos, es esencial la remoción del revelador. En ocasiones es suficiente eliminarlo con agua o con solvente. Los reveladores secos no deben ser higroscópicos, pues durante su manejo y almacenamiento pueden perder su habilidad de fluir al ser humedecidos.

Reveladores en Solución Acuosa.- Con la utilización de este tipo de reveladores, se han eliminado muchos problemas inherentes a las suspensiones, ya que proveen una capa uniforme y adecuada para la inspección.

Una limitante de este tipo de revelador es que la capa formada en la superficie se compone de material cristalizado que disminuye la capacidad de absorción del penetrante, comparada con la del revelador en suspensión.

Además la capa de reveladores más delgada, motivo por el que deben emplearse penetrantes más coloridos o brillantes para poder observar las indicaciones. Los cambios de concentración debidos a la evaporación son fáciles de llevar a cabo.

Reveladores

Reveladores en suspensión.- Existen dos tipos de reveladores en suspensión, el más empleado es una suspensión de revelador en agua y el otro es una suspensión en un solvente adecuado.

La formulación del material para el revelador en suspensión es más complicada que para el revelador seco. Este debe contener agentes que logren una buena suspensión. Son necesarios agentes dispersantes y agentes que retarden el aglutinamiento, así como inhibidores de la corrosión.

Reveladores en suspensión acuosa.- El revelador suspendido en agua es una solución al problema de agilizar la aplicación en la inspección de piezas de tamaño mediano y pequeño, mediante el proceso fluorescente.

El material para los reveladores en suspensión se suministra como polvo seco, al cual se le adiciona agua, por lo general en porciones de 50 a 150 gramos de polvo por litro de agua. Antes de secarse sobre la superficie de la pieza, la película del revelador debe poseer, en general, las mismas características del revelador seco; esto es, la habilidad de absorber el penetrante que emerge de la discontinuidad.

Reveladores

Reveladores en suspensión no acuosa

Reveladores en suspensión no acuosa.- La técnica de la suspensión en solvente es un medio efectivo para proporcionar una capa ligera de revelador sobre la superficie, ya que los solventes usados son de secado rápido.

El solvente puede disolver o no al penetrante. En ocasiones, puede servir como solvente parcial para los penetrantes coloreados visibles. Tiene la función de ayudar a extraer el penetrante de la discontinuidad y lo disuelve dándole mayor movilidad y producido una indicación del penetrante más grande y clara.

En superficies rugosas, este tipo de reveladores no es adecuado, ya que extrae todo indicio de penetrante de la superficie.

Los reveladores suspendidos en solventes, generalmente se emplean para mostrar discontinuidades muy finas. Si el rociado se hace en forma rápida y ligera sobre la superficie, el penetrante es extraído de las discontinuidades, pero su difusión es minimizada por la rápida evaporación del solvente. Los solventes utilizados con mayor frecuencia son el alcohol o los solventes clorinados, que tienen la ventaja de no ser inflamables.

Reveladores

Reveladores en suspensión no acuosa

El keroseno se emplea con menor frecuencia por ser tóxico y altamente inflamable. La figura 3.12 muestra esquemáticamente la formación de la película del revelador por los diferentes tipos de reveladores.

VENTAJAS Y LIMITACIONES DE LOS REVELADORES EN SUSPENSIÓN.

Pueden aplicarse mediante inmersión o por rociado. Debe tenerse especial cuidado de que las suspensiones estén perfectamente bien agitadas para conservar las partículas en suspensión. Sin lo anterior no es posible controlar el espesor de la capa, lo que es de gran importancia para asegurar una inspección uniforme.

La principal ventaja del revelador no acuoso es que la evaporación del solvente es más rápida, por lo que no se requiere de hornos de secado. Es recomendable en superficies largas y lisas como las alas de avión; ya que su rápido secado mejora la tersura superficial del revelador. Este tipo de revelador no se recomienda para rociado electrostático.

Reveladores

Los reveladores no acuosos no tienen problemas de congelación, pero sí de evaporación; sobre todo si se tienen en tanques para inmersión. Este problema se reduce al aplicarlo por rociado en cualquiera de sus variantes.

La aplicación del revelador en suspensión se realiza después del lavado y antes del secado. Posteriormente, las piezas se colocan en el secador; las superficies secas se cubren uniformemente con una capa fina de revelador, reduciéndose considerablemente el tiempo de revelado, ya que el calor del secado ayuda a extraer el penetrante. Con la película de revelador distribuida uniformemente, la acción de revelado se efectúa de manera más eficiente. Las ventajas de emplear revelador en suspensión acuosa se aprecian mejor cuando se utiliza equipo automático de inspección, ya que las canastas portadoras de piezas o partes individuales pueden recubrirse. Puesto que el líquido de suspensión es agua, se tienen dificultades al operar el equipo a temperaturas inferiores a la temperatura de congelación. Si se realizan inspecciones en lugares con altas temperaturas, se debe prevenir la evaporación del agua.

Reveladores

Los reveladores no acuosos no tienen problemas de a la temperatura de congelación. Si se realizan inspecciones en lugares con altas temperaturas, se debe prevenir la evaporación del agua. La remoción del revelador se realiza mediante un lavado con agua, ya sea por rociado de agua caliente o por lavado mecánico utilizando detergentes.

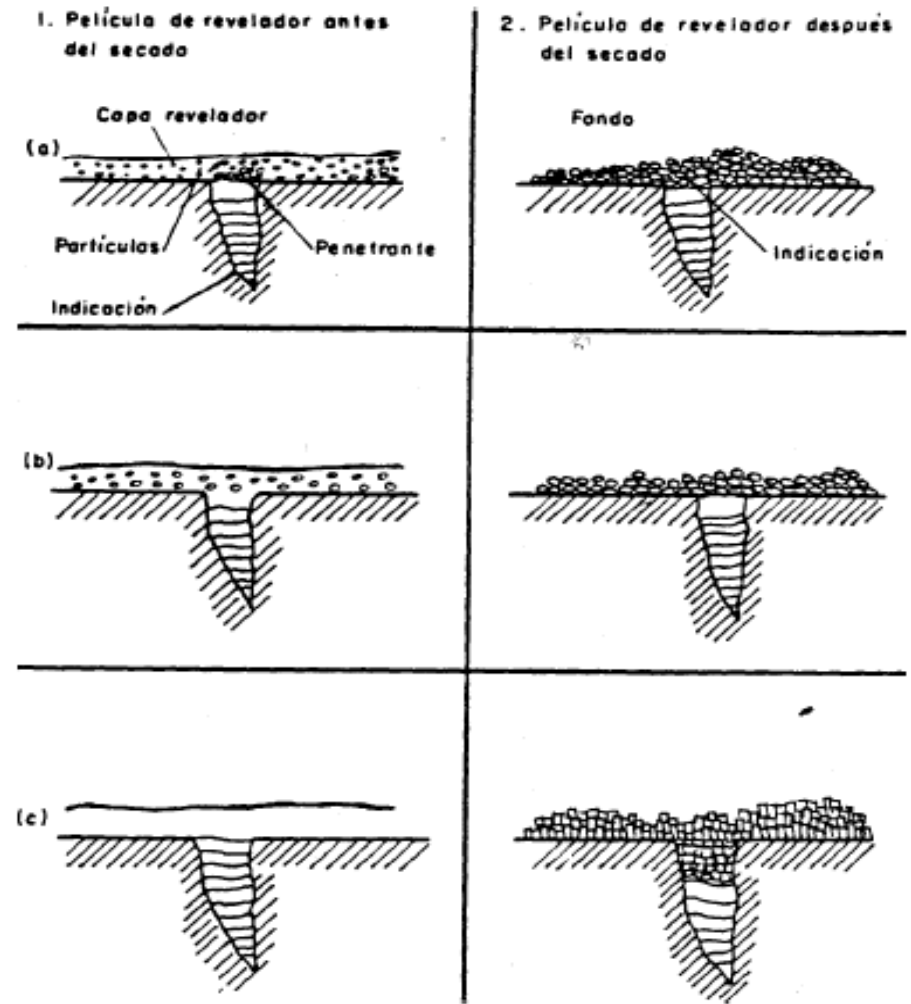


FIGURA 3.12

Reacción del penetrante con el revelador.

a) Revelador no acuoso b) Suspensión acuosa c) Suspensión no acuosa

Reveladores

Sensibilidad de los Reveladores.

Cada tipo de revelador posee ciertas ventajas respecto a su sensibilidad bajo ciertas condiciones. Estudios de laboratorio han demostrado que el revelador en suspensión es ligeramente menos sensible que el revelador seco, sobre todo al mostrar los límites de las indicaciones.

La sensibilidad del revelador en suspensión puede ser afectada seriamente, si el espesor de la capa aplicada tiende a ser muy gruesa, razón por la cual es necesario mantener la concentración adecuada de las suspensiones.

Iluminación durante la Inspección.

Después de un tiempo determinado en el que actúa el revelador, se procede a la inspección de la muestra; esto se lleva a cabo observando el contraste de color entre el penetrante extraído de la discontinuidad y la superficie de fondo figura 3.13.

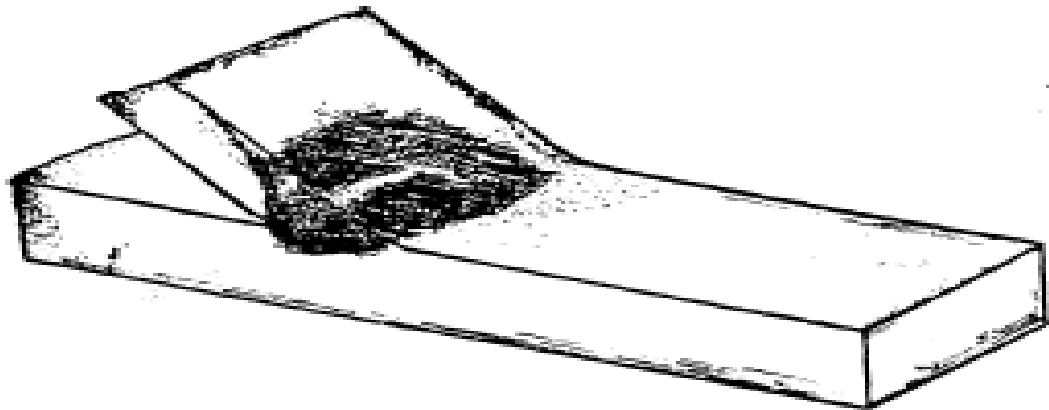


FIGURA 3.13
Indicación de penetrante fluorescente en una grieta en soldadura.

Iluminación durante la Inspección.

La iluminación empleada en la inspección está determinada por el proceso utilizado; cuando el método utilizado es el de penetrante visible, la inspección se efectúa bajo luz normal; para el método de penetrantes fluorescentes, la observación se realiza en un cuarto oscuro bajo luz ultravioleta.

Para asegurar la máxima eficiencia en la inspección, el operador debe entrar al área oscura minutos antes de la inspección, a fin de acostumbrarse a las condiciones de iluminación.

Debido a que los resultados obtenidos en la inspección por cualquiera de los métodos de líquidos penetrantes dependen en gran parte de la capacidad del técnico para observar las indicaciones, la iluminación empleada en la inspección visual es de gran importancia.

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Normal (“Blanca” o Visible).

Las fuentes de luz normal utilizadas en las pruebas de inspección con penetrantes visibles no difieren de las empleadas en otras aplicaciones de inspección visual.

Algunos medios de iluminación son:

- Luz solar.
- Lámparas incandescentes.
- Lámparas fluorescentes.
- Lámparas de vapor de mercurio.

Iluminación durante la Inspección.

Niveles de Iluminación para el Penetrante Visible.

La intensidad de la iluminación está determinada por la naturaleza de la inspección a realizar. Para discontinuidades densas o gruesas, donde las indicaciones son grandes, por lo general es suficiente un nivel de iluminación de 300 a 550 luxes (30-50 candelas-pie) sobre la superficie de la muestra.

Para inspecciones críticas, se requieren intensidades mayores, donde los niveles de iluminación deben estar en el rango de 1000 luxes (100 candelas-pie).

Respuesta del Ojo Humano a la Luz Normal y a la Luz Cromática.

La agudeza visual del técnico al emplear luz normal se reduce conforme disminuye el nivel de iluminación; además de que la brillantez del área circunvecina a la superficie a inspeccionar también afecta la observación visual.

Iluminación durante la Inspección.

Empleo de luz Ultravioleta en la Inspección con Penetrantes Fluorescentes

Para obtener mejores resultados, la inspección de las indicaciones fluorescentes debe efectuarse en un área de inspección o más oscura posible, puesto que de esta manera las indicaciones fluorescentes aparecerán con mayor brillantez. Esto es particularmente importante cuando la inspección se lleva a cabo en piezas que presentan indicaciones muy finas, como pueden ser las producidas por grietas, que sólo pueden atrapar pequeñas cantidades de penetrante. Es recomendable cuidar que el área de inspección esté libre de materiales fluorescentes que puedan interferir con la inspección.

Si el penetrante ha contaminado el área de inspección, la mesa de trabajo o las manos del técnico, se creará una fluorescencia de fondo que puede distraer la atención del Inspector al momento de analizar las indicaciones de las discontinuidades.

Adaptación visual a la oscuridad.

El ojo normalmente se habitúa por sí mismo a los cambios de intensidad luminosa por medio de la variación del diafragma de la pupila y por el aclaramiento del humor vítreo.

Iluminación durante la Inspección.

Adaptación Visual a la Oscuridad

El ojo normalmente se habitúa por sí mismo a los cambios de intensidad luminosa por medio de la variación del diafragma de la pupila y por el aclaramiento del humor vítreo.

Esta adaptación es un ajuste natural en la visión normal y no es un factor peculiar de la inspección con penetrantes fluorescentes.

Sin embargo, el cambio de un área iluminada a un área oscura requiere al menos de un minuto para que los ojos del técnico se acostumbren a la oscuridad.

Por otra parte, el tiempo requerido para la adaptación de los ojos a la oscuridad suele aumentar en función de la edad del técnico. Es una práctica conveniente que se adapte antes de la observación de las indicaciones y que evite el cambio constante de un área oscura a una iluminada, sin tiempo suficiente para que los ojos se adapten. ***La práctica general recomienda un tiempo de adaptación no menor a 5 minutos.***

Iluminación durante la Inspección.

Respuesta del Ojo Humano a la Luz Ultravioleta

La luz ultravioleta es una radiación electromagnética localizada en la región de 3,200 a 4,000 Angstroms, por lo que se observa que se encuentra justamente por debajo del rango de la luz visible y es parte del ultravioleta, el cual se extiende hasta aproximadamente 1,000 Angstroms de longitud de onda. La figura 3.14 muestra la posición relativa de esta radiación en el espectro electromagnético.

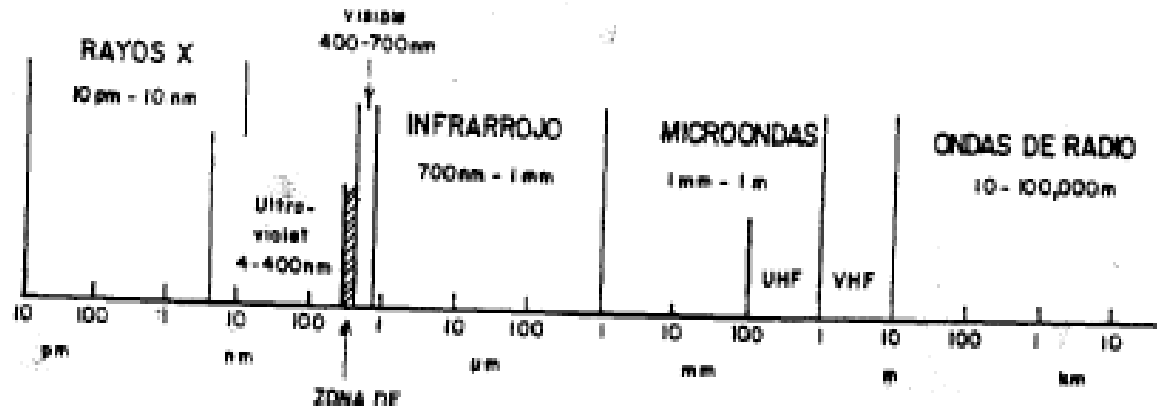


FIGURA 3.14

Posición relativa de la radiación ultravioleta en el espectro electromagnético

Iluminación durante la Inspección.

Respuesta del Ojo Humano a la Luz Ultravioleta

El ojo humano es relativamente insensible a la luz ultravioleta, particularmente si se tiene presente luz normal; aunque, en ausencia de esta, la sensibilidad del ojo se incrementa y pueden ser visibles grandes cantidades de luz ultravioleta, principalmente de longitud de onda cercana al violeta y al azul.

En una cabina de inspección, normalmente no se alcanza la oscuridad total, debido a que la fuente de luz empleada para producir luz ultravioleta también produce en pequeñas cantidades luz visible, azul y violeta. Se ha demostrado que la luz ultravioleta en el rango de longitud de onda normalmente usado para propósitos de inspección no causa daños a las personas expuestas; no obstante, se recomienda el uso de filtros para este tipo de iluminación. La longitud de onda de 365nm está fuera del rango donde regularmente se llevan a cabo los efectos fisiológicos. Tales efectos dañan los ojos causando dermatitis y destrucción del tejido; pero no son evidentes hasta que la longitud de onda se reduce hasta aproximadamente 320nm. En este rango, los efectos son severos.

Iluminación durante la Inspección.

Respuesta del Ojo Humano a la Luz Ultravioleta

Mientras que la luz ultravioleta no dañe permanentemente al ojo, algunas de las capas del globo ocular exhiben fuertes tendencias a fluorescer. Si la fuente de iluminación es colocada de tal forma que la luz se refleje o caiga directamente sobre los ojos del operador, la fluorescencia del globo ocular disminuirá la efectividad del técnico

Iluminación durante la Inspección.

Interferencia de la iluminación visible durante la inspección con luz ultravioleta

La intensidad de luz normal en un área de inspección provoca que la observación de las indicaciones fluorescentes sea difícil, requiriéndose de mayor intensidad de luz ultravioleta para detectar las indicaciones fluorescentes.

Se han realizado experimentos con el fin de adaptar las intensidades de luz normal y de luz ultravioleta y obtener con ello mejores resultados, como puede observarse en las Tablas 1 y 2 de los Anexos.

La intensidad de luz ultravioleta sobre la superficie de inspección puede modificarse ajustando la distancia entre la fuente de luz ultravioleta y la superficie.

Una lámpara de luz de 100W, con un filtro adecuado, produce 5.5W/m de intensidad, a 45 cm de la superficie del artículo inspeccionado. Al reducir la distancia a 5 cm, se incrementa la intensidad a 60 W/m²

Iluminación durante la Inspección.

Selección de los Niveles de Iluminación

La cantidad de luz ultravioleta necesaria para cualquier trabajo depende de su aplicación en particular; por lo tanto, es preferible establecer límites específicos mediante ensayos para cada trabajo, ya que de esta manera se pueden dar consideraciones apropiadas a todas las variables. Los factores que influyen sobre la intensidad requerida de luz ultravioleta en la superficie a inspeccionar son:

- **La naturaleza de la superficie a Inspeccionar.**
- **La luz normal que penetra en la cabina.**
- **La cantidad y la ubicación de los materiales fluorescentes cercanos al técnico.**
- **La rapidez con la que se lleva a cabo la inspección.**
- **El tamaño y el tipo de la Indicación buscada.**

Para la selección de la intensidad de la luz ultravioleta, pueden utilizarse dos axiomas: a) A menor nivel de luz normal, se obtiene un mejor contraste, incrementándose la detección de las indicaciones pequeñas. b) A mayor intensidad de luz ultravioleta aplicada, mejora la detección de las discontinuidades mínimas.

La relación de intensidades de la luz ultravioleta entre la luz normal debe ser de 10 a 1 para obtener la visibilidad requerida en la inspección.

Iluminación durante la Inspección.

Inspección con Penetrantes Fluorescentes en Aéreas con Luz Normal Tenue.

El mejoramiento de los líquidos penetrantes fluorescentes actuales hace posible realizar inspecciones en áreas en donde no existe completa oscuridad, ya que las indicaciones con alto brillo, grandes y medianas pueden detectarse con luz normal. Por consiguiente, no siempre son necesarias las áreas de inspección extremadamente oscuras y con altos niveles de luz ultravioleta, aunque éstas son de gran utilidad para facilitar la inspección. De cualquier manera, las indicaciones pequeñas pueden detectarse únicamente en una cabina de inspección con una intensidad de luz no mayor del 10 luxes (1 pie candela) de luz normal y manteniendo la pieza a 5 o 10 cm de una fuente de arco de vapor de mercurio de 100 watts, que produce una intensidad entre 150 y 180 w/m^2 sobre la pieza.

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Ultravioleta

Los materiales fluorescentes usados en líquidos penetrantes, generalmente responden a una energía radiante con una longitud de onda de aproximadamente 3,650 Angstroms. Esta longitud de onda corresponde al rango azul o violeta del espectro, que se encuentra a un lado del ultravioleta. Se conocen cinco fuentes de luz ultravioleta que son:

- Lámparas incandescentes.
- Arcos metálicos o de carbón.
- Lámparas fluorescentes tubulares (*BL*).
- Lámparas de arco con vapor de mercurio.
- Lámparas fluorescentes tubulares (*BLB*).

Las dos primeras fuentes no son prácticas para emplearse en inspección. Las lámparas fluorescentes tubulares *BL* tienen una potencia de salida pobre y sólo se utilizan para aplicaciones especiales, por lo cual sólo serán descritas las lámparas de arco de vapor de mercurio y las de tipo tubular fluorescentes con descarga fría (*BLB*).

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Ultravioleta

Lámparas de Vapor de Mercurio.

En la figura 3.15 se muestra el esquema de una lámpara de arco con vapor de mercurio que está constituida por:

- Un tubo o cartucho de cuarzo o de vidrio (parte MC de la figura), donde se localiza el vapor de mercurio.
- Dos electrodos (E1 y E2) para el tránsito de la corriente, que forma el arco y se transporta a través del tubo de cuarzo.
- Un electrodo auxiliar de encendido (E3).
- Un resistor (R).
- Cápsula o bulbo protector (B), dentro del que se localizan todos los elementos mencionados. Dependiendo del diseño, esta cápsula puede estar sellada al vacío o contener un gas inerte.

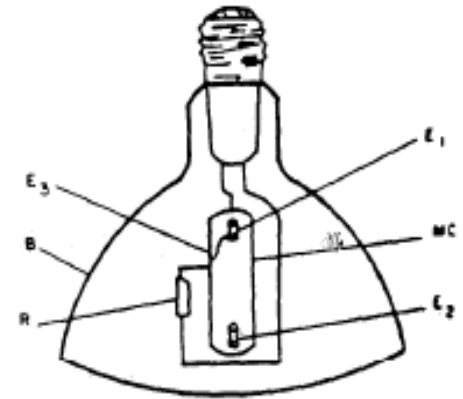


FIGURA 3.15
Esquema de una lámpara de vapor de mercurio.

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Ultravioleta

La lámpara se alimenta por un transformador o un regulador de corriente. El funcionamiento de la lámpara se realiza mediante el electrodo auxiliar (E3). Se produce un pequeño arco inicial, cuya corriente está limitada por la resistencia de arranque (R), provocando la ionización, para establecer el arco entre los dos electrodos principales (E1, E2). ***El proceso de encendido requiere aproximadamente 5 minutos, al cabo de los cuales se alcanza el nivel máximo de emisión.***

La cápsula de cuarzo (B) permite el paso de luz visible y de luz ultravioleta. El espectro emitido es controlado por el diseño y fabricación de la lámpara. Para presiones de 100 atmósferas, el espectro es más o menos continuo sobre un amplio rango de longitudes de onda; pero a presiones menores de 10 atmósferas, la salida está principalmente en el rango del visible y del ultravioleta.

Este tipo de lámparas requiere de una cubierta y accesorios para sostener el filtro, prevenir fugas de luz y permitir al técnico dirigir el haz hacia el área a inspeccionar.

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Ultravioleta

Ventajas de las lámparas de arco con vapor de mercurio:

- Alto nivel de emisión.
- Longitud de onda constante.
- De fácil aplicación en áreas restringidas.

Limitaciones de las lámparas de arco con vapor de mercurio:

- Alto costo.
- Requieren de un tiempo de calentamiento.
- Son muy sensibles a las fluctuaciones de voltaje.
- Con el tiempo se reduce la intensidad de emisión.
- Requieren de protecciones especiales por la alta temperatura de operación.

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Ultravioleta

Lámparas de tipo tubular fluorescente con descarga fría (*BLB*).

El segundo tipo de fuentes de luz ultravioleta utilizadas en la inspección son los tubos fluorescentes de luz ultravioleta. Se fabrican con capacidades de 2 a 60 watts. Estas lámparas producen una descarga de vapor de mercurio luminiscente de baja presión. Su radiación primaria consiste en una longitud de onda de 253.7nm. (2,537 Angstroms), que se utiliza para excitar el recubrimiento especial del interior del tubo, compuesto por cesio activado, fosfato de calcio y fósforo. Cuando se activa el fósforo mediante la acción de la luz ultravioleta, radia energía de este tipo que oscila entre 320 y 440nm, con un valor máximo de 360nm.

Los filtros reducen ampliamente la luz ultravioleta emitida, pero dejan pasar una considerable cantidad de luz azul visible. La figura 3.16, en la página anterior, muestra el espectro de emisión del bulbo fluorescente de luz ultravioleta, comparado con el espectro de emisión de la lámpara de arco de mercurio de alta presión

Iluminación durante la Inspección.

Fuentes de Luz Ultravioleta

Ventajas de las lámparas de tipo tubular fluorescente con descarga fría:

- Encendido rápido.
- Operación de inspección en frío.
- Bajo costo.
- Generalmente empleada en la inspección de piezas pequeñas.
- Prácticas y portátiles.
- Eficiente al trabajar con corriente eléctrica.

Limitaciones de las lámparas de tipo tubular fluorescente con descarga fría:

- Emiten cantidades razonables de luz ultravioleta, pero debido a su configuración no pueden ser enfocadas fácilmente sobre el área o superficie de la pieza a inspeccionar.

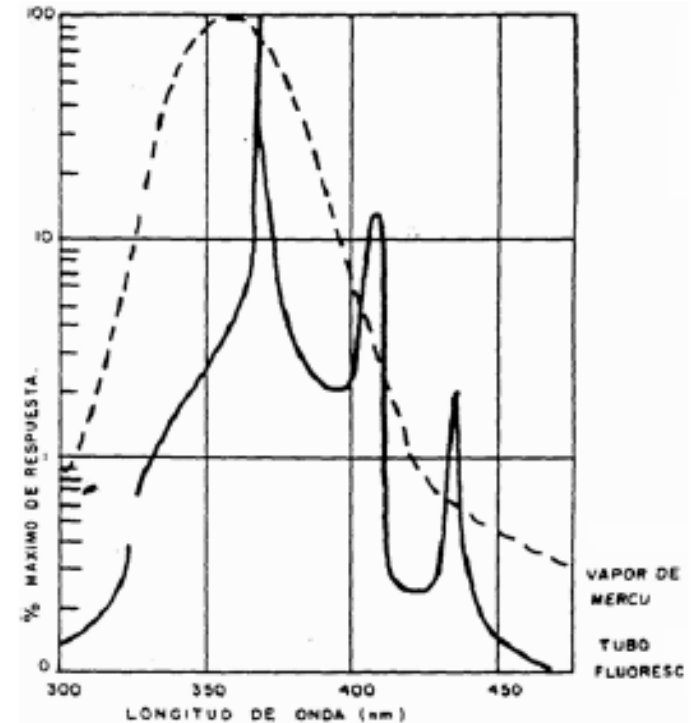


FIGURA 3.16
Espectro de emisión de una lámpara de vapor de mercurio y una tipo tubular fluorescente.

Iluminación durante la Inspección.

Equipo para la Medición de Luz Ultravioleta

La luz ultravioleta se mide en unidades de energía por unidad de tiempo (watts). La salida total de luz ultravioleta puede medirse en watts o fracciones de watt. La medición de la intensidad de luz ultravioleta requiere del uso de un instrumento especial calibrado en watts por metro cuadrado o en microwatts por centímetro cuadrado.

Un ejemplo de este tipo de equipo es el medidor J-221 de Tiede, que responde solamente a la luz ultravioleta. La escala se extiende hasta 5,000 mW/cm². Está equipado con dos accesorios: una pantalla multiplicadora y una extensión. La pantalla multiplicadora es una placa metálica perforada que transmite del 20 al 30% de la luz que incide sobre ella, extendiéndose el rango del medidor hasta 5 veces más la cantidad máxima normal de luz.

Debido a que la pantalla no se encuentra calibrada, el técnico debe determinar su factor de corrección, mediante el siguiente procedimiento:

Iluminación durante la Inspección.

Equipo para la Medición de Luz Ultravioleta

- Colocar el indicador bajo la acción de la fuente de luz ultravioleta cuya intensidad causa que la aguja indicadora se desvíe cerca del punto máximo de la escala.
- Leer la posición de la aguja sobre la escala del indicador.
- Colocar la pantalla multiplicadora sobre el elemento sensible del medidor, sin mover el medidor de haz de luz ultravioleta.
- Leer nuevamente la posición de la aguja sobre la escala.
- La lectura más alta obtenida se divide entre la lectura más baja para conseguir el factor de corrección del equipo cuando se utilice la pantalla. Todas las lecturas deben multiplicarse por este factor para obtener los valores correctos de la intensidad de luz ultravioleta.

Iluminación durante la Inspección.

Especificaciones de Intensidad para Inspección Fluorescente

Los medidores de intensidad de luz ultravioleta emplean como unidades los watts por metro cuadrado (W/m^2). Las especificaciones para los niveles aceptables de intensidad de luz ultravioleta, en inspecciones de indicaciones con penetrantes fluorescentes, han cambiado de candelas-pie a unidades del sistema internacional ($watts/cm^2$); por ejemplo, la especificación militar sobre procesos de inspección para el método con penetrantes, establece una intensidad de $1000 \mu W$ por cm^2 como mínima y una intensidad máxima de luz visible en el área de inspección de 32 luxes (3 candelas-pie).

Iluminación durante la Inspección.

Conversión de Unidades

Muchos medidores de intensidad de luz ultravioleta están calibrados en unidades de microwatts por centímetro cuadrado ($\mu\text{W}/\text{cm}$). Estas unidades pueden ser convertidas a unidades del sistema internacional (watts por metro cuadrado) mediante la siguiente relación:

$$\mathbf{W/m^2 = 100x \mu\text{watts}/\text{cm}^2}$$

Invirtiendo la relación se tendrá el cálculo de la intensidad en microwatts por centímetro cuadrado, a partir de valores de intensidad de luz ultravioleta dados en unidades del sistema internacional (watts por metro cuadrado):

$$\mathbf{\mu\text{watts}/\text{cm}^2 = 0.01 \times \text{W}/\text{m}^2}$$

Iluminación durante la Inspección.

Mantenimiento de la Luz Ultravioleta

Finalmente, una vez establecido el nivel de iluminación para una inspección particular, es importante observar ciertas precauciones para asegurar que se mantiene el nivel de iluminación adecuado. Varios factores pueden afectar la potencia de salida de la luz de un bulbo de luz ultravioleta; por lo tanto, se debe usar un medidor para verificar y mantener el buen funcionamiento del bulbo o lámpara.

Ciertas pruebas y experimentos demuestran que la potencia de salida disminuye gradualmente con el tiempo de uso de la lámpara de luz ultravioleta. Cuando las intensidades caen por debajo de los niveles aceptados, se debe corregir la situación, ya sea acercando la lámpara a la superficie de inspección o definitivamente cambiándola. La pérdida de potencia se debe a la decoloración del cartucho o del recipiente exterior. En ocasiones esta reducción puede ser hasta de un 50% en potencia. Si se usa el filtro de vidrio y los reflectores son externos, se pueden depositar fácilmente polvo y aceite en ellos, lo que da lugar a una reducción de la intensidad de la luz sobre la superficie de trabajo en un 50% o más.

CUESTIONARIO TERCERA LECCIÓN PT

1. ¿Cómo son los penetrantes?
2. ¿Cuáles son las propiedades físicas de los penetrantes?
3. ¿Cuáles son los metodos de líquidos penetrantes?
4. ¿Cuáles son los tipos de líquidos penetrantes?
5. ¿Cómo son los penetrantes visibles?
6. ¿Cómo son los penetrantes pos emulsificable?
7. ¿Cómo son los emulsificantes lipofilicos?
8. ¿Cómo son los emulsificantes hidrofílicos?
9. ¿Cual es la tabla comparativa de los hidrófilicos y los lipofilos?
10. ¿Cuales son los reveladores, cuanto tipos y como es la iluminación para cada tipo?