ENSAYOS NO DESTRUCTIVOS: LIQUIDOS PENETRANTES.

1. DEFINICIÓN Y FUNDAMENTOS DEL ENSAYO.....2

2. TÉCNICA DE INSPECCIÓN. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO CON LÍQUIDOS PENETRANTES.....3

2.1. Preparación y limpieza previa. 3

2.2 Aplicación del líquido penetrante. 4

Tipos de líquidos penetrantes.

Tiempo de penetración.

Características generales de los líquidos penetrantes.

Propiedades físicas de los líquidos penetrantes.

2.3. Eliminación del exceso de penetrante. 6

2.4. Aplicación del revelador 6

2.5. Inspección para interpretación y evaluación de las indicaciones. 7

2.6. Limpieza final. 7

3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES. 7

1. DEFINICIÓN Y FUNDAMENTOS DEL ENSAYO.

El ensayo por líquidos penetrantes es un método de ensayo no destructivo que permite la determinación de discontinuidades superficiales en materiales sólidos no porosos. El procedimiento está limitado a discontinuidades que se encuentren abiertas a la superficie, si por el contrario el defecto es subsuperficial no se puede detectar usando esta técnica.

El procedimiento se basa en que la aplicación de un líquido aplicado sobre la superficie limpia de la pieza penetre en las discontinuidades que afloran a la superficie debido al efecto capilar, de forma que, al limpiar el exceso de líquido de la superficie, quede solamente el líquido introducido en las discontinuidades. Al salir posteriormente ese líquido, ayudado normalmente por la acción de un agente denominado revelador, señala sobre la superficie las zonas en las que existen discontinuidades.

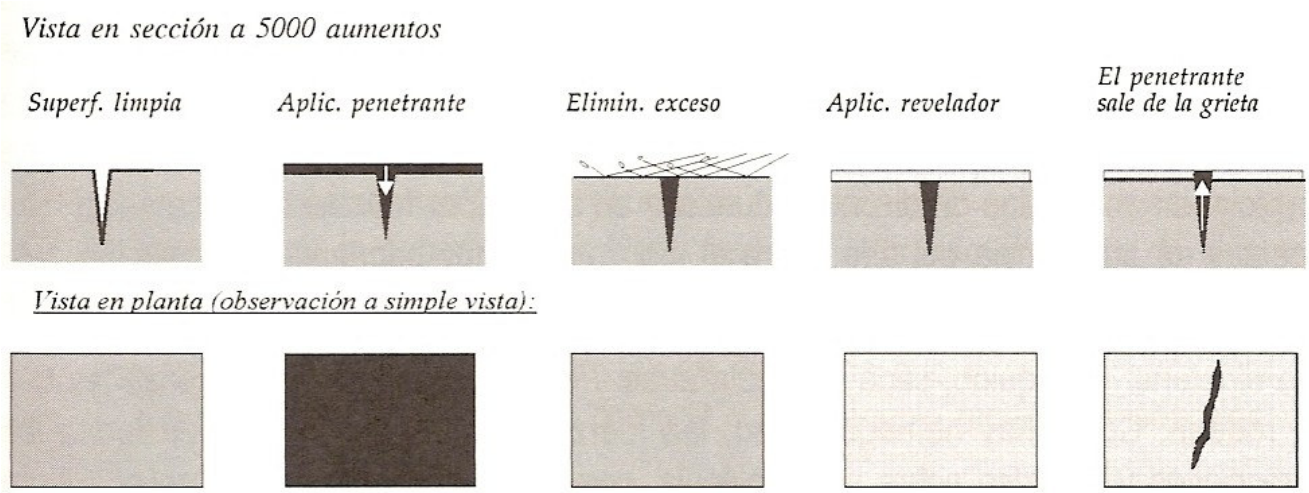


Figura1: Fundamento del ensayo por líquidos penetrantes.

El campo de aplicación más frecuente de estos ensayos es la inspección de metales no ferromagnéticos (aluminio y sus aleaciones, aceros inoxidables, cobres, bronces, latones, etc) Los metales ferromagnéticos (aceros al carbono y aleados, etc) también se pueden inspeccionar por líquidos penetrantes pero normalmente suele ser más ventajoso emplear el método de ensayo no destructivo de partículas magnéticas, que es mucho más sensible en estos materiales.

En comparación con otros métodos de END la aplicación práctica del ensayo, en general, es menos compleja y no requiere el empleo de equipos complicados o costosos. No significa esto que su ejecución se pueda realizar de forma menos cuidadosa. De hecho este ensayo es uno de los más antiguos y ya se llevaba a cabo en los talleres a principios de siglo XX, se cubrían las piezas con aceite y pasadas unas horas, tras limpiarlas y secarlas, se cubrían con lechada de cal, como indicación de la grieta se obtenía una mancha oscura sobre el fondo blanco de cal. El procedimiento permitía detectar grietas grandes, pero no resultaba adecuado para las pequeñas y presentaba el inconveniente de falta de uniformidad en los resultados. El mayor conocimiento de los principios físicos que intervienen en el proceso con líquidos penetrantes unido a las exigencias crecientes del nivel de calidad, ha llevado al perfeccionamiento del método. Hoy en día se dispone en el mercado de productos penetrantes que consiguen aumentar la sensibilidad, mejorar la calidad de la imagen de la indicación, disminuir el tiempo de ensayo o su uso en rangos de temperaturas diferentes a la ambiental.

2. TÉCNICA DE INSPECCIÓN. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO CON LÍQUIDOS PENETRANTES.

La realización del ensayo requiere efectuar secuencialmente las siguientes operaciones:

1. Preparación y limpieza previa de la superficie a ensayar.
2. Aplicación del líquido penetrante, tiempo de penetración.
3. Eliminación del exceso de penetrante de la superficie de ensayo.
4. Aplicación del revelador.
5. Inspección para interpretación y evaluación de las indicaciones.
6. Limpieza final.

2.1. PREPARACIÓN Y LIMPIEZA PREVIA.

Antes de aplicar el líquido penetrante se debe eliminar de la superficie cualquier elemento contaminante que pudiera dificultar, o incluso interferir, tanto en la penetración del líquido penetrante como en las indicaciones. La presencia en la superficie de la pieza de agua, aceites, restos de ácidos o álcalis, restos de recubrimientos como pinturas o barnices, óxidos u otras suciedades que se adhieren a la superficie, podría impedir la humectación y penetración tapando la apertura a la superficie de las discontinuidades, o podría incluso reaccionar químicamente con el penetrante, o absorberlo produciendo indicaciones falsas. La elección de la técnica de limpieza adecuada dependerá pues del tipo de contaminante a eliminar. Las técnicas de limpieza recomendadas son:

1. Limpieza con detergentes. Los detergentes son compuestos no inflamables solubles en agua. Pueden ser alcalinos, ácidos o neutros, pero siempre tienen que ser no corrosivos para el material de las piezas. Es una técnica que se emplea principalmente para eliminar la suciedad de piezas pequeñas que se sumergen en tanques. El tiempo de limpieza adecuado es de 10 a 15 minutos, a temperaturas entre 75 ºC y 95 ºC, con agitación del líquido.
2. Limpieza con disolvente. Consiste en aplicar el disolvente directamente sobre la superficie, puede frotarse con trapos o papeles o bien sumergirse la pieza en tanques de disolvente durante un tiempo hasta la desaparición de la suciedad.
3. Limpieza con limpiadores alcalinos. Son soluciones no inflamables y solubles en agua y contienen detergentes especialmente seleccionados para eliminar varios tipos de suciedad. La soluciones alcalinas en caliente pueden eliminar además óxidos. Estos productos se tienen que usar siguiendo las instrucciones del fabricante.
4. Limpieza con vapor desengrasante. Es la técnica más efectiva de limpieza de aceites, grasas y otros contaminantes orgánicos, sin embargo no sirve para eliminar contaminantes inorgánicos.
5. Limpieza por ultrasonidos. Esta técnica mejora la acción de la limpieza con disolvente o alcalina mediante la agitación por ultrasonidos del baño, con lo que se consigue reducir el tiempo de limpieza.
6. Limpieza con decapantes. Son productos que se emplean para eliminar la pintura de la superficie a ensayar. El tipo de decapante ha de ser el adecuado para la pintura a eliminar.

7. Limpieza por medios mecánicos. Consiste en el empleo de cepillos de alambre, chorreado de arena, granallado, rascado, etc. En general no son recomendables dado que pueden hacer que se cierren las discontinuidades superficiales. No obstante, se utilizan en las industrias de calderería y fundición para el ensayo de piezas en bruto, sin mecanizar, en las que los defectos buscados son de un tamaño tal que no se considera que este tipo de limpieza pueda anular su detección, además hay elementos contaminantes como escorias superficiales que en la práctica no se pueden eliminar por otros métodos. Antes de aplicar el líquido penetrante hay que preparar las superficies mediante ataque ácido.
8. Ataque ácido. Consiste en atacar la superficie metálica con una solución de ácido para eliminar cualquier metal que (procedente de rebabas del mecanizado, rectificado o procesos de conformado, o de una limpieza por medios mecánicos previa) tape las discontinuidades impidiendo la entrada del penetrante. Con el ataque ácido se consigue volver a abrir a la superficie las discontinuidades.

En la limpieza es muy importante que se hayan eliminado todos los restos de detergentes, limpiadores, disolventes o decapantes empleados. Así mismo es esencial que la superficie de las piezas se seque completamente después de la limpieza porque cualquier resto de líquido impedirá la entrada del penetrante. El secado puede realizarse en hornos de secado, con chorro de aire caliente o dejándolas secar a temperatura ambiente.

2.2 APLICACIÓN DEL LÍQUIDO PENETRANTE.

Una vez que la pieza está limpia y seca se aplica el líquido penetrante. Según el tamaño y número de piezas a inspeccionar, se puede aplicar: por inmersión (para piezas pequeñas o de tamaño medio, manualmente o en instalaciones automatizadas), por pulverización con aerosoles (en controles a pie de obra, inspecciones en laboratorios, inspecciones unitarias) o pulverización con una pistola acoplada a la red de aire comprimido (para grandes superficies o piezas grandes) y por brocha (por ejemplo cuando no se quiere cubrir una superficie mucho mayor que la que se va a ensayar).

Tipos de líquidos penetrantes.

El líquido penetrante debe tener necesariamente un color de contraste y en función de la fuente de luz que se precisa para observación de las indicaciones que proporciona el ensayo, se clasifican en:

- Liquidos penetrantes coloreados, contienen pigmentos que los hacen visibles con luz natural o artificial blanca. El color más utilizado es el rojo.
- Líquidos penetrantes fluorescentes, necesitan para su observación una iluminación especial llamada luz negra o ultravioleta.
- Líquidos penetrantes mixtos (fluorescentes- coloreados) mezcla de los dos anteriores.

Tiempo de penetración.

Un punto muy importante es establecer el tiempo que debe permanecer el penetrante sobre la superficie a inspeccionar, que será el necesario para que el líquido penetrante se filtre por una grieta, por pequeña que sea. Este tiempo se denomina tiempo de penetración y puede oscilar entre 5 y 60 minutos. El tiempo de penetración se establecerá en cada caso en función del material a ensayar, el tipo de discontinuidad a detectar (por ejemplo, cuanto más fina es una grieta mayor tiempo de penetración se requiere) y las recomendaciones del fabricante.

Características generales de los líquidos penetrantes.

La característica fundamental es su poder de penetración, no obstante son imprescindibles otras propiedades:

1. Capacidad para introducirse con facilidad en discontinuidades o grietas muy finas.
2. No evaporarse o secarse o demasiada rapidez.
3. Poder mantenerse en el interior de discontinuidades más anchas y poco profundas.
4. Que se pueda eliminar de la superficie con facilidad.
5. Permanecer en estado fluido para salir con facilidad al aplicar el revelador.
6. No ser corrosivo ni atacar al material de ensayo.
7. Otras características como no ser tóxicos o inflamables y lógicamente se económicamente rentables.

Propiedades físicas de los líquidos penetrantes.

El ensayo por líquidos penetrantes se basa fundamentalmente en que un determinado líquido (penetrante) tenga las características siguientes:

1. Capacidad humectante suficiente para mojar la superficie del material sólido que se desea inspeccionar y fluir sobre ella formando una película continua y uniforme.
2. Poder de penetración que le permita introducirse en las discontinuidades abiertas a la superficie y que normalmente no son visibles a simple vista.

Estas características dependen de las propiedades físicas del líquido principalmente poder humectante y capilaridad.

Poder humectante. Si tenemos una gota de líquido sobre una superficie sólida, las fuerzas de cohesión (las que mantienen a las moléculas del líquido unidas entre sí) y las fuerzas de adherencia (las que se establecen en la interfase entre dos sustancias distintas, líquido-sólido o líquido aire) determinan el ángulo de contacto o ángulo de mojado α.

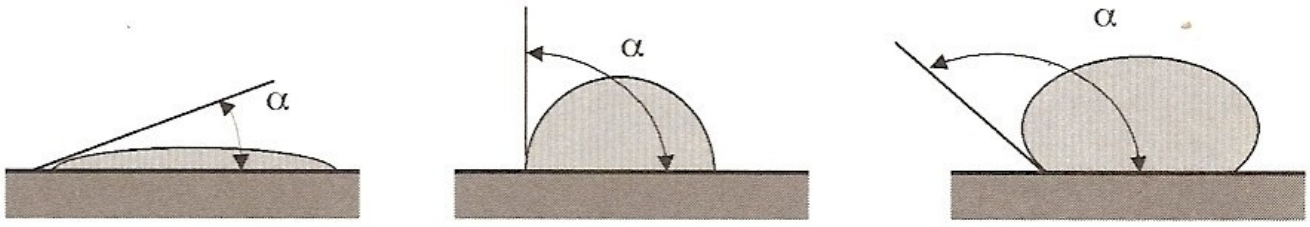
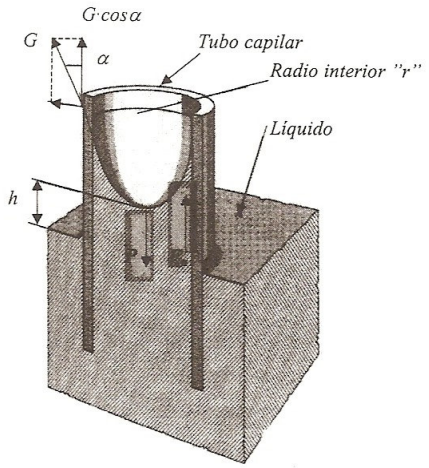


Figura 2: ángulo de mojado.

Si α es menor de 90º, el líquido moja la superficie y su poder humectante es bueno.

Si α es igual o mayor de 90º, el líquido no moja al sólido y su poder humectante es malo o muy malo.

Capilaridad: si se introduce un tubo de pequeño diámetro interior (tubo capilar) en un líquido puede ocurrir lo que se representa en la figura: a) α es menor de 90º, el líquido moja la superficie asciende por el tubo y forma un menisco cóncavo b) α es igual a 90º ó c) α es mayor de 90º, el líquido no moja la superficie, desciende por el tubo y su menisco es convexo.



2.3. ELIMINACIÓN DEL EXCESO DE PENETRANTE.

Una vez aplicado el penetrante y transcurrido el tiempo de penetración es necesario eliminar todo el exceso de penetrante (para tener la seguridad de que no se formarán indicaciones falsas) pero de forma que no se extraiga el penetrante introducido en los defectos. El modo de hacerlo dependerá del tipo de líquido penetrante usado. En función de la forma de eliminar de la superficie el exceso de penetrante se clasifican en:

- Líquidos penetrantes lavables con agua (autoemulsionables)
- Líquidos penetrantes postemulsionables, para su eliminación se requiere una etapa intermedia en la que se aplica un emulsionante, la mezcla penetrante-emulsionante ya se puede eliminar por lavado con agua.
- Líquidos penetrantes eliminables con disolventes, el producto se denomina eliminador y normalmente son particularmente formulados por cada fabricante para la eliminación de su producto penetrante.

2.4. APLICACIÓN DEL REVELADOR

El revelado es la operación que hace visible el defecto al ojo humano. Actúa como un papel secante que extrae el líquido de la discontinuidad o defecto superficial y contribuye a aumentar la visibilidad de las indicaciones por ser de un color opuesto al penetrante y proporcionar un fondo sobre el que contrasta el color del penetrante (generalmente blanco). Los reveladores pueden ser:

- Reveladores de polvo seco. Como primeros reveladores se usaron yeso o talco en forma de polvo muy fino que aún hoy se utilizan aunque existen otros productos que proporcionan mejores resultados.
- Reveladores acuosos, partículas de polvo seco para preparar en suspensión acuosa.

- Reveladores no acuosos, polvo revelador en suspensión en un disolvente orgánico volátil, envasado en botes de aerosol que se aplica por pulverización.

La aplicación del revelador debe hacerse de forma que se obtenga una capa muy fina y uniforme sobre la superficie a examinar. Se aplica según el tipo espolvoreándolo, por inmersión o por pulverización. El tipo de revelador y la forma de aplicación seleccionadas dependerán del número de piezas a examinar, el tamaño, si el proceso es manual o está automatizado, del acabado superficial de las piezas (se recomienda revelador seco para acabados rugosos y húmedo para acabado fino), etc.

2.5. INSPECCIÓN PARA INTERPRETACIÓN Y EVALUACIÓN DE LAS INDICACIONES.

En la fase de inspección para la observación de las indicaciones, que son los resultados que se obtienen del ensayo, sólo se requiere una buena iluminación si se usaron penetrantes que son visibles a la luz natural o blanca, con penetrantes fluorescentes sensibles a la luz ultravioleta se requerirá un equipo de luz negra y una cámara oscura. También en esta fase, las indicaciones hay que interpretarlas, es decir establecer la causa que la originó (por ejemplo, puede ser una grieta, un poro, falta de unión, etc.). La observación de la forma de las indicaciones junto con la experiencia y conocimientos del operador es lo que permite hacer dicha interpretación. Con este fin existen fotografías que se pueden utilizar como guía en la norma ASTM E 433 "fotografías de referencia para inspecciones por líquidos penetrantes". Es necesario tener en cuenta que pueden aparecer falsas indicaciones (es decir, aquella que no es causada por una discontinuidad o defecto en el material) generalmente debidas al incorrecto proceso de eliminación del exceso de penetrante.

2.6. LIMPIEZA FINAL.

Tras la inspección se realizará una limpieza final de la pieza para volverla a su estado original. Se utilizarán, en general, los mismos sistemas de limpieza establecidos en 2.1.

3. VENTAJAS Y LIMITACIONES DEL ENSAYO POR LÍQUIDOS PENETRANTES.

Ventajas:

- Es un ensayo no destructivo que permite ensayar toda la superficie de la pieza.
- No importa el tamaño o la forma de la pieza.
- No necesita equipos complejos o caros. En general, es un ensayo económico, de poco coste.
- Puede realizarse de forma automatizada o manual, en taller o en obra.
- Puede realizarse donde no hay suministro de electricidad o agua.
- Se puede aplicar a una amplia gama de materiales.

Limitaciones:

- Sólo detecta discontinuidades abiertas a la superficie y no puede detectar discontinuidades subsuperficiales.
- No se puede aplicar a materiales porosos.
- Las superficies a ensayar tienen que estar completamente limpias (sin pinturas ni recubrimientos)