



NORMA MEXICANA

NMX-H-004-SCFI-2008

**INDUSTRIA SIDERÚRGICA-PRODUCTOS DE HIERRO Y
ACERO RECUBIERTOS CON CINC (GALVANIZADOS POR
INMERSIÓN EN CALIENTE)-ESPECIFICACIONES Y
MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-H-004-
1996-SCFI Y NMX-H-074-1996-SCFI).**

**SIDERURGICAL INDUSTRY-ZINC (HOT-DIP GALVANIZED)
COATINGS ON IRON AND STEEL PRODUCTS-SPECIFICATIONS
AND TEST METHODS**



NMX-H-004-SCFI-2008

PREFACIO

En la elaboración de la presente norma mexicana participaron las siguientes empresas e instituciones:

- ASOCIACIÓN MEXICANA DE GALVANIZADORES A.C. (AMEGAC).
- CÁMARA NACIONAL DE LA INDUSTRIA DEL HIERRO Y EL ACERO (CANACERO).
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD (CFE).
- FORJAS METÁLICAS S. A. DE C. V.
- GRUPO GALVANIZADOR S. A. DE C. V.
- INMERMEK GALVANIZACIÓN, S. A. DE C. V.
- INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE (IMT)
- INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (IPN)
- LABO MAECHELTECH S. A. DE C. V.
- LABORATORIO DE PRUEBAS DE EQUIPOS Y MATERIALES (LAPEM)
- MAECHELTECH S.A. DE C. V.
- SECRETARÍA DE ECONOMÍA
Dirección General de Normas (DGN)
- SISTTEMEX S.A. DE C. V.
- UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
Facultad de Química



INDICE

Número del Capítulo		Página
1	OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN	1
2	REFERENCIAS	2
3	DEFINICIONES	2
4	REQUISITOS GENERALES	4
5	TOMA DE MUESTRAS	5
6	PROPIEDADES DEL RECUBRIMIENTO	6
7	CERTIFICADO DE CONFORMIDAD	13
	APÉNDICE NORMATIVO A	14
	INFORMACIÓN A SUMINISTRAR POR EL CLIENTE AL GALVANIZADOR	
	APÉNDICE NORMATIVO B	15
	REQUISITOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD Y AL PROCESO	
8	VIGENCIA	16
9	BIBLIOGRAFÍA	16
10	CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES	18
	APÉNDICE INFORMATIVO C	19
	PROPIEDADES DE LAS PIEZAS A RECUBRIR QUE INFLUYEN SOBRE LOS RESULTADOS DE LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE	
	APÉNDICE INFORMATIVO D	25
	DETERMINACIÓN DEL ESPESOR	
	APÉNDICE INFORMATIVO E	27
	RECUBRIMIENTOS NO MAGNÉTICOS SOBRE SUSTRATOS MAGNÉTICOS-MEDICIÓN DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO-MÉTODO MAGNÉTICO	



NMX-H-004-SCFI-2008

INDUSTRIA SIDERÚRGICA-PRODUCTOS DE HIERRO Y ACERO RECUBIERTOS CON CINC (GALVANIZADOS POR INMERSIÓN EN CALIENTE)-ESPECIFICACIONES Y MÉTODOS DE PRUEBA (CANCELA A LA NMX-H-004-1996-SCFI Y NMX-H-074-1996-SCFI).

SIDERURGICAL INDUSTRY-ZINC (HOT-DIP GALVANIZED) COATINGS ON IRON AND STEEL PRODUCTS-SPECIFICATIONS AND TEST METHODS

1 OBJETIVO Y CAMPO DE APLICACIÓN

Esta norma mexicana especifica las propiedades generales y los métodos de ensayo de los recubrimientos aplicados mediante inmersión en caliente en zinc fundido (que no contenga más del 2,0 % de otros metales) sobre piezas y artículos diversos fabricados con hierro y acero. Esta norma no se aplica a:

- a) Las láminas y los alambres galvanizados en continuo;
- b) Los tubos y conductos galvanizados por inmersión en caliente en instalaciones automáticas;
- c) Los productos galvanizados por inmersión en caliente para los que existan normas específicas que pueden incluir requisitos adicionales o diferentes de los que contiene esta norma mexicana.

En esta norma no se consideran los tratamientos posteriores (revestimientos de los productos galvanizados en caliente).

La Dirección General de Normas de la Secretaría de Economía aprobó la presente norma, cuya declaratoria de vigencia fue publicada en el Diario Oficial de la Federación el:



2 REFERENCIAS

Para la correcta aplicación de la presente norma se deben consultar las siguientes normas mexicanas vigentes o las que las sustituyan:

- NMX-B-177-SCFI-1990 Tubos de acero con o sin costura negros y galvanizados por inmersión en caliente. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 18 de julio de 1990.
- NMX-H-127-SCFI-1996 Industria siderúrgica - método de reparación de áreas dañadas y sin recubrimientos galvanizados por inmersión en caliente. Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 1997.

3 DEFINICIONES

Para los efectos de esta norma mexicana, se establecen las siguientes definiciones:

3.1 Área de referencia

Área en cuyo interior tiene que efectuarse un número especificado de medidas individuales.

3.2 Áreas sin recubrir

Áreas de la superficie de los artículos de hierro o acero que no reaccionan con el zinc fundido.

3.3 Espesor del recubrimiento

Espesor total de zinc y/o de aleaciones de zinc-hierro (expresado en micrómetros, μm).

3.4 Espesor local del recubrimiento

Valor medio del espesor del recubrimiento obtenido a partir del número especificado de medidas efectuadas dentro de un área de referencia por un ensayo magnético, o bien el valor único del ensayo gravimétrico.

3.5 Espesor medio del recubrimiento

Valor medio de los espesores locales determinados sobre una pieza de gran tamaño, o bien sobre todas las piezas que constituyen la muestra de control.

3.6 Galvanización por inmersión en caliente

Formación de un recubrimiento de zinc y/o de aleaciones zinc-hierro por inmersión de las piezas de hierro o acero en un baño de zinc fundido.

3.7 Inspección de aceptación

Inspección efectuada sobre un lote para inspección en la planta de galvanización en caliente (salvo especificación en contrario).

3.8 Lote para inspección

Pedido individual o entrega individual.

3.9 Masa del recubrimiento

Masa total de zinc y/o de aleaciones de zinc-hierro por unidad de superficie (expresada en gramos por metro cuadrado, g/m²).

3.10 Masa local del recubrimiento

Valor de la masa del recubrimiento obtenido mediante un solo ensayo gravimétrico.

3.11 Masa media del recubrimiento

Valor medio de las masas del recubrimiento obtenidas sobre una muestra de control seleccionada conforme al capítulo 5 y determinadas de conformidad con los ensayos de la Norma EN ISO 1460, o valor obtenido por conversión del espesor medio del recubrimiento (véase inciso 3.9).

3.12 Muestra de control

Pieza o grupo de piezas tomadas de un lote con fines de control.

3.13 Recubrimiento galvanizado por inmersión

Recubrimiento obtenido por galvanización en caliente.

NOTA 1: En el texto que sigue a continuación se utiliza el término "recubrimiento" en substitución de "recubrimiento galvanizado por inmersión en caliente"

3.14 Superficie significativa

Parte de la pieza cubierta o a cubrir por el recubrimiento y para la que el recubrimiento juega un papel esencial en cuanto a su utilización y/o su aspecto.

3.15 Valor mínimo

En el interior de un área de referencia, el valor más bajo medido en un ensayo gravimétrico o la media más baja obtenida a partir del número especificado de medidas en un ensayo magnético.

4 REQUISITOS GENERALES

NOTA 2: Esta norma no establece ningún requisito relativo a los puntos precedentes, pero en el apéndice informativo C se formulan algunas recomendaciones sobre los mismos.

La composición química y el estado de la superficie (lisa o rugosa) del metal de base, la masa de las piezas y las condiciones de galvanización afectan al aspecto, al espesor, a la textura y a las propiedades físicas-mecánicas del recubrimiento.

4.1 Baño de galvanización en caliente

"El metal fundido en volumen de trabajo del baño no debe contener menos de 98,0 % de zinc en promedio. Cuando se utilicen agentes abrillantadores, su contenido no debe ser mayor de 0,02 % en masa en relación al contenido de zinc en la tina de galvanizado.

El galvanizador puede agregar al baño pequeñas cantidades de ciertos elementos de aluminio, níquel y/o estaño para ayudar en el proceso de ciertos aceros reactivos o para mejorar la apariencia del producto terminado. El uso de estos microelementos se permite siempre y cuando el baño contenga no menos de 98,0 % de zinc. Los elementos pueden agregarse al baño como parte de una carga de zinc prealeado o directamente al baño usando una aleación principal”.

4.2 Información a suministrar por el cliente al galvanizador

Las informaciones enumeradas en el apéndice normativo A, deben suministrarse por el cliente.

4.3 Requisitos relativos a la seguridad y al proceso.

Se deben tomar las medidas para asegurar la evacuación de los gases y líquidos del interior de las piezas de conformidad con el apéndice normativo B.

5 TOMA DE MUESTRAS

De cada lote para inspección (véase 3.13) se debe tomar, al azar, una muestra de control para ensayar el espesor. El número mínimo de piezas a tomar de cada lote para inspección para formar la muestra de control debe ser el indicado en la tabla 1.

TABLA 1.- Tamaño de la muestra del control en relación con el tamaño del lote

Número piezas en el lote para inspección	Número mínimo de piezas en la muestra control
1 a 3	Todas
4 a 500	3
501 a 1 200	5
1 201 a 3 200	8
3 201 a 10 000	13
10 001 a 35 000	20

La inspección de aceptación debe efectuarse antes de que los productos salgan de la planta de galvanización, salvo especificación distinta en el momento de hacer el pedido por el cliente.



6 PROPIEDADES DEL RECUBRIMIENTO

6.1 Aspecto

En la inspección de aceptación, la(s) superficie(s) significativa(s) de toda(s) la(s) pieza(s) galvanizada(s) por inmersión en caliente examinada(s) con visión normal corregida, debe(n) estar exenta(s) de ampollas (es decir, protuberancias, sin metal sólido en su interior), rugosidades y puntos punzantes (que puedan causar daño durante su manejo) y de zonas no recubiertas.

NOTA 3: "rugosidad" y aspecto liso son términos relativos. La rugosidad de los recubrimientos que se obtienen sobre las piezas galvanizadas después de su fabricación no es la misma que la de los productos escurridos mecánicamente tales como las placas y los alambres galvanizados.

La presencia de zonas grises más o menos oscuras (por ejemplo, zonas grises oscuras de aspecto celular) o una cierta irregularidad superficial no deben constituir causa de rechazo. Igualmente, las manchas de almacenamiento húmedo (productos de corrosión blancos o de color oscuro, constituidos principalmente por óxidos básicos de zinc, que se forman durante el almacenamiento en condiciones de humedad después de la galvanización por inmersión en caliente) no deben constituir causa de rechazo a condición de que el espesor del recubrimiento subyacente permanezca por encima del valor mínimo especificado.

NOTA 4: No es posible establecer una definición del aspecto y del acabado que tenga en cuenta todos los requisitos prácticos.

No deben ser admisibles los residuos de sales de flujo. No se deben permitir los grumos y cenizas de zinc que puedan afectar la utilización final de la pieza galvanizada o a los requisitos en cuanto a su resistencia a la corrosión.

Las piezas que sean rechazadas en la inspección visual deben reacondicionarse conforme al inciso 6.3 de esta norma o galvanizarse de nuevo y someterse después a una nueva inspección.

En caso de requisitos particulares (por ejemplo, cuando el recubrimiento galvanizado vaya a ser pintado), se debe preparar una muestra, si ésta es solicitada (véase A.2 y C.1.4).

6.2 Espesor

6.2.1 Generalidades

Los recubrimientos aplicados mediante galvanización por inmersión en caliente tienen por finalidad proteger los productos de hierro y acero contra la corrosión (véase apéndice C). La duración de la protección a la corrosión que proporcionan estos recubrimientos (independientemente de que su color sea gris claro o gris oscuro) es aproximadamente proporcional a su espesor. Para condiciones extraordinariamente agresivas y/o duraciones en servicio excepcionalmente prolongadas, pueden ser necesarios recubrimientos de mayor espesor que los especificados en esta norma.

La especificación de estos recubrimientos más gruesos debe ser objeto de un acuerdo entre el galvanizador y el cliente en lo que concierne a los medios de implementación (por ejemplo: granallado o composición química del acero).

6.2.2 Métodos de ensayo

En caso de discrepancia sobre el método de ensayo, el método para calcular el espesor del recubrimiento debe ser la determinación de la masa media del recubrimiento galvanizado por unidad de superficie utilizando el método gravimétrico, el cual contempla la densidad nominal del recubrimiento ($7,2 \text{ g/cm}^3$).

Cuando se trate de un número de piezas inferior a 10, el cliente no debe estar obligado a aceptar el ensayo gravimétrico si ello supone la destrucción de piezas y costos de reparación inaceptables para el cliente.

NOTA 5: Los ensayos (véase apéndice D) se efectúan preferentemente por método magnético (véase apéndice E) o por el método gravimétrico (otros métodos alternativos posibles, por ejemplo, el método electromagnético, el método culombimétrico o el de corte micrográfico, se indican en el apéndice D).

El método magnético conforme al apéndice E es el más apropiado dentro del taller de galvanización y para el control de rutina de la calidad. Como en este método cada medida individual se realiza sobre una superficie muy pequeña, algunos valores individuales pueden ser inferiores a los valores de espesor local o de espesor medio. Si se realiza un número suficiente de medidas sobre un área de referencia, se obtendrá prácticamente el mismo espesor local por el método magnético que por el método gravimétrico.

6.2.3 Áreas de referencias

Para los ensayos magnéticos o gravimétricos, el número y ubicación de las áreas de referencia así como el tamaño de las mismas deben seleccionarse en función de la forma y del tamaño de la(s) pieza(s), con objeto de obtener resultados lo más representativos posibles del espesor medio del recubrimiento o de la masa media del recubrimiento por unidad de superficie, según los casos. En una pieza larga de la muestra de control, las áreas de referencia se deben tomar y/o cortar a una distancia de aproximadamente 100 mm de cada extremo y aproximadamente en el centro de la pieza y se debe incluir una sección transversal completa de la misma.

El número de áreas de referencias, depende del tamaño de la pieza individual en la muestra de control, y debe ser como sigue:

- a) Para las piezas que tengan una superficie significativa mayor de 2 m^2 ("piezas grandes"): En cada pieza de la muestra de control se deben seleccionar como mínimo tres áreas de referencia. En cada pieza de la muestra de control, el espesor medio del recubrimiento de las áreas de referencia debe ser igual o mayor a los valores de espesor promedio del recubrimiento que se indican en las tablas 2 ó 3.
- b) Para las piezas que tengan una superficie mayor de $10\,000 \text{ mm}^2$ y hasta 2 m^2 inclusive: En cada pieza de la muestra de control se debe seleccionar como mínimo, un área de referencia.
- c) Para las piezas que tengan una superficie comprendida entre $1\,000 \text{ mm}^2$ y $10\,000 \text{ mm}^2$ (inclusive): En cada pieza de la muestra de control se debe seleccionar un área de referencia.

- d) Para las piezas que tengan una superficie menor de 1 000 mm²: Se debe agrupar un número suficiente de piezas para obtener un área de referencia de al menos 1 000 mm². El número de áreas de referencia debe ser tomada como se indica en la última columna de la tabla 1. Por lo tanto, el número total de piezas ensayadas es igual al número de piezas necesarias para obtener un área de referencias multiplicado por el número correspondiente de la última columna de la tabla 1 que es función del tamaño del lote (o el número total de piezas galvanizadas si este número es menor).

NOTA 6: 10 000 mm² corresponde 100 cm²
1 000 mm² corresponde a 10cm²
2 m² corresponde a 200 cm x 100 cm
10 000 mm² corresponde a 10cm x 10 cm
1 000 mm² corresponde a 10cm x 1 cm

En los incisos b), c) y d), el espesor del recubrimiento en cada área de referencia debe ser igual o superior a los valores de "espesor local del recubrimiento" que se indican en las tablas 2 ó 3, según corresponda. El espesor promedio de todas las áreas de referencia de la muestra debe ser igual o superior a los valores de espesor promedio del recubrimiento indicados en las tablas 2 ó 3, según corresponda.

Cuando el espesor del recubrimiento de zinc se determine por el método magnético, de conformidad con el apéndice E, las áreas de referencia deben ser representativas y estar incluidas dentro de las que habrían sido seleccionadas para el método gravimétrico.

Cuando se han seleccionado más de cinco piezas para obtener un área de referencia superior a 1 000 mm², se debe efectuar una única medida magnética sobre cada una de las piezas, siempre que el área de la superficie sea suficiente para hacer la medición. En caso contrario, se debe utilizar el método gravimétrico.

Dentro de cada área de referencia, que deberían tener al menos 1 000 mm², se deben realizar como mínimo cinco lecturas magnéticas individuales. Carece de importancia que el valor de alguna de estas medidas individuales sea inferior a los valores indicados en las tablas 2 ó 3, puesto que solamente se requiere que el valor promedio del recubrimiento sobre cada área de referencias sea igual o superior al espesor local indicado en dichas tablas. El espesor medio del recubrimiento de todas las áreas de referencia debe calcularse de la misma manera en los métodos magnético y gravimétrico.

No deben realizarse medidas de espesor sobre las superficies resultantes de cortes, áreas situadas a menos de 10 mm de los bordes, superficies que hayan sido cortadas con soplete ni en las esquinas (véase C.1.3).

TABLA 2.- Espesores mínimos del recubrimiento sobre Muestras sin centrifugar

Espesor de la pieza	Espesor local del recubrimiento (valor mínimo) ^a μm	Espesor medio del recubrimiento (valor mínimo) ^b μm
Acero ≥ 6 mm	85	100
Acero ≥ 3 mm hasta < 6 mm	65	85
Acero $\geq 1,5$ mm hasta < 3 mm	45	65
Acero $< 1,5$ mm	35	45
Piezas moldeadas ≥ 6 mm	70	80
Piezas moldeadas < 6 mm	60	70
^a Véase el punto 3.8		
^b Véase el punto 3.9		

NOTA 7: La tabla 2 es de aplicación general; las normas de productos particulares pueden incluir requisitos diferentes incluyendo categorías de espesores distintas. Puede añadirse algún requisito sobre recubrimientos más gruesos o requisitos adicionales sin que se afecte sin embargo la conformidad con esta norma.

El espesor local del recubrimiento indicado en la tabla 2 debe determinarse únicamente en relación con las áreas de referencia seleccionadas de acuerdo con el inciso 6.2.3.

Tabla 3.- Espesores mínimos del recubrimiento sobre muestras centrifugadas.

Espesor de la pieza	Espesor local del recubrimiento (valor mínimo) ^a µm	Espesor promedio del recubrimiento (valor mínimo) ^b µm
Piezas con roscas: Diámetro ≥20 mm Diámetro ≥6 mm hasta <20 mm Diámetro <6 mm	45 35 20	55 45 25
Otras piezas (incluidas piezas moldeadas): ≥3 mm <3 mm	45 35	55 45
a Véase el punto 3.8 b Véase el punto 3.9		

NOTA 8: La tabla 3 es de aplicación general; las normas relativas a los recubrimientos de los elementos de fijación y las normas de productos particulares pueden incluir requisitos diferentes (véase inciso A.2, literal g).

El espesor local del recubrimiento indicado en la tabla 3 debe determinarse únicamente en relación con las áreas de referencia seleccionadas de acuerdo con el inciso 6.2.3.

6.3 Recubrimiento

El conjunto de las superficies no recubiertas de una misma pieza a reacondicionar por el galvanizador no debe superar el 0,5 % de la superficie total de la misma. Cada superficie no recubierta a reacondicionar no debe medir más de 10 cm². Si las superficies no recubiertas son mayores, la pieza que contiene estas superficies debe ser regalvanizada, salvo acuerdo en contrario entre el cliente y el galvanizador.

El recubrimiento se debe realizar mediante proyección térmica de zinc o mediante una pintura rica en zinc adecuada, dentro de los límites prácticos de estos sistemas. También pueden utilizarse barras de aleación de zinc (véase C.5). El cliente o el usuario final deben ser informados por el galvanizador del método de recubrimiento utilizado.

Cuando el cliente advierta de algún requisito especial, por ejemplo, la aplicación posterior de un recubrimiento de pintura, el galvanizador debe informar al cliente del método de recubrimiento propuesto antes de su aplicación.

El tratamiento debe incluir la eliminación del óxido, la limpieza y cualquier otro pretratamiento necesario para garantizar la adherencia.

El espesor del recubrimiento en las zonas reacondicionadas debe ser por lo menos 30 μm superior a los valores de espesor local indicados en las tablas 2 ó 3 para el recubrimiento galvanizado en caliente, salvo indicación en contrario del cliente al galvanizador, por ejemplo, cuando la superficie galvanizada vaya a ser revestida a su vez con otro recubrimiento y el espesor en las zonas reacondicionadas sea el mismo que el del recubrimiento galvanizado en caliente. El recubrimiento de las superficies reacondicionadas debe ser capaz de proporcionar protección de sacrificio al acero sobre el que se aplique.

NOTA 9: Para información sobre el recubrimiento de las superficies dañadas véase también C.5.

6.4 Adherencia

Actualmente no existe ninguna norma ISO que especifique los ensayos de adherencia de los recubrimientos galvanizados sobre productos fabricados de hierro y acero. Véase también C.6.

Normalmente no es necesario ensayar la adherencia entre el recubrimiento de zinc y el metal de base porque el procedimiento de galvanización se caracteriza por proporcionar una unión adecuada y las piezas recubiertas deberían ser capaces de resistir, sin desprendimiento ni descascarillado, una manipulación coherente con la naturaleza y espesor del recubrimiento y con la utilización normal de las mismas. En general, los recubrimientos gruesos requieren una manipulación más cuidadosa que los recubrimientos delgados. El doblado o cualquier conformado después de la galvanización en caliente no se consideran manipulación normal.

En el caso de que se estime necesario ensayar la adherencia, por ejemplo, cuando las piezas de trabajo vayan a estar sometidas a solicitaciones mecánicas elevadas, cualquier ensayo se debe realizar únicamente sobre las superficies significativas, es decir, en las zonas en las que una buena adherencia sea importante a efectos de la utilización prevista.

Una prueba de corte cuadrículado proporcionará alguna indicación sobre las propiedades mecánicas del recubrimiento, pero en algunos casos puede ser más exigente que las condiciones de servicio. También pueden ser puestos a punto otros ensayos para los recubrimientos galvanizados, como pruebas de choque y pruebas de entallado, en cuyo caso se considerara su eventual publicación en forma de documento separado.

6.5 Criterios de aceptación

El espesor del recubrimiento no debe ser inferior a los valores indicados en las tablas 2 ó 3, según corresponda, cuando se ensaye de conformidad con el inciso 6.2.2 sobre el número apropiado de áreas de referencia indicado en el inciso 6.2.3. Excepto en caso de discrepancia, debe utilizarse un ensayo no destructivo, a menos que el cliente acepte expresamente que sus piezas puedan cortarse para realizar las determinaciones de pérdida de masa. Cuando las piezas incluyan partes con diferentes espesores de acero, cada gama de espesores debe considerarse como una pieza diferente a la que deben ser de aplicación los valores de las tablas 2 y 3, según corresponda.

Si el espesor del recubrimiento medido en una muestra de control no cumple con estos requisitos, se debe volver a medir sobre el doble número de piezas del lote para ensayo que las tomadas inicialmente (o la totalidad de las piezas si su número es inferior) Si esta nueva muestra de control ampliada es conforme, todo el lote para inspección debe aceptarse. Si esta nueva muestra de control ampliada no es conforme, las piezas que no cumplan con los requisitos deben rechazarse a no ser que el cliente autorice su regalvanización.

7 CERTIFICADO DE CONFORMIDAD

Si le es solicitado, el galvanizador debe suministrar un certificado de conformidad con los requisitos de esta norma.

APÉNDICE NORMATIVO A

INFORMACIÓN A SUMINISTRAR POR EL CLIENTE AL GALVANIZADOR

A.1 Información esencial

El cliente debe solicitar la maquila del galvanizado haciendo mención de la presente norma.

A.2 Información adicional

La información que se indica a continuación puede ser necesaria en ciertos casos particulares y, si éste fuera el caso, debe suministrarse o especificarse, según corresponda, por el cliente.

- a) La composición y cualquier otra propiedad del metal de base (véase el apéndice informativo C) que pueda influir en la galvanización en caliente;
- b) una identificación de las superficies significativas, mediante la ayuda, por ejemplo, de croquis o de muestras convenientemente marcadas;
- c) un dibujo o cualquier otro medio de identificación de las zonas en las que no serán admisibles las irregularidades superficiales, tales como gotas redondas o marcas de contacto, por hacer que la pieza recubierta sea inaceptable para la utilización prevista; el cliente debe determinar con el galvanizador el modo de tratar este tipo de problemas;
- d) una muestra o cualquier otro medio de presentar el acabado requerido;
- e) cualquier requisito especial relativo a los tratamientos previos;
- f) cualquier espesor especial del recubrimiento (véase 6.2.1, notas 6 y 7 del inciso 6.2.3 y el apéndice informativo C);
- g) la necesidad de, o la posibilidad de aceptar, un recubrimiento centrifugado que cumpla con los requisitos de la tabla 3 en lugar de los requisitos de la tabla 2;
- h) cualquier tratamiento posterior o revestimiento que este previsto aplicar al recubrimiento galvanizado (véase 5.3, C.4 y C.5);
- i) las condiciones relacionadas con la inspección (véase capítulo 5);
- j) si se requiere un certificado de conformidad.



APÉNDICE NORMATIVO B REQUISITOS RELATIVOS A LA SEGURIDAD Y AL PROCESO

En ausencia de reglamentaciones nacionales relativas a la seguridad y a la salud que cubran la ventilación y el vaciado de cuerpos huecos, el cliente debe prever medios para el manejo de las piezas así como orificios u otros medios que permitan la evacuación de los gases y de los líquidos de las partes huecas, o dar autorización al galvanizador para que tome las medidas de ventilación y drenaje adecuadas. Estas medidas son esenciales tanto por razones de seguridad como para la viabilidad del proceso.

ADVERTENCIA: Es esencial evitar las cavidades cerradas porque pueden provocar explosiones durante la galvanización en caliente.



8 VIGENCIA

La presente norma mexicana entrará en vigor 60 días naturales después de la publicación de su declaratoria de vigencia en el **Diario Oficial de la Federación**.

9 BIBLIOGRAFÍA

- 9.1 NOM-008-SCFI-2002 Sistema General de Unidades de Medida, publicada en el Diario Oficial de la Federación el 27 de noviembre de 2002.
- 9.2 NMX-H-004-SCFI1996- Industria Siderúrgica-Recubrimiento de zinc por el proceso de inmersión en caliente para sujetadores y herrajes de hierro y acero- Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-H-004-1979). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 1997.
- 9.3 NMX-H-074-1996-SCFI Industria Siderúrgica-productos del hierro y acero recubiertos con zinc (galvanizados por inmersión en caliente)- Especificaciones y métodos de prueba (cancela a la NMX-J-151-1976). Declaratoria de vigencia publicada en el Diario Oficial de la Federación el 21 de febrero de 1996.
- 9.4 ISO 752 Cinc en lingotes.
- 9.5 ISO 2859-1 Tomas de muestras para inspección por atributos. Parte 1: Planes de muestreo para el control lote por lote, clasificados según el nivel de calidad aceptable (PICA).

9.6	ISO 2859-3	Toma de muestras para inspección por atributos. Parte 3: Procedimiento de muestreo parcial sucesivo.
9.7	ISO 4964:1984	Acero. Conversiones de dureza.
9.8	ISO 10474	Aceros y productos siderúrgicos. Documentos de inspección.
9.9	EN 1179	Cinc y aleaciones de cinc. Cinc primario.
9.10	EN ISO 1460	Recubrimientos metálicos. Recubrimientos de galvanización en caliente sobre metales férricos. Determinación gravimétrica de la masa por unidad de superficie (ISO 1460:1992).
9.11	EN ISO 1463:1994	Recubrimientos metálicos y capas de óxido. Medida del espesor. Método por corte micrográfico (ISO 1463:1982).
9.12	EN ISO 2064	Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos no orgánicos. Definiciones y principios concernientes a la medida del espesor del revestimiento (ISO 2064: 1980).
9.13	EN ISO 2177:1994	Recubrimientos metálicos. Medida del espesor. Método columbimétrico por disolución anódica (ISO 2177:1985).
9.14	EN ISO 2178	Recubrimientos metálicos no magnéticos sobre metal base magnético. Medida del espesor. Método magnético (ISO 2178:1982).
9.15	EN ISO 2808:1997	Pintura barnices. Determinación del espesor de la película.



- | | | |
|------|------------------|--|
| 9.16 | EN 10240 | Recubrimientos de protección internos y/o externos para tubos de acero. Especificaciones para recubrimientos galvanizados en caliente aplicados en plantas automáticas. |
| 9.17 | EN ISO 12944-4 | Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 4. Tipos de superficie y de preparación superficial (ISO 12944-4. 1998). |
| 9.18 | EN ISO 12944-5 | Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5. Sistemas de pintura (ISO 12944-5.1998). |
| 9.19 | EN 150 14713 | Protección frente a la corrosión de las construcciones de hierro y acero. Recubrimientos de zinc y aluminio. Directrices (ISO 14 713:1999). |
| 9.20 | EN 22063 | Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos inorgánicos. Proyección térmica. Cinc, aluminio y sus aleaciones (ISO 2063:1991). |
| 9.21 | NF A35-503: 1994 | Productos siderúrgicos. Aceros para galvanización por inmersión en caliente. |

10 CONCORDANCIA CON NORMAS INTERNACIONALES

Esta norma mexicana es equivalente a la norma internacional ISO 1461:1999. Hot dip galvanized coatings on fabricated iron and steel articles specifications and methods.

APÉNDICE INFORMATIVO C

PROPIEDADES DE LAS PIEZAS A RECUBRIR QUE INFLUYEN SOBRE LOS RESULTADOS DE LA GALVANIZACIÓN EN CALIENTE

C.1 Metal de base

C.1.1 Composición

Son adecuados para galvanización los aceros al carbono no aleados, los aceros débilmente aleados y las fundiciones grises y maleables. Cuando se desee galvanizar otros tipos de metales férricos, el cliente debe suministrar información suficiente sobre los mismos o muestras que permitan al galvanizador determinar si tales aceros pueden ser galvanizados de manera satisfactoria. Los aceros de fácil maquinado que contengan azufre no son normalmente adecuados para galvanización.

C.1.2 Condición de la superficie

La superficie del metal de base debe estar limpia antes de su inmersión en el zinc fundido. El método recomendado para la preparación de la superficie es el decapado en ácido. Debe evitarse el sobredecapado. Los contaminantes de la superficie que no se puedan eliminar por el decapado ácido, por ejemplo las películas de carbono (tales como los residuos de aceite de laminación), el aceite, la grasa, la pintura, la escoria de soldadura y otras impurezas similares, deben eliminarse antes del decapado. La responsabilidad de la eliminación de estas impurezas debe ser objeto de acuerdo entre el galvanizador y el cliente.

Las piezas moldeadas deben estar exentas, en la medida de lo posible, de porosidad superficial y de cavidades de contracción y deben prepararse mediante abrasivos a presión, decapado electrolítico o por otros métodos especialmente adecuados para las piezas moldeadas.

C.1.3 Influencia de la rugosidad de la superficie del acero sobre el espesor del recubrimiento galvanizado en caliente

La rugosidad de la superficie del acero influye sobre el espesor y la estructura del recubrimiento. Las irregularidades de la superficie del metal de base permanecen generalmente visibles después de la galvanización.

Una superficie de acero rugosa como la que se obtiene por abrasivos a presión, esmerilado, etc. antes del decapado, da lugar a un recubrimiento más grueso que una superficie que haya sido sometida a un simple decapado.

El corte con soplete modifica la composición y la estructura del acero en las zonas de corte, de manera que en ellas son más difíciles de conseguir los espesores de recubrimiento especificados en el inciso 6.2 y en las tablas 2 y 3. Con objeto de que puedan conseguirse estos espesores, el fabricante debe eliminar mediante esmerilado las superficies cortadas con soplete.

C.1.4 Influencia de los elementos reactivos en el metal de base sobre el espesor y el aspecto del recubrimiento de zinc

La mayor parte de los aceros pueden galvanizarse en caliente de manera satisfactoria. Sin embargo, varios elementos reactivos contenidos en el acero pueden influir sobre la galvanización por ejemplo el silicio (Si) y el fósforo (P). Para determinar si el acero es reactivo se puede calcular el equivalente de silicio de acuerdo a lo siguiente: si $P < 0,025$ (%) el equivalente es igual a Si (%) + $2,5 P$ (%) y si $P > 0,025$ (%) Si (%) + $5P$ (%). Si el valor del equivalente de Si es mayor a 0,05 % se considera acero reactivo. La composición de la superficie del acero tiene influencia sobre el espesor y el aspecto del recubrimiento de zinc. En ciertos niveles de composición, el silicio y el fósforo pueden dar lugar a recubrimientos irregulares, brillantes y/o de color gris mate oscuro, que pueden ser frágiles y gruesos. El contenido de carbón, azufre y manganeso en el acero también pueden tener un efecto menor en el espesor del galvanizado.

C.1.5 Esfuerzos en el metal de base

Algunos esfuerzos del metal de base se relevan durante el proceso de galvanización en caliente y ello puede dar lugar a deformación de la pieza recubierta.

Las piezas de acero deformadas en frío (por ejemplo, dobladas) pueden volverse frágiles, dependiendo del tipo de acero y de la severidad de la deformación en frío. Como la galvanización por inmersión en caliente es una forma de tratamiento térmico, puede acelerar la aparición de una fragilización debida a envejecimiento por deformación en los aceros que son susceptibles a este fenómeno. Para evitar este riesgo de fragilización, pueden utilizarse en lo posible aceros que no sean sensibles al envejecimiento por deformación.

Cuando se estime que un acero pueda ser susceptible al envejecimiento por deformación, se deben evitar, en la medida de lo posible, las deformaciones severas en frío. Si ello no puede evitarse, se debe efectuar un relevado de esfuerzos antes del decapado y de la galvanización por inmersión en caliente.

NOTA 10: La susceptibilidad al envejecimiento por deformación y el consiguiente riesgo de fisura esta determinada principalmente por el contenido de nitrógeno del acero, que, a su vez, depende del procedimiento de elaboración del mismo.

Generalmente, el problema no se presenta con las técnicas modernas de elaboración. Los aceros calmados con aluminio son los menos susceptibles al envejecimiento por deformación.

Los aceros tratados térmicamente o deformados en frío pueden ser recocidos por el calor del baño de galvanización y perder algo de su resistencia obtenida mediante el tratamiento térmico o la deformación en frío.

Los aceros de dureza elevada y/o los aceros de alta resistencia pueden estar sometidos a esfuerzos internos de tal magnitud que el decapado y la galvanización en caliente puede aumentar el riesgo de fisura en el acero en el baño de galvanización. Este riesgo de fisura en el acero puede reducirse mediante un relevado de esfuerzos antes del decapado y la galvanización, pero se debería consultar con un especialista antes de galvanizar los aceros de este tipo.

Los aceros estructurales normalmente no se fragilizan por la absorción de hidrógeno durante el decapado, y el hidrógeno remanente (si lo hay) no afecta generalmente a estos aceros. En los aceros estructurales, el hidrógeno absorbido se libera durante la galvanización por inmersión en caliente. Cuando los aceros tengan una dureza superior a 34 HCR, 340 HV o 325 HB, es necesario reducir al mínimo la absorción de hidrógeno durante la preparación de la superficie.

Si la experiencia revela como satisfactoria la asociación de determinados aceros con ciertos tratamientos previos, tratamientos térmicos y mecánicos, y procedimientos de decapado y de galvanización, esta información sirve como indicación de que no se presentaran problemas de fragilización si se mantiene la misma combinación de aceros, pre tratamientos, tratamientos térmicos y mecánicos y procedimientos de galvanización.

C.1.6 Piezas grandes o aceros de espesores gruesos

Estas piezas, necesitan mayor tiempo de manejo en el baño de galvanización, lo que unido a las propiedades metalúrgicas que confieren a los aceros de elevado espesor los métodos normales de fabricación, puede dar lugar a la formación de recubrimientos gruesos.

C.1.7 Práctica de la galvanización en caliente

El proceso técnico de la galvanización puede implicar la adición de muy pequeñas cantidades de elementos aleantes al baño de galvanización (sometidas a los requisitos del inciso 4.1), principalmente para reducir los efectos adversos del silicio y del fósforo (véase C.1.4) o para modificar el aspecto superficial del recubrimiento galvanizado. Estas posibles adiciones no influyen sobre la calidad general o la resistencia a la corrosión a largo plazo del recubrimiento galvanizado ni sobre las propiedades mecánicas del producto galvanizado y no requieren ser normalizadas.

C.2 Diseño

C.2.1 Generalidades

El diseño de las piezas a galvanizar debe ser apropiado para el proceso de galvanización en caliente. El cliente debe consultar con el galvanizador antes de diseñar o de fabricar un producto destinado a ser galvanizado en caliente, puesto que puede ser necesario adaptar la construcción del mismo al proceso de galvanización en caliente (véase el apéndice B).

C.2.2 Tolerancias dimensionales de las roscas interiores y exteriores

Hay dos maneras diferentes de prever el juego: bien sea por reducción de corte del diámetro de la rosca macho o por mecanizado a sobre medida de la rosca hembra. Para los elementos de fijación, hay que referirse a los documentos apropiados. En general, se debe prever una holgura suficiente entre la rosca macho y la rosca hembra que tenga en cuenta el espesor del recubrimiento. No existen requisitos relativos al recubrimiento de las roscas interiores que se mecanizan o repasan después de la galvanización.

Los espesores de recubrimiento indicados para las piezas roscadas se refieren a las piezas que requieren centrifugación inmediatamente después de su galvanización con objeto de obtener roscas limpias.

NOTA 11: En un acoplamiento, el recubrimiento de la rosca exterior del tomillo proporciona protección electroquímica a la rosca interior. Por ello, no se exige ningún recubrimiento de zinc sobre las roscas interiores.

NOTA 12: Las roscas recubiertas deben tener una resistencia adecuada para satisfacer los requisitos del diseño.

C.2.3 Efecto del calor del proceso

Los materiales que puedan alterarse de manera adversa por la temperatura del baño de galvanización en caliente no deben galvanizarse en caliente.

C.3 El baño de galvanización en caliente

En caso de requisitos especiales, pueden especificarse por el cliente los niveles de las adiciones o de las impurezas en el baño de galvanización o en el recubrimiento.

En particular, cuando se galvanizan calentadores de agua (es decir, depósitos y cilindros) para utilizarse con tubos galvanizados en caliente en los sistemas de distribución de agua potable, el cliente puede requerir que su recubrimiento cumpla con los mismos requisitos de composición aplicables a los tubos en la norma mexicana NMX-B-177-1990 (véase 2 Referencias).

C.4 Tratamientos posteriores

Generalmente las piezas no se deben apilar cuando están todavía calientes o húmedas. Las piezas pequeñas que se galvanizan a granel en cestas o montajes pueden centrifugarse inmediatamente después de su salida del baño de zinc para eliminar todo el metal en exceso (véase A.2 literal g).

Para retardar la posible formación de manchas de almacenamiento en húmedo en la superficie, las piezas que no vayan a ser pintadas pueden recibir un tratamiento superficial adecuado después de la galvanización en caliente.

Cuando las piezas vayan a ser pintadas (con pintura líquida o en polvo) después de la galvanización, el cliente debe informar al galvanizador antes de la galvanización de las mismas.



C.5 Recubrimiento de las zonas no recubiertas o dañadas

Cuando el galvanizador tenga conocimiento de la especificación de un recubrimiento después de la galvanización, el cliente debe ser informado de que está permitida la reparación de las zonas dañadas así como de los métodos propuestos y de los materiales a utilizar para la reparación de las zonas no recubiertas o dañadas. Los clientes y los aplicadores de los recubrimientos subsecuentes deben asegurarse de la compatibilidad de los mismos con los métodos y materiales de reparación utilizados de acuerdo con la norma mexicana NMX-H-127 (véase 2 Referencias).

El inciso 6.3 trata del espesor del recubrimiento requerido en las zonas reacondicionadas en la inspección de aceptación. Para la reparación "in situ" de las zonas dañadas se utilizan las mismas técnicas. Los tamaños admisibles de las superficies a reparar deben ser similares a los tamaños admisibles de las superficies no recubiertas.

C.6 Ensayo de adherencia

Cualquier ensayo que se proponga deber ser objeto de acuerdo con el cliente y estar en relación con las probables solicitudes en servicio.

APÉNDICE INFORMATIVO D

DETERMINACIÓN DEL ESPESOR

D.1 Generalidades

El método no destructivo utilizado mas frecuentemente para la determinación del espesor es el método magnético (véase 6.2 y la norma EN ISO 2178). No obstante, pueden utilizarse también otros métodos (véase, por ejemplo, la Norma ISO 2808, el método electromagnético).

Los métodos destructivos incluyen la determinación de la masa del recubrimiento por unidad de superficie por el método gravimétrico y su conversión en espesor (micrómetros) dividiendo por 7,2 el valor expresado en gramos por metro cuadrado (véase inciso D.3), el método columbimétrico (véase la norma EN ISO 2177) y el método del corte micrográfico (véase D.2).

Se deben estudiar cuidadosamente las definiciones del capítulo 3; en particular, la relación entre espesor local y espesor medio cuando se utilice el método magnético y los resultados se comparen con los obtenidos mediante el ensayo gravimétrico de la norma EN ISO 1460 utilizado en caso de controversia.

D.2 Método del corte micrográfico

Es igualmente posible utilizar el método del corte micrográfico (véase la norma EN ISO 1463). Sin embargo, no es adecuado para el control de rutina de piezas grandes o costosas debido a su carácter destructivo y a que únicamente refiere a un solo plano de corte. Proporciona una imagen visual simple del corte examinado.

D.3 Cálculo del espesor a partir de la masa por unidad de superficie (método de referencia)

El método de la norma EN ISO 1460 permite obtener la masa del recubrimiento por unidad de superficie en gramos por metro cuadrado. Este valor puede convertirse en espesor local (micrómetros) dividiendo por la densidad nominal del recubrimiento ($7,2 \text{ g/cm}^3$). En las tablas D.1 y D.2 se indican las masas aproximadas del recubrimiento que corresponden a los espesores dados en las tablas 2 y 3.

TABLA D.1.- Masas mínimas del recubrimiento (y espesores correspondientes) en muestras sin centrifugar^a

Espesor de la pieza	Recubrimiento local (mínimo) ^b		Recubrimiento medio (mínimo) ^c	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Acero ≥6 mm	610	85	720	100
Acero ≥3 mm hasta <6 mm	468	65	610	85
Acero ≥1,5 mm hasta <3 mm	325	45	468	65
Acero <1,5 mm	250	35	325	45
Piezas moldeadas ≥6 mm	505	70	575	80
Piezas moldeadas <6 mm	430	60	505	70
a Véase nota 7 en el inciso 6.2.3				
b Véase 3.10				
c Véase 3.11				

TABLA D.2.- Masas mínimas del recubrimiento (y espesores correspondientes) en muestras centrifugadas^a

Espesor de la pieza	Recubrimiento local (mínimo) ^b		Recubrimiento medio (mínimo) ^c	
	g/m ²	µm	g/m ²	µm
Piezas con roscas:				
Diámetro ≥ 20 mm	325	45	395	55
Diámetro ≥6 mm hasta <20 mm	250	35	325	45
Diámetro <6 mm	145	20	180	25
Otras piezas (incluidas piezas moldeadas):				
≥3mm	325	45	395	55
<3mm	250	35	325	45
a Véase nota 8 en el punto 6.2.3				
b Véase 3.10				
c Véase 3.11				

APÉNDICE INFORMATIVO E

RECUBRIMIENTOS NO MAGNÉTICOS SOBRE SUSTRATOS MAGNÉTICOS – MEDICIÓN DEL ESPESOR DEL RECUBRIMIENTO – MÉTODO MAGNÉTICO.

E.1 Alcance y campo de aplicación

Esta norma especifica el método de uso de instrumentos para las mediciones no destructivas del espesor de recubrimientos no magnéticos sobre bases metálicas magnéticas.

Este método es aplicable solamente para mediciones sobre especímenes razonablemente planos.

E.2 Principio

Los instrumentos para la determinación del espesor de un recubrimiento del tipo magnético miden ya sea la atracción magnética entre un magneto permanente y el metal base, como es influenciado por la presencia del recubrimiento, o la resistencia de un flujo magnético a pasar a través del recubrimiento y del metal base.

E.3 Factores que afectan la precisión de la medición ¹

Los siguientes factores podrían afectar la precisión de las mediciones de los espesores de los recubrimientos.

E.3.1 Espesor del recubrimiento

La precisión de una medición cambia con el espesor del recubrimiento dependiendo del diseño del instrumento. Para recubrimientos delgados, la precisión es constante, independiente del espesor. Para recubrimientos gruesos, la precisión es una fracción aproximadamente constante del espesor.

¹ Para propósitos de este Estándar, la incertidumbre de medición es definida como aquella obtenida con un instrumento correctamente calibrado y usado.

E.3.2 Propiedades magnéticas del metal base

Las mediciones de espesor por el método magnético son afectadas por las variaciones en las propiedades magnéticas del metal base. Para propósitos prácticos, las variaciones magnéticas en aceros con bajo contenido de carbón pueden ser consideradas como insignificantes. Para evitar las influencias de los diversos tratamientos térmicos y trabajo en frío, el instrumento deberá ser calibrado usando un estándar de calibración teniendo un metal base con las mismas propiedades del espécimen de prueba o, preferentemente, si está disponible, con una muestra de la parte a ser evaluada antes de la aplicación del recubrimiento.

E.3.3 Espesor del metal base

Para cada instrumento, existe un espesor crítico del metal base por arriba del cual las mediciones no serán afectadas por un aumento en el espesor. Ya que este depende de la sonda del instrumento y de la naturaleza del metal base, su valor deberá ser determinado experimentalmente, a menos que este sea especificado por el fabricante.

E.3.4 Efectos de borde

El método es sensible a cambios abruptos en el contorno de la superficie del espécimen de prueba. Por lo tanto, las mediciones hechas muy cerca de un borde o de una esquina interna no serán válidas a menos que el instrumento esté especialmente calibrado para tales mediciones. El efecto se puede extender hasta cerca de 20 mm desde la discontinuidad, dependiendo del instrumento.

E.3.5 Curvatura

Las mediciones son afectadas por la curvatura del espécimen de prueba. La influencia de la curvatura varía considerablemente con la marca y tipo de instrumento, pero siempre se vuelve más pronunciada con la reducción del radio de curvatura.

Los instrumentos con sondas de dos polos pueden producir lecturas diferentes si los polos son alineados en planos paralelos o perpendiculares al eje de una superficie cilíndrica. Un efecto similar puede presentarse con una sonda de un solo polo si la punta no está desgastada uniformemente.

Las mediciones efectuadas sobre especímenes de prueba curvados no serían, por lo tanto, validas a menos que el instrumento esté específicamente calibrado para tales mediciones.

E.3.6 Rugosidad de la superficie

Si el rango de una serie de mediciones, hechas dentro de la misma área de referencia sobre un área rugosa, excede substancialmente la repetibilidad inherente del instrumento, el número de mediciones requeridas deberá ser incrementado por lo menos a cinco.

E.3.7 Dirección del trabajo mecánico del metal base

Las mediciones hechas por un instrumento que tenga una sonda de dos polos o una sonda de un solo polo desgastada no uniformemente pueden ser influenciadas por la dirección en la cual el metal magnético base ha sido sometido a trabajo mecánico (como laminado), la lectura cambiará con la orientación de la sonda sobre la superficie.

E.3.8 Magnetismo residual

El magnetismo residual en el metal base afecta las mediciones hechas por instrumentos que emplean un campo magnético estacionario. Su influencia sobre las mediciones hechas por instrumentos de rechazo que emplean un campo magnético alternante es mucho menor (véase E.6.7).

E.3.9 Campos magnéticos

Los campos magnéticos fuertes, como aquellos producidos por varios tipos de equipos eléctricos, pueden interferir seriamente con la operación de los instrumentos que emplean campos magnéticos estacionarios. (véase E.6.7)

E.3.10 Partículas externas

Las sondas de los instrumentos tienen que hacer contacto físico con la superficie de prueba porque estos instrumentos son sensibles a materia externa que impide el contacto íntimo entre la sonda y la superficie del recubrimiento. La limpieza de la punta de la sonda deberá ser verificada.

E.3.11 Conductividad del recubrimiento

Algunos instrumentos magnéticos trabajan a frecuencias entre 200 y 2000 Hz. A estas frecuencias, corrientes parásitas producidas en recubrimientos gruesos y altamente conductivos pueden interferir con la lectura.

E.3.12 Presión de la sonda

Los polos de la sonda de prueba tienen que ser aplicados a una presión constante suficientemente alta, de tal forma que ninguna deformación del recubrimiento se presente, incluso si el material del recubrimiento es suave. Alternativamente, los recubrimientos suaves pueden ser cubiertos con calzas, y el espesor de estas deberá ser sustraído de los resultados de la prueba. Tales consideraciones son también necesarias si se mide el espesor de recubrimientos de fosfato.

E.3.13 Orientación de la sonda

Las lecturas de los instrumentos que usan el principio de atracción magnética pueden ser afectadas por la orientación del magneto con respecto al campo gravitacional de la Tierra. Así, la operación de la sonda de un instrumento en una posición horizontal o invertida puede requerir una calibración diferente, o puede ser imposible.

E.4 Calibración de los instrumentos

E.4.1 General

Antes de usar, cada instrumento deberá ser calibrado de acuerdo con las instrucciones del fabricante usando estándares de calibración adecuados o mediante la comparación de mediciones magnéticas de espesor sobre una selección de los especímenes de prueba con mediciones de espesor hechas por el método especificado en el estándar internacional para el recubrimiento en cuestión. Para los instrumentos que no pueden ser calibrados, la desviación del valor nominal deberá ser determinada mediante la comparación con estándares de calibración y deberán ser tomados en consideración para todas las mediciones.

Durante su uso, la calibración de los instrumentos deberá ser verificada frecuentemente. Especial atención deberá tenerse con los factores mencionados en E.1 y a los procedimientos especificados en E.5.

E.4.2 Estándares de calibración

Los estándares de calibración de espesores uniformes están disponibles ya sea como cuñas u hojas, o como estándares recubiertos.

E.4.2.1 Calzas de calibración

NOTA 14: En este subinciso, la palabra "foil" es usada para referirse a una hoja o cuña metálica no magnética o no metálica.

Debido a la dificultad de asegurar un contacto adecuado, las calzas no son generalmente recomendadas para la calibración de instrumentos que usan el principio de atracción magnética, pero son adecuadas para su uso en ciertas circunstancias con las respectivas precauciones. Estas pueden ser usadas normalmente para la calibración de otros tipos de instrumentos.

Las calzas son apropiadas para la calibración sobre superficies curvadas y son más fáciles de obtener que los estándares recubiertos.

Para evitar los errores de medición, es necesario asegurar que el contacto íntimo se establezca entre la calza y el metal base. Las calzas elásticas deberán ser evitadas si es posible.

Las calzas de calibración están sujetas a identificación y deberán, por lo tanto, ser remplazadas frecuentemente.

E.4.2.2 Estándares recubiertos

Los estándares recubiertos consisten en recubrimientos de espesor conocido y uniforme permanentemente unido al metal base.

E.4.3 Verificación

E.4.3.1 La rugosidad de la superficie y propiedades magnéticas del metal base de los estándares de calibración deberán ser similares a aquellas del espécimen de prueba. Para confirmar si son adecuadas, se recomienda una comparación de las lecturas obtenidas del metal base del estándar de calibración no recubierto y aquel del espécimen de prueba no recubierto.

E.4.3.2 En algunos casos, la calibración del instrumento tiene que ser verificada mediante la rotación de la sonda en incrementos de 90° (véase E.3.7 y E.3.8).

E.4.3.3 El espesor del metal base del espécimen de prueba y del estándar de calibración tiene que ser el mismo, si el espesor crítico, definido no excede en E.3.3.

Frecuentemente es posible respaldar el metal base del estándar de calibración o del espécimen de prueba con espesor suficiente de un metal similar para hacer las lecturas independientes del espesor del metal base.

E.4.3.4 Si la curvatura del recubrimiento que se va a medir es tal que impida la calibración sobre una superficie plana, la curvatura del estándar recubierto, o del substrato sobre el cual la calza de calibración es colocada, deberá ser la misma que la del espécimen de prueba.

E.5 Procedimiento

E.5.1 General

Opere cada instrumento de acuerdo con las instrucciones del fabricante, prestando atención a los factores mencionados en E.3.

Verifique la calibración del instrumento (véase E.3) en el sitio de prueba, cada vez que se utilice el instrumento, y a intervalos frecuentes durante el uso, para asegurar el desempeño apropiado.

Las siguientes precauciones deberán ser observadas.

E.5.2 Espesor del metal base

Verifique si el espesor del metal base excede el espesor crítico. Si no, utilice el método de respaldo descrito en 5.3.3 o asegúrese de que la calibración ha sido hecha bajo un estándar de calibración teniendo el mismo espesor y propiedades magnéticas del espécimen de prueba.



E.5.3 Efectos de borde

No efectúe mediciones en las proximidades de una discontinuidad, tales como un borde, hueco, esquina interna de un espécimen de prueba, a menos que la validez de la calibración para tales instrumentos haya sido demostrada.

E.5.4 Curvatura

No efectúe mediciones sobre una superficie curva de un espécimen de prueba, a menos que la validez de la calibración para tales mediciones haya sido demostrada.

E.5.5 Número de lecturas

Debido a la variabilidad normal de los instrumentos, es necesario tomar varias lecturas por cada área de medición. Variaciones locales en el espesor del recubrimiento pueden también requerir que varias mediciones sean hechas en el área de referencia; esto se aplica particularmente si la superficie es rugosa.

Los instrumentos del tipo de fuerza atractiva son sensibles a las vibraciones y las lecturas que son evidentemente altas deberán ser eliminadas.

E.5.6 Dirección del trabajo mecánico

Si la dirección del trabajo mecánico tiene un efecto pronunciado sobre la lectura, las mediciones sobre los especímenes de prueba deberán hacerse con la sonda en la misma dirección que la usada durante la calibración. Si es posible, haga cuatro mediciones en la misma área de medición mediante la rotación de la sonda con incrementos de 90° .

E.5.7 Magnetismo residual

Si el magnetismo residual está presente en el metal base y si se usa un instrumento de dos polos, es necesario que emplee un campo magnético estacionario para hacer mediciones en dos orientaciones que difieran por 180° .

Podría ser necesario desmagnetizar el espécimen de prueba para obtener resultados válidos.

E.5.8 Recubrimientos de plomo

Si se usan instrumentos del tipo de fuerza atractiva, los recubrimientos de plomo podrían pegarse al magneto. La aplicación de una película muy fina de aceite mejorará en general la repetibilidad de las mediciones, pero aceite en exceso deberá ser limpiado de tal forma que la superficie esté prácticamente seca cuando se efectúen las mediciones con un indicador del tipo pull-off. No se deberá usar aceite sobre otro tipo de recubrimientos que no sean plomo.

E.5.9 Técnicas

Los resultados obtenidos pueden depender de la técnica del operador. Por ejemplo, la presión aplicada a la sonda, o la rapidez de aplicación de una fuerza de equilibrio al magneto, variará de un individuo a otro. Tales efectos pueden ser reducidos o minimizados ya sea mediante la calibración del instrumento por el mismo operador que hará las mediciones, o mediante el uso de sondas de presión constante. En los casos apropiados cuando una sonda de presión constante no es usada, el uso de una base de medición es altamente recomendada.

E.5.10 Posición de la sonda

La sonda del instrumento deberá ser colocada perpendicularmente a la superficie de prueba en el punto de medición. Para algunos instrumentos del tipo de fuerza atractiva, esto es esencial. Con algunos instrumentos, sin embargo, es deseable inclinar la sonda ligeramente y seleccionar el ángulo de inclinación para dar la mínima lectura. Si, sobre una superficie lisa, los resultados obtenidos varían substancialmente con el ángulo de inclinación, es probable que la sonda esté desgastada y necesite ser remplazada.

Si un instrumento del tipo de fuerza atractiva se va usar en una posición horizontal o invertida, deberá ser calibrado separadamente para esa posición, si el sistema de medición no está apoyado en el centro de gravedad.



E.6 Requerimientos de precisión

La calibración y operación del instrumento deberá ser tal que el espesor del recubrimiento pueda ser determinado dentro de un 10 % de su espesor real o dentro de 1,5 μm , el que sea mayor (véase E.5). El método es capaz de una precisión mejor.

México D.F., a

DR. FRANCISCO RAMOS GÓMEZ
DIRECTOR GENERAL DE NORMAS