
NORMA CUBANA

NC

ISO 15630-1: 2012
(Publicada por la ISO en 2010)

**ACEROS PARA EL ARMADO Y EL PRETENSADO DEL
HORMIGÓN — MÉTODOS DE ENSAYO — PARTE 1:
BARRAS, ALAMBRES Y ALAMBRÓN PARA HORMIGÓN
ARMADO
(ISO 15630-1:2010; IDT)**

Steel for the reinforcement and prestressing of concrete — Test methods — Part
1: Reinforcing bars, wire rod and wire

ICS: 77.140.15

1. Edición Mayo 2012
REPRODUCCIÓN PROHIBIDA

Oficina Nacional de Normalización (NC) Calle E No. 261 El Vedado, La Habana. Cuba.
Teléfono: 830-0835 Fax: (537) 836-8048; Correo electrónico: nc@ncnorma.cu; Sitio
Web: www.nc.cubaindustria.cu



Cuban National Bureau of Standards

NC-ISO 15630-1: 2012

Prefacio

La Oficina Nacional de Normalización (NC) es el Organismo Nacional de Normalización de la República de Cuba y representa al país ante las organizaciones internacionales y regionales de normalización.

La elaboración de las Normas Cubanas y otros documentos normativos relacionados se realiza generalmente a través de los Comités Técnicos de Normalización. Su aprobación es competencia de la Oficina Nacional de Normalización y se basa en las evidencias del consenso.

La NC-ISO 15630:

- Consta de las siguientes partes bajo el título general de Acero para refuerzo de hormigón – Métodos de ensayo para barras de refuerzo, alambón y alambre:

Parte 1: Barras, alambres, y alambón para hormigón armado

Parte 2: Construcciones soldadas

Parte 3: Acero pretensado

Esta Parte 1:

- Ha sido elaborada por el Comité Técnico de Normalización NC/CTN 69 de Ensayos de Materiales metálicos integrado por representantes de las siguientes entidades
 - Empresa Siderúrgica Antillana de Acero
 - Centro de Investigaciones Metalúrgicas
 - Empresa de Inoxidables “Enrique Varona”
 - Unidad Docente Metalúrgica del Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”
 - Facultad de Ingeniería Mecánica del Instituto Superior Politécnico “José A. Echevarría”
 - Empresa de Mantenimiento a Centrales Eléctricas
 - Empresa de Motores Taino
 - Centro de Aplicaciones Tecnológicas y Desarrollo Nuclear
 - Oficina Nacional de Normalización
- Es una adopción idéntica por el método de traducción de la Norma Internacional ISO 15630-1:2010 *Steel for the reinforcement and prestressing of concrete – Test methods – Parte 1: Reinforcing bars, wire rod and wire.*

© NC, 2012

Todos los derechos reservados. A menos que se especifique, ninguna parte de esta publicación podrá ser reproducida o utilizada en alguna forma o por medios electrónicos o mecánicos, incluyendo las fotocopias, fotografías y microfilmes, sin el permiso escrito previo de:

Oficina Nacional de Normalización (NC)

Calle E No. 261, El Vedado, La Habana, Habana 4, Cuba.

Impreso en Cuba.

Índice

1 Objeto y campo de aplicación	7
2 Referencias normativas	7
3 Símbolos	7
4 Disposiciones generales relativas a las probetas	9
5 Ensayo de tracción	10
5.1 Probeta	10
5.2 Equipamiento de ensayo.....	10
5.3 Procedimiento de ensayo	10
a. Longitud de mordaza	11
6 Ensayo de doblado	11
6.1 Probeta	11
6.2 Equipo de ensayo	12
6.3 Procedimiento de ensayo	12
6.4 Interpretación de los resultados de ensayo	12
7 Ensayo de desdoblado	13
7.1 Probeta	13
7.2 Equipo de ensayo	13
7.2.1 Dispositivo de doblado	13
7.2.2 Dispositivo de desdoblado	13
7.3.2 Doblado	14
7.3.3 Envejecimiento artificial.....	14
7.3.4 Desdoblado.....	14
7.4 Interpretación de los resultados de ensayo	14

8	Ensayo de fatiga de carga axial	14
8.1	Principio del ensayo	14
8.2	Probeta	15
8.3	Equipo de ensayo	15
8.4	Procedimiento de ensayo	15
8.4.1	Disposiciones relativas a la probeta	15
8.4.2	Límite superior de carga (F_{up}) e intervalo de carga (F_r)	15
8.4.3	Estabilidad de carga y frecuencia.....	16
8.4.4	Conteo de ciclos de carga	16
8.4.5	Frecuencia	16
8.4.6	Temperatura	16
8.4.7	Fin del ensayo	16
8.4.8	Validación del ensayo	16
9	Análisis químico.....	16
10	Medición de las características geométricas	16
10.1	Probeta	16
10.2	Equipo de ensayo	17
10.3	Procedimiento de ensayo	17
10.3.1	Alturas de corrugas transversales o profundidades de grafilas	17
10.3.1.1	Valor máximo ($a_{m\acute{a}x}$)	17
10.3.1.2	Valor en una posición determinada.....	17
10.3.2	Altura de corrugas longitudinales (a').....	17
10.3.3	Separación de corrugas o grafilas transversales (c)	18
10.3.4	Paso (P).....	18
10.3.5	Parte de la circunferencia sin corrugas o grafilas (Σei)	18

10.3.6	Ángulo de la corruga o grafila transversal (β)	18
10.3.7	Inclinación del flanco de la corruga transversal (α)	18
11	Determinación del área relativa de las corrugas o grafilas (F_R O F_P)	20
11.1	Introducción.....	20
11.2	Mediciones.....	20
11.3	Cálculo de f_R	20
11.4	Cálculo de f_P	21
11.4.1	Área relativa de las grafilas	21
11.4.3	Fórmula utilizada para el cálculo de f_P	23
12	Determinación de la desviación de la masa nominal por metro	23
12.1	Probeta	23
12.2	Precisión de la medición.....	23
12.3	Procedimiento de ensayo	23
13	Informe de ensayos	23
	Bibliografía.....	24

Introducción

El objetivo de NC-ISO 15630 es ofrecer en una norma los métodos de ensayo relevantes para aceros reforzados y pretensados. Las Normas Internacionales existentes para probar estos productos han sido revisadas y actualizadas. Algunos métodos de ensayo existentes han sido agregados.

En general, como son aplicables, se hace referencia a las Normas Internacionales en la comprobación de metales. Se dan disposiciones complementarias en caso de que se necesiten.

ACEROS PARA EL ARMADO Y EL PRETENSADO DEL HORMIGÓN — MÉTODOS DE ENSAYO — PARTE 1: BARRAS, ALAMBRES Y ALAMBRÓN PARA HORMIGÓN ARMADO

1 Objeto y campo de aplicación

Esta parte de la Norma ISO 15630 especifica métodos de ensayo aplicables a barras, alambren y alambre para armado.

2 Referencias Normativas

Los siguientes documentos referidos son indispensables para la aplicación de esta norma. Para las de referencias fechadas solamente se aplica edición citada. Para las referencias no citadas, se aplica la última edición (incluyendo cualquier enmienda)

NC-ISO 6892-1¹ Materiales metálicos ensayo de tracción - Parte 1 Método de ensayo a temperatura ambiente.

ISO 7500-1:2004 Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Verification and calibration of the force-measuring system

ISO 9513:1999 Materiales metálicos. Calibración de extensómetros usados en ensayos uniaxiales.

3 Símbolos

Véase la tabla 1.

Tabla 1 — Símbolos

Símbolo	Unidad	Descripción	Referencias
a'	mm	Altura de corruga longitudinal	10.3.2, 11.3
a_m	mm	Altura de corruga en el punto medio	10.3.1.2, 11.3.3
$a_{m\text{áx}}^a$	mm	Altura máxima de corruga transversal o máxima profundidad de grafila	10.3.1.1
$a_{s,i}$	mm	Altura media de una porción i de una corruga dividida en p partes de longitud Δl	11.3.1
$a_{1/4}$	mm	Altura de corruga en el punto 1/4	10.3.1.2, 11.3.3
$a_{3/4}$	mm	Altura de corruga en el punto 3/4	10.3.1.2, 11.3.3
A	%	Alargamiento de rotura	5.1, 5.3
A_g	%	Alargamiento no proporcional bajo carga máxima (F_m)	5.3
A_{gt}	%	Alargamiento total bajo carga máxima (F_m)	5

¹ En proceso de elaboración.

A_n	mm ²	Área transversal nominal de la barra , alambcón o alambre.	8.4.2
-------	-----------------	--	-------

Tabla 1 — Símbolos (Continuación)

Símbolo	Unidad	Descripción	Referencias
b	mm	Ancho de la corruga transversal	10.3.8
c	mm	Separación entre corrugas o grafilas transversales	10.3.3, 11.3
d	mm	Diámetro nominal de la barra, alambcón o alambre	5.3, 8.2, 8.3.8, 11.3
D	mm	Diámetro del mandril del dispositivo de doblado en el ensayo de doblado o de doblado - desdoblado	6.3, 7.3.2
e	mm	Separación media entre dos filas contiguas de corrugas o grafilas	10.3.5
f	Hz	Frecuencia de ciclos de carga en el ensayo de fatiga	8.1, 8.4.3
f_P	-	Área proyectada de las grafilas	Capítulo 11
f_R	-	Área proyectada de las corrugas	Capítulo 11
F_m	N	Carga máxima en el ensayo de tracción	5.3
F_P	mm ²	Área de la sección longitudinal de una grafila	11.3.2
F_r	N	Intervalo de cargas en el ensayo de fatiga	8.1, 8.3, 8.4.2, 8.4.3
F_R	mm ²	Área de la sección longitudinal de una corruga	11.3.1
F_{up}	N	Límite superior de tensión en el ensayo de fatiga	8.1, 8.3, 8.4.2, 8.4.3
l	mm	Longitud de la grafila transversal en la intercara entre grafila y núcleo	Figura 6
n, m, q, p	-	Cantidades usadas en las fórmulas que definen f_R , f_P , F_R , F_P	11.3, 11.4
P	mm	Paso en barras laminadas en frío	10.3.4, 11.3
r_1	mm	Distancia entre las mordazas y la distancia entre marcas para la medida manual de A_{gt}	5.3
r_2	mm	Distancia entre la rotura y la distancia entre marcas para la medida manual de A_{gt}	5.3
R_{eH}	MPa	Límite elástico superior	5.2, 5.3
R_m	MPa	Resistencia a la tracción	5.3
$R_{p0.2}$	MPa	Límite elástico convencional a 0.2%	5.2, 5.3
S_n	mm ²	Área nominal de la sección transversal de la barra,	8.4.2

		alambrón o alambre.	
--	--	---------------------	--

Tabla 1 — Símbolos (Continuación)

Símbolo	Unidad	Descripción	Referencias
α	°	Inclinación del flanco de la corruga transversal	10.3.7
β	°	Ángulo entre el eje de una corruga o grafila transversal y el eje de la barra, alambrón o alambre	10.3.6, 11.3
γ	°	Ángulo de doblado en el ensayo de doblado o de doblado - desdoblado	6.3, 7.3.1 (Figura 4), 7.3.2
Δl	mm	Parte incrementada de la longitud de la grafila transversal en la intercara entre grafila y núcleo	Figura 6
δ	°	Ángulo de desdoblado en el ensayo de doblado - desdoblado	7.3.1 (Figura 4), 7.3.4
λ	--	Factor empírico en la fórmula empírica de f_R y f_P	11.3.3
$2\sigma_a$	MPa	Intervalo de carga en el ensayo de fatiga	8.4.2
$\sigma_{m\acute{a}x}$	MPa	Tensión máxima en el ensayo de fatiga	8.4.2
Σe_i	mm	Parte de la circunferencia sin grafila o corruga	10.3.5, 11.3.3
NOTA – 1 N/mm ² = 1 MPa			
^a En algunas normas de producto, el símbolo h también se emplea para este parámetro.			

4 Disposiciones generales relativas a las probetas

A menos que se acuerde de manera diferente o que se especifique en el producto, la probeta debe tomarse de la barra, alambrón o alambre en las condiciones de entrega.

En el caso de una probeta extraída de un rollo, la probeta debe enderezarse antes de someterla a cualquier ensayo, mediante una simple operación de doblado con deformación plástica mínima.

NOTA El método de enderezado de la probeta es decisivo para los ensayos de tracción y de fatiga.

El medio manual o mecanizado empleado para enderezarla debe reflejarse en el informe del ensayo²).

Para la determinación de las propiedades mecánicas en el ensayo de tracción y en el ensayo de fatiga, la probeta puede ser envejecida artificialmente (después de aplicarse el enderezado) en dependencia de las exigencias de la norma del producto.

² En los ensayos de rutina realizados por los productores de acero para refuerzo, el informe del ensayo incluyendo los parámetros y el método de enderezado, puede aparecer en un documento interno.

NOTA Cuando la norma del producto no especifique el tratamiento de envejecimiento, puede aplicarse lo siguiente: calentamiento de la probeta hasta 100 °C, mantenimiento a esa temperatura ± 10 °C durante un periodo de $1 h_0^{+15}$ minutos y después enfriamiento al aire calmado hasta la temperatura ambiente.

Cuando se envejezca la probeta enderezada, los parámetros del tratamiento de envejecimiento deben reflejarse en el informe del ensayo.

5 Ensayo de tracción

5.1 Probeta

Además de las disposiciones generales dadas en el capítulo 4, la longitud libre de la probeta debe ser suficiente para la determinación del porcentaje de alargamiento según lo establecido en el apartado 5.3.

Si el porcentaje de alargamiento después de la rotura (A), se determina manualmente, la probeta debe marcarse según la Norma NC-ISO 6892-1.

Cuando se determine el alargamiento total bajo carga máxima (A_{gl}) por el método manual, deben efectuarse marcas equidistantes sobre la longitud libre de la probeta (ver la Norma NC-ISO 6892-1). La distancia entre marcas debe ser de 20 mm, 10 mm ó 5 mm, en dependencia del diámetro de la probeta.

5.2 Equipamiento de ensayo

La máquina de ensayo debe verificarse y calibrarse según la Norma ISO 7500-1 y al menos debe ser de clase 1.

Cuando se emplee un extensómetro, debe ser de clase 1 (véase la Norma ISO 9513) para la determinación de $R_{p0,2}$ y para la determinación de A_{gl} , puede usarse un extensómetro de clase 2.

El extensómetro que se emplee para determinar el alargamiento total bajo carga máxima (A_{gl}), debe tener una longitud de medición de como mínimo 100 mm. La longitud de medición debe indicarse en el informe de ensayo.

5.3 Procedimiento de ensayo

El ensayo de tracción debe realizarse de acuerdo con la Norma NC-ISO 6892-1. Para la determinación de $R_{p0,2}$, si la parte recta del diagrama de tracción está limitada o si no está claramente definida, debe aplicarse uno de los siguientes métodos:

- el procedimiento recomendado en la Norma NC-ISO 6892-1.
- la parte recta del diagrama carga-alargamiento debe considerarse como la línea que une los puntos correspondientes a $0,2 F_m$ y $0,5 F_m$.

En caso de litigio, debe aplicarse el segundo procedimiento.

El ensayo debe considerarse no válido cuando la inclinación de esta línea difiera en más de un 10% con respecto al valor teórico del módulo de elasticidad.

Para el cálculo de las propiedades mecánicas (R_{eH} ó $R_{p0.2}$, R_m), debe emplearse el área de la sección transversal nominal, salvo que se especifique otra cosa en la norma pertinente del producto.

El ensayo no es válido, cuando la rotura tenga lugar en las mordazas, o a una distancia (r_1) de las mordazas inferior a 20 mm o d (se elige la mayor).

Para la determinación del alargamiento de rotura (A), la longitud inicial de medición debe ser igual a 5 veces el diámetro nominal (d), salvo que se especifique otra cosa en la norma del producto correspondiente. En caso de litigio, el valor de A se determina manualmente.

Para la determinación del alargamiento total bajo carga máxima (A_{gt}), debe aplicarse la NC-ISO 6892-1 con las modificaciones siguientes:

- si se mide A_{gt} mediante extensómetro, debe registrarse el valor de A_{gt} antes de que la carga haya disminuido más de un 0,5% respecto de su valor.

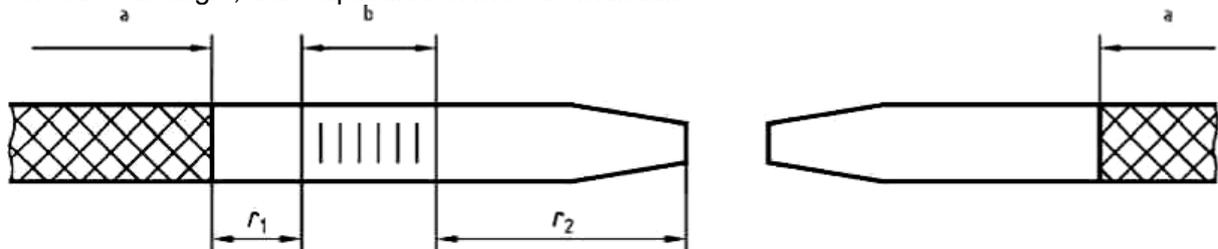
- si después de la rotura, se determina A_{gt} por el método manual, debe calcularse A_{gt} mediante la fórmula siguiente:

$$A_{gt} = A_g + R_m / 2\ 000 \quad (1)$$

Donde A_g es el alargamiento no proporcional bajo carga máxima.

La medición de A_g debe efectuarse en la parte más larga de la probeta partida en una longitud de medición de 100 mm lo más cercano a la rotura, pero a la distancia r_2 , de como mínimo 50 mm o $2d$ (la que sea mayor) desde la rotura. Esta medición puede considerarse no válida si la distancia, r_1 entre las mordazas y la longitud de medición es inferior a 20 mm ó d (la que sea mayor). Véase la Figura 1;

- en caso de litigio, debe aplicarse el método manual.



a. Longitud de mordaza

b. Longitud de medición de 100 mm (Distancia entre marcas)

Figura 1 — Medición de A_{gt} por el método manual

6 Ensayo de doblado

6.1 Probeta

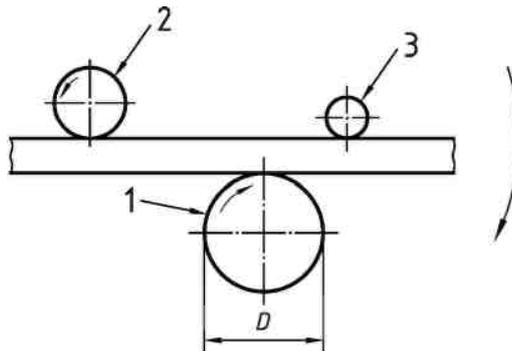
Se aplican las condiciones indicadas en el Capítulo 4.

6.2 Equipo de ensayo

6.2.1 Debe emplearse un dispositivo de doblado, cuyo fundamento se indica en la Figura 2

NOTA La Figura 2 muestra una disposición en la que el mandril y el apoyo rotan, y el tope está fijo. También es posible que el tope rote y el apoyo y el mandril estén fijos.

6.2.2 También puede efectuarse el ensayo de doblado mediante el empleo de un dispositivo con apoyos y un mandril móvil (véase NC ISO 7438).



Leyenda

- 1 Mandril
- 2 Apoyo
- 3 Tope

Figura 2 — Principio de un dispositivo de doblado

6.3 Procedimiento de ensayo

El ensayo de doblado debe efectuarse a una temperatura entre 10 °C y 35 °C, salvo que se acuerde algo diferente.

Para el ensayo a baja temperatura, si no se especifican las condiciones para el ensayo, se permite una desviación de ± 2 °C en la temperatura. La probeta puede mantenerse en un medio refrigerante durante un tiempo suficiente para garantizar que la temperatura requerida se alcance a lo largo de la misma (por ejemplo, por lo menos 10 minutos en un medio líquido o 30 en un medio gaseoso). El ensayo debe comenzar a los 5 segundos de extraerse del medio. El dispositivo debe estar diseñado para que la temperatura de la probeta se mantenga en el rango.

La probeta debe notoriamente doblarse sobre el mandril.

El ángulo de doblado (γ) y el diámetro del mandril (D) deben estar acorde a la norma del producto correspondiente.

6.4 Interpretación de los resultados de ensayo

La interpretación del ensayo de doblado debe efectuarse de acuerdo con los requisitos de la norma de producto correspondiente.

Cuando dichos requisitos no estén especificados, la ausencia de grietas visibles para una persona con visión normal o corregida se considera como evidencia de que la probeta ha superado el ensayo de doblado.

No se considera una falla, la presencia de un desgarrón superficial dúctil en la base de los bordes. El desgarrón puede considerarse superficial, cuando su profundidad no es mayor que su ancho.

7 Ensayo de desdoblado

7.1 Probeta

Se aplican las condiciones indicadas en el Capítulo 4.

7.2 Equipo de ensayo

7.2.1 Dispositivo de doblado

Debe emplearse el dispositivo indicado en el Capítulo 6.2

7.2.2 Dispositivo de desdoblado

El desdoblado se puede realizar en un dispositivo de doblado como se muestra en la Figura 2. Un ejemplo de una variante de equipo de desdoblado aparece en la Figura 3.

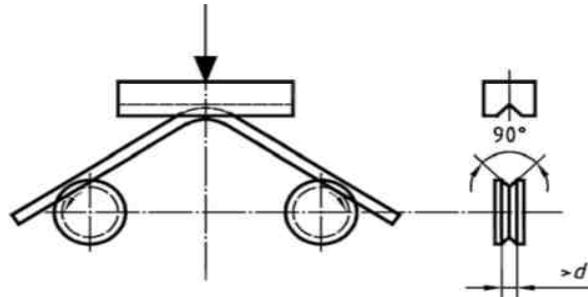
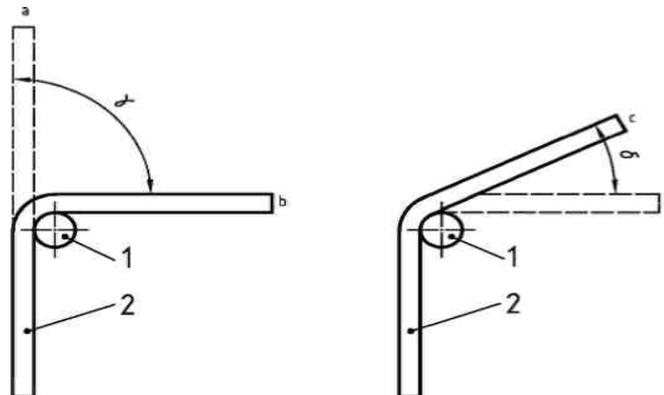


Figura 3 — Ejemplo de un dispositivo de desdoblado



Leyenda:

- 1 Mandril

- 2 Probeta
- a Posición inicial
- b Posición tras la operación descrita en el apartado 7.3.2
- c Posición tras la operación descrita en el apartado 7.3.4

Figura 4 — Ilustración del procedimiento de ensayo para ensayos de doblado-desdoblado

7.3.2 Doblado

El doblado debe realizarse a una temperatura entre 10 °C y 35 °C. La probeta debe ser doblada sobre un mandril.

El ángulo de doblado (γ) y el diámetro del mandril (D) deben ser conforme a la norma de producto correspondiente.

Se debe inspeccionar cuidadosamente la probeta en busca de grietas y fisuras visibles para una persona de visión normal o corregida.

7.3.3 Envejecimiento artificial

La temperatura y la duración del envejecimiento artificial deben ser conforme con la norma del producto correspondiente.

Cuando la norma del producto no especifique ningún tratamiento de envejecimiento, puede aplicarse lo especificado en el Capítulo 4.

7.3.4 Desdoblado

Después de su enfriamiento al aire calmado, hasta una temperatura entre 10 y 35 °C, la probeta debe desdoblarse a un ángulo especificado (δ) conforme a la norma del producto correspondiente.

7.4 Interpretación de los resultados de ensayo

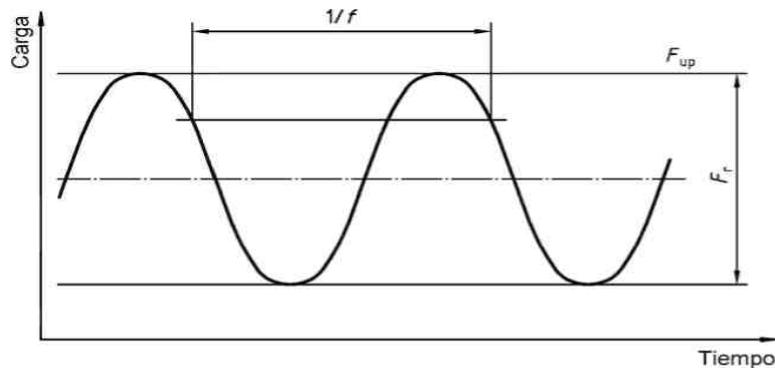
La interpretación del ensayo de doblado-desdoblado debe efectuarse conforme a los requisitos de la norma de producto correspondiente.

Cuando dichos requisitos no estén especificados, la ausencia de grietas visibles para una persona con visión normal o corregida se considera como evidencia de que la probeta ha superado el ensayo de doblado-desdoblado.

8 Ensayo de fatiga de carga axial

8.1 Principio del ensayo

EL ensayo de fatiga de carga axial consiste en someter a la probeta a un esfuerzo axial de tracción, que varía cíclicamente en forma de onda sinusoidal de frecuencia constante f (véase la figura 5) en la zona elástica. El ensayo se realiza hasta la rotura de la probeta, o hasta que se alcanza, sin rotura, el número de ciclos de carga especificado en la norma del producto correspondiente.



Leyenda

F = carga t = tiempo

Figura 5 — Diagrama de ciclos de carga

8.2 Probeta

Son aplicables las disposiciones generales dadas en el capítulo 4. Puede emplearse alguna máquina para enderezar la probeta.

La superficie de la longitud libre entre mordazas no debe someterse a ningún tipo de tratamiento superficial. La longitud libre debe ser como mínimo de 140 mm ó 14 d , la que sea mayor.

8.3 Equipo de ensayo

La máquina de ensayo de fatiga debe calibrarse conforme a la Norma Internacional ISO 7500-1. El error relativo de precisión puede ser menor o igual a $\pm 1\%$. La máquina de ensayo debe ser capaz de mantener la carga superior, F_{up} , dentro de $\pm 2\%$ del valor especificado y la amplitud de carga, F_r , dentro de $\pm 4\%$ del valor especificado.

8.4 Procedimiento de ensayo

8.4.1 Disposiciones relativas a la probeta

La probeta debe quedar sujeta en el equipo de ensayo de tal manera que la carga sea transmitida axialmente y libre de cualquier momento flector a lo largo de la misma.

8.4.2 Límite superior de carga (F_{up}) e intervalo de carga (F_r)

La carga superior (F_{up}) y la amplitud de carga (F_r) deben ser las indicadas en la norma de producto correspondiente.

NOTA F_{up} y F_r , pueden deducirse de la tensión máxima ($\sigma_{m\acute{a}x}$) y de la amplitud de tensión ($2\sigma_a$) indicadas en la norma del producto correspondiente como sigue:

$$F_{up} = \sigma_{m\acute{a}x} \cdot S_n \quad (2)$$

$$F_r = 2\sigma_a \cdot S_n \quad (3)$$

Donde S_n es el área nominal de la sección transversal de la barra, alambcón o alambre.

8.4.3 Estabilidad de carga y frecuencia

El ensayo debe efectuarse en condiciones de carga superior (F_{up}), amplitud de carga (F_r) y frecuencia (f) estables. No deben existir interrupciones en la carga cíclica durante el ensayo. Sin embargo, se permite continuar un ensayo que haya sido interrumpido accidentalmente, aunque por acuerdo puede ser considerado no válido. Debe informarse de cualquier interrupción.

8.4.4 Conteo de ciclos de carga

El número de ciclos de carga debe contarse incluyendo el primer ciclo de carga completo.

8.4.5 Frecuencia

La frecuencia de los ciclos de carga debe ser estable durante el ensayo y también durante las series de ensayo. Debe estar comprendida entre 1 Hz y 200 Hz.

8.4.6 Temperatura

La temperatura de la probeta durante el ensayo no debe exceder de 40 °C. La temperatura del laboratorio de ensayo debe estar comprendida entre 10 °C y 35 °C, a menos que se especifique lo contrario.

8.4.7 Fin del ensayo

El ensayo se debe dar por finalizado, bien por rotura de la probeta antes de alcanzar el número de ciclos especificado, o bien por completarse el número de ciclos especificado sin rotura.

8.4.8 Validación del ensayo

Si la rotura tiene lugar en las mordazas o a una distancia de $2d$ de las mordazas o se inicia debido a una particularidad excepcional de la probeta, el ensayo puede considerarse no válido.

9 Análisis químico

En general, la composición química se determina por métodos espectrométricos.

En caso de litigio sobre métodos analíticos, la composición química debe determinarse mediante un método de referencia apropiado especificado en una de las Normas Internacionales.

NOTA La relación de las normas internacionales para determinar la composición química aparece en la bibliografía recomendada.

10 Medición de las características geométricas

10.1 Probeta

Son aplicables las disposiciones generales dadas en el capítulo 4.

La longitud de la probeta debe ser suficiente para permitir las mediciones conforme al apartado 10.3.

10.2 Equipo de ensayo

Las características geométricas deben medirse mediante un instrumento con una resolución de como mínimo:

- 0,01 mm para la profundidad de las grafilas;
- 0,02 mm para la altura de las corrugas transversales o longitudinales;
- 0,05 mm para la separación entre las corrugas o grafilas transversales de dos filas contiguas de corrugas o grafilas;
- 0,5 mm para la medición de la distancia entre corrugas (o grafilas) transversales cuando se determine el espaciamiento entre corrugas transversales (o espaciamiento entre grafilas) (véase el apartado 10.3.3) o para la medición de la distancia entre dos puntos homólogos de una corruga longitudinal de productos laminados en frío cuando se determine el paso (véase el apartado 10.3.4);
- un grado para la inclinación entre la corruga o grafila transversal y el eje longitudinal de la barra, del alambón o del alambre o la medición de la inclinación del flanco de la corruga.

En caso de litigio, pueden emplearse instrumentos de medición convencionales para lectura directa.

10.3 Procedimiento de ensayo

10.3.1 Alturas de corrugas transversales o profundidades de grafilas

10.3.1.1 Valor máximo ($a_{m\acute{a}x}$)

La altura máxima de las corrugas transversales o la profundidad máxima de las grafilas ($a_{m\acute{a}x}$) debe determinarse como la media de como mínimo tres mediciones por fila de la altura máxima de corrugas individuales transversales o de la profundidad máxima de grafilas individuales no utilizadas para la identificación de la barra, alambón o alambre.

10.3.1.2 Valor en una posición determinada

La altura de las corrugas transversales o la profundidad de las grafilas en una posición determinada, por ejemplo en el punto a un cuarto, un medio o tres cuartos, designados respectivamente $a_{1/4}$, a_m y $a_{3/4}$ respectivamente, debe determinarse como la media de no menos de tres mediciones en esta posición, por fila sobre diferentes corrugas o grafilas transversales, no utilizadas para la identificación de la barra, alambón o alambre.

10.3.2 Altura de corrugas longitudinales (a')

La altura de las corrugas longitudinales (a') debe determinarse como la media de no menos de tres mediciones de la altura de cada corruga longitudinal en tres posiciones diferentes.

10.3.3 Separación de corrugas o grafilas transversales (c)

El espaciamiento de las corrugas o grafilas transversales (c) debe determinarse a partir de la longitud medida dividida por el número de espacios entre corrugas o protuberancias entre grafilas incluidos en dicha longitud.

La longitud medida se define como el intervalo entre el centro de una corruga o grafila y el centro de otra corruga o grafila en la misma fila del producto determinada en una línea recta y paralela al eje longitudinal del producto. La longitud medida debe ser:

- no menos de 10 espacios entre corrugas o protuberancias entre grafilas
- una longitud de un paso para productos laminados en frío.

10.3.4 Paso (P)

El paso (P) para barras laminadas en frío debe determinarse como la media de las distancias entre dos puntos homólogos consecutivos de una corruga longitudinal sobre la misma línea longitudinal, para cada corruga longitudinal.

10.3.5 Parte de la circunferencia sin corrugas o grafilas (Σe_i)

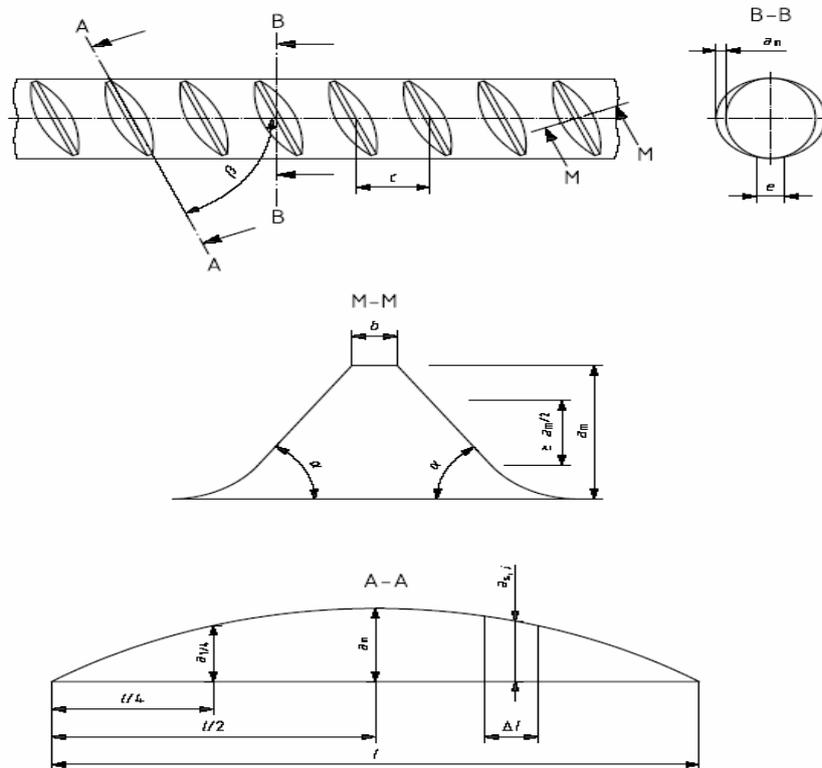
La parte de la circunferencia sin corrugas o grafilas (Σe_i) debe determinarse como la suma del espaciamiento medio (e) entre cada par de filas contiguas de corrugas o grafilas, para cada fila de corrugas o grafilas, (e) debe determinarse a partir de no menos de tres mediciones.

10.3.6 Ángulo de la corruga o grafila transversal (β)

El ángulo de inclinación de la corruga o grafila transversal (β) respecto al eje de la barra, alambión o alambre, debe determinarse como la media de los ángulos individuales medidos para cada fila de corrugas o grafilas con el mismo ángulo nominal.

10.3.7 Inclinación del flanco de la corruga transversal (α)

Cada inclinación del flanco de la corruga transversal (α) debe determinarse como la media de las inclinaciones individuales en el mismo lado de las corrugas, medidas como se indica en la figura 6 sobre no menos de dos corrugas transversales distintas por fila, no empleadas para la identificación de la barra, alambión o alambre.



NOTA La sección A-A es una representación plana de una corruga transversal

Figura 6 — Determinación de la inclinación del flanco de la corruga (α) y determinación del área de la sección longitudinal de una corruga (F_R)

La inclinación del flanco de la corruga transversal (α) puede medirse determinando la línea de mejor ajuste entre dos puntos inclinados, bastante apartados para dar una representación del ángulo de inclinación, pero evitando la inclinación en los extremos finales de la base y cima de la corruga, como se muestra en la Figura 6.

10.3.8 Ancho de la corruga transversal o envergadura de la grafila (b)

El ancho de la corruga transversal (b) puede determinarse como la media de tres mediciones del punto medio en la base de la corruga normal a su eje en cada fila. Solamente pueden utilizarse las corrugas que no se empleen en la identificación.

El ancho de envergadura de la grafila (b) puede determinarse como la media de tres mediciones en cada fila, paralelo al eje longitudinal de la barra, alambión o alambre, a lo largo de una línea que pase por la grafila en la superficie de la barra, alambión o alambre.

11 Determinación del área relativa de las corrugas o grafilas (f_r o f_p)

11.1 Introducción

La interacción entre el acero y el hormigón permite la transferencia mutua de carga.

El principal efecto sobre la adherencia lo da la pendiente ocasionada por las corrugas o grafilas sobre la superficie del acero para refuerzo.

En el caso de acero corrugado o grafilado para refuerzo, el comportamiento frente a la adherencia puede determinarse por diferentes métodos:

- medida de las características geométricas de las corrugas o grafilas;
- medida de la interacción entre el hormigón y el acero para refuerzo en un ensayo de adherencia o en el ensayo de la viga.

Sobre la base de las características geométricas, puede tenerse en cuenta un factor de adherencia, llamado área relativa de las corrugas (f_R) o área relativa de las grafilas (f_p).

11.2 Mediciones

La determinación del área relativa de las corrugas o grafilas (f_R o f_p) debe llevarse a cabo usando los resultados de las mediciones de las características geométricas realizadas de acuerdo con el Capítulo 10.

11.3 Cálculo de f_R

11.3.1 Área relativa de la corruga

El área relativa de las corruga se define mediante la siguiente fórmula:

$$f_R = \frac{1}{\pi d} \sum_{i=1}^n \frac{\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m F_{R,i,j} \sin \beta_{i,j}}{c_i} + \frac{1}{P} \sum_{k=1}^q a'_k \quad (4)$$

donde

n es el número de filas de corrugas transversales en la circunferencia;

m es el número de inclinaciones diferentes de corrugas transversales por fila;

q es el número de corrugas longitudinales para barras laminadas en frío;

El segundo sumando de la fórmula, se aplica sólo para barras laminadas en frío y debe tenerse en cuenta sólo para un valor de hasta el 30% del valor total de (f_R).

$F_R = \sum_{i=1}^p (a_{s,i} \Delta l)$ es el área de la sección longitudinal de una corruga (véase la figura 6), donde $a_{s,i}$ es la altura media de una porción i de una corruga subdividida en p partes de longitud Δl .

11.3.2 Fórmulas simplificadas

Cuando por utilizar dispositivos especiales, no se apliquen estrictamente las fórmulas generales indicadas en los apartados 11.3.1, puede emplearse una fórmula simplificada.

Ejemplos de fórmulas simplificadas, son los siguientes:

a) Fórmula del trapecio:

$$f_R = (a_{1/4} + a_m + a_{3/4})(\pi d - \sum e_i) \frac{1}{4\pi dc} + \frac{1}{P} qa' \quad (5)$$

b) Fórmula de la regla de Simpson:

$$f_R = (2a_{1/4} + a_m + 2a_{3/4})(\pi d - \sum e_i) \frac{1}{6\pi dc} + \frac{1}{P} qa' \quad (6)$$

c) Fórmula de la parábola:

$$f_R = \frac{2a_m}{3\pi dc} (\pi d - \sum e_i) + \frac{1}{P} qa' \quad (7)$$

d) Fórmula empírica:

$$f_R = \lambda \frac{a_m}{c} \quad (8)$$

Donde λ es un factor empírico que relaciona f_R con a_m/c para un perfil de barra, alambcón o alambre determinado.

Los valores $a_{1/4}$, a_m y $a_{3/4}$ deben determinarse de acuerdo con el apartado 10.3.1.2.

$\sum e_i$ debe determinarse de acuerdo con el apartado 10.3.5.

11.3.3 Fórmula empleada para el cálculo de f_R

La fórmula empleada para el cálculo de f_R debe estar acorde con el producto y reflejarse en el informe de ensayo.

11.4 Cálculo de f_P

11.4.1 Área relativa de las grafilas

El área relativa de las grafilas se define mediante la siguiente fórmula:

$$f_P = \frac{1}{\pi d} \sum_{i=1}^n \frac{F_{P,i} \text{ sen } \beta_i}{c_i} \quad (9)$$

En esta fórmula, n es el número de filas de grafilas.

$F_P = \sum_{i=1}^p (a_{s,i} \Delta x)$ es el área de la sección longitudinal de la grafila (véase la Figura 7), donde $a_{s,i}$

es la profundidad media de una porción i de una grafila subdividida en p partes de longitud Δx .

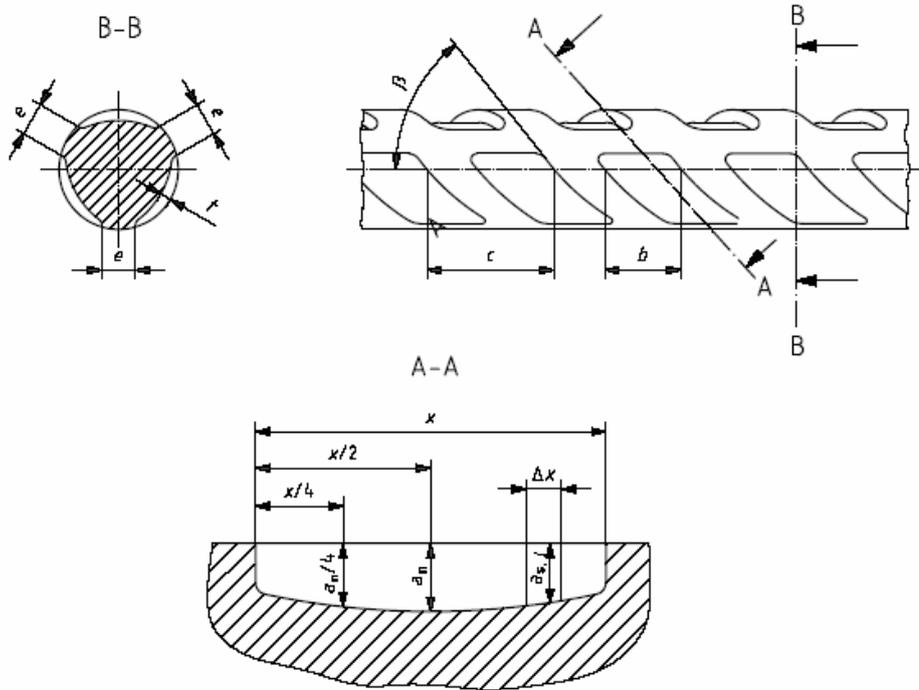


Figura 7 — Determinación del área de la sección longitudinal de una grafila F_p

11.4.2 Fórmulas simplificadas

Cuando por utilizar dispositivos especiales, no se apliquen estrictamente las fórmulas generales indicadas en los apartados 11.4.1, puede emplearse una fórmula simplificada.

Ejemplos de fórmulas simplificadas, son los siguientes:

a) Fórmula del trapecio:

$$f_P = (a_{1/4} + a_m + a_{3/4})(\pi d - \sum e_i) \frac{1}{4\pi dc} \quad (10)$$

b) Fórmula rectangular:

$$f_P = (a_{1/4} + a_m + a_{3/4})(\pi d - \sum e_i) \frac{1}{3\pi dc} \quad (11)$$

c) Fórmula de la parábola

$$f_P = \frac{2a_m}{3\pi dc} (\pi d - \sum e_i) \quad (12)$$

d) Fórmula empírica

$$f_P = \lambda \frac{a_m}{c} \quad (13)$$

Donde λ es un factor empírico que relaciona f_P con a_m/c para un perfil de barra, alambón o alambre determinado.

Los valores $a_{1/4}$, a_m y $a_{3/4}$ deben determinarse de acuerdo con el apartado 10.3.1.2.

Σe_j debe determinarse de acuerdo con el apartado 10.3.5.

11.4.3 Fórmula utilizada para el cálculo de f_P

La fórmula empleada para el cálculo de f_P debe estar acorde con el producto y reflejarse en el informe de ensayo.

12 Determinación de la desviación de la masa nominal por metro

12.1 Probeta

La determinación de la desviación respecto de la masa nominal por metro debe realizarse sobre una probeta que debe tener sus extremos cortados en cuadrado.

Las variaciones en el perfil corruga/grafila relacionados con el marcaje de las barras de refuerzo, alambón y alambre, debe tenerse en cuenta al fijar la longitud de la probeta.

12.2 Precisión de la medición

La longitud y la masa de la probeta deben medirse con una precisión de no menos de $\pm 0,5\%$.

12.3 Procedimiento de ensayo

La desviación porcentual respecto de la masa nominal por metro debe determinarse a partir de la diferencia entre la masa real por metro de la probeta deducida de su masa y longitud y su masa nominal por metro indicada por la norma del producto correspondiente.

13 Informe de ensayos

El informe de ensayo debe incluir como mínimo la siguiente información:

- a) referencia a esta Norma NC-ISO 15630-1;
- b) identificación de la probeta (incluyendo el diámetro nominal de la barra, alambón o alambre);
- c) longitud libre de la probeta;
- d) el tipo de ensayo y los resultados importantes;
- e) la norma del producto correspondiente, cuando sea aplicable;
- f) cualquier otra información complementaria de interés referente a la probeta, al equipo de ensayo y/o al procedimiento empleado.

Bibliografia

- [1] ISO 437:1982, Steel and cast iron – Determination of total carbon content – Combustion gravimetric method.
- [2] ISO 439:1994, Steel and iron – Determination of total silicon content – Gravimetric method.
- [3] ISO 629:1982, Steel and cast iron – Determination of manganese content – Spectrophotometric method.
- [4] ISO 671:1982, Steel and cast iron – Determination of sulphur content – Combustion titrimetric method.
- [5] ISO 4829-1:1986, Steel and iron – Determination of total silicon content – Reduced molybdosilicate spectrophotometric method – Part 1: Silicon contents between 0.05 and 1.0%.
- [6] ISO 4829-2:1988, Steel and iron – Determination of total silicon content – Reduced molybdosilicate spectrophotometric method – Part 2: Silicon contents between 0.01 and 0.05%.
- [7] ISO/TR 4830-4:1978, Steel – Determination of low carbon contents – Part 4: Coulometric method after combustion.
- [8] ISO 4934:2003, Steel and iron – Determination of sulfur content – Gravimetric method
- [9] ISO 4935:1989, Steel and iron – Determination of sulfur content – infrared absorption method after combustion in an induction furnace.
- [10] ISO 4937:1966, Steel and iron – Determination of chromium content – Potentiometric or visual titration method.
- [11] ISO 4938:1988, Steel and iron – Determination of nickel content – Gravimetric or titrimetric method.
- [12] ISO 4939:1984, Steel and iron – Determination of nickel content – Dimethylglyoxime spectrophotometric method.
- [13] ISO 4940:1985, Steel and iron – Determination of nickel content – Flame atomic absorption spectrometric method.
- [14] ISO 4941:1994, Steel and iron – Determination of molybdenum content – Thiocyanate spectrophotometric method.
- [15] ISO 4942:1988, Steel and iron – Determination of vanadium content – N-BPHA spectrophotometric method.
- [16] ISO 4943:1985, Steel and iron – Determination of copper content – Flame atomic absorption spectrometric method.
- [17] ISO 4945:1977, Steel – Determination of nitrogen content – Spectrophotometric method.

- [18] ISO 4946:1984, Steel and iron – Determination of copper content – 2,2 – Diquinoyl spectrophotometric method.
- [19] ISO 4947:1986, Steel and iron – Determination of vanadium content – Potentiometric titration method.
- [20] NC-ISO 7438:2005, Materiales metálicos — Ensayo de flexión
- [21] ISO 9441:1988, Steel- Determination of niobium content – PAR Spectrophotometric method.
- [22] ISO 9556:1989, Steel and iron – Determination of total carbon content – infrared absorption method after combustion in an induction furnace.
- [23] ISO 9647:1989, Steel and iron – Determination of vanadium content – Flame atomic absorption spectrometric method.
- [24] ISO 9658:1990, Steel – Determination of aluminium content – Flame atomic absorption spectrometric method.
- [25] ISO 10138:1991, Steel and iron – Determination of chromium content – Flame atomic absorption spectrometric method.
- [26] ISO 10153:1997, Steel – Determination of boron content – Curcumin spectrophotometric method.
- [27] ISO 10278:1995, Steel – Determination of manganese content – Inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method.
- [28] ISO 10280:1991, Steel and iron – Determination of titanium content – Diantiprylmethane spectrometric method.
- [29] ISO 10697-1:1992, Steel – Determination of calcium content by flame atomic absorption spectrometry – Part 1: Determination of acid – soluble calcium content.
- [30] ISO 10697-2:1992, Steel – Determination of calcium content by flame atomic absorption spectrometry – Part 2: Determination of total calcium content.
- [31] ISO 10698:1994, Steel– Determination of antimony content – Electrothermal atomic absorption spectrometric method.
- [32] ISO 10700:1994, Steel and iron– Determination of manganese content - Flame atomic absorption spectrometric method.
- [33] ISO 10701:1994, Steel and iron– Determination of sulfur content – Methylene blue spectrophotometric method.
- [34] ISO 10702:1993, Steel and iron– Determination of nitrogen content – Titrimetric method after distillation.
- [35] ISO 10714:1992, Steel and iron – Determination of phosphorus content – Phosphovanadomolybdate spectrophotometric method.

- [36] ISO/TR 10719:1994, Steel and iron– Determination of non-combined carbon content – infrared absorption method after combustion in an induction furnace.
- [37] ISO 10720:1997, Steel and iron– Determination of nitrogen content – Thermal conductimetric method after fusion in a current of inert gas.
- [38] ISO 11652:1997, Steel and iron– Determination of cobalt content – Flame atomic absorption spectrometric method.
- [39] ISO 11653:1997, Steel – Determination of high cobalt content – Potentiometric titration method after separation by ion exchange.
- [40] ISO 13898-1:1997, Steel and iron– Determination of nickel, copper and cobalt contents – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 1: General requirements and sample dissolution.
- [41] ISO 13898-2:1997, Steel and iron– Determination of nickel, copper and cobalt contents – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 2: Determination of nickel content.
- [42] ISO 13898-3:1997, Steel and iron– Determination of nickel, copper and cobalt contents – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 3: Determination of copper content.
- [43] ISO 13898-4:1997, Steel and iron– Determination of nickel, copper and cobalt contents – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 4: Determination of cobalt content.
- [44] ISO/TS 13899-1:2004, Steel – Determination of Mo, Nb and W contents in alloyed steel – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 1: Determination of Mo content.
- [45] ISO/TS 13899-2:2005, Steel – Determination of Mo, Nb and W contents in alloyed steel – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 2: Determination of Nb content.
- [46] ISO/TS 13899-3:2005, Steel – Determination of Mo, Nb and W contents in alloyed steel – inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method – Part 3: Determination of W content.
- [47] ISO 13900:1997, Steel – Determination of boron content – Curcumin spectrophotometric method after distillation.
- [48] ISO 13902:1997, Steel and iron – Determination of high sulfur content – Infrared absorption method after combustion in an induction furnace
- [49] ISO/TR 15349-1:1998, Unalloyed steel – Determination of low carbon content –Part 1: infrared absorption method after combustion in an electric resistance furnace (by peak separation).
- [50] ISO/TR 15349-2:1999, Unalloyed steel – Determination of low carbon content – Part 2: infrared absorption method after combustion in an induction furnace (with preheating).

- [51] ISO/TR 15349-2:1999, Unalloyed steel – Determination of low carbon content – Part 3: infrared absorption method after combustion in an electric resistance furnace (with preheating).
- [52] ISO 15350:2000, Steel and iron – Determination of total carbon and sulfur content – Infrared absorption method after combustion in an induction furnace (routine method).
- [53] ISO 15351:1999, Steel and iron – Determination of total nitrogen content – Thermal conductimetric method after fusion in a current of inert gas (Routine method).
- [54] ISO 15353:2001, Steel and iron– Determination of tin content – Flame atomic absorption spectrometric method (extraction as Sn-SCN).
- [55] ISO 15355:1999, Steel and iron– Determination of chromium content – Indirect titration method.
- [56] ISO 16918-1:2009, Steel and iron– Determination of nine elements by the inductively coupled plasma mass spectrometric method – Part 1: Determination of tin, antimony, cerium, lead and bismuth.
- [57] ISO 17053:2005, Steel and iron– Determination of oxygen – Infrared method after fusion under inert gas.
- [58] ISO 17054:2010, Routine method for analysis of high alloy steel by X-ray fluorescence spectrometry (XRF) by using a near-by technique.
- [59] ISO/TR 17055:2002, Steel – Determination of silicon content – Inductively coupled plasma atomic emission spectrometric method.
- [60] ISO 17058:2004, Steel and iron – Determination of arsenic content – Spectrophotometric method