

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

404-8-6

Première édition
First edition
1986-09

Matériaux magnétiques –

Huitième partie:

Spécifications pour matériaux particuliers –

Section six – Matériaux métalliques
magnétiquement doux

Magnetic materials –

Part 8:

Specifications for individual materials –

Section Six – Soft magnetic metallic materials



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 404-8-6: 1986

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- IEC web site*
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

404-8-6

Première édition
First edition
1986-09

Matériaux magnétiques –

**Huitième partie:
Spécifications pour matériaux particuliers –
Section six – Matériaux métalliques
magnétiquement doux**

Magnetic materials –

**Part 8:
Specifications for individual materials –
Section Six – Soft magnetic metallic materials**

© IEC 1986 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

M

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
Articles	
1. Domaine d'application et objet.	6
2. Définitions	6
3. Informations nécessaires aux commandes	8
4. Exigences	8
5. Méthodes de contrôle et échantillons	10
6. Essais complémentaires	12
7. Identification	14
8. Certification	14
TABLEAUX	14
FIGURES	24

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope and object	7
2. Definitions	7
3. Order requirements	9
4. Requirements	9
5. Test methods and specimens	11
6. Retest	13
7. Identification	15
8. Certification	15
TABLES	15
FIGURES	24

Withdrawing
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60404-8-6:1986

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers
Section six – Matériaux métalliques magnétiquement doux

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers, en collaboration avec le Comité Technique n° 17 de l'ISO: Acier.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote	Procédure des Deux Mois	Rapports de vote
68(BC)33	68(BC)40	68(BC)47	68(BC)51 et 51A

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n° 50 (121) (1978): Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 121: Electromagnétisme.
- 50 (131) (1978): Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques.
- 50 (901) (1973): Chapitre 901: Magnétisme.
- 404-1 (1979): Matériaux magnétiques, Première partie: Classification.
- 404-2 (1978): Deuxième partie: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques, électriques et physiques des tôles et feuillards magnétiques.
- 404-6 (1986): Sixième partie: Méthodes de mesure des propriétés des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes, types E1, E3 et E4.
- 404-8-2 (1985): Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers. Section deux – Spécification des bandes magnétiques en acier allié, laminées à froid et livrées à l'état semi-fini.
- 404-8-4 (1986): Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers. Section quatre – Spécification des tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid.
- 404-8-5 (—): Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers. Section cinq – Spécification des tôles magnétiques en acier à grains orientés (en préparation).
- 635 (1978): Noyaux toroïdaux en feuillard bobiné en matériau magnétique doux.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS

Part 8: Specifications for individual materials
Section Six – Soft magnetic metallic materials

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 68: Magnetic Alloys and Steels, in collaboration with ISO Technical Committee No. 17: Steel.

The text of this standard is based upon the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Reports on Voting
68(CO)33	68(CO)40	68(CO)47	68(CO)51 and 51A

Further information can be found in the relevant Reports on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

- Publications Nos. 50 (121) (1978): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 121: Electromagnetism.
- 50 (131) (1978): Chapter 131: Electric and Magnetic Circuits.
- 50 (901) (1973): Magnetism.
- 404-1 (1979): Magnetic Materials, Part 1: Classification.
- 404-2 (1978): Part 2: Methods of Measurement of Magnetic, Electrical and Physical Properties of Magnetic Sheet and Strip.
- 404-6 (1986): Part 6: Methods of Measurement of the Magnetic Properties of Isotropic Nickel-iron Soft Magnetic Alloys, Types E1, E3 and E4.
- 404-8-2 (1985): Part 8: Specifications for Individual Materials. Section Two – Specification for Cold-rolled, Magnetic Alloyed Steel Strip delivered in the Semi-processed State.
- 404-8-4 (1986): Part 8: Specifications for Individual Materials. Section Four – Specification for Cold-rolled, Non-oriented Magnetic Steel Sheet and Strip.
- 404-8-5 (—): Part 8: Specifications for Individual Materials. Section Five – Specification for Grain Oriented Magnetic Steel Sheet and Strip (in preparation).
- 635 (1978): Toroidal Strip-wound Cores made of Magnetically Soft Material.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers Section six – Matériaux métalliques magnétiquement doux

1. Domaine d'application et objet

La présente norme spécifie les exigences pour le fer doux, le fer-silicium et les alliages fer-nickel à haute perméabilité sous forme de tôle, bande, barre ou fil. Les alliages couverts correspondent à ceux qui sont définis par les classes A, C1, C2 et E1 à E4 de la Publication 404-1 de la CEI: Matériaux magnétiques, Première partie: Classification.

Les aciers au silicium non orientés ou orientés (C21 et C22) pour applications à la fréquence industrielle et classés d'après leurs pertes spécifiques totales sont couverts par la Publication 404-8-2 de la CEI: Matériaux magnétiques, Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers. Section deux – Spécification des bandes magnétiques en acier allié, laminées à froid et livrées à l'état semi-fini, la Publication 404-8-4 de la CEI: Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers. Section quatre – Spécification des tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et la Publication 404-8-5 de la CEI: Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers. Section cinq – Spécification des tôles magnétiques en acier à grains orientés (en préparation).

2. Définitions

Les définitions des termes relatifs au magnétisme employés dans cette norme sont données dans la Publication 50(121) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), Chapitre 121: Electromagnétisme, la Publication 50(131) de la CEI, Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques, et la Publication 50(901) de la CEI, Chapitre 901: Magnétisme. En outre, pour les besoins de la présente norme, les définitions suivantes s'appliquent:

2.1 Barre

Produit massif de section droite uniforme fourni en longueurs droites. La section droite peut être ronde, carrée, rectangulaire ou celle d'un polygone régulier.

2.2 Rectitude

La rectitude est caractérisée par la plus grande distance entre une rive d'une tôle et la ligne joignant les deux extrémités de la longueur mesurée de cette rive (voir figure 1, page 24).

2.3 Planéité (facteur d'ondulation)

La planéité d'une tôle est caractérisée par le facteur d'ondulation qui est le rapport de la hauteur de l'ondulation à sa longueur (voir figure 2, page 24).

2.4 Coulée

Le produit de fusion dans un ou plusieurs fours mélangé avant d'être coulé.

2.5 Lot

Matériaux de la même coulée, de la même forme, produits en même temps et éventuellement recuits simultanément ou séquentiellement dans un four continu.

MAGNETIC MATERIALS

Part 8: Specifications for individual materials Section Six – Soft magnetic metallic materials

1. Scope and object

This standard specifies requirements for soft iron, silicon-iron and high permeability nickel-iron alloys in the form of sheet, strip, bar or wire. The alloys covered correspond to those defined by classes A, C1, C2 and E1 to E4 in IEC Publication 401-1: Magnetic Materials, Part 1: Classification.

Non-oriented and oriented silicon steels (C21 and C22) for industrial power frequency applications, classified by specific total loss, are covered by IEC Publication 404-8-2: Magnetic Materials, Part 8: Specifications for Individual Materials. Section Two – Specification for Cold-rolled Magnetic Alloyed Steel Strip Delivered in the Semi-processed State, IEC Publication 404-8-4: Part 8: Specifications for Individual Materials. Section Four – Specification for Cold-rolled Non-oriented Magnetic Steel Sheet and Strip, and IEC Publication 404-8-5: Part 8: Specifications for Individual Materials. Section Five – Specification for Grain Oriented Magnetic Steel Sheet and Strip (in preparation).

2. Definitions

Definitions of the magnetic terms used in this standard are given in IEC Publication 50(121): International Electrotechnical Vocabulary (IEV), Chapter 121: Electromagnetism, IEC Publication 50(131), Chapter 131: Electric and Magnetic Circuits, and IEC Publication 50(901), Chapter 901: Magnetism. In addition, for the purpose of this standard, the following definitions apply:

2.1 Bar

A solid product of uniform cross-section supplied in straight lengths. The cross-section may be round, square, rectangular or regular polygonal.

2.2 Edge camber

The edge camber is characterized by the greatest distance between an edge of the sheet and the line joining the two extremities of the measured length of this edge (see Figure 1, page 24).

2.3 Flatness (wave factor)

Flatness of a sheet is characterized by the wave factor which is the relation of the height of the wave to its length (see Figure 2, page 24).

2.4 Heat

The product of a furnace melt or a number of melts that are mixed prior to casting.

2.5 Lot

Material from the same heat, of the same form, produced at the same time, and if annealed, heat treated together or sequentially in a continuous furnace.

2.6 *Rond*

Produit étiré de section uniforme ronde ou rectangulaire, fourni en longueurs droites.

2.7 *Tôle*

Produit plat laminé de section rectangulaire uniforme, livré en feuilles.

2.8 *Bande*

Produit plat laminé de section uniforme, livré en bobine.

2.9 *Fil*

Produit laminé ou tréfilé, de section uniforme ronde ou rectangulaire, livré en bobine.

2.10 *Vieillessement*

Le vieillissement est défini comme étant la variation du champ coercitif, exprimé en pourcentage, résultant d'un traitement thermique.

3. Informations nécessaires aux commandes

Les commandes relatives aux matériaux conformes à la présente norme doivent comporter les informations suivantes:

- a) le numéro de cette norme;
- b) la quantité (masse ou nombre);
- c) la sous-classe d'alliage, la nuance magnétique et les éprouvettes (voir tableaux II à IV);
- d) les conditions de livraison (voir paragraphe 4.5);
- e) les dimensions;
- f) si une certification est exigée (voir article 8);
- g) toutes exigences spéciales ou contrôles additionnels.

4. Exigences

4.1 *Composition chimique et méthode de fabrication*

Le tableau I donne la composition type de chaque classe de produits couverte par la présente norme.

La composition précise et le procédé de fabrication sont laissés à la convenance du fabricant sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur, stipulé sur la commande.

4.2 *Caractéristiques magnétiques*

Sauf stipulations contraires sur la commande, les caractéristiques magnétiques sont déterminées pour chaque lot sur un échantillon représentatif prélevé dans le lot et traité suivant les recommandations du fabricant ou suivant les spécifications de l'acheteur. Les contrôles d'acceptation des tôles et bandes doivent être effectués en courant alternatif sur des rondelles laminées (type L.R.) ou des noyaux enroulés (type S.W.) ou en courant continu sur des anneaux massifs (type S.R.) ou des échantillons allongés (type E.S.).

Les propriétés doivent satisfaire aux valeurs magnétiques spécifiées dans les tableaux II à IV pour l'alliage, la nuance magnétique et l'épaisseur spécifiée sur la commande.

2.6 Rod

A cold-drawn product of uniform round or rectangular cross-section, supplied in straight lengths.

2.7 Sheet

A flat rolled product of uniform rectangular cross-section, supplied singly or in bundles.

2.8 Strip

A flat rolled product of uniform cross-section, supplied in coil.

2.9 Wire

A rolled or drawn product of uniform round or rectangular cross-section, supplied in coil.

2.10 Ageing

Ageing is defined as the change of coercivity, expressed as a percentage, resulting from a heat treatment.

3. Order requirements

Orders for material to this standard shall include the following information:

- a) the number of this standard;
- b) quantity (mass or number);
- c) alloy subclass, magnetic grade and test specimens (see Tables II to IV);
- d) delivery condition (see Sub-clause 4.5);
- e) dimensions;
- f) whether certification is required (see Clause 8);
- g) any special requirements, or additional tests.

4. Requirements

4.1 Chemical composition and method of manufacture

The typical composition of each of the material classes covered by this standard is given in Table I.

The actual composition and the method of manufacture shall be left to the discretion of the manufacturer unless otherwise agreed between the manufacturer and purchaser and specified in the order.

4.2 Magnetic characteristics

Unless otherwise required by the order, the magnetic characteristics shall be determined for each lot of material on a representative sample taken from the lot and heat-treated in accordance with the recommendations of the manufacturer or as specified by the purchaser. Acceptance testing of sheet and strip shall be carried out by a.c. testing of laminated rings (L. R.) or strip wound cores (type S. W.), or by d.c. testing of solid rings (type S. R.) or elongated specimens (type E. S.).

The properties shall meet the magnetic requirements specified in Tables II to IV for the alloy, the magnetic grade and the thickness specified in the order.

Les tôles et bandes d'épaisseur inférieure ou égale à 0,4 mm sont contrôlées en courant alternatif. Les produits d'épaisseur supérieure à 0,4 mm sont contrôlés en courant continu.

Lorsque cela est requis par la commande, les valeurs du vieillissement doivent être celles qui sont spécifiées dans la note du tableau III. Le traitement thermique doit être de 100 h à $100 \pm 5^\circ\text{C}$.

Pour les épaisseurs intermédiaires, non indiquées dans le tableau, retenir les valeurs du groupe d'épaisseur immédiatement supérieure.

4.3 *Etat de surface*

L'état de surface des tôles ou bandes doit être uniforme, propre et exempt de défauts tels que rayures ou soufflures qui pourraient gêner la mise en œuvre ou les performances du produit final.

4.4 *Caractéristiques géométriques et tolérances*

4.4.1 *Tôles et bandes*

4.4.1.1 *Epaisseur*

L'épaisseur des tôles et bandes doit se tenir dans les tolérances indiquées dans le tableau VI.

4.4.1.2 *Largeur*

La largeur des bandes doit se tenir dans les tolérances indiquées dans le tableau VII.

4.4.1.3 *Planéité*

Le facteur d'ondulation, exprimé en pourcentage, ne doit pas dépasser 2%.

4.4.1.4 *Rectitude*

La rectitude des bandes à rives cisaillées ne doit pas excéder 4 mm pour une longueur de 2 m. La rectitude des bandes brutes de laminage ne doit pas excéder 6 mm pour une longueur de 2 m.

4.4.2 *Barre étirée, rond et fil*

Les tolérances sur le diamètre, la largeur ou l'épaisseur doivent être comme spécifiées au tableau VIII.

4.4.3 *Barres produites à chaud*

Le fabricant et l'acheteur doivent se mettre d'accord sur les tolérances.

4.5 *Condition de livraison*

Les matériaux peuvent être livrés à l'état travaillé à chaud, travaillé à froid ou recuit. L'état désiré doit être spécifié sur la commande.

5. *Méthodes de contrôle et échantillons*

5.1 *Propriétés magnétiques*

5.1.1 *Contrôle magnétique, méthodes en courant continu*

La mesure en courant continu de l'induction, de la perméabilité et du champ coercitif doit être effectuée conformément à la Publication 404-2 de la CEI: Matériaux magnétiques, Deuxième partie: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques, électriques et physiques des tôles et feuillards magnétiques, pour les alliages Fe et FeSi, et conformément à la Publication 404-6 de la CEI: Sixième partie: Méthodes de mesure des propriétés des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes – Types E1, E3 et E4, pour les alliages FeNi.

Sheet and strip of thickness less than or equal to 0.4 mm shall be tested by a.c. methods. Material of thickness greater than 0.4 mm shall be tested by d.c. methods.

When required by the order the values of ageing shall be as specified in the footnote to Table III. The heat treatment shall be 100 h at $100 \pm 5^\circ\text{C}$.

For intermediate thickness not given in the table, the values for the next thicker group shall apply.

4.3 *Surface condition*

The surface condition of sheet or strip shall be uniform, clean and free from defects such as scratches or blisters which may affect the manufacture or performance of the final product.

4.4 *Geometric characteristics and tolerances*

4.4.1 *Sheet and strip*

4.4.1.1 *Thickness*

The thickness of sheet and strip shall not vary by more than the tolerances indicated in Table VI.

4.4.1.2 *Width*

The width of strip shall not vary by more than the tolerances indicated in Table VII.

4.4.1.3 *Flatness*

The wave factor, expressed as a percentage, shall not exceed 2%.

4.4.1.4 *Edge camber*

The edge camber of sheared strip shall not exceed 4 mm in any 2 m length. The edge camber of as-rolled strip shall not exceed 6 mm in any 2 m length.

4.4.2 *Cold drawn bar, rod and wire*

The diameter, width and thickness tolerances shall be as specified in Table VIII.

4.4.3 *Hot finished bar*

Tolerances shall be agreed between the manufacturer and the purchaser.

4.5 *Delivery condition*

Material may be delivered in the hot finished, cold worked or annealed condition. The condition required shall be specified in the order.

5. **Test methods and specimens**

5.1 *Magnetic properties*

5.1.1 *Magnetic testing, d.c. methods*

Measurement of d.c. flux density, permeability and coercivity shall be in accordance with IEC Publication 404-2: Magnetic Materials, Part 2: Methods of Measurement of Magnetic, Electrical and Physical Properties of Magnetic Sheet and Strip, for Fe and Si-Fe alloys, and IEC Publication 404-6, Part 6: Methods of Measurement of the Magnetic Properties of Isotropic Nickel-iron Soft Magnetic Alloys – Types E1, E3 and E4, for Ni-Fe alloys.

5.1.2 Contrôle magnétique, méthodes en courant alternatif

La mesure en courant alternatif de l'induction et de la perméabilité doit être effectuée conformément à la Publication 404-2 de la CEI pour les alliages Fe et FeSi et à la Publication 404-6 de la CEI pour les alliages FeNi. Utiliser 50 Hz ou 60 Hz, si rien d'autre n'est spécifié.

5.1.3 Eprouvettes

Le type d'éprouvettes à utiliser pour le contrôle est indiqué aux tableaux II à IV par les abréviations suivantes:

Type L. R.

Noyaux feuilletés composés de rondelles découpées mécaniquement ou chimiquement.

Type S. R.

Anneaux massifs ou cadres carrés, mis en forme ou usinés dans le matériau massif. Les diamètres extérieurs des anneaux doivent se situer entre 30 mm et 50 mm avec un rapport de diamètre extérieur à diamètre intérieur de 1,4.

Note. – Les types L. R. et S. R. s'appliquent seulement aux matériaux essentiellement isotropes.

Type S. W.

Noyaux enroulés tels que définis par la Publication 635 de la CEI: Noyaux toroïdaux en feuillard bobiné en matériau magnétique doux. Pour les restrictions dimensionnelles, voir le tableau V.

Les diamètres extérieurs des tores de contrôle doivent être compris entre 30 mm et 80 mm.

Type E. S.

Echantillon allongé pour mesure sur des prélèvements, de section circulaire ou rectangulaire et de rapport longueur sur diamètre équivalent de la section, d'au moins 10:1. Essentiellement utilisé pour déterminer le champ coercitif.

5.2 Caractéristiques géométriques et tolérances

5.2.1 Epaisseur

La mesure de l'épaisseur doit être faite en tout point situé à 10 mm ou plus des rives, excepté pour les largeurs inférieures à 25 mm, qui sont mesurées à n'importe quel endroit.

5.2.2 Planéité

L'éprouvette est placée sur un marbre suffisamment large de manière qu'elle ne dépasse aucun des bords, on la soulève ensuite d'un côté en l'appuyant sur un bord jusqu'à une position presque verticale et on la laisse retomber. La hauteur maximale (h) et la longueur d'ondulation (L) doivent être mesurées (voir figure 2, page 24). Le facteur d'ondulation (en %) est égal à $100 h/L$. Ne doivent être prises en considération que les ondulations complètes.

5.2.3 Rectitude

Une règle doit être placée en contact avec les extrémités du côté concave de l'éprouvette et l'écart maximal entre la rive et la règle doit être mesuré (voir figure 1, page 24).

6. Essais complémentaires

Si une éprouvette ne remplit pas les exigences spécifiées, deux nouvelles éprouvettes du même lot doivent être choisies pour contrôle. Si les deux éprouvettes additionnelles sont acceptées, le lot est jugé conforme aux spécifications de la présente norme. Si l'une des deux éprouvettes est mauvaise, le lot est rejeté.

5.1.2 *Magnetic testing a.c. methods*

Measurement of a.c. flux density and permeability shall be in accordance with IEC Publication 404-2 for Fe and Si-Fe alloys and IEC Publication 404-6 for Ni-Fe alloys. Unless otherwise specified 50 Hz or 60 Hz shall be used.

5.1.3 *Test specimens*

The type of test specimens to be used for testing is indicated in Tables II to IV by the following abbreviations:

Type L. R.

Laminated cores of stamped or etched rings.

Type S. R.

Solid rings or square frames, formed or machined from solid material.

The outside diameters of the rings shall be between 30 mm and 50 mm with an outside/inside diameter ratio of 1.4.

Note. – Types L. R. and S. R. are only applicable to essentially isotropic materials.

Type S. W.

Strip-wound cores as defined by IEC Publication 635: Toroidal Strip-wound Cores made of Magnetically Soft Material. For dimensional restrictions, see Table V.

The outside diameters of test cores shall be between 30 mm and 80 mm.

Type E. S.

Elongated specimen for test samples of circular or rectangular cross-section and a length to cross-section ratio of at least 10:1. Primarily used for the determination of coercivity.

5.2 *Geometric characteristics and tolerances*

5.2.1 *Thickness*

The measurement of thickness shall be made at any point 10 mm or more from the edges except for widths less than 25 mm which shall be measured at any point.

5.2.2 *Flatness*

The test specimen shall be placed on a surface table sufficiently large that it does not overhang the edges; it shall then be lifted up on one edge until it is approximately vertical and allowed to fall back. The height of the maximum wave (h) and the length of the wave (L) shall be measured (see Figure 2, page 24). The wave factor (in %) is equal to $100 h/L$. Full waves only shall be taken into consideration.

5.2.3 *Edge camber*

A rule shall be placed in contact with the extremities of the concave side of the test specimen and the maximum gap between the edge and the rule shall be measured (see Figure 1, page 24).

6. **Retest**

If any test specimen fails to meet the specified requirements, two further test specimens from the same lot shall be selected for testing. If both of the additional samples pass, the lot shall be deemed to comply with the requirements of this standard. If either of the test specimens fails the lot shall be rejected.

7. Identification

Chaque lot doit être marqué du nom de l'alliage, du numéro de la présente norme et du numéro de la coulée.

8. Certification

Sur demande de l'acheteur et selon mention sur la commande, le fabricant doit certifier que le matériau a été fabriqué et contrôlé suivant les prescriptions de la présente norme. Le certificat doit détailler les résultats de tous les contrôles demandés dans la commande.

TABLEAU I

Composition chimique des classes d'alliages d'après la Publication 404-1 de la C E I et composition type des alliages habituellement employés

Classe d'alliage	Constituants d'après la Publication 404-1 de la C E I	Compositions types ¹⁾ (% en masse)				
		Si	Ni	Mo	Cr	Cu
E 1	72-83 Ni	—	75-78	—	2-3	4-6
		—	75-78	3-4,5	—	4-6
		—	79-81	3,5-6	—	—
E 2	54-68 Ni	—	53-65	—	—	—
E 3	45-50 Ni	—	45-49	—	—	—
E 4	35-40 Ni	—	36-40	—	—	—
C 1	0-5 Si	2-4,5				
C 21	0,4-5 Si	2-4,5				
C 22	3 Si	2,5-3,5				
A	100 Fe					

¹⁾ Complément: Fer.

7. Identification

Each lot shall be marked with the alloy designation, the number of this standard and the heat number.

8. Certification

When required by the purchaser and stated in the order, the manufacturer shall certify that the material has been manufactured and tested in accordance with the requirements of this standard. The certificate shall detail the results of all tests required by the order.

TABLE I

Chemical composition of the alloy classes in accordance with IEC Publication 404-1 and typical composition of commonly used alloys

Alloy class	Constituents in accordance with IEC Publication 404-1	Typical compositions ¹⁾ (wt.-%)				
		Si	Ni	Mo	Cr	Cu
E 1	72-83 Ni	—	75-78	—	2-3	4-6
		—	75-78	3-4.5	—	4-6
		—	79-81	3.5-6	—	—
E 2	54-68 Ni	—	53-65	—	—	—
E 3	45-50 Ni	—	45-49	—	—	—
E 4	35-40 Ni	—	36-40	—	—	—
C 1	0-5 Si	2-4.5				
C 21	0.4-5 Si	2-4.5				
C 22	3 Si	2.5-3.5				
A	100 Fe					

¹⁾ Remainder: Iron.

TABLEAU II

Perméabilité minimale sur tôle et bande ($\times 1000$)
Mesures en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz), 0,05 mm à 0,38 mm

Sous-classe ¹⁾ d'alliage	Nuance magnétique	Point de mesure H (A/m)	Eprouvette	Perméabilité minimale Epaisseur (mm)			
				0,30-0,38	0,15-0,20	0,10	0,05
E 11 - 60 - 100		0,4	L. R.	40 50	40 60	35 60	30 50
E 31 - 06 - 10		0,4		6 10	6 10	6 8	6 8
E 41 - 02 - 03		1,6		2,2 2,9	2,2 2,9	2,2 2,9	2,2 2,5
E 11 - 60 - 100		0,4	S. W.	40 50	60 80	60 100	60 100
E 31 - 06 - 10		0,4		6 10	6 10	6 10	6 10
E 41 - 02 - 03		1,6		2,2 2,9	2,2 2,9	2,2 2,9	2,2 2,5
E 21 E 32			Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur				
Classe d'alliage	Nuance magnétique	H (A/m)		Epaisseur (mm)			
				0,35	0,20		
C 21 - 09 C 22 - 13		1,6	L. R.	0,9 1,3	0,75 —		
A			Pas adapté aux applications en régime alternatif				

¹⁾ Le second chiffre de la sous-classe d'alliage correspond à la forme du cycle d'hystérésis: 1 = arrondi (non orienté), 2 = rectangulaire (orienté).

TABLE II

Minimum permeability requirements for sheet and strip ($\times 1000$)
A.C. measurement (50 Hz or 60 Hz), thickness 0.05 mm to 0.38 mm

Alloy subclass ¹⁾	Magnetic grade	Measuring point $\hat{H}$ (A/m)	Specimen	Minimum permeability Thickness (mm)			
				0.30–0.38	0.15–0.20	0.10	0.05
E 11 – 60 – 100		0.4	L. R.	40 50	40 60	35 60	30 50
E 31 – 06 – 10		0.4		6 10	6 10	6 8	6 8
E 41 – 02 – 03		1.6		2.2 2.9	2.2 2.9	2.2 2.9	2.2 2.5
E 11 – 60 – 100		0.4	S. W.	40 50	60 80	60 100	60 100
E 31 – 06 – 10		0.4		6 10	6 10	6 10	6 10
E 41 – 02 – 03		1.6		2.2 2.9	2.2 2.9	2.2 2.9	2.2 2.5
E 21 E 32			As agreed between manufacturer and purchaser				
Alloy class	Magnetic grade	$\hat{H}$ (A/m)		Thickness (mm)			
				0.35	0.20		
C 21 – 09 C 22 – 13		1.6	L. R.	0.9 1.3	0.75 –		
A Not suitable for a.c. applications							

¹⁾ The second digit of the alloy subclass stands for the shape of the hysteresis loop: 1 = round (non-oriented), 2 = rectangular (oriented).

TABLEAU III

Propriétés magnétiques en courant continu pour tôle, bande, rond, barre et fil
Épaisseur ou diamètre supérieur à 0,4 mm¹⁾ – Échantillons de contrôle S. R. ou E. S.

Sous-classe d'alliage	Nuance magnétique	Champ coercitif maximal (A/m)		Perméabilité minimale (× 1000)			Induction magnétique minimale T pour H en A/m				
		Épaisseur (mm)		H A/m	Épaisseur (mm)						
		0,4–1,5	> 1,5		0,4–1,5	> 1,5	20	50	100	500	4000
E 11	– 60 – 100	2 1	4 2	0,4	60 100	30 50	0,50	0,65	0,70	0,73	0,75
E 31	– 06 – 10	10 6	10 6	0,4	6 10	5 7	0,50	0,90	1,10	1,35	1,45
E 41	– 03	24	24	1,6	2,5	2,5	0,20	0,45	0,70	1,00	1,18
E 21 E 32		Pas approprié pour cette épaisseur									
Classe d'alliage	Nuance magnétique	Champ coercitif maximal (A/m)		Induction magnétique minimale (T) pour H en A/m							
				100	200	300	500	1000	4000		
C 1	– 48 – 24 – 12	48 24 12		0,60 1,20 1,20	— — —	1,10 1,30 1,30	1,20 1,35 1,35	— — —	1,50 1,50 1,50		
A	– 240 – 120 – 80 – 60 – 20 – 12	240 120 80 60 20 12		— — — — 1,15 1,15	— — 1,10 1,15 1,25 1,25	1,15 1,15 1,20 1,25 1,30 1,30	1,30 1,30 1,30 1,35 1,40 1,40	— 1,45 1,45 1,45 1,45 1,45	1,60 1,60 1,60 1,60 1,60 1,60		

¹⁾ Les propriétés pour les épaisseurs 0,4 mm à 1,5 mm se rapportent aux tôles et bandes seulement. Pour les barres, les ronds et les fils de petite section droite l'induction magnétique doit être déterminée sur des échantillons S. R. prélevés à un stade antérieur de la fabrication.

Note. – Si cela est demandé dans la commande, les valeurs du vieillissement maximal (voir paragraphes 2.10 et 4.2) ne doivent pas dépasser 5% pour les sous-classes E 11, E 31 et E 41 et 10% pour les classes A et C 1.

TABLE III

*D. C. magnetic property requirements for sheet, strip, rod, bar and wire
Thickness or diameter greater than 0.4 mm¹⁾ – S. R. or E. S. test specimen.*

Alloy sub-class	Magnetic grade	Maximum coercivity (A/m)		Minimum Permeability (× 1000)			Minimum magnetic flux density (T) for H in A/m				
		Thickness (mm)		$\hat{H}$ A/m	Thickness (mm)						
		0.4–1.5	> 1.5		0.4–1.5	> 1.5					
E 11	– 60 – 100	2 1	4 2	0.4	60 100	30 50	0.50	0.65	0.70	0.73	0.75
E 31	– 06 – 10	10 6	10 6	0.4	6 10	5 7	0.50	0.90	1.10	1.35	1.45
E 41	– 03	24	24	1.6	2.5	2.5	0.20	0.45	0.70	1.00	1.18
E 21 E 32		Not suitable for this thickness									
Alloy class	Magnetic grade	Maximum coercivity (A/m)	Minimum magnetic flux density (T) for H in A/m								
			100	200	300	500	1000	4000			
C 1	– 48 – 24 – 12	48 24 12	0.60 1.20 1.20	— — —	1.10 1.30 1.30	1.20 1.35 1.35	— — —	1.50 1.50 1.50			
A	– 240 – 120 – 80 – 60 – 20 – 12	240 120 80 60 20 12	— — — — 1.15 1.15	— — 1.10 1.15 1.25 1.25	1.15 1.15 1.20 1.25 1.30 1.30	1.30 1.30 1.30 1.35 1.40 1.40	— 1.45 1.45 1.45 1.45 1.45	1.60 1.60 1.60 1.60 1.60 1.60			

¹⁾ The properties for 0.4 mm to 1.5 mm thickness refer to sheet and strip only. For bar, rod and wire with small cross-section, magnetic induction shall be determined on S. R. specimens taken at an earlier stage of manufacture.

Note. – When required by the order, the percentage values of ageing (see Sub-clauses 2.10 and 4.2) shall not exceed 5 % for alloy subclasses E 11, E 31 and E 41 and 10 % for alloy classes A and C 1.

TABLEAU IV

*Facteur d'accroissement de la perméabilité maximale pour tôle et bande
Eprouvettes de contrôle L. R., mesures en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz)*

Classe d'alliage	Nuance magnétique	$\delta_{0,4}$ 10 ⁻² m/A	δ_8 10 ⁻² m/A
E 41 - 02		4,7	3,1
C 21 - 900		—	15,7
C 22 - 1300		—	15,7

$$\delta_{0,4} = \frac{\mu_{1,6} - \mu_{0,4}}{\mu_{1,6} \Delta \hat{H}} = 0,833 \cdot \frac{\mu_{1,6} - \mu_{0,4}}{\mu_{1,6}} \quad (\text{m/A})$$

$$\delta_8 = \frac{\mu_8 - \mu_{1,6}}{\mu_{1,6} \Delta \hat{H}} = 0,156 \cdot \frac{\mu_8 - \mu_{1,6}}{\mu_{1,6}} \quad (\text{m/A})$$

Les indices représentent l'intensité du champ en ampères par mètre (A/m).

TABLEAU V

*Exigences dimensionnelles, selon la Publication 635 de la C E I, pour les noyaux toroïdaux
en bandes enroulées*

Rapport des dimensions	Sous-classe d'alliage	
	E 11-E 41	E 32
Diamètre extérieur/Diamètre intérieur	1,6	1,25
Hauteur/Diamètre intérieur	0,3	0,2
	ou	ou
	0,5	0,4
Diamètre intérieur/Épaisseur de bande	>100	>100

TABLEAU VI

Variation admissibles d'épaisseur des bandes et tôles laminées à froid

Épaisseur (t) (mm)	Tolérance (±) en mm pour les largeurs w	
	w ≤ 300 mm	300 < w ≤ 1200 mm
0,05 ≤ t < 0,15	0,013	—
0,15 ≤ t < 0,25	0,03	—
0,25 ≤ t < 0,40	0,04	0,05
0,40 ≤ t < 0,70	0,05	0,07
0,70 ≤ t < 1,00	0,06	0,10