

INTERNATIONAL
STANDARD

IEC
CEI

NORME
INTERNATIONALE

60404-8-6

Edition 2.1

2007-06

Edition 2:1999 consolidated with amendment 1:2007
Edition 2:1999 consolidée par l'amendement 1:2007

Magnetic materials –

**Part 8-6:
Specifications for individual materials –
Soft magnetic metallic materials**

Matériaux magnétiques –

**Partie 8-6:
Spécifications pour matériaux particuliers –
Matériaux métalliques magnétiquement doux**



Reference number
Numéro de référence
IEC/CEI 60404-8-6:1999+A1:2007



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch
Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch
Tél.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL
STANDARD

IEC
CEI

NORME
INTERNATIONALE

60404-8-6

Edition 2.1

2007-06

Edition 2:1999 consolidated with amendment 1:2007
Edition 2:1999 consolidée par l'amendement 1:2007

Magnetic materials –

**Part 8-6:
Specifications for individual materials –
Soft magnetic metallic materials**

Matériaux magnétiques –

**Partie 8-6:
Spécifications pour matériaux particuliers –
Matériaux métalliques magnétiquement doux**



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

PRICE CODE
CODE PRIX **CD**

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

CONTENTS

FOREWORD.....	3
1 Scope.....	4
2 Normative references.....	4
3 Definitions	5
4 Classification	7
4.1 Alloy class A (pure iron).....	7
4.2 Alloy class C (silicon-iron).....	7
4.3 Alloy class E (nickel-iron).....	7
4.4 Alloy class F (cobalt-iron)	7
5 Designation	7
6 General requirements	8
6.1 Chemical composition and production process	8
6.2 Delivery condition	8
7 Technical requirements.....	8
7.1 Magnetic properties	8
7.2 Geometric characteristics and tolerances	9
8 Inspection and testing	9
8.1 General	9
8.2 Selection of samples.....	10
8.3 Magnetic properties	10
8.4 Geometric characteristics and tolerances	11
8.5 Retests.....	11
9 Complaints	11
10 Ordering information	12
11 Certification	12
 Bibliography	 18
 Table 1 – Chemical composition of the alloy classes in accordance with IEC 60404-1	 12
Table 2 – Minimum permeability requirements	13
Table 2a – Minimum amplitude permeability requirements for sheet and strip – AC measurement (50 Hz or 60 Hz), sine flux conditions, thickness 0,05 mm to 0,38 mm	13
Table 2b – Minimum serial inductance permeability requirements for sheet and strip – AC measurement (0,3 kHz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz and 30 kHz), thickness 0,025 mm to 0,35 mm	14
Table 3 – DC magnetic property requirements for bar, billet, rod, sheet, strip and wire, thickness or diameter greater than 0,05 mm ^a – S.R., L.R. or E.S. specimen.....	15
Table 4 – Maximum permeability rise factor for sheet and strip – L.R. test specimen, a.c. measurement (50 Hz or 60 Hz).....	16
Table 5 – Dimensional requirements for toroidal strip-wound cores	16
Table 6 – Tolerances on thickness of cold-rolled sheet and strip	16
Table 7 – Tolerances on width of sheet and strip	17
Table 8 – Tolerances on dimensions of cold-worked bar, rod and wire	17

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –**Part 8-6: Specifications for individual materials –
Soft magnetic metallic materials**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60404-8-6 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This consolidated version of IEC 60404-8-6 consists of the second edition (1999) [documents 68/197/FDIS and 68/200/RVD] and its amendment 1 (2007) [documents 68/325A/CDV and 68/328/RVC].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment(s) and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 2.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

MAGNETIC MATERIALS –

Part 8-6: Specifications for individual materials – Soft magnetic metallic materials

1 Scope

This part of IEC 60404 specifies the general requirements, magnetic properties, geometric characteristics and tolerances as well as inspection procedures for pure iron, silicon-iron, nickel-iron and cobalt-iron. The materials are in the form of bar, billet, sheet, strip or wire. The alloys covered correspond to those defined by classes A, C1, C2, E1 to E4 and F1 to F3 in IEC 60404-1.

Magnetic materials used primarily for relays, pure iron and steel products, classified only by coercivity, are covered in IEC 60404-8-10. IEC 60404-8-10 is less restrictive in terms of magnetic properties than the pure iron material (class A) and the silicon-iron alloys (classes C21 and C22) specified in this standard, but it gives more comprehensive dimensional tolerances.

Non-oriented and oriented silicon steels (C21 and C22) for industrial power frequency applications, classified by specific total loss, are covered in IEC 60404-8-2, IEC 60404-8-4 and IEC 60404-8-7.

Non-oriented and oriented thin magnetic materials for use at medium frequencies, classified by specific total loss, are covered in IEC 60404-8-8.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050(121):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 121: Electromagnetism*

IEC 60050(131):1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic circuits*

IEC 60050(221):1990, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 221: Magnetic materials and components*

IEC 60404-1:1979, *Magnetic materials – Part 1: Classification*

IEC 60404-2:1996, *Magnetic materials – Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel sheet and strip by means of an Epstein frame*

IEC 60404-4:1995, *Magnetic materials – Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of iron and steel*

IEC 60404-6:1986, *Magnetic materials – Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys, types E1, E3 and E4*

IEC 60404-7:1982, *Magnetic materials – Part 7: Method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit*

IEC 60404-8-2:1998, *Magnetic materials – Part 8-2: Specifications for individual materials – Cold-rolled electrical alloyed steel sheet and strip delivered in the semi-processed state*

IEC 60404-8-4:1998, *Magnetic materials – Part 8-4: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-8-7:1998, *Magnetic materials – Part 8-7: Specifications for individual materials – Cold-rolled grain-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-8-8:1991, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section 8: Specification for thin magnetic steel strip for use at medium frequencies*

IEC 60404-8-10:1994, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section 10: Specification for magnetic materials (iron and steel) for use in relays*

IEC 60404-9:1987, *Magnetic materials – Part 9: Methods of determination of the geometrical characteristics of magnetic steel sheet and strip*

IEC 60635:1978, *Toroidal strip-wound cores made of magnetically soft material*

ISO 404:1992, *Steel and steel products – General technical delivery requirements*

ISO 10474:1991, *Steel and steel products – Inspection documents*

3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 60404, the definitions of the principal terms relative to magnetic properties and to electric and magnetic circuits given in IEC 60050(121), IEC 60050(131) and IEC 60050(221) apply, as well as the following definitions.

3.1

ageing

change of coercivity, expressed as a percentage, resulting from heat treatment

3.2

bar

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

flat: A bar of rectangular cross-section, rolled on the four faces, whose thickness is generally 5 mm or greater and whose width is not greater than 150 mm

round: A bar of circular cross-section whose diameter is generally 8 mm or greater

3.3

billet

solid product of uniform cross-section, which may be square, round or rectangular, with a width less than twice the thickness

3.4

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 IEC 60404-9)

3.5

flatness (wave factor)

the flatness of a sheet is characterized by the wave factor, which is the relation of the height of the wave to its length (see IEC 60404-9)

3.6

heat

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

3.7

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

3.8

rod

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

3.9

sheet and plate

flat-rolled product of uniform cross-section, supplied in coils or cut lengths. The width is over 600 mm; sheets have a thickness under 5 mm and plates have a thickness over 5 mm

3.10

straightness of long products

straightness is characterized by the greatest distance between the bar and the line joining the two ends of the bar

3.11

strip

flat-rolled product of uniform cross-section, supplied in coils or cut lengths. The width is under 600 mm and the thickness under 5 mm

3.12

wire

rolled or drawn product of uniform round or rectangular cross-section, supplied in coils

3.13 Abbreviations for test specimens

Type E.S.: Elongated specimen for test samples, of circular, rectangular or polygonal cross-section, with a length to diameter ratio of at least 5/1, according to IEC 60404-7.

Type L.R.: Laminated cores of stamped or etched rings (for magnetic head ring, a core with 10 mm outside diameter and 6 mm inside diameter can be used).

Type S.R.: Solid rings or square frames, formed or machined from solid material. The outside diameter of the ring shall be between 30 mm and 50 mm, with an outside/inside diameter ratio from 1,2 to 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 60635. For dimensional restrictions, see table 5. The outside diameters of test cores are between 30 mm and 80 mm.

4 Classification

The materials covered by this standard are classified according to the main alloying element and the content of this element. The subclassification takes into account the different uses of the alloys.

4.1 Alloy class A (pure iron)

This material is classified according to the maximum value of coercivity.

4.2 Alloy class C (silicon-iron)

Alloy C1, with 0 % to 5 % weight of silicon, is classified according to the maximum value of coercivity.

Alloys C2, with 0,4 % to 5 % weight of silicon, are classified according to the shape of the hysteresis loop and the minimum permeability in an a.c. measurement with a L.R. specimen made of material with a thickness of 0,35 mm; the measuring point is $\hat{H} = 1,6 \text{ A/m}$.

4.3 Alloy class E (nickel-iron)

These alloys are classified according to the shape of the hysteresis loop and the minimum amplitude permeability in an a.c. measurement (50 Hz or 60 Hz), under sine flux conditions, with a S.W. specimen made of material with a thickness of 0,10 mm.

4.4 Alloy class F (cobalt-iron)

These alloys are classified according to the shape of the hysteresis loop and to the maximum value of coercivity.

5 Designation

The conventional designation of the materials comprises the following in the order given:

- a) the letter for the alloy class: A, C, E or F (see table 1);
- b) the number according to the content of the main alloying element (see table 1);
- c) for alloy classes C, E and F, the number 1 or 2 according to the shape of the hysteresis loop:
 - 1 = round (non-oriented)
 - 2 = rectangular (oriented by texture or by thermomagnetic treatment);
- d) a dash;
- e) depending on the alloy class, either the maximum value for the coercivity in amperes per metre or the peak value of the minimum permeability divided by 1 000 for a given magnetic field strength ($\hat{H} = 0,4 \text{ A/m}$ or $1,6 \text{ A/m}$) and a given thickness measured with a certain test specimen (see above under classification).

Example:

E31-10: nickel-iron with 45 % to 50 % weight of nickel, a round hysteresis loop, and a minimum permeability of 10 000 for a strip-wound core made of a sheet with a thickness of 0,10 mm.

6 General requirements

6.1 Chemical composition and production process

The typical composition of each of the material classes covered by this standard is given in table 1.

The actual composition and production process are left to the discretion of the manufacturer, unless otherwise agreed between the manufacturer and purchaser, and specified in the order.

6.2 Delivery condition

The materials covered by this standard may be delivered in the hot-finished, cold-worked or annealed condition. The condition required shall be specified in the order.

6.2.1 Form of supply

Coils shall be of constant width and wound in such a manner that the edges are superimposed in a regular manner and the side faces of the coil are substantially flat. Coils shall be sufficiently tightly wound that they do not collapse under their own weight.

Coils can occasionally present welds or interleaves resulting from the removal of defective zones, subject to prior agreement between the parties. The value of the additional thickness due to the weld is subject to special agreement. If necessary, the marking of welds or interleaves may form the subject of a special agreement. For coils containing repair welds or interleaves, each part of the strip shall be of the same quality material.

The edges of parts welded together shall not be so much out of alignment as to affect the further processing of the material.

The mass of coils shall be agreed upon at the time of ordering.

6.2.2 Surface condition

The surface condition of sheets or strips shall be uniform, clean, and free from grease and rust.

Isolated imperfections such as scratches, blisters, etc. may be tolerated if the thickness remains within the tolerance limits and the manufacture or performance of the final product is not affected.

The nature of the surface condition will depend on the final treatment. For material in the hot-rolled condition, the material exhibits a hot mill scale.

7 Technical requirements

7.1 Magnetic properties

Unless otherwise required by the order, the magnetic properties 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 sheets and strips shall be carried out by a.c. testing of laminated rings (type L.R.) or strip-wound cores (type S.W.), or by d.c. testing of either solid rings (type S.R.), laminated rings (type L.R.) or elongated specimens (type E.S.).

The properties shall meet the magnetic requirements specified in Tables 2 to 4 for the alloy, the magnetic grade and the thickness specified in the order. For intermediate thicknesses not given in the table, the values for the next thicker group shall apply. When a.c. magnetic testing is used to demonstrate conformance of the alloy to this standard, either amplitude permeability measurements (Table 2a) or serial inductance permeability measurements (Table 2b) can be used. It is not a requirement of this standard that both methods must be used. The method used shall be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

7.2 Geometric characteristics and tolerances

7.2.1 Flat products: sheet, plate and strip

7.2.1.1 Thickness

The thickness of sheet and strip shall not vary by more than the tolerances indicated in table 6.

7.2.1.2 Width

The width of strip shall not vary by more than the tolerances indicated in table 7.

7.2.1.3 Flatness

The wave factor, expressed as a percentage, shall not exceed 2 % and flatness shall be as agreed between manufacturer and purchaser.

7.2.1.4 Edge camber

The edge camber shall be as agreed between the manufacturer and the purchaser.

7.2.2 Cold-drawn bar, rod and wire

The diameter, width and thickness tolerances shall be as specified in table 8.

7.2.3 Hot-finished bar

Tolerances shall be as agreed between the manufacturer and the purchaser.

8 Inspection and testing

8.1 General

The materials defined by this standard are generally ordered with inspection in accordance with ISO 404. The purchaser shall specify, when ordering, the properties for which the verification shall be made, the type of inspection and the related document (see ISO 10474).

In the case of an order without inspection, as a dispensation from ISO 404, the manufacturer and the purchaser shall agree which property shall be certified, for example the maximum coercivity of the delivered material.

Each acceptance unit shall comprise not more than 23 t of the same grade and the same nominal dimensions. Different acceptance units can be adopted by special agreement.

For products supplied in coil form, each coil shall constitute an acceptance unit.

When the products are delivered in the form of slit coils, the test results applying to the parent unit of acceptance shall apply.

Except by special agreement, the same rules apply to the characteristics which are specifically specified.

8.2 Selection of samples

As far as possible only one sample for acceptance inspection shall be taken from each acceptance unit. The same sample shall serve to check the various properties by choosing a suitable order for the execution of the tests.

8.2.1 Flat products

In the case of coils, the first internal turn and the last external turn shall be regarded as wrapping and not as representative of the quality of the rest of the coil. The selection shall be made from the first internal or external turns, excluding the wrapping turn. The selection shall be made away from weld zones or interleaves. In the case of sheets or plates, the sample shall be taken from the upper part of the bundle.

8.2.2 Long products

The sample shall be taken from the bundle.

8.2.3 Wire

The sampling shall be carried out at the end of the coil.

8.3 Magnetic properties

8.3.1 Magnetic testing, d.c. methods

Measurement of d.c. flux density, permeability and coercivity shall be in accordance with IEC 60404-4 and IEC 60404-6.

8.3.2 Magnetic testing, a.c. methods

Measurement of a.c. flux density and permeability shall be in accordance with IEC 60404-2 and IEC 60404-6. Unless otherwise specified, a test frequency of 50 Hz or 60 Hz shall be used. When amplitude permeability measurements are made, the test conditions shall conform to sine flux (sine B). When inductance permeability measurements are made, the serial inductance permeability shall be measured.

8.3.3 Test specimens

The type of test specimens to be used for testing is indicated in tables 2 to 4 by the abbreviations for test specimens given in 3.13.

8.4 Geometric characteristics and tolerances

8.4.1 Thickness of flat products

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.

The measurement shall be made using a micrometer accurate to 1/100 mm.

8.4.2 Width of flat products

The width shall be measured perpendicularly to the longitudinal axis of the strip.

8.4.3 Flatness

The flatness (wave factor) of flat products shall be measured in accordance with IEC 60404-9.

8.4.4 Edge camber

The edge camber shall be determined in accordance with IEC 60404-9.

8.4.5 Dimensions of long products

The dimensions of long products shall be determined as the mean of readings taken at any two points, with an accuracy of 0,1 mm.

8.4.6 Straightness of long products

The straightness shall be measured with an accuracy of 0,1 mm.

8.5 Retests

If a 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 is regarded as complying with the requirements of this standard. If either of the further test specimens fails, the lot shall be rejected.

The producer has the right, after retreatment, to present again for test acceptance those units which had been found not to comply with the order.

9 Complaints

Internal or external defects shall justify a complaint only if they are clearly prejudicial to the method of working or the judicious use of the material.

The user shall give the supplier the opportunity of convincing himself of the fairness of the claim by presenting the material in dispute and evidence for the complaint.

In all cases, the terms and conditions of complaint shall be in accordance with ISO 404.

10 Ordering information

For material to comply adequately with the requirements of this standard, the purchaser shall include the following information in his enquiry or order:

- a) nature of the product and the designation of the material in accordance with clause 5;
- b) quantity required, including any limitations on the mass of coils (see 6.2.1);
- c) inspection procedure required, including the nature of the related documents (see 8.1 and clause 11);
- d) type of tolerances when necessary (see 7.2);
- e) the following additional requirements, which shall be specified by the purchaser at the time of order; in the case where nothing is specified, the producer shall consider that there are no particular requirements on this point:
 - presence of welds or interleaves, and their possible marking (see 6.2),
 - delivery of materials in the fully processed condition (see 6.3),
 - magnetic characteristics in the aged condition (see 7.1).

11 Certification

When required by the purchaser and stated in the order (see clause 10), 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 1 – Chemical composition of the alloy classes in accordance with IEC 60404-1

Alloy class	Constituents in accordance with IEC 60404-1	Typical compositions ^a Mass fraction in %						
		Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Si	V
A	100 Fe	–	–	–	–	–	–	–
C1	0 – 5 Si	–	–	–	–	–	2 – 4,5	–
C21	0,4 – 5 Si	–	–	–	–	–	1 – 4,5	–
C22	3 Si	–	–	–	–	–	2,5 – 3,5	–
E1	70 – 85 Ni	–	2 – 3	1 – 6	–	75 – 80	–	–
		–	–	1 – 6	3 – 5	75 – 80	–	–
		–	–	–	3,5 – 6	79 – 82	–	–
E2	54 – 68 Ni	–	–	–	–	53 – 65	–	–
E3	41 – 51 Ni	–	–	–	–	42 – 49	–	–
E4	35 – 40 Ni	–	–	–	–	36 – 40	–	–
F1	47 – 50 Co	47,5 – 50	–	–	–	–	–	1,7 – 2,5
F2	35 Co	34,5 – 36	–	–	–	–	–	–
F3	23 – 27 Co	23 – 28	–	–	–	–	–	–
Typical compositions of each alloy class are shown as the examples and other compositions are acceptable if the magnetic property requirements in this standard are satisfied.								
^a Remainder: iron.								

Table 2 – Minimum permeability requirements**Table 2a – Minimum amplitude permeability requirements for sheet and strip – AC measurement (50 Hz or 60 Hz), sine flux conditions, thickness 0,05 mm to 0,38 mm**

Alloy class ^a	Magnetic grade	Measuring point <i>H</i> (A / m)	Specimen	Minimum amplitude permeability for a thickness, in millimetres, of			
				0,35	0,20		
A		As agreed between manufacturer and purchaser					
C1		As agreed between manufacturer and purchaser					
C21	−9	1,6	L.R.	900	750		
C22	−13			1 300	—		

Alloy class ^a	Magnetic grade	Measuring point <i>H</i> (A / m)	Specimen	Minimum amplitude permeability for a thickness, in millimetres, of				
				0,30 – 0,38	0,15 – 0,20	0,10	0,05	
E11	–30	0,4	L.R.	20 000	20 000	18 000	16 000	
	–60			40 000	40 000	35 000	30 000	
	–100			50 000	60 000	60 000	50 000	
	–200			100 000	120 000	120 000	100 000	
E31	–4	0,4		4 000	4 000	4 000	4 000	
	–6			6 000	6 000	6 000	6 000	
	–10			10 000	10 000	8 000	8 000	
E41	–2	0,8		2 200	2 200	2 200	2 200	
	–3			2 900	2 900	2 900	2 500	
E11	–30	0,4		S.W.	b	30 000	30 000	30 000
	–60				b	60 000	60 000	60 000
	–100				b	80 000	100 000	100 000
	–200				b	160 000	200 000	200 000
E31	–4	0,4			b	4 000	4 000	4 000
	–6		b		6 000	6 000	6 000	
	–10		b		10 000	10 000	10 000	
E41	–2	0,8	b		2 200	2 200	2 200	
	–3		b		2 900	2 900	2 500	
E21		As agreed between the manufacturer and the purchaser						
E32								
F1		As agreed between the manufacturer and the purchaser						
F2								
F3								

^a The second digit of the alloy class stands for the shape of the hysteresis loop:

1 = round (non-oriented);

2 = rectangular (oriented).

^b Type S.W. should not be used in this thickness range.

**Table 2b – Minimum serial inductance permeability requirements for sheet and strip –
AC measurement (0,3 kHz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz and 30 kHz),
thickness 0,025 mm to 0,35 mm**

Alloy class ^a	Magnetic grade	Measuring point $\hat{H}$ (A/m)	Specimen	Measuring frequency kHz	Minimum a.c. inductance permeability for a thickness, in millimetres, of					
					0,35	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025
E11	–100	0,4	L.R. or S.W.	0,3	12 000	24 000	27 000	30 000	–	–
				1	4 800	10 000	12 000	20 000	25 000	30 000
				3	–	–	–	9 000	–	–
				10	–	–	–	–	9 000	18 000
				30	–	–	–	–	–	9 000
	–200	0,4	L.R. or S.W.	0,3	–	–	–	40 000	–	–
				1	–	–	–	25 000	40 000	40 000
				3	–	–	–	10 000	–	–
				10	–	–	–	–	9 000	20 000
				30	–	–	–	–	–	12 000
E31	–6	0,4	L.R. or S.W.	0,3	3 000	3 600	–	–	–	–
				1	2 200	2 400	–	3 000	–	–
				3	–	–	–	2 500	–	–
	–10	0,4	L.R. or S.W.	0,3	3 600	4 000	–	5 000	–	–
E41	–2	0,4	L.R. or S.W.	0,3	1 900	2 000	–	–	–	–
				1	1 800	1 900	–	1 900	–	–
				3	–	–	–	1 800	–	–
	–3	0,4	L.R. or S.W.	0,3	3 500	3 800	–	–	–	–
				1	3 000	3 300	–	3 600	–	–
				3	–	–	–	3 000	–	–

^a The second digit of the alloy class stands for the shape of the hysteresis loop:

1 = round (non-oriented);

2 = rectangular (oriented).

NOTE There is no corresponding measurement procedure in the IEC 60404-6 up to now. However, 60404-6 is under revision, and will be amended correspondingly.

Table 3 – DC magnetic property requirements for bar, billet, rod, sheet, strip and wire, thickness or diameter greater than 0,05 mm^a – S.R., L.R. or E.S. specimen

Alloy class ^b	Magnetic grade		Maximum coercivity A/m	Minimum magnetic polarization in teslas for $\hat{H}$ in amperes per metre					
				100	200	300	500	1 000	4 000
A	–240		240	–	–	1,15	1,30	–	1,60
	–120		120	–	–	1,15	1,30	1,45	1,60
	–80		80	–	1,10	1,20	1,30	1,45	1,60
	–60		60	–	1,15	1,25	1,35	1,45	1,60
	–20		20	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,60
	–12		12	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,60
C1	–48		48	0,60	–	1,10	1,20	–	1,50
	–24		24	1,20	–	1,30	1,35	–	1,50
	–12		12	1,20	–	1,30	1,35	–	1,50

Alloy class ^b	Magnetic grade	Measuring point $\hat{H}$ A/m	Minimum permeability for a thickness, in millimetres, of		Maximum coercivity in amperes per metre for a thickness, in millimetres, of		Minimum magnetic polarization in teslas for $\hat{H}$ in amperes per metre					
			0,05-1,5	>1,5	0,05-1,5	>1,5	20	50	100	500	800	
E11	–30	0,4	30 000	15 000	4	4	0,40	0,55	0,60	0,63	0,65	
	–60		60 000	30 000	2	4						
	–100		100 000	50 000	1	2	0,50	0,65	0,70	0,73	0,73	
E31	–4	0,4	4 000	3 000	12	12	0,50	0,90	1,00	1,30	1,40	
	–6		6 000	5 000	10	10						
	–10		10 000	7 000	6	6	0,50	0,90	1,10	1,35	1,40	
E41	–3	0,8	2 500	2 500	24	24	0,20	0,45	0,70	1,00	1,10	
E21		As agreed between the manufacturer and the purchaser										
E32												

Alloy class ^b	Magnetic grade	Supplied form	Dimensions mm	Maximum coercivity A/m	Minimum magnetic polarization in teslas for $\hat{H}$ in amperes per metre					
					300	800	1 600	2 800	4 000	8 000
F11	–240	Bulk material, hot-rolled	> 6	240	1,40	1,70	1,90	2,00	2,06	2,15
	–120	Rod, wire	$d \leq 6$	120	1,70	2,00	2,10	2,15	2,20	2,25
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	120	–	–	–	–	–	–
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	60	1,80	2,10	2,20	2,23	2,25	2,25
F12	–30	S.W.	$0,05 \leq t \leq 1,5$	30	As agreed between the manufacturer and the purchaser					
F21	–300	Bulk material	> 6	300	–	1,20	1,30	1,35	–	–
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	300	–	1,50	1,60	1,80	2,00	2,20
F31	–300	Bulk material	> 6	300	–	–	–	–	1,10	1,75
		Sheet, strip	$0,05 \leq t \leq 2,0$	300	–	–	–	–	1,85	2,00

^a The properties for 0,05 mm to 2 mm thicknesses refer to sheet and strip only. For bar, billet, rod and wire with small cross-sections, magnetic polarization shall be determined on S.R. specimens taken at an earlier stage of manufacture.

^b The second digit of the alloy class stands for the shape of the hysteresis loop:

1 = round (non-oriented);

2 = rectangular (oriented by texture or thermomagnetic treatment).

Table 4 – Maximum permeability rise factor for sheet and strip – L.R. test specimen, a.c. measurement (50 Hz or 60 Hz)

Alloy class	Magnetic grade	$\delta_{0,4}^a$ 10 ⁻² m/A	δ_8^b 10 ⁻² m/A
E41	-2	4,7	3,1
C21	-9	–	15,7
C22	-13	–	15,7

^a $\delta_{0,4} = (\mu_{1,6} - \mu_{0,4}) / (\mu_{0,4} \cdot \Delta H) = 0,833(\mu_{1,6} - \mu_{0,4}) / \mu_{0,4} \text{ (m/A)}$
^b $\delta_8 = (\mu_8 - \mu_{1,6}) / (\mu_{1,6} \cdot \Delta H) = 0,156(\mu_8 - \mu_{1,6}) / \mu_{1,6} \text{ (m/A)}$
The indices denote the field strength, in amperes per metre (A/m).

Table 5 – Dimensional requirements for toroidal strip-wound cores

Ratio of dimensions	Alloy class	
	E11 – E41	E32
Outside/inside diameter (d_1/d_2)	1,2 – 1,6	1,2 – 1,6
Height/inside diameter (h/d_2)	0,2 – 1,1	0,2 – 1,1
Inside diameter/strip thickness (d_2/t)	> 100	> 100

Table 6 – Tolerances on thickness of cold-rolled sheet and strip

Thickness (t) mm	Tolerance in millimetres* for nominal width w in millimetres			
	50 < w < 150	150 < w ≤ 300	300 < w ≤ 600	w > 600
0,05 ≤ t < 0,15	±5 %	±5 %	±7,5 %	±10 %
0,15 ≤ t < 0,25	±0,020	±0,020	±0,025	±0,030
0,25 ≤ t < 0,50	±0,025	±0,030	±0,030	±0,040
0,50 ≤ t < 0,75	±0,030	±0,045	±0,045	±0,050
0,75 ≤ t < 1,00	±0,030	±0,045	±0,045	±0,065
1,00 ≤ t < 1,25	±0,040	±0,045	±0,045	±0,065
1,25 ≤ t < 1,50	±0,040	±0,045	±0,045	±0,075
1,50 ≤ t < 1,75	±0,040	±0,050	±0,065	±0,075
1,75 ≤ t < 2,00	±0,040	±0,050	±0,065	±0,090
2,00 ≤ t < 2,25	±0,050	±0,055	±0,065	±0,100
2,25 ≤ t < 2,50	±0,050	±0,055	±0,065	±0,120

* For thicknesses equal to or greater than 0,05 mm and smaller than 0,15 mm the tolerance is given in percent.

Table 7 – Tolerances on width of sheet and strip

Nominal thickness (<i>t</i>) mm	Tolerance in millimetres for nominal width <i>w</i> in millimetres			
	<i>w</i> < 125	125 ≤ <i>w</i> < 250	250 ≤ <i>w</i> < 400	400 ≤ <i>w</i> < 1 200
As rolled				
0,30 ≤ <i>t</i> < 6,00	3,0	3,5	4,0	4,5
With cut edges				
0,10 ≤ <i>t</i> < 0,40	+0,3 –0,0	+0,4 –0,0	+0,6 –0,0	+0,6 –0,0
0,40 ≤ <i>t</i> < 1,50	+0,4 –0,0	+0,6 –0,0	+0,8 –0,0	+0,8 –0,0
1,50 ≤ <i>t</i> < 2,50	+0,6 –0,0	+0,8 –0,0	+1,0 –0,0	+1,0 –0,0
2,50 ≤ <i>t</i> < 6,00	+0,8 –0,0	+1,0 –0,0	+1,2 –0,0	+1,2 –0,0

Table 8 – Tolerances on dimensions of cold-worked bar, rod and wire

Wire and rod		Bar	
Diameter (<i>d</i>) mm	Tolerance mm	Dimension (<i>d</i>) ¹⁾ mm	Tolerance mm
0,20 ≤ <i>d</i> < 0,35	±0,015	0,5 ≤ <i>d</i> < 1,5	+0,00 –0,06
0,35 ≤ <i>d</i> < 0,55	±0,020	1,5 ≤ <i>d</i> < 4,5	+0,00 –0,05
0,55 ≤ <i>d</i> < 0,90	±0,030	4,5 ≤ <i>d</i> < 10	+0,00 –0,08
0,90 ≤ <i>d</i> < 1,40	±0,040	10 ≤ <i>d</i> < 25	+0,03 –0,05
1,40 ≤ <i>d</i> < 2,20	±0,060		
2,20 ≤ <i>d</i> < 3,50	±0,080		
3,50 ≤ <i>d</i> < 6,00	±0,100		
1) Round: diameter. Hexagonal, square: distance between parallel surfaces Rectangular: width and thickness			

Bibliography

ISO 286-1:1988, *ISO system of limits and fits – Part 1: Bases of tolerances, deviations and fits*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	21
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Définitions	23
4 Classification	25
4.1 Alliage de classe A (fer pur)	25
4.2 Alliage de classe C (fer-silicium)	25
4.3 Alliage de classe E (fer-nickel)	25
4.4 Alliage de classe F (fer-cobalt)	25
5 Désignation	25
6 Spécifications générales	26
6.1 Composition chimique et procédé de fabrication	26
6.2 Conditions de livraison	26
7 Spécifications techniques	26
7.1 Propriétés magnétiques	26
7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances	27
8 Contrôle	27
8.1 Généralités	27
8.2 Prélèvement des échantillons	28
8.3 Propriétés magnétiques	28
8.4 Caractéristiques géométriques et tolérances	29
8.5 Essais complémentaires	29
9 Réclamations	29
10 Indications à la commande	30
11 Certification	30
Bibliographie	36
Tableau 1 – Composition chimique des classes d'alliages selon la CEI 60404-1	30
Tableau 2 – Valeurs minimales de la perméabilité	31
Tableau 2a – Valeurs minimales de la perméabilité d'amplitude pour tôles et bandes – Mesures en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz), conditions de flux sinusoïdal, épaisseur 0,05 mm à 0,38 mm	31
Tableau 2b – Valeurs minimales de la perméabilité relative d'impédance-série pour tôles et bandes – Mesures en courant alternatif (0,3 kHz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz et 30 kHz), épaisseur 0,025 mm à 0,35 mm	32
Tableau 3 – Propriétés magnétiques en courant continu pour barres, billettes, ronds, tôles, bandes et fils, épaisseur ou diamètre supérieur à 0,05 mm ^a – Echantillon S.R., L.R. ou E.S. ...	33
Tableau 4 – Facteur d'accroissement de la perméabilité maximale pour tôles et bandes – Echantillon de contrôle L.R., mesures en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz)	34
Tableau 5 – Spécifications dimensionnelles pour noyaux toroïdaux en bandes enroulées	34
Tableau 6 – Tolérances sur l'épaisseur des bandes et tôles laminées à froid	34
Tableau 7 – Tolérances sur la largeur des tôles et bandes	35
Tableau 8 – Tolérance sur les dimensions des barres, ronds et fils étirés à froid	35

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –**Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers –
Matériaux métalliques magnétiquement doux**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60404-8-6 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Cette version consolidée de la CEI 60404-8-6 comprend la deuxième édition (1999) [documents 68/197/FDIS et 68/200/RVD] et son amendement 1 (2007) [documents 68/325A/CDV et 68/328/RVC].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son (ses) amendement(s); cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 2.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 8-6: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux métalliques magnétiquement doux

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60404 spécifie les exigences générales, les propriétés magnétiques, les caractéristiques géométriques et leurs tolérances, ainsi que les modes de contrôle pour le fer pur, le fer-silicium, le fer-nickel et le fer-cobalt. Les produits sont sous forme de barres, billettes, tôles, bandes ou fils. Les alliages concernés correspondent à ceux définis par les classes A, C1, C2, E1 à E4 et F1 à F3 de la CEI 60404-1.

Les matériaux magnétiques employés principalement pour relais, fer pur et aciers, classés seulement d'après leur coercivité, sont couverts par la CEI 60404-8-10. La CEI 60404-8-10 est moins restrictive en termes de propriétés magnétiques que cela est spécifié dans la présente norme pour le matériau en fer pur (classe A) et les alliages fer-silicium (classes C21 et C22), mais elle donne une meilleure interprétation des tolérances dimensionnelles.

Les aciers au silicium non orientés ou à grains orientés (C21 et C22), pour applications à fréquence industrielle, classés d'après leurs pertes spécifiques totales, sont traités dans la CEI 60404-8-2, la CEI 60404-8-4 et la CEI 60404-8-7.

Les matériaux magnétiques en bandes minces, non orientés ou orientés, pour emploi aux fréquences moyennes, classés d'après leurs pertes spécifiques totales, sont couverts par la CEI 60404-8-8.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050(121):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 121: Electromagnétisme*

CEI 60050(131):1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques*

CEI 60050(221):1990, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 221: Matériaux et composants magnétiques*

CEI 60404-1:1979, *Matériaux magnétiques – Partie 1: Classification*

CEI 60404-2:1996, *Matériaux magnétiques – Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des tôles et bandes magnétiques au moyen d'un cadre Epstein*

CEI 60404-4:1995, *Matériaux magnétiques – Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques du fer et de l'acier*

CEI 60404-6:1986, *Matériaux magnétiques – Partie 6: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes, types E1, E3 et E4*

CEI 60404-7:1982, *Matériaux magnétiques – Partie 7: Méthode de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert*

CEI 60404-8-2:1998, *Matériaux magnétiques – Partie 8-2: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles magnétiques en acier allié, laminées à froid et livrées à l'état semi-fini*

CEI 60404-8-4:1998, *Matériaux magnétiques – Partie 8-4: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état fini*

CEI 60404-8-7:1998, *Matériaux magnétiques – Partie 8-7: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles magnétiques en acier à grains orientés, laminées à froid et livrées à l'état fini*

CEI 60404-8-8:1991, *Matériaux magnétiques – Partie 8: Spécifications pour matériaux particuliers – Section 8: Spécification des tôles magnétiques extra-minces en acier pour utilisation à moyennes fréquences*

CEI 60404-8-10:1994, *Matériaux magnétiques – Partie 8: Spécifications pour matériaux particuliers – Section 10: Spécification des matériaux magnétiques (fer et acier) pour relais*

CEI 60404-9:1987, *Matériaux magnétiques – Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des tôles magnétiques en acier*

CEI 60635:1978, *Noyaux toroïdaux en feuillard bobiné en matériau magnétique doux*

ISO 404:1992, *Aciers et produits sidérurgiques – Conditions techniques générales de livraison*

ISO 10474:1991, *Aciers et produits sidérurgiques – Documents de réception*

3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 60404, les définitions des termes principaux relatifs aux propriétés magnétiques et aux circuits électriques et magnétiques donnés dans la CEI 60050(121), la CEI 60050(131) et la CEI 60050(221), ainsi que les définitions suivantes, s'appliquent.

3.1

vieillessement

variation du champ coercitif, exprimée en pourcentage, résultant d'un traitement thermique

3.2

barre

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

plat: barre de section rectangulaire, laminée sur ses quatre faces, dont l'épaisseur est généralement égale ou supérieure à 5 mm, et dont la largeur ne dépasse pas 150 mm.

rond: barre de section circulaire dont le diamètre est généralement égal ou supérieur à 8 mm

3.3

billette

produit massif de section uniforme, carrée, ronde ou rectangulaire, dont la largeur est inférieure au double de l'épaisseur

3.4

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 CEI 60404-9)

3.5

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 CEI 60404-9)

3.6

coulée

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

3.7

lot

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

3.8

rond

produit étiré à froid, de section uniforme, rectangulaire ou ronde, livré en longueurs droites

3.9

tôle et plaque

produit plat laminé, de section uniforme, livré en bobines ou coupé à longueur. La largeur est supérieure à 600 mm; les tôles ont une épaisseur inférieure à 5 mm et les plaques une épaisseur supérieure à 5 mm

3.10

rectitude des produits longs

plus grande distance entre la barre et la ligne joignant les deux extrémités de la barre

3.11

bande

produit plat laminé, de section uniforme, livré en bobines ou coupé à longueur. La largeur est inférieure à 600 mm et l'épaisseur inférieure à 5 mm

3.12

fil

produit laminé ou tréfilé, de section uniforme, ronde ou rectangulaire, livré en bobines

3.13 Abréviations pour les échantillons de contrôle

type E.S.: échantillon allongé pour contrôle de pièces, de section circulaire, rectangulaire ou polygonale, avec un rapport longueur sur diamètre d'au moins 5/1, suivant la CEI 60404-7.

type L.R.: noyaux feuilletés de rondelles découpées mécaniquement ou chimiquement (pour un anneau de tête magnétique, on peut utiliser un noyau de diamètre extérieur de 10 mm et de diamètre intérieur de 6 mm).

type S.R.: anneaux massifs ou cadres, mis en forme ou usinés à partir d'un matériau massif. Le diamètre extérieur de l'anneau doit mesurer entre 30 mm et 50 mm, et le rapport diamètre extérieur sur diamètre intérieur devra valoir de 1,2 à 1,4.

NOTE Les types L.R. et S.R. sont applicables seulement aux matériaux approximativement isotropes.

type S.W.: noyaux enroulés tels que définis dans la CEI 60635. Pour les restrictions dimensionnelles voir le tableau 5. Les diamètres extérieurs des tores de contrôle doivent mesurer entre 30 mm et 80 mm.

4 Classification

Les matériaux couverts par la présente norme sont classés suivant l'élément d'alliage principal et la teneur de cet élément. La sous-classification tient compte des différents emplois des alliages.

4.1 Alliage de classe A (fer pur)

Ce matériau est classé d'après la valeur maximale de son champ coercitif.

4.2 Alliage de classe C (fer-silicium)

L'alliage C1, avec 0 % à 5 % en poids de silicium, est classé d'après la valeur maximale de son champ coercitif.

Les alliages C2, avec 0,4 % à 5 % en poids de silicium, sont classés d'après la forme du cycle d'hystérésis et la perméabilité minimale dans une mesure en alternatif sur un échantillon de type L.R. tiré d'un matériau de 0,35 mm d'épaisseur, le point de mesure étant pour $\hat{H} = 1,6 \text{ A/m}$.

4.3 Alliage de classe E (fer-nickel)

Ces alliages sont classés d'après la forme du cycle d'hystérésis et la perméabilité minimale d'amplitude dans une mesure en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz), en conditions de flux sinusoïdal, sur un échantillon de type S.W. d'un matériau de 0,10 mm d'épaisseur.

4.4 Alliage de classe F (fer-cobalt)

Ces alliages sont classés d'après la forme du cycle d'hystérésis et la valeur maximale du champ coercitif.

5 Désignation

La désignation conventionnelle des matériaux comprend ce qui suit dans l'ordre donné:

- la lettre désignant la classe d'alliage: A, C, E ou F (voir tableau 1);
- le nombre correspondant à la teneur en élément d'alliage principal (voir tableau 1);
- pour les classes d'alliage C, E et F, le nombre 1 ou 2 indiquant la forme du cycle d'hystérésis:
 - 1 = arrondi (non orienté),
 - 2 = rectangulaire (orienté par texture ou par traitement thermomagnétique);
- un tiret;
- suivant la classe d'alliage, soit la valeur maximale du champ coercitif en ampères par mètre, soit la valeur minimale de la perméabilité divisée par 1 000 pour une valeur de crête donnée du champ magnétique ($\hat{H} = 0,4 \text{ A/m}$ ou $1,6 \text{ A/m}$) et une épaisseur donnée, mesurée sur un certain échantillon de contrôle (voir ci-dessus à la rubrique classification).

Exemple:

E 31-10: alliage fer-nickel avec 45 % à 50 % en poids de nickel, cycle d'hystérésis rond et perméabilité minimale de 10 000 pour un noyau enroulé fait avec une tôle de 0,10 mm d'épaisseur.

6 Spécifications générales

6.1 Composition chimique et procédé de fabrication

La composition type de chaque classe de matériaux couverts par la présente norme est donnée au tableau 1.

La composition réelle et le procédé de fabrication sont laissés à la discrétion du producteur, à moins qu'il n'y ait eu accord entre l'acheteur et le producteur, et spécification dans la commande.

6.2 Conditions de livraison

Les produits couverts par la présente norme peuvent être livrés transformés à chaud, écrouis ou recuits. Les conditions de livraison souhaitées doivent être spécifiées dans la commande.

6.2.1 Forme de livraison

Les bobines doivent être de largeur constante et enroulées de telle sorte que les rives se superposent d'une façon régulière et que les faces latérales des bobines soient approximativement plates. Les bobines doivent être enroulées suffisamment serrées pour qu'elles ne se déforment pas sous leur propre poids.

Les bobines peuvent occasionnellement comporter des soudures ou des raboutages résultant de l'élimination de zones défectueuses, sous réserve d'un accord préalable entre les parties. La surépaisseur due à la soudure est soumise à un accord particulier. Si nécessaire, le marquage des soudures ou des raboutages pourra faire l'objet d'un accord particulier. Pour les bobines comportant des soudures ou des raboutages, chaque partie de la bande doit être d'un matériau de même qualité.

Les rives des parties soudées ensemble doivent être suffisamment bien alignées pour ne pas gêner la transformation ultérieure du matériau.

La masse des bobines doit faire l'objet d'un accord au moment de la commande.

6.2.2 Etat de surface

La surface des tôles et des bandes doit être uniforme, propre, exempte de graisse et de rouille.

Des imperfections isolées telles que rayures, cloques, etc. peuvent être tolérées si l'épaisseur reste à l'intérieur des tolérances et si la fabrication ou les performances du produit final n'en sont pas affectées.

La nature de l'état de surface dépendra du traitement final. Pour les produits laminés à chaud, le matériau est recouvert de calamine.

7 Spécifications techniques

7.1 Propriétés magnétiques

Sauf spécification contraire dans la commande, les propriétés magnétiques doivent être déterminées pour chaque lot de produit sur un échantillon représentatif pris dans le lot et recuit suivant les recommandations du fabricant ou selon les spécifications du client. Les mesures d'acceptation des tôles ou bandes doivent être pratiquées, en courant alternatif, sur des rondelles (type L.R.) ou des noyaux enroulés (type S.W.) ou bien, en courant continu, soit sur des anneaux massifs (type S.R.), soit sur des rondelles de matériaux laminés (type L.R.), soit sur des échantillons longs (type E.S.).

Les propriétés doivent satisfaire aux exigences magnétiques spécifiées dans les Tableaux 2 à 4 pour l'alliage, la classe magnétique et l'épaisseur étant spécifiées dans la commande. Pour les épaisseurs intermédiaires non spécifiées dans le tableau, les valeurs du groupe dont l'épaisseur est immédiatement supérieure doivent être appliquées. Lorsqu'un essai magnétique en courant alternatif est réalisé pour démontrer la conformité de l'alliage à cette norme, soit des mesures de perméabilité d'amplitude (Tableau 2a), soit des mesures de perméabilité d'impédance-série (Tableau 2b) peuvent être utilisées. Ce n'est pas une exigence de la présente norme que les deux méthodes soient utilisées. La méthode utilisée doit être soumise à un accord entre le fabricant et l'acheteur.

7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances

7.2.1 Produits plats: tôle, plaque et bande

7.2.1.1 Epaisseur

L'épaisseur des tôles et bandes ne doit pas dépasser les tolérances indiquées au tableau 6.

7.2.1.2 Largeur

La largeur des bandes ne doit pas dépasser les tolérances indiquées au tableau 7.

7.2.1.3 Planéité

Le facteur d'ondulation, exprimé en pourcentage, ne doit pas dépasser 2 % et la planéité devra être comme convenu entre acheteur et producteur.

7.2.1.4 Rectitude

La rectitude doit être telle que convenue entre le fabricant et l'acheteur.

7.2.2 Barre, rond et fil étirés à froid

Les tolérances sur le diamètre, la largeur et l'épaisseur doivent être celles spécifiées au tableau 8.

7.2.3 Barre transformée à chaud

Les tolérances doivent faire l'objet d'un accord entre le producteur et l'acheteur.

8 Contrôle

8.1 Généralités

Les produits définis dans la présente norme sont généralement commandés avec réception conformément à l'ISO 404. Le client doit spécifier, à la commande, les propriétés qui devront être contrôlées, le type de réception et le document concerné (voir ISO 10474).

Dans le cas de commande sans réception, par dérogation à l'ISO 404, le producteur et l'acheteur doivent se mettre d'accord sur la propriété à certifier, par exemple le champ coercitif maximal du produit livré.

Chaque unité de réception sera de moins de 23 t de la même qualité et des mêmes dimensions nominales. Des unités de réception différentes peuvent être adoptées par accord particulier.

Pour les produits livrés en bobines, chaque bobine doit constituer une unité de réception.

Quand les produits sont fournis en bobines refendues, les résultats des contrôles appliqués à l'unité de réception mère doivent s'appliquer.

Sauf accord particulier, les mêmes règles s'appliquent aux caractéristiques désignées spécifiquement.

8.2 Prélèvement des échantillons

Autant que possible, on doit prélever seulement un échantillon par unité de réception, pour le contrôle de réception. Le même échantillon devra servir pour contrôler les différentes propriétés en choisissant un ordre approprié pour l'exécution des contrôles.

8.2.1 Produits plats

Pour les bobines, la première spire interne et la dernière spire externe doivent être considérées comme emballage et ne doivent pas être considérées comme étant représentatives de la qualité du reste de la bobine. Le prélèvement doit être fait sur les premières spires internes ou externes, à l'exclusion des spires d'emballage. Le prélèvement sera fait loin des soudures et des raboutages. Dans le cas des tôles ou plaques, l'échantillon doit être pris dans la partie supérieure du paquet.

8.2.2 Produits longs

L'échantillon doit être pris dans le paquet.

8.2.3 Fil

Le prélèvement doit se faire à la fin de la bobine.

8.3 Propriétés magnétiques

8.3.1 Mesures magnétiques, méthodes en courant continu

Les mesures d'induction, de perméabilité et de champ coercitif, en courant continu, doivent être conformes à la CEI 60404-4 et à la CEI 60404-6.

8.3.2 Mesures magnétiques, méthodes en courant alternatif

Les mesures d'induction et de perméabilité relative, en courant alternatif, doivent être conformes à la CEI 60404-2 et à la CEI 60404-6. Une fréquence d'essai de 50 Hz ou 60 Hz doit être utilisée, sauf spécification différente. Lorsque des mesures de perméabilité d'amplitude sont réalisées, les conditions d'essai doivent être conformes au flux sinusoïdal (sinus B). Lorsque des mesures de perméabilité d'impédance sont réalisées, la perméabilité d'impédance-série doit être mesurée.

8.3.3 Echantillons de contrôle

Le type d'échantillon de contrôle à utiliser est désigné, dans les tableaux 2 à 4, par les abréviations données en 3.1.3 pour les échantillons de contrôle.

8.4 Caractéristiques géométriques et tolérances

8.4.1 Epaisseur des produits plats

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

La mesure sera faite avec un micromètre précis au 1/100 mm.

8.4.2 Largeur des produits plats

La largeur doit être mesurée perpendiculairement à l'axe longitudinal de la bande.

8.4.3 Planéité

La planéité (facteur d'ondulation) des produits plats doit être mesurée suivant la CEI 60404-9.

8.4.4 Rectitude

La rectitude doit être déterminée suivant la CEI 60404-9.

8.4.5 Dimensions des produits longs

Les dimensions des produits longs doivent être déterminées par la moyenne des mesures faites en deux points quelconques, avec une précision de 0,1 mm.

8.4.6 Rectitude des produits longs

La rectitude doit être mesurée avec une précision de 0,1 mm.

8.5 Essais complémentaires

Si un échantillon de contrôle ne remplit pas les conditions de réception spécifiées, deux nouveaux échantillons du même lot doivent être choisis pour un nouveau contrôle. Si les deux échantillons additionnels sont acceptés, le lot est jugé conforme aux spécifications de la présente norme. Si l'un des échantillons additionnels est mauvais, le lot doit être refusé.

Après un nouveau traitement, le producteur a le droit de présenter de nouveau, au contrôle de réception, les unités qui avaient été trouvées non conformes à la commande.

9 Réclamations

Des défauts internes ou externes ne doivent justifier une réclamation que s'ils sont manifestement préjudiciables à la mise en oeuvre ou à l'emploi judicieux du matériau.

L'utilisateur doit donner au fournisseur la possibilité de se convaincre du bien-fondé de la réclamation en lui présentant le matériau en litige et des preuves à l'appui de la réclamation.

Dans tous les cas, les termes et les modalités des réclamations doivent être conformes à l'ISO 404.

10 Indications à la commande

Pour que le produit réponde convenablement aux prescriptions de la présente norme, l'acheteur doit fournir les informations suivantes lors de sa demande d'informations:

- a) nature du produit et désignation du matériau suivant l'article 5;
- b) quantité désirée, y compris toute limitation sur la masse des bobines (voir 6.2.1);
- c) procédure de réception désirée, y compris nature des documents s'y rapportant (voir 8.1 et article 11);
- d) tolérances, si nécessaire (voir 7.2);
- e) prescriptions complémentaires suivantes, qui seront spécifiées par l'acheteur à la commande; dans le cas où rien n'est spécifié, le producteur considérera qu'il n'y a pas de prescriptions particulières sur ce point:
 - présence de soudures ou de rabouages, et leur marquage éventuel (voir 6.2),
 - livraison de produits complètement traités (voir 6.3),
 - caractéristiques magnétiques à l'état vieilli (voir 7.1).

11 Certification

Sur demande de l'acheteur et mention sur la commande (voir article 10), le fabricant doit certifier que le produit a été manufacturé et contrôlé conformément aux prescriptions de la présente norme. Le certificat doit donner en détail les résultats de tous les contrôles demandés dans la commande.

Tableau 1 – Composition chimique des classes d'alliages selon la CEI 60404-1

Classe d'alliage	Constituants d'après la CEI 60404-1	Compositions types ^a Fractions massiques en %						
		Co	Cr	Cu	Mo	Ni	Si	V
A	100 Fe	–	–	–	–	–	–	–
C1	0 – 5 Si	–	–	–	–	–	2 – 4,5	–
C21	0,4 – 5 Si	–	–	–	–	–	1 – 4,5	–
C22	3 Si	–	–	–	–	–	2,5 – 3,5	–
E1	70 – 85 Ni	–	2 – 3	1 – 6	–	75 – 80	–	–
		–	–	1 – 6	3 – 5	75 – 80	–	–
		–	–	–	3,5 – 6	79 – 82	–	–
E2	54 – 68 Ni	–	–	–	–	53 – 65	–	–
E3	41 – 51 Ni	–	–	–	–	42 – 49	–	–
E4	35 – 40 Ni	–	–	–	–	36 – 40	–	–
F1	47 – 50 Co	47,5 – 50	–	–	–	–	–	1,7 – 2,5
F2	35 Co	34,5 – 36	–	–	–	–	–	–
F3	23 – 27 Co	23 – 28	–	–	–	–	–	–
Les compositions types de chaque alliage sont données à titre d'exemples et les autres compositions sont acceptables si les exigences de propriété magnétique de la présente norme sont satisfaites.								
^a Complément: fer.								

Tableau 2 – Valeurs minimales de la perméabilité

Tableau 2a – Valeurs minimales de la perméabilité d'amplitude pour tôles et bandes – Mesures en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz), conditions de flux sinusoïdal, épaisseur 0,05 mm à 0,38 mm

Classe d'alliage ^a	Nuance magnétique	Point de mesure <i>H</i> (A /m)	Echantillon	Perméabilité d'amplitude minimale pour une épaisseur, en millimètres, de:			
				0,35	0,20		
A		Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur					
C1		Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur					
C21	–9	1,6	L.R.	900	750		
C22	–13			1 300	–		

Classe d'alliage ^a	Nuance magnétique	Point de mesure <i>H</i> (A /m)	Echantillon	Perméabilité d'amplitude minimale pour une épaisseur, en millimètres, de:				
				0,30 - 0,38	0,15 - 0,20	0,10	0,05	
E11	−30	0,4	L.R.	20 000	20 000	18 000	16 000	
	−60			40 000	40 000	35 000	30 000	
	−100			50 000	60 000	60 000	50 000	
	−200			100 000	120 000	120 000	100 000	
E31	−4	0,4		4 000	4 000	4 000	4 000	
	−6			6 000	6 000	6 000	6 000	
	−10			10 000	10 000	8 000	8 000	
E41	−2	0,8		2 200	2 200	2 200	2 200	
	−3			2 900	2 900	2 900	2 500	
E11	−30	0,4	S.W.	b	30 000	30 000	30 000	
	−60			b	60 000	60 000	60 000	
	−100			b	80 000	100 000	100 000	
	−200			b	160 000	200 000	200 000	
E31	−4	0,4		b	4 000	4 000	4 000	
	−6			b	6 000	6 000	6 000	
	−10			b	10 000	10 000	10 000	
E41	−2	0,8		b	2 200	2 200	2 200	
	−3			b	2 900	2 900	2 500	
E21		Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur						
E32								
F1		Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur						
F2								
F3								
^a Le second chiffre de la classe d'alliage indique la forme du cycle d'hystérésis: 1 = arrondi (non orienté); 2 = rectangulaire (orienté).								
^b Il est recommandé de ne pas utiliser le type S.W. dans cette gamme d'épaisseur.								

Tableau 2b – Valeurs minimales de la perméabilité relative d'impédance-série pour tôles et bandes – Mesures en courant alternatif (0,3 kHz, 1 kHz, 3 kHz, 10 kHz et 30 kHz), épaisseur 0,025 mm à 0,35 mm

Classe d'alliage ^a	Nuance magnétique	Point de mesure $\hat{H}$ (A/m)	Echantillon	Fréquence de mesure kHz	Perméabilité relative d'impédance-série minimale en courant alternatif pour une épaisseur, en millimètres, de:					
					0,35	0,20	0,15	0,10	0,05	0,025
E11	–100	0,4	L.R. ou S.W.	0,3	12 000	24 000	27 000	30 000	–	–
				1	4 800	10 000	12 000	20 000	25 000	30 000
				3	–	–	–	9 000	–	–
				10	–	–	–	–	9 000	18 000
				30	–	–	–	–	–	9 000
	–200	0,4	L.R. ou S.W.	0,3	–	–	–	40 000	–	–
				1	–	–	–	25 000	40 000	40 000
				3	–	–	–	10 000	–	–
				10	–	–	–	–	9 000	20 000
				30	–	–	–	–	–	12 000
E31	–6	0,4	L.R. ou S.W.	0,3	3 000	3 600	–	–	–	–
				1	2 200	2 400	–	3 000	–	–
				3	–	–	–	2 500	–	–
	–10	0,4	L.R. ou S.W.	0,3	3 600	4 000	–	5 000	–	–
E41	–2	0,4	L.R. ou S.W.	0,3	1 900	2 000	–	–	–	–
				1	1 800	1 900	–	1 900	–	–
				3	–	–	–	1 800	–	–
	–3	0,4	L.R. ou S.W.	0,3	3 500	3 800	–	–	–	–
				1	3 000	3 300	–	3 600	–	–
				3	–	–	–	3 000	–	–

^a Le second chiffre de la classe d'alliage indique la forme du cycle d'hystérésis:

1 = arrondi (non orienté);

2 = rectangulaire (orienté).

NOTE A ce jour, il n'existe pas de procédure de mesure correspondante dans la CEI 60404-6. Cependant, la CEI 60404-6 est en cours de révision et sera amendée en conséquence.

Tableau 3 – Propriétés magnétiques en courant continu pour barres, billettes, ronds, tôles, bandes et fils, épaisseur ou diamètre supérieur à 0,05 mm^a – Echantillon S.R., L.R. ou E.S.

Classe d'alliage ^b	Nuance magnétique		Champ coercitif maximal A/m	Polarisation magnétique minimale en teslas Pour $\hat{H}$ en ampères par mètre					
				100	200	300	500	1 000	4 000
A	–240		240	–	–	1,15	1,30	–	1,60
	–120		120	–	–	1,15	1,30	1,45	1,60
	–80		80	–	1,10	1,20	1,30	1,45	1,60
	–60		60	–	1,15	1,25	1,35	1,45	1,60
	–20		20	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,60
	–12		12	1,15	1,25	1,30	1,40	1,45	1,60
C1	–48		48	0,60	–	1,10	1,20	–	1,50
	–24		24	1,20	–	1,30	1,35	–	1,50
	–12		12	1,20	–	1,30	1,35	–	1,50

Classe d'alliage ^b	Nuance magnétique	Point de mesure $\hat{H}$ A/m	Perméabilité minimale pour une épaisseur en millimètres de		Champ coercitif maximal en ampères par mètre pour une épaisseur en millimètres de		Polarisation magnétique minimale en teslas pour $\hat{H}$ en ampères par mètre					
			0,05-1,5	>1,5	0,05-1,5	>1,5	20	50	100	500	800	
E11	–30	0,4	30 000	15 000	4	4	0,40	0,55	0,60	0,63	0,65	
	–60		60 000	30 000	2	4						
	–100		100 000	50 000	1	2	0,50	0,65	0,70	0,73	0,73	
E31	–4	0,4	4 000	3 000	12	12	0,50	0,90	1,00	1,30	1,40	
	–6		6 000	5 000	10	10						
	–10		10 000	7 000	6	6	0,50	0,90	1,10	1,35	1,40	
E41	–3	0,8	2 500	2 500	24	24	0,20	0,45	0,70	1,00	1,10	
E21		Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur										
E32												

Classe d'alliage ^b	Nuance magnétique	Forme de livraison	Dimensions mm	Champ coercitif A/m	Polarisation magnétique minimale en teslas pour $\hat{H}$ en ampères par mètre					
					300	800	1 600	2 800	4 000	8 000
F11	–240	Massif, laminé à chaud	> 6	240	1,40	1,70	1,90	2,00	2,06	2,15
	–120	Rond, fil	$d \leq 6$	120	1,70	2,00	2,10	2,15	2,20	2,25
		Tôle, bande	$0,05 \leq t \leq 2,0$	120	–	–	–	–	–	–
	–60	Tôle, bande	$0,05 \leq t \leq 2,0$	60	1,80	2,10	2,20	2,23	2,25	2,25
F12	–30	S.W.	$0,05 \leq t \leq 1,5$	30	Suivant accord entre le fabricant et l'acheteur					
F21	–300	Massif	> 6	300	–	1,20	1,30	1,35	–	–
		Tôle, bande	$0,05 \leq t \leq 2,0$	300	–	1,50	1,60	1,80	2,00	2,20
F31	–300	Massif	> 6	300	–	–	–	–	1,10	1,75
		Tôle, bande	$0,05 \leq t \leq 2,0$	300	–	–	–	–	1,85	2,00

^a Les propriétés pour les épaisseurs de 0,05 mm à 2 mm se rapportent aux tôles et bandes seulement. Pour les barres, billettes, ronds et fils de petite section, la polarisation magnétique doit être déterminée sur des échantillons S.R. prélevés à un stade antérieur de la fabrication.

^b Le second chiffre de la classe d'alliage indique la forme du cycle d'hystérésis:

1 = arrondi (non orienté);

2 = rectangulaire (orienté par texture ou traitement thermomagnétique).

Tableau 4 – Facteur d'accroissement de la perméabilité maximale pour tôles et bandes – Echantillon de contrôle L.R., mesures en courant alternatif (50 Hz ou 60 Hz)

Classe d'alliage	Nuance magnétique	$\delta_{0,4}^a$ 10 ⁻² m/A	δ_8^b 10 ⁻² m/A
E41	-2	4,7	3,1
C21	-9	-	15,7
C22	-13	-	15,7
$^a \delta_{0,4} = (\mu_{1,6} - \mu_{0,4}) / (\mu_{0,4} \cdot \Delta H) = 0,833(\mu_{1,6} - \mu_{0,4}) / \mu_{0,4} \text{ (m/A)}$ $^b \delta_8 = (\mu_8 - \mu_{1,6}) / (\mu_{1,6} \cdot \Delta H) = 0,156(\mu_8 - \mu_{1,6}) / \mu_{1,6} \text{ (m/A)}$ Les indices représentent l'intensité du champ, en ampères par mètre (A/m).			

Tableau 5 – Spécifications dimensionnelles pour noyaux toroïdaux en bandes enroulées

Rapport des dimensions	Classe d'alliage	
	E11 - E41	E32
Diamètre extérieur/diamètre intérieur (d_1/d_2)	1,2 - 1,6	1,2 - 1,6
Hauteur/diamètre intérieur (h/d_2)	0,2 - 1,1	0,2 - 1,1
Diamètre intérieur/épaisseur de bande (d_2/t)	> 100	> 100

Tableau 6 – Tolérances sur l'épaisseur des bandes et tôles laminées à froid

Epaisseur (t) mm	Tolérance en millimètres*, pour une largeur w, en millimètres			
	50 < w < 150	150 < w ≤ 300	300 < w ≤ 600	w > 600
0,05 ≤ t < 0,15	±5 %	±5 %	±7,5 %	±10 %
0,15 ≤ t < 0,25	±0,020	±0,020	±0,025	±0,030
0,25 ≤ t < 0,50	±0,025	±0,030	±0,030	±0,040
0,50 ≤ t < 0,75	±0,030	±0,045	±0,045	±0,050
0,75 ≤ t < 1,00	±0,030	±0,045	±0,045	±0,065
1,00 ≤ t < 1,25	±0,040	±0,045	±0,045	±0,065
1,25 ≤ t < 1,50	±0,040	±0,045	±0,045	±0,075
1,50 ≤ t < 1,75	±0,040	±0,050	±0,065	±0,075
1,75 ≤ t < 2,00	±0,040	±0,050	±0,065	±0,090
2,00 ≤ t < 2,25	±0,050	±0,055	±0,065	±0,100
2,25 ≤ t < 2,50	±0,050	±0,055	±0,065	±0,120
* Pour les épaisseurs égales ou supérieures à 0,05 mm et inférieures à 0,15 mm, la tolérance est exprimée en pourcentage.				

Tableau 7 – Tolérances sur la largeur des tôles et bandes

Epaisseur nominale (<i>t</i>) mm	Tolérance, en millimètres, pour largeur nominale <i>w</i> en millimètres			
	<i>w</i> < 125	125 ≤ <i>w</i> < 250	250 ≤ <i>w</i> < 400	400 ≤ <i>w</i> < 1 200
Brut de laminage				
0,30 ≤ <i>t</i> < 6,00	3,0	3,5	4,0	4,5
Rives cisailées				
0,10 ≤ <i>t</i> < 0,40	+0,3 –0,0	+0,4 –0,0	+0,6 –0,0	+0,6 –0,0
0,40 ≤ <i>t</i> < 1,50	+0,4 –0,0	+0,6 –0,0	+0,8 –0,0	+0,8 –0,0
1,50 ≤ <i>t</i> < 2,50	+0,6 –0,0	+0,8 –0,0	+1,0 –0,0	+1,0 –0,0
2,50 ≤ <i>t</i> < 6,00	+0,8 –0,0	+1,0 –0,0	+1,2 –0,0	+1,2 –0,0

Tableau 8 – Tolérance sur les dimensions des barres, ronds et fils étirés à froid

Fil et rond		Barre	
Diamètre (<i>d</i>) mm	Tolérance mm	Dimension (<i>d</i>) ¹⁾ mm	Tolérance mm
0,20 ≤ <i>d</i> < 0,35	±0,015	0,5 ≤ <i>d</i> < 1,5	+0,00 –0,06
0,35 ≤ <i>d</i> < 0,55	±0,020	1,5 ≤ <i>d</i> < 4,5	+0,00 –0,05
0,55 ≤ <i>d</i> < 0,90	±0,030	4,5 ≤ <i>d</i> < 10	+0,00 –0,08
0,90 ≤ <i>d</i> < 1,40	±0,040	10 ≤ <i>d</i> < 25	+0,03 –0,05
1,40 ≤ <i>d</i> < 2,20	±0,060		
2,20 ≤ <i>d</i> < 3,50	± 0,080		
3,50 ≤ <i>d</i> < 6,00	± 0,100		
1) Ronde: diamètre. Hexagonale, carrée: distance entre faces parallèles Rectangulaire: largeur et épaisseur			

Bibliographie

ISO 286-1:1988, *Système ISO de tolérances et ajustements – Partie 1: Base des tolérances, écarts et ajustements*

ISBN 2-8318-9167-1



9 782831 891675

ICS 29.030

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND