

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Magnetic materials –**

**Part 8-3: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the semi-processed state**

**Matériaux magnétiques –**

**Partie 8-3: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 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 l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat  
3, rue de Varembé  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://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 corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) 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 IEC

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

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

### **Magnetic materials –**

**Part 8-3: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the semi-processed state**

### **Matériaux magnétiques –**

**Partie 8-3: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20, 29.030

ISBN 978-2-8322-7912-0

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.**  
**Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

## CONTENTS

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                       | 4  |
| INTRODUCTION.....                                                   | 6  |
| 1 Scope.....                                                        | 7  |
| 2 Normative references .....                                        | 7  |
| 3 Terms and definitions .....                                       | 7  |
| 4 Classification.....                                               | 8  |
| 5 Designation .....                                                 | 8  |
| 6 General requirements .....                                        | 9  |
| 6.1 Production process .....                                        | 9  |
| 6.2 Form of supply .....                                            | 9  |
| 6.3 Delivery condition .....                                        | 9  |
| 6.4 Surface condition .....                                         | 10 |
| 6.5 Suitability for cutting .....                                   | 10 |
| 7 Technical requirements .....                                      | 10 |
| 7.1 Magnetic properties .....                                       | 10 |
| 7.1.1 Reference condition.....                                      | 10 |
| 7.1.2 Magnetic polarization.....                                    | 10 |
| 7.1.3 Specific total loss .....                                     | 12 |
| 7.1.4 Anisotropy of loss .....                                      | 13 |
| 7.2 Geometrical characteristics and tolerances .....                | 13 |
| 7.2.1 Thickness .....                                               | 13 |
| 7.2.2 Width.....                                                    | 14 |
| 7.2.3 Length .....                                                  | 14 |
| 7.2.4 Edge wave (wave factor) .....                                 | 14 |
| 7.2.5 Edge camber .....                                             | 15 |
| 7.3 Technological characteristics .....                             | 15 |
| 7.3.1 Density .....                                                 | 15 |
| 7.3.2 Stacking factor.....                                          | 15 |
| 8 Inspection and testing.....                                       | 15 |
| 8.1 General.....                                                    | 15 |
| 8.2 Selection of samples.....                                       | 16 |
| 8.3 Preparation of test specimens.....                              | 16 |
| 8.3.1 Magnetic properties .....                                     | 16 |
| 8.3.2 Geometrical characteristics and tolerances.....               | 16 |
| 8.3.3 Stacking factor.....                                          | 16 |
| 8.4 Test methods .....                                              | 17 |
| 8.4.1 General .....                                                 | 17 |
| 8.4.2 Magnetic properties .....                                     | 17 |
| 8.4.3 Geometrical characteristics and tolerances.....               | 17 |
| 8.4.4 Stacking factor.....                                          | 17 |
| 8.5 Retests .....                                                   | 17 |
| 9 Marking, labelling and packaging.....                             | 17 |
| 10 Complaints .....                                                 | 18 |
| 11 Information to be supplied by the purchaser .....                | 18 |
| Annex A (informative) Typical relative amplitude permeability ..... | 19 |

|                                                                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Annex B (informative) Maximum specific total loss at 1,0 T .....                                                                                               | 20 |
| Annex C (informative) Calculated density of non-oriented electrical steel .....                                                                                | 21 |
| Bibliography .....                                                                                                                                             | 22 |
| Table 1 – Technological and magnetic properties for use at 50 Hz (magnetic properties<br>are measured using the Epstein method according to IEC 60404-2) ..... | 11 |
| Table 2 – Technological and magnetic properties for use at 60 Hz (magnetic properties<br>are measured using the Epstein method according to IEC 60404-2) ..... | 12 |
| Table 3 – Tolerances on nominal thickness .....                                                                                                                | 13 |
| Table 4 – Tolerances on nominal width .....                                                                                                                    | 14 |
| Table A.1 – Typical relative amplitude permeability values .....                                                                                               | 19 |
| Table B.1 – Maximum specific total loss at 1,0 T .....                                                                                                         | 20 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**MAGNETIC MATERIALS –****Part 8-3: Specifications for individual materials –  
Cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet  
delivered in the semi-processed state****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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60404-8-3 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels. It is an International Standard.

This fourth edition cancels and replaces the third edition published in 2005. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) Modification of terms and technical requirements concerning geometrical characteristics to be consistent with IEC 60404-9:2018;
- b) Insertion of Table 3 – Tolerances on nominal thickness;

- c) Change of the length of the test specimen for determination of geometrical characteristics from 2 m to 1 m;
- d) Deletion of Annex A with the European numerical system of designation of steels.

The text of this International Standard is based on the following documents:

| Draft      | Report on voting |
|------------|------------------|
| 68/736/CDV | 68/747/RVC       |

Full information on the voting for its approval can be found in the report on voting indicated in the above table.

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/publications](http://www.iec.ch/publications).

A list of all parts in the IEC 60404 series, published under the general title *Magnetic materials*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

## INTRODUCTION

TC 68 followed the recommendation of the maintenance inquiry, 68/649/INF, to revise this standard in order to maintain consistency with other standard adaptations of the IEC 60404 series. Moreover, the revision is made mainly regarding testing and definitions of geometrical characteristics in accordance with IEC 60404-9. The length of the test specimen for determination of geometrical characteristics is changed from 2 m to 1 m. The term of "flatness" is divided into "edge wave (wave factor)" and "residual curvature". This revision also includes corrections in order to improve consistency with other IEC 60404-8 series. For example, the supply in the form of coils is considered before the supply in sheets, which reflects the current priority.

As the final annealing of cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the semi-processed state is the responsibility of the user, attention is drawn to the importance of this treatment for the properties of the product.

For this reason the magnetic properties in Table 1 and Table 2 are given for a reference condition (see 7.1.1) obtained by a suitable heat treatment. To ensure that the properties in use are equivalent to those specified, it is important that the heat treatment carried out by the user is equivalent to that used to define the reference condition.

It is recognised that these products can be used in the semi-processed state, in which case the magnetic properties are not subject to the specifications of this document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

## MAGNETIC MATERIALS –

### **Part 8-3: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the semi-processed state**

#### **1 Scope**

This part of IEC 60404 defines the grades of cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the semi-processed state in nominal thicknesses of 0,47 mm, 0,50 mm, 0,64 mm, 0,65 mm and 0,79 mm. It gives general requirements, magnetic properties, geometric characteristics, tolerances and technical characteristics as well as inspection procedures. The nominal thicknesses of 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm apply to the grades for use at 60 Hz only.

This document applies to cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the semi-processed state, i.e. without final heat treatment, in coils or sheets, and intended for the construction of magnetic circuits. This document does not apply to materials supplied in the fully-processed state.

These materials correspond respectively to classes B2 and C21 of IEC 60404-1.

#### **2 Normative references**

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 121: Electromagnetism*

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

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

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

IEC 60404-13, *Magnetic materials – Part 13: Methods of measurement of resistivity, density and stacking factor of electrical steel strip and sheet*

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

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

#### **3 Terms and definitions**

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-121, IEC 60050-221 and the following apply.

ISO and IEC maintain terminology databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <https://www.iso.org/obp>

### 3.1

#### **edge wave**

wave factor

variations of flatness of a length of strip or a sheet taking a form of waves at the slit edge of the product

Note 1 to entry: The edge wave is characterized by the wave factor which is the relation of the height of the wave to its length, expressed as a percentage.

[SOURCE IEC 60404-9:2018, 3.1]

### 3.2

#### **residual curvature**

variations of flatness of a length of strip or a sheet taking a permanent curvature in the direction of rolling of the product

[SOURCE IEC 60404-9:2018, 3.2]

### 3.3

#### **edge camber**

greatest distance between a longitudinal edge of a length of strip or sheet and the line joining the two extremities of the measured length of this edge

[SOURCE IEC 60404-9:2018, 3.3]

## 4 Classification

The grades covered by this document are classified according to the specified value of the maximum specific total loss in watts per kilogram after a reference heat treatment (see 7.1.1) and according to the nominal thickness of the product<sup>1</sup>. Products of the nominal thickness 0,50 mm and 0,65 mm are classified according to the specified value of maximum specific total loss, tested at a magnetic polarization of 1,5 T and 50 Hz, in watts per kilogram. The products of the nominal thickness of 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm are classified according to the specified value of the maximum specific total loss, tested at a magnetic polarization of 1,5 T and 60 Hz, in watts per kilogram.

## 5 Designation

The steel name comprises the following in the order given:

- a letter "M" for electrical steel;
- one hundred times the specified value of maximum specific total loss at a magnetic polarization of 1,5 T and 50 Hz, in watts per kilogram, for the products of the nominal thicknesses 0,50 mm and 0,65 mm, or at a magnetic polarization of 1,5 T and 60 Hz, in watts per kilogram, for the products of the nominal thicknesses 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm;
- one hundred times the nominal thickness of the product, in millimetres;

<sup>1</sup> In the rest of the document, the word "product" is used to mean "strip and sheet".

- d) the characteristic letter "K" for the grades of cold-rolled non-oriented electrical steel strip or sheet delivered in the semi-processed state;
- e) one tenth of the frequency at which the maximum specific total loss is specified, i.e. 5 or 6.

EXAMPLE: M660-50K5 for cold-rolled electrical steel strip or sheet with a specified maximum specific total loss of 6,60 W/kg at a magnetic polarization of 1,5 T at 50 Hz and a nominal thickness of 0,50 mm, supplied in the semi-processed state.

## 6 General requirements

### 6.1 Production process

The production process of the steel and its chemical composition are left to the discretion of the manufacturer.

### 6.2 Form of supply

The product is supplied in coils in the case of strip and bundles in the case of sheets.

The mass of coils or bundles of sheets shall be agreed between the manufacturer and purchaser at the time of enquiry and order.

The recommended value for internal diameter of coils is approximately 508 mm or approximately 610 mm.

Strip 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 in order that they do not collapse under their own weight.

Strip can exhibit welds or interleaves resulting from the removal of defective zones, if agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order. If necessary, the marking of welds or interleaves can be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

For coils containing welds or interleaves, each part of the strip shall be of the same grade.

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

Sheets which make up each bundle shall be stacked so that the side faces of the stack are substantially flat and approximately perpendicular to the top face.

### 6.3 Delivery condition

The products supplied with slit or trimmed edges shall not have any burrs which will adversely affect its further application or use.

As the result of the method of manufacture and delivery in the form of coils, the products in the as-delivered condition can exhibit residual curvature in the direction of rolling as well as certain internal stresses. Precautions shall be taken by the user to reduce or eliminate the effect of these factors on the application or use of the products.

The products can be supplied either without insulating coating or with thin insulating coating on one or both sides which can act as an "anti-stick" coating during anneal.

NOTE For the classification of surface insulation coatings, see IEC 60404-1-1.

## 6.4 Surface condition

The surfaces shall be smooth and clean. Dispersed defects such as scratches, blisters, cracks, etc. are only permitted if they are within the tolerances on thickness and if they are not detrimental to the correct use of the supplied product.

The surface condition and in particular the roughness of the products can be the subject of agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

## 6.5 Suitability for cutting

The product shall be able to be cut or punched without causing premature wear of tools. The product shall be suitable for cutting or punching accurately into the usual shapes at any point when appropriate cutting or punching tools and technologies are used.

A special requirement concerning suitability for cutting or punching of the product can be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

# 7 Technical requirements

## 7.1 Magnetic properties

### 7.1.1 Reference condition

The properties defined in 7.1.2 to 7.1.4 shall only apply to test specimens in the reference condition which is obtained by the following heat treatment.

Test strips shall be subjected to a heat treatment in a decarburizing atmosphere at the temperature specified in Table 1 or Table 2 and shall be maintained for 2 h at this temperature. The heating rate shall not exceed 200 °C/h. The cooling rate from the temperatures specified in Table 1 or Table 2 to 550 °C shall not exceed 120 °C/h. The gas for decarburization atmosphere shall have a volume fraction of 20 % H<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> with water vapour, the dew-point being +13 °C ± 2 °C to +20 °C ± 2 °C at atmospheric pressure.

NOTE In special cases, the manufacturer can recommend a non-standard reference treatment, for example in a non-decarburizing atmosphere for material with a very low carbon content.

The establishment of the decarburizing atmosphere requires the removal of air from the annealing furnace before raising the temperature. This removal is effected by continuously purging the furnace with an inert protective gas. The flow and pressure of the decarburizing gas shall be regulated to ensure good decarburization at any point on the test specimen and a complete renewal of the atmosphere in the furnace several times during the heat treatment.

The test strips should not have any contact with each other.

### 7.1.2 Magnetic polarization

The specified values of minimum magnetic polarization, expressed as a peak value, at AC magnetic field strength values  $H$  of 2 500 A/m, 5 000 A/m and 10 000 A/m, expressed as a peak value, shall be given in Table 1 at 50 Hz and Table 2 at 60 Hz.

NOTE Annex A gives, for guidance only, typical values of relative amplitude permeability for steels of nominal thicknesses 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm.

**Table 1 – Technological and magnetic properties for use at 50 Hz (magnetic properties are measured using the Epstein method according to IEC 60404-2)**

| Steel name | Nominal thickness<br><br>mm | Reference heat treatment temperature<br><br>°C<br><br>(±10 °C) | Maximum specific total loss at 1,5 T <sup>a</sup> |                    | Minimum magnetic polarization at an AC magnetic field strength <sup>a, b</sup> |           |            | Conventional density <sup>c</sup><br><br>kg/dm <sup>3</sup> |
|------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|-------------------------------------------------------------|
|            |                             |                                                                | W/kg                                              |                    | T                                                                              |           |            |                                                             |
|            |                             |                                                                | 50 Hz                                             | 60 Hz <sup>d</sup> | 2 500 A/m                                                                      | 5 000 A/m | 10 000 A/m |                                                             |
| M340-50K5  | 0,50                        | 840                                                            | 3,40                                              | 4,32               | 1,54                                                                           | 1,62      | 1,72       | 7,65                                                        |
| M390-50K5  |                             | 840                                                            | 3,90                                              | 4,97               | 1,56                                                                           | 1,64      | 1,74       | 7,70                                                        |
| M450-50K5  |                             | 790                                                            | 4,50                                              | 5,67               | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                        |
| M560-50K5  |                             | 790                                                            | 5,60                                              | 7,03               | 1,58                                                                           | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                        |
| M660-50K5  |                             | 790                                                            | 6,60                                              | 8,38               | 1,62                                                                           | 1,70      | 1,79       | 7,85                                                        |
| M890-50K5  |                             | 790                                                            | 8,90                                              | 11,30              | 1,60                                                                           | 1,68      | 1,78       | 7,85                                                        |
| M1050-50K5 |                             | 790                                                            | 10,50                                             | 13,34              | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,77       | 7,85                                                        |
| M390-65K5  | 0,65                        | 840                                                            | 3,90                                              | 5,07               | 1,54                                                                           | 1,62      | 1,72       | 7,65                                                        |
| M450-65K5  |                             | 840                                                            | 4,50                                              | 5,86               | 1,56                                                                           | 1,64      | 1,74       | 7,70                                                        |
| M520-65K5  |                             | 790                                                            | 5,20                                              | 6,72               | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                        |
| M630-65K5  |                             | 790                                                            | 6,30                                              | 8,09               | 1,58                                                                           | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                        |
| M800-65K5  |                             | 790                                                            | 8,00                                              | 10,16              | 1,62                                                                           | 1,70      | 1,79       | 7,85                                                        |
| M1000-65K5 |                             | 790                                                            | 10,00                                             | 12,70              | 1,60                                                                           | 1,68      | 1,78       | 7,85                                                        |
| M1200-65K5 |                             | 790                                                            | 12,00                                             | 15,24              | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,77       | 7,85                                                        |

<sup>a</sup> These values are valid only for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

b It has been common practice for many years to give values of magnetic flux density. In fact the Epstein frame is used to determine magnetic polarization (intrinsic flux density) which is defined as follows in accordance with IEC 60050-121:

$$J = B - \mu_0 H$$

where

$J$  is the magnetic polarization;

$B$  is the magnetic flux density;

$\mu_0$  is the magnetic constant:  $4 \pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$ ;

$H$  is the magnetic field strength.

NOTE The difference between  $B$  and  $J$  at 10 000 A/m is equal to 0.013 T.

c Other values can be agreed between the steel manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order. see Annex C.

d Only for information.

**Table 2 – Technological and magnetic properties for use at 60 Hz (magnetic properties are measured using the Epstein method according to IEC 60404-2)**

| Steel name | Nominal thickness | Reference heat treatment temperature | Maximum specific total loss at 1,5 T <sup>a</sup> |                    | Minimum magnetic polarization at an AC magnetic field strength <sup>a, b</sup> |           |            | Conventional density <sup>c</sup><br>kg/dm <sup>3</sup> |
|------------|-------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|--------------------|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|---------------------------------------------------------|
|            | mm                | °C<br>(±10 °C)                       | W/kg                                              |                    | T                                                                              |           |            |                                                         |
|            |                   |                                      | 60 Hz                                             | 50 Hz <sup>d</sup> | 2 500 A/m                                                                      | 5 000 A/m | 10 000 A/m |                                                         |
| M342-47K6  | 0,47              | 840                                  | 3,42                                              | 2,70               | 1,52                                                                           | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                    |
| M364-47K6  |                   | 840                                  | 3,64                                              | 2,88               | 1,53                                                                           | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                    |
| M386-47K6  |                   | 840                                  | 3,86                                              | 3,05               | 1,53                                                                           | 1,61      | 1,71       | 7,65                                                    |
| M419-47K6  |                   | 840                                  | 4,19                                              | 3,31               | 1,54                                                                           | 1,62      | 1,72       | 7,70                                                    |
| M441-47K6  |                   | 790                                  | 4,41                                              | 3,48               | 1,54                                                                           | 1,62      | 1,72       | 7,70                                                    |
| M507-47K6  |                   | 790                                  | 5,07                                              | 4,01               | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                    |
| M595-47K6  |                   | 790                                  | 5,95                                              | 4,70               | 1,58                                                                           | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                    |
| M728-47K6  |                   | 790                                  | 7,28                                              | 5,75               | 1,59                                                                           | 1,67      | 1,77       | 7,80                                                    |
| M838-47K6  |                   | 790                                  | 8,38                                              | 6,62               | 1,60                                                                           | 1,68      | 1,78       | 7,85                                                    |
| M441-64K6  | 0,64              | 840                                  | 4,41                                              | 3,48               | 1,52                                                                           | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                    |
| M463-64K6  |                   | 840                                  | 4,63                                              | 3,66               | 1,52                                                                           | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                    |
| M485-64K6  |                   | 840                                  | 4,85                                              | 3,83               | 1,53                                                                           | 1,61      | 1,71       | 7,65                                                    |
| M507-64K6  |                   | 840                                  | 5,07                                              | 4,01               | 1,54                                                                           | 1,62      | 1,72       | 7,70                                                    |
| M573-64K6  |                   | 790                                  | 5,73                                              | 4,53               | 1,56                                                                           | 1,64      | 1,74       | 7,70                                                    |
| M640-64K6  |                   | 790                                  | 6,40                                              | 5,06               | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                    |
| M794-64K6  |                   | 790                                  | 7,94                                              | 6,27               | 1,58                                                                           | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                    |
| M948-64K6  |                   | 790                                  | 9,48                                              | 7,49               | 1,60                                                                           | 1,68      | 1,78       | 7,80                                                    |
| M1080-64K6 |                   | 790                                  | 10,80                                             | 8,53               | 1,60                                                                           | 1,68      | 1,78       | 7,85                                                    |
| M992-79K6  | 0,79              | 790                                  | 9,92                                              | 7,84               | 1,57                                                                           | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                    |
| M1190-79K6 |                   | 790                                  | 11,90                                             | 9,42               | 1,58                                                                           | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                    |
| M1350-79K6 |                   | 790                                  | 13,50                                             | 10,67              | 1,59                                                                           | 1,67      | 1,77       | 7,85                                                    |

<sup>a</sup> These values are valid only for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

<sup>b</sup> It has been common practice for many years to give values of magnetic flux density. In fact the Epstein frame is used to determine magnetic polarization (intrinsic flux density) which is defined as follows in accordance with IEC 60050-121:

$$J = B - \mu_0 H$$

where

$J$  is the magnetic polarization;

$B$  is the magnetic flux density;

$\mu_0$  is the magnetic constant:  $4 \pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$ ;

$H$  is the magnetic field strength.

NOTE The difference between  $B$  and  $J$  at 10 000 A/m is equal to 0,013 T.

<sup>c</sup> Other values can be agreed between the steel manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order, see Annex C.

<sup>d</sup> Only for information.

### 7.1.3 Specific total loss

The specified values of maximum specific total loss at a magnetic polarization of 1,5 T and 50 Hz shall be as given in Table 1 for products of the nominal thicknesses 0,50 mm and 0,65 mm.

The specified values of maximum specific total loss at a magnetic polarization of 1,5 T and 60 Hz shall be as given in Table 2 for products of the nominal thicknesses of 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm.

The test shall be made in an alternating magnetic field at 50 Hz for the materials given in Table 1 or at 60 Hz for the materials given in Table 2.

NOTE Annex B gives, for guidance only, the maximum specific total loss for a magnetic polarization of 1,0 T at 50 Hz and for nominal thicknesses 0,50 mm and 0,65 mm.

#### 7.1.4 Anisotropy of loss

A special requirement concerning the anisotropy of loss can be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

### 7.2 Geometrical characteristics and tolerances

#### 7.2.1 Thickness

The nominal thicknesses of the product are 0,47 mm, 0,50 mm, 0,64 mm, 0,65 mm and 0,79 mm.

The nominal thicknesses 0,50 mm and 0,65 mm apply to the grades for use at 50 Hz.

The nominal thicknesses 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm apply to the grades for use at 60 Hz.

For thickness tolerance, a distinction is made between

- the deviation from the nominal thickness within the same acceptance unit,
- the difference in thickness in a direction parallel to the direction of rolling in a length of strip or sheet,
- the difference in thickness in a direction perpendicular to the direction of rolling. This tolerance applies only to products supplied with a width greater than 150 mm.

At any point, the deviation from the nominal thickness within the same acceptance unit shall not exceed the tolerance of Table 3.

**Table 3 – Tolerances on nominal thickness**

| Nominal thickness<br>mm | Tolerance<br>mm |
|-------------------------|-----------------|
| 0,47                    | ±0,038          |
| 0,50                    | ±0,040          |
| 0,64                    | ±0,051          |
| 0,65                    | ±0,052          |
| 0,79                    | ±0,063          |

The additional thickness due to welds, with respect to the measured thickness of the product shall not exceed 0,10 mm.

The difference in thickness in a direction parallel to the direction of rolling in a 1 m length of the product shall not exceed 0,038 mm, 0,040 mm, 0,051 mm, 0,052 mm and 0,063 mm for products of the nominal thickness 0,47 mm, 0,50 mm, 0,64 mm, 0,65 mm and 0,79 mm respectively.

For products with a width greater than 150 mm, the difference in thickness in a direction perpendicular to the direction of rolling shall not exceed

- 0,020 mm for products of the nominal thicknesses 0,47 mm and 0,50 mm;
- 0,030 mm for products of the nominal thicknesses 0,64 mm and 0,65 mm;
- 0,040 mm for products of the nominal thickness 0,79 mm.

The measurements shall be made at any point located at least 20 mm from the edges (see 8.4.3.1). For narrow strips, other agreements can be necessary.

### 7.2.2 Width

The commonly available nominal widths are less than or equal to 1 250 mm.

For the tolerances on width, a distinction is made between products supplied with slit or trimmed edges and products supplied with as-rolled edges.

For products supplied with slit or trimmed edges, the tolerances of Table 4 shall apply.

**Table 4 – Tolerances on nominal width**

| Nominal width, <i>l</i><br>mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | Tolerance <sup>a</sup><br>mm |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| $l \leq 150$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +0,2<br>0                    |
| $150 < l \leq 300$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | +0,3<br>0                    |
| $300 < l \leq 600$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | +0,5<br>0                    |
| $600 < l \leq 1\,000$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | +1,0<br>0                    |
| $1\,000 < l \leq 1\,250^b$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | +1,5<br>0                    |
| <sup>a</sup> By agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order, the tolerances on the nominal width may be all minus tolerances.<br><sup>b</sup> Nominal widths greater than 1 250 mm may be delivered. In this case the tolerance should be agreed between the manufacturer and purchaser at the time of enquiry and order. |                              |

For products supplied with as-rolled edges, the tolerances on nominal width shall be  $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$  mm.

### 7.2.3 Length

The verification of length does not apply to products supplied in coils.

For products supplied in sheets, the tolerance on the length of sheets in relation to the length ordered shall be  $\begin{smallmatrix} +0,5 \\ 0 \end{smallmatrix}$  %, but with a maximum of +6 mm.

### 7.2.4 Edge wave (wave factor)

The verification of edge wave applies only to products supplied with a width greater than 100 mm. The edge wave (wave factor) is specified only for products supplied with slit or trimmed edges. The wave factor (see 8.4.3.3), shall not exceed 2 %.

### 7.2.5 Edge camber

The verification of edge camber applies only to products supplied with a width greater than 30 mm. A distinction is made between products supplied with as-rolled edges and products supplied with slit or trimmed edges.

For products supplied with as-rolled edges, the edge camber shall not exceed 6 mm for a measuring length of 1 m.

For products supplied with slit or trimmed edges, the edge camber shall not exceed 4 mm for a measuring length of 1 m.

## 7.3 Technological characteristics

### 7.3.1 Density

The density of the products is not specified.

The conventional values of density, used to calculate the magnetic properties and stacking factor, shall be as given in Table 1 and Table 2. Other values can be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order (see Table 1 and Table 2, footnote c).

### 7.3.2 Stacking factor

The stacking factor can be subject to an agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

## 8 Inspection and testing

### 8.1 General

The products defined by this document can be ordered with or without specific inspection in accordance with ISO 404. However, as a dispensation from ISO 404, in the case of an order without inspection, the manufacturer shall supply an inspection document type 3.1 according to ISO 10474 giving the specific total loss of the supplied product in the reference condition (see 7.1.1).

In the case of an order with specific inspection, the type of inspection document in accordance with ISO 10474 shall be specified when ordering. In this case, the delivery is divided into acceptance units.

Each acceptance unit shall comprise 20 t or the remaining fraction thereof of the same grade and the same nominal thickness. Different acceptance units can be adopted by special agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

For coils of more than 20 t, 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 coil of the acceptance unit shall apply.

## 8.2 Selection of samples

Test samples shall be taken from each acceptance unit.

In the case of coils, the first internal turn and the last external turn of the coil shall be considered as wrapping and not representative of the quality of the rest of the coil. The selection shall be made from the first external and/or internal turn, excluding the wrapping turn and outside any welding zones or interleaves. Should the sample be taken from the internal bore, sample deformation can be present that can affect the magnetic property results.

In the case of sheets, the selection shall preferably be made from the upper part of the bundle.

By choosing a suitable order for the execution of tests, the same sample shall serve to verify the various properties.

## 8.3 Preparation of test specimens

### 8.3.1 Magnetic properties

For the measurement of magnetic polarization and specific total loss, using the 25 cm Epstein frame in accordance with IEC 60404-2, the test specimen shall consist of a minimum of 16 Epstein test strips for nominal product thicknesses  $< 0,64$  mm and a minimum of 12 Epstein strips for nominal product thicknesses  $\geq 0,64$  mm. The dimensions of the test strips shall be as follows:

- length 280 mm to 310 mm, the lengths being equal within a tolerance of  $\pm 0,5$  mm;
- width 30 mm within a tolerance of  $\pm 0,2$  mm.

Half the test strips shall be cut parallel to the direction of rolling and the other half of the test strips shall be cut perpendicular to the direction of rolling. The permitted tolerance for the angle between the specified direction and the direction of cutting or punching is  $\pm 5^\circ$ .

As far as possible, the selection of test strips shall be made uniformly across the width of the product. The test strips shall be carefully cut without deformation. The cutting or punching shall be carried out with well sharpened tools.

If the width of the product is insufficient for a sample of test strips to be taken perpendicular to the direction of rolling, the test strips shall be taken in the direction of rolling only.

### 8.3.2 Geometrical characteristics and tolerances

For the measurement of thickness, width, edge wave (wave factor) and edge camber, the test specimen shall consist of a 1 m length of strip or sheet.

### 8.3.3 Stacking factor

The test specimen shall consist of at least 16 strips of the same size for nominal product thicknesses  $< 0,64$  mm and a minimum of 12 strips of the same size for nominal product thicknesses  $\geq 0,64$  mm.

The strips shall have a width of at least 20 mm and a surface area of at least  $5\,000\text{ mm}^2$ . The width and lengths of the strips shall be equal within the tolerance of  $\pm 0,2$  mm and  $\pm 0,5$  mm respectively.

The strips shall be carefully deburred before the test.

Epstein test strips may be used for this test (see IEC 60404-13).

## **8.4 Test methods**

### **8.4.1 General**

For each specified property, one test shall be carried out per acceptance unit. Unless otherwise specified, the tests shall be made at a temperature of  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  and in the as-delivered condition, with the exception of magnetic properties which shall be determined after the reference heat treatment.

### **8.4.2 Magnetic properties**

The test shall be made using a 25 cm Epstein frame in accordance with IEC 60404-2.

### **8.4.3 Geometrical characteristics and tolerances**

#### **8.4.3.1 Thickness**

For wide products, the measurement of thickness shall be made at least 20 mm from slit or trimmed edges and at least 50 mm from as rolled edges. For products of a width of less than 80 mm, the thickness measurement can be subject to agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

The measurement of thickness shall be made using a micrometer with a resolution of 0,001 mm.

#### **8.4.3.2 Width**

The width shall be measured perpendicular to the longitudinal axis (direction of rolling) of the product with a calibrated measuring instrument.

#### **8.4.3.3 Edge wave (wave factor)**

The wave factor shall be determined in accordance with IEC 60404-9. Only complete waves shall be taken into account and, during this determination, the residual curvature shall not be taken into account.

#### **8.4.3.4 Edge camber**

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

### **8.4.4 Stacking factor**

The stacking factor shall be measured in accordance with IEC 60404-13.

## **8.5 Retests**

When a test does not give the specified result, this test shall be repeated on double the number of test specimens from other sheets of the acceptance unit or on other strips from the coils. The delivery shall be considered to conform to the order, if all results of additional tests are in accordance with the requirements of this document.

After re-treatment, the manufacturer has the right to present again for test acceptance units which had not been found to comply with the order.

## **9 Marking, labelling and packaging**

Marking, labelling and packaging of the products can be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

## 10 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 product.

The purchaser shall give the manufacturer the opportunity of convincing himself of the fairness of the claim by presenting the product in dispute and evidence for the complaint.

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

## 11 Information to be supplied by the purchaser

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

- a) the quantity;
- b) the type of product (strip or sheet);
- c) the number of this document (IEC 60404-8-3);
- d) the steel name (see Clause 5);
- e) the dimensions of strips or sheets required (including any limitations on the internal and external diameter of a coil) (see 6.2 and 7.2);
- f) any limitation on the mass of a coil or a bundle of sheets (see 6.2);
- g) any special requirement for marking of welds or interleaves (see 6.2);
- h) any special requirement regarding the surface finish (see 6.4);
- i) any special requirement regarding the thickness measurement and tolerance across the width of narrow strip (see 7.2.1 and 8.4.3.1);
- j) the inspection procedure required including the nature of the related documents (see 8.1);
- k) any special requirement regarding the marking, labelling and packaging (see Clause 9).

## Annex A (informative)

### Typical relative amplitude permeability

Table A.1 gives the non-specified magnetic properties for products of the nominal thickness of 0,47 mm, 0,64 mm and 0,79 mm in the reference condition (see 7.1.1).

**Table A.1 – Typical relative amplitude permeability values**

| Steel name | Nominal thickness<br>mm | Typical relative amplitude permeability<br>at 1,5 T <sup>a</sup><br>50 Hz or 60 Hz |
|------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
| M342-47K6  | 0,47                    | 2 100                                                                              |
| M364-47K6  |                         | 2 450                                                                              |
| M386-47K6  |                         | 2 550                                                                              |
| M419-47K6  |                         | 2 550                                                                              |
| M441-47K6  |                         | 2 100                                                                              |
| M507-47K6  |                         | 2 200                                                                              |
| M595-47K6  |                         | 2 550                                                                              |
| M728-47K6  |                         | 2 600                                                                              |
| M838-47K6  |                         | 2 600                                                                              |
| M441-64K6  | 0,64                    | 2 450                                                                              |
| M463-64K6  |                         | 2 900                                                                              |
| M485-64K6  |                         | 2 900                                                                              |
| M507-64K6  |                         | 2 900                                                                              |
| M573-64K6  |                         | 2 300                                                                              |
| M640-64K6  |                         | 2 400                                                                              |
| M794-64K6  |                         | 2 650                                                                              |
| M948-64K6  |                         | 2 650                                                                              |
| M1080-64K6 |                         | 2 650                                                                              |
| M992-79K6  | 0,79                    | 2 650                                                                              |
| M1190-79K6 |                         | 2 650                                                                              |
| M1350-79K6 |                         | 2 650                                                                              |

<sup>a</sup> These values are valid only for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

## Annex B (informative)

### Maximum specific total loss at 1,0 T

Table B.1 gives non-specified magnetic properties for products of the nominal thickness of 0,50 mm and 0,65 mm in the reference condition (see 7.1.1).

**Table B.1 – Maximum specific total loss at 1,0 T**

| Steel name | Nominal thickness<br><br>mm | Maximum specific total<br>loss at 1,0 T and 50 Hz <sup>a</sup><br><br>W/kg |
|------------|-----------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| M340-50K5  | 0,50                        | 1,42                                                                       |
| M390-50K5  |                             | 1,62                                                                       |
| M450-50K5  |                             | 1,92                                                                       |
| M560-50K5  |                             | 2,42                                                                       |
| M660-50K5  |                             | 2,80                                                                       |
| M890-50K5  |                             | 3,70                                                                       |
| M1050-50K5 |                             | 4,30                                                                       |
| M390-65K5  | 0,65                        | 1,62                                                                       |
| M450-65K5  |                             | 1,92                                                                       |
| M520-65K5  |                             | 2,22                                                                       |
| M630-65K5  |                             | 2,72                                                                       |
| M800-65K5  |                             | 3,30                                                                       |
| M1000-65K5 |                             | 4,20                                                                       |
| M1200-65K5 |                             | 5,00                                                                       |

<sup>a</sup> These values are only valid for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

## **Annex C**

(informative)

### **Calculated density of non-oriented electrical steel**

A calculated density obtained by Formula (C.1), which is in accordance with ASTM A34/A34M can be used for the determination of magnetic properties (and the stacking factor) by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order (see 7.3.1):

$$\rho = [7,865 - 0,065 \times (C_{Si} + 1,7C_{Al})] \quad (C.1)$$

where

$\rho$  is the calculated density, expressed in kg/dm<sup>3</sup>;

$C_{Si}$  is the mass fraction of the silicon content, expressed in percentage (%);

$C_{Al}$  is the mass fraction of the aluminium content, expressed in percentage (%).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

## Bibliography

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

IEC 60404-1-1, *Magnetic materials – Part 1-1: Classification – Surface insulations of electrical steel sheet, strip and laminations*

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

ASTM A34/A34M, *Standard Practice for Sampling and Procurement Testing of Magnetic Materials*

---

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

## SOMMAIRE

|                                                                     |    |
|---------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                  | 26 |
| INTRODUCTION.....                                                   | 28 |
| 1    Domaine d'application .....                                    | 29 |
| 2    Références normatives .....                                    | 29 |
| 3    Termes et définitions .....                                    | 30 |
| 4    Classification .....                                           | 30 |
| 5    Désignation .....                                              | 31 |
| 6    Exigences générales .....                                      | 31 |
| 6.1    Procédé de fabrication .....                                 | 31 |
| 6.2    Mode de livraison.....                                       | 31 |
| 6.3    État de livraison .....                                      | 32 |
| 6.4    État de surface .....                                        | 32 |
| 6.5    Aptitude au découpage .....                                  | 32 |
| 7    Exigences techniques.....                                      | 32 |
| 7.1    Caractéristiques magnétiques .....                           | 32 |
| 7.1.1    Conditions de référence.....                               | 32 |
| 7.1.2    Polarisation magnétique .....                              | 33 |
| 7.1.3    Pertes totales spécifiques.....                            | 36 |
| 7.1.4    Anisotropie des pertes .....                               | 36 |
| 7.2    Caractéristiques géométriques et tolérances.....             | 36 |
| 7.2.1    Épaisseur .....                                            | 36 |
| 7.2.2    Largeur.....                                               | 37 |
| 7.2.3    Longueur .....                                             | 38 |
| 7.2.4    Onde de surface (facteur d'ondulation) .....               | 38 |
| 7.2.5    Rectitude .....                                            | 38 |
| 7.3    Caractéristiques technologiques .....                        | 38 |
| 7.3.1    Masse volumique.....                                       | 38 |
| 7.3.2    Facteur de foisonnement .....                              | 38 |
| 8    Contrôle et essais.....                                        | 38 |
| 8.1    Généralités.....                                             | 38 |
| 8.2    Prélèvement des échantillons .....                           | 39 |
| 8.3    Préparation des éprouvettes d'essai .....                    | 39 |
| 8.3.1    Caractéristiques magnétiques.....                          | 39 |
| 8.3.2    Caractéristiques géométriques et tolérances .....          | 40 |
| 8.3.3    Facteur de foisonnement .....                              | 40 |
| 8.4    Méthodes d'essai.....                                        | 40 |
| 8.4.1    Généralités.....                                           | 40 |
| 8.4.2    Caractéristiques magnétiques.....                          | 40 |
| 8.4.3    Caractéristiques géométriques et tolérances .....          | 40 |
| 8.4.4    Facteur de foisonnement .....                              | 41 |
| 8.5    Contre-essais .....                                          | 41 |
| 9    Marquage, étiquetage et emballage.....                         | 41 |
| 10   Réclamations.....                                              | 41 |
| 11   Informations à fournir par l'acheteur .....                    | 41 |
| Annexe A (informative) Perméabilité relative d'amplitude type ..... | 42 |

|                                                                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Annexe B (informative) Pertes totales spécifiques maximales à 1,0 T .....                                                                                                                         | 43 |
| Annexe C (informative) Masse volumique calculée de l'acier électrique à grains non orientés .....                                                                                                 | 44 |
| Bibliographie.....                                                                                                                                                                                | 45 |
| <br>Tableau 1 – Caractéristiques technologiques et magnétiques pour une utilisation à 50 Hz (caractéristiques magnétiques mesurées au moyen d'un cadre Epstein conformément à l'IEC 60404-2)..... | 34 |
| Tableau 2 – Caractéristiques technologiques et magnétiques pour une utilisation à 60 Hz (caractéristiques magnétiques mesurées au moyen d'un cadre Epstein conformément à l'IEC 60404-2).....     | 35 |
| Tableau 3 – Tolérances sur l'épaisseur nominale .....                                                                                                                                             | 36 |
| Tableau 4 – Tolérances sur la largeur nominale .....                                                                                                                                              | 37 |
| Tableau A.1 – Valeurs types de perméabilité relative d'amplitude .....                                                                                                                            | 42 |
| Tableau B.1 – Pertes totales spécifiques maximales à 1,0 T .....                                                                                                                                  | 43 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

**Partie 8-3: Spécifications pour matériaux particuliers –  
Bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés,  
laminées à froid et livrées à l'état semi fini**

## AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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'IEC attire l'attention sur le fait que la mise en application du présent document peut entraîner l'utilisation d'un ou de plusieurs brevets. L'IEC ne prend pas position quant à la preuve, à la validité et à l'applicabilité de tout droit de brevet revendiqué à cet égard. À la date de publication du présent document, l'IEC n'a pas reçu notification qu'un ou plusieurs brevets pouvaient être nécessaires à sa mise en application. Toutefois, il y a lieu d'avertir les responsables de la mise en application du présent document que des informations plus récentes sont susceptibles de figurer dans la base de données de brevets, disponible à l'adresse <https://patents.iec.ch>. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié tout ou partie de tels droits de propriété.

L'IEC 60404-8-3 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette quatrième édition annule et remplace la troisième édition publiée en 2005. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) Modification des termes et des exigences techniques relatifs aux caractéristiques géométriques à des fins de cohérence avec l'IEC 60404-9:2018;
- b) Ajout du "Tableau 3 – Tolérances sur l'épaisseur nominale";
- c) Modification de la longueur de l'éprouvette d'essai pour la détermination des caractéristiques géométriques de 2 m à 1 m;
- d) Suppression de l'Annexe A relative au système européen de désignation numérique des aciers.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| Projet     | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 68/736/CDV | 68/747/RVC      |

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à son approbation.

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous <https://www.iec.ch/standardsdev/publications>.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60404, publiées sous le titre général *Matériaux magnétiques*, se trouve sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

## INTRODUCTION

Le CE 68 a suivi la recommandation de l'enquête sur la maintenance (document 68/649/INF) de réviser la présente norme afin de préserver la cohérence avec les adaptations introduites dans les autres normes de la série IEC 60404. En outre, la révision concerne principalement les essais et les définitions des caractéristiques géométriques conformément à l'IEC 60404-9. La longueur de l'éprouvette d'essai aux fins de la détermination des caractéristiques géométriques passe de 2 m à 1 m. Le terme "planéité" est subdivisé entre le terme "onde de surface (facteur d'ondulation)" et le terme "courbure résiduelle". Cette révision comprend également des corrections qui visent à améliorer la cohérence avec les autres normes de la série IEC 60404-8. Par exemple, la livraison sous forme de bobines est envisagée avant la livraison sous forme de tôles, ce qui reflète la priorité actuelle.

Le recuit final des bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini relevant de la responsabilité de l'utilisateur, l'attention est attirée sur l'importance de ce traitement pour les caractéristiques du produit.

À cet égard, les caractéristiques magnétiques dans les Tableaux 1 et 2 sont données pour des conditions de référence (voir 7.1.1) obtenues par un traitement thermique approprié. Pour veiller à ce que les caractéristiques en service soient équivalentes à celles spécifiées, il est important que le traitement thermique réalisé par l'utilisateur soit équivalent à celui employé pour définir les conditions de référence.

Il est reconnu que ces produits peuvent être utilisés à l'état semi fini, auquel cas les caractéristiques magnétiques ne sont pas soumises aux spécifications du présent document.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023

## MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

### **Partie 8-3: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 60404 définit les grades des bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini d'épaisseurs nominales de 0,47 mm, 0,50 mm, 0,64 mm, 0,65 mm et 0,79 mm. Elle présente des exigences générales, des caractéristiques magnétiques, des caractéristiques géométriques, des tolérances et des caractéristiques techniques ainsi que des procédures de contrôle. Les épaisseurs nominales de 0,47 mm, 0,64 mm et 0,79 mm s'appliquent aux grades uniquement destinés à être utilisés à 60 Hz.

Le présent document s'applique aux bandes et tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini, à savoir n'ayant pas subi de traitement thermique final, en bobines ou en tôles, et destinées à la fabrication de circuits magnétiques. Le présent document ne s'applique pas aux matériaux livrés à l'état fini.

Ces matériaux magnétiques correspondent respectivement aux classes B2 et C21 de l'IEC 60404-1.

#### **2 Références normatives**

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

IEC 60050-121, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 121: Électromagnétisme*

IEC 60050-221, *Vocabulaire Électrotechnique International (IEV) – Partie 221: Matériaux et composants magnétiques*

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

IEC 60404-9, *Matériaux magnétiques – Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des bandes et tôles magnétiques en acier*

IEC 60404-13, *Matériaux magnétiques – Partie 13: Méthodes de mesure de la résistivité, de la masse volumique et du facteur de foisonnement des bandes et tôles en acier électrique*

ISO 404, *Steel and steel products – General technical delivery requirements* (disponible en anglais seulement)

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

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60050-121, de l'IEC 60050-221 ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <https://www.iso.org/obp>

#### 3.1

##### **onde de surface**

facteur d'ondulation

variations de planéité d'une longueur de bande ou d'une tôle qui prend une forme d'ondes au niveau du bord refendu du produit

Note 1 à l'article: L'onde de surface se caractérise par le facteur d'ondulation qui est le rapport entre la hauteur de l'onde et sa longueur, exprimé en pourcentage.

[SOURCE IEC 60404-9: 2018, 3.1]

#### 3.2

##### **courbure résiduelle**

variations de planéité d'une longueur de bande ou d'une tôle qui prend une courbure permanente dans la direction de laminage du produit

[SOURCE IEC 60404-9: 2018, 3.2]

#### 3.3

##### **rectitude**

distance la plus grande entre un bord longitudinal d'une longueur de bande ou d'une tôle et la ligne qui joint les deux extrémités de la longueur mesurée de ce bord

[SOURCE IEC 60404-9:2018, 3.3]

### 4 Classification

Les grades traités par le présent document sont classés selon la valeur spécifiée des pertes totales spécifiques maximales, en watts par kilogramme après un traitement thermique de référence (voir 7.1.1) et selon l'épaisseur nominale du produit<sup>1</sup>. Les produits d'une épaisseur nominale de 0,50 mm et 0,65 mm sont classés selon la valeur spécifiée des pertes totales spécifiques maximales, soumises à l'essai à une polarisation magnétique de 1,5 T et 50 Hz, en watts par kilogramme. Les produits d'une épaisseur nominale de 0,47 mm, 0,64 mm et 0,79 mm sont classés selon la valeur spécifiée des pertes totales spécifiques maximales, soumises à l'essai à une polarisation magnétique de 1,5 T et 60 Hz, en watts par kilogramme.

<sup>1</sup> Dans la suite du document, le terme "produit" est utilisé dans le sens de "bande et tôle".

## 5 Désignation

La désignation symbolique de l'acier comprend les éléments suivants dans l'ordre indiqué:

- a) une lettre "M" pour désigner l'acier électrique;
- b) cent fois la valeur spécifiée des pertes totales spécifiques maximales à une polarisation magnétique de 1,5 T et 50 Hz, en watts par kilogramme, pour les produits d'épaisseurs nominales de 0,50 mm et 0,65 mm, ou à une polarisation magnétique de 1,5 T et 60 Hz, en watts par kilogramme, pour les produits d'épaisseurs nominales de 0,47 mm, 0,64 mm et 0,79 mm;
- c) cent fois l'épaisseur nominale du produit, en millimètres;
- d) la lettre caractéristique "K" pour désigner les grades des bandes ou tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état semi fini;
- e) le dixième de la fréquence à laquelle les pertes totales spécifiques maximales sont spécifiées, c'est-à-dire 5 ou 6.

EXEMPLE: Soit M660-50K5 pour désigner des bandes et tôles magnétiques en acier électrique à grains non orientés, laminées à froid avec des pertes totales spécifiques maximales de 6,60 W/kg à une polarisation magnétique de 1,5 T à 50 Hz et une épaisseur nominale de 0,50 mm, livrées à l'état semi fini.

## 6 Exigences générales

### 6.1 Procédé de fabrication

Le procédé de fabrication de l'acier et sa composition chimique sont laissés à la discrétion du fabricant.

### 6.2 Mode de livraison

Le produit est livré en bobines pour les bandes et en paquets pour les tôles.

La masse des bobines ou des paquets de tôles doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande.

La valeur recommandée pour le diamètre intérieur des bobines est d'environ 508 mm ou d'environ 610 mm.

Les bandes doivent être de largeur constante et enroulées de sorte que les bords soient superposés de façon régulière et que les faces latérales de la bobine soient sensiblement planes.

L'enroulement des bobines doit être suffisamment serré pour qu'elles ne s'affaissent pas sous leur propre poids.

Les bandes peuvent présenter des soudures ou des discontinuités qui résultent de l'élimination de zones défectueuses, sous réserve d'un accord préalable entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande. Au besoin, le marquage des soudures ou des discontinuités peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande.

Pour les bobines qui présentent des soudures ou des discontinuités, chaque partie de la bande doit être de même grade.

Les bords des parties soudées l'une à l'autre ne doivent pas être décalés au point d'altérer le traitement ultérieur du produit.

Les tôles contenues dans chaque paquet doivent être empilées de sorte que les faces latérales de la pile soient sensiblement planes et à peu près perpendiculaires à la face supérieure.

### 6.3 État de livraison

Les produits livrés avec des bords refendus ou cisailés ne doivent pas comporter de bavures nuisibles à toute application ou utilisation ultérieures.

En raison du mode de fabrication et du mode de livraison sous forme de bobines, les produits à l'état de livraison peuvent présenter une courbure résiduelle dans la direction de laminage ainsi que certaines contraintes intérieures. Des précautions doivent être prises par l'utilisateur afin de réduire ou éliminer l'effet de ces paramètres sur l'application ou l'utilisation des produits.

Les produits peuvent être livrés sans revêtement isolant ou avec un revêtement isolant mince sur une ou deux faces qui peut agir comme un revêtement "anti-collage" durant le recuit.

NOTE Pour de plus amples informations sur la classification des revêtements isolants de surface, voir l'IEC 60404-1-1.

### 6.4 État de surface

Les surfaces doivent être lisses et propres. Des imperfections dispersées telles que des rayures, des boursoflures, des fissures, etc. sont uniquement admises si elles se situent dans les limites de tolérance sur l'épaisseur et si elles ne nuisent pas à l'utilisation adéquate du produit livré.

L'état de surface et en particulier la rugosité des produits peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande.

### 6.5 Aptitude au découpage

Le produit doit pouvoir être découpé ou poinçonné sans occasionner une usure prématurée des outils. Le produit doit pouvoir être découpé ou poinçonné avec exactitude dans les formes habituelles en tout point lorsque des outils et des technologies de découpe ou de poinçonnage appropriés sont utilisés.

Une exigence particulière relative à l'aptitude du produit à être découpé ou poinçonné peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande.

## 7 Exigences techniques

### 7.1 Caractéristiques magnétiques

#### 7.1.1 Conditions de référence

Les caractéristiques définies de 7.1.2 à 7.1.4 ne doivent s'appliquer qu'aux éprouvettes d'essai aux conditions de référence obtenues par le traitement thermique suivant.

Les bandes d'essai doivent être soumises à un traitement thermique sous une atmosphère décarburante à la température spécifiée dans le Tableau 1 ou le Tableau 2 et doivent être maintenues pendant 2 h à cette température. La vitesse de chauffage ne doit pas dépasser 200 °C/h. La vitesse de refroidissement à partir des températures spécifiées dans le Tableau 1 ou le Tableau 2 jusqu'à 550 °C ne doit pas dépasser 120 °C/h. Le gaz pour l'atmosphère décarburante doit avoir une fraction volumique de 20 % H<sub>2</sub>, 80 % N<sub>2</sub> avec de la vapeur d'eau, le point de rosée étant de +13 °C ± 2 °C jusqu'à +20 °C ± 2 °C à la pression atmosphérique.

NOTE Dans des cas particuliers, le fabricant peut recommander un traitement de référence non normalisé, par exemple sous une atmosphère non décarburante pour un matériau à très faible teneur en carbone.

La mise en place de l'atmosphère décarburante exige l'évacuation de l'air du four de recuit avant la montée en température. Cette évacuation se fait par insufflation continue d'un gaz protecteur inerte dans le four. Le débit et la pression du gaz décarburant doivent être réglés de façon à assurer une bonne décarburation en tout point de l'éprouvette d'essai et un renouvellement complet de l'atmosphère du four à de nombreuses reprises pendant le traitement thermique.

Il convient que les bandes d'essai ne soient pas en contact les unes avec les autres.

### 7.1.2 Polarisation magnétique

Les valeurs spécifiées de la polarisation magnétique minimale, exprimées en valeur de crête, pour des valeurs d'intensité de champ magnétique en courant alternatif  $H$  de 2 500 A/m, 5 000 A/m et 10 000 A/m, exprimées en valeur de crête, doivent être données dans le Tableau 1 à 50 Hz et dans le Tableau 2 à 60 Hz.

NOTE L'Annexe A donne, à titre de recommandation uniquement, des valeurs types de perméabilité relative d'amplitude pour des aciers d'épaisseurs nominales de 0,47 mm, 0,64 mm et 0,79 mm.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-3:2023



**Tableau 2 – Caractéristiques technologiques et magnétiques pour une utilisation à 60 Hz (caractéristiques magnétiques mesurées au moyen d'un cadre Epstein conformément à l'IEC 60404-2)**

| Désignation symbolique de l'acier | Épaisseur nominale<br>mm | Température du traitement thermique de référence<br>°C<br>(±10 °C) | Pertes totales spécifiques maximales pour 1,5 T <sup>a</sup><br>W/kg |                    | Polarisation magnétique minimale à une intensité de champ magnétique en courant alternatif <sup>a, b</sup><br>T |           |            | Masse volumique conventionnelle <sup>c</sup><br>kg/dm <sup>3</sup> |
|-----------------------------------|--------------------------|--------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                   |                          |                                                                    | 60 Hz                                                                | 50 Hz <sup>d</sup> | 2 500 A/m                                                                                                       | 5 000 A/m | 10 000 A/m |                                                                    |
| M342-47K6                         | 0,47                     | 840                                                                | 3,42                                                                 | 2,70               | 1,52                                                                                                            | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                               |
| M364-47K6                         |                          | 840                                                                | 3,64                                                                 | 2,88               | 1,53                                                                                                            | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                               |
| M386-47K6                         |                          | 840                                                                | 3,86                                                                 | 3,05               | 1,53                                                                                                            | 1,61      | 1,71       | 7,65                                                               |
| M419-47K6                         |                          | 840                                                                | 4,19                                                                 | 3,31               | 1,54                                                                                                            | 1,62      | 1,72       | 7,70                                                               |
| M441-47K6                         |                          | 790                                                                | 4,41                                                                 | 3,48               | 1,54                                                                                                            | 1,62      | 1,72       | 7,70                                                               |
| M507-47K6                         |                          | 790                                                                | 5,07                                                                 | 4,01               | 1,57                                                                                                            | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                               |
| M595-47K6                         |                          | 790                                                                | 5,95                                                                 | 4,70               | 1,58                                                                                                            | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                               |
| M728-47K6                         |                          | 790                                                                | 7,28                                                                 | 5,75               | 1,59                                                                                                            | 1,67      | 1,77       | 7,80                                                               |
| M838-47K6                         |                          | 790                                                                | 8,38                                                                 | 6,62               | 1,60                                                                                                            | 1,68      | 1,78       | 7,85                                                               |
| M441-64K6                         | 0,64                     | 840                                                                | 4,41                                                                 | 3,48               | 1,52                                                                                                            | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                               |
| M463-64K6                         |                          | 840                                                                | 4,63                                                                 | 3,66               | 1,52                                                                                                            | 1,60      | 1,70       | 7,65                                                               |
| M485-64K6                         |                          | 840                                                                | 4,85                                                                 | 3,83               | 1,53                                                                                                            | 1,61      | 1,71       | 7,65                                                               |
| M507-64K6                         |                          | 840                                                                | 5,07                                                                 | 4,01               | 1,54                                                                                                            | 1,62      | 1,72       | 7,70                                                               |
| M573-64K6                         |                          | 790                                                                | 5,73                                                                 | 4,53               | 1,56                                                                                                            | 1,64      | 1,74       | 7,70                                                               |
| M640-64K6                         |                          | 790                                                                | 6,40                                                                 | 5,06               | 1,57                                                                                                            | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                               |
| M794-64K6                         |                          | 790                                                                | 7,94                                                                 | 6,27               | 1,58                                                                                                            | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                               |
| M948-64K6                         |                          | 790                                                                | 9,48                                                                 | 7,49               | 1,60                                                                                                            | 1,68      | 1,78       | 7,80                                                               |
| M1080-64K6                        |                          | 790                                                                | 10,80                                                                | 8,53               | 1,60                                                                                                            | 1,68      | 1,78       | 7,85                                                               |
| M992-79K6                         | 0,79                     | 790                                                                | 9,92                                                                 | 7,84               | 1,57                                                                                                            | 1,65      | 1,75       | 7,75                                                               |
| M1190-79K6                        |                          | 790                                                                | 11,90                                                                | 9,42               | 1,58                                                                                                            | 1,66      | 1,76       | 7,80                                                               |
| M1350-79K6                        |                          | 790                                                                | 13,50                                                                | 10,67              | 1,59                                                                                                            | 1,67      | 1,77       | 7,85                                                               |

<sup>a</sup> Ces valeurs sont uniquement valables pour des éprouvettes d'essai dans les conditions de référence (voir 7.1.1).

<sup>b</sup> Depuis de nombreuses années, il est pratique courante de donner des valeurs d'induction magnétique. En effet, le cadre Epstein est utilisé pour déterminer la polarisation magnétique (induction intrinsèque) qui est définie comme suit conformément à l'IEC 60050-121:

$$J = B - \mu_0 H$$

où

$J$  est la polarisation magnétique;

$B$  est l'induction magnétique;

$\mu_0$  est la constante magnétique:  $4 \pi \times 10^{-7} \text{ Hm}^{-1}$ ;

$H$  est le champ magnétique.

NOTE La différence entre  $B$  et  $J$  à 10 000 A/m est égale à 0,013 T.

<sup>c</sup> D'autres valeurs peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant d'acier et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande; voir l'Annexe C.

<sup>d</sup> Seulement à titre informatif.

### 7.1.3 Pertes totales spécifiques

Les valeurs spécifiées des pertes totales spécifiques maximales à une polarisation magnétique de 1,5 T et 50 Hz doivent être celles indiquées dans le Tableau 1 pour les produits d'épaisseurs nominales de 0,50 mm et 0,65 mm.

Les valeurs spécifiées des pertes totales spécifiques maximales à une polarisation magnétique de 1,5 T et 60 Hz doivent être celles indiquées dans le Tableau 2 pour les produits d'épaisseurs nominales de 0,47 mm, 0,64 mm et 0,79 mm.

L'essai doit être effectué dans un champ magnétique alternatif à 50 Hz pour les matériaux indiqués dans le Tableau 1 ou à 60 Hz pour les matériaux indiqués dans le Tableau 2.

NOTE L'Annexe B donne, à titre de recommandation uniquement, les pertes totales spécifiques maximales pour une polarisation magnétique de 1,0 T à 50 Hz et pour des épaisseurs nominales de 0,50 mm et 0,65 mm.

### 7.1.4 Anisotropie des pertes

Une exigence particulière relative à l'anisotropie des pertes peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande.

## 7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances

### 7.2.1 Épaisseur

Les épaisseurs nominales du produit sont de 0,47 mm, 0,50 mm, 0,64 mm, 0,65 mm et 0,79 mm.

Les épaisseurs nominales de 0,50 mm et 0,65 mm s'appliquent aux grades destinés à une utilisation à 50 Hz.

Les épaisseurs nominales de 0,47 mm, 0,64 mm et 0,79 mm s'appliquent aux grades destinés à une utilisation à 60 Hz.

Pour les tolérances sur l'épaisseur, une distinction est faite entre

- l'écart par rapport à l'épaisseur nominale au sein d'une même unité d'acceptation,
- la différence d'épaisseur dans une direction parallèle à la direction de laminage dans une longueur de bande ou de tôle,
- la différence d'épaisseur dans une direction perpendiculaire à la direction de laminage. Cette tolérance s'applique uniquement aux produits livrés d'une largeur supérieure à 150 mm.

En tout point, l'écart par rapport à l'épaisseur nominale au sein d'une même unité d'acceptation ne doit pas dépasser la tolérance du Tableau 3.

**Tableau 3 – Tolérances sur l'épaisseur nominale**

| Épaisseur nominale<br>mm | Tolérance<br>mm |
|--------------------------|-----------------|
| 0,47                     | ±0,038          |
| 0,50                     | ±0,040          |
| 0,64                     | ±0,051          |
| 0,65                     | ±0,052          |
| 0,79                     | ±0,063          |

La surépaisseur due aux soudures, par rapport à l'épaisseur mesurée du produit, ne doit pas dépasser 0,10 mm.

La différence d'épaisseur dans une direction parallèle à la direction de laminage sur une longueur de 1 m du produit ne doit pas dépasser 0,038 mm, 0,040 mm, 0,051 mm, 0,052 mm et 0,063 mm pour les produits d'une épaisseur nominale de 0,47 mm, 0,50 mm, 0,64 mm, 0,65 mm et 0,79 mm respectivement.

Pour les produits d'une largeur supérieure à 150 mm, la différence d'épaisseur dans une direction perpendiculaire à la direction de laminage ne doit pas dépasser

- 0,020 mm pour les produits d'épaisseurs nominales de 0,47 mm et de 0,50 mm;
- 0,030 mm pour les produits d'épaisseurs nominales de 0,64 mm et de 0,65 mm;
- 0,040 mm pour les produits d'une épaisseur nominale de 0,79 mm.

Les mesurages doivent être effectués en tout point situé à au moins 20 mm des bords (voir 8.4.3.1). Pour les bandes étroites, d'autres accords peuvent s'avérer nécessaires.

## 7.2.2 Largeur

En règle générale, les largeurs nominales disponibles sont inférieures ou égales à 1 250 mm.

Pour les tolérances sur la largeur, une distinction est faite entre les produits livrés avec des bords refendus ou cisailés et les produits livrés avec des bords à l'état brut de laminage.

Concernant les produits livrés avec des bords refendus ou cisailés, les tolérances du Tableau 4 doivent s'appliquer.

**Tableau 4 – Tolérances sur la largeur nominale**

| Largeur nominale, $l$<br>mm                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Tolérance<br>mm |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| $l \leq 150$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | +0,2<br>0       |
| $150 < l \leq 300$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +0,3<br>0       |
| $300 < l \leq 600$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | +0,5<br>0       |
| $600 < l \leq 1\,000$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     | +1,0<br>0       |
| $1\,000 < l \leq 1\,250^b$                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | +1,5<br>0       |
| <sup>a</sup> Par accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande, les tolérances sur la largeur nominale peuvent toutes être négatives.<br><sup>b</sup> Des largeurs nominales supérieures à 1 250 mm peuvent être livrées. Dans ce cas, il convient que la tolérance fasse l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande. |                 |

Concernant les produits livrés avec des bords à l'état brut de laminage, les tolérances sur la largeur nominale doivent être de  $\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix}$  mm.

### 7.2.3 Longueur

La vérification de la longueur ne s'applique pas aux produits livrés en bobines.

Concernant les produits livrés en tôles, la tolérance sur la longueur des tôles par rapport à la longueur commandée doit être de  $^{+0,5}_0$  %, mais d'une largeur maximale de +6 mm.

### 7.2.4 Onde de surface (facteur d'ondulation)

La vérification de l'onde de surface ne s'applique qu'aux produits livrés d'une largeur supérieure à 100 mm. L'onde de surface (facteur d'ondulation) est spécifiée uniquement pour les produits livrés avec des bords refendus ou cisailés. Le facteur d'ondulation (voir 8.4.3.3) ne doit pas dépasser 2 %.

### 7.2.5 Rectitude

La vérification de la rectitude ne s'applique qu'aux produits livrés d'une largeur supérieure à 30 mm. Une distinction est faite entre les produits livrés avec des bords à l'état brut de laminage et les produits livrés avec des bords refendus ou cisailés.

Concernant les produits livrés avec des bords à l'état brut de laminage, la rectitude ne doit pas dépasser 6 mm pour une longueur de mesure de 1 m.

Concernant les produits livrés avec des bords refendus ou cisailés, la rectitude ne doit pas dépasser 4 mm pour une longueur de mesure de 1 m.

## 7.3 Caractéristiques technologiques

### 7.3.1 Masse volumique

La masse volumique des produits n'est pas indiquée.

Les valeurs conventionnelles de la masse volumique, utilisées pour le calcul des caractéristiques magnétiques et du facteur de foisonnement, doivent être celles indiquées dans les Tableaux 1 et 2. D'autres valeurs peuvent faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande (voir les Tableaux 1 et 2, note de bas de page c).

### 7.3.2 Facteur de foisonnement

Le facteur de foisonnement peut faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'appel d'offres et de la commande.

## 8 Contrôle et essais

### 8.1 Généralités

Les produits définis par le présent document peuvent être commandés avec ou sans contrôle spécifique conformément à l'ISO 404. Toutefois, par dérogation à l'ISO 404, dans le cadre d'une commande sans contrôle, le fabricant doit fournir un document de contrôle de type 3.1 conforme à l'ISO 10474 qui indique les pertes totales spécifiques du produit livré aux conditions de référence (voir 7.1.1).

Dans le cadre d'une commande avec contrôle spécifique, le type de document de contrôle conforme à l'ISO 10474 doit être indiqué à la commande. Dans ce cas, la livraison est divisée en unités d'acceptation.