

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 8-11: Specifications for individual materials – Fe-based amorphous strip delivered in the semi-processed state

Matériaux magnétiques –

Partie 8-11: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes en alliage amorphe à base de fer livrées à l'état semi-fini



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2018 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - 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

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 21 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

IEC Customer Service Centre - 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.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - 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

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 21 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - 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.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 8-11: Specifications for individual materials – Fe-based amorphous strip delivered in the semi-processed state

Matériaux magnétiques –

Partie 8-11: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes en alliage amorphe à base de fer livrées à l'état semi-fini

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 29.030

ISBN 978-2-8322-5437-0

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	8
6.1 Production process	8
6.2 Form of supply.....	9
6.3 Delivery condition	9
6.4 Surface condition	9
6.5 Suitability for cutting	9
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	10
7.2 Geometrical characteristics and tolerances.....	12
7.2.1 Thickness	12
7.2.2 Width.....	13
7.2.3 Length	13
7.2.4 Edge camber	13
7.2.5 Edge wave (wave factor).....	13
7.2.6 Residual curvature.....	13
7.2.7 Burr height.....	13
7.3 Technological characteristics	13
7.3.1 Density	13
7.3.2 Stacking factor.....	14
7.3.3 Strip tear ductility	14
7.3.4 Internal stresses.....	14
7.3.5 Surface insulation resistance	14
8 Inspection and testing.....	14
8.1 General.....	14
8.2 Selection of test samples	15
8.3 Preparation of test specimens.....	15
8.3.1 Magnetic properties	15
8.3.2 Geometrical characteristics and tolerances.....	15
8.3.3 Technological characteristics.....	16
8.4 Test methods	16
8.4.1 General	16
8.4.2 Magnetic properties	16
8.4.3 Geometrical characteristics and tolerances.....	16
8.4.4 Technological characteristics	17
8.5 Retests	17
9 Marking, labelling and packaging.....	17

10	Complaints	17
11	Information to be supplied by the purchaser	18
12	Information to be supplied by the manufacturer	18
	Annex A (informative) Non-specified magnetic properties	19
	Annex B (normative) Test method of determination of the stacking factor for Fe-based amorphous strips	20
B.1	General.....	20
B.2	Test specimen	20
B.3	Measurement procedure	20
B.4	Reproducibility	22
	Figure B.1 – Schematic diagram of a stacking specimen and a linear measuring device on side view (a) and on top view (b).....	21
	Table 1 – Technological properties and magnetic properties of the conventional grades of Fe-based amorphous strip	11
	Table 2 – Technological properties and magnetic properties of the high permeability grades of Fe-based amorphous strip	12
	Table 3 – Tolerances on the nominal width of Fe-based amorphous strip.....	13
	Table 4 – Ductility code and number of brittle spots of Fe-based amorphous strip.....	14
	Table A.1 – Non-specified magnetic properties of Fe-based amorphous strip.....	19

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –**Part 8-11: Specifications for individual materials –
Fe-based amorphous strip 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) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60404-8-11 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

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

CDV	Report on voting
68/571/CDV	68/585A/RVC

Full information on the voting for the approval of this International Standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

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 "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

INTRODUCTION

Fe-based amorphous strip is regarded as a promising material to reduce energy loss in transformer cores and, consequently, to help mitigate global warming.

The Fe-based amorphous strip is produced by a rapidly-solidifying, direct-casting process. The strip is intended primarily for the construction of wound cores of transformers for commercial power frequency (50 Hz and 60 Hz) applications.

After appropriate heat treatment, the strip exhibits a significantly lower value of specific total loss in comparison with grain-oriented electrical steel strip for the same applications. It is associated with low hysteresis loss due to low magnetic anisotropy and with low eddy current loss due to high resistivity and reduced thickness.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

MAGNETIC MATERIALS –

Part 8-11: Specifications for individual materials – Fe-based amorphous strip delivered in the semi-processed state

1 Scope

This part of IEC 60404 defines the grades of Fe-based amorphous strip delivered in the semi-processed state, i.e. without final heat treatment, of nominal thickness 0,025 mm. Other nominal thicknesses in the range from 0,020 mm to 0,030 mm can be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order. In particular, it gives general requirements, magnetic properties, geometric characteristics, tolerances and technological characteristics, as well as inspection procedures.

This document applies to the rapidly-solidified Fe-based amorphous strip supplied in coils with as-cast edges and intended for the construction of magnetic circuits.

The grades are grouped into two classes:

- conventional grades;
- high permeability grades.

They correspond to Class I1 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 – Part 121: Electromagnetism*

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

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

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

IEC 60404-16, *Magnetic materials – Part 16: Methods of measurement of the magnetic properties of Fe-based amorphous strip by means of a single sheet tester*

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

ISO 10474, *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, IEC 60404-9, and the following apply.

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

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

3.1

strip tear ductility

ductility which is characterized by a ductility code that is classified by the number of brittle spots when a strip of a length corresponding to two times the casting roll circumference is torn in a direction parallel to the casting direction

Note 1 to entry: The ductility code is specified in Table 4.

3.2

casting roll

spinning chilled roll on which molten alloy is ejected and a rapidly-solidified strip is produced

3.3

brittle spots

areas of strip which show the following brittleness when being torn through: shatter, fracture, diverting the path or direction of the tear by approximately 6 mm or more, or a piece of the material comes free from the strip

4 Classification

The grades covered by this document are classified according to the value of maximum specific total loss in watts per kilogram at a peak magnetic polarization of 1,3 T and 50 Hz, according to the value of minimum stacking factor and according to the nominal thickness of the strip in mm.

5 Designation

The material name comprises the following in the order given:

- a) the letters "AM" for Fe-based amorphous material;
- b) one hundred times the specified value of maximum specific total loss at a peak magnetic polarization of 1,3 T and 50 Hz, in watts per kilogram;
- c) one thousand times the nominal thickness of the strip, in millimetres;
- d) the characteristic letter;
 - "S" for conventional grades;
 - "P" for high permeability grades;
- e) one tenth of the frequency 50 Hz, i.e. "5";
- f) one hundred times the specified value of the minimum stacking factor.

EXAMPLE: AM10-25S5-84 for Fe-based amorphous strip of conventional grade with a maximum specific total loss at 1,3 T of 0,10 W/kg at 50 Hz, a nominal thickness of 0,025 mm and a minimum stacking factor of 0,84, supplied in the semi-processed state.

6 General requirements

6.1 Production process

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

6.2 Form of supply

The strip is supplied in coil. It shall be a single-ply coil made by a continuous single strip wound on a spool hub, or a multi-ply coil made by a number of strips simultaneously wound on a spool hub.

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

The recommended value for the internal diameter of spool hubs is approximately 406 mm. The outside diameter of coils should be at least 600 mm and should not exceed 1 120 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.

Irregular deviations from flatness and/or the size and the number of voids or openings in the coil shall be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

Coils shall be sufficiently tightly wound in order that they do not loosen under their own weight.

In the case of multi-ply coils, strips may exhibit single-ply joints if agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order. The shape of strip ends at the joint may be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

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

6.3 Delivery condition

Fe-based amorphous strip is usually supplied without an insulating coating. An oxide layer is formed naturally on the strip surface during the manufacture of the strip.

6.4 Surface condition

The surfaces shall be smooth and clean, free from grease and rust. No continuous indication of oxide shall be visible along the surfaces or edges of the strip.

The surfaces and edges shall have no wrinkles, dimples, cracks, folds, flakes or other defects that would make the strip unsuitable for the fabrication of wound cores. Dispersed imperfections such as minor rusts, slight coloration, small pinholes, shallow dimples, etc. are permitted if they are not detrimental to the correct use of the supplied strip.

The strip shall have no needle-like holes exceeding 7,0 mm in length. The strip shall have no more than eight needle-like holes aligned in the direction of casting of the strip in any 25 mm long segment.

The strip edge shall have no slivers, nicks or feathers with a maximum dimension exceeding 4,0 mm.

6.5 Suitability for cutting

The strip shall be suitable for cutting straight at any point when appropriate cutting tools are used.

7 Technical requirements

7.1 Magnetic properties

7.1.1 Reference condition

The properties defined in 7.1.2 and 7.1.3 shall apply only to test specimens in the reference condition which is obtained by the following magnetic annealing.

The test specimens shall be subjected to magnetic annealing in a DC magnetic field directed parallel to the direction of casting, at least 1 600 A/m in strength and at a temperature in accordance with the specification of the manufacturer.

The magnetic annealing shall be maintained for 2 h at the temperature and maintained until the temperature falls to 200 °C.

NOTE 1 The magnetic annealing releases stress and induces magnetic anisotropy in the casting direction.

NOTE 2 As a general guideline, the temperature for the magnetic annealing is below the onset of the crystallization temperature, which can be determined by differential scanning calorimetry (DSC) at a heating rate of 20 K/min, between 140 °C and 170 °C.

The test specimen shall be kept flat during the magnetic annealing. The atmosphere of the magnetic annealing shall be dry and inert.

A quick magnetic annealing may be performed at a higher temperature and for a shorter time than the above treatments by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

NOTE 3 In the case of a quick magnetic annealing, the magnetic properties of the test specimen can be poorer than in the case of the reference condition.

7.1.2 Magnetic polarization

The specified minimum values of peak magnetic polarization for a peak magnetic field strength of 80 A/m at 50 Hz or 60 Hz shall be as given in Table 1 and Table 2.

7.1.3 Specific total loss

The specified values of maximum specific total loss at 1,3 T and 1,4 T shall be as given in Table 1 and Table 2 at 50 Hz.

NOTE Annex A gives non-specified values of maximum specific total loss at 1,5 T.

Table 1 – Technological properties and magnetic properties of the conventional grades of Fe-based amorphous strip

Material name	Nominal thickness	Maximum specific total loss at 1,3 T ^a		Maximum specific total loss at 1,4 T ^a		Minimum magnetic polarization for $H = 80 \text{ A/m}^{\text{a, b}}$	Minimum stacking factor	Conventional density ^c
		W/kg		W/kg				
		50 Hz	60 Hz ^d	50 Hz	60 Hz ^d			
AM08-25S5-90	0,025	0,08	0,11	0,11	0,14	1,35	0,90	7,20
AM08-25S5-88							0,88	
AM08-25S5-86							0,86	
AM08-25S5-84							0,84	
AM10-25S5-90	0,025	0,10	0,13	0,13	0,17	1,35	0,90	7,20
AM10-25S5-88							0,88	
AM10-25S5-86							0,86	
AM10-25S5-84							0,84	
AM12-25S5-90	0,025	0,12	0,15	0,16	0,20	1,35	0,90	7,20
AM12-25S5-88							0,88	
AM12-25S5-86							0,86	
AM12-25S5-84							0,84	
AM16-25S5-90	0,025	0,16	0,20	0,21	0,26	1,35	0,90	7,20
AM16-25S5-88							0,88	
AM16-25S5-86							0,86	
AM16-25S5-84							0,84	

^a These values are valid only for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

^b Magnetic polarization (intrinsic flux density) 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;

μ_0 is the magnetic constant: $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$;

H is the magnetic field strength.

NOTE The difference between B and J at 80 A/m is equal to 0,000 1 T.

^c Other values may be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

^d Only for information.

Table 2 – Technological properties and magnetic properties of the high permeability grades of Fe-based amorphous strip

Material name	Nominal thickness	Maximum specific total loss at 1,3 T ^a		Maximum specific total loss at 1,4 T ^a		Minimum magnetic polarization for <i>H</i> = 80 A/ma, b	Minimum stacking factor	Conventional density ^c
		W/kg		W/kg				
		50 Hz	60 Hz ^d	50 Hz	60 Hz ^d			
	mm					T		kg/dm ³
AM08-25P5-90	0,025	0,08	0,11	0,11	0,14	1,50	0,90	7,35
AM08-25P5-88							0,88	
AM08-25P5-86							0,86	
AM08-25P5-84							0,84	
AM10-25P5-90	0,025	0,10	0,13	0,13	0,17	1,50	0,90	7,35
AM10-25P5-88							0,88	
AM10-25P5-86							0,86	
AM10-25P5-84							0,84	
AM12-25P5-90	0,025	0,12	0,15	0,16	0,20	1,50	0,90	7,35
AM12-25P5-88							0,88	
AM12-25P5-86							0,86	
AM12-25P5-84							0,84	
AM16-25P5-90	0,025	0,16	0,20	0,21	0,26	1,50	0,90	7,35
AM16-25P5-88							0,88	
AM16-25P5-86							0,86	
AM16-25P5-84							0,84	

^a These values are valid only for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

^b Magnetic polarization (intrinsic flux density) 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;

μ_0 is the magnetic constant: $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$;

H is the magnetic field strength.

NOTE The difference between B and J at 80 A/m is equal to 0,000 1 T.

^c Other values may be agreed between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

^d Only for information.

7.2 Geometrical characteristics and tolerances

7.2.1 Thickness

The nominal thickness of the strip is 0,025 mm. Other nominal thicknesses may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

For thickness tolerance, a distinction is made between

- the allowable tolerance on the nominal thickness within the same acceptance unit;
- the difference in thickness in a length of strip in the direction parallel to the casting direction;
- the difference in thickness in the direction perpendicular to the casting direction.

At any point, the allowable tolerance on the nominal thickness within the same acceptance unit shall not exceed $\pm 0,002$ mm.

The difference in thickness in a length of strip of 2 m in the direction parallel to the casting direction shall not exceed $\pm 0,002$ 5 mm.

The difference in thickness in the direction perpendicular to the casting direction shall not exceed $\pm 0,002$ 5 mm.

7.2.2 Width

The available nominal widths are 142,2 mm, 170,2 mm and 213,4 mm. Other nominal widths may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

The tolerances of Table 3 shall apply. For other nominal widths, the tolerance may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

Table 3 – Tolerances on the nominal width of Fe-based amorphous strip

Nominal width mm	Tolerance mm
142,2	$\pm 1,0$
170,2	$\pm 1,1$
213,4	$\pm 1,4$

7.2.3 Length

The determination of the length does not apply to the strip supplied in a coil.

7.2.4 Edge camber

A requirement concerning edge camber may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

7.2.5 Edge wave (wave factor)

A requirement concerning edge wave (wave factor) may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

7.2.6 Residual curvature

A requirement concerning residual curvature may be specified by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

7.2.7 Burr height

The determination of burr height does not apply to as-cast edges of the strip.

7.3 Technological characteristics

7.3.1 Density

The density of Fe-based amorphous material is not specified.

The conventional values of density are given in Table 1 and Table 2. They shall be used to calculate the magnetic properties and the stacking factor, unless otherwise agreed (see Table 1 and Table 2, footnote c).

7.3.2 Stacking factor

The minimum values of stacking factor shall be as specified in Table 1 and Table 2.

7.3.3 Strip tear ductility

The strip tear ductility characterized by the ductility codes defined in Table 4 shall not exceed the code “4”.

Table 4 – Ductility code and number of brittle spots of Fe-based amorphous strip

Ductility code	Total number of brittle spots in a test strip
1	0
2	1 to 3
3	4 to 6
4	7 to 9
5	10 or more

7.3.4 Internal stresses

The verification of internal stresses does not apply to the strip with as-cast edges.

7.3.5 Surface insulation resistance

The surface insulation resistance of Fe-based amorphous material is not specified.

NOTE Fe-based amorphous material does not receive an applied insulation coating. A thin oxide layer is formed naturally on the surface during the manufacturing process. It is not appropriate to specify the surface insulation resistance of the thin oxide layer.

8 Inspection and testing

8.1 General

The strip 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 (inspection certificate 3.1) according to ISO 10474, giving the specific total loss and the stacking factor of the supplied strip.

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 be a coil. Different acceptance units can be adopted by special agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

Except by special agreement, the same rules apply to the inspection of suitability for cutting and tolerances of shape and dimensions.

8.2 Selection of test samples

Test samples shall be taken from both the beginning and the end of coils at casting and shall undergo testing separately. Other sample frequencies may be used by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

In the case of successive casting of several coils, samples taken from the end of the preceding coil are considered the same as samples taken from the beginning of the following coil.

The last external turn of a coil shall be considered as wrapping and not as representative of the quality of the rest of the coil. The selection shall be made from the first external turns, excluding the wrapping turn.

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

8.3 Preparation of test specimens

8.3.1 Magnetic properties

The measurement of magnetic polarization and specific total loss shall be made using the single sheet tester specified in IEC 60404-16 (see 8.4.2 below). The test specimen for the single sheet tester shall consist of one sheet having the following dimensions:

- length from 280 mm to 300 mm;
- width equal to the delivery width of the strip.

Two test specimens shall be carefully cut without deformation from each test sample taken from both the beginning and the end of coils at casting. Cutting shall be carried out only with well sharpened tools.

Before the measurements, the test specimen shall be subjected to a magnetic annealing in accordance with the reference condition (see 7.1.1).

In the case of measurements of specific total loss on aged test specimens, they shall be heated at $(225 \pm 5) ^\circ\text{C}$ for a duration of 24 h and shall be cooled to ambient temperature. Other ageing treatment conditions may be used by agreement between the manufacturer and the purchaser at the time of enquiry and order.

8.3.2 Geometrical characteristics and tolerances

For the measurement of thickness, the test specimen shall be rectangular and have a width of at least 20 mm, a length of at least 20 mm and a surface area of at least 5 000 mm². The test specimen provided for the measurement of stacking factor can be used for the thickness measurement.

For the measurement of width, the test specimen shall consist of a strip with a length of at least 250 mm and of width equal to the delivery width of the strip.

For the measurements of edge wave (wave factor) and edge camber, the test specimen shall consist of a 2 m length of strip.

For the measurement of residual curvature, the test specimen shall consist of a strip $(500^{+2.5}_0)$ mm in length and of width equal to the delivery width of the strip.

8.3.3 Technological characteristics

8.3.3.1 Stacking factor

The test specimen shall consist of at least 20 test strips of the same size; in case of dispute, the test shall be made with 100 strips. They shall have a width equal to the delivery width of the strip and the same length within the range of 75 mm to 125 mm within a tolerance of $\pm 0,5$ mm.

The test strips shall be cut consecutively from the strip in the casting direction by a method which will not produce excessive burrs on cut edges that cause deterioration of the stacking factor. They shall be stacked directly on top of one another in the same direction.

8.3.3.2 Strip tear ductility

The test specimen shall consist of a strip of a length corresponding to two times the casting roll circumference.

NOTE If the exact casting roll circumference is not known, it can be assumed to be 1,2 m.

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 ± 5) °C.

In the case of multi-ply coils, the properties shall be determined by taking the average of the measurements of strips from each spool.

8.4.2 Magnetic properties

The test shall be made using a single sheet tester in accordance with IEC 60404-16.

The magnetic properties shall be determined by taking the average of the measurements on four test specimens, two of which are taken from the beginning of the coil and two from the end of the coil.

8.4.3 Geometrical characteristics and tolerances

8.4.3.1 Thickness

The thickness d of the test specimen shall be determined by Formula (1):

$$d = \frac{m}{\rho_m \cdot b \cdot l} \quad (1)$$

where

d is the calculated average thickness of the test specimen, in metres;

m is the mass of the test specimen, in kilograms;

b is the width of the test specimen, in metres;

l is the length of the test specimen, in metres;

ρ_m is the conventional density of the test specimen, in kilograms per cubic metre.

8.4.3.2 Width

The width shall be measured perpendicular to the casting direction of the strip with suitably calibrated measuring instruments.

8.4.3.3 Edge camber

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

8.4.3.4 Edge wave (wave factor)

The wave factor shall be determined in accordance with IEC 60404-9.

8.4.3.5 Residual curvature

The residual curvature in the casting direction of the strip shall be determined in accordance with IEC 60404-9.

8.4.4 Technological characteristics

8.4.4.1 Stacking factor

The stacking factor shall be measured in accordance with Annex B.

8.4.4.2 Strip tear ductility

The test shall consist of tearing through the test specimen by hand in the following manner.

There shall be five individual tears in each test specimen in a direction parallel to the casting direction of the strip. There shall be one tear in the centre of the strip, two tears each at distance of approximately 25 mm from each edge of the strip and two tears at a distance of approximately 13 mm from each edge of the strip.

The total number of brittle spots along all five tears shall be counted. From this total number, the ductility code shall be determined using Table 4.

8.5 Retests

When a test does not give the specified result, this test shall be repeated on double the number of test specimens 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

Coils shall be packed to prevent physical damage during shipment. The packaging techniques used shall permit weather-protected storage at the purchaser's site for a period of six months without degradation of the strip.

The coil should be placed on a pallet with the coil axis perpendicular to the pallet, allowing handling by fork truck. Unpacking should involve only strap cutting and no nail withdrawal.

Marking and labelling of the products may be agreed between the manufacturer and 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 strip.

In order to support the fairness of the claim the purchaser shall present to the manufacturer the strip in dispute and evidence for the complaint.

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

11 Information to be supplied by the purchaser

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

- a) quantity;
- b) number of this document (IEC 60404-8-11);
- c) the material name (see Clause 5);
- d) the number of composed strips in the case of multi-ply coils (see 6.2);
- e) the dimensions of strips required (including any limitations on the external diameter of a coil) (see 6.2);
- f) any limitations on the mass of a coil (see 6.2);
- g) any special requirement about edge camber, edge wave (wave factor) and residual curvature (see 7.2.4, 7.2.5 and 7.2.6);
- h) the inspection procedure required including the nature of the related documents (see 8.1);
- i) any special requirement about marking and labelling of the products (see Clause 9).

12 Information to be supplied by the manufacturer

To assure compliance with the requirements of this document, the manufacturer shall deliver the coils with an inspection document including the following information:

- a) number of this document (IEC 60404-8-11);
- b) the material name (see Clause 5);
- c) the thickness and the width of the strip, in millimetres (mm);
- d) the mass of the coil, in kilograms;
- e) the condition of the magnetic annealing prior to the measurement of magnetic properties;
- f) the values of specific total loss at 1,3 T and 1,4 T, at 50 Hz, in watts per kilogram;
- g) the value of magnetic polarization for a peak magnetic field strength of 80 A/m at 50 Hz or 60 Hz, in teslas;
- h) the value of the stacking factor, rounded to the nearest 0,01;
- i) the ductility code (see 7.3.3).

Annex A (informative)

Non-specified magnetic properties

Table A.1 gives the non-specified magnetic properties of Fe-based amorphous strip.

**Table A.1 – Non-specified magnetic properties
of Fe-based amorphous strip**

Material name ^a	Nominal thickness	Maximum specific total loss at 1,5 T ^b W/kg	
		50 Hz	60 Hz
AM08-25S5-90	0,025	0,18	0,22
AM08-25S5-88			
AM08-25S5-86			
AM08-25S5-84			
AM10-25S5-90	0,025	0,20	0,24
AM10-25S5-88			
AM10-25S5-86			
AM10-25S5-84			
AM12-25S5-90	0,025	0,23	0,28
AM12-25S5-88			
AM12-25S5-86			
AM12-25S5-84			
AM16-25S5-90	0,025	0,28	0,33
AM16-25S5-88			
AM16-25S5-86			
AM16-25S5-84			
AM08-25P5-90	0,025	0,14	0,17
AM08-25P5-88			
AM08-25P5-86			
AM08-25P5-84			
AM10-25P5-90	0,025	0,16	0,20
AM10-25P5-88			
AM10-25P5-86			
AM10-25P5-84			
AM12-25P5-90	0,025	0,19	0,24
AM12-25P5-88			
AM12-25P5-86			
AM12-25P5-84			
AM16-25S5-90	0,025	0,24	0,30
AM16-25S5-88			
AM16-25S5-86			
AM16-25S5-84			

^a Material names are in accordance with Table 1 and Table 2.

^b These values are valid only for test specimens in the reference condition (see 7.1.1).

Annex B (normative)

Test method of determination of the stacking factor for Fe-based amorphous strips

B.1 General

Annex B defines the method of determination of the stacking factor for Fe-based amorphous strips. This test method may be applied to the strips of nominal thickness between 0,020 mm and 0,030 mm.

The stacking factor indicates the deficiency of effective material volume which is due to the presence of oxides, roughness and other conditions affecting the strip surface.

This test method is used to predict the fraction of metal that is included in the volume of the coil wound from the strip.

This test method is reliant on correctly aligned test strips and uniform compression during test. Both of these conditions are difficult to meet whenever the test strips have one or more elevated ridges running lengthwise along the surface.

This test method also presupposes that the test specimens are free from other defects, such as camber and waviness, which may affect the stacking factor.

The test shall be made at an ambient temperature of $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

B.2 Test specimen

The test specimen shall comprise a sufficient number of test strips of the material (at least 20) of the same size to give a stack of a minimum height of 0,5 mm. In the case of dispute, the test shall be made with 100 strips.

The test strips shall have the width of the strip and be of the same length within the range of 75 mm to 125 mm within a tolerance of $\pm 0,5$ mm.

The test strips shall be cut consecutively from the strip in the casting direction by a method which will not produce excessive burrs on the cut edges that can cause deterioration of the stacking factor. They shall be stacked directly on top of one another in the same direction.

Fe-based amorphous strips are manufactured by ejecting molten alloy on a rapidly spinning casting roll and periodic thickness variations, if any, will be related to the position on the roll circumference. To ensure that such variations are properly averaged, the total length of test strips should be in multiples of the roll circumference.

NOTE If the exact casting roll circumference is not known, it can be assumed to be 1,2 m. Therefore 20 strips of 120 mm length can be used as two roll circumferences of the material.

B.3 Measurement procedure

The test specimen shall be weighed with an accuracy of 0,1 % or better. Their average length and width shall be measured with an accuracy of $\pm 0,3$ % or better and preferably $\pm 0,1$ %.

The test strips are stacked and placed between the flat surfaces of the rams of a press. The surface area of the rams shall be sufficient to cover completely the stack of the test strips that is subjected to the applied pressure.

With a pressure of 48 kPa to 55 kPa applied uniformly to the stack, the distance h between the rams shall be measured with an accuracy of $\pm 0,3 \%$ or better, on the symmetrical positions next to the four edges of the stack. If this is not possible, the two symmetrical positions next to the middle of the two shorter sides or next to the diagonal points of the stack should be used.

If it is difficult to achieve the specified accuracy for the measurement of the distance between the rams, the height of the stack may be increased.

The determination of stacking factor may be made using a linear measuring device consisting of a fixed anvil and a movable face with a surface area of between 160 mm^2 and 215 mm^2 and a suitable weight to deliver a pressure of 48 kPa to 55 kPa on the stack of test specimens (see Figure B.1).

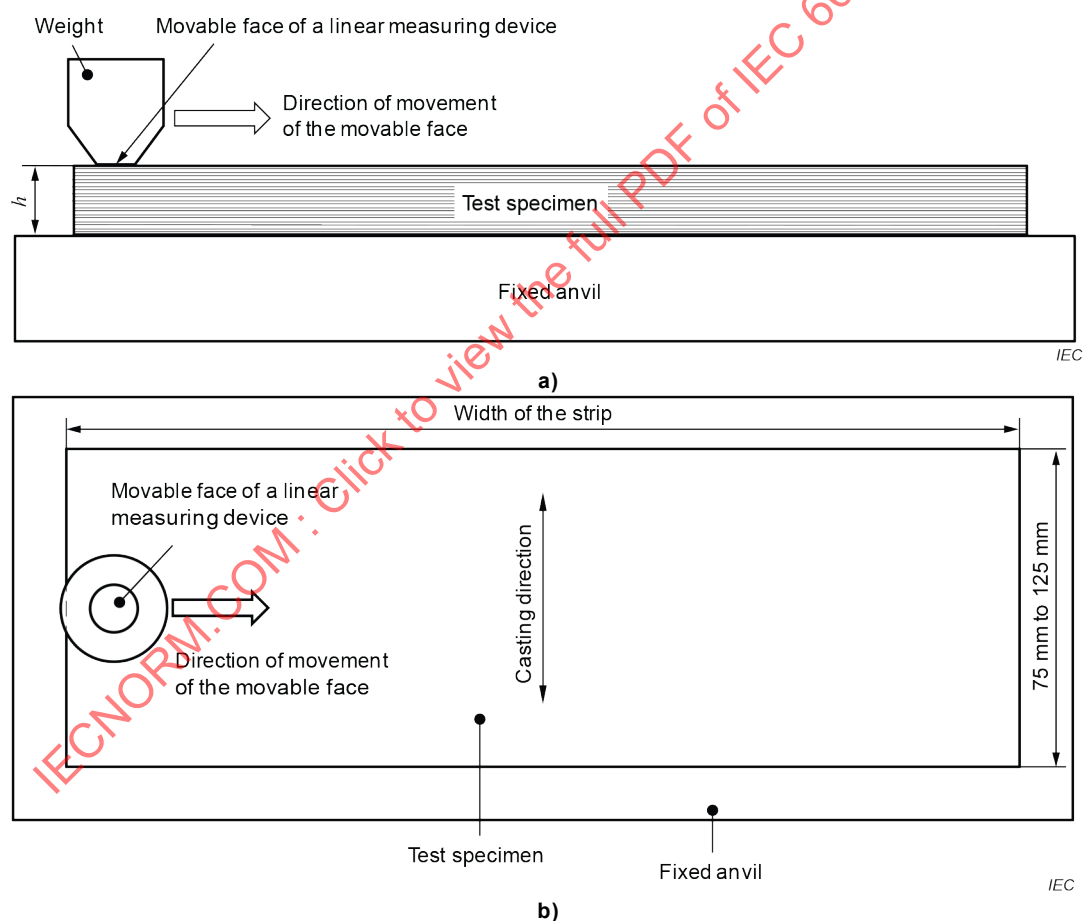


Figure B.1 – Schematic diagram of a stacking specimen and a linear measuring device on side view (a) and on top view (b)

When testing with the linear measuring device, the distance h shall be determined by taking the maximum value of multiple measurements across the entire width at intervals slightly smaller than the surface area of the movable face to ensure a small overlap in the area covered (see Figure B.1).

The stacking factor f shall be calculated according to Formula (B.1):

$$f = \frac{m}{\rho_m \cdot h \cdot b \cdot l} \quad (\text{B.1})$$

where

f is the calculated stacking factor;

m is the total mass of the test specimen, in kilograms;

ρ_m is the conventional density of the test specimen, in kilograms per cubic metre;

h is the height of the stack, in metres;

b is the mean width of the test specimen, in metres;

l is the mean length of the test specimen, in metres.

B.4 Reproducibility

The reproducibility of the test method of determination of the stacking factor described in this Annex B is characterized by a relative standard deviation of 2,0 %.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

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	30
6 Exigences générales	31
6.1 Procédé de production	31
6.2 Forme de livraison	31
6.3 Condition de livraison	31
6.4 Etat de surface	31
6.5 Aptitude au découpage	32
7 Exigences techniques	32
7.1 Propriétés magnétiques	32
7.1.1 Conditions de référence	32
7.1.2 Polarisation magnétique	32
7.1.3 Pertes totales massiques	32
7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances	35
7.2.1 Epaisseur	35
7.2.2 Largeur	35
7.2.3 Longueur	35
7.2.4 Rectitude	35
7.2.5 Onde de surface (facteur d'ondulation)	36
7.2.6 Courbure résiduelle	36
7.2.7 Hauteur de bavure	36
7.3 Caractéristiques technologiques	36
7.3.1 Masse volumique	36
7.3.2 Facteur de foisonnement	36
7.3.3 Susceptibilité à la déchirure d'une bande	36
7.3.4 Contraintes internes	36
7.3.5 Résistance d'isolement de surface	36
8 Contrôle et essais	37
8.1 Généralités	37
8.2 Choix des échantillons d'essai	37
8.3 Préparation des éprouvettes d'essai	37
8.3.1 Propriétés magnétiques	37
8.3.2 Caractéristiques géométriques et tolérances	38
8.3.3 Caractéristiques technologiques	38
8.4 Méthodes d'essai	38
8.4.1 Généralités	38
8.4.2 Propriétés magnétiques	39
8.4.3 Caractéristiques géométriques et tolérances	39
8.4.4 Caractéristiques technologiques	39
8.5 Essais répétés	40
9 Marquage, étiquetage et emballage	40

10 Réclamations.....	40
11 Informations à fournir par l'acheteur	40
12 Informations à fournir par le fabricant	41
Annexe A (informative) Propriétés magnétiques non spécifiées	42
Annexe B (normative) Méthode d'essai pour la détermination du facteur de foisonnement des bandes en alliage amorphe à base de fer	43
B.1 Généralités	43
B.2 Epreuve d'essai	43
B.3 Procédure de mesure.....	44
B.4 Reproductibilité	45
Figure B.1 – Schéma d'une éprouvette empilée et d'un dispositif de mesure linéaire, vue de côté (a) et vue de dessus (b)	44
Tableau 1 – Propriétés technologiques et propriétés magnétiques des qualités conventionnelles des bandes en alliage amorphe à base de fer	33
Tableau 2 – Propriétés technologiques et propriétés magnétiques des qualités à haute perméabilité des bandes en alliage amorphe à base de fer	34
Tableau 3 – Tolérances de largeur nominale des bandes en alliage amorphe à base de fer	35
Tableau 4 – Code de ductilité et nombre de zones fragiles des bandes en alliage amorphe à base de fer	36
Tableau A.1 – Propriétés magnétiques non spécifiées des bandes en alliage amorphe à base de fer	42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

**Partie 8-11: Spécifications pour matériaux particuliers –
Bandes en alliage amorphe à base de fer 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. A 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'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60404-8-11 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

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

CDV	Rapport de vote
68/571/CDV	68/585A/RVC

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette Norme internationale.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60404, publiées sous le titre général *Matériaux magnétiques*, peut être consultée 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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

INTRODUCTION

Le métal amorphe à base de fer est considéré comme un matériau prometteur pour réduire les pertes énergétiques dans les noyaux de transformateur et, par conséquent, lutter contre le réchauffement climatique.

Le métal amorphe à base de fer est produit par un procédé de solidification rapide par coulée continue. La bande est destinée en premier lieu à la construction de noyaux enroulés de transformateurs pour les applications commerciales aux fréquences industrielles (50 Hz et 60 Hz).

Après un traitement thermique adéquat, la bande présente des pertes totales massiques relativement faibles par rapport à la tôle magnétique à grains orientés pour des applications identiques. Cela est lié aux faibles pertes par hystérésis dues à la faible anisotropie magnétique, ainsi qu'aux faibles pertes par courants de Foucault du fait de la résistivité élevée et de la faible épaisseur du matériau.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-8-11:2018

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 8-11: Spécifications pour matériaux particuliers – Bandes en alliage amorphe à base de fer livrées à l'état semi-fini

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 définit les critères de qualité des bandes en alliage amorphe à base de fer livrées à l'état semi-fini, c'est-à-dire sans traitement thermique final, d'une épaisseur nominale de 0,025 mm. D'autres épaisseurs nominales comprises entre 0,020 mm et 0,030 mm peuvent être spécifiées sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, au moment de la consultation et de la commande. Elle définit notamment les exigences générales, les propriétés magnétiques, les caractéristiques géométriques, les tolérances et les caractéristiques technologiques, ainsi que les procédures de contrôle applicables.

Le présent document s'applique aux bandes en alliage amorphe à base de fer produites par solidification rapide, livrées en bobines avec des bords bruts de coulée et destinées à la construction de circuits magnétiques.

Les qualités sont groupées en deux classes:

- les qualités conventionnelles;
- les qualités à haute perméabilité.

Ces qualités correspondent à la Classe I1 de l'IEC 60404-1.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte 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 – Partie 121: Electromagnétisme*

IEC 60050-221, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 221: Magnétisme*

IEC 60404-1, *Matériaux magnétiques – Partie 1: Classification*

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

IEC 60404-16, *Matériaux magnétiques – Partie 16: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des bandes en alliage amorphe à base de fer à l'aide de l'essai sur tôle unique*

ISO 404, *Aciers et produits sidérurgiques – Conditions générales techniques de livraison* (disponible en anglais seulement)

ISO 10474, *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, l'IEC 60050-221, l'IEC 60404-9 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 <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

3.1

susceptibilité à la déchirure d'une bande

ductilité caractérisée par un code de ductilité et classée en fonction du nombre de zones fragiles obtenues lorsqu'une bande d'une longueur correspondant à deux fois la circonférence du rouleau lamineur est déchirée selon une direction parallèle à la direction de la coulée

Note 1 à l'article: Le code de ductilité est spécifié dans le Tableau 4.

3.2

rouleau lamineur

rouleau en fonte rotatif refroidi sur lequel est injecté un alliage fondu et qui permet de produire une bande par solidification rapide

3.3

zones fragiles

zones de la bande présentant la fragilité suivante lors d'un déchirage: arrachement, fracture, écartement d'environ 6 mm ou plus par rapport à la trajectoire ou à la direction du déchirage ou morceau de matériau se détachant de la bande

4 Classification

Les critères de qualité couverts par le présent document sont classés en fonction de la valeur des pertes totales massiques maximales exprimées en watts par kilogramme pour une valeur de crête de polarisation magnétique de 1,3 T à 50 Hz, par rapport à la valeur du facteur de foisonnement minimal et à l'épaisseur nominale de la bande en millimètres.

5 Désignation

Le nom du matériau comprend ce qui suit, dans l'ordre suivant:

- les lettres "AM" pour le matériau amorphe à base de fer;
- 100 fois la valeur spécifiée des pertes totales massiques maximales pour une valeur de crête de la polarisation magnétique de 1,3 T à 50 Hz, exprimée en watts par kilogramme;
- 1 000 fois l'épaisseur nominale de la bande, exprimée en millimètres;
- la lettre caractéristique;
 - "S" pour les qualités conventionnelles;
 - "P" pour les qualités à haute perméabilité;
- un dixième de la fréquence 50 Hz, soit "5";
- 100 fois la valeur spécifiée du facteur de foisonnement minimal.

EXEMPLE: AM10-25S5-84 pour une bande en alliage amorphe à base de fer de qualité conventionnelle, présentant des pertes totales massiques maximales de 0,10 W/kg à 1,3 T et à 50 Hz, une épaisseur nominale de 0,025 mm et un facteur de foisonnement minimal de 0,84, livrée à l'état semi-fini.

6 Exigences générales

6.1 Procédé de production

Le procédé de production de la bande et sa composition chimique sont laissés à la discrétion du fabricant.

6.2 Forme de livraison

La bande est livrée en bobines. Il doit s'agir soit d'une bobine unique réalisée en enroulant la simple bande en continu autour d'un moyeu, soit d'une bobine multiple obtenue en enroulant simultanément plusieurs bandes autour du même moyeu.

La masse des bobines doit être convenue entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

La valeur recommandée pour le diamètre interne des moyeux est d'environ 406 mm. Il convient que le diamètre extérieur des bobines mesure au moins 600 mm, sans dépasser 1 120 mm.

La bande doit être de largeur constante et enroulée de manière à ce que les bords se superposent de manière régulière et que les faces latérales de la bobine soient essentiellement plates.

Les écarts irréguliers de planéité et/ou la taille et le nombre de vides ou d'espaces dans la bobine doivent être convenus entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

Les bobines doivent être enroulées de façon suffisamment serrée afin de ne pas se dérouler sous leur propre poids.

Dans le cas de bobines multiples, les bandes peuvent présenter des joints à simple couche si cela a été convenu entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande. La forme des extrémités de la bande au niveau du joint peut être convenue entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

Les bords des parties jointes ne doivent pas être trop désalignés pour ne pas affecter le traitement ultérieur de la bande.

6.3 Condition de livraison

Les bandes en alliage amorphe à base de fer sont généralement livrées sans revêtement isolant. Une couche d'oxyde se forme naturellement à la surface de la bande lors de sa fabrication.

6.4 Etat de surface

Les surfaces doivent être lisses, propres et exemptes de graisse et de rouille. Aucune trace continue d'oxyde ne doit être visible le long des surfaces ou des bords de la bande.

Les surfaces et les bords ne doivent pas présenter de frisures, traces de choc, fissures, plis, écailles ou autres défauts qui rendraient la bande impropre à la fabrication de noyaux enroulés. Des imperfections isolées telles que points de rouille mineurs, légères colorations, petites piqûres, traces de choc peu profondes, etc. sont admises sous réserve qu'elles ne portent pas préjudice à une utilisation correcte de la bande livrée.

La bande ne doit pas comporter de trous oblongs de plus de 7,0 mm de longueur. La bande ne doit pas comporter plus de 8 trous oblongs alignés dans la direction de la coulée de la bande, sur tout segment de 25 mm de longueur.

Le bord de la bande ne doit pas comporter d'éclats, d'entailles ou de halos d'une dimension supérieure à 4,0 mm.

6.5 Aptitude au découpage

La bande doit pouvoir être découpée "droit" en tout point lorsque des outils de découpage appropriés sont utilisés.

7 Exigences techniques

7.1 Propriétés magnétiques

7.1.1 Conditions de référence

Les propriétés définies en 7.1.2 et en 7.1.3 doivent s'appliquer uniquement aux éprouvettes d'essai dans l'état de référence, obtenu par le recuit magnétique suivant.

Les éprouvettes d'essai doivent être soumises au recuit magnétique dans un champ magnétique continu, orienté parallèlement à la direction de la coulée, d'une intensité d'au moins 1 600 A/m et à une température conforme aux spécifications du fabricant.

Le recuit magnétique doit être maintenu pendant 2 h à la température spécifiée, puis jusqu'à ce que la température descende à 200 °C.

NOTE 1 Le recuit magnétique libère la contrainte et induit une anisotropie magnétique dans la direction de la coulée.

NOTE 2 A titre de ligne directrice générale, la température pour le recuit magnétique est inférieure à la température de début de cristallisation, qui peut être déterminée par analyse calorimétrique différentielle à balayage (DSC) à une vitesse de chauffe de 20 K/min, à une température comprise entre 140 °C et 170 °C.

L'éprouvette d'essai doit être maintenue à plat durant le recuit magnétique. Le recuit magnétique doit être réalisé dans une atmosphère sèche et inerte.

Un recuit magnétique rapide peut être réalisé à une température plus élevée et pendant une durée plus courte que celles des traitements ci-dessus, sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

NOTE 3 En cas de recuit magnétique rapide, les propriétés magnétiques de l'éprouvette d'essai peuvent être détériorées par rapport à l'état de référence.

7.1.2 Polarisation magnétique

Les valeurs minimales spécifiées de la polarisation magnétique de crête pour un champ magnétique de crête de 80 A/m à 50 Hz ou 60 Hz doivent correspondre à celles données au Tableau 1 et au Tableau 2.

7.1.3 Pertes totales massiques

Les valeurs spécifiées des pertes totales massiques maximales à 1,3 T et à 1,4 T doivent correspondre à celles données au Tableau 1 et au Tableau 2 à 50 Hz.

NOTE L'Annexe A donne des valeurs non spécifiées de pertes totales massiques maximales à 1,5 T.

**Tableau 1 – Propriétés technologiques et propriétés magnétiques
des qualités conventionnelles des bandes en alliage amorphe à base de fer**

Nom du matériau	Épaisseur nominale mm	Pertes totales massiques maximales à 1,3 T ^a W/kg		Pertes totales massiques maximales à 1,4 T ^a W/kg		Polarisation magnétique minimale pour $H = 80 \text{ A/m}^{a, b}$ T	Facteur de foisonnement minimal	Masse volumique conventionnelle ^c kg/dm ³
		50 Hz	60 Hz ^d	50 Hz	60 Hz ^d			
AM08-25S5-90	0 025	0,08	0,11	0,11	0,14	1,35	0,90	7,20
AM08-25S5-88								
AM08-25S5-86								
AM08-25S5-84								
AM10-25S5-90	0 025	0,10	0,13	0,13	0,17	1,35	0,90	7,20
AM10-25S5-88								
AM10-25S5-86								
AM10-25S5-84								
AM12-25S5-90	0 025	0,12	0,15	0,16	0,20	1,35	0,90	7,20
AM12-25S5-88								
AM12-25S5-86								
AM12-25S5-84								
AM16-25S5-90	0 025	0,16	0,20	0,21	0,26	1,35	0,90	7,20
AM16-25S5-88								
AM16-25S5-86								
AM16-25S5-84								

^a Ces valeurs sont uniquement valides pour les éprouvettes d'essai dans l'état de référence (voir 7.1.1).

^b La polarisation magnétique (induction magnétique intrinsèque) 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;

μ_0 est la constante magnétique: $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$;

H est le champ magnétique.

NOTE La différence entre B et J à 80 A/m est égale à 0,000 1 T.

^c Le fabricant et l'acheteur peuvent convenir d'autres valeurs au moment de la consultation et de la commande.

^d Valeur uniquement fournie à titre indicatif.

Tableau 2 – Propriétés technologiques et propriétés magnétiques des qualités à haute perméabilité des bandes en alliage amorphe à base de fer

Nom du matériau	Épaisseur nominale	Pertes totales massiques maximales à 1,3 T ^a		Pertes totales massiques maximales à 1,4 T ^a		Polarisation magnétique minimale pour <i>H</i> = 80 A/m ^{a, b}	Facteur de foisonnement minimal	Masse volumique conventionnelle ^c
		W/kg		W/kg				
		50 Hz	60 Hz ^d	50 Hz	60 Hz ^d			
	mm					T		kg/dm ³
AM08-25P5-90	0 025	0,08	0,11	0,11	0,14	1,50	0,90	7,35
AM08-25P5-88							0,88	
AM08-25P5-86							0,86	
AM08-25P5-84							0,84	
AM10-25P5-90	0 025	0,10	0,13	0,13	0,17	1,50	0,90	7,35
AM10-25P5-88							0,88	
AM10-25P5-86							0,86	
AM10-25P5-84							0,84	
AM12-25P5-90	0 025	0,12	0,15	0,16	0,20	1,50	0,90	7,35
AM12-25P5-88							0,88	
AM12-25P5-86							0,86	
AM12-25P5-84							0,84	
AM16-25P5-90	0 025	0,16	0,20	0,21	0,26	1,50	0,90	7,35
AM16-25P5-88							0,88	
AM16-25P5-86							0,86	
AM16-25P5-84							0,84	

^a Ces valeurs sont uniquement valides pour les éprouvettes d'essai dans l'état de référence (voir 7.1.1).

^b La polarisation magnétique (induction magnétique intrinsèque) 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;

μ_0 est la constante magnétique: $4 \pi \times 10^{-7} \text{ H} \cdot \text{m}^{-1}$;

H est le champ magnétique.

NOTE La différence entre B et J à 80 A/m est égale à 0,000 1 T.

^c Le fabricant et l'acheteur peuvent convenir d'autres valeurs au moment de la consultation et de la commande.

^d Valeur uniquement fournie à titre indicatif.

7.2 Caractéristiques géométriques et tolérances

7.2.1 Epaisseur

L'épaisseur nominale de la bande est de 0,025 mm. D'autres épaisseurs nominales peuvent être spécifiées sous réserve d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

Pour la tolérance d'épaisseur, une distinction est faite entre:

- la tolérance admissible concernant l'épaisseur nominale au sein de la même unité d'acceptation;
- la différence d'épaisseur dans une longueur de bande parallèlement à la direction de la coulée;
- la différence d'épaisseur dans la direction perpendiculaire à la direction de la coulée.

En tout point, la tolérance admissible concernant l'épaisseur nominale au sein de la même unité d'acceptation ne doit pas dépasser $\pm 0,002$ mm.

La différence d'épaisseur dans une longueur de bande de 2 m parallèlement à la direction de la coulée ne doit pas dépasser $\pm 0,002$ 5 mm.

La différence d'épaisseur dans la direction perpendiculaire à la direction de la coulée ne doit pas dépasser $\pm 0,002$ 5 mm.

7.2.2 Largeur

Les largeurs nominales disponibles sont de 142,2 mm, 170,2 mm et 213,4 mm. Le fabricant et l'acheteur pourront convenir d'autres spécifications de largeur nominale au moment de la consultation et de la commande.

Les tolérances du Tableau 3 doivent s'appliquer. Pour les autres largeurs nominales, le fabricant et l'acheteur pourront convenir d'autres spécifications de tolérance au moment de la consultation et de la commande.

Tableau 3 – Tolérances de largeur nominale des bandes en alliage amorphe à base de fer

Largeur nominale mm	Tolérance mm
142,2	$\pm 1,0$
170,2	$\pm 1,1$
213,4	$\pm 1,4$

7.2.3 Longueur

La détermination de la longueur ne s'applique pas aux bandes livrées en bobines.

7.2.4 Rectitude

L'exigence de rectitude peut être spécifiée dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

7.2.5 Onde de surface (facteur d'ondulation)

L'exigence d'onde de surface (facteur d'ondulation) peut être spécifiée dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'acheteur, au moment de la consultation et de la commande.

7.2.6 Courbure résiduelle

L'exigence de courbure résiduelle peut être spécifiée dans le cadre d'un accord entre le fabricant et l'acheteur au moment de la consultation et de la commande.

7.2.7 Hauteur de bavure

La détermination de la hauteur de bavure ne s'applique pas aux bords bruts de coulée de la bande.

7.3 Caractéristiques technologiques

7.3.1 Masse volumique

La masse volumique du matériau amorphe à base de fer n'est pas spécifiée.

Les valeurs conventionnelles des masses volumiques sont données au Tableau 1 et au Tableau 2. Elles doivent être utilisées pour calculer les propriétés magnétiques et le facteur de foisonnement, sauf disposition contraire convenue (voir Tableau 1 et Tableau 2, note de bas de page c).

7.3.2 Facteur de foisonnement

Les valeurs minimales du facteur de foisonnement doivent correspondre à celles spécifiées au Tableau 1 et au Tableau 2.

7.3.3 Susceptibilité à la déchirure d'une bande

La susceptibilité à la déchirure d'une bande, caractérisée par les codes de ductilité définis au Tableau 4, ne doit pas dépasser le code "4".

Tableau 4 – Code de ductilité et nombre de zones fragiles des bandes en alliage amorphe à base de fer

Code de ductilité	Nombre total de zones fragiles dans une bande d'essai
1	0
2	1 à 3
3	4 à 6
4	7 à 9
5	10 ou plus

7.3.4 Contraintes internes

La vérification des contraintes internes ne s'applique pas aux bandes avec des bords bruts de coulée.

7.3.5 Résistance d'isolement de surface

La résistance d'isolement de surface du matériau amorphe à base de fer n'est pas spécifiée.

NOTE Le matériau amorphe à base de fer ne reçoit pas de revêtement isolant. Une fine couche d'oxyde se forme naturellement à la surface lors du processus de fabrication. Il n'est pas approprié de spécifier la résistance d'isolation de la surface de la fine couche d'oxyde.

8 Contrôle et essais

8.1 Généralités

La bande définie dans le présent document peut être commandée avec ou sans contrôle spécifique, conformément à l'ISO 404. Cependant, par dérogation à l'ISO 404, en cas de commande sans contrôle, le fabricant doit délivrer un document de contrôle de type 3.1 (certificat de contrôle 3.1), conformément à la norme ISO 10474, indiquant les pertes totales massiques et le facteur de foisonnement de la bande livrée.

En cas de commande avec un contrôle spécifique, le type de document de contrôle selon l'ISO 10474 doit être spécifié au moment de la commande. Dans ce cas, la livraison est divisée en unités d'acceptation.

Chaque unité d'acceptation doit être constituée d'une bobine. Différentes unités d'acceptation peuvent faire l'objet d'un accord particulier entre le fabricant et l'acheteur, au moment de la consultation et de la commande.

Sauf accord particulier, les mêmes règles s'appliquent au contrôle d'aptitude au découpage et aux tolérances de forme et de dimensions.

8.2 Choix des échantillons d'essai

Les échantillons d'essai doivent être prélevés à l'origine et à l'extrémité des bobines au moment de la coulée, et doivent être soumis à des essais distincts. Le fabricant et l'acheteur pourront convenir d'utiliser d'autres fréquences d'échantillonnage au moment de la consultation et de la commande.

Dans le cas d'une coulée successive de plusieurs bobines, les échantillons prélevés à l'extrémité de la bobine précédente sont considérés comme étant les mêmes que les échantillons prélevés à l'origine de la bobine suivante.

La dernière spire extérieure d'une bobine doit être considérée comme l'emballage et non comme étant représentative de la qualité du reste de la bobine. Le choix des échantillons d'essai doit être réalisé parmi les premières spires externes, à l'exception de la spire d'emballage.

En choisissant un ordre d'exécution approprié pour les essais, le même échantillon doit être utilisé pour vérifier les différentes propriétés.

8.3 Préparation des éprouvettes d'essai

8.3.1 Propriétés magnétiques

La mesure de la polarisation magnétique et des pertes totales massiques doit être réalisée à l'aide du dispositif d'essai sur tôle unique spécifié dans l'IEC 60404-16 (voir 8.4.2 du présent document). L'éprouvette d'essai pour l'essai sur tôle unique doit consister en une tôle ayant les dimensions suivantes:

- longueur de 280 mm à 300 mm;
- largeur égale à la largeur de la bande livrée.

Deux éprouvettes d'essai doivent être découpées soigneusement, sans déformation, à partir de chaque échantillon d'essai prélevé à l'origine et à l'extrémité des bobines pendant la coulée. La coupe ne doit être réalisée qu'avec des outils bien affûtés.

Avant les mesures, l'éprouvette d'essai doit être soumise à un recuit magnétique conformément à l'état de référence (voir 7.1.1).

Dans le cas de mesures de pertes totales massiques sur des éprouvettes d'essai vieilles, les éprouvettes doivent être chauffées à une température de $(225 \pm 5) ^\circ\text{C}$ pendant une durée de 24 h, puis être refroidies à température ambiante. Le fabricant et l'acheteur pourront convenir d'utiliser d'autres traitements de vieillissement au moment de la consultation et de la commande.

8.3.2 Caractéristiques géométriques et tolérances

Pour la mesure d'épaisseur, l'éprouvette d'essai doit être rectangulaire et présenter une largeur d'au moins 20 mm, une longueur d'au moins 20 mm et une superficie d'au moins 5 000 mm². L'éprouvette d'essai fournie pour la mesure du facteur de foisonnement peut être utilisée pour la mesure d'épaisseur.

Pour la mesure de largeur, l'éprouvette d'essai doit être constituée d'une bande d'une longueur d'au moins 250 mm et d'une largeur égale à la largeur de la bande livrée.

Pour les mesures d'onde de surface (facteur d'ondulation), l'éprouvette d'essai doit être constituée d'une bande d'une longueur de 2 m.

Pour la mesure de courbure résiduelle, l'éprouvette d'essai doit être constituée d'une bande d'une longueur de $(500^{+2,5}_0)$ mm et d'une largeur égale à la largeur de la bande livrée.

8.3.3 Caractéristiques technologiques

8.3.3.1 Facteur de foisonnement

L'éprouvette d'essai doit être constituée d'au moins 20 bandes d'essai de dimensions identiques; en cas de désaccord, l'essai doit porter sur 100 bandes. Ces bandes doivent avoir une largeur égale à la largeur de la bande livrée et la même longueur sur une plage de 75 mm à 125 mm, avec une tolérance de $\pm 0,5$ mm.

Les bandes d'essai doivent être découpées successivement dans la bande, dans la direction de la coulée et selon une méthode qui ne produira pas de bavures excessives sur les bords de découpe, susceptibles de détériorer le facteur de foisonnement. Elles doivent être empilées directement les unes sur les autres, dans la même direction.

8.3.3.2 Susceptibilité à la déchirure d'une bande

L'éprouvette d'essai doit être constituée d'une bande d'une longueur correspondant à deux fois la circonférence du rouleau lamineur.

NOTE Si la circonférence exacte du rouleau lamineur n'est pas connue, une valeur de 1,2 m peut être utilisée.

8.4 Méthodes d'essai

8.4.1 Généralités

Pour chacune des propriétés spécifiées, un essai doit être effectué par unité d'acceptation. Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés à une température de $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$.

Dans le cas de bobines multiples, les propriétés doivent être déterminées en prenant la moyenne des mesures réalisées sur les bandes de chaque bobine.