

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Magnetic materials –

Part 9: Methods of determination of the geometrical characteristics of electrical steel strip and sheet

Matériaux magnétiques –

Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des bandes et tôles magnétiques en acier



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 9: Methods of determination of the geometrical characteristics of electrical steel strip and sheet

Matériaux magnétiques –

Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des bandes et tôles magnétiques en acier

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.030; 77.140.50

ISBN 978-2-8322-6296-2

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.....	3
1 Scope.....	5
2 Normative references	5
3 Terms and definitions	5
4 Measurement and test methods	6
4.1 Edge wave (wave factor).....	6
4.1.1 Test specimen	6
4.1.2 Measuring procedure	6
4.2 Residual curvature	7
4.2.1 General	7
4.2.2 Horizontal method	8
4.2.3 Vertical method	8
4.3 Edge camber	9
4.3.1 Test specimen	9
4.3.2 Measuring procedure	9
4.4 Deviation from the shearing line (internal stress)	10
4.4.1 Test specimen	10
4.4.2 Measuring procedure	10
4.5 Burr height.....	11
4.5.1 Test specimen	11
4.5.2 Measuring procedure	11
5 Test report.....	14
Annex A (informative) Examples of the clamping system.....	15
Bibliography.....	17
Figure 1 – Example of test specimen with edge waves placed on a surface plate.....	7
Figure 2 – Verification of the wave factor (w)	7
Figure 3 – Verification of the residual curvature (horizontal method)	8
Figure 4 – Verification of the residual curvature (vertical method)	9
Figure 5 – Verification of the edge camber.....	10
Figure 6 – Verification of the deviation from the shearing line (internal stress).....	11
Figure 7 – Example of the burr height (h_b)	12
Figure 8 – Apparatus for measuring burr height using a linear measuring device	13
Figure 9 – Position of the moving anvil	13
Figure A.1 – An example of the clamping system (type A).....	15
Figure A.2 – An example of the clamping system (type B).....	16

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

Part 9: Methods of determination of the geometrical characteristics of electrical steel strip and sheet

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 60404-9 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This second edition cancels and replaces the first published in 1987. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) revision of terms and definitions;
- b) specification of the length of test specimens for the determinations of edge wave (wave factor) and edge camber;
- c) addition of the horizontal method for the determination of residual curvature, and a note that informs about a safety concern of the vertical method;
- d) clarification that the burr height was characterized by the maximum value;

- e) addition of the measuring procedure using a hand-held micrometer to determine the burr height.

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

CDV	Report on voting
68/597/CDV	68/607/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.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

MAGNETIC MATERIALS –

Part 9: Methods of determination of the geometrical characteristics of electrical steel strip and sheet

1 Scope

This part of IEC 60404 specifies the measurement and test methods for the determination of the following geometrical characteristics of electrical steel strip and sheet:

- edge wave (wave factor);
- residual curvature;
- edge camber;
- deviation from the shearing line (internal stress);
- burr height.

This document applies to electrical steel strip and sheet intended for the construction of magnetic circuits and corresponding to Classes B2, C21, C22 and C23 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*

3 Terms and definitions

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

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: 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.

3.2

residual curvature

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

3.3

edge camber

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

3.4

deviation from the shearing line

internal stress

greatest distance between corresponding points on the two sheared edges of a length of strip or a sheet sheared in the middle of the width, in parallel to the rolling direction of the product, which characterizes the internal stress of the materials

3.5

burr height

difference between the thicknesses of a length of strip or a sheet measured respectively at the slit edge and at a distance of 10 mm from this edge

4 Measurement and test methods

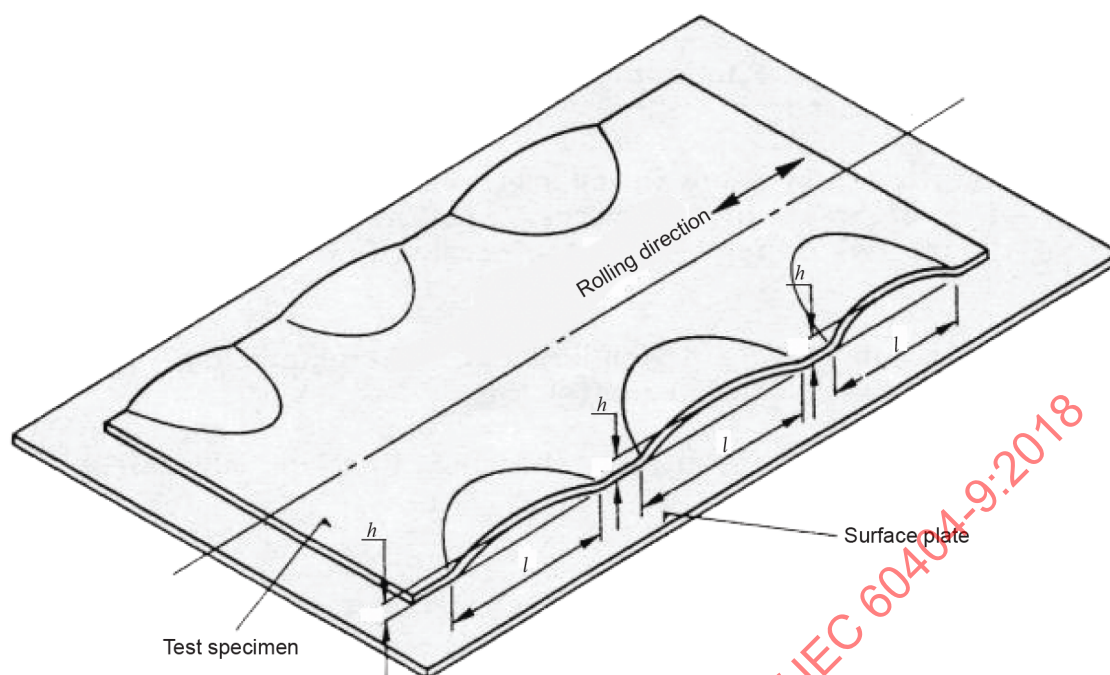
4.1 Edge wave (wave factor)

4.1.1 Test specimen

The test specimen shall consist of a length of strip or a sheet, the length of which is defined in the product standard. If it is not defined in the product standard, the length shall be 1 m. Its width shall be equal to the delivered width of the product. The axis of the test specimen shall be parallel to the rolling direction of the product.

4.1.2 Measuring procedure

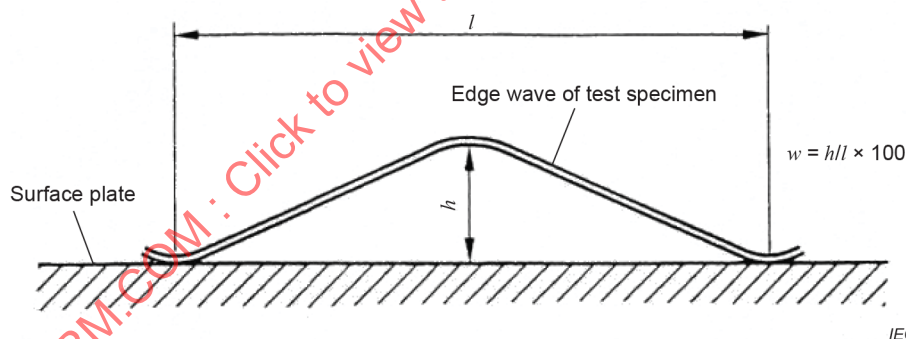
The test specimen shall be placed on a surface plate which is sufficiently large so that the test specimen does not overhang the edges (see Figure 1). It shall then be lifted up on one edge and allowed to fall back. The height of the maximum wave (h) shall be measured by means of an instrument having a resolution of 0,1 mm or better. The length of the wave (l) shall be measured by means of an instrument having a resolution of 1 mm or better (see Figure 2). Only complete waves are taken into account.



IEC

Figure 1 – Example of test specimen with edge waves placed on a surface plate

The wave factor (w) shall be determined as the ratio of the height of wave (h) to its length (l), expressed as a percentage (see Figure 2).



IEC

Figure 2 – Verification of the wave factor (w)

4.2 Residual curvature

4.2.1 General

Two methods for the determination of the residual curvature in the rolling direction of the product are described in this document: a horizontal method and a vertical method. The horizontal method is recommended from the aspect of worker's safety and consistency with ISO standards.

NOTE 1 The horizontal method is adopted in IEC 60404-8-5:1989 [2]^a and consistent with ISO 16162:2012 [5]. The vertical method is adopted in IEC 60404-8-4:2013 [1], IEC 60404-8-7:2017 [3] and IEC 60404-8-8:2017 [4].

^a Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

Cut edges of the test specimen are usually sharp and should be handled with care. Test specimens in the delivery width of the product are sometimes heavy. Placing the test specimen vertically against a support plate according to the vertical method is rather hazardous for the operator compared with the horizontal method.

For the horizontal method, the maximum distance (d) between the test specimen and a surface plate, on which the test specimen is placed, shall be measured. For the vertical method, the maximum distance (a) between the bottom edge of the test specimen and a supporting plate shall be measured.

NOTE 2 Both the horizontal and vertical methods are applicable to test specimens obtained from electrical steel strips and sheets of any grade. These two methods give different values.

4.2.2 Horizontal method

4.2.2.1 Test specimen

The test specimen shall consist of a length of strip or a sheet, the length of which is defined in the product standard. If it is not defined in the product standard, the length shall be 1 m. Its width shall be equal to the delivered width of the product. The axis of the test specimen shall be parallel to the rolling direction of the product. The test specimen for the determination of edge wave (wave factor) may be used.

4.2.2.2 Measuring procedure

The test shall consist of placing the test specimen lying under its weight on a surface plate sufficiently large so that the test specimen does not overhang the edges (see Figure 1). The convex surface of the test specimen shall be in contact with the surface plate. The maximum distance (d) between the lower surface of the test specimen and the surface plate shall be measured by means of an instrument having a resolution of 1 mm or better (see Figure 3).

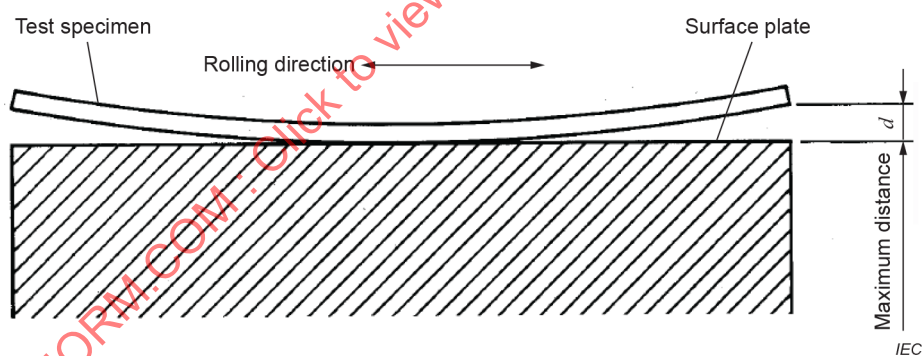


Figure 3 – Verification of the residual curvature (horizontal method)

4.2.3 Vertical method

4.2.3.1 Test specimen

The test specimen shall consist of a length of strip or a sheet, the length of which is defined in the product standard. If it is not defined in the product standard, the length shall be 500 mm. Its width shall be equal to the delivered width of the product. The axis of the test specimen shall be parallel to the rolling direction of the product.

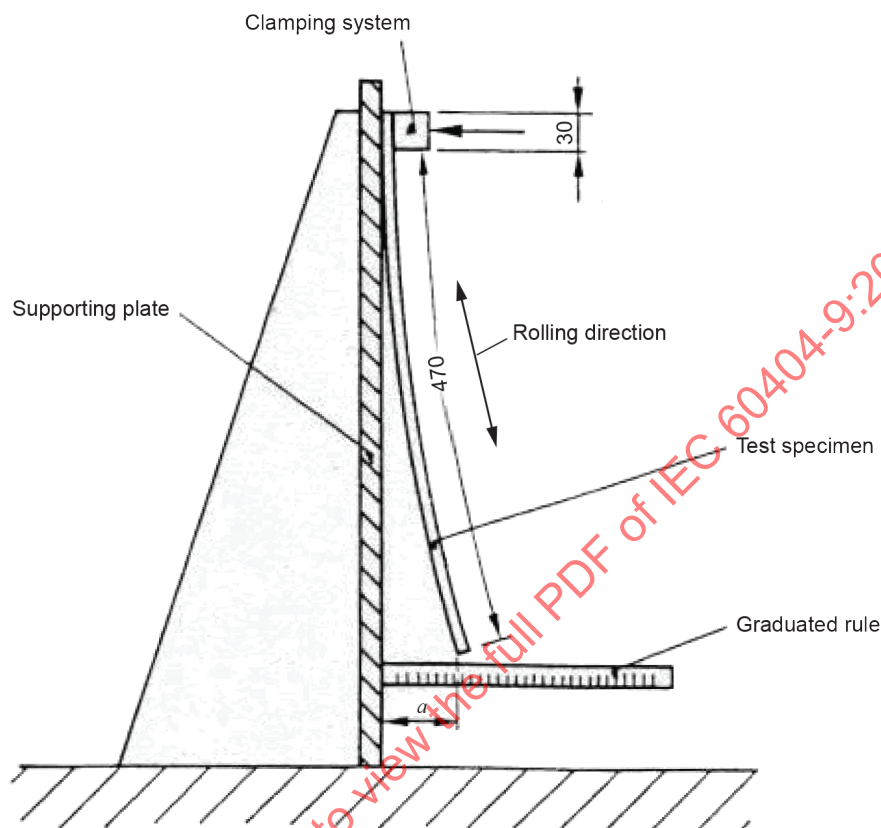
4.2.3.2 Measuring procedure

The test shall consist of placing the test specimen vertically against a supporting plate. The top of the test specimen shall be held against the supporting plate over a clamping length of 30 mm with its convex surface facing the supporting plate. The maximum distance (a) between the bottom edge of the test specimen and the supporting plate shall then be measured at the axis of the test specimen by means of a graduated rule having a resolution of

1 mm or better (see Figure 4). The clamping force shall be sufficient to allow the full width of the test specimen to be in contact with the supporting plate.

NOTE Annex A gives examples of the clamping system.

Dimensions in millimetres



IEC

Figure 4 – Verification of the residual curvature (vertical method)

4.3 Edge camber

4.3.1 Test specimen

The test specimen shall consist of a length of strip or a sheet, the length of which is defined in the product standard. If it is not defined in the product standard, the length shall be 1 m. Its width shall be equal to the delivered width of the product. The axis of the test specimen shall be parallel to the rolling direction of the product. The test specimen for the determination of edge wave (wave factor) may be used.

4.3.2 Measuring procedure

The test specimen shall be placed on a surface plate (see Figure 1). A rule shall be placed in contact with the extremities of the concave side (see Figure 5). The maximum distance (e) between the edge and the rule shall be measured by means of an instrument having a resolution of 0,1 mm or better.

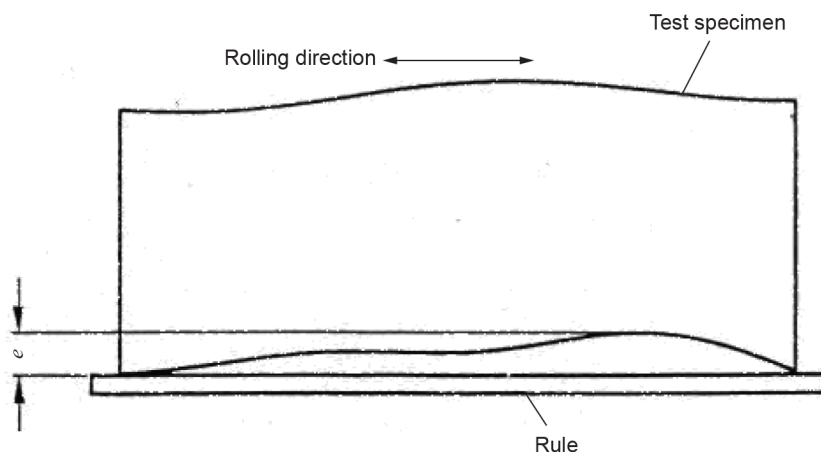


Figure 5 – Verification of the edge camber

4.4 Deviation from the shearing line (internal stress)

4.4.1 Test specimen

The test specimen shall consist of a length of strip or a sheet, the length of which is defined in the product standard. If it is not defined in the product standard, the length shall be 1 m. Its width shall be equal to the delivered width of the product. The axis of the test specimen shall be parallel to the rolling direction of the product. The test specimen for the determination of edge wave (wave factor) may be used.

4.4.2 Measuring procedure

The test specimen shall be sheared in the middle of the width, parallel to the rolling direction of the product. The two parts, neither of which shall be turned over, shall be weighted so that they remain flat on a surface plate. The two sheared edges shall then be brought together again so as to give the smallest gap (see Figure 6). The maximum distance (c) between the two sheared edges shall be measured by means of an instrument having a resolution of 0,1 mm or better.

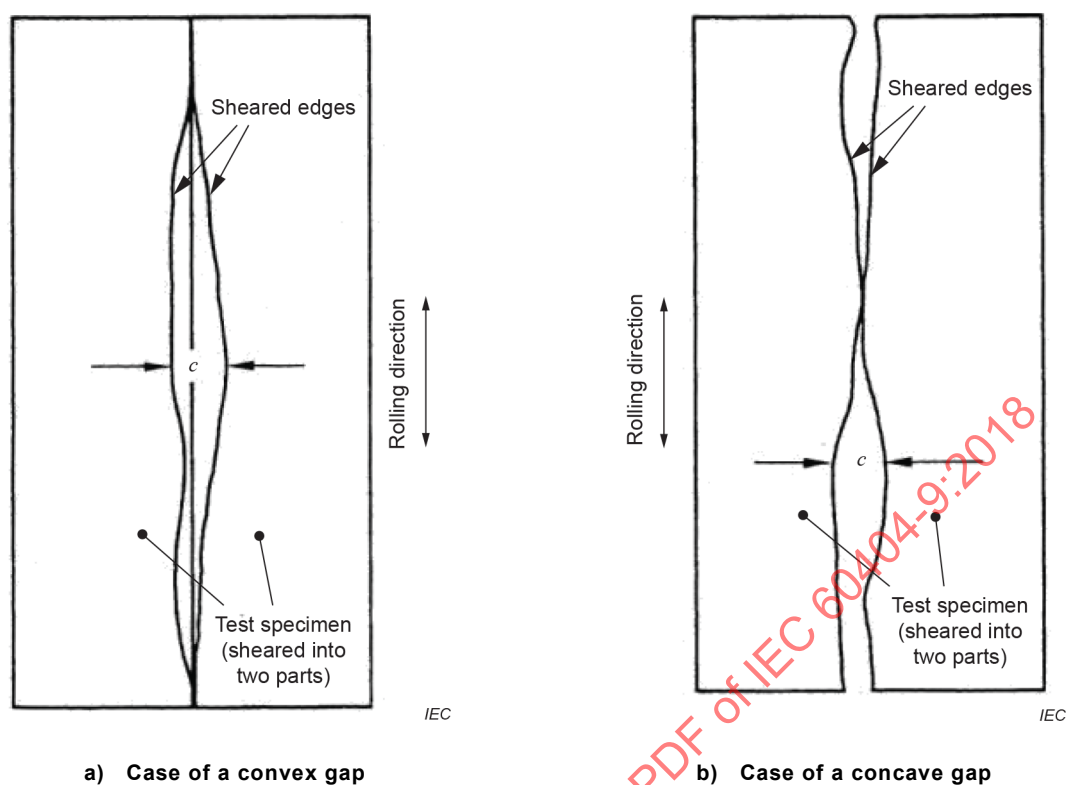


Figure 6 – Verification of the deviation from the shearing line (internal stress)

4.5 Burr height

4.5.1 Test specimen

The test specimen shall consist of a length of strip or a sheet, the length of which is defined in the product standard. If it is not defined in the product standard, the effective length for the measurement shall be 1 m. Its width shall be equal to the delivered width of the product. The axis of the test specimen shall be parallel to the rolling direction of the product. The test specimen for the determination of edge wave (wave factor) may be used.

NOTE The 1 m length of the test specimen can be considered to be greater than the circumference of the slitting blade since the condition of the blade is a principal determining factor in the quality of slitting.

4.5.2 Measuring procedure

4.5.2.1 General

The burr height (h_b) shall be determined as the difference between thicknesses measured respectively at the slit edge (h_2) of the test specimen and at a distance of 10 mm from the edge (h_1) (see Figure 7).

The thicknesses shall be measured by using a hand-held micrometer with non-rotating anvils and a constant measuring force, or by using a linear measuring device.

The burr height (h_b) shall be characterized by the maximum value of any slit edge on the effective length of 1 m.

Dimensions in millimetres

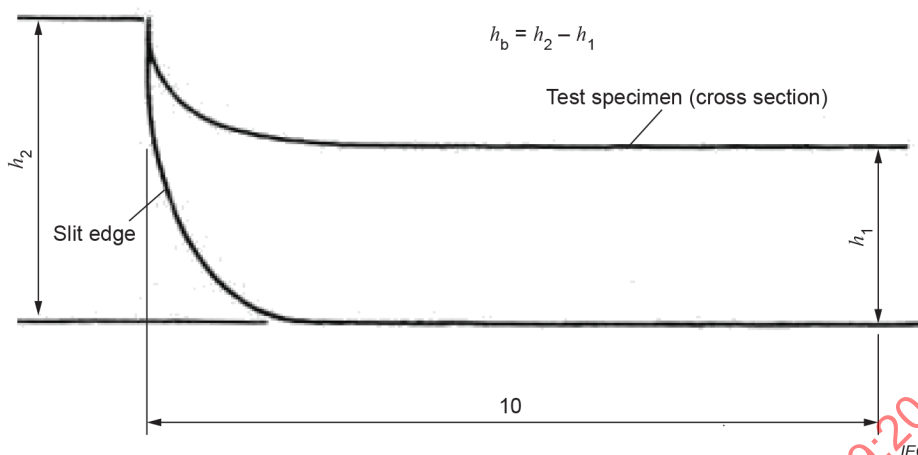


Figure 7 – Example of the burr height (h_b)

4.5.2.2 Measuring procedure using a hand-held micrometer

The measurement shall be done by a hand-held micrometer having the following characteristics:

- resolution: 0,001 mm or better;
- uncertainty: 0,002 mm or better;
- anvils: non-rotating;
- anvils of minimum 6 mm in diameter;
- applied force on the test specimen: a constant force not exceeding 10 N.

The measuring force of the micrometer shall not exceed 10 N. A force in the range of 4 N to 8 N is recommended. Such a range of force would ensure a sufficiently accurate measurement of the burrs without flattening them.

The thickness at the slit edge (h_2) and at a distance of 10 mm from the edge (h_1) shall be measured (see Figure 7). The measurements shall be made along a length of the slit edge at different positions by the micrometer.

4.5.2.3 Measuring procedure using a linear measuring device

The burr height shall be determined using a linear measuring device such as a comparator.

The device shall have the following characteristics:

- resolution: 0,001 mm or better;
- uncertainty: 0,002 mm or better;
- axial movement of the sliding anvil shall be obtained without rotation;
- dimension of the sliding anvil: 16 mm × 8 mm;
- applied force on the sliding anvil: 4 N ± 0,2 N.

The test specimen shall be held flat on a support table. The linear measuring device shall be rigidly fixed on a stand so that the movement of the anvil is perpendicular to the support table (see Figure 8).

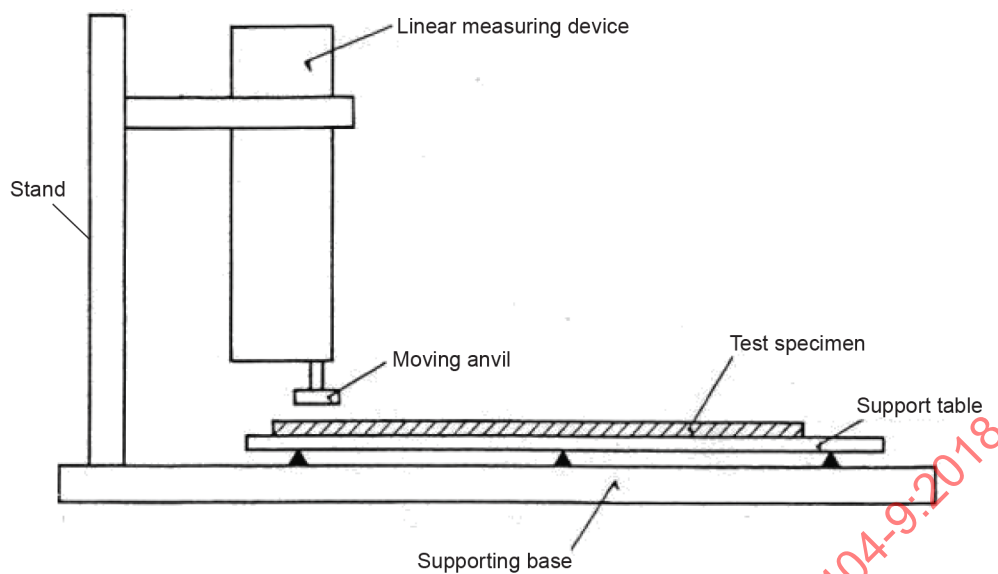


Figure 8 – Apparatus for measuring burr height using a linear measuring device

The surface of contact of the sliding anvil shall be parallel to the support table. The verification of this parallelism can be made using a thickness gauge or another device having a height approximately equal to the thickness of the sample. The difference in the distance from any point on the surface of the anvil to the support table shall not exceed 0,001 mm. A three-point adjusting support table is necessary.

The test shall consist of measuring the thickness of the test specimen at the slit edge (h_2) and at a distance of 10 mm from the edge (h_1), the sliding anvil having its larger dimension (16 mm) parallel to the edge (see Figure 9). A measurement shall be made in equal intervals along a length of the slit edge by moving the test specimen.

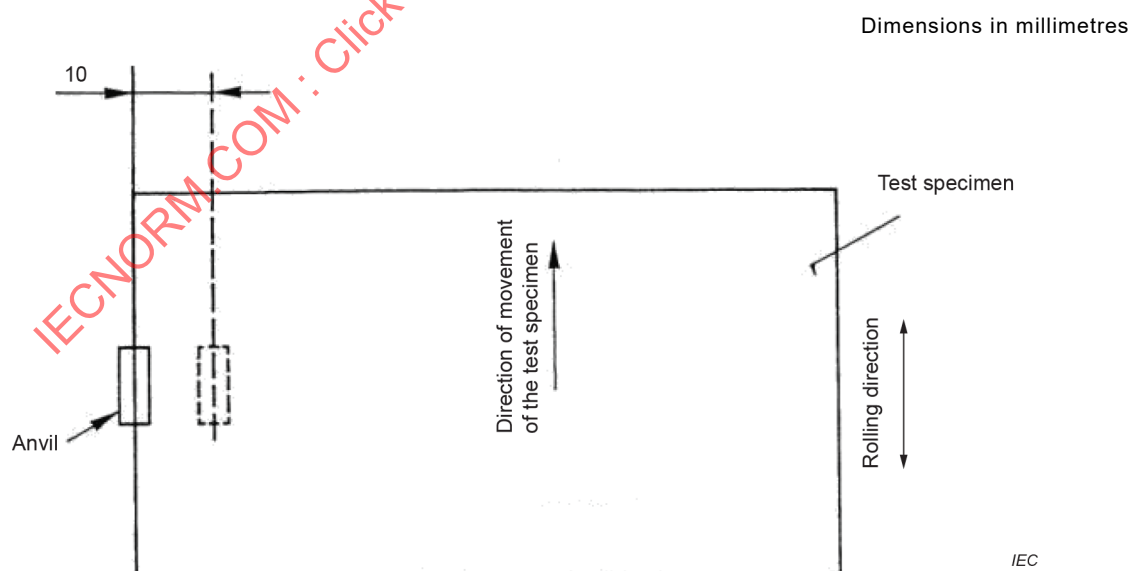


Figure 9 – Position of the moving anvil

5 Test report

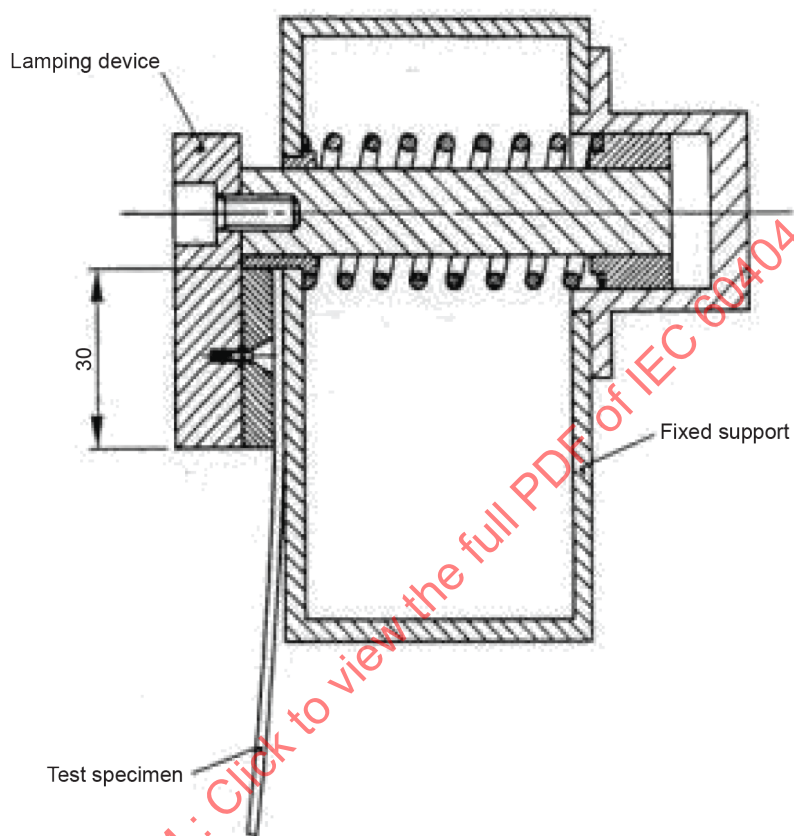
The test report, when requested, shall contain the following as appropriate:

- reference to this document (IEC 60404-9) including its year of publication;
- type and designation of the electrical steel strip or sheet tested;
- methods used for characterizing the residual curvature and the burr height;
- one or more of the following, depending on the requirements of the product standard:
 - a) length and width of the test specimen;
 - b) length (l) of wave in millimetres, to the nearest 1 mm, height (h) of wave in millimetres, to the nearest 0,1 mm and wave factor (w) characterizing the edge wave, in per cent to the nearest 0,1 %;
 - c) deviation (a) or distance (d) in millimetres characterizing the residual curvature, to the nearest 1 mm;
 - d) variation (c) from the shearing line in millimetres characterizing the internal stress, to the nearest 0,1 mm;
 - e) distance (e) in millimetres characterizing the edge camber, to the nearest 0,1 mm;
 - f) maximum value of burr height (h_b) and arithmetic mean value, if necessary, in millimetres to the nearest 0,001 mm;
- any deviation from the procedure;
- any unusual features observed;
- date of the test.

Annex A (informative)

Examples of the clamping system

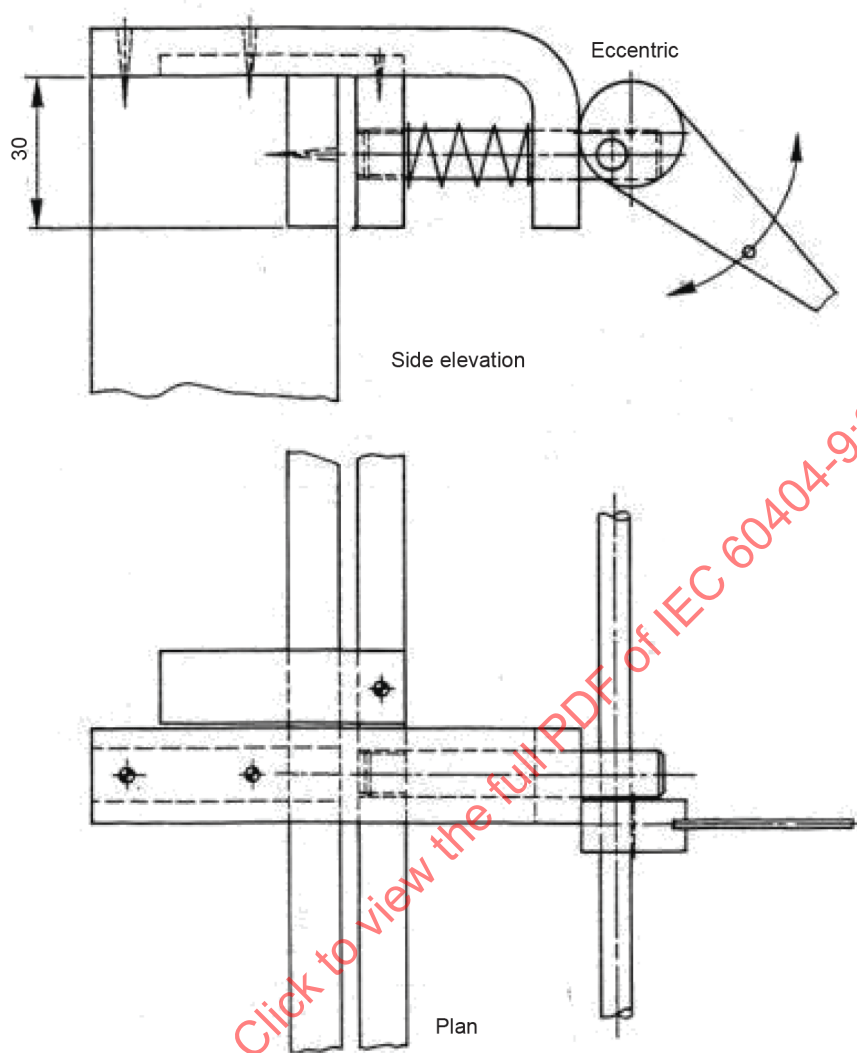
Examples of the clamping system of the apparatus for measuring the residual curvature (vertical method) are shown in Figures A.1 and A.2 (see Figure 4).



IEC

Figure A.1 – An example of the clamping system (type A)

Dimensions in millimetres



IEC

Figure A.2 – An example of the clamping system (type B)

Bibliography

- [1] IEC 60404-8-4:2013, *Magnetic materials – Part 8-4: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state*
- [2] IEC 60404-8-5:1989, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section Five – Specification for steel sheet and strip with specified mechanical properties and magnetic permeability*
- [3] IEC 60404-8-7:2017, *Magnetic materials – Part 8-7: Specifications for individual materials – Cold-rolled grain-oriented electrical steel strip and sheet delivered in the fully-processed state*
- [4] IEC 60404-8-8:2017, *Magnetic materials – Part 8-8: Specifications for individual materials – Thin electrical steel strip and sheet for use at medium frequencies*
- [5] ISO 16162:2012, *Cold-rolled steel sheet products – Dimensional and shape tolerances*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-9:2018

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
1 Domaine d'application	21
2 Références normatives	21
3 Termes et définitions	21
4 Méthodes de mesure et d'essai	22
4.1 Onde de surface (facteur d'ondulation)	22
4.1.1 Epreuve d'essai	22
4.1.2 Procédure de mesure	22
4.2 Courbure résiduelle	23
4.2.1 Généralités	23
4.2.2 Méthode horizontale	24
4.2.3 Méthode verticale	24
4.3 Rectitude	25
4.3.1 Epreuve d'essai	25
4.3.2 Procédure de mesure	25
4.4 Ecart par rapport à la ligne de cisailage (contrainte interne)	26
4.4.1 Epreuve d'essai	26
4.4.2 Procédure de mesure	26
4.5 Hauteur de bavure	27
4.5.1 Epreuve d'essai	27
4.5.2 Procédure de mesure	27
5 Rapport d'essai	29
Annexe A (informative) Exemples de systèmes de fixation	31
Bibliographie	33
Figure 1 – Exemple d'éprouvette d'essai avec ondes de surface placée sur une plaque de surface	23
Figure 2 – Vérification du facteur d'ondulation (w)	23
Figure 3 – Vérification de la courbure résiduelle (méthode horizontale)	24
Figure 4 – Vérification de la courbure résiduelle (méthode verticale)	25
Figure 5 – Vérification de la rectitude	26
Figure 6 – Vérification de l'écart par rapport à la ligne de cisailage (contrainte interne)	27
Figure 7 – Exemple de hauteur de bavure (h_b)	28
Figure 8 – Appareillage pour la mesure de la hauteur de bavure à l'aide d'un dispositif de mesure linéaire	29
Figure 9 – Position de l'enclume mobile	29
Figure A.1 – Exemple de système de fixation (type A)	31
Figure A.2 – Exemple de système de fixation (type B)	32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des bandes et tôles magnétiques en acier

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 60404-9 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1987. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) révision des termes et définitions;
- b) spécification de la longueur des éprouvettes d'essai pour la détermination de l'onde de surface (facteur d'ondulation) et de la rectitude;

- c) ajout de la méthode horizontale pour la détermination de la courbure résiduelle et une note informative sur une question de sécurité concernant la méthode verticale;
- d) clarification sur le fait que la hauteur de bavure a été caractérisée par la valeur maximale;
- e) ajout de la procédure de mesure à l'aide d'un micromètre manuel pour déterminer la hauteur de bavure.

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

CDV	Rapport de vote
68/597/CDV	68/607/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.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 9: Méthodes de détermination des caractéristiques géométriques des bandes et tôles magnétiques en acier

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 spécifie les méthodes de mesure et d'essai pour la détermination des caractéristiques géométriques suivantes des bandes et tôles magnétiques en acier:

- onde de surface (facteur d'ondulation);
- courbure résiduelle;
- rectitude;
- écart par rapport à la ligne de cisailage (contrainte interne);
- hauteur de bavure.

Le présent document s'applique aux bandes et tôles magnétiques en acier destinées à la construction de circuits magnétiques et correspondant aux Classes B2, C21, C22 et C23 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 Electrotechnique International – Partie 121: Electromagnétisme*

IEC 60050-221, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 221: Matériaux et composants magnétiques*

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

3 Termes et définitions

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

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

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.

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

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

3.4

écart par rapport à la ligne de cisailage

tension interne

distance la plus grande entre des points correspondants de deux bords cisailés d'une longueur de bande ou d'une tôle cisailée au milieu de la largeur, parallèlement à la direction de laminage du produit, qui caractérise la contrainte interne des matériaux

3.5

hauteur de bavure

différence entre l'épaisseur d'une longueur de bande ou de tôle mesurée respectivement au niveau du bord refendu et à une distance de 10 mm de ce bord

4 Méthodes de mesure et d'essai

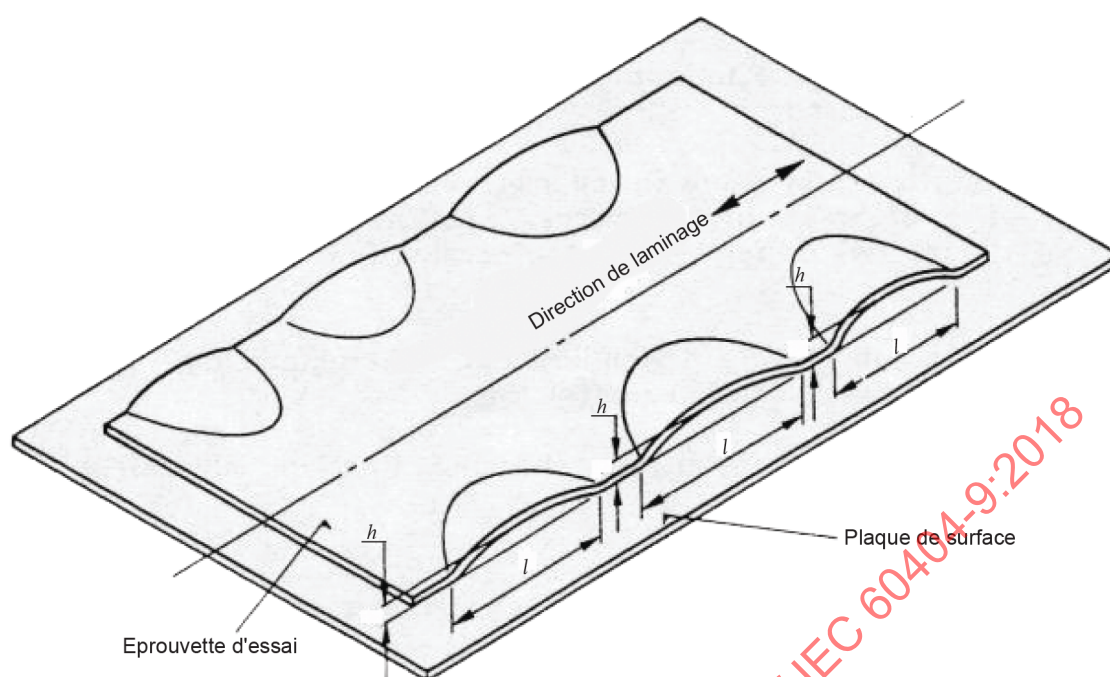
4.1 Onde de surface (facteur d'ondulation)

4.1.1 Epreuve d'essai

L'épreuve d'essai doit être constituée d'une longueur de bande ou d'une tôle, dont la longueur est définie dans la norme du produit. Si celle-ci n'est pas définie dans la norme du produit, la longueur doit être de 1 m. Sa largeur doit être égale à la largeur fournie du produit. L'axe de l'épreuve d'essai doit être parallèle à la direction de laminage du produit.

4.1.2 Procédure de mesure

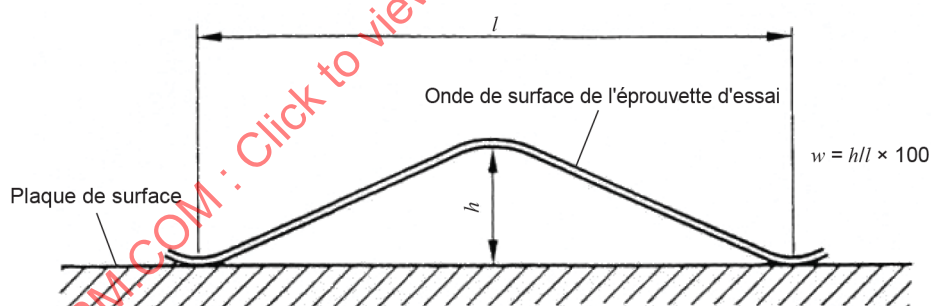
L'épreuve d'essai doit être placée sur une plaque de surface de largeur suffisante pour que l'épreuve d'essai ne surplombe pas les bords (voir Figure 1). Elle doit ensuite être soulevée au niveau d'un bord et pouvoir retomber. La hauteur de l'onde maximale (h) doit être mesurée à l'aide d'un instrument ayant une résolution d'au moins 0,1 mm. La longueur de l'onde (l) doit être mesurée à l'aide d'un instrument ayant une résolution d'au moins 1 mm (voir Figure 2). Seules les ondes complètes sont prises en compte.



IEC

Figure 1 – Exemple d'éprouvette d'essai avec ondes de surface placée sur une plaque de surface

Le facteur d'ondulation (w) doit être déterminé comme le rapport de la hauteur d'onde (h) à sa longueur (l), exprimé en pourcentage (voir Figure 2).



IEC

Figure 2 – Vérification du facteur d'ondulation (w)

4.2 Courbure résiduelle

4.2.1 Généralités

Deux méthodes de détermination de la courbure résiduelle dans la direction de laminage du produit sont décrites dans le présent document, une méthode horizontale et une méthode verticale. La méthode horizontale est recommandée du point de vue de la sécurité du travailleur et de la conformité aux normes ISO.

NOTE 1 La méthode horizontale est adoptée dans l'IEC 60404-8-5:1989 [2]^a et est conforme à l'ISO 16162:2012 [5]. La méthode verticale est adoptée dans l'IEC 60404-8-4:2013 [1], l'IEC 60404-8-7:2017 [3] et l'IEC 60404-8-8:2017 [4].

^a Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

Les bords coupés de l'éprouvette d'essai sont généralement tranchants et il convient de les manipuler avec précaution. Les éprouvettes d'essai ayant la largeur du produit livrée sont parfois lourdes. Le placement vertical de l'éprouvette d'essai contre une plaque de soutien conformément à la méthode verticale est une manipulation relativement dangereuse pour l'opérateur par rapport à la méthode horizontale.

Pour la méthode horizontale, la distance maximale (d) entre l'éprouvette d'essai et la plaque de surface sur laquelle l'éprouvette d'essai est placée, doit être mesurée. Pour la méthode verticale, la distance maximale (a) entre le bord inférieur de l'éprouvette d'essai et la plaque support doit être mesurée.

NOTE 2 Les deux méthodes horizontale et verticale sont applicables aux éprouvettes d'essai obtenues à partir de bandes et de tôles magnétiques en acier de tout grade. Ces deux méthodes donnent des valeurs différentes.

4.2.2 Méthode horizontale

4.2.2.1 Eprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai doit être constituée d'une longueur de bande ou d'une tôle, dont la longueur est définie dans la norme du produit. Si celle-ci n'est pas définie dans la norme du produit, la longueur doit être de 1 m. Sa largeur doit être égale à la largeur fournie du produit. L'axe de l'éprouvette d'essai doit être parallèle à la direction de laminage du produit. L'éprouvette d'essai pour la détermination de l'onde de surface (facteur d'ondulation) peut être utilisée.

4.2.2.2 Procédure de mesure

L'essai doit consister à placer l'éprouvette d'essai pour qu'elle repose sous son poids sur une plaque de surface de largeur suffisante pour que l'éprouvette d'essai ne surplombe pas les bords (voir Figure 1). La surface convexe de l'éprouvette d'essai doit être en contact avec la plaque de surface. La distance maximale (d) entre la surface inférieure de l'éprouvette d'essai et la plaque de surface doit être mesurée à l'aide d'un instrument ayant une résolution d'au moins 1 mm (voir Figure 3).

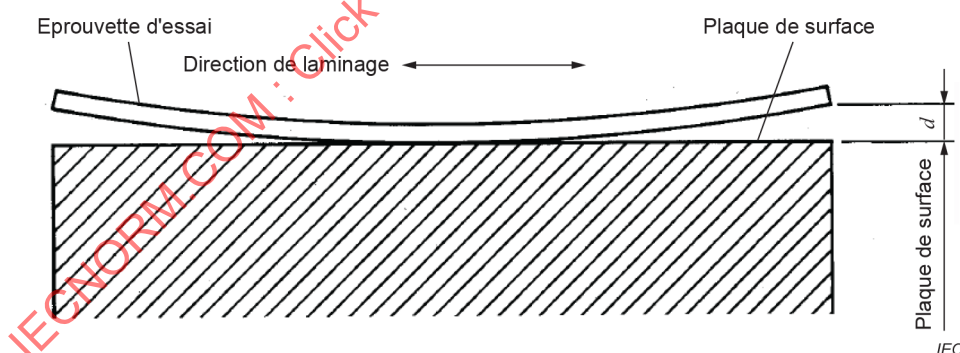


Figure 3 – Vérification de la courbure résiduelle (méthode horizontale)

4.2.3 Méthode verticale

4.2.3.1 Eprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai doit être constituée d'une longueur de bande ou d'une tôle, dont la longueur est définie dans la norme du produit. Si celle-ci n'est pas définie dans la norme du produit, la longueur doit être de 500 mm. Sa largeur doit être égale à la largeur fournie du produit. L'axe de l'éprouvette d'essai doit être parallèle à la direction de laminage du produit.

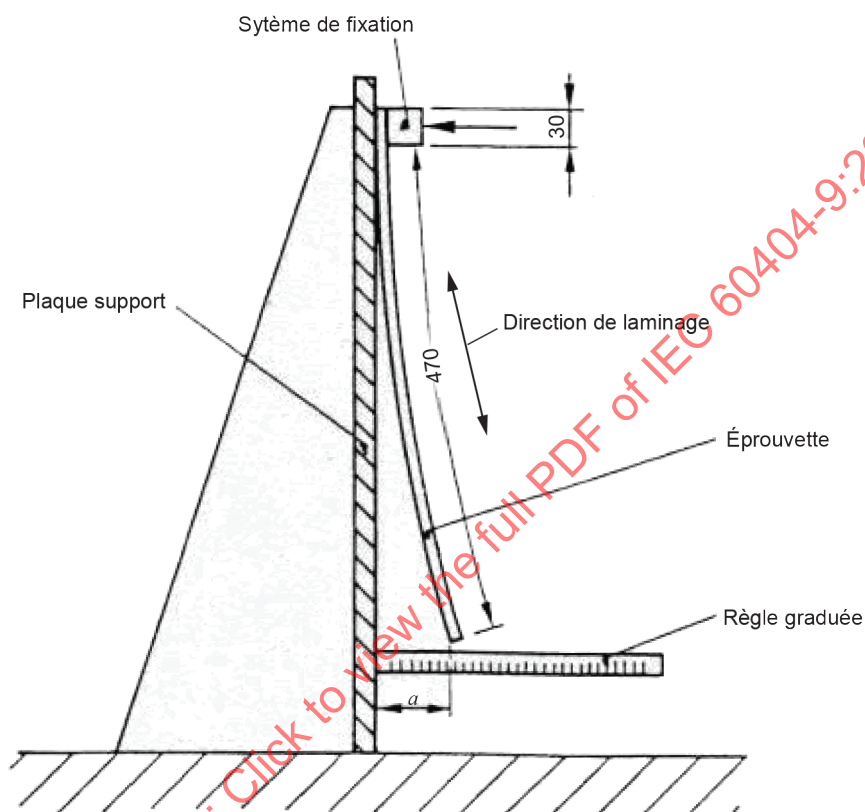
4.2.3.2 Procédure de mesure

L'essai doit consister à placer l'éprouvette d'essai verticalement contre une plaque support. La partie supérieure de l'éprouvette d'essai doit être maintenue contre la plaque support sur

une longueur de serrage de 30 mm avec sa surface convexe faisant face à la plaque de support. La distance maximale (a) entre la surface inférieure de l'éprouvette d'essai et la plaque support doit être mesurée au niveau de l'axe de l'éprouvette d'essai à l'aide d'une règle graduée ayant une résolution d'au moins 1 mm (voir Figure 4). La force de serrage doit être suffisante pour permettre que la largeur totale de l'éprouvette d'essai soit en contact avec la plaque support.

NOTE L'Annexe A donne des exemples du système de fixation.

Dimensions en millimètres



IEC

Figure 4 – Vérification de la courbure résiduelle (méthode verticale)

4.3 Rectitude

4.3.1 Éprouvette d'essai

L'éprouvette d'essai doit être constituée d'une longueur de bande ou d'une tôle, dont la longueur est définie dans la norme du produit. Si celle-ci n'est pas définie dans la norme du produit, la longueur doit être de 1 m. Sa largeur doit être égale à la largeur fournie du produit. L'axe de l'éprouvette d'essai doit être parallèle à la direction de laminage du produit. L'éprouvette d'essai pour la détermination de l'onde de surface (facteur d'ondulation) peut être utilisée.

4.3.2 Procédure de mesure

L'éprouvette d'essai doit être placée sur une plaque de surface (voir Figure 1). Une règle doit être placée en contact avec les extrémités du côté concave (voir Figure 5). La distance maximale (e) entre le bord et la règle doit être mesurée à l'aide d'un instrument ayant une résolution d'au moins 0,1 mm.

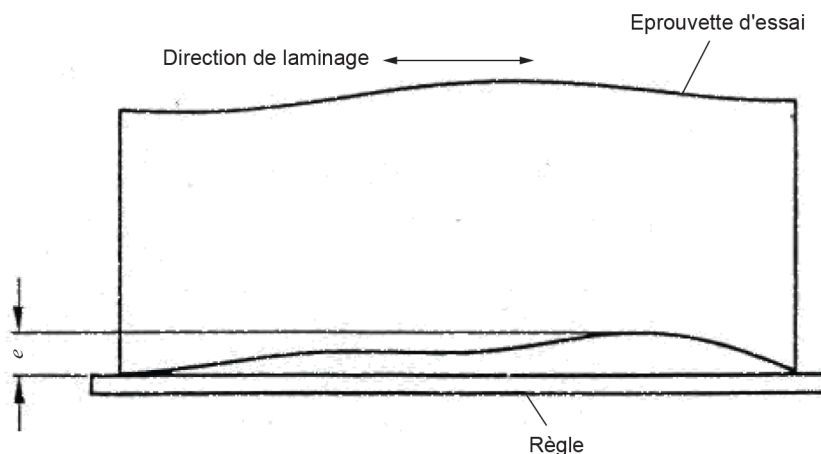


Figure 5 – Vérification de la rectitude

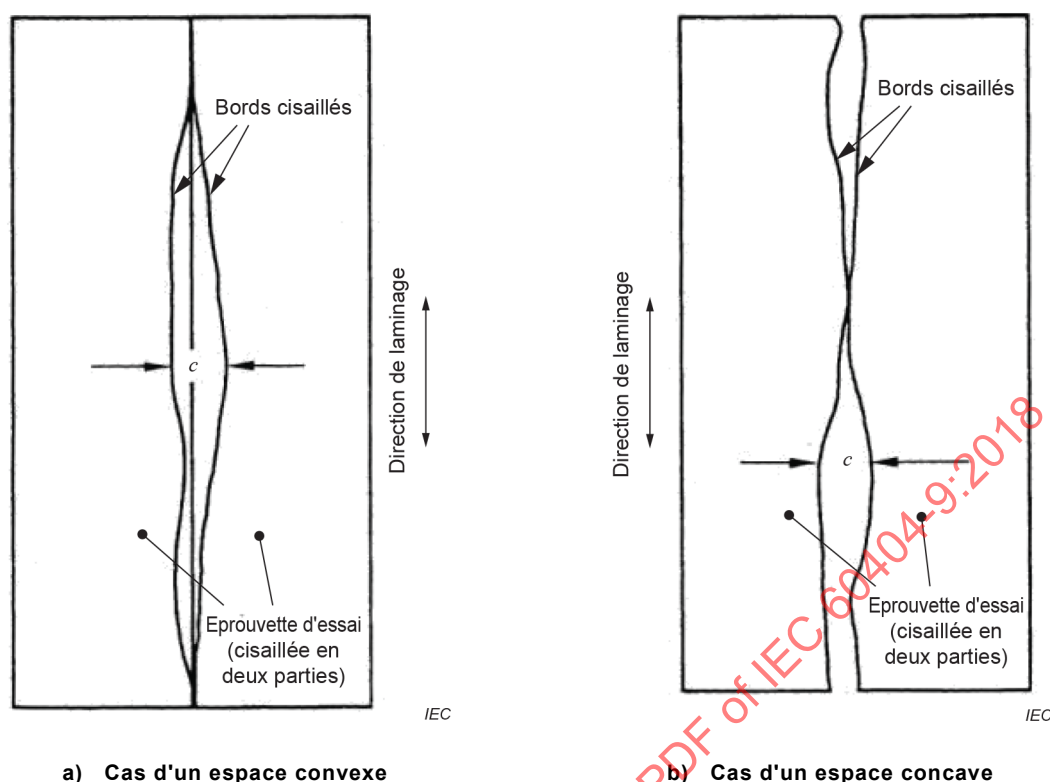
4.4 Ecart par rapport à la ligne de cisailage (contrainte interne)

4.4.1 Epreuve d'essai

L'épreuve d'essai doit être constituée d'une longueur de bande ou d'une tôle, dont la longueur est définie dans la norme du produit. Si celle-ci n'est pas définie dans la norme du produit, la longueur doit être de 1 m. Sa largeur doit être égale à la largeur fournie du produit. L'axe de l'épreuve d'essai doit être parallèle à la direction de laminage du produit. L'épreuve d'essai pour la détermination de l'onde de surface (facteur d'ondulation) peut être utilisée.

4.4.2 Procédure de mesure

L'épreuve d'essai doit être cisailée au milieu de la largeur, parallèlement à la direction de laminage du produit. Les deux parties, lesquelles ne doivent pas être retournées, doivent être lestées de façon à rester à plat sur la plaque de surface. Les deux bords cisillés doivent ensuite à nouveau être réunis de manière à obtenir l'écart le plus faible possible (voir Figure 6). La distance maximale (c) entre les deux bords cisillés doit être mesurée à l'aide d'un instrument ayant une résolution d'au moins 0,1 mm.



Anglais	Français
Sheared edges	Bords cisailés
Test specimen (sheared into two parts)	Epreuve d'essai (cisailée en deux parties)
Rolling direction	Direction de laminage

Figure 6 – Vérification de l'écart par rapport à la ligne de cisailage (contrainte interne)

4.5 Hauteur de bavure

4.5.1 Epreuve d'essai

L'épreuve d'essai doit être constituée d'une longueur de bande ou d'une tôle, dont la longueur est définie dans la norme du produit. Si celle-ci n'est pas définie dans la norme du produit, la longueur effective pour la mesure doit être de 1 m. Sa largeur doit être égale à la largeur fournie du produit. L'axe de l'épreuve d'essai doit être parallèle à la direction de laminage du produit. L'épreuve d'essai pour la détermination de l'onde de surface (facteur d'ondulation) peut être utilisée.

NOTE La longueur de 1 m de l'épreuve d'essai peut être vue comme étant supérieure à la circonférence de la lame de refendage, car l'état de la lame est un facteur déterminant essentiel pour la qualité du refendage.

4.5.2 Procédure de mesure

4.5.2.1 Généralités

La hauteur de bavure (h_b) doit être déterminée comme la différence entre les épaisseurs mesurées respectivement au niveau du bord refendu (h_2) de l'épreuve d'essai et à une distance de 10 mm du bord (h_1) (voir Figure 7).

Les épaisseurs doivent être mesurées à l'aide d'un micromètre manuel avec des enclumes non tournantes et une force de mesure constante, ou au moyen d'un dispositif de mesure linéaire.

La hauteur de bavure (h_b) doit se caractériser par la valeur maximale de tout bord refendu sur une longueur effective de 1 m.

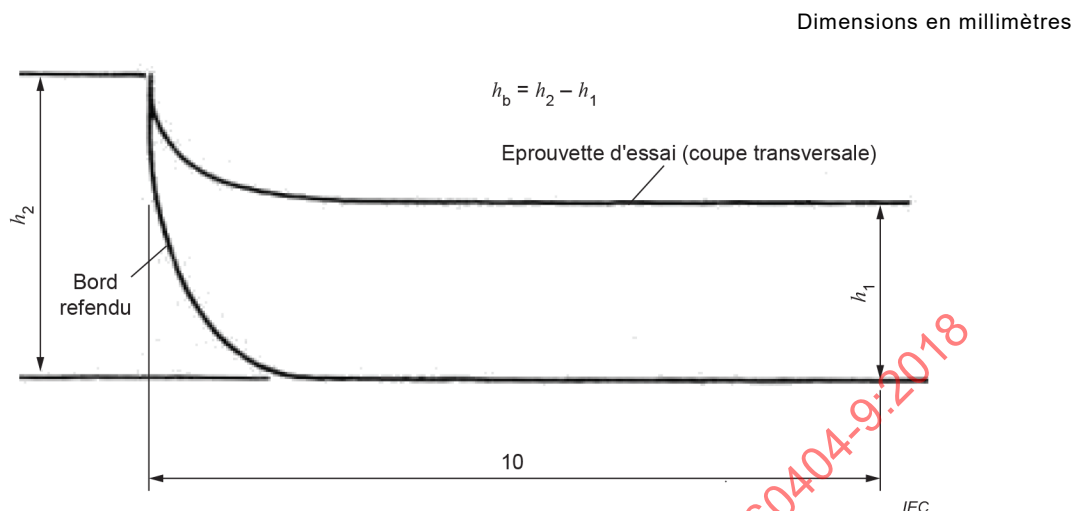


Figure 7 – Exemple de hauteur de bavure (h_b)

4.5.2.2 Mode opératoire à l'aide d'un micromètre manuel

La mesure doit être faite à l'aide d'un micromètre manuel ayant les caractéristiques suivantes:

- résolution: au moins 0,001 mm;
- incertitude: au moins 0,002 mm;
- enclumes: non rotatives;
- enclumes d'au moins 6 mm de diamètre;
- force appliquée à l'éprouvette d'essai: une force constante ne dépassant pas 10 N.

La force de mesure du micromètre ne doit pas dépasser 10 N. Une force comprise entre 4 N et 8 N est recommandée. Une telle plage de force assurerait une mesure suffisamment précise des bavures sans les aplatir.

L'épaisseur au niveau du bord refendu (h_2) et à une distance de 10 mm du bord (h_1) doit être mesurée (voir Figure 7). Les mesures doivent être faites sur une longueur du bord refendu à différentes positions par le micromètre.

4.5.2.3 Mode opératoire à l'aide d'un dispositif de mesure linéaire

La hauteur de bavure doit être déterminée à l'aide d'un dispositif de mesure linéaire comme un comparateur.

Le dispositif doit avoir les caractéristiques suivantes:

- résolution: au moins 0,001 mm;
- incertitude: au moins 0,002 mm;
- le mouvement axial de l'enclume coulissante doit être obtenu sans rotation;
- dimensions de l'enclume coulissante: 16 mm × 8 mm;
- force appliquée sur l'enclume coulissante: 4 N ± 0,2 N.

L'éprouvette d'essai doit être maintenue à plat sur une table de support. Le dispositif de mesure linéaire doit être fixé rigidement sur un support de manière à ce que le mouvement de l'enclume soit perpendiculaire à la table de support (voir Figure 8).