

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Specification for laminated pressboard –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour cartons comprimés et contrecollés –
Partie 2: Méthodes d'essai**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2023 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat
3, rue de 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 corrigendum or an amendment might have been published.

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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 once a month by email.

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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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 une fois par mois par email.

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.

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Specification for laminated pressboard –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour cartons comprimés et contrecollés –
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.99, 29.035.10

ISBN 978-2-8322-7876-5

**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.**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Specification for laminated pressboard –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour cartons comprimés et contrecollés –
Partie 2: Méthodes d'essai**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Conditioning of test specimens	8
4 Drying of test specimens	8
4.1 Method A (preferable)	8
4.2 Method B.....	8
5 Dimensions	8
5.1 Thickness.....	8
6 Mechanical tests.....	9
6.1 Flexural strength and load to produce a standard deflection	9
6.2 Apparent modulus of elasticity in flexure	10
7 Compressibility	10
7.1 Principle	10
7.2 Test apparatus	11
7.3 Test pieces.....	11
7.4 Procedure	11
7.5 Results.....	11
8 Electric strength in oil	12
8.1 General and conditioning.....	12
8.2 Electric strength along laminate (edgewise electric strength).....	12
9 Internal ply strength, thermal resistance and oil compatibility	12
9.1 Principle	12
9.2 Test specimens	12
9.3 Test apparatus	13
9.4 Procedure	13
9.5 Determination of the flexural strength.....	13
9.6 Results.....	13
10 Apparent density	14
10.1 Test specimens	14
10.2 Procedure	14
10.3 Results.....	14
11 Moisture content.....	15
12 Shrinkage in air after drying	15
12.1 Test specimens	15
12.2 Procedure	15
12.3 Results.....	15
12.1 Test apparatus	15
12.2 Test pieces.....	15
12.3 Procedure	16
12.4 Results.....	16
13 Oil absorption.....	17
13.1 Test specimens	17
13.2 Procedure	17

13.3 Results	17
14 Ash content	17
14.1 Procedure	17
14.2 Results	17
15 Contamination of liquid dielectrics	17
15.1 Apparatus	17
15.2 Test specimens	18
15.3 Procedure	18
15.4 Results	18
16 Conductivity of aqueous extract	18
16.1 Procedure	18
16.2 Results	18
17 pH of aqueous extract	18
Figure 1 – Position of test specimen in relation to length, width and thickness of sheet	19
Figure 2 – Size of the test specimens and arrangement of the electrodes for testing the electric strength along laminae (edgewise electric strength)	19
Figures 3 and 4 – Alternative forms of vented electrodes	20
Table 1 – Number of test specimens	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATION FOR LAMINATED PRESSBOARD –

Part 2: Methods of test

FOREWORD

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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60763-2 edition 2.1 contains the second edition (2007-02) [documents 15/360/FDIS and 15/373/RVD] and its amendment 1 (2023-11) [documents 15/1018/FDIS and 15/1024/RVD].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60763-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Solid electrical insulating materials.

This second edition constitutes a technical revision.

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

- a) The standard has generally been revised editorially and brought into line with IEC 60641-2.
- b) The test method for the determination of the internal ply strength has been replaced with an alternative method.
- c) The test method for the determination of the thermal resistance has been enlarged in its scope.

The list of all parts of the IEC 60763 series, under the general title *Specification for laminated pressboard*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under 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.

INTRODUCTION

This International Standard deals with laminated pressboard as defined in Clause 2 of IEC 60763-1.

IEC 60641 applies to pressboard which is not laminated, and the material covered by this International Standard is made from sheets conforming to the requirements of that publication.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

SPECIFICATION FOR LAMINATED PRESSBOARD –

Part 2: Methods of test

1 Scope

This part of IEC 60763 gives methods of test applicable for the material classified in IEC 60763-1.

2 Normative references

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

IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60247:2004, *Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and d.c. resistivity*

IEC 60250:1969, *Recommended methods for the determination of the permittivity and dielectric dissipation factor of electrical insulating materials at power, audio and radio frequencies including metre wavelengths.*

IEC 60296:2003, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60641-2:2004, *Pressboard and presspaper for electrical purposes – Part 2: Methods of tests*

IEC 60763-1:1983, *Specification for laminated pressboard – Part 1: Definitions, classification and general requirements*

IEC 61125:1992, *Unused hydrocarbon-based insulating liquids – Test methods for evaluating the oxidation stability*

IEC 62021-1:2003, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 1: Automatic potentiometric titration*

ISO 287:1985, *Paper and board – Determination of moisture content – Oven-drying method*

ISO 2144:1997, *Paper, board and pulps – Determination of residue (ash) on ignition at 900 degrees C*

3 Conditioning of test specimens

Since the conditioning of laminated pressboard is very time-consuming, the material is tested either as received or dried. Only in case of dispute shall the material be conditioned according to the following procedure.

The conditioning shall be made at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ and $(50 \pm 5)\%$ relative humidity until the moisture content of the specimen reaches 5,5 % to 8 %. The conditioning shall be approached from the dry side after drying at $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$ for a period sufficient to ensure that the conditioning atmosphere produces a mass increase in the specimen.

4 Drying of test specimens

4.1 Method A (preferable)

The test specimens shall be dried at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(24 \pm 1)\text{ h}$ in an oven with forced air circulation and subsequently at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(48 \pm 2)\text{ h}$ in a vacuum chamber at a residual pressure of not more than 1 kPa. The specimens shall then be removed and allowed to cool in a desiccator before the test.

4.2 Method B

Test specimens shall be dried in a ventilated oven at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(168 \pm 8)\text{ h}$ at atmospheric pressure. When test pieces of the specified size are dried according to method B, test results similar to the test results obtained after drying according to method A may be expected.

5 Dimensions

5.1 Thickness

5.1.1 Test apparatus

An external screw-type micrometer having measuring faces of 6 mm to 8 mm diameter shall be used for testing. The measuring faces shall be flat to within 0,001 mm and parallel to within 0,003 mm. The micrometer shall be graduated in divisions of 0,01 mm and have an accuracy of $\pm 0,005\text{ mm}$. The pressure exerted on the specimens shall be 0,1 MPa to 0,3 MPa.

5.1.2 Procedure

The thickness of the laminated pressboard sheet shall be measured to the nearest 0,01 mm in the as-received condition at eight points, two along each edge, but not less than 20 mm from the edge.

In case of dispute, a strip $(40 \pm 1)\text{ mm}$ wide shall be cut across the full width of the sheet and, from this strip, at eight equally spaced positions eight test specimens shall be cut, each not less than 40 mm long. The test specimens shall be conditioned in accordance with Clause 3 and the thickness of each measured at a point near the centre of each test specimen.

5.1.3 Result

The central value of the eight measurements shall be taken as the result, and the minimum and maximum values obtained shall be reported.

5.1.4 Flatness

When any laminated pressboard sheet is placed without restraint, concave side up, on a flat surface, the departure at any point of the upper surface of the sheet from a light straight edge of (1000 ± 10) mm or (500 ± 5) mm, laid in any direction upon it, shall not exceed the value given in IEC 60763-3 appropriate to the material, its thickness and length of straight edge. The mass of the straight edge shall not exceed (500 ± 5) g.

6 Mechanical tests

6.1 Flexural strength and load to produce a standard deflection

6.1.1 General

The test shall be carried out with the load applied perpendicular to the laminations.

6.1.2 Test specimens

Rectangular strips (20 ± 1) mm wide and of a length of not less than 20 times the measured thickness shall be used. The thickness is that of the board under test except that, when the measured thickness of a test piece exceeds 20 mm, the thickness shall be reduced to (20 ± 1) mm, one face of the test piece being left intact.

Five tests shall be carried out on specimens cut in machine direction (direction A) and five in cross-machine direction (direction B). (See definitions of directions A and B given in Figure 1.)

If the machine direction is not known, five specimens shall be cut with their length parallel to one of the edges of the sheet and five specimens at right angle thereto. The set of test specimens giving the highest value of flexural strength is deemed to have been cut with the length in machine direction.

6.1.3 Test apparatus

Universal testing apparatus designed to bend a test piece of given dimensions at an appropriate constant rate of bending and to measure the force and the deflection at midpoint of the test piece. A test rig for the determination of the three-point bending strength.

6.1.4 Conditioning

Test specimens shall be dried in accordance with Clause 4.

6.1.5 Procedure

After cooling in a desiccator, the width of the test specimen shall be immediately measured with an accuracy of $\pm 0,1$ mm and the thickness with an accuracy of $\pm 0,02$ mm, and the test specimen shall be immediately placed lengthwise symmetrically across two parallel supports. Where one surface has been removed, the original, intact surface shall rest on the two supports.

Where they are in contact with the test specimen, the surfaces of the supports shall have a radius of $(5 \pm 0,2)$ mm. The distance between the supports shall be 16 times the nominal thickness of the test specimen and shall be measured with an accuracy of $\pm 0,5$ %. The load shall be applied across the width of the test specimen by means of a loading member parallel with, and mid-way between, the supports. The radius of the end of the loading member shall be $(5 \pm 0,2)$ mm.

The load shall be increased steadily from zero to rupture by relative movement of the loading member and the supports at a constant rate. This rate of movement (which is the rate of deflexion of midpoint of the test specimen) shall be $(5 \pm 0,5)$ mm/min.

The load at a standard deflection of 0,4 mm shall be noted.

The maximum load shall be noted.

6.1.6 Results

The flexural strength σ_f in MPa of the test specimen shall be calculated as follows:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \cdot F \cdot L}{bh^2}$$

where

F is the maximum load (in N);

L is the distance between the supports (in mm);

b is the width of the test specimen (in mm);

h is the thickness of the test specimen (mm).

The flexural strength and load to produce the standard deflection in the machine and cross-machine direction shall be reported, as the central value of the results from the five test specimens, cut in each direction.

6.2 Apparent modulus of elasticity in flexure

The apparent modulus of elasticity in flexure E in MPa can be calculated from the load at 0,4 mm deflection according to 6.1.4 using the following formula:

$$E_B = \frac{L^3}{4b \cdot h^3} \cdot \frac{F}{0,4}$$

where

L is the distance between the supports (in mm);

b is the width of the test specimen (in mm);

h is the thickness of the test specimen (in mm);

F is the load at deflection of 0,4 mm (in N).

The apparent modulus of elasticity in flexure in the machine and cross-machine direction shall be reported, as the central value of the results from the five test specimens, cut in each direction.

7 Compressibility

7.1 Principle

To determine the compressibility of laminated pressboard, a stack of test pieces shall be subjected to a low pressure (bedding pressure), followed by an increase of the pressure to a defined value (final pressure). The percentage change in the thickness of the pad is a measure of the compressibility of the material.

Subsequently, the pressure shall be decreased again to the bedding pressure. The percentage changes in the thickness of the pad allows the calculation of the reversible/residual compressibility of the material.

7.2 Test apparatus

Universal testing apparatus designed to compress a test piece of given dimensions at an appropriate constant rate of compression and to measure the compressive force and the deflection of the test piece. A test rig with parallel steel plates, parallel within 0,2 mm, and an area greater than the area of the test piece itself.

7.3 Test pieces

A sufficient number of square test pieces with an edge length of $(25 \pm 0,5)$ mm shall be cut. The number of test pieces shall be chosen so that three stacks of a height of 25 mm to 85 mm can be made. For materials of a thickness greater than 85 mm, the specimens shall be machined only on one face to a thickness of $(85 \pm 0,25)$ mm. All edges of the test specimens shall be free of burrs. The test pieces shall be dried in accordance with Clause 4.

7.4 Procedure

A stack of test pieces shall be placed between the plates of the test rig. A bedding pressure of $(1 \pm 0,1)$ MPa shall be applied for at least 5 min and then the height h_0 of the stack shall be measured with an accuracy of $\pm 0,1$ mm.

The pressure shall be increased to $(20 \pm 0,1)$ MPa. During this operation, the rate of displacement of the moving plate shall be (5 ± 1) mm per minute. This pressure shall be maintained for 5 min minimum.

The difference in height Δh_1 from h_0 of the stack shall be measured with an accuracy of $\pm 0,01$ mm.

The pressure shall be reduced to $(1 \pm 0,1)$ MPa and kept for not less than 5 min.

The difference in height Δh_2 from h_0 of the stack shall be measured with an accuracy of $\pm 0,01$ mm after the bedding pressure has been restored.

7.5 Results

The following calculated values shall be reported.

Compressibility (in %):

$$C = \frac{\Delta h_1}{h_0} \times 100$$

Residual amount of the compressibility (in %):

$$C_{\text{res}} = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \times 100$$

Reversible amount of the compressibility (in %):

$$C_{\text{rev}} = \frac{\Delta h_1 - \Delta h_2}{\Delta h_1} \times 100$$

All three values shall be reported. The central value shall be taken as the result.

8 Electric strength in oil

8.1 General and conditioning

Electric strength shall be determined by the method specified in IEC 60243-1. The test shall be carried out in mineral oil Class II (see IEC 60296) at $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. The specimens shall be dried and oil-impregnated as described in the test for oil absorption (see Clause 13), except that the vacuum drying time shall be $(48 \pm 4)\text{ h}$. Drying and impregnation shall be carried out after machining. After drying and impregnation, the specimens shall be placed in position between the electrodes. At no time between impregnation and testing the specimens shall be exposed to the atmosphere.

8.2 Electric strength along laminate (edgewise electric strength)

8.2.1 Method 1 for materials with a thickness of more than 25 mm

Five specimens shall be tested. The size of the test specimens and the arrangements of the electrodes shall be as shown in Figure 2.

The cylindrical electrodes shall be $(6 \pm 0,1)\text{ mm}$ in diameter and have hemispherical ends. Each hole shall be not more than $0,1\text{ mm}$ greater in diameter than each electrode diameter.

Alternative forms of vented electrodes are shown in Figure 3. When electrodes with slots are used, these slots shall be diametrically opposed to the gap between the electrodes.

The holes shall be pre-drilled by a normal point ground drill down to the outermost glue-layer. By means of a specially ground, well-sharpened drill with a radius of $(3 \pm 0,1)\text{ mm}$, the final drilling shall be carried out so that the outermost glue layer is broken through. The drilling shall be done with great care so that the test specimen is not subjected to mechanical or thermal stresses and the drill does not break through the outermost layer. The application of voltage shall be in accordance with 9.1 of IEC 60243-1. The breakdown voltage shall be taken as the result. The central value of the five tests and the lowest value shall be reported.

8.2.2 Method 2 for materials with a thickness between 10 mm and 25 mm

Five specimens shall be tested. Test specimens of full thickness with a width of $(10 \pm 0,2)\text{ mm}$ and a length of $(50 \pm 1)\text{ mm}$ shall be cut so that exact parallel planes forming right angles to the surface of the material are produced. The electrodes shall be in accordance with Figure 6 of IEC 60243-1. The application of voltage shall be in accordance with 9.1 of IEC 60243-1. The breakdown voltage shall be taken as the result. The central value of the five tests and the lowest value shall be reported.

9 Internal ply strength, thermal resistance and oil compatibility

9.1 Principle

The test consists of determining the change of flexural strength of the material at room temperature and at 120 °C and before and after ageing in oil.

9.2 Test specimens

Rectangular strips $(10 \pm 1)\text{ mm}$ wide and of a length of $(10 \pm 0,5)$ times the measured thickness shall be used. The thickness shall be that of the board under test except that, when the measured thickness of a test piece exceeds 15 mm , the thickness shall be reduced to $(15 \pm 0,5)\text{ mm}$, one face of the test piece being left intact.

Twenty test specimens cut in machine direction and 20 test specimens cut in cross- machine direction shall be prepared.

9.3 Test apparatus

Universal testing apparatus designed to bend a test piece of given dimensions at an appropriate constant rate of bending and to measure the force and the deflection at midpoint of the test piece. A test rig for the determination of the three-point bending strength.

9.4 Procedure

All the specimens shall be dried according to Clause 4, Method A. Twenty of the dried specimens shall be tested as indicated in Table 1.

The rest of the specimens shall be oil-impregnated according to 13.2. Ten oil-impregnated specimens shall be tested according to Table 1.

The oil vessel with the remaining 10 test specimens shall be placed in an oven with forced air circulation at $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$. The vessel shall be covered with aluminum foil. After $(168 \pm 4)\text{ h}$, the heating shall be switched off and the oil allowed to cool down to ambient temperature. Ten aged samples shall be tested according to Table 1.

Table 1 – Number of test specimens

Orientation of the board	Dried		Oil-impregnated	Oil-impregnated and aged
Test temperature	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$	$120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$
Machine direction	5	5	5	5
Cross-machine direction	5	5	5	5

9.5 Determination of the flexural strength

The test shall be carried out with the load applied perpendicular to the laminations. After cooling in a desiccator, the width of the test specimen shall be immediately measured with an accuracy of $\pm 0,1\text{ mm}$ and the thickness with an accuracy of $\pm 0,02\text{ mm}$; the test specimen shall be immediately placed symmetrically across two parallel supports. Where one surface has been removed, the original, intact surface should rest on the two supports.

The surfaces of the supports where they are in contact with the test specimen shall have a radius of $(5 \pm 0,2)\text{ mm}$. The distance between the supports shall be $(6,6 \pm 0,2)$ times the nominal thickness of the test specimen and shall be measured to within 0,5 %. The load shall be applied uniformly across the width of the test specimen by means of a loading member parallel with, and mid-way between, the supports. The radius of the end of the loading member shall be $(5 \pm 0,1)\text{ mm}$.

The load shall be increased steadily from zero by relative movement of the loading member and the supports at a constant rate. This rate of movement (which is the rate of deflexion of midpoint of the test specimen) shall be $(5 \pm 0,5)\text{ mm/min}$.

The maximum load shall be noted.

The location of the rupture – within pressboard, within glue line, interface board/glue – shall be noted.

9.6 Results

The flexural strength σ_f in MPa of the test specimen shall be calculated as follows:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \cdot F \cdot L}{bh^2}$$

where

F is the maximum load (in N);

L is the distance between the supports (in mm);

b is the width of the test specimen (in mm);

h is the thickness of the test specimen (in mm).

The internal ply adhesion is indicated by the location of the rupture.

The thermal resistance is expressed in terms of percentage retention of the measured flexural strength of the dry samples tested at 120 °C relative to the strength at 23 °C.

The oil compatibility is expressed in terms of percentage retention of the measured properties of the oil-impregnated samples tested at 23 °C relative to the properties of the dry samples tested at 23 °C.

The resistance to ageing in oil is expressed in terms of percentage retention of the measured properties of the samples aged at 120 °C relative to the properties of the oil-impregnated, non-aged samples.

The central values of the thermal resistance, the oil compatibility and the resistance to ageing shall be taken as the results.

10 Apparent density

10.1 Test specimens

The test shall be carried out on three conditioned test pieces; one determination shall be made on each of the three test pieces.

Rectangular test pieces of an area not less than 100 cm² shall be used.

10.2 Procedure

The mass of the test specimen shall be measured to an accuracy of $10^{-4} \times$ the mass of the test piece.

Two measurements of the length and two of the width of each test piece to an accuracy of 0,1 mm shall be made at points at least 12 mm from the corners.

The thickness shall be determined by making eight measurements as indicated in 5.1 and the mean value of the measurements calculated.

10.3 Results

The apparent density ρ (the mass to volume ratio) shall be expressed as g/cm³.

$$\rho = \frac{m}{s \times l \times w} \times 10^3$$

where

m is the mass, in g;

s is the mean of the eight thickness measurements (in mm);

l is the mean of the two length measurements (in mm);

w is the mean of the two width measurements (in mm)

All three values shall be reported. The central value shall be taken as the result.

11 Moisture content

The moisture content in the as-received condition shall be measured according to a method based on ISO 287.

Three test specimens of at least 50 g mass, preferably measuring 100 mm × 25 mm × original thickness in the as-received condition, shall be weighed with an accuracy of ±1 mg, then dried and cooled in accordance with Clause 3 and reweighed to the same accuracy as before. The moisture content is the loss of mass expressed as a percentage of the original mass. The central value of the three measurements shall be taken as the result; the other two values shall be reported.

12 Shrinkage ~~in air after drying~~

~~12.1 Test specimens~~

~~Six specimens measuring approximately 50 mm × 300 mm shall be cut, three being in machine direction A and three in cross-direction B (see Figure 1).~~

~~12.2 Procedure~~

~~After the specimens have been conditioned in accordance with Clause 3, their lengths and thicknesses shall be measured, one measurement being made of the length of each specimen and one of the thickness which shall be made at a point not less than 20 mm from an edge.~~

~~The specimens shall then be dried in accordance with Clause 4.~~

~~After cooling to room temperature in a desiccator, the length and thickness shall be measured again. The length before and after drying shall be measured with an accuracy of ± 0,05 mm; the thickness with an accuracy of ± 0,01 mm.~~

~~12.3 Results~~

~~The shrinkage in length shall be calculated for the directions A and B as the percentage change in dimensions of the original measurements of the conditioned test specimens. For each direction, the central value shall be taken as the result; the other two values shall be reported. For the shrinkage in thickness the central value shall be taken as the result; the highest and lowest values shall be reported.~~

12.1 Test apparatus

Calliper gauge with a measuring length of 300 mm and an accuracy of ± 0,03 mm.

Screw type micrometer as specified in 5.1.1.

12.2 Test pieces

Cut six test pieces measuring 30 mm × 250 mm with an accuracy of ± 1 mm, three being in the machine direction and three in the cross-machine direction. The thickness is that of the

board under test except that, when the measured thickness of a test piece exceeds 20 mm, the thickness shall be reduced to (20 ± 1) mm, one face of the test piece being left intact.

12.3 Procedure

Condition the test pieces according to Clause 3. Determine the moisture content of the conditioned test piece according to Clause 11.

Weigh the test piece on a precision balance with an accuracy of 0,1 g.

Measure the length of the test piece with calliper gauge.

Measure the thickness of the test piece at three equally spaced, marked positions along the length using a micrometer as specified in Clause 5.

Dry the test pieces as described in 4.1.

After cooling to room temperature in a desiccator, the length and thickness shall be measured again. The test specimen is weighed. The length before and after drying shall be measured with an accuracy of $\pm 0,05$ mm; the thickness with an accuracy of $\pm 0,01$ mm.

12.4 Results

The moisture content in % is calculated as follows:

$$X = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100$$

where

X = moisture content, in %;

m_0 = mass of test specimen before drying, in g;

m_1 = mass of test specimen after drying, in g.

The shrinkage in length for both directions and the shrinkage in thickness are calculated as the difference in dimension before and after drying, taken as a percentage of the dimension before drying of the conditioned test piece.

$$S = \frac{D_0 - D_1}{D_0} \cdot 100$$

where

S = shrinkage in %;

D_0 = dimension before drying;

D_1 = dimension after drying.

Report all three values for each three directions together with the moisture content of the test pieces before drying. The central value shall be taken as the result.

13 Oil absorption

13.1 Test specimens

The test shall be carried out on three specimens each 100 mm × 25 mm and of the same thickness as the material under test.

13.2 Procedure

The specimens shall be dried in accordance with Clause 4, Method A, and the mass then determined to the nearest milligram.

The specimens shall be placed in a vacuum chamber, the temperature raised to $90\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ and the pressure reduced to not more than 1 kPa.

This temperature and pressure shall be maintained for 1 h. Then oil conforming to the requirements of Class II in IEC 60296, preheated to $90\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, shall be admitted at a rate slow enough to ensure that the pressure does not rise above 2,5 kPa.

When the specimens are completely submerged, using sinkers if necessary, the pressure shall be allowed to rise slowly to atmospheric pressure and the heating switched off. The specimens shall be left under oil for $(24 \pm 1)\text{ h}$. The specimens shall then be taken from the oil and the surplus oil removed with blotting paper. The clean specimens shall then be weighed to the same accuracy as before and the mass of the absorbed oil determined.

13.3 Results

The results shall be expressed as the percentage of the mass of oil absorbed in relation to the original mass of the dried samples. The central value of the three determinations shall be taken as the result and the other two shall be reported.

14 Ash content

14.1 Procedure

The amount of residue of material left after incineration of the material in the as-received condition shall be determined according to the method described in ISO 2144. The mass of the specimen shall be at least 5 g and the sample shall be taken so that the glue/cellulose ratio is representative of the board under test. Three determinations shall be made.

14.2 Results

The central value obtained shall be taken as the result, based on oven-dry material (calculated from determination of moisture content according to 9.3); the highest and lowest values are reported.

15 Contamination of liquid dielectrics

15.1 Apparatus

- A conductivity cell according to IEC 60247.
- A cell for the determination of the dissipation factor of liquids according to IEC 60250.
- A vessel to contain oil, of neutral or borosilicate glass with a volume of at least 1 l in which an atmosphere of dry nitrogen may be maintained above the oil.
- An oven with forced air circulation, controllable to $100\text{ °C} \pm 1\text{ K}$.
- Clean metal tongs.

- Dry oil (Class II of IEC 60296) whose neutralization value and dissipation factor at 90 °C and 48 Hz to 62 Hz have been determined.

NOTE Cells of Figures 2 and 3 of IEC 60250 are also usable for resistivity measurement and accordingly described in IEC 60247.

15.2 Test specimens

A sufficient amount of material finely cut into pieces thinner than 1 mm and with a surface area of about 1 cm² and that has been dried at 105 °C ± 2 K for a period of at least 16 h. The specimens shall be handled by means of clean metal tongs.

15.3 Procedure

In the vessel (75 ± 0,1) g of the specimens shall be immersed in (750 ± 5) cm³ of the oil. It is advisable to check the cleanliness of the vessel. An atmosphere of dry nitrogen shall be maintained above the oil. The vessel containing the oil with the specimens together with an identical vessel containing the same oil as blank shall be heated at 100 °C ± 1 K for a period of (168 ± 4) h.

After this period, the neutralization value according to IEC 62021-1, the sludge content according to IEC 61125 and the dissipation factor according to IEC 60247 at 90 °C ± 1 K and 48 Hz to 62 Hz shall be measured for both the test oil and the blank.

15.4 Results

The difference between the two values obtained shall be taken as the result.

16 Conductivity of aqueous extract

16.1 Procedure

The test shall be carried out as described in IEC 60641-2 but specimens shall be taken so that the glue/cellulose ratio is representative of the whole thickness of the board. If strips are used, these should be not larger than 20 mm × 3 mm but smaller subdivisions may be used provided the glue/cellulose ratio is maintained.

16.2 Results

The conductivity shall be expressed in millisiemens per metre (mS/m).

17 pH of aqueous extract

The test shall be carried out as described in IEC 60641-2 but using an extract prepared as in 16.1.

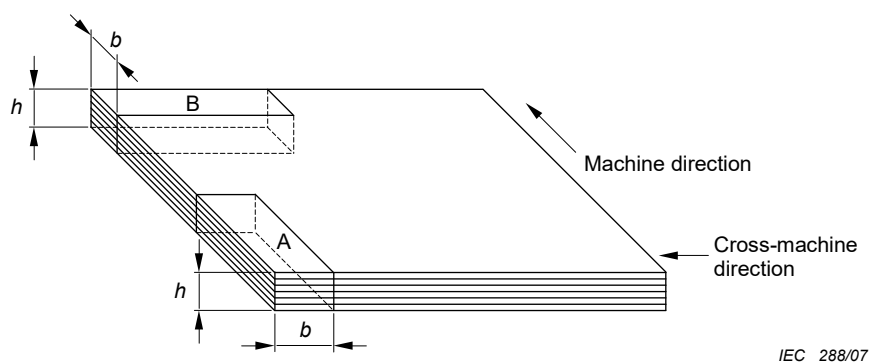


Figure 1 – Position of test specimen in relation to length, width and thickness of sheet

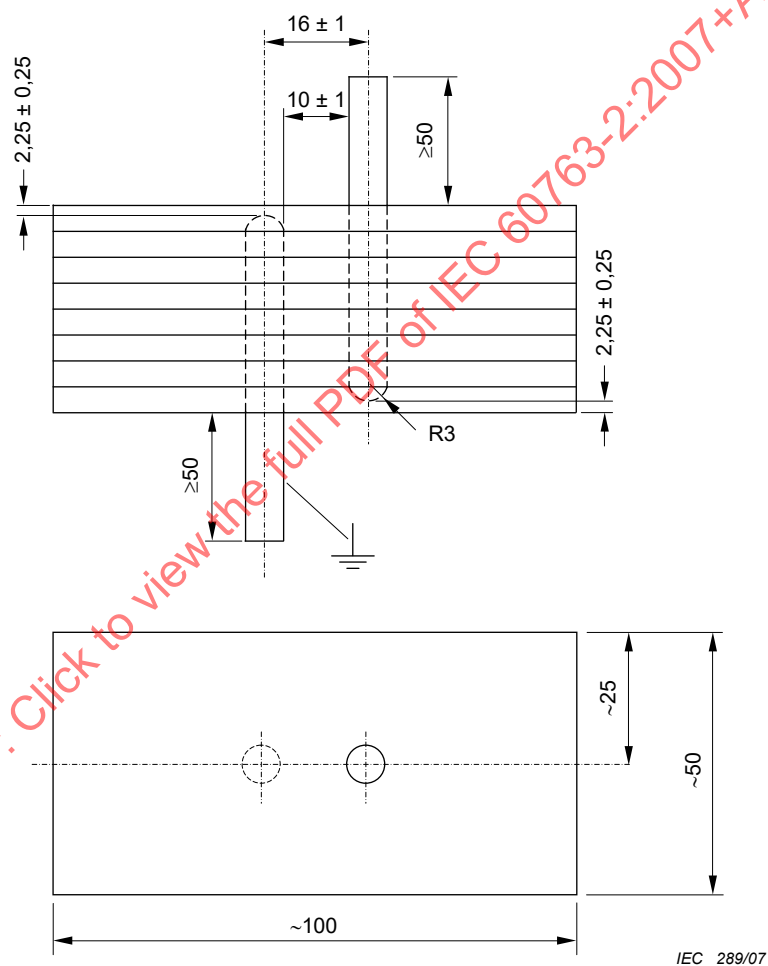
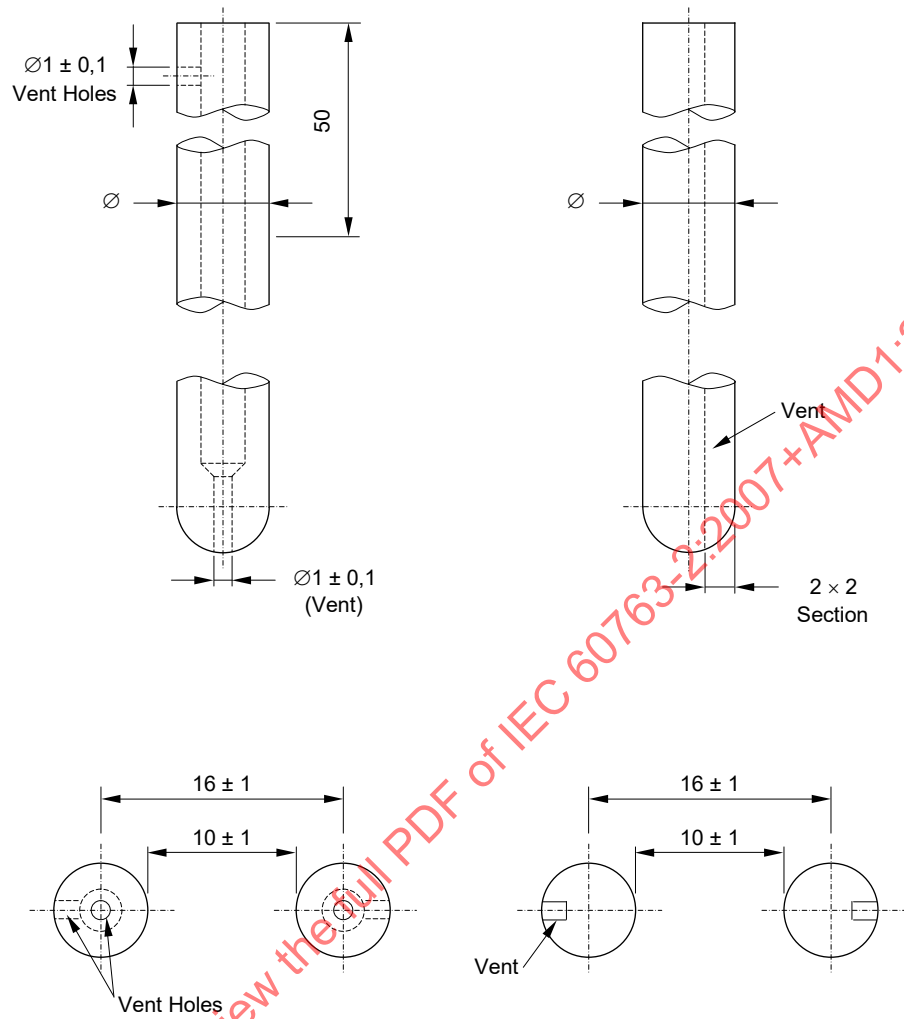


Figure 2 – Size of the test specimens and arrangement of the electrodes for testing the electric strength along laminae (edgewise electric strength)



Figures 3 and 4 – Alternative forms of vented electrodes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION	26
1 Domaine d'application	27
2 Références normatives	27
3 Conditionnement des éprouvettes d'essai	27
4 Séchage des éprouvettes d'essai	28
4.1 Méthode A (préférable)	28
4.2 Méthode B	28
5 Dimensions	28
5.1 Epaisseur	28
6 Essais mécaniques	29
6.1 Résistance à la flexion et contrainte produisant une flèche conventionnelle	29
6.2 Module d'élasticité apparent à la flexion	30
7 Compressibilité	30
7.1 Principe	30
7.2 Appareillage d'essai	30
7.3 Eprouvettes	31
7.4 Mode opératoire	31
7.5 Résultats	31
8 Rigidité électrique dans l'huile	32
8.1 Généralités et conditionnement	32
8.2 Rigidité diélectrique le long des lignes de colle (rigidité diélectrique sur l'arête)	32
9 Résistance à la traction des couches internes, résistance thermique et compatibilité avec l'huile	32
9.1 Principe	32
9.2 Eprouvettes d'essai	32
9.3 Appareillage d'essai	33
9.4 Mode opératoire	33
9.5 Détermination de la résistance à la flexion	33
9.6 Résultats	34
10 Masse volumique apparente	34
10.1 Eprouvettes d'essai	34
10.2 Mode opératoire	34
10.3 Résultats	34
11 Teneur en humidité	35
12 Retrait dans l'air après séchage	35
12.1 Eprouvettes d'essai	
12.2 Mode opératoire	
12.3 Résultats	
12.1 Appareillage d'essai	35
12.2 Eprouvettes	36
12.3 Mode opératoire	36
12.4 Résultats	36
13 Absorption d'huile	37

13.1	Eprouvettes d'essai	37
13.2	Mode opératoire	37
13.3	Résultats	37
14	Teneur en cendre	37
14.1	Mode opératoire	37
14.2	Résultats	37
15	Contamination des diélectriques liquides	37
15.1	Appareillage	37
15.2	Eprouvettes d'essai	38
15.3	Mode opératoire	38
15.4	Résultats	38
16	Conductivité de l'extrait aqueux	38
16.1	Mode opératoire	38
16.2	Résultats	38
17	pH de l'extrait aqueux	38
Figure 1 – Position de l'éprouvette d'essai en fonction de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur de la feuille		39
Figure 2 – Taille des éprouvettes d'essai et disposition des électrodes pour l'essai de rigidité diélectrique le long des lignes de colle (rigidité diélectrique sur l'arête)		39
Figures 3 et 4 – Autres formes d'électrodes munies d'un orifice de sortie		40
Tableau 1 – Nombre d'éprouvettes d'essai		33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATION POUR CARTONS COMPRIMÉS ET CONTRECOLLÉS –

Partie 2: Méthodes d'essai

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60763-2 édition 2.1 contient la deuxième édition (2007-02) [documents 15/360/FDIS et 15/373/RVD] et son amendement 1 (2023-11) [documents 15/1018/FDIS et 15/1024/RVD].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60763-2 a été établie par le comité d'études 15 de l'IEC: Matériaux isolants électriques solides.

Cette deuxième édition constitue une révision technique.

La présente édition comporte les modifications techniques significatives suivantes par rapport à l'édition précédente.

- a) D'une manière générale, la norme a été révisée et mise en conformité avec l'IEC 60641-2.
- b) La méthode d'essai permettant de déterminer la résistance à la traction des couches internes a été remplacée par une autre méthode.
- c) Le domaine d'application de la méthode d'essai permettant de déterminer la résistance thermique a été élargi.

La liste de toutes les parties de l'IEC 60763, sous le titre général *Spécification pour cartons comprimés et contrecollés*, est disponible sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À 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.

INTRODUCTION

La présente Norme internationale traite des cartons comprimés et contrecollés définis à l'Article 2 de l'IEC 60763-1.

L'IEC 60641 est applicable aux cartons comprimés non contrecollés; le matériau couvert par la présente Norme internationale est constitué de feuilles conformes aux exigences de cette publication.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

SPÉCIFICATION POUR CARTONS COMPRIMÉS ET CONTRECOLLÉS –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60763 expose les méthodes d'essai applicables aux matériaux classés dans l'IEC 60763-1.

2 Références normatives

Les documents référencés suivants sont indispensables à l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document référencé (y compris ses amendements) s'applique.

IEC 60243-1:1998, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 60247:2004, *Liquides isolants – Mesure de la permittivité relative, du facteur de dissipation diélectrique ($\tan \delta$) et de la résistivité en courant continu*

IEC 60250:1969, *Méthodes recommandées pour la détermination de la permittivité et du facteur de dissipation diélectrique des isolants électriques aux fréquences industrielles, audibles et radioélectriques (ondes métriques comprises)*

IEC 60296:2003, *Fluides pour applications électrotechniques – Huiles minérales isolantes neuves pour transformateurs et appareillages de connexion*

IEC 60641-2:2004, *Carton comprimé et papier comprimé à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60763-1:1983, *Spécification pour cartons comprimés et contrecollés – Partie 1: Définitions, classification et prescriptions générales*

IEC 61125:1992, *Isolants liquides neufs à base d'hydrocarbures – Méthodes d'essai pour évaluer la stabilité à l'oxydation*

IEC 62021-1:2003, *Liquides isolants – Détermination de l'acidité – Partie 1: Titration potentiométrique automatique*

ISO 287:1985, *Papier et carton – Détermination de l'humidité – Méthode par séchage à l'étuve*

ISO 2144:1997, *Papier, carton et pâtes – Détermination du résidu (cendres) après incinération à 900 degrés C*

3 Conditionnement des éprouvettes d'essai

Etant donné que le conditionnement des cartons comprimés et contrecollés prend beaucoup de temps, le matériau est soumis à essai à l'état de livraison ou séché. Le matériau doit être conditionné selon le mode opératoire suivant en cas de litige uniquement.

Le conditionnement doit être réalisé à $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative tant que la teneur en humidité de l'éprouvette n'est pas comprise entre $5,5\%$ et 8% . Le conditionnement doit être approché du côté sec après séchage à $70\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ pendant une période suffisante pour s'assurer que l'atmosphère de conditionnement produise une augmentation de la masse dans l'éprouvette.

4 Séchage des éprouvettes d'essai

4.1 Méthode A (préférable)

Les éprouvettes d'essai doivent être séchées à $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant $(24 \pm 1)\text{ h}$ dans une étuve à ventilation forcée, et par la suite à $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant $(48 \pm 2)\text{ h}$ dans une enceinte à vide sous une pression résiduelle inférieure ou égale à 1 kPa . Les éprouvettes doivent ensuite être retirées et mises à refroidir sous dessiccateur avant l'essai.

4.2 Méthode B

Les éprouvettes d'essai doivent être séchées dans une étuve à ventilation forcée à $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant $(168 \pm 8)\text{ h}$ à la pression atmosphérique. Si les éprouvettes de la taille spécifiée sont séchées conformément à la méthode B, les résultats d'essai analogues aux résultats d'essai obtenus après séchage conformément à la méthode A peuvent être attendus.

5 Dimensions

5.1 Epaisseur

5.1.1 Appareillage d'essai

Un micromètre à vis externe muni de touches de 6 mm à 8 mm de diamètre doit être utilisé pour les essais. Ces touches doivent être planes à $0,001\text{ mm}$ près et parallèles à $0,003\text{ mm}$ près. Le micromètre doit être gradué en divisions de $0,01\text{ mm}$ et selon une précision de $\pm 0,005\text{ mm}$. La pression exercée sur les éprouvettes doit être de $0,1\text{ MPa}$ à $0,3\text{ MPa}$.

5.1.2 Mode opératoire

L'épaisseur du carton comprimé et contrecollé doit être mesurée au $0,01\text{ mm}$ près, en l'état de livraison, en huit points répartis deux par deux le long de chaque bord, mais pas à moins de 20 mm de celui-ci.

En cas de contestation, une bande de $(40 \pm 1)\text{ mm}$ de large doit être découpée dans toute la largeur de la feuille et huit éprouvettes découpées dans cette bande à intervalles égaux, chaque éprouvette ayant au moins 40 mm de long. Les éprouvettes doivent être conditionnées conformément à l'Article 3 et l'épaisseur de chacune mesurée en un point voisin de leur centre.

5.1.3 Résultats

Le résultat doit être la valeur médiane des huit mesures, les valeurs minimale et maximale obtenues devant également être consignées.

5.1.4 Planéité

Lorsqu'une feuille de carton comprimé et contrecollé est déposée sans contrainte, la face incurvée en dessus, sur une surface plane, la distance d'un point quelconque de la surface supérieure à une règle rigide légère, d'une longueur de $(1000 \pm 10)\text{ mm}$ ou $(500 \pm 5)\text{ mm}$, déposée sur celle-ci dans n'importe quel sens, ne doit pas dépasser la valeur indiquée dans l'IEC 60763-3 pour le matériau considéré, son épaisseur et la longueur de la règle. La masse de la règle légère ne doit pas dépasser $(500 \pm 5)\text{ g}$.

6 Essais mécaniques

6.1 Résistance à la flexion et contrainte produisant une flèche conventionnelle

6.1.1 Généralités

L'essai doit être conduit avec une contrainte appliquée perpendiculairement aux plans d'encollage.

6.1.2 Eprouvettes d'essai

Des bandes rectangulaires de (20 ± 1) mm de large dont la longueur est d'au moins 20 fois l'épaisseur mesurée doivent être utilisées. L'épaisseur est celle du matériau soumis à essai, sauf si elle dépasse 20 mm, auquel cas elle doit être réduite à (20 ± 1) mm, en laissant une face intacte.

Cinq essais doivent être effectués sur des éprouvettes découpées dans le sens machine (sens A) et cinq dans le sens transversal (sens B) (voir définition des sens A et B indiquée sur la Figure 1).

Si le sens machine n'est pas connu, cinq éprouvettes doivent être découpées, leur longueur étant parallèle à l'un des bords de la feuille, et cinq éprouvettes découpées en angle droit. La série d'éprouvettes donnant la valeur la plus élevée pour la résistance à la flexion est considérée comme ayant été découpée avec sa longueur dans le sens machine.

6.1.3 Appareillage d'essai

Appareillage d'essai universel conçu pour plier une éprouvette de dimensions données selon une vitesse de pliage constante appropriée et pour mesurer la force et la flèche au point milieu de l'éprouvette. Un montage d'essai permettant de déterminer la résistance à la flexion en trois points.

6.1.4 Conditionnement

Les éprouvettes doivent être séchées conformément à l'Article 4.

6.1.5 Mode opératoire

Après refroidissement sous dessiccateur, la largeur de l'éprouvette doit être mesurée immédiatement à $\pm 0,1$ mm près et son épaisseur à $\pm 0,02$ mm près. L'éprouvette doit être placée immédiatement dans le sens de la longueur symétriquement sur les deux supports parallèles. Si l'une des surfaces a été abaissée, la surface intacte d'origine doit reposer sur les deux supports.

Lorsqu'elles sont en contact avec l'éprouvette, les surfaces des supports doivent présenter un rayon de $(5 \pm 0,2)$ mm. Les supports doivent être espacés de 16 fois l'épaisseur nominale de l'éprouvette, cet espacement devant être mesuré à $\pm 0,5$ % près. La contrainte doit être appliquée sur la largeur de l'éprouvette à l'aide d'une pièce d'appui placée parallèlement aux supports et à mi-distance de ceux-ci. Cette pièce d'appui doit présenter un rayon de $(5 \pm 0,2)$ mm au contact de l'éprouvette.

La contrainte doit être augmentée régulièrement en partant de zéro jusqu'à la rupture en suivant un mouvement relatif de la pièce d'appui et des supports à une vitesse constante. Cette vitesse (qui est la vitesse de fléchissement au point milieu de l'éprouvette) doit être de $(5 \pm 0,5)$ mm/min.

La contrainte pour une flèche normalisée de 0,4 mm doit être notée.

La contrainte maximale doit être notée.

6.1.6 Résultats

La résistance à la flexion σ_f , en MPa, de l'éprouvette doit être calculée comme suit:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \cdot F \cdot L}{bh^2}$$

où

F est la contrainte maximale (en N);

L est la distance entre les supports (en mm);

b est la largeur de l'éprouvette (en mm);

h est l'épaisseur de l'éprouvette (en mm).

La résistance à la flexion et la contrainte produisant la flèche conventionnelle dans le sens machine et dans le sens transversal doivent être reportées, comme la valeur médiane des résultats issus des cinq éprouvettes, découpées dans chaque sens.

6.2 Module d'élasticité apparent à la flexion

Le module d'élasticité apparent à la flexion E , en MPa, peut être calculé pour un fléchissement de 0,4 mm, obtenu selon 6.1.4, en utilisant la formule suivante:

$$E_B = \frac{L^3}{4b \cdot h^3} \cdot \frac{F}{0,4}$$

où

L est la distance entre les supports (en mm);

b est la largeur de l'éprouvette (en mm);

h est l'épaisseur de l'éprouvette (en mm);

F est la contrainte produisant une flèche de 0,4 mm (en N).

Le module d'élasticité apparent à la flexion dans le sens machine et dans le sens transversal doit être reporté, comme la valeur médiane des résultats issus des cinq éprouvettes, découpées dans chaque sens.

7 Compressibilité

7.1 Principe

Pour déterminer la compressibilité des cartons comprimés et contrecollés, un ensemble d'éprouvettes doit être soumis à une faible pression (pression de tassement), qui est ensuite augmentée jusqu'à une valeur définie (pression finale). La variation en pourcentage de l'épaisseur du segment permet de mesurer la compressibilité du matériau.

Par la suite, la pression doit être diminuée jusqu'à la pression de tassement. Les variations en pourcentage de l'épaisseur du segment permettent de calculer la compressibilité réversible/résiduelle du matériau.

7.2 Appareillage d'essai

Appareillage d'essai universel conçu pour compresser une éprouvette de dimensions données à vitesse de compression constante appropriée et pour mesurer la force de compression et la

flèche de l'éprouvette. Un montage d'essai avec des plaques d'acier parallèles, à 0,2 mm près, et une surface supérieure à celle de l'éprouvette elle-même.

7.3 Epreuves

Un nombre suffisant d'éprouvettes carrées de $(25 \pm 0,5)$ mm de côté doivent être découpées. Le nombre d'éprouvettes doit être choisi de manière à créer trois piles de 25 mm à 85 mm de haut. Dans le cas de matériaux d'épaisseur supérieure à 85 mm, les éprouvettes doivent être usinées sur une seule face jusqu'à une épaisseur de $(85 \pm 0,25)$ mm. Les bords des éprouvettes ne doivent comporter aucune bavure. Les éprouvettes doivent être séchées conformément à l'Article 4.

7.4 Mode opératoire

Une pile d'éprouvettes doit être placée entre les plaques du montage d'essai. Une pression de tassement de $(1 \pm 0,1)$ MPa doit être appliquée pendant au moins 5 min, puis la hauteur h_0 de la pile mesurée à $\pm 0,1$ mm près.

La pression doit être réduite à $(20 \pm 0,1)$ MPa. Lors de cette opération, la vitesse de déplacement de la plaque mobile doit être de (5 ± 1) mm par minute. Cette pression doit être maintenue pendant au moins 5 min.

La différence de hauteur Δh_1 à partir de h_0 de la pile doit être mesurée à $\pm 0,01$ mm près.

La pression doit être réduite à $(1 \pm 0,1)$ MPa et maintenue pendant au moins 5 min.

La différence de hauteur Δh_2 à partir de h_0 de la pile doit être mesurée à $\pm 0,01$ mm près après rétablissement de la pression de tassement.

7.5 Résultats

Les valeurs calculées suivantes doivent être reportées.

Compressibilité (en %):

$$C = \frac{\Delta h_1}{h_0} \times 100$$

Quantité résiduelle de la compressibilité (en %):

$$C_{\text{res}} = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \times 100$$

Quantité réversible de la compressibilité (en %):

$$C_{\text{rev}} = \frac{\Delta h_1 - \Delta h_2}{\Delta h_1} \times 100$$

Les trois valeurs doivent être reportées. La valeur médiane doit être considérée comme le résultat.

8 Rigidité électrique dans l'huile

8.1 Généralités et conditionnement

La rigidité électrique doit être déterminée par la méthode spécifiée par l'IEC 60243-1. Les essais doivent être effectués dans une huile minérale répondant aux exigences de la classe II (voir l'IEC 60296) à $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. Les éprouvettes doivent être séchées et imprégnées d'huile dans les conditions définies pour l'essai d'absorption d'huile (voir l'Article 13), à l'exception du temps de séchage sous vide qui doit être de $(48 \pm 4)\text{ h}$. Le temps de séchage et d'imprégnation doit être prévu après l'usinage. Après séchage et imprégnation, les éprouvettes doivent être mises en place entre les électrodes. A aucun moment les éprouvettes ne doivent être exposées à l'air libre entre l'imprégnation et l'essai.

8.2 Rigidité diélectrique le long des lignes de colle (rigidité diélectrique sur l'arête)

8.2.1 Méthode 1 pour matériaux d'épaisseur supérieure à 25 mm

Cinq éprouvettes doivent être soumises à essai. La Figure 2 représente la taille des éprouvettes et la disposition des électrodes.

Les électrodes cylindriques doivent avoir un diamètre de $(6 \pm 0,1)\text{ mm}$ et une extrémité hémisphérique. Le diamètre de chaque trou ne doit pas dépasser de plus de $0,1\text{ mm}$ le diamètre de l'électrode.

La Figure 3 représente d'autres formes d'électrodes munies d'un orifice de sortie. Lorsque les électrodes sont munies de rainures, celles-ci doivent être diamétralement opposées à l'intervalle entre les électrodes.

Des avant-trous doivent être percés avec un foret de centrage jusqu'à la dernière couche de colle. Le perçage définitif doit être réalisé avec un foret bien affûté, terminé par un rayon de $(3 \pm 0,1)\text{ mm}$ en vue d'obtenir le perçage de la dernière couche de colle. Le perçage doit être réalisé avec le plus grand soin de telle sorte que l'éprouvette ne fasse pas l'objet de contraintes mécaniques ou thermiques et que le perçage ne transperce pas la dernière couche. L'application de la tension doit être conforme à 9.1 de l'IEC 60243-1. Le résultat doit être la tension de claquage. La valeur médiane et la valeur la plus faible des cinq essais doivent être consignées.

8.2.2 Méthode 2 pour matériaux d'épaisseur comprise entre 10 mm et 25 mm

Cinq éprouvettes doivent être soumises à essai. Les éprouvettes ont pour épaisseur l'épaisseur du matériau, leur largeur étant de $(10 \pm 0,2)\text{ mm}$ et leur longueur de $(50 \pm 1)\text{ mm}$. Elles doivent être découpées de façon à obtenir des plans exactement parallèles et des angles droits par rapport à la surface du matériau. Les électrodes doivent être conformes à la Figure 6 de l'IEC 60243-1. La tension doit être appliquée conformément aux indications de 9.1 de l'IEC 60243-1. Le résultat doit être la tension de claquage. La valeur médiane et la valeur la plus faible des cinq essais doivent être consignées.

9 Résistance à la traction des couches internes, résistance thermique et compatibilité avec l'huile

9.1 Principe

L'essai consiste à déterminer la variation de la résistance du matériau à la flexion à température ambiante et à 120 °C avant et après vieillissement dans l'huile.

9.2 Eprouvettes d'essai

Des bandes rectangulaires de $(10 \pm 1)\text{ mm}$ de large et de longueur $(10 \pm 0,5)$ fois l'épaisseur mesurée doivent être utilisées. L'épaisseur doit être celle du carton soumis à essai sauf si

l'épaisseur de l'éprouvette dépasse 15 mm, auquel cas elle doit être réduite à $(15 \pm 0,5)$ mm en laissant une face intacte.

Vingt éprouvettes découpées dans le sens machine et 20 autres dans le sens transversal doivent être préparées.

9.3 Appareillage d'essai

Appareillage d'essai universel conçu pour plier une éprouvette de dimensions données selon une vitesse de pliage constante appropriée et pour mesurer la force et la flèche au point milieu de l'éprouvette. Un montage d'essai permettant de déterminer la résistance à la flexion en trois points.

9.4 Mode opératoire

Toutes les éprouvettes doivent être séchées conformément à l'Article 4, méthode A. Vingt des éprouvettes séchées doivent être soumises à essai comme indiqué dans le Tableau 1.

Le reste des éprouvettes doit être imprégné d'huile conformément à 13.2. Dix éprouvettes imprégnées d'huile doivent être soumises à essai conformément au Tableau 1.

Le récipient d'huile contenant les 10 éprouvettes restantes doit être placé dans une étuve à ventilation forcée à $120\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. Le récipient doit être couvert d'une feuille d'aluminium. Après (168 ± 4) h, le chauffage doit être coupé et l'huile refroidir à température ambiante. Dix échantillons vieillis doivent être soumis à essai conformément au Tableau 1.

Tableau 1 – Nombre d'éprouvettes d'essai

Orientation du carton	Séchées		Imprégnées d'huile	Imprégnées d'huile et vieilles
Température d'essai	23 °C $\pm 2\text{ K}$	120 °C $\pm 2\text{ K}$	23 °C $\pm 2\text{ K}$	23 °C $\pm 2\text{ K}$
Sens machine	5	5	5	5
Sens transversal	5	5	5	5

9.5 Détermination de la résistance à la flexion

L'essai doit être conduit avec une contrainte appliquée perpendiculairement aux plans d'encollage. Après refroidissement sous dessiccateur, la largeur de l'éprouvette doit être mesurée immédiatement à $\pm 0,1$ mm près et son épaisseur à $\pm 0,02$ mm près. L'éprouvette doit être placée immédiatement symétriquement sur les deux supports parallèles. Si l'une des surfaces a été abaissée, il convient que la surface intacte d'origine repose sur les deux supports.

Lorsqu'elles sont en contact avec l'éprouvette, les surfaces des supports doivent présenter un rayon de $(5 \pm 0,2)$ mm. Les supports doivent être espacés de $(6,6 \pm 0,2)$ fois l'épaisseur nominale de l'éprouvette, cet espacement devant être mesuré à $\pm 0,5\%$ près. La contrainte doit être appliquée uniformément sur la largeur de l'éprouvette à l'aide d'une pièce d'appui placée parallèlement aux supports et à mi-distance de ceux-ci. Cette pièce d'appui doit présenter un rayon de $(5 \pm 0,1)$ mm au contact de l'éprouvette.

La contrainte doit être augmentée régulièrement en partant de zéro en suivant un mouvement relatif de la pièce d'appui et des supports à une vitesse constante. Cette vitesse (qui est la vitesse de fléchissement au point milieu de l'éprouvette) doit être de $(5 \pm 0,5)$ mm/min.

La contrainte maximale doit être notée.

L'emplacement de la rupture (à l'intérieur du carton, de la ligne de colle, de l'interface carton/colle) doit être noté.

9.6 Résultats

La résistance à la flexion σ_f , en MPa, de l'éprouvette doit être calculée comme suit:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \cdot F \cdot L}{bh^2}$$

où

F est la contrainte maximale (en N);

L est la distance entre les supports (en mm);

b est la largeur de l'éprouvette (en mm);

h est l'épaisseur de l'éprouvette (en mm).

L'adhésion des couches internes est indiquée par l'emplacement de la rupture.

La résistance thermique est exprimée, en pourcentage, par la variation de la résistance à la flexion mesurée des éprouvettes sèches à 120 °C par rapport à la résistance à 23 °C.

La compatibilité à l'huile est exprimée, en pourcentage, par la variation des caractéristiques mesurée sur les éprouvettes imprégnées d'huile soumises à essai à 23 °C par rapport à celles des éprouvettes sèches soumises à essai à 23 °C.

La résistance au vieillissement dans l'huile est exprimée, en pourcentage, par la variation des caractéristiques mesurée sur les éprouvettes vieilles à 120 °C par rapport à celles des éprouvettes imprégnées d'huile non vieilles.

Les résultats doivent être les valeurs médianes de la résistance thermique, de la compatibilité à l'huile et de la résistance au vieillissement.

10 Masse volumique apparente

10.1 Eprouvettes d'essai

L'essai doit être effectué sur trois éprouvettes conditionnées. Une détermination doit être réalisée sur chacune des trois éprouvettes.

Des éprouvettes rectangulaires d'une surface minimale de 100 cm² doivent être utilisées.

10.2 Mode opératoire

La masse de l'éprouvette doit être déterminée avec une précision de $10^{-4} \times$ la masse de l'éprouvette.

Deux mesures de la longueur et de la largeur de chaque éprouvette doivent être réalisées à 0,1 mm près en des points distants d'au moins 12 mm des coins.

L'épaisseur doit être déterminée par huit mesures (voir 5.1) et la valeur moyenne des mesures calculée.

10.3 Résultats

La masse volumique apparente ρ (masse sur volume) doit être exprimée en g/cm³.

$$\rho = \frac{m}{s \times l \times w} \times 10^3$$

où

m est la masse, en g;

s est la moyenne des huit mesures de l'épaisseur (en mm);

l est la moyenne des deux mesures de la longueur (en mm);

w est la moyenne des deux mesures de la largeur (en mm)

Les trois valeurs doivent être reportées. Le résultat doit être la valeur médiane.

11 Teneur en humidité

La teneur en humidité du matériau en l'état de réception doit être mesurée conformément à l'ISO 287.

Trois éprouvettes dont la masse est au moins égale à 50 g, dont les dimensions sont de préférence de 100 mm × 25 mm × épaisseur d'origine en l'état de réception, doivent être pesées avec une précision de ± 1 mg, puis séchées et refroidies conformément aux indications de l'Article 3, puis repesées avec la même précision que précédemment. La teneur en humidité est la perte de masse exprimée en pourcentage de la masse d'origine. La valeur médiane des trois mesures doit être prise comme résultat, les deux autres valeurs doivent être consignées.

12 ~~Retrait dans l'air après séchage~~

12.1 ~~Eprouvettes d'essai~~

~~L'essai porte sur six éprouvettes d'environ 50 mm × 300 mm, trois devant être prélevées dans le sens machine A et trois dans le sens transversal B (voir Figure 1).~~

12.2 ~~Mode opératoire~~

~~Les éprouvettes ayant été conditionnées conformément aux indications de l'Article 3, leur longueur et leur épaisseur doivent être mesurées à raison d'une seule mesure par dimension, l'épaisseur devant être prise à au moins 20 mm des bords.~~

~~Les éprouvettes doivent alors être séchées conformément aux indications de l'Article 4.~~

~~Après refroidissement sous dessiccateur à la température du local, la longueur et l'épaisseur doivent être de nouveau mesurées. La longueur avant et après le séchage doit être mesurée à $\pm 0,05$ mm près, de même que l'épaisseur à $\pm 0,01$ mm près.~~

12.3 ~~Résultats~~

~~Le retrait en longueur doit être calculé dans les sens A et B comme la variation, exprimée en pourcentage, des dimensions par rapport aux mesures d'origine effectuées sur les éprouvettes conditionnées. Pour chacun de ces sens, la valeur médiane doit être prise comme résultat, les deux autres valeurs devant être consignées. Pour le retrait en épaisseur, la valeur médiane doit constituer le résultat recherché, les valeurs minimale et maximale devant être consignées.~~

12.1 Appareillage d'essai

Pied à coulisse d'une portée de mesurage de 300 mm et d'une exactitude de $\pm 0,03$ mm.

Micromètre à vis, comme cela est spécifié au 5.1.1.

12.2 Éprouvettes

Découper six éprouvettes de 30 mm × 250 mm avec une exactitude de ± 1 mm, trois dans le sens machine et trois dans le sens transversal. L'épaisseur est celle du carton soumis à essai, sauf si elle dépasse 20 mm, auquel cas elle doit être réduite à (20 ± 1) mm, en laissant une face intacte.

12.3 Mode opératoire

Conditionner les éprouvettes conformément à l'Article 3. Déterminer la teneur en humidité de l'éprouvette conditionnée conformément à l'Article 11.

Peser l'éprouvette sur une balance de précision avec une exactitude 0,1 g.

Mesurer la longueur de l'éprouvette à l'aide d'un pied à coulisse.

Mesurer l'épaisseur de l'éprouvette en trois emplacements équidistants, repérés sur la longueur à l'aide d'un micromètre comme cela est spécifié à l'Article 5.

Sécher les éprouvettes comme cela est décrit au 4.1.

Après refroidissement sous dessiccateur à la température du local, la longueur et l'épaisseur doivent être de nouveau mesurées. L'éprouvette d'essai est pesée. La longueur avant et après le séchage doit être mesurée à ± 0,05 mm près, de même que l'épaisseur à ± 0,01 mm près.

12.4 Résultats

La teneur en humidité en % est calculée comme suit:

$$X = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100$$

où

X = teneur en humidité, en %;

m_0 = masse de l'éprouvette avant séchage, en g;

m_1 = masse de l'éprouvette après séchage, en g.

Le retrait en longueur dans les deux sens et le retrait en épaisseur sont calculés comme la différence de dimension avant et après le séchage, exprimée en pourcentage de la dimension avant le séchage de l'éprouvette conditionnée.

$$S = \frac{D_0 - D_1}{D_0} \cdot 100$$

où

S = retrait en %;

D_0 = dimension avant séchage;

D_1 = dimension après séchage.

Consigner les trois valeurs pour chacun des trois sens ainsi que la teneur en humidité des éprouvettes avant le séchage. Le résultat doit être la valeur médiane.

13 Absorption d'huile

13.1 Eprouvettes d'essai

L'essai doit être réalisé sur trois éprouvettes de 100 mm × 25 mm et dont l'épaisseur est celle du matériau soumis à essai.

13.2 Mode opératoire

Les éprouvettes doivent être séchées conformément à l'Article 4, Méthode A, et la masse déterminée au milligramme près.

Les éprouvettes doivent être placées dans une enceinte à vide, la température élevée à $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ et la pression inférieure ou égale à 1 kPa.

La température et la pression doivent être maintenues pendant 1 h. Une huile répondant aux exigences de la classe II de l'IEC 60296, préchauffée à $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$, doit alors être introduite suffisamment lentement pour que la pression soit maintenue inférieure ou égale à 2,5 kPa.

Quand l'éprouvette est complètement immergée, en utilisant un lest si besoin est, la pression doit être augmentée lentement jusqu'à la pression atmosphérique et le chauffage arrêté. Les éprouvettes doivent être laissées dans l'huile pendant $(24 \pm 1)\text{ h}$. Les éprouvettes doivent ensuite être retirées de l'huile en absorbant l'excès d'huile avec du buvard. Les éprouvettes propres doivent alors être pesées avec la même précision qu'auparavant pour déterminer la masse de l'huile absorbée.

13.3 Résultats

Les résultats doivent être exprimés en pourcentage de la masse d'huile absorbée par rapport à la masse d'origine des éprouvettes séchées. Le résultat doit être la valeur médiane des trois mesures, les deux autres devant être consignées.

14 Teneur en cendre

14.1 Mode opératoire

La quantité du résidu subsistant après incinération du matériau à l'état de livraison doit être déterminée selon la méthode décrite dans l'ISO 2144. La masse des éprouvettes doit être de 5 g au moins. Elles doivent être choisies de manière à obtenir un rapport colle/cellulose représentatif du carton soumis à essai. L'essai doit porter sur trois mesures.

14.2 Résultats

Le résultat doit être la valeur médiane obtenue à partir de la masse du matériau séché à l'étuve (calculée à partir de la détermination de la teneur en humidité conformément aux indications de 9.3); la valeur la plus élevée et la valeur la plus basse sont consignées.

15 Contamination des diélectriques liquides

15.1 Appareillage

– Une cellule de conductivité selon les exigences de l'IEC 60247.

- Une cellule pour la détermination du facteur de dissipation diélectrique des liquides conformément à l'IEC 60250.
- Un récipient en verre neutre ou borosilicaté pour contenir l'huile, d'un volume d'au moins 1 l dans lequel une atmosphère d'azote sec peut être maintenue au-dessus de l'huile.
- Une étuve à ventilation forcée pouvant être réglée à $100\text{ °C} \pm 1\text{ K}$.
- Des pinces métalliques propres.
- De l'huile sèche (classe II de l'IEC 60296) dont la valeur de neutralisation et le facteur de dissipation à 90 °C entre 48 Hz à 62 Hz ont été déterminés.

NOTE Les cellules représentées aux Figures 2 et 3 de l'IEC 60250 sont également utilisables pour les mesures de résistivité et sont décrites comme telles dans l'IEC 60247.

15.2 Eprouvettes d'essai

Une quantité suffisante de matériau découpé en morceaux d'épaisseur inférieure à 1 mm, dont la surface est voisine de 1 cm^2 et qui a été séchée à $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant au moins 16 h. Les éprouvettes doivent être manipulées avec des pinces métalliques propres.

15.3 Mode opératoire

$(75 \pm 0,1)$ g d'éprouvette doivent être immergés dans le récipient dans $(750 \pm 5)\text{ cm}^3$ d'huile. Il est recommandé de contrôler auparavant la propreté du récipient décrit ci-dessus. Une atmosphère d'azote sec doit être maintenue au-dessus de l'huile. Le récipient contenant l'huile avec l'éprouvette ainsi qu'un récipient identique destiné à servir de témoin contenant de l'huile seule doivent être chauffés à $100\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ pendant (168 ± 4) h.

Au bout de cette période de chauffage, la valeur de l'indice de neutralisation conformément à l'IEC 62021-1, la teneur en boue conformément à l'IEC 61125 et le facteur de dissipation conformément à l'IEC 60247 de l'huile contenant l'éprouvette et de l'huile témoin à $90\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ entre 48 Hz et 62 Hz doivent être mesurés.

15.4 Résultats

Le résultat doit être la différence entre les deux valeurs obtenues.

16 Conductivité de l'extrait aqueux

16.1 Mode opératoire

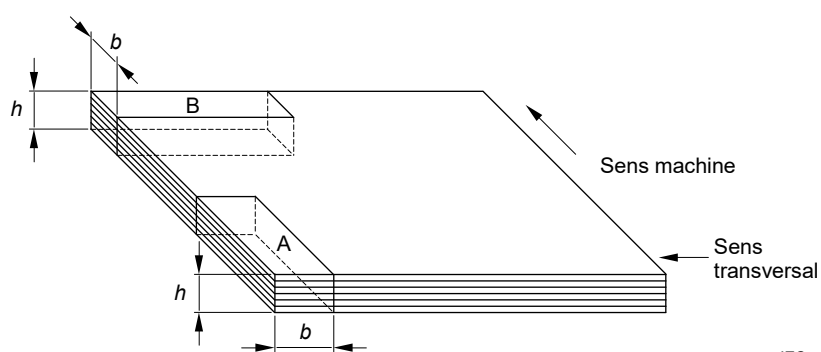
Cet essai doit être effectué selon les dispositions de l'IEC 60641-2, les éprouvettes devant être prélevées de manière à obtenir un rapport colle/cellulose représentatif de l'épaisseur totale du carton. Si des bandes sont utilisées, il convient qu'elles ne dépassent pas $20\text{ mm} \times 3\text{ mm}$, mais il est possible de prendre des morceaux plus petits à condition que le rapport colle/cellulose soit conservé.

16.2 Résultats

La conductivité doit être exprimée en millisiemens par mètre (mS/m).

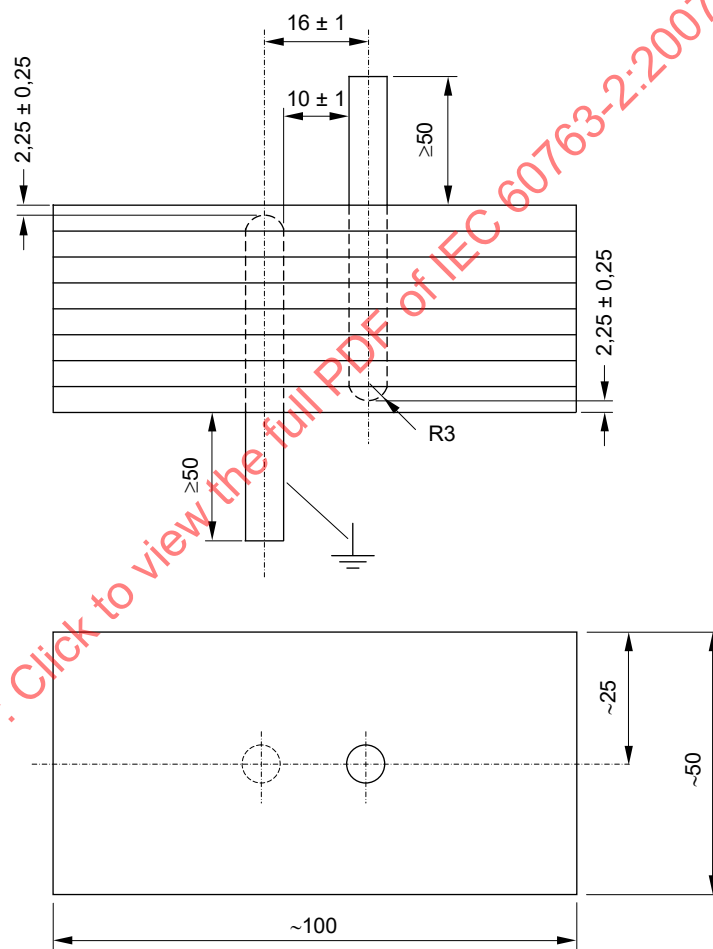
17 pH de l'extrait aqueux

Cet essai doit être effectué selon les dispositions de l'IEC 60641-2 sur un extrait préparé comme indiqué en 16.1.



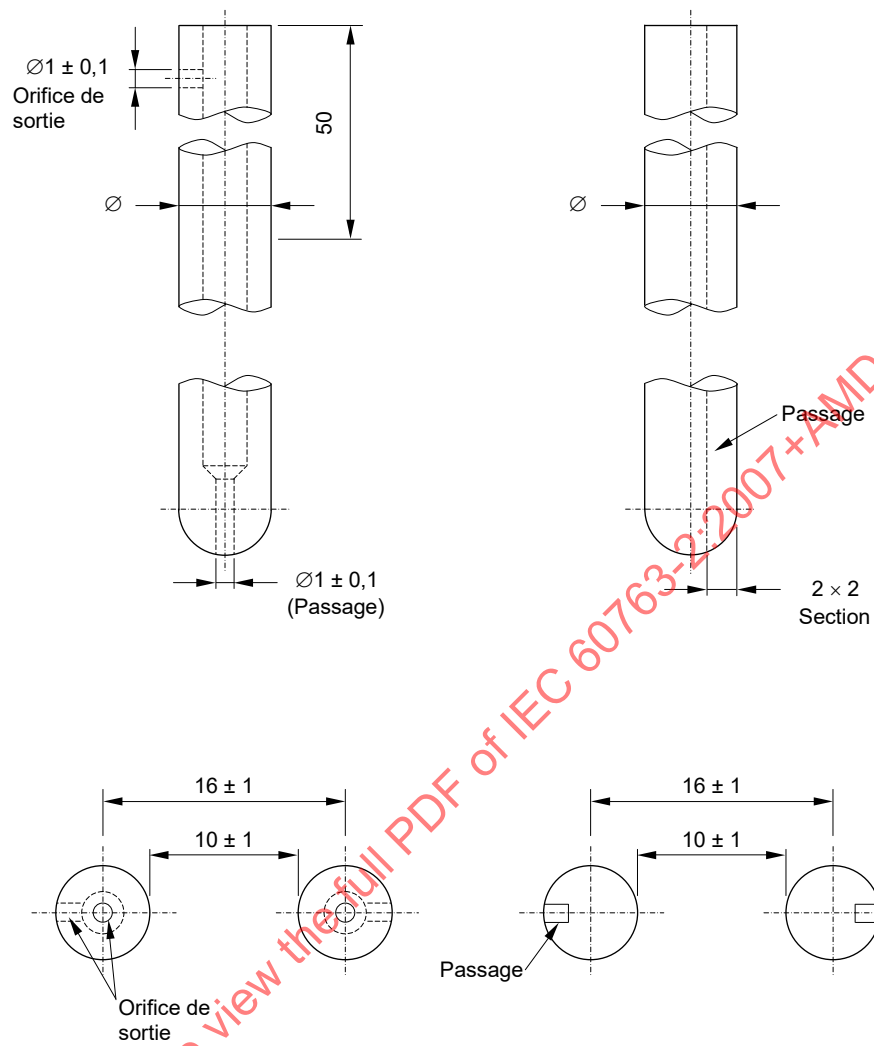
IEC 288/07

Figure 1 – Position de l'éprouvette d'essai en fonction de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur de la feuille



IEC 289/07

Figure 2 – Taille des éprouvettes d'essai et disposition des électrodes pour l'essai de rigidité diélectrique le long des lignes de colle (rigidité diélectrique sur l'arête)



Figures 3 et 4 – Autres formes d'électrodes munies d'un orifice de sortie

FINAL VERSION**VERSION FINALE**

**Specification for laminated pressboard –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour cartons comprimés et contrecollés –
Partie 2: Méthodes d'essai**

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Conditioning of test specimens	8
4 Drying of test specimens	8
4.1 Method A (preferable)	8
4.2 Method B.....	8
5 Dimensions	8
5.1 Thickness.....	8
6 Mechanical tests.....	9
6.1 Flexural strength and load to produce a standard deflection	9
6.2 Apparent modulus of elasticity in flexure	10
7 Compressibility	10
7.1 Principle	10
7.2 Test apparatus	11
7.3 Test pieces.....	11
7.4 Procedure	11
7.5 Results.....	11
8 Electric strength in oil	12
8.1 General and conditioning.....	12
8.2 Electric strength along laminate (edgewise electric strength).....	12
9 Internal ply strength, thermal resistance and oil compatibility	12
9.1 Principle	12
9.2 Test specimens	12
9.3 Test apparatus	13
9.4 Procedure	13
9.5 Determination of the flexural strength.....	13
9.6 Results.....	13
10 Apparent density	14
10.1 Test specimens	14
10.2 Procedure	14
10.3 Results.....	14
11 Moisture content.....	15
12 Shrinkage	15
12.1 Test apparatus	15
12.2 Test pieces.....	15
12.3 Procedure	15
12.4 Results.....	15
13 Oil absorption.....	16
13.1 Test specimens	16
13.2 Procedure	16
13.3 Results.....	16
14 Ash content	17
14.1 Procedure	17

14.2 Results	17
15 Contamination of liquid dielectrics	17
15.1 Apparatus	17
15.2 Test specimens	17
15.3 Procedure	17
15.4 Results	17
16 Conductivity of aqueous extract	18
16.1 Procedure	18
16.2 Results	18
17 pH of aqueous extract	18
Figure 1 – Position of test specimen in relation to length, width and thickness of sheet	18
Figure 2 – Size of the test specimens and arrangement of the electrodes for testing the electric strength along laminae (edgewise electric strength)	19
Figures 3 and 4 – Alternative forms of vented electrodes	20
Table 1 – Number of test specimens	13

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SPECIFICATION FOR LAMINATED PRESSBOARD –

Part 2: Methods of test

FOREWORD

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

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60763-2 edition 2.1 contains the second edition (2007-02) [documents 15/360/FDIS and 15/373/RVD] and its amendment 1 (2023-11) [documents 15/1018/FDIS and 15/1024/RVD].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60763-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Solid electrical insulating materials.

This second edition constitutes a technical revision.

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

- a) The standard has generally been revised editorially and brought into line with IEC 60641-2.
- b) The test method for the determination of the internal ply strength has been replaced with an alternative method.
- c) The test method for the determination of the thermal resistance has been enlarged in its scope.

The list of all parts of the IEC 60763 series, under the general title *Specification for laminated pressboard*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under 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.

INTRODUCTION

This International Standard deals with laminated pressboard as defined in Clause 2 of IEC 60763-1.

IEC 60641 applies to pressboard which is not laminated, and the material covered by this International Standard is made from sheets conforming to the requirements of that publication.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

SPECIFICATION FOR LAMINATED PRESSBOARD –

Part 2: Methods of test

1 Scope

This part of IEC 60763 gives methods of test applicable for the material classified in IEC 60763-1.

2 Normative references

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

IEC 60243-1:1998, *Electrical strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60247:2004, *Insulating liquids – Measurement of relative permittivity, dielectric dissipation factor ($\tan \delta$) and d.c. resistivity*

IEC 60250:1969, *Recommended methods for the determination of the permittivity and dielectric dissipation factor of electrical insulating materials at power, audio and radio frequencies including metre wavelengths.*

IEC 60296:2003, *Fluids for electrotechnical applications – Unused mineral insulating oils for transformers and switchgear*

IEC 60641-2:2004, *Pressboard and presspaper for electrical purposes – Part 2: Methods of tests*

IEC 60763-1:1983, *Specification for laminated pressboard – Part 1: Definitions, classification and general requirements*

IEC 61125:1992, *Unused hydrocarbon-based insulating liquids – Test methods for evaluating the oxidation stability*

IEC 62021-1:2003, *Insulating liquids – Determination of acidity – Part 1: Automatic potentiometric titration*

ISO 287:1985, *Paper and board – Determination of moisture content – Oven-drying method*

ISO 2144:1997, *Paper, board and pulps – Determination of residue (ash) on ignition at 900 degrees C*

3 Conditioning of test specimens

Since the conditioning of laminated pressboard is very time-consuming, the material is tested either as received or dried. Only in case of dispute shall the material be conditioned according to the following procedure.

The conditioning shall be made at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ and $(50 \pm 5)\%$ relative humidity until the moisture content of the specimen reaches 5,5 % to 8 %. The conditioning shall be approached from the dry side after drying at $70\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$ for a period sufficient to ensure that the conditioning atmosphere produces a mass increase in the specimen.

4 Drying of test specimens

4.1 Method A (preferable)

The test specimens shall be dried at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(24 \pm 1)\text{ h}$ in an oven with forced air circulation and subsequently at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(48 \pm 2)\text{ h}$ in a vacuum chamber at a residual pressure of not more than 1 kPa. The specimens shall then be removed and allowed to cool in a desiccator before the test.

4.2 Method B

Test specimens shall be dried in a ventilated oven at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(168 \pm 8)\text{ h}$ at atmospheric pressure. When test pieces of the specified size are dried according to method B, test results similar to the test results obtained after drying according to method A may be expected.

5 Dimensions

5.1 Thickness

5.1.1 Test apparatus

An external screw-type micrometer having measuring faces of 6 mm to 8 mm diameter shall be used for testing. The measuring faces shall be flat to within 0,001 mm and parallel to within 0,003 mm. The micrometer shall be graduated in divisions of 0,01 mm and have an accuracy of $\pm 0,005\text{ mm}$. The pressure exerted on the specimens shall be 0,1 MPa to 0,3 MPa.

5.1.2 Procedure

The thickness of the laminated pressboard sheet shall be measured to the nearest 0,01 mm in the as-received condition at eight points, two along each edge, but not less than 20 mm from the edge.

In case of dispute, a strip $(40 \pm 1)\text{ mm}$ wide shall be cut across the full width of the sheet and, from this strip, at eight equally spaced positions eight test specimens shall be cut, each not less than 40 mm long. The test specimens shall be conditioned in accordance with Clause 3 and the thickness of each measured at a point near the centre of each test specimen.

5.1.3 Result

The central value of the eight measurements shall be taken as the result, and the minimum and maximum values obtained shall be reported.

5.1.4 Flatness

When any laminated pressboard sheet is placed without restraint, concave side up, on a flat surface, the departure at any point of the upper surface of the sheet from a light straight edge of (1000 ± 10) mm or (500 ± 5) mm, laid in any direction upon it, shall not exceed the value given in IEC 60763-3 appropriate to the material, its thickness and length of straight edge. The mass of the straight edge shall not exceed (500 ± 5) g.

6 Mechanical tests

6.1 Flexural strength and load to produce a standard deflection

6.1.1 General

The test shall be carried out with the load applied perpendicular to the laminations.

6.1.2 Test specimens

Rectangular strips (20 ± 1) mm wide and of a length of not less than 20 times the measured thickness shall be used. The thickness is that of the board under test except that, when the measured thickness of a test piece exceeds 20 mm, the thickness shall be reduced to (20 ± 1) mm, one face of the test piece being left intact.

Five tests shall be carried out on specimens cut in machine direction (direction A) and five in cross-machine direction (direction B). (See definitions of directions A and B given in Figure 1.)

If the machine direction is not known, five specimens shall be cut with their length parallel to one of the edges of the sheet and five specimens at right angle thereto. The set of test specimens giving the highest value of flexural strength is deemed to have been cut with the length in machine direction.

6.1.3 Test apparatus

Universal testing apparatus designed to bend a test piece of given dimensions at an appropriate constant rate of bending and to measure the force and the deflection at midpoint of the test piece. A test rig for the determination of the three-point bending strength.

6.1.4 Conditioning

Test specimens shall be dried in accordance with Clause 4.

6.1.5 Procedure

After cooling in a desiccator, the width of the test specimen shall be immediately measured with an accuracy of $\pm 0,1$ mm and the thickness with an accuracy of $\pm 0,02$ mm, and the test specimen shall be immediately placed lengthwise symmetrically across two parallel supports. Where one surface has been removed, the original, intact surface shall rest on the two supports.

Where they are in contact with the test specimen, the surfaces of the supports shall have a radius of $(5 \pm 0,2)$ mm. The distance between the supports shall be 16 times the nominal thickness of the test specimen and shall be measured with an accuracy of $\pm 0,5$ %. The load shall be applied across the width of the test specimen by means of a loading member parallel with, and mid-way between, the supports. The radius of the end of the loading member shall be $(5 \pm 0,2)$ mm.

The load shall be increased steadily from zero to rupture by relative movement of the loading member and the supports at a constant rate. This rate of movement (which is the rate of deflexion of midpoint of the test specimen) shall be $(5 \pm 0,5)$ mm/min.

The load at a standard deflection of 0,4 mm shall be noted.

The maximum load shall be noted.

6.1.6 Results

The flexural strength σ_f in MPa of the test specimen shall be calculated as follows:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \cdot F \cdot L}{bh^2}$$

where

F is the maximum load (in N);

L is the distance between the supports (in mm);

b is the width of the test specimen (in mm);

h is the thickness of the test specimen (mm).

The flexural strength and load to produce the standard deflection in the machine and cross-machine direction shall be reported, as the central value of the results from the five test specimens, cut in each direction.

6.2 Apparent modulus of elasticity in flexure

The apparent modulus of elasticity in flexure E in MPa can be calculated from the load at 0,4 mm deflection according to 6.1.4 using the following formula:

$$E_B = \frac{L^3}{4b \cdot h^3} \cdot \frac{F}{0,4}$$

where

L is the distance between the supports (in mm);

b is the width of the test specimen (in mm);

h is the thickness of the test specimen (in mm);

F is the load at deflection of 0,4 mm (in N).

The apparent modulus of elasticity in flexure in the machine and cross-machine direction shall be reported, as the central value of the results from the five test specimens, cut in each direction.

7 Compressibility

7.1 Principle

To determine the compressibility of laminated pressboard, a stack of test pieces shall be subjected to a low pressure (bedding pressure), followed by an increase of the pressure to a defined value (final pressure). The percentage change in the thickness of the pad is a measure of the compressibility of the material.

Subsequently, the pressure shall be decreased again to the bedding pressure. The percentage changes in the thickness of the pad allows the calculation of the reversible/residual compressibility of the material.

7.2 Test apparatus

Universal testing apparatus designed to compress a test piece of given dimensions at an appropriate constant rate of compression and to measure the compressive force and the deflection of the test piece. A test rig with parallel steel plates, parallel within 0,2 mm, and an area greater than the area of the test piece itself.

7.3 Test pieces

A sufficient number of square test pieces with an edge length of $(25 \pm 0,5)$ mm shall be cut. The number of test pieces shall be chosen so that three stacks of a height of 25 mm to 85 mm can be made. For materials of a thickness greater than 85 mm, the specimens shall be machined only on one face to a thickness of $(85 \pm 0,25)$ mm. All edges of the test specimens shall be free of burrs. The test pieces shall be dried in accordance with Clause 4.

7.4 Procedure

A stack of test pieces shall be placed between the plates of the test rig. A bedding pressure of $(1 \pm 0,1)$ MPa shall be applied for at least 5 min and then the height h_0 of the stack shall be measured with an accuracy of $\pm 0,1$ mm.

The pressure shall be increased to $(20 \pm 0,1)$ MPa. During this operation, the rate of displacement of the moving plate shall be (5 ± 1) mm per minute. This pressure shall be maintained for 5 min minimum.

The difference in height Δh_1 from h_0 of the stack shall be measured with an accuracy of $\pm 0,01$ mm.

The pressure shall be reduced to $(1 \pm 0,1)$ MPa and kept for not less than 5 min.

The difference in height Δh_2 from h_0 of the stack shall be measured with an accuracy of $\pm 0,01$ mm after the bedding pressure has been restored.

7.5 Results

The following calculated values shall be reported.

Compressibility (in %):

$$C = \frac{\Delta h_1}{h_0} \times 100$$

Residual amount of the compressibility (in %):

$$C_{\text{res}} = \frac{\Delta h_2}{\Delta h_1} \times 100$$

Reversible amount of the compressibility (in %):

$$C_{\text{rev}} = \frac{\Delta h_1 - \Delta h_2}{\Delta h_1} \times 100$$

All three values shall be reported. The central value shall be taken as the result.

8 Electric strength in oil

8.1 General and conditioning

Electric strength shall be determined by the method specified in IEC 60243-1. The test shall be carried out in mineral oil Class II (see IEC 60296) at $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. The specimens shall be dried and oil-impregnated as described in the test for oil absorption (see Clause 13), except that the vacuum drying time shall be $(48 \pm 4)\text{ h}$. Drying and impregnation shall be carried out after machining. After drying and impregnation, the specimens shall be placed in position between the electrodes. At no time between impregnation and testing the specimens shall be exposed to the atmosphere.

8.2 Electric strength along laminate (edgewise electric strength)

8.2.1 Method 1 for materials with a thickness of more than 25 mm

Five specimens shall be tested. The size of the test specimens and the arrangements of the electrodes shall be as shown in Figure 2.

The cylindrical electrodes shall be $(6 \pm 0,1)\text{ mm}$ in diameter and have hemispherical ends. Each hole shall be not more than $0,1\text{ mm}$ greater in diameter than each electrode diameter.

Alternative forms of vented electrodes are shown in Figure 3. When electrodes with slots are used, these slots shall be diametrically opposed to the gap between the electrodes.

The holes shall be pre-drilled by a normal point ground drill down to the outermost glue-layer. By means of a specially ground, well-sharpened drill with a radius of $(3 \pm 0,1)\text{ mm}$, the final drilling shall be carried out so that the outermost glue layer is broken through. The drilling shall be done with great care so that the test specimen is not subjected to mechanical or thermal stresses and the drill does not break through the outermost layer. The application of voltage shall be in accordance with 9.1 of IEC 60243-1. The breakdown voltage shall be taken as the result. The central value of the five tests and the lowest value shall be reported.

8.2.2 Method 2 for materials with a thickness between 10 mm and 25 mm

Five specimens shall be tested. Test specimens of full thickness with a width of $(10 \pm 0,2)\text{ mm}$ and a length of $(50 \pm 1)\text{ mm}$ shall be cut so that exact parallel planes forming right angles to the surface of the material are produced. The electrodes shall be in accordance with Figure 6 of IEC 60243-1. The application of voltage shall be in accordance with 9.1 of IEC 60243-1. The breakdown voltage shall be taken as the result. The central value of the five tests and the lowest value shall be reported.

9 Internal ply strength, thermal resistance and oil compatibility

9.1 Principle

The test consists of determining the change of flexural strength of the material at room temperature and at 120 °C and before and after ageing in oil.

9.2 Test specimens

Rectangular strips $(10 \pm 1)\text{ mm}$ wide and of a length of $(10 \pm 0,5)$ times the measured thickness shall be used. The thickness shall be that of the board under test except that, when the measured thickness of a test piece exceeds 15 mm , the thickness shall be reduced to $(15 \pm 0,5)\text{ mm}$, one face of the test piece being left intact.

Twenty test specimens cut in machine direction and 20 test specimens cut in cross- machine direction shall be prepared.

9.3 Test apparatus

Universal testing apparatus designed to bend a test piece of given dimensions at an appropriate constant rate of bending and to measure the force and the deflection at midpoint of the test piece. A test rig for the determination of the three-point bending strength.

9.4 Procedure

All the specimens shall be dried according to Clause 4, Method A. Twenty of the dried specimens shall be tested as indicated in Table 1.

The rest of the specimens shall be oil-impregnated according to 13.2. Ten oil-impregnated specimens shall be tested according to Table 1.

The oil vessel with the remaining 10 test specimens shall be placed in an oven with forced air circulation at $120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$. The vessel shall be covered with aluminum foil. After $(168 \pm 4)\text{ h}$, the heating shall be switched off and the oil allowed to cool down to ambient temperature. Ten aged samples shall be tested according to Table 1.

Table 1 – Number of test specimens

Orientation of the board	Dried		Oil-impregnated	Oil-impregnated and aged
Test temperature	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$	$120\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$	$23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$
Machine direction	5	5	5	5
Cross-machine direction	5	5	5	5

9.5 Determination of the flexural strength

The test shall be carried out with the load applied perpendicular to the laminations. After cooling in a desiccator, the width of the test specimen shall be immediately measured with an accuracy of $\pm 0,1\text{ mm}$ and the thickness with an accuracy of to $\pm 0,02\text{ mm}$; the test specimen shall be immediately placed symmetrically across two parallel supports. Where one surface has been removed, the original, intact surface should rest on the two supports.

The surfaces of the supports where they are in contact with the test specimen shall have a radius of $(5 \pm 0,2)\text{ mm}$. The distance between the supports shall be $(6,6 \pm 0,2)$ times the nominal thickness of the test specimen and shall be measured to within 0,5 %. The load shall be applied uniformly across the width of the test specimen by means of a loading member parallel with, and mid-way between, the supports. The radius of the end of the loading member shall be $(5 \pm 0,1)\text{ mm}$.

The load shall be increased steadily from zero by relative movement of the loading member and the supports at a constant rate. This rate of movement (which is the rate of deflexion of midpoint of the test specimen) shall be $(5 \pm 0,5)\text{ mm/min}$.

The maximum load shall be noted.

The location of the rupture – within pressboard, within glue line, interface board/glue – shall be noted.

9.6 Results

The flexural strength σ_f in MPa of the test specimen shall be calculated as follows:

$$\sigma_f = \frac{1,5 \cdot F \cdot L}{bh^2}$$

where

F is the maximum load (in N);

L is the distance between the supports (in mm);

b is the width of the test specimen (in mm);

h is the thickness of the test specimen (in mm).

The internal ply adhesion is indicated by the location of the rupture.

The thermal resistance is expressed in terms of percentage retention of the measured flexural strength of the dry samples tested at 120 °C relative to the strength at 23 °C.

The oil compatibility is expressed in terms of percentage retention of the measured properties of the oil-impregnated samples tested at 23 °C relative to the properties of the dry samples tested at 23 °C.

The resistance to ageing in oil is expressed in terms of percentage retention of the measured properties of the samples aged at 120 °C relative to the properties of the oil-impregnated, non-aged samples.

The central values of the thermal resistance, the oil compatibility and the resistance to ageing shall be taken as the results.

10 Apparent density

10.1 Test specimens

The test shall be carried out on three conditioned test pieces; one determination shall be made on each of the three test pieces.

Rectangular test pieces of an area not less than 100 cm² shall be used.

10.2 Procedure

The mass of the test specimen shall be measured to an accuracy of $10^{-4} \times$ the mass of the test piece.

Two measurements of the length and two of the width of each test piece to an accuracy of 0,1 mm shall be made at points at least 12 mm from the corners.

The thickness shall be determined by making eight measurements as indicated in 5.1 and the mean value of the measurements calculated.

10.3 Results

The apparent density ρ (the mass to volume ratio) shall be expressed as g/cm³.

$$\rho = \frac{m}{s \times l \times w} \times 10^3$$

where

m is the mass, in g;

s is the mean of the eight thickness measurements (in mm);

l is the mean of the two length measurements (in mm);

w is the mean of the two width measurements (in mm)

All three values shall be reported. The central value shall be taken as the result.

11 Moisture content

The moisture content in the as-received condition shall be measured according to a method based on ISO 287.

Three test specimens of at least 50 g mass, preferably measuring 100 mm × 25 mm × original thickness in the as-received condition, shall be weighed with an accuracy of ± 1 mg, then dried and cooled in accordance with Clause 3 and reweighed to the same accuracy as before. The moisture content is the loss of mass expressed as a percentage of the original mass. The central value of the three measurements shall be taken as the result; the other two values shall be reported.

12 Shrinkage

12.1 Test apparatus

Calliper gauge with a measuring length of 300 mm and an accuracy of $\pm 0,03$ mm.

Screw type micrometer as specified in 5.1.1.

12.2 Test pieces

Cut six test pieces measuring 30 mm × 250 mm with an accuracy of ± 1 mm, three being in the machine direction and three in the cross-machine direction. The thickness is that of the board under test except that, when the measured thickness of a test piece exceeds 20 mm, the thickness shall be reduced to (20 ± 1) mm, one face of the test piece being left intact.

12.3 Procedure

Condition the test pieces according to Clause 3. Determine the moisture content of the conditioned test piece according to Clause 11.

Weigh the test piece on a precision balance with an accuracy of 0,1 g.

Measure the length of the test piece with calliper gauge.

Measure the thickness of the test piece at three equally spaced, marked positions along the length using a micrometer as specified in Clause 5.

Dry the test pieces as described in 4.1.

After cooling to room temperature in a desiccator, the length and thickness shall be measured again. The test specimen is weighed. The length before and after drying shall be measured with an accuracy of $\pm 0,05$ mm; the thickness with an accuracy of $\pm 0,01$ mm.

12.4 Results

The moisture content in % is calculated as follows:

$$X = \frac{m_0 - m_1}{m_0} \cdot 100$$

where

X = moisture content, in %;

m_0 = mass of test specimen before drying, in g;

m_1 = mass of test specimen after drying, in g.

The shrinkage in length for both directions and the shrinkage in thickness are calculated as the difference in dimension before and after drying, taken as a percentage of the dimension before drying of the conditioned test piece.

$$S = \frac{D_0 - D_1}{D_0} \cdot 100$$

where

S = shrinkage in %;

D_0 = dimension before drying;

D_1 = dimension after drying.

Report all three values for each three directions together with the moisture content of the test pieces before drying. The central value shall be taken as the result.

13 Oil absorption

13.1 Test specimens

The test shall be carried out on three specimens each 100 mm × 25 mm and of the same thickness as the material under test.

13.2 Procedure

The specimens shall be dried in accordance with Clause 4, Method A, and the mass then determined to the nearest milligram.

The specimens shall be placed in a vacuum chamber, the temperature raised to 90 °C ± 2 K and the pressure reduced to not more than 1 kPa.

This temperature and pressure shall be maintained for 1 h. Then oil conforming to the requirements of Class II in IEC 60296, preheated to 90 °C ± 2 K, shall be admitted at a rate slow enough to ensure that the pressure does not rise above 2,5 kPa.

When the specimens are completely submerged, using sinkers if necessary, the pressure shall be allowed to rise slowly to atmospheric pressure and the heating switched off. The specimens shall be left under oil for (24 ± 1) h. The specimens shall then be taken from the oil and the surplus oil removed with blotting paper. The clean specimens shall then be weighed to the same accuracy as before and the mass of the absorbed oil determined.

13.3 Results

The results shall be expressed as the percentage of the mass of oil absorbed in relation to the original mass of the dried samples. The central value of the three determinations shall be taken as the result and the other two shall be reported.

14 Ash content

14.1 Procedure

The amount of residue of material left after incineration of the material in the as-received condition shall be determined according to the method described in ISO 2144. The mass of the specimen shall be at least 5 g and the sample shall be taken so that the glue/cellulose ratio is representative of the board under test. Three determinations shall be made.

14.2 Results

The central value obtained shall be taken as the result, based on oven-dry material (calculated from determination of moisture content according to 9.3); the highest and lowest values are reported.

15 Contamination of liquid dielectrics

15.1 Apparatus

- A conductivity cell according to IEC 60247.
- A cell for the determination of the dissipation factor of liquids according to IEC 60250.
- A vessel to contain oil, of neutral or borosilicate glass with a volume of at least 1 l in which an atmosphere of dry nitrogen may be maintained above the oil.
- An oven with forced air circulation, controllable to $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$.
- Clean metal tongs.
- Dry oil (Class II of IEC 60296) whose neutralization value and dissipation factor at $90\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 48 Hz to 62 Hz have been determined.

NOTE Cells of Figures 2 and 3 of IEC 60250 are also usable for resistivity measurement and accordingly described in IEC 60247.

15.2 Test specimens

A sufficient amount of material finely cut into pieces thinner than 1 mm and with a surface area of about 1 cm^2 and that has been dried at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for a period of at least 16 h. The specimens shall be handled by means of clean metal tongs.

15.3 Procedure

In the vessel ($75 \pm 0,1$) g of the specimens shall be immersed in $(750 \pm 5)\text{ cm}^3$ of the oil. It is advisable to check the cleanliness of the vessel. An atmosphere of dry nitrogen shall be maintained above the oil. The vessel containing the oil with the specimens together with an identical vessel containing the same oil as blank shall be heated at $100\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$ for a period of $(168 \pm 4)\text{ h}$.

After this period, the neutralization value according to IEC 62021-1, the sludge content according to IEC 61125 and the dissipation factor according to IEC 60247 at $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$ and 48 Hz to 62 Hz shall be measured for both the test oil and the blank.

15.4 Results

The difference between the two values obtained shall be taken as the result.

16 Conductivity of aqueous extract

16.1 Procedure

The test shall be carried out as described in IEC 60641-2 but specimens shall be taken so that the glue/cellulose ratio is representative of the whole thickness of the board. If strips are used, these should be not larger than 20 mm × 3 mm but smaller subdivisions may be used provided the glue/cellulose ratio is maintained.

16.2 Results

The conductivity shall be expressed in millisiemens per metre (mS/m).

17 pH of aqueous extract

The test shall be carried out as described in IEC 60641-2 but using an extract prepared as in 16.1.

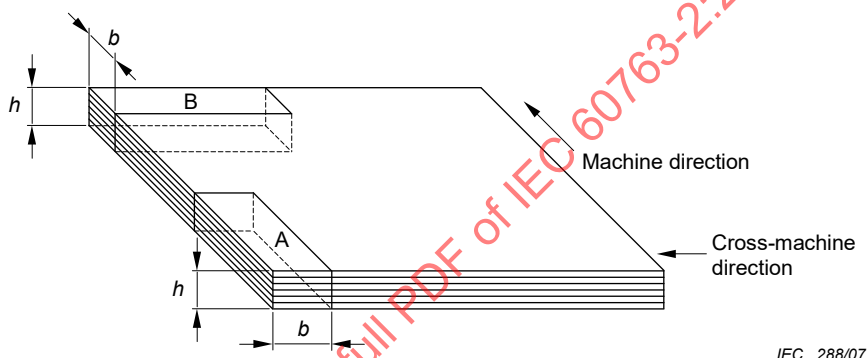


Figure 1 – Position of test specimen in relation to length, width and thickness of sheet

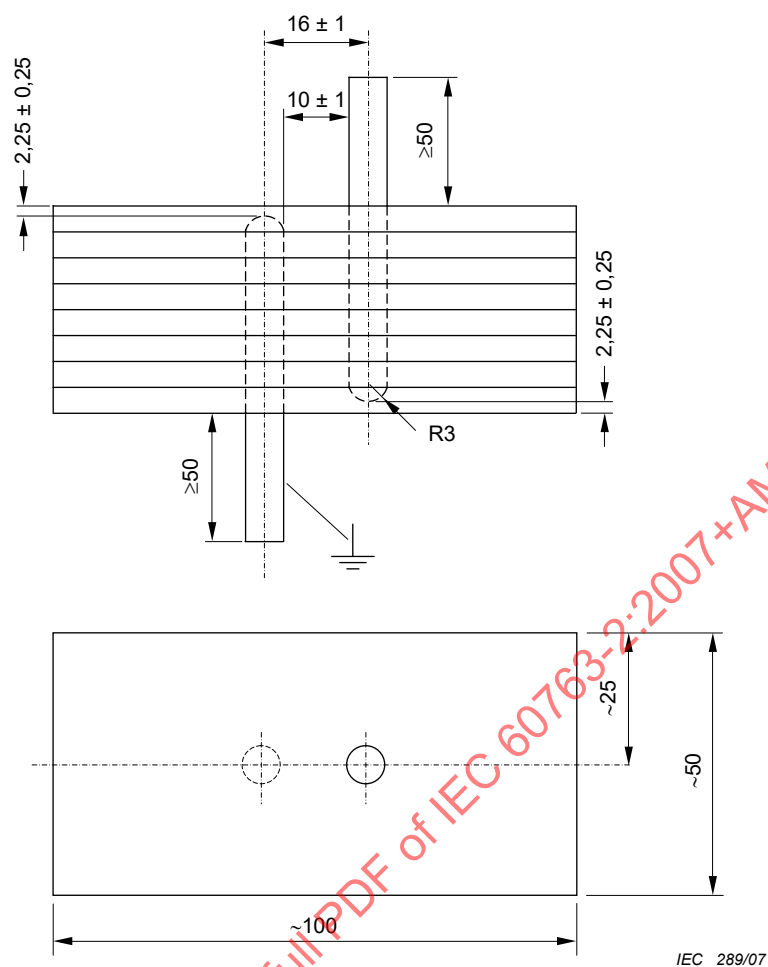
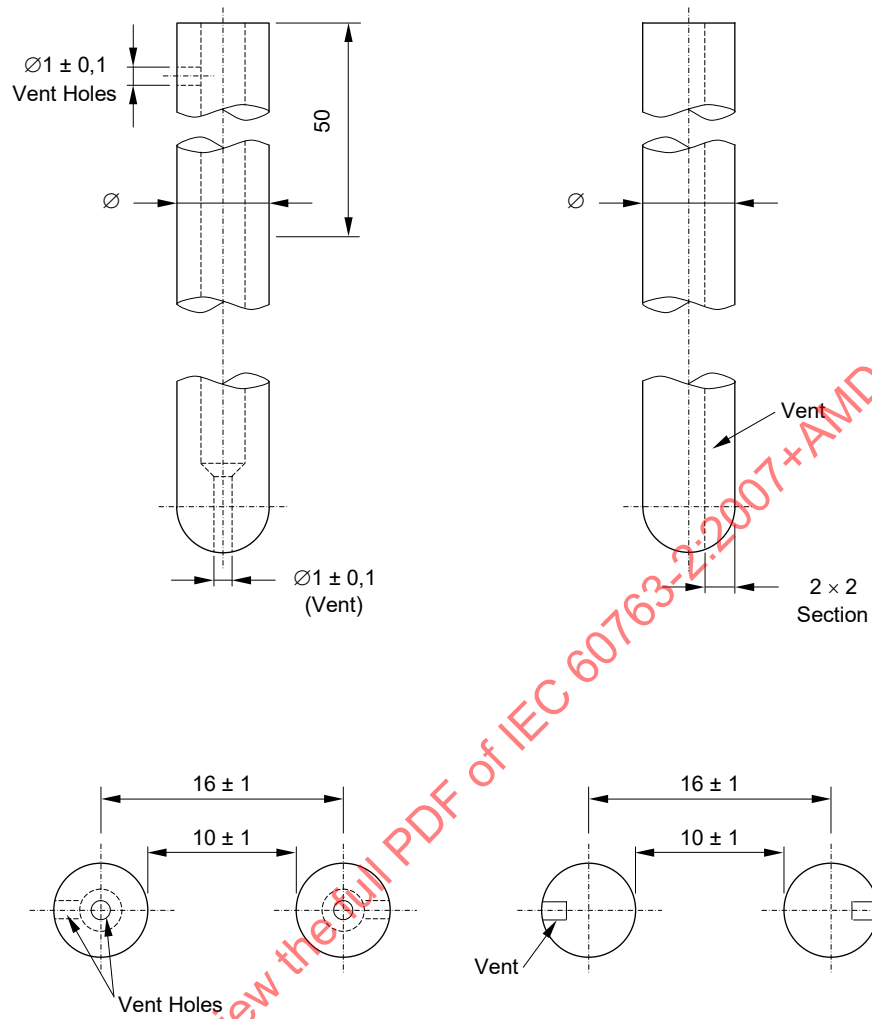


Figure 2 – Size of the test specimens and arrangement of the electrodes for testing the electric strength along laminae (edgewise electric strength)



Figures 3 and 4 – Alternative forms of vented electrodes

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60763-2:2007+AMD1:2023 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	24
INTRODUCTION	26
1 Domaine d'application	27
2 Références normatives	27
3 Conditionnement des éprouvettes d'essai	27
4 Séchage des éprouvettes d'essai	28
4.1 Méthode A (préférable)	28
4.2 Méthode B	28
5 Dimensions	28
5.1 Epaisseur	28
6 Essais mécaniques	29
6.1 Résistance à la flexion et contrainte produisant une flèche conventionnelle	29
6.2 Module d'élasticité apparent à la flexion	30
7 Compressibilité	30
7.1 Principe	30
7.2 Appareillage d'essai	30
7.3 Eprouvettes	31
7.4 Mode opératoire	31
7.5 Résultats	31
8 Rigidité électrique dans l'huile	32
8.1 Généralités et conditionnement	32
8.2 Rigidité diélectrique le long des lignes de colle (rigidité diélectrique sur l'arête)	32
9 Résistance à la traction des couches internes, résistance thermique et compatibilité avec l'huile	32
9.1 Principe	32
9.2 Eprouvettes d'essai	32
9.3 Appareillage d'essai	33
9.4 Mode opératoire	33
9.5 Détermination de la résistance à la flexion	33
9.6 Résultats	34
10 Masse volumique apparente	34
10.1 Eprouvettes d'essai	34
10.2 Mode opératoire	34
10.3 Résultats	34
11 Teneur en humidité	35
12 Retrait	35
12.1 Appareillage d'essai	35
12.2 Eprouvettes	35
12.3 Mode opératoire	35
12.4 Résultats	36
13 Absorption d'huile	36
13.1 Eprouvettes d'essai	36
13.2 Mode opératoire	36
13.3 Résultats	37

14	Teneur en cendre	37
14.1	Mode opératoire	37
14.2	Résultats	37
15	Contamination des diélectriques liquides	37
15.1	Appareillage	37
15.2	Eprouvettes d'essai	37
15.3	Mode opératoire	37
15.4	Résultats	38
16	Conductivité de l'extrait aqueux	38
16.1	Mode opératoire	38
16.2	Résultats	38
17	pH de l'extrait aqueux	38
Figure 1 – Position de l'éprouvette d'essai en fonction de la longueur, de la largeur et de l'épaisseur de la feuille		38
Figure 2 – Taille des éprouvettes d'essai et disposition des électrodes pour l'essai de rigidité diélectrique le long des lignes de colle (rigidité diélectrique sur l'arête)		39
Figures 3 et 4 – Autres formes d'électrodes munies d'un orifice de sortie		40
Tableau 1 – Nombre d'éprouvettes d'essai		33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

SPÉCIFICATION POUR CARTONS COMPRIMÉS ET CONTRECOLLÉS –

Partie 2: Méthodes d'essai

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 n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60763-2 édition 2.1 contient la deuxième édition (2007-02) [documents 15/360/FDIS et 15/373/RVD] et son amendement 1 (2023-11) [documents 15/1018/FDIS et 15/1024/RVD].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.