

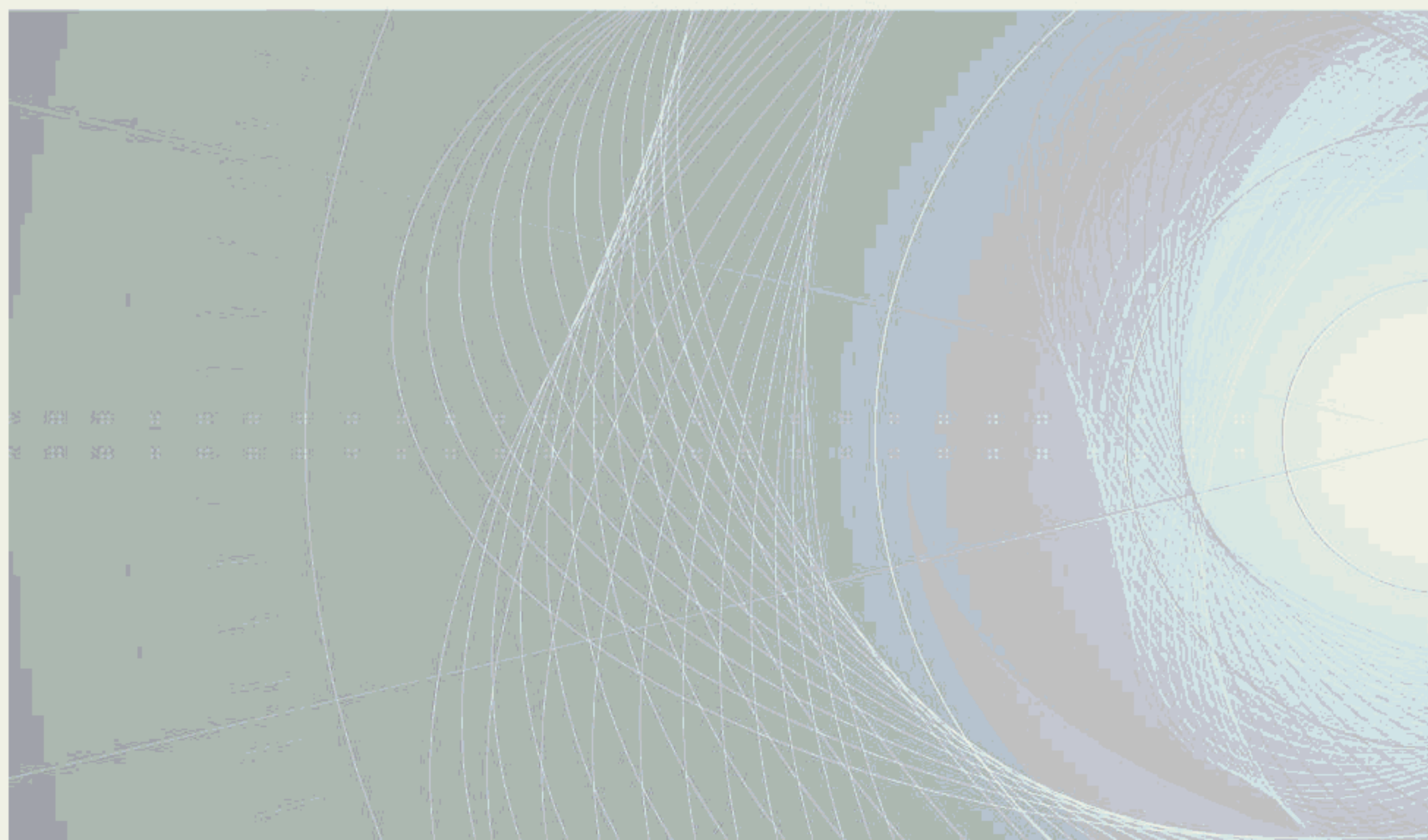
INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Vulcanized fibre for electrical purposes –
Part 2: Methods of test**

**Fibres vulcanisées à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai**





THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2020 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembé
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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



INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Vulcanized fibre for electrical purposes –
Part 2: Methods of test**

**Fibres vulcanisées à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.035.10

ISBN 978-2-8322-8294-6

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

CONTENTS

FOREWORD	3
INTRODUCTION	5
1 Scope	6
2 Normative reference	6
3 Terms and definitions	6
4 General notes on tests	7
4.1 Conditioning	7
4.2 Drying	7
4.3 Result	7
5 Thickness	7
6 Density	7
6.1 Apparent density	7
6.2 Density in liquid (specific gravity)	8
7 Tensile strength and elongation	8
8 Flexural strength.....	9
9 Water absorption	9
10 Electric strength up to and including 3 mm in thickness	9
11 Arc resistance	10
12 Chloride content	10
13 Ash content	10
14 Flexibility (bending)	10
15 Moisture content	11
16 Internal ply adhesion	11
17 Shrinkage	12
Figure 1 – Measuring principle for the determination of the flexibility	13
Figure 2 – Measuring device for the determination of the flexibility	13
Figure 3 – Ply adhesion testing jig	14
Table 1 – Conditioning time	7
Table 2 – Drying time	7

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**VULCANIZED FIBRE
FOR ELECTRICAL PURPOSES –****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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60667-2 has been prepared by IEC Technical Committee 15: Solid electrical insulating materials.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1982. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) added Terms and definitions
- b) added General notes on tests
- c) added Thickness instead of dimension
- d) changed Apparent density from Density
- e) added Arc resistance
- f) deleted Sulphate content
- g) added method (Bending) for flexibility

- h) changed test method for internal ply adhesion
- i) added Shrinkage

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

FDIS	Report on voting
15/911/FDIS	15/919/RVD

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

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

A list of all parts in the IEC 60667 series, published under the general title *Vulcanized fibre for electrical purposes*, can be found on the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

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

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

INTRODUCTION

This International Standard is one of a series which deals with vulcanized fibre sheets for electrical purposes.

The series consists of three parts:

Part 1: Definitions and general requirements (IEC 60667-1),

Part 2: Methods of test (IEC 60667-2),

Part 3: Specifications for individual materials (IEC 60667-3).

VULCANIZED FIBRE FOR ELECTRICAL PURPOSES –

Part 2: Methods of test

1 Scope

This part of IEC 60667 gives methods of test for vulcanized fibre sheets for electrical purposes. Material made by combining with an adhesive several thicknesses of vulcanized fibre is not covered by this document.

Materials which conform to this specification meet established levels of performance. However, the selection of a material by a user for a specific application is based on the actual requirements necessary for adequate performance in that application and not based on this specification alone.

Safety warning: It is the responsibility of the user of the methods contained or referred to in this document to ensure that they are used in a safe manner.

2 Normative reference

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60667-3 (all parts), *Specification for vulcanized fibre for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

IEC 61621:1997, *Dry, solid insulating materials – Resistance test to high-voltage, low-current arc discharges*

ISO 178:2019, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 287:2017, *Paper and board – Determination of moisture content of a lot – Oven-drying method*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

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

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

3.1**specimen**

rectangle of sheet cut to give dimensions from a roll or sheets drawn from selected units

3.2**test piece**

quantity of sheet on which each single determination is carried out in accordance with the method of test

Note 1 to entry: It may be taken from a specimen; in some instances, it may be the specimen itself.

4 General notes on tests**4.1 Conditioning**

Unless otherwise specified, the test specimens, after being cut, shall be conditioned in an atmosphere of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, and $(50 \pm 5)\text{ \% RH}$ and are tested in this atmosphere. The conditioning in relation to the thickness shall be as indicated in Table 1.

Table 1 – Conditioning time

Nominal thickness (mm)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ to $1,0$	$> 1,0$ to $2,0$	$> 2,0$ to $3,0$	$> 3,0$
Time (h)	≥ 48	≥ 72	≥ 96	≥ 120	≥ 240
Time (h) from the wet condition	≥ 48	≥ 96	≥ 120	≥ 240	≥ 480

4.2 Drying

The test pieces shall be dried in a ventilated oven at $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ as indicated in Table 2.

Table 2 – Drying time

Nominal thickness (mm)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ to $1,5$	$> 1,5$ to $5,0$	$> 5,0$
Time (h)	6 to 24	24	48	72

4.3 Result

As a general rule, the central value is reported as the result. When agreed between parties, the mean value may be reported. This shall be noted in the test report.

5 Thickness

The thickness shall be determined as in IEC 60641-2.

Deviations from IEC 60641-2:

- 10 spots alongside the circumference of the test piece shall be measured and the mean value of them shall be obtained.

6 Density**6.1 Apparent density**

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

Use rectangular test pieces of an area not less than 100 cm² and determine the mass to an accuracy of $10^{-4} \times$ mass of the test piece.

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

Determine the thickness by making eight measurements as indicated in Clause 5 and calculate the mean value of the measurements.

Express the apparent density ρ (the mass to volume ratio) as g/cm³:

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

where

m is the mass, in grams;

s is the mean of the eight thickness measurements, in cm;

l is the mean of the two length measurements, in cm;

w is the mean of the two width measurements, in cm.

Report all three values. The central value shall be taken as the result.

6.2 Density in liquid (specific gravity)

Use rectangular test pieces of an area not less than 16 cm² with the original thickness of the material. Determine the mass of the test piece weighed to an accuracy of $10^{-4} \times$ mass of the test piece in air and in liquid of known density at the temperature of test.

The density in grams per cubic centimetre is calculated by the formula:

$$\rho = \frac{m_1 \times x}{m_1 - m_2}$$

where

ρ is the density (g/cm³);

m_1 is the mass of test piece in air (g);

m_2 is the mass of test piece in liquid (g);

x is the density of liquid (g/cm³).

NOTE Suitable liquids are: water, transformer oil, alcohol and other solvent.

7 Tensile strength and elongation

Tensile strength shall be measured according to the method described in IEC 60641-2.

Deviations from IEC 60641-2:

- five measurements shall be made on the test pieces 20 mm \pm 2 mm by 180 mm cut from both directions of test specimens;
- the test length shall initially be 100 mm \pm 0,5 mm;

- the load being applied at a rate of 60 mm/min and continued, the test piece breaks.

NOTE The width can be 12,5 mm ± 1 mm on the test pieces.

8 Flexural strength

The measurement of the flexural strength is only applicable for materials applied to a nominal thickness of 10 mm or more.

Flexural stress at rupture shall be determined as specified in ISO 178.

The test pieces shall be from the sheet to be tested with their major axes in the directions indicated at LN and WN in Figure 4 of ISO 178:2019; five test pieces in each direction. If the sheet to be tested is more than 20 mm thick, the thickness of the test pieces shall be reduced to 20 mm by machining both faces symmetrically.

9 Water absorption

Three test pieces shall be 50 mm ± 1 mm square of thickness of the sheet under test.

Dry three test pieces for 1 h in the oven controlled at 100 °C ± 2 K, and cool to ambient temperature in a desiccator.

The mass of the test pieces shall be measured to an accuracy of 1 mg.

Place the test pieces in a container containing distilled water, controlled at 23 °C ± 0,5 K.

After immersion, remove the test pieces from the water and remove all surface water with a clean, dry cloth or filter paper.

Re-weight the test pieces to the nearest 1 mg.

The water absorption in percentage is calculated by the following formula:

$$= \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

where

a is the water absorption (%);

m_1 is the mass of test piece in before immersion (g);

m_2 is the mass of test piece in after immersion (g).

10 Electric strength up to and including 3 mm in thickness

Electric strength shall be determined by the method specified in IEC 60641-2.

Deviations from IEC 60641-2:

- five measurements are made on the test pieces square of approximately 100 mm and of thickness of the sheet test;

- the electrodes shall consist of two metal cylinders with the edges rounded to give a radius of $(3 \pm 0,2)$ mm. One electrode shall be (25 ± 1) mm in diameter and approximately 25 mm high. The other electrode shall be (75 ± 1) mm in diameter;
- the test pieces shall be dried in accordance with 4.2;
- measure and record the thickness of each test piece.

The electric strength in kilovolts per millimetre is calculated by the formula:

$$E = \frac{V}{t}$$

where

E is the electric strength (kV/mm);

V is the breakdown voltage (kV);

t is the thickness of the test piece after drying (mm).

11 Arc resistance

Arc resistance at rupture shall be determined as specified in IEC 61621.

12 Chloride content

Any recognized method of determining chloride ions in a water extract is permitted.

13 Ash content

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 IEC 60641-2. The mass of the test piece shall be 5 g. Three determinations shall be made.

14 Flexibility (bending)

The flexibility is determined using the measuring principle depicted in Figure 1.

A test piece is placed between the two jaws of the measuring device as shown in Figure 2. The jaws are closed until the test piece cracks or shows signs of rupture.

The flexibility tester is a small vise with jaws about 50 mm wide with small projections about 25 mm from the top edge of jaws against which the ends of specimens are placed. The movable jaw is equipped with a pointer and scale arrangement to indicate the decimal parts for each complete revolution of the vise handle. A dial gauge graduated in 0,01 mm units is placed in the back of the vise handle to indicate the jaw movement for a part of a complete revolution of the handle.

Measure the distance between the inner span of jaws by a dial gauge.

Three measurements of each direction are made on the test pieces approximately 25 mm by 50 mm cut from both directions of specimens.

Open the jaws of the bend tester to about 20 mm. Carefully insert a test piece (25 ± 1) mm \times (50 ± 1) mm between the jaws in a slightly arched position brown side up. It may

be necessary to hold the test piece down but care should be taken not to place moist fingers on the expected point of rupture.

Close the jaws of the tester at a constant rate of (3 ± 1) mm per second.

Observe the test piece closely and stop turning the handle; read the dial gauge as soon as a crack or sign of rupture is noted in the test piece.

The flexibility in millimetres is calculated by the formula:

$$f = d - (2 \times t)$$

where

f is the flexibility (mm);

d is the distance (mm);

t is the thickness of the test piece (mm).

15 Moisture content

Moisture content of material, as received, shall be measured according to the method described in ISO 287.

The mass of the specimen shall be at least 5 g. Three test specimens shall be taken.

The method consists of weighing the test specimen in the as received condition and after drying. The drying time shall be as described in Table 2.

The moisture content in percentage is calculated by the formula:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

where

a is the moisture content (%);

m_1 is the mass of the test specimen in before drying (g);

m_2 is the mass of the test specimen after drying (g).

16 Internal ply adhesion

A ply adhesion testing jig (Figure 3) which can be attached to the tensile testing apparatus as described in Clause 7 shall be used.

The jaws through which the load is applied shall move at a uniform rate of (300 ± 10) mm per minute. The distance between a pair of jaws is (125 ± 5) mm at start of the test.

Three measurements are made on the test pieces with a width of (25 ± 1) mm or $(12,5 \pm 1)$ mm and a length of at least 300 mm. The longer dimension of test pieces shall be aligning with the machine direction of specimen.

An initial ply separation across the full width of the test specimen shall be made by hand, as near as possible to the centre lamination of the test piece. After the delamination has been carried out across the 25 mm width, continue this for about 80 mm from the edge of the test piece.

The test piece shall be set into the ply adhesion testing jig. Both ends are clamped in the jaws of the tensile tester. Delaminate the test piece starting at the point of fracture for a distance of about 75 mm.

Record the force.

The internal ply adhesion is expressed in Newtons per meter and calculated by the formula:

$$I = \frac{F}{W}$$

where

I is the internal ply strength (N/m);

F is the force (N);

W is the width of the test piece (m).

The minimum value is taken as the result.

17 Shrinkage

Three test pieces measuring approximately 100 mm × 100 mm shall be cut in the specimens.

After the test pieces have been conditioned in accordance with Table 1, put marks at least 12 mm inside from each corner. Measure the distances between marks and the thickness at each mark.

The test pieces shall then be dried in accordance with Table 2.

After cooling to room temperature in a desiccator, the length, width and thickness shall be measured again.

The shrinkage in percentage is calculated by the formula:

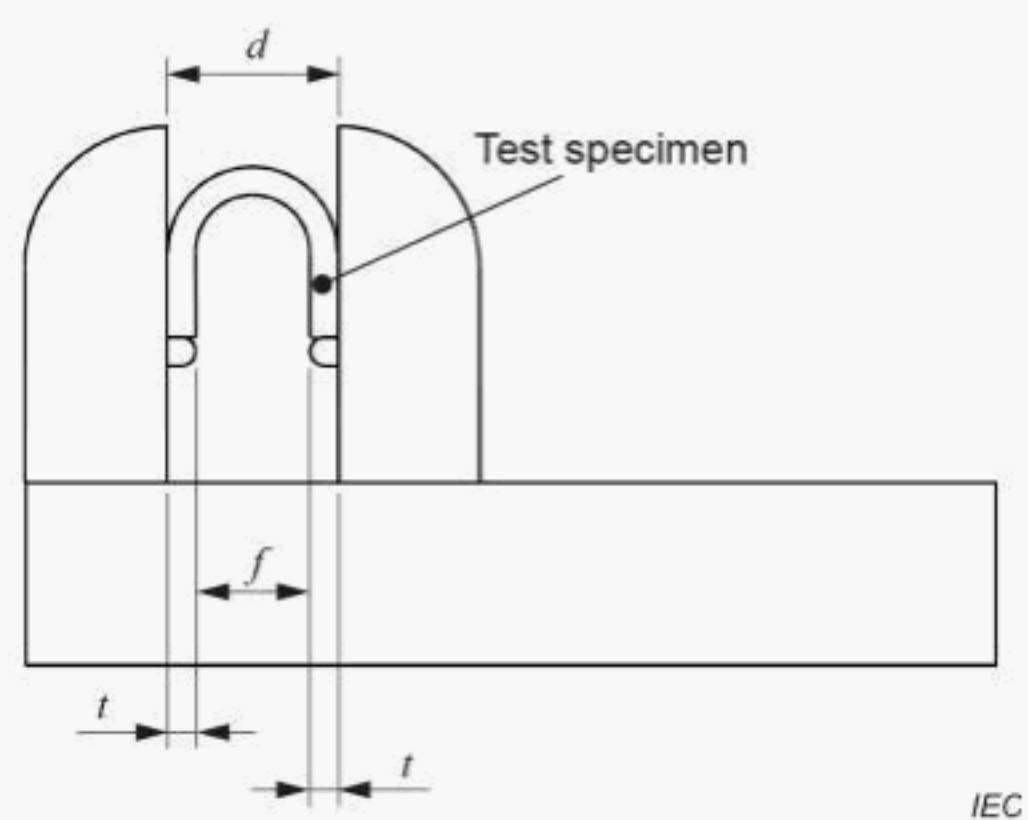
$$s = \frac{l_1 - l_2}{l_1} \times 100$$

where

s is the shrinkage (%);

l_1 is the distance of marks before drying (mm);

l_2 is the distance of marks after drying (mm).

**Key**

- d distance
 f flexibility
 t thickness

Figure 1 – Measuring principle for the determination of the flexibility

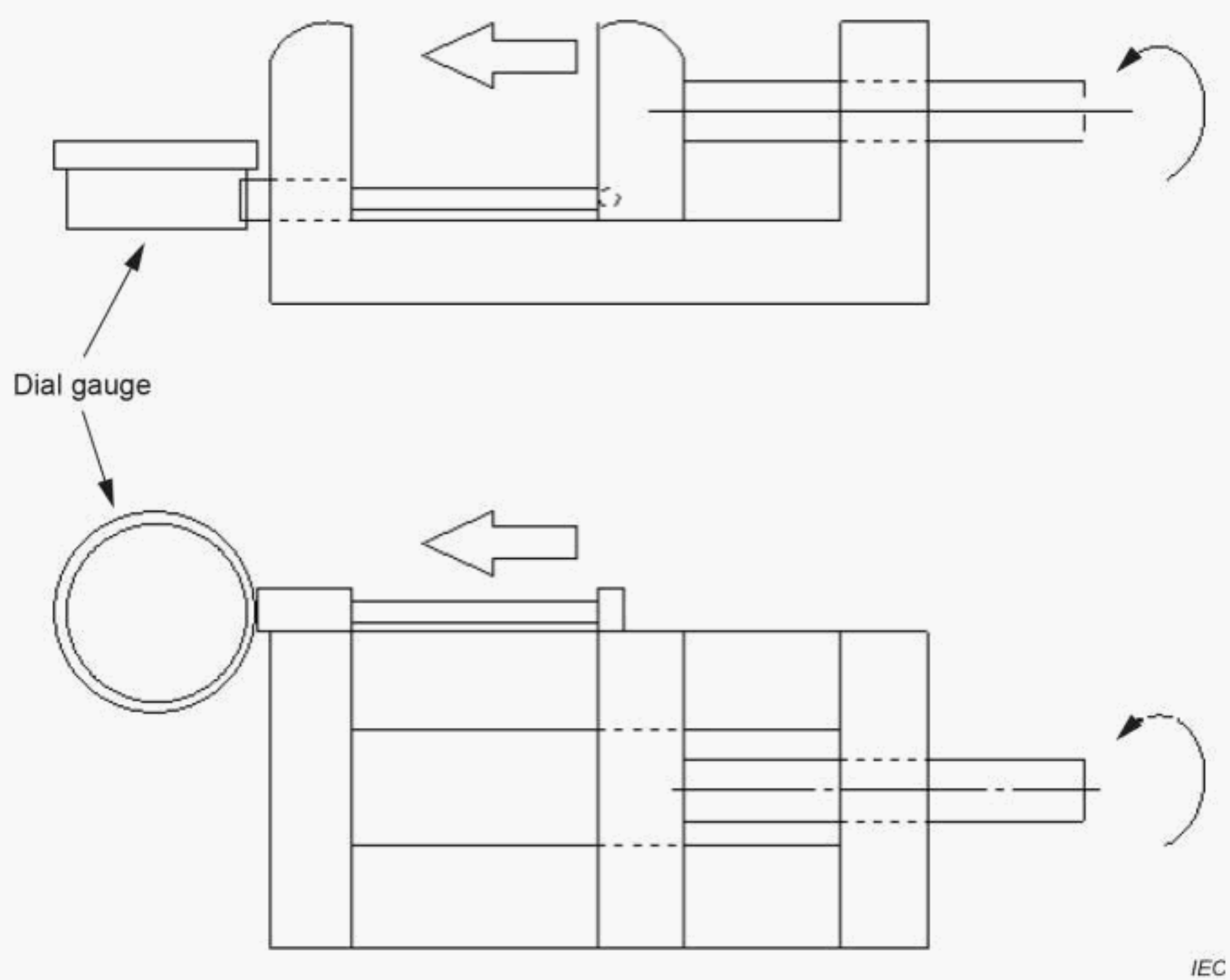


Figure 2 – Measuring device for the determination of the flexibility

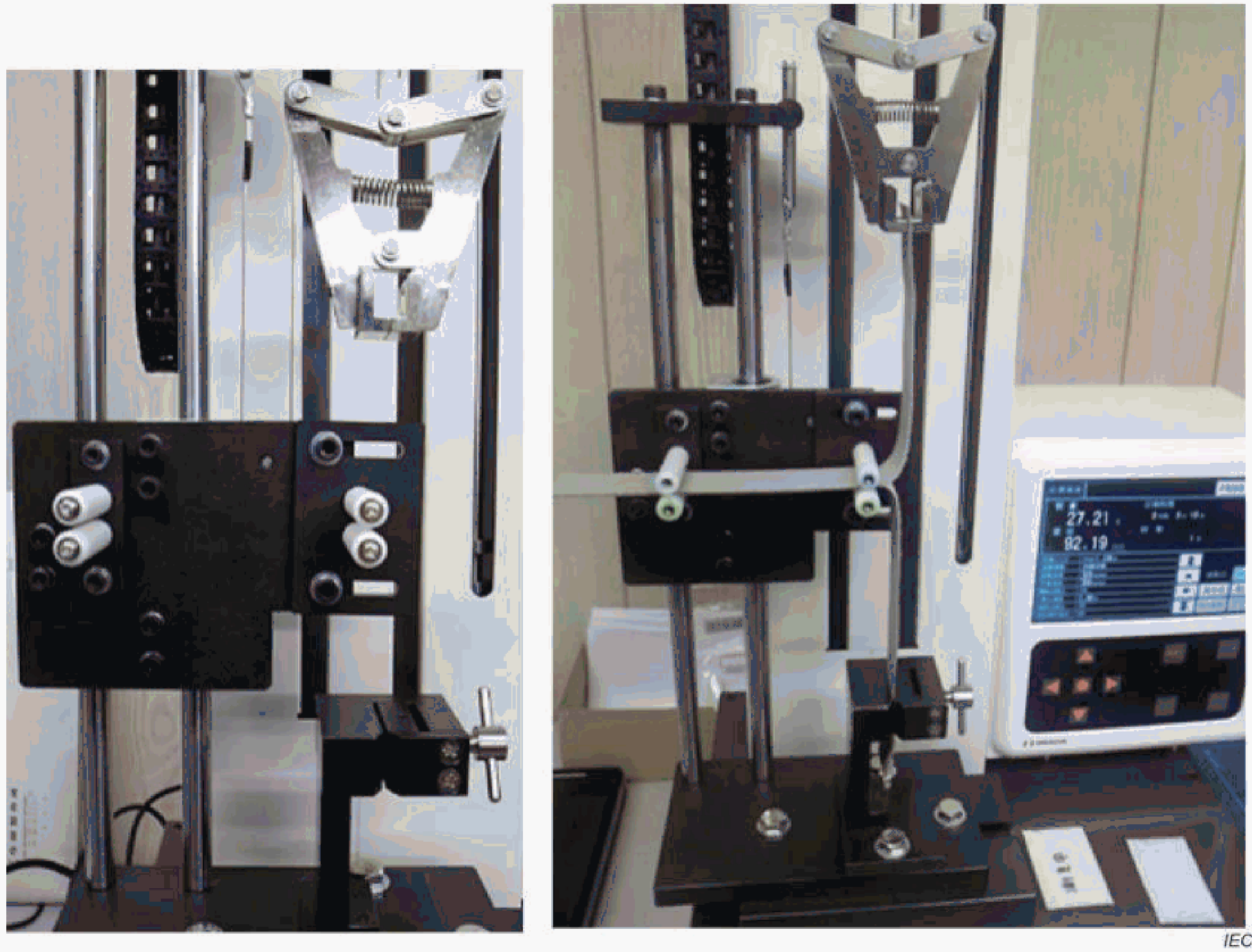


Figure 3 – Ply adhesion testing jig

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	17
INTRODUCTION	19
1 Domaine d'application	20
2 Références normatives	20
3 Termes et définitions	20
4 Remarques générales sur les essais	21
4.1 Conditionnement	21
4.2 Séchage	21
4.3 Résultat	21
5 Épaisseur	21
6 Masse volumique	22
6.1 Masse volumique apparente	22
6.2 Masse volumique dans un liquide (gravité spécifique)	22
7 Résistance à la traction et allongement	23
8 Résistance à la flexion.....	23
9 Absorption d'eau	23
10 Rigidité diélectrique pour des épaisseurs inférieures ou égales à 3 mm	24
11 Résistance à l'arc	24
12 Teneur en chlorure	24
13 Teneur en cendres	24
14 Flexibilité (souplesse)	24
15 Teneur en humidité	25
16 Adhérence interne du feuillement	26
17 Stabilité dimensionnelle	26
Figure 1 – Principe de mesure pour la détermination de la flexibilité	27
Figure 2 – Dispositif de mesure pour la détermination de la flexibilité	27
Figure 3 – Gabarit d'essai d'adhérence du feuillement	28
Tableau 1 – Durée de conditionnement	21
Tableau 2 – Durée de séchage	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FIBRES VULCANISÉES À USAGES ÉLECTRIQUES

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

La Norme internationale IEC 60667-2 a été établie par le comité d'études 15 de l'IEC: Matériaux isolants électriques solides.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1982. Cette édition constitue une révision technique.

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

- a) ajout de l'Article "Termes et définitions"
- b) ajouts dans l'Article "Remarques générales sur les essais"
- c) ajout du terme "épaisseur" en remplacement du terme "dimension"
- d) remplacement du terme "masse volumique" par "masse volumique apparente"

- e) ajout du contenu à l'Article "Résistance à l'arc"
- f) suppression de l'Article "Teneur en sulfate"
- g) ajout d'une méthode d'essai (Courbure) pour la flexibilité
- h) modification de la méthode d'essai pour l'adhérence interne du feuilletage
- i) ajout de l'Article "Stabilité dimensionnelle"

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

FDIS	Rapport de vote
15/911/FDIS	15/919/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60667, publiées sous le titre général *Fibres vulcanisées à usages électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. 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 fait partie d'une série traitant des feuilles en fibre vulcanisée à usages électriques.

La série est constituée de trois parties:

Partie 1: Définitions et exigences générales (IEC 60667-1),

Partie 2: Méthodes d'essai (IEC 60667-2),

Partie 3: Spécifications pour matériaux individuels (IEC 60667-3).

FIBRES VULCANISÉES À USAGES ÉLECTRIQUES –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60667 spécifie les méthodes d'essai pour les feuilles en fibres vulcanisées à usages électriques. Les matériaux composites constitués de plusieurs couches de fibre vulcanisée assemblées par un adhésif ne sont pas couverts par le présent document.

Les matériaux conformes à la présente spécification satisfont aux niveaux de performance établis. Cependant, le choix du matériau par un utilisateur pour une application spécifique est fondé sur les exigences réellement nécessaires pour une performance appropriée et non sur cette seule spécification.

Mise en garde: Il est de la responsabilité de l'utilisateur des méthodes contenues ou mentionnées dans le présent document de veiller à ce qu'elles soient utilisées en toute sécurité.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

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

IEC 60667-3 (toutes les parties), *Fibres vulcanisées à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour matériaux individuels*

IEC 61621:1997, *Matériaux isolants solides secs – Essai de résistance aux décharges à l'arc haute tension, faible courant*

ISO 178:2019, *Plastiques — Détermination des propriétés en flexion*

ISO 287:2017, *Papier et carton — Détermination de la teneur en humidité d'un lot — Méthode par séchage à l'étuve*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

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

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

3.1**échantillon**

rectangle de feuille découpé à des dimensions déterminées dans une feuille ou un rouleau issus d'unités sélectionnées

3.2**épreuve**

quantité de feuilles sur laquelle chaque détermination unitaire est effectuée conformément à la méthode d'essai

Note 1 à l'article: L'épreuve peut être prélevée sur un échantillon; dans certains cas, il peut s'agir de l'échantillon lui-même.

4 Remarques générales sur les essais**4.1 Conditionnement**

Sauf spécification contraire, les échantillons d'essai doivent être conditionnés après découpe dans une atmosphère à $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et de $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative, cette atmosphère étant aussi utilisée pour les essais. Le conditionnement, qui est lié à l'épaisseur, doit être réalisé en appliquant les valeurs indiquées dans le Tableau 1.

Tableau 1 – Durée de conditionnement

Épaisseur nominale (mm)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ à $1,0$	$> 1,0$ à $2,0$	$> 2,0$ à $3,0$	$> 3,0$
Durée (h)	≥ 48	≥ 72	≥ 96	≥ 120	≥ 240
Durée (h) en condition humide	≥ 48	≥ 96	≥ 120	≥ 240	≥ 480

4.2 Séchage

Les éprouvettes doivent être séchées dans un four ventilé à $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, pendant le nombre d'heures indiqué dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Durée de séchage

Épaisseur nominale (mm)	$\leq 0,5$	$> 0,5$ à $1,5$	$> 1,5$ à $5,0$	$> 5,0$
Durée (h)	6 à 24	24	48	72

4.3 Résultat

En règle générale, la valeur médiane est consignée comme valeur du résultat. Lorsque les deux parties sont d'accord, la valeur moyenne peut être consignée. Ces indications doivent figurer dans le rapport d'essai.

5 Épaisseur

L'épaisseur doit être déterminée comme dans l'IEC 60641-2.

Divergences par rapport à l'IEC 60641-2:

- 10 points autour de la circonférence de l'éprouvette doivent être mesurés et leur valeur moyenne doit être obtenue.

6 Masse volumique

6.1 Masse volumique apparente

L'essai doit être effectué sur trois éprouvettes conditionnées, chacune d'elles faisant l'objet d'une détermination.

Utiliser des éprouvettes rectangulaires d'une surface supérieure ou égale à 100 cm² et déterminer la masse de chacune avec une exactitude de 10⁻⁴ × la masse de l'éprouvette.

Effectuer deux mesurages de la longueur et deux mesurages de la largeur sur chaque éprouvette, avec une exactitude de 0,1 mm en des points situés au moins à 12 mm des angles.

Déterminer l'épaisseur en effectuant huit mesurages comme cela est indiqué à l'Article 5 et calculer la valeur moyenne des mesurages.

Exprimer la masse volumique apparente ρ (quotient de la masse par le volume) en g/cm³:

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

où

m est la masse, en grammes;

s est la moyenne des huit mesurages d'épaisseur, en cm;

l est la moyenne des deux mesurages de longueur, en cm;

w est la moyenne des deux mesurages de largeur, en cm.

Consigner les trois valeurs obtenues. La valeur médiane doit être prise comme valeur du résultat.

6.2 Masse volumique dans un liquide (gravité spécifique)

Utiliser des éprouvettes rectangulaires d'une surface supérieure ou égale à 16 cm², avec l'épaisseur d'origine du matériau. Déterminer la masse de l'éprouvette avec une exactitude de 10⁻⁴ × la masse de l'éprouvette, dans l'air et dans un liquide de masse volumique connue, à la température d'essai.

La masse volumique en grammes par centimètre cube est calculée avec la formule suivante:

$$\rho = \frac{m_1 \times x}{m_1 - m_2}$$

où

ρ est la masse volumique (g/cm³);

m_1 est la masse de l'éprouvette dans l'air (g);

m_2 est la masse de l'éprouvette dans un liquide (g);

x est la masse volumique du liquide (g/cm³).

NOTE Les liquides adaptés sont l'eau, l'huile de transformateur, l'alcool et d'autres solvants.

7 Résistance à la traction et allongement

La résistance à la traction doit être mesurée selon la méthode décrite dans l'IEC 60641-2.

Divergences par rapport à l'IEC 60641-2:

- cinq mesurages doivent être effectués sur des éprouvettes de $20 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ par 180 mm coupées dans chacun des deux sens des échantillons d'essai;
- la longueur d'essai doit être initialement de $100 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$;
- la charge appliquée à une vitesse de 60 mm/min en continu brise l'éprouvette.

NOTE La largeur des éprouvettes peut être de $12,5 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

8 Résistance à la flexion

Le mesurage de la résistance à la flexion ne s'applique qu'aux matériaux appliqués à une épaisseur nominale de 10 mm ou plus.

La contrainte de flexion à la rupture doit être déterminée comme cela est spécifié dans l'ISO 178.

Les éprouvettes doivent être découpées dans la feuille à soumettre à l'essai avec leurs axes principaux dans les directions indiquées au niveau de LN et WN à la Figure 4 de l'ISO 178; cinq éprouvettes sont prises dans chaque direction. Si l'épaisseur de la feuille à soumettre à l'essai est supérieure à 20 mm , l'épaisseur des éprouvettes doit être ramenée à cette valeur par usinage symétrique des deux faces.

9 Absorption d'eau

Les trois éprouvettes doivent former un carré de $50 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ ayant l'épaisseur de la feuille en essai.

Sécher les trois éprouvettes pendant 1 h dans un four réglé à $100 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$, et refroidir à température ambiante dans un dessiccateur.

La masse des éprouvettes doit être mesurée avec une exactitude de 1 mg .

Placer les éprouvettes dans un conteneur d'eau distillée, à une température contrôlée de $23 \text{ °C} \pm 0,5 \text{ K}$.

Après immersion, retirer les éprouvettes de l'eau et les essuyer avec un tissu propre et sec ou un papier filtre.

Peser à nouveau les éprouvettes au milligramme près.

Le pourcentage d'absorption d'eau est calculé selon la formule suivante:

$$= \frac{m_2 - m_1}{m_1} \times 100$$

où

a est l'absorption d'eau (%);

m_1 est la masse de l'éprouvette avant immersion (g);

m_2 est la masse de l'éprouvette après immersion (g);

10 Rigidité diélectrique pour des épaisseurs inférieures ou égales à 3 mm

La rigidité diélectrique doit être déterminée par la méthode spécifiée dans l'IEC 60641-2.

Divergences par rapport à l'IEC 60641-2:

- cinq mesurages sont effectués sur des éprouvettes carrées de 100 mm de côté environ et ayant l'épaisseur de la feuille en essai;
- les électrodes doivent être constituées de deux cylindres métalliques à bords arrondis pour obtenir un rayon de $(3 \pm 0,2)$ mm. Une électrode doit avoir un diamètre de (25 ± 1) mm et une hauteur d'environ 25 mm. L'autre électrode doit avoir un diamètre de (75 ± 1) mm;
- les éprouvettes doivent être séchées conformément au 4.2;
- mesurer et enregistrer l'épaisseur de chaque éprouvette.

La rigidité diélectrique en kilovolts par millimètre est calculée selon la formule:

$$E = \frac{V}{t}$$

où

E est la rigidité diélectrique (kV/mm);

V est la tension de claquage (kV);

t est l'épaisseur de l'éprouvette après séchage (mm).

11 Résistance à l'arc

La résistance à l'arc à la rupture doit être déterminée comme cela est spécifié dans l'IEC 61621.

12 Teneur en chlorure

Toute méthode reconnue permettant de déterminer la teneur en ions chlorure d'un extrait aqueux est autorisée.

13 Teneur en cendres

La quantité de résidu subsistant après l'incinération du matériau pris en l'état de réception doit être déterminée conformément à la méthode décrite dans l'IEC 60641-2. La masse de l'éprouvette doit être de 5 g. Trois déterminations doivent être effectuées.

14 Flexibilité (souplesse)

La flexibilité est déterminée en appliquant le principe de mesure décrit à la Figure 1.

Une éprouvette est placée entre les deux mâchoires du dispositif de mesure comme cela est représenté à la Figure 2. Les mâchoires sont fermées jusqu'à ce que l'éprouvette se fende ou présente des signes de rupture.

Le dispositif d'essai est un petit étau avec des mâchoires d'environ 50 mm de largeur, avec de petites protubérances d'environ 25 mm sur le bord supérieur des mâchoires contre lesquelles les extrémités des échantillons sont placées. La mâchoire mobile est équipée d'une aiguille et d'une graduation qui indiquent les parties décimales de chaque rotation complète de la poignée de l'étau. Un comparateur à cadran gradué en centièmes de millimètres est placé derrière la poignée de l'étau afin d'indiquer le mouvement de la mâchoire d'une partie de la rotation complète de la poignée.

Mesurer l'écartement interne des mâchoires à l'aide du comparateur à cadran.

Trois mesurages sont effectués dans chaque sens sur des éprouvettes de 25 mm par 50 mm environ, coupées dans chacun des deux sens des échantillons.

Ouvrir les mâchoires du dispositif de pliage à environ 20 mm. Insérer avec précaution une éprouvette de (25 ± 1) mm \times (50 ± 1) mm légèrement cintrée entre les mâchoires, le côté foncé vers le haut. Il peut être nécessaire de maintenir l'éprouvette vers le bas, mais il convient de veiller à ne pas apposer des doigts humides sur le point de rupture prévu.

Fermer les mâchoires du dispositif à une vitesse constante de (3 ± 1) mm par seconde.

Observer attentivement l'éprouvette et cesser de tourner la poignée, lire le comparateur à cadran dès que l'éprouvette présente une fissure ou un signe de rupture.

La flexibilité en millimètres est calculée par la formule:

$$f = d - (2 \times t)$$

où

f est la flexibilité (mm);

d est la distance (mm);

t est l'épaisseur de l'éprouvette (mm).

15 Teneur en humidité

La teneur en humidité du matériau, en l'état de livraison, doit être mesurée conformément à la méthode décrite dans l'ISO 287.

La masse de l'échantillon doit être d'au moins 5 g. Trois échantillons d'essai doivent être prélevés.

La méthode consiste à peser l'échantillon d'essai en l'état de livraison et après séchage. La durée de séchage doit être conforme aux indications données dans le Tableau 2.

Le pourcentage de teneur en humidité est calculé par la formule:

$$a = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \times 100$$

où

a est la teneur en humidité (%);

m_1 est la masse de l'éprouvette avant séchage (g);

m_2 est la masse de l'éprouvette après séchage (g).

16 Adhérence interne du feuilletage

Un gabarit d'essai d'adhérence du feuilletage (Figure 3) qui peut être fixé au dispositif d'essai de traction décrit à l'Article 6 doit être utilisé.

Les mâchoires à travers lesquelles la charge est appliquée doivent se déplacer à une vitesse constante de (300 ± 10) mm par minute. La distance entre une paire de mâchoires est de (125 ± 5) mm au début de l'essai.

Trois mesurages sont effectués sur des éprouvettes d'une largeur de (25 ± 1) mm ou de $(12,5 \pm 1)$ mm et d'une longueur minimale de 300 mm. La dimension la plus longue de l'éprouvette doit être alignée sur le sens machine de l'échantillon.

Une séparation initiale du feuilletage sur toute la largeur entière de l'échantillon d'essai doit être effectuée à la main, le plus près possible du centre du feuilletage de l'éprouvette. Après décollement sur une largeur de 25 mm, continuer le processus sur environ 80 mm à partir des bords de l'éprouvette.

L'éprouvette doit être installée dans le gabarit d'essai d'adhérence du feuilletage. Les deux extrémités sont fixées dans les mâchoires du dispositif d'essai de traction. Décoller l'éprouvette en commençant au point de fracture sur une distance d'environ 75 mm.

Enregistrer la force.

L'adhérence interne du feuilletage est exprimée en Newton par mètre et elle est calculée par la formule:

$$I = \frac{F}{W}$$

où

I est la résistance interne du feuilletage (N/m);

F est la force (N);

W est la largeur de l'éprouvette (m).

La valeur minimale est prise comme valeur du résultat.

17 Stabilité dimensionnelle

Trois éprouvettes mesurant environ 100 mm × 100 mm doivent être découpées dans les échantillons.

Après avoir conditionné les éprouvettes conformément au Tableau 1, les marquer à au moins 12 mm à l'intérieur de chaque angle. Mesurer les distances entre les marques et l'épaisseur à chaque marque.

Les éprouvettes doivent ensuite être séchées conformément au Tableau 2.

Après refroidissement à température ambiante dans un dessiccateur, la longueur, la largeur et l'épaisseur doivent être à nouveau mesurées.

Le pourcentage de stabilité dimensionnelle est calculé par la formule:

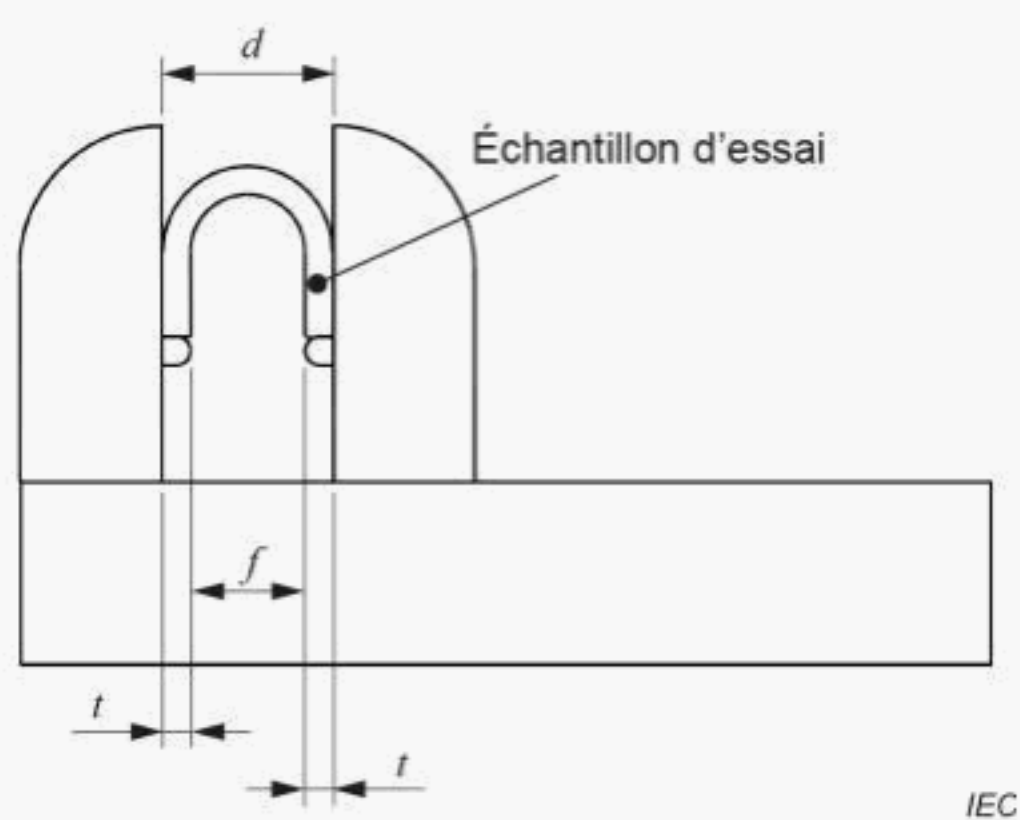
$$s = \frac{I_1 - I_2}{I_1} \times 100$$

où

s est la stabilité dimensionnelle (%);

I_1 est la distance des marques avant séchage (mm).

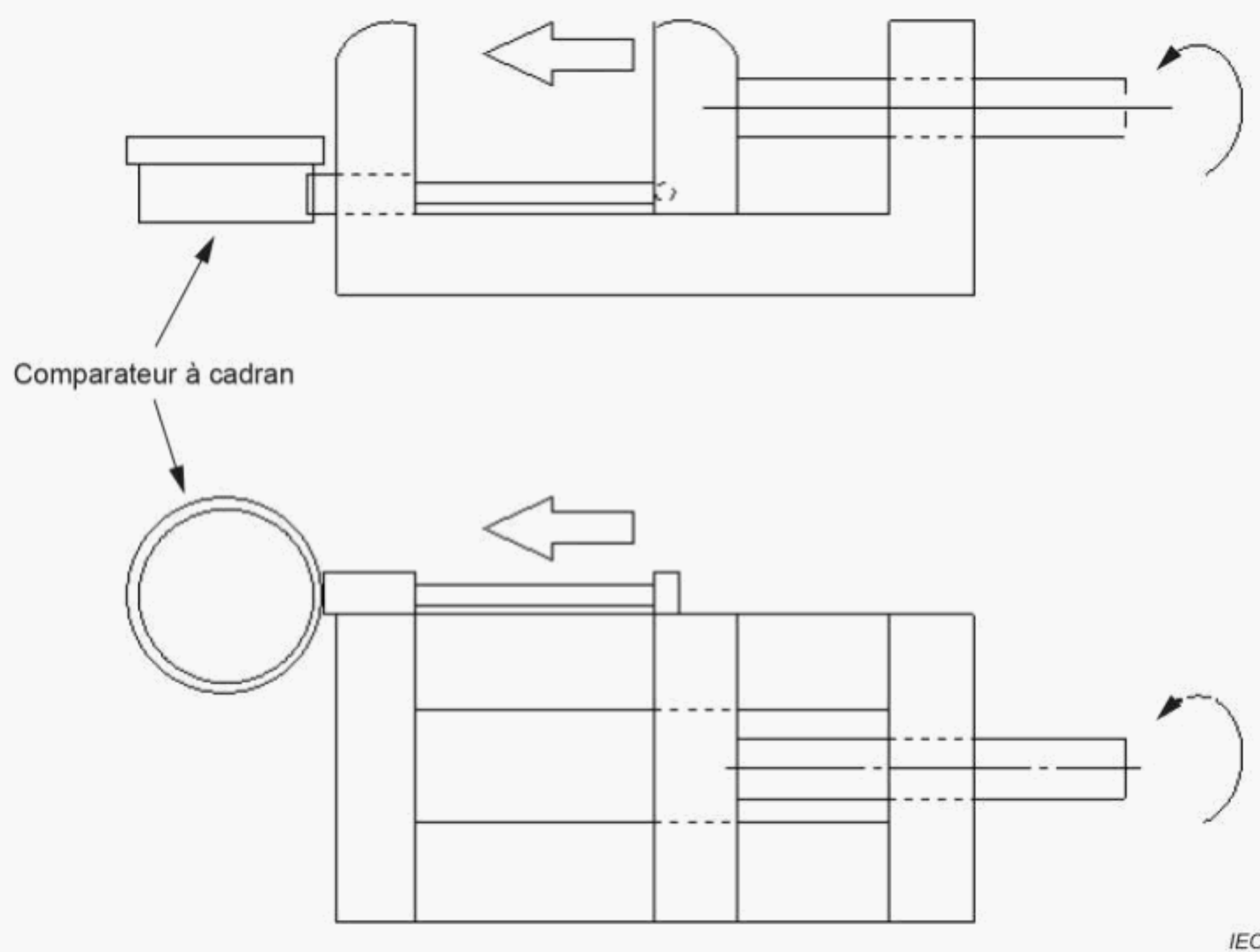
I_2 est la distance des marques après séchage (mm).



IEC

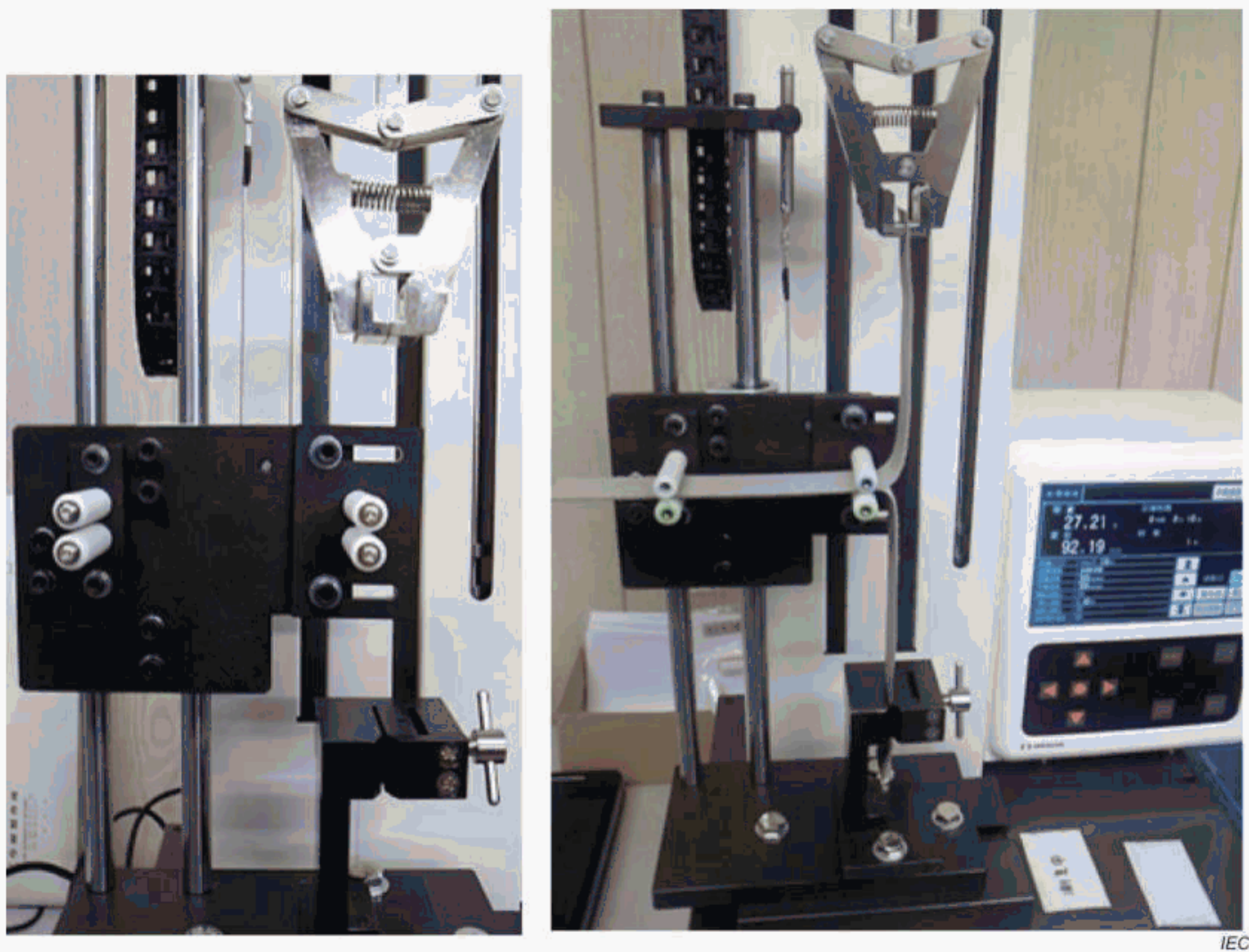
Légende	
d	distance
f	flexibilité
t	épaisseur

Figure 1 – Principe de mesure pour la détermination de la flexibilité



IEC

Figure 2 – Dispositif de mesure pour la détermination de la flexibilité



IEC

Figure 3 – Gabarit d'essai d'adhérence du feuilletage

