

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Insulating materials – Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes –  
Part 2: Methods of test**

**Matériaux isolants – Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques –  
Partie 2: Méthodes d'essai**



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2006 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

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

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

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tel.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

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

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)  
Tél.: +41 22 919 02 11  
Fax: +41 22 919 03 00

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

---

**Insulating materials – Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes –  
Part 2: Methods of test**

**Matériaux isolants – Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques –  
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

S

---

ICS 29.035.01

ISBN 2-8318-1045-0

## CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Conditioning of specimens.....	7
4 Dimensions.....	7
4.1 General.....	7
4.2 External diameter.....	7
4.3 Internal diameter.....	8
4.4 Wall thickness.....	9
4.5 Departure from straightness – Applicable to all tubes up to 300 mm diameter.....	10
5 Mechanical tests.....	10
5.1 Flexural strength perpendicular to laminations.....	10
5.2 Axial compressive strength.....	12
5.3 Cohesion between layers.....	13
6 Electrical tests.....	15
6.1 Electric strength and breakdown voltage.....	15
6.2 Insulation resistance after immersion in water.....	17
6.3 Dissipation factor and permittivity (tube only).....	17
7 Other tests.....	18
7.1 Thermal endurance.....	18
7.2 Water absorption.....	18
7.3 Density.....	18
7.4 Flammability.....	18
Bibliography.....	22
Figure 1 – Preparation of test specimen from a large tube for testing flexural strength.....	11
Figure 2 – Position of tube in testing machine for testing cohesion between layers.....	14
Figure 3 – Test specimens and electrodes for testing electric strength of tubes.....	16
Figure 4 – Test specimens for flammability testing.....	20

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**INSULATING MATERIALS –  
INDUSTRIAL RIGID ROUND LAMINATED TUBES  
AND RODS BASED ON THERMOSETTING RESINS  
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 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.

International Standard IEC 61212-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Standards on specifications for electrical insulating materials.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1995 and constitutes a technical revision.

The main changes from the previous edition are as follows: added application use and safety statements. Reformatted document to bring it up to current IEC document format. Test method references updated.

This bilingual version, published in 2009-06, corresponds to the English version.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
15/273/FDIS	15/306/RVD

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

The French version of this standard has not been voted upon.

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

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

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

## INTRODUCTION

This part of IEC 61212 is one of a series which deals with industrial, rigid, round, laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes. The materials are similar to those described in IEC 62011-1 but of different cross-section.

This series, under the general heading *Insulating materials – Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes*, consists of three parts:

Part 1: Definitions, designations and general requirements (IEC 61212-1)

Part 2: Methods of test (IEC 61212-2)

Part 3: Specifications for individual materials (IEC 61212-3)

# INSULATING MATERIALS – INDUSTRIAL RIGID ROUND LAMINATED TUBES AND RODS BASED ON THERMOSETTING RESINS FOR ELECTRICAL PURPOSES –

## Part 2: Methods of test

### 1 Scope

This part of IEC 61212 describes methods of test for the materials defined in IEC 61212-1.

Materials which conform to this specification meet established levels of performance. However, the selection of a material by a user for a specific application should be 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 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 60167:1964, *Methods of test for the determination of the insulation resistance of solid insulating materials*

IEC 60212:1971, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60216-1:2001, *Electrical insulating materials – Properties of thermal endurance – Part 1: Ageing procedures and evaluation of test results*

IEC 60216-2:2005, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*

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

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 oils for transformers and switchgear*

IEC 60695-11-10:1999, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*  
Amendment 1 (2003)<sup>1</sup>

IEC 61212-1, *Insulating materials – Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 1: General requirements*

IEC 61212-3 (all sheets), *Insulating materials – Industrial rigid round laminated tubes and rods based on thermosetting resins for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

ISO 62:1999, *Plastics – Determination of water absorption*

ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

ISO 604:2002, *Plastics – Determination of compressive properties*

ISO 1183-1:2004, *Plastics – Methods for determining the density and relative density of non-cellular plastics – Part 1: Immersion method, liquid pyknometer method and titration method*

ISO 3611:1978, *Micrometer callipers for external measurement*

ISO 3599:1976, *Vernier callipers reading to 0,1 and 0,05 mm*

ISO 6906:1984, *Vernier callipers reading to 0,02 mm*

### 3 Conditioning of specimens

Unless otherwise specified, test specimens shall be conditioned immediately prior to testing for at least 24 h in standard atmosphere B according to IEC 60212 at a temperature of 23 °C ± 2 K and a relative humidity of (50 ± 5) %.

Unless otherwise specified, each specimen shall be tested in the conditioning atmosphere or the tests shall commence within 3 min of removal of each specimen from the conditioning atmosphere.

Where testing at an elevated temperature is required in a specification sheet of IEC 61212-3, test specimens shall be conditioned for 1 h at the elevated temperature immediately before testing.

## 4 Dimensions

### 4.1 General

All dimensions shall be measured in the “as received” condition.

### 4.2 External diameter

#### 4.2.1 Test apparatus

The external diameter of the tubes and rods shall be determined using one of the apparatus listed below:

---

<sup>1</sup> There exists a consolidated version 1.1 (2003) that includes IEC 60695-11-10 (1999) and its Amendment 1 (2003).

a) Nominal external diameter  $\leq 100$  mm

An external screw type micrometer with an accuracy of  $\pm 0,02$  mm or better, according to ISO 3611, having faces with diameters between 6 mm and 8 mm.

b) Nominal external diameter  $> 100$  mm and  $\leq 500$  mm

A slide gauge (Vernier caliper) in accordance with ISO 3599.

c) Nominal external diameter  $> 500$  mm

A steel tape, graduated in divisions of 0,5 mm with an accuracy of  $\pm 0,1$  mm or better.

Any other means of measurement with the same or better accuracy may be used. In case of dispute, the specified apparatus shall be used.

#### 4.2.2 Procedure

For tubes or rods with nominal external diameter  $\leq 500$  mm, measure the external diameter at three points along the length, but not less than 20 mm from the ends, generally at both ends and the middle. At each of these points, a minimum of three readings equally distributed around the circumference shall be taken.

For tubes or rods with nominal external diameter  $> 500$  mm, measure the circumference at three places along the length, distributed as above, and calculate the diameter.

#### 4.2.3 Results

For nominal external diameters  $\leq 100$  mm, the measured values shall be recorded to the nearest 0,02 mm.

For nominal external diameters  $> 100$  mm and  $\leq 500$  mm, the measured values shall be recorded to the nearest 0,1 mm.

For nominal external diameters  $> 500$  mm, the diameters shall be calculated from the measured circumferences and recorded to the nearest millimetre.

#### 4.2.4 Report

The arithmetic mean of the recorded values shall be reported as the diameter of the tube or rod.

### 4.3 Internal diameter

#### 4.3.1 Test apparatus

The internal diameter of tubes shall be determined using one of the instruments listed below.

a) For tubes with nominal internal diameter  $\leq 10$  mm

A tapered plug gauge or pin type micrometer with an accuracy of  $\pm 0,02$  mm or better.

b) For tubes with nominal internal diameter  $> 10$  mm and  $\leq 500$  mm

A slide gauge (Vernier caliper) in accordance with ISO 3599.

c) For tubes with nominal internal diameter  $> 500$  mm

A graduated steel tape to measure the external circumference in accordance with 4.2.1 c).

A slide gauge (Vernier caliper) to measure the wall thickness in accordance with 4.2.1 b).

Any other means of measurement having the same accuracy as specified above or better may be used. In case of dispute, the specified apparatus shall be used.

### 4.3.2 Procedure

- a) For tubes with nominal internal diameter  $\leq 10$  mm

Measure the internal diameter of the tube at both ends using a tapered plug gauge, or at three points equally spaced around the inside circumference at both ends using a pin type micrometer.

- b) For tubes with nominal internal diameter  $> 10$  mm and  $\leq 500$  mm

Measure the internal diameter of the tube at a minimum of three points equally spaced along the inside circumference at both ends.

- c) For tubes with nominal internal diameter  $> 500$  mm

The internal diameter shall be calculated from the external diameter determined according to 4.2 and the wall thickness determined according to 4.4.

### 4.3.3 Results

For tubes with nominal internal diameter  $\leq 10$  mm measured using a tapered plug gauge or pin type micrometer, the values measured at the two ends shall be recorded to the nearest 0,02 mm.

For tubes with nominal internal diameter  $> 10$  mm and  $\leq 500$  mm, measured using a slide gauge, the three values measured at the two ends shall be recorded to the nearest 0,1 mm.

For tubes with nominal internal diameter  $> 500$  mm, calculate the internal diameters using the measured outside diameters and the corresponding measured wall thicknesses and record the calculated values to the nearest millimetre.

### 4.3.4 Report

For tubes with nominal internal diameter  $\leq 10$  mm measured using a tapered plug gauge, the arithmetic mean of the two values recorded shall be reported as the internal diameter of the tube. For tubes with nominal internal diameter  $\leq 10$  mm measured using a pin type micrometer, the arithmetic mean of the six values recorded shall be reported as the internal diameter of the tube.

For tubes with nominal internal diameter  $> 10$  mm and  $\leq 500$  mm, the arithmetic mean of the six recorded values shall be reported as the internal diameter of the tube.

For tubes with nominal internal diameter  $> 500$  mm, the arithmetic mean of the recorded values shall be reported as the internal diameter of the tube.

## 4.4 Wall thickness

### 4.4.1 Test apparatus

The wall thickness of the tube shall be measured using a pin type micrometer, or universal micrometer according to ISO 3611, or a suitable Vernier caliper reading to 0,02 mm according to ISO 6906.

Any other means of measurement having the same accuracy as specified above or better may be used. In case of dispute, the specified apparatus shall be used.

### 4.4.2 Procedure

Measure the wall thickness of the tube at a minimum of three points equally spaced around the circumference at each end of the tube.

#### 4.4.3 Results

Record the measured values to the nearest 0,02 mm.

#### 4.4.4 Report

Report the arithmetic mean of the values recorded as the wall thickness of the tube.

### 4.5 Departure from straightness – Applicable to all tubes up to 300 mm diameter

#### 4.5.1 Test specimens

The test specimen shall be the tube under test. Where appropriate, the tube shall be trimmed to length in order to remove excess resin or flashing from the ends prior to carrying out the test.

#### 4.5.2 Procedure

The length of the tube or rod shall be measured with an accuracy of  $\pm 1$  mm and recorded. The tube or rod shall then be placed on a flat, horizontal surface and rolled until the maximum gap occurs between it and the flat surface. The tube or rod shall be maintained in this position without applying any pressure that could deform it. The maximum gap shall be measured using feeler or slip gauges.

#### 4.5.3 Results

Record the measured value in millimetres to the nearest 0,1 mm as the departure from straightness of the rod or tube under test. The limit for departure of straightness as a function of length is given in IEC 61212-3.

#### 4.5.4 Report

Report the value obtained in millimetres as the departure from straightness together with the length.

## 5 Mechanical tests

### 5.1 Flexural strength perpendicular to laminations

The flexural strength shall be determined by the method specified in ISO 178.

NOTE 1 This method provides information, which is useful for the specification of materials, but the information should not be used for structural calculations. Preparation of specimens may release residual stresses in the tube or rod and the results may not correlate with the true flexural properties.

NOTE 2 For the materials described in this standard, the flexural strength and the flexural stress at rupture can be regarded as identical properties.

#### 5.1.1 Test specimens

Three specimens shall be tested.

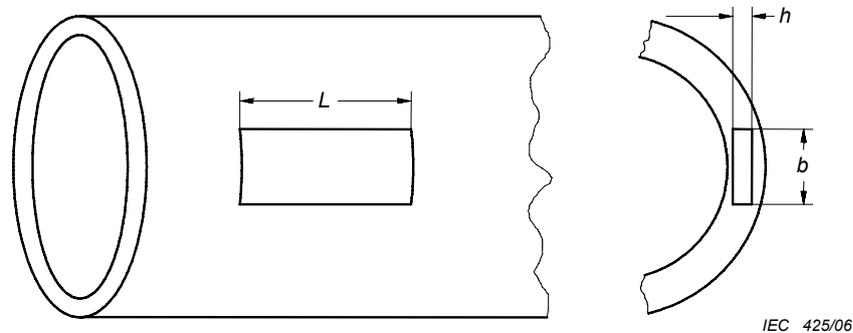
##### 5.1.1.1 Tubes

The test is applicable to tubes of nominal internal diameter greater than 100 mm and other tubes from which satisfactory specimens as defined below can be produced. In the case of moulded tubes with visible mould closing lines, at least one specimen shall be cut from the region of each mould-closing line.

The test specimens shall be of rectangular cross-section and shall be cut from the wall of the tube. The length axis of the specimens shall be parallel to the main axis of the tube. The

dimensions of the specimens shall be as described in ISO 178. The thickness shall lie between 3 mm and 5 mm. The preferred thickness is 4 mm.

The other specimen dimensions shall be as described in ISO 178. See Figure 1.



**Figure 1 – Preparation of test specimen from a large tube for testing flexural strength**

#### 5.1.1.2 Rods

Each specimen shall be a piece of rod under test except that, if the diameter of the rod exceeds 13 mm, it shall be reduced concentrically to  $(13 \pm 1)$  mm by machining. The length of each specimen shall be not less than 20 times its diameter.

#### 5.1.2 Procedure

##### 5.1.2.1 Tubes

Perform the test as described in ISO 178.

The cross-head speed shall be  $(5 \pm 1)$  mm/min.

##### 5.1.2.2 Rods

The diameter of the test specimen shall be measured according to 4.2.1.

The length of the span,  $L$ , shall be  $(16 \pm 1) D$  ( $D$  = diameter of the rod or the diameter of the test specimen cut from the rod). The length of the span shall be measured to the nearest 0,5 mm.

Load the test specimen as a simple beam at mid-span without impact.

The cross-head speed shall be  $(5 \pm 1)$  mm/min.

Record the load,  $F$ , at the moment of rupture.

#### 5.1.3 Results

##### 5.1.3.1 Tubes

Calculate the flexural strength of the rectangular specimens as described in ISO 178 and record the three results obtained in MPa.

##### 5.1.3.2 Rods

$\sigma_F$ , the flexural stress at load  $F$ , is calculated in MPa from the formula:

$$\sigma_F = \frac{M}{W}$$

where

$W$  is the section modulus, in  $m^3$ ;

$M$  is the flexural moment at load  $F$ , given by the formula:

$$M = \frac{FL}{4}$$

where

$F$  is the load at the moment of rupture in MN;

$L$  is the span length in m.

For round specimens with diameter  $D$ :

$$W = \frac{\pi D^3}{32}$$

Calculate the flexural strength of the specimens and record the three results obtained in MPa.

#### 5.1.4 Report

Report the arithmetic mean of the recorded values as the flexural strength in MPa of the tube or rod under test. The maximum and minimum values shall also be reported.

### 5.2 Axial compressive strength

#### 5.2.1 General

Axial compressive strength shall be determined by the method specified in ISO 604.

#### 5.2.2 Test specimens

Three specimens shall be tested.

The specimens shall be as described in ISO 604.

Each test specimen shall be a tube or cylinder. The ends shall be flat, parallel and 90° to the axis. If the size of the tube or rod under test necessitates loads beyond the capacity of the testing machine or the compression tool, smaller specimens shall be prepared in one of the following ways:

- rods:  
by concentric machining of the original rod;
- tubes:  
either by reducing the wall thickness by concentric machining or by machining from the wall of the tube under test in accordance with the recommended dimensions given in Table 2 of ISO 604 for a type B specimen.

### 5.2.3 Procedure

Three specimens shall be tested in the 'as received' condition as described in ISO 604, but with a rate of deformation as modified below.

For cylindrical specimens, determine the specimen height, and the diameter according to 5.1.1.2.

For tubular specimens, determine the external and internal diameter according to 5.1.1.1.

For rectangular specimens cut from tubes, determine the dimensions of the two sides of the cross-section in accordance with ISO 604. From these values, calculate the minimum cross-sectional area of each of the three specimens.

Place the test specimen between the compression plates ensuring that the ends are parallel to and make good contact with the surfaces of the plates. Align the centre line of the specimen through the centre line of the compression tool. Adjust the machine so that the surfaces of the compression plate just touch the ends of the test specimen.

Set the machine speed to a rate of deformation in mm/min equal to  $(0,3 \times L) \pm 20 \%$ , where  $L$  is the length of the specimen in millimetres.

Start the machine and record the total load, in newtons, carried by the test specimen at the moment of rupture.

### 5.2.4 Results

Calculate the compressive strength in MPa by dividing the load at the moment of rupture in N by the original cross-sectional area in mm<sup>2</sup> to three significant figures.

### 5.2.5 Report

Report the arithmetic mean of the three individual results as the compressive strength at rupture in axial direction of the tube or rod under test.

## 5.3 Cohesion between layers

### 5.3.1 Test specimens

This test is applicable only to tubes of nominal internal diameter  $\leq 100$  mm, and with the ratio of internal diameter to external diameter ( $d/D$ ) between 0,70 and 0,90.

Tubes of larger diameter and tubes with a ratio  $d/D$  less than 0,7 may be tested after concentric machining to the prescribed dimensions. In such cases the preferred ratio  $d/D$  is 0,8.

In the case of moulded tubes, make a reference line, parallel to the axis, on the external surface of the tube indicating the position of one of the mould-closing lines. If the tube has no visible mould-closing lines, the reference line can be marked at any position on the surface.

Cut two test specimens of nominal length equal to the measured external diameter of the tube under test. The tolerance on this length shall be (1 % of the measured external diameter)  $\pm 0,5$  mm.

If it is necessary to further reduce the testing force to enable the test to be carried out, the length of the specimen may be reduced to a minimum of 50 mm + (1 % of the measured external diameter)  $\pm 0,5$  mm.

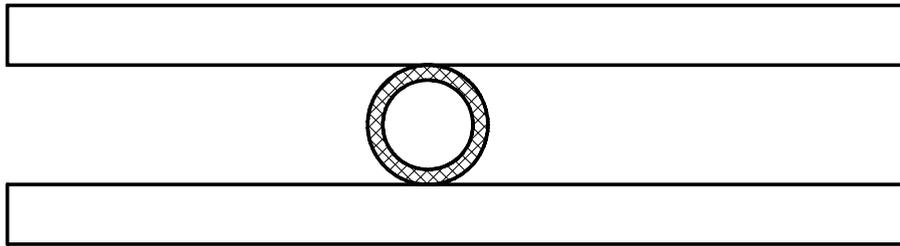
**5.3.2 Procedure**

Perform the test in accordance with 5.2 modified as follows.

Measure the internal diameter,  $d$ , the external diameter,  $D$ , and the wall thickness,  $t$ , in accordance with Clause 4. Place the test specimen between the steel plates of the compression test machine so that its axis is normal to the applied force (see Figure 2).

Start the machine and increase the compressive force at a uniform speed which has been chosen to cause failure within 15 s to 45 s. Record the maximum force,  $F$  (in N), at the moment of rupture.

In the case of moulded tubes, test one specimen with the applied force in the plane containing the reference line and test the second specimen with the applied force perpendicular to that plane.



IEC 426/06

**Figure 2 – Position of tube in testing machine for testing cohesion between layers**

**5.3.3 Results**

If the length of the specimen is equal to the external diameter of the tube, calculate the cohesion between layers,  $\sigma_c$  (in MPa), for each test specimen from the following expression:

$$\sigma_c = \frac{F}{t^2}$$

where

$F$  is the maximum force at the moment of rupture, in N;

$t$  is the wall thickness, in mm.

NOTE Use of the simplified expression  $F/t^2$  gives an approximation to the true value of the cohesion between layers, which is adequate for the purpose of this control test when the standard specimen format is used.

A more precise value may be calculated using the following expression.

The following formula shall be used when the length of the specimen is not equal to the external diameter.

$$\frac{3F(D + d)^2}{\pi L d (D - d)^2}$$

where

$D$  is the external diameter in mm;

$d$  is the internal diameter in mm;

$L$  is the length of specimen in mm;

$F$  is the maximum force at the moment of rupture in N.

#### **5.3.4 Report**

The lower of the two individual results shall be taken as the cohesion between layers of the tube under test.

In case of dispute the more precise formula shall be used.

## **6 Electrical tests**

### **6.1 Electric strength and breakdown voltage**

#### **6.1.1 General**

The electric strength perpendicular to laminations of tubes and rods shall be determined using either the 20 s step-by-step test or the one-minute proof test as described in IEC 60243-1. Unless otherwise specified, the tests shall be carried out in clean mineral oil, which is in accordance with IEC 60296.

#### **6.1.2 Test specimens**

##### **6.1.2.1 Test specimens for breakdown voltage tests parallel to laminations**

Three specimens shall be tested.

The test specimens shall be of a length of  $(25 \pm 0,2)$  mm cut from the tube or rod. The test specimen ends shall be smooth, parallel planes perpendicular to the axis of the tube or rod.

For rods the test specimen shall be a piece of rod. For tubes  $\leq 75$  mm nominal external diameter, the test specimen shall be a ring of tube. For tubes  $> 75$  mm nominal external diameter, the test specimen shall be a portion of a ring with an outer circumferential length of  $(100 \pm 10)$  mm.

##### **6.1.2.2 Test specimens for electric strength tests perpendicular to laminations**

Three specimens shall be tested.

The test specimen shall be a piece of tube of length  $\geq 100$  mm.

For tubes of nominal internal diameter  $\leq 100$  mm, the outer electrode shall be a band of metal foil,  $(25 \pm 1)$  mm wide, wrapped tightly around the tube symmetrically with respect to the ends of the tube.

The inner electrode shall be a closely fitting metal conductor (rod, tube, metal foil) or a packing of metal spheres (0,75 mm to 2,0 mm in diameter) making good contact with the inner surface of the tube. The ends of the inner electrode shall extend for at least 25 mm beyond the ends of the outer electrode (see Figure 3a).

For tubes of nominal internal diameter  $> 100$  mm, the outer electrode shall be a band of metal foil,  $(75 \pm 1)$  mm wide, wrapped tightly around the outside of the tube, symmetrically with respect to the inner electrode.

The inner electrode shall be a disc of metal foil,  $(25 \pm 1)$  mm in diameter, arranged symmetrically with respect to the tube length, and flexible enough to conform to the inner surface of the tube (see Figure 3b).

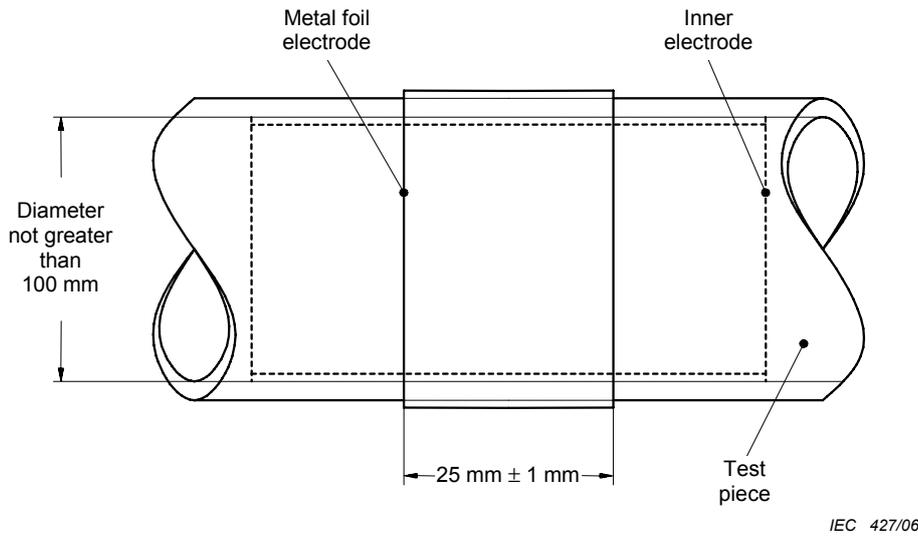


Figure 3a – For tubes with an inside diameter ≤100 mm

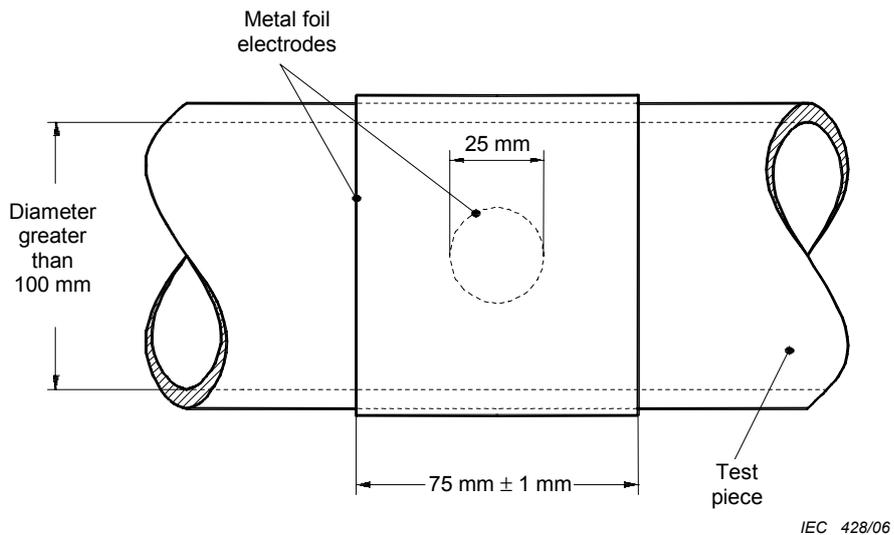


Figure 3b – For tubes with an inside diameter >100 mm

Figure 3 – Test specimens and electrodes for testing electric strength of tubes

**6.1.3 Procedure**

Perform the tests at  $90\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$  using the chosen test method as described in IEC 60243-1.

**6.1.4 Results**

Record the measured values of the breakdown voltage in kV.

Calculate and record the values of the electric strength in kV/mm.

**6.1.5 Report**

Report the arithmetic mean of the recorded values of breakdown voltage in kV and of electric strength in kV/mm.

The maximum and minimum values shall also be reported.

## 6.2 Insulation resistance after immersion in water

### 6.2.1 General

Insulation resistance after immersion in water shall be determined by the taper-pin method specified in IEC 60167. The test is not applicable to tubes with an internal diameter less than 20 mm or greater than 25 mm wall thickness and to rods with an external diameter less than 20 mm or greater than 25 mm. Large rods may be reduced in diameter to 25 mm by concentric machining to facilitate testing. Large tubes may be reduced in wall thickness to 25 mm by concentric machining.

### 6.2.2 Specimens

Two tests shall be made on specimens cut from the rod or tube under test. Holes suitable for the insertion of taper pins shall be machined into each specimen.

Before cutting, the external surface of the tube or rod shall be marked with a reference line parallel to the main axis. The material used to apply the reference line shall be chosen so that it will not affect the results. In case of rods and moulded tubes with visible mould-closing lines, the reference line shall coincide with one of the mould-closing lines.

For rods, two specimens of length  $(75 \pm 5)$  mm shall be cut from the original rod.

For tubes, two specimens of length  $(75 \pm 5)$  mm shall be cut from the original tube.

For tubes of more than 75 mm internal diameter, the specimens may be  $(75 \pm 5)$  mm segments cut from the wall of the tube with a developed width of  $(50 \pm 5)$  mm, or the test may be made on a single specimen by inserting one set of taper pins on the reference line and another set of taper pins positioned at  $90^\circ$  to the first set.

In all other cases, the sets of specimens shall be machined so that the taper pins are inserted along the reference line for the first specimen and at  $90^\circ$  to the reference line for the second specimen.

### 6.2.3 Procedure

Heat the test specimens for  $(24 \pm 1)$  h in an oven at  $50^\circ\text{C} \pm 2$  K, cool to room temperature and then immerse for  $(24 \pm 1)$  h in distilled water or water of equivalent purity, at a temperature of  $23^\circ\text{C} \pm 2$  K. Remove the test specimens from the water and wipe them dry with a clean cloth or filter paper. Insert the taper pins and measure the insulation resistance at  $25^\circ\text{C} \pm 10$  K in an atmosphere of not more than 75 % relative humidity.

Apply the voltage between 0,5 min and 1,0 min after removing the test specimens from the water, and measure the insulation resistance after 1,0 min of applied voltage.

### 6.2.4 Results

Record the lower of the two individual readings.

### 6.2.5 Report

Report the recorded value as the insulation resistance after immersion in water of the tube or rod under test in  $\text{M}\Omega$ .

## 6.3 Dissipation factor and permittivity (tube only)

Dissipation factor and permittivity shall be determined by the method specified in IEC 60250. The test specimens shall be subjected to conditioning as specified in IEC 61212-3.

Report the results as described in IEC 60250.

## **7 Other tests**

### **7.1 Thermal endurance**

The thermal endurance shall be measured as described in IEC 60216-1.

The ageing procedure shall comply with IEC 60216-1, Clause 7, and the property to be tested shall be flexural strength according to ISO 178, as specified in IEC 60216-2, Rigid materials A.

A 50 % reduction of the initial value is taken as the end-point; diagnostic tests shall be carried out at  $23\text{ °C} \pm 5\text{ K}$ .

Report the results according to IEC 60216-1, Clause 7.

### **7.2 Water absorption**

#### **7.2.1 General**

Water absorption shall be determined by method 1 of ISO 62.

#### **7.2.2 Specimens**

Three test specimens shall be prepared in accordance with 5.4 of ISO 62.

#### **7.2.3 Procedure**

Perform the test in accordance with method 1 of ISO 1642 (see Bibliography).

#### **7.2.4 Results**

For each test specimen, calculate and record the water absorption per unit of total surface area in  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

#### **7.2.5 Report**

Report the arithmetic mean of the recorded values in  $\text{mg}/\text{cm}^2$  as the water absorption of the tube or rod under test.

### **7.3 Density**

Density shall be determined by method A specified in ISO 1183-1.

Report the results as described in ISO 1183-1.

### **7.4 Flammability**

#### **7.4.1 General**

Flammability shall be determined according to method B given in IEC 60695-11-10.

#### **7.4.2 Specimens**

##### **7.4.2.1 General**

Ten bar specimens shall be cut from the tube or rod, or from a test panel produced using the same batch of pre-preg as used to produce the tube or rod.

#### **7.4.2.2 Tube**

Cut the specimens from a tube with an external diameter of 50 mm or greater and with a wall thickness of  $(3 \pm 0,2)$  mm. Where the wall thickness of the tube exceeds this value, reduce the wall thickness to  $(3 \pm 0,2)$  mm by concentric machining of the tube before cutting the specimens.

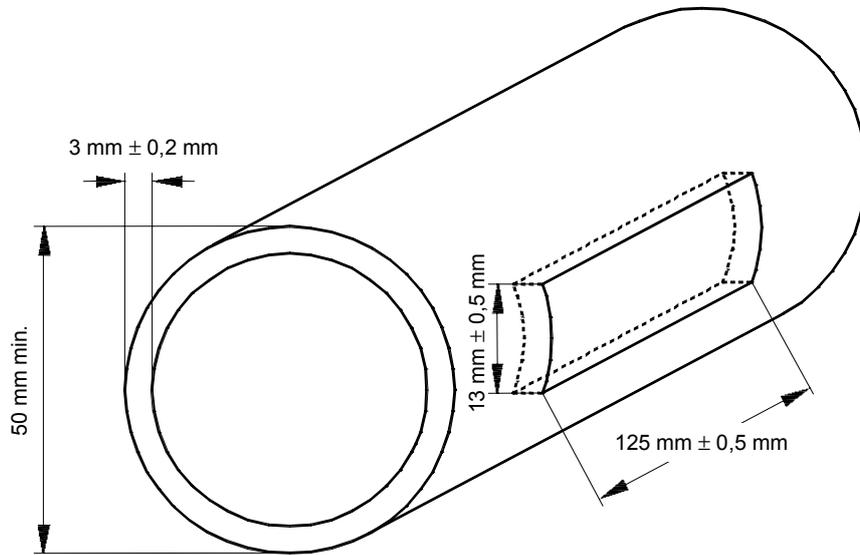
Cut specimens of width  $(13 \pm 0,5)$  mm from wall of the tube as shown in Figure 4a.

Ensure that the specimens are free from dust or contamination.

#### **7.4.2.3 Rod**

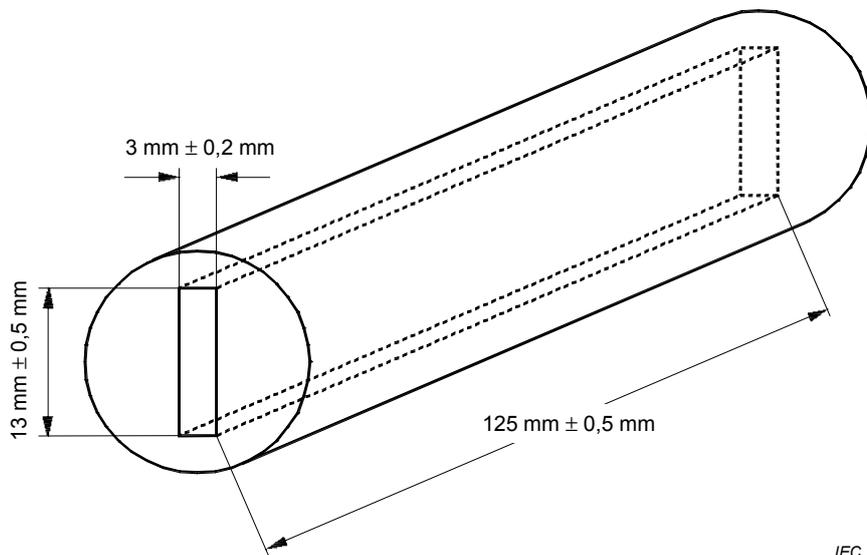
Cut specimens from a rod with a diameter greater than 16 mm as shown in Figure 4b.

Ensure that the specimens are free from dust or contamination.



IEC 429/06

Figure 4a – Test specimen for flammability test cut from tube



IEC 430/06

Figure 4b – Test specimen for flammability test cut from rod

Figure 4 – Test specimens for flammability testing

#### **7.4.2.4 Alternative production of test specimen**

Where it is not possible to machine satisfactory specimens from the tube or rod, test pieces may be produced from flat sheet of thickness  $(3 \pm 0,2)$  mm, pressed using the same batch of pre-preg used to manufacture the rod or tube. In such cases, the specimens shall be in the shape of rectangular bar specimens as described in IEC 60695-11-10 method B.

Ensure that the specimens are free from dust or contamination.

#### **7.4.3 Procedure**

Perform the tests in accordance with IEC 60695-11-10.

#### **7.4.4 Report**

Report the assigned classification in accordance with IEC 60695-11-10.

## Bibliography

ISO 1642:1987, *Plastics – Industrial laminated sheets based on thermosetting resins – Specification*<sup>2</sup>

---

---

<sup>2</sup> This standard has been withdrawn.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	25
INTRODUCTION.....	27
1 Domaine d'application .....	28
2 Références normatives.....	28
3 Conditionnement des éprouvettes.....	29
4 Dimensions .....	29
4.1 Généralités.....	29
4.2 Diamètre extérieur.....	30
4.3 Diamètre intérieur .....	30
4.4 Epaisseur de la paroi.....	32
4.5 Défaut de rectitude – Applicable à tous les tubes jusqu'à 300 mm de diamètre.....	32
5 Essais mécaniques.....	32
5.1 Contrainte de flexion perpendiculairement aux couches .....	32
5.2 Résistance à la compression dans le sens axial.....	34
5.3 Cohésion entre couches .....	36
6 Essais électriques .....	37
6.1 Rigidité diélectrique et tension de claquage.....	37
6.2 Résistance d'isolement après immersion dans l'eau .....	39
6.3 Facteur de dissipation et permittivité (pour les tubes uniquement).....	40
7 Autres essais.....	40
7.1 Endurance thermique .....	40
7.2 Absorption d'eau .....	41
7.3 Masse volumique .....	41
7.4 Inflammabilité.....	41
Bibliographie.....	44
Figure 1 – Préparation d'une éprouvette provenant d'un tube large pour l'essai de la contrainte de flexion .....	33
Figure 2 – Position du tube dans l'appareil pour l'essai de la cohésion entre couches .....	36
Figure 3 – Eprouvettes et électrodes pour l'essai de rigidité diélectrique des tubes .....	39
Figure 4 – Eprouvettes d'essai pour l'essai d'inflammabilité.....	43

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## **MATÉRIAUX ISOLANTS – TUBES ET BARRES INDUSTRIELS RIGIDES, ROND, STRATIFIÉS, À BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES, À USAGES ÉLECTRIQUES –**

### **Partie 2: Méthodes d'essai**

#### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI 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, la CEI – 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 la CEI"). 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61212-2 a été établie par le comité d'études 15: Normes sur les spécifications relatives aux matériaux isolants électriques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition publiée en 1995 et constitue une révision technique.

Les principales modifications suivantes ont été apportées par rapport à l'édition précédente: ajout d'instructions liées à l'utilisation et à la sécurité de l'application. Le document a été reformaté pour tenir compte du format en cours des documents CEI. Les références à la méthode d'essai ont été mises à jour.

La présente version bilingue, publiée en 2009-05, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 15/273/FDIS et 15/306/RVD.

Le rapport de vote 15/306/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

La présente publication a été élaborée conformément aux Directives ISO/CEI, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite;
- supprimée;
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 61212 fait partie d'une série traitant des tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques. Les matériaux sont analogues à ceux présentés dans la CEI 62011-1, mais leurs sections transversales sont différentes.

Cette série, sous le titre général *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques*, comporte trois parties:

Partie 1: Définitions, désignations et exigences générales (CEI 61212-1)

Partie 2: Méthodes d'essai (CEI 61212-2)

Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers (CEI 61212-3)

# MATÉRIAUX ISOLANTS – TUBES ET BARRES INDUSTRIELS RIGIDES, RONDS, STRATIFIÉS, À BASE DE RÉSINES THERMODURCISSABLES, À USAGES ÉLECTRIQUES –

## Partie 2: Méthodes d'essai

### 1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61212 décrit les méthodes d'essai des matériaux définis dans la CEI 61212-1.

Les matériaux qui sont conformes à cette spécification satisfont à des niveaux de performances établis. Cependant, il convient que le choix d'un matériau par un utilisateur et pour une application particulière soit fondé sur les exigences réelles nécessaires pour obtenir les performances satisfaisantes pour cette application, et non pas fondé sur cette seule spécification.

Avertissement de sécurité:

Il est de la responsabilité de l'utilisateur de s'assurer que les méthodes présentées ou référencées dans la présente norme sont utilisées de manière sûre.

### 2 Références normatives

Les documents référencés ci-dessous 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.

CEI 60167:1964, *Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement des isolants solides*

CEI 60212:1971, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 60216-1:2001, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 1: Méthodes de vieillissement et évaluation des résultats d'essai*

CEI 60216-2:2005, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 2: Détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Choix de critères d'essai*

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

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

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

CEI 60695-11-10:1999, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 11-10: Flammes d'essai - Méthodes d'essai horizontale et verticale à la flamme de 50 W*  
Amendement 1 (2003)<sup>1</sup>

CEI 61212-1, *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 1: Exigences générales* (disponible en anglais seulement)

CEI 61212-3 (toutes les feuilles), *Matériaux isolants – Tubes et barres industriels rigides, ronds, stratifiés, à base de résines thermodurcissables, à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers* (disponible en anglais seulement)

ISO 62:1999, *Plastiques – Détermination de l'absorption d'eau*

ISO 178:2001, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*

ISO 604:2002, *Plastiques – Détermination des propriétés en compression*

ISO 1183-1:2004, *Plastiques – Méthodes de détermination de la masse volumique des plastiques non alvéolaires – Partie 1: Méthode par immersion, méthode du pycnomètre en milieu liquide et méthode par titrage*

ISO 3611:1978, *Micromètres d'extérieur*

ISO 3599:1976, *Pieds à coulisse à vernier au 1/10 et au 1/20 mm*

ISO 6906:1984, *Pieds à coulisse à vernier au 1/50 mm*

### **3 Conditionnement des éprouvettes**

Sauf spécification contraire, les éprouvettes doivent être conditionnées immédiatement avant l'essai pendant au moins 24 h en atmosphère normale de type B, conformément à la CEI 60212, à une température de  $23^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$  et une humidité relative de  $(50 \pm 5) \%$ .

Sauf spécification contraire, chaque éprouvette doit être soumise à essai dans l'atmosphère de conditionnement, ou bien les essais doivent débuter dans les 3 min qui suivent le retrait de chaque éprouvette de l'atmosphère de conditionnement.

Si des essais à température élevée sont exigés dans une feuille de spécification de la CEI 61212-3, les éprouvettes doivent être conditionnées pendant 1 h à cette température élevée, immédiatement avant l'essai.

## **4 Dimensions**

### **4.1 Généralités**

Toutes les dimensions doivent être mesurées dans les conditions de réception.

---

<sup>1</sup> Il existe une version consolidée 1.1 (2003) incluant la CEI 60695-11-10 (1999) et son amendement 1 (2003).

## 4.2 Diamètre extérieur

### 4.2.1 Appareillage d'essai

Le diamètre extérieur des tubes et des barres doit être déterminé à l'aide de l'un des appareillages indiqués ci-après:

a) Diamètre extérieur nominal  $\leq 100$  mm

Un micromètre externe à vis au moins gradué en divisions de  $\pm 0,02$  mm, conformément à l'ISO 3611, et ayant des touches d'un diamètre compris entre 6 mm et 8 mm.

b) Diamètre extérieur nominal  $> 100$  mm et  $\leq 500$  mm

Un pied à coulisse à vernier conforme à l'ISO 3599.

c) Diamètre extérieur nominal  $> 500$  mm

Un ruban d'acier gradué en divisions de 0,5 mm à  $\pm 0,1$  mm près au moins.

Tout autre moyen de mesure donnant les mêmes ou de meilleurs résultats peut être utilisé. En cas de contestation, l'appareillage spécifié doit être utilisé.

### 4.2.2 Mode opératoire

Pour les tubes et barres de diamètre extérieur nominal  $\leq 500$  mm, mesurer le diamètre extérieur en trois points répartis sur la longueur, situés à au moins 20 mm des extrémités, généralement aux deux extrémités et au milieu. Pour chacun de ces points, au moins trois lectures réparties en parts égales autour de la circonférence doivent être réalisées.

Pour les tubes et barres dont le diamètre extérieur nominal est supérieur 500 mm, mesurer la circonférence à trois endroits répartis sur la longueur, comme ci-dessus, et calculer le diamètre.

### 4.2.3 Résultats

Pour les diamètres extérieurs nominaux  $\leq 100$  mm, les valeurs mesurées doivent être consignées à 0,02 mm près.

Pour les diamètres extérieurs nominaux  $> 100$  mm et  $\leq 500$  mm, les valeurs mesurées doivent être consignées à 0,1 mm près.

Pour les diamètres extérieurs nominaux  $> 500$  mm, les diamètres doivent être calculés à partir des circonférences mesurées et consignées au millimètre près.

### 4.2.4 Rapport

La moyenne arithmétique des valeurs consignées doit être reportée comme le diamètre du tube ou de la barre.

## 4.3 Diamètre intérieur

### 4.3.1 Appareillage d'essai

Le diamètre intérieur des tubes doit être déterminé à l'aide de l'un des appareils indiqués ci-après.

a) Pour les tubes de diamètre intérieur nominal  $\leq 10$  mm

Une jauge mâle conique ou un micromètre d'intérieur à becs ayant une précision de  $\pm 0,02$  mm au moins.

b) Pour les tubes de diamètre intérieur nominal  $> 10$  mm et  $\leq 500$  mm

Un pied à coulisse à vernier conforme à l'ISO 3599.

- c) Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 500 mm

Un ruban d'acier gradué pour mesurer la circonférence extérieure conformément à 4.2.1. c).

Un pied à coulisse à vernier pour mesurer l'épaisseur de la paroi conformément à 4.2.1. b).

Tout autre moyen de mesure donnant les mêmes ou de meilleurs résultats peut être utilisé. En cas de contestation, l'appareillage spécifié doit être utilisé.

#### 4.3.2 Mode opératoire

- a) Pour les tubes de diamètre intérieur nominal  $\leq 10$  mm

Mesurer le diamètre intérieur du tube aux deux extrémités, en utilisant une jauge mâle conique ou en trois points également répartis sur la circonférence interne, aux deux extrémités, en utilisant un micromètre d'intérieur à becs.

- b) Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 10 mm et  $\leq 500$  mm

Mesurer, aux deux extrémités, le diamètre intérieur du tube au minimum en trois points également répartis autour de la circonférence interne.

- c) Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 500 mm

Le diamètre intérieur doit être calculé à partir du diamètre extérieur, déterminé conformément à 4.2 et de l'épaisseur de la paroi déterminée conformément à 4.4.

#### 4.3.3 Résultats

Pour les tubes de diamètre intérieur nominal  $\leq 10$  mm mesuré à l'aide d'une jauge mâle conique ou un micromètre d'intérieur à becs, les valeurs mesurées aux deux extrémités doivent être consignées à 0,02 mm près.

Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 10 mm et  $\leq 500$  mm, mesuré à l'aide d'un pied à coulisse, les trois valeurs mesurées aux deux extrémités doivent être consignées à 0,1 mm près.

Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 500 mm, calculer les diamètres intérieurs en utilisant les diamètres extérieurs mesurés et les épaisseurs correspondantes mesurées de la paroi, puis consigner les valeurs calculées au millimètre près.

#### 4.3.4 Rapport

Pour les tubes de diamètre intérieur nominal  $\leq 10$  mm mesuré à l'aide d'une jauge mâle conique, le diamètre intérieur du tube doit être la moyenne arithmétique des deux valeurs enregistrées. Pour les tubes de diamètre intérieur nominal  $\leq 10$  mm mesuré à l'aide d'un micromètre d'intérieur à becs, le diamètre intérieur du tube doit être la moyenne arithmétique des six valeurs consignées.

Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 10 mm et  $\leq 500$  mm, le diamètre intérieur du tube doit être la moyenne arithmétique des six valeurs consignées.

Pour les tubes de diamètre intérieur nominal > 500 mm, le diamètre intérieur du tube doit être la moyenne arithmétique des valeurs consignées.

## **4.4 Epaisseur de la paroi**

### **4.4.1 Appareillage d'essai**

L'épaisseur de la paroi du tube doit être mesurée à l'aide d'un micromètre d'intérieur à becs, d'un micromètre universel conformément à l'ISO 3611 ou d'un pied à coulisse à vernier gradué en divisions de 0,02 mm conformément à l'ISO 6906.

Tout autre moyen de mesure donnant les mêmes ou de meilleurs résultats peut être utilisé. En cas de contestation, l'appareillage spécifié doit être utilisé.

### **4.4.2 Mode opératoire**

Mesurer, aux deux extrémités du tube, l'épaisseur de la paroi du tube au minimum en trois points également répartis sur la circonférence.

### **4.4.3 Résultats**

Consigner les valeurs mesurées à 0,02 mm près.

### **4.4.4 Rapport**

L'épaisseur de la paroi du tube doit être la moyenne arithmétique des valeurs consignées.

## **4.5 Défaut de rectitude – Applicable à tous les tubes jusqu'à 300 mm de diamètre**

### **4.5.1 Epreuves d'essai**

L'éprouvette doit être le tube soumis à essai. Le cas échéant, le tube doit être taillé afin de supprimer l'excès de résine ou d'ébarbage des extrémités avant de procéder à l'essai.

### **4.5.2 Mode opératoire**

La longueur du tube ou de la barre doit être mesurée à  $\pm 1$  mm près et enregistrée. Le tube ou la barre doit alors être placée sur une surface plane horizontale et roulée jusqu'à obtenir l'espace maximal entre le tube ou la barre et la surface plane. Le tube ou la barre doit être maintenue dans cette position sans que soit appliquée une pression quelconque qui pourrait le ou la déformer. L'écart maximal doit être mesuré à l'aide de cales ou de cales-étalons.

### **4.5.3 Résultats**

Enregistrer la valeur mesurée en millimètres à 0,1 mm près comme le défaut de rectitude de la barre ou du tube soumis à essai. La limite de défaut de rectitude en fonction de la longueur est donnée dans la CEI 61212-3.

### **4.5.4 Rapport**

Consigner la valeur obtenue en millimètres comme le défaut de rectitude avec la longueur.

## **5 Essais mécaniques**

### **5.1 Contrainte de flexion perpendiculairement aux couches**

La contrainte de flexion doit être déterminée par la méthode spécifiée dans l'ISO 178.

NOTE 1 Cette méthode donne des informations utiles pour la spécification des matériaux, mais il convient de ne pas utiliser ces informations pour des calculs de structure. La préparation des éprouvettes peut libérer des contraintes résiduelles dans le tube ou la barre et les résultats peuvent ne pas correspondre à ses véritables propriétés de flexion.

NOTE 2 Dans le cas des matériaux décrits dans la présente norme, la contrainte de flexion et la contrainte de flexion à la rupture peuvent être considérées comme des propriétés identiques.

### 5.1.1 Epreuves d'essai

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai.

#### 5.1.1.1 Tubes

L'essai s'applique aux tubes de diamètre intérieur nominal supérieur à 100 mm et à d'autres tubes à partir desquels des éprouvettes satisfaisantes peuvent être obtenues, comme décrit ci-dessous. Dans le cas des tubes moulés ayant des traces visibles de joints du moule, au moins une éprouvette doit être prélevée aux environs de chacune de ces traces.

Les éprouvettes doivent avoir une section transversale rectangulaire et doivent être découpées de la paroi du tube. L'axe longitudinal des éprouvettes doit être parallèle à l'axe principal du tube. Les dimensions des éprouvettes doivent être conformes à l'ISO 178. L'épaisseur doit être comprise entre 3 mm et 5 mm. L'épaisseur recommandée est de 4 mm.

Les dimensions de l'autre éprouvette doivent être conformes à l'ISO 178. Voir la Figure 1.

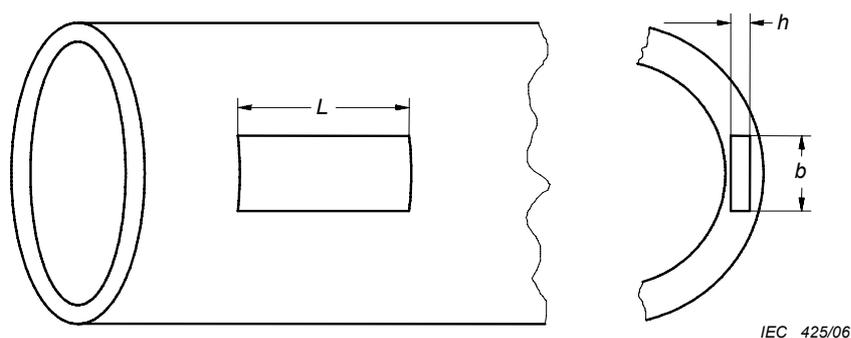


Figure 1 – Préparation d'une éprouvette provenant d'un tube large pour l'essai de la contrainte de flexion

#### 5.1.1.2 Barres

Chaque éprouvette doit être un morceau de la barre soumise à l'essai, sauf si le diamètre de la barre excède 13 mm, auquel cas il doit être réduit par usinage, de manière concentrique, à  $(13 \pm 1)$  mm. La longueur de chaque éprouvette ne doit pas être inférieure à 20 fois leur diamètre.

### 5.1.2 Mode opératoire

#### 5.1.2.1 Tubes

Réaliser l'essai conformément à l'ISO 178.

La vitesse de la traverse doit être de  $(5 \pm 1)$  mm/min.

#### 5.1.2.2 Barres

Le diamètre de l'éprouvette doit être mesuré conformément à 4.2.1.

La longueur  $L$  de la portée doit être de  $(16 \pm 1) D$  ( $D$  = diamètre de la barre ou diamètre de l'éprouvette prélevée dans la barre). La longueur de la portée doit être mesurée à 0,5 mm près.

Charger l'éprouvette en un point au milieu de la distance entre appuis, sans choc.

La vitesse de la traverse doit être de  $(5 \pm 1)$  mm/min.

Noter la charge  $F$  au moment de la rupture.

### 5.1.3 Résultats

#### 5.1.3.1 Tubes

Calculer la contrainte de flexion des éprouvettes rectangulaires comme indiqué dans l'ISO 178 et enregistrer les trois résultats obtenus, en MPa.

#### 5.1.3.2 Barres

$\sigma_F$ , contrainte de flexion pour la charge  $F$ , est calculée en MPa à partir de la formule suivante:

$$\sigma_F = \frac{M}{W}$$

où

$W$  est le module d'inertie de la section droite, en  $m^3$ ;

$M$  est le moment fléchissant pour la charge  $F$ , donné par la formule suivante:

$$M = \frac{FL}{4}$$

où

$F$  est la charge au moment de la rupture, en MN;

$L$  est la longueur de la portée, en m.

Pour des éprouvettes rondes de diamètre  $D$ :

$$W = \frac{\pi D^3}{32}$$

Calculer la contrainte de flexion des éprouvettes et enregistrer les trois résultats obtenus en MPa.

### 5.1.4 Rapport

Consigner la moyenne arithmétique des valeurs enregistrées comme la contrainte de flexion en MPa du tube ou de la barre soumise à essai. Les valeurs maximale et minimale doivent également être enregistrées.

## 5.2 Résistance à la compression dans le sens axial

### 5.2.1 Généralités

La résistance à la compression dans le sens axial doit être déterminée par la méthode spécifiée dans l'ISO 604.

### 5.2.2 Eprouvettes d'essai

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai.

Les éprouvettes doivent être conformes à l'ISO 604.

Chaque éprouvette doit avoir la forme d'un tube ou d'un cylindre. Les extrémités doivent être plates, parallèles et à 90° par rapport à l'axe. Si les dimensions du tube ou de la barre soumise à essai nécessitent des charges dépassant la capacité de l'appareil d'essai ou de l'outil de compression, des éprouvettes plus petites doivent être préparées de l'une des manières suivantes:

- barres:  
par usinage concentrique de la barre d'origine;
- tubes:  
en réduisant l'épaisseur de la paroi par usinage concentrique ou par usinage de la paroi du tube soumis à essai conformément aux dimensions recommandées données dans le Tableau 2 de l'ISO 604 pour une éprouvette de type B.

### 5.2.3 Mode opératoire

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai dans les conditions de réception décrites dans l'ISO 604, mais avec une vitesse de déformation modifiée ci-dessous.

Pour les éprouvettes cylindriques, déterminer la hauteur et le diamètre conformément à 5.1.1.2.

Pour les éprouvettes tubulaires, déterminer les diamètres intérieur et extérieur conformément à 5.1.1.1.

Pour les éprouvettes rectangulaires prélevées des tubes, déterminer les dimensions des deux côtés de la section transversale conformément à l'ISO 604. A partir de ces valeurs, calculer la section droite minimale de chacune de ces trois éprouvettes.

Placer les éprouvettes entre les plateaux de compression en s'assurant que les extrémités sont parallèles et sont en contact avec les surfaces des plateaux. Aligner l'axe principal de l'éprouvette avec l'axe principal de l'outil de compression. Régler l'appareil pour que les surfaces du plateau de compression touchent les extrémités de l'éprouvette.

Régler la vitesse de l'appareil à une vitesse de déformation en mm/min égale à  $(0,3 \times L) \pm 20\%$ , où  $L$  est la longueur de l'éprouvette, en millimètres.

Mettre en marche l'appareil et enregistrer la charge totale, en newtons, supportée par l'éprouvette au moment de la rupture.

### 5.2.4 Résultats

Calculer la résistance à la compression en MPa en divisant la charge au moment de la rupture, en N, par la surface initiale de la section droite en mm<sup>2</sup> (avec trois chiffres significatifs).

### 5.2.5 Rapport

Enregistrer la moyenne arithmétique des trois résultats individuels comme étant la résistance à la compression à la rupture dans la direction axiale du tube ou de la barre soumise à essai.

### 5.3 Cohésion entre couches

#### 5.3.1 Epreuves d'essai

Cet essai s'applique seulement aux tubes de diamètre intérieur nominal  $\leq 100$  mm, et ayant un rapport entre diamètre intérieur et diamètre extérieur ( $d/D$ ) compris entre 0,70 et 0,90.

Les tubes de diamètre plus important ayant un rapport  $d/D$  inférieur à 0,7 peuvent être soumis à essai après usinage concentrique aux dimensions prescrites. Dans ce cas, la valeur préférentielle du rapport  $d/D$  est de 0,8.

Dans le cas de tubes moulés, tracer une ligne de référence parallèle à l'axe sur la surface externe du tube indiquant la place de l'une des traces de joints du moule. Si le tube n'a pas de trace visible, la ligne de référence peut être tracée à n'importe quel endroit de la surface.

Couper deux éprouvettes de longueur nominale égale au diamètre extérieur mesuré du tube soumis à l'essai. La tolérance pour cette longueur doit être de (1 % du diamètre extérieur mesuré)  $\pm 0,5$  mm.

S'il est nécessaire de réduire la force d'essai pour réaliser l'essai, la longueur de l'éprouvette peut être réduite à au moins 50 mm + (1 % du diamètre extérieur mesuré)  $\pm 0,5$  mm.

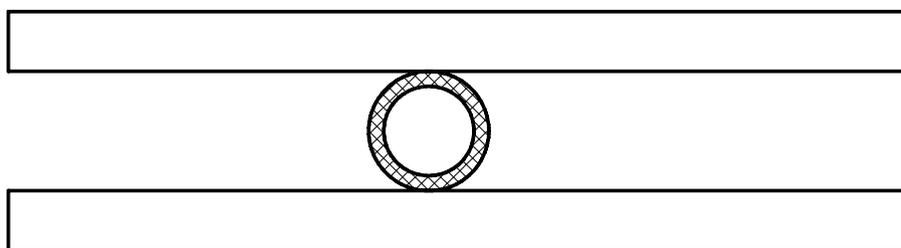
#### 5.3.2 Mode opératoire

Réaliser l'essai conformément à 5.2 modifié comme suit.

Mesurer le diamètre intérieur  $d$ , le diamètre extérieur  $D$  et l'épaisseur de la paroi  $t$ , conformément à l'Article 4. Placer l'éprouvette entre les plateaux d'acier de l'appareil d'essai de compression, de telle façon que son axe soit perpendiculaire à la force appliquée (voir Figure 2).

Démarrer l'appareil et augmenter la force de compression à la vitesse uniforme qui a été choisie pour provoquer la rupture dans les 15 s à 45 s. Noter la force maximale  $F$  (en N) au moment de la rupture.

Dans le cas de tubes moulés, soumettre une éprouvette à essai en appliquant la force dans le plan contenant la ligne de référence, et soumettre une deuxième éprouvette à essai en appliquant la force perpendiculairement à ce plan.



IEC 426/06

Figure 2 – Position du tube dans l'appareil pour l'essai de la cohésion entre couches

#### 5.3.3 Résultats

Si la longueur de l'éprouvette est égale au diamètre extérieur du tube, calculer la cohésion entre couches,  $\sigma_c$  (en MPa), de chaque éprouvette à partir de l'expression suivante:

$$\sigma_c = \frac{F}{t^2}$$

où

$F$  est la force maximale au moment de la rupture, exprimée en N;

$t$  est l'épaisseur de la paroi, en mm.

NOTE L'utilisation de l'expression simplifiée  $F/t^2$  donne une approximation par rapport à la valeur réelle de la cohésion entre couches. Cette approximation est adaptée aux besoins du présent essai lorsque le format de l'éprouvette type est utilisé.

Une valeur plus précise peut être calculée en utilisant l'expression ci-dessous.

La formule suivante doit être utilisée lorsque la longueur de l'éprouvette n'est pas égale au diamètre extérieur.

$$\frac{3F(D + d)^2}{\pi L d (D - d)^2}$$

où

$D$  est le diamètre extérieur, en mm;

$d$  est le diamètre intérieur, en mm;

$L$  est la longueur de l'éprouvette, en mm;

$F$  est la force maximale au moment de la rupture, en N.

#### 5.3.4 Rapport

Le plus faible des deux résultats individuels doit être pris comme étant la cohésion entre couches du tube soumis à l'essai.

En cas de contestation, la formule la plus précise doit être utilisée.

## 6 Essais électriques

### 6.1 Rigidité diélectrique et tension de claquage

#### 6.1.1 Généralités

La rigidité diélectrique perpendiculairement aux couches des tubes et des barres doit être déterminée par l'essai des paliers de 20 s ou l'essai de contrôle de 1 min (voir la CEI 60243-1). Sauf spécification contraire, les essais doivent être réalisés dans de l'huile minérale propre, conformément à la CEI 60296.

#### 6.1.2 Eprouvettes d'essai

##### 6.1.2.1 Eprouvettes d'essai pour des essais de tension de claquage parallèlement aux couches

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai.

Les éprouvettes d'essai doivent être de  $(25 \pm 0,2)$  mm de long et prélevées sur le tube ou la barre. Les extrémités de l'éprouvette d'essai doivent être lisses, parallèles, planes, perpendiculaires à l'axe du tube ou de la barre.

Pour les barres, l'éprouvette d'essai doit être un morceau de la barre. Pour les tubes de diamètre extérieur nominal  $\leq 75$  mm, l'éprouvette d'essai doit être un anneau du tube. Pour les tubes de diamètre extérieur nominal  $> 75$  mm, l'éprouvette d'essai doit être une portion d'anneau de longueur de circonférence extérieure de  $(100 \pm 10)$  mm.

### 6.1.2.2 Epreuves d'essai pour les essais de rigidité diélectrique perpendiculairement aux couches

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai.

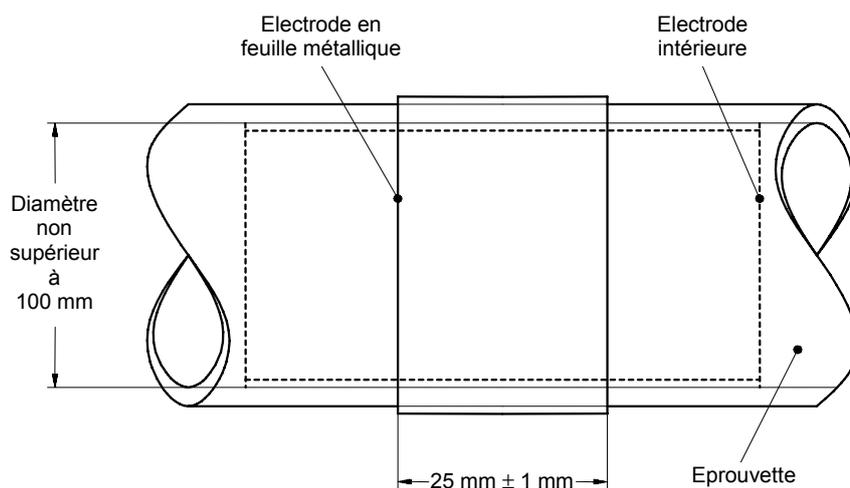
L'éprouvette d'essai doit être une portion de tube de longueur  $\geq 100$  mm.

Pour les tubes de diamètre nominal intérieur  $\leq 100$  mm, l'électrode extérieure doit être un ruban métallique de  $(25 \pm 1)$  mm de large, enroulé serré sur le tube, et symétrique par rapport aux extrémités du tube.

L'électrode intérieure doit être constituée d'un conducteur métallique étroitement ajusté, par exemple tige, tube, feuille métallique ou un empilement de billes de (0,75 mm à 2,0 mm de diamètre) assurant un bon contact avec la surface intérieure du tube. Les extrémités de l'électrode intérieure doivent dépasser celles de l'électrode extérieure de 25 mm au moins (voir la Figure 3a).

Pour les tubes d'un diamètre nominal intérieur  $> 100$  mm, l'électrode extérieure doit être un ruban métallique de  $(75 \pm 1)$  mm de large, enroulé serré sur la surface externe du tube, et symétrique par rapport à l'électrode intérieure.

L'électrode intérieure doit être un disque en feuille métallique de  $(25 \pm 1)$  mm de diamètre, placée symétriquement par rapport à la longueur du tube et suffisamment souple pour s'adapter à la surface interne du tube (voir la Figure 3b).



IEC 427/06

Figure 3a – Pour les tubes de diamètre intérieur  $\leq 100$  mm

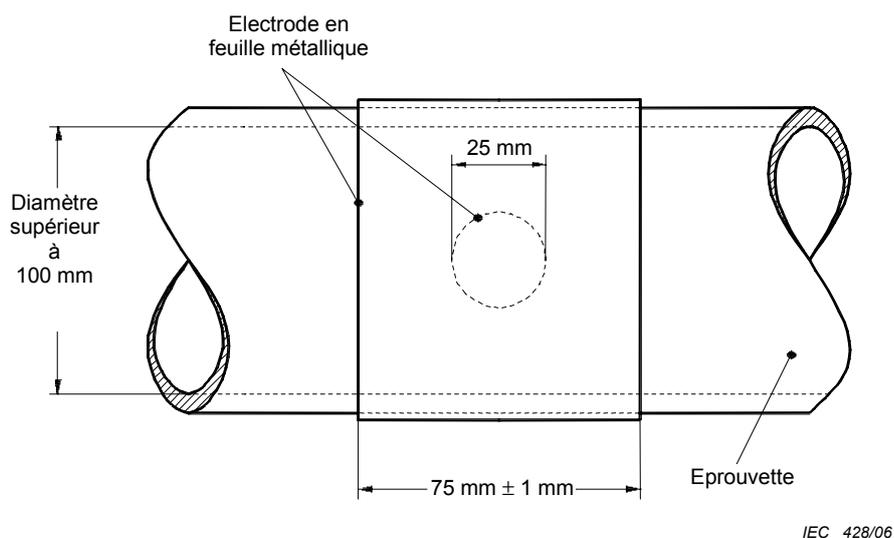


Figure 3b – Pour les tubes de diamètre intérieur > 100 mm

### Figure 3 – Epreuves et électrodes pour l'essai de rigidité diélectrique des tubes

#### 6.1.3 Mode opératoire

Réaliser les essais à  $90^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$  à l'aide de la méthode d'essai choisie, telle qu'indiquée dans la CEI 60243-1.

#### 6.1.4 Résultats

Noter les valeurs mesurées de la tension de claquage en kV.

Calculer et noter les valeurs de la rigidité diélectrique en kV/mm.

#### 6.1.5 Rapport

Noter la moyenne arithmétique des valeurs enregistrées de la tension de claquage, en kV, puis de la rigidité diélectrique, en kV/mm.

Les valeurs maximale et minimale doivent également être reportées.

### 6.2 Résistance d'isolement après immersion dans l'eau

#### 6.2.1 Généralités

La résistance d'isolement après immersion dans l'eau doit être déterminée par la méthode des électrodes en forme de broches coniques spécifiée dans la CEI 60167. L'essai ne s'applique pas aux tubes dont le diamètre intérieur est inférieur à 20 mm ou supérieur à 25 mm d'épaisseur de paroi et aux barres dont le diamètre extérieur est inférieur à 20 mm ou supérieur à 25 mm. Le diamètre des grosses barres peut être réduit à 25 mm par usinage concentrique de manière à faciliter l'essai. L'épaisseur de paroi des gros tubes peut être réduite à 25 mm par usinage concentrique.

#### 6.2.2 Epreuves

Deux essais doivent être réalisés sur des épreuves prélevées de la barre ou du tube soumis à essai. Des trous adaptés à l'insertion des électrodes en forme de broches coniques doivent être usinés dans chaque épreuve.

Avant le découpage des éprouvettes, la surface extérieure du tube ou de la barre doit être marquée avec une ligne de référence parallèle à l'axe principal. Le matériau utilisé pour le marquage de la ligne de référence ne doit pas affecter les résultats. Dans le cas de barres et de tubes moulés comportant des traces visibles des joints du moule, la ligne de référence doit coïncider avec l'une d'elles.

Pour les barres, deux éprouvettes de  $(75 \pm 5)$  mm de long doivent être découpées de la barre d'origine.

Pour les tubes, deux éprouvettes de  $(75 \pm 5)$  mm de long doivent être découpées du tube d'origine.

Pour les tubes dont le diamètre intérieur est supérieur à 75 mm, les éprouvettes peuvent être des segments de  $(75 \pm 5)$  mm découpés de la paroi du tube avec une largeur développée de  $(50 \pm 5)$  mm. L'essai peut également être réalisé sur une seule éprouvette en insérant un ensemble de broches coniques sur la ligne de référence et un autre ensemble de broches coniques à  $90^\circ$  par rapport au premier.

Dans tous les autres cas, les ensembles d'éprouvettes doivent être usinés de manière à insérer les broches coniques le long de la ligne de référence pour la première éprouvette et à  $90^\circ$  par rapport à la ligne de référence pour la deuxième.

### **6.2.3 Mode opératoire**

Chauffer l'éprouvette pendant  $(24 \pm 1)$  h dans un four à  $50^\circ\text{C} \pm 2$  K, la refroidir à la température ambiante, puis l'immerger pendant  $(24 \pm 1)$  h dans de l'eau distillée, ou dans de l'eau ayant une pureté équivalente, à la température de  $23^\circ\text{C} \pm 2$  K. Sortir l'éprouvette de l'eau et la sécher en l'essuyant avec un chiffon propre ou du papier filtre. Introduire les broches coniques et mesurer la résistance d'isolement à une température de  $25^\circ\text{C} \pm 10$  K, dans une atmosphère dont l'humidité relative n'excède pas 75 %.

Appliquer la tension à un instant compris entre 0,5 min et 1,0 min après le retrait des éprouvettes de l'eau et mesurer la résistance d'isolement après 1,0 min d'application de la tension.

### **6.2.4 Résultats**

Enregistrer la plus basse des deux lectures individuelles.

### **6.2.5 Rapport**

Noter la valeur enregistrée comme étant la résistance d'isolement du tube ou de la barre soumise à l'essai, après immersion dans l'eau, en  $M\Omega$ .

## **6.3 Facteur de dissipation et permittivité (pour les tubes uniquement)**

Le facteur de dissipation et la permittivité doivent être déterminés par la méthode spécifiée dans la CEI 60250. Les éprouvettes doivent être soumises au conditionnement spécifié dans la CEI 61212-3.

Enregistrer les résultats comme indiqué dans la CEI 60250.

## **7 Autres essais**

### **7.1 Endurance thermique**

L'endurance thermique doit être mesurée comme indiqué dans la CEI 60216-1.

Le mode opératoire pour le vieillissement doit être conforme à l'Article 7 de la CEI 60216-1 et la propriété étudiée doit être la résistance à la flexion conformément à l'ISO 178, comme indiqué dans la CEI 60216-2, Matériaux rigides A.

Une réduction de 50 % de la valeur initiale étant considérée comme le point limite, les essais de diagnostic doivent être réalisés à  $23^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ K}$ .

Noter les résultats conformément à l'Article 7 de la CEI 60216-1.

## **7.2 Absorption d'eau**

### **7.2.1 Généralités**

L'absorption d'eau doit être déterminée selon la méthode 1 de l'ISO 62.

### **7.2.2 Eprouvettes**

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à 5.4 de l'ISO 62.

### **7.2.3 Mode opératoire**

Réaliser l'essai conformément à la méthode 1 de l'ISO 1642 (voir Bibliographie).

### **7.2.4 Résultats**

Pour chaque éprouvette, calculer et noter l'absorption d'eau par unité de surface totale en  $\text{mg}/\text{cm}^2$ .

### **7.2.5 Rapport**

Noter la moyenne arithmétique des valeurs enregistrées en  $\text{mg}/\text{cm}^2$  comme étant l'absorption d'eau du tube ou de la barre soumise à essai.

## **7.3 Masse volumique**

La masse volumique doit être déterminée suivant la méthode A spécifiée par l'ISO 1183-1.

Enregistrer les résultats comme indiqué dans l'ISO 1183-1.

## **7.4 Inflammabilité**

### **7.4.1 Généralités**

L'inflammabilité doit être déterminée suivant la méthode B donnée dans la CEI 60695-11-10.

### **7.4.2 Eprouvettes**

#### **7.4.2.1 Généralités**

Dix éprouvettes doivent être découpées du tube ou de la barre, ou d'une éprouvette d'essai provenant du même lot de pré-imprégné utilisé pour fabriquer le tube ou la barre.

#### **7.4.2.2 Tube**

Découper les éprouvettes d'un tube de diamètre extérieur d'au moins 50 mm et de  $(3 \pm 0,2)$  mm d'épaisseur de paroi. Si l'épaisseur de paroi du tube dépasse cette valeur, la réduire à  $(3 \pm 0,2)$  mm par usinage concentrique du tube avant de découper les éprouvettes.

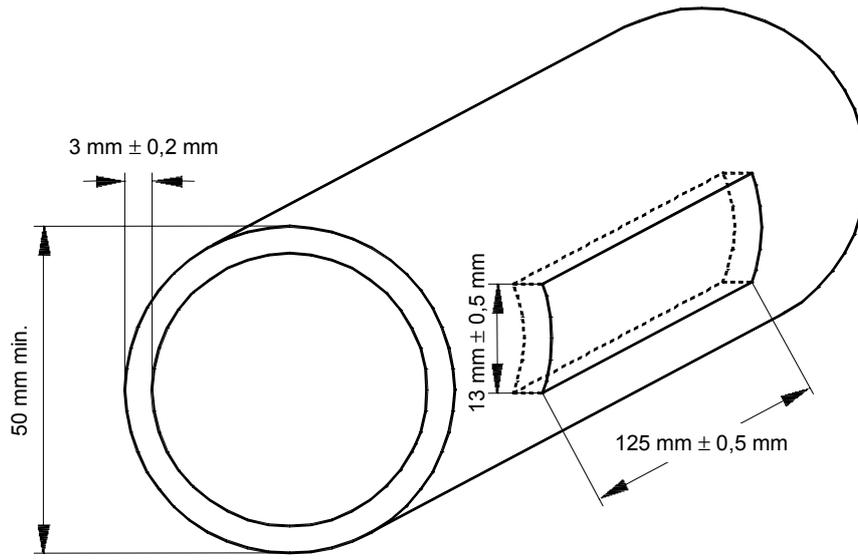
Découper les éprouvettes de  $(13 \pm 0,5)$  mm de largeur de la paroi du tube (voir la Figure 4a).

S'assurer de l'absence de poussière ou de pollution sur les éprouvettes.

### 7.4.2.3 Barre

Découper les éprouvettes d'une barre de plus de 16 mm de diamètre (voir Figure 4b).

S'assurer de l'absence de poussière ou de pollution sur les éprouvettes.



IEC 429/06

Figure 4a – Epreuve d'essai pour l'essai d'inflammabilité découpée d'un tube

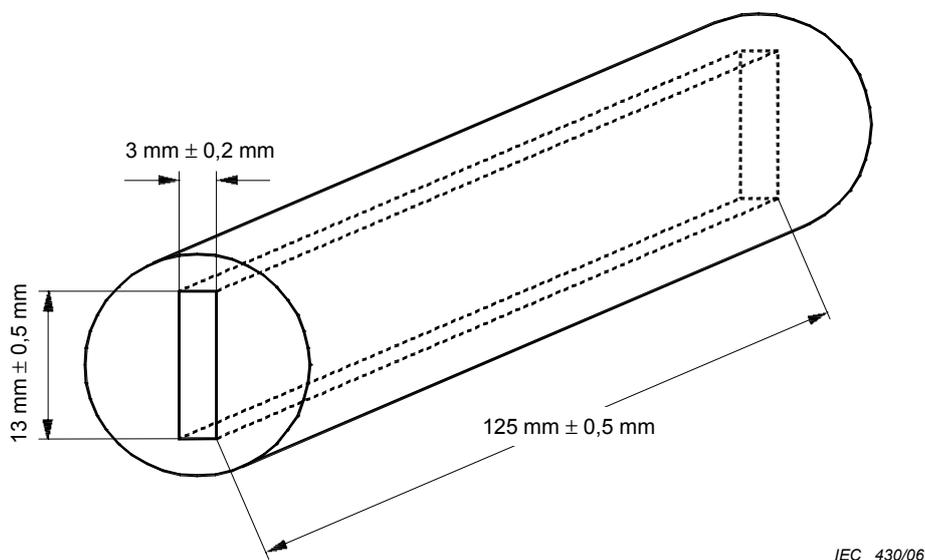


Figure 4b – Epreuve d'essai pour l'essai d'inflammabilité découpée d'une barre

#### Figure 4 – Epreuves d'essai pour l'essai d'inflammabilité

##### 7.4.2.4 Autre production d'éprouvette

S'il n'est pas possible d'usiner correctement des éprouvettes à partir du tube ou de la barre, les éprouvettes peuvent être produites à partir d'une feuille plane de  $(3 \pm 0,2)$  mm d'épaisseur, pressée à l'aide du même lot de pré-imprégné utilisé pour fabriquer la barre ou le tube. Dans ces cas, les éprouvettes doivent se présenter sous la forme de barres rectangulaires, comme indiqué dans la méthode B de la CEI 60695-11-10.

S'assurer de l'absence de poussière ou de pollution sur les éprouvettes.

##### 7.4.3 Mode opératoire

Réaliser les essais conformément à la CEI 60695-11-10.

##### 7.4.4 Rapport

Noter la classification attribuée conformément à la CEI 60695-11-10.

## Bibliographie

ISO 1642:1987, *Plastiques – Stratifiés industriels en planches à base de résines thermodurcissables – Spécification* <sup>2</sup>

---

---

<sup>2</sup> Cette norme a été supprimée.

LICENSED TO MECON Limited. - RANCHI/BANGALORE  
FOR INTERNAL USE AT THIS LOCATION ONLY, SUPPLIED BY BOOK SUPPLY BUREAU.

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

3, rue de Varembé  
PO Box 131  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11  
Fax: + 41 22 919 03 00  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)