

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Heat-shrinkable moulded shapes –
Part 2: Methods of test**

**Profils thermorétractables –
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
Web: 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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

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

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

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

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

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

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

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

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

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00



IEC 62329-2

Edition 1.0 2006-07

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Heat-shrinkable moulded shapes –
Part 2: Methods of test**

**Profils thermorétractables –
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.035.20

ISBN 2-8318-1048-2

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 Test conditions	10
4 Standard test specimens	11
4.1 Moulded shape material specimens.....	11
4.2 Moulded shape compatibility specimens	11
5 Dimensions	11
5.1 Number of test specimens	11
5.2 Procedure	11
5.3 Result	11
6 Density.....	11
6.1 Number of test specimens	11
6.2 Procedure	11
6.3 Report.....	11
6.4 Result	11
7 Heat shock	12
7.1 Number of test specimens	12
7.2 Form of test specimens	12
7.3 Procedure	12
7.4 Report.....	12
7.5 Result	12
8 Bending at low temperature.....	12
8.1 Number and form of test specimens	12
8.2 Procedure	12
8.3 Result	12
9 Dimensional stability on storage	12
9.1 Number of test specimens	12
9.2 Procedure	13
9.3 Result	13
10 Tensile strength and elongation at break	13
10.1 Number and form of test specimens	13
10.2 Conditioning	13
10.3 Test temperature	13
10.4 Procedure	13
10.5 Calculations	14
10.6	14
10.7 Result	14
11 Secant modulus at 2 % elongation.....	14
11.1 Number and form of test specimens	14
11.2 Procedure	14
11.3 Calculation	15
11.4 Report.....	15
11.5 Result	15

12	Electric strength	15
12.1	Number and form of test specimens	15
12.2	Conditioning	15
12.3	Electrodes	15
12.4	Procedure	15
12.5	Result	15
12.6	Result	16
13	Volume resistivity after damp heat	16
13.1	Number and form of test specimens	16
13.2	Electrodes	16
13.3	Procedure	16
13.4	Result	16
14	Permittivity and dissipation factor	16
14.1	Number and form of test specimens	16
14.2	Electrodes	16
14.3	Procedure	16
14.4	Calculation	16
14.5	Result	16
15	Resistance to tracking	17
15.1	Report	17
15.2	Result	17
16	Flammability	17
16.1	Number and form of test specimens	17
16.2	Procedure	17
16.3	Result	17
17	Oxygen index	17
17.1	Oxygen index at ambient temperature	17
17.2	Oxygen index at elevated temperature	17
18	Copper corrosion (presence of corrosive volatiles)	17
18.1	Principle	17
18.2	Apparatus	18
18.3	Number and form of test specimens	18
18.4	Procedure	18
18.5	Report	18
18.6	Result	18
19	Colour fastness to light	19
19.1	Principle	19
19.2	Test specimen	19
19.3	Procedure	19
19.4	Result	19
20	Resistance to selected fluids	19
20.1	Principle	19
20.2	Choice of fluid	19
20.3	Methods of assessment	19
20.4	Number and form of test specimens	20
20.5	Procedure	20
20.6	Result	20

21	Long term heat ageing (3000 h).....	20
21.1	Number and form of test specimens	20
21.2	Procedure	20
21.3	Report	21
21.4	Result	21
22	Mass	21
22.1	Number of test specimens	21
22.2	Procedure	21
22.3	Result	21
23	Heat ageing.....	21
23.1	Number and form of test specimens	21
23.2	Procedure	21
24	Water absorption	21
25	Colour stability to heat.....	21
25.1	Number of test specimens	21
25.2	Form of test specimens	21
25.3	Procedure	22
25.4	Report	22
25.5	Result	22
26	Smoke index.....	22
26.1	Definitions	22
26.2	Principle	22
26.3	Apparatus.....	22
26.4	Number and form of test specimen	23
26.5	Conditioning	23
26.6	Mounting of test pieces	23
26.7	Safety of operations	23
26.8	Procedure	23
26.9	Calculation of results.....	24
27	Toxicity index	26
27.1	Definition.....	26
27.2	Principle.....	27
27.3	Apparatus.....	27
27.4	Conditioning	28
27.5	Safety of operations	28
27.6	Test procedure	28
27.7	Calculation of toxicity index	30
27.8	Toxic constituents	30
27.9	Values for C_f	31
27.10	Result and report.....	31
28	Halogen content	31
28.1	Method for the determination of low levels of chlorine and/or bromine and/or iodine	31
28.2	Determination of low levels of fluorine	32
29	Acid gas generation.....	33
30	Resistance to mould growth.....	33

31 Compatibility	34
31.1 Dynamic shear at room temperature	34
31.2 Static load	34
31.3 Fluid resistance	35
31.4 Thermal ageing	36
31.5 Peel adhesion	36
31.6 Altitude immersion	37
Bibliography	47
Figure 1 – Dumb-bell specimen for tensile strength test	39
Figure 2 – Schematic details of burner for smoke index test	40
Figure 3 – Compatibility test specimen	41
Figure 4 – Aluminium test adaptor	42
Figure 5 – Tensile test fixture for adaptor	42
Figure 6 – Test arrangement for dynamic shear	43
Figure 7 – Test arrangement for static load	44
Figure 8 – Test assembly for peel adhesion	44
Figure 9 – Test arrangement for heatshrink sleeved cable to moulded shape	45
Figure 10 – Test arrangement for aluminium adaptor to moulded shape	46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

HEAT-SHRINKABLE MOULDED SHAPES –**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 62329-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Standards on specifications for electrical insulating materials.

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
15/316/FDIS	15/338/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 International Standard is one of a series which deals with heat-shrinkable moulded shapes. The series consists of the following parts:

- Part 1: Definitions and general requirements (IEC 62329-1)
- Part 2: Methods of test (IEC 62329-2)
- Part 3: Specification requirements for shape dimensions, material requirements and compatibility performance (IEC 62329-3, under consideration)

HEAT-SHRINKABLE MOULDED SHAPES –

Part 2: Methods of test

1 Scope

This part of IEC 62329 gives methods of test for heat-shrinkable moulded shapes in a range of configurations and materials suitable for insulation, environmental sealing, mechanical protection and strain relief for connector/cable terminations and multi-way transitions.

The tests specified are designed to control the quality of the moulded shapes but it is recognized that they do not completely establish the suitability of moulded shapes for impregnation or encapsulation processes or other specialized applications. Where necessary, the test methods in this Part will need to be supplemented by appropriate impregnation or compatibility tests to suit the individual circumstances.

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 60093:1980, *Methods of test for volume resistivity and surface resistivity of solid electrical insulating materials*

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

IEC 60216-4-1:2006, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-1: Ageing ovens – Single-chamber ovens*

IEC 60216-4-2:2000, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 4-2: Ageing ovens – Precision ovens for use up to 300 °C*

IEC 60243-1:1998, *Electric 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 60587:1984, *Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion of electrical insulating materials used under severe ambient conditions*

IEC 60695-6-30:1996, *Fire hazard testing – Part 6: Guidance and test methods on the assessment of obscuration hazards of vision caused by smoke opacity from electrotechnical products involved in fires – Section 30: Small scale static method. Determination of smoke opacity. Description of the apparatus*

IEC 60695-11-10:1999, *Fire hazard testing – Part 11-10: Test flames – 50 W horizontal and vertical flame test methods*

IEC 60754-1:1994, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 1: Determination of the amount of halogen acid gas*

IEC 60754-2:1991, *Test on gases evolved during combustion of materials from cables – Part 2: Determination of degree of acidity of gases evolved during the combustion of materials taken from electric cables by measuring pH and conductivity*

IEC 62329-1:2005, *Heat shrinkable moulded shapes – Part 1: Definitions and general requirements*

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

ISO 105-A02:1993, *Textiles – Tests for colour fastness – Part A02: Grey scale for assessing changes in colour*

ISO 105-B01:1994, *Textiles – Tests for colour fastness – Part B01: Colour fastness to light: Daylight*

ISO 846:1997, *Plastics – Evaluation of the action of micro-organisms*

ISO 3261:1975, *Fire tests – Vocabulary* ¹

ISO 4589-2:1996, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 2: Ambient-temperature test*

ISO 4589-3:1996, *Plastics – Determination of burning behaviour by oxygen index – Part 3: Elevated-temperature test*

3 Test conditions

Unless otherwise specified, all tests shall be made under standard ambient conditions according to IEC 60212; i.e. at a temperature between 15 °C and 35 °C and at ambient relative humidity.

In cases of dispute, the tests shall be carried out at a temperature of 23 °C ± 2 K and at (50 ± 5) % relative humidity.

When heating at elevated temperature is specified for a test procedure, the specimen shall be maintained for the prescribed period in a uniformly heated oven complying with either IEC 60216-4-1 or IEC 60216-4-2.

Where a test at low temperature is specified, the specification sheets of IEC 62329-3 may require it to be carried out at t °C or lower, where t is the requested temperature. In such cases the operator may carry out the test at the specified temperature or any lower temperature which is convenient. If, however, at a temperature below that specified, the specimen fails to meet the requirements, the test shall be repeated at the specified temperature, subject to a tolerance of ±3 K as specified in IEC 60212. If the specimen then passes, it shall be considered to have met the requirements.

¹ This standard has been withdrawn.

4 Standard test specimens

4.1 Moulded shape material specimens

Moulded shape material specimens shall be prepared from $(2 \pm 0,15)$ mm thick sheets, unless otherwise specified, and shall be prepared from the same heat-shrinkable material that is to be used to manufacture the heat-shrinkable moulded shapes. The dimensions of the sheet shall be sufficient to enable any of the relevant tests to be performed.

NOTE A suitable size has been found to be 150 mm × 150 mm.

4.2 Moulded shape compatibility specimens

See IEC 62329-1, Subclause 4.2, and Clause 31 of this standard.

5 Dimensions

5.1 Number of test specimens

Three specimens of each size and style shall be tested.

5.2 Procedure

Measure the moulded shapes in the as supplied condition and after unrestricted shrinkage as specified in IEC 62329-3. Carry out unrestricted shrinkage by conditioning in an oven for the time and temperature specified in IEC 62329-3. Remove the shapes from the oven and allow to cool naturally to the ambient temperature specified in Clause 3. The method of measurement can be mechanical, or optical. Wall thickness shall be measured to an accuracy of $\pm 0,05$ mm and internal diameter to an accuracy of $\pm 0,25$ mm. In the case of dispute an optical method shall be used.

5.3 Result

Report all measured values as the result.

6 Density

6.1 Number of test specimens

At least three specimens shall be tested, cut from a test sheet in accordance with 4.1.

6.2 Procedure

Any method for the determination of the density may be used which can ensure an accuracy of $\pm 0,01$ g/cm³.

6.3 Report

Record the method selected for the determination and report all measured values for density

6.4 Result

The result is the mean, unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 62329-3.

7 Heat shock

7.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

7.2 Form of test specimens

Cut three specimens in accordance with Clause 10, from a test sheet in accordance with 4.1.

7.3 Procedure

The specimens shall be suspended vertically in an oven for $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ at the temperature specified in IEC 62329-3.

The specimens shall be removed and allowed to cool to room temperature. They shall then be visually examined for any signs of dripping, cracking or flowing. In addition, when so specified in IEC 62329-3 the specimens shall be tested for tensile strength and elongation at break.

7.4 Report

Report all results from the visual examination. Report all calculated values.

7.5 Result

The results for each property is the central value unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 62329-3.

8 Bending at low temperature

8.1 Number and form of test specimens

Cut three specimens from a test sheet in accordance with 4.1 approximately $150\text{ mm} \times 6\text{ mm}$.

8.2 Procedure

The specimens shall be suspended for $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ in a chamber maintained at the temperature specified in IEC 62329-3. While still at that temperature, they shall be wound without jerking for one complete turn in a close helix round a mandrel also at the same temperature and having a diameter specified in IEC 62329-3. The time to achieve one complete turn shall not be greater than 5 s. The specimens shall then be allowed to return to room temperature.

The specimens shall then be visually examined without magnification while still on the mandrel for signs of cracking.

8.3 Result

Report whether there is any cracking.

9 Dimensional stability on storage

9.1 Number of test specimens

Three shapes shall be tested.

9.2 Procedure

The internal diameter of each outlet shall be measured in the expanded state as delivered. The shapes shall then be stored in a ventilated oven as detailed in Clause 3 for (336 ± 2) h at a temperature of $40\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ unless otherwise specified in the relevant sheet of IEC 62329-3. They shall then be removed from the oven, allowed to cool to ambient temperature and the same dimensions re-measured. The accuracy of measurement shall be in accordance with Clause 5.

Following this measurement, the shapes shall be allowed to fully recover, using the time and temperature specified in IEC 62329-3 for the shapes being evaluated. The shapes shall then be cooled to ambient temperature and the recovered dimensions measured.

9.3 Result

Report, as the result, all measured values for each of the three sets of measurements: expanded dimensions before and after storage at elevated temperature, and fully recovered dimensions after storage at elevated temperature.

10 Tensile strength and elongation at break

10.1 Number and form of test specimens

Cut five dumb-bell specimens from a test sheet in accordance with 4.1 to the dimensions and tolerances given in Figure 1. The specimens shall be stamped from the sheet using a single stroke of a press and a knife edge punch of appropriate form and dimensions.

NOTE The profile given in Figure 1 is that of type 2 of ISO 37.

10.2 Conditioning

Unless otherwise specified in IEC 62329-3, the test specimens shall be kept at an ambient temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ for at least 1 h before testing, or for a longer time to enable the specimens to reach a temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

10.3 Test temperature

The test shall be made at a temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

10.4 Procedure

The width and thickness of the central parallel portion of the specimen shall be measured between the gauge marks to the nearest 0,01 mm at a minimum of three points. The average cross-sectional area is then determined.

The specimen shall be mounted in the tensile test machine in axial alignment with the direction of pull. The jaws shall be separated at the uniform rate specified in IEC 62329-3 for a particular material. The range of the testing machine shall be such that the maximum load is between 15 % and 85 % of the maximum scale reading.

The distance between the reference lines at break may conveniently be measured by means of a rule, callipers or an extensometer.

The maximum load shall be measured to an accuracy of 2 %. The distance between the reference lines at break shall be measured to within 2 mm.

If the test specimen breaks outside the reference lines the result shall be discarded and a further test made using another specimen.

10.5 Calculations

The tensile strength shall be calculated from the maximum load and the original area of cross-section and the result expressed in megapascals (MPa):

$$\text{tensile strength} = \frac{F_{\max}}{A} \text{ (MPa)}$$

where

$F_{\max}$ is the maximum load (N);

A is the original cross-sectional area (mm²).

The elongation at break shall be expressed as a percentage of the original distance between the reference lines, i.e.:

$$\text{elongation at break (\%)} = \frac{(L - L_0)}{L_0} \times 100$$

where

L is the measured distance between the two marks on the stretched specimen at break;

L_0 is the original distance between the marks.

10.6

Report all calculated values.

10.7 Result

The results for each property is the central value unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 62329-3.

11 Secant modulus at 2 % elongation

11.1 Number and form of test specimens

Perform three tests on strips cut from a test sheet in accordance with 4.1. The width of the strips shall be approximately 20 mm.

11.2 Procedure

- The secant modulus shall be calculated from the determination of the tensile stress necessary to produce in the specimen an extension of 2 % of the length between jaws or between reference lines.
- Depending on the method of measurement chosen, the length of specimen between the jaws or reference lines shall be not less than 100 mm.
- The extension may be measured by means of an extensometer or by jaw separation; the extension shall be measured to an accuracy of 2 %.
- The strain rate shall be $(0,1 \pm 0,03)$ mm/min for each millimetre length between jaws (e.g. 12 mm/min for a 120 mm length between jaws).
- An initial tensile force (F) may need to be applied to the specimen for the purpose of straightening it. This force shall not exceed 3 % of the final value.
- The force shall be increased until the extension between the jaws or reference lines reaches 2 %. The force (F_1) required to produce this extension shall be recorded.

11.3 Calculation

The secant modulus of the specimen shall be calculated as follows:

$$2 \% \text{ secant modulus} = \frac{F_1 - F}{0,02A} \text{ (MPa)}$$

where

A is the initial average cross-sectional area of the specimen (mm^2) (determined as specified in 10.4);

F_1 is the force required to produce a 2 % extension (N);

F is the force applied to produce the initial (straightening) stress (N).

11.4 Report

Report all measured values for secant modulus at 2 % elongation.

11.5 Result

The result is the central value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 62329-3.

12 Electric strength

12.1 Number and form of test specimens

Three specimens shall be tested using standard test sheets in accordance with 4.1.

12.2 Conditioning

In case of doubt or dispute, these tests shall be made on specimens which have been conditioned by exposure for not less than 24 h to an atmosphere of $(50 \pm 5) \%$ relative humidity at a temperature of $23^\circ\text{C} \pm 2 \text{ K}$.

12.3 Electrodes

The electrodes shall be in accordance with IEC 60243-1, unequal diameter electrodes for sheet materials.

12.4 Procedure

The electrodes shall be placed in the centre of the test sheet as described in IEC 60243-1 and the assembly placed in transformer oil.

The voltage used shall be in accordance with IEC 60243-1 applied between the two electrodes at a uniform rate from zero, such that breakdown occurs between 10 s and 20 s.

Calculate the electric strength by dividing the voltage at which breakdown occurs by the thickness of the test sheet. Express the result in MV/m.

12.5 Result

Report all values.

12.6 Result

The result is the central value, unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 62329-3.

13 Volume resistivity after damp heat

13.1 Number and form of test specimens

Three specimens shall be tested using test sheets in accordance with 4.1.

13.2 Electrodes

The electrodes shall be conductive silver paint in accordance with IEC 60093 for flat specimens using a guard ring.

13.3 Procedure

Expose the specimens for four days to damp-warm conditions as specified in IEC 60212 (i.e. 96 h at 40 °C and 93 % relative humidity). While still at these conditions measure the resistance in accordance with IEC 60093 using (500 ± 15) V d.c. and an electrification time of at least 1 min.

Calculate the volume resistivity in accordance with IEC 60093.

13.4 Result

The result is the central value.

14 Permittivity and dissipation factor

14.1 Number and form of test specimens.

One test sheet in accordance with 4.1.

14.2 Electrodes

The electrodes shall be in accordance with IEC 60250, disk electrodes with a guard ring.

The electrodes may be either metal foil or conductive paint as described in IEC 60250.

14.3 Procedure

The temperature of test shall be $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

The measurement of permittivity shall be made with a suitable instrument complying with IEC 60250 and at a frequency of approximately 1000 Hz. The low-voltage lead shall be connected to the guarded electrode.

14.4 Calculation

The relative permittivity and dissipation factor shall be calculated in accordance with IEC 60250.

14.5 Result

Report the value for relative permittivity and dissipation factor as the result.

15 Resistance to tracking

The test shall be carried out in accordance with method 2 (criterion A) of IEC 60587, using a test sheet 4 mm to 6 mm thick.

15.1 Report

Report all values.

15.2 Result

The result is the minimum value.

16 Flammability

16.1 Number and form of test specimens

Test sheets in accordance with 4.1 except the thickness shall be $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Cut three strips $13 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

16.2 Procedure

Conduct the test in accordance with IEC 60695-11-10 except that after the flame is removed the time for the flame to extinguish shall be recorded.

16.3 Result

Record all values.

17 Oxygen index

17.1 Oxygen index at ambient temperature

17.1.1 Number and form of test specimens

Test sheets in accordance with 4.1 except the thickness shall be $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Cut a sufficient number of $6,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ strips to carry out the test in accordance with ISO 4589-2.

17.1.2 Procedure

Conduct the test in accordance with ISO 4589-2 Configuration IV. The specific ignition procedure shall be specified in the specification sheets of IEC 62329-3.

17.2 Oxygen index at elevated temperature

The test shall be carried out in accordance with ISO 4589-3 using specimens described in 17.1.1. The specific ignition procedure shall be specified in the specification sheets of IEC 62329-3.

18 Copper corrosion (presence of corrosive volatiles)

18.1 Principle

This test determines the effect of volatile constituents from moulded material on copper.

18.2 Apparatus

- Test tubes: 13 mm × 300 mm.
- Copper backed glass mirrors 6 mm wide by 25 mm long. Store them in a properly conditioned desiccator. The mirrors shall be of vacuum deposited copper, with a thickness giving (10 ± 5) % transmission of normal incident light of a wavelength of 500 nm. Use them for the test only if no oxide film is present and the copper is not visibly damaged.
- Corks.
- Aluminium foil.
- Fine copper wire having a diameter not greater than 0,25 mm.
- Oil bath capable of maintaining oil temperature to within ± 2 K.

18.3 Number and form of test specimens

Cut two strips 25 mm × 6,5 mm from a test sheet in accordance with 4.1.

One test shall be carried out using the two specimens from the test sheet, each inserted into a separate test tube with a third test tube being used as a control without a test specimen.

18.4 Procedure

Place each specimen in a test tube as described above and use a third test tube as a control.

Suspend a copper mirror as defined in 18.2, with its lower edge 150 mm to 180 mm above the bottom of each test tube. Support the mirror by forming a single loop of the fine copper wire about its upper end and attaching the other end of the wire to the cork and ensure that each mirror is vertical. Seal each test tube with the cork wrapped in aluminium foil.

Immerse the lower 50 mm of the three test tubes in an oil bath at the temperature and for the time specified in IEC 62329-3.

Keep the temperature of that part of each test tube containing the mirror at a temperature below 60 °C.

After cooling, remove the mirrors and examine each one by placing it against a white background in good light and estimate the percentage removal. Any removal of copper from the mirror will be a sign of corrosion. However, disregard any removal of copper from the bottom of the mirror, provided the area does not exceed 8 % of the total area of the mirror, since condensation may cause this condition. Do not consider discolouration of the copper film or reduction of its thickness as corrosion. Consider only the area over which the removal of copper has made the mirror transparent as the corrosion area.

If the mirror in the control tube shows any sign of corrosion the test shall be repeated.

18.5 Report

Report the estimated percentage removal of copper from each mirror.

18.6 Result

The result is the average of the observed percentage removal of copper from each mirror.

19 Colour fastness to light

19.1 Principle

This test compares the relative rate of colour change of a specimen to that of a recognized standard under specified conditions.

19.2 Test specimen

Cut a suitable specimen from a test sheet in accordance with 4.1.

19.3 Procedure

A half-covered specimen and a dyed woollen light fastness standard as specified in ISO 105-B01 shall be exposed simultaneously to a xenon or enclosed carbon arc light source until the change in colour of the exposed part of the fastness standard is equal to grade 4 on the geometric grey scale of ISO 105-A02. The ambient temperature shall not exceed 40 °C and there is no specific control of relative humidity. The identification number of the fastness standard to be used shall be specified in IEC 62329-3.

Examine the exposed fastness standard frequently to ensure that the prescribed degree of fading is not exceeded.

Compare the relative colour change between the two halves of the exposed specimen and the exposed standard. Make this comparison in good light against a white background.

19.4 Result

Report all observations as the result.

20 Resistance to selected fluids

20.1 Principle

It is necessary to define the following:

- choice of fluid;
- temperature of immersion;
- duration of immersion;
- method of assessment.

20.2 Choice of fluid

When not specified in IEC 62329-3, the fluids shall be agreed between purchaser and supplier. The quantity of fluid in which the specimens are immersed shall be at least 20 times the volume of the specimens.

WARNING: Adequate precautions should be taken to protect personnel from any health or fire hazards resulting from the use of a particular fluid.

20.3 Methods of assessment

- a) Electric strength, Clause 12.
- b) Tensile strength and/or elongation at break, Clause 10.

- c) Visual examination.
- d) Change in mass.
- e) Any other method as specified in IEC 62329-3.

20.4 Number and form of test specimens

The number of test specimens is dependent on the method of assessment. In cases a) or b) of 20.3, the specimens shall be selected in accordance with the requirements of Clause 10 or Clause 12. In cases c) and d) of 20.3, three specimens each approximately 50 mm × 25 mm shall be used.

Alternatively, specimens in accordance with Clause 10 may be used in cases c) and d) of 20.3.

20.5 Procedure

The specimens shall be immersed in the fluid at a temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for $(24 \pm 1)\text{ h}$ unless otherwise specified in IEC 62329-3.

The specimens shall then be removed from the fluid, allowed to drain for 45 min to 75 min unless otherwise specified in IEC 62329-3 and then lightly wiped. They shall then be tested by one or more of the methods given in 20.3. The change in mass is calculated as a percentage of the pre-immersion mass.

In case b) of 20.3, the cross-sectional area should be determined before immersion. In case d) of 20.3, the specimens should be weighed to the nearest 0,0002 g before immersion.

20.6 Result

The results are the observations/determinations appropriate to the specified method of assessment. The results may be related to a fixed requirement value or else to a percentage degradation from the control value.

If qualitative assessment is being used or is required in addition, report whether the specimens show deterioration such as swelling, tackiness, crumbling, splitting or blistering immediately after removal from the fluid.

21 Long term heat ageing (3000 h)

21.1 Number and form of test specimens

Cut dumb-bell specimens in accordance with Clause 10, sufficient to enable six sets of measurements to be performed.

21.2 Procedure

Retain and test one set of specimens to establish the initial (unaged) value of the elongation. Expose all other specimens by suspending them from one end in an oven conforming to IEC 60216-4-1 or IEC 60216-4-2, at the temperature specified in the appropriate sheet of IEC 62329-3. See note 2 in the scope of IEC 60216-4-2 for guidance on the type of oven to use. At the end of each $(25 \pm 0,5)$ days or $(600 \pm 12)\text{ h}$, remove a set of test specimens and allow them to cool to room temperature, unless otherwise specified. Perform the elongation on that set of test specimens. Continue until (125 ± 1) days or $(3\ 000 \pm 24)\text{ h}$ of ageing time have elapsed and perform the test(s) on the set of specimens aged for that period.

21.3 Report

Report all values of elongation.

21.4 Result

The result is the central value unless otherwise specified in IEC 62329-3.

NOTE Where comparisons are to be made between similar materials or against a known reference material, then the use of the test method detailed in Clause 7 of IEC 60216-5 is recommended.

22 Mass

22.1 Number of test specimens

Three shapes shall be tested.

22.2 Procedure

Any method for the determination of the mass may be used which can ensure an accuracy of 1 % or 0,01 g (whichever is the lower value).

22.3 Result

Report all values.

23 Heat ageing

23.1 Number and form of test specimens

Prepare five specimens in accordance with Clause 10.

23.2 Procedure

Expose these specimens by suspending from one end in an oven for a period of (168 ± 2) h, unless otherwise specified, and at the temperature specified in IEC 62329-3. Remove the specimens from the oven and allow them to cool. Perform the test for tensile strength and/or elongation at break in accordance with Clause 10 and as specified in IEC 62329-3.

24 Water absorption

Perform this test in accordance with method 1 of ISO 62, unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 62329-3.

25 Colour stability to heat

25.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

25.2 Form of test specimens

Cut three lengths approximately 6 mm wide from a standard test sheet.

25.3 Procedure

Suspend the specimens in an oven for the time and at the temperature specified in IEC 62329-3. If no time is specified, an exposure of (24 ± 1) h shall be used.

Remove the specimens from the oven and allow to cool to room temperature.

Compare the specimens to the colour standard specified in IEC 62329-3.

25.4 Report

Report the time and temperature used.

25.5 Result

The outcome of the visual examination for each specimen is the result.

26 Smoke index

26.1 Definitions

For the purpose of this test method, the following definitions apply:

- a) **smoke index**: numerical summation of the rates of change in specific optical density of smoke produced from the start of the test to 70 %, 40 %, 10 % and to the minimum light transmittance values as applicable;
- b) the definitions for combustion and pyrolysis given in ISO 3261 apply.

26.2 Principle

Test samples 76 mm × 76 mm square (cut from a standard test sheet made in accordance with 4.1) are exposed to specified standard thermal conditions of pyrolysis and combustion in a continuous procedure. The change in optical density of the smoke produced when dispersed within a fixed volume of air is determined throughout the period of the test. The resulting density/time curve is used to calculate the smoke index.

26.3 Apparatus

The apparatus shall comply with that specified in IEC 60695-6-30 modified as follows.

a) Mixing fan

A small mixing fan shall be positioned centrally near the top of the chamber to ensure complete dispersion of the smoke homogeneously throughout the chamber. This fan shall consist of four radially mounted blades with a dimension across the opposing blade tips of 250 mm and a maximum blade width of 70 mm. The fan shall rotate at a speed of between 60 r/min and 120 r/min.

b) Burner

A multi-jet burner constructed as shown in Figure 2 shall be used with premixed air/propane gas fuel. The burner shall be centred in front of the test piece holder, level with the bottom edge of the test piece and 10 mm away from it. The air and propane gas shall be metered using calibrated rotameters, the rate being such that a blue flame is obtained which touches the test piece over at least 90 % of its width at a height approximately 5 mm above its bottom edge.

An ignition system shall be provided such that the burner can be ignited remotely without opening the chamber. Platinum glow-wire, piezo-electric crystal or pilot flame ignition systems have been found suitable. The system used shall have no effect on the value of the smoke index of the material under test.

26.4 Number and form of test specimen

Cut 3 specimens from test sheets in accordance with 4.1, sufficient to completely cover the face area of the test piece holder.

26.5 Conditioning

Prior to mounting into the test piece holder, condition the specimens at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ and $(50 \pm 5)\%$ relative humidity for at least 24 h.

26.6 Mounting of test pieces

To prevent excessive buckling and distortion of the test piece during test, a wire mesh, manufactured from 1,5 mm diameter stainless steel wire with a spacing of 12,5 mm and a square mesh configuration, shall be used to support the specimens.

Place the test piece holder face down onto a flat surface and insert the wire mesh. Position each specimen in the holder.

Completely wrap the insulating block in heavy-duty aluminium foil, approximately 0,04 mm thick, and place over the arranged specimens in a test piece holder, position the tensioning spring and secure with the locking pin.

26.7 Safety of operations

During the following testing, there is a danger that flammable and/or toxic fumes will evolve from the test piece. Operators shall take adequate precautions to avoid possible exposure to such fumes.

26.8 Procedure

26.8.1 Set up the smoke chamber and carry out all necessary checks and calibration as required in IEC 60695-6-30, in accordance with the manufacturer's instructions.

26.8.2 Turn on the propane and air supplies to the burner and ignite. With a blank test piece holder in position in front of the flame, adjust the gas flow rates to obtain the correct flame height as in 26.3 b). Note the settings of the rotameters. Turn off the gases.

26.8.3 Clean the optical windows of the chamber and switch on the auxiliary heating system. Allow the apparatus to stabilize with the vents open until the chamber wall temperature is within the range $33\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 4\text{ K}$. Close the inlet vent.

26.8.4 Stabilize the output at $2,5\text{ W/cm}^2$ and close the exhaust vent. Set the zero and 100 % levels of the amplifier and the recorder. Start the recorder at a minimum speed of 10 mm/min.

26.8.5 Place the test piece holder containing the material under test in its position in front of the furnace and mark this point on the recorder as the start of the test. Simultaneously start the timing device.

26.8.6 Turn on the gas supply ($300\text{ }^{+10}_0\text{ l/s}$) after the start of the test and immediately adjust its flow rate to that previously noted in 26.8.2.

26.8.7 Expose the material simultaneously to the output from the furnace and the burner for a further $15 \text{ min} \pm 15 \text{ s}$. Record the percentage light transmission continuously and observe the burning characteristics of the material throughout this period. If the test piece shows unusual burning behaviour such as de-lamination, sagging, shrinkage, melting or collapse, report this in the test report together with the time at which the particular behaviour was observed. If the light transmission falls below 0,01 %, cover the observation window in the chamber door and withdraw the range extension filter from the light path.

26.8.8 Without opening the chamber, turn off the gases to the burner and move the test piece holder from in front of the furnace using the attenuator arm. Maintain the current to the furnace and the recorder. Evacuate the chamber according to the manufacturer's instructions. Continue to record the percentage light transmission and the elapsed time until a steady value is obtained. This is the clear beam value, T_c .

26.8.9 Throughout the test period, adjusting the ranging of the photo detector amplifier system to maintain the level of the readings recorded for the percentage light transmission of at least 10 % of the full-scale value.

26.8.10 At the end of the test, ensure that the inside of the chamber, auxiliary apparatus and supporting framework is clean.

26.8.11 Repeat the test on two further test pieces.

26.9 Calculation of results

26.9.1 Because of the progressive build-up of deposits on the optical window during the test run, the recorded transmittance values are artificially depressed. It may therefore be necessary to apply a correction to the recorded values before calculating the smoke index. This is carried out by constructing a new plot of the transmittance/time relationship in accordance with 26.9.2.

26.9.2 Correction of transmittance values

26.9.2.1 Using the trace obtained from the recorder, identify the following values T_c and $T_{\min}$,

where

T_c is the clear beam transmittance at the end of the test run;

$T_{\min}$ is the minimum transmittance obtained during the test run.

26.9.2.2 Convert T_c and $T_{\min}$ to the equivalent specific optical densities D_{sc} and D_{smax}

where

D_{sc} is the specific optical density for clear beam transmittance, and

D_{smax} is the specific optical density for minimum transmittance.

The conversion of percentage transmittance to specific optical density for the chamber is given by

$$\text{specific optical density } (D_s) = F \times \log_{10} \frac{100}{T}$$

where

D_s is the specific optical density for the chamber;

T is the percentage transmittance;

F is the chamber factor = 132.

The chamber factor is given by $V/(A \cdot L)$ where V is the volume of the chamber; A is the exposed area of the test piece, and L is the length of the light path.

26.9.2.3 If D_{sc} is 3 % or less of D_{smax} , no further correction to the recorded trace is required.

26.9.2.4 Subtract D_{sc} from D_{smax} to obtain the corrected maximum specific density $D_{smax\ c}$. Convert $D_{smax\ c}$ to percentage transmittance and plot this value on the recorded chart as the corrected minimum transmittance at the same time interval, i.e. $T_{min\ c}$.

26.9.2.5 If D_{sc} is more than 3 % of D_{smax} and where $T_{min\ c}$ is less than 70 %, produce a new plot from the recorder trace as follows:

Convert the percentage transmittance to specific optical density as in 26.9.2.2 and correct this value using the correction factor as shown below. Convert this value back to percentage transmittance. Construct a new curve of transmittance against time from the corrected values of percentage transmittance, plotted at the same time interval as the original uncorrected values:

$$D_c = D_s - \frac{D_{sc} \times D_s}{D_{smax}}$$

where

D_s is the uncorrected value of specific optical density;

D_c is the corrected value of specific optical density;

D_{sc} and D_{smax} are as defined in 26.9.2.2.

26.9.2.6 For example, to obtain the corrected specific optical density at 70 % transmittance (where $D_s = 20$):

$$D_{sT70} = D_{20c} = \frac{D_{sc} \times 20}{D_{smax}}$$

Similarly, corrected values for specific optical density at 40 % transmittance (D_{sT40}) and 10 % transmittance (D_{sT10}) may be calculated.

26.9.2.7 Convert the corrected values for specific optical density obtained using 26.9.2.6 back to percentage transmission. Construct a new curve of transmittance against time from the corrected values plotted at the same time interval as the original uncorrected values.

Read off from the graph the corrected times (in minutes) from the start of the test to reach 70 %, 40 % and 10 % transmittance.

26.9.3 Calculation of the smoke index

26.9.3.1 Where the corrected minimum transmittance value is not less than 70 %, calculate the smoke index from the relevant curve as follows:-

$$Smoke\ index = \frac{D_{sTmin(c)}}{t_{min}}$$

where

$D_{sTmin.(c)}$ is the specific optical density corresponding to the minimum light transmittance value from the corrected curve;

t_{min} is the time in minutes at which the minimum light transmittance value is recorded.

26.9.3.2 Where the corrected minimum transmittance value is less than 70 %, calculate the smoke index from the relevant curve as follows:

$$\text{smoke index} = \frac{D_{sT(70)}}{t_{(70)}} + \frac{D_{sT(40)}}{t_{(40)}} + \frac{D_{sT(10)}}{t_{(10)}} + \frac{D_{sTmin(c)}(X - T_{min})}{t_{min}(X - Y)}$$

where

$D_{sT(70)}$ is the specific optical density corresponding to 70 % light transmittance (20.0);

$D_{sT(40)}$ is the specific optical density corresponding to 40 % light transmittance (51.9);

$D_{sT(10)}$ is the specific optical density corresponding to 10 % light transmittance (130.5);

$t_{(70)}$ is the corrected time, in minutes, from the start of the test to reach 70 % light transmittance;

$t_{(40)}$ is the corrected time, in minutes, from the start of the test to reach 40 % light transmittance;

$t_{(10)}$ is the corrected time, in minutes, from the start of the test to reach 10 % light transmittance;

$t_{min.}$ is the corrected time, in minutes, from the start of the test at which the minimum light transmittance occurs;

X the lowest reference transmittance value reached during the test, i.e. 70 %, 40 %, or 10 %;

Y is the next lowest reference value reached during the test, i.e. 40 %, 10 % or 0 %.

26.10 Results

26.10.1 Report the value of each smoke index measurement for the replicate tests (a minimum of three) to the first decimal place; the result is the central value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 62329-3.

26.10.2 Report also a description of the burning behaviour (see 26.8.7) as a result.

26.10.3 The following statement shall be added to the report.

This test result alone does not assess the fire hazard of the material or a product made from this material under actual fire conditions. Consequently, the results of this test alone shall not be quoted in support of claims with respect to the fire hazard of the material or product under actual fire conditions. The results when used alone should only be used for research and development, quality control and material specification.

27 Toxicity index

27.1 Definition

For the purpose of this test the following definition applies.

Toxicity index: Numerical summation of the toxicity factors of selected gases produced by complete combustion of the material in air under the conditions specified. Toxicity factors are derived from the calculated quantity of each gas produced when 100 g of the material is burnt in 1 m³ of air and the resulting concentration expressed as a factor of the concentration fatal to man at a 30 min exposure time (see 27.9). An index of 1 for a given volume will, on average, produce fatality in 30 min.

27.2 Principle

Analytical data of certain small molecular gaseous species arising from the complete combustion under flaming conditions of the material under test are mathematically computed, using the exposure level (in parts per million) of each gas to produce fatality in 30 min as a base, to derive the combined toxicity index.

27.3 Apparatus

27.3.1 As far as is practicable, all surfaces and all items of equipment within the test chamber shall be constructed of, or coated with, a non-metallic material, as far as possible inert to the gases evolved from the material during the test.

27.3.2 Test chamber

The test chamber shall consist of an airtight enclosure of at least 0,7 m² in volume, lined with an opaque plastic material and having a hinged or sliding door fitted with a transparent plastic window.

The material from which the chamber is constructed shall not react with the gases produced during the test and shall keep their absorption to a minimum.

NOTE Polypropylene has been found suitable for lining the chamber and polycarbonate sheet for the window.

The chamber shall be fitted with a forced air extraction system which can be closed at the exit from the chamber when required during the test.

A mixing fan shall be installed horizontally and centrally at roof level within the chamber. The fan shall have a minimum diameter of 200 mm and shall consist of six, axially-mounted blades rotating at between 1 200 r/min and 1 500 r/min. A means shall be provided for switching the fan on and off from outside the chamber.

27.3.3 Burner

The burner shall be a Bunsen type burner operating on natural gas (methane) having a gross calorific value of approximately 30 MJ/m³. The burner shall be provided with a supply of air, external to the chamber, connected by means of a modified collar in order to prevent oxygen depletion and the consequential reduction of the flame temperature or its extinguishment during the combustion of the sample under test.

The burner shall be capable of producing a flame approximately 100 mm in height and having a temperature of 1 150 °C ± 50 K at its hottest point.

NOTE A Bunsen burner of 125 mm in height, 11 mm bore burner tube and 5 mm bore gas and air inlet tubes is recommended, when gas and air flow rates of approximately 10 l/min and 15 l/min will be required.

Provision shall be made for igniting and extinguishing the burner from outside the chamber.

27.3.4 Sample support

A support in the form of an annulus, cut from 2 mm to 4 mm thick non-combustible material, of (100 ± 1) mm outside diameter and (75 ± 1) mm internal diameter, over which a wire mesh is stretched, shall be provided. The mesh shall consist of temperature-resistant wires approximately 10 mm apart in the form of a square lattice.

27.3.5 Timing device

A timing device shall be capable of measuring up to 5 min within an accuracy of ± 1 s.

27.3.6 Gas sampling and analytical equipment

27.3.6.1 Gas sampling

In order to minimise the losses of toxic products of combustion through absorption or condensation prior to measurement, all sampling lines shall be as short as practicable.

Sampling ports fitted to the chamber shall be such that they do not interfere with the air tightness of the chamber.

27.3.6.2 Analytical equipment

The equipment used for the analysis of the gases from the combustion of the test sample shall be such as to allow rapid detection and measurement of those gases detailed in 27.9.

The use of colourimetric gas reaction tubes is acceptable. Where these are used, they shall be positioned within the chamber.

27.3.6.3 Test pieces

From a standard test sheet, cut the test piece of a size and shape such that during each test the sample is entirely engulfed in the flame. The mass of the specimen shall be chosen to provide optimum analytical precision, dependent on the nature of the combustion products and sensitivity of the analytical procedure.

Prepare a sufficient number of test specimens to obtain three complete combustions.

27.4 Conditioning

Prior to mounting into the test piece holder, condition the strips at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ and $(50 \pm 5)\%$ relative humidity for at least 24 h.

27.5 Safety of operations

During the following test, there is a danger that flammable and/or toxic fumes will evolve from the test piece. Operators shall take adequate precautions to avoid exposure to such fumes.

27.6 Test procedure

27.6.1 Determination of background correction factor

27.6.1.1 Position the burner in the centre of the test chamber floor. Close the chamber and all inlet and outlet vents to the chamber. Ignite the burner and adjust the gas and air flow rates to achieve the flame condition described in 27.3.3. Record or otherwise control these reference level flow rates in order that the flame condition may be re-established as rapidly as practicable when required during the test. Extinguish the burner and ventilate the chamber.

27.6.1.2 After allowing sufficient time for any fumes produced during the adjustment of the reference level gas and air flow rates to disperse, prepare the chamber for the analysis of carbon monoxide, carbon dioxide and nitrogen oxides. Close all sampling ports other than those required for the analysis to these gases. Where the method of analysis is to be carried out using colourimetric tubes, these shall be placed in position within the chamber.

27.6.1.3 Close the chamber. Ignite the burner and simultaneously start the level timing device. Maintain the flame condition at the reference level of gas and air flow rates for $1 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$. Extinguish the flame and start the mixing fan. After $(30 \pm 1) \text{ s}$, stop the fan and sample the atmosphere within the chamber and determine the concentration of carbon monoxide, carbon dioxide and nitrogen oxides.

27.6.1.4 Forcibly extract all fumes from the chamber with it open to free air for a period of 3 min. Repeat the procedure from 27.6.1.2 to 27.6.1.3 but maintain the burning conditions for $2 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ and $3 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ in separate determinations.

27.6.1.5 Plot curves of the concentration of carbon monoxide, carbon dioxide, and nitrogen oxides against time of burning to show the rate of build-up of the gases due to the burner alone. Zero time is at a level of 0,03 % for carbon dioxide and 0 % for carbon monoxide and nitrogen oxides.

27.6.2 Determination of evolved gases

27.6.2.1 In order to eliminate the unnecessary analysis for gases that are not produced during the combustion of the material under test, a preliminary qualitative elemental analysis may be performed. Where it can be shown that no halogens are present in the material, the quantitative analysis for halogen-containing gases may be omitted. Similarly, where nitrogen is shown to be absent, quantitative analysis for nitrogen containing gases is not required, etc.

27.6.2.2 Ensure that the chamber is clear of evolved gases by forcibly ventilating the chamber for at least 3 min with it open to the free passage of air.

27.6.2.3 Weigh the test piece to the nearest milligram and place it on the test piece support in the centre of the chamber at a height above the burner such that the test piece will be sited within the flame boundary and subjected to the flame temperature of $1\,150\text{ °C} \pm 50\text{ K}$. In the case of tests on materials that are liable to melt and drip, a thin bed of glass wool shall be placed on the wire mesh support to prevent sample loss during the combustion.

27.6.2.4 Prepare the chamber for the analysis of the products of combustion. Close all sampling ports other than those required for the analysis. Where the method of analysis is to be by use of colourimetric tubes, these shall be placed in position within the chamber.

27.6.2.5 Close the chamber and all inlet and outlet vents. Ignite the burner and simultaneously start the level timing device. Maintain the flame condition at the reference level of gas and air flow rates until complete combustion of the test piece has occurred. Record this time. Extinguish the flame and start the mixing fan. After $(30 \pm 1) \text{ s}$, stop the fan and immediately start sampling the atmosphere within the chamber and determine the concentration of the gases evolved from the combustion of the test piece.

Where the presence of halogen acids is suspected, the concentration of these shall be determined first in order to reduce losses through absorption of condensation which may occur through delayed analysis.

27.6.2.6 After the analysis is complete, forcibly extract the remaining fumes from the chamber for at least 3 min with it open to the free passage of air.

27.6.2.7 Examine the residue of the test piece for signs of incomplete combustion. If any part of the test piece remains or appears to remain incompletely burnt the test shall be repeated using a further test piece.

27.7 Calculation of toxicity index

27.7.1 Calculate the concentration of each of the gases produced C_0 when 100 g of material is fully burnt and the product of combustion diffused in air in a volume of 1 m³ from the following relationship:

$$C_0 = \frac{C \times 100 \times V}{m} \text{ (parts per million, ppm)}$$

where

C is the concentration of gas in the test chamber (ppm);

m is the mass of the test piece (g);

V is the volume of the test chamber (m³).

In the cases of carbon monoxide, carbon dioxide and nitrogen oxides the values of C shall be corrected by subtracting the value for the background gas concentration, obtained from the plots for the burner alone, at the time for complete combustion of the test piece.

27.7.2 Using the mean values of C_0 for each gas from the triplicate test pieces, calculate the toxicity index as follows:

$$\text{toxicity index} = \frac{C_{1_0}}{C_{f1}} + \frac{C_{2_0}}{C_{f2}} + \frac{C_{3_0}}{C_{f3}} + \frac{C_{4_0}}{C_{f4}} + \dots + \frac{C_{n_0}}{C_{fn}}$$

where

$C_{1_0}, C_{2_0}, C_{3_0}, C_{4_0}, \dots, C_{n_0}$, represents the calculated concentration of each gas produced from 100 g of material (parts per million);

$C_{f1}, C_{f2}, C_{f3}, C_{f4}, \dots, C_{fn}$, is the concentration of each gas (parts per million) considered fatal to man in a 30 min exposure time.

27.8 Toxic constituents

The analysis of the product of combustion of the test piece shall include the quantitative determination of the following gases.

Carbon dioxide	(CO ₂)	Sulphur dioxide	(SO ₂)
Carbon monoxide	(CO)	Hydrogen sulphide	(H ₂ S)
Formaldehyde	(HCOH)	Hydrogen chloride	(HCl)
Nitrogen oxides	(NO and NO ₂)	Ammonia	(NH ₃)
Hydrogen cyanide	(HCN)	Hydrogen fluoride	(HF)
Acrylonitrile	(CH ₂ CHCN)	Hydrogen bromide	(HBr)
Phosgene	(COCl ₂)	Phenol	(C ₆ H ₅ OH)

NOTE The above list is not intended to be a complete list of all possible gases that can be found in the products of combustion but it does represent those most commonly produced in quantity upon which toxicity data can be based.

27.9 Values for C_f

Carbon dioxide	100 000	Carbon monoxide	4 000
Hydrogen sulphide	750	Ammonia	750
Formaldehyde	500	Hydrogen chloride	500
Acrylonitrile	400	Sulphur dioxide	400
Nitrogen oxides	250	Phenol	250
Hydrogen cyanide	150	Hydrogen bromide	150
Hydrogen fluoride	100	Phosgene	25

27.10 Result and report

The result is the value for the toxicity index as defined in this method. The report shall contain, at a minimum, the following details:

- the full description of the material tested (the type, grade, etc.);
- the toxicity index as defined in this method;
- reference to this method of test;
- a list of the gases detected during the test;
- the following statement:

This test result alone does not assess the fire hazard of the material, or a product made from this material, under actual fire conditions. Consequently, the result of this test alone shall not be quoted in support of claims with respect to the fire hazard of the material or product under actual fire conditions. The result when used alone should only be used for research and development, quality control and material specifications.

28 Halogen content**28.1 Method for the determination of low levels of chlorine and/or bromine and/or iodine****28.1.1 Principle**

The method depends upon the extraction of the halogen by means of the oxygen flask technique and estimating the amount present by using a colourimetric procedure. The chloride/bromide/iodide is reacted with mercuric thiocyanate to liberate thiocyanate ions which react with ferric ammonium sulphate to produce the characteristic ferric thiocyanate colour. The percentage halogen is expressed as chlorine.

28.1.1.1 Apparatus

- Oxygen flask
- Pipettes
- Volumetric flasks
- Ultraviolet/visible spectrophotometer

28.1.1.2 Reagents

- a) Alcoholic mercuric thiocyanate solution ($\text{Hg}(\text{SCN})_2$): (0,3 g in 100 ml of industrial methylated spirit).
- b) Ferric ammonium sulphate solution ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$): (6,0 g in 100 ml of 6-molar nitric acid).
- c) 1 molar sodium hydroxide solution.
- d) Hydrogen peroxide (30 %)
- e) Standard chloride / bromide / iodide solutions: (1, 2, 5, 7, 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$).

28.1.2 Procedure

A 30 mg sample of the material is burned in a 1 litre oxygen flask with 5 ml of molar sodium hydroxide and three drops of hydrogen peroxide as absorbing solution. After the mist has settled and the flask is cool, the flask is unstoppered and the contents are boiled to destroy residual hydrogen peroxide. The contents of the flask are transferred quantitatively to a 25 ml volumetric flask using small quantities of distilled water. 4 ml of the ferric ammonium sulphate and 2 ml of mercuric thiocyanate solution are added to the flask using a pipette, and the contents are brought to the mark with distilled water. The solution is then mixed and allowed to stand for 10 min for the colour development to occur.

Prepare a calibration curve for chlorine using standard solutions containing 1, 2, 5, 7, and 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ in a 25 ml volumetric flask and develop the colour as described above; also prepare a reagent blank using distilled water in place of the halogen solutions.

The absorbance of the solutions is measured at 470 nm with a suitable spectrometer and the concentration of halogen found from the relevant calibration curve.

28.1.3 Using this method $\geq 0,014$ % of halogen may be measured.

28.2 Determination of low levels of fluorine

28.2.1 Principle

The sample is burnt in an oxygen flask, and the resulting solution is used to measure the fluorine content. The fluorine content may be measured using either of the following methods:

- A – a fluoride ion selective electrode, or
- B – colourimetrically, by formation of the blue-red oligomer fluorine blue complex [1]²

28.2.1.1 Apparatus

- a) Oxygen flask
- b) Pipettes
- c) Volumetric flasks

NOTE All apparatus used in the fluorine determination should be made of polycarbonate or polypropylene, as fluoride ions react with glassware.

For method A, ion selective electrode (fluoride) with suitable millivolt meter; for method B, visible spectrophotometer.

² Figures in square brackets refer to the Bibliography.

28.2.1.2 Reagents

Method A: electrode filling solution – buffer solution as recommended by electrode manufacturer.

Method B: alizarin fluorine blue reagent – dissolve 2,5 g alizarin fluorine blue complex in 15 ml 2-propanol plus 35 ml water. Filter before use.

Standard fluoride solution prepared from sodium fluoride.

Dodecanol.

0,5 M sodium hydroxide solution.

28.2.2 Procedure

Place an accurately weighed sample of material (25 mg – 30 mg) in a 1 litre oxygen flask using 2 to 3 drops of dodecanol on the sample to assist burning. Add 5 ml of 0,5 M sodium hydroxide solution as absorbent. Burn the sample and allow mist to settle. Transfer the contents of the flask with minimum washing to a 50 ml volumetric flask and proceed with method A or B.

28.2.2.1 Method A – Ion selective electrode method fluoride

Add 5 ml of recommended buffer reagent to the sample solution and washings, and make up to the mark. Construct a calibration curve for the fluoride ion electrode according to the manufacturer's instructions. Measure the fluoride concentration of the sample solution and calculate the percentage of fluorine in the sample.

28.2.2.2 Method B – Alizarin fluorine blue method

Add 5 ml alizarin fluorine blue reagent to the sample solution and washings and make up to the mark. Allow to stand for the colour to develop. Measure the absorbance of the solution at 630 nm using a 1 cm cell with water as blank.

Construct a calibration curve by suitably diluting the standard fluoride solution to give concentrations in the range 0 µg/ml to 2 µg/ml. Also measure the absorbance of a reagent blank using reagent and water only. Calculate the fluorine concentration in the sample.

28.2.3 Using this method, it is estimated that fluorine levels with values greater than 0,02 % can be detected.

28.3 In order to determine total halogen content of the material under test, the methods described in both 28.1 and 28.2 shall be used.

29 Acid gas generation

29.1 Tests shall be performed in accordance with the method specified in IEC 60754-1.

29.2 Tests shall be performed in accordance with the method specified in IEC 60754-2.

30 Resistance to mould growth

Test in accordance with ISO 846. Use a standard sheet as specified in 4.1 and cut dumb-bells after exposure. Exposure time and test variant shall be as specified in IEC 62329-3.

31 Compatibility

31.1 Dynamic shear at room temperature

31.1.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of heat-shrinkable shapes bonded to cables sheathed with heat-shrinkable sleeveings under shear conditions.

31.1.2 Apparatus

Tensile test machine

Oven (for elevated temperature testing)

31.1.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared in accordance with Figure 3 for each test temperature.

31.1.4 Procedure

Insert each specimen vertically in the tensile test machine by screwing the adaptor firmly onto a suitable jaw fixture, as shown in Figure 5. Then clamp the cable in the upper jaws so that the distance between the end of the shape and the upper jaw is at least 150 mm.

The jaw separation rate shall be (50 ± 5) mm/min.

Record the maximum breaking load for each specimen.

31.1.5 Report

Record all maximum breaking loads.

31.1.6 Result

The result shall be the mean of the three maximum breaking loads.

31.1.7 Dynamic shear at elevated temperatures

The specimens shall be pre-conditioned at the temperature specified in IEC 62329-3 in a suitable chamber as shown in Figure 6 for at least 60 min and tested at that temperature in accordance with 31.1.4.

31.2 Static load

31.2.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of heat-shrinkable shapes bonded to cables sheathed with heatshrink sleeving under strain conditions.

31.2.2 Apparatus

Static load jig (see Figure 7).

Oven (specially modified as outlined in Figure 7)

Weights

31.2.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared in accordance with Figure 3 for each test temperature.

The length of cable protruding from the heat-shrinkable shape shall be long enough to guarantee a minimum distance of 150 mm between the cable exit end of the shape and the load clamp.

31.2.4 Procedure

Each specimen is to be clamped into the static load oven, Figure 7, and left to condition for at least 60 min at the specified temperature without the load being applied.

After this conditioning period the load shall be carefully applied and left for $4 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$. At the end of this period the load is removed and the specimen taken out of the oven and allowed to cool to room temperature. Any movement of the cable out of the shape shall be measured to the nearest millimetre.

The specimens are then tested in accordance with 31.1.4.

31.2.5 Report

Record all measured values of cable movement and maximum breaking loads.

31.2.6 Result

The result is the highest maximum measured movement of the three specimens and the mean of the three maximum breaking loads.

31.3 Fluid resistance

31.3.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of heat-shrinkable shapes bonded to cables sheathed with heatshrink sleeveings after being exposed to fuels, oils, and cleaning fluids.

31.3.2 Apparatus

Glass jars and flasks and distillation condenser

Ovens

Heated water bath

Tensile test machine

31.3.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared in accordance with Figure 3 for each test fluid. The adaptor shall be sealed using a suitable blank to prevent ingress of fluids (these blanks are later removed for the conditioning period and the dynamic shear).

31.3.4 Procedures

Each specimen is immersed in the relevant fluid for the time and temperature specified in IEC 62329-3 with the cable end out of the fluid.

The specimens shall be removed from the fluids and allowed to condition for $(24 \pm 0,25) \text{ h}$ at room temperature. After the conditioning period the specimens shall be wiped to move any fluid on the surface and tested for dynamic shear in accordance with 31.1.4.

31.3.5 Report

Record all maximum breaking loads.

31.3.6 Result

The result shall be the mean of the three maximum breaking loads.

31.4 Thermal ageing

31.4.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of heat-shrinkable shapes bonded to cables sheathed with heatshrink sleeveings at elevated temperature.

31.4.2 Apparatus

Tensile test machine

Oven

31.4.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared in accordance with Figure 3.

31.4.4 Procedure

The specimens shall be placed in the oven for the time and temperature specified in IEC 62329-3.

The specimens shall be removed from the oven and allowed to cool to room temperature before testing for dynamic shear in accordance with 31.1.4.

31.4.5 Report

Record all values of maximum breaking loads.

31.4.6 Result

The result shall be the mean of the three maximum breaking loads.

31.5 Peel adhesion

31.5.1 Principle

This test is designed to evaluate the adhesion between heat-shrinkable shapes and cables sheathed with heatshrink sleeveings and aluminium adaptors.

31.5.2 Apparatus

Tensile test machine

Rolling peel jig

31.5.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared in accordance with Figure 3 except that narrow strips of masking tape shall be inserted as shown in Figure 8.

31.5.4 Procedure

Remove the internal wiring from the cable.

For peel to the cable, cut out the parallel section shown in Figure 8, and, for peel to the adaptor, cut out the section also as shown in Figure 8.

Cut the heatshrink shape parallel to one edge of the masking tape and peel back the heatshrink shape from the area over the masking tape to form a flap.

Figure 9 shows the test arrangement for heatshrink sleeved cable to moulded shape and Figure 10 shows the test arrangement for the aluminium adaptor to moulded shape.

Fix the rolling drum jig to the lower jaw of the tensile test machine and slide the specimen over the rolling drum. Clamp the heatshrink shape flap into the top jaw of the tensile tester. Measure the width of the heatshrink shape to be peeled.

The jaw separation rate shall be 50 mm/min.

Record the peel force over the entire peeling operation.

31.5.5 Calculation

Ignoring the first and last 10 % of the peel take readings of peel force from the remainder of the peel operation at five equally spaced distances. Average these five values and record this as the peel force.

Calculate the peel strength using the following formula.

$$\text{Peel strength (N/25 mm)} = \frac{\text{Peel force (N)} \times 25}{\text{Specimen width (mm)}}$$

31.5.6 Report

Record all values of peel strength.

31.5.7 Result

The result is the average of the three cable peel strengths and the average of the three adaptor cable peel strengths.

31.6 Altitude immersion

31.6.1 Principle

This test is designed to evaluate the performance of heat-shrinkable shapes bonded to heat-shrinkable sleeveings when subjected to reduced pressure to simulate high altitude.

31.6.2 Apparatus

Vacuum chamber

Water bath

Anionic wetting agent (e.g. P-D-410)

Sodium chloride

500 V d.c. insulation resistance tester

31.6.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared in accordance with Figure 3 except that all the internal wires of the cable shall be stripped back at the ends to expose the conductors. The exposed conductors shall be twisted together into two bundles at each end ensuring the same wires are twisted together at each end and the bundles are not touching at each end. Also, the adaptor end shall be sealed using a solid plug.

31.6.4 Procedure

The sealed specimen shall be immersed in the water bath containing 0,5 % of an anionic wetting agent (e.g. P-D-410) and 5,0 % sodium chloride. The sealed end of the specimen shall be at least $100\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ below the surface of the water solution.

The immersed specimen and water bath shall then be placed in a vacuum chamber and the chamber pressure reduced to 35 mbar and maintained for 30 min.

The chamber is then returned to ambient pressure to complete one cycle. A further two cycles shall be carried out.

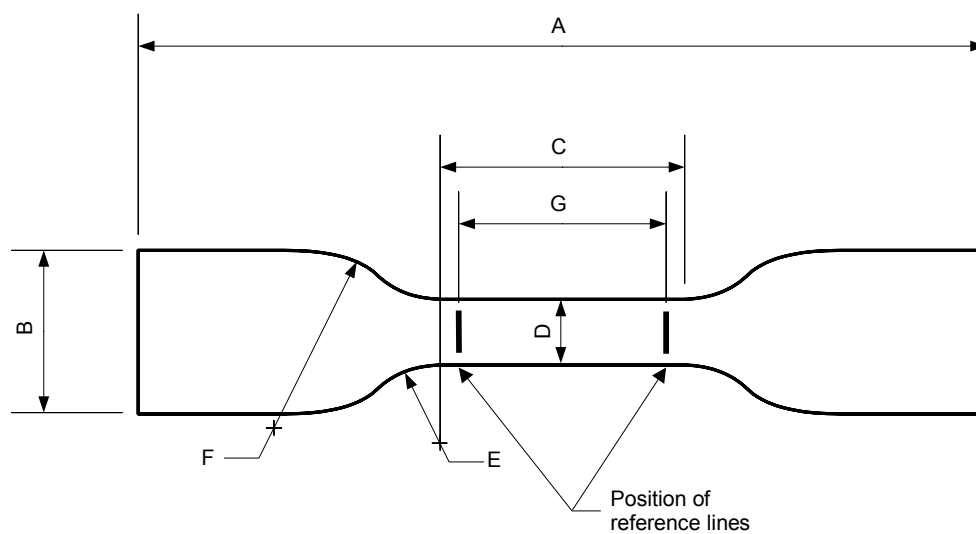
After completing the three cycles the specimen shall be removed from the vacuum chamber and while still immersed in the water solution the insulation resistance shall be measured between the two wire bundles after at least 1 min electrification.

31.6.5 Report

Record all insulation resistance values.

31.6.6 Result

The result is the mean of the three insulation resistance values.



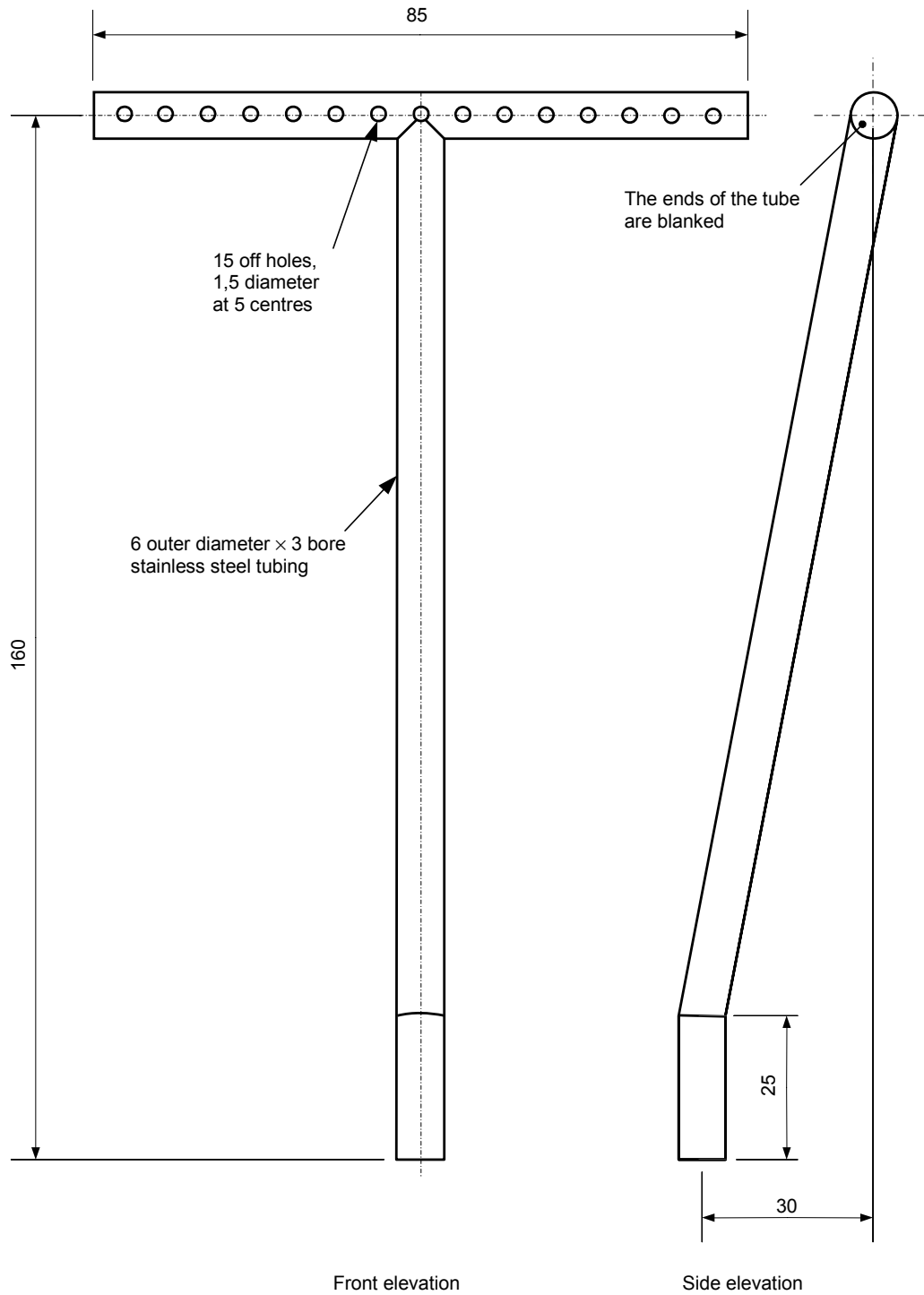
A overall length, minimum	75 mm
B width at ends	$(12,5 \pm 1,0)$ mm
C length of narrow parallel portions	(25 ± 1) mm
D width of narrow parallel portion	$(4,0 \pm 0,1)$ mm
E small radius	$(8,0 \pm 0,5)$ mm
F large radius	$(12,5 \pm 1,0)$ mm
G distance between reference lines	20 mm maximum

In any one specimen, the thickness of the narrow portion shall nowhere deviate by more than 2 % from the mean

IEC 1230/06

Figure 1 – Dumb-bell specimen for tensile strength test

All dimensions in millimetres

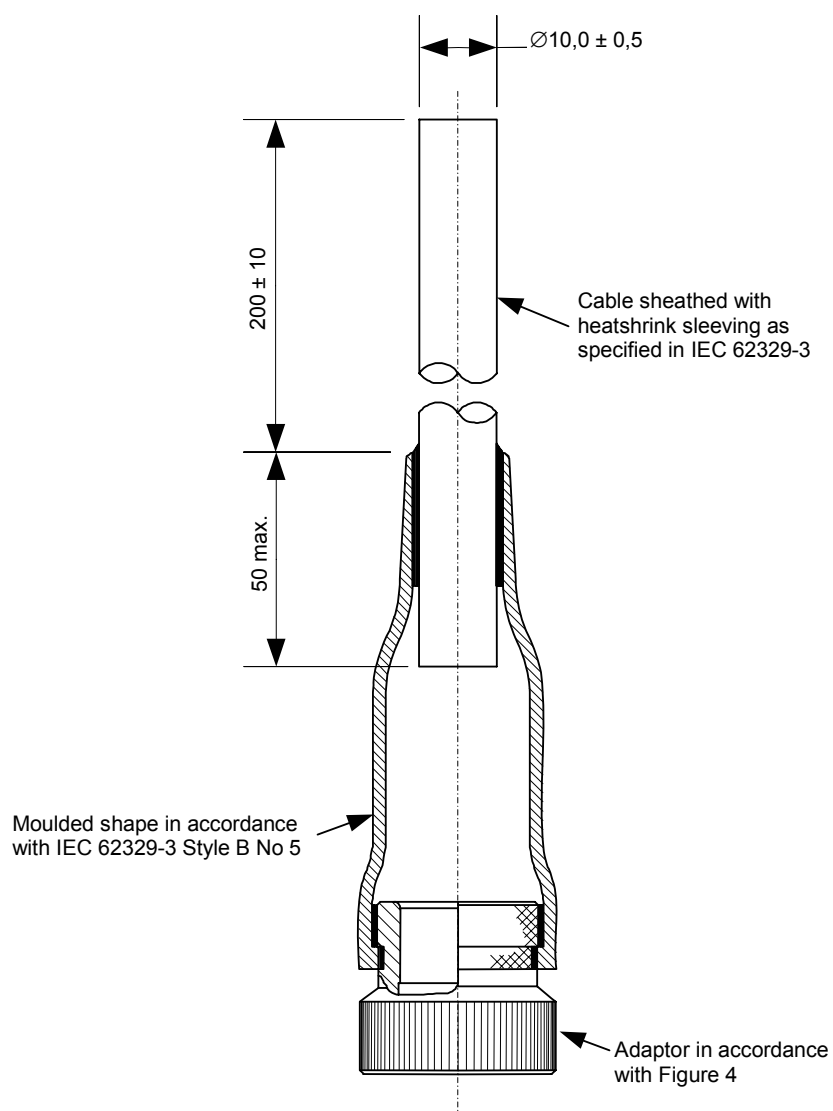


All dimensions are nominal.

IEC 1231/06

Figure 2 – Schematic details of burner for smoke index test

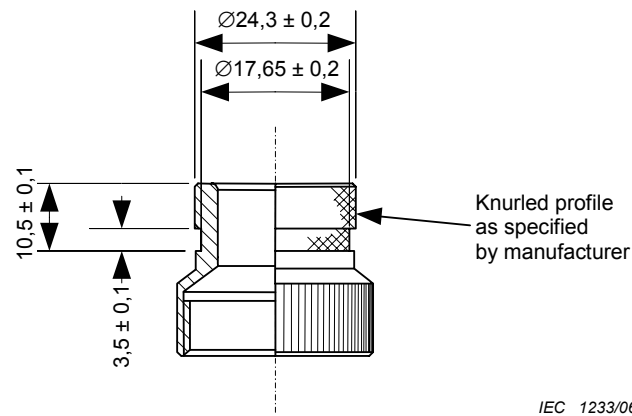
All dimensions in millimetres



IEC 1232/06

Figure 3 – Compatibility test specimen

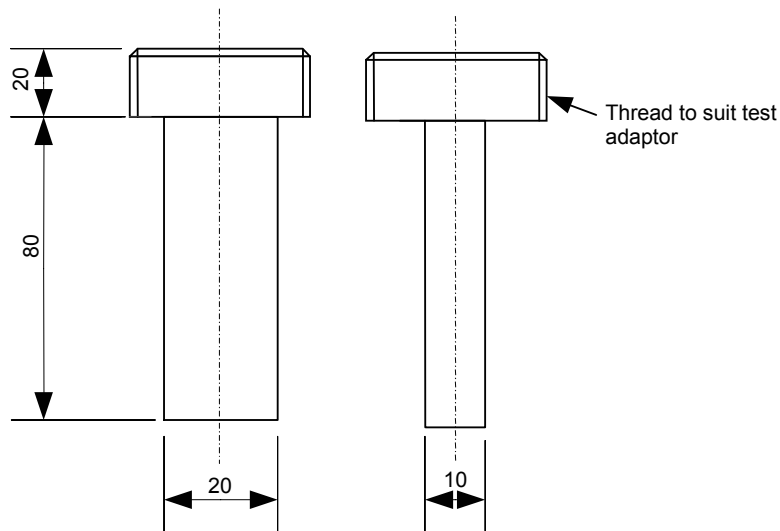
All dimensions in millimetres



IEC 1233/06

Figure 4 – Aluminium test adaptor

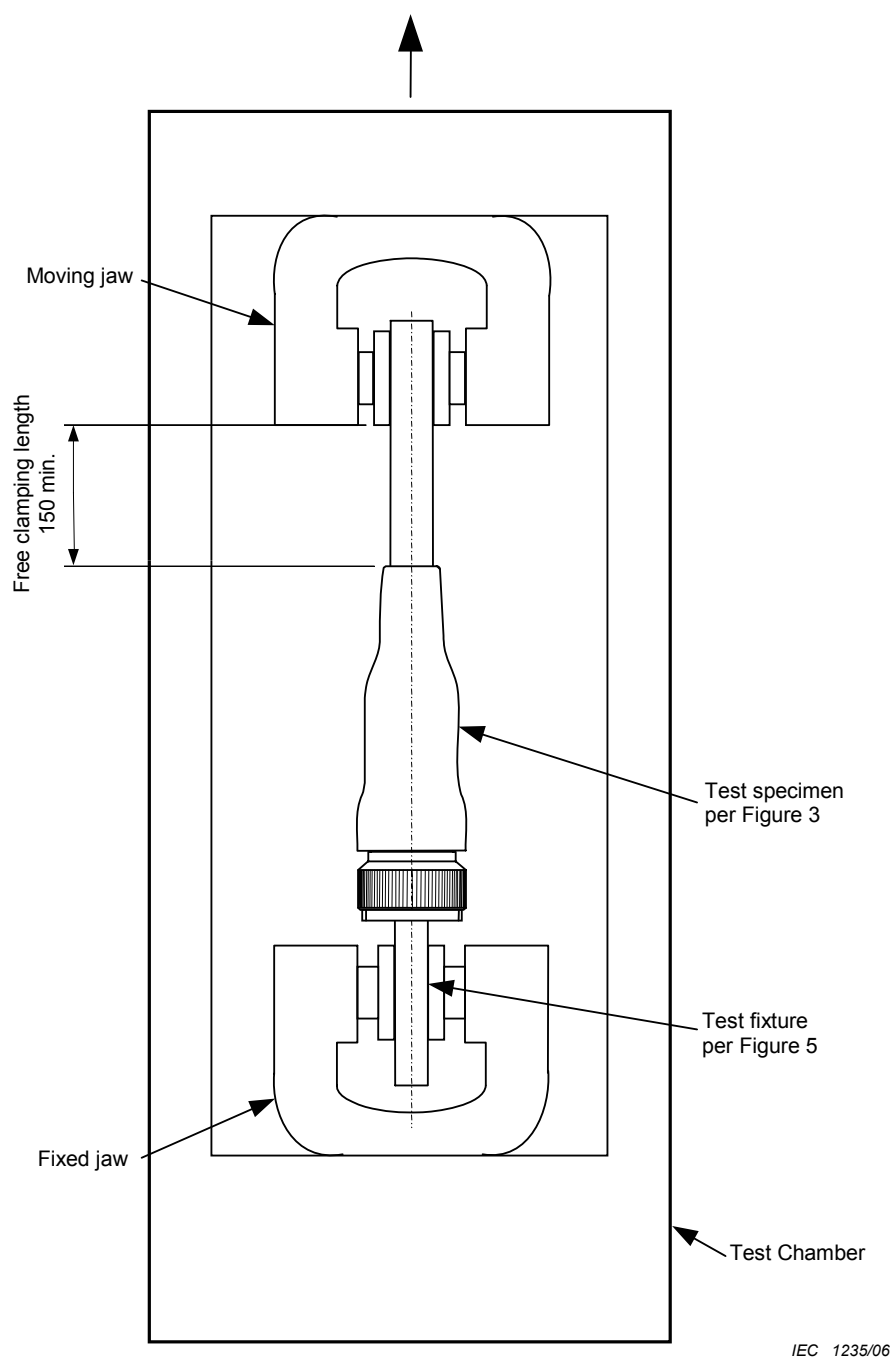
All dimensions in millimetres



All dimensions are nominal

IEC 1234/06

Figure 5 – Tensile test fixture for adaptor

All dimensions in millimetres

IEC 1235/06

Figure 6 – Test arrangement for dynamic shear

All dimensions in millimetres

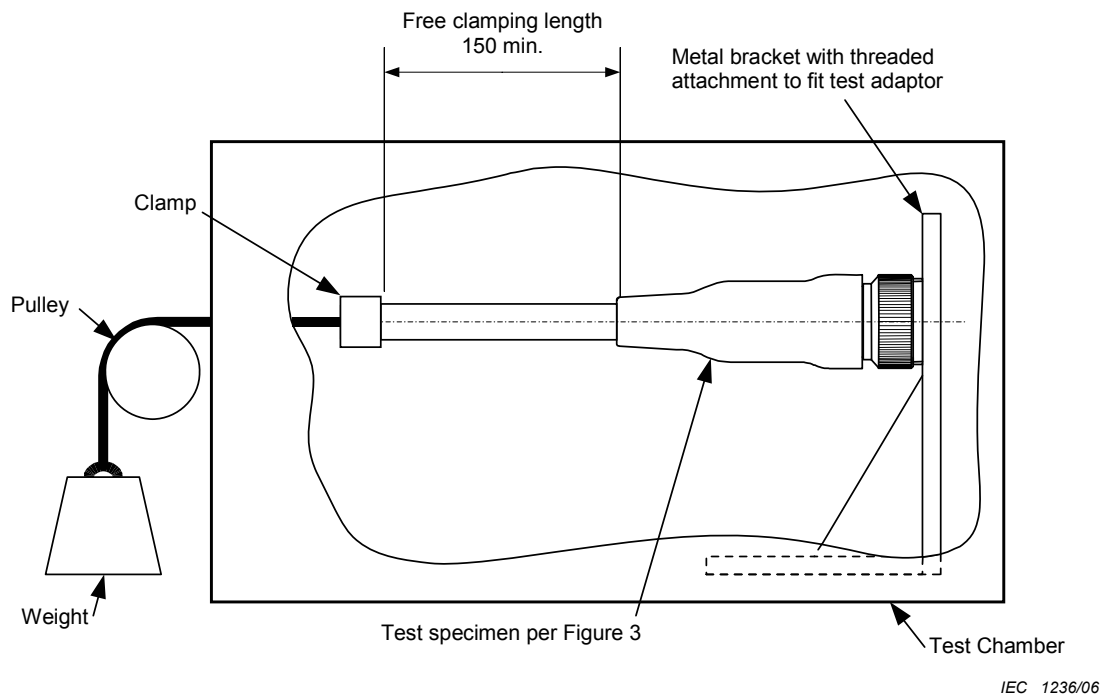


Figure 7 – Test arrangement for static load

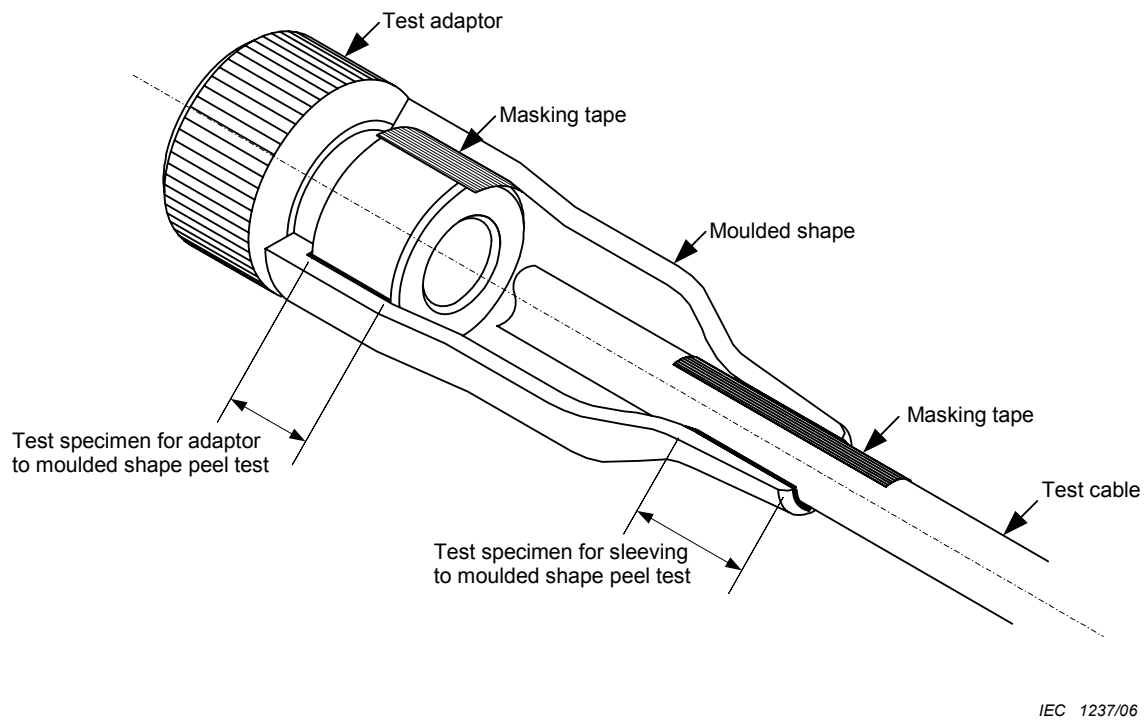
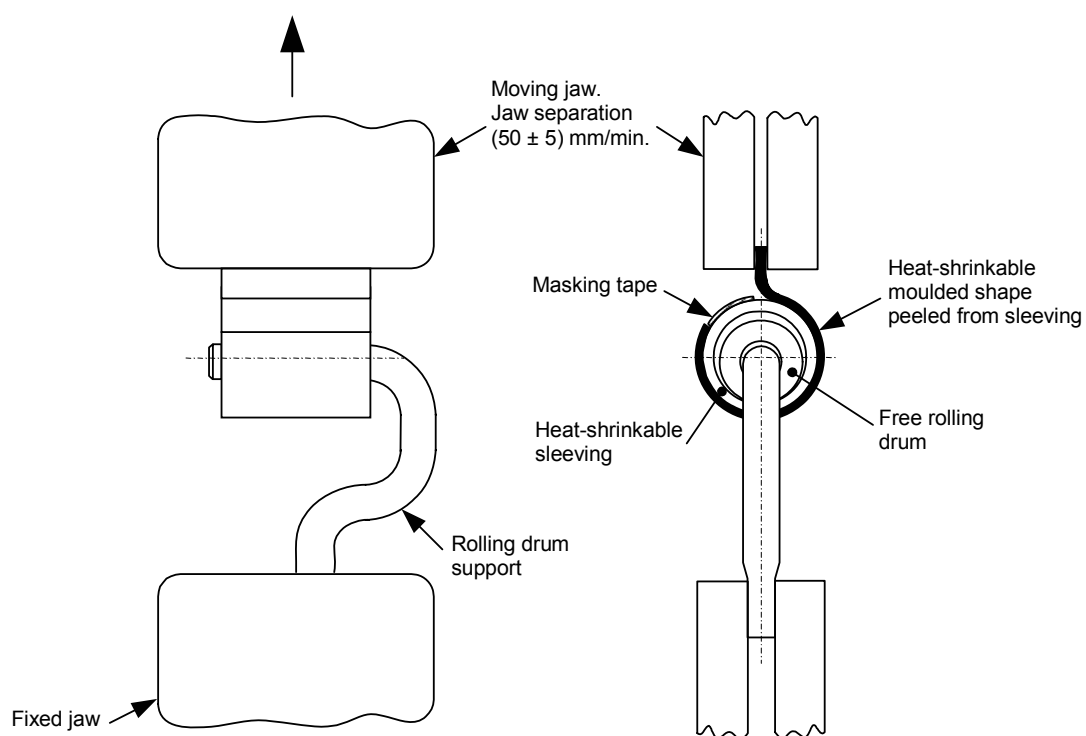
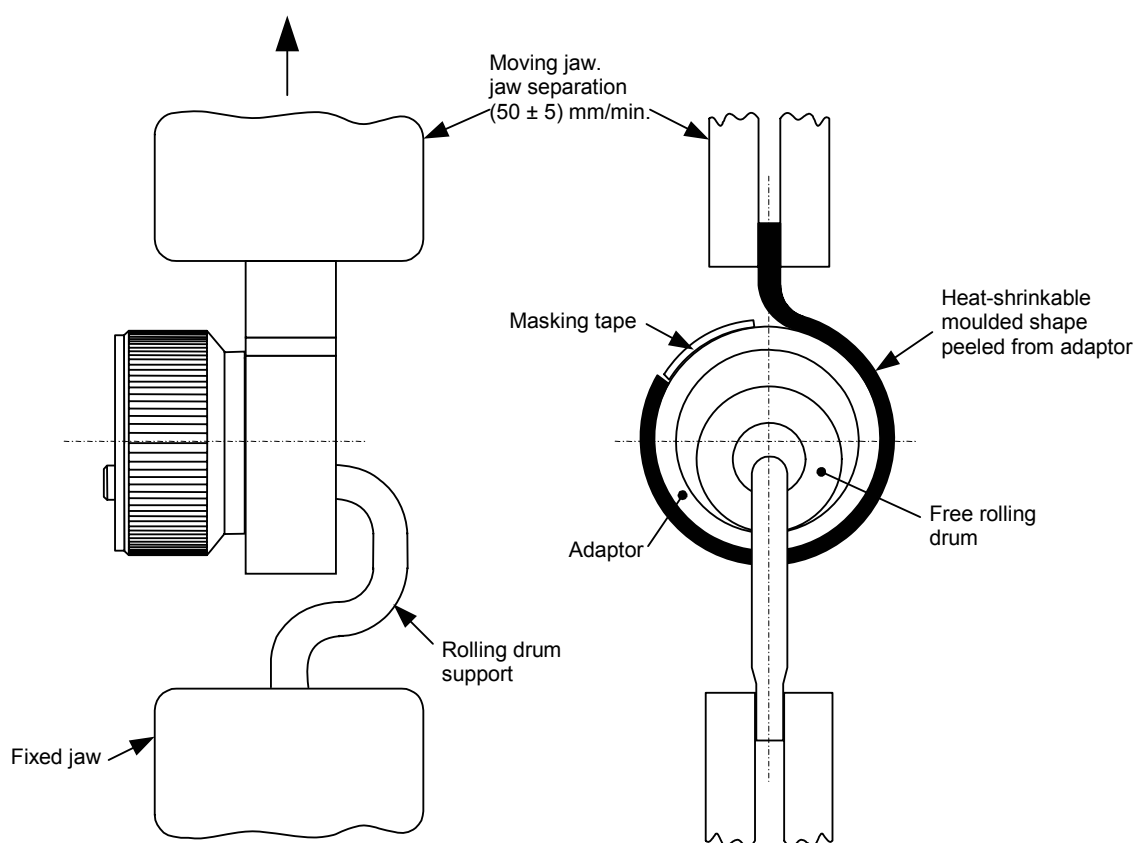


Figure 8 – Test assembly for peel adhesion



IEC 1238/06

Figure 9 – Test arrangement for heat shrink sleeved cable to moulded shape



IEC 1239/06

Figure 10 – Test arrangement for aluminium adaptor to moulded shape

Bibliography

[1] Hill & Walsh, *Anal. Chi. Acta*: 1969, Volume 45, p. 431

IEC 62329-3, *Heat-shrinkable moulded shapes – Part 3: Specification requirements for shape dimensions, material requirements and compatibility performance* ³

ISO 37:2005, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Determination of tensile stress-strain properties*

³ Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	52
INTRODUCTION	54
1 Domaine d'application	55
2 Références normatives	55
3 Conditions d'essai	56
4 Éprouvettes normalisées	57
4.1 Éprouvettes de matériaux de profilés	57
4.2 Éprouvettes de profilé destinées aux essais de compatibilité	57
5 Dimensions	57
5.1 Nombre d'éprouvettes	57
5.2 Mode opératoire	57
5.3 Résultat	57
6 Masse volumique	57
6.1 Nombre d'éprouvettes	57
6.2 Mode opératoire	57
6.3 Rapport	57
6.4 Résultat	57
7 Choc thermique	58
7.1 Nombre d'éprouvettes	58
7.2 Forme des éprouvettes	58
7.3 Mode opératoire	58
7.4 Rapport	58
7.5 Résultat	58
8 Flexion à basse température	58
8.1 Nombre et forme des éprouvettes	58
8.2 Mode opératoire	58
8.3 Résultat	58
9 Stabilité dimensionnelle au stockage	58
9.1 Nombre d'éprouvettes	58
9.2 Mode opératoire	59
9.3 Résultat	59
10 Résistance à la traction et allongement à la rupture	59
10.1 Nombre et forme des éprouvettes	59
10.2 Conditionnement	59
10.3 Température d'essai	59
10.4 Mode opératoire	59
10.5 Calculs	60
10.6	60
10.7 Résultat	60
11 Module sécant à 2 % d'allongement	60
11.1 Nombre et forme des éprouvettes	60
11.2 Mode opératoire	60
11.3 Calcul	61
11.4 Rapport	61
11.5 Résultat	61

12	Rigidité diélectrique	61
12.1	Nombre et forme des éprouvettes	61
12.2	Conditionnement	61
12.3	Électrodes	61
12.4	Mode opératoire	61
12.5	Résultat	62
12.6	Résultat	62
13	Résistivité volumique après essai de chaleur humide	62
13.1	Nombre et forme des éprouvettes	62
13.2	Électrodes	62
13.3	Mode opératoire	62
13.4	Résultat	62
14	Permittivité et facteur de dissipation	62
14.1	Nombre et forme des éprouvettes	62
14.2	Électrodes	62
14.3	Mode opératoire	62
14.4	Calcul	63
14.5	Résultat	63
15	Résistance au cheminement	63
15.1	Rapport	63
15.2	Résultat	63
16	Inflammabilité	63
16.1	Nombre et forme des éprouvettes	63
16.2	Mode opératoire	63
16.3	Résultat	63
17	Indice d'oxygène	63
17.1	Indice d'oxygène à température ambiante	63
17.2	Indice d'oxygène à température élevée	64
18	Corrosion sur lame de cuivre (présence d'éléments volatils corrosifs)	64
18.1	Principe	64
18.2	Équipement	64
18.3	Nombre et forme des éprouvettes	64
18.4	Mode opératoire	64
18.5	Rapport	65
18.6	Résultat	65
19	Tenue des couleurs à la lumière	65
19.1	Principe	65
19.2	Éprouvette	65
19.3	Mode opératoire	65
19.4	Résultat	65
20	Résistance aux fluides choisis	65
20.1	Principe	65
20.2	Choix du fluide	66
20.3	Méthode d'évaluation	66
20.4	Nombre et forme des éprouvettes	66
20.5	Mode opératoire	66
20.6	Résultat	66
21	Vieillessement thermique de longue durée (3000 h)	66

21.1	Nombre et forme des éprouvettes.....	66
21.2	Mode opératoire	67
21.3	Rapport	67
21.4	Résultat.....	67
22	Masse	67
22.1	Nombre d'éprouvettes	67
22.2	Mode opératoire	67
22.3	Résultat.....	67
23	Vieillessement thermique.....	67
23.1	Nombre et forme des éprouvettes.....	67
23.2	Mode opératoire	67
24	Absorption d'eau	67
25	Stabilité des couleurs à la chaleur	68
25.1	Nombre d'éprouvettes	68
25.2	Forme des éprouvettes.....	68
25.3	Mode opératoire	68
25.4	Rapport	68
25.5	Résultat.....	68
26	Indice de fumée.....	68
26.1	Définitions	68
26.2	Principe.....	68
26.3	Appareillage	68
26.4	Nombre et forme des éprouvettes.....	69
26.5	Conditionnement	69
26.6	Montage des éprouvettes	69
26.7	Sécurité de fonctionnement	69
26.8	Mode opératoire	69
26.9	Calcul des résultats.....	70
27	Indice de toxicité	73
27.1	Définition.....	73
27.2	Principe.....	73
27.3	Appareillage	73
27.4	Conditionnement	75
27.5	Sécurité de fonctionnement	75
27.6	Mode opératoire d'essai	75
27.7	Calcul de l'indice de toxicité	76
27.8	Constituants toxiques	77
27.9	Valeurs pour C_f	77
27.10	Résultat et rapport.....	77
28	Teneur en halogène	78
28.1	Méthode de détermination des faibles niveaux de chlore et/ou de brome et/ou d'iode	78
28.2	Détermination de faibles niveaux de fluor	79
29	Génération de gaz acide.....	80
30	Résistance à la formation de moisissures	80
31	Compatibilité	80
31.1	Cisaillement dynamique à température ambiante.....	80
31.2	Charge statique	81

31.3	Résistance de fluide	82
31.4	Vieillessement thermique.....	82
31.5	Essai d'adhérence	83
31.6	Simulation d'altitude par immersion	84
	Bibliographie.....	93
Figure 1	– Éprouvette en forme d'haltère pour l'essai de résistance à la traction	85
Figure 2	– Schéma du brûleur utilisé pour l'essai destiné à déterminer l'indice de fumée	86
Figure 3	– Éprouvette pour essai de compatibilité	87
Figure 4	– Adaptateur d'essai en aluminium.....	88
Figure 5	– Dispositif de fixation pour l'essai de traction de l'adaptateur	88
Figure 6	– Montage d'essai pour cisaillement dynamique.....	89
Figure 7	– Montage d'essai pour charge statique	90
Figure 8	– Assemblage pour essai d'adhérence	90
Figure 9	– Montage d'essai d'adhérence du câble entouré de gaine thermorétractable au profilé	91
Figure 10	– Montage d'essai d'adhérence de l'adaptateur en aluminium au profilé.....	92

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

PROFILÉS THERMORÉTRACTABLES –

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 62329-2 a été établie par le comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants électriques solides.

La présente version bilingue, publiée en 2009-06, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 15/316/FDIS et 15/338/RVD.

Le rapport de vote 15/338/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.

Cette publication a été rédigée selon les 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 Norme internationale fait partie d'une série de normes traitant des profilés thermorétractables. Cette série est constituée des trois parties suivantes:

- Partie 1: Définitions et exigences générales (CEI 62329-1)
- Partie 2: Méthodes d'essai (CEI 62329-2)
- Partie 3: Exigences de spécification relatives aux dimensions des profilés, aux exigences sur les matériaux et caractéristiques de compatibilité (CEI 62329-3, à l'étude)

PROFILÉS THERMORÉTRACTABLES –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62329 décrit des méthodes d'essai des profilés thermorétractables dans une gamme de configurations et de matériaux adaptés à l'isolement, aux éléments d'étanchéité contre les intempéries, à la protection mécanique et aux dispositifs anti-traction pour connecteurs/extrémités de câbles, et aux transitions à conducteurs multiples.

Les essais spécifiés sont prévus pour contrôler la qualité des profilés, mais il est admis qu'ils n'établissent pas totalement l'adéquation des profilés aux processus d'imprégnation ou d'encapsulation ou à d'autres applications spécialisées. Si nécessaire, les méthodes d'essai décrites dans la présente partie doivent être complétées par des essais d'imprégnation ou de compatibilité pour s'appliquer aux situations particulières.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour 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 de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60093:1980, *Méthodes pour la mesure de la résistivité transversale et de la résistivité superficielle des matériaux isolants électriques solides*

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

CEI 60216-4-1:2006, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 4-1: Étuves de vieillissement – Étuves à une chambre* (disponible en anglais seulement)

CEI 60216-4-2:2000, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 4-2: Étuves de vieillissement – Étuves de précision pour des utilisations pouvant atteindre 300 °C*

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 60587:1984, *Méthode d'essai pour évaluer la résistance au cheminement et à l'érosion des matériaux isolants électriques utilisés dans des conditions ambiantes sévères* (disponible en anglais seulement)

CEI 60695-6-30, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6: Guide et méthodes d'essai pour l'évaluation des dangers d'obscurcissement de la vision par les fumées provenant des produits électrotechniques impliqués dans des feux – Section 30: Méthode statique à petite échelle. Détermination de l'opacité des fumées – Description de l'appareillage*

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*

CEI 60754-1:1994, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion des matériaux prélevés sur câbles – Partie 1: Détermination de la quantité de gaz acide halogéné*

CEI 60754-2:1991, *Essais sur les gaz émis lors de la combustion des câbles électriques – Partie 2: Détermination de l'acidité des gaz émis lors de la combustion d'un matériau prélevé sur un câble par mesurage du pH et de la conductivité*

CEI 62329-1:2005, *Profilés thermorétractables – Partie 1: Définitions et exigences générales* (disponible en anglais seulement)

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

ISO 105-A02:1993, *Textiles – Essais de solidité des teintures – Partie A02: Échelle de gris pour l'évaluation des dégradations*

ISO 105-B01:1994, *Textiles – Essais de solidité des teintures – Partie B01: Solidité des teintures à la lumière: Lumière du jour*

ISO 846:1997, *Plastiques – Évaluation de l'action des micro-organismes*

ISO 3261:1975, *Essais au feu – Vocabulaire*¹

ISO 4589-2:1996, *Plastiques – Détermination du comportement au feu au moyen de l'indice d'oxygène – Partie 2: Essai à la température ambiante*

ISO 4589-3:1996, *Plastiques – Détermination du comportement au feu au moyen de l'indice d'oxygène – Partie 3: Essai à haute température*

3 Conditions d'essai

Sauf spécifications contraires, tous les essais doivent être effectués dans des conditions ambiantes normalisées conformes à la CEI 60212, c'est-à-dire à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et à une humidité relative ambiante.

En cas de litige, les essais doivent être effectués à une température de 23 °C ± 2 K et à une humidité relative de (50 ± 5) %.

Lorsque le chauffage à température élevée est spécifié pour un mode opératoire d'essai, l'éprouvette doit être maintenue, pendant la période prescrite, dans une étuve, conforme à la CEI 60216-4-1 ou à la CEI 60216-4-2, chauffée de façon homogène.

Lorsqu'un essai à basse température est spécifié, les feuilles de spécification de la CEI 62329-3 peuvent exiger que l'essai soit effectué à une température $t^{\circ}\text{C}$ ou inférieure, lorsque t est la température demandée. Dans ce cas, l'opérateur peut effectuer l'essai à la température spécifiée ou à une température inférieure appropriée. Toutefois, si à une température inférieure à celle spécifiée, l'éprouvette ne satisfait pas aux exigences, l'essai doit être répété à la température spécifiée, soumise à une tolérance de ± 3 K, comme spécifié dans la CEI 60212. Si ensuite l'éprouvette réussit l'essai, elle doit être considérée comme satisfaisant aux exigences.

¹ Cette norme a été retirée.

4 Éprouvettes normalisées

4.1 Éprouvettes de matériaux de profilés

Les éprouvettes de matériaux de profilés doivent être préparées à partir de feuilles de $(2 \pm 0,15)$ mm d'épaisseur, sauf spécification contraire, et doivent être préparées à partir du même matériau thermorétractable que celui destiné à être utilisé pour fabriquer les profilés thermorétractables. Les dimensions de la feuille doivent être suffisantes pour permettre la réalisation des essais appropriés.

NOTE Des dimensions de 150 mm × 150 mm sont jugées adaptées.

4.2 Éprouvettes de profilé destinées aux essais de compatibilité

Voir la CEI 62329-1, Paragraphe 4.2, et l'Article 31 de la présente norme.

5 Dimensions

5.1 Nombre d'éprouvettes

Trois éprouvettes de chaque taille et de chaque style doivent être soumises à essai.

5.2 Mode opératoire

Mesurer les profilés dans leur état de livraison et après rétractation non contrainte, comme spécifié dans la CEI 62329-3. Effectuer la rétractation non contrainte en plaçant les profilés dans une étuve pendant la durée et à la température spécifiées dans la CEI 62329-3. Retirer les profilés de l'étuve et laisser refroidir naturellement à la température ambiante spécifiée à l'Article 3. Le procédé de mesure peut être mécanique ou optique. L'épaisseur des parois doit être mesurée avec une précision de $\pm 0,05$ mm, et leur diamètre intérieur avec une précision de $\pm 0,25$ mm. En cas de litige, un procédé optique doit être utilisé.

5.3 Résultat

Consigner toutes les valeurs mesurées en tant que résultat.

6 Masse volumique

6.1 Nombre d'éprouvettes

Au moins trois éprouvettes doivent être soumises à essai, découpées dans une feuille échantillon destinée aux essais conformément à 4.1.

6.2 Mode opératoire

Tout procédé permettant de déterminer la masse volumique en garantissant une précision de $\pm 0,01$ g/cm³ peut être utilisé.

6.3 Rapport

Consigner le procédé utilisé pour la détermination ainsi que toutes les valeurs de masse volumique mesurées.

6.4 Résultat

Le résultat est la moyenne des mesures, sauf mention contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

7 Choc thermique

7.1 Nombre d'éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai.

7.2 Forme des éprouvettes

Découper trois éprouvettes conformément à l'Article 10, dans une feuille échantillon destinée aux essais conforme à 4.1.

7.3 Mode opératoire

Les éprouvettes doivent être suspendues verticalement dans une étuve pendant $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ à la température spécifiée dans la CEI 62329-3.

Les éprouvettes doivent être retirées de l'étuve et refroidies à la température ambiante. Elles doivent ensuite être inspectées visuellement à la recherche de tout signe d'égouttement, de fendillement ou d'écoulement. En outre, lorsque la CEI 62329-3 le spécifie, les éprouvettes doivent être soumises à des essais de résistance à la traction et d'allongement à la rupture.

7.4 Rapport

Consigner tous les résultats de l'examen visuel, ainsi que toutes les valeurs calculées.

7.5 Résultat

Le résultat obtenu pour chaque propriété est la valeur centrale, sauf mention contraire dans les fiches de spécification de la CEI 62329-3.

8 Flexion à basse température

8.1 Nombre et forme des éprouvettes

Découper trois éprouvettes dans une feuille échantillon destinée aux essais conforme à 4.1, de dimensions environ égales à $150\text{ mm} \times 6\text{ mm}$.

8.2 Mode opératoire

Les éprouvettes doivent être suspendues pendant $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ dans une enceinte maintenue à la température spécifiée dans la CEI 62329-3. Toujours à cette température, elles doivent être enroulées sans saccade sur un tour complet de façon quasi hélicoïdale autour d'un mandrin se trouvant à la même température et présentant un diamètre spécifié dans la CEI 62329-3. La durée nécessaire à l'enroulement sur un tour complet ne doit pas dépasser 5 s. Les éprouvettes doivent ensuite être ramenées à la température ambiante.

Enfin, les éprouvettes qui se trouvent toujours sur le mandrin doivent être examinées visuellement, sans grossissement, à la recherche de tout signe de fendillement.

8.3 Résultat

Consigner tout fendillement.

9 Stabilité dimensionnelle au stockage

9.1 Nombre d'éprouvettes

Trois profilés doivent être soumis à essai.

9.2 Mode opératoire

Le diamètre intérieur de chaque extrémité doit être mesuré à l'état expansé tel que livré. Les profilés doivent ensuite être stockés dans une étuve ventilée, telle que décrite à l'Article 3, pendant (336 ± 2) h, à une température de $40\text{ °C} \pm 3\text{ K}$, sauf mention contraire dans la feuille appropriée de la CEI 62329-3. Ensuite, les profilés doivent être retirés du four et refroidis jusqu'à la température ambiante et les mêmes dimensions doivent être remesurées. La précision de mesure doit être conforme à l'Article 5.

À la suite de cette mesure, les profilés doivent pouvoir se rétracter complètement, dans le temps et à la température spécifiés dans la CEI 62329-3 pour les profilés à évaluer. Les profilés doivent ensuite être refroidis jusqu'à la température ambiante, avant la mesure des dimensions à l'état rétracté.

9.3 Résultat

Consigner, en tant que résultat, toutes les valeurs mesurées pour chacune des trois séries de mesures: dimensions à l'état expansé avant et après stockage à température élevée, et dimensions après rétractation complète, à la suite du stockage à température élevée.

10 Résistance à la traction et allongement à la rupture

10.1 Nombre et forme des éprouvettes

Découper cinq éprouvettes en forme d'haltère, dans une feuille échantillon destinée aux essais conformément à 4.1, aux dimensions et tolérances indiquées dans la Figure 1. Les éprouvettes doivent être découpées dans la feuille en un seul coup de presse et à l'aide d'un poinçon tranchant de forme et de dimensions appropriées.

NOTE Le profil indiqué dans la Figure 1 est celui du type 2 spécifié dans l'ISO 37.

10.2 Conditionnement

Sauf spécification contraire dans la CEI 62329-3, les éprouvettes doivent être maintenues à la température ambiante de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant au moins 1 h avant l'essai ou pendant une durée plus longue leur permettant d'atteindre la température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

10.3 Température d'essai

L'essai doit être effectué à une température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$.

10.4 Mode opératoire

La largeur et l'épaisseur de la partie centrale parallèle de l'éprouvette doivent être mesurées à 0,01 mm près entre les traits repères, en au moins trois points. La section moyenne est ensuite déterminée.

L'éprouvette doit être montée dans une machine de traction, alignée axialement avec la direction de traction. Les mâchoires doivent être séparées à la vitesse de séparation uniforme spécifiée dans la CEI 62329-3 pour un matériau donné. La plage de fonctionnement de la machine d'essai doit permettre une charge maximale entre 15 % et 85 % de la lecture d'échelle maximale.

La distance entre les lignes de référence à la rupture peut être mesurée facilement à l'aide d'une règle, d'un compas ou d'un extensomètre.

La charge maximale doit être mesurée avec une précision de 2 %. La distance entre les lignes de référence à la rupture doit être mesurée à 2 mm près.

Si l'éprouvette rompt au-delà des lignes de référence, le résultat doit être ignoré et un autre essai doit être effectué avec une autre éprouvette.

10.5 Calculs

La résistance à la traction doit être calculée en utilisant la charge maximale et la section d'origine. Le résultat doit être exprimé en mégapascals (MPa):

$$\text{résistance à la traction} = \frac{F_{\max}}{A} \text{ (MPa)}$$

où

$F_{\max}$ est la charge maximale (N);

A est la section d'origine (mm²).

L'allongement à la rupture doit être exprimé comme le pourcentage de la distance d'origine entre les lignes de référence, c'est-à-dire:

$$\text{allongement à la rupture (\%)} = \frac{(L - L_0)}{L_0} \times 100$$

où

L est la distance mesurée entre les deux repères sur l'éprouvette allongée, à la rupture;

L_0 est la distance d'origine entre les repères.

10.6

Consigner les valeurs calculées.

10.7 Résultat

Le résultat obtenu pour chaque propriété est la valeur centrale, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

11 Module sécant à 2 % d'allongement

11.1 Nombre et forme des éprouvettes

Effectuer trois essais sur des bandes découpées dans une feuille échantillon destinée aux essais conformément à 4.1. La largeur des bandes doit être d'environ 20 mm.

11.2 Mode opératoire

- Le module sécant doit être calculé à partir de la détermination de la contrainte de traction nécessaire pour produire dans l'éprouvette un allongement de 2 % de la longueur entre les mâchoires ou entre les lignes de référence.
- Selon la méthode de mesure choisie, la longueur de l'éprouvette entre les mâchoires ou les lignes de référence ne doit pas être inférieure à 100 mm.
- L'allongement peut être mesuré à l'aide d'un extensomètre ou par séparation des mâchoires; il doit être mesuré avec une précision de 2 %.
- La vitesse de déformation doit être de $(0,1 \pm 0,03)$ mm/min pour chaque longueur de millimètre entre les mâchoires (par exemple 12 mm/min pour une longueur entre mâchoires de 120 mm).

- e) L'application d'une force de traction initiale (F) sur l'éprouvette peut s'avérer nécessaire en vue de son dressage. Cette force ne doit pas dépasser 3 % de la valeur finale.
- f) La force doit être augmentée jusqu'à ce que l'allongement entre les mâchoires ou les lignes de référence atteigne 2 %. La force (F_1) nécessaire pour produire cet allongement doit être consignée.

11.3 Calcul

Le module sécant de l'éprouvette doit être calculé comme suit:

$$\text{Module sécant de 2 \%} = \frac{F_1 - F}{0,02A} \text{ (MPa)}$$

où

A est la section moyenne initiale de l'éprouvette (mm^2) (déterminée comme spécifié en 10.4);

F_1 est la force nécessaire pour produire un allongement de 2 % (N);

F est la force appliquée pour produire la contrainte initiale (dressage) (N).

11.4 Rapport

Consigner toutes les valeurs mesurées pour le module sécant à un allongement de 2 %.

11.5 Résultat

Le résultat est la valeur centrale, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

12 Rigidité diélectrique

12.1 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai à l'aide de feuilles échantillons destinées aux essais normalisées, conformément à 4.1.

12.2 Conditionnement

En cas de doute ou de litige, ces essais doivent être effectués sur des éprouvettes conditionnées par exposition pendant au moins 24 h à une atmosphère présentant une humidité relative de $(50 \pm 5) \%$, à une température de $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$.

12.3 Électrodes

Les électrodes doivent être conformes à la CEI 60243-1, à savoir constituer des électrodes à diamètre inégal pour matériaux en feuilles.

12.4 Mode opératoire

Les électrodes doivent être placées au centre de la feuille échantillon destinée aux essais, comme décrit dans la CEI 60243-1, et l'assemblage doit être placé dans de l'huile pour transformateurs.

La tension utilisée doit être conforme à la CEI 60243-1 et être appliquée entre les deux électrodes à un régime uniforme depuis zéro, de sorte qu'un claquage se produise entre 10 s et 20 s.

Calculer la rigidité diélectrique en divisant la tension à laquelle se produit le claquage par l'épaisseur de la feuille échantillon destinée aux essais. Exprimer le résultat en MV/m.

12.5 Résultat

Consigner toutes les valeurs.

12.6 Résultat

Le résultat est la valeur centrale, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

13 Résistivité volumique après essai de chaleur humide

13.1 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai à l'aide de feuilles échantillons destinées aux essais conformément à 4.1.

13.2 Électrodes

Les électrodes doivent être de la peinture d'argent conductrice, conformément à la CEI 60093, pour éprouvettes planes, utilisant un anneau de garde.

13.3 Mode opératoire

Exposer les éprouvettes pendant quatre jours à un environnement humide et chaud tel que spécifié dans la CEI 60212 (c'est-à-dire pendant 96 h à 40 °C et à une humidité relative de 93 %). Toujours dans cet environnement, mesurer la résistance conformément à la CEI 60093 en utilisant une tension de (500 ± 15) V c.c. et un temps d'électrisation d'au moins 1 min.

Calculer la résistivité volumique conformément à la CEI 60093.

13.4 Résultat

Le résultat est la valeur centrale.

14 Permittivité et facteur de dissipation

14.1 Nombre et forme des éprouvettes

Une feuille échantillon destinée aux essais conformément à 4.1.

14.2 Électrodes

Les électrodes doivent être conformes à la CEI 60250, à savoir des électrodes à disque dotées d'un anneau de garde.

Les électrodes peuvent être soit une feuille de métal, soit de la peinture conductrice, comme décrit dans la CEI 60250.

14.3 Mode opératoire

La température d'essai doit être de $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$.

La mesure de la permittivité doit être effectuée à l'aide d'un instrument adapté, satisfaisant aux exigences de la CEI 60250 et à une fréquence d'environ 1000 Hz. Le fil basse tension doit être branché à l'électrode gardée.

14.4 Calcul

La permittivité relative et le facteur de dissipation doivent être calculés conformément à la CEI 60250.

14.5 Résultat

Consigner la valeur pour la permittivité relative et le facteur de dissipation en tant que résultat.

15 Résistance au cheminement

L'essai doit être effectué conformément à la méthode 2 (critère A) de la CEI 60587, à l'aide d'une feuille échantillon destinée aux essais, de 4 mm à 6 mm d'épaisseur.

15.1 Rapport

Consigner toutes les valeurs.

15.2 Résultat

Le résultat est la valeur minimale.

16 Inflammabilité

16.1 Nombre et forme des éprouvettes

Feuilles échantillons destinées aux essais conformément à 4.1, à l'exception de leur épaisseur, qui doit être de $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Découper trois bandes de $13 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$.

16.2 Mode opératoire

Conduire l'essai conformément à la CEI 60695-11-10, si ce n'est qu'après le retrait de la flamme sa durée d'extinction doit être consignée.

16.3 Résultat

Consigner toutes les valeurs.

17 Indice d'oxygène

17.1 Indice d'oxygène à température ambiante

17.1.1 Nombre et forme des éprouvettes

Feuilles échantillons destinées aux essais conformément à 4.1, à l'exception de leur épaisseur, qui doit être de $3 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Découper un nombre suffisant de bandes de $6,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ pour réaliser l'essai conformément à l'ISO 4589-2.

17.1.2 Mode opératoire

Conduire l'essai conformément à la configuration IV de l'ISO 4589-2. Le mode opératoire d'allumage spécifique doit être indiqué dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

17.2 Indice d'oxygène à température élevée

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 4589-3 en utilisant les éprouvettes décrites en 17.1.1. Le mode opératoire d'allumage spécifique doit être indiqué dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

18 Corrosion sur lame de cuivre (présence d'éléments volatils corrosifs)

18.1 Principe

Cet essai détermine l'effet des composants volatils, provenant du matériau moulé, sur le cuivre.

18.2 Équipement

- Tubes à essai: 13 mm × 300 mm.
- Miroirs en verre enduits de cuivre de 6 mm de largeur et 25 mm de longueur. Les stocker dans un dessiccateur correctement conditionné. Les miroirs doivent être revêtus d'une couche de cuivre déposée à vide et présenter une épaisseur permettant la transmission de $(10 \pm 5) \%$ de la lumière incidente normale d'une longueur d'onde de 500 nm. Les utiliser pour l'essai uniquement en l'absence de couche d'oxyde et si le cuivre n'a pas subi de détérioration apparente.
- Bouchons.
- Feuille d'aluminium.
- Fil de cuivre fin présentant un diamètre inférieur ou égal à 0,25 mm.
- Bain d'huile capable de maintenir une température d'huile de l'ordre de ± 2 K.

18.3 Nombre et forme des éprouvettes

Découper deux bandes de 25 mm × 6,5 mm dans une feuille échantillon destinée aux essais conformément à 4.1.

Un essai doit être effectué en utilisant deux éprouvettes de la feuille échantillon destinée aux essais, chacune insérée dans un tube à essais distinct, avec un troisième tube à essais ne contenant pas d'éprouvette, utilisé comme témoin.

18.4 Mode opératoire

Placer chaque éprouvette dans un tube à essais conforme à la description ci-dessus et utiliser un troisième tube comme témoin.

Suspendre un miroir en cuivre tel que défini en 18.2, son bord inférieur surplombant, à une distance allant de 150 mm à 180 mm, la base de chaque tube à essais. Maintenir le miroir en formant avec le fil de cuivre fin une boucle simple autour de son extrémité supérieure et en attachant le fil au bouchon. S'assurer que chaque miroir est vertical. Fermer hermétiquement chaque tube à essais avec un bouchon enveloppé de feuille d'aluminium.

Immerger la base des trois tubes, sur 50 mm, dans un bain d'huile à la température et pendant la durée spécifiées dans la CEI 62329-3.

Maintenir la température de la portion de chaque tube à essais contenant le miroir à une température inférieure à 60 °C.

Après refroidissement, retirer les miroirs, les examiner tous en les plaçant contre un fond blanc bien éclairé, et évaluer la proportion de cuivre éliminé. L'élimination de cuivre sur le miroir est un signe de corrosion. Cependant, ne pas tenir compte du cuivre éliminé à la base du miroir tant que la zone en question ne dépasse pas 8 % de la surface totale du miroir, étant donné que cette élimination peut être due à la condensation. Ne pas considérer non plus une décoloration de la

couche de cuivre ou une réduction de son épaisseur comme de la corrosion. Ne considérer comme zone de corrosion que la zone où l'élimination du cuivre a rendu le miroir transparent.

Si le miroir dans le tube témoin présente un signe de corrosion, l'essai doit être répété.

18.5 Rapport

Consigner la proportion estimée de cuivre éliminé sur chaque miroir.

18.6 Résultat

Le résultat est la moyenne de la proportion observée de cuivre éliminé sur chaque miroir.

19 Tenue des couleurs à la lumière

19.1 Principe

Cet essai compare la vitesse relative de changement de couleur d'une éprouvette, par rapport à un étalon reconnu, dans des conditions spécifiées.

19.2 Eprouvette

Découper une éprouvette adaptée dans une feuille échantillon destinée aux essais conformément à 4.1.

19.3 Mode opératoire

Une éprouvette à moitié recouverte et un étalon de laine teinte, utilisé comme élément de comparaison pour la tenue à la lumière, tel que spécifié dans l'ISO 105-B01, doivent être exposés simultanément aux rayons d'une lampe à arc au xénon ou au carbone, jusqu'à ce que le changement de couleur de la partie exposée de l'étalon atteigne le degré 4 sur l'échelle de gris géométrique de l'ISO 105-A02. La température ambiante ne doit pas dépasser 40 °C et aucun contrôle de l'humidité relative n'est effectué. Le numéro d'identification de l'étalon de tenue utilisé doit être spécifié dans la CEI 62329-3.

Examiner fréquemment l'étalon exposé pour s'assurer que le degré d'altération de la couleur prescrit n'est pas dépassé.

Comparer le changement de couleur relatif entre les deux moitiés respectives de l'éprouvette exposée et de l'étalon exposé. Effectuer la comparaison contre un fond blanc bien éclairé.

19.4 Résultat

Consigner toutes les observations en tant que résultat.

20 Résistance aux fluides choisis

20.1 Principe

Il est nécessaire de définir les éléments suivants:

- le choix du fluide;
- la température d'immersion;
- la durée d'immersion;
- la méthode d'évaluation.

20.2 Choix du fluide

Lorsqu'ils ne sont pas spécifiés dans la CEI 62329-3, les fluides doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. La quantité de fluide dans lequel sont immergées les éprouvettes doit être au moins 20 fois supérieure au volume des éprouvettes.

AVERTISSEMENT: Il convient de prendre les précautions appropriées pour protéger le personnel contre tout danger pour la santé ou tout risque d'incendie résultant de l'utilisation d'un fluide en particulier.

20.3 Méthode d'évaluation

- a) Rigidité diélectrique, Article 12;
- b) Résistance à la traction et/ou allongement à la rupture, Article 10;
- c) Inspection visuelle;
- d) Changement de masse;
- e) Toute autre méthode spécifiée dans la CEI 62329-3.

20.4 Nombre et forme des éprouvettes

Le nombre d'éprouvettes dépend de la méthode d'évaluation. Dans les cas a) ou b) en 20.3, les éprouvettes doivent être choisies conformément aux exigences des Articles 10 ou 12. Dans les cas c) et d) en 20.3, trois éprouvettes présentant chacune des dimensions d'environ 50 mm × 25 mm doivent être utilisées.

Il est également possible d'utiliser des éprouvettes conformes à l'Article 10 dans les cas c) et d) en 20.3.

20.5 Mode opératoire

Les éprouvettes doivent être immergées dans le fluide à une température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant $(24 \pm 1)\text{ h}$, sauf spécification contraire dans la CEI 62329-3.

Les éprouvettes doivent ensuite être retirées du fluide, on doit les laisser égoutter pendant 45 min à 75 min, sauf spécification contraire dans la CEI 62329-3, et les essuyer légèrement. Elles doivent ensuite être soumises à essai selon une ou plusieurs des méthodes indiquées en 20.3. Le changement de masse est calculé en tant que pourcentage de la masse avant immersion.

Dans le cas b) en 20.3, il convient de déterminer la section avant immersion. Dans le cas d) en 20.3, il convient que les éprouvettes soient pesées à 0,0002 g près avant immersion.

20.6 Résultat

Les résultats sont les observations/déterminations adaptées à la méthode d'évaluation spécifiée. Ils peuvent être liés à une valeur requise fixe ou à un pourcentage de dégradation par rapport à la valeur témoin.

Si une évaluation qualitative est effectuée ou requise en complément, indiquer si les éprouvettes présentent des signes de détérioration tels qu'un gonflement, un poissage, un effritement, un fendillement ou un cloquage, immédiatement après retrait du fluide.

21 Vieillissement thermique de longue durée (3000 h)

21.1 Nombre et forme des éprouvettes

Couper des éprouvettes en forme d'haltère, conformes à l'Article 10, de dimensions suffisantes pour procéder à six séries de mesures.

21.2 Mode opératoire

Conserver et soumettre à essai un ensemble d'éprouvettes pour établir la valeur d'allongement initiale (avant vieillissement). Exposer toutes les autres éprouvettes en les suspendant par une extrémité dans une étuve conformément à la CEI 60216-4-1 ou à la CEI 60216-4-2, à la température spécifiée dans la feuille appropriée de la CEI 62329-3. Voir la note 2 de la section « Domaine d'application » de la CEI 60216-4-2 pour connaître les recommandations relatives au type d'étuve à utiliser. À la fin de chaque période de $(25 \pm 0,5)$ jours ou (600 ± 12) h, retirer un ensemble d'éprouvettes et les laisser refroidir jusqu'à la température ambiante, sauf spécification contraire. Effectuer l'allongement sur cet ensemble d'éprouvettes. Poursuivre jusqu'au terme de (125 ± 1) jours ou $(3\,000 \pm 24)$ h de vieillissement et procéder à l'essai ou aux essais sur l'ensemble des éprouvettes vieilles pendant cette période.

21.3 Rapport

Consigner toutes les valeurs d'allongement.

21.4 Résultat

Le résultat est la valeur centrale, sauf spécification contraire dans la CEI 62329-3.

NOTE Lorsque des comparaisons doivent être effectuées entre des matériaux similaires ou par rapport à un matériau de référence connu, il est recommandé d'utiliser la méthode d'essai décrite à l'Article 7 de la CEI 60216-5.

22 Masse

22.1 Nombre d'éprouvettes

Trois profilés doivent être soumis à essai.

22.2 Mode opératoire

Toute méthode permettant de déterminer la masse en garantissant une précision de 1 % ou 0,01 g (la valeur inférieure étant retenue) peut être utilisée.

22.3 Résultat

Consigner toutes les valeurs.

23 Vieillissement thermique

23.1 Nombre et forme des éprouvettes

Préparer cinq éprouvettes conformes à l'Article 10.

23.2 Mode opératoire

Exposer ces éprouvettes en les suspendant par une extrémité dans une étuve pendant une période de (168 ± 2) h, sauf spécification contraire, et à la température spécifiée dans la CEI 62329-3. Retirer les éprouvettes de l'étuve et les laisser refroidir. Procéder à l'essai de résistance à la traction et/ou d'allongement à la rupture conformément à l'Article 10 et comme spécifié dans la CEI 62329-3.

24 Absorption d'eau

Effectuer cet essai conformément à la méthode 1 de l'ISO 62, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

25 Stabilité des couleurs à la chaleur

25.1 Nombre d'éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être soumises à essai.

25.2 Forme des éprouvettes

Découper trois longueurs d'environ 6 mm de largeur dans une feuille échantillon destinée aux essais normalisée.

25.3 Mode opératoire

Suspendre les éprouvettes dans une étuve pendant la durée et à la température spécifiées dans la CEI 62329-3. Si aucune durée n'est spécifiée, un temps d'exposition de (24 ± 1) h doit être utilisé.

Retirer les éprouvettes de l'étuve, puis les laisser refroidir jusqu'à la température ambiante.

Comparer les éprouvettes à l'étalon de couleur spécifié dans la CEI 62329-3.

25.4 Rapport

Consigner la durée et la température appliquées.

25.5 Résultat

La couleur observée lors de l'examen visuel de chaque éprouvette constitue le résultat.

26 Indice de fumée

26.1 Définitions

Pour les besoins de la présente méthode d'essai, les définitions suivantes s'appliquent:

- a) indice de fumée: pondération numérique des vitesses de modification de la densité optique spécifique de la fumée produite depuis le début de l'essai à 70 %, 40 %, 10 % et aux valeurs minimales de transmittance de la lumière applicables;
- b) les définitions de la combustion et de la pyrolyse fournies dans l'ISO 3261 s'appliquent.

26.2 Principe

Des échantillons pour essai sous la forme d'un carré de 76 mm sur 76 mm (découpé dans une feuille échantillon destinée aux essais normalisée, conformément aux spécifications de 4.1) sont exposés de façon continue à des conditions thermiques normalisées de pyrolyse et de combustion spécifiées. Le changement de densité optique de la fumée, induit par sa dispersion dans un volume d'air fixé, est déterminé tout au long de la durée de l'essai. La courbe de densité/de temps obtenue est utilisée pour calculer l'indice de fumée.

26.3 Appareillage

L'appareillage doit être conforme à celui spécifié dans la CEI 60695-6-30, modifié comme suit.

a) Ventilateur de brassage

Un petit ventilateur de brassage doit être placé au centre de l'enceinte, à proximité de son sommet, pour garantir que la fumée se propage complètement et de façon homogène dans toute l'enceinte. Le ventilateur doit comprendre quatre pales montées radialement, présentant un écartement de 250 mm entre les pointes opposées des pales et une largeur

de pale de 70 mm au maximum. Le ventilateur doit tourner à un régime compris entre 60 r/min et 120 r/min.

b) Brûleur

Un brûleur multiflamme construit conformément à la Figure 2 doit être utilisé avec un combustible composé d'air/propane prémélangé. Le brûleur doit être placé au centre, devant le support d'éprouvette, à la hauteur du bord inférieur de l'éprouvette et à une distance de 10 mm par rapport à cette dernière. L'air et le propane doivent être mesurés à l'aide de rotamètres étalonnés. Leur débit doit permettre d'obtenir une flamme bleue, en contact avec l'éprouvette sur au moins 90 % de sa largeur, à une hauteur d'environ 5 mm au-dessus de son bord inférieur.

Un système d'allumage permettant d'enclencher le brûleur à distance, sans avoir à ouvrir l'enceinte, doit être utilisé. Les systèmes d'allumage à filament en platine, à cristal piézoélectrique ou à veilleuse sont considérés comme adaptés. Le système utilisé ne doit pas influencer la valeur de l'indice de fumée du matériau soumis à essai.

26.4 Nombre et forme des éprouvettes

Découper 3 éprouvettes dans des feuilles échantillon destinées aux essais conformément à 4.1, de dimensions suffisantes pour couvrir entièrement la surface du support d'éprouvette.

26.5 Conditionnement

Avant de monter les éprouvettes dans le support, les conditionner à une température de $23\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ et à une humidité relative de $(50 \pm 5)\%$ pendant au moins 24 h.

26.6 Montage des éprouvettes

Pour éviter une distorsion et un gauchissement excessifs de l'éprouvette pendant l'essai, un treillis métallique à mailles carrées de 12,5 mm, constitué de fils d'acier inoxydable de 1,5 mm de diamètre, doit être utilisé pour soutenir les éprouvettes.

Faire reposer la face du support d'éprouvette sur une surface plane et insérer le treillis métallique. Placer chaque éprouvette dans le support.

Envelopper complètement le bloc isolant dans une feuille d'aluminium résistante, de 0,04 mm d'épaisseur environ, le placer sur les éprouvettes disposées dans le support, positionner le ressort de tension et fixer avec la goupille d'arrêt.

26.7 Sécurité de fonctionnement

Au cours de l'essai suivant, l'éprouvette risque de dégager des émanations inflammables et/ou toxiques. Les opérateurs doivent prendre les précautions appropriées pour éviter une éventuelle exposition à ces émanations.

26.8 Mode opératoire

26.8.1 Installer la chambre à fumée et effectuer l'ensemble des vérifications et étalonnages nécessaires, tels que spécifiés dans la CEI 60695-6-30, conformément aux instructions du fabricant.

26.8.2 Ouvrir les alimentations d'air et de propane du brûleur et allumer ce dernier. Un support d'éprouvette témoin étant positionné devant la flamme, ajuster les débits de gaz pour obtenir la hauteur de flamme correcte, telle que spécifiée en 26.3 b). Noter les réglages des rotamètres. Couper les gaz.

26.8.3 Nettoyer les fenêtres optiques de l'enceinte et enclencher le système de chauffage auxiliaire. Laisser l'appareillage se stabiliser, les événements ouverts, jusqu'à ce que la température des parois de l'enceinte atteigne $33\text{ °C} \pm 4\text{ K}$. Fermer l'événement d'admission.

26.8.4 Stabiliser la sortie à $2,5 \text{ W/cm}^2$ et fermer l'évent d'évacuation. Régler les niveaux zéro et 100 % de l'amplificateur et de l'enregistreur. Mettre en marche l'enregistreur, à une vitesse minimum de 10 mm/min.

26.8.5 Placer le support d'éprouvette contenant le matériau soumis à essai dans la position prévue, c'est-à-dire devant le four, et marquer ce point, sur l'enregistreur, comme le point de départ de l'essai. Lancer simultanément le dispositif de mesure du temps.

26.8.6 Ouvrir l'alimentation de gaz ($300 \text{ }^{+10}_0 \text{ l/s}$) après le démarrage de l'essai et régler immédiatement son débit à la valeur préalablement notée en 26.8.2.

26.8.7 Exposer le matériau simultanément à la sortie du four et du brûleur pendant $15 \text{ min} \pm 15 \text{ s}$ supplémentaires. Enregistrer de façon continue le pourcentage de transmission lumineuse et observer les caractéristiques de combustion du matériau pendant toute cette période. Si l'éprouvette présente un comportement au feu inhabituel tel qu'un délaminage, un fléchissement, une rétractation, une fusion ou un affaissement, le noter dans le rapport d'essai, en indiquant le moment où ce comportement a été observé. Si la transmission lumineuse tombe en dessous de 0,01 %, couvrir la fenêtre d'observation de la porte de l'enceinte et retirer le filtre d'extension de plage de la trajectoire de la lumière.

26.8.8 Sans ouvrir l'enceinte, fermer l'alimentation des gaz du brûleur et déplacer le support d'éprouvette, pour qu'il ne soit plus devant le four, à l'aide du bras atténuateur. Maintenir le courant du four et de l'enregistreur. Évacuer l'enceinte conformément aux instructions du fabricant. Continuer à enregistrer le pourcentage de transmission lumineuse et le temps écoulé jusqu'à l'obtention d'une valeur constante. Il s'agit de la valeur du faisceau clair, T_c .

26.8.9 Pendant toute la durée de l'essai, régler la plage du système amplificateur du photodétecteur pour maintenir le niveau des valeurs enregistrées pour un pourcentage de transmission lumineuse d'au moins 10 % de la valeur de pleine échelle.

26.8.10 À la fin de l'essai, s'assurer de la propreté de l'intérieur de l'enceinte, des appareils auxiliaires et de l'ossature portante.

26.8.11 Répéter l'essai sur deux autres éprouvettes.

26.9 Calcul des résultats

26.9.1 En raison de la formation progressive de dépôts sur la fenêtre optique pendant l'essai, les valeurs de transmittance enregistrées sont diminuées artificiellement. Par conséquent, il peut s'avérer nécessaire d'appliquer une correction aux valeurs enregistrées avant de procéder au calcul de l'indice de fumée. Pour ce faire, effectuer un nouveau tracé de la relation valeur de transmittance/durée, conformément aux indications en 26.9.2.

26.9.2 Correction des valeurs de transmittance

26.9.2.1 À l'aide de la trace obtenue sur l'enregistreur, identifier les valeurs T_c et $T_{\min}$ suivantes.

où

T_c est la transmittance en faisceau clair à la fin de l'essai;

$T_{\min}$ est la transmittance minimale obtenue pendant l'essai.

26.9.2.2 Convertir T_c et $T_{\min}$ aux densités optiques spécifiques équivalentes D_{sc} et D_{smax}

où

D_{sc} est la densité optique spécifique pour la transmittance en faisceau clair, et

D_{smax} est la densité optique spécifique pour la transmittance minimale.

La conversion du pourcentage de transmittance de la densité optique spécifique de l'enceinte est donnée par

$$\text{densité optique spécifique } (D_s) = F \times \log_{10} \frac{100}{T}$$

où

D_s est la densité optique spécifique de l'enceinte;

T est le pourcentage de transmittance;

F est le facteur de l'enceinte = 132.

Le facteur de l'enceinte est donné par $V/(A \cdot L)$, où V est le volume de l'enceinte; A est la surface exposée de l'éprouvette, et L est la longueur de la trajectoire de la lumière.

26.9.2.3 Si D_{sc} est égal à 3 % ou moins de D_{smax} , aucune correction supplémentaire de la trace enregistrée n'est requise.

26.9.2.4 Soustraire D_{sc} de D_{smax} pour obtenir la densité spécifique maximale corrigée $D_{smax c}$. Convertir $D_{smax c}$ au pourcentage de transmittance et tracer cette valeur sur le diagramme enregistré en tant que valeur de transmittance minimale corrigée dans le même intervalle de temps, c'est-à-dire $T_{min c}$.

26.9.2.5 Si D_{sc} est supérieure à 3 % de D_{smax} et si $T_{min c}$ est inférieur à 70 %, effectuer un nouveau tracé de la trace de l'enregistreur, comme suit:

Convertir le pourcentage de transmittance à la densité optique spécifique indiquée en 26.9.2.2 et corriger cette valeur en utilisant le facteur de correction ci-après. Reconvertir cette valeur au pourcentage de transmittance. Tracer une nouvelle courbe de transmittance par rapport au moment correspondant aux valeurs corrigées du pourcentage de transmittance, tracées dans le même intervalle de temps que les valeurs initiales non corrigées:

$$D_c = D_s - \frac{D_{sc} \times D_s}{D_{smax}}$$

où

D_s est la valeur non corrigée de la densité optique spécifique;

D_c est la valeur corrigée de la densité optique spécifique;

D_{sc} et D_{smax} sont tels que définis en 26.9.2.2.

26.9.2.6 Par exemple, pour obtenir la densité optique spécifique corrigée à une transmittance de 70 % (où $D_s = 20$):

$$D_{sT70} = D_{20c} = \frac{D_{sc} \times 20}{D_{smax}}$$

De la même façon, les valeurs corrigées pour la densité optique corrigée à une transmittance de 40 % (D_{sT40}) et de 10 % (D_{sT10}) peuvent être calculées.

26.9.2.7 Convertir les valeurs corrigées pour la densité optique spécifique, obtenues en utilisant le pourcentage de transmittance en 26.9.2.6. Tracer une nouvelle courbe de transmittance par

rapport au moment correspondant aux valeurs corrigées, tracées dans le même intervalle de temps que les valeurs initiales non corrigées.

Lire à partir du diagramme les durées corrigées (en minutes) à partir du début de l'essai jusqu'à l'obtention d'une valeur de transmittance de 70 %, 40 % et 10 %.

26.9.3 Calcul de l'indice de fumée

26.9.3.1 Lorsque la valeur de transmittance minimale corrigée n'est pas inférieure à 70 %, calculer l'indice de fumée à partir de la courbe pertinente, comme suit:

$$\text{Indice de fumée} = \frac{D_{sTmin(c)}}{t_{min}}$$

où

$D_{sTmin(c)}$ est la densité optique spécifique correspondant à la valeur de transmittance de lumière minimale de la courbe corrigée;

t_{min} est la durée en minutes jusqu'à laquelle la valeur de transmittance de lumière minimale est enregistrée.

26.9.3.2 Lorsque la valeur de transmittance minimale corrigée est inférieure à 70 %, calculer l'indice de fumée à partir de la courbe pertinente, comme suit:-

$$\text{indice de fumée} = \frac{D_{sT(70)}}{t_{(70)}} + \frac{D_{sT(40)}}{t_{(40)}} + \frac{D_{sT(10)}}{t_{(10)}} + \frac{D_{sTmin(c)}(X - T_{min})}{t_{min}(X - Y)}$$

où

$D_{sT(70)}$ est la densité optique spécifique correspondant à une transmittance de lumière de 70 % (20.0);

$D_{sT(40)}$ est la densité optique spécifique correspondant à une transmittance de lumière de 40 % (51.9);

$D_{sT(10)}$ est la densité optique spécifique correspondant à une transmittance de lumière de 10 % (130.5);

$t_{(70)}$ est la durée corrigée, en minutes, à partir du début de l'essai, jusqu'à l'obtention d'une transmittance de lumière de 70 %;

$t_{(40)}$ est la durée corrigée, en minutes, à partir du début de l'essai, jusqu'à l'obtention d'une transmittance de lumière de 40 %;

$t_{(10)}$ est la durée corrigée, en minutes, à partir du début de l'essai, jusqu'à l'obtention d'une transmittance de lumière de 10 %;

t_{min} est la durée corrigée, en minutes, à partir du début de l'essai, jusqu'à la transmittance de lumière minimale;

X est la valeur de transmittance de référence la plus basse atteinte pendant l'essai, c'est-à-dire 70 %, 40 % ou 10 %;

Y est la valeur de référence la plus basse suivante atteinte pendant l'essai, c'est-à-dire 40 %, 10 % ou 0 %;

26.10 Résultats

26.10.1 Consigner la valeur de chaque mesure d'indice de fumée obtenue lors des essais réitérés (au moins trois essais), à la première décimale; le résultat est la valeur centrale, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 62329-3.

26.10.2 Consigner également une description du comportement au feu (voir en 26.8.7), en tant que résultat.

26.10.3 La déclaration suivante doit être ajoutée au rapport.

Ce résultat d'essai seul n'évalue pas le risque d'inflammabilité du matériau ou d'un produit fabriqué dans ce matériau dans des situations d'incendie réelles. Par conséquent, les résultats de cet essai seuls ne doivent pas être mentionnés dans les documents qui appuient les réclamations relatives au risque d'inflammabilité du matériau ou du produit dans des situations d'incendie réelles. Il convient d'utiliser ces résultats seuls uniquement pour la recherche et le développement, le contrôle de la qualité et la spécification du matériau.

27 Indice de toxicité

27.1 Définition

Pour les besoins du présent essai, les définitions suivantes s'appliquent:

Indice de toxicité: Totalisation numérique des facteurs de toxicité des gaz sélectionnés, produits par combustion complète du matériau dans l'air, dans les conditions spécifiées. Les facteurs de toxicité sont dérivés de la quantité calculée de chaque gaz produit lors de la combustion de 100 g du matériau dans 1 m³ d'air et de la concentration qui en résulte, exprimée comme un facteur de la concentration mortelle pour l'être humain pendant une durée d'exposition de 30 min (voir en 27.9). Un indice de 1 pour un volume donné entraînera le décès de la personne exposée en 30 min en moyenne.

27.2 Principe

Les données analytiques de certaines petites espèces gazeuses moléculaires produites par la combustion complète dans des conditions d'enflammement du matériau soumis à essai sont calculées mathématiquement, en utilisant comme base le niveau d'exposition (en parties par million) à chaque gaz entraînant le décès en 30 min, afin de déduire l'indice de toxicité combiné.

27.3 Appareillage

27.3.1 Dans la mesure du possible, toutes les surfaces et tous les éléments de l'équipement se trouvant dans l'enceinte d'essai doivent être constitués ou revêtus d'un matériau non métallique, si possible inerte aux gaz émis par le matériau pendant l'essai.

27.3.2 Enceinte d'essai

L'enceinte d'essai doit comprendre un caisson étanche d'un volume de 0,7 m² au minimum, recouvert d'un matériau plastique opaque et équipé d'une porte coulissante ou à charnières munie d'une fenêtre transparente en plastique.

Le matériau constituant l'enceinte ne doit pas réagir aux gaz émis pendant l'essai et doit maintenir son absorption à une valeur minimale.

NOTE Le polypropylène est considéré comme un revêtement adapté pour l'enceinte et une feuille de polycarbonate convient pour la fenêtre.

L'enceinte doit être munie d'un système d'extraction d'air forcée, fermable à la sortie de l'enceinte lorsque cela s'avère nécessaire pendant l'essai.

Un ventilateur de brassage doit être installé horizontalement et au centre, au niveau du toit, à l'intérieur de l'enceinte. Le ventilateur doit présenter un diamètre d'au moins 200 mm et doit comprendre six pales, montées axialement, tournant à un régime compris entre 1 200 r/min et 1 500 r/min. Un dispositif doit permettre de mettre le ventilateur sous et hors tension depuis l'extérieur de l'enceinte.

27.3.3 Brûleur

Le brûleur doit être de type Bunsen, fonctionnant au gaz naturel (méthane), et avoir un pouvoir calorifique supérieur d'environ 30 MJ/m³. Le brûleur doit être pourvu d'une alimentation en air, extérieure à l'enceinte, branchée au moyen d'un collier modifié permettant d'empêcher l'appauvrissement en oxygène et la réduction consécutive de la température de la flamme ou son extinction pendant la combustion de l'échantillon soumis à essai.

Le brûleur doit être capable de produire une flamme d'environ 100 mm de haut et ayant une température de 1 150 °C ± 50 K en son point le plus chaud.

NOTE Un brûleur Bunsen de 125 mm de haut, avec un calibre de tube de brûleur de 11 mm et un calibre de tubes d'arrivée de gaz et d'air de 5 mm est recommandé, lorsque des débits de gaz et d'air d'environ 10 l/min et de 15 l/min sont requis.

Un dispositif doit permettre d'allumer et d'éteindre le brûleur depuis l'extérieur de l'enceinte.

27.3.4 Support d'échantillon

Un support en forme d'anneau, découpé dans un matériau non combustible de 2 mm à 4 mm d'épaisseur, de (100 ± 1) mm de diamètre extérieur et de (75 ± 1) mm de diamètre intérieur, au-dessus duquel est étendu un treillis métallique, doit être fourni. Le treillis doit être constitué de fils résistants à la température, formant un treillis carré de 10 mm d'écartement.

27.3.5 Dispositif de mesure du temps

Un dispositif de mesure du temps doit pouvoir effectuer des mesures sur une durée allant jusqu'à 5 min, avec une précision de ± 1 s.

27.3.6 Prélèvement de gaz et équipement d'analyse

27.3.6.1 Prélèvement de gaz

Afin de réduire le plus possible les pertes de produits de combustion toxiques par absorption ou condensation préalables à la mesure, tous les circuits d'échantillonnage doivent être aussi courts que possible.

Les orifices pour prise d'échantillon équipant l'enceinte ne doivent pas nuire à l'étanchéité à l'air de l'enceinte.

27.3.6.2 Équipement d'analyse

L'équipement utilisé pour l'analyse des gaz issus de la combustion de l'échantillon pour essai doit permettre une identification et une mesure rapides de ces gaz, dont le détail est donné en 27.9.

L'utilisation de tubes de réaction de gaz colorimétriques est acceptée. Si de tels tubes sont utilisés, ils doivent être placés à l'intérieur de l'enceinte.

27.3.6.3 Éprouvettes

Dans une feuille échantillon normalisée destinée aux essais, découper l'éprouvette de sorte que sa taille et ses dimensions permettent à l'échantillon d'être entièrement recouvert par la flamme pendant la durée de l'essai. La masse de l'éprouvette doit être choisie pour fournir une précision

d'analyse optimale, fondée sur la nature des produits de combustion et la sensibilité du mode opératoire d'analyse.

Préparer un nombre suffisant d'éprouvettes pour obtenir trois combustions complètes.

27.4 Conditionnement

Avant de monter les éprouvettes dans leur support, conditionner les bandes à une température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et à une humidité relative de $(50 \pm 5)\%$ pendant au moins 24 h.

27.5 Sécurité de fonctionnement

Au cours de l'essai suivant, l'éprouvette risque de produire des émanations inflammables et/ou toxiques. Les opérateurs doivent prendre les précautions adéquates pour éviter une exposition à ces émanations.

27.6 Mode opératoire d'essai

27.6.1 Détermination du facteur de correction de contexte

27.6.1.1 Placer le brûleur au centre du plancher de l'enceinte d'essai. Fermer l'enceinte et l'ensemble des événements d'admission et d'échappement de l'enceinte. Allumer le brûleur et régler les débits de gaz et d'air pour obtenir l'état de flamme décrit en 27.3.3. Enregistrer ou contrôler par un autre moyen ces niveaux de débit de référence de sorte à pouvoir rétablir l'état de flamme aussi rapidement que possible lorsque cela est nécessaire pendant l'essai. Éteindre le brûleur et aérer l'enceinte.

27.6.1.2 Après avoir attendu un temps suffisant pour la dispersion des émanations produites pendant le réglage des débits de gaz et d'air de référence, préparer l'enceinte pour l'analyse du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et des oxydes d'azote. Fermer tous les orifices pour prise d'échantillon autres que ceux nécessaires pour l'analyse de ces gaz. Lorsque la méthode d'analyse implique l'utilisation de tubes colorimétriques, ces derniers doivent être placés en position à l'intérieur de l'enceinte.

27.6.1.3 Fermer l'enceinte. Allumer le brûleur et lancer simultanément le dispositif de mesure du temps. Maintenir l'état de la flamme au niveau de débit de gaz et d'air de référence pendant $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$. Éteindre la flamme et démarrer le ventilateur de brassage. Après $(30 \pm 1)\text{ s}$, arrêter le ventilateur et prélever un échantillon d'atmosphère dans l'enceinte et déterminer la teneur en monoxyde de carbone, dioxyde de carbone et oxydes d'azote.

27.6.1.4 Forcer l'extraction de toutes les émanations de l'enceinte ouverte à l'air libre pendant une période de 3 min. Répéter le mode opératoire de 27.6.1.2 à 27.6.1.3, en maintenant cependant les conditions de combustion pendant $2\text{ min} \pm 1\text{ s}$ et $3\text{ min} \pm 1\text{ s}$ dans des déterminations séparées.

27.6.1.5 Tracer des courbes de teneur en monoxyde de carbone, dioxyde de carbone et oxydes d'azote par rapport au temps de combustion, pour montrer la vitesse d'accumulation des gaz due au brûleur seul. L'instant zéro se situe au niveau de 0,03 % pour le dioxyde de carbone et de 0 % pour le monoxyde de carbone et les oxydes d'azote.

27.6.2 Détermination des gaz émis

27.6.2.1 Afin d'éliminer l'analyse non nécessaire des gaz qui ne sont pas produits pendant la combustion du matériau soumis à essai, une analyse élémentaire qualitative préliminaire peut être effectuée. Lorsque l'absence d'halogènes dans le matériau peut être montrée, l'analyse quantitative des gaz contenant des halogènes peut être ignorée. De la même façon, lorsque l'absence d'azote est montrée, une analyse quantitative des gaz contenant de l'azote n'est pas nécessaire, et ainsi de suite.

27.6.2.2 S'assurer que l'enceinte ne contient aucune émission de gaz en forçant l'aération, pendant au moins 3 min, de l'enceinte ouverte au libre passage de l'air.

27.6.2.3 Peser l'éprouvette au milligramme près et la placer sur le support d'éprouvette au centre de l'enceinte à une hauteur en surplomb du brûleur telle que l'éprouvette soit entourée par la flamme et soumise à une température de flamme de $1\,150\text{ °C} \pm 50\text{ K}$. Dans le cas des essais effectués sur des matériaux susceptibles de fondre et s'écouler goutte à goutte, une fine couche de laine de verre doit être placée sur le support du treillis pour éviter la perte de l'échantillon pendant la combustion.

27.6.2.4 Préparer l'enceinte pour l'analyse des produits de combustion. Fermer tous les orifices pour prise d'échantillon autres que ceux nécessaires pour l'analyse. Lorsque la méthode d'analyse implique l'utilisation de tubes colorimétriques, ces derniers doivent être placés en position à l'intérieur de l'enceinte.

27.6.2.5 Fermer l'enceinte et l'ensemble des événements d'admission et d'échappement. Allumer le brûleur et lancer simultanément le dispositif de mesure du temps. Maintenir l'état de la flamme aux débits de gaz et d'air de référence jusqu'à combustion complète de l'éprouvette. Enregistrer cette durée. Éteindre la flamme et démarrer le ventilateur de brassage. Après $(30 \pm 1)\text{ s}$, arrêter le ventilateur et commencer immédiatement à prélever un échantillon d'atmosphère dans l'enceinte et déterminer la teneur en gaz émis lors de la combustion de l'éprouvette.

En cas de présence supposée d'acides halogénés, leur teneur doit être déterminée en premier afin de réduire les pertes par absorption de condensation, susceptibles de se produire en raison du report de l'analyse.

27.6.2.6 Une fois l'analyse achevée, forcer l'extraction des résidus d'émanations, pendant au moins 3 min, de l'enceinte ouverte au libre passage de l'air.

27.6.2.7 Rechercher des signes de combustion incomplète dans les résidus de l'éprouvette. Si une partie de l'éprouvette reste ou semble rester incomplètement brûlée, l'essai doit être répété sur une autre éprouvette.

27.7 Calcul de l'indice de toxicité

27.7.1 Calculer la teneur de chacun des gaz émis C_0 lorsque 100 g de matériau sont entièrement brûlés, et le produit de combustion diffusé dans l'air dans un volume de 1 m^3 , à partir de l'équation suivante:

$$C_0 = \frac{C \times 100 \times V}{m} \text{ (parties par million, ppm)}$$

où

C est la teneur en gaz dans l'enceinte d'essai (ppm);

m est la masse de l'éprouvette (g);

V est le volume de l'enceinte d'essai (m^3).

Dans le cas du monoxyde de carbone, du dioxyde de carbone et des oxydes d'azote, les valeurs de C doivent être corrigées en soustrayant la valeur de la teneur de fond, obtenue à partir des tracés effectués pour le brûleur seul et la durée nécessaire à la combustion complète de l'éprouvette.

27.7.2 À l'aide des valeurs moyennes de C_0 pour chaque gaz émis par les éprouvettes en trois exemplaires, calculer l'indice de toxicité comme suit:

$$\text{indice de toxicité} = \frac{C1_0}{C_{f1}} + \frac{C2_0}{C_{f2}} + \frac{C3_0}{C_{f3}} + \frac{C4_0}{C_{f4}} + \dots + \frac{Cn_0}{C_{fn}}$$

où

$C1_0, C2_0, C3_0, C4_0, \dots, Cn_0$, représente la teneur calculée de chaque gaz produit à partir de 100 g de matériau (parties par million);

$C_{f1}, C_{f2}, C_{f3}, C_{f4}, \dots, C_{fn}$, est la teneur de chaque gaz (parties par million) considérée mortelle pour une personne dans une durée d'exposition de 30 min.

27.8 Constituants toxiques

L'analyse du produit de combustion de l'éprouvette doit inclure la détermination quantitative des gaz suivants.

Dioxyde de carbone	(CO ₂)	Dioxyde de soufre	(SO ₂)
Monoxyde de carbone	(CO)	Sulfure d'hydrogène	(H ₂ S)
Formaldéhyde	(HCOH)	Chlorure d'hydrogène	(HCl)
Oxydes d'azote	(NO et NO ₂)	Ammoniaque	(NH ₃)
Cyanure d'hydrogène	(HCN)	Fluorure d'hydrogène	(HF)
Acrylonitrile	(CH ₂ CHCN)	Bromure d'hydrogène	(HBr)
Phosgène	(COCl ₂)	Phénol	(C ₆ H ₅ OH)

NOTE La liste ci-dessus n'est pas prévue pour contenir tous les gaz pouvant être présents dans les produits de combustion, mais elle représente les gaz les plus fréquemment émis, dans des quantités pouvant servir de base à des données de toxicité.

27.9 Valeurs pour C_f

Dioxyde de carbone	100 000	Monoxyde de carbone	4 000
Sulfure d'hydrogène	750	Ammoniaque	750
Formaldéhyde	500	Chlorure d'hydrogène	500
Acrylonitrile	400	Dioxyde de soufre	400
Oxydes d'azote	250	Phénol	250
Cyanure d'hydrogène	150	Bromure d'hydrogène	150
Fluorure d'hydrogène	100	Phosgène	25

27.10 Résultat et rapport

Le résultat est la valeur de l'indice de toxicité tel que défini dans la présente méthode. Le rapport doit au moins contenir les informations suivantes:

- la description complète du matériau soumis à essai (le type, la nuance, etc.);
- l'indice de toxicité, tel que défini dans la présente méthode;
- la référence à la présente méthode d'essai;
- une liste des gaz identifiés pendant l'essai;
- la déclaration suivante:

Ce résultat d'essai seul n'évalue pas le risque d'inflammabilité du matériau ou d'un produit fabriqué dans ce matériau dans des situations d'incendie réelles. Par conséquent, le résultat de cet essai seul ne doit pas être mentionné dans les documents qui appuient les réclamations relatives au risque d'inflammabilité du matériau ou du produit dans des situations d'incendie réelles. Il convient d'utiliser ce résultat seul uniquement pour la recherche et le développement, le contrôle de la qualité et les spécifications du matériau.

28 Teneur en halogène

28.1 Méthode de détermination des faibles niveaux de chlore et/ou de brome et/ou d'iode

28.1.1 Principe

La méthode dépend de l'extraction de l'halogène par la technique de la bouteille à oxygène et de l'estimation de la teneur présente par la procédure colorimétrique. Le chlorure/le bromure/l'iode est mis en réaction avec du thiocyanate mercurique pour libérer les ions thiocyanate qui réagissent au sulfate ferrique ammoniacal, en produisant la couleur caractéristique du thiocyanate ferrique. Le pourcentage d'halogène est exprimé en chlore.

28.1.1.1 Appareillage

- a) Bouteille à oxygène
- b) Pipettes
- c) Fioles jaugées
- d) Spectrophotomètre ultraviolet/visible

28.1.1.2 Réactifs

- a) Solution alcoolique de thiocyanate mercurique ($\text{Hg}(\text{SCN})_2$): (0,3 g dans 100 ml d'alcool dénaturé industriel).
- b) Solution de sulfate ferrique ammoniacal ($\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12 \text{H}_2\text{O}$): (6,0 g dans 100 ml d'acide nitrique 6 molaire).
- c) Solution d'hydroxyde de sodium 1 molaire.
- d) Peroxyde d'hydrogène (30 %).
- e) Solutions étalons de chlorure / bromure / iodure: (1, 2, 5, 7, 10 $\mu\text{g/ml}$).

28.1.2 Mode opératoire

Un échantillon de 30 mg de matériau est brûlé dans une bouteille à oxygène de 1 l avec 5 ml d'hydroxyde de sodium molaire et trois gouttes de peroxyde d'hydrogène comme solution absorbante. Une fois que le brouillard s'est déposé et que la fiole est froide, la fiole est débouchée et son contenu est amené à ébullition pour détruire les résidus de peroxyde d'hydrogène. Le contenu de la fiole est transféré quantitativement dans une fiole jaugée de 25 ml en utilisant de petites quantités d'eau distillée. 4 ml du sulfate ferrique ammoniacal et 2 ml de la solution de thiocyanate mercurique sont ajoutés dans la fiole à l'aide d'une pipette. Le contenu de la fiole est ensuite complété jusqu'au trait avec de l'eau distillée. La solution est mélangée et laissée au repos pendant 10 min pour que la couleur se développe.

Préparer une courbe d'étalonnage pour le chlore à l'aide de solutions étalons contenant 1, 2, 5, 7 et 10 $\mu\text{g/ml}$ dans une fiole jaugée de 25 ml et laisser développer la couleur comme décrit ci-dessus; préparer également un blanc réactif en utilisant de l'eau distillée à la place des solutions halogénées.

L'absorbance des solutions est mesurée à 470 nm avec un spectromètre adapté et la teneur en halogène obtenue à partir de la courbe d'étalonnage correspondante.

28.1.3 Avec cette méthode, il est possible de mesurer $\geq 0,014$ % d'halogène

28.2 Détermination de faibles niveaux de fluor

28.2.1 Principe

L'échantillon est brûlé dans une bouteille à oxygène et la solution obtenue est utilisée pour mesurer la teneur en fluor. Cette dernière peut être mesurée avec l'un des moyens suivants:

A – une électrode sélective au fluorure ou

B – par colorimétrie, par formation du complexe de bleu fluoré d'oligomère bleu rouge [1]²

28.2.1.1 Appareillage

a) Bouteille à oxygène

b) Pipettes

c) Fioles jaugées

NOTE Il convient que tous les appareillages utilisés dans la détermination du fluor soient constitués de polycarbonate ou de polypropylène, étant donné que les ions fluorure réagissent à la verrerie.

Pour la méthode A, une électrode sélective (au fluorure) avec un millivoltmètre adapté; pour la méthode B, un spectrophotomètre visible.

28.2.1.2 Réactifs

Méthode A: solution de remplissage d'électrode – solution tampon, telle que recommandée par le fabricant de l'électrode.

Méthode B: réactif au bleu fluoré d'alizarine – dissoudre 2,5 g de complexe de bleu fluoré d'alizarine dans 15 ml de 2-propanol, plus 35 ml d'eau. Filtrer avant utilisation.

Solution étalon de fluorure préparée à partir de fluorure de sodium.

Dodécanol.

Solution d'hydroxyde de sodium 0,5 molaire.

28.2.2 Mode opératoire

Placer un échantillon de matériau pesé avec précision (25 mg – 30 mg) dans une bouteille à oxygène d'1 l en utilisant 2 à 3 gouttes de dodécanol sur l'échantillon pour faciliter la combustion. Ajouter 5 ml de solution d'hydroxyde de sodium 0,5 M comme absorbant. Brûler l'échantillon et laisser le brouillard se déposer. Transférer le contenu de la fiole, en limitant le rinçage, dans une fiole jaugée de 50 ml et procéder à la méthode A ou B.

28.2.2.1 Méthode A – Méthode de l'électrode sélective au fluorure

Ajouter 5 ml du réactif tampon recommandé et les solutions de rinçage à la solution échantillon, puis compléter jusqu'à la marque. Construire une courbe d'étalonnage pour l'électrode sélective au fluorure conformément aux instructions du fabricant. Mesurer la teneur en fluorure dans la solution échantillon et calculer le pourcentage de fluorure dans l'échantillon.

² Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

28.2.2.2 Méthode B – Méthode du bleu fluoré d'alizarine

Ajouter 5 ml de réactif au bleu fluoré d'alizarine et les solutions de rinçage à la solution échantillon, puis compléter jusqu'à la marque. Laisser au repos pour permettre le développement de la couleur. Mesurer l'absorbance de la solution à 630 nm en utilisant une cellule d'1 cm avec de l'eau comme blanc.

Construire une courbe d'étalonnage en diluant de manière adaptée la solution étalon de fluorure pour donner des concentrations de 0 µg/ml à 2 µg/ml. Mesurer également l'absorbance d'un blanc réactif en utilisant uniquement du réactif et de l'eau. Calculer la teneur en fluor dans l'échantillon.

28.2.3 Avec cette méthode, l'identification de niveaux de fluor de valeurs supérieures à 0,02 % est considérée comme possible.

28.3 Afin de déterminer la teneur totale en halogènes dans le matériau soumis à essai, les méthodes décrites en 28.1 et 28.2 doivent être utilisées.

29 Génération de gaz acide

29.1 Les essais doivent être effectués conformément à la méthode spécifiée dans la CEI 60754-1.

29.2 Les essais doivent être effectués conformément à la méthode spécifiée dans la CEI 60754-2.

30 Résistance à la formation de moisissures

Essai conforme à l'ISO 846. Utiliser une feuille normalisée telle que spécifiée en 4.1 et découper des haltères après exposition. Le temps d'exposition et la variante d'essai doivent être tels que spécifié dans la CEI 62329-3.

31 Compatibilité

31.1 Cisaillement dynamique à température ambiante

31.1.1 Principe

Cet essai est conçu pour évaluer, dans des conditions de cisaillement, la résistance des profilés thermorétractables liés aux câbles entourés de gaines thermorétractables.

31.1.2 Appareillage

Machine de traction

Étuve (pour les essais à température élevée)

31.1.3 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à la Figure 3 pour chaque température d'essai.

31.1.4 Mode opératoire

Insérer verticalement chaque éprouvette dans la machine de traction en vissant fermement l'adaptateur sur un élément de fixation de mâchoire adapté, comme illustré dans la Figure 5. Fixer ensuite le câble dans les mâchoires supérieures, de sorte que la distance entre l'extrémité du profilé et la mâchoire supérieure soit d'au moins 150 mm.

La vitesse de séparation des mâchoires doit être de (50 ± 5) mm/min.

Consigner la charge de rupture maximale pour chaque éprouvette.

31.1.5 Rapport

Consigner toutes les charges de rupture maximales.

31.1.6 Résultat

Le résultat doit être la moyenne des trois charges de rupture maximales.

31.1.7 Cisaillement dynamique à température élevée

Les éprouvettes doivent être préconditionnées à la température spécifiée dans la CEI 62329-3 dans une enceinte adaptée, comme illustré dans la Figure 6, pendant au moins 60 min, puis soumises à essai à cette température, conformément à 31.1.4.

31.2 Charge statique

31.2.1 Principe

Cet essai est conçu pour évaluer, dans des conditions de contrainte, la résistance des profilés thermorétractables liés aux câbles entourés de gaines thermorétractables.

31.2.2 Appareillage

Montage pour essai de charge statique (voir Figure 7).

Étuve (modifiée spécialement, comme illustré dans la Figure 7).

Masses

31.2.3 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à la Figure 3 pour chaque température d'essai.

La longueur de câble dépassant le profilé thermorétractable doit être suffisante pour garantir une distance minimale de 150 mm entre l'extrémité du profilé correspondant à la sortie du câble et la pince de préhension.

31.2.4 Mode opératoire

Chaque éprouvette doit être fixée dans l'étuve pour essai de charge statique (Figure 7) et conditionnée pendant au moins 60 min à la température spécifiée, sans que la charge ne soit appliquée.

Après cette période de conditionnement, la charge doit être appliquée avec précaution et maintenue pendant $4 \text{ h} \pm 5 \text{ min}$. À la fin de cette période, retirer la charge, sortir l'éprouvette de l'étuve et laisser refroidir à température ambiante. Tout mouvement du câble en dehors du profilé doit être mesuré au millimètre près.

Ensuite, soumettre à essai les éprouvettes, conformément à 31.1.4.

31.2.5 Rapport

Consigner toutes les valeurs de mouvement de câble mesurées et les charges de rupture maximales.

31.2.6 Résultat

Le résultat est le mouvement maximal mesuré parmi les trois éprouvettes et la moyenne des trois charges de rupture maximales.

31.3 Résistance de fluide

31.3.1 Principe

Cet essai est conçu pour évaluer la résistance des profilés thermorétractables liés aux câbles entourés de gaines thermorétractables, après leur exposition aux combustibles, huiles et liquides de nettoyage.

31.3.2 Appareillage

Récipients en verre, fioles et réfrigérant

Étuves

Bain-marie

Machine de traction

31.3.3 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à la Figure 3 pour chaque fluide d'essai. L'adaptateur doit être obturé par un couvercle nu adapté pour empêcher la pénétration de fluides (le couvercle est ensuite retiré pendant la période de conditionnement et pour l'essai de contrainte dynamique).

31.3.4 Modes opératoires

Chaque éprouvette est immergée dans le fluide correspondant pendant la durée et à la température spécifiées dans la CEI 62329-3, l'extrémité du câble se trouvant en dehors du fluide.

Les éprouvettes doivent être retirées des fluides et conditionnées pendant $(24 \pm 0,25)$ h à température ambiante. Après la période de conditionnement, les éprouvettes doivent être essuyées pour retirer tout reste de fluide de la surface, puis soumises à l'essai de cisaillement dynamique conformément à 31.1.4.

31.3.5 Rapport

Consigner toutes les charges de rupture maximales.

31.3.6 Résultat

Le résultat doit être la moyenne des trois charges de rupture maximales.

31.4 Vieillissement thermique

31.4.1 Principe

Cet essai est conçu pour évaluer, à température élevée, la résistance des profilés thermorétractables liés aux câbles entourés de gaines thermorétractables.

31.4.2 Appareillage

Machine de traction

Étuve

31.4.3 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à la Figure 3.

31.4.4 Mode opératoire

Les éprouvettes doivent être placées dans l'étuve pendant la durée et à la température spécifiées dans la CEI 62329-3.

Les éprouvettes doivent être retirées de l'étuve et refroidies jusqu'à la température ambiante avant de procéder à l'essai de cisaillement dynamique conformément à 31.1.4.

31.4.5 Rapport

Consigner toutes les valeurs de charges de rupture maximales.

31.4.6 Résultat

Le résultat doit être la moyenne des trois charges de rupture maximales.

31.5 Essai d'adhérence

31.5.1 Principe

Cet essai est conçu pour évaluer l'adhérence entre les profilés thermorétractables et les câbles entourés de gaines thermorétractables et les adaptateurs en aluminium.

31.5.2 Appareillage

Machine de traction

Montage rotatif pour essai d'adhérence

31.5.3 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à la Figure 3, à l'exception de bandes étroites de ruban cache qui doivent être insérées, comme indiqué dans la Figure 8.

31.5.4 Mode opératoire

Retirer le câblage intérieur du câble.

Pour l'essai d'adhérence du câble, découper la section parallèle indiquée dans la Figure 8. Pour l'essai d'adhérence de l'adaptateur, découper également la section indiquée dans la Figure 8.

Découper le profilé thermorétractable parallèlement à un bord du ruban cache et le ramener vers l'arrière depuis la zone qui recouvre le ruban cache, afin d'en faire un rabat.

La Figure 9 illustre le montage d'essai pour l'adhérence du câble entouré de gaine thermorétractable au profilé et la Figure 10 montre le montage d'essai pour l'adhérence de l'adaptateur en aluminium au profilé.

Fixer le montage à bobine à la mâchoire inférieure de la machine de traction et faire glisser l'éprouvette sur la bobine. Fixer le rabat du profilé dans la mâchoire supérieure du dynamomètre. Mesurer la largeur du profilé thermorétractable soumise à l'essai d'adhérence.

La vitesse de séparation des mâchoires doit être de 50 mm/min.

Consigner la force d'adhérence tout au long de l'essai d'adhérence.

31.5.5 Calcul

En ignorant les premier et dernier 10 % des surfaces soumises à l'essai d'adhérence, relever la force d'adhérence des autres surfaces, à cinq distances égales. Effectuer la moyenne de ces cinq valeurs et les consigner comme la force d'adhérence.

Calculer la résistance à l'arrachement à l'aide de la formule suivante.

$$\text{Résistance à l'arrachement (N/25 mm)} = \frac{\text{Force d'adhérence (N)} \times 25}{\text{Largeur d'éprouvette (mm)}}$$

31.5.6 Rapport

Consigner toutes les valeurs de résistance à l'arrachement.

31.5.7 Résultat

Le résultat est la moyenne des trois résistances à l'arrachement pour le câble et la moyenne des trois résistances à l'arrachement pour l'adaptateur.

31.6 Simulation d'altitude par immersion

31.6.1 Principe

Cet essai est conçu pour évaluer la performance des profilés thermorétractables liés aux gaines thermorétractables lorsque ceux-ci sont soumis à une pression réduite destinée à simuler un environnement d'altitude élevée.

31.6.2 Appareillage

Enceinte à vide

Bain-marie

Agent mouillant anionique (par exemple P-D-410)

Chlorure de sodium

Testeur de résistance d'isolement 500 V c.c.

31.6.3 Nombre et forme des éprouvettes

Trois éprouvettes doivent être préparées conformément à la Figure 3, à l'exception de tous les câblages intérieurs du câble qui doivent être dénudés aux extrémités, de sorte que les conducteurs soient exposés. Ces derniers doivent être torsadés ensemble pour former deux faisceaux à chaque extrémité, en s'assurant que les mêmes câbles sont torsadés ensemble à chaque extrémité et que les faisceaux ne se touchent pas à chaque extrémité. De même, l'extrémité de l'adaptateur doit être obturée par une fiche solide.

31.6.4 Mode opératoire

L'éprouvette obturée doit être immergée dans le bain-marie contenant 0,5 % d'agent mouillant anionique (par exemple P-D-410) et 5,0 % de chlorure de sodium. L'extrémité obturée doit se situer à au moins $100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ sous la surface de la solution aqueuse.

L'éprouvette immergée et le bain-marie doivent ensuite être placés dans une enceinte à vide. La pression de l'enceinte doit être réduite à 35 mbar et maintenue pendant 30 min.

Remettre l'enceinte à la pression ambiante pour terminer un cycle. Deux cycles supplémentaires doivent être effectués.

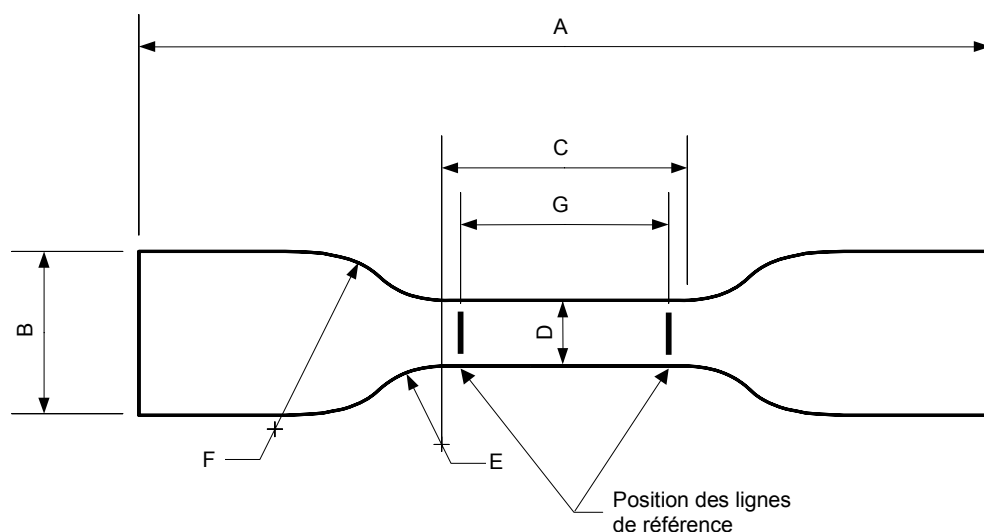
À la fin des trois cycles, l'éprouvette doit être retirée de l'enceinte à vide, et, alors qu'elle est toujours immergée dans la solution, la résistance d'isolement doit être mesurée entre les deux faisceaux de câbles après une électrisation d'au moins 1 min.

31.6.5 Rapport

Consigner toutes les valeurs de résistance d'isolement.

31.6.6 Résultat

Le résultat est la moyenne des trois valeurs de résistance d'isolement.



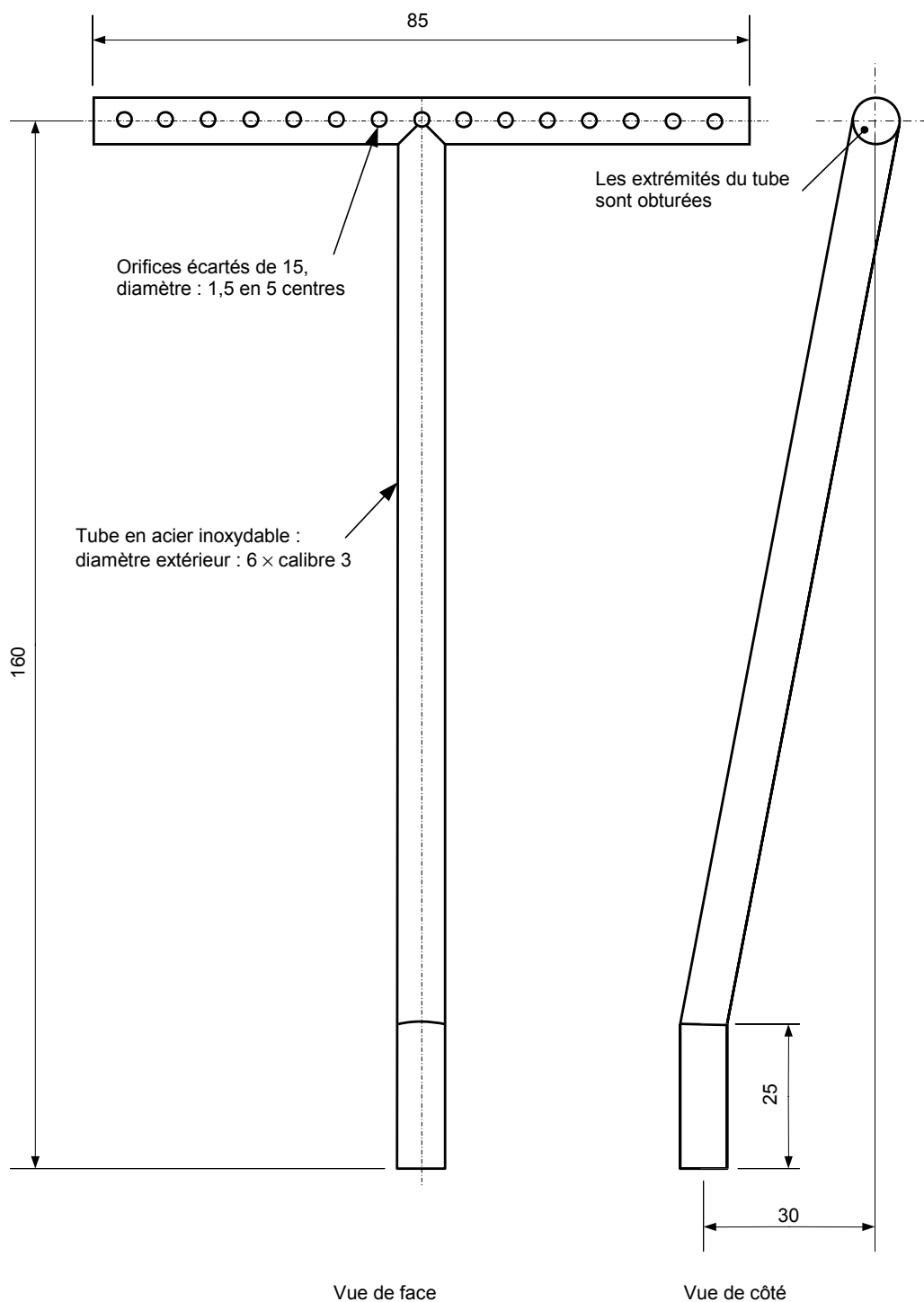
A longueur totale, minimale	75 mm
B largeur aux extrémités	$(12,5 \pm 1,0) \text{ mm}$
C longueur des parties étroites parallèles	$(25 \pm 1) \text{ mm}$
D largeur des parties étroites parallèles	$(4,0 \pm 0,1) \text{ mm}$
E petit rayon	$(8,0 \pm 0,5) \text{ mm}$
F grand rayon	$(12,5 \pm 1,0) \text{ mm}$
G distance entre les lignes de référence	20 mm maximum

Dans chacune des éprouvettes, l'épaisseur de la partie étroite ne doit dévier en aucun point de plus de 2 % depuis la moyenne.

IEC 1230/06

Figure 1 – Éprouvette en forme d'haltère pour l'essai de résistance à la traction

Toutes les dimensions en millimètres



Toutes les dimensions sont nominales.

IEC 1231/06

Figure 2 – Schéma du brûleur utilisé pour l'essai destiné à déterminer l'indice de fumée

Toutes les dimensions en millimètres

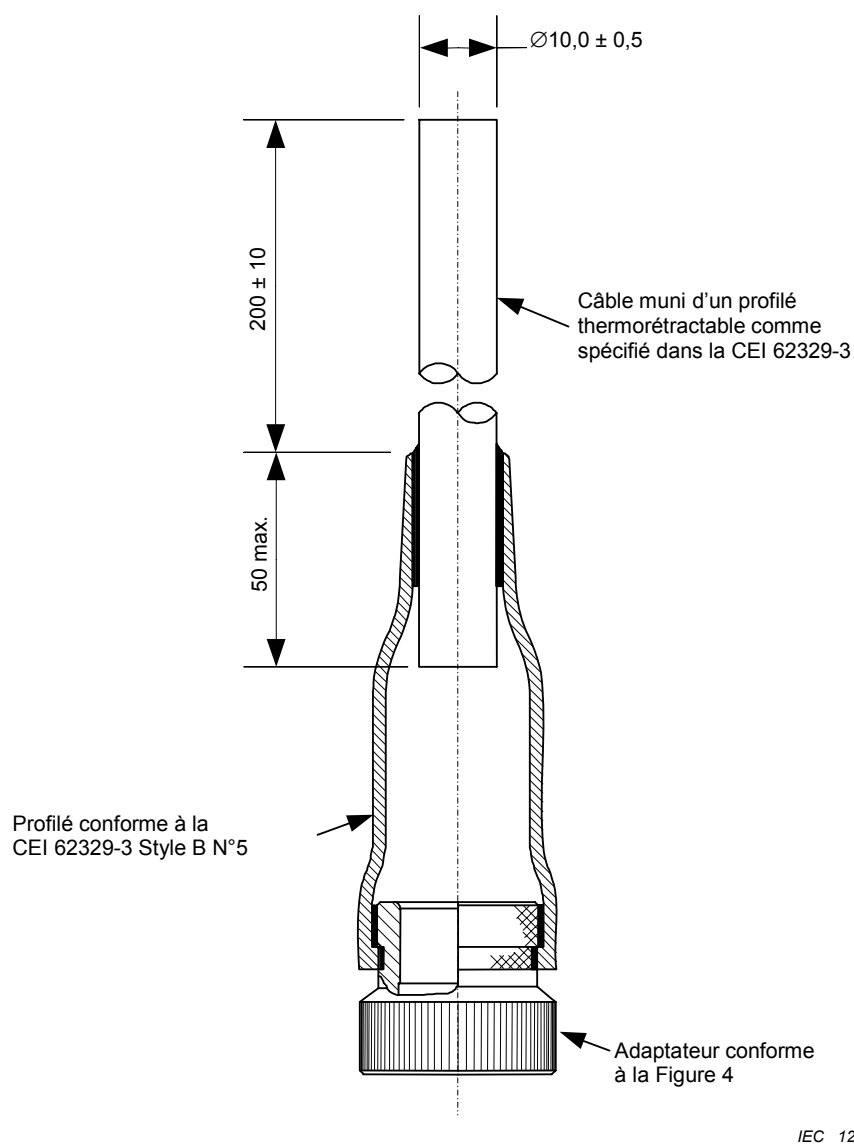


Figure 3 – Éprouvette pour essai de compatibilité

Toutes les dimensions en millimètres

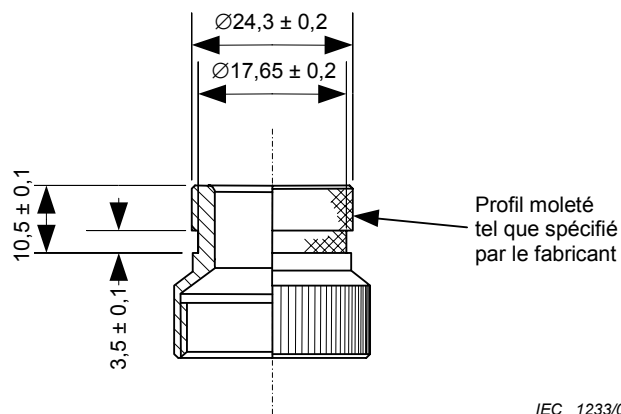
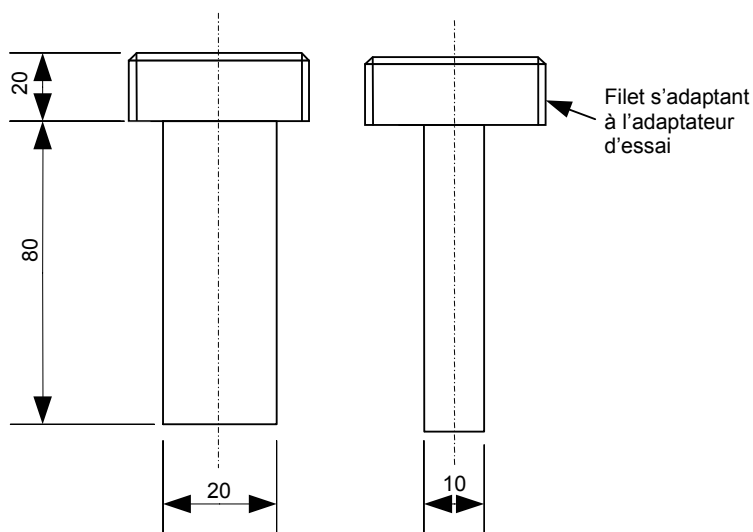


Figure 4 – Adaptateur d'essai en aluminium

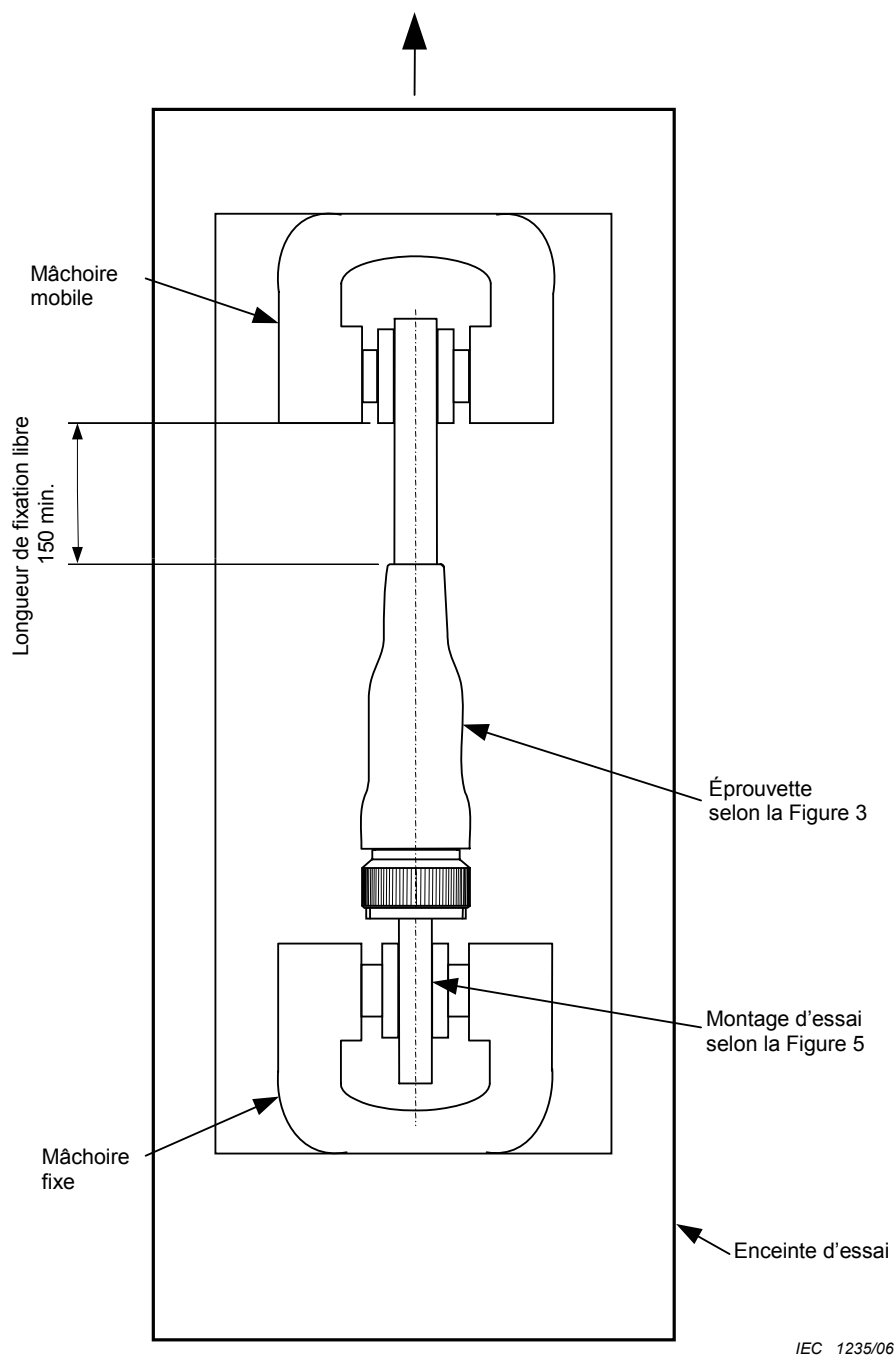
Toutes les dimensions en millimètres



Toutes les dimensions sont nominales.

IEC 1234/06

Figure 5 – Dispositif de fixation pour l'essai de traction de l'adaptateur

Toutes les dimensions en millimètres**Figure 6 – Montage d'essai pour cisaillement dynamique**

Toutes les dimensions en millimètres

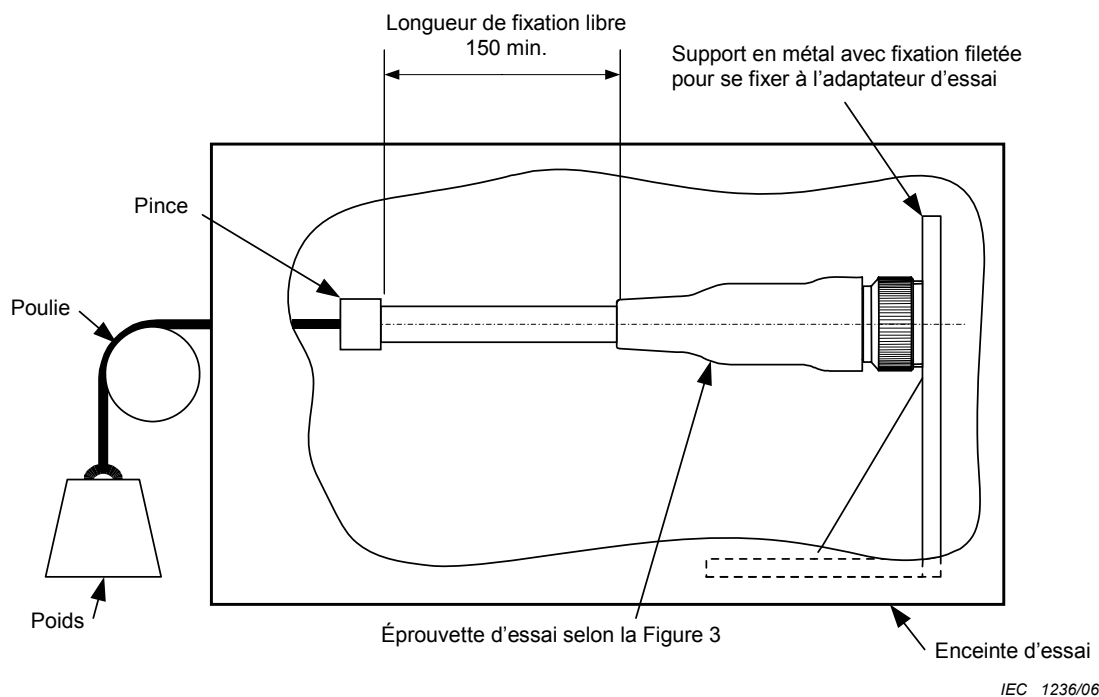


Figure 7 – Montage d'essai pour charge statique

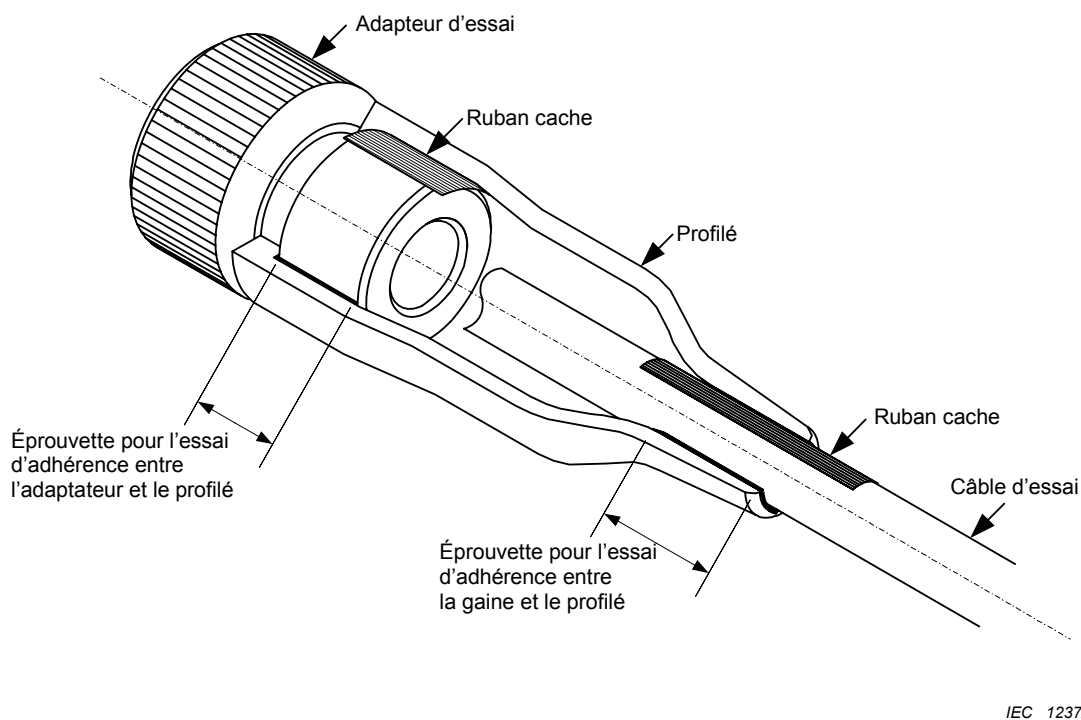
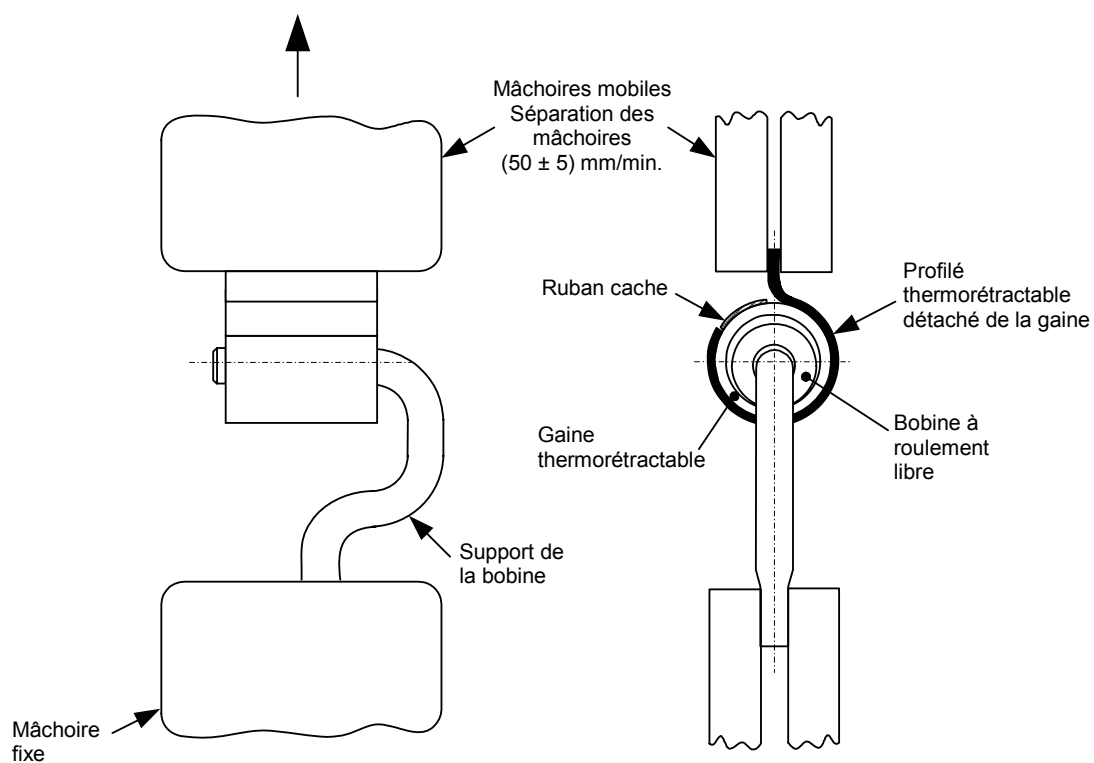
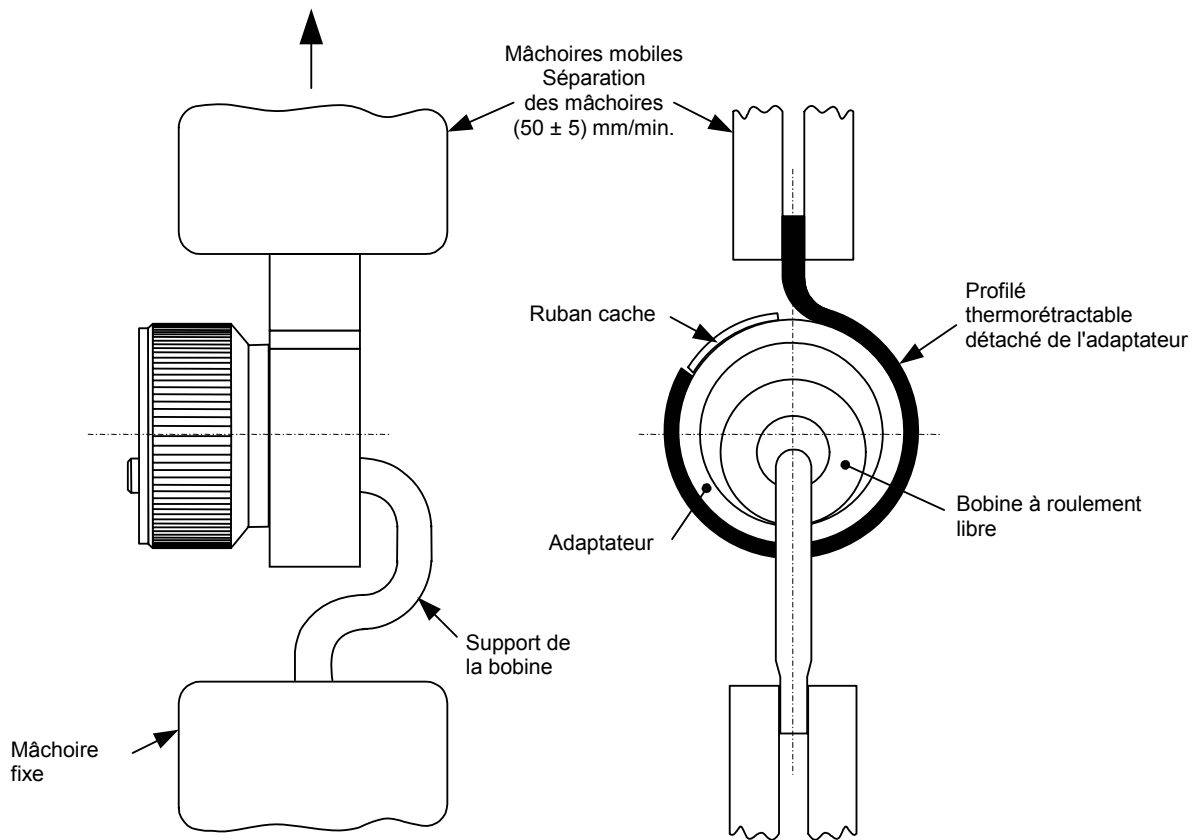


Figure 8 – Assemblage pour essai d'adhérence



IEC 1238/06

Figure 9 – Montage d'essai d'adhérence du câble entouré de gaine thermorétractable au profilé



IEC 1239/06

Figure 10 – Montage d'essai d'adhérence de l'adaptateur en aluminium au profilé

Bibliographie

[1] Hill & Walsh, *Anal. Chi. Acta*:1969, Volume 45, p. 431

CEI 62329-3, *Profilés thermorétractables – Partie 3: Exigences de spécification relatives aux dimensions des profilés, aux exigences de matériaux et à la compatibilité* ³

ISO 37:2005, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Détermination des caractéristiques de contrainte-déformation en traction*

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
www.iec.ch