

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Flexible insulating sleeving –
Part 2: Methods of test**

**Gaines isolantes souples –
Partie 2: Méthodes d'essai**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Flexible insulating sleeving –
Part 2: Methods of test**

**Gaines isolantes souples –
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

XC

ICS 17.220.99

ISBN 978-2-88912-618-7

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 General	8
2 Test conditions	10
3 Measurements of bore, wall thickness and concentricity	10
4 Density	12
5 Resistance to splitting after heating.....	13
6 Heat shock (resistance to heat).....	13
7 Resistance to soldering heat	14
8 Loss in mass on heating of uncoated textile glass sleeving	14
9 Longitudinal change	15
10 Deformation under load (resistance to pressure at elevated temperature)	16
11 Thermal stability of PVC sleeving	18
12 Volatile content of silicone sleeving	19
13 Bending after heating	19
14 Bending at low temperature	20
15 Brittleness temperature	20
16 Dimensional stability on storage (applicable to heat-shrinkable sleeving only).....	21
17 Hydrolysis of coating	21
18 Flexibility (extruded sleeving only).....	22
19 Tensile strength, tensile stress at 100 % elongation, elongation at break and secant modulus at 2 % elongation	22
20 Fraying resistance test.....	26
21 Breakdown voltage	27
22 Insulation resistance	29
23 Volume resistivity.....	30
24 Permittivity and dissipation factor	31
25 Resistance to tracking	32
26 Flame propagation tests.....	32
27 Oxygen index.....	35
28 Transparency.....	35
29 Ionic impurities test	35
30 Silver staining test	36
31 Electrolytic corrosion resistance	36
32 Corrosion resistance (tensile and elongation)	37
33 Copper corrosion (presence of corrosive volatiles)	37
34 Colour fastness to light	38
35 Resistance to ozone	39
36 Resistance to selected fluids.....	39
37 Thermal endurance	40
38 Mass per unit length	40
39 Heat ageing	41

40	Water absorption	42
41	Restricted shrinkage (applicable to heat-shrinkable sleeving only)	42
42	Colour stability to heat	43
43	Smoke index.....	43
44	Toxicity index.....	48
45	Halogen content.....	53
46	Acid gas generation	55
47	Hot elongation and hot set	55
48	Tension set (applicable to elastomeric sleeving only)	56
49	Tear propagation (applicable to elastomeric sleeving only)	56
50	Long term heat ageing (3 000 h).....	57
51	Dynamic shear at ambient temperature	57
52	Dynamic shear at elevated temperature	58
53	Dynamic shear after heat shock and heat ageing	58
54	Rolling drum peel to aluminium	59
55	Aluminium rod dynamic shear	59
56	Sealing	60
57	Adhesive T peel strength of two bonded heat-shrinkable substrates	61
58	Circumferential extension	62
59	Voltage proof	63
60	Thermal shock	63
	Bibliography	82
	Figure 1 – Specimen for test resistance to soldering heat	64
	Figure 2 – Examples of sleeving after being subjected to test for resistance to soldering heat	65
	Figure 3 – Arrangement for the test for resistance to pressure at elevated temperature (Method A)	65
	Figure 4 – Arrangement for deformation under load (Method B)	66
	Figure 5 – Dumb-bell specimen for tensile strength test (ISO 37 Type2)	67
	Figure 6 – Dumb-bell specimen for tensile strength test (ISO 37 Type 1)	67
	Figure 7 – Sketch of fray test arrangement	68
	Figure 8 – Specimen for insulation resistance test	69
	Figure 9 – Standard propane burner for flame propagation test (sectional view)	70
	Figure 10 – Flame propagation test – Method A.....	71
	Figure 11 – Flame propagation test – Method B.....	72
	Figure 12 – Flame propagation test – Method C.....	73
	Figure 13 – Mandrel for restricted shrinkage test	74
	Figure 14 – Schematic details of burner for smoke index test.....	75
	Figure 15 – Schematic front view of smoke test sample holder, showing vertically mounted sleeving samples	76
	Figure 16 – Assembly and fixture for dynamic shear at ambient temperature.....	77
	Figure 17 – Assembly for heat shock and heat ageing	78
	Figure 18 – Schematic arrangement of rolling drum peel.....	78

Figure 19 – Assembly preparation for aluminium rod dynamic shear	79
Figure 20 – Test specimen for aluminium rod dynamic shear	79
Figure 21 – Assembly for sealing test	80
Figure 22 – Mandrel assembly.....	80
Figure 23 – Slab specimen	81
Figure 24 – T peel strength specimen.....	81

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

FLEXIBLE INSULATING SLEEVING –**Part 2: Methods of test****FOREWORD**

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

International Standard IEC 60684-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Solid electrical insulating materials.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1997, and constitutes a minor revision and technical updating. The main changes from the previous edition are as follows: three additional methods for circumferential extension, voltage proof and thermal shock and alignment with North American methods.

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

FDIS	Report on voting
15/634/FDIS	15/644/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.

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

A list of all the parts in the IEC 60684 series, under the general title *Flexible insulating sleeving*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability 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.

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011

INTRODUCTION

This International Standard is one of a series which deals with flexible insulating sleeving. The series consists of three parts:

Part 1: Definitions and general requirements (IEC 60684-1)

Part 2: Methods of test (IEC 60684-2)

Part 3: Specifications for individual types of sleeving (IEC 60684-3)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011

FLEXIBLE INSULATING SLEEVING –

Part 2: Methods of test

1 General

1.1 Scope

This part of IEC 60684 gives methods of test for flexible insulating sleeving, including heat-shrinkable sleeving, intended primarily for insulating electrical conductors and connections of electrical apparatus, although they may be used for other purposes.

The tests specified are designed to control the quality of the sleeving but it is recognized that they do not completely establish the suitability of sleeving for impregnation or encapsulation processes or for 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.

1.2 Normative references

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

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

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

IEC 60212:2010, *Standard conditions for use prior to and during the testing of solid electrical insulating materials*

IEC 60216 (all parts), *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties*

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

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

IEC 60426:2007, *Electrical insulating materials – Determination of electrolytic corrosion caused by insulating materials – Test methods*

IEC 60587:2007, *Electrical insulating materials used under severe ambient conditions – Test methods for evaluating resistance to tracking and erosion*

IEC 60589:1977, *Methods of test for the determination of ionic impurities in electrical insulating materials by extraction with liquids*

IEC 60684-3 (all parts), *Flexible insulating sleeving – Part 3: Specifications for individual types of sleeving*

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/TS 60695-11-21, *Fire hazard testing - Part 11-21: Test flames - 500 W vertical flame test method for tubular polymeric materials*

IEC 60754-1:1994, *Tests 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 electric 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*
Amendment 1 (1997)

ISO 5-1:2009, *Photography and graphic technology – Density measurements – Part 1: Geometry and functional notation*

ISO 5-2:2009, *Photography and graphic technology – Density measurements – Part 2: Geometric conditions for transmittance density*

ISO 5-3:2009, *Photography and graphic technology – Density measurements – Part 3: Spectral conditions*

ISO 5-4:2009, *Photography and graphic technology – Density measurements – Part 4: Geometric conditions for reflection density*

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

ISO 62:2008, *Plastics – Determination of water absorption*

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

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

ISO 182-1:1990, *Plastics – Determination of the tendency of compounds and products based on vinyl chloride homopolymers and copolymers to evolve hydrogen chloride and any other acidic products at elevated temperature – Part 1: Congo red method*

ISO 182-2:1990, *Plastics – Determination of the tendency of compounds and products based on vinyl chloride homopolymers and copolymers to evolve hydrogen chloride and any other acidic products at elevated temperature – Part 2: pH method*

ISO 974:2000, *Plastics – Determination of the brittleness temperature by impact*

ISO 1431-1:2004, *Rubber, vulcanized or thermoplastic – Resistance to ozone cracking – Part 1: Static and dynamic strain test*

ISO 13943: 2008, *Fire safety – Vocabulary*

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*

2 Test conditions

2.1 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.

2.2 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 IEC 60216-4-1.

2.3 Where a test at low temperature is specified, the specification sheets of IEC 60684-3 may require it to be carried out at –1 °C or lower. 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.

3 Measurements of bore, wall thickness and concentricity

NOTE Within this standard, the terms "bore" and "internal diameter" are interchangeable.

3.1 Bore

3.1.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

3.1.2 General method

Plug or taper gauges of appropriate diameter shall be used to establish that the bore lies between the maximum and minimum specified values. The gauge shall enter the bore without causing expansion of the sleeving. A lubricant in powder form will assist when some types of sleeving are being measured. For small bore sizes a micrometer microscope may be used and measurements shall be made to the nearest 0,05 mm.

3.1.3 Relaxed bore of expandable braided sleeving

Select a 250 mm long steel mandrel of the same diameter as the specified minimum relaxed bore of the sleeving.

Insert the mandrel completely into the sleeving so that 50 mm of sleeving projects beyond the mandrel at the cut end.

At the opposite end, wrap wire around the sleeving just beyond the end of the mandrel to prevent the mandrel penetrating further into the sleeving.

Smooth the sleeving firmly onto the mandrel from the secured end towards the cut end and twist the sleeving so that it traps the end of the mandrel. Secure by wrapping with wire.

Mark 200 mm gauge lines centrally on the sleeving using a marking medium which does not degrade the sleeving, e.g., typewriter correction fluid.

Release the cut end and allow sleeving to relax.

Measure the distance between gauge lines in millimetres.

If this measurement is 195 mm or greater, then the sleeving is of the maximum relaxed bore diameter.

If this measurement is less than 195 mm, repeat the determination with progressively larger mandrels until the measurement is equal to or larger than 195 mm.

3.1.4 Expanded bore of expandable braided sleeving

Select a plug gauge of the same diameter as the specified minimum expanded bore.

Grip the sleeving 50 mm below the cut end.

Open the cut end of the sleeving for 10 mm and insert the plug gauge.

Attempt to push the plug gauge further into the undisturbed gripped sleeving.

If the plug gauge enters further without undue force, the sleeving is of the minimum expanded bore.

If the plug gauge does not enter further without undue force, repeat the determination with progressively smaller mandrels.

3.1.5 Result

Report all measured values as the result.

3.2 Wall thickness for textile sleeving

3.2.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

3.2.2 Procedure

A plug gauge or mandrel shall be inserted so that it enters freely but has a diameter not less than 80 % of the bore. The overall dimension shall then be measured using a micrometer having flat anvils of approximately 6 mm in diameter. In making this measurement, the pressure applied by the micrometer shall be just sufficient to close the sleeving on to the inserted plug gauge or mandrel. The wall thickness shall be calculated by halving the difference between the overall dimension and the plug gauge or mandrel diameter.

3.2.3 Result

Report all measured values for wall thickness as the result.

3.3 Minimum/maximum wall thickness and concentricity for extruded sleeving

3.3.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

3.3.2 Wall thickness

This standard does not give mandatory methods for making this measurement. By means of a suitable number of tests, locate the points on the wall corresponding to the minimum and maximum wall thickness. All measurements shall be measured to the nearest 0,01 mm. In cases of dispute a calibrated micrometer microscope shall be used capable of measuring to the nearest 0,001 mm.

NOTE The following methods of measurement have proved suitable: optical profile projector, optical comparator, a suitable micrometer. In the event of a dispute, use one of the optical methods. A microscope micrometer has been found suitable for measuring small bore sizes and for determining the inner and outer wall thicknesses of dual wall sleeving.

3.3.3 Concentricity

Calculate the concentricity of each specimen of the sleeving by use of the following equation:

$$\text{concentricity (\%)} = \frac{\text{minimum wall thickness}}{\text{maximum wall thickness}} 100$$

3.3.4 Result

Report all values for minimum and maximum wall thickness and concentricity as the result.

4 Density

4.1 Number of test specimens

At least three specimens shall be tested.

4.2 Procedure

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

NOTE Small bore sleeving specimens should be cut longitudinally and opened out to avoid air entrapment during the determination.

4.3 Result

Identify the method selected for the determination and report all measured values for density; the result is the mean unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

5 Resistance to splitting after heating

5.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

5.2 Form of test specimen

The specimens shall be produced by cutting rings whose cut length equals the wall thickness. Precautions shall be taken to ensure that the cut is clean since imperfections can affect the result.

NOTE Where practical difficulties do not permit a square section ring to be cut, the length may be increased to not more than 2,5 mm.

5.3 Procedure

The specimens shall be tested using a tapered mandrel which has an inclined angle of $(15 \pm 1)^\circ$. The specimens shall be maintained for a period of (168 ± 2) h at a temperature of $70^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{K}$ unless another temperature is specified in IEC 60684-3, and then allowed to cool to $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{K}$. They shall then be rolled up the mandrel so that they are extended by an amount equal to the percentage of nominal bore specified in IEC 60684-3. The specimens shall be kept in that position and at a temperature of $23^\circ\text{C} \pm 5^\circ\text{K}$ for (24 ± 1) h and then examined for splitting.

5.4 Result

Report whether there is any splitting.

6 Heat shock (resistance to heat)

6.1 Number of test specimens

Five specimens shall be tested.

6.2 Form of test specimens

Lengths of approximately 75 mm of sleeving, or specimens in accordance with Clause 19 shall be prepared where tensile strength or elongation at break are to be measured. Where cut pieces of sleeving are used the length shall be measured to the nearest 0,5 mm.

6.3 Procedure

The specimens shall be suspended vertically in an oven conforming to IEC 60216-4-1 or IEC 60216-4-2 for $4\text{ h} \pm 10\text{ min}$ at the temperature specified in IEC 60684-3.

The specimens shall be removed and allowed to cool to room temperature. They shall then be examined for any signs of dripping or cracking. Measure the length and calculate the percentage change. In addition, when so specified in IEC 60684-3, the specimens shall be tested for tensile strength and/or elongation at break. Also, when so specified in IEC 60684-3, the specimen shall be wound 360 degrees around a mandrel of diameter specified in IEC 60684-3 at a uniform rate and within 2 s to 4 s. The specimens shall then be examined for any signs of cracks. Side cracking of the flattened tubing shall not be cause for rejection.

6.4 Result

Report all results from the visual examination. Report all values of change in length. Report all measured values for tensile strength and/or elongation at break. The result is the central value unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 60684-3. Report any cracks after the mandrel bend test.

7 Resistance to soldering heat

7.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

7.2 Form of test specimen

60 mm lengths of sleeving shall be used and approximately 150 mm of tinned copper wire, of a diameter which permits a sliding fit in the sleeving.

The wire shall be bent through 90° at its middle point round a mandrel of diameter three times the nominal bore of the sleeving.

The sleeving shall be slipped over the wire and worked round the bend so that it covers a length of the straight part of the wire which will be vertical during the test, equal to 1,5 times the nominal bore of the sleeving but with a minimum length of 1 mm (see Figure 1). The wire shall be cut off on the part to be vertical during the test 20 mm beyond the sleeving.

The wire shall be cut off on the part to be horizontal during the test at the end of the sleeving. Not less than 5 min after the wire has been bent, a high grade flux consisting of 25 % by mass of colophony in 75 % by mass of 2-propanol (isopropanol) or of ethanol (ethyl alcohol), shall be applied to the lower 6 mm of the protruding part of the wire. (Only non-activated colophony shall be used, the acid value of which is not less than 155 mg KOH/g. A full specification is given in Annex C of IEC 60068-2-20.)

7.3 Procedure

With the sleeving at a temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$, the test shall be started within 60 min of the application of the flux. The wire is supported on its horizontal part at least 25 mm from the bend. The vertical portion shall be immersed in the centre of a bath of molten solder so that 6 mm of the wire is immersed; a convenient way to achieve this is to mark the wire beforehand. The wire shall be held in this position for $(15 \pm 1)\text{ s}$ or as specified in IEC 60684-3. The solder bath shall be not less than 25 mm in diameter and 12 mm deep and the temperature of the solder shall be maintained at $260\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$ during the test. To pass the test, no specimen shall split or widen considerably, slight melting being permissible (see Figure 2).

7.4 Result

Report whether there is any splitting, widening or excessive melting.

8 Loss in mass on heating of uncoated textile glass sleeving

8.1 Number and mass of test specimens

Three specimens shall be tested, each consisting of a sufficient length to provide $(5 \pm 1)\text{ g}$.

8.2 Procedure

The specimens shall be conditioned by heating at $105\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for 1 h and then allowed to cool in a desiccator to room temperature. They shall then be weighed to the nearest 0,0002 g (m_1) and then heated in a ventilated furnace at $600\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ K}$ for 60 min to 75 min. After cooling to room temperature in a desiccator, the specimens shall be re-weighed (m_2).

8.3 Calculation

The percentage loss in mass of each test shall be calculated as follows:

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

8.4 Result

Report all calculated values for the percentage loss in mass. The result is the central value unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 60684-3.

9 Longitudinal change

9.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

9.2 Form of test specimen

Each specimen of sleeving approximately 150 mm long is cut cleanly and marked with two gauge marks, nominally 100 mm apart and approximately centrally placed on the specimen, using a marking medium that is not detrimental to the material. The distance between gauge marks shall be measured to an accuracy of 0,5 mm (L_1).

9.3 Procedure

The specimens shall be supported horizontally on a medium on which they can recover freely. The supported specimens shall be maintained in an oven for the time and at the temperature specified in IEC 60684-3.

The sleeving shall be allowed to cool to room temperature and the distance between the gauge marks re-measured to an accuracy of 0,5 mm (L_2).

9.4 Calculation

Calculate the percentage longitudinal change (LC) from the formula

$$LC = \frac{L_2 - L_1}{L_1} 100$$

where

L_1 is the original length;

L_2 is the length after unrestricted shrinkage.

9.5 Result

Report all values for longitudinal change as the result.

10 Deformation under load (resistance to pressure at elevated temperature)

10.1 Method A

10.1.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

The tests shall be carried out not less than 16 h after the extrusion of the sleeving.

10.1.2 Form of test specimen

Each test specimen shall be formed by slitting the sleeving along its length and then cutting from the sleeving a section approximately 10 mm × 5 mm (or the full circumference of the sleeving if this is less than 5 mm), so that the long axis of the specimen is parallel to the length of the sleeving.

10.1.3 Apparatus

The apparatus consists of an instrument capable of measurement to $\pm 0,01$ mm with a rectangular indenter blade with an edge $(0,70 \pm 0,01)$ mm which applies a load to the specimen of $(1,2 \pm 0,05)$ N, unless otherwise specified in IEC 60684-3. The specimen is placed on a metal mandrel $(6,00 \pm 0,1)$ mm in diameter which is supported on a V block. The essential features of this arrangement are shown in Figure 3.

The assembly shall be placed in an oven maintained at $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ during the heating period, unless another temperature is specified in IEC 60684-3. To minimize vibration, a gravity-circulated oven, mounted on suitable damping pads, shall be used.

10.1.4 Procedure

The wall thickness of the test specimen shall be measured by the method of 3.2, except that the plug gauge and the sleeving sample therein shall be replaced by the test specimen resting on the mandrel. The wall thickness shall be the measured difference between the overall dimensions and the mandrel diameter.

The assembly with mandrel but without the test specimen shall be conditioned for at least 2 h before the test in the oven at $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$, unless another temperature is specified in IEC 60684-3.

The indenter blade shall be raised, the test specimen placed on the mandrel with its long axis parallel to the mandrel and the indenter gently lowered on to the surface of the test specimen.

NOTE With small bore sleeveings the manipulation of the test specimen may cause difficulty. In such cases it is recommended that the test specimen be flattened under a 1 kg weight for approximately 10 min at room temperature before placing it on the mandrel.

The assembly and test specimen shall then remain in the oven at the specified temperature for (60 ± 5) min.

The position of the indenter blade shall then be recorded. Remove the specimen, allow the indenter to rest directly on the mandrel and again record the position. Subtract the difference between these two readings from the original measured wall thickness to give the indentation.

Differences between any two of the three values for the position of the indenter resting directly on the mandrel shall be not more than 0,02 mm.

10.1.5 Result

The indentation of the specimen shall be expressed as a percentage of the initial wall thickness.

The percentage indentation shall be taken as the central value of the three determinations; the other two values are also reported.

10.2 Method B

10.2.1 Number of test specimen

As method A.

10.2.2 Form of test specimen

For sleeving with an inside diameter (fully recovered for heat-shrinkable sleeving) of 4,22 mm, lengths of full section sleeving shall be used. A solid metal conductor having a diameter approximately equal to, but not greater than the inside diameter of the sleeving, shall be inserted into each specimen.

For larger sleeving, rectangular specimens (25 ± 1 mm) long and a maximum width of 14 mm shall be cut from the sleeving.

10.2.3 Apparatus

Apparatus of the type shown in Figure 4 shall be used.

Air circulating oven.

Weights as follows, mounted in the metal frame, so as to provide free vertical movement, as illustrated in Figure 4.

Sleeving inside diameter (fully recovered for heat shrinkable sleeving) mm	Load exerted on specimen by presser foot N
$\leq 1,6$	2,95
1,6 to 4,22	4,91
$\geq 4,22$	19,61

Pressure foot discs, ($9,5 \pm 0,1$ mm), slightly rounded at the edges.

10.2.4 Procedure

For full section sleeving specimens on the metal conductors, measure the diameter over the sleeving at a marked position with a micrometer capable of measuring to the nearest 0,01 mm and the diameter of the conductor. Calculate the specimen wall thickness using the following formula;

$T_1 = (D_1 - d)/2$ where D is the diameter over the sleeving and d is the diameter of the metal conductor.

For strip specimens measure the thickness with a micrometer of the same accuracy at a marked position.

The appropriate weight as indicated above shall be conditioned with the metal frame, as shown in Figure 4, and the specimen in an oven at the temperature specified in IEC 60684-3 for a minimum of 1 h.

At the end of this period the specimens shall be carefully placed under the pressure foot with the marked position on the specimen in the centre of the pressure foot. Under these conditions, the specimens shall remain in the oven for a further period of 1 h minimum.

At the end of this period carefully remove the specimen from the load and measure the thickness within 15 s at the marked position.

Calculate the percentage deformation using the following formula:

$$\% \text{ deformation} = (T_1 - T_2)/T_1 \times 100$$

where

T_1 is the original thickness, and

T_2 is the thickness after conditioning.

NOTE For sleeving with a meltable liner, the thickness of the liner should not be included in determining the deformation.

10.2.5 Result

The percentage deformation shall be the average of the three measurements. All values shall be reported.

11 Thermal stability of PVC sleeving

11.1 Principle

This method determines the time taken for hydrogen chloride to be evolved from polyvinyl chloride (PVC), its copolymers or compounds or products based on them, when heated.

The evolution of hydrogen chloride is detected either by the use of Congo red paper (ISO 182-1) or by the change in pH of a potassium chloride solution contained in a measuring cell (ISO 182-2).

11.2 Form of test specimen

11.2.1 ISO 182-1 method

The specimen shall be sufficient to fill two of the specified test tubes to a depth of 50 mm and is formed by cutting the sleeving into pieces of maximum dimension 6 mm, slitting where necessary. The pieces of sleeving shall not be deliberately compacted in the test tubes.

11.2.2 ISO 182-2 method

To prepare specimens, cut pieces of sleeving approximately 5 mm² to 6 mm² in size and place approximately 1,0 g into each test tube.

11.3 Procedure

The test shall be carried out in accordance with either ISO 182-1 or ISO 182-2. The relevant specification sheet IEC 60684-3 will specify which test is to be used, the test temperature and, in the case of ISO 182-2, if a moving gas medium other than air is to be employed.

12 Volatile content of silicone sleeving

12.1 Number and mass of test specimens

Three specimens shall be tested, each consisting of sufficient length to provide (10 ± 1) g.

12.2 Procedure

The specimens shall be weighed to the nearest 0,001 g (m_1) and then heated in an oven at $200\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ for (24 ± 1) h. A convenient way to achieve this is to suspend the test pieces over a wire that is thermally insulated from the metalwork of the oven.

After cooling in a desiccator, the specimens shall be re-weighed (m_2).

12.3 Calculation

The percentage loss in mass of each test specimen shall be calculated as follows:

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

12.4 Result

Report all values for percentage volatile content. The result is the central value of the three determinations unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 60684-3.

13 Bending after heating

13.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested, each of length sufficient to wind conveniently round a mandrel of the size specified in IEC 60684-3 for the sleeving under test.

13.2 Form of test specimen

When the nominal bore does not exceed 2 mm, a length of wire giving a sliding fit shall be inserted in the sleeving.

When the nominal bore exceeds 2 mm but does not exceed 15 mm (or other value as specified in IEC 60684-3 for a particular type of sleeving), the specimen shall be filled by any suitable means (e.g., a number of wires) to prevent undue collapse of the sleeving during winding.

When the nominal bore exceeds 15 mm (or other value as specified in IEC 60684-3 for a particular type of sleeving), the specimen shall consist of a strip of sleeving 6 mm wide cut parallel to the longitudinal axis of the sleeving.

13.3 Procedure

The specimen, prepared as described in 13.2, shall be suspended for (48 ± 1) h in an oven maintained at the temperature specified in IEC 60684-3. It shall then be removed from the oven and allowed to cool to room temperature.

It shall then be wound without jerking for one complete turn in a close helix round a mandrel of the diameter specified in IEC 60684-3. For cut strips, the inside surface shall be in contact with the mandrel. The time to achieve one complete turn shall be not greater than 5 s. The specimen shall be held in this position for 5 s.

It shall then be visually examined without magnification while still on the mandrel for signs of cracking, detachment of coating, or delamination.

Detection of cracking in sleeving up to 15 mm bore by application of voltage using a method described in Clause 21 may be specified in IEC 60684-3.

13.4 Result

Report whether there is any cracking, detachment of coating or delamination.

14 Bending at low temperature

14.1 Number and form of test specimens

The number and form of test specimens shall be as in Clause 13, except that, when the nominal bore exceeds 6 mm (instead of 15 mm), the specimen shall consist of a strip of sleeving 6 mm wide, cut parallel to the longitudinal axis of the sleeving. Alternatively, where so specified in IEC 60684-3, specimens of nominal bore up to and including 6 mm shall be tested unfilled. Also where specified in IEC 60684-3 nominal bore sizes up to and including 10 mm may be tested as full section sleeving, filled or unfilled.

14.2 Procedure

The specimen, prepared as described in 14.1 shall be suspended for $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ in a chamber maintained at the temperature specified in IEC 60684-3 and, while still at that temperature, shall be wound without jerking for one complete turn in a close helix round a mandrel at the same temperature and having a diameter specified in IEC 60684-3. For cut strips, the inside surface shall be in contact with the mandrel. The time to achieve one complete turn shall be not greater than 5 s. The specimen shall then be allowed to regain room temperature.

The specimen shall then be visually examined without magnification while still on the mandrel for signs of cracking, detachment of coating or delamination.

14.3 Result

Report whether there is any cracking, detachment of coating or delamination.

15 Brittleness temperature

The test is made in accordance with ISO 974 using specimens prepared as follows:

For sleeving of nominal bore up to 4 mm diameter, the specimen shall be cut in full section 40 mm long. For sleeving of bore larger than 4 mm, the specimen shall be 6 mm wide and 40 mm long, with the longer dimension parallel to the longitudinal axis. The strip specimens shall be mounted so that the hammer strikes the convex side of the specimen.

16 Dimensional stability on storage (applicable to heat-shrinkable sleeving only)

16.1 Number and length of test specimens

Three specimens shall be tested, each approximately 100 mm long.

16.2 Procedure

The bore of the sleeving shall be measured in the expanded state as delivered. The sleeving shall then be stored in a ventilated oven for (336 ± 2) h at a temperature of $40\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ unless otherwise specified in the relevant sheet of IEC 60684-3. It shall then be removed from the oven, allowed to cool to ambient temperature and the expanded bore re-measured.

Following this measurement, the sleeving shall be allowed to fully recover, using the time and temperature specified in IEC 60684-3 for the sleeving being evaluated. The sleeving shall then be cooled to ambient temperature and the recovered bore re-measured.

16.3 Result

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

17 Hydrolysis of coating

17.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

17.2 Form of test specimen

Each specimen of the sleeving shall be cut into lengths of 40 mm to 50 mm, which shall be wrapped in filter paper to form a bundle of a diameter to give a push fit into a 125 mm × 12 mm borosilicate glass test tube. Where the size of the sleeving requires it, specimens may be cut along their length to enable them to be rolled up before insertion in the test tube.

NOTE It is essential that heavy wall thickness test tubes are used for this test to minimize the risk of explosion and injury to personnel. As a further safety precaution, it is recommended that the test tubes are placed behind a screen protecting the observer.

17.3 Procedure

The sleeving shall be pushed to the bottom of the test tube and approximately 2 ml of distilled water added. A short length of copper wire, of approximately 0,6 mm diameter, shall then be inserted, the end nearest to the sleeving being bent into a somewhat circular shape at right angles to the length. The length of wire shall be such that it is totally within the test tube after sealing, with the formed end above the water level when the tube is inverted. The wire acts as a stop to prevent the sleeving from slipping down into the water.

The end of the test tube shall then be sealed. This is done conveniently by drawing it out in a flame.

The test tube shall then be held vertically, with the sealed end downwards, and maintained at $100\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ for (72 ± 1) h.

17.4 Result

Report whether there is any running of the coating, any adherence between sleeving and paper or between the pieces of sleeving, and any sign of discolouration of the paper.

18 Flexibility (extruded sleeving only)

18.1 Number and length of test specimens

Three specimens shall be tested, each approximately 300 mm long.

18.2 Procedure

Condition the specimens by suspending from one end in an oven conforming to IEC 60216-4-1 or IEC 60216-4-2 for a period of (168 ± 2) h, unless otherwise specified, and at the temperature specified in IEC 60684-3. Remove the specimens from the oven and allow them to cool to room temperature.

Each specimen shall then be bent back on itself 180 degrees and then immediately released. After a minimum of 1 min the specimens shall be examined without the aid of magnification.

18.3 Report

Report circular form is similar to that before bending (an oval shape is acceptable) and any cracks. Internal cracks can be detected by circumferential depressions on the outer surface of the specimen. External kink lines shall not be considered a failure.

19 Tensile strength, tensile stress at 100 % elongation, elongation at break and secant modulus at 2 % elongation

19.1 General

Specification sheets in IEC 60684-3 may stipulate some of the following tests according to the type of sleeving. In some cases, more than one of the following tests can be carried out in the same operation:

- tensile strength and elongation at break of full section sleeving;
- tensile strength and elongation at break of dumb-bell specimens;
- tensile strength of uncoated glass textile sleeving;
- secant modulus at 2 % elongation;
- tensile stress at 100 % elongation;
- tensile stress at 100 % elongation and at elevated temperature.

NOTE In all these tests, appropriate jaws should be used. Specimens should be protected to avoid damage caused by the jaws.

19.2 Tensile strength and elongation at break for full-section sleeving

19.2.1 Number of test specimens

Five specimens shall be tested.

19.2.2 Form of test specimen

The test specimen shall be a length of sleeving sufficient to allow 50 mm between the jaws of the testing machine and shall be marked with two parallel reference lines at least 25 mm apart, approximately mid-way between the jaws. The marking medium shall have no detrimental effect on the material and the marks shall be as narrow as possible. The use of a marker with parallel printing blades is recommended.

19.2.3 Conditioning

Unless otherwise specified in IEC 60684-3, the test specimen shall be kept at an ambient temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for 1 h immediately before testing, or for a longer time to enable the specimen to reach a temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$.

19.2.4 Test temperature

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

19.2.5 Procedure

The cross-sectional area of the test specimen shall be calculated from measurements of bore and wall thickness made in accordance with Clause 3. For extruded sleeving the wall thickness shall be

$$\frac{\text{minimum wall thickness} + \text{maximum wall thickness}}{2}$$

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 60684-3 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 ruler, callipers or an extensometer.

The maximum load shall be measured to the nearest 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.

19.2.6 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):

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

where

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

A is the original cross-sectional area (mm^2) calculated using the following formula:

$$A = (\pi/4) \times (D_o^2 - D_i^2) = 0,7854 (D_o^2 - D_i^2)$$

where

D_o is the outside diameter, in mm, measured to the nearest 0,01 mm;

D_i is the inside diameter, in mm, measured to the nearest 0,01 mm.

For sleeving with a meltable liner, the thickness of the liner wall shall not be included when determining the cross-sectional area.

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

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

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.

19.2.7 Result

Report all calculated values. The result for each property is the central value unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 60684-3.

19.3 Tensile strength and elongation at break on dumb-bell specimens

19.3.1 The test shall be carried out as in 19.2 but with the following changes.

19.3.2 Specimens shall be cut to the dimensions and tolerances given in Figure 5 or Figure 6, with the major axis in the longitudinal direction of the sleeving. The sleeving shall be slit along its length and laid flat on a slightly yielding material having a smooth surface (e.g., leather, rubber or high quality cardboard) on a flat rigid base. The specimen shall be stamped from the sheet of sleeving using a single stroke of a press and a knife edge punch of appropriate form and dimensions.

NOTE The profile given in Figure 5 is that of type 2 of ISO 37 and the profile given in Figure 6 is that of type 1 of ISO 37.

19.3.3 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.

19.3.4 The distance between the reference lines at break shall be measured to within 2 %.

19.4 Tensile strength of uncoated glass textile sleeving

19.4.1 The test shall be carried out as in 19.2 but with the following changes.

19.4.2 The initial jaw separation shall be (100 ± 10) mm and the rate of separation of jaws shall be (25 ± 5) mm/min.

The elongation at break shall not be measured and the reference lines are not required.

19.4.3 The average cross-sectional area shall be calculated from the product of twice the wall thickness as measured in 3.2 and the width of a flat tape prepared as follows.

The sleeving is held under a tensile stress of about 10 % of the breaking stress and lightly pressed between plates to form a tape.

Measure the width of this tape. This is facilitated if one of the plates has a scale engraved on its edge.

19.5 Secant modulus at 2 % elongation

19.5.1 Number and form of test specimens

Perform three tests on lengths of full section sleeving or on strips cut parallel to the longitudinal axis of the sleeving. When strips are used they shall have a width to thickness ratio of at least 8:1. The cross-sectional area is determined as in 19.3.3.

19.5.2 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 nor greater than 250 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. 25 mm/min for a 250 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.

19.5.3 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 (mm²) (determined as specified in 19.3.3);

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

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

19.5.4 Result

Report all measured values for secant modulus at 2 % elongation; the result is the central value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

19.6 Tensile stress at 100 % elongation

19.6.1 General

The test shall be carried out as in 19.2 or 19.3 as appropriate and in addition, the load shall be recorded when the distance between the reference lines is increased by 100 %.

19.6.2 Calculation

The tensile stress at 100 % elongation of the specimen shall be calculated as follows:

$$\text{tensile stress at 100 \%} = \frac{F_2}{A} \text{ (MPa)}$$

where

A is the initial average cross-sectional area of the specimen (mm²);

F_2 is the force required to produce a 100 % extension (N).

19.6.3 Result

Report all measured values for tensile stress at 100 % elongation; the result is the central value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

19.7 Tensile stress at 100 % elongation and at elevated temperature

The test shall be carried out as in 19.6 and at the temperature specified in IEC 60684-3.

20 Fraying resistance test

20.1 Principle

Fraying of uncoated textile sleeving often occurs as a result of mechanical handling or impact at the cut end of the sleeving, as for example in installation processes or in shipping. This test serves to evaluate the resistance of sleeving to fraying by measuring dilatation at the cut end after controlled impacts.

20.2 Number and length of test specimens

Three specimens shall be tested, each being a 150 mm length of sleeving. Specimens shall be cut using sharp shears (do not guillotine-cut), care being taken to avoid disturbing the end fibres after cutting.

20.3 Procedure

Using a slide projector, project an image of the sleeving on to a screen in such a way that the outside diameter of the image can be measured and so that repeat measurements can be made without altering the value obtained. Measure the outside diameter of the image at a central point on the specimen (remote from the ends). Rotate the sleeving through 90° and repeat the measurement. Average the measurement and records as d to the nearest 0,05 mm.

Select a steel rod 350 mm long and of a size sufficiently smaller in diameter than the bore of the sleeving, so as to allow the specimen free vertical fall when mounted thereon.

Slip the specimen on the rod, with its upper end flush with the upper end of the rod held vertically (see Figure 7). Allow the specimen to fall freely under the influence of gravity against a hard horizontal surface. Repeat this procedure for a total of 10 impacts.

Remove the specimen from the rod, being careful not to disturb the impacted end. Using the slide projector as before, measure the image of the flared diameter of the impacted end. Rotate the sleeving through 90° and repeat the measurement. Average the measurements and record as D to the nearest 0,05 mm.

20.4 Calculation

Calculate the percentage of fray using the following expression:

$$\text{percentage of fray} = \frac{D - d}{d} 100$$

where

D is the average diameter of flared end of impacted specimen;

d is the average outside diameter of sleeving.

20.5 Result

Report all values for fraying resistance. The result is the central value of the three measurements unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 60684-3.

21 Breakdown voltage

21.1 Principle

21.1.1 General

Two test methods are described for the determination of breakdown voltage:

- a) straight mandrel test, 100 mm foil electrode;
- b) test on cut-out specimens for large-size sleeving.

Each method may be performed at ambient temperature or elevated temperature. In addition, tests may also be performed after exposure to damp heat.

The specific method shall be as specified in the applicable sheet of IEC 60684-3.

21.1.2 Number and form of test specimens

Three specimens shall be tested. The form of the sleeving is full-section sleeving for the straight mandrel test and cut-out specimens for the large-size sleeving.

21.1.3 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 ± 5) % relative humidity at a temperature of $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$.

21.1.4 Application of voltage

The voltage used shall be in accordance with IEC 60243-1 and be applied at the rate of increase specified in IEC 60684-3.

21.1.5 Test method modification

The breakdown voltage tests are normally conducted in air, but if flashover becomes a problem, longer specimens or, for tests in 21.3 and 21.4, immersion in a suitable insulating liquid may be used.

21.1.6 Result

The reporting requirement and result for all methods is described in 21.6.

21.2 Straight mandrel test, 100 mm foil electrode

21.2.1 Test specimen

The specimen shall be a length of sleeving not less than 200 mm long fitted over a smooth, straight, round conductor. For heat-shrinkable sleeving, the specimen shall be shrunk onto a metal mandrel having a diameter equal to the specified maximum recovered bore of the sleeving.

21.2.2 Electrodes

The internal electrode shall be the metal mandrel which fits snugly in the sleeving. The outer electrode shall be a strip of metal foil 100 mm wide and not more than 0,025 mm thick applied snugly round the sleeving. The mandrel shall extend beyond the specimen at each end and the distance between the foil electrode and the end of the specimen shall be sufficient to prevent flashover (see 21.1.5).

21.2.3 Procedure

The voltage shall be applied between the two electrodes as described in 21.1.4.

21.3 Test on cut-out specimens for large-size sleeving

21.3.1 Test specimen

The specimen shall be a strip of sleeving of sufficient size to prevent flashover.

21.3.2 Electrodes

The electrodes shall be two metal cylinders, each 25 mm in diameter and 25 mm long mounted vertically one above the other, so that the specimen is held between the faces of the squared ends of the cylinders. The upper and lower electrodes shall be coaxial. The sharp edges of the squared ends shall be removed to give a radius of approximately 3 mm.

21.3.3 Procedure

The voltage shall be applied between the two electrodes as described in 21.1.4.

21.4 Tests at elevated temperature

The appropriate number of prepared specimens shall be tested. The specimens, shot (method of 21.2) and electrodes shall be placed in an oven and maintained at the temperature specified in IEC 60684-3 for (60 ± 5) min. The voltage shall be applied as in 21.1.4 while the specimen is at the specified temperature.

21.5 Tests after damp heat

Pre-heat the specimens to between 40 °C and 45 °C and then expose for four days to the damp-warm conditions specified in IEC 60212, i.e. 96 h at 40 °C and 93 % relative humidity.

Remove the sleeving from the conditioning chamber, and allow to cool to room temperature in an atmosphere of 75 % relative humidity, then prepare and test the specimens to the appropriate method within 1 h to 2 h of removal.

21.6 Result

Report all measured values for breakdown voltage and the condition of temperature and relative humidity when applicable. The result is the central value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

NOTE Where the sheet of IEC 60684-3 only gives requirements for 25 mm and 250 mm outer electrode widths, the requirement for 100 mm should be calculated using the equation given below:

$$V_1 = \frac{2V_2 + V_3}{3}$$

where

V_1 is the breakdown voltage requirement using 100 mm electrodes;

V_2 is the breakdown voltage requirement using 250 mm electrodes;

V_3 is the breakdown voltage requirement using 25 mm electrodes.

22 Insulation resistance

22.1 Conditioning

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

22.2 Form of test specimen

A piece of solid copper conductor or tube which is a sliding fit shall be inserted in a sample of the sleeving. The specimen, when fitted, shall be at least 230 mm long. Materials other than textile based may require a suitable conductive lubricant to assist insertion. For heat-shrinkable sleeving, the specimen shall be shrunk on to a metal mandrel having a diameter equal to the specified maximum shrunk internal diameter of the sleeving.

Three pieces of metal foil, each (25 ± 1) mm wide, shall be wrapped around the specimen, one in the middle and one near each end so that two lengths of sleeving, each (50 ± 1) mm long, are left uncovered, as shown in Figure 8. The two wrappings of metal foil, near to the ends of the specimen, shall be connected to the inserted wire or tube and earthed during the test. Connecting leads shall be attached as shown in Figure 8.

NOTE A high-conductivity metal paint is a permitted alternative to metal foil, provided the sleeving is not affected by the solvent in the paint.

22.3 Measurement of insulation resistance

A voltage of (500 ± 15) V d.c. shall be applied to each specimen between the central and outer metal foils. The insulation resistance shall be measured not less than 1 min or more than 3 min after the application of the voltage.

22.4 Test conditions

22.4.1 Number of test specimens

For each of the conditions given below, three specimens shall be tested.

22.4.2 Tests at room temperature

Specimens shall be prepared as in 22.2 and the insulation resistance measured in accordance with 22.3 at $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ and (50 ± 5) % relative humidity.

22.4.3 Tests at elevated temperature

Specimens shall be prepared as in 22.2. They shall then be placed in an oven and maintained at the temperature specified in IEC 60684-3 for (60 ± 5) min. The insulation resistance shall be measured in accordance with 22.3, while the specimen is still maintained at the specified temperature.

22.4.4 Tests after subjection to damp heat conditions

Prepare the specimens as in 22.2 and then expose them for four days to the damp-warm conditions specified in IEC 60212 (i.e. 96 h at 40°C and 93 % relative humidity). Perform the test under these conditions.

NOTE Moisture condensation on any specimen invalidates the test result for that specimen.

22.5 Result

Report all measured values for insulation resistance and the test temperature. The result is the geometric mean unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

23 Volume resistivity

23.1 General

Not applicable to textile-based sleeving.

23.2 Conditioning

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

23.3 Form of test specimen

A specimen of sleeving 250 mm long shall be threaded over a solid copper conductor, or tube (the inner electrode) the diameter of which shall be smaller than the bore of the sleeving by the amount specified in IEC 60684-3. Some materials may require the use of a liquid to ease insertion and ensure good electrical contact between the sleeving and mandrel. The liquid used shall be specified in IEC 60684-3. For heat-shrinkable sleeving the specimen shall be shrunk on to a metal mandrel having a diameter equal to the specified maximum shrunk internal diameter of the sleeving.

The outer electrode shall be 200 mm long and of high conductivity metal paint applied to the outside of the sleeving. Guard rings shall be added at each end of the specimen according to the principles of IEC 60093.

23.4 Measurement of volume resistivity

The resistance shall be measured in accordance with IEC 60093 using (500 ± 15) V d.c. and an electrification time of 1 min.

The volume resistivity ρ shall be calculated according to the following formula:

$$\rho = 2\pi LR / \ln \frac{d+2s}{d} = 0,8687 \pi LR / \log_{10} \frac{d+2s}{d} (\Omega \cdot \text{m})$$

where

- L is the length of the electrode (m);
- R is the measured resistance (Ω);
- d is the inner diameter of the sleeving (mm);
- s is the wall thickness of the sleeving (mm);
- $\ln$ is the natural logarithm;
- $\log_{10}$ is the common (Briggsian) logarithm.

For $L = 0,2 \text{ m}$, the formula becomes

$$\rho = 1,257R / \ln ((d+2s)/d) = 0,546R / \log_{10} ((d+2s)/d) (\Omega \cdot \text{m})$$

23.5 Test conditions

23.5.1 Number of test specimens

For each of the conditions given below, three specimens shall be tested.

23.5.2 Tests at room temperature

Specimens shall be prepared as in 23.2 and the volume resistivity measured in accordance with 23.3 at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ and $(50 \pm 5)\%$ relative humidity.

23.5.3 Tests at elevated temperature

Specimens shall be prepared as in 23.2. They shall then be placed in an oven and maintained at the temperature specified in IEC 60684-3 for (50 ± 5) min. The volume resistivity shall be measured in accordance with 23.3 while the specimen is still maintained at the specified temperature.

23.5.4 Tests after subjection to damp heat conditions

Prepare the specimens as in 23.2 and then expose them for four days to the damp-warm conditions specified in IEC 60212 (i.e. 96 h at $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ and 93 % relative humidity). Perform the test under these conditions.

NOTE Moisture condensation on any specimen invalidates the test result for that specimen.

23.6 Result

Report all values for volume resistivity and the conditions for temperature and humidity when applicable. The result is the geometric mean unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

24 Permittivity and dissipation factor

24.1 Number of test specimens

One specimen shall be tested.

24.2 Form of test specimen

The specimen shall be a length of sleeving sufficient to accommodate the electrodes specified below. Heat-shrinkable sleeving shall be shrunk onto the mandrel forming the inner electrode according to the directions of the supplier. Before this is done, the diameter of the mandrel d_1 shall be determined to the nearest 0,01 mm as the mean of 10 measurements made at points uniformly distributed along the length and around the circumference of the mandrel.

24.3 Electrodes

The inner electrode shall be a metal mandrel which provides good contact with the bore and for heat-shrinkable sleeving has a diameter equal to the maximum recovered diameter of the sleeving. The outer electrode and guard rings shall be bands of metal foil or suitable conducting paints. When metal foil is used, it shall be applied to the specimen using the smallest possible quantity of any low-loss grease or liquid. The guard rings shall be 25 mm wide and shall be applied to the sleeving at both ends of the outer electrode with a clearance of approximately 1,5 mm. The length of the outer electrode shall be such that the capacitance can be measured within the region of optimum sensitivity of the bridge. The inner electrode shall extend at least as far as the outer edges of the guard rings.

24.4 Procedure

The temperature of the test shall be $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. The outer diameter of the specimen d_2 shall be determined after it has been applied to the mandrel and immediately before the capacitance is measured. It shall be determined to the nearest 0,01 mm as the arithmetic mean of 10 measurements made at points uniformly distributed along its length and around its circumference.

The measurement of permittivity shall be made with a suitable instrument complying with IEC 60250 and at a frequency of approximately 1 000 Hz. The low-voltage lead shall be connected to the guarded electrode.

24.5 Calculation

The relative permittivity ε_r shall be calculated according to the following formula:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= 18\ C \ln (d_2/d_1)/(l + w) \\ &= 41,4\ C \log_{10} (d_2/d_1)/(l + w)\end{aligned}$$

where

- C is the measured capacitance (pF);
- d_1 is the diameter of the mandrel (mm);
- d_2 is the outer diameter of the specimen (mm);
- l is the length of the guarded electrode (mm);
- w is the width of the gaps between the guarded electrode and the guard rings (mm);
- $\ln$ is the natural logarithm;
- $\log_{10}$ is the common (Briggsian) logarithm.

The dissipation factor is derived from the bridge readings in accordance with IEC 60250.

24.6 Result

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

25 Resistance to tracking

The test shall be carried out in accordance with method 2 (criterion A) of IEC 60587, using specimens as agreed upon between purchaser and supplier.

26 Flame propagation tests

26.1 Principle

Three methods are described. The tests are of different severities and IEC 60684-3 indicates which tests should be applied to a particular type or grade of sleeving.

26.2 Methods A and B

26.2.1 General

These tests shall be carried out in accordance with IEC 60695-11-21 except that the source of heat shall be in accordance with Subclause 26.3.

Test specimens

Three specimens shall be tested.

26.2.2 Method A, applicable to sleeving up to and including 10 mm bore only

NOTE For heat-shrinkable sleeving, this dimension is the specified recovered bore.

Non-heat shrinkable sleeving: a length of approximately 450 mm shall be centred on a 530 mm straight length of a steel rod which is a sliding fit in the sleeving.

Heat-shrinkable sleeving: the specimen shall be as above, but the sleeving shall be recovered on to a steel rod which shall have the same diameter as the specified recovered diameter of the sleeving.

26.2.3 Method B

A length of approximately 660 mm (recovered in the case of heat-shrinkable sleeving) shall be drawn on to a fine steel piano wire 900 mm in length. The sleeving shall be closed at the top end to prevent a chimney effect. The wire diameter to be used is given below.

Specimen diameter	Piano wire diameter (max.)
Less than 0,44 mm	0,25 mm
0,44 mm to 0,81 mm	0,41 mm
Greater than 0,81 mm	0,74 mm

26.3 Source of heat

26.3.1 Gas burner

The burner shall have a nominal bore of $(9,5 \pm 1)$ mm. For natural gas, a conventional Bunsen burner may be used, the burner being regulated to give a flame approximately 125 mm long with an inner blue cone approximately 40 mm long.

If propane is used, the burner in Figure 9 shall be used.

It may be convenient to use burners with a small pilot flame.

26.3.2 Check of burner operation

The satisfactory operation of the burner shall be checked as follows: with the base of the burner being horizontal, a bare copper wire, $(0,71 \pm 0,025)$ mm in diameter, having a free length of not less than 100 mm shall be inserted horizontally in the flame about 10 mm above the top of the blue cone, so that the free end of the wire is vertically above the edge of the burner on the side remote from the supported end of the wire. The time required for the wire to melt shall be not more than 6 s and not less than 4 s.

26.4 Specimen arrangements

The arrangements of specimen and burner are shown in Figure 10 for method A and in Figure 11 for method B.

The test shall be conducted in a three sided metal enclosure within the chamber. The metal enclosure shall be nominally 305 mm wide, 355 mm deep and 610 mm high, and the top and front shall be open.

The specimen shall be secured with its longitudinal axis vertical in the centre of the enclosure. For method B, this shall be achieved by securing the specimen to the middle of the upper support by kinking the sleeving and clamping (using a paper clip or clamp) to provide a closed end to the specimen thus preventing any chimney effects during the test. The lower end of the

wire protruding from the open end of the sleeving shall be anchored, for example to a support rod as shown in Figure 11.

26.5 Method C

Test specimens

Five specimens shall be tested.

A length of approximately 560 mm sleeving (recovered in the case of heat-shrinkable sleeving) shall be drawn on to a fine steel piano wire at least 800 mm in length and having a diameter as specified for method B in 26.2.3.

26.6 Source of heat

In accordance with Subclause 26.3.

26.7 Cabinet and arrangements within it

The test shall be conducted in an exhaust hood or cabinet with the specimen surrounded by a three-sided metal enclosure to protect it from draught. The arrangements of specimen and burner are shown in Figure 12.

The specimen shall be secured with its longitudinal axis vertical in the center of the enclosure. Two fixed horizontal rods shall be provided in the enclosure positioned so that a wire stretched over them will be at a 70° angle with the horizontal. The lower rod shall be approximately 50 mm from the rear of the enclosure. The upper end of the specimen shall be clamped over the upper rod to provide a closed end to the specimen thus preventing any chimney effects during the test. The lower end of the wire protruding from the open end of the sleeving shall be anchored to the lower support rod with sufficient tension to maintain a straight alignment of the wire during the test.

A $(25 \pm 2)^\circ$ wedge shall be used for tilting the burner barrel and the burner shall be aligned with the specimen in the same way as in methods A and B.

With method C, the indicator flag shall be used but not the cotton.

26.8 Procedure

Apply the flame to the specimen for 15 s and then extinguish it by turning off the gas supply from outside the cabinet.

Determine the duration of burning of the specimen from the time of extinction of the gas flame. Consider only flaming and not glowing as actual burning time. Determine the length of specimen burned either by direct measurement or by subtracting the length of the unburned portion from 250 mm.

26.9 Result (method C)

26.9.1 The following shall be reported for method C:

- a) all measured values for the time of burning in seconds;
- b) all measured values for length of specimen burned in millimetres.

26.9.2 The following are the results for method C:

- a) the maximum time, in seconds, that any specimen continues to burn after removal of the gas flame, unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3;

- b) the maximum burned length, in millimetres, of any specimen, unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

27 Oxygen index

27.1 Oxygen index at ambient temperature

The test shall be carried out in accordance with ISO 4589-2 upon specimens which conform to configuration IV. This will require that a $(3 \pm 0,25)$ mm thick molded sheet be prepared from the material from which the sleeving is fabricated. If the sleeving is crosslinked, the sheet shall be crosslinked to the same degree as the sleeving.

The specific ignition procedure shall be specified in the specification sheets of IEC 60684-3.

27.2 Oxygen index at elevated temperature

The test shall be carried out in accordance with ISO 4589-3 upon specimens described in 27.1.

The specific ignition procedure shall be specified in the specifications sheets of IEC 60684-3.

28 Transparency

28.1 Number of test specimens

One specimen shall be tested.

28.2 Form of test specimen

The bore and wall thickness of the sleeving to be tested shall be specified in IEC 60684-3. The sleeving shall be approximately 100 mm long, split longitudinally and opened flat.

28.3 Procedure

Place the split sleeving over printed text of 8-point Helvetica medium type, similar to that printed below:

A c k l d e w g y m 0

Observe if it is possible to read these characters through the specimen of sleeving using normal reading vision.

28.4 Result

Report the observation as the result.

29 Ionic impurities test

29.1 General

Conductivity values shall be determined on water extracts obtained and measured in accordance with IEC 60589.

29.2 Result

The result is the central value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

30 Silver staining test

30.1 Principle

In this test, specimens of sleeveings are placed in contact with silver foil and both are exposed to an elevated temperature. The darkness of any stain on the silver foil is then compared with that of a strip of film of the standard shade which is part of the stain tester.

30.2 Number and form of test specimens

Three specimens shall be cut so as to expose a fresh annular surface. The length shall be not less than the wall thickness but short enough for the sleeving to be stable when standing vertically.

30.3 Stain tester

The stain tester consists of a rectangular piece of photographic film, with a strip exposed so that it darkens to a defined density known as the standard shade. This strip is approximately 3 mm wide and equidistant from each side.

The stain tester shall fulfill the following requirements when measured in accordance with ISO 5-1 to ISO 5-4:

- the clear photographic film background shall have a visual density not greater than 0,050;
- the difference in density between the standard shade and the clear photographic film background shall be $0,015 \pm 0,005$.

30.4 Procedure

Each test specimen shall be placed with the freshly cut surface downward on a larger piece of analytical silver foil which has been thoroughly cleaned and polished with jeweller's rouge and water and rubbed dry with a clean cloth.

The foil shall be placed with the specimens resting on it, in a suitable oven and maintained at $70\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ for $(30 \pm 2)\text{ min}$ unless otherwise specified in the specification sheets of IEC 60684-3.

Each test specimen shall then be removed from the foil and the silver visually examined for staining. If any stain is observed, it shall be viewed through the clear part of the stain tester adjacent to the standard shade. Observe whether or not the specimen stain is darker than the standard shade.

30.5 Result

Report all observations as the result.

31 Electrolytic corrosion resistance

31.1 General

Tests shall be made in accordance with one or more of the three methods given in IEC 60426. The method to be used will be specified in IEC 60684-3.

31.2 Number of test specimens

The number of test specimens for each of the methods shall be as follows:

- a) visual method: three specimens;

- b) wire tensile strength method: five specimens;
- c) insulation resistance method: five specimens.

32 Corrosion resistance (tensile and elongation)

32.1 Principle

This test determines the interaction between copper and sleeving.

32.2 Number and form of test specimens

Five specimens, each at least 150 mm long, shall be slit lengthwise and then placed over straight clean bare copper mandrels. The sleeving shall be secured at the ends using copper wire. The mandrel shall normally be a copper tube for specimens of bore greater than 6 mm, but for specimens of bore equal to 6 mm or less, the mandrel may be a solid copper rod. The mandrel diameter shall be 10 % to 20 % greater than the bore of the sleeving specimen.

32.3 Procedure

Each specimen, while still on the mandrel, shall first be conditioned for 24 h in an atmosphere of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$ and not less than 90 % relative humidity. It shall then be transferred to an oven and heated at $160\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ K}$ for $(168 \pm 2)\text{ h}$, unless otherwise specified in IEC 60684-3. After removal from the oven, it shall be allowed to cool.

Each specimen shall then be removed from the mandrel and both the mandrel and specimen examined for signs of chemical interaction, such as pitting or corrosion of the mandrel. Adhesion of the sleeving to the mandrel or darkening of the copper due to normal air oxidation shall be ignored.

Each specimen shall then be tested for tensile strength and/or elongation at break in accordance with Clause 19.

32.4 Result

Report all observations of chemical interaction as the result.

Report all measured values for tensile strength and/or elongation. The results for these characteristics shall be the central values unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

33 Copper corrosion (presence of corrosive volatiles)

33.1 Principle

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

33.2 Apparatus

- Test tubes: 13 mm × 300 mm.
- Copper-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 $(10 \pm 5)\%$ 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.

33.3 Number and form of test specimens

One test shall be carried out using two specimens of sleeving, each inserted into a separate test tube with a third test tube being used as a control.

For sleeving of bore less than 3 mm, each specimen shall be a cut length of sleeving having a total outer surface area of approximately 150 mm².

For sleeving of bore 3 mm or greater, each specimen shall be a strip approximately 6 mm × 25 mm cut longitudinally.

33.4 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 34.2, 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 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 60684-3.

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. 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 discoloration 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.

33.5 Result

Report the percentage corrosion on each mirror. The result is the average observed percentage corrosion.

34 Colour fastness to light

34.1 Principle

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

34.2 Test specimen

A suitable length of sleeving.

34.3 Procedure

A half-covered sleeving 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 60684-3.

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.

34.4 Result

Report all observations as the result.

35 Resistance to ozone

35.1 General

Perform the test in accordance with ISO 1431-1, but with the following changes.

35.2 Number and form of test specimens

Three specimens, each approximately 25 mm in length, shall be tested.

35.3 Procedure

The specimen shall be fitted onto a smooth, ozone-inert mandrel having a low coefficient of friction, for example PTFE, to normalize the stress. Choose a mandrel diameter that will increase the sleeving diameter by the amount specified in IEC 60684-3. The mounted sleeving shall be exposed for the time, temperature and ozone concentration specified in IEC 60684-3.

After removal from the ozone-rich atmosphere, the sleeving shall be examined for cracks using normal reading vision unless otherwise specified in IEC 60684-3.

35.4 Result

Report all observations as the result.

36 Resistance to selected fluids

36.1 Principle

It is necessary to define the following:

- a) choice of fluid;
- b) temperature of immersion;
- c) duration of immersion;
- d) method of assessment.

36.2 Choice of fluid

When not specified in IEC 60684-3, 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.

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

36.3 Methods of assessment

- a) Breakdown voltage, Clause 21.
- b) Tensile strength and/or elongation at break, Clause 19.
- c) Visual examination.
- d) Change in mass.
- e) Any other method as specified in IEC 60684-3.

36.4 Number and form of test specimens

The number of test specimens is dependent on the method of assessment. Specimens shall be selected in accordance with the requirements of Clause 19 or Clause 21 or, if visual or change in mass assessment is used, then three specimens each approximately 25 mm long shall be used.

Alternatively, specimens in accordance with Clause 19 may be used for visual and change in mass assessment.

36.5 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 60684-3.

The specimens shall then be removed from the fluid, allowed to drain for 45 min to 75 min unless otherwise specified in IEC 60684-3 and then lightly wiped. They shall then be tested by one or more of the methods given in 36.3 at ambient temperature. When the change in mass test is required, they shall be re-weighed and the change in mass calculated as a percentage of the pre-immersion mass.

NOTE Where tensile strength is used for the assessment, the cross-sectional area should be determined before immersion. If change in mass is used, the specimens should be weighed to the nearest 0,0002 g before immersion.

36.6 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 a 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.

37 Thermal endurance

The principle is as follows: this test is to be made generally in accordance with the IEC 60216 series. As thermal endurance is a material-dependent phenomenon, individual test procedures and end points to be used are given in the appropriate sheets of IEC 60684-3.

38 Mass per unit length

38.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

38.2 Procedure

Masses shall be measured on sleeving in the as supplied state.

Unless otherwise specified, the test shall be carried out on squarely cut (with the cut face lying perpendicular to the longitudinal direction) specimens of sleeving approximately 100 mm in length. After cutting, the length (L) shall be measured to an accuracy of ± 1 mm. The length when measured from different positions around the circumference shall not vary by more than ± 1 mm from the value used for calculation purposes.

Any method for the determination of the mass may be used which can ensure an accuracy of 1 % or 0,01 g for the 100 mm length of sleeving (whichever is the lower value).

38.3 Result

The mass M for 1 m is calculated as follows:

$$M = \frac{m_1 \times 1000}{L} \text{ (g/m)}$$

where

m_1 is the mass of the specimen (g);

L is the measured length of the specimen (mm).

Report all values for mass per unit length. The result is the mean value unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

39 Heat ageing

39.1 Number and form of test specimens

Prepare five specimens in accordance with Clause 19.

39.2 Procedure

Expose these specimens by suspending from one end in an oven conforming to IEC 60216-4-1 or IEC 60216-4-2 for a period of (168 ± 2) h, unless otherwise specified, and at the temperature specified in IEC 60684-3. Remove the specimens from the oven and allow them to cool **and then condition for between 16 h and 96 h at $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$** . Perform the test for tensile strength and/or elongation at break in accordance with Clause 19 and as specified in IEC 60684-3. Also, when specified in IEC 60684-3, lengths of full section sleeving, after removal from the oven and allowed to cool, shall be bent back on themselves 180 degrees and immediately released. After a minimum of 1 min the specimen shall be examined without the aid of magnification.

39.3 Report (Bend test)

Report circular form is similar to that before bending (an oval shape is acceptable) and any cracks. Internal cracks can be detected by circumferential depressions on the outer surface of the specimen. External kink lines shall not be considered a failure.

NOTE Do not age sleeveings of different types in the same oven as this may influence the result.

40 Water absorption

40.1 General

Perform this test in accordance with method 1 of ISO 62, unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

40.2 Result

Report all measured values; the result is the mean unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

41 Restricted shrinkage (applicable to heat-shrinkable sleeving only)

41.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

41.2 Form of test specimen

Cut three lengths of sleeving, each approximately 150 mm long, from the sample of sleeving in the expanded state.

41.3 Apparatus

Provide a series of metallic mandrels having the form and dimensions shown in Figure 13. Care shall be taken that all sharp edges are deburred.

41.4 Procedure

Select a mandrel having a D diameter equal to the specified expanded diameter and a d diameter equal to the specified recovered diameter of the sleeving being tested. With the test mandrel at room temperature, position the specimen on the mandrel and place it in an oven preheated to the temperature specified in IEC 60684-3 for the sleeving being tested. Allow the specimen to shrink fully and then allow the assembly to remain in the oven at this temperature for an additional (30 ± 3) min.

At the end of the heating period, remove the mandrel and specimen from the oven and allow to cool to room temperature.

Examine each specimen for evidence of cracking or splitting.

Wrap a strip of electrically conductive foil approximately 13 mm wide and not more than 0,025 mm thick centrally over the section of diameter D (see Figure 13). Apply a second layer of foil tightly against the first to ensure electrical contact, leaving a short length free for an electrical connection. Remove a portion of the sleeving from one end of the mandrel to expose a short length for the purpose of making a second electrical connection, making sure that sufficient sleeving remains between the points of connection and the foil electrode to avoid flashover during the voltage proof test.

NOTE As an alternative to foil, a conductive paint may be used.

Apply a proof voltage between the electrodes at a rate of 500 V/s to the level specified in IEC 60684-3 and hold for a period of 1 min. Record the voltage used and any breakdown that may occur.

41.5 Result

Report any evidence of cracking or splitting, or lack thereof, and the outcome of the voltage proof test for each of the three specimens as the results.

42 Colour stability to heat

42.1 Number of test specimens

Three specimens shall be tested.

42.2 Form of test specimens

Cut three lengths of sleeving, each approximately 100 mm long, from the sample of sleeving.

42.3 Procedure

Suspend the specimens in an oven for the time and at the temperature specified in IEC 60684-3. 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 60684-3.

42.4 Result

Report the time and temperature used. The outcome of the visual examination for each specimen is the result.

43 Smoke index

43.1 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 13943 apply.

43.2 Principle

Strips cut from a sample sleeve 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.

43.3 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 14 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.

43.4 Number and form of test specimen

Split and open out a length of sleeving from which to prepare strips of material approximately 75 mm long. The thickness and minimum width of the strips shall be specified in the relevant sheets of IEC 60684-3. The number of strips shall be sufficient to completely cover the face area of the test piece holder.

43.5 Conditioning

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

43.6 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 strips.

Place the test piece holder face down onto a flat surface and insert the wire mesh. Position each strip in the holder without overlapping in a parallel arrangement, ensuring that spaces are not left between the strips, so that when the holder is in the test position the strips are vertical.

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

NOTE See Figure 15 which gives the front view of the smoke index test piece holder showing the vertically mounted strips.

43.7 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.

43.8 Procedure

43.8.1 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.

43.8.2 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 43.3 b). Note the settings of the rotameters. Turn off the gases.

43.8.3 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.

43.8.4 Stabilize the output of the furnace 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.

43.8.5 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.

43.8.6 Turn on the gas supply (300^{+10}_0) s after the start of the test and immediately adjust its flow rate to that previously noted in 43.8.2.

43.8.7 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 delamination, 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.

43.8.8 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 .

43.8.9 Throughout the test period, adjust the ranging of the photodetector amplifier system to maintain the level of the readings recorded for the percentage light transmission at least 10 % of the full-scale value.

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

43.8.11 Repeat the test on two further test pieces prepared from the sample sleeve.

NOTE Providing no adjustments to the test apparatus have been made that would affect the calibration or the flame condition, the same settings may be used for the testing of the replicate test pieces.

43.9 Calculation of results

43.9.1 General

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 43.9.2.

43.9.2 Correction of transmittance values

43.9.2.1 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.

43.9.2.2 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

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.

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

43.9.2.4 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. $T_{min.c}$.

43.9.2.5 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 43.9.2.3 and correct this value using the correction factor calculated 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 43.9.2.2.

43.9.2.6 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.

43.9.2.7 Convert the corrected values for specific optical density obtained using 43.9.2.6 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.

43.9.3 Calculation of the smoke index

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

$$\text{smoke index} = \frac{D_{sT \min.(c)}}{t_{\min.}}$$

where

$D_{sT \min.(c)}$ 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.

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

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

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 is 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 %.

43.10 Results

43.10.1 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 60684-3.

43.10.2 Report also a description of the burning behaviour (see 43.8.7) as a result.

43.10.3 Report the wall thickness of the sleeving and width of the strips used to prepare each test piece.

43.10.4 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.

44 Toxicity index

44.1 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 considered concentration expressed as a factor of the concentration fatal to man at a 30 min exposure time (see 44.9). An index of 1 for a given volume will, on average, produce fatality in 30 min.

44.2 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 of each gas to produce fatality in 30 min as a base, to derive the combined toxicity index.

44.3 Apparatus

44.3.1 General

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.

44.3.2 Test chamber

The test chamber shall consist of an airtight enclosure of at least 0,7 m³ 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 of the chamber.

44.3.3 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 $1\,150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ K}$ 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.

44.3.4 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.

44.3.5 Timing device

A timing device shall be capable of measuring up to 5 min within an accuracy of $\pm 1\text{ s}$.

44.3.6 Gas sampling and analytical equipment

44.3.6.1 Gas sampling

In order to minimize 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 airtightness of the chamber.

44.3.6.2 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 44.9.

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

44.4 Test pieces

44.4.1 General

From the sleeving, 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.

NOTE For heat-shrinkable materials, the test pieces should be cut from fully recovered sleeving.

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

44.4.2 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.

44.5 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.

44.6 Test procedure

44.6.1 Determination of background correction factor

44.6.1.1 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 44.3.3. 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.

44.6.1.2 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 of these gases. Where the method of analysis is to be carried out using colourimetric tubes, these shall be placed in position within the chamber.

44.6.1.3 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.

44.6.1.4 Forcibly extract all fumes from the chamber with it open to free air for a period of 3 min. Repeat the procedure from 44.6.1.2 to 44.6.1.3 but maintain the burning conditions for $2 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ and $3 \text{ min} \pm 1 \text{ s}$ in separate determinations.

44.6.1.5 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.

44.6.2 Determination of evolved gases

44.6.2.1 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.

44.6.2.2 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.

44.6.2.3 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 $1\,150\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 50\text{ K}$. 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.

44.6.2.4 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.

44.6.2.5 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 commence 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.

44.6.2.6 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.

44.6.2.7 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.

44.7 Calculation of toxicity index

44.7.1 Calculate the concentration of each of the gases produced C_0 when 100 g of material is fully burnt and the products 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.

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

$$\text{toxicity index} = \frac{C_{10}}{C_{f1}} + \frac{C_{20}}{C_{f2}} + \frac{C_{30}}{C_{f3}} + \frac{C_{40}}{C_{f4}} + \dots + \frac{C_{n0}}{C_{fn}}$$

where

$C_{10}, C_{20}, C_{30}, C_{40}, \dots, C_{n0}$ represents the calculated concentration of each gas produced from 100 g of material (ppm);

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

44.8 Toxic constituents

The analysis of the products 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.			

44.9 Values for C_f

For the purpose of this test the following values for C_f (the concentrations of each gas considered fatal to a man in a 30 min exposure period, given in parts per million) shall be used to calculate the toxicity indices:

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

44.10 Result and report

The result is the central 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 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 specifications.

45 Halogen content

45.1 Method for the determination of low levels of chlorine and/or bromine and/or iodine

45.1.1 Principle

45.1.1.1 General

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.

45.1.1.2 Apparatus

- a) Oxygen flask.
- b) Pipettes.
- c) Volumetric flasks.
- d) Ultraviolet/visible spectrophotometer.

45.1.1.3 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 $\mu\text{g}/\text{ml}$).

45.1.2 Procedure

A 30 mg sample of the material is burned in a 1 l 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, 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.

45.1.3 Using this method, 0,014 % of halogen may be measured.

45.2 Determination of low levels of fluorine

45.2.1 Principle

45.2.1.1 General

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[1]

45.2.1.2 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.

45.2.1.3 Reagents

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

b) 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.

c) Standard fluoride solution prepared from sodium fluoride.

d) Dodecanol.

e) 0,5 M sodium hydroxide solution.

45.2.2 Procedure

45.2.2.1 General

Place an accurately weighed sample of material (25 mg-30 mg) in a 1 l 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 absorbant. 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.

45.2.2.2 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.

45.2.2.3 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.

¹ Figures in square brackets refer to the Bibliography.

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.

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

45.3 In order to determine total halogen content of the material under test, the methods described in both 46.1 and 46.2 shall be used.

46 Acid gas generation

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

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

47 Hot elongation and hot set

47.1 Number and form of test specimens

Two specimens shall be tested. The specimen form marked with reference lines is specified in the applicable sheet of IEC 60684-3 and is described in 19.1 for full section sleeving and 19.2 for dumb-bell specimens.

47.2 Test apparatus

The apparatus shall consist of an oven, a set of specimen clamps and weights. The upper clamp shall be mounted in an oven such that the test specimen is suspended vertically. The lower detachable specimen clamp shall be provided with an arrangement for attaching weights.

NOTE An airtight seal should be avoided for full-section sleeving by inserting a short metal pin, smaller than the bore of the specimen, into the specimen at one end before clamping.

47.3 Procedure

The test temperature, weight and specimen form shall be as specified in the applicable sheet of IEC 60684-3.

NOTE The specified weight is the total of the weight of the lower clamp plus any attached weights.

Heat the clamps and weights to the specified temperature. Then insert the specimen into the upper and lower clamps such that the reference lines are exposed. Attach the weights carefully to the lower clamp and allow the oven to stabilise. Maintain the oven at the specified temperature for 15 min ± 30 s.

After this time, measure the distance between the reference lines by any of the means specified in 19.2.5. If the door must be opened, perform the measurement within 30 s.

Calculate the percentage elongation as specified in 19.2.6 or 19.2. This is the hot elongation.

Cut the weight from the test specimen at the lower clamp. Allow the specimen to recover at the specified temperature for 5 min ± 30 s. Then remove the specimen from the oven and allow the specimen to cool to standard ambient temperature. Remeasure the distance between the reference lines and calculate the percentage elongation as specified in 19.2.6 or 19.2. This is the hot set.

47.4 Results

Report all values. The result is the average of hot elongation and the average of the hot set.

48 Tension set (applicable to elastomeric sleeving only)

48.1 Number and form of test specimens

Two specimens shall be used.

For sleeving of nominal bore 8 mm or less, lengths of sleeving 120 mm or greater shall be used. Above 8 mm nominal bore, dumb-bells conforming to type 2 of ISO 37 (see Figure 5) shall be cut longitudinally from the sleeving. Mark each specimen with two lines 20 mm apart, perpendicular to the longitudinal axis of the specimen, and approximately equidistant from each end.

48.2 Conditioning

Unless otherwise specified in IEC 60684-3, the test specimens shall be kept at $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ for at least 1 h immediately before testing.

48.3 Procedure

Unless otherwise specified in IEC 60684-3 each specimen shall be stretched at $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ until the lines are (80 ± 2) mm apart, taking approximately 10 s to complete the stretching, and held in the stretched position for $10\text{ min} \pm 30\text{ s}$. They shall then be gently released and allowed to recover freely on a smooth flat surface for $10\text{ min} \pm 30\text{ s}$. For each specimen, measure the distance between the lines after recovery and calculate the percentage difference from the initial lengths.

48.4 Result

Report all values; the result is the mean unless specified otherwise in the specification sheets of IEC 60684-3.

49 Tear propagation (applicable to elastomeric sleeving only)

49.1 Number and form of test specimens

Two specimen sleeves 15 mm to 20 mm long shall be tested.

49.2 Without tear initiation

Each sleeve shall be fitted over a suitable nonferrous mandrel. The degree of expansion shall be specified in IEC 60684-3. The sleeves on the mandrel shall then be suspended in an oven for the time and at the temperature specified in IEC 60684-3. After the specified period, they shall be examined for splitting.

49.3 With tear initiation

Sufficient specimen sleeves to carry out the test shall be aged in an oven at the temperature and for the time specified in IEC 60684-3. Upon removal from the oven, the sleeves shall be allowed to stabilise at room temperature for $2\text{ h} \pm 10\text{ min}$.

Each sleeve shall be fitted over a suitable nonferrous mandrel. Unless specified otherwise in IEC 60684-3, the mandrel diameter shall be three times that of the nominal bore of the sleeves. To ease fitting, a minimum amount of a suitable non-deleterious lubricant having a low coefficient of friction, for example PTFE, may be applied to the mandrel. Each specimen shall

be fitted onto the mandrel on the first attempt. If unsuccessful, the sleeve shall be discarded and another specimen used until two have been fitted. After fitting, a cut $1\text{ mm} \pm 0,5\text{ mm}$ long shall be made in one end of each sleeve through the complete wall thickness, parallel to the axis of the mandrel. Unless specified otherwise in IEC 60684-3, examine the sleeves 1 h after making the cut.

49.4 Results

Report any splitting of the mandrel as the result.

50 Long term heat ageing (3 000 h)

50.1 Number and form of test specimens

The number and form of specimens depend on the method of test. Specimens shall generally be selected in accordance with the requirements of Subclause 19.2 or Clause 21 and shall be as specified in the appropriate sheet of IEC 60684-3. Prepare sufficient specimens to enable six sets of measurements to be performed.

50.2 Procedure

Retain and test one set of specimens to establish the initial (unaged) value of the property or properties to be measured. 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 60684-3. See note 2 in Clause 1 (Scope) of 60216-4-2 for guidance on the type of oven to use. At the end of each $(25 \pm 0,5)$ days or (600 ± 12) h, remove a set of test specimens and allow them to cool to room temperature, unless otherwise specified. Perform the appropriate test(s) on that set of test specimens. Continue until 125 days or 3000 h of ageing time have elapsed and perform the test(s) on the set of specimens aged for that period.

50.3 Result

Report all values. The results shall meet the requirements of IEC 60684-3.

51 Dynamic shear at ambient temperature

51.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of dual wall sleeveings under shear conditions when bonded to an aluminium substrate.

51.2 Apparatus

Aluminium strips $(100 \pm 5)\text{ mm} \times (25 \pm 1)\text{ mm} \times (0,9 \pm 0,1)\text{ mm}$

Degreasing solvent: Methyl ethyl ketone

Specimen assembly fixture (see Figure 16)

Silicone release paper

320 grit abrasive

Tensile test machine

Oven (for method 52, Dynamic shear at elevated temperature)

Mass $1,4\text{ kg} \pm 0,1\text{ kg}$

Suitable mass to flatten specimens

51.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared. Three strips of aluminium shall be abraded and degreased on one side on a length of at least 20 mm from one end. Three lengths of sleeving at least 120 mm long shall be recovered in an oven for the time and temperature as specified in IEC 60684-3. Immediately after removal the sleeving shall be cut open longitudinally and laid flat on the silicone release paper, with the inside coated surface in contact with the silicone paper. A weight of sufficient mass to keep the specimens flat shall be placed on top. This assembly shall be allowed to cool to room temperature before the weight is removed. Any other suitable method for flattening the sleeving may be used.

The three specimens of the sleeveings shall be finally cut longitudinally, (100 ± 5) mm $\times$ (25 ± 1) mm.

The aluminium strips and cut sleeving specimens shall be assembled as shown in Figure 1, with the coated surface of the sleeving in contact with the abraded surface of the aluminium, overlapped between 12,5 mm and 14,2 mm. The 1,4 kg mass shall be preconditioned in an oven for at least 1 h at the assembly conditioning temperature as specified in IEC 60684-3. The whole assembly, as shown in Figure 1, shall be placed in an oven for the time and temperature as specified in IEC 60684-3. The assembly shall then be removed from the oven and allowed to cool to room temperature before the weight is removed.

51.4 Procedure

Insert the specimen in the tensile test machine by clamping at least 25 mm of the aluminum strip in the top jaw and at least 25 mm of the sleeving in the bottom jaw. The rate of jaw separation shall be (50 ± 5) mm/min. Record the breaking load for each specimen.

51.5 Result

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

52 Dynamic shear at elevated temperature

The test specimens shall be prepared in accordance with 51.3.

The procedure shall be in accordance with 51.4 except that the test is performed in an oven mounted in the tensile test machine. The test specimens shall be pre-conditioned in the test oven and at the temperature of test for at least 30 min. The test temperatures shall be as specified in IEC 60684-3.

53 Dynamic shear after heat shock and heat ageing

The test specimens shall be prepared in accordance with 51.3.

The test specimens shall be sandwiched between two PTFE or PTFE coated aluminium plates as shown in Figure 17 with the bolts just sufficiently tight to ensure the specimens remain flat during the heat shock or heat ageing periods. The assembly shall be conditioned in an oven for the time and temperature specified in IEC 60684-3. The test specimen shall be removed from the oven and allowed to cool to room temperature before they are removed from the aluminum plates.

The test specimens shall then be tested in accordance with 51.4.

54 Rolling drum peel to aluminium

54.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of dual wall sleeveings under peel conditions when bonded to an aluminium substrate.

54.2 Apparatus

Aluminium tube with outside diameter of $(9,5 \pm 0,25)$ mm, approximately 35 mm long unless otherwise specified in IEC 60684-3

Degreasing solvent: methyl ethyl ketone

Free rolling drum (see Figure 18)

Paper or adhesive masking tape

320 grit abrasive

Tensile test machine

Oven

54.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared. Abrade the aluminium tubes with the 320 grit abrasive and then degrease with methyl ethyl ketone. Fix a narrow strip of adhesive masking tape longitudinally on the aluminium tube. Cut lengths of sleeving (25 ± 1) mm long and position centrally over the aluminium tube and condition in an oven for the time and temperature as detailed in the IEC 60684-3, by suspending horizontally. Remove the test specimens from the oven and allow to cool to ambient temperature. Cut longitudinally along the edge of the paper or adhesive tape and lift to provide a flap of material.

54.4 Procedure (see Figure 3)

Measure the width of the sleeving to the nearest millimetre on the aluminum tube. Insert the rolling drum into the aluminum tube of the test specimen. Clamp the rolling drum support into the bottom grip of the tensile test machine and the flap of material into the upper grip. Pull the test specimen apart at a constant rate of (50 ± 5) mm/min.

Record the peel force in newtons over the entire peeling operation. Calculate the average peel force by ignoring the first and last 10% of the peel trace, take 5 readings at equal distances apart from the remainder of the peel trace, add together and then divide by 5.

Calculate the peel strength using the following formula.

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

54.5 Result

The result shall be the mean of the three peel strengths.

55 Aluminium rod dynamic shear

55.1 Principle

This test is designed to evaluate the adhesive bond strength of dual wall sleeveings under dynamic shear conditions when bonded to an aluminium rod.

55.2 Apparatus

Aluminium rods (100 ± 5) mm long × diameters as specified in IEC 60684-3

Degreasing solvent: methyl ethyl ketone

320 grit abrasive

Hot air gun

Masking tape approximately 25 mm wide (see Figure 19)

Tensile test machine (with oven when appropriate)

Oven

55.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared. Three aluminium rods shall be lightly abraded with a 300 grit abrasive and degreased with the Methyl ethyl ketone. Wrap a length of the 25 mm wide masking tape completely round the aluminium rod in the position shown in Figure 19. Three lengths of sleeving at least 100 mm long shall be recovered, using the hot air gun to ensure the correct positioning of the sleeving onto the aluminium rods as shown in Figure 19. The assembly shall then be conditioned in an oven for the time and temperature specified in IEC 60684-3. Remove the assemblies from the oven and allow to cool to room temperature. Remove the section of the sleeving which overlaps the masking tape as shown in Figure 20.

55.4 Procedure

Insert the specimen vertically in the tensile test machine. If the test is to be performed at elevated temperature, pre-condition all three test specimens in the tensile test machine oven for at least 30 min.

Grip at least 25 mm of each end of the test specimen in the jaws of the tensile test machine. The rate of jaw separation shall be (50 ± 5) mm/min. Record the maximum load for each test specimen.

55.5 Result

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

56 Sealing

56.1 Principle

This test is designed to evaluate the sealing of dual wall sleeving when bonded to an aluminium substrate and subjected to internal air pressure.

56.2 Apparatus

Sealed aluminum tube with air valve, (30 ± 1) mm external diameter × 400 mm long (Figure 21)

Aluminium foil approximately 25 mm wide × (0,2 ± 0,05) mm thick × approximately 100 mm long

320 grit abrasive

Tissue paper

Degreasing solvent: methyl ethyl ketone

Compressed air line

Water bath

56.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared. Lightly abrade the surface of the sealed aluminium tube with the 300 grit abrasive, degrease with the tissue soaked in methyl ethyl ketone. Pre-condition the aluminium tube in an oven at 100°C for at least 30 min.

Remove the mandrel from the oven and place the aluminium foil centrally over the four holes. Cut three 175 mm lengths of sleeving with a recovered diameter of 25 mm. Recover a length of sleeving centrally over the four holes in accordance with the manufacturer's recommendations. Place the assembly in an oven for the time and temperature specified in IEC 60684-3. Remove from the oven and leave at room temperature for at least 24 h.

56.4 Procedure

The assembly shall be maintained at a constant pressure as specified in IEC 60684-3 using clean dry compressed air, immersed in the water bath and then conditioned for (24 ± 1) h at the temperature specified in IEC 60684-3. The assembly shall be checked periodically and after 24 h for any air bubbles escaping from the ends of the sleeving.

56.5 Result

Observation of air bubbles escaping from the ends of the sleeve specimens.

57 Adhesive T peel strength of two bonded heat-shrinkable substrates

57.1 Principle

This test is designed to evaluate the strength of the adhesive bond between two pieces of heat-shrinkable sleeving.

57.2 Apparatus

Metal tube with outside diameter of (25 ± 5) mm

Degreasing solvent: methyl ethyl ketone

Paper cutter, shears or other cutting equipment capable of cutting thick specimens

Adhesive masking tape

320 grit abrasive

Tensile test machine

Heat gun

Oven

57.3 Form and number of test specimens

Three test specimens shall be prepared. Heat recover a length of the heat-shrinkable sleeving on the metal tube, approximately 150 mm long. Cool the recovered sleeving to room temperature and lightly abrade the outside of the sleeving and the insides of three 40 mm lengths of a second heat-shrinkable sleeving with a 320 grit abrasive. Wipe the abraded surfaces with a clean cloth or paper towel wet with methyl ethyl ketone and allow to dry 20 min to 30 min. For tape adhesives, spiral wrap the tape (with a 50 % overlap) over the recovered sleeving. For liquid adhesives, spread the adhesive over the entire bonding area of the recovered sleeving following the manufacturer's instructions for the application of the adhesive. Place a strip of 20 mm wide paper or adhesive masking tape lengthwise over the applied adhesive to provide free ends to insert into a tensile test machine (see Figure 22).

Place the three lengths of the second heat-shrinkable sleeving, abraded on the inside, over the adhesive and adhesive masking tape, as shown in Figure 22. Recover and condition according to the manufacturer's or supplier's instructions and allow the mandrel assembly to cool to room

temperature. Cut the bonded assembly off the mandrel, following one edge of the adhesive masking tape as shown in Figure 23.

Cut approximately 25 mm wide specimens from the centre of each set of bonded sleeveings as shown in Figure 24.

57.4 Procedure

Measure the average width of each of the three T peel specimens. Insert the free ends of each specimen into the jaws of the tensile testing machine. Pull the specimens at a jaw separation speed of (50 ± 5) mm/min. Record the peel force over the entire peeling operation. Calculate the average peel force by ignoring the first and last 10 % of the peel trace, take 5 readings at equal distances apart from the remainder of the peel trace, add together and then divide by 5.

Calculate the T peel strength using the following formula:

$$\text{T peel strength (N/25 mm)} = \frac{\text{Average peel force (N)} \times 25}{\text{Average specimen width}}$$

57.5 Result

The result shall be the mean of the three T peel strengths.

58 Circumferential extension

58.1 Principle

This test determines the ability of sleeves to withstand radial expansion using a commercially available sleeving tool.

58.2 Number and form of test specimens

Two sets of two specimen sleeves 15 mm to 20 mm long shall be tested.

58.3 Conditioning

One set of specimens shall be conditioned in an ambient temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ for at least 2 h. The second set of specimens shall be aged in an oven for $168\text{ h} \pm 2\text{ h}$ at the temperature specified in IEC 60684-3. Upon removal from the oven, the sleeves shall be allowed to stabilize at room temperature for $2\text{ h} \pm 10\text{ min}$.

58.4 Apparatus

A three or four pronged commercially available device as recommended by the sleeve manufacturer, capable of achieving the required degree of expansion.

Suitable sized mandrels.

58.5 Procedure

For sleeve sizes 2 mm to 10 mm nominal internal diameter (D), the sleeves shall be expanded until they are able to pass over a mandrel of the extension ratio specified in IEC 60684-3.

58.6 Results

Report any splitting.

59 Voltage proof

59.1 Principle

This test determines the ability of sleeves to withstand a minimum proof voltage (R.M.S.).

59.2 Number and form of test specimens

Three 35 mm $\pm$ 1 mm long sleeves shall be tested each fitted to a smooth non-ferrous metal mandrel so that the mandrel protrudes from each end of the sleeve.

A mandrel diameter of twice the nominal internal diameter of the sleeve as specified in IEC 60684-3 shall be used. No lubricant other than distilled water shall be used. The sleeves shall be fitted so that they have uniform wall thickness and are not less than 32 mm long on the mandrel. Whilst on the mandrel, determine the wall thickness in accordance with Subclause 3.2.2.

59.3 Conditioning

The assemblies shall be immersed in distilled water for 24 h $\pm$ 15 min at a temperature of 23 °C $\pm$ 2 K.

59.4 Procedure

The assemblies shall be removed from the water and the surface moisture shall be immediately removed. A strip of metal foil 6 mm wide shall be wrapped round the centre of each sleeve. Alternating voltage with a nominal frequency of 50 Hz and waveform approximately sinusoidal with a peak factor within limits of $\sqrt{2} \pm 7\%$ (1,32 to 1,51) shall be applied between the foil and the mandrel. The voltage shall be increased at a uniform rate so that the required voltage as specified in IEC 60684-3 is reached in approximately 10 s and is maintained at this value for 1 min $\pm$ 5 s.

The test voltage shall be applied within 10 min after the removal of the mandrel from the water.

59.5 Results

Report any breakdown.

60 Thermal shock

60.1 Principle

This test determines the ability of sleeves to withstand extremes of temperature.

60.2 Number and form of test specimens

For each of the following tests, three sleeves shall be fitted to a smooth aluminium mandrel, the diameter of which is twice the nominal internal diameter of the sleeve, to make an assembly. The lengths of the sleeves shall be as follows:

Nominal internal diameter mm	Length of sleeve mm
0,5 to 1,5	4 $\pm$ 1
2,0 to 9,0	7 $\pm$ 2
10 to 25	12 $\pm$ 3

60.3 Conditioning

The assembly shall be conditioned for $48 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ at a temperature of $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$.

60.4 Tests

60.4.1 Test 1

The assembly shall be placed in an oven for $168 \text{ h} \pm 2 \text{ h}$ at the temperature specified in IEC 60684-3.

After this period the assembly shall be transferred within 10 s to a chamber at a temperature of $-65 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3 \text{ K}$ for $60 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$. It shall then be removed from the chamber conditioned for $60 \text{ min} \pm 1 \text{ min}$, at $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$. The assembly shall be vertical throughout the test.

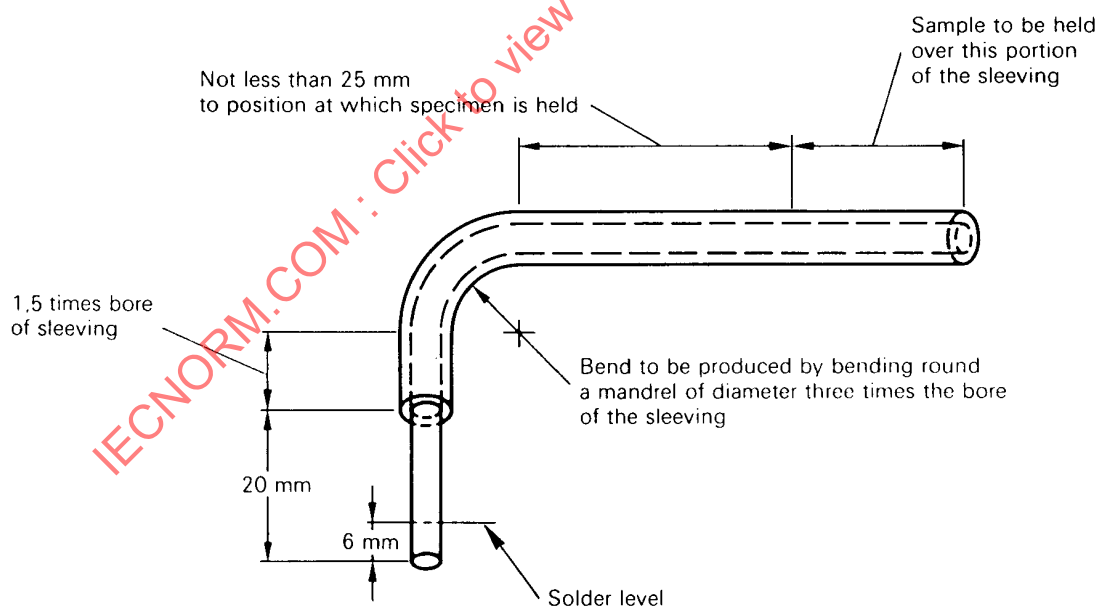
60.4.2 Test 2

The assembly described in test 1 shall be stored vertically for $5 \text{ min} \pm 5 \text{ s}$ in an oven at the temperature specified in IEC 60684-3.

On removal from the oven, the assembly shall be examined.

60.4.3 Results

Report any signs of cracking, splitting, change of colour and slipping off the mandrel under its own weight at any time during the test.



IEC 789/97

Figure 1 – Specimen for test resistance to soldering heat

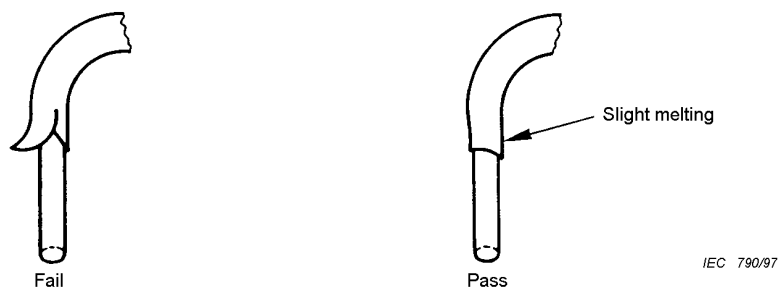
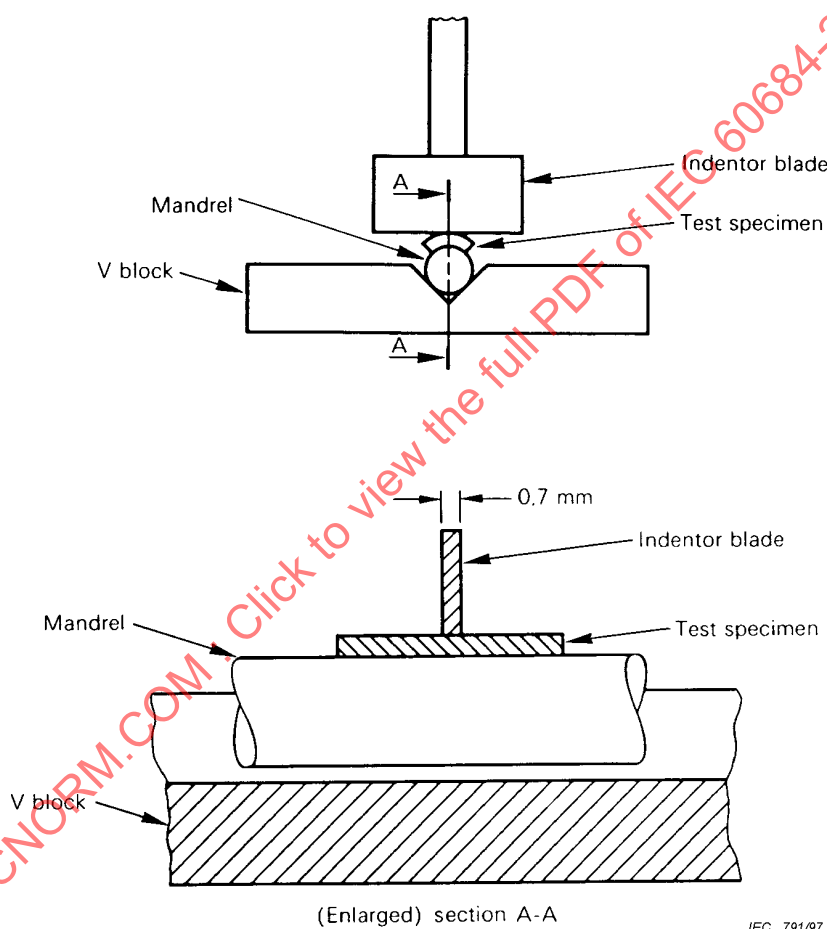


Figure 2 – Examples of sleeving after being subjected to test for resistance to soldering heat

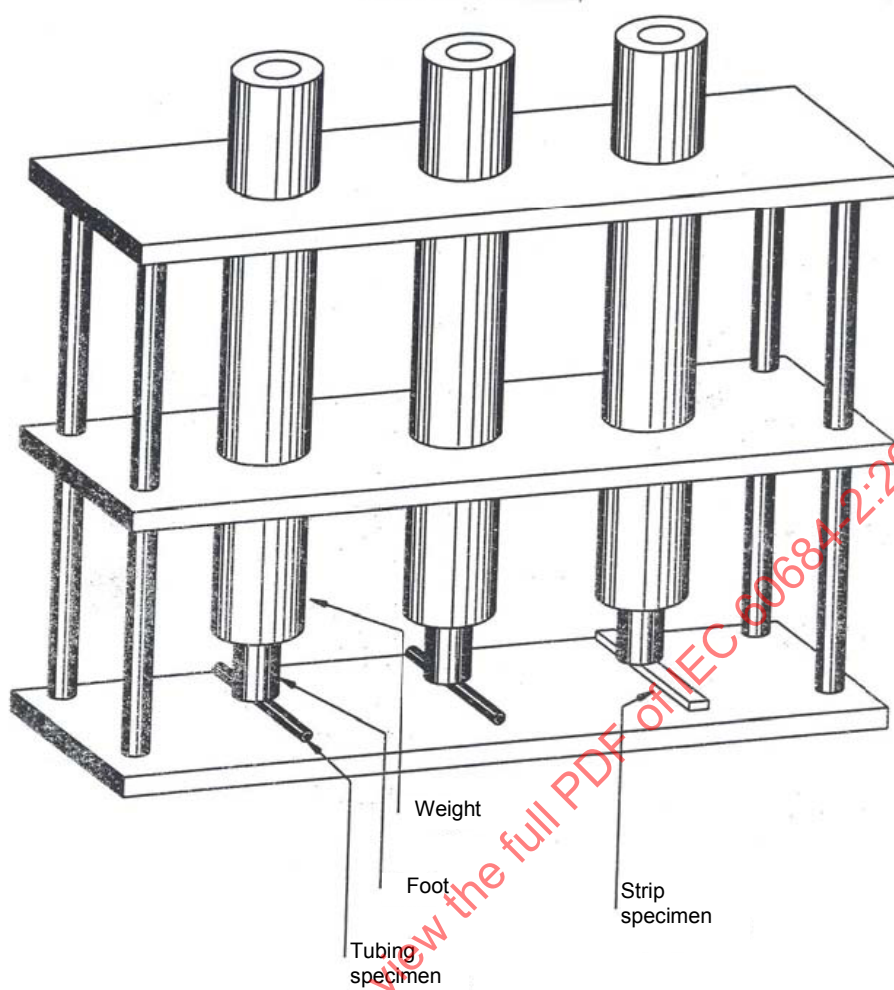


(Enlarged) section A-A

IEC 791/97

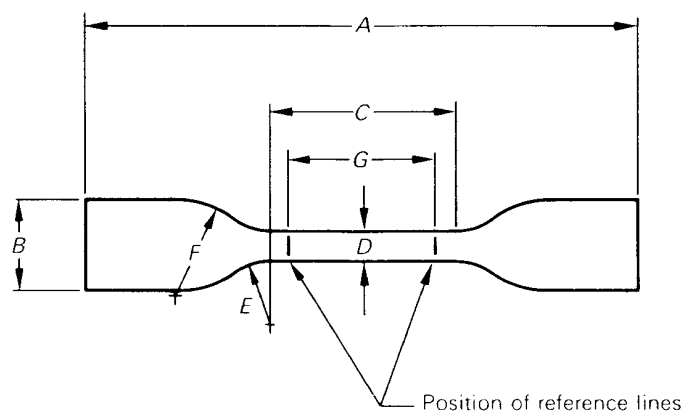
Dimensions in millimetres

Figure 3 – Arrangement for the test for resistance to pressure at elevated temperature (Method A)



IEC 1761/11

Figure 4 – Arrangement for deformation under load (Method B)

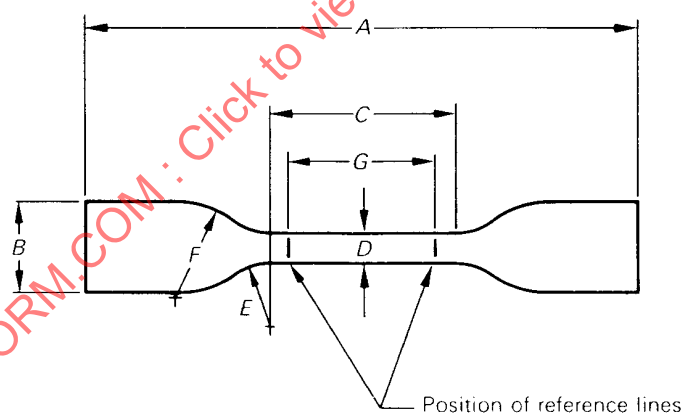


IEC 793/97

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

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

Figure 5 – Dumb-bell specimen for tensile strength test (ISO 37 Type2)

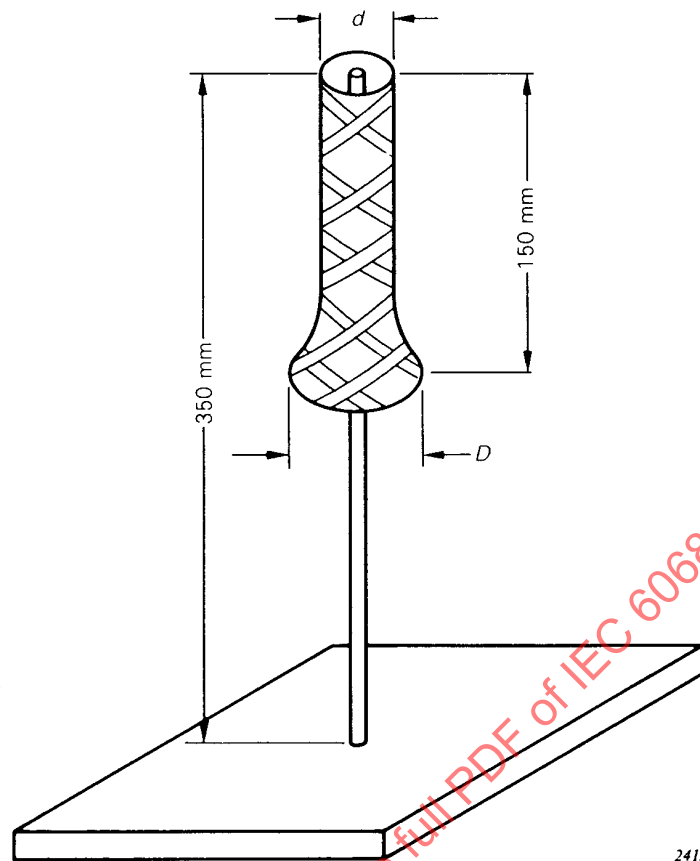


IEC 793/97

A	overall length, minimum	115 mm
B	width at ends	$(25 \pm 1,0)$ mm
C	length of narrow parallel portions	$(33 \pm 2,0)$ mm
D	width of narrow parallel portion	$(6,0 \pm 0,1)$ mm
E	small radius	$(14 \pm 1,0)$ mm
F	large radius	$(25 \pm 2,0)$ mm
G	distance between reference lines	≤ 25 mm

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

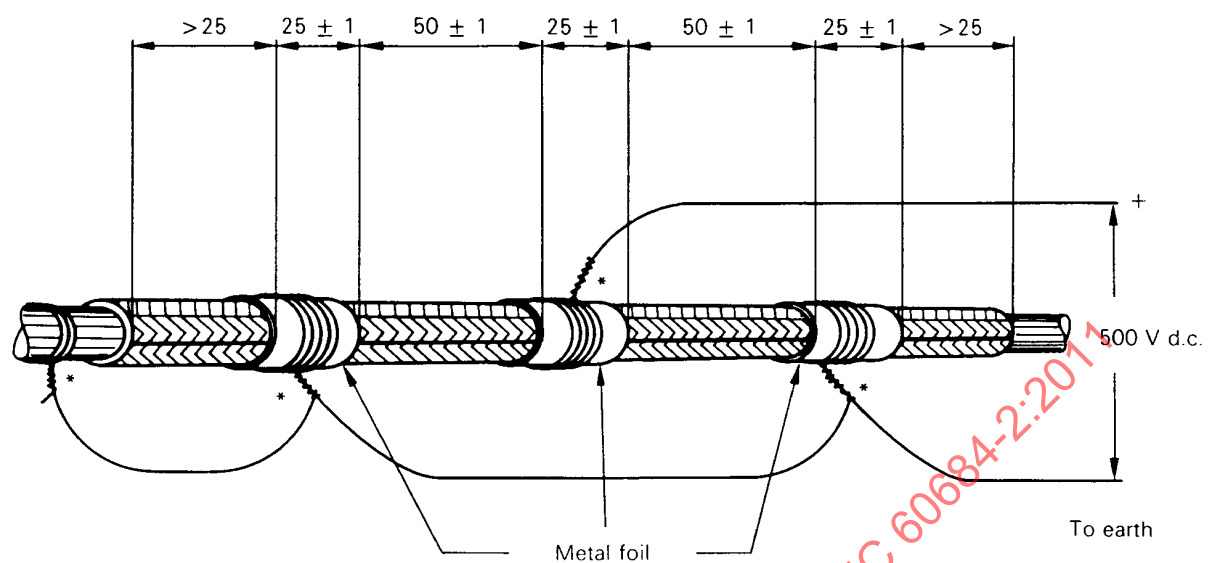
Figure 6 – Dumb-bell specimen for tensile strength test (ISO 37 Type 1)



Dimensions in millimetres

241/84

Figure 7 – Sketch of fray test arrangement

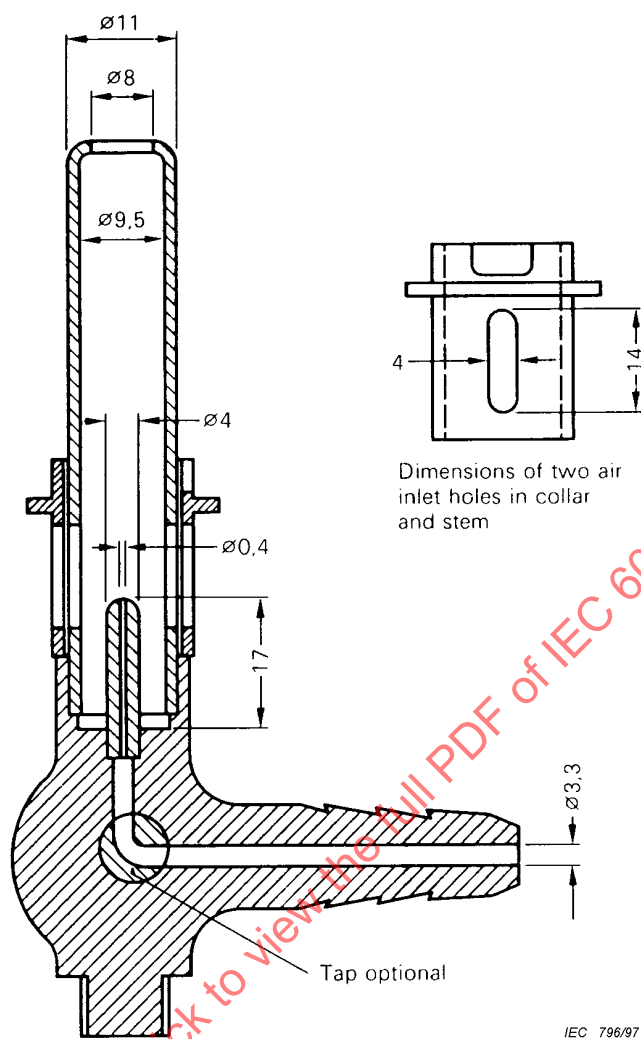


* Wires to be drawn tight and soldered at these points.

IEC 795/97

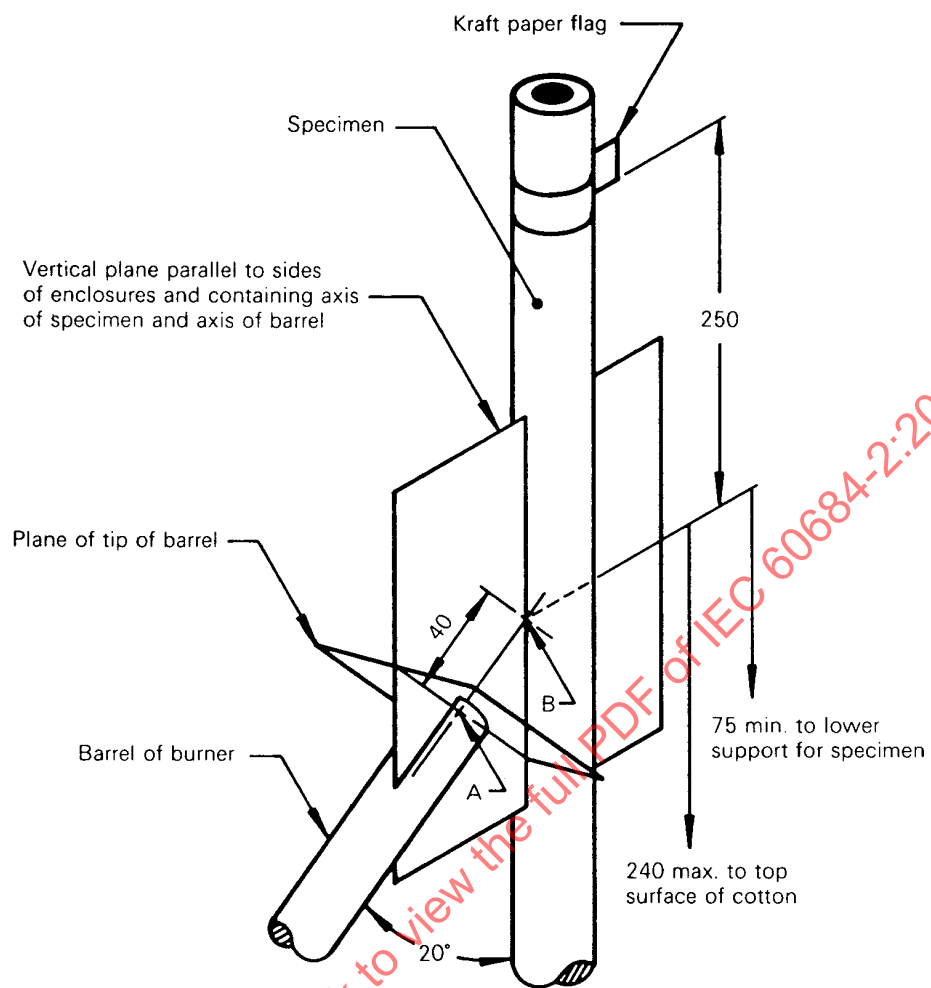
Dimensions in millimetres

Figure 8 – Specimen for insulation resistance test



Dimensions in millimetres

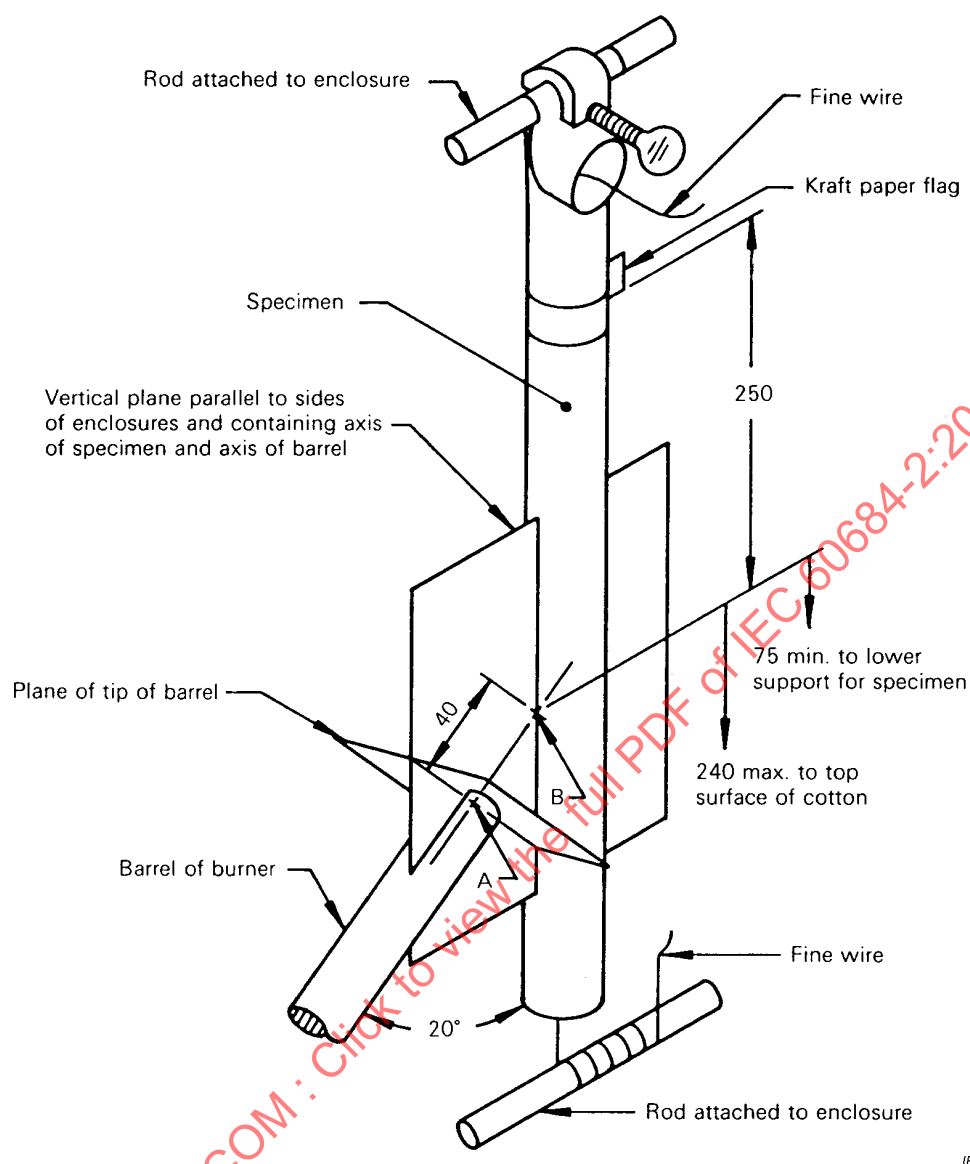
**Figure 9 – Standard propane burner
for flame propagation test (sectional view)**



IEC 797/97

Dimensions in millimetres

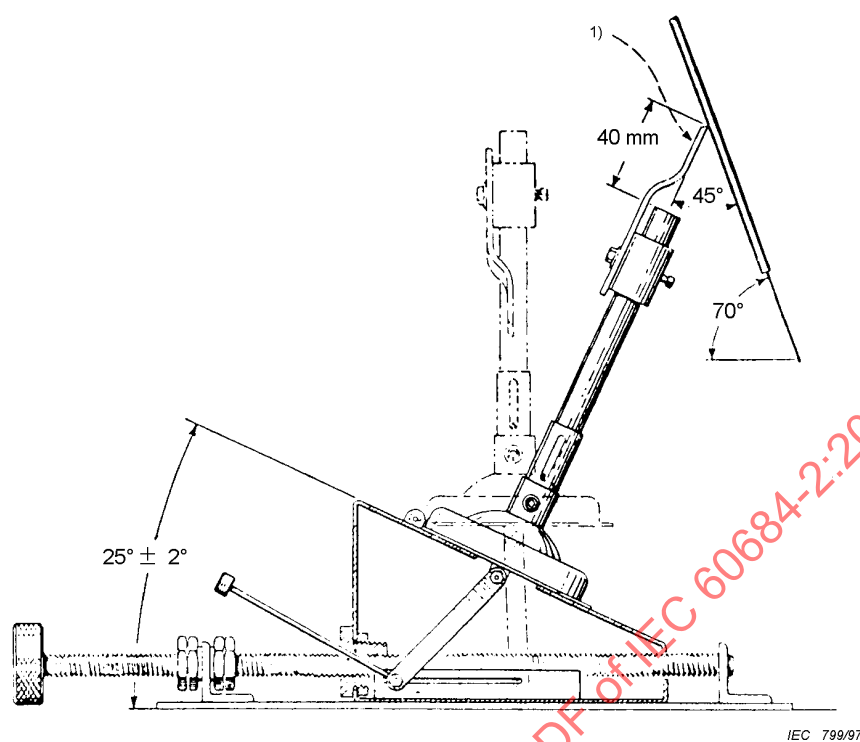
Figure 10 – Flame propagation test – Method A
(Proportions exaggerated for clarity of detail)



IEC 797/97

Dimensions in millimetres

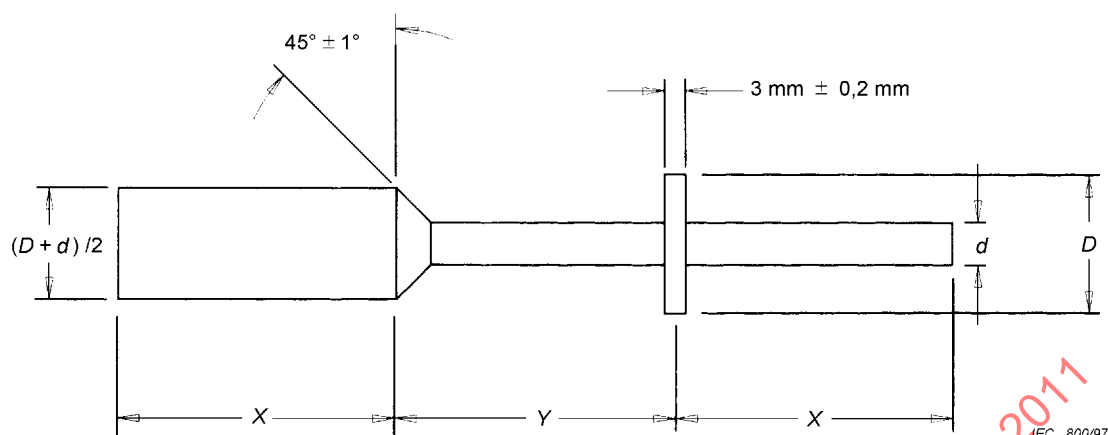
Figure 11 – Flame propagation test – Method B
(Proportions exaggerated for clarity of detail)



Dimensions in millimetres

- 1) Pivoted indicator to be turned down prior to ignition.

Figure 12 – Flame propagation test – Method C



Dimensions in millimetres

Specified maximum internal diameter of sleeving after unrestricted shrinkage mm	Mandrel section	
	X (minimum) mm	Y mm
<1,20 ^a	13	6,4 ± 0,05
1,20 to 3,2	13	6,4 ± 0,05
3,21 to 9,5	25	12,7 ± 0,05
9,51 to 58,0	50	50,8 ± 0,05

^a For sleeving sizes less than 1,20 mm specified maximum internal diameter after restricted shrinkage, a straight cylindrical mandrel shall be made with an outside diameter equal to D.

d maximum internal diameter $(\begin{smallmatrix} +5 \\ 0 \end{smallmatrix})$ % of sleeving after unrestricted shrinkage

D minimum internal diameter $(\begin{smallmatrix} 0 \\ -5 \end{smallmatrix})$ % of sleeving as supplied

The mandrels shall be free from burrs and sharp edges.

Figure 13 – Mandrel for restricted shrinkage test

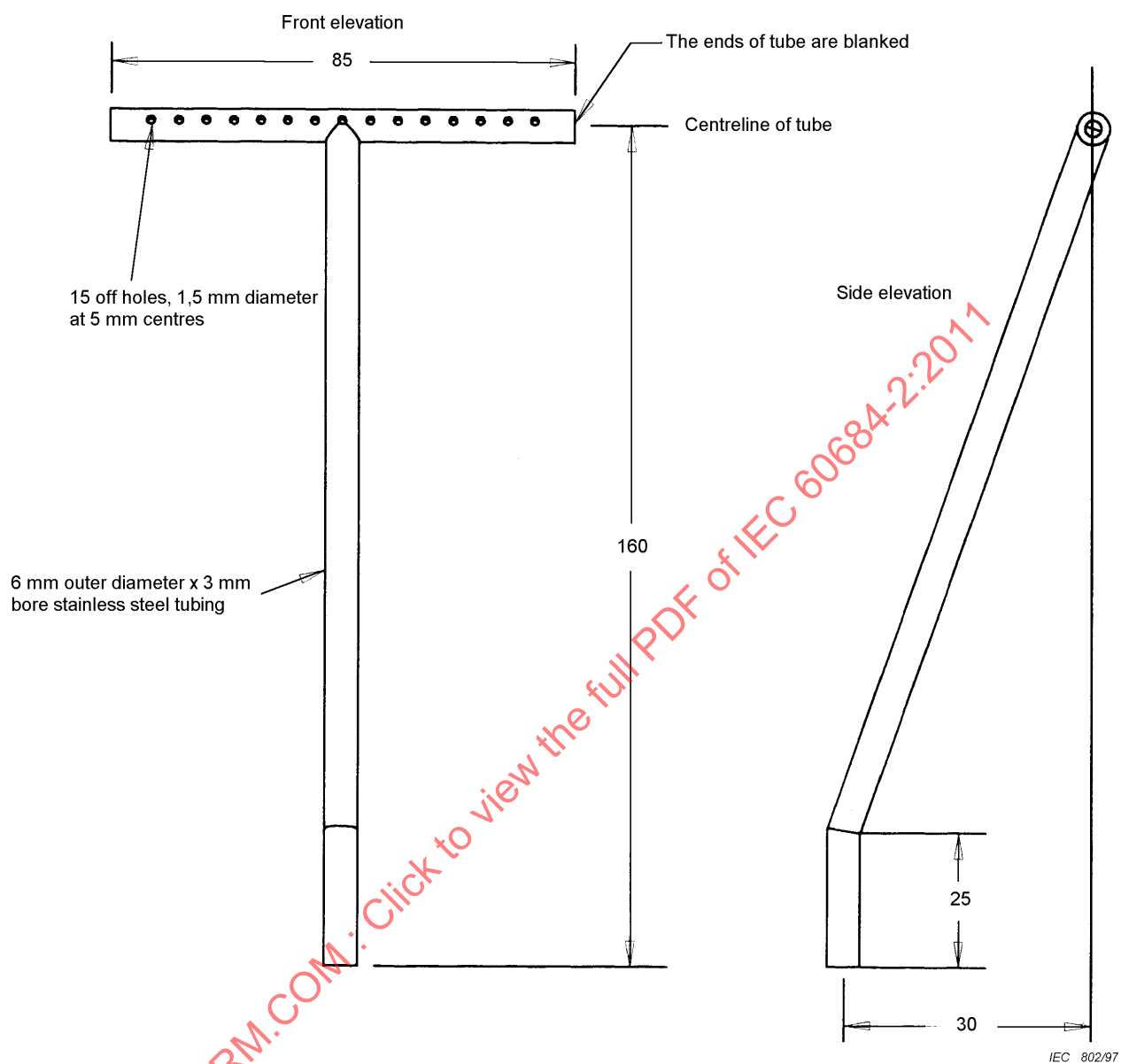
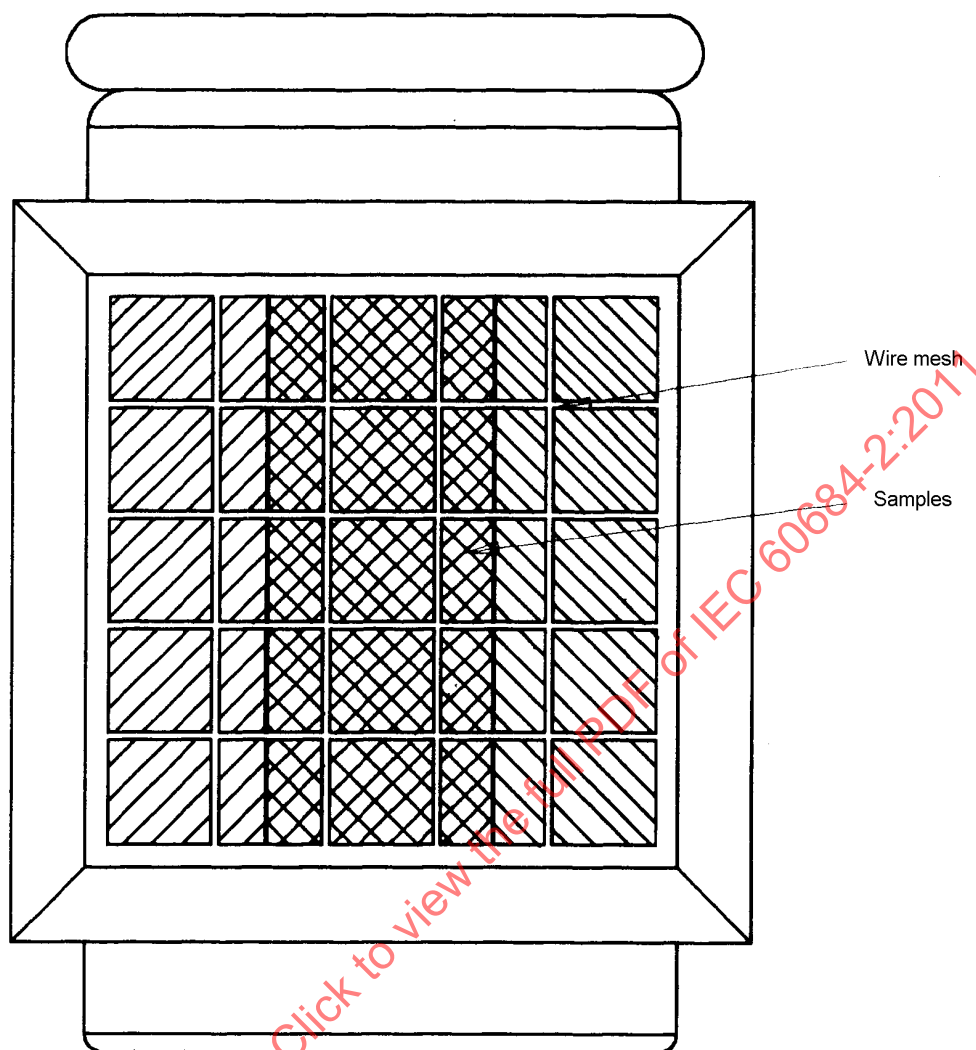


Figure 14 – Schematic details of burner for smoke index test



IEC 803/97

Figure 15 – Schematic front view of smoke test sample holder, showing vertically mounted sleeving samples

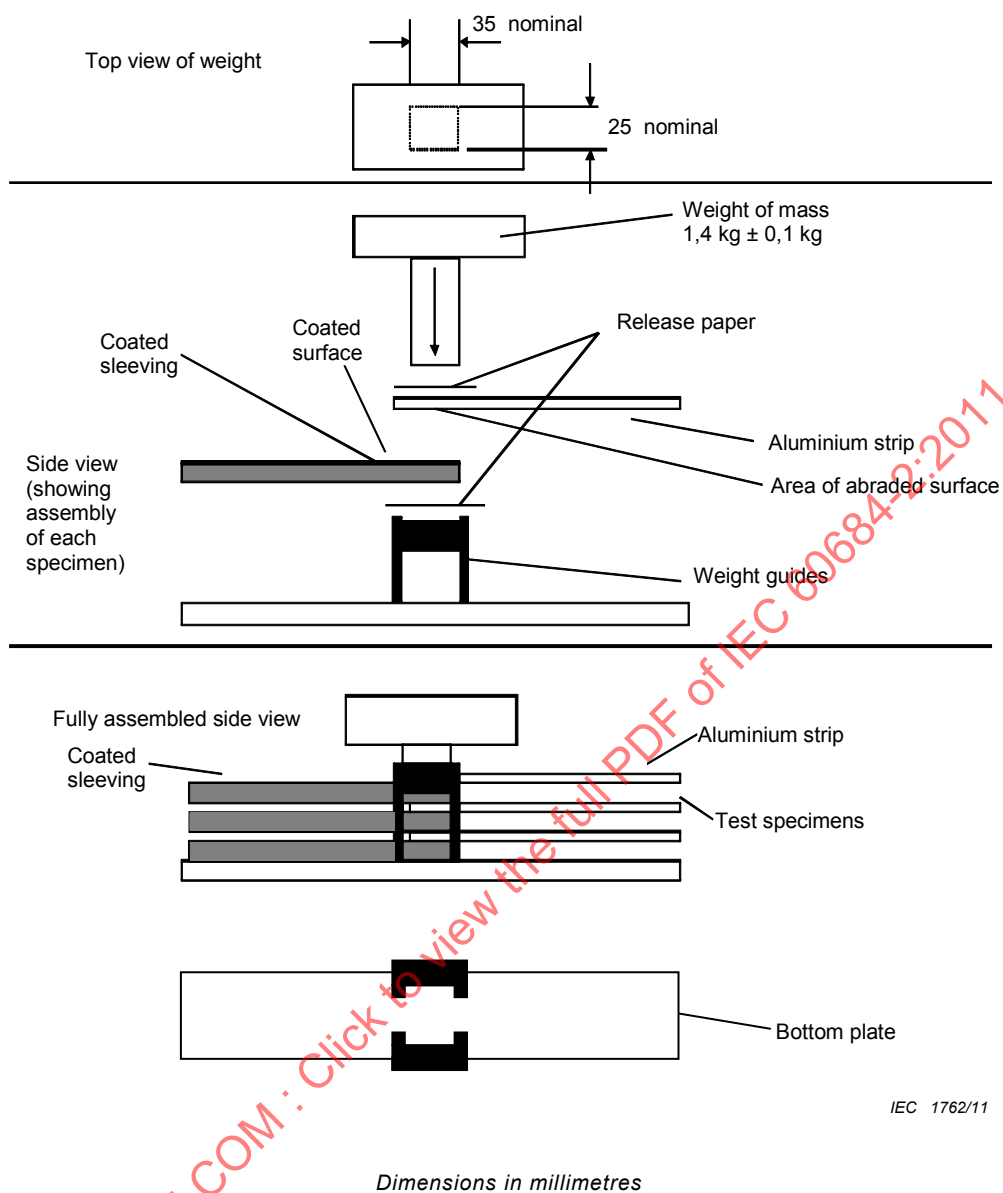
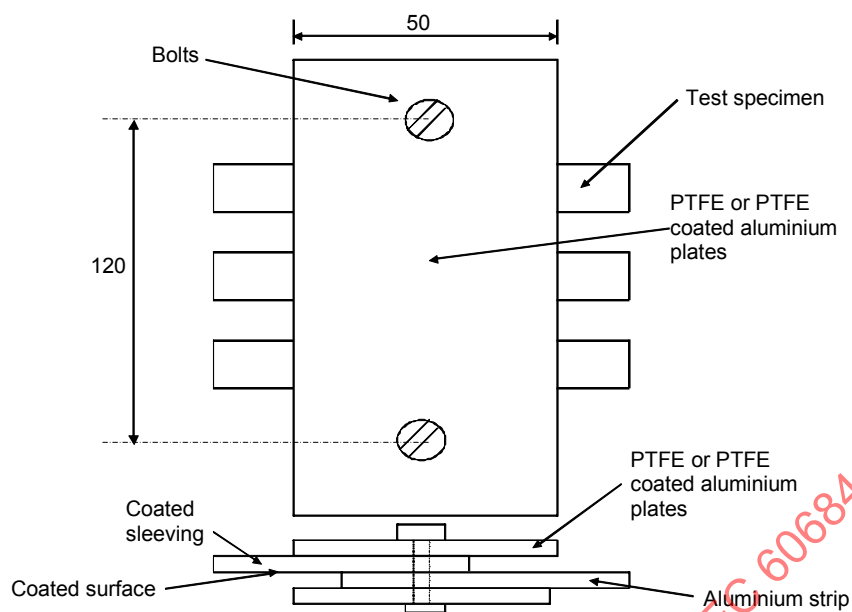


Figure 16 – Assembly and fixture for dynamic shear at ambient temperature

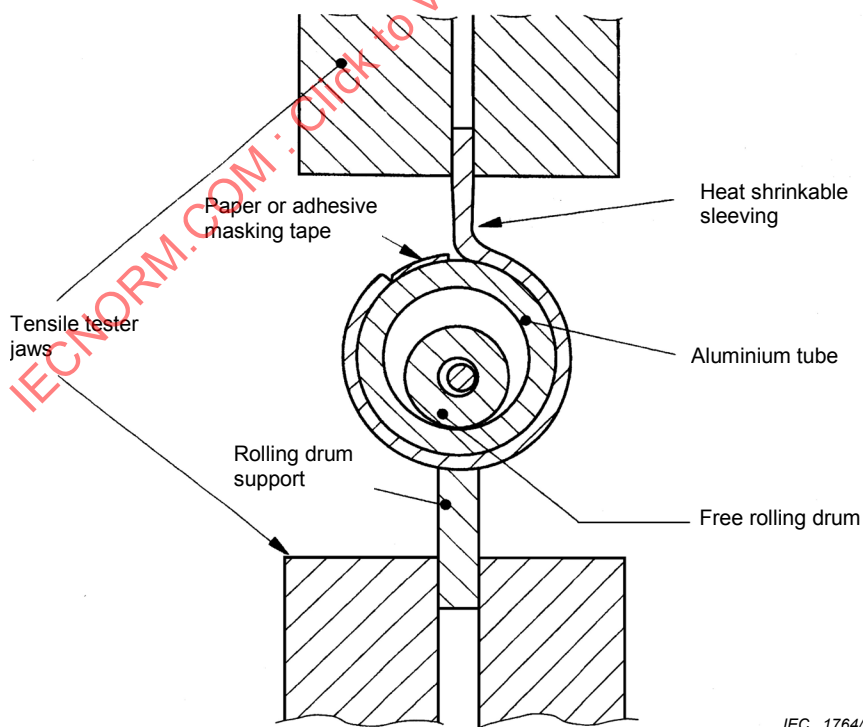


Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1763/11

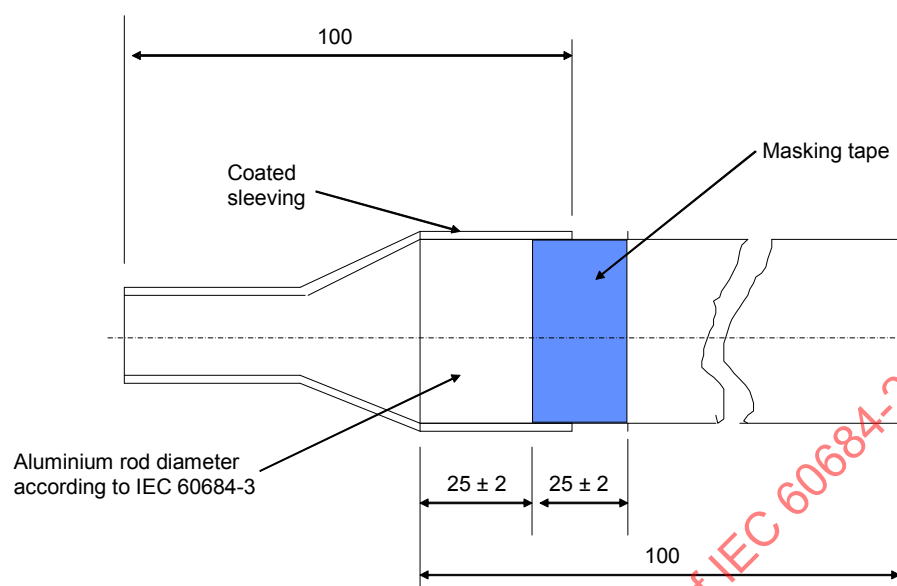
Dimensions in millimetres

Figure 17 – Assembly for heat shock and heat ageing



IEC 1764/11

Figure 18 – Schematic arrangement of rolling drum peel

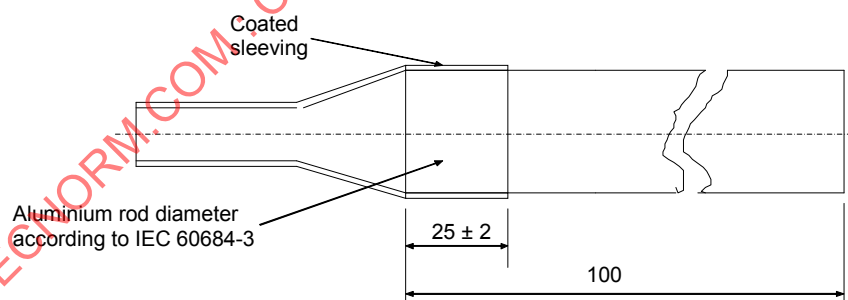


Note Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1765/11

Dimensions in millimetres

Figure 19 – Assembly preparation for aluminium rod dynamic shear

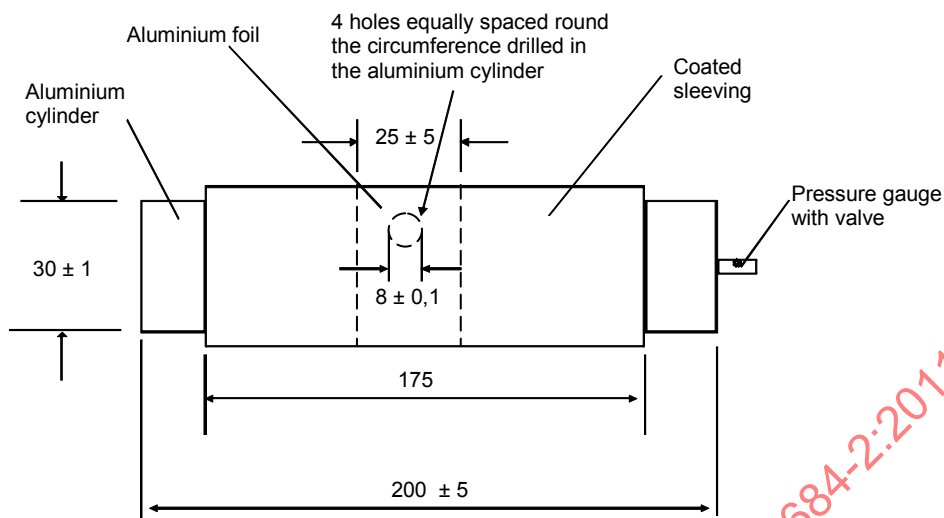


Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1766/11

Dimensions in millimetres

Figure 20 – Test specimen for aluminium rod dynamic shear

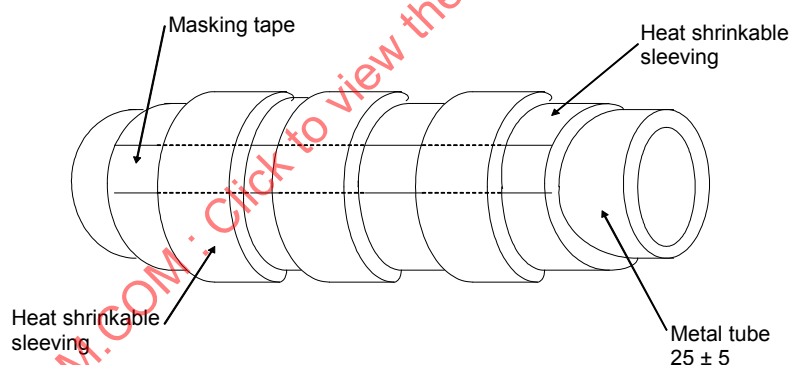


Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1767/11

Dimensions in millimetres

Figure 21 – Assembly for sealing test

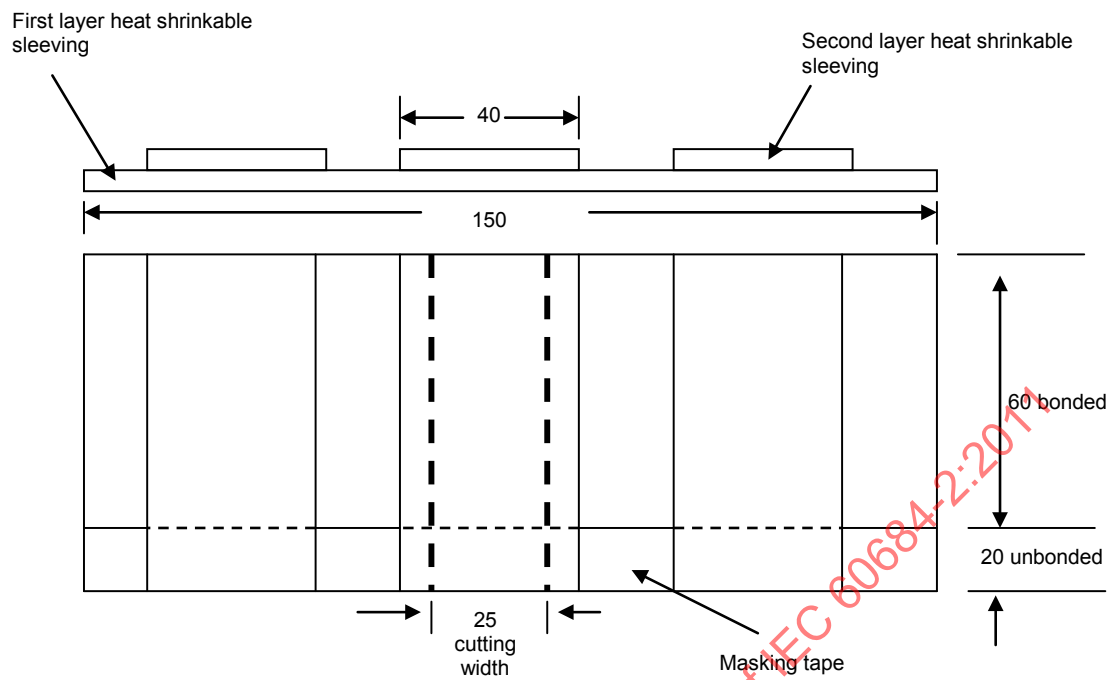


Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1768/11

Dimensions in millimetres

Figure 22 – Mandrel assembly

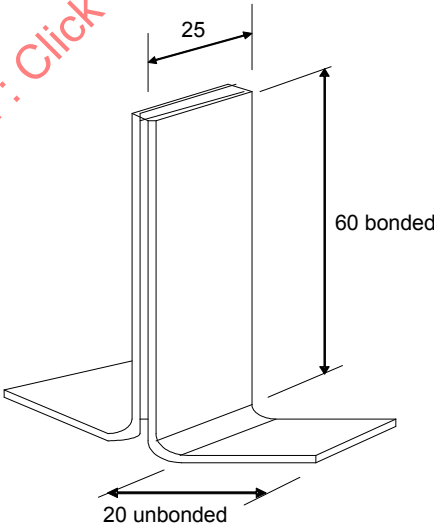


Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1769/11

Dimensions in millimetres

Figure 23 – Slab specimen



Dimensions are nominal unless otherwise specified

IEC 1770/11

Dimensions in millimetres

Figure 24 – T peel strength specimen

Bibliography

- [1] Hill & Walsh, Anal. Chi. Acta: 1969, Volume 45, p 431
- [2] IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*
- [3] IEC 60068-2-10:2005, *Environmental testing – Part 2-10: Tests – Test J and guidance: Mould growth*
- [4] IEC 60216-2: 2005, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 2: Determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Choice of test criteria*
- [5] IEC 60304:1982, *Standard colours for insulation for low-frequency cables and wires*
- [6] ISO 2921:2005 *Rubber, vulcanized – Determination of low-temperature characteristics – Temperature-retraction procedure (TR test)*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2017

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	87
INTRODUCTION	89
1 Généralités	90
2 Conditions d'essai	92
3 Mesure du diamètre intérieur, de l'épaisseur et de la concentricité de la gaine	92
4 Densité	94
5 Résistance au fendillement après chauffage	95
6 Choc thermique (résistance à la chaleur)	95
7 Résistance à la chaleur de soudage	96
8 Perte en masse au chauffage des gaines en tissu de verre non revêtu	97
9 Variation longitudinale	97
10 Déformation sous charge (résistance à la pression sous température élevée)	98
11 Stabilité thermique des gaines en PVC	100
12 Teneur en matières volatiles des gaines au silicone	101
13 Flexion après chauffage	101
14 Flexion à basse température	102
15 Température de fragilité	103
16 Stabilité dimensionnelle au stockage (concerne uniquement les gaines thermorétractables)	103
17 Hydrolyse du revêtement	103
18 Souplesse (gaines extrudées uniquement)	104
19 Résistance à la traction, contrainte à la traction à 100 % d'allongement, élongation à la rupture et module sécant à 2 % d'allongement	104
20 Essai de résistance à l'effilochage	108
21 Tension de claquage	109
22 Résistance d'isolement	111
23 Résistivité transversale	112
24 Permittivité et facteur de dissipation	114
25 Résistance aux courants de cheminement	115
26 Essais de propagation de la flamme	115
27 Indice d'oxygène	118
28 Transparence	118
29 Essai d'impuretés ioniques	118
30 Essai d'altération d'une feuille argentée	119
31 Résistance à la corrosion électrolytique	119
32 Résistance à la corrosion (traction et allongement)	120
33 Corrosion du cuivre (présence de composants volatils corrosifs)	120
34 Solidité de la couleur à la lumière	121
35 Résistance à l'ozone	122
36 Résistance aux fluides choisis	122
37 Endurance thermique	124
38 Masse par unité de longueur	124

39	Vieillessement en température	124
40	Absorption d'eau	125
41	Rétreint partiel (réservé aux gaines thermorétractables)	125
42	Stabilité des couleurs en température	126
43	Indice de fumée	126
44	Indice de toxicité	131
45	Teneur en halogènes	136
46	Production de gaz acides	138
47	Allongement et déformation à chaud	138
48	Déformation en tension (applicable uniquement aux gaines en élastomère)	139
49	Propagation des ruptures (applicable uniquement aux gaines en élastomère)	140
50	Vieillessement thermique à long terme (3 000 h)	140
51	Cisaillement dynamique à température ambiante	141
52	Cisaillement dynamique à température élevée	142
53	Cisaillement dynamique après choc et vieillissement thermique	142
54	Arrachement d'aluminium au tambour à roulement	142
55	Cisaillement dynamique de la tige en aluminium	143
56	Étanchéité	144
57	Résistance à l'arrachement T adhésif de deux substrats thermorétractables reliés	145
58	Allongement circonférentiel	146
59	Essai en tension	146
60	Choc thermique	147
	Bibliographie	167
	Figure 1 – Echantillon pour l'essai de résistance à la chaleur de soudage	149
	Figure 2 – Exemples de gaine après avoir subi l'essai de résistance à la chaleur de soudage	149
	Figure 3 – Montage pour l'essai de résistance à la pression sous température élevée (Méthode A)	150
	Figure 4 – Montage pour la déformation sous charge (Méthode B)	151
	Figure 5 – Echantillon en forme d'haltère pour l'essai de résistance à la traction (ISO 37 Type2)	152
	Figure 6 – Echantillon en forme d'haltère pour l'essai de résistance à la traction (ISO 37 Type 1)	152
	Figure 7 – Croquis du montage pour l'essai d'effilochage	153
	Figure 8 – Echantillon pour l'essai de résistance d'isolement	154
	Figure 9 – Brûleur à gaz normalisé pour utilisation du gaz propane pour l'essai de propagation de la flamme (vue en coupe)	155
	Figure 10 – Essais de propagation de la flamme – Méthode A	156
	Figure 11 – Essais de propagation de la flamme – Méthode B (Les proportions sont agrandies pour montrer les détails)	157
	Figure 12 – Essai de propagation de la flamme – Méthode C	158
	Figure 13 – Mandrin pour l'essai de rétreint partiel	159
	Figure 14 – Schéma de détail du brûleur pour l'essai de l'indice de fumées	160

Figure 15 – Vue de face du système de fixation pour l'essai de fumées montrant la fixation verticale des échantillons	161
Figure 16 – Ensemble et fixation pour cisaillement dynamique à température ambiante	162
Figure 17 – Ensemble pour choc thermique et vieillissement thermique	163
Figure 18 – Disposition schématique de l'arrachement au tambour à roulement	163
Figure 19 – Préparation de l'ensemble pour cisaillement dynamique avec tige en aluminium	164
Figure 20 – Echantillon d'essai pour cisaillement dynamique avec tige en aluminium	164
Figure 21 – Ensemble pour l'essai d'étanchéité	165
Figure 22 – Ensemble mandrin	165
Figure 23 – Echantillon de dalle	166
Figure 24 – Echantillon pour la résistance à l'arrachement T	166

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

GAINES ISOLANTES SOUPLES –

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 elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de la CEI. La CEI n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à 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 brevet. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme Internationale CEI 60684-2 a été établie par le comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants électriques solides.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1997. Elle constitue une révision mineure et une mise à jour technique. Les principales modifications par rapport à l'édition précédente sont les suivantes: trois méthodes supplémentaires pour l'allongement circonférentiel, l'essai en tension et le choc thermique ainsi qu'un alignement avec les méthodes nord-américaines.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
15/634/FDIS	15/644/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60947, présentée sous le titre général *Gaines isolantes souples*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité 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.

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

INTRODUCTION

La présente Norme Internationale fait partie d'une série traitant des gaines isolantes souples. Cette série comporte trois parties:

Partie 1: Définitions et exigences générales (CEI 60684-1)

Partie 2: Méthodes d'essai (CEI 60684-2)

Partie 3: Spécifications pour types particuliers de gaines (CEI 60684-3)

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60684-2:2011

GAINES ISOLANTES SOUPLES –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Généralités

1.1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60684 donne les méthodes d'essai pour les gaines isolantes souples, y compris les gaines thermorétractables, initialement conçues pour isoler les conducteurs électriques et les connexions des appareils électriques, même si elles peuvent être utilisées pour d'autres usages.

Les essais spécifiés sont conçus pour contrôler la qualité des gaines, mais il reste entendu qu'ils ne permettent pas d'établir entièrement l'aptitude de celles-ci à l'imprégnation ou à l'enrobage, pas plus que leur aptitude à être utilisées pour d'autres applications spécialisées. S'il y a lieu, il sera nécessaire de compléter les méthodes d'essai spécifiées dans cette partie par des essais appropriés d'imprégnation ou de compatibilité en fonction des cas particuliers.

1.2 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 60068-2-20:2008, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

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

CEI 60212:2010, *Conditions normales à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides*

CEI 60216 (toutes les parties), *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique*

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

CEI 60216-4-2:2000, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 4-2: Etuves de vieillissement – Etuves 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 60426:2007, *Matériaux isolants électriques – Détermination de la corrosion électrolytique en présence de matériaux isolants – Méthodes d'essai*

CEI 60587:2007, *Matériaux isolants électriques utilisés dans des conditions ambiantes sévères – Méthodes d'essai pour évaluer la résistance au cheminement et à l'érosion*

CEI 60589:1977, *Méthodes d'essai pour la détermination des impuretés ioniques dans les matériaux isolants électriques par extraction par des liquides*

CEI 60684-3 (toutes les parties), *Gaines isolantes souples – Partie 3: Spécifications pour types particuliers de gaines*

CEI 60695-6-30:1996, *Essais relatifs aux risques du feu – Partie 6: Guide et méthodes d'essai pour l'évaluation des dangers d'obscurcissement de la vision par la fumée provenant de produits électrotechniques impliqués dans des feux – Section 30: Méthode statique à petite échelle – Détermination de l'opacité des fumées – Description de l'appareillage*

CEI/TS 60695-11-21, *Essais relatifs aux risques du feu - Partie 11-21: Flammes d'essai – Méthodes d'essai à la flamme verticale de 500 W pour les matériaux tubulaires polymères*

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

CEI 60754-2:1991, *Essai sur les gaz émis lors de la combustion de matériaux prélevés sur câbles – 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*
Amendement 1 (1997)

ISO 5-1:2009, *Photographie et technologie graphique – Mesurages de la densité – Partie 1: Géométrie et notation fonctionnelle* (disponible en anglais seulement)

ISO 5-2:2009, *Photographie et technologie graphique – Mesurages de la densité – Partie 2: Conditions géométriques pour la densité de transmittance* (disponible en anglais seulement)

ISO 5-3:2009, *Photographie et technologie graphique – Mesurages de la densité – Partie 3: Conditions spectrales* (disponible en anglais seulement)

ISO 5-4:2009, *Photographie et technologie graphique – Mesurages de la densité – Partie 4: Conditions géométriques pour la densité de réflexion* (disponible en anglais seulement)

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

ISO 62:2008, *Plastiques – Détermination de l'absorption de l'eau*

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

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

ISO 182-1:1990, *Plastiques – Détermination de la tendance des compositions à base d'homopolymères et copolymères du chlorure de vinyle à dégager du chlorure d'hydrogène et éventuellement d'autres produits acides à températures élevées – Partie 1: Méthode au rouge Congo*

ISO 182-2:1990, *Plastiques – Détermination de la tendance des compositions à base d'homopolymères et copolymères du chlorure de vinyle à dégager du chlorure d'hydrogène et éventuellement d'autres produits acides à températures élevées – Partie 2: Méthode au pH*

ISO 974:2000, *Plastiques – Détermination de la température de fragilité au choc*

ISO 1431-1:2004, *Caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique – Résistance au craquelage par l'ozone – Partie 1: Essai sous allongement statique et dynamique*

ISO 13943: 2008, *Sécurité au feu – Vocabulaire*

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*

2 Conditions d'essai

2.1 Sauf spécification contraire, tous les essais doivent être effectués dans les conditions ambiantes normales, selon la CEI 60212; c'est-à-dire à une température comprise entre 15 °C et 35 °C et avec une humidité relative ambiante.

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

2.2 Quand le chauffage à température élevée est spécifié pour une procédure d'essai, l'échantillon doit demeurer pendant la durée prescrite dans une étuve uniformément chauffée, satisfaisant à la CEI 60216-4-1.

2.3 Si un essai à basse température est spécifié, les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3 peuvent prescrire qu'il soit réalisé à une température de $-t$ °C ou moins. Dans de tels cas, l'opérateur peut réaliser l'essai à la température spécifiée ou à une température inférieure appropriée. Cependant, si l'échantillon ne satisfait pas aux exigences pour une température inférieure à celle spécifiée, l'essai doit être répété à la température spécifiée, avec une tolérance de ± 3 K, comme cela est indiqué dans la CEI 60212. Si l'échantillon satisfait à l'essai, on doit alors considérer qu'il a satisfait aux exigences.

3 Mesure du diamètre intérieur, de l'épaisseur et de la concentricité de la gaine

NOTE Dans cette norme, les expressions anglaises «bore» et «internal diameter» sont interchangeables et traduites par la même expression française «diamètre intérieur».

3.1 Diamètre intérieur

3.1.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

3.1.2 Méthode générale

Des calibres cylindriques ou coniques d'un diamètre approprié doivent être utilisés pour établir que le diamètre intérieur se situe entre les valeurs maximales et minimales spécifiées. Le calibre doit entrer dans le diamètre intérieur sans entraîner l'élargissement de la gaine. On peut utiliser un lubrifiant pulvérulent pour mesurer certains types de gaine. Pour les diamètres intérieurs de faible dimension, il est admis d'utiliser un microscope à oculaire micrométrique et les mesures doivent être réalisées à 0,05 mm près.

3.1.3 Diamètre intérieur relâché des gaines extensibles tissées

Choisir un mandrin d'acier de 250 mm de longueur ayant le même diamètre que le diamètre minimal relâché spécifié de la gaine.

Insérer complètement le mandrin dans la gaine de façon que la gaine dépasse de 50 mm, au-delà de l'extrémité du mandrin.

A l'extrémité opposée, enrouler un fil autour de la gaine juste après l'extrémité du mandrin afin d'éviter que le mandrin ne s'enfonce plus loin dans la gaine.

Appliquer fermement la gaine sur le mandrin en partant de l'extrémité engagée vers l'extrémité coupée et faire tourner la gaine de façon qu'elle enveloppe le bout du mandrin. Fixer par enveloppement réalisé avec un fil.

Tracer de manière centrée des lignes repères distantes de 200 mm sur la gaine, en utilisant un moyen de marquage qui ne détériore pas la gaine, par exemple un correcteur liquide pour machine à écrire.

Relâcher l'extrémité coupée et laisser la gaine se détendre.

Mesurer la distance entre les lignes repères, en millimètres.

Si cette mesure est de 195 mm ou plus, la gaine a alors atteint son diamètre intérieur maximal relâché.

Si cette mesure est inférieure à 195 mm, répéter l'opération avec des mandrins progressivement plus larges jusqu'à ce que la mesure soit supérieure ou égale à 195 mm.

3.1.4 Diamètre intérieur expansé des gaines extensibles tissées

Choisir un calibre cylindrique de même diamètre que le diamètre intérieur minimal expansé spécifié.

Fixer la gaine à 50 mm en dessous de l'extrémité coupée.

Fendre l'extrémité coupée de la gaine sur 10 mm et insérer le calibre cylindrique.

Essayer de pousser le calibre cylindrique plus loin en direction de la partie de gaine intacte qui a été fixée.

Si, sans exercer une force excessive, le calibre cylindrique pénètre plus profondément, la gaine a atteint le diamètre intérieur minimal expansé.

Si, sans exercer une force excessive, le calibre ne peut pénétrer plus profondément, répéter l'opération avec des mandrins progressivement plus petits.

3.1.5 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées comme résultat.

3.2 Epaisseur de parois des gaines en textile

3.2.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

3.2.2 Procédure

Un calibre cylindrique ou un mandrin est inséré dans la gaine; il doit pouvoir pénétrer librement mais sans que son diamètre soit inférieur à 80 % du diamètre intérieur de la gaine. La cote hors tout doit être prise sur la gaine avec un micromètre dont les touches fixes font environ 6 mm de diamètre. Pour effectuer la mesure, la pression exercée par le micromètre doit être juste suffisante pour plaquer la gaine sur le calibre ou le mandrin sur lequel elle est enfilée. L'épaisseur de la paroi doit être calculée en prenant la demi-différence entre la cote hors tout et le diamètre du calibre ou du mandrin.

3.2.3 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées concernant l'épaisseur de paroi, comme résultat.

3.3 Epaisseur de paroi minimale/maximale et concentricité des gaines extrudées

3.3.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

3.3.2 Epaisseur de paroi

Cette norme ne donne aucune méthode obligatoire pour effectuer ces mesures. A l'aide d'un nombre adéquat d'essais, situer les points sur la paroi qui correspondent aux épaisseurs minimale et maximale des parois. Toutes les mesures doivent être réalisées à 0,01 mm près. En cas de litige, un microscope à oculaire micrométrique étalonné permettant des mesures à 0,001 mm près doit être utilisé.

NOTE Les méthodes de mesure suivantes ont été jugées appropriées: projecteur optique de profil, comparateur optique, micromètre approprié. En cas de litige, utiliser une des méthodes optiques. Il a été établi qu'un micromètre optique est approprié aux mesures des diamètres intérieurs de faibles dimensions et pour déterminer les épaisseurs interne et externe de paroi des gaines à double paroi.

3.3.3 Concentricité

Calculer la concentricité de chaque échantillon de la gaine en utilisant l'équation suivante:

$$\text{concentricité (\%)} = \frac{\text{Epaisseur minimale de paroi}}{\text{Epaisseur maximale de paroi}} \times 100$$

3.3.4 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées concernant l'épaisseur de paroi minimale et maximale, ainsi que celles relatives à la concentricité comme résultat.

4 Densité

4.1 Nombre d'échantillons

On doit essayer au moins trois échantillons.

4.2 Procédure

Pour déterminer la densité, on peut utiliser toute méthode pouvant garantir une précision de 0,01 g/cm³.

NOTE Pour les échantillons de faible diamètre intérieur, il convient de les couper dans le sens longitudinal et de les ouvrir de façon à éviter d'emprisonner des bulles d'air pendant les mesures.

4.3 Résultats

Identifier la méthode choisie pour effectuer l'opération et noter toutes les valeurs mesurées correspondant à la densité; le résultat est la moyenne obtenue, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

5 Résistance au fendillement après chauffage

5.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

5.2 Forme des échantillons

Les échantillons doivent être réalisés en découpant des anneaux dont la hauteur est égale à l'épaisseur de la paroi. Des précautions doivent être prises pour couper nettement la gaine car une coupe imparfaitement exécutée peut affecter les résultats.

NOTE Si des difficultés pratiques ne permettent pas de découper un anneau correct, la longueur peut être augmentée jusqu'à 2,5 mm, mais pas plus.

5.3 Procédure

Les échantillons doivent être essayés sur un mandrin conique ayant un angle d'inclinaison de $(15 \pm 1)^\circ$. Les échantillons doivent être maintenus pendant (168 ± 2) h à une température de $70^\circ\text{C} \pm 2$ K, sauf si une autre température est spécifiée dans la CEI 60684-3, puis on les laisse refroidir jusqu'à $23^\circ\text{C} \pm 5$ K. Ils doivent alors être roulés sur le mandrin de manière à les étirer de la valeur du pourcentage du diamètre intérieur nominal spécifié dans la CEI 60684-3. On doit laisser les échantillons dans cette position pendant (24 ± 1) h à la température de $23^\circ\text{C} \pm 5$ K, puis les examiner pour rechercher des traces éventuelles de fendillement.

5.4 Résultats

Noter s'il y a la moindre trace de fendillement.

6 Choc thermique (résistance à la chaleur)

6.1 Nombre d'échantillons

Les essais doivent porter sur cinq échantillons.

6.2 Forme des échantillons

Si la résistance à la traction ou l'allongement à la rupture doivent être mesurés, on doit préparer des longueurs d'environ 75 mm de gaine, ou des échantillons conformes à l'Article 19. Lorsque des découpes de gaines sont utilisées, la longueur doit être mesurée à 0,5 mm près.

6.3 Procédure

Les échantillons doivent être suspendus verticalement dans une étuve conforme à la CEI 60216-4-1 ou à la CEI 60216-4-2 pendant $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$, à la température spécifiée dans la CEI 60684-3.

On doit retirer les échantillons et les laisser refroidir à la température ambiante. On doit alors les examiner pour déceler toute trace de coulure ou de fendillement. Mesurer la longueur et

calculer la variation en pourcentage. En outre, si cela est spécifié dans la CEI 60684-3, les échantillons doivent subir l'essai de résistance à la traction et/ou d'allongement à la rupture. Lorsque cela est spécifié dans la CEI 60684-3, l'échantillon doit aussi être enroulé à 360 degrés autour d'un mandrin d'un diamètre spécifié dans la CEI 60684-3 à une vitesse uniforme et en 2 s à 4 s. Les échantillons doivent ensuite être examinés pour déceler toute trace de craquelure. Des fissures latérales du tube aplati ne doivent pas causer un rejet.

6.4 Résultats

Noter tous les résultats obtenus par contrôle visuel. Noter toutes les valeurs de variation en longueur. Noter toutes les valeurs mesurées concernant la résistance à la traction et/ou l'allongement à la rupture. Le résultat est la valeur centrale, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3. Noter toute craquelure après l'essai de pliage sur mandrin.

7 Résistance à la chaleur de soudage

7.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

7.2 Forme des échantillons

On doit utiliser une longueur de gaine de 60 mm et approximativement 150 mm de fil de cuivre étamé dont le diamètre permette un ajustement glissant de la gaine.

Le fil doit être plié à 90° en son milieu sur un mandrin dont le diamètre est le triple de celui du diamètre intérieur nominal de la gaine.

La gaine doit être enfilée sur le fil et poussée au-delà du coude de manière à recouvrir une longueur de la partie droite du fil qui sera verticale au cours de l'essai, égale à 1,5 fois le diamètre intérieur nominal de la gaine, cette longueur étant au minimum de 1 mm (voir Figure 1). Le fil doit être coupé sur la partie qui doit être en position verticale pendant l'essai à 20 mm de l'extrémité de la gaine.

Le fil doit être coupé sur la partie destinée à être horizontale pendant l'essai à l'extrémité de la gaine. Au moins 5 min après avoir recourbé le fil, on doit appliquer sur les derniers 6 mm de la partie libre du fil un flux de haute qualité composé de 25 % en masse de colophane dans 75 % en masse d'éthanol (alcool éthylique) ou de 2-propanol (isopropanol). (On doit uniquement utiliser une colophane non activée, d'acidité supérieure ou égale à 155 mg KOH/g. L'Annexe C de la CEI 60068-2-20 donne une spécification complète.)

7.3 Procédure

La gaine étant à une température de $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$, l'essai doit être démarré dans les 60 min suivant l'application du flux. Le fil est maintenu sur sa partie horizontale à au moins 25 mm du coude. La partie verticale doit être immergée au centre du bain de soudure fondue, sur 6 mm de profondeur; il est utile de marquer le fil préalablement pour réaliser cette opération. Le fil doit être maintenu dans cette position pendant (15 ± 1) s ou pendant la durée spécifiée dans la CEI 60684-3. Les dimensions minimales du bain de soudure doivent être d'au moins 25 mm de diamètre et 12 mm de profondeur et il doit être maintenu à $260\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ K}$ pendant l'essai. Pour satisfaire à l'essai, aucun échantillon ne doit se fendre ni s'élargir de manière considérable, une légère fusion étant admise (voir Figure 2).

7.4 Résultats

Noter s'il y a des traces de fendillement, d'élargissement ou de fusion excessive.

8 Perte en masse au chauffage des gaines en tissu de verre non revêtu

8.1 Nombre et masse des échantillons

On doit essayer trois échantillons, ayant chacun une longueur suffisante pour avoir une masse de (5 ± 1) g.

8.2 Procédure

Les échantillons doivent être conditionnés par chauffage à $105\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant 1 h, puis mis à refroidir jusqu'à la température ambiante dans un dessiccateur. Ensuite, ils doivent être pesés à 0,0002 g près (m_1), puis chauffés dans une étuve ventilée à $600\text{ °C} \pm 10\text{ K}$ pendant 60 min à 75 min. Les échantillons doivent être à nouveau pesés (m_2) après être revenus à la température ambiante dans un dessiccateur (m_2).

8.3 Calcul

Le pourcentage de perte en masse de chaque échantillon doit être calculé comme suit:

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

8.4 Résultats

Noter toutes les valeurs calculées concernant le pourcentage de perte en masse. Le résultat est la valeur centrale, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

9 Variation longitudinale

9.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

9.2 Forme des échantillons

Chaque échantillon est constitué par une longueur de 150 mm environ de gaine, coupée proprement et marquée de deux repères, ces repères étant réalisés à l'aide d'un marqueur sans effet destructif sur le matériau, nominalement distants l'un de l'autre de 100 mm et situés approximativement au centre de l'échantillon. La distance (L_1) entre les repères doit être mesurée avec une précision de 0,5 mm.

9.3 Procédure

Les échantillons doivent être placés horizontalement sur un matériau qui leur permet de se rétablir librement. Ainsi maintenus, ils doivent demeurer dans l'étuve à la température et pendant la durée spécifiée dans la CEI 60684-3.

On doit laisser la gaine revenir à la température ambiante, et la longueur (L_2) entre les repères doit être de nouveau mesurée avec une précision de 0,5 mm.

9.4 Calcul

Calculer le pourcentage de variation longitudinale (LC) à partir de la formule

$$LC = \frac{L_2 - L_1}{L_1} 100$$

où

L_1 est la longueur d'origine;

L_2 est la longueur après retrait sans contrainte.

9.5 Résultats

Noter toutes les valeurs relatives à la variation longitudinale, comme résultat.

10 Déformation sous charge (résistance à la pression sous température élevée)

10.1 Méthode A

10.1.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

Les essais ne doivent pas être effectués moins de 16 h après l'extrusion de la gaine.

10.1.2 Forme des échantillons

Chaque échantillon doit être constitué en fendant la gaine dans sa longueur et en découpant ensuite une portion mesurant environ 10 mm × 5 mm (ou la circonférence totale de la gaine si elle est inférieure à 5 mm), de sorte que le grand axe de l'échantillon soit parallèle à la longueur de la gaine.

10.1.3 Equipement

L'appareillage utilisé se compose d'un instrument permettant les mesures à $\pm 0,01$ mm près muni d'une lame d'empreinte rectangulaire de $(0,70 \pm 0,01)$ mm appliquant une force de $(1,2 \pm 0,05)$ N à l'échantillon, sauf spécification contraire dans la CEI 60684-3. L'échantillon est placé sur un mandrin métallique de $(6,00 \pm 0,1)$ mm de diamètre maintenu par un bloc en V. Les caractéristiques essentielles de ce montage sont indiquées à la Figure 3.

Le montage doit être placé dans une étuve, maintenue à $110 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ pendant la durée du chauffage, sauf si la CEI 60684-3 spécifie une autre température. Pour réduire les vibrations, on doit utiliser un four à convection monté sur des pieds antivibratoires adaptés.

10.1.4 Procédure

L'épaisseur de la paroi de l'échantillon doit être mesurée suivant la méthode exposée en 3.2 en remplaçant le calibre inséré dans l'échantillon de gaine par l'échantillon reposant sur le mandrin. L'épaisseur de la paroi doit être la différence mesurée entre la cote hors tout et le diamètre du mandrin.

Avant d'effectuer l'essai, l'ensemble comprenant le mandrin sans l'échantillon doit être placé pendant au moins 2 h dans l'étuve portée à $110 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ sauf si une autre température est spécifiée dans la CEI 60684-3.

La lame d'empreinte doit être relevée, l'échantillon placé sur le mandrin, son grand axe parallèle à celui-ci, puis la lame d'empreinte placée doucement sur la surface de l'échantillon.

NOTE Pour les gaines de faible diamètre, il peut être difficile de manipuler les échantillons. Il est recommandé, dans ce cas, d'aplatir ceux-ci sous une masse de 1 kg pendant environ 10 min à la température ambiante avant de les placer sur le mandrin.

L'ensemble muni de l'échantillon doit demeurer dans l'étuve pendant (60 ± 5) min à la température spécifiée.

La position de la lame d'empreinte doit être notée. Enlever l'échantillon et laisser la lame d'empreinte reposer directement sur le mandrin et noter à nouveau sa position. Soustraire la différence entre ces deux valeurs de l'épaisseur mesurée à l'origine pour obtenir la valeur de l'écrasement.

La différence entre deux valeurs quelconques des trois mesures effectuées avec la lame reposant sur le mandrin ne doit pas dépasser 0,02 mm.

10.1.5 Résultats

L'écrasement de l'échantillon doit être la variation de l'épaisseur de la paroi exprimée en pourcentage par rapport à l'épaisseur initiale.

Le pourcentage d'écrasement doit être la valeur centrale des trois mesures, les deux autres valeurs étant également consignées.

10.2 Méthode B

10.2.1 Nombre d'échantillons

Comme dans la méthode A.

10.2.2 Forme des échantillons

Pour les gaines dont le diamètre intérieur (complètement recouvert dans le cas des gaines thermorétractables) est de 4,22 mm, les longueurs des gaines complètes doivent être utilisées. Un conducteur métallique massif d'un diamètre approximativement égal mais pas supérieur au diamètre interne de la gaine doit être inséré dans chaque échantillon.

Dans le cas de gaines de plus grandes dimensions, des échantillons rectangulaires de (25 ± 1) mm de long et d'une largeur maximale de 14 mm doivent être découpés dans la gaine.

10.2.3 Equipement

On doit utiliser un appareil du type représenté à la Figure 4.

Une étuve à l'air circulant.

Des poids, montés dans un cadre métallique, pour laisser un mouvement vertical libre, comme représentés à la Figure 4.

Diamètre intérieur de gaine (complètement recouvert pour les gainés thermorétractables) mm	Charge appliquée à l'échantillon par pied presseur N
$\leq 1,6$	2,95
1,6 to 4,22	4,91
$\geq 4,22$	19,61

Disques de pieds presseurs, $(9,5 \pm 0,1)$ mm, légèrement arrondis aux bords.

10.2.4 Procédure

Pour les échantillons de section de gaine complète sur les conducteurs métalliques, mesurer le diamètre sur la gaine à un emplacement marqué avec un micromètre capable de mesurer à 0,01 mm près et le diamètre du conducteur. Calculer l'épaisseur de paroi de l'échantillon en utilisant la formule suivante;

$T_1 = (D_1 - d)/2$ où D est le diamètre sur la gaine et d le diamètre du conducteur métallique.

Pour les échantillons en bandes, mesurer l'épaisseur avec un micromètre ayant la même précision à l'emplacement repéré.

Le poids approprié tel qu'il est indiqué ci-dessus doit être conditionné avec le cadre métallique, comme cela est indiqué à la Figure 4 et l'échantillon dans une étuve à la température spécifiée dans la CEI 60684-3 pendant au moins 1 h.

Une fois ce temps écoulé, les spécimens doivent être placés soigneusement sous le pied presseur avec l'emplacement marqué sur l'échantillon au centre du pied. Dans ces conditions, les échantillons doivent rester dans l'étuve pendant encore 1 h au minimum.

A l'issue de cette période, retirer soigneusement l'échantillon de la charge et mesurer l'épaisseur en 15 s à l'emplacement marqué.

Le pourcentage de déformation se calcule en utilisant la formule ci-après:

$$\% \text{ de déformation} = (T_1 - T_2)/T_1 \times 100$$

où

T_1 est l'épaisseur d'origine, et

T_2 est l'épaisseur après conditionnement.

NOTE Pour les gaines avec chemise conductrice fusible, il convient que l'épaisseur de la chemise ne soit pas incluse pour la détermination de la déformation.

10.2.5 Résultats

Le pourcentage de déformation doit être la moyenne des trois mesures. Toutes les valeurs doivent être reportées.

11 Stabilité thermique des gaines en PVC

11.1 Principe

La méthode consiste à déterminer la durée de dégagement du chlorure d'hydrogène émis par chauffage du polychlorure de vinyle (PVC), des copolymères apparentés et des composés ou produits dont ils sont la base.

Le dégagement de chlorure d'hydrogène est mis en évidence à l'aide de papier au rouge Congo (ISO 182-1) ou par la variation du pH d'une solution de chlorure de potassium placée dans une cellule de mesure (ISO 182-2).

11.2 Forme des échantillons

11.2.1 Méthode ISO 182-1

Les échantillons doivent pouvoir remplir deux des tubes à essai spécifiés, sur une hauteur de 50 mm, ce qui est obtenu en coupant les gaines en morceaux de 6 mm au maximum et en les

fendant, si nécessaire. Les morceaux de gaine ne doivent pas être délibérément comprimés dans les tubes à essai.

11.2.2 Méthode ISO 182-2

Pour préparer les échantillons, découper des morceaux de gaines d'environ 5 mm² à 6 mm² et en placer environ 1,0 g dans chaque tube à essai.

11.3 Procédure

L'essai doit être effectué selon la méthode ISO 182-1 ou la méthode ISO 182-2. La feuille de spécifications correspondante de la CEI 60684-3 spécifiera quelle méthode est à utiliser ainsi que la température de l'essai et, dans le cas de la méthode ISO 182-2, si un gaz de balayage autre que l'air doit être utilisé.

12 Teneur en matières volatiles des gaines au silicone

12.1 Nombre et masse des échantillons

L'essai doit porter sur trois échantillons ayant chacun une longueur suffisante pour avoir une masse de (10 ± 1) g.

12.2 Procédure

Les échantillons doivent être pesés à 0,001 g près (m_1), puis chauffés dans une étuve à $200\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ pendant (24 ± 1) h. Une bonne méthode consiste à suspendre les échantillons à un fil isolé thermiquement du bâti métallique de l'étuve.

Les échantillons doivent être repesés (m_2) après refroidissement dans un dessiccateur.

12.3 Calcul

La perte de masse, exprimée en pourcentage, de chaque échantillon, doit être calculée comme suit:

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

12.4 Résultats

Noter toutes les valeurs du pourcentage du contenu volatile. Le résultat est la valeur centrale des trois mesures, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

13 Flexion après chauffage

13.1 Nombre d'échantillons

L'essai doit porter sur trois échantillons d'une longueur suffisante pour être bobinés sur un mandrin d'un diamètre spécifié dans la CEI 60684-3 pour le type de gaine en essai.

13.2 Forme des échantillons

Quand le diamètre intérieur nominal ne dépasse pas 2 mm, on doit insérer dans la gaine un fil à ajustement glissant.

Si le diamètre intérieur nominal est supérieur à 2 mm mais ne dépasse pas 15 mm (ou toute autre valeur spécifiée dans la CEI 60684-3 pour les types de gaine particuliers), l'échantillon doit être rempli d'un matériau approprié (plusieurs fils par exemple) pour éviter l'écrasement de la gaine au bobinage.

Si le diamètre intérieur nominal dépasse 15 mm (ou d'autres valeurs spécifiées dans la CEI 60684-3 pour les types de gaine particuliers), l'échantillon doit être constitué d'une bande de gaine de 6 mm de large découpée parallèlement à l'axe longitudinal de la gaine.

13.3 Procédure

Préparé comme indiqué en 13.2, l'échantillon doit être suspendu pendant (48 ± 1) h dans une étuve, maintenue à la température spécifiée dans la CEI 60684-3. Il doit ensuite être retiré de l'étuve et on doit le laisser revenir à la température ambiante.

L'échantillon doit être alors enroulé sans à-coups en une spire complète et jointive sur un mandrin dont le diamètre est donné dans la CEI 60684-3. Pour les bandes découpées, on doit placer la surface intérieure en contact avec le mandrin. Le temps nécessaire pour un tour complet ne doit pas dépasser 5 s. L'échantillon doit être maintenu dans cette position pendant 5 s.

On doit alors rechercher à l'œil nu, sur l'échantillon toujours enroulé sur le mandrin, les traces de fendillement, de décollement du revêtement, ou de séparation des couches.

La CEI 60684-3 peut spécifier la recherche des traces de fendillement des gaines dont le diamètre intérieur est inférieur ou égal à 15 mm en faisant appel à l'application d'une tension selon une méthode de l'Article 21.

13.4 Résultats

Noter l'existence éventuelle de craquelure, de décollement du revêtement ou de séparation de couches.

14 Flexion à basse température

14.1 Nombre et forme des échantillons

Le nombre et la forme des échantillons doivent être conformes aux exigences de l'Article 13, à l'exception près que si le diamètre intérieur nominal dépasse 6 mm (au lieu de 15 mm), l'échantillon doit alors se composer d'une bande de gaine large de 6 mm découpée parallèlement à son axe longitudinal. En variante, et sur exigence de la CEI 60684-3, l'essai des gaines d'un diamètre intérieur nominal inférieur ou égal à 6 mm doit se faire sans remplissage. Lorsque cela est spécifié dans la CEI 60684-3, les diamètres intérieurs nominaux jusqu'à 10 mm inclus peuvent être soumis à des essais comme des gaines de section totale, remplies ou non remplies.

14.2 Procédure

Préparé suivant les indications données en 14.1, l'échantillon doit être suspendu pendant $4 \text{ h} \pm 10 \text{ min}$ dans une enceinte maintenue à la température spécifiée dans la CEI 60684-3. Tandis qu'elle est encore à cette température, l'échantillon doit être enroulé sans à-coups en une spire jointive complète sur un mandrin porté à la même température et dont le diamètre est spécifié dans la CEI 60684-3. Pour les bandes découpées, la surface intérieure doit être en contact avec le mandrin. La durée nécessaire pour réaliser un tour complet ne doit pas dépasser 5 s. L'échantillon doit ensuite être ramené à la température ambiante.

On doit alors rechercher à l'œil nu, sur l'échantillon toujours enroulé sur le mandrin, les traces de fendillement, de décollement du revêtement ou de séparation des couches.

14.3 Résultats

Noter l'existence éventuelle de craquelure, de décollement du revêtement ou de séparation de couches.

15 Température de fragilité

L'essai est effectué selon l'ISO 974 sur des échantillons préparés comme suit:

Pour les gaines d'un diamètre intérieur nominal inférieur ou égal à 4 mm, l'échantillon doit être constitué par un morceau de gaine de 40 mm de longueur. Pour les diamètres intérieurs supérieurs à 4 mm, l'échantillon doit mesurer 6 mm de largeur sur 40 mm de longueur, la plus grande cote étant prise parallèlement à l'axe longitudinal. Les bandes servant d'échantillons doivent être placées de sorte que le percuteur puisse en frapper le côté convexe.

16 Stabilité dimensionnelle au stockage (concerne uniquement les gaines thermorétractables)

16.1 Nombre et longueur des échantillons

L'essai doit porter sur trois échantillons ayant chacun une longueur d'environ 100 mm.

16.2 Procédure

Le diamètre intérieur de la gaine doit être mesuré dans l'état élargi de livraison. La gaine doit être ensuite placée pendant (336 ± 2) h dans une étuve ventilée, maintenue à $40 \text{ °C} \pm 3 \text{ K}$, sauf spécification contraire dans les feuilles correspondantes de la CEI 60684-3. La gaine doit alors être retirée de l'étuve pour revenir à la température ambiante et son diamètre intérieur expansé remesuré.

A l'issue de ces mesures et en utilisant la durée et la température spécifiées pour la gaine à essayer dans la CEI 60684-3, on doit laisser la gaine se rétablir complètement. La gaine doit être alors refroidie jusqu'à la température ambiante et le diamètre intérieur recouvré mesuré de nouveau.

16.3 Résultats

Noter, en tant que résultats, toutes les valeurs trouvées pour chacun des trois ensembles de mesures: diamètre intérieur expansé avant et après stockage à température élevée et diamètre intérieur totalement recouvré après stockage à température élevée.

17 Hydrolyse du revêtement

17.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

17.2 Forme des échantillons

Chaque échantillon de gaine doit être coupé en longueurs de 40 mm à 50 mm, puis enveloppé dans du papier filtre pour former un bouchon qui doit être poussé pour entrer dans un tube à essai de verre borosilicaté mesurant 125 mm × 12 mm. Si les dimensions de la gaine l'exigent, les échantillons peuvent être fendus dans leur longueur de manière à pouvoir être enroulés avant de les faire entrer dans le tube à essai.

NOTE Il est essentiel d'utiliser un tube à paroi épaisse pour minimiser les risques d'explosion et de blessures. Il est recommandé, à titre de précaution supplémentaire, de placer les tubes à essai derrière un écran protégeant l'observateur.

17.3 Procédure

La gaine doit être poussée au fond du tube à essai où l'on ajoute environ 2 ml d'eau distillée. Un petit morceau de fil de cuivre d'environ 0,6 mm de diamètre doit être ensuite introduit dans le tube, son extrémité proche de l'échantillon étant recourbée de façon à former un cercle perpendiculaire à la longueur du fil. La longueur du fil doit permettre de le faire entrer totalement dans le tube une fois scellé, avec l'extrémité recourbée au-dessus du niveau d'eau lorsque le tube est retourné. Le fil joue le rôle d'une butée et empêche l'échantillon de tomber dans l'eau.

L'extrémité du tube à essai doit ensuite être scellée. Cela est simplement réalisé par étirage à la flamme.

Le tube à essai doit alors être tenu verticalement, l'extrémité scellée vers le bas, et maintenu à $100 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$ pendant $(72 \pm 1) \text{ h}$.

17.4 Résultats

Noter tout écoulement du revêtement, toute adhérence entre gaine et papier comme entre morceaux de gaine, ainsi que toute décoloration du papier.

18 Souplesse (gainex extrudées uniquement)

18.1 Nombre et longueur des échantillons

L'essai doit porter sur trois échantillons ayant chacun une longueur d'environ 300 mm.

18.2 Procédure

Conditionner ces échantillons en les suspendant par une extrémité dans une étuve conforme à la CEI 60216-4-1 ou à la CEI 60216-4-2 pendant $(168 \pm 2) \text{ h}$ à la température spécifiée dans la CEI 60684-3, sauf indication contraire. Retirer les échantillons de l'étuve et les laisser revenir à la température ambiante.

Chaque échantillon doit ensuite être retourné sur lui-même à 180 degrés puis immédiatement relâché. Après au moins 1 min, les échantillons doivent être examinés sans grossissement.

18.3 Rapport

Noter si la forme circulaire est similaire à celle avant la flexion (une forme ovale est acceptable) et toute craquelure. Des craquelures internes peuvent être détectées par des creux circonférentiels sur la surface extérieure de l'échantillon. Des lignes de pliage externes ne doivent pas être considérées comme une défaillance.

19 Résistance à la traction, contrainte à la traction à 100 % d'allongement, élongation à la rupture et module sécant à 2 % d'allongement

19.1 Généralités

Les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3 peuvent exiger certains des essais suivants en fonction du type de gaine. Dans certains cas, plusieurs des essais suivants peuvent être effectués pendant une même opération:

- résistance à la traction et allongement à la rupture de la section totale de la gaine;

- résistance à la traction et allongement à la rupture d'échantillons en haltères;
- résistance à la traction des gaines en tissu de verre non revêtu;
- module sécant à 2 % d'allongement;
- résistance à la traction à 100 % d'allongement;
- résistance à la traction à 100 % d'allongement et à température élevée.

NOTE Il convient d'utiliser des mâchoires appropriées pour tous ces essais et il convient que les échantillons soient protégés contre les détériorations causées par les mâchoires.

19.2 Résistance à la traction et allongement à la rupture de la section totale de la gaine

19.2.1 Nombre d'échantillons

Les essais doivent porter sur cinq échantillons.

19.2.2 Forme des échantillons

L'échantillon doit être constitué par une longueur suffisante de gaine pour permettre d'en prendre 50 mm entre les mâchoires de la machine d'essai; elle doit être marquée de deux repères parallèles distants de 25 mm au moins, répartis à peu près également de part et d'autre du milieu des mâchoires. L'agent utilisé pour ce marquage ne doit pas avoir d'effet détériorant sur le matériau et les repères doivent être aussi étroits que possible. L'emploi d'un marqueur à traces parallèles est recommandé.

19.2.3 Conditionnement

Sauf spécification contraire dans la CEI 60684-3, l'échantillon doit être maintenu à la température ambiante de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant l'heure qui précède immédiatement l'essai, ou pendant une durée plus longue qui permet à l'échantillon d'atteindre cette température.

19.2.4 Température d'essai

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

19.2.5 Procédure

La surface de la section de l'échantillon doit être calculée à partir des mesures de l'épaisseur de la gaine et de son diamètre intérieur, effectuées selon les exigences de l'Article 3. Pour les gaines extrudées, l'épaisseur de paroi doit être de

$$\frac{\text{épaisseur de paroi minimale} + \text{épaisseur de paroi maximale}}{2}$$

L'échantillon doit être monté sur la machine d'essai de traction dans l'alignement de l'axe du sens de traction. Les mâchoires doivent être éloignées à une vitesse constante dont la valeur est spécifiée dans la CEI 60684-3 pour chaque matériau particulier. La plage de travail de la machine d'essai doit être telle que la charge maximale est appliquée entre 15 % et 85 % de l'échelle de lecture maximale.

La distance entre les repères au moment de la rupture peut commodément se mesurer au moyen d'une règle graduée, d'un compas ou d'un extensomètre.

La force maximale doit être mesurée à 2 % près. La distance séparant les repères au moment de la rupture doit être mesurée à 2 mm près.

Si l'échantillon se rompt hors de la plage comprise entre les repères, on ne doit pas tenir compte du résultat et l'on procède à un nouvel essai sur un autre échantillon.

19.2.6 Calculs

La résistance à la traction doit être calculée à partir de la force maximale et de la surface de la section initiale; le résultat est exprimé en mégapascals (MPa):

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

où

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

A est la surface de la section initiale (mm²) calculée en utilisant la formule suivante:

$$A = (\pi/4) \times (D_o^2 - D_i^2) = 0,7854 (D_o^2 - D_i^2)$$

où

D_o est le diamètre extérieur, en mm, mesuré à 0,01 mm près;

D_i est le diamètre intérieur, en mm, mesuré à 0,01 mm près.

Pour les gaines avec chemise conductrice fusible, l'épaisseur de la paroi de la chemise ne doit pas être incluse pour la détermination de la section.

L'allongement à la rupture doit s'exprimer en pourcentage de la distance initiale séparant les repères soit

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

où

L est la distance mesurée entre les repères sur l'échantillon allongé à la rupture;

L_0 est la distance initiale entre les repères.

19.2.7 Résultats

Noter toutes les valeurs calculées. Le résultat pour chaque propriété est la valeur centrale, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

19.3 Résistance à la traction et allongement à la rupture des échantillons en forme d'haltères

19.3.1 Cet essai doit être effectué exactement comme en 19.2 avec les modifications suivantes.

19.3.2 Les échantillons doivent être découpés dans les dimensions et les tolérances indiquées à la Figure 5 ou à la Figure 6, en prenant leur grand axe dans le sens longitudinal de la gaine. Celle-ci doit être fendue dans le sens de sa longueur et aplatie sur un matériau légèrement élastique présentant une surface douce (par exemple cuir, caoutchouc ou carton de bonne qualité) qui repose sur une base plane rigide. L'échantillon doit être découpé dans la gaine aplatie, d'un seul coup de presse équipée d'un emporte-pièce de forme et de dimensions appropriées.

NOTE Le profil donné à la Figure 5 est celui du type 2 de l'ISO 37 et le profil donné à la Figure 6 est celui du type 1 de l'ISO 37.

19.3.3 La largeur et l'épaisseur de la partie centrale à bords parallèles de l'échantillon doivent être mesurées en au moins trois endroits à 0,01 mm près, entre les repères. La surface moyenne de la section est ensuite déterminée.

19.3.4 La distance séparant les repères au moment de la rupture doit être mesurée à 2 % près.

19.4 Résistance à la traction des gaines en tissu de verre non revêtu

19.4.1 Cet essai doit être effectué exactement comme en 19.2 avec les modifications suivantes.

19.4.2 La séparation initiale des mâchoires doit être de (100 ± 10) mm et leur vitesse d'éloignement de (25 ± 5) mm/min.

L'élongation à la rupture ne doit pas être mesurée et les repères ne sont pas nécessaires.

19.4.3 La surface moyenne de la section doit être calculée à partir du double de l'épaisseur de paroi mesurée selon les exigences de 3.2 multipliée par la largeur d'un ruban plat préparé comme suit.

La gaine est soumise à une force de traction égale à environ 10 % de la charge à la rupture, légèrement pressée par des plaques pour former un ruban.

Mesurer la largeur de ce ruban. Celle-ci est facilement mesurée si l'une de ces plaques est munie d'une échelle gravée sur son bord.

19.5 Module sécant à 2 % d'allongement

19.5.1 Nombre et forme des échantillons

Trois essais doivent être effectués sur des longueurs de section de gaine complète ou sur des bandes coupées parallèlement à l'axe longitudinal de la gaine. Si l'on utilise des bandes, elles doivent avoir un rapport largeur sur épaisseur d'au moins 8:1. La surface de la section est déterminée conformément à 19.3.3.

19.5.2 Procédure

- Le module sécant doit être calculé à partir d'une mesure de la force de traction nécessaire pour entraîner un allongement de 2 % de la distance entre les mâchoires ou les repères.
- Selon la méthode de mesure choisie, la longueur de l'échantillon entre les mâchoires ou entre les repères ne doit pas être inférieure à 100 mm ni supérieure à 250 mm.
- L'allongement peut être mesuré au moyen d'un extensomètre ou de la séparation des mâchoires; l'allongement doit être mesuré à 2 % près.
- La vitesse d'allongement doit être de $(0,1 \pm 0,03)$ mm/min par millimètre de distance entre mâchoires (par exemple 25 mm/min pour une distance entre les mâchoires de 250 mm).
- Il peut être nécessaire d'appliquer une force de traction initiale (F) pour raidir l'échantillon. Cette force ne doit pas dépasser 3 % de la valeur finale.
- La force doit croître jusqu'à ce que l'allongement entre les mâchoires ou entre les repères atteigne 2 %. La force (F_1) nécessaire pour produire cet allongement doit être consignée.

19.5.3 Calcul

Le module sécant de l'échantillon considéré doit se calculer comme suit:

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

où

- A** est la surface moyenne de la section initiale de l'échantillon (mm²) (déterminée comme spécifié en 19.3.3);

F_1 est la force nécessaire pour obtenir l'allongement de 2 % (N);

F est la force appliquée initialement pour raidir l'échantillon (N).

19.5.4 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées du module sécant à 2 % d'allongement. Le résultat est la valeur centrale, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

19.6 Résistance à la traction à 100 % d'allongement

19.6.1 Généralités

Cet essai doit être effectué comme en 19.2 ou 19.3, selon le cas, et en outre, la force appliquée pour obtenir un allongement de 100 % de la distance entre repères doit être notée.

19.6.2 Calcul

La résistance à la traction pour un allongement de 100 % de l'échantillon doit être calculée comme suit:

$$\text{Résistance à la traction à 100 \%} = \frac{F_2}{A} \text{ (MPa)}$$

où

A est la surface moyenne de la section initiale de l'échantillon (mm²);

F_2 est la force nécessaire pour obtenir un allongement de 100 % (N).

19.6.3 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées de la résistance à la traction pour un allongement de 100 %. Le résultat est la valeur centrale, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

19.7 Résistance à la traction à 100 % d'allongement et à température élevée

L'essai doit être effectué selon les exigences de 19.6 à la température spécifiée dans la CEI 60684-3.

20 Essai de résistance à l'effilochage

20.1 Principe

Les gaines en tissu non revêtu s'effilochent souvent à la suite de manipulations mécaniques ou de coups au niveau de la coupe, par exemple au moment de leur mise en place ou pendant le transport. Cet essai est destiné à évaluer la résistance à l'effilochage à partir de la mesure de la dilatation de la coupe après des chocs spécifiés.

20.2 Nombre et longueur des échantillons

L'essai doit porter sur trois échantillons constitués chacun de 150 mm de longueur de gaine. Les échantillons doivent être sectionnés avec des ciseaux affûtés (ne pas utiliser une cisaille) et en faisant attention à ne pas affecter les fibres extrêmes après sectionnement.

20.3 Procédure

A l'aide d'un projecteur de diapositives, projeter sur un écran une image de la gaine de manière à pouvoir en mesurer le diamètre extérieur avec possibilité de répéter ces mesures

sans modifier la valeur obtenue. Mesurer le diamètre extérieur de l'image au centre de l'échantillon (loin des extrémités). Faire tourner la gaine de 90° et répéter cette mesure. Prendre la moyenne de ces mesures et la noter comme d , à 0,05 mm près.

Utiliser une tige d'acier de 350 mm de longueur, d'un diamètre suffisamment réduit par rapport au diamètre intérieur de la gaine pour permettre la chute verticale libre de l'échantillon quand celui-ci est monté sur la tige.

Faire glisser l'échantillon sur la tige en alignant sa coupe supérieure avec l'extrémité supérieure de la tige fixée verticalement (voir Figure 7). Laisser l'échantillon tomber librement sous l'effet de la pesanteur contre une surface horizontale dure. Répéter cette opération 10 fois au total.

Retirer l'échantillon de la tige en prenant soin de ne pas affecter l'extrémité qui a heurté la surface précitée. Avec le projecteur de diapositives mentionné ci-dessus, mesurer le diamètre de l'extrémité évasée par les impacts. Faire tourner la gaine de 90° et répéter cette mesure. Prendre la moyenne de ces mesures et la noter comme D à 0,05 mm près.

20.4 Calcul

Le pourcentage d'effilochage se calcule de la manière ci-après:

$$\text{pourcentage d'effilochage} = \frac{D-d}{d} 100$$

où

D est le diamètre moyen de l'extrémité évasée de l'échantillon ayant subi les impacts;

d est le diamètre extérieur moyen de la gaine.

20.5 Résultats

Noter toutes les valeurs correspondant à la résistance d'effilochage. Le résultat est la valeur centrale des trois mesures, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

21 Tension de claquage

21.1 Principe

21.1.1 Généralités

Deux méthodes de mesure sont décrites pour déterminer la tension de claquage:

- essai au mandrin rectiligne, avec électrode externe de 100 mm;
- essai pratiqué sur des échantillons dans les gaines de grandes dimensions.

Chaque méthode peut être réalisée à température ambiante ou à température élevée. De plus, des essais peuvent aussi être réalisés après exposition à une chaleur humide.

La méthode utilisée doit être conforme à celle spécifiée dans la feuille correspondante de la CEI 60684-3.

21.1.2 Nombre et forme des échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai. Pour les essais au mandrin rectiligne, on utilise des gaines intactes, et pour les gaines de grandes dimensions, des échantillons découpés.

21.1.3 Conditionnement

En cas de doute ou de litige, les essais doivent être effectués sur des échantillons conditionnés par exposition pendant 24 h au minimum dans une atmosphère à $(50 \pm 5) \%$ d'humidité relative à la température de $23 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$.

21.1.4 Application de la tension

La tension d'essai doit être conforme aux exigences de la CEI 60243-1 et être appliquée en l'augmentant à la vitesse spécifiée dans la CEI 60684-3.

21.1.5 Modification de la méthode d'essai

Les essais de tension de claquage sont normalement effectués dans l'air, mais si les contournements posent un problème, on peut utiliser des échantillons plus longs ou, pour les essais mentionnés en 21.3 et 21.4, on peut effectuer les essais par immersion dans un liquide isolant approprié.

21.1.6 Résultats

Les exigences pour la consignation des résultats pour les différentes méthodes sont décrites en 21.6.

21.2 Essai au mandrin rectiligne avec électrode métallique de 100 mm

21.2.1 Echantillon d'essai

Les échantillons doivent être constitués par un morceau de gaine d'une longueur égale ou supérieure à 200 mm, enfilé sur un conducteur lisse, droit et rond. Pour les gaines thermorétractables, les échantillons doivent être rétreints sur un mandrin métallique ayant un diamètre égal au diamètre intérieur maximal de rétreint spécifié pour la gaine.

21.2.2 Electrodes

L'électrode interne doit être un mandrin métallique entrant facilement dans la gaine. L'électrode externe doit être une bande de ruban métallique, large de 100 mm et dont l'épaisseur ne dépasse pas 0,025 mm, enroulée sans forcer autour de la gaine. Le mandrin doit dépasser de chaque extrémité de l'échantillon et la distance qui sépare l'électrode externe des extrémités de l'échantillon doit être suffisante pour éviter les contournements (voir 21.1.5).

21.2.3 Procédure

La tension doit être appliquée entre les deux électrodes comme décrit en 21.1.4.

21.3 Essais pratiqués sur des échantillons découpés dans les gaines de grandes dimensions

21.3.1 Echantillon d'essai

Les échantillons doivent être constitués par une bande de dimensions suffisantes pour éviter les contournements.

21.3.2 Electrodes

Les électrodes doivent être constituées par deux cylindres métalliques de 25 mm de diamètre et de 25 mm de longueur, montés verticalement dans le prolongement l'un de l'autre de sorte que l'échantillon puisse être placé entre leurs extrémités sectionnées perpendiculairement à leur axe, ces axes étant confondus. Le tour de ces sections terminales doit être limé pour obtenir approximativement un rayon de 3 mm.

21.3.3 Procédure

La tension doit être appliquée entre les deux électrodes comme décrit en 21.1.4.

21.4 Essais à température élevée

On doit effectuer les essais sur le nombre approprié d'échantillons préparés. Les échantillons, le bain de grenaille (méthode de 21.2) et les électrodes doivent être placés en étuve, le tout étant maintenu pendant (60 ± 5) min à la température spécifiée dans la CEI 60684-3. L'échantillon étant maintenu à la température spécifiée, la tension doit être appliquée suivant les indications de 21.1.4.

21.5 Essais après conditionnement de chaleur humide

Elever préalablement la température des échantillons à une valeur comprise entre 40 °C et 45 °C puis l'exposer pendant quatre jours aux conditions de chaleur humide spécifiées dans la CEI 60212, soit 96 h à 40 °C sous 93 % d'humidité relative.

Sortir la gaine de l'enceinte de conditionnement, la laisser refroidir et revenir à température ambiante dans une atmosphère à 75 % d'humidité relative, puis préparer les échantillons et les essayer selon la méthode appropriée entre 1 h et 2 h après la sortie de l'enceinte.

21.6 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées pour la tension de claquage, ainsi que les conditions de température et d'humidité relative quand cela est approprié. Sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3, le résultat est la valeur centrale.

NOTE Si la feuille de spécifications de la CEI 60684-3 donne uniquement des exigences de dimensions extérieures d'électrodes de 25 mm et 250 mm, il convient que les exigences pour 100 mm soient calculées en utilisant la formule donnée ci-après:

$$V_1 = \frac{2V_2 + V_3}{3}$$

où

V_1 est l'exigence concernant la tension disruptive si l'on utilise des électrodes de 100 mm;

V_2 est l'exigence concernant la tension disruptive si l'on utilise des électrodes de 250 mm;

V_3 est l'exigence concernant la tension disruptive si l'on utilise des électrodes de 25 mm.

22 Résistance d'isolement

22.1 Conditionnement

En cas de doute ou de litige, les essais doivent être effectués sur des échantillons conditionnés par exposition pendant 24 h au minimum dans une atmosphère de (50 ± 5) % d'humidité relative à la température de $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$.

22.2 Forme des échantillons

Un morceau de tube ou de fil de cuivre massif à ajustement glissant doit être inséré dans un échantillon de gaine. Une fois adapté, l'échantillon doit avoir une longueur de 230 mm au minimum. Les matériaux autres que le textile peuvent nécessiter un lubrifiant conducteur adapté pour aider à l'insertion. Pour les gaines thermorétractables, l'échantillon doit être rétreint sur un mandrin métallique ayant un diamètre égal au diamètre intérieur maximal de rétreint spécifié pour la gaine.

Trois morceaux de feuille métallique mesurant chacun (25 ± 1) mm de largeur doivent être roulés autour de l'échantillon en plaçant l'un au milieu et les deux autres près des extrémités de l'échantillon en laissant nues deux portions de gaine de (50 ± 1) mm de longueur, comme indiqué à la Figure 8. Les deux enroulements de feuille métallique extrêmes doivent être reliés électriquement au tube ou fil inséré dans la gaine et mis à la terre pendant l'essai. La connexion des fils de liaison doit se faire comme indiqué à la Figure 8.

NOTE Comme variante autorisée à la feuille métallique, on peut utiliser une peinture métallique à haute conductivité à condition que la gaine ne soit pas affectée par le solvant de cette peinture.

22.3 Mesure de la résistance d'isolement

Une tension continue de (500 ± 15) V doit être appliquée à chaque échantillon entre la feuille métallique centrale et les feuilles métalliques extrêmes. La résistance d'isolement doit être mesurée à pas moins de 1 min et pas plus de 3 min après application de cette tension.

22.4 Conditions d'essai

22.4.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être essayés dans chacune des conditions ci-après.

22.4.2 Essais à température ambiante

Les échantillons doivent être préparés ainsi qu'il est indiqué en 22.2 et la résistance d'isolement mesurée à $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ sous $(50 \pm 5) \%$ d'humidité relative selon les exigences de 22.3.

22.4.3 Essais à température élevée

Les échantillons doivent être préparés comme indiqué en 22.2. Ils doivent ensuite être placés dans une étuve où ils sont maintenus à la température spécifiée dans la CEI 60684-3 pendant (60 ± 5) min. La résistance d'isolement doit être mesurée conformément aux dispositions de 22.3, l'échantillon étant toujours à la température spécifiée.

22.4.4 Essais après conditionnement de chaleur humide

Les échantillons sont préparés ainsi qu'il est indiqué en 22.2, puis soumis, pendant quatre jours, aux conditions de chaleur humide spécifiées dans la CEI 60212 (96 h à 40 °C et avec 93 % d'humidité relative). L'essai est réalisé dans ces conditions.

NOTE La présence de condensation sur un échantillon quelconque rend les résultats inacceptables pour celui-ci.

22.5 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées pour la résistance d'isolement, ainsi que la température d'essai. Le résultat est la moyenne géométrique, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

23 Résistivité transversale

23.1 Généralités

Ne s'applique pas aux gaines en textile.

23.2 Conditionnement

En cas de doute ou de litige, les essais doivent être effectués sur des échantillons conditionnés par exposition pendant 24 h au minimum dans une atmosphère de $(50 \pm 5) \%$ d'humidité relative à la température de $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$.

23.3 Forme des échantillons

Un échantillon ayant une gaine de 250 mm de longueur doit être enfilé sur un conducteur solide en cuivre ou un tube de cuivre (constituant l'électrode interne) dont le diamètre doit être inférieur au diamètre intérieur de la gaine dans le rapport spécifié dans la CEI 60684-3. Certains matériaux peuvent nécessiter l'utilisation d'un liquide pour faciliter l'insertion et assurer un bon contact électrique entre la gaine et le mandrin. Le liquide à utiliser doit être spécifié dans la CEI 60684-3. Pour les gaines thermorétractables, l'échantillon doit être rétreint sur un mandrin métallique ayant un diamètre égal au diamètre intérieur maximal de rétreint spécifié pour la gaine.

L'électrode externe doit avoir 200 mm de longueur, et avoir été réalisée en enduisant l'extérieur de la gaine d'une peinture métallique de conductivité élevée. Des anneaux de protection doivent être placés à chaque extrémité de l'échantillon conformément aux exigences de la CEI 60093.

23.4 Mesure de la résistivité transversale

La résistance doit être mesurée conformément aux exigences de la CEI 60093 sous une tension continue de (500 ± 15) V, avec une durée d'électrisation de 1 min.

La résistivité transversale ρ doit être calculée d'après la formule suivante:

$$\rho = 2\pi LR / \ln \frac{d+2s}{d} = 0,8687 \pi LR / \log_{10} \frac{d+2s}{d} (\Omega \cdot m)$$

où

L est la longueur de l'électrode (m);

R est la résistance mesurée (Ω);

d est le diamètre intérieur de la gaine (mm);

s est l'épaisseur de la gaine (mm);

$\ln$ est le logarithme naturel;

$\log_{10}$ est le logarithme décimal (Briggsian).

Pour $L = 0,2$ m, la formule devient

$$\rho = 1,257R / \ln ((d+2s)/d) = 0,546R / \log_{10} ((d+2s)/d) (\Omega \cdot m)$$

23.5 Conditions d'essai

23.5.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être essayés dans chacune des conditions ci-après.

23.5.2 Essais à température ambiante

Les échantillons doivent être préparés ainsi qu'il est indiqué en 23.2 et la résistivité transversale mesurée à $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$ sous $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative selon les exigences de 23.3.

23.5.3 Essais à température élevée

Les échantillons doivent être préparés comme indiqué en 23.2. Ils doivent ensuite être placés dans une étuve où ils sont maintenus à la température spécifiée dans la CEI 60684-3 pendant (50 ± 5) min. La résistivité transversale doit être mesurée conformément aux dispositions de 23.3, l'échantillon étant toujours à la température spécifiée.

23.5.4 Essais après conditionnement de chaleur humide

Les échantillons sont préparés ainsi qu'il est indiqué en 23.2, puis soumis, pendant quatre jours, aux conditions de chaleur humide spécifiées dans la CEI 60212 (96 h, 40 °C, 93 % d'humidité relative). L'essai est réalisé dans ces conditions.

NOTE La présence de condensation sur un échantillon quelconque rend les résultats inacceptables pour celui-ci.

23.6 Résultats

Noter toutes les valeurs mesurées de résistivité transversale, ainsi que les conditions de température et d'humidité si cela est adapté. Le résultat est la moyenne géométrique, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

24 Permittivité et facteur de dissipation

24.1 Nombre d'échantillons

Un échantillon doit être soumis à l'essai.

24.2 Forme des échantillons

L'échantillon doit être constitué par un morceau de gaine d'une longueur suffisante pour convenir aux électrodes spécifiées ci-dessous. Les gaines thermorétractables doivent être rétreintes sur le mandrin qui constitue l'électrode interne en suivant les instructions du fournisseur. Avant de le faire, on doit mesurer le diamètre d_1 du mandrin en prenant la moyenne de 10 mesures effectuées chacune à 0,01 mm près. Ces mesures sont prises en des points uniformément répartis sur la longueur et la circonférence du mandrin.

24.3 Electrodes

L'électrode interne doit être constituée d'un mandrin métallique assurant un bon contact avec le diamètre intérieur de la gaine; dans le cas des gaines thermorétractables, le diamètre du mandrin est égal au diamètre maximal rétreint de la gaine. L'électrode externe doit être constituée, comme les anneaux de protection, par des bandes de feuille métallique ou de peinture conductrice appropriée. Si l'on utilise des feuilles métalliques, elles doivent être appliquées sur l'échantillon en utilisant le moins possible de graisse ou de liquide à faibles pertes. Les anneaux de protection doivent être de 25 mm de largeur, et être placés aux deux extrémités de la gaine avec environ 1,5 mm de distance d'isolement par rapport à l'électrode externe. On doit choisir une longueur d'électrode externe telle que la capacité puisse être mesurée dans la plage de sensibilité optimale du pont de mesure. L'électrode interne doit se déployer au moins aussi loin que les bords extérieurs des anneaux de garde.

24.4 Procédure

L'essai doit être effectué à la température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$. La mesure du diamètre extérieur de l'échantillon d_2 doit être effectuée une fois celle-ci enfilée sur le mandrin et juste avant de procéder à la mesure de la capacité. Ce diamètre doit être la moyenne arithmétique de 10 mesures prises à 0,01 mm près en des points uniformément répartis sur la longueur et sur la circonférence du mandrin.

La mesure de la permittivité doit être effectuée avec un instrument adapté conforme aux exigences de la CEI 60250 et à une fréquence d'environ 1 000 Hz. La sortie à basse tension doit être raccordée à l'électrode munie d'anneaux de protection.

24.5 Calcul

La permittivité relative ε_r doit être calculée d'après la formule suivante:

$$\begin{aligned}\varepsilon_r &= 18 C \ln (d_2/d_1)/(l + w) \\ &= 41,4 C \log_{10} (d_2/d_1)/(l + w)\end{aligned}$$

où

C est la capacité mesurée (pF);

d_1 est le diamètre du mandrin (mm);

d_2 est le diamètre extérieur de l'échantillon (mm);

l est la longueur de l'électrode munie d'anneaux de protection (mm);

w est l'écartement entre l'électrode et ses anneaux de protection (mm);

$\ln$ est le logarithme naturel;

$\log_{10}$ est le logarithme décimal (Briggsian).

Le facteur de dissipation est déduit des lectures faites au pont de mesure conformément aux exigences de la CEI 60250.

24.6 Résultats

Noter les valeurs de la permittivité relative et du facteur de dissipation.

25 Résistance aux courants de cheminement

Cet essai doit être effectué selon la méthode 2 (critère A) de la CEI 60587 sur des échantillons convenus entre fournisseur et utilisateur.

26 Essais de propagation de la flamme

26.1 Principe

On expose ici trois méthodes. Les sévérités des essais sont différentes et leur application dépend des indications données dans la CEI 60684-3 suivant le type ou la qualité de gaine concernées.

26.2 Méthodes A et B

26.2.1 Généralités

Ces essais doivent être réalisés selon la CEI 60695-11-21 sauf en ce qui concerne la source de chaleur qui doit être conforme au Paragraphe 26.3.

Echantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

26.2.2 Méthode A, uniquement pour des gaines d'un diamètre intérieur inférieur ou égal à 10 mm

NOTE Pour les gaines thermorétractables, cette dimension est celle du diamètre intérieur de rétreint.

Gaines non thermorétractables: une longueur d'environ 450 mm de gaine doit être glissée sur une tige rectiligne d'acier de 530 mm et centrée sur celle-ci.

Gaines thermorétractables: l'échantillon doit être identique à ce qui est indiqué ci-dessus, mais la gaine doit être rétreinte sur la tige d'acier qui doit avoir le même diamètre que le diamètre spécifié de rétreint de la gaine.

26.2.3 Méthode B

Un morceau d'environ 660 mm de gaine (rétreint dans le cas des gaines thermorétractables) doit être glissé sur une corde de piano en acier de 900 mm de longueur. L'extrémité supérieure de la gaine doit être obturée pour éviter tout tirage pendant la combustion. Le diamètre de la corde à utiliser est indiqué ci-après:

Diamètre de l'échantillon	Diamètre (max.) de la corde de piano
Inférieur à 0,44 mm	0,25 mm
De 0,44 mm à 0,81 mm	0,41 mm
Supérieur à 0,81 mm	0,74 mm

26.3 Source de chaleur

26.3.1 Brûleur à gaz

Le brûleur doit avoir un diamètre intérieur nominal de $(9,5 \pm 1)$ mm. Avec du gaz naturel, un brûleur Bunsen classique peut être utilisé, le brûleur étant réglé pour obtenir une flamme d'environ 125 mm de long dont le cône bleu intérieur mesure environ 40 mm.

Pour utiliser du propane, on doit utiliser le brûleur représenté à la Figure 9.

Il peut être pratique d'utiliser des brûleurs à veilleuse.

26.3.2 Contrôle du fonctionnement du brûleur

On doit contrôler le bon fonctionnement du brûleur comme suit: la base du brûleur étant horizontale, un fil de cuivre nu de $(0,71 \pm 0,025)$ mm de diamètre et long d'au moins 100 mm doit être inséré horizontalement dans la flamme à environ 10 mm au-dessus du cône bleu, de sorte que l'extrémité libre du fil se trouve à la verticale du bord du brûleur, du côté opposé à celui où le fil est fixé. La durée nécessaire à la fusion du fil ne doit pas être inférieure à 4 s, ni supérieure à 6 s.

26.4 Dispositions des échantillons

Les dispositions de l'échantillon et du brûleur sont indiquées sur la Figure 10 pour la méthode A, et sur la Figure 11 pour la méthode B.

L'essai doit être réalisé dans une enceinte métallique à trois côtés à l'intérieur de l'enceinte principale. Les dimensions nominales de l'enceinte métallique doivent être de 305 mm en largeur, de 355 mm en profondeur et de 610 mm en hauteur et elle doit être ouverte à l'avant et dans sa partie supérieure.

L'échantillon doit être fixé de sorte que son axe longitudinal soit vertical et au centre de l'enveloppe. Dans le cas de la méthode B, cela doit être réalisé en fixant l'échantillon au milieu du support supérieur, en pliant la gaine et en l'attachant (avec un trombone ou un collier), ce qui assure la fermeture de l'extrémité de l'échantillon et évite ainsi le tirage de combustion au cours de l'essai. La partie inférieure du fil qui sort de l'ouverture de la gaine doit être fixée, par exemple sur une tige-support comme le montre la Figure 11.

26.5 Méthode C

Echantillons

Les essais doivent porter sur cinq échantillons.

Un morceau d'environ 560 mm de gaine (rétreint dans le cas des gaines thermorétractables) doit être glissé sur une corde de piano en acier longue de 800 mm au moins et d'un diamètre spécifié en 26.2.3 relatif à la méthode B.

26.6 Source de chaleur

Conforme au Paragraphe 26.3.

26.7 Enceinte et aménagement interne

L'essai doit être effectué sous une hotte d'évacuation ou dans une enceinte dans laquelle l'échantillon est entouré sur trois côtés par une enveloppe métallique qui la protège des courants d'air. La disposition de l'échantillon et du brûleur est indiquée à la Figure 12.

L'échantillon doit être fixé de sorte que son axe longitudinal soit vertical et au centre de l'enveloppe. Deux barres horizontales fixes doivent être placées dans l'enveloppe de façon qu'un fil tendu au-dessus de celles-ci forme un angle de 70° avec l'horizontale. La barre inférieure doit se situer à environ 50 mm de la partie arrière de l'enceinte et l'extrémité supérieure de l'échantillon doit être fixée à la barre supérieure de façon à assurer la fermeture de l'extrémité de l'échantillon et à éviter le tirage de combustion au cours de l'essai. La partie inférieure du fil qui sort de l'ouverture de la gaine doit être retenue sur la tige support inférieure avec une tension suffisante pour maintenir le fil dans l'alignement pendant l'essai.

Un plan incliné à $(25 \pm 2)^\circ$ doit être utilisé pour faire basculer le brûleur de façon que celui-ci soit aligné avec l'échantillon de la même manière que pour les méthodes A et B.

Avec la méthode C, on doit utiliser le repère indicateur mais pas le coton.

26.8 Procédure

Appliquer la flamme pendant 15 s à l'échantillon et puis l'éteindre en fermant l'arrivée du gaz depuis l'extérieur de l'enceinte.

Déterminer le temps de combustion de l'échantillon décompté à partir de l'instant où la flamme de gaz est arrêtée. Concernant le temps réel de combustion, tenir compte uniquement de l'inflammation et non de l'incandescence. Déterminer la longueur brûlée de l'échantillon par mesure directe, ou par soustraction de la longueur non brûlée par rapport à 250 mm.

26.9 Résultats (méthode C)

26.9.1 Pour la méthode C, les points suivants doivent être notés:

- a) toutes les valeurs mesurées, en secondes, concernant le temps de combustion;
- b) toutes les valeurs mesurées, en millimètres, concernant la longueur brûlée d'échantillon.

26.9.2 Pour la méthode C, les résultats sont les suivants:

- a) la durée maximale, en secondes, du temps pendant lequel l'échantillon continue à brûler après le retrait de la flamme, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3;
- b) la longueur brûlée maximale, en millimètres, de l'échantillon, sauf spécification contraire dans les feuilles de spécifications de la CEI 60684-3.

27 Indice d'oxygène

27.1 Indice d'oxygène à la température ambiante

L'essai doit être effectué selon l'ISO 4589-2 sur des échantillons conformes à la configuration IV. Cela implique la préparation d'une plaque de $(3 \pm 0,25)$ mm d'épaisseur, moulée dans le même matériau que celui de la gaine considérée. S'il s'agit d'une gaine réticulée, la plaque doit être réticulée à la même dose que la gaine.

Le mode opératoire spécifique pour l'inflammation doit être spécifié dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

27.2 Indice d'oxygène à la température élevée

L'essai doit être effectué selon l'ISO 4589-3 sur des échantillons conformes à ceux décrits en 27.1.

La procédure spécifique pour l'inflammation doit être spécifiée dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

28 Transparence

28.1 Nombre d'échantillons

Un échantillon doit être soumis à l'essai.

28.2 Forme des échantillons

Le diamètre intérieur et l'épaisseur de paroi de la gaine isolante à essayer doivent être spécifiés dans la CEI 60684-3. La gaine doit avoir une longueur approximative de 100 mm, être fendue longitudinalement et aplatie.

28.3 Procédure

Placer la gaine fendue sur un texte imprimé avec des caractères 8 points Helvética, de taille moyenne, tels que représentés ci-dessous:

A c k l d e w g y m 0

Vérifier qu'il est possible de lire ces caractères à travers la gaine avec une vue normale.

28.4 Résultats

Noter les observations comme résultat.

29 Essai d'impuretés ioniques

29.1 Généralités

Les valeurs de conductivité doivent être déterminées sur les extraits aqueux obtenus et mesurés selon la CEI 60589.

29.2 Résultats

Sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3, le résultat est la valeur centrale.

30 Essai d'altération d'une feuille argentée

30.1 Principe

Dans cet essai, des échantillons de gaine sont mis en contact avec une feuille argentée et l'ensemble est exposé à une température élevée. L'opacité des taches éventuellement générées sur la feuille argentée est comparée à celle d'un film dit ombre standard faisant partie de l'équipement d'essai pour l'altération.

30.2 Nombre et forme des échantillons

Trois échantillons doivent être coupés de façon à exposer une section annulaire fraîche. Leur longueur doit être au moins égale à l'épaisseur de la paroi, tout en restant suffisamment courte pour permettre aux gaines d'être stables en position verticale.

30.3 Equipement d'essai

L'équipement d'essai est constitué d'un film photographique de forme rectangulaire dont une bande aura été exposée de façon à noircir selon une densité représentant l'ombre standard. Cette bande, d'approximativement 3 mm de large, est équidistante des bords du film.

L'équipement d'essai mesuré selon l'ISO 5-1 à l'ISO 5-4 doit avoir les performances suivantes:

- le fond de film clair doit avoir une densité visuelle inférieure ou égale à 0,050;
- la différence de densité entre l'ombre standard et le fond de film clair doit être de $0,015 \pm 0,005$.

30.4 Procédure

Chaque échantillon de gaine doit être placé de telle façon que l'extrémité fraîchement coupée soit en contact avec une feuille d'argent beaucoup plus grande qui aura été préalablement nettoyée et polie au rouge de joaillier et à l'eau, puis séchée en frottant avec un chiffon propre et sec.

La feuille d'argent et les échantillons disposés sur celle-ci doivent être placés dans une étuve appropriée maintenue à la température de $70 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2 \text{ K}$ pendant $(30 \pm 2) \text{ min}$, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

Chaque échantillon doit alors être retiré de la feuille argentée et celle-ci sera examinée visuellement. Les taches éventuellement générées à la surface de la feuille doivent être examinées à travers le fond clair du film adjacent à l'ombre standard. On observera si la tache est plus sombre que l'ombre standard.

30.5 Résultats

Noter toutes les observations comme résultat.

31 Résistance à la corrosion électrolytique

31.1 Généralités

Les essais doivent être effectués selon au moins une des trois méthodes indiquées dans la CEI 60426. La méthode à utiliser sera spécifiée dans la CEI 60684-3.

31.2 Nombre d'échantillons

Le nombre d'échantillons pour chacune des méthodes envisagées doit être établi comme suit:

- a) méthode visuelle: trois échantillons;

- b) méthode de résistance à la traction du fil: cinq échantillons;
- c) méthode de résistance d'isolement: cinq échantillons.

32 Résistance à la corrosion (traction et allongement)

32.1 Principe

Cet essai détermine l'interaction entre cuivre et gaine.

32.2 Nombre et forme des échantillons

Cinq échantillons de 150 mm de long au moins chacun doivent être fendus dans le sens de la longueur et disposés sur un mandrin rectiligne de cuivre nu préalablement nettoyé. Les échantillons de gaine doivent être fixés à chaque bout par du fil de cuivre. Le mandrin doit être constitué soit d'un tube de cuivre pour les échantillons d'un diamètre intérieur supérieur à 6 mm, soit d'une tige de cuivre pleine pour les diamètres inférieurs ou égaux à 6 mm. Le diamètre du mandrin doit être de 10 % à 20 % supérieur au diamètre intérieur de l'échantillon de la gaine.

32.3 Procédure

Chaque échantillon positionné sur le mandrin doit tout d'abord être conditionné pendant 24 h dans une atmosphère de $23\text{ °C} \pm 5\text{ K}$, avec une humidité relative d'au moins 90 %. Il doit alors être installé dans une étuve et chauffé à $160\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ pendant $(168 \pm 2)\text{ h}$, sauf indication contraire dans la CEI 60684-3. Après retrait de l'étuve, on doit le laisser refroidir.

Chaque échantillon doit alors être retiré du mandrin et l'on doit examiner le mandrin et l'échantillon pour détecter toute trace d'interaction chimique telle que piqûres ou corrosion sur le mandrin. On ne doit pas tenir compte du phénomène d'adhésion sur le mandrin ou de l'oxydation prévisible de celui-ci dans ces conditions.

Chaque échantillon doit alors subir un essai de traction et/ou d'allongement à la rupture conformément à l'Article 19.

32.4 Résultats

Noter les observations d'interaction chimique comme résultats.

Noter toutes les valeurs mesurées de résistance à la traction et/ou d'allongement à la rupture. Sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3, on ne doit retenir que les valeurs centrales.

33 Corrosion du cuivre (présence de composants volatils corrosifs)

33.1 Principe

Cet essai détermine l'effet des composants volatils de la gaine sur le cuivre.

33.2 Equipement

- Tubes à essais: 13 mm × 300 mm.
- Miroirs verre-cuivre de 6 mm de largeur par 25 mm de longueur. Ces miroirs sont stockés dans un dessiccateur correctement conditionné. Ils doivent être constitués d'un dépôt sous vide de cuivre dont l'épaisseur correspond à une transmission de $(10 \pm 5)\%$ d'une onde lumineuse à incidence normale, et d'une longueur d'onde de 500 nm. On ne les utilise que si les miroirs ne sont pas oxydés et s'ils ne présentent pas d'altération visible.
- Bouchons.

- Feuille d'aluminium.
- Fil de cuivre fin d'un diamètre inférieur ou égal à 0,25 mm.
- Bain d'huile à température réglée à ± 2 K.

33.3 Nombre et forme des échantillons

Un essai doit comprendre deux échantillons de gaine disposés chacun dans un tube à essai séparé, avec un troisième tube à essai utilisé comme contrôle.

Pour les gaines d'un diamètre intérieur inférieur à 3 mm, chaque échantillon doit avoir une longueur telle que la surface extérieure soit de l'ordre de 150 mm².

Pour les gaines d'un diamètre intérieur supérieur ou égal à 3 mm, chaque échantillon doit être constitué d'une bande de 6 mm × 25 mm coupée dans le sens longitudinal.

33.4 Procédure

Placer chaque échantillon dans un tube à essai comme indiqué ci-dessus et prendre un troisième tube comme tube de contrôle.

Suspendre un miroir de cuivre, tel que décrit en 34.2, au-dessus de chaque tube à essai, de telle façon que son bord inférieur soit situé à une distance de 150 mm à 180 mm du fond du tube. Fixer le miroir à l'aide d'une boucle du fil de cuivre en serrant le bord supérieur, l'autre extrémité du fil étant fixée au bouchon, en s'assurant que l'ensemble est bien vertical. Fermer chaque tube à essai avec le bouchon après l'avoir enveloppé dans la feuille d'aluminium.

Immerger 50 mm de chacun des trois tubes à essai dans le bain d'huile à la température et pendant la durée spécifiées dans la CEI 60684-3.

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

Après refroidissement, retirer les miroirs et les examiner avec un éclairage suffisant devant un fond blanc. Toute disparition de cuivre de la surface du miroir sera considérée comme un signe de corrosion. Cependant le bord inférieur du miroir peut perdre du cuivre par condensation. Si la surface correspondante ne dépasse pas 8 % de la surface totale, ce phénomène localisé ne sera pas pris en considération. Par ailleurs, on ne tiendra pas compte comme corrosion d'une décoloration éventuelle du film de cuivre ou d'une réduction de son épaisseur. Seule sera prise en compte comme surface de corrosion la surface du miroir devenue transparente par perte du film de cuivre.

Si le miroir contenu dans le tube de référence présente des signes de corrosion, l'essai doit être recommencé.

33.5 Résultats

Noter le pourcentage de corrosion de chaque miroir. Le résultat est constitué par la valeur moyenne de ce pourcentage.

34 Solidité de la couleur à la lumière

34.1 Principe

Cet essai compare le taux relatif de changement des couleurs d'un échantillon dans certaines conditions par rapport à une norme préétablie.

34.2 Echantillon d'essai

Une longueur de gaine adéquate.

34.3 Procédure

Un échantillon de gaine à moitié couvert et un échantillon de laine teintée standard résistant à la lumière tel que les décrit l'ISO 105-B01 doivent être exposés ensemble à une source de xénon ou à une lampe à arc de carbone fermée jusqu'à ce qu'un changement de couleur de la partie exposée de l'échantillon standard correspondant au grade 4 sur l'échelle géométrique de gris de l'ISO 105-A02 se produise. La température ambiante ne doit pas dépasser 40 °C et le degré d'humidité relative n'est pas imposé. Le numéro d'identification des échantillons standard est spécifié dans la CEI 60684-3.

Examiner régulièrement les échantillons standards afin de vérifier qu'on ne dépasse pas le niveau de décoloration prescrit ci-dessus.

Comparer le changement relatif de couleur des deux moitiés des échantillons de gaines par rapport aux échantillons standard. Effectuer cette comparaison dans de bonnes conditions d'éclairage, sur un fond blanc.

34.4 Résultats

Noter toutes les observations comme résultat.

35 Résistance à l'ozone

35.1 Généralités

Effectuer l'essai conformément à l'ISO 1431-1, avec les modifications suivantes.

35.2 Nombre et forme des échantillons

Trois échantillons, d'approximativement 25 mm de longueur chacun doivent être essayés.

35.3 Procédure

Les échantillons doivent être installés sur un mandrin lisse insensible à l'ozone, ayant un faible coefficient de frottement, de façon que les contraintes éventuellement développées soient normales (par exemple PTFE). Choisir le diamètre du mandrin afin que le diamètre de la gaine augmente dans les proportions précisées dans la CEI 60684-3. Les échantillons doivent être exposés à une concentration d'ozone, sous une température et pendant une durée spécifiées dans la CEI 60684-3.

Après retrait des échantillons de l'atmosphère riche en ozone, ils doivent être examinés avec une acuité visuelle normale afin de détecter l'apparition éventuelle de fissures sauf spécification contraire dans la CEI 60684-3.

35.4 Résultats

Noter toutes les observations comme résultat.

36 Résistance aux fluides choisis

36.1 Principe

Les paramètres suivants doivent être définis:

- a) choix du fluide;
- b) température d'immersion;
- c) durée d'immersion;
- d) méthode d'évaluation.

36.2 Choix du fluide

En l'absence de précisions dans la CEI 60684-3, les fluides doivent faire l'objet d'un accord entre le client et le fournisseur. Les échantillons doivent être immergés dans un volume de fluide égal à au moins 20 fois leur propre volume.

NOTE Il convient de prendre les précautions appropriées pour protéger le personnel contre les dangers physiologiques et les risques d'incendie inhérents à la manipulation de ces fluides.

36.3 Méthode d'évaluation

- a) Tension de claquage, Article 21.
- b) Résistance à la traction et/ou allongement à la rupture, Article 19.
- c) Examen visuel.
- d) Changement de masse.
- e) Toute autre méthode spécifiée dans la CEI 60684-3.

36.4 Nombre et forme des échantillons

Le nombre d'échantillons d'essai dépend de la méthode d'évaluation. Les échantillons doivent être choisis conformément à l'Article 19 ou l'Article 21 ou bien les échantillons doivent être au nombre de trois de 25 mm de long chacun approximativement si l'on choisit l'aspect visuel ou le changement de masse.

En variante, on peut utiliser des échantillons conformes à l'Article 19 pour l'évaluation visuelle et du changement de masse.

36.5 Procédure

Les échantillons doivent être immergés dans le fluide à une température de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ pendant $(24 \pm 1)\text{ h}$, sauf exigence contraire à la CEI 60684-3.

Les échantillons doivent ensuite être retirés du fluide et laissés à sécher pendant 45 min à 75 min, sauf indication contraire dans la CEI 60684-3. Ils doivent ensuite être essuyés légèrement et essayés selon au moins une des méthodes définies en 36.3, à température ambiante. Si la méthode de changement de masse est retenue, ils doivent être pesés à nouveau et le changement de masse doit être établi en pourcentage de la masse initiale avant immersion.

NOTE Si l'on utilise la méthode de résistance à la traction, il convient de déterminer la section transversale de l'échantillon avant immersion. Si l'on utilise la méthode du changement de masse, il convient de peser les échantillons à $0,0002\text{ g}$ près avant immersion.

36.6 Résultats

Les résultats sont constitués par les observations/déterminations inhérentes à chacune des méthodes d'évaluation spécifiées. Ces résultats peuvent être basés sur des valeurs absolues requises ou sur des valeurs relatives en pourcentage de dégradation par rapport à une valeur de contrôle.

Si une évaluation qualitative est demandée dans l'absolu ou en complément d'une autre évaluation, mentionner toute détérioration de type gonflement, aspect poisseux, effritement, fissuration, boursouffure, immédiatement après retrait du fluide.

37 Endurance thermique

Le principe est le suivant: en général, cet essai doit être effectué selon la série de normes CEI 60216. Etant donné que la tenue en température est très dépendante du matériau constituant la gaine, les méthodes d'essais et les sévérités à prendre en compte sont définies dans les feuilles particulières de la CEI 60684-3.

38 Masse par unité de longueur

38.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

38.2 Procédure

Les masses doivent être mesurées sur les gaines dans leur état à la livraison.

Sauf indication contraire, les essais doivent être effectués sur des échantillons d'environ 100 mm de long, coupés dans la gaine perpendiculairement à son axe. Après la coupe, on doit mesurer la longueur (L) avec une précision de ± 1 mm. Cette longueur doit être mesurée à partir de différents points sur la circonférence de la gaine et la valeur retenue pour les calculs ne doit pas différer de plus de ± 1 mm par rapport à toutes les valeurs mesurées.

On pourra utiliser toute méthode permettant de déterminer la masse avec une précision de 1 % ou de 0,01 g par 100 mm de gaine, en utilisant la plus faible des deux valeurs.

38.3 Résultats

La masse M d'un mètre de gaine est calculée comme suit:

$$M = \frac{m_1 \times 1000}{L} \text{ (g/m)}$$

où

m_1 est la masse de l'échantillon (g);

L est la longueur de l'échantillon (mm).

Noter toutes les valeurs de masse par unité de longueur. Le résultat est la valeur moyenne sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

39 Vieillissement en température

39.1 Nombre et forme des échantillons

Préparer cinq échantillons conformément à l'Article 19.

39.2 Procédure

Exposer ces échantillons en les suspendant par une extrémité dans une étuve conforme à la CEI 60216-4-1 ou à la CEI 60216-4-2 pendant (168 ± 2) h à la température spécifiée dans la CEI 60684-3, sauf indication contraire. Retirer les échantillons de l'étuve et les laisser refroidir **et ensuite les conditionner entre 16 h et 96 h à $23^\circ\text{C} \pm 2\text{ K}$** . Effectuer l'essai de résistance à la traction et/ou l'essai d'allongement à la rupture, selon l'Article 19, et comme spécifié dans la CEI 60684-3. Par ailleurs, lorsque cela est spécifié dans la CEI 60684-3, les longueurs des gaines complètes, doivent, après retrait de l'étuve et refroidissement, être repliées sur elles-

mêmes à 180 degrés et immédiatement relâchées. Après au moins 1 min, les échantillons doivent être examinés sans grossissement.

39.3 Rapport (essai de flexion)

Noter si la forme circulaire est similaire à celle avant la flexion (une forme ovale est acceptable) et toute craquelure. Des craquelures internes peuvent être détectées par des creux circonférentiels sur la surface extérieure de l'échantillon. Des lignes de pliage externes ne doivent pas être considérées comme une défaillance.

NOTE Ne pas soumettre différents types au traitement de vieillissement dans la même étuve dans la mesure où cela est de nature à influencer le résultat.

40 Absorption d'eau

40.1 Généralités

Effectuer cet essai selon la méthode 1 de l'ISO 62 sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

40.2 Résultats

Consigner toutes les valeurs mesurées. Le résultat est la moyenne de ces valeurs, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

41 Rétreint partiel (réservé aux gaines thermorétractables)

41.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

41.2 Forme des échantillons

Couper trois longueurs d'environ 150 mm dans la gaine thermorétractable à l'état expansé.

41.3 Equipement

Se procurer une série de mandrins métalliques de formes et dimensions définies à la Figure 13. S'assurer que tous les côtés vifs sont ébavurés.

41.4 Procédure

Choisir un mandrin ayant un diamètre D égal au diamètre expansé spécifié et un diamètre d égal au diamètre rétreint spécifié de la gaine étudiée. En gardant le mandrin d'essai à température ambiante, positionner l'échantillon sur ce mandrin et placer l'ensemble dans une étuve préchauffée à la température indiquée dans la CEI 60684-3 pour la gaine considérée. Attendre le rétreint complet de la gaine puis laisser l'ensemble dans l'étuve à cette température pour une durée additionnelle de (30 ± 3) min.

A la fin de cette période, retirer l'ensemble de l'étuve et laisser refroidir à température ambiante.

Examiner chaque échantillon pour détecter des fissures ou des déchirures éventuelles.

Enrouler une bande de feuille conductrice d'une largeur approximative de 13 mm et d'une épaisseur maximale de 0,025 mm autour du disque entier d'un diamètre D (voir Figure 13). Appliquer une deuxième épaisseur de feuille conductrice serrée autour de l'échantillon pour assurer le contact en laissant une petite longueur libre pour une connexion électrique. Retirer

une partie de la gaine à une extrémité du mandrin afin de dégager une longueur inférieure pour une deuxième connexion électrique en s'assurant qu'il reste assez de gaine entre les points de connexion et la feuille conductrice pour éviter un contournement durant l'essai en tension.

NOTE On peut également utiliser une peinture conductrice.

Appliquer la tension d'essai entre les électrodes en augmentant de 500 V/s jusqu'à obtention de la tension spécifiée dans la CEI 60684-3. Appliquer cette tension pendant 1 min. Enregistrer la tension de l'essai et vérifier qu'aucune incidence de rupture diélectrique n'apparaisse.

41.5 Résultats

Pour chacun des trois échantillons soumis à l'essai, noter la présence ou l'absence de fissures ou déchirures et le résultat de l'essai en tension.

42 Stabilité des couleurs en température

42.1 Nombre d'échantillons

Trois échantillons doivent être soumis à l'essai.

42.2 Forme des échantillons

Couper trois longueurs d'environ 100 mm dans la gaine à essayer.

42.3 Procédure

Suspendre les échantillons dans une étuve préchauffée à la température et pour la durée spécifiée dans la CEI 60684-3. Si le temps n'est pas précisé, l'essai doit être effectué sur une durée de (24 ± 1) h.

Retirer les échantillons de l'étuve et les laisser refroidir à température ambiante.

Comparer la couleur des échantillons aux couleurs standard spécifiées dans la CEI 60684-3.

42.4 Résultats

Noter la température et la durée de l'essai. Le résultat est constitué par l'examen visuel des échantillons.

43 Indice de fumée

43.1 Définitions

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

- a) Indice de fumée: addition numérique des taux de changement de densité optique des fumées produites depuis le début de l'essai jusqu'à 70 %, 40 %, 10 % et aux valeurs minimales de transmittance de la lumière selon le cas.
- b) Les actions de combustion et de pyrolyse sont définies dans l'ISO 13943.

43.2 Principe

Les échantillons découpés dans la gaine à étudier sont exposés à des conditions thermiques standard de pyrolyse et de combustion dans un mode continu. Pendant toute la durée de l'essai, on enregistre les variations de densité optique de la fumée produite et dispersée dans un volume d'air constant. La courbe résultante de densité en fonction du temps servira au calcul de l'indice de fumée.

43.3 Equipement

Le dispositif d'essai doit être réalisé conformément à la CEI 60695-6-30 avec les modifications décrites ci-après.

a) Ventilateur de brassage

On doit installer un petit ventilateur de brassage, centré au sommet de l'enceinte d'essai, afin d'assurer une répartition homogène des fumées dans l'équipement. Ce ventilateur doit être de type axial et constitué de quatre pales d'un diamètre extérieur de 250 mm, la largeur maximale des pales étant de 70 mm. Le rotor doit avoir une vitesse de rotation comprise entre 60 r/min et 120 r/min.

b) Brûleur

On doit utiliser un brûleur à buses multiples, fonctionnant avec un prémélange air/propane, tel que décrit à la Figure 14. Ce brûleur doit être disposé en face du centre du support des échantillons, à une distance de 10 mm du bord inférieur de ceux-ci. On doit mesurer le débit de mélange air/propane à l'aide d'un rotamètre étalonné, le débit étant réglé afin d'obtenir une flamme bleue enrobant l'échantillon sur 90 % au moins de sa largeur et dont la hauteur dépassera d'environ 5 mm l'extrémité inférieure de l'échantillon.

Un système d'allumage doit permettre de générer la flamme sans avoir à ouvrir l'enceinte d'essai. A cet effet, un fil de platine, un cristal piézoélectrique ou une veilleuse ont été jugés comme étant adaptés. Dans tous les cas, le système d'allumage ne doit avoir aucun effet sur la valeur de l'indice de fumée du matériau soumis à l'essai.

43.4 Nombre et forme des échantillons

Découper et aplatir la gaine afin de préparer des bandes d'environ 75 mm de long. L'épaisseur et la largeur minimale de ces bandes doivent être spécifiées dans les feuilles appropriées de la CEI 60684-3. Le nombre d'échantillons doit être tel que le support sera entièrement couvert.

43.5 Conditionnement

Avant installation dans leur support, les bandes seront exposées à $23\text{ °C} \pm 3\text{ K}$ et $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative, pendant au moins 24 h.

43.6 Montage des échantillons

Les bandes doivent être fixées à un grillage réalisé à partir de fil d'acier inox de 1,5 mm de diamètre, au pas de 12,5 mm et de configuration orthogonale, afin d'éviter une distorsion excessive des échantillons durant l'essai.

Placer la fixation à plat sur une surface plane et insérer le grillage. Positionner les échantillons de gaine parallèles, sans recouvrement, mais jointifs (sans espace entre eux) en s'assurant que les échantillons sont verticaux lorsqu'on a remis les fixations en place.

Envelopper entièrement les parties isolantes dans une feuille d'aluminium d'une épaisseur d'environ 0,04 mm et les positionner sur les échantillons d'essai, installer le ressort de rétention et verrouiller la goupille de fermeture.

NOTE La Figure 15 montre la vue de face du système de fixation verticale des échantillons pour l'essai de fumées.

43.7 Sécurité des opérations

Les échantillons en essai risquent de dégager des fumées toxiques et inflammables. Le ou les opérateurs doivent prendre les précautions nécessaires pour éviter une exposition due à ces fumées.

43.8 Procédure

43.8.1 Installer la chambre à fumées et effectuer les vérifications nécessaires ainsi que l'étalonnage selon la CEI 60695-6-30 conformément aux instructions du fabricant.

43.8.2 Ouvrir l'arrivée du mélange air/propane qui alimente le brûleur et allumer. A l'aide d'une fixation libre de tout échantillon installé en face de la flamme, régler la hauteur de celle-ci selon 43.3 b). Noter la valeur affichée par les rotamètres. Fermer l'arrivée de gaz.

43.8.3 Nettoyer les vitres optiques de la chambre d'essai et allumer le système de chauffage auxiliaire. Laisser stabiliser l'ensemble, volets ouverts, jusqu'à obtention d'une température de paroi de la chambre de $33\text{ °C} \pm 4\text{ K}$. Fermer le volet d'entrée.

43.8.4 Stabiliser la sortie de l'étuve à $2,5\text{ W/cm}^2$ et fermer le volet de sortie. Régler le zéro et la pleine échelle (100 %) de l'amplificateur et de l'enregistreur. Démarrer l'enregistreur à une vitesse minimale de défilement de 10 mm/min.

43.8.5 Placer la fixation contenant le matériau en essai dans sa position devant l'étuve et repérer ce moment sur l'enregistreur comme étant le début de l'expérience. En même temps, démarrer le chronomètre.

43.8.6 Ouvrir l'arrivée du gaz ($300\text{ }^{+10}_0\text{ s}$) après le début de l'essai et régler immédiatement son débit à la valeur notée en 43.8.2.

43.8.7 Exposer les matériaux simultanément à la sortie de l'étuve et au brûleur pendant $15\text{ min} \pm 15\text{ s}$ supplémentaires. Enregistrer en continu le pourcentage de transmission de la lumière et observer les caractéristiques de combustion des échantillons pendant cette durée. Si les échantillons présentent des conditions de combustion inhabituelles telles que délamination, affaissement, rétreint, fusion ou détachement, les indiquer dans le rapport d'essai ainsi que le temps correspondant à l'apparition du phénomène. Si la transmission de lumière tombe en dessous de 0,01 %, recouvrir la fenêtre d'observation et retirer les filtres du trajet lumineux.

43.8.8 Sans ouvrir l'enceinte, couper l'alimentation de gaz du brûleur et déplacer la fixation de devant l'étuve en utilisant le bras de l'atténuateur. Maintenir le courant vers l'étuve et l'enregistreur. Evacuer l'enceinte en suivant les instructions du fabricant. Continuer l'enregistrement du pourcentage de lumière transmise nécessaire à l'obtention d'une valeur stable. Cette valeur T_c correspond au faisceau lumineux clair.

43.8.9 Pendant toute la durée de l'essai, régler le système d'amplification des photo-détecteurs de telle façon que la lecture du pourcentage de lumière transmise soit toujours au moins de 10 % de la pleine échelle.

43.8.10 A la fin de l'essai, s'assurer que l'intérieur de l'enceinte, les équipements auxiliaires et le cadre de support sont propres.

43.8.11 Répéter l'essai sur deux autres échantillons préparés à partir de la même gaine.

NOTE Cet essai peut être effectué pour les répliques des pièces en essai avec les mêmes réglages que précédemment à condition qu'aucune modification des réglages n'ait été faite, provoquant un changement d'étalonnage ou de la structure de la flamme.

43.9 Calcul des résultats

43.9.1 Généralités

Les valeurs mesurées de transmittance sont sous-estimées artificiellement du fait de l'accumulation de résidus sur la fenêtre optique. Il peut donc être nécessaire de corriger ces

valeurs avant de calculer l'indice de fumée. Cela s'effectue à l'aide d'une nouvelle courbe de transmittance en fonction du temps conformément à 43.9.2.

43.9.2 Correction des valeurs de transmittance

43.9.2.1 En utilisant la courbe enregistrée, identifier les valeurs suivantes T_c et $T_{\min}$:

où

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

$T_{\min}$ est la valeur minimale de transmittance enregistrée durant l'essai.

43.9.2.2 Convertir T_c et $T_{\min}$ en densité optique spécifique équivalente, D_{sc} et D_{smax}

où

D_{sc} est la densité optique spécifique de transmittance du faisceau lumineux clair, et

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

La conversion du pourcentage de transmittance en densité optique spécifique de la chambre est donnée par la formule suivante

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

où

T est le pourcentage de transmittance;

F est le facteur de correction dû à la chambre = 132.

Le facteur dû à la chambre est égal à $V/(A \cdot L)$ où V est le volume de la chambre, A la surface exposée de l'échantillon, et L la longueur du trajet lumineux.

43.9.2.3 Si D_{sc} est égale ou inférieure à 3 % de D_{smax} aucune correction complémentaire de l'enregistrement n'est requise.

43.9.2.4 Soustraire D_{sc} à D_{smax} pour obtenir la valeur de densité spécifique maximale corrigée $D_{smax.c}$. Convertir $D_{smax.c}$ en pourcentage de transmittance et reporter cette valeur sur l'enregistrement comme étant la transmittance minimale corrigée dans le même intervalle de temps, c'est-à-dire $T_{\min.c}$.

43.9.2.5 Si D_{sc} est supérieure à 3 % de D_{smax} et lorsque $T_{\min.c}$ est inférieur à 70 %, on détermine une nouvelle courbe à partir du tracé de l'enregistreur comme suit:

Convertir le pourcentage de transmittance en densité optique spécifique de la façon indiquée en 43.9.2.3. et corriger cette valeur en utilisant le facteur de correction calculé ci-après. Ramener ce résultat en pourcentage de transmittance. Construire une nouvelle courbe de transmittance en fonction du temps à partir des valeurs corrigées de pourcentage de transmittance et tracer cette courbe aux mêmes intervalles de temps que la courbe initiale avant correction:

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

où

D_s est la densité optique spécifique non corrigée;

D_c est la valeur corrigée de la densité optique spécifique;

D_{sc} et D_{smax} sont tels que défini en 43.9.2.2.

43.9.2.6 Par exemple, pour corriger la densité optique spécifique pour une valeur de transmittance de 70 % (où $D_s = 20$),

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

De la même façon, on pourra calculer les valeurs corrigées (en minutes) de densité optique spécifique pour une transmittance (D_{sT40}) de 40 % et de 10 % (D_{sT10}).

43.9.2.7 Convertir les valeurs corrigées de densité optique spécifique obtenues conformément à 43.9.2.6 en pourcentage de transmission. Etablir une nouvelle courbe de transmittance en fonction du temps à partir des valeurs corrigées tracées avec le même intervalle de temps que celui appliqué pour les valeurs primitives non corrigées.

Relever sur la courbe les temps corrigés (en minutes) à partir du commencement de l'essai pour atteindre une transmittance de 70 %, 40 % et 10 %.

43.9.3 Calcul de l'indice de fumée

43.9.3.1 Quand la valeur de transmittance minimale corrigée est supérieure à 70 %, on calcule l'indice de fumée à partir de la courbe correspondante comme suit:

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

où

$D_{sT \min.(c)}$ est la densité optique spécifique correspondant à la valeur minimale de transmittance sur la courbe corrigée;

$t_{\min.}$ est le temps en minutes auquel on enregistre la valeur minimale de transmittance.

43.9.3.2 Quand la valeur minimale de transmittance corrigée est inférieure à 70 %, calculer l'indice de fumée à partir de la courbe correspondante comme suit:

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

où

$D_{sT(70)}$ est la densité optique spécifique correspondant à une transmittance de 70 % (20,0);

$D_{sT(40)}$ est la densité optique spécifique correspondant à une transmittance de 40 % (51,9);

$D_{sT(10)}$ est la densité optique spécifique correspondant à une transmittance de 10 % (130,5);

$t_{(70)}$ est le temps corrigé, en minutes, depuis le début de l'essai, pour atteindre 70 % de transmittance;

$t_{(40)}$ est le temps corrigé, en minutes, depuis le début de l'essai, pour atteindre 40 % de transmittance;

$t_{(10)}$ est le temps corrigé, en minutes, depuis le début de l'essai, pour atteindre 10 % de transmittance;

$t_{\min.}$ est le temps corrigé, en minutes, depuis le début de l'essai, pour atteindre le minimum de transmittance;

X est la plus faible valeur de transmittance de référence atteinte durant l'essai, soit 70 %, 40 % ou 10 %;

Y est la deuxième plus faible valeur de transmittance atteinte durant l'essai, soit 40 %, 10 % ou 0 %.

43.10 Résultats

43.10.1 Reporter la valeur des indices de fumée obtenus pour chaque essai (trois au minimum) à la première décimale près. Le résultat est la valeur centrale, sauf indication contraire dans les feuilles de spécification de la CEI 60684-3.

43.10.2 Noter également une description du comportement en combustion (voir 43.8.7) comme résultat.

43.10.3 Noter l'épaisseur de la paroi et la largeur des bandes pour chaque échantillon.

43.10.4 Le texte suivant doit être ajouté au rapport.

Ce résultat d'essai en lui-même ne décrit pas la tenue au feu du matériau ou d'un produit utilisant ce matériau dans des conditions réelles. Par conséquent, les seuls résultats de cet essai ne doivent pas être utilisés pour étayer des revendications concernant la tenue du matériau ou du produit dans de réelles conditions de feu. Il est recommandé que l'utilisation de ces résultats seuls concerne uniquement la recherche, le développement, le contrôle de la qualité et la spécification pour la matière.

44 Indice de toxicité

44.1 Définition

Pour les besoins de cet essai, la définition suivante s'applique.

Indice de toxicité

somme arithmétique des facteurs de toxicité de certains gaz dégagés durant la combustion complète dans l'air du matériau, dans des conditions spécifiées. Les facteurs de toxicité sont évalués à partir des quantités calculées de chaque gaz produit lors de la combustion de 100 g de matériau dans 1 m³ d'air et la concentration qui en résulte exprimée comme facteur de la concentration mortelle pour un être humain exposé pendant 30 min (voir 44.9). Un indice de toxicité de 1 dans un volume donné, en moyenne, entraînera le décès en 30 min.

44.2 Principe

On calcule les valeurs analytiques qui se produisent lors de la combustion complète de certains produits gazeux à faible poids moléculaire, dans certaines conditions d'inflammation du matériau, en utilisant comme référence le niveau d'exposition pour chaque gaz susceptible d'entraîner le décès en 30 min, pour définir l'indice de toxicité combiné.

44.3 Equipement

44.3.1 Généralités

Dans la mesure du possible, toutes les surfaces et tous les équipements à l'intérieur de la chambre doivent être fabriqués ou revêtus d'un produit non métallique, si possible inerte aux gaz dégagés par le matériau durant l'essai.

44.3.2 Chambre d'essai

La chambre d'essai doit être constituée d'une enceinte étanche à l'air, d'un volume d'au moins 0,7 m³, garnie d'un matériau plastique opaque, avec une solide porte coulissante ou à charnière équipée d'une fenêtre en plastique transparent.

Le matériau constituant la chambre d'essai ne doit pas réagir aux gaz dégagés pendant l'essai et doit présenter une absorption minimale de ces gaz.

NOTE Le polypropylène convient pour le revêtement intérieur de la chambre et une feuille de polycarbonate pour la fenêtre d'observation.

La chambre d'essai doit être équipée d'un système d'extraction d'air forcée dont la sortie peut être fermée si nécessaire pendant l'essai.

Un ventilateur de brassage doit être installé horizontalement et au centre du plafond de la chambre. Ce ventilateur doit avoir un diamètre minimal de 200 mm et doit être constitué de six pales montées axialement et tournant entre 1 200 r/min et 1 500 r/min. Une commande doit permettre le démarrage ou l'arrêt du ventilateur depuis l'extérieur de la chambre.

44.3.3 Brûleur

Le brûleur doit être du type bec Bunsen au gaz naturel (méthane) avec une valeur calorifique globale d'environ 30 MJ/m³. Le brûleur doit être équipé d'une arrivée d'air extérieure à la chambre, raccordée avec un collier, afin d'empêcher une baisse d'oxygène ayant pour effet une réduction de la température de flamme, voire son extinction durant la combustion de l'échantillon en cours d'essai.

Le brûleur doit être capable de produire une flamme d'environ 100 mm de haut avec une température de $1\,150\,^{\circ}\text{C} \pm 50\,\text{K}$ à son point le plus chaud.

NOTE On recommande l'utilisation d'un bec Bunsen de 125 mm de haut, de 11 mm pour le diamètre du brûleur et de 5 mm pour le diamètre des tuyaux de gaz et d'air pour un débit d'air et de gaz approximatif compris entre 10 l/min et 15 l/min.

On doit pouvoir allumer et éteindre la flamme de l'extérieur de la chambre d'essai.

44.3.4 Support d'échantillon

Le support doit être constitué d'un anneau découpé dans un matériau non combustible de 2 mm à 4 mm d'épaisseur ayant (100 ± 1) mm de diamètre extérieur (75 ± 1) mm de diamètre intérieur, sur lequel sera plaqué un grillage. Ce grillage doit être constitué de fils résistant à la température, au pas de 10 mm, en treillis orthogonal.

44.3.5 Chronométrage

Le dispositif de chronométrage doit pouvoir mesurer des périodes allant jusqu'à 5 min avec une précision de $\pm 1\,\text{s}$.

44.3.6 Prélèvement des gaz et équipement d'analyse

44.3.6.1 Prélèvement des gaz

Afin de réduire les pertes de produits toxiques de la combustion par absorption ou condensation avant les mesures, les lignes de prélèvement doivent être les plus courtes possibles.

Les orifices de prélèvement de la chambre d'essai ne doivent pas affecter l'étanchéité à l'air.

44.3.6.2 Equipement d'analyse

L'équipement d'analyse des gaz issus de la combustion du matériau à l'essai doit permettre une détection et une mesure rapide de ces gaz comme cela est décrit en 44.9.

L'utilisation de tubes à réaction colorimétrique de gaz est acceptable. Dans ce cas, ils doivent être disposés à l'intérieur de la chambre.

44.4 Echantillons

44.4.1 Généralités

Découper les échantillons dans la gaine à étudier. Leur taille et leur forme doivent être telles qu'ils seront complètement enveloppés par la flamme pour chaque essai. Leur masse doit permettre une précision d'analyse optimale selon la nature des produits de combustion et la sensibilité du procédé d'analyse.

NOTE Pour les matériaux thermorétractables, il convient de découper les échantillons dans la gaine complètement rétreinte.

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

44.4.2 Conditionnement

Avant installation dans leur support, les bandes seront exposées à $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et $(50 \pm 5)\%$ d'humidité relative, pendant au moins 24 h.

44.5 Sécurité des opérations

Il existe, durant cet essai, un danger de dégagement de fumées toxiques et/ou inflammables. Les opérateurs doivent prendre les précautions adéquates pour éviter d'être exposés à ces fumées.

44.6 Procédure d'essai

44.6.1 Détermination du facteur de correction

44.6.1.1 Positionner le brûleur au centre de la chambre d'essai. Fermer la chambre ainsi que les volets d'entrée et de sortie. Allumer le brûleur, ajuster le débit d'air et de gaz afin d'obtenir la flamme décrite en 44.3.3. Enregistrer ou contrôler d'une autre manière ces valeurs de débit préétablies afin de permettre de reproduire les conditions de flamme de façon aussi aisée que possible en pratique lorsque cela est exigé, pendant l'essai. Eteindre le brûleur et ventiler la chambre.

44.6.1.2 Laisser se disperser, pendant un temps suffisamment long, les fumées éventuellement produites pendant le réglage des débits de gaz et d'air préétablis et préparer la chambre pour l'analyse des monoxydes et dioxydes de carbone et des oxydes d'azote. Fermer tous les orifices d'échantillonnage autres que ceux nécessaires pour l'analyse de ces gaz. Si l'on utilise la méthode de colorimétrie, les tubes doivent être installés dans la chambre d'essai.

44.6.1.3 Fermer la chambre. Allumer le brûleur et démarrer simultanément le chronomètre. Maintenir les conditions de flamme au niveau de débits de gaz et d'air préétablis pendant $1\text{ min} \pm 1\text{ s}$. Eteindre le brûleur et démarrer le ventilateur de brassage. Après $(30 \pm 1)\text{ s}$, arrêter le ventilateur, faire un prélèvement des gaz contenus dans la chambre et déterminer les concentrations de monoxyde et dioxyde de carbone et d'oxydes d'azote.

44.6.1.4 Extraire complètement les fumées de la chambre d'essai en l'ouvrant à l'air libre pendant 3 min. Répéter l'opération de 44.6.1.2 à 44.6.1.3 mais maintenir séparément des temps de combustion de $2\text{ min} \pm 1\text{ s}$ puis $3\text{ min} \pm 1\text{ s}$.

44.6.1.5 Afin d'obtenir les concentrations de monoxyde et dioxyde de carbone et d'oxydes d'azote générées par le brûleur seul, enregistrer les courbes de concentration en fonction du temps de combustion. Le temps zéro sera considéré à partir d'une concentration de 0,03 % en dioxyde de carbone et de 0 % en monoxyde de carbone et oxydes d'azote.

44.6.2 Détermination des gaz générés

44.6.2.1 Une analyse qualitative élémentaire et préliminaire peut être faite afin d'éliminer une étude inutile des gaz qui ne seraient pas générés par la combustion du matériau à l'essai. On peut ne pas procéder à une analyse quantitative des halogènes si l'on peut démontrer que ceux-ci sont absents des produits de combustion. De la même manière, s'il est établi qu'il n'y a pas d'azote, il n'est pas nécessaire de procéder à une analyse quantitative de gaz contenant de l'azote, etc.

44.6.2.2 Réaliser une ventilation forcée de la chambre d'essai en l'ouvrant à l'air pendant au moins 3 min afin d'éliminer les gaz générés.

44.6.2.3 Peser l'échantillon de matériau au milligramme près et le placer dans le support fixé au centre de la chambre d'essai à une hauteur au-dessus du brûleur de façon à être enveloppé par la flamme, réglée à $1\,150\,^{\circ}\text{C} \pm 50\,\text{K}$. Si l'on essaie des matériaux susceptibles de fondre et de produire des gouttelettes, on doit placer sur le grillage support une fine épaisseur de laine de verre afin d'éviter une perte de matériau durant la combustion.

44.6.2.4 Préparer la chambre d'essai pour l'analyse des produits de combustion. Fermer tous les orifices d'échantillonnage autres que ceux requis pour l'analyse. Dans le cas d'utilisation de la colorimétrie, les tubes doivent être installés dans la chambre d'essai.

44.6.2.5 Fermer la chambre et tous les événements d'entrée et de sortie. Allumer le brûleur et démarrer simultanément le chronomètre. Maintenir les conditions de flamme aux valeurs de débits d'air et de gaz préétablis jusqu'à combustion complète de l'échantillon d'essai. Enregistrer le temps. Éteindre le brûleur et démarrer le ventilateur de brassage. Après (30 ± 1) s, arrêter le ventilateur, et commencer immédiatement l'échantillonnage du mélange brûlé dans la chambre et déterminer la concentration des gaz produits par la combustion.

Si l'on suspecte la présence d'halogènes, leur concentration doit être déterminée d'abord afin de réduire les pertes par absorption de la condensation pouvant se produire avec une analyse retardée.

44.6.2.6 Une fois l'analyse terminée, extraire les fumées restant dans la chambre d'essai en ouvrant celle-ci à l'air libre pendant 3 min.

44.6.2.7 Examiner les restes de l'échantillon afin de vérifier si la combustion a été complète. S'il reste des traces de matériau non consommé ou s'il n'a pas brûlé complètement, on doit répéter l'essai avec un nouvel échantillon.

44.7 Calcul de l'indice de toxicité

44.7.1 Calculer C_0 , la concentration de chacun des gaz produits par combustion complète de 100 g de matériau et dispersés dans $1\,\text{m}^3$ d'air, en utilisant la formule suivante:

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

où

C est la concentration de gaz dans la chambre d'essai (ppm);

m est la masse de l'échantillon d'essai (g);

V est le volume de la chambre d'essai (m^3).

Dans les cas de monoxyde, dioxyde de carbone et oxydes d'azote, les valeurs de C doivent être corrigées en leur soustrayant la concentration de gaz générés par le brûleur seul, à l'instant où la combustion de l'échantillon d'essai est complète.

44.7.2 En utilisant les valeurs moyennes de C_0 de chaque gaz obtenues avec les trois essais successifs, calculer l'indice de toxicité comme suit:

$$\text{Indice de toxicité} = \frac{C_{10}}{C_{f1}} + \frac{C_{20}}{C_{f2}} + \frac{C_{30}}{C_{f3}} + \frac{C_{40}}{C_{f4}} + \dots + \frac{C_{n0}}{C_{fn}}$$

où

C_{10} , C_{20} , C_{30} , C_{40} , ..., C_{n0} représentent les valeurs calculées de la concentration de chaque gaz produit par 100 g de matériau (ppm);

C_{f1} , C_{f2} , C_{f3} , C_{f4} , ..., C_{fn} est la concentration de chaque gaz (ppm) au niveau considéré comme étant fatal pour un être humain après 30 min d'exposition.

44.8 Composants toxiques

L'analyse des produits de combustion de l'échantillon d'essai doit comprendre l'évaluation 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)
Oxyde d'azote	(NO et NO ₂)	Ammoniac	(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 ne prétend pas être exhaustive en indiquant tous les gaz produits par la combustion, mais elle représente les espèces les plus courantes pouvant être utilisées dans les calculs de toxicité.			

44.9 Valeurs de C_f

Pour cet essai les valeurs suivantes de C_f (les concentrations de chaque gaz considéré comme étant fatal pour un être humain exposé à ce gaz, donné en parties par million, pendant 30 min) doivent être utilisées pour calculer l'indice de toxicité:

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