

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes –  
Part 2: Methods of test**

**Rubans adhésifs sensibles à la pression à usages électriques –  
Partie 2: Méthodes d'essai**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2007 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

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

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

## About the IEC

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

## About IEC publications

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

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

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

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

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

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

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

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

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

## A propos de la CEI

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

## A propos des publications CEI

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE

**Pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes –  
Part 2: Methods of test**

**Rubans adhésifs sensibles à la pression à usages électriques –  
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

PRICE CODE  
CODE PRIX

X

ICS 17.220.99; 29.035.20

ISBN 978-2-88910-195-5

## CONTENTS

|                                                                               |    |
|-------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                 | 5  |
| 1 Scope.....                                                                  | 7  |
| 2 Normative references .....                                                  | 7  |
| 3 Conditioning and specimen preparation .....                                 | 8  |
| 4 Determination of thickness .....                                            | 8  |
| 4.1 Test apparatus .....                                                      | 8  |
| 4.2 Test specimens .....                                                      | 8  |
| 4.3 Procedure .....                                                           | 8  |
| 4.4 Results.....                                                              | 8  |
| 5 Determination of width.....                                                 | 8  |
| 5.1 Method A.....                                                             | 8  |
| 5.2 Method B.....                                                             | 9  |
| 5.3 Method C .....                                                            | 9  |
| 6 Determination of roll length.....                                           | 10 |
| 6.1 Principle.....                                                            | 10 |
| 6.2 Method A – Measurement of turns method .....                              | 10 |
| 6.3 Method B – Length sensor method .....                                     | 11 |
| 7 Corrosion-related properties .....                                          | 11 |
| 7.1 General.....                                                              | 11 |
| 7.2 Preparation of water extract for pH and conductivity determinations ..... | 11 |
| 7.3 Determination of pH value of water extract .....                          | 12 |
| 7.4 Determination of conductivity of water extract .....                      | 12 |
| 7.5 Detection of corrosive sulfur .....                                       | 13 |
| 7.6 Insulation resistance method.....                                         | 14 |
| 7.7 Visual method .....                                                       | 14 |
| 7.8 Wire tensile strength method .....                                        | 14 |
| 8 Tensile strength and elongation at break .....                              | 15 |
| 8.1 Apparatus.....                                                            | 15 |
| 8.2 Test specimens .....                                                      | 15 |
| 8.3 Procedure .....                                                           | 15 |
| 8.4 Results.....                                                              | 15 |
| 9 Low-temperature properties.....                                             | 15 |
| 9.1 Principle.....                                                            | 15 |
| 9.2 Test specimen .....                                                       | 15 |
| 9.3 Procedure .....                                                           | 16 |
| 9.4 Flexibility.....                                                          | 16 |
| 9.5 Electric strength .....                                                   | 16 |
| 9.6 Results.....                                                              | 16 |
| 10 Resistance to penetration at elevated temperatures .....                   | 16 |
| 10.1 Apparatus.....                                                           | 16 |
| 10.2 Test specimens .....                                                     | 17 |
| 10.3 Procedure .....                                                          | 17 |
| 10.4 Results.....                                                             | 17 |
| 11 Adhesion .....                                                             | 17 |
| 11.1 Principle.....                                                           | 17 |
| 11.2 Materials .....                                                          | 18 |

|      |                                                                                |    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11.3 | Apparatus.....                                                                 | 18 |
| 11.4 | Test samples and test pieces .....                                             | 19 |
| 11.5 | Procedure .....                                                                | 19 |
| 11.6 | Expression of results .....                                                    | 20 |
| 12   | Adhesion to backing at low temperatures.....                                   | 20 |
| 12.1 | Test specimens .....                                                           | 20 |
| 12.2 | Procedure .....                                                                | 20 |
| 12.3 | Results.....                                                                   | 21 |
| 13   | Shear adhesion to backing after liquid immersion .....                         | 21 |
| 13.1 | Apparatus.....                                                                 | 21 |
| 13.2 | Test specimens .....                                                           | 21 |
| 13.3 | Procedure .....                                                                | 21 |
| 13.4 | Results.....                                                                   | 21 |
| 14   | Curing properties of thermosetting adhesive tapes .....                        | 22 |
| 14.1 | Bond separation during thermal treatment (adhesive to backing).....            | 22 |
| 14.2 | Bond separation after thermal treatment (adhesion to backing) .....            | 22 |
| 15   | Flagging tests.....                                                            | 23 |
| 15.1 | Principle.....                                                                 | 23 |
| 15.2 | Apparatus.....                                                                 | 23 |
| 15.3 | Test specimens .....                                                           | 23 |
| 15.4 | Preparation of specimens for test .....                                        | 23 |
| 15.5 | Test conditions.....                                                           | 24 |
| 15.6 | Results.....                                                                   | 24 |
| 16   | Water vapor permeability.....                                                  | 24 |
| 16.1 | Apparatus.....                                                                 | 24 |
| 16.2 | Test specimens .....                                                           | 24 |
| 16.3 | Procedure .....                                                                | 24 |
| 16.4 | Results.....                                                                   | 25 |
| 17   | Electric strength .....                                                        | 25 |
| 17.1 | General.....                                                                   | 25 |
| 17.2 | Test specimens .....                                                           | 25 |
| 17.3 | Procedure .....                                                                | 25 |
| 17.4 | Results.....                                                                   | 25 |
| 18   | Electric strength after humid conditioning .....                               | 25 |
| 19   | Resistance to flame propagation .....                                          | 25 |
| 19.1 | Principle.....                                                                 | 25 |
| 19.2 | Apparatus.....                                                                 | 26 |
| 19.3 | Test specimen .....                                                            | 26 |
| 19.4 | Procedure .....                                                                | 27 |
| 19.5 | Results.....                                                                   | 27 |
| 20   | Flame test .....                                                               | 27 |
| 20.1 | Principle.....                                                                 | 27 |
| 20.2 | Apparatus.....                                                                 | 27 |
| 20.3 | Preparation of test specimen .....                                             | 28 |
| 20.4 | Procedure .....                                                                | 28 |
| 20.5 | Results.....                                                                   | 29 |
| 21   | Thermal endurance .....                                                        | 29 |
| 21.1 | Determination of thermal endurance (based on IEC 60216-1 and IEC 60216-2)..... | 29 |

|                                                                                                          |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 21.2 Voltage breakdown.....                                                                              | 29 |
| 21.3 Loss of mass .....                                                                                  | 30 |
| Annex A (normative) Rollers to be used in various tests.....                                             | 40 |
| Bibliography.....                                                                                        | 41 |
| Figure 1 – Measuring device for determination of roll length of tape (measurement of turns method) ..... | 31 |
| Figure 2 – Measuring device for determination of roll length of tape (length sensor method) .....        | 32 |
| Figure 3 – Sequence of bends .....                                                                       | 32 |
| Figure 4 – Dielectric strength test in water .....                                                       | 33 |
| Figure 5 – Sketch of penetration tester .....                                                            | 34 |
| Figure 6 – Steel test plate .....                                                                        | 35 |
| Figure 7 – Arrangement for stripping the tape from the plate.....                                        | 35 |
| Figure 8 – Flagging test – Preparation of test specimen.....                                             | 36 |
| Figure 9a – Draught protection device .....                                                              | 37 |
| Figure 9b – Use of Bunsen burner and sliding plate with draught protection device.....                   | 37 |
| Figure 9 – Flame test enclosures .....                                                                   | 37 |
| Figure 10 – Essential dimensions for flame test (proportions exaggerated for clarity of details) .....   | 38 |
| Figure 11 – Dimensions of wedge .....                                                                    | 39 |
| Table 1 – Conditioning for low temperature properties .....                                              | 16 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**PRESSURE-SENSITIVE ADHESIVE TAPES  
FOR ELECTRICAL PURPOSES –****Part 2: Methods of test**

## FOREWORD

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

International Standard IEC 60454-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Solid electrical insulating materials.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1994, and constitutes a technical revision. This revision includes improved text regarding the flame test (Clause 20), the improved text on adhesion (Clause 11) and a new Figures 9a and 9b.

This bilingual version, published in 2010-01, corresponds to the English version.

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

| FDIS        | Report on voting |
|-------------|------------------|
| 15/377/FDIS | 15/387/RVD       |

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

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

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

A list of all the parts in the IEC 60454 series, under the general title *Pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes*, can be found on the IEC website.

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007

## PRESSURE-SENSITIVE ADHESIVE TAPES FOR ELECTRICAL PURPOSES –

### Part 2: Methods of test

#### 1 Scope

This part of IEC 60454 specifies methods of test for pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes.

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

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

IEC 60216-3:2006, *Electrical insulating materials – Thermal endurance properties – Part 3: Instructions for calculating thermal endurance characteristics*

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

IEC 60426:1973, *Test methods for determining electrolytic corrosion with insulating materials*

IEC 60454-3 (all parts), *Pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

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

ISO 383: 1976, *Laboratory glassware – Interchangeable conical ground joints*

ISO 527-3:1995, *Plastics – Determination of tensile properties – Part 3: Test conditions for films and sheets*

ISO 2194:1991, *Industrial screens – Woven wire cloth, perforated plate and electroformed sheet – Designation and nominal sizes of openings*

ISO 3071:2005, *Textiles – Determination of pH of the aqueous extract*

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

ISO 10093:1998, *Plastics – Fire tests – Standard ignition sources*

EN 1939:2003, *Self-adhesive tapes – Determination of peel adhesion properties* (The peel adhesion test method of Clause 11 is based on test method A of EN 1939:2003. This standard is the result of the harmonisation of AFERA 5001 and PSTC-1,2,3 and 4, ASTM 3330/D, ASTM 3330/M and agreed by JATMA.)

NOTE EN: European Norm (Europe) – AFERA: Association des fabricants européens de rubans auto-adhésifs – PSTC: Pressure sensitive tape council (USA) – ASTM: American society for testing and materials (USA) – JATMA: Japanese adhesive tapes manufacturers association.

### 3 Conditioning and specimen preparation

Unless otherwise specified, rolls are to be conditioned for at least 24 h at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and  $(50 \pm 5) \%$  relative humidity and all test procedures are to be carried out in this atmosphere.

Remove and discard the three outer turns before taking any test specimens from the conditioned roll. Specimen preparation shall be done with care in a clean environment. Specific specimen preparation details will be included with the appropriate test method.

Further conditioning of test specimens may be required.

### 4 Determination of thickness

#### 4.1 Test apparatus

A dead-weight thickness gauge having two ground and concentric circular surfaces, flat within 0,001 mm and parallel to within 0,003 mm. The upper surface shall be 6 mm to 8 mm in diameter and the lower surface larger than the upper one. The upper surface shall move on the axis perpendicular to the two faces.

The gauge shall be graduated to read directly to 0,002 mm. The frame of the thickness gauge shall be of such rigidity that a load of 15 N applied to the gauge housing, out of contact with either the weight or the pressure foot spindle, will produce a deflection of the frame not greater than 0,002 mm (as indicated on the thickness gauge). The pressure exerted on the specimen shall be  $(50 \pm 5)$  kPa.

The accuracy of the thickness gauge shall be checked frequently by means of a set of steel gauges; the measuring errors of the thickness gauge shall not exceed 0,005 mm.

#### 4.2 Test specimens

Five specimens, at least 75 mm long, are cut from the roll at intervals not less than 300 mm. The specimen shall be allowed to relax for at least 5 min.

#### 4.3 Procedure

Place the test specimen between the jaws of the thickness gauge in contact with the fixed foot. Take care to ensure that no air bubbles are trapped. Lower the moving pressure foot gently on to the surface of the tape and take the reading on the gauge within 2 s. Read the measurement to the nearest 0,002 mm on the thickness gauge scale.

#### 4.4 Results

Report the central value as well as the maximum and minimum values of the five readings of thickness in millimetres.

### 5 Determination of width

#### 5.1 Method A

5.1.1 Use a steel rule graduated to 0,5 mm. The total measuring error of the rule shall not exceed 0,1 mm.

**5.1.2** A specimen of tape, at least 450 mm long, is removed from the roll and placed adhesive side up on a smooth flat surface. The specimen shall be allowed to relax for at least 5 min.

The width of the relaxed specimen is measured with the adhesive side down to the nearest 0,5 mm using the rule. Ten measurements shall be made, uniformly distributed along the length of the specimen. The width shall be the mean value of the ten measurements.

## **5.2 Method B**

### **5.2.1 Principle**

The adhesive tape roll is placed between the jaws of a pair of calipers.

The width is the perpendicular distance, expressed in millimetres, between the opposite cut edges of the test specimen of adhesive tape. This method may not be suitable for slit or rewound rolls if the turns are not exactly coincident.

### **5.2.2 Apparatus**

Vernier calipers with a scale length not less than the roll width according to ISO 3599.

### **5.2.3 Test specimen**

One roll of tape.

### **5.2.4 Conditioning**

Conditioning shall conform to Clause 3 with the exception that it is not necessary to remove any layers unless damaged.

### **5.2.5 Procedure**

Hold the roll so that the cut edges are in a vertical plane. If the outer turns of the tape on the roll have crushed or damaged cut edges, these should be discarded prior to measurement.

Hold the calipers so that the scale shaft is in the horizontal plane.

Carefully close the caliper jaws so as to just touch the cut edges of the outer turns of the roll of tape, taking the following precautions:

- a) do not crush the roll edges;
- b) ensure that calliper jaws are perpendicular to cut edges.

Measure the roll width in millimetres to the nearest 0,1 mm.

Carry out two further measurements at equally spaced intervals around the circumference.

### **5.2.6 Results**

Report the mean value as the width of tape in millimetres.

## **5.3 Method C**

This method will only be used where a very high degree of accuracy is required.

Use a travelling microscope with a vernier control on one axis which has an accuracy of 0,001 mm. Using the specimen obtained and relaxed as in 5.1.2, measure the width to the

nearest 0,01 mm, taking ten measurements. The width of the tape is taken as the mean value in millimetres.

## 6 Determination of roll length

### 6.1 Principle

The length can be calculated from a measurement of the number of turns of tape on the reel and a measurement of the outer circumference of the tape and the outer circumference of the core. Alternatively, length can be measured directly by using a length sensor that includes a rotating wheel that revolves on the roll of tape as it is being unwound.

For non-extensible tapes the length measured by these methods will be the same as the length after unrolling.

For extensible tapes the length after unrolling will be greater if the tape is stretched irreversibly by unrolling.

### 6.2 Method A – Measurement of turns method

#### 6.2.1 Apparatus (see Figure 1)

- a) A measuring device capable of counting both whole revolutions and part revolutions, continuously driven by a spindle. The spindle has a suitable locking device by means of which a conical shaft can be quickly fitted to suit the internal diameters of cores for the rolls of tape. (For example, for a nominal 25 mm internal diameter core the conical shaft will give a 24,5 mm diameter to 26,5 mm diameter over a shaft length of 50 mm. Alternative size conical shafts would be needed for tapes on a core with significantly different nominal diameters, such as 76 mm.)
- b) Measuring tape. A narrow, flexible, steel tape (6 mm or narrower) calibrated in millimetres.

#### 6.2.2 Test specimen

One roll of tape.

#### 6.2.3 Procedure

Measure the circumference of the roll  $C_r$  in millimetres by means of a steel tape. Apply the tape to the roll like a belt.

Mount the roll on the conical shaft of the counter. Set the counter to zero and pull the tape from the roll in a direction perpendicular to the spindle. Remove all the tape from the core and record the number of revolutions (to the nearest tenth of a revolution) as read from the counter when the last turn of tape has left the core:  $N$  turns.

Measure the circumference of the core:  $C_o$  mm.

#### 6.2.4 Results

Calculate the length ( $L$ ) of the tape as follows:

$$L \text{ (metres)} = N \frac{C_r + C_o}{2000}$$

If the length of tape in contact with the core is not to be included in the total length, then

$$L \text{ (metres)} = N \frac{C_r + C_o}{2\,000} - \frac{C_o}{1\,000}$$

### 6.3 Method B – Length sensor method

#### 6.3.1 Apparatus (see Figure 2)

A measuring device capable of measuring the length of a roll of tape in metres by using a calibrated rotating wheel which rolls, with low torque and contact pressure, against the circumference of the tape as it unwinds. The apparatus includes a spindle for mounting the tape, a length sensor, a read-out system and a rotating wind-up roll that can be used to unwind, either manually or automatically, the roll of tape.

#### 6.3.2 Test specimen

One roll of tape.

#### 6.3.3 Procedure

Mount the roll on the shaft adjacent to the sensor. Position the roll and length sensor so that the sensor is in contact with the circumference of roll and the leading end of the roll is directly under the sensor. Set the sensor to zero and manually pull the leading edge of the tape and fix it to the wind-up roll. At the start of unwinding, ensure that the length sensor maintains good contact with the roll and does not slip or bind. On completion of unwinding, take the reading of the length sensor.

#### 6.3.4 Results

Report the length in metres as recorded on the read-out.

## 7 Corrosion-related properties

### 7.1 General

The requirements for individual products are given in IEC 60454-3. The test methods will be selected from those given in this part. When electrolytic corrosion is of significance, i.e. when fine wire approximately 1 mm in diameter or finer is used, the determination is carried out according to IEC 60426.

Where required by IEC 60454-3, the test methods for the determination of conductivity, pH and corrosive sulphur shall be used.

### 7.2 Preparation of water extract for pH and conductivity determinations

#### 7.2.1 Precautions

Avoid contamination of the material during storage, sampling, preparation of test pieces and testing.

Ensure that the sample roll and the material taken therefrom are not contaminated by the atmosphere, particularly the atmosphere of a chemical laboratory, or by contact with bare hands, and that the implements used for cutting or handling the test piece are chemically clean.

#### 7.2.2 Test piece

Cut strips of tape, each approximately 25 mm × 6 mm, from the sample roll.

If a strip is folded, it shall be folded adhesive surface outwards.

### 7.2.3 Method

Use water having a conductivity not greater than 0,2 mS/m. Make a blank test of the extraction vessel before each extraction, and if the resultant conductivity exceeds 0,2 mS/m repeat the test with the same extraction vessel. Change the vessel if the second result also exceeds this value.

Prepare the extract by putting a ratio of 1 g of tape to 100 ml of water into a borosilicate glass (high chemical resistance glass) or quartz flask fitted with a reflux condenser of the same quality glass or quartz. Use an apparatus with interchangeable conical ground-glass joints complying with the requirements of ISO 383.

Boil the water gently for 60 min, except in the case of cellulose acetate film tape for which the period should be 10 min, taking care that the material is not charred. Allow it to cool as rapidly as possible, taking precautions against admission of carbon dioxide (e.g. CO<sub>2</sub> trap).

### 7.2.4 Quantity

Sufficient quantity of extracts should be prepared so that pH and conductivity are measured on separate portions of the extracts.

## 7.3 Determination of pH value of water extract

Determine the pH value at a temperature of  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  according to 8.2 of ISO 3071.

## 7.4 Determination of conductivity of water extract

### 7.4.1 Apparatus

The following apparatus is required.

**7.4.1.1** A suitable conductivity cell which may consist of two inert electrodes, e.g., platinized platinum maintained at a fixed distance apart and adequately insulated from each other.

**7.4.1.2** A measuring instrument capable of measuring conductance or admittance with an accuracy of 5 % and a minimum reading of 1  $\mu\text{S}$  in the frequency range 50 Hz to 3 000 Hz at a voltage not exceeding 100 V; alternatively, resistance may be measured to the same accuracy.

NOTE 1 It is important that any insulation immersed in the test liquid should not be water absorbent or subject to contamination by aqueous electrolytes.

NOTE 2 The conductivity cell should be easy to clean and free from recesses where impurities can be retained.

NOTE 3 Care should be taken to ensure that the electrodes do not become polarized.

NOTE 4 Platinized platinum electrodes are platinum-coated with platinum black.

### 7.4.2 Determination of electrical conductivity

#### 7.4.2.1 General

Determination of the conductivity cell constant. If not known, determine the conductivity cell constant  $K$  ( $\text{m}^{-1}$ ) using the method specified in IEC 60589.

NOTE For test apparatus, where the cell constant is calibrated into the apparatus electronics, this step is not necessary.

#### 7.4.2.2 Determination of the conductivity of the blank

After thoroughly cleaning the conductivity cell with water as specified in 7.2.3, fill it with water obtained as a result of the blank extraction test, and measure its conductivity  $G_1$  in mS/m at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . The conductivity of the blank in mS/m is then  $KG_1$ .

#### 7.4.2.3 Determination of the conductivity of the water extract

Thoroughly rinse the conductivity cell with the extract to be tested, and then fill with the extract. Adjust the temperature to  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , maintain for 15 min and then measure the conductivity  $G_2$  in mS/m at that temperature.

The conductivity of the water extract in mS/m is then calculated as  $K(G_2 - G_1)$ .

NOTE For most purposes, where it is not convenient to test the water extract at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , it is sufficiently accurate to apply the following correction:

$$\text{Conductivity at } 23 ^\circ\text{C} = \frac{G}{1 + 0,02 (t - 23)}$$

where  $G$  is the conductivity obtained when the measurement is made at  $t ^\circ\text{C}$ .

#### 7.4.3 Results

Express the conductivity in mS/m at a temperature of  $23 ^\circ\text{C}$ .

### 7.5 Detection of corrosive sulfur

#### 7.5.1 Test specimens

Cut two test specimens, each 100 mm long, from the sample roll.

#### 7.5.2 Apparatus

Three smooth copper rods are required, each approximately 6 mm in diameter and 75 mm long, cleaned and polished with water and silicon carbide powder size  $90 \mu\text{m}$  to  $125 \mu\text{m}$  and wiped clean and dried with cotton wool or filter paper. Finally the rods are washed with a volatile sulfur-free solvent, such as diethyl ether, and allowed to dry.

#### 7.5.3 Method

Handle the copper rods with clean, dry metal forceps. Wind two of the copper rods centrally with approximately 100 mm of tape so that succeeding layers are superimposed one on another. Leave at least 12 mm at each end of the copper rods clear of tape.

NOTE Tapes above 50 mm in width should be slit to allow the copper rods to be bare at each end for the required 12 mm.

Apply the tape to the first rod, adhesive side downwards in contact with the copper, and to the second rod, adhesive side upwards with the tape backing in contact with the copper. Leave the third rod bare to act as a control.

Place each rod in a separate glass-stoppered, chemically cleaned glass tube and maintain them at a temperature of  $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$  for 16 h. Take the rods out of the tubes after they have cooled to room temperature.

Remove the tapes, together with any exudations that may have occurred, from the rods. Removal of exudation may be assisted by the use of a solvent but no mechanical abrasive aids shall be employed.

Visually examine the copper rods for signs of blue-black staining, characteristic of copper sulfide. If blue-black staining of the test rods is more intense or extensive than that of the control rod, such staining is an indication of the presence of corrosive sulfur.

#### **7.5.4 Report**

Report whether blue-black staining of the test rods is greater than that of the control rod.

### **7.6 Insulation resistance method**

#### **7.6.1 General**

The test shall be performed in accordance with the requirements of Clause 14 of IEC 60426 with the following exceptions.

#### **7.6.2 Test specimens**

Samples shall be taken from the roll at intervals of not less than 300 mm.

#### **7.6.3 Electrodes**

The electrodes shall have corners rounded to 1 mm radius and shall be constructed from an inert high conductivity metal, e.g. nickel-plated brass.

#### **7.6.4 Equipment**

A means for measuring resistance up to  $10^6 \text{ M}\Omega$  ( $1 \text{ T}\Omega$ ) to an accuracy of  $\pm 20 \%$  shall be used. Screened leads, with the screens connected to the guard circuit, should be used for all connecting purposes.

#### **7.6.5 Results**

For tapes less than 25 mm in width, calculate the resistance in  $\Omega/25 \text{ mm}$  assuming that resistance is inversely proportional to width.

### **7.7 Visual method**

The test shall be performed in accordance with the requirements of Clause 3 of IEC 60426.

### **7.8 Wire tensile strength method**

#### **7.8.1 General**

The test shall be performed in accordance with the requirements of Clause 9 of IEC 60426 with the following exception.

#### **7.8.2 Test specimens**

At least ten specimens shall be tested.

#### **7.8.3 Tensile strength of test wire**

The mean value of the breaking load for unexposed wire must be in the range of 7 N to 9 N.

#### **7.8.4 Cleaning of apparatus**

Metal parts shall be cleaned with pure, clean methanol followed by distilled water.

### 7.8.5 Tensile test equipment

The rate of grip separation shall be the same for the test on exposed and unexposed wires.

## 8 Tensile strength and elongation at break

### 8.1 Apparatus

As described in Clause 5 of ISO 527-3.

### 8.2 Test specimens

Cut five strips of tape, each of sufficient length to give the required initial test length from the sample roll at intervals of not less than 300 mm. For tapes having an elongation at break of 50 % or less, the initial test length shall be 200 mm. For tapes having an elongation >50 %, the test length shall be 100 mm.

The width of the test piece shall be equal to or less than 50 mm.

In the case of tapes wider than 50 mm, cut the test pieces out of the middle of the tape to a width of 25 mm, using a sharp tool to produce clean-cut edges. For tapes less than 6 mm wide, edge effects can have a significant effect on these determinations. For tapes below this width the results should not be used for specification purposes.

### 8.3 Procedure

Insert the test specimens into the equipment so that the load is applied evenly across the width of the tape. The test shall be carried out at  $(300 \pm 30)$  mm/min, unless otherwise specified in IEC 60454-3. Different speeds of separation shall be selected from Clause 9 of ISO 527-3. Make five valid determinations, disregarding any test in which the break occurs within 10 mm of either grip (or jaw). During the test ensure that the tape does not slip in the grips of the testing equipment.

### 8.4 Results

Report the breaking strength measurements as the central value of the five determinations in N/10 mm width and the elongation at break as the central value of increase in distance between the grips at the moment of break as a percentage of the original distance between the grips. Where a tape has been cut down from a large width, this shall be reported.

## 9 Low-temperature properties

### 9.1 Principle

A copper conductor is covered by the tape under test and then subjected to a flexing procedure after conditioning at low temperature. The specimen is tested for the presence of cracking or unwinding.

### 9.2 Test specimen

The copper conductor of a 300 mm length of thermoplastic insulated cable (of a type suitable for exposed wiring in wet locations) with a solid conductor approximately 1,6 mm in diameter (giving maximum allowable conductor temperature of 75 °C) shall be bared for 50 mm at the middle. The bared portion shall then be wrapped with 3 layers of tape (using one piece of tape), half-lapped, with the layers extending a minimum of a full lap beyond the bared portion at each end so that the insulation is covered. The tape shall be applied smoothly with a minimum tension in a manner so as to conform to the splice area.

### 9.3 Procedure

The prepared specimen shall be placed in a cold chamber and conditioned for a period of 3 h at a temperature specified in Table 1. After this conditioning the specimen, while still at the conditioning temperature, shall be subjected to the flexibility test specified in 9.4. Following the flexibility test, the specimen shall be conditioned for 4 h at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and shall withstand, without breakdown, the dielectric strength tests specified in 9.5.

### 9.4 Flexibility

The taped portion shall be bent  $180^\circ$  around a mandrel having a diameter of 8 mm, and then straightened. This procedure shall be repeated one and a half times, with each bend being made in the reverse direction (see Figure 3). The test shall be completed within 30 s. The layers of tape shall then be examined for cracking and unwinding.

### 9.5 Electric strength

Following the flexibility test, the bent portion of the specimen shall be immersed, except for the ends, in tap water at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  for a period of 1 h (see Figure 4). Then an a.c. voltage of 1 500 V shall be applied for 1 min between the copper conductor and the water. The electrical apparatus is specified in Clause 4 of IEC 60243-1.

### 9.6 Results

Report any cracking, unwinding or electrical breakdown.

**Table 1 – Conditioning for low temperature properties**

| Low temperature<br>rating of tape<br>$^\circ\text{C}$ | Conditioning<br>temperature<br>$^\circ\text{C}$ |
|-------------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| +10                                                   | $+3 \pm 1$                                      |
| 0                                                     | $-3 \pm 1$                                      |
| -7                                                    | $-10 \pm 1$                                     |
| -10                                                   | $-18 \pm 1$                                     |
| -18                                                   | $-26 \pm 1$                                     |
| -26                                                   | $-33 \pm 1$                                     |
| -33                                                   | $-40 \pm 1$                                     |

## 10 Resistance to penetration at elevated temperatures

### 10.1 Apparatus

Any apparatus can be used which detects penetration when a  $(1,5 \pm 0,1)$  mm diameter steel ball is pressed under prescribed conditions into the surface of the tape placed on a corrosion-resistant steel plate, 100 mm long by 30 mm wide by 3 mm thick.

An oven capable of raising the temperature of the apparatus at a rate of  $(30 \pm 5) ^\circ\text{C}/\text{h}$ .

The apparatus described hereinafter (see Figure 5) is an example of an apparatus that gives good results.

A magnetized steel rod, recessed at one end, holds the 1,5 mm diameter steel ball. A new ball shall be used for each determination. This rod is fixed in a C-clamp which further contains

a counter-balance and is mounted in such a way that the necessary freedom of rotation exists.

The counter-balance consists of an adjustable rider capable of neutralizing the pressure of the steel ball against the steel plate when there is no load on the lower leg of the C-clamp. In use, the lower leg of this C-clamp is equipped to exert a force of 10 N vertically downwards against the corrosion-resistant steel plate lying in a horizontal plate.

The apparatus is equipped with a device to indicate electrical contact between the steel ball and the steel plate. A low-voltage source of electricity is to be used. The temperature of the steel plate shall be measured at a point as near as possible to the point where the pressure is exerted. The use of a thermocouple is suggested.

## 10.2 Test specimens

Take five strips of tape, each 25 mm long, from the roll at intervals of not less than 300 mm. Take care to remove the tape from the roll in manner that minimizes stretching. The specimens shall be allowed to relax prior to testing: tapes with elongation <5 % shall be allowed to relax for at least 5 min, tapes with elongation 5-50 % shall be allowed to relax for at least 30 min and tapes with elongation >50 % shall be allowed to relax for 2 h to 3 h.

## 10.3 Procedure

With no load on the penetration sphere, each specimen shall be placed smoothly on the steel plate (not pressed on and not rolled on) under the sphere at room temperature with the adhesive surface facing the steel plate. Place the apparatus cautiously in the oven. Allow the sample to dwell for 10 min at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and then load the sphere, so that a compressive load of 10 N is exerted on the specimen. The temperature of the apparatus shall then be raised at a uniform rate of  $(30 \pm 5) ^\circ\text{C/h}$  until penetration occurs.

## 10.4 Results

Report the central value as well as the maximum and minimum values of the five measured temperatures at penetration in degrees Celsius.

# 11 Adhesion

## 11.1 Principle

A length of adhesive tape is applied to a standard plate (see Figure 6), which is then fixed vertically in one clamp of a tensile testing machine. The other clamp of the machine pulls the free end of the adhesive tape at an angle of  $180^\circ$  to the plate (see Figure 7).

The adhesive strength is measured by the force required to peel the adhesive tape continuously from the plate (see 11.1.1 Test method A), or from the backing of the tape (see 11.1.2 Adhesion to backing), the line of separation being perpendicular to the direction of the applied force.

**11.1.1 Test Method A – Single-coated tapes, peel adhesion at  $180^\circ$  angle** – A strip of tape is applied to a standard test panel (or other surface of interest) with controlled pressure. The tape is peeled from the panel at a  $180^\circ$  angle at a specified rate, during which time the force required to effect peel is measured. This method is consistent with the method contained in EN 1939:2003.

**11.1.2 Test Method B – Adhesion to backing, single-coated tapes** – A strip of the tape under test is applied to a rigid panel. A strip of the tape under test is applied to the backing of the first strip and tested for peel adhesion as described in Method A.

## **11.2 Materials**

### **11.2.1 Absorbent cleaning material**

Surgical gauze, cotton wool or tissue. To be suitable, materials must be lint free during use, absorbent, contain no additives that are soluble in the solvents listed in 11.2.2 and made exclusively from virgin materials.

### **11.2.2 One or more of the following solvents**

Diacetone alcohol, non-residual grade

Methanol;

Methyl ethyl ketone;

Acetone;

n-heptane.

Solvents shall be of general-purpose chemical grade and held in a suitable dispensing system.

## **11.3 Apparatus**

### **11.3.1 Test piece cutter**

An appropriate test piece cutter shall hold two single edge razor blades in parallel planes a precise distance apart, to form a cutter of exact specimen width; two cutters, 12 mm and 24 mm cutting width, shall be available or appropriate alternatives which will not cause edge damage. The precision on the razor blade separation shall be the nominal width  $\pm 0,10$  mm.

### **11.3.2 Tensile testing machine**

A constant rate of extension (CRE) tension tester shall be used. It is proposed to use an electronic machine taking at least one reading per millimetre of tape peeled. The tester shall have two clamps with centres in the same plane, parallel with the direction of the motion on the same plane, parallel with the direction of the motion on the stressing clamp and so aligned that they will hold the specimen wholly in the same plane; a means of moving the stressing clamp at a uniform rate of  $5 \text{ mm/s} \pm 0,2 \text{ mm/s}$  and a device for recording load. The instrument shall be calibrated in such a way that a maximum error of 2 % is allowed on the reading.

### **11.3.3 Stainless steel panels**

These shall be perfectly flat, at least 125 mm long and 50 mm wide and at least 1,1 mm thick, stainless steel type 1.4301 in accordance with the 2 R quality defined in EN 10088-2, having a bright annealed finish with a surface roughness of  $50 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$ . Panels showing stains, discoloration or many scratches are not acceptable. New panels shall be cleaned prior to use as described in NOTE 1 to 11.5.2 except with ten washes of the final solvent. Between uses, the panel test surface shall be protected from scratches and contamination.

### **11.3.4 Mechanical or hand-operated roller**

The roller used for all adhesion tests is as described in Annex A (normative).

**11.3.4.1** A steel roller ( $85 \pm 2,5$ ) mm in diameter and ( $45 \pm 1,5$ ) mm in width, covered with rubber approximately 6 mm in thickness, having a Shore A durometer hardness of  $80 \pm 5$ . The surface shall be a true cylinder, void of any convex or concave deviations. The mass of the roller shall be ( $2 \pm 0,1$ ) kg.

**11.3.4.2** No part of the apparatus shall increase the mass of the roller during use. The roller shall move either mechanically or by hand at the rate of ( $10 \pm 0,5$ ) mm/s.

## 11.4 Test samples and test pieces

### 11.4.1 Conditioning

Condition the sample rolls of tape in the standard conditions of  $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$  and  $(50 \pm 5)\%$  RH. Test at these conditions, unless otherwise specified in IEC 60454-3. If these tolerances cannot be maintained, the closest possible tolerances shall be used and these revised tolerances quoted in the report.

**11.4.2** The test piece shall be 24 mm wide. A tolerance of a 0,5 mm shall be allowed. The length shall be approximately 300 mm.

NOTE Where the width of the specimen is less than 24 mm, apply one or more additional strips of the tape to give an equivalent width of 24 mm for rolling purposes. Alternatively acceptable rolling pressure may be obtained with a 1 kg roller on samples with width 8,5 mm – 17 mm or with 2 kg roller on samples with widths greater than 17 mm to a maximum of 34 mm.

**11.4.3** Discard at least three but no more than six outer wraps of tape from the sample roll before taking the test pieces for testing.

**11.4.4** Remove one test piece for each of the five tests to be performed. Remove the test piece from a freely rotating roll at the rate of 500 mm/s to 750 mm/s. Where high unwind force makes it impossible to remove the test piece at the prescribed rate, remove it at a rate as close to 500 mm/s as possible.

**11.4.5** When the tape is wider than 24 mm, test pieces of the widest specified width are to be cut with an apparatus as described in 11.3.1 from the centre of a strip removed from the roll in accordance with 11.4.4.

**11.4.6** Apply the test pieces within 5 min after unwinding.

NOTE double-sided tapes shall be tested by removing the interleaving material and covering the adhesive surface, not to be tested, with 23 µm polyester film.

## 11.5 Procedure

### 11.5.1 Standard test conditions

Standard test conditions shall be the same as in 11.4.1 for test pieces and test samples conditioning.

### 11.5.2 Preparation of the panel

Dispense one of the solvents listed in 11.2.2 on to the panel, wiping it to dryness with fresh absorbent cleaning material. Repeat for a total of three washes with this solvent.

Final wipe shall be with methyl ethyl ketone or acetone. The panel should be allowed to dry for at least 10 min. Panels not used within 10 h should be re-cleaned.

NOTE 1 In order to obtain consistent results, a new panel shall be wiped at least ten times with final solvent before use.

NOTE 2 Discard plates showing stains, discoloration, or many scratches. Avoid contacting panel surface with fingers. During storage panel should be protected from damage or contamination.

### 11.5.3 Peel adhesion

**11.5.3.1** Remove a 300 mm test piece of the tape to be tested, as described in 11.4.4. Fold 12 mm at one end, adhesive-to-adhesive to form a tab. Touch the other end of the test piece to an end of the test panel. Holding the tab end of the test piece so that it does not make contact with the panel but is positioned loosely above it, roll mechanically or by hand twice in each lengthways direction, causing the roller to apply the tape to the panel. This prevents

entrapment of air between the adhesive and the panel. Should this occur, discard the test piece.

Individually prepare each test piece and test within 1 min.

NOTE Longer dwell time will give different results. Peel adhesion increases with dwell time at different rates for various tapes. A longer dwell time may be chosen purposely.

**11.5.3.2 Stripping the test piece.** Double back the folded end of the tape at an angle of 180° and peel 25 mm of the tape from the panel. Clamp that end of the panel into one of the jaws of the tensile testing machine and the tape into the other jaw. Operate the tester at  $(5,0 \pm 0,2)$  mm/s.

After the movable jaw is started in motion disregard the values obtained while the first 25 mm of tape are mechanically peeled. Use the average force obtained, during peeling of the next 50 mm of adhesive tape from the panel, as the adhesion value.

NOTE The tester should know that by prolonged handling, heat is transmitted to the stainless steel test panel. Therefore during and after application of the adhesive tape to the test panel, the panel should be handled as little as possible.

## 11.6 Expression of results

### 11.6.1 General

Express the peel adhesion in Newtons per 10 mm (to the nearest 0,1 N/10 mm), if necessary first converting the observed force to Newtons.

### 11.6.2 Test report

The test report shall include the following information:

- a) a reference to this standard;
- b) statement that this test method was used and indicating if the test was performed on the panel (test method A) or on the backing (test method B) and indicating any deviations from the method as written;
- c) identification of each roll of tape tested;
- d) anomalous behaviour during testing (such as adhesive transfer or splitting);
- e) peel adhesion value in Newtons per 10 mm.

## 12 Adhesion to backing at low temperatures

### 12.1 Test specimens

Use the same type of specimen as described in 11.4.4, but the number of specimens shall be three.

An additional three strips are needed to serve as backing.

### 12.2 Procedure

Before the specimens are applied to the plate as described in 11.5.3.1, the three plates and the six strips shall be stored for 2 h in a low-temperature environment at the temperature prescribed in IEC 60454-3. The roller shall be at the same temperature. Storage of the roller may need a longer time at the prescribed temperature, due to its mass. The specimens shall be applied to the plate under the same low-temperature conditions. Use the same method of application as described under 11.5.3.1. Leave the prepared plates for 16 h to 24 h in the low-

temperature environment. Proceed with stripping according to 11.5.3.2 in the low-temperature environment.

### 12.3 Results

Record the results for each of the three test specimens and treat them as in 11.6.1.

## 13 Shear adhesion to backing after liquid immersion

### 13.1 Apparatus

A tensile testing machine as described in Clause 5 of ISO 527-3.

A roller as from Annex A.

### 13.2 Test specimens

Out of each of five rolls, two strips 150 mm in length are removed from the roll by pulling radially, at a rate of approximately 300 mm/s, at intervals of 300 mm. The width of the strip to prepare a test specimen shall be  $(12 \pm 1)$  mm.

If the width of the tape is greater than 12 mm, the specimen shall be cut out of the middle of the tape to a width of 12 mm.

The specimen shall be cut with a sharp tool to avoid tearing at the edges.

Five test specimens are formed by pressing the adhesive side of one strip to the back of the other strip in such a way that a 12 mm overlap is formed on the 12 mm width strip. There shall be no visual lateral offset of the strips. Lay the specimens, adhesive side down, on a firm, easy-release surface. Place the roller centrally across the specimen and pass it (taking care not to apply any additional pressure) by hand at a constant speed, four times over the specimen, twice in each direction, at a rate of 10 mm/s.

### 13.3 Procedure

In the case of thermosetting tapes, the test specimens are cured according to the instructions of the manufacturer. These conditions shall be reported. The specimens are then cooled to  $(23 \pm 2)$  °C and stored at that temperature for  $(16 \pm 0,5)$  h in the liquid specified in the relevant sheet of IEC 60454-3. Then, the test specimens are blotted between filter papers to remove adhering liquid. Determine the apparent breaking strength of each test specimen in accordance with 8.3. Determinations are to be completed at least 5 min and not more than 10 min after removal from the liquid.

### 13.4 Results

Report:

- a) the central value of the five measurements and the minimum and the maximum shearing loads in Newtons;
- b) the liquid in which the specimen has been immersed;
- c) the curing conditions, if applicable.

## **14 Curing properties of thermosetting adhesive tapes**

### **14.1 Bond separation during thermal treatment (adhesive to backing)**

#### **14.1.1 Apparatus**

- A roller as from Annex A.
- A clean, flat, metal or glass plate approximately 600 mm × 200 mm.
- Weights having a mass of  $(50 \pm 1)$  g provided with clamps.

#### **14.1.2 Test specimens**

Six strips 150 mm in length are removed from the roll by pulling radially, at a rate of approximately 300 mm/s, at intervals of 300 mm.

If the width of the tape is greater than 12 mm, the specimen shall be cut out of the middle of the tape to a width of 12 mm. The specimen shall be cut with a sharp tool to avoid tearing at the edges.

Three test specimens are formed by lightly pressing the adhesive side of one strip to the back of another strip in such a way that an overlap is formed of 12 mm × 12 mm with a tolerance of +1 mm. Without the application of additional pressure, pass the roller twice backwards and forwards over the joint at a speed of approximately 10 mm/s.

#### **14.1.3 Procedure**

A weight of 50 g is attached to each of the test specimens, which are then suspended freely in an oven at the temperature specified in IEC 60454-3. The test is considered satisfactory if, at the end of 20 min, there has been no complete bond separation.

#### **14.1.4 Results**

Report the number of passes or failures.

### **14.2 Bond separation after thermal treatment (adhesion to backing)**

#### **14.2.1 Apparatus**

- A roller as from Annex A.
- A clean, flat, metal or glass plate approximately 600 mm × 200 mm.
- Weights having a mass of  $(500 \pm 10)$  g provided with clamps.

#### **14.2.2 Test specimens**

Three test specimens prepared as for 14.1.2.

#### **14.2.3 Procedure**

The three specimens are suspended freely in an oven at the temperature and for the time specified in IEC 60454-3. Remove the assemblies from the oven after the specified time and allow them to cool for 5 min. Then attach a mass of 500 g to each test specimen and place them in the oven. (The time and temperature are normally those recommended by the manufacturer for curing the tape.)

Before being attached, the weights shall have been stored in the oven at the prescribed temperature for sufficient time to ensure temperature equilibrium of the weights and the oven.

Immediately after the attachment of the weights, the oven is closed and the 20 min period starts.

At the end of the 20 min period, it is noted whether or not the weight is still suspended by the specimen.

#### 14.2.4 Results

Report the number of passes or failures.

### 15 Flagging tests

#### 15.1 Principle

Flagging is the lifting of an exposed end of a wrapping of tape after application of the method described and subsequent test conditioning, thus forming a flag or tab tangential to the contour of the wrap, or a partial or complete unwinding.

#### 15.2 Apparatus

A simple winding jig designed to hold a rod at each end with a means of rotating the rod so that the test specimen is wound thereon. The winding jig should be attached to a rigid support with the rod held in a horizontal position.

Rods of any suitable metal or glass of 6 mm nominal diameter or any other diameter as specified in relevant sheets of IEC 60454-3.

Suitable attachable masses.

A suitable method of measuring 2 mm to the nearest 0,5 mm.

#### 15.3 Test specimens

Three strips of tape at least 100 mm long are removed from the roll by pulling radially, at a rate of approximately 300 mm/s, at intervals of 300 mm.

If the width of the tape is greater than 19 mm, the specimens shall be cut out of the middle of the tape to a width of 12 mm. The specimen shall be cut with a sharp tool to avoid tearing the edges.

NOTE It is important to protect the adhesive surface from dust and to avoid touching it with the fingers or any other foreign body.

#### 15.4 Preparation of specimens for test

A rod of 6 mm in diameter, unless otherwise specified in IEC 60454-3, is mounted in a horizontal position on the jig. A mass in the ratio of  $(100 \pm 2)$  g to 3 mm tape width, for example 300 g for 9 mm width, is attached to one end of the tape specimen. The tape is held by the other end so that it is vertical and the adhesive side is brought into contact with the side of the rod (see Figure 8a). The rod is rotated through  $90^\circ$  until the original point of contact A of the tape with the rod is at the top (see Figure 8b). The tape is cut with a sharp tool at this point and the mass left suspended.

The rod is then rotated one complete turn. The mass is removed and the tape cut at D by placing a sharp tool tangentially to the rod (see Figure 8c) and tearing the tape against the rod. This gives an overlap of a quarter turn (see Figure 8d).

## 15.5 Test conditions

### 15.5.1 Conditioning

The prepared specimen shall be conditioned in the vertical position for 7 days at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and  $(50 \pm 5) \%$  relative humidity.

### 15.5.2 Curing properties of thermosetting tapes

The prepared specimens shall be conditioned in the vertical position at the temperature and for the time prescribed by the manufacturer or as specified in IEC 60454-3.

### 15.5.3 Resistance to immersion in liquids

The prepared specimen, cured if necessary, shall be totally immersed in the vertical position in the liquid specified in the relevant sheet of IEC 60454-3 for 15 min at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . After removal from the prescribed liquid, specimens should be allowed to dry before measuring the unwound length.

Thermosetting tapes shall be cured for the time and at the temperature prescribed and shall be allowed to cool to  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  before immersion in the liquid.

## 15.6 Results

The flag, for example the length of tape unwound (see Figure 8d) shall be measured to the nearest 1 mm. Should uneven flagging occur, the greatest distance is measured.

The central value of the three readings shall be recorded as the amount of flagging. Report the diameter of the rod. Report the liquid used.

## 16 Water vapor permeability

### 16.1 Apparatus

A box made of non-corrodible metal, with external dimensions of approximately 95 mm  $\times$  25 mm  $\times$  20 mm and weighing not more than 90 g when empty, which is closed completely except for a centrally placed rectangular 80 mm  $\times$  10 mm opening in the top, and the inside of which is coated with a suitable glazed lacquer.

### 16.2 Test specimens

A strip of tape from the sample roll, of sufficient length to cover the top of the apparatus.

### 16.3 Procedure

Place  $(5 \pm 0,2)$  g of granular anhydrous calcium chloride in the box, of a size such that they just pass a mesh approximating to a 2,00 mm sieve and are retained on a 600  $\mu\text{m}$  sieve, both complying with the requirements of ISO 2194.

Press the test piece down firmly over the top of the box so that the opening is fully covered. (If the tape under test is less in width than the top of the box, press supplementary strips of tape on to the top of the box at each side of the first specimen, so as to cover the box completely and overlap lengthways the first specimen by 2 mm. Ensure that the edges of the first specimen are sealed by running a fingernail along the supplementary strips on the line of the edges of the original strip.) Trim off any tape overlapping the top of the box.

Weigh the sealed box to  $\pm 0,005$  g. Place it in a humidity cabinet and maintain it in an atmosphere of  $(90 \pm 2) \%$  relative humidity and at a temperature of  $(38 \pm 0,5) ^\circ\text{C}$ .

After 24 h, remove the box from the cabinet, allow to cool, wipe off any adherent moisture with a clean cloth and reweigh it.

## 16.4 Results

From the water vapor permeability per 24 h per 8 cm<sup>2</sup> of tape thus determined, calculate and report the permeability in grams per square meter per 24 h.

## 17 Electric strength

### 17.1 General

This test shall be carried out according to IEC 60243-1 using the electrodes in accordance with 4.1.2 of that standard.

### 17.2 Test specimens

Five strips approximately 300 mm long taken at intervals of not less than 300 mm.

### 17.3 Procedure

According to Clause 9 of IEC 60243-1, using a 500 V/s rate-of-rise.

### 17.4 Results

The test report shall include the following:

- a) average thickness of each test specimen calculated on at least three individual measurements each;
- b) width of the specimen; indication of overlapping the edges, gaskets or dielectric fluid in order to prevent flashover around the edges;
- c) temperature and humidity of conditioning before test; temperature and humidity during tests;
- d) the breakdown voltage at each puncture;
- e) the central value of the five breakdown voltages for each specimen. Arrange the five central values in ascending order and take the central value of these as the breakdown voltage;
- f) electric strength, in kV/mm, calculated from the central value of the breakdown voltage according to e) and the average thickness according to a).

## 18 Electric strength after humid conditioning

This test is carried out as described in Clause 17 after storage of the test specimens for 24 h in the standard atmosphere of  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and  $(93 \pm 2) \%$  relative humidity unless otherwise specified in IEC 60454-3.

## 19 Resistance to flame propagation

### 19.1 Principle

The following measurements are made on specimens of definite size and under defined conditions:

- the time elapsing between the instant when the tape specimen catches fire and the instant when it extinguishes itself;

- the length of tape burnt during the test.

## 19.2 Apparatus

- a) A protective device, comprising a rectangular metal box 250 mm x 250 mm and 750 mm high (see Figure 9a). The box shall be open at the top and shall have 12 holes, 12 mm in diameter, uniformly spaced along a horizontal line 25 mm from the base. One vertical side shall be fitted with a sliding glass panel.
  - A detachable clip shall be fixed centrally, 30 mm from the top of the box, parallel to the glass panel, to act as a means of attachment for the test specimen so that it can be suspended vertically. If necessary, one of the side walls may be provided with a semi-circular hole, 25 mm in diameter, through which the Bunsen burner hose(s) may be passed (see Figure 9b).
  - A sliding horizontal metal tray (diaphragm) may be placed on the box, at 1 cm above the height of the burner. The sliding diaphragm will have a hole, 1,5 cm in diameter which, upon sliding, will coincide with the tip of the cellulose primer in the upper side, and with the burner flame in the lower side, causing ignition of the primer, when opened for a very short time (see Figure 9b).

NOTE The plate is a means of applying the flame for a very short time (see 19.4); the flame can be applied by hand, provided that the flame application remains very short.

- An horizontal metal rod, 2–3 mm in diameter, to serve as support for the specimen, may be placed centrally on the box, parallel to the front wall (sliding glass panel). The position of the rod in the vertical direction shall be such that it allows a minimum of 6 cm of the specimen (which should be with the adhesive side facing the opposite direction) to hang freely below it.

NOTE The utilization of this supporting rod significantly decreases the tendency of the specimen to move during the testing due to the strong convection currents generated by the flame when trying to ignite the cellulose primer. This random movement of the specimen can severely affect the reproducibility of the test since more than one ignition attempt may be required which could result in direct ignition of the tape by the burner flame rather than ignition by the primer as intended in this test.

- b) A stop-watch with an accuracy of  $\pm 0,2$  s.
- c) A source of ignition, such as a match or Bunsen burner, equipped with a pilot light flame, which simulates the flame intensity of a lit match.
- d) A primer in the form of an isosceles triangle with base 25 mm and 30 mm high, cut from untreated and uncoated cellulose film with a mass per unit area of 50 g/m<sup>2</sup> to 60 g/m<sup>2</sup>.

## 19.3 Test specimen

The test shall be made within 5 min after the removal of the specimens from the roll.

Five test specimens 300 mm in length are removed from the roll by pulling radially, at a rate of approximately 300 mm/s, at intervals of not less than 300 mm.

If the width of the tape is 25 mm or less, the width of the specimen is the width of the tape.

If the width of the tape is greater than 25 mm, the specimen shall be cut out of the middle of the tape to a width of 25 mm. The specimen shall be cut with a sharp tool to avoid tearing at the edges.

Using ink or any other suitable medium, a line perpendicular to the longer sides is drawn 50 mm from one end of the test specimen.

NOTE When testing tapes of widths different than 25 mm, the primer triangle base should be adjusted to match the width of tape. With tapes narrower than 25 mm, different levels of flammability may be obtained.

## 19.4 Procedure

The apparatus shall be placed during test in a draught-free atmosphere.

The base of the primer is fixed to the adhesive side of the tape at the end of the test specimen from which the 50 mm mark is measured, with a maximum overlap of 5 mm.

The detachable clip is placed at the other end of the test specimen and the whole is then suspended inside the metal box so that the tape hangs freely and vertically. Slightly raise the sliding glass panel and bring the source of ignition to the lower end of the primer. Ignite the primer and quickly lower the sliding panel. If using the Bunsen burner, light the Bunsen pilot light and slide out the metal plate, so that the primer is ignited and the metal plate is slid back into position thus removing the source of flame. As soon as the primer has ignited, the source of flame is removed and the stopwatch started.

## 19.5 Results

- a) The product is described as "non-ignitable" under the terms of this standard if at least four of the test specimens do not burn at all.
- b) The product is described as "self-extinguishing" if for at least four of the five burning test specimens the length burnt does not exceed 50 mm. Since the burning front on the test specimen will generally not be straight, the length burnt shall be defined as the average across the tape specimen. The central value as well as the maximum and minimum values of the burning times, in seconds, are reported together with the length burnt, in mm, in any one of the five tests.
- c) The product is described as "flammable" if at least four of the five test specimens burn, beyond the 50 mm mark. The definition given in b) for length burnt shall also be applied here. The central value as well as the maximum and minimum values of the five burning times, in seconds, are reported.
- d) Where the product cannot be described under a), b) or c), the individual results for each specimen shall be stated in the test report.

## 20 Flame test

### 20.1 Principle

Tape is wound round a steel mandrel and when a flame is applied by the method described, tape marked "flame retardant" shall not flame longer than 60 s following any of five applications of the test flame, the period of application being 15 s.

The flame is successively applied for a period of 15 s and removed for a period of 15 s until five successive applications have been made. In the event of the specimen continuing to flame 15 s after removal of the test flame, the re-application of the flame shall be delayed until the specimen has stopped flaming.

The tape shall not ignite combustible materials or damage 25 % of the indicator flag during, between, or after five applications of the test flame.

NOTE This test is the same as test method of UL 510 (Underwriters Laboratories USA).

### 20.2 Apparatus

- a) A protective device, comprising a three-sided metal enclosure, 305 mm wide, 355 mm deep and 610 mm high. The top and front of the enclosure are open.
- b) A means of securing the test specimen with longitudinal axis vertical to the centre of the enclosure (see Figure 10).

- c) A gas burner in accordance with 7.11 of ISO 10093, preferably fitted with a gas pilot light (under consideration).

A Tyrell gas burner (which differs from a Bunsen burner in that the air flow as well as the flow of gas is adjustable) with or without a gas pilot light attached to supply the flame. The barrel of the burner shall have an internal diameter of 9,5 mm and shall extend 102 mm above the air inlets. While the barrel is in the vertical position and the burner is well away from the specimen, the overall height of the flame shall be adjusted to approximately 100 mm to 125 mm. The inner blue cone shall be 38 mm high and the temperature at its tip shall be 816 °C or higher as measured using a chromel-alumel (nickel-chromium and nickel-manganese) thermocouple. Without disturbing the adjustments to the height of the flame, the valve supplying gas to the burner and the separate valve supplying gas to any pilot flame shall be closed.

- d) Untreated surgical cotton.
- e) A wedge to which the base of the burner can be secured at an angle of 20° from vertical (see Figure 11).
- f) A steel mandrel, 3,5 mm in diameter and 460 mm long.
- g) A winding jig to support the mandrel at each end in such a manner that the mandrel can be rotated so that the tape can be wound thereon. The winding jig is to be attached to a rigid support in such a manner that it can be rotated, tilting the major axis of the mandrel to the horizontal.
- h) A strip of un-reinforced 94 g/m<sup>2</sup> Kraft paper, 13 mm wide and approximately 0,1 mm thick.

### 20.3 Preparation of test specimen

The steel mandrel is supported in a winding jig. A 900 mm length of tape is cut from the roll. The tape is secured, by overlapping the first turn of the tape, to the mandrel held in the horizontal position. A mass of 2 kg ± 20 g is then attached to the free end of the tape to provide tension. After 1 min under tension, the mandrel is slowly rotated, and the fixture tilted so that the tape wraps with an overlap equal to one half the width of the tape. When wrapping is completed, the lower end of the tape is secured and the remaining tape cut off. A second wrapping shall be similarly applied with the direction of advance of the turns reversed from that of the first wrapping. Finally, a third wrapping shall be applied with the direction of advance opposite to that of the second wrapping, giving six thicknesses of tape at each point along the wrapped mandrel.

A strip of Kraft paper, gummed on one side, is to be used as an indicator flag. The gumming is moistened but not more than necessary to facilitate adhesion. With the gum towards the specimen, the strip is wrapped around the specimen once with its lower edge 255 mm above point B, the point at which the inner blue cone of the flame is to touch the specimen. The ends of the strip are pasted together evenly and trimmed to provide a flag that projects 19 mm from the specimen toward the rear of the enclosure (see Figure 10).

### 20.4 Procedure

The specimen is secured centrally within the enclosure and the lower clamp or support adjusted vertically to keep it from being any closer than 76 mm to point B. The burner is secured on to the wedge and the assembly placed on an adjustable support jig. A layer of untreated surgical cotton, 6 mm to 25 mm thick, is placed on the wedge and around the burner. In the absence of a gas pilot light on the burner, the support for the burner and wedge is arranged so as to enable the burner to be quickly removed from and precisely returned to the position described below. The jig is adjusted towards one side or the other of the enclosure to place the longitudinal axis of the (burner) barrel in the vertical plane that contains the longitudinal axis of the specimen. The plane is parallel to the sides of the enclosure. The jig is also adjusted towards the rear or front of the enclosure to position the point A, which is the intersection of the longitudinal axis of the burner barrel with the plane of the tip of the burner barrel, 38 mm from point B, at which the extended longitudinal axis of the barrel meets the outer surface of the specimen. Point B is the point at which the tip of the blue inner cone of the flame touches the centre of the front of the test specimen.

If the burner has a gas pilot light, the valve supplying the gas to the burner is opened to apply the flame automatically. The valve is held open for 15 s and then closed for 15 s for a total of five applications of the flame. In the event of the specimen continuing to flame 15 s after removal of the test flame, the re-application of the flame shall be delayed until the specimen has stopped flaming.

If the burner does not have a gas pilot light, the burner shall be moved into position to apply the gas flame to the specimen, kept there for 15 s and then removed for 15 s for a total of five applications of the flame. In the event of the specimen continuing to flame 15 s after removal of the test flame, the re-application of the flame shall be delayed until the specimen has stopped flaming.

## 20.5 Results

The results of this test are judged by the three following criteria, using a 19 mm width tape which is considered representative of the performance of all sizes (widths) of tape.

- a) If the specimen shows less than 25 % of the indicator flag burned or charred (soot that can be removed with a cloth or fingers and brown scorching is to be ignored), does not emit flaming or glowing particles or flaming drops at any time that ignite the cotton on the burner, wedge, or floor of the enclosure (flameless charring of the cotton shall be ignored) and continues to flame less than 60 s after application of the gas flame, the tape shall be judged flame retardant.
- b) If the specimen shows more than 25 % of the indicator flag burned or charred (soot that can be removed with a cloth or fingers and brown scorching is to be ignored) after any of the five applications of flame, the tape is to be judged capable of conveying flame along its length.
- c) If the specimen emits flaming or glowing particles or flaming drops at any time that ignites the cotton on the burner, wedge, or floor of the enclosure (flameless charring of the cotton shall be ignored), the tape is judged capable of conveying flame to combustible materials in its vicinity.

## 21 Thermal endurance

### 21.1 Determination of thermal endurance (based on IEC 60216-1 and IEC 60216-2)

The specification for individual tapes given in IEC 60454-3 shall specify which of the following methods is to be used, together with the end-point criterion and state that, when required by the purchaser, the manufacturer shall certify that the pressure sensitive adhesive tape has been made using the materials and processes that have been shown to give a product which will meet the requirements specified.

The described method is based on successful experience in some countries. Therefore, this method might be considered as a starting-point for the development of improved procedures. If evidence of such improvements can be shown and adequate data is available, they might be given ultimately in the specification sheets of IEC 60454-3.

### 21.2 Voltage breakdown

#### 21.2.1 Test specimens

The width of tape to be used shall be in the range of 12 mm to 25 mm. Preferably a width of 25 mm shall be used.

Test specimens of tapes to be tested are prepared by wrapping the tapes spirally around clean brass (or copper for temperatures up to 150 °C, or stainless steel for temperatures above 200 °C) rods 8 mm in diameter over a length of 200 mm with overlap slightly less than 50 %. The rod should be sufficiently long so that one end may be left unwrapped and used for making an electrical connection.

Wrapping is to be done with adequate tension for the tape to conform smoothly to the rod.

Immediately after wrapping, thermosetting tapes shall be cured in accordance with the manufacturer's instructions.

The number of test specimens shall be not less than five for each test interval at each exposure temperature.

### **21.2.2 Procedure**

The oven to be used shall be in accordance with 5.6 of IEC 60216-1.

Put the test specimens – the wrapped rods – vertically into the oven, the unwrapped end of the rods pointing downwards.

Instructions regarding exposure temperatures and time cycles are given in 5.5 of IEC 60216-1, and exposure temperatures for various types of pressure-sensitive adhesive tapes are given in IEC 60454-3. Since voltage breakdown is a destructive test method, the total number of specimens will depend on the number of test intervals necessary to exceed the end-point criterion. At the end of each test interval, specimens to be tested are removed from the oven and kept at room temperature for approximately 2 h.

As specified in IEC 60454-3, a conductive paint or a metal foil at the central portion of the test specimen will serve as one electrode having a length of 100 mm; the second connection will be applied to the unwrapped part of the rod.

In accordance with 9.1 of IEC 60243-1, an alternating current of 48 Hz to 62 Hz is applied. The voltage shall be raised at a uniform rate of 500 V/s (if not otherwise specified in the IEC 60454-3 sheet) until breakdown occurs.

### **21.2.3 Evaluation**

Select the central value of five measured values for each exposure temperature and each test interval.

Prepare a graph in accordance with the instructions of 7.6.1 of IEC 60216-1 and determine, as in Figure 1 of IEC 60216-1, the exposure time for each exposure temperature. The crossing-points for the three different exposure temperatures are read as the times to failure.

Establish the thermal endurance graph in accordance with the instructions of 7.6.2 and Figure 4 of IEC 60216-1, by a graphical treatment of the results or, alternatively, by the method in accordance with Clauses 6 and 7 and relevant subclauses of IEC 60216-3. Deduce the temperature index from the graph at 20 000 h (IEC 60216-1).

## **21.3 Loss of mass**

### **21.3.1 Specimens**

Take 15 tape specimens having a preferred length of 100 mm and a preferred width of 25 mm. To establish the initial mass, the specimens shall be maintained (unless otherwise specified in the relevant sheet of IEC 60454-3) for 48 h at  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and  $(50 \pm 5) \%$  relative humidity; the mass is then determined with an accuracy of 0,1 mg. Precautions shall be taken to exclude the mass of the supporting means.

### **21.3.2 Procedure**

For each of the three temperatures, five specimens are placed in a vertical position in each oven kept at one of the three temperatures specified in the relevant sheet of IEC 60454-3.

The ovens shall be as described in 21.2.2.

The specimens are suspended freely on a light metal frame, inside a test tube, where necessary. (The test tube is used to prevent specimens sticking together as a result of movement in air currents.)

Since loss of mass is a non-destructive test, test intervals may be adjusted according to 5.5 of IEC 60216-1. It may be useful to check the change in weight after a period of 7, 14, 28, 56 or more days, when ageing is carried out at the lowest exposure temperature. The test intervals at different temperatures shall be chosen accordingly.

After each test interval, remove the test specimens from the oven (and from the test tube if used), and maintain them for 2 h in an atmosphere of  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  and  $(50 \pm 5) \%$  relative humidity; the mass is then determined with an accuracy of 0,1 mg. Continue ageing the specimens until the end-point, as specified in the relevant sheet of IEC 60454-3, is reached.

### 21.3.3 Evaluation

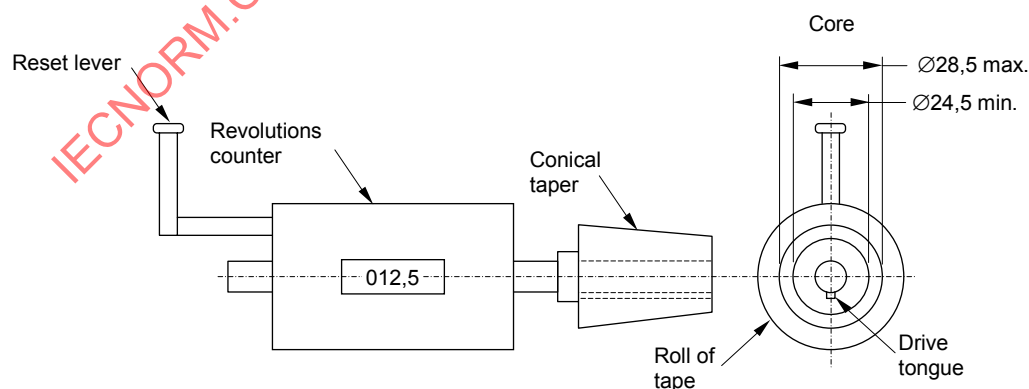
Convert the individual results obtained into the respective loss of mass as follows:

$$\text{loss of mass} = \frac{(\text{initial mass} - \text{mass after ageing})}{\text{initial mass}} \times 100 \%$$

Select the central value of the five measured values for each exposure temperature and each test interval.

Prepare a graph in accordance with the instructions of 7.6.1 of IEC 60216-1 and determine, as in Figure 1 of IEC 60216-1, the exposure time for each exposure temperature. The crossing-points for the three different temperatures are read as the times to failure.

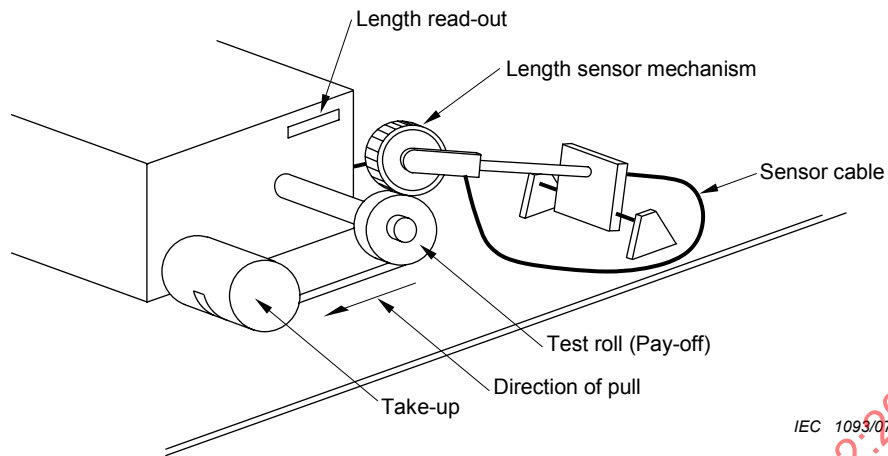
Establish the thermal endurance graph in accordance with the instructions of 7.6.2 and Figure 4 of IEC 60216-1, by a graphical treatment of the results or, alternatively, by the method in accordance with Clauses 6 and 7 and relevant subclauses of IEC 60216-3. Deduce the temperature index from the graph at 20 000 h (IEC 60216-1).



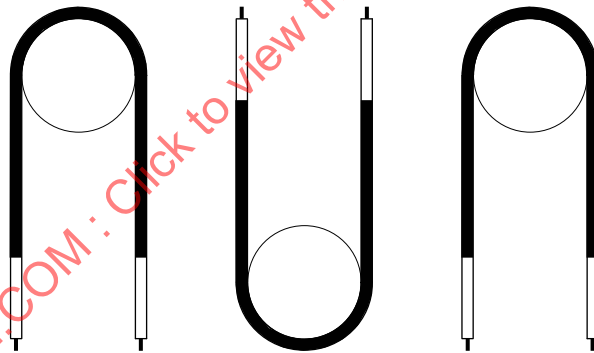
IEC 1092/07

Dimensions in millimetres

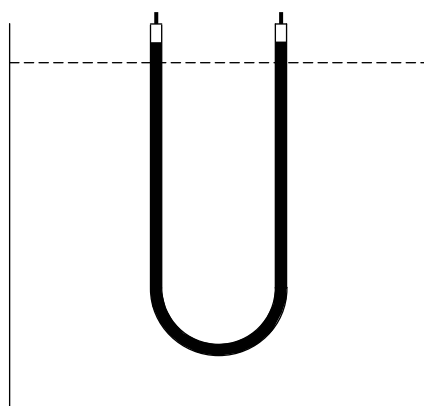
**Figure 1 – Measuring device for determination of roll length of tape  
(measurement of turns method)**



**Figure 2 – Measuring device for determination of roll length of tape (length sensor method)**



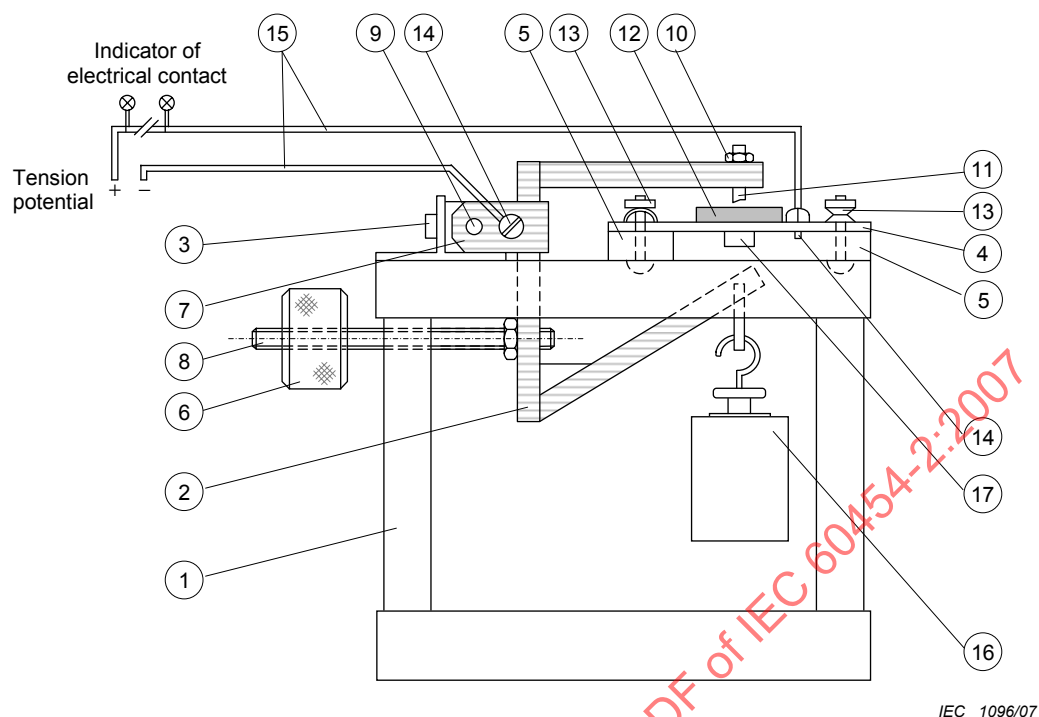
**Figure 3 – Sequence of bends**



IEC 1095/07

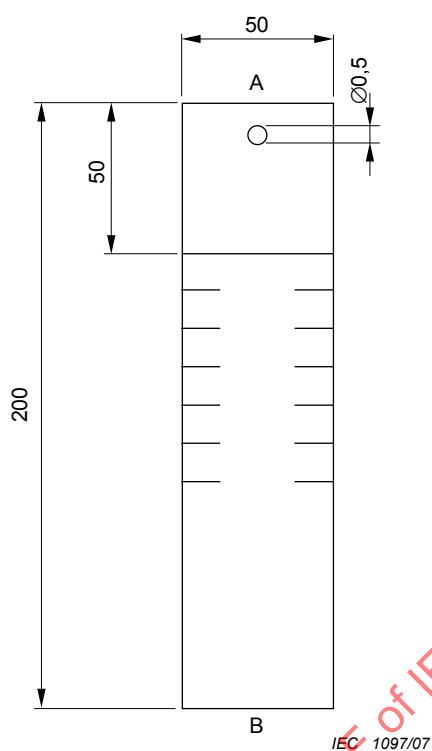
**Figure 4 – Dielectric strength test in water**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007



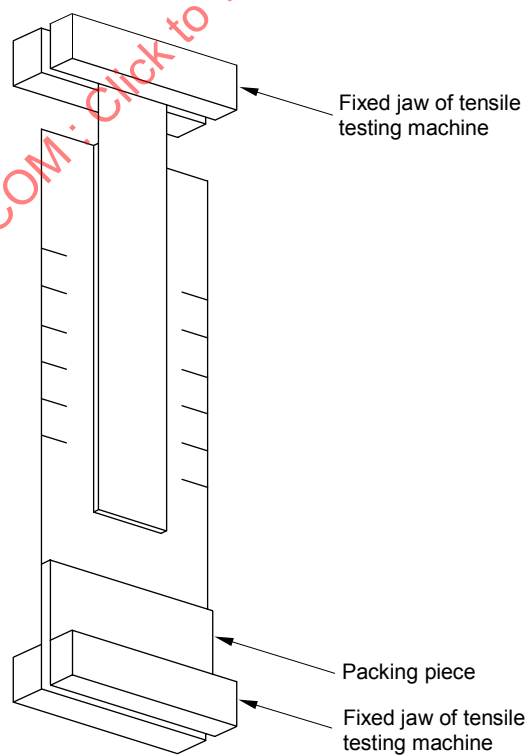
- 1 Frame – steel
- 2 Pivot arm – steel
- 3 Screw holding pivot block to frame – steel
- 4 Plate-stainless steel (easily removable)
- 5 Insulating blocks – phenolic laminate – No electrical contact between plate and frame
- 6 Knob to balance pivot arm with weight removed – steel
- 7 Pivot block – steel
- 8 Pivot pin to adjust knob 6 – steel
- 9 Stud + nut – thread size to match adjusting knob (6)
- 10 Nut and mounting rod – steel
- 11 1,5 mm stainless steel ball affixed to mounting rod
- 12 Tape or film specimen to be tested
- 13 Studs to facilitate removal of stainless steel plate
- 14 Screws for making electrical connections
- 15 Electrical leads to outside of oven
- 16 1000 g weight
- 17 Hole for the thermocouple

**Figure 5 – Sketch of penetration tester**



*Dimensions in millimetres*

**Figure 6 – Steel test plate**



IEC 1098/07

**Figure 7 – Arrangement for stripping the tape from the plate**

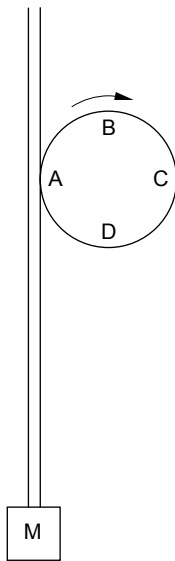


Figure 8 a)

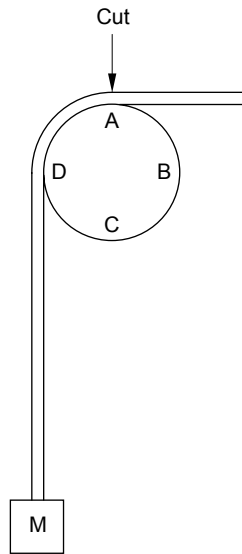


Figure 8 b)

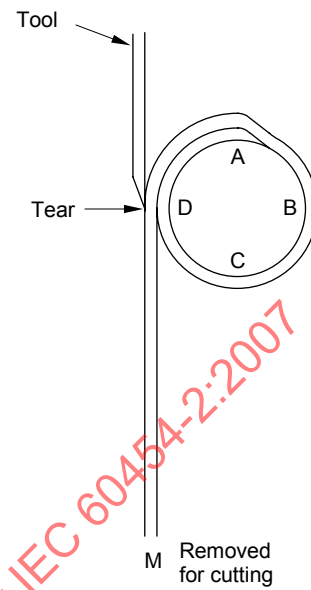


Figure 8 c)

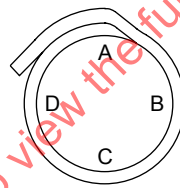
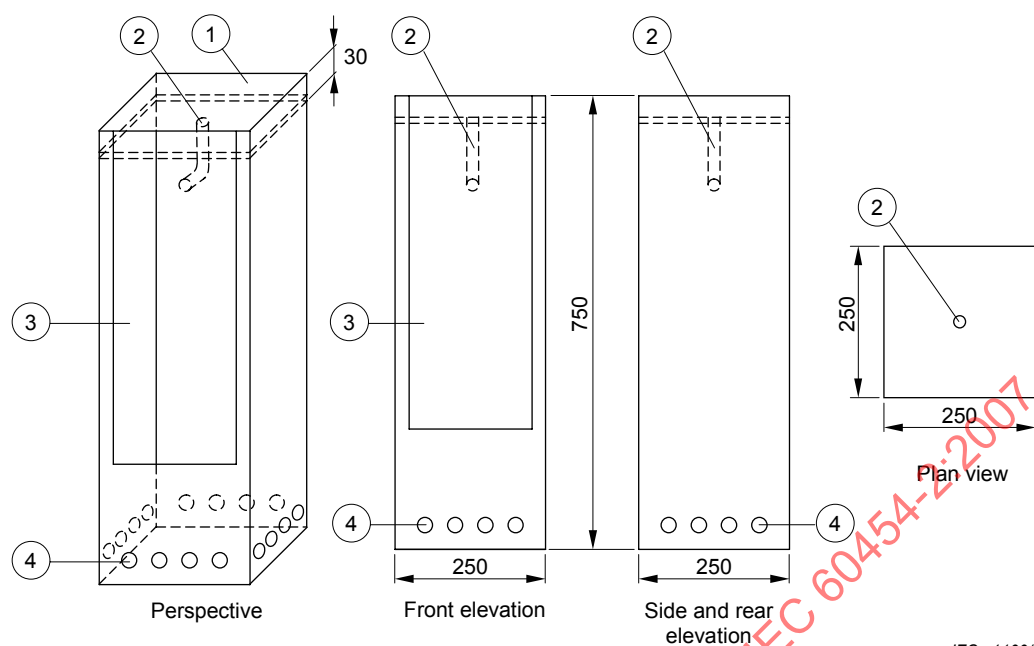


Figure 8 d)

IEC 1099/07

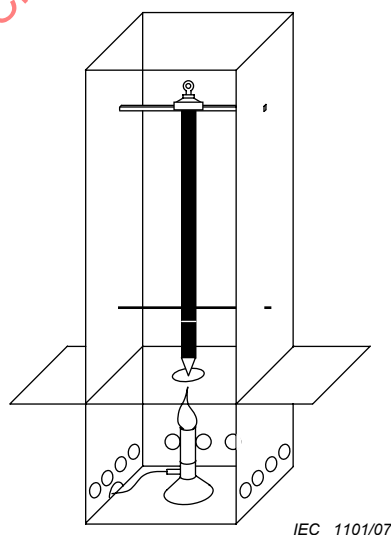
Figure 8 – Flagging test – Preparation of test specimen



Dimensions in millimetres

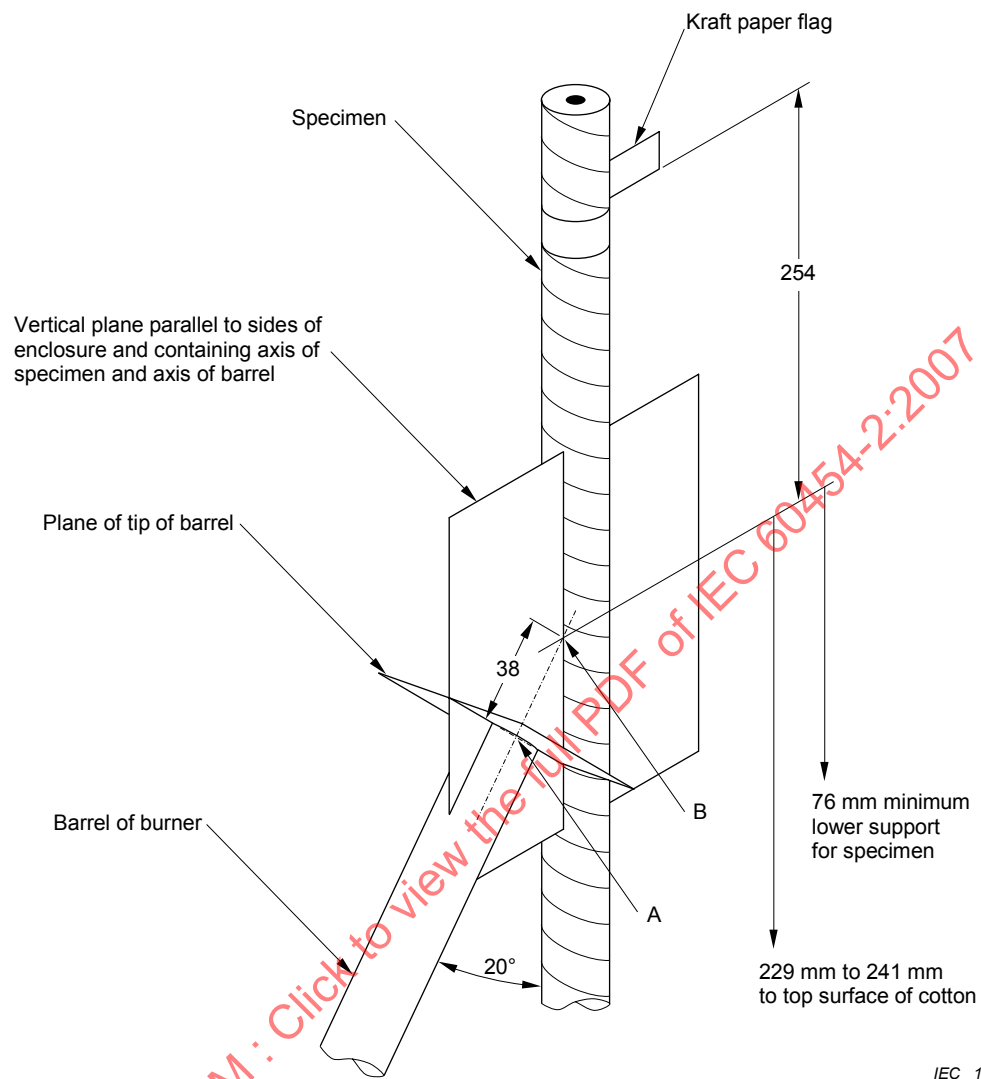
- 1 Open side
- 2 Movable clip placed at the centre 30 mm below the upper edges
- 3 Sliding window
- 4 12 mm holes uniformly distributed around the four sides along a horizontal line at a height of 25 mm from the base

**Figure 9a – Draught protection device**



**Figure 9b – Use of Bunsen burner and sliding plate with draught protection device**

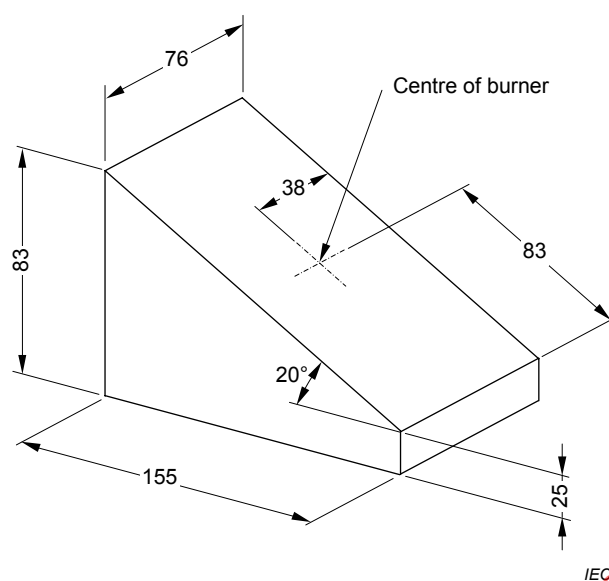
**Figure 9 – Flame test enclosures**



IEC 1102/07

Dimensions in millimetres

**Figure 10 – Essential dimensions for flame test  
(proportions exaggerated for clarity of details)**



*Dimensions in millimetres*

**Figure 11 – Dimensions of wedge**

## **Annex A** (normative)

### **Rollers to be used in various tests**

The roller to be used shall be:

A steel roller ( $85 \pm 2,5$ ) mm in diameter and ( $45 \pm 1,5$ ) mm in width, covered with rubber approximately 6 mm in thickness, having a Shore A durometer hardness of  $80 \pm 5$ . The surface shall be a true cylinder, void of any convex or concave deviations. The mass of the roller shall be ( $2 \pm 0,1$ ) kg.

No part of the apparatus shall increase the mass of the roller during use.

The roller shall move either mechanically or by hand at the rate of ( $10 \pm 0,5$ ) mm/s.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007

## **Bibliography**

ISO 468:1982, *Surface roughness – Parameters, their values and general rules for specifying requirements* (withdrawn standard)

ISO 683-13:1986, *Heat-treatable steels, alloy steels and free-cutting steels – Part 13: Wrought stainless steels* (withdrawn standard)

EN 10088-2:2005, *Stainless steels*

---

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007

## SOMMAIRE

|                                                                                    |    |
|------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                 | 45 |
| 1 Domaine d'application .....                                                      | 47 |
| 2 Références normatives .....                                                      | 47 |
| 3 Conditionnement et préparation des éprouvettes .....                             | 48 |
| 4 Détermination de l'épaisseur .....                                               | 48 |
| 4.1 Appareillage d'essai .....                                                     | 48 |
| 4.2 Eprouvettes .....                                                              | 48 |
| 4.3 Mode opératoire .....                                                          | 48 |
| 4.4 Résultats .....                                                                | 49 |
| 5 Détermination de la largeur .....                                                | 49 |
| 5.1 Méthode A .....                                                                | 49 |
| 5.2 Méthode B .....                                                                | 49 |
| 5.3 Méthode C .....                                                                | 50 |
| 6 Détermination de la longueur du rouleau .....                                    | 50 |
| 6.1 Principe .....                                                                 | 50 |
| 6.2 Méthode A: Mesure par la méthode des tours .....                               | 50 |
| 6.3 Méthode B: Méthode du capteur de longueur .....                                | 51 |
| 7 Propriétés liées à la corrosion .....                                            | 51 |
| 7.1 Généralités .....                                                              | 51 |
| 7.2 Préparation de l'extrait aqueux pour déterminer le pH et la conductivité ..... | 52 |
| 7.3 Détermination de la valeur du pH pour l'extrait aqueux .....                   | 52 |
| 7.4 Détermination de la conductivité pour l'extrait aqueux .....                   | 52 |
| 7.5 Détection du soufre corrosif .....                                             | 53 |
| 7.6 Méthode de résistance d'isolement .....                                        | 54 |
| 7.7 Méthode visuelle .....                                                         | 55 |
| 7.8 Méthode de la contrainte du fil .....                                          | 55 |
| 8 Résistance à la traction et allongement à la rupture .....                       | 55 |
| 8.1 Appareillage .....                                                             | 55 |
| 8.2 Eprouvettes .....                                                              | 55 |
| 8.3 Mode opératoire .....                                                          | 56 |
| 8.4 Résultats .....                                                                | 56 |
| 9 Propriétés à basse température .....                                             | 56 |
| 9.1 Principe .....                                                                 | 56 |
| 9.2 Eprouvette .....                                                               | 56 |
| 9.3 Mode opératoire .....                                                          | 56 |
| 9.4 Flexibilité .....                                                              | 56 |
| 9.5 Rigidité diélectrique .....                                                    | 56 |
| 9.6 Résultats .....                                                                | 57 |
| 10 Résistance à la pénétration à des températures élevées .....                    | 57 |
| 10.1 Appareillage .....                                                            | 57 |
| 10.2 Eprouvettes .....                                                             | 57 |
| 10.3 Mode opératoire .....                                                         | 58 |
| 10.4 Résultats .....                                                               | 58 |
| 11 Adhérence .....                                                                 | 58 |
| 11.1 Principe .....                                                                | 58 |
| 11.2 Matériaux .....                                                               | 58 |

|      |                                                                                               |    |
|------|-----------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 11.3 | Appareillage .....                                                                            | 59 |
| 11.4 | Eprouvettes .....                                                                             | 59 |
| 11.5 | Mode opératoire .....                                                                         | 60 |
| 11.6 | Expression des résultats .....                                                                | 61 |
| 12   | Adhésion à la doublure à basses températures .....                                            | 61 |
| 12.1 | Eprouvettes .....                                                                             | 61 |
| 12.2 | Mode opératoire .....                                                                         | 61 |
| 12.3 | Résultats .....                                                                               | 62 |
| 13   | Adhésion à la doublure lors d'un effort de cisaillement après immersion dans un liquide ..... | 62 |
| 13.1 | Appareillage .....                                                                            | 62 |
| 13.2 | Eprouvettes .....                                                                             | 62 |
| 13.3 | Mode opératoire .....                                                                         | 62 |
| 13.4 | Résultats .....                                                                               | 62 |
| 14   | Propriétés de polymérisation des rubans adhésifs thermodurcissables .....                     | 63 |
| 14.1 | Séparation du collage pendant le traitement thermique (adhésion à la doublure) .....          | 63 |
| 14.2 | Séparation du collage après traitement thermique (adhésion à la doublure) .....               | 63 |
| 15   | Essai de décollement spontané .....                                                           | 64 |
| 15.1 | Principe .....                                                                                | 64 |
| 15.2 | Appareillage .....                                                                            | 64 |
| 15.3 | Eprouvettes .....                                                                             | 64 |
| 15.4 | Préparation des éprouvettes pour l'essai .....                                                | 64 |
| 15.5 | Conditions d'essai .....                                                                      | 65 |
| 15.6 | Résultats .....                                                                               | 65 |
| 16   | Perméabilité à la vapeur d'eau .....                                                          | 65 |
| 16.1 | Appareillage .....                                                                            | 65 |
| 16.2 | Eprouvettes .....                                                                             | 65 |
| 16.3 | Mode opératoire .....                                                                         | 65 |
| 16.4 | Résultats .....                                                                               | 66 |
| 17   | Rigidité diélectrique .....                                                                   | 66 |
| 17.1 | Généralités .....                                                                             | 66 |
| 17.2 | Eprouvettes .....                                                                             | 66 |
| 17.3 | Mode opératoire .....                                                                         | 66 |
| 17.4 | Résultats .....                                                                               | 66 |
| 18   | Rigidité diélectrique après conditionnement en milieu humide .....                            | 66 |
| 19   | Résistance à la propagation de la flamme .....                                                | 67 |
| 19.1 | Principe .....                                                                                | 67 |
| 19.2 | Appareillage .....                                                                            | 67 |
| 19.3 | Eprouvette .....                                                                              | 67 |
| 19.4 | Mode opératoire .....                                                                         | 68 |
| 19.5 | Résultats .....                                                                               | 68 |
| 20   | Essai à la flamme .....                                                                       | 68 |
| 20.1 | Principe .....                                                                                | 68 |
| 20.2 | Appareillage .....                                                                            | 69 |
| 20.3 | Préparation de l'éprouvette .....                                                             | 69 |
| 20.4 | Mode opératoire .....                                                                         | 70 |
| 20.5 | Résultats .....                                                                               | 70 |

|      |                                                                                                                                      |    |
|------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 21   | Endurance thermique .....                                                                                                            | 70 |
| 21.1 | Détermination de l'endurance thermique (basée sur la CEI 60216-1 et la CEI 60216-2) .....                                            | 70 |
| 21.2 | Claquage électrique .....                                                                                                            | 71 |
| 21.3 | Perte de masse .....                                                                                                                 | 72 |
|      | Annexe A (normative) Rouleaux à utiliser pour différents essais .....                                                                | 81 |
|      | Bibliographie .....                                                                                                                  | 82 |
|      | Figure 1 – Dispositif de mesure pour déterminer la longueur d'un rouleau de ruban (mesure par la méthode des tours) .....            | 73 |
|      | Figure 2 – Dispositif de mesure pour déterminer la longueur du ruban (méthode par détecteur de longueur) .....                       | 73 |
|      | Figure 3 – Séquence de pliages .....                                                                                                 | 74 |
|      | Figure 4 – Rigidité diélectrique dans l'eau .....                                                                                    | 74 |
|      | Figure 5 – Croquis du pénétromètre .....                                                                                             | 75 |
|      | Figure 6 – Plaque d'essai en acier .....                                                                                             | 76 |
|      | Figure 7 – Disposition pour l'arrachage du ruban de la plaque .....                                                                  | 76 |
|      | Figure 8 – Essai de décollement spontané – Préparation de l'éprouvette .....                                                         | 77 |
|      | Figure 9a – Dispositif de protection contre les courants d'air .....                                                                 | 78 |
|      | Figure 9b – Utilisation d'un bec Bunsen et d'une plaque coulissante avec un dispositif de protection contre les courants d'air ..... | 78 |
|      | Figure 9 – Enceintes d'essai à la flamme .....                                                                                       | 78 |
|      | Figure 10 – Dimensions principales pour l'essai à la flamme (dimensions agrandies pour plus de clarté) .....                         | 79 |
|      | Figure 11 – Dimensions du coin .....                                                                                                 | 80 |
|      | Tableau 1 – Conditionnement pour les propriétés à basse température .....                                                            | 57 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**RUBANS ADHÉSIFS SENSIBLES  
À LA PRESSION À USAGES ÉLECTRIQUES –****Partie 2: Méthodes d'essai****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60454-2 a été établie par le comité d'études 15 de la CEI: Matériaux isolants électriques solides.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition publiée en 1994 et constitue une révision technique. La présente révision incorpore un texte enrichi concernant l'essai à la flamme (Article 20), un texte enrichi concernant l'adhérence (Article 11) et de nouvelles Figures 9a et 9b.

La présente version bilingue, publiée en 2010-01, correspond à la version anglaise.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 15/377/FDIS et 15/387/RVD.

Le rapport de vote 15/387/RVD donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

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

Une liste de toutes les parties de la série CEI 60454, présentée sous le titre général *Rubans adhésifs sensibles à la pression à usages électriques*, 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 maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60454-2:2007

## **RUBANS ADHÉSIFS SENSIBLES À LA PRESSION À USAGES ÉLECTRIQUES –**

### **Partie 2: Méthodes d'essai**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de la CEI 60454 spécifie les méthodes d'essai pour les rubans adhésifs sensibles à la pression, pour des usages électriques.

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

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

CEI 60216-3:2006, *Matériaux isolants électriques – Propriétés d'endurance thermique – Partie 3: Instructions pour le calcul des caractéristiques d'endurance thermique* (disponible en anglais seulement)

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

CEI 60426:1973, *Méthodes d'essais pour la détermination de la corrosion électrolytique en présence de matériaux isolants*

CEI 60454-3 (toutes les parties), *Rubans adhésifs sensibles à la pression à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour les matériaux individuels*

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

ISO 383:1976, *Verrerie de laboratoire – Assemblages coniques rodés interchangeables*

ISO 527-3:1995, *Plastiques – Détermination des propriétés en traction – Partie 3: Conditions d'essai pour films et feuilles*

ISO 2194:1991, *Cribles et tamis industriels – Tissus métalliques, tôles perforées et feuilles électroformées – Désignation et dimensions nominales des ouvertures*

ISO 3071:2005, *Textiles – Détermination du pH de l'extrait aqueux*

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

ISO 10093:1998, *Plastiques – Essais au feu – Sources d'allumage normalisées*

EN 1939:2003, *Rubans auto-adhésifs - Détermination des caractéristiques du pouvoir adhésif linéaire* (la méthode d'essai de pouvoir adhésif linéaire de l'Article 11 repose sur la méthode d'essai A de l'EN 1939: 2003. La présente norme est le fruit de l'harmonisation de l'AFERA 5001 et du PSTC-1, 2, 3 et 4, ASTM 3330/D, ASTM 3330/M, acceptée par le JATMA).

NOTE EN: European Norm (Europe) – AFERA: Association des fabricants européens de rubans auto-adhésifs – PSTC: Pressure sensitive tape council (USA) – ASTM: American society for testing and materials (USA) – JATMA: Japanese adhesive tapes manufacturers association.

### 3 Conditionnement et préparation des éprouvettes

Sauf spécification contraire, les rouleaux doivent être conditionnés pendant au moins 24 h à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  et avec une humidité relative de  $(50 \pm 5) \%$ . Tous les essais doivent être faits dans cette atmosphère.

Enlever et jeter les trois tours extérieurs avant de prélever un échantillon quelconque du rouleau conditionné. L'éprouvette doit être préparée avec soin et dans un environnement sain. Les informations particulières pour la préparation des éprouvettes seront indiquées avec la méthode d'essai appropriée.

Il peut être nécessaire de faire subir d'autres conditionnements aux éprouvettes.

### 4 Détermination de l'épaisseur

#### 4.1 Appareillage d'essai

Un micromètre à pression avec deux touches circulaires, usinées, centrées sur un même axe vertical. Ces touches sont planes à 0,001 mm près et parallèles à 0,003 mm près. La touche supérieure doit avoir un diamètre de 6 mm à 8 mm et la touche inférieure doit être plus grande. La touche supérieure doit se déplacer sur un axe perpendiculaire aux deux faces.

Le cadran doit être gradué pour permettre une lecture directe à 0,002 mm près. Le châssis du micromètre doit être d'une rigidité telle qu'une charge de 15 N, appliquée au boîtier du cadran (en dehors de l'axe de la touche supérieure), produise une déformation du châssis inférieure à 0,002 mm (indication lue sur le cadran). La pression exercée sur l'éprouvette doit être de  $(50 \pm 5) \text{ kPa}$ .

La précision du micromètre doit être vérifiée fréquemment au moyen d'un jeu de cales étalons en acier. Les erreurs de mesure du micromètre ne doivent pas excéder 0,005 mm.

#### 4.2 Eprouvettes

Cinq éprouvettes d'au moins 75 mm de longueur sont coupées dans le rouleau, à des intervalles d'au moins 300 mm. Il est nécessaire de laisser reposer l'éprouvette pendant au moins 5 min.

#### 4.3 Mode opératoire

Placer les éprouvettes entre les touches du micromètre, en contact avec la touche fixe. Prendre soin d'éviter la présence de bulles d'air. Abaisser lentement la touche mobile sur la surface du ruban, et lire l'indication sur le cadran dans les 2 s qui suivent. La lecture est faite à 0,002 mm près.

#### 4.4 Résultats

Noter, en millimètres, la valeur centrale ainsi que les valeurs maximale et minimale des cinq mesures faites sur l'épaisseur.

### 5 Détermination de la largeur

#### 5.1 Méthode A

**5.1.1** Utiliser une règle en acier, graduée en 0,5 mm. L'erreur de mesure totale de la règle ne doit pas excéder 0,1 mm.

**5.1.2** Une éprouvette d'au moins 450 mm de longueur est tirée du rouleau et placée sur une surface lisse et plate, côté adhésif vers le haut. L'éprouvette doit reposer pendant au moins 5 min.

En utilisant la règle, on mesure à 0,5 mm près la largeur de l'éprouvette détendue, avec le côté adhésif vers le bas. Dix mesures doivent être réalisées, uniformément réparties sur toute la longueur de l'éprouvette. La largeur doit être la valeur moyenne des dix mesures.

#### 5.2 Méthode B

##### 5.2.1 Principe

Le rouleau de ruban adhésif est placé entre les becs d'un pied à coulisse.

La largeur est la distance perpendiculaire, exprimée en millimètres, séparant les deux faces opposées du rouleau de ruban adhésif. Cette méthode peut ne pas être adaptée pour des rouleaux déformés ou rembobinés, si les couches successives ne se superposent pas exactement.

##### 5.2.2 Appareillage

Un pied à coulisse avec un écartement non inférieur à la largeur du rouleau, conformément à l'ISO 3599.

##### 5.2.3 Eprouvette

Un rouleau de ruban.

##### 5.2.4 Conditionnement

Le conditionnement doit être conforme à l'Article 3, sauf qu'il n'est pas nécessaire d'enlever des couches, à moins qu'elles ne soient en mauvais état.

##### 5.2.5 Mode opératoire

Maintenir le rouleau de façon à ce que les bords soient dans un plan vertical. Si les couches extérieures du ruban sur le rouleau ont des bords écrasés ou en mauvais état, il convient de les supprimer avant d'effectuer les mesures.

Maintenir le pied à coulisse de telle manière que la partie graduée soit dans le plan horizontal.

Rapprocher soigneusement les becs du pied à coulisse de façon à effleurer les bords des couches extérieures du rouleau de ruban, en prenant les précautions suivantes:

- a) ne pas écraser les bords du rouleau;
- b) s'assurer que les becs du pied à coulisse sont perpendiculaires aux bords.

Mesurer, en millimètres, la largeur du rouleau, à 0,1 mm près.

Faire deux autres mesures à des intervalles réguliers sur la circonférence.

### 5.2.6 Résultats

Noter, en millimètres, la valeur moyenne de la largeur du ruban.

## 5.3 Méthode C

Cette méthode sera utilisée uniquement si une très grande précision de mesure est demandée.

Utiliser un microscope mobile, muni d'une commande à vernier sur un axe, dont la précision est de 0,001 mm. En utilisant l'éprouvette obtenue et détendue conformément à 5.1.2, mesurer la largeur à 0,01 mm près en faisant dix mesures. La largeur du ruban est prise égale à la valeur moyenne en millimètres.

## 6 Détermination de la longueur du rouleau

### 6.1 Principe

La longueur peut être calculée à partir de la mesure du nombre de tours de ruban sur la bobine, et des mesures effectuées sur les circonférences extérieure du ruban et extérieure du noyau. D'une autre façon, la longueur peut être mesurée directement en utilisant un capteur de longueur comprenant une roue rotative tournant sur le rouleau de ruban quand on débobine celui-ci.

Pour les rubans non extensibles, la longueur mesurée par ces méthodes sera la même que celle après déroulement.

Pour les rubans extensibles, la longueur après déroulement sera supérieure si le ruban est étiré de façon irréversible à l'occasion du déroulement.

### 6.2 Méthode A: Mesure par la méthode des tours

#### 6.2.1 Appareillage (voir la Figure 1)

- a) Un appareil de mesure entraîné en permanence par un mandrin, capable de compter à la fois les tours complets et les portions de tours. Le mandrin comporte un dispositif de verrouillage adapté, constitué d'un corps conique pouvant rapidement s'adapter aux diamètres intérieurs des noyaux des rouleaux de ruban. (Par exemple, pour 25 mm de diamètre intérieur nominal de noyau, le corps conique aura un diamètre variant de 24,5 mm à 26,5 mm sur une longueur de 50 mm. D'autres dimensions de corps coniques seront nécessaires pour des rubans montés sur des noyaux dont le diamètre nominal est significativement différent, tel que 76 mm.)
- b) Un ruban de mesure. Un ruban d'acier, étroit (6 mm ou moins) et souple, gradué en millimètres.

#### 6.2.2 Eprouvette

Un rouleau de ruban.

#### 6.2.3 Mode opératoire

Mesurer en millimètres la circonférence  $C_r$  du rouleau à l'aide d'un ruban d'acier. Appliquer le ruban sur le rouleau, comme une ceinture.

Mettre en place le rouleau sur le corps conique du compteur. Régler le compteur à zéro et dérouler le ruban du rouleau perpendiculairement au mandrin. Dérouler complètement le ruban du noyau et noter (à un dixième de tour près) le nombre  $N$  de tours inscrit au compteur, lorsque le dernier tour de ruban quitte le noyau.

Mesurer, en millimètres, la circonférence  $C_o$  du noyau.

#### 6.2.4 Résultats

Calculer comme suit la longueur ( $L$ ) du ruban:

$$L \text{ (mètres)} = N \frac{C_r + C_o}{2000}$$

Si la longueur du ruban, en contact avec le noyau, n'est pas comprise dans la longueur totale, alors

$$L \text{ (mètres)} = N \frac{C_r + C_o}{2000} - \frac{C_o}{1000}$$

### 6.3 Méthode B: Méthode du capteur de longueur

#### 6.3.1 Appareillage (voir la Figure 2)

Un dispositif capable de mesurer en mètres la longueur d'un rouleau de ruban, en utilisant une roue rotative calibrée (avec peu de couple et de frottement) roulant sur le ruban au fur et à mesure de son déroulement. L'appareil comprend un mandrin pour le montage du ruban, un capteur de longueur, un système de lecture et une bobine d'enroulement pouvant être actionnée manuellement ou automatiquement afin de dérouler le rouleau de ruban.

#### 6.3.2 Eprouvette

Un rouleau de ruban.

#### 6.3.3 Mode opératoire

Placer le rouleau sur l'arbre adjacent au capteur. Positionner le rouleau et le capteur de longueur de façon que ce dernier soit en contact avec la circonférence du rouleau et de façon que la fin du rouleau soit exactement au niveau du capteur. Mettre à zéro le capteur, et tirer manuellement l'extrémité de la bande, puis la fixer à la bobine réceptrice. Au début du déroulement, s'assurer que le capteur de longueur est bien en contact avec le rouleau et qu'il ne glisse pas, ni ne se plie. A la fin du déroulement, lire l'inscription donnée par le capteur de longueur.

#### 6.3.4 Résultats

Noter la longueur en mètres telle qu'elle apparaît au compteur.

## 7 Propriétés liées à la corrosion

### 7.1 Généralités

Les exigences relatives aux produits particuliers sont données dans la CEI 60454-3. Les méthodes d'essai sont choisies parmi celles données dans la présente partie. Si la corrosion électrolytique est significative (c'est-à-dire si l'on utilise un fil fin d'approximativement 1 mm de diamètre ou moins), sa détermination en est faite selon la CEI 60426.

Quand cela est demandé par la CEI 60454-3, les méthodes d'essai du pH et du soufre corrosif doivent être utilisées pour déterminer la conductivité.

## **7.2 Préparation de l'extrait aqueux pour déterminer le pH et la conductivité**

### **7.2.1 Précautions**

Eviter la contamination du matériau pendant le stockage, l'échantillonnage, la préparation des éprouvettes et pendant l'essai.

S'assurer que le rouleau d'échantillon, et le matériau qui en est extrait, ne sont pas contaminés par l'atmosphère, en particulier l'atmosphère du laboratoire d'analyse chimique, ou par contact avec les mains nues. S'assurer également que les instruments utilisés pour couper ou manipuler les éprouvettes sont chimiquement propres.

### **7.2.2 Eprouvette**

A partir du rouleau d'échantillon, couper des bandes de ruban, chacune faisant approximativement 25 mm × 6 mm.

Si une bande est pliée, elle doit être pliée avec la surface adhésive à l'extérieur.

### **7.2.3 Méthode**

Utiliser de l'eau ayant une conductivité non supérieure à 0,2 mS/m. Faire un essai à blanc du récipient d'extraction avant chaque extraction, et si la conductivité résultante excède 0,2 mS/m, répéter l'essai avec le même récipient d'extraction. Changer le récipient si le deuxième résultat excède également cette valeur.

Préparer l'extrait en mettant 1 g de ruban pour 100 ml d'eau dans un verre en borosilicate (verre hautement résistant au plan chimique) ou dans un flacon en quartz équipé d'un condenseur de reflux fait de verre de la même qualité ou de quartz. Utiliser un appareillage équipé de joints en verre fondu, coniques, interchangeables, conformes à l'ISO 383.

Faire bouillir l'eau lentement pendant 60 min, sauf dans le cas des rubans du film en acétate de cellulose pour lesquels il convient que le temps soit de 10 min. Prendre soin que le matériau ne soit pas carbonisé. Permettre le refroidissement aussi rapidement que possible, en prenant des précautions contre l'admission de dioxyde de carbone (par exemple le piégeage de CO<sub>2</sub>).

### **7.2.4 Quantité**

Il convient de préparer une quantité suffisante d'extraits de façon à mesurer le pH et la conductivité avec des échantillons d'extraits différents.

## **7.3 Détermination de la valeur du pH pour l'extrait aqueux**

Déterminer la valeur du pH à une température de (23 ± 2) °C, conformément à 8.2 de l'ISO 3071.

## **7.4 Détermination de la conductivité pour l'extrait aqueux**

### **7.4.1 Appareillage**

L'appareillage suivant est nécessaire.

**7.4.1.1** Une cellule de conductivité adaptée qui peut consister en deux électrodes inertes, par exemple platine platiné, maintenues séparées, à une distance déterminée, et adéquatement isolées l'une de l'autre.

**7.4.1.2** Un appareil de mesure capable de mesurer la conductance ou l'admittance, avec une précision de 5 % et une possibilité de lecture minimale de 1  $\mu\text{S}$ , dans la gamme de fréquences 50 Hz à 3 000 Hz, pour une tension ne dépassant pas 100 V. En variante on peut mesurer la résistance avec la même précision.

NOTE 1 Il est important que tout matériau isolant immergé dans le liquide d'essai ne soit pas absorbant d'eau, ni sujet à une contamination par des électrolytes aqueux.

NOTE 2 Il convient que la cellule de conductivité soit facilement nettoyable et exempte de renforcements dans lesquels des impuretés pourraient être retenues.

NOTE 3 Il convient de prendre soin de s'assurer que les électrodes ne se polarisent pas.

NOTE 4 Les électrodes en platine platiné sont revêtues de platine avec du noir de platine.

## **7.4.2 Détermination de la conductivité électrique**

### **7.4.2.1 Généralités**

Détermination de la constante de la cellule de conductivité. Si elle n'est pas connue, déterminer la constante  $K$  ( $\text{m}^{-1}$ ) de la cellule de conductivité, en utilisant la méthode spécifiée dans la CEI 60589.

NOTE Pour l'appareillage d'essai, si la constante de la cellule est étalonnée dans les composants électroniques de l'appareillage, cette étape n'est pas nécessaire.

### **7.4.2.2 Détermination de la conductivité à vide**

Après avoir nettoyé soigneusement la cellule de conductivité avec de l'eau, comme spécifié en 7.2.3, la remplir d'eau obtenue par l'essai d'extraction à vide, et mesurer sa conductance  $G_1$  en mS/m à  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ . La conductivité à vide en mS/m est alors  $KG_1$ .

### **7.4.2.3 Détermination de la conductivité de l'extrait aqueux**

Rincer soigneusement la cellule de conductivité avec l'extrait à soumettre à essai, et la remplir alors avec cet extrait. Régler la température à  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , la maintenir pendant 15 min, et mesurer alors la conductivité  $G_2$  en mS/m à cette température.

La conductivité de l'extrait aqueux en mS/m est alors calculée par l'expression  $K(G_2 - G_1)$ .

NOTE Dans la plupart des cas lorsqu'il n'est pas pratique de soumettre à essai l'extrait aqueux à  $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ , il est suffisant pour être précis d'appliquer la correction suivante:

$$\text{Conductivité à } 23^\circ\text{C} = \frac{G}{1 + 0,02(t - 23)}$$

où  $G$  est la conductivité obtenue quand les mesures sont faites à la température  $t^\circ\text{C}$ .

## **7.4.3 Résultats**

Exprimer la conductivité en mS/m à la température de  $23^\circ\text{C}$ .

## **7.5 Détection du soufre corrosif**

### **7.5.1 Epreuves**

A partir du rouleau échantillon, couper deux éprouvettes faisant chacune 100 mm de long.

### **7.5.2 Appareillage**

Trois barres de cuivre lisses sont nécessaires. Chacune d'entre elles mesure approximativement 6 mm de diamètre et 75 mm de longueur. Elles sont nettoyées et polies avec de l'eau et de la poudre de carbure de silice, en grains de  $90\text{ }\mu\text{m}$  à  $125\text{ }\mu\text{m}$ , puis

essuyées et séchées à l'aide d'un tissu de coton ou d'un filtre de papier. Finalement les barres sont lavées avec un solvant exempt de soufre volatil, tel que de l'éther biéthylique, et séchées.

### 7.5.3 Méthode

Manipuler les barres de cuivre avec des pinces de métal sèches et propres. Au centre des deux barres de cuivre, enrouler approximativement 100 mm de ruban de façon à ce que les couches successives se superposent les unes aux autres. A chaque extrémité des barres de cuivre, laisser au moins 12 mm sans ruban.

NOTE Il convient que les rubans de plus de 50 mm de largeur soient refendus pour ne pas recouvrir, avec du ruban, les 12 mm de chaque extrémité des barres de cuivre.

Mettre en place le ruban sur la première barre, la face adhésive tournée vers le bas en contact avec le cuivre, et mettre en place le ruban sur la deuxième barre, la face adhésive tournée vers le haut, la doublure en contact avec le cuivre. Garder la troisième barre nue à titre de témoin.

Placer chaque barre dans un tube de verre séparé, chimiquement propre et fermé par un bouchon de verre. Maintenir l'ensemble à la température de  $(100 \pm 2) ^\circ\text{C}$  pendant 16 h. Extraire les barres des tubes, après les avoir refroidies à la température ambiante.

Enlever les rubans des barres avec tous les écoulements qui auraient pu se produire. L'extraction des écoulements peut être facilitée par l'utilisation d'un solvant, mais on ne doit pas utiliser d'agents abrasifs mécaniques.

Examiner visuellement les barres de cuivre pour déceler des traces bleu-noir caractéristiques de sulfure de cuivre. Si les traces bleu-noir des barres soumises à essai sont plus importantes que celles de la barre témoin, ces traces indiquent la présence de soufre corrosif.

### 7.5.4 Rapport

Noter si la présence de traces bleu-noir sur les barres d'essai est plus importante que sur la barre témoin.

## 7.6 Méthode de résistance d'isolement

### 7.6.1 Généralités

L'essai doit être réalisé conformément à l'Article 14 de la CEI 60426 avec les modifications suivantes.

### 7.6.2 Éprouvettes

Les éprouvettes doivent être prélevées du rouleau, au moins tous les 300 mm.

### 7.6.3 Electrodes

Les électrodes doivent avoir un coin arrondi de 1 mm de rayon et doivent être fabriquées dans un métal inerte de haute conductivité, par exemple du laiton plaqué nickel.

### 7.6.4 Matériel

Un appareil de mesure de résistance doit être utilisé, allant jusqu'à  $10^6 \text{ M}\Omega$  ( $1 \text{ T}\Omega$ ), avec une précision de  $\pm 20 \%$ . Pour tous les branchements, il convient d'utiliser des câbles blindés avec le blindage relié au circuit de protection.

### 7.6.5 Résultats

Pour les bandes de moins de 25 mm de largeur, calculer la résistance en  $\Omega/25$  mm, en supposant que la résistance est inversement proportionnelle à la largeur.

### 7.7 Méthode visuelle

L'essai doit être réalisé conformément aux exigences de l'Article 3 de la CEI 60426.

### 7.8 Méthode de la contrainte du fil

#### 7.8.1 Généralités

L'essai doit être réalisé conformément aux exigences de l'Article 9 de la CEI 60426, avec les modifications suivantes.

#### 7.8.2 Epreuves

Au moins dix éprouvettes doivent être soumises à essai.

#### 7.8.3 Contrainte du fil d'essai

La valeur moyenne de la charge de rupture pour un fil non exposé doit se situer entre 7 N et 9 N.

#### 7.8.4 Nettoyage de l'appareil

Les parties métalliques doivent être nettoyées avec du méthanol neuf et pur, puis avec de l'eau distillée.

#### 7.8.5 Matériel pour l'essai de traction

La vitesse de la séparation des mâchoires doit être la même pour les fils exposés que pour les fils non exposés.

## 8 Résistance à la traction et allongement à la rupture

### 8.1 Appareillage

Comme décrit dans l'Article 5 de l'ISO 527-3.

### 8.2 Epreuves

Prélever, à des intervalles d'au moins 300 mm sur le rouleau échantillon, cinq bandes de ruban de longueur suffisante, pour que la longueur initiale soit celle demandée. Pour les rubans ayant un allongement de 50 % ou moins, la longueur initiale pour l'essai doit être de 200 mm. Pour les rubans ayant un allongement > 50 %, cette longueur doit être de 100 mm.

La largeur de l'éprouvette doit être inférieure ou égale à 50 mm.

Dans le cas des rubans ayant une largeur supérieure à 50 mm, ramener les éprouvettes à 25 mm de large en les prélevant dans le milieu du ruban avec un outil bien affûté pour avoir des bords nets. Pour les rubans ayant moins de 6 mm de large, les effets de bords peuvent être significatifs pour ces déterminations. Pour ces rubans, il convient de ne pas utiliser les résultats pour définir des spécifications.

### 8.3 Mode opératoire

Introduire les éprouvettes dans la machine de telle façon que la charge soit également répartie sur toute la largeur du ruban. Sauf spécifications contraires dans la CEI 60454-3, l'essai doit être réalisé à la vitesse de  $(300 \pm 30)$  mm/min. Des vitesses différentes de séparation doivent être choisies dans l'Article 9 de l'ISO 527-3. Faire cinq déterminations valables, sans tenir compte des essais pour lesquels la rupture se produit à moins de 10 mm de l'un quelconque des points de fixation (mâchoires). S'assurer pendant l'essai que le ruban ne glisse pas entre les mâchoires de la machine d'essai.

### 8.4 Résultats

Noter les valeurs de la contrainte à la rupture comme la valeur centrale des cinq déterminations, en N/10 mm de largeur, ainsi que l'allongement à la rupture comme la valeur centrale exprimée en pourcentage de l'allongement de la distance séparant les points de fixation, au moment de la rupture. Si un ruban a été découpé dans un ruban de grande largeur, cela doit être noté.

## 9 Propriétés à basse température

### 9.1 Principe

Un conducteur de cuivre est enveloppé dans le ruban à soumettre à essai. Il est alors soumis à une flexion, après conditionnement à basse température. L'éprouvette est soumise à essai pour détecter la présence de craquelures ou de déroulement.

### 9.2 Epreuve

Un conducteur de cuivre de 300 mm de long, provenant d'un câble isolé thermoplastique (d'un type adapté pour des câblages en des lieux humides), disposant d'un conducteur massif d'approximativement 1,6 mm de diamètre et permettant 75 °C de température pour le conducteur, doit être dénudé sur 50 mm en son milieu. La portion dénudée doit alors être enveloppée de trois couches de ruban se chevauchant à mi-recouvrement (en utilisant un seul morceau de ruban), les couches recouvrant au moins une fois l'isolant situé au-delà de la portion dénudée. Le ruban doit être appliqué délicatement avec une tension minimale, de façon à s'adapter à la zone d'épissure.

### 9.3 Mode opératoire

L'éprouvette préparée doit être placée dans une chambre froide et conditionnée pendant 3 h, à une température spécifiée au Tableau 1. Après ce conditionnement, l'éprouvette, toujours à la température de conditionnement, doit être soumise à l'essai de flexibilité spécifié en 9.4. Après l'essai de flexibilité, l'éprouvette doit être conditionnée pendant 4 h à la température de  $(23 \pm 2)$  °C et doit supporter sans se rompre les essais de rigidité diélectrique spécifiés en 9.5.

### 9.4 Flexibilité

La partie enrubannée doit être pliée à 180° autour d'un mandrin de diamètre 8 mm, et puis remise droite. Ce mode opératoire doit être répété une fois et demie, les pliages étant faits dans des directions opposées (voir Figure 3). L'essai doit être fait dans les 30 s. Les couches de ruban doivent alors être examinées pour déceler des craquelures ou des déroulements.

### 9.5 Rigidité diélectrique

Après l'essai de flexibilité, la partie pliée de l'éprouvette doit être immergée, sauf ses extrémités, dans de l'eau du robinet à  $(23 \pm 2)$  °C pendant 1 h (voir Figure 4). Une tension alternative de 1500 V doit alors être appliquée pendant 1 min, entre le conducteur de cuivre et l'eau. L'appareil électrique est décrit à l'Article 4 de la CEI 60243-1.

## 9.6 Résultats

Prendre note de toutes les craquelures, de tous les déroulements et des claquages.

**Tableau 1 – Conditionnement pour les propriétés à basse température**

| Classe de basses températures des rubans<br>°C | Température de conditionnement<br>°C |
|------------------------------------------------|--------------------------------------|
| +10                                            | +3 ± 1                               |
| 0                                              | -3 ± 1                               |
| -7                                             | -10 ± 1                              |
| -10                                            | -18 ± 1                              |
| -18                                            | -26 ± 1                              |
| -26                                            | -33 ± 1                              |
| -33                                            | -40 ± 1                              |

## 10 Résistance à la pénétration à des températures élevées

### 10.1 Appareillage

Il est possible d'utiliser tout appareil détectant la pénétration quand une bille en acier d'un diamètre de  $(1,5 \pm 0,1)$  mm est pressée dans les conditions prescrites sur la surface du ruban placé sur une plaque d'acier inoxydable de 100 mm de longueur par 30 mm de largeur et de 3 mm d'épaisseur.

Un four capable d'élever la température de l'appareil à une vitesse de  $(30 \pm 5)$  °C/h.

L'appareil décrit ci-après (voir Figure 5) est un exemple d'appareil donnant de bons résultats.

Une tige aimantée en acier, maintenue à une extrémité, porte la bille en acier de 1,5 mm de diamètre. Une nouvelle bille doit être utilisée pour chaque détermination. Cette tige est maintenue dans un support en forme de C qui porte également un contrepoids et qui est monté de telle façon qu'il ait la liberté de rotation nécessaire.

Le contrepoids consiste en un coulisseau réglable capable de neutraliser la pression de la bille d'acier sur la plaque en acier inoxydable quand aucune charge n'est appliquée à la partie inférieure du support en forme de C. En service, la partie inférieure de ce support est équipée pour exercer une force verticale vers le bas de 10 N sur la plaque en acier inoxydable située dans un plan horizontal.

L'appareil est équipé d'un système permettant d'indiquer le contact électrique entre la bille d'acier et la plaque en acier inoxydable. Une source de courant basse tension doit être utilisée. La température de la plaque d'acier doit être mesurée en un point situé aussi près que possible de celui où la pression est exercée. Il est suggéré d'utiliser un thermocouple.

### 10.2 Eprouvettes

Prélever dans le rouleau cinq bandes de ruban de 25 mm de longueur chacune, à des intervalles qui ne soient pas inférieurs à 300 mm. Veiller à retirer le ruban du rouleau de manière à limiter les étirements. Les éprouvettes doivent reposer avant l'essai: les rubans dont l'allongement est inférieur à 5 % doivent reposer pendant au moins 5 min, ceux dont l'allongement est compris entre 5 % et 50 % doivent reposer pendant au moins 30 min, et ceux dont l'allongement est supérieur à 50 % doivent reposer pendant 2 h à 3 h.

### 10.3 Mode opératoire

La sphère de pénétration n'étant pas chargée, chaque éprouvette doit être placée avec précaution sur la plaque d'acier (non pressée et non roulée) sous la sphère à température ambiante, la surface adhésive faisant face à la plaque d'acier. Placer l'appareillage avec précaution dans le four. Laisser reposer l'échantillon pendant 10 min à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ , puis charger la sphère de façon qu'une force compressive de 10 N soit exercée sur l'éprouvette. La température de l'appareil doit ensuite être élevée à la vitesse uniforme de  $(30 \pm 5) ^\circ\text{C/h}$  jusqu'à ce que la pénétration ait lieu.

### 10.4 Résultats

Indiquer, en degrés Celsius, la valeur centrale ainsi que les valeurs minimale et maximale des cinq températures mesurées lors de la pénétration.

## 11 Adhérence

### 11.1 Principe

Une longueur de ruban adhésif est appliquée à une plaque normalisée (voir la Figure 6), qui est alors fixée verticalement à une attache d'une machine d'essai de traction. L'autre attache de la machine tire l'extrémité du ruban adhésif selon un angle de  $180^\circ$  par rapport à la plaque (voir la Figure 7).

La résistance d'adhérence est mesurée par la force nécessaire au déroulement continu du ruban adhésif de la plaque (voir 11.1.1 Méthode d'essai A) ou de la doublure du ruban (voir 11.1.2 Adhérence à la doublure), la ligne de séparation étant perpendiculaire à la direction de la force appliquée.

**11.1.1 Méthode d'essai A** – Des rubans à simple revêtement, pouvoir adhésif linéaire selon un angle de  $180^\circ$  – Un ruban est appliqué sur un panneau d'essai normalisé (ou toute autre surface considérée) selon une pression contrôlée. Le ruban est délaminé du panneau selon un angle de  $180^\circ$  et une vitesse spécifiée, la force requise au délaminage étant mesurée. Cette méthode correspond à celle indiquée dans l'EN 1939: 2003.

**11.1.2 Méthode d'essai B** – Adhésion à la doublure, rubans à revêtement simple – Une bande de ruban soumise à essai est appliquée sur un panneau rigide. Une bande de ruban soumise à essai est appliquée à la doublure de la première bande, puis soumise à essai pour connaître le pouvoir adhésif linéaire tel que décrit dans la méthode A.

### 11.2 Matériaux

#### 11.2.1 Matériau de nettoyage absorbant

Gaze hydrophile, coton ou tissu. Pour être adaptés, les matériaux ne doivent pas pelucher lors de l'utilisation, être absorbants, ne contenir aucun additif soluble dans les solvants répertoriés en 11.2.2 et être composés exclusivement de produits vierges.

#### 11.2.2 Un ou plusieurs des solvants suivants

Alcool de diacétone, de qualité non résiduelle

Méthanol;

Méthyle éthyle cétone;

Acétone;

n-heptane.

Les solvants doivent être de qualité analytique d'usage général et conservés dans un système de débit adapté.

### 11.3 Appareillage

#### 11.3.1 Dispositif de coupe d'éprouvette

Un dispositif de coupe d'éprouvette approprié doit comporter deux lames de rasoir à tranchant unique parallèles séparées par une distance précise, formant un dispositif de coupe de largeur d'éprouvette exacte. Deux dispositifs de coupe, de 12 mm et 24 mm d'aire de coupage, doivent être disponibles ou des alternatives appropriées n'endommageant pas les bords. La précision de la séparation de la lame de rasoir doit être de largeur nominale de  $\pm 0,10$  mm.

#### 11.3.2 Machine à traction

Un appareil d'essai par tension à vitesse d'extension constante doit être utilisé. Il est suggéré d'utiliser une machine électronique proposant au moins une lecture par millimètre de ruban délaminé. L'appareil d'essai doit comporter deux attaches dont les centres sont dans le même plan, parallèles à la direction du mouvement sur le même plan, parallèles à la direction du mouvement sur l'attache de mise sous contrainte et alignés de manière à maintenir l'éprouvette totalement dans le même plan ; un moyen de déplacer l'attache de mise sous contrainte à vitesse uniforme de  $5 \text{ mm/s} \pm 0,2 \text{ mm/s}$  et un dispositif d'enregistrement de la charge. L'appareil doit être étalonné de manière à obtenir une erreur maximale de 2 % à la lecture.

#### 11.3.3 Panneaux en acier inoxydable

Ces panneaux doivent être parfaitement plats, d'au moins 125 mm de long, 50 mm de large et 1,1 mm d'épaisseur, de type acier inoxydable 1.4301 conformément à la qualité 2 R définie dans l'EN 10088-2, présenter un fini recuit brillant avec une rugosité de surface de  $50 \text{ nm} \pm 25 \text{ nm}$ . Les panneaux présentant des taches, des décolorations ou des rayures ne sont pas acceptables. Les nouveaux panneaux doivent être nettoyés avant utilisation, comme indiqué dans la NOTE 1 de 11.5.2, sauf si le solvant final a été nettoyé dix fois. Entre les utilisations, la surface d'essai du panneau doit être protégée contre les rayures et la pollution.

#### 11.3.4 Rouleau mécanique ou manuel

Le rouleau utilisé pour tous les essais d'adhésion est décrit dans l'Annexe A (normative).

**11.3.4.1** Un rouleau en acier de  $(85 \pm 2,5)$  mm de diamètre et de  $(45 \pm 1,5)$  mm de largeur, couvert de caoutchouc d'une épaisseur d'environ 6 mm, présentant une dureté d'après le duromètre Shore de type A de  $80 \pm 5$ . La surface doit être un cylindre vrai, dépourvu d'écart convexe ou concave. La masse du rouleau doit être de  $(2 \pm 0,1)$  kg.

**11.3.4.2** Aucune partie de l'appareillage ne doit augmenter la masse du rouleau lors de l'utilisation. Le rouleau doit se déplacer mécaniquement ou manuellement à une vitesse de  $(10 \pm 0,5)$  mm/s.

### 11.4 Epreuves

#### 11.4.1 Conditionnement

Conditionner les rouleaux de ruban dans les conditions normalisées de  $23^\circ\text{C} \pm 1 \text{ K}$  et  $(50 \pm 5) \%$  d'humidité relative. Procéder à l'essai dans ces conditions, sauf indication contraire stipulée dans la CEI 60454-3. Si ces tolérances ne peuvent pas être respectées, les tolérances les plus proches possibles doivent être utilisées et mentionnées dans le rapport.

**11.4.2** La largeur de l'éprouvette doit être de 24 mm. Une tolérance de 0,5 mm doit être autorisée. La longueur doit être de 300 mm environ.

NOTE Si la largeur de l'éprouvette est inférieure à 24 mm, appliquer une ou plusieurs bandes de ruban supplémentaires pour obtenir une largeur équivalente de 24 mm aux fins de laminage. Par ailleurs, une pression de laminage acceptable peut être obtenue avec un rouleau de 1 kg appliqué sur des échantillons d'une largeur de 8,5 mm – 17 mm ou avec un rouleau de 2 kg appliqué sur des échantillons de largeurs supérieures à 17 mm, jusqu'à 34 mm au maximum.

**11.4.3** Enlever au moins trois nappes extérieures de ruban (mais pas plus de six) du rouleau d'échantillon avant de prélever les éprouvettes pour procéder à l'essai.

**11.4.4** Retirer une éprouvette pour chacun des cinq essais à réaliser. Retirer l'éprouvette d'un rouleau en rotation libre à la vitesse de 500 mm/s à 750 mm/s. Si la force de déroulement rend impossible le retrait de l'éprouvette à la vitesse exigée, la retirer à une vitesse aussi proche que possible de 500 mm/s.

**11.4.5** Si la largeur du ruban est supérieure à 24 mm, les éprouvettes présentant une largeur supérieure à celle indiquée doivent être découpées avec un appareillage semblable à celui décrit en 11.3.1, à partir du centre d'une bande retirée du rouleau conformément au 11.4.4.

**11.4.6** Appliquer les éprouvettes dans les 5 min qui suivent le déroulement.

NOTE Les rubans double faces doivent être soumis à essai en ôtant le matériau protecteur entre couches et en recouvrant la surface adhésive non soumise à essai d'un film de polyester de 23 µm.

## **11.5 Mode opératoire**

### **11.5.1 Conditions d'essai normalisées**

Les conditions d'essai normalisées doivent être identiques à celles indiquées en 11.4.1 pour le conditionnement des éprouvettes.

### **11.5.2 Préparation du panneau**

Répondre l'un des solvants répertoriés en 11.2.2 sur le panneau, en l'essuyant pour le sécher avec le matériau de nettoyage absorbant propre. Procéder à trois nettoyages de ce type avec ce solvant.

Le dernier nettoyage doit être réalisé avec du méthyle éthyle cétone ou de l'acétone. Il convient de laisser sécher le panneau pendant au moins 10 min. Il convient de nettoyer à nouveau les panneaux qui ne sont pas utilisés dans les 10 h.

NOTE 1 Pour obtenir des résultats cohérents, un nouveau panneau doit être nettoyé au moins dix fois avec le dernier solvant avant utilisation.

NOTE 2 Jeter les plaques présentant des taches, des décolorations ou de nombreuses rayures. Eviter de toucher la surface du panneau avec les doigts. Lors du stockage, il convient de protéger le panneau contre tout dommage ou toute pollution.

### **11.5.3 Pouvoir adhésif linéaire**

**11.5.3.1** Retirer une éprouvette de 300 mm du ruban à soumettre à essai, comme indiqué en 11.4.4. Plier 12 mm à une extrémité, adhésif contre adhésif de manière à former un onglet. Mettre en contact l'autre extrémité de l'éprouvette avec une extrémité du panneau. Maintenir l'extrémité de l'onglet de l'éprouvette de sorte qu'elle n'entre pas en contact avec le panneau mais qu'elle soit placée approximativement au-dessus de celui-ci, rouler deux fois mécaniquement ou manuellement dans chaque direction longitudinale, de sorte que le rouleau applique le ruban sur le panneau. Cela permet d'éviter de piéger de l'air entre l'adhésif et le panneau. Si cela se produit, jeter l'éprouvette.

Préparer chaque éprouvette de manière individuelle, puis soumettre à essai dans la minute qui suit.

NOTE Un temps de repos plus long peut donner des résultats différents. Le pouvoir adhésif linéaire augmente avec le temps de repos à différentes vitesses pour différents rubans. Un temps de repos plus long peut être choisi intentionnellement.

**11.5.3.2 Arracher l'éprouvette.** Replier l'extrémité pliée du ruban selon un angle de 180° et délaminer 25 mm de ruban du panneau. Attacher cette extrémité du panneau dans l'une des mâchoires de la machine de traction et le ruban dans l'autre mâchoire. Actionner l'appareil d'essai à  $(5,0 \pm 0,2)$  mm/s.

Une fois la mâchoire mobile actionnée, ne pas tenir compte des valeurs obtenues lors du délaminage mécanique des premiers 25 mm de ruban. Utiliser la force moyenne obtenue lors du délaminage des 50 mm de ruban adhésif suivants à partir du panneau comme étant la valeur d'adhésion.

NOTE Il convient que la personne qui procède à l'essai sache que toute manipulation prolongée génère de la chaleur transmise au panneau d'essai en acier inoxydable. Par conséquent, pendant et après l'application du ruban adhésif sur le panneau d'essai, il convient de manipuler le panneau le moins possible.

## 11.6 Expression des résultats

### 11.6.1 Généralités

Exprimer le pouvoir adhésif linéaire en Newtons par 10 mm (au 0,1 N/10 mm près), en convertissant, le cas échéant, la force observée en Newtons.

### 11.6.2 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit contenir les informations suivantes:

- a) une référence à la présente norme;
- b) une déclaration précisant que cette méthode d'essai a été utilisée et indiquant si l'essai a été réalisé sur le panneau (méthode d'essai A) ou sur la doublure (méthode d'essai B), en soulignant tous les écarts par rapport à la méthode;
- c) l'identification de chaque rouleau de ruban soumis à essai;
- d) tout comportement anormal observé pendant l'essai (transfert d'adhésif ou arrachage, par exemple);
- e) la valeur du pouvoir d'adhésion linéaire en Newtons par 10 mm.

## 12 Adhésion à la doublure à basses températures

### 12.1 Eprouvettes

Utiliser le même type d'éprouvettes que celles décrites en 11.4.4, mais le nombre d'éprouvettes doit être de trois.

Trois bandes supplémentaires sont nécessaires pour servir de doublures.

### 12.2 Mode opératoire

Avant que les éprouvettes ne soient appliquées sur les plaques d'essai comme indiqué en 11.5.3.1, les trois plaques et les six bandes doivent être placées pendant 2 h dans une enceinte à basse température, à la température prescrite dans la CEI 60454-3. Le rouleau doit être à la même température. Il est possible que le rouleau soit à conserver pendant un temps plus long, à la température requise, du fait de sa masse. Les éprouvettes doivent être appliquées sur la plaque dans les mêmes conditions de basse température. Utiliser la même technique pour l'application que celle décrite en 11.5.3.1. Laisser les plaques ainsi préparées

pendant 16 h à 24 h dans l'enceinte à basse température. Effectuer l'arrachage comme décrit en 11.5.3.2 dans une enceinte à basse température.

### 12.3 Résultats

Noter les résultats pour chacune des trois éprouvettes et les traiter comme décrit en 11.6.1.

## 13 Adhésion à la doublure lors d'un effort de cisaillement après immersion dans un liquide

### 13.1 Appareillage

Une machine de traction telle que celle décrite dans l'Article 5 de l'ISO 527-3.

Un rouleau tel qu'indiqué dans l'Annexe A.

### 13.2 Eprouvettes

Prélever, sur chacun des cinq rouleaux différents, deux bandes de 150 mm de longueur, espacées de 300 mm dans le rouleau, en tirant radialement à la vitesse approximative de 300 mm/s. La largeur des bandes pour préparer une éprouvette doit être de  $(12 \pm 1)$  mm.

Si la largeur du ruban est supérieure à 12 mm, l'éprouvette doit être découpée dans le milieu du ruban à la largeur de 12 mm.

La découpe doit se faire avec un outil bien affûté pour éviter toute déchirure sur les bords.

Cinq éprouvettes sont réalisées en appliquant le côté adhésif d'une bande sur le dos de l'autre, de façon à former un recouvrement de 12 mm sur la bande de 12 mm de large. Aucun débordement latéral des bandes ne doit être visible. Placer l'éprouvette sur une surface dure, antiadhésive, face adhésive vers le bas. Placer le rouleau au centre de l'éprouvette, perpendiculairement à celle-ci et le passer à la main quatre fois, en prenant bien soin de ne pas exercer de pression additionnelle, deux fois dans chaque sens, à une vitesse constante de 10 mm/s.

### 13.3 Mode opératoire

Dans le cas de rubans therm durcissables, les éprouvettes sont polymérisées en suivant les instructions du fabricant. Ces conditions doivent être notées. Ensuite, les éprouvettes sont refroidies à  $(23 \pm 2)$  °C et maintenues à cette température pendant  $(16 \pm 0,5)$  h dans le liquide spécifié dans la feuille adéquate de la CEI 60454-3. Les éprouvettes sont séchées entre deux feuilles de papier filtre pour éliminer le liquide en excès. Déterminer la force apparente de rupture de chacune des éprouvettes comme indiqué en 8.3. Cette mesure doit se faire au moins 5 min et au plus 10 min après avoir retiré les éprouvettes du liquide.

### 13.4 Résultats

Indiquer:

- la valeur centrale des cinq mesures et les forces minimales et maximales de cisaillement, en newtons;
- le liquide dans lequel les éprouvettes ont été immergées;
- les conditions de polymérisation dans le cas où c'est applicable.

## 14 Propriétés de polymérisation des rubans adhésifs thermodurcissables

### 14.1 Séparation du collage pendant le traitement thermique (adhésion à la doublure)

#### 14.1.1 Appareillage

- Un rouleau tel qu'indiqué dans l'Annexe A.
- Une plaque métallique ou de verre, plane, propre, d'environ 600 mm × 200 mm.
- Des poids ayant une masse de  $(50 \pm 1)$  g, équipés d'attache.

#### 14.1.2 Epreuves

Six bandes de 150 mm de longueur sont prélevées du rouleau en tirant radialement à la vitesse approximative de 300 mm/s, à des intervalles de 300 mm.

Si la largeur du ruban est supérieure à 12 mm, l'éprouvette doit être découpée dans le milieu du ruban à la largeur de 12 mm. La découpe doit se faire avec un outil bien affûté pour éviter toute déchirure sur les bords.

Trois éprouvettes sont réalisées en pressant légèrement le côté adhésif d'une bande sur le dos d'une autre bande de façon à créer un recouvrement de 12 mm × 12 mm avec une tolérance de + 1 mm. Passer le rouleau, sans pression additionnelle, deux fois dans chaque sens sur la jointure à une vitesse approximative de 10 mm/s.

#### 14.1.3 Mode opératoire

Un poids de 50 g est fixé à chacune des éprouvettes qui sont ensuite suspendues librement dans un four porté à la température spécifiée dans la CEI 60454-3. L'essai est considéré comme satisfaisant si au bout de 20 min il n'y a pas séparation complète du collage.

#### 14.1.4 Résultats

Indiquer les nombres d'éprouvettes ayant réussi ou échoué.

### 14.2 Séparation du collage après traitement thermique (adhésion à la doublure)

#### 14.2.1 Appareillage

- Un rouleau tel qu'indiqué dans l'Annexe A.
- Une plaque métallique ou de verre, plane, propre, d'environ 600 mm × 200 mm.
- Des poids ayant une masse de  $(500 \pm 10)$  g, équipés d'attache.

#### 14.2.2 Epreuves

Trois éprouvettes préparées comme indiqué en 14.1.2.

#### 14.2.3 Mode opératoire

Les trois éprouvettes sont suspendues librement dans un four à la température et pendant la durée indiquées dans la CEI 60454-3. Retirer les assemblages du four à l'issue de la durée indiquée et les laisser refroidir pendant 5 min. Fixer une masse de 500 g à chacune des éprouvettes et les placer dans le four (le temps et la température sont normalement ceux indiqués par le fabricant pour polymériser le ruban).

Avant d'être fixés, les poids doivent avoir été conservés dans le four à la température prescrite pendant un temps suffisant pour assurer l'équilibre des températures des poids et du four.

Immédiatement après avoir fixé les poids, le four est fermé et la période de 20 min commence.

A la fin de la période de 20 min, on note si le poids est toujours soutenu par l'éprouvette.

#### 14.2.4 Résultats

Indiquer les nombres d'éprouvettes ayant réussi ou échoué.

### 15 Essai de décollement spontané

#### 15.1 Principe

Le décollement spontané est le soulèvement d'une extrémité exposée d'un enrubannage après application de la méthode décrite ci-après et du conditionnement qui en découle, formant ainsi une étiquette ou drapeau tangentiel au contour de l'enroulement, ou un déroulement partiel ou complet.

#### 15.2 Appareillage

Un simple mandrin de bobinage prévu pour porter une baguette à chaque extrémité et le moyen de faire tourner la baguette sur elle-même, de façon que l'éprouvette s'y enroule. Il convient de fixer le mandrin de bobinage sur un support rigide et de maintenir la baguette en position horizontale.

Des baguettes de tout métal adéquat, ou de verre, d'un diamètre nominal de 6 mm ou de tout autre diamètre spécifié dans les feuilles applicables de la CEI 60454-3.

Des masses adéquates, pouvant être fixées.

Une méthode adéquate pour mesurer une longueur de 2 mm à 0,5 mm près.

#### 15.3 Epreuves

Trois bandes de ruban d'au moins 100 mm de longueur, séparées par une distance de 300 mm, sont prélevées sur le rouleau en tirant radialement à une vitesse approximative de 300 mm/s.

Si la largeur du ruban est supérieure à 19 mm, les éprouvettes doivent être découpées dans le milieu du ruban à la largeur de 12 mm. La découpe doit se faire avec un outil bien affûté pour éviter toute déchirure sur les bords.

NOTE Il est important de protéger la face adhésive de la poussière et d'éviter de la toucher avec les doigts ou tout autre corps étranger.

#### 15.4 Préparation des éprouvettes pour l'essai

Une barre de 6 mm de diamètre, sauf indication différente dans la CEI 60454-3, est montée horizontalement sur le mandrin. Une masse dans le rapport de  $(100 \pm 2)$  g pour 3 mm de largeur de ruban, par exemple 300 g pour 9 mm de largeur, est fixée à l'une des extrémités de l'éprouvette. Le ruban est maintenu par l'autre extrémité de façon à être vertical, et la face adhésive est amenée au contact avec le côté de la baguette (voir la Figure 8a). On fait effectuer à la baguette une rotation de  $90^\circ$  jusqu'à ce que le point de contact initial A avec le ruban se retrouve en partie supérieure (voir la Figure 8b). Le ruban est coupé avec un outil affûté en ce point et la masse reste suspendue.

La barre effectue ensuite un tour complet. La masse est enlevée et le ruban coupé en D en plaçant un outil affûté tangentiellement à la barre (voir Figure 8c) et en déchirant le ruban contre la baguette. Cela donne une superposition d'un quart de tour (voir Figure 8d).

## 15.5 Conditions d'essai

### 15.5.1 Conditionnement

Les éprouvettes ainsi préparées doivent être conditionnées en position verticale pendant 7 jours à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  et  $(50 \pm 5) \%$  d'humidité relative.

### 15.5.2 Propriétés de polymérisation des rubans thermodurcissables

Les éprouvettes ainsi préparées doivent être conditionnées en position verticale à la température et pendant la durée prescrites par le fabricant, ou comme indiqué dans la CEI 60454-3.

### 15.5.3 Résistance à l'immersion dans les liquides

Les éprouvettes ainsi préparées, polymérisées si nécessaire, doivent être totalement immergées en position verticale, dans le liquide spécifié dans la feuille adéquate de la CEI 60454-3, pendant 15 min à  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ . Après avoir été sorties du liquide prescrit, il convient de laisser sécher les éprouvettes avant de mesurer la longueur déroulée.

Les rubans thermodurcissables doivent être polymérisés pendant la durée et à la température prescrites et doivent être laissés à refroidir jusqu'à la température de  $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$  avant d'être immergés dans le liquide.

## 15.6 Résultats

Le drapeau, par exemple la longueur de ruban déroulée (voir la Figure 8d), doit être mesuré à 1 mm près. Si le décollement spontané est irrégulier, la plus grande longueur décollée est mesurée.

La valeur centrale des trois mesures doit être notée comme étant la valeur du décollement spontané. Indiquer le diamètre de la barre. Indiquer le liquide utilisé.

## 16 Perméabilité à la vapeur d'eau

### 16.1 Appareillage

Une boîte réalisée en un matériau ne pouvant être corrodé, de dimensions extérieures approximatives 95 mm  $\times$  25 mm  $\times$  20 mm, et d'un poids inférieur à 90 g lorsqu'elle est vide, complètement fermée, excepté une ouverture rectangulaire centrale de 80 mm  $\times$  10 mm à la partie supérieure, et dont les faces intérieures sont couvertes d'un émail adéquat cuit au four.

### 16.2 Eprouvettes

Une bande de ruban, prélevée sur le rouleau échantillon, de longueur suffisante pour recouvrir le haut de l'appareil.

### 16.3 Mode opératoire

Placer dans la boîte  $(5 \pm 0,2)$  g de chlorure de calcium anhydre en grains d'une taille telle qu'ils passent juste par un tamis de 2,00 mm et soient retenus par un tamis de 600  $\mu\text{m}$ , tous deux conformes à l'ISO 2194.

Appliquer fortement l'éprouvette d'essai sur le haut de la boîte de façon à recouvrir complètement l'ouverture (si le ruban en cours d'essai est moins large que le haut de la boîte, appliquer sur le haut des morceaux supplémentaires de ruban de chaque côté de l'éprouvette de façon à en recouvrir complètement la boîte et à chevaucher l'éprouvette de 2 mm sur toute sa longueur. Assurer l'étanchéité des bords de la première éprouvette en appuyant avec

l'ongle sur les bandes supplémentaires le long de la limite de l'éprouvette d'origine). Couper la bande dépassant le haut de la boîte.

Peser la boîte ainsi scellée à  $\pm 0,005$  g près. La placer dans une enceinte humidificatrice et la maintenir dans une atmosphère de  $(90 \pm 2)$  % d'humidité relative, et à une température de  $(38 \pm 0,5)$  °C.

Après 24 h, retirer la boîte de l'enceinte, la laisser refroidir, ôter toute trace d'humidité en la séchant avec un chiffon propre et la peser à nouveau.

#### **16.4 Résultats**

A partir de la perméabilité à la vapeur d'eau pour  $8 \text{ cm}^2$  pour 24 h ainsi déterminée, calculer la perméabilité en grammes par mètre carré et par 24 h.

### **17 Rigidité diélectrique**

#### **17.1 Généralités**

Cet essai doit être réalisé conformément à la CEI 60243-1 à l'aide des électrodes conformément à 4.1.2 de cette norme.

#### **17.2 Epreuves**

Cinq bandes, de 300 mm de longueur environ, prélevées à des distances d'au moins 300 mm.

#### **17.3 Mode opératoire**

Selon l'Article 9 de la CEI 60243-1, avec une vitesse de montée de tension de 500 V/s.

#### **17.4 Résultats**

Le rapport d'essai doit inclure les éléments suivants:

- épaisseur moyenne de chaque éprouvette calculée sur au moins trois mesures par éprouvette;
- largeur des éprouvettes; indication des superpositions en bordure, aux joints ou fluide diélectrique pour éviter les contournements sur ces bordures;
- température et taux d'humidité de l'atmosphère de conditionnement avant les essais; température et taux d'humidité de l'atmosphère pendant les essais;
- la valeur de la tension pour chaque claquage;
- la valeur centrale des cinq tensions de claquage pour chaque éprouvette. Classer les cinq valeurs centrales par ordre croissant et prendre la valeur centrale de ces cinq valeurs comme tension de claquage;
- la rigidité diélectrique en kV/mm, calculée à partir de cette valeur centrale des tensions de claquage telle qu'indiquée en e) et l'épaisseur moyenne telle qu'indiquée en a).

### **18 Rigidité diélectrique après conditionnement en milieu humide**

Cet essai est réalisé comme indiqué à l'Article 17 après que les éprouvettes ont été gardées pendant 24 h dans l'atmosphère standard à  $(23 \pm 2)$  °C et  $(93 \pm 2)$  % d'humidité relative, sauf spécification différente dans la CEI 60454-3.