

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Specification for plastic films for electrical purposes –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: sales@iec.ch.

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Specification for plastic films for electrical purposes –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.99; 29.035.20

ISBN 978-2-8322-6482-9

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60674-2:2016+AMD1:2019 CSV

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Specification for plastic films for electrical purposes –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 General notes on tests	10
4 Thickness.....	10
4.1 General.....	10
4.2 Determination of thickness by mechanical scanning.....	11
4.2.1 General	11
4.2.2 Measurement by a single sheet	11
4.2.3 Measurement by a multi-layer of sheets.....	11
4.3 Determination of thickness by gravimetric method.....	11
4.3.1 Measurement by a sample.....	11
4.3.2 Measurement by a roll	11
4.4 Crosswise thickness profile and lengthwise variation in thickness	11
5 Density	12
6 Width.....	12
7 Windability (bias/camber and sag)	12
7.1 Principle	12
7.2 General.....	12
7.3 Method A	12
7.3.1 Principle	12
7.3.2 Measurement of bias/camber.....	12
7.3.3 Measurement of sag.....	13
7.4 Method B	14
7.4.1 Principle	14
7.4.2 Apparatus.....	14
7.4.3 Test specimens	15
7.4.4 Procedure.....	15
7.4.5 Result.....	15
8 Surface roughness	15
9 Space factor	15
10 Coefficient of friction.....	16
11 Wetting tension (polyolefine films)	16
11.1 Test principle and introductory remarks.....	16
11.2 Apparatus	16
11.3 Reagents	16
11.4 Test specimens.....	17
11.5 Conditioning.....	17
11.6 Procedure	18
11.7 Evaluation.....	18
11.8 Report.....	18
12 Tensile properties.....	18
12.1 General.....	18
12.2 Test specimens.....	18

12.3	Speed of testing.....	18
12.4	Result.....	19
13	Edge tearing resistance.....	19
13.1	General.....	19
13.2	Principle.....	19
14	Tear resistance.....	19
15	Stiffness of film.....	19
16	Surface resistivity.....	19
17	Volume resistivity.....	19
17.1	Method 1: Electrode method.....	19
17.2	Method 2: Method for wound capacitor dielectric films or films too thin for Method 1.....	20
17.2.1	Principle.....	20
17.2.2	Test specimens.....	20
17.2.3	Procedure.....	20
17.2.4	Result.....	20
18	Dissipation factor and permittivity.....	21
18.1	General.....	21
18.2	Method 1.....	21
18.2.1	General.....	21
18.2.2	Sample and specimen handling.....	21
18.2.3	Sample conditioning prior to measurement.....	21
18.2.4	Measurements with contacting electrodes.....	22
18.2.5	Measurements with non-contacting electrodes.....	23
18.2.6	Test procedure.....	23
18.2.7	Report.....	23
18.3	Method 2.....	24
18.3.1	General.....	24
18.3.2	Dissipation factor at or above 5×10^{-4}	24
18.3.3	Dissipation factor below 5×10^{-4}	24
19	Dissipation factor under impregnated conditions.....	24
20	Electric strength.....	24
20.1	AC and DC tests of film sheet sandwiched by metal electrodes.....	24
20.2	DC test using a wound capacitor.....	24
20.3	DC test for film thinner than or equal to $6 \mu\text{m}$	25
21	Electrical weak spots.....	26
21.1	General.....	26
21.2	Method A: Testing narrow strips of film in long lengths.....	26
21.2.1	Test equipment.....	26
21.2.2	Procedure.....	27
21.2.3	Results.....	27
21.3	Method B: Testing wide strips of film.....	27
21.3.1	General.....	27
21.3.2	Test equipment.....	27
21.3.3	Procedure.....	27
21.3.4	Results.....	27
21.4	Method C: Testing of film in rolls.....	28
21.4.1	General.....	28

21.4.2	Unreeling system	28
21.4.3	Fault counter	29
21.4.4	Procedure	29
21.4.5	Results	29
22	Resistance to breakdown by surface discharges	29
23	Electrolytic corrosion	29
24	Melting point	29
25	Dimensional change	29
25.1	Test specimens	29
25.2	Procedure	30
25.3	Results	30
26	Dimensional stability under tension with rising temperature	30
26.1	Test specimens	30
26.2	Procedure	30
26.3	Results	31
27	Dimensional stability under pressure with rising temperature	31
27.1	Test equipment	31
27.2	Test specimens	31
27.3	Procedure	31
27.4	Results	31
28	Resistance to penetration at elevated temperature	31
28.1	General	31
28.2	Principle	31
29	Volatile content (loss of mass on heating)	31
29.1	Test specimens	31
29.2	Procedure	32
29.3	Result	32
30	Thermal endurance	32
31	Burning characteristics	32
31.1	Principle	32
31.2	Apparatus	32
31.3	Test specimens	32
31.4	Conditioning	33
31.5	Procedure	33
31.6	Interpretation of results	34
32	Water absorption in a damp atmosphere	34
32.1	Apparatus	34
32.2	Test specimens	34
32.3	Procedure	35
32.3.1	Water absorption of material as-received	35
32.3.2	Water absorption of dry material	35
32.4	Results	35
33	Absorption of liquid	35
33.1	Principle	35
33.2	Apparatus	35
33.3	Test specimens	35
33.4	Procedure	36

33.5	Calculations	36
33.6	Result	36
34	Ionic impurities	36
35	Effect of insulating varnishes	36
35.1	Procedure	36
35.2	Results	37
36	Effect of polymerisable resinous compounds in a liquid state	37
36.1	Procedure	37
36.2	Results	37

Figure 1	– Windability of film – Measurement of bias/camber – Method A	38
Figure 2	– Windability of film – Apparatus for measurement of sag – Method A	39
Figure 3	– Windability of film – Measurement of sag – Method A	39
Figure 4	– Three-terminal electrode system for low frequencies (up to 50 kHz)	40
Figure 5	– Two-electrode system for high frequencies (above 50 kHz)	40
Figure 6	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method A	41
Figure 7	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method B	42
Figure 8	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method C1	42
Figure 9	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method C2	43
Figure 10	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method C3	43
Figure 11	– Schematic diagram of breakdown measurement system for the film thinner than 6 μm	26

Table 1	– Concentrations of ethylene glycol-monoethyl-ether, formamide mixtures used in measuring wetting tension of polyethylene and polypropylene films	17
Table 2	– Classification of materials regarding self-extinguishing properties	34

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR PLASTIC FILMS
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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60674-2 edition 2.1 contains the second edition (2016-11) [documents 15/742/CDV and 15/760/RVC] and its corrigendum 1 (2017-12), and its amendment 1 (2019-01) [documents 15/839/CDV and 15/864/RVC].

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

International Standard IEC 60674-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Solid electrical insulating materials.

This second edition constitutes a technical revision.

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

- a) this document was completely revised editorially and technically and included in the IEC 60674 series of standards;
- b) the test methods are updated to reflect today's state of the art;
- c) a method to obtain DC electric strength is now specified according to IEC 60243-2.

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

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

A list of all parts in the IEC 60674 series, published under the general title *Specification for plastic films for electrical purposes*, can be found on the IEC website.

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

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

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

INTRODUCTION

This document is one of a series which deals with plastic films for electrical purposes. The series consists of three parts:

Part 1: Definitions and general requirements (IEC 60674-1)

Part 2: Methods of test (IEC 60674-2)

Part 3: Specifications for individual materials (IEC 60674-3 (all parts))

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60674-2:2016+AMD1:2019 CSV

SPECIFICATION FOR PLASTIC FILMS FOR ELECTRICAL PURPOSES –

Part 2: Methods of test

1 Scope

This part of IEC 60674 is applicable to plastic films used for electrical purposes. This part of IEC 60674 gives methods of test.

2 Normative references

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

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

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

IEC 60243-1:2013, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60243-2, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 2: Additional requirements for tests using direct voltage*

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

IEC 60343, *Recommended test methods for determining the relative resistance of insulating materials to breakdown by surface discharges*

IEC 60394-2:1972, *Varnished fabrics for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

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

IEC 60454-2:2007, *Pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

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

~~IEC TR 60648, Method of test for coefficients of friction of plastic film and sheeting for use as electrical insulation~~

IEC 60674-3 (all parts), *Specification for plastic films for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

IEC 62631-3-1, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume resistance and volume resistivity – General method*

IEC 62631-3-2, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface resistance and surface resistivity*

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

ISO 534, *Paper and board – Determination of thickness, density and specific volume*

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

ISO 4591:1992, *Plastics – Film and sheeting – Determination of average thickness of a sample, and average thickness and yield of a roll, by gravimetric techniques (gravimetric thickness)*

ISO 4592, *Plastics – Film and sheeting – Determination of length and width*

ISO 4593, *Plastics – Film and sheeting – Determination of thickness by mechanical scanning*

ISO 6383-1, *Plastics – Film and sheeting – Determination of tear resistance – Part 1: Trouser tear method*

ISO 6383-2, *Plastics – Film and sheeting – Determination of tear resistance – Part 2: Elmendorf method*

ISO 8295, *Plastics – Film and sheeting – Determination of the coefficients of friction*

ISO 11357-3:2011, *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization*

3 General notes on tests

3.1 Discard at least the first three layers of film from the roll to be tested before removing test specimens.

3.2 Sample rolls shall be exposed for at least 24 h to the standard atmosphere $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ and $50\% \pm 5\% \text{ RH}$ before test specimens are removed for test. Unless otherwise specified, all individual test specimens shall be conditioned for 1 h and tested in the same standard atmosphere.

4 Thickness

4.1 General

Thickness shall be measured by any one or more of the methods given below as required by IEC 60674-3 (all parts).

4.2 Determination of thickness by mechanical scanning

4.2.1 General

Two methods, the first using a single sheet and the second using a stack of sheets, are given individually as follows.

4.2.2 Measurement by a single sheet

4.2.2.1 Principle

The method is based on ISO 4593 using a precision micrometre to measure the thickness of a single sheet test specimen.

4.2.2.2 Test specimens and measuring points

Cut three strips about 100 mm wide across the width of the sample. The test strips shall not contain creases or other defects.

Determine the thickness of the test strips in accordance with the requirements of ISO 4593 using a micrometre having plane or radiused measuring surfaces.

Measurements shall be made at nine points at approximately equally spaced intervals along the length of the test strips. In the case of samples less than 300 mm wide make the measurements every 50 mm along the length of the test strips. In the case of untrimmed rolls, readings shall not be taken within 50 mm of the edges.

4.2.2.3 Result

The thickness is the central value of all the measurements, the highest and lowest values on each strip being reported.

4.2.3 Measurement by a multi-layer of sheets

Bulking (micrometric) thickness shall be measured according to ISO 534, except that the method for obtaining sample pieces is different. Before taking samples, some outer layers of the roll should be removed to obtain undamaged film surface. The four test pieces are initially made up of 12 film layers, the layers being cut together using a suitable template (preferably 250 mm × 200 mm, the 200 mm dimension being in the machine direction) from a stack of film pieces. Discard the first and last layer of each pack or test piece just prior to placing the pack between the pressure faces of the micrometre.

4.3 Determination of thickness by gravimetric method

4.3.1 Measurement by a sample

Principle: calculation of the thickness of a sample from measurements of mass, area and density in accordance with Clause 3 of ISO 4591:1992.

4.3.2 Measurement by a roll

Principle: calculation of the average thickness from measurements of the length, average width and net mass of the roll and the density of the film in accordance with Clause 4 of ISO 4591:1992.

4.4 Crosswise thickness profile and lengthwise variation in thickness

The non-contacting measurement methods, for example using radiation or laser light, are commonly used. The apparatus may be installed in the production line by the manufacturer if the profile and the variation in a roll are required. The minimum resolution for the

measurement, its accuracy and testing surface area (width and length) are the subjects specified in IEC 60674-3 (all parts).

5 Density

Density shall be determined in accordance with ISO 1183. The particular method is specified in IEC 60674-3 (all parts).

6 Width

The width is to be determined in accordance with ISO 4592, except that a 5 m sample length is used. Determine the width five times along the length at equal intervals after the film has relaxed for 1 h.

Record each width measured and report the central value as the width of the roll.

7 Windability (bias/camber and sag)

7.1 Principle

An assessment is made of the distortion of the film as supplied in the roll.

Two forms of distortion may be apparent in the film which can impair its subsequent winding characteristics. These distortions are:

- 1) the film may exhibit bias or camber and therefore its edges may not be straight (see Figure 1);
- 2) the film may sag below its general level in areas where it has been stretched (see Figures 2 and 3).

7.2 General

Two methods are given. Method A is appropriate for narrow (i.e. less than 150 mm) films where distortion is apparent mainly as bias/camber and also for the measurement of sag for very thick films where the tension required for extension by Method B is excessive.

Method B is appropriate for wider (i.e. greater than 150 mm) films where distortion is apparent, mainly as sag.

7.3 Method A

7.3.1 Principle

To assess bias/camber, a length of film is unwound and laid on a flat surface and the deviation of each of its edges from a straight line is measured (see Figure 1).

To assess sag, a length of film is unwound and laid orthogonally over two parallel bars under defined conditions and the deviation from a uniform catenary is measured (see Figure 2). It may sometimes be convenient to make this measurement using the rollers of a winding machine, but in cases of dispute the dimensions and distances shall be as given below.

7.3.2 Measurement of bias/camber

7.3.2.1 Apparatus

A flat, horizontal table of any suitable material having a satin finish (not polished) of sufficient width to accommodate the maximum width of film to be tested and of length

1 500 mm $\pm$ 15 mm with ends parallel to within 0,1° (or 1,8 mm per 1 metre of table width). Alternatively, the table may be longer than the above length but shall then have two reference lines clearly marked on its surface 1 500 mm $\pm$ 15 mm apart and parallel to the same accuracy.

- A soft brush suitable for smoothing the film specimen on the table surface.
- A long (in excess of 1 525 mm) steel straight-edge.
- A 150 mm steel rule with 1 mm graduations.

7.3.2.2 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded. For each specimen a fresh length of approximately 2 m is taken, being drawn from the roll with the lightest tension necessary to unwind it slowly (at about 300 mm/s).

7.3.2.3 Procedure

The specimen length of film is placed lengthwise over the table as shown in Figure 1. Starting from one end, the soft brush is used to lightly press the film into intimate contact with the table surface, expelling any trapped air as far as possible.

The steel straight-edge is then placed along one edge of the film so that any deviation of the film edge from a straight line can be readily observed. The straight-edge is adjusted to coincide with the film edge at the two table ends (or at the reference marks if these are used) and the distance between these points shall be 1 500 mm $\pm$ 15 mm. The distance between the straight edge and the film edge is measured to the nearest 1 mm at approximately mid-span by means of the steel rule.

The deviation of the second film edge is then measured using the same procedure.

The sum of the distances in millimetres of the two edges of the film from the steel straight-edge at the mid-span is the bias/camber value for that test specimen.

The above procedure is repeated for two further test specimens.

7.3.2.4 Results

The bias/camber is the central value of the three determinations, the other two values being reported.

7.3.3 Measurement of sag

7.3.3.1 Apparatus

A rigid framework supporting two parallel, freely rotatable metal rollers, each roller 100 mm $\pm$ 10 mm in diameter and of sufficient length to accommodate the maximum width of film are to be tested. The axes of the rollers shall be in the same horizontal plane and set mutually parallel to within 0,1° (i.e. within 1,8 mm per 1 m length of roller) with a separation of 1 500 mm $\pm$ 15 mm. The roller surfaces shall be accurately cylindrical to within 0,1 mm with any suitable satin finish (not polished) (see Figure 2). The framework shall be fitted with a device for mounting the roll of film being tested immediately below one of the rollers. The mounting shall be such that the axis of the film roll is parallel to the superior roller to within 1° and the film may be drawn off the roll against an adjustable unwind tension. At the opposite end of the framework a weighted or sprung clamp is fixed to the film web hanging freely from the second roller. The weight or spring loading and its position on the film may be adjusted so as to give a substantially uniform tension across the web as specified in IEC 60674-3 (all parts).

A device for measuring along a line midway between the rollers the distance of the film below the plane of those rollers is set up (see Figure 3). The device may comprise simply a long (in excess of 1,525 mm) steel straight-edge and a 150 mm steel rule with 1 mm graduations, or more complex devices may be employed whereby the film position is noted automatically or semi- automatically.

7.3.3.2 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded. For each specimen a fresh length of approximately 2 m is drawn from the roll with the lightest tension necessary to unwind it slowly (at about 300 mm/s).

7.3.3.3 Procedure

The specimen length of film is placed over the apparatus rollers. the free end of the film is clamped in the tensioning device, the tension adjusted to the value given for the film in IEC 60674-3 (all parts) and the lateral position of the film as it passes over the second roller adjusted so that the film web lies approximately horizontal at mid-span.

Using the steel straight-edge and graduated steel ruler or other suitable device, the film is checked across the film width at mid-span and any edge sag or sag lanes noted. The maximum depth of any sag lane below the general film surface surrounding it is measured to the nearest 1 mm (see Figure 3) and reported as the sag value for that test.

The above procedure is repeated for two further test specimens.

7.3.3.4 Result

The sag value is the central value of the three determinations, the other two values being reported.

7.4 Method B

7.4.1 Principle

The total amount of sag and bias/camber is assessed by one measurement. A length of film is unwound and laid orthogonally over two parallel bars under defined conditions. The film is strained until free of visible sag and bias/camber and the extension necessary to achieve this is measured. It may sometimes be convenient to make this measurement using the rollers of a winding machine but in cases of dispute the dimensions and distances shall be as given in 7.4.2.

7.4.2 Apparatus

A rigid framework supporting two parallel, freely-rotatable metal rollers, each roller 100 mm $\pm$ 10 mm in diameter and of sufficient length to accommodate the maximum width of film are to be tested. The axes of the rollers shall be in the same horizontal plane and set mutually parallel to within 0,1° (i.e. within 1,8 mm per 1 m length of roller) with a separation of 1 500 mm $\pm$ 15 mm. The roller surfaces shall be accurately cylindrical to within 0,1 mm with any suitable satin finish (not polished). The framework shall be fitted with a device for mounting the roll of film being tested immediately below one of the rollers. The mounting shall be such that:

- a) the axis of the film roll is parallel to the superior roller to within 2°;
- b) the lateral position of the film may be adjusted as desired, and
- c) the film may be drawn off the roll against an adjustable unwind tension.

At the opposite end of the framework a weighted or sprung clamp is fixed to the film web hanging freely from the second roller. The weight or spring loading of the clamp and its

position on the film may be varied to give an adjustable tension substantially uniform across the web.

- A steel straight-edge (in excess of 1 525 mm).
- A flexible steel rule 2 m or more in length with 1 mm graduations.
- Suitable self-adhesive labels.

7.4.3 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded and a fresh length of approximately 2 m is drawn from the roll with the lightest tension necessary to unwind it slowly (at about 300 mm/s).

7.4.4 Procedure

The specimen length of film is placed over the apparatus rollers. With light hand tension applied to the web, the free end of the film is moved so that the film web between the rollers is as flat as possible and the free end is then clamped in the tensioning device. The tension is adjusted to $(1,0 \pm 0,2)$ MN/m² (based on the nominal thickness and width of the film).

Two reference marks (between 1,0 m and 1,1 m apart) are applied to the film on a line exhibiting minimal sag and which is approximately parallel to the edges of the film. These marks may conveniently be specific edges of two self-adhesive labels applied to the film surface.

The distance between the marks is measured to within $\pm 0,5$ mm using the flexible steel tape.

The tension applied to the film is increased until:

- a) the film is visually smooth;
- b) each film edge is straight to within 0,5 mm at mid-span when compared with the straight-edge, and
- c) the sag at any point does not exceed 7,5 mm when compared with the straight-edge.

The distance between the reference marks at this tension is measured using the steel tape and the extension of the film is expressed as a percentage of the original mark separation.

The above procedure is repeated for two further test specimens.

7.4.5 Result

The total sag and bias/camber is the central value of the three determinations, the other two values being reported.

8 Surface roughness

Both contact and non-contact detection methods are used for measurement of surface roughness. The measurement by surface mapping in 2 dimensions or one dimension is recommended for the evaluation of surface roughness. The minimum resolution for the roughness, its accuracy, area of testing surface and a distance between the mapping points are the subjects which need the agreement between supplier and purchaser.

9 Space factor

The space factor is the percentage increase in bulking (micrometric) thickness over gravimetric thickness, which is caused by surface roughness.

The space factor, SF (%), is calculated using the following formula:

$$SF = \frac{t_b - t_g}{t_g} \times 100$$

where

t_b is the bulking thickness in μm ;

t_g is the gravimetric thickness in μm .

The bulking thickness and the gravimetric thickness should be measured using the same sample of film in accordance with Clause 4.

10 Coefficient of friction

The coefficient of friction is to be determined in accordance with ~~IEC TR 60648~~ ISO 8295.

Principle:

This method covers determination of starting and sliding friction of plastic film and sheeting when sliding over itself or other substances under specified conditions. The procedure permits the use of a stationary sled with a moving plane or a moving sled with a stationary plane. Both procedures yield the surface coefficient of friction for a given test specimen.

11 Wetting tension (polyolefine films)

11.1 Test principle and introductory remarks

The determination of the wetting tension is based on the phenomenon that drops of a series of an organic liquid mixture with gradually increasing surface tension, when they have reached a specific concentration, have the ability to wet the film surface. Since the wetting tension of a film in contact with a drop of the respective liquid mixture in the presence of air is a function of the surface energies of both the air-film and the film-liquid interfaces, any trace of surface-active impurities in the liquid reagents or on the film may affect the results. It is, therefore, important that the film surface to be tested should not be touched or rubbed, that all equipment be clean and that reagent purity be carefully controlled.

11.2 Apparatus

- Cotton-tipped wooden applicators approximately 150 mm long.
- Two burets, 50 ml.
- Bottles, 100 ml with caps and labels rinsed with distilled water.

11.3 Reagents

Prepare mixtures of reagent-grade formamide (HCONH_2) and reagent-grade ethylene-glycol-monoethyl-ether ($\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{OH}$) in the proportions shown in Table 1 for the integral values of wetting tension in the range over which measurements are to be made.

If desired, add to each of the mixtures mentioned in Table 1 a very small amount of dye of high tinctorial value.

The surface tension of the liquid mixtures shall be checked weekly. Any wetting tension method usually applied in the laboratory is suitable. Although the shown liquid mixtures are relatively stable, exposure to temperatures above 30 °C and humidity above 70 % RH should be avoided.

NOTE The dye of such colour is used as to make drops clearly visible on the surface of the polyolefin film. Furthermore, the selected dye has such chemical composition that it will not measurably affect the wetting tension of the liquid mixtures.

Both ethylene-glycol-monoethyl-ether and formamide are toxic and be handled with due precaution. Since formamide is particularly dangerous when in direct contact with the eyes, safety goggles be worn when making up the liquid mixtures. Follow to national safety regulations.

Table 1 – Concentrations of ethylene-glycol-monoethyl-ether, formamide mixtures used in measuring wetting tension of polyethylene and polypropylene films

Formamide volume per cent	Ethylene-glycol-monoethyl-ether per cent	Wetting tension (mN/m)
0	100,0	30
2,5	97,5	31
10,5	89,5	32
19,0	81,0	33
26,5	73,5	34
35,0	65,0	35
42,5	57,5	36
48,5	51,5	37
54,0	46,0	37
59,0	41,0	39
63,5	36,5	40
67,5	32,5	41
71,5	28,5	42
74,7	25,3	43
78,0	22,0	44
80,3	19,7	45
83,0	17,0	46
87,0	13,0	48
90,7	9,3	50
93,7	6,3	52
96,3	3,7	54
99,0	1,0	56

11.4 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded. One sample across the entire width of a roll should be tested in such a way that one determination at each location $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ of the way across the width of the film is made. If the range of these three determinations exceeds 2,0 mN/m, indicating that the polyolefin film has been unevenly treated, measurements, as described above, shall be made at three points spaced along the length of the roll (a total of nine measurements).

Extreme care shall be taken to prevent the surface of the film sample from being touched or handled in the areas upon which the test is to be made.

11.5 Conditioning

Standard atmosphere B according to IEC 60212 during testing (23 °C/50 % RH).

11.6 Procedure

Wet the extreme tip of a cotton applicator with one of the mixtures. Use only a minimum amount of liquid as an excess of reagent may affect the result.

Spread the liquid lightly over an area of approximately $6,5 \text{ cm}^2$ (~25 mm in diameter) of the test specimen at the selected location. Do not try to cover a larger area lest there be insufficient liquid to give complete coverage. Note the time required for the continuous liquid coverage formed on the film to break up into droplets. If the continuous liquid coverage holds for more than 2 s proceed to the next highest wetting tension mixture, but if the continuous liquid coverage breaks into droplets in less than 2 s, proceed to the next lowest wetting tension mixture. A clean, new cotton applicator shall be used each time to avoid contamination of the solution.

Proceed in the direction indicated above continuously repeating the prescribed steps until it is possible to select the right mixture according to 11.7.

Experience with the test has shown that occasionally erroneous results can be obtained by working progressively to lower surface tension mixtures. Therefore, it is recommended that the tester should check the wetting tension of the film by working progressively to higher surface tension mixtures.

11.7 Evaluation

The mixture is considered as wetting the test specimen when it remains intact as a continuous coverage of the liquid for 2 s as close as possible. Shrinkage of the periphery of the continuous liquid coverage does not indicate lack of wetting; only breaking into droplets within 2 s indicates lack of wetting. Severe peripheral shrinking may be caused by too much liquid being placed upon the film surface. The surface tension of the applied mixture in millinewtons per metre which remains intact for 2 s is called the wetting tension of the polyolefin film test specimen.

11.8 Report

If one specimen has been tested and the range of results is less than 2,0 mN/m, report the central value of the three wetting tension test results.

In case of an unevenly treated polyolefin film, for which nine determinations have been made, report the central value and the individual values.

12 Tensile properties

12.1 General

These are to be determined in accordance with ISO 527-3. Tensile properties generally to be specified are tensile stress and percentage elongation at break but sometimes 1 % secant modulus may be specified.

12.2 Test specimens

Test specimens shall be in accordance with 6.1.1 of ISO 527-3:1995, i.e. strips 10 mm to 25 mm wide, not less than 150 mm long, with gauge marks at least 50 mm apart.

Five specimens shall be tested in each of the directions specified in IEC 60674-3 (all parts).

12.3 Speed of testing

The speed of testing is the rate of separation of the grips of the testing machine during a test and shall be the speed specified in IEC 60674-3 (all parts).

12.4 Result

For each property and for each direction of test, the result is the central value of the five determinations, the highest and lowest values being reported.

13 Edge tearing resistance

13.1 General

The edge tearing resistance is to be determined in accordance with Clause 8 of IEC 60394-2:1972.

13.2 Principle

The test specimen is inserted into an inclined slot of a fixture which is clamped to a tensile testing machine. The force needed to initiate tearing of the edge is determined.

14 Tear resistance

The tear resistance shall be determined in accordance with ISO 6383-1 and ISO 6383-2. The method to be used will be specified in IEC 60674-3 (all parts).

15 Stiffness of film

Principle

This test method describes a means for determining the flexibility of a material by means of a fixed angle flexometer in which the test specimen bends under its own weight. A rectangular strip of material is supported on a horizontal platform in a direction perpendicular to one edge of the platform. The strip is placed on the platform with a specified length overhanging the platform and the time taken for this overhang to fall to an angle of $41^{\circ} 30'$ below the horizontal is recorded.

16 Surface resistivity

The surface resistivity is to be determined according to IEC 62631-3-1 and 62631-3-2.

17 Volume resistivity

17.1 Method 1: Electrode method

The electrode method is to be determined according to IEC 62631-3-1 and IEC 62631-3-2, using a guarded electrode of 25 mm diameter and an unguarded one of at least 40 mm diameter.

Determinations to be made under the conditions specified in IEC 60674-3 (all parts) from the following:

- standard dry conditions of IEC 60212 (18 °C to 28 °C / < 1,5 % RH);
- standard atmosphere B of Table 2 of IEC 60212:2010 (23 °C / 50 % RH);
- dry hot conditions selected from Table 2 of IEC 60212:2010.

17.2 Method 2: Method for wound capacitor dielectric films or films too thin for Method 1

17.2.1 Principle

This method uses the fact that the volume resistivity ρ of a capacitor dielectric may be calculated from the time constant ($t = CR$) by the relation:

$$\rho = \frac{C \times R}{\varepsilon_r \times \varepsilon_0}$$

where

C is the capacity in F;

R is the resistance in Ω ;

ρ is the resistivity in Ω/m ;

ε_r is the relative permittivity;

ε_0 is the permittivity of vacuum and is equal to $8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \times \text{m}^{-1}$.

17.2.2 Test specimens

Each test specimen is a wound capacitor on a rigid insulating core, of extended foil construction, with an active electrode width of 40 mm to 70 mm and an edge margin of 3 mm. The dielectric is a single layer of the film under test and the capacitance (measured at 1 kHz) is $0,5 \mu\text{F} \pm 0,1 \mu\text{F}$. If preliminary heat or vacuum treatment is required, this will be indicated in IEC 60674-3 (all parts).

17.2.3 Procedure

Three test specimens are wound as above and subjected to any necessary treatment. After further conditioning for 6 h in standard dry conditions (18°C to 28°C and $<1,5\%$ RH) the two-minute resistance ($(100 \pm 10) \text{ V}$ or $(25 \pm 4) \text{ V}/\mu\text{m}$ for films of thickness $4 \mu\text{m}$ or less) is measured and then the capacitance at a frequency below 1,6 kHz.

The permittivity is measured as indicated in Clause 18. Alternatively the theoretical value may be sufficiently accurate.

The values of ρ are calculated from the equation shown in 17.2.1.

17.2.4 Result

The volume resistivity is the central value of the three measurements. The report should state the temperature of measurement and whether the permittivity was measured or assumed.

In order to reduce the error caused by the charging current of the capacitor to acceptable proportions, it is necessary for the time constant of the capacitance C of the test specimen and the input resistance r of the current measuring device to be small compared to both the time of application of voltage and the time constant of decay of the apparent leakage current. Where the application time is 2 min apply the $C \times R$ value less than 2 s for most films. Where the test specimen is $0,5 \mu\text{F}$, the value of R is selected accordingly less than $4 \text{ M}\Omega$.

Some direct reading megohmmeters may not be satisfactory in this respect.

18 Dissipation factor and permittivity

18.1 General

A frequency range of 50 Hz to 100 MHz is covered and two methods are available.

18.2 Method 1

18.2.1 General

The test shall be made on a flat specimen in accordance with IEC 60250, modified by the instructions of this clause, at a frequency to be agreed between purchaser and supplier and at a temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ unless otherwise specified in the relevant material specification of IEC 60674-3 (all parts).

At low frequencies and for thick films, it is usual to make the measurements on specimens made from one layer of film. However, it has been found that at a frequency higher than 1 MHz very thin films may be measured more conveniently and accurately by using a large number of layers (sheets) of the material being measured. Air shall be excluded from this stack of sheets by pressing. The average specimen thickness is determined from the density of the material, the area of the stack and the mass of the stack.

18.2.2 Sample and specimen handling

Sampling shall be carried out in accordance with the material specification. The state and condition of the material shall not be altered.

The sample and test specimens shall be handled with care to avoid contamination, scratches and finger-prints.

A minimum number of three test specimens shall be used unless otherwise specified in the material specification.

18.2.3 Sample conditioning prior to measurement

Any conditioning prior to measurement shall be in accordance with the material specification, or otherwise agreed between purchaser and supplier.

NOTE 1 The properties of film materials can be substantially affected by moisture. Standard conditions for use prior to, and during, the testing of solid electrical insulating materials are given in IEC 60212. The relative humidities associated with various salt solutions are given in IEC 60260.

NOTE 2 The properties of film materials can also be substantially affected by heat, mechanical stress, nuclear radiation, X-rays, etc. The methods described can be used to assess the magnitude of these effects.

NOTE 3 Specimens are measured in the 'as received' state and after conditioning in a dry atmosphere unless otherwise specified.

Samples with painted, evaporated or sputtered electrode shall be conditioned after the electrodes have been applied, as painting and vacuum treatment will greatly influence the moisture content of the material. Electrodes of these types are somewhat permeable moisture, but, if such electrodes are used, checks should be made to see that the specimens have reached substantial equilibrium with the conditioning atmosphere within the time laid down in the relevant material specification.

NOTE 4 This can be achieved by a series of comparative measurements made after further periods of conditioning.

18.2.4 Measurements with contacting electrodes

18.2.4.1 General

For measurement of thin films with frequencies up to approximately 50 kHz, a three terminal electrode arrangement shall be used. A typical example is given in Figure 4.

For measurements at higher frequencies, a two-terminal system shall be used (Figure 5).

The intimate electrodes shall be composed of a material that allows good contact with the specimen surface and introduces no appreciable error because of electrode resistance or contamination of the specimen.

NOTE Dissipation factor measurements at high frequencies can be more accurately made using non-contacting electrode methods because the errors arising from dielectric loss in intimate electrode increase with frequency.

The electrode material should be corrosion resistant under the conditions of the test. They shall be used with suitable backing electrodes.

If very thin films (2 μm or less) are to be measured, the backing electrode may be lines with an aluminium foil in order to avoid damage to the sample during positioning of the backing electrode.

It should be determined whether the electrode influences the results. This can be achieved by comparison of the result of tests made using two different types of electrodes.

18.2.4.2 Electrode materials

18.2.4.2.1 Evaporated or sputtered metal

The most recommended types of electrodes are of evaporated or sputtered metals as long as the sample material is not significantly affected by vacuum treatment or ion bombardment. Aluminium, silver or gold may be used as electrode materials. Metal films of about 150 nm in thickness show the best results in view of electrical properties and lowest stress to the sample material during metal deposition. The use of masks produces electrodes with highly defined edges and reproducible area.

Before evaporation, the vacuum in the chamber should be 0,05 μbar or better. During evaporation, the rate of film growth should be about 1 nm/s. The electrode deposition via vaporization of the electrode supply material, aided by the capacitor discharge going through it, is normally of an uncontrolled, short duration.

The stress on the sample during sputtering, quality, and properties of sputter electrodes depends on the choice of gas, gas pressure inside the reaction chamber, voltage used and position of the sample inside the reaction chamber. Conditions shall be optimized according to the selected sputter equipment.

Where metallized specimens cannot be measured immediately after metallizing, for example because of exposure to a conditioning atmosphere for a period of time, care shall be taken to minimize the effects of electrode corrosion. In this instance, evaporated gold electrodes are recommended. This is particularly important for materials with a low dissipation factor such as polypropylene.

18.2.4.2.2 Conductive silver paint

Commercially available high conductive silver paints may be used as electrodes, but it should be established that the solvent in the paint does not affect the properties of the sample. The use of masks gives electrodes of reproducible areas.

18.2.4.2.3 Metal foil

Electrodes of thin metal foil can be made from lead, tin, aluminium, silver or gold. They can be attached to the sample surface by a small quantity of petroleum or grease.

Silicone greases are not recommended for measurements on materials with low dissipation factors because they exhibit a very high dissipation factor at some frequencies and temperatures. Their major use is at elevated temperatures where petroleum has too low a viscosity. Higher molecular weight, low-loss olefinic greases have been found to be more suitable.

The electrodes shall be applied with a smooth pressure to eliminate all air and wrinkles. Excess grease may be wiped off with a tissue. The film of grease shall be as thin as possible and its thickness shall be insignificant compared to the sample thickness.

18.2.5 Measurements with non-contacting electrodes

For measurements made close to ambient temperature, specimens that are very thin or low loss, or measured at high frequencies are more accurately measured with either fixed or micrometre controlled non-contacting electrodes.

a) In air

Measure according to IEC 60250:1969, 4.1.2.2.1, for dissipation factor at room temperature. Specimen electrodes are not required.

b) Fluid displacement

Measure according to IEC 60250:1969, 4.1.2.2.2 for permittivity at room temperature.

18.2.6 Test procedure

The test procedure is as follows:

- a) apply electrodes in relevant condition for the specimen prior to measurement as specified 18.2.1;
- b) the measurement of permittivity and dielectric dissipation factor shall be made in accordance with the material specification and the specification of the measuring method used;
- c) the specimen shall be measured inside a screened enclosure;
- d) calculations of the dielectric permittivity and dissipation factor shall be made according to the specification of the measuring method used;
- e) preferred test frequencies are 48 Hz to 62 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 1 MHz;
- f) calculate the mean value of the test measurements as the result.

18.2.7 Report

The report shall include the following information:

- a) the manufacturer's description and identification of the material, including details of any surface treatment;
- b) thickness of samples;
- c) type of electrodes;
- d) details of any conditioning prior to measurement, including any cleaning procedures;
- e) test conditions, i.e. temperature and relative humidity;
- f) applied voltage;
- g) frequency;
- h) permittivity;

i) dissipation factor.

18.3 Method 2

18.3.1 General

The dissipation factor and permittivity shall be determined on a wound capacitor at a frequency to be agreed between purchaser and supplier and at a temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, the actual temperature being reported. Wound capacitors are only suitable for the measurement of the dissipation factor on thin (up to $25\text{ }\mu\text{m}$) films. To obtain a more accurate result, it may be necessary to remove entrapped air from the capacitor winding by a heat, and or vacuum treatment.

Sample conditioning, electrode materials, electrode shape, test procedure and test report shall be according to 17.2.

18.3.2 Dissipation factor at or above 5×10^{-4}

Prepare the test specimen according to 17.2.

18.3.3 Dissipation factor below 5×10^{-4}

By agreement between supplier and purchaser, a capacitor construction incorporating the following features may be used:

- a) after winding on a large mandrel, the capacitor should be removed from the mandrel and pressed so that the varying pressure does not alter the dissipation factor. The extension of foil at each end shall be sufficient to allow for sufficiently heavy bolted connections;
- b) before the capacitor is clamped into its final configuration, it should be vacuum dried for 3 h to 4 h at room temperature to remove absorbed moisture.

19 Dissipation factor under impregnated conditions

This document gives no requirement for this test. The details of this test will be a matter of contract.

20 Electric strength

20.1 AC and DC tests of film sheet sandwiched by metal electrodes

Electric strength under AC or DC voltage shall be tested in accordance with IEC 60243-1 and IEC 60243-2, in oil or in air. A mode of increase at voltage application shall be as indicated in 10.1 "short time test" in IEC 60243-1:2013.

The electrode shall be selected from following configurations; unequal electrodes in 5.2.1.1 of IEC 60243-1:2013, sphere and plate electrodes in 5.2.1.3 of IEC 60243-1:2013, and rod and rod electrodes in 5.2.2 of IEC 60243-1:2013. A diameter of the upper electrode in the unequal electrodes can be changed to 6 mm, if necessary.

The electrode configuration used for test of an individual kind of plastic film will be specified in IEC 60674-3. The same electrode configuration should be used in AC and DC tests.

20.2 DC test using a wound capacitor

Unless otherwise specified in IEC 60674-3, test capacitors are wound as for 17.2.2 but with an edge margin of 1 mm/kV of expected breakdown voltage. Each is subjected to an increasing direct voltage by means of a charging current of $100\text{ }\mu\text{A} \pm 20\text{ }\mu\text{A}$.

The maximum value of voltage reached is indicated and preferably retained by an indicator capable of indicating within an error less than 1 % of the full-scale deflection at the rate of rise specified. This may conveniently take the form of a voltage divider feeding a self-balancing recording instrument.

Twenty-one tests are made. Report the central value of the twenty-one results and the number of breakdowns which occur at or below the voltage given in IEC 60674-3.

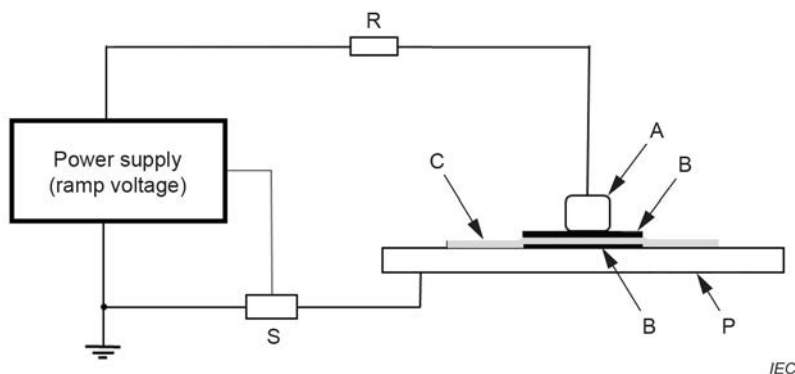
20.3 DC test for film thinner than or equal to 6 μm

The film specimen (C in Figure 11) is sandwiched between aluminum foils (B in Figure 11) and placed on a conductive flat plate (P in Figure 11). The size of the film specimen is 10 cm $\times$ 10 cm. The matte side of the foil should be in contact with the film. The size of the foil is 5 cm $\times$ 5 cm of 12 μm thick. A high voltage (HV) electrode with round edge (A in Figure 11, made from brass) is placed on the foil. The weight of the HV electrode is 0,2 kg. The contact area of the HV electrode to the foil is 7 cm². The plate electrode should be polished not to induce the film breakdown from the scratch on the plate. The resistor (R) is inserted for the limitation of current at an accident. The foil serves as an electrode and the upper one is for film protection against the HV electrode. They should be replaced with new ones after the breakdown test of each film.

At a measurement of breakdown voltage, a ramp voltage is applied to the HV electrode. The rate of the ramp ranges from 100 V/s to 400 V/s. The breakdown voltage of the film is defined as the voltage when the current due to the breakdown through the film is firstly detected during the application of the ramp voltage. A current sensitive interrupting device (S in Figure 11) is used for switching off immediately the direct applied voltage.

The first breakdown can be detected by the sudden increase of current. The sudden increase of current should be controlled to a certain specified value, which is influenced by a response time of the detection device S. But the practical experience shows the current should be set to a value lower than 50 μA to detect the first breakdown. If the current is detected at a higher level than the certain specified value, the method will not detect the first breakdown but multiple breakdowns.

In the measurement, the data of breakdown from the edge of the foil electrode should be eliminated. The breakdown strength is determined from the median of the test results with the ten breakdowns occurred at the flat area of the foil electrode.



Key

- A high voltage electrode
- B aluminium foil (5 cm × 5 cm, thickness: 12 μm)
- C film specimen (10 cm × 10 cm)
- P plate electrode
- R resistor for protection of plate electrode surface at breakdown
- S device for detection of current due to breakdown

NOTE In some cases, the resistor (R) and the detection device (S) are equipped in the power supply.

Figure 11 – Schematic diagram of breakdown measurement system for the film thinner than 6 μm

21 Electrical weak spots

21.1 General

The methods given involve the counting of weak spots. In interpreting the result of these counts, it is important to be aware of the statistics involved. Experience has shown that the number of counts follow the Poisson type distribution law. When selecting limits for use in IEC 60674-3, due attention will be paid to the different statistical treatments required by tests which use a count as a result rather than measured magnitudes.

21.2 Method A: Testing narrow strips of film in long lengths

21.2.1 Test equipment

The test equipment is shown in a schematic diagram (Figure 6). It shall allow the strip of film to be tested to be drawn at a constant rate of 5 m/min at a circumferential angle of approximately 90° over a reliably earthed and readily rotatable roller which serves as one of the two electrodes. The roller has a diameter of 15 mm and is of corrosion-resistant steel with a polished surface. The second electrode is a soft aluminium foil with a width of 10 mm to 20 mm and a thickness of 0,006 mm. The aluminium foil curves around the roller at the smallest possible angle (approximately 10°) and is loaded with about 40 g for each 10 mm width of the aluminium foil, preferably by a weight in the form of a clip. This presses the aluminium foil close to the strip of film to be tested. The aluminium foil shall be narrower than the strip of film to be tested and arranged so that the strip of film overlaps beyond the aluminium foil by at least 2,5 mm on both sides. A direct voltage of 100 V per 0,001 mm thickness of the film to be tested shall be applied between the aluminium foil and the roller. It shall be possible for the test voltage to be set whilst the strip of film is running. (The voltage set when the strip of film is motionless drops if the strip of film is moved, due to the removal of charge by the strip of film.)

The apparatus for producing the direct current shall be designed so that the full test voltage is reached again after about 0,1 s following a breakdown, so that faults following each other

closely can be detected. A suitable counting mechanism shall be used for counting the electrical impulses (weak spots).

21.2.2 Procedure

The strip of film to be tested is drawn between the roller and the aluminium foil as described in 21.2.1, and the electrical impulses (weak spots) counted.

21.2.3 Results

The weak spots counted are divided by the tested area and stated as the fault count per m² by Method A.

The following particulars shall be stated:

- width in millimetres of the aluminium foil;
- length in metres of the tested strips of film.

21.3 Method B: Testing wide strips of film

21.3.1 General

Hazard note: The energy stored in this test specimen may be approximately 1 J.

21.3.2 Test equipment

A schematic diagram of the test equipment is given in Figure 7. On an electric insulating support of approximately 270 mm × 160 mm lies a metallized plastic foil¹ measuring 250 mm × 140 mm with the metal covering uppermost. A test specimen measuring 180 mm × 180 mm taken from the film to be tested is placed on the metal covering so that it overlaps by 20 mm on each of the 250 mm long sides of the metallized plastic foil and terminates at one of the 140 mm long sides of the foil. Another metallized plastic foil 140 mm wide is placed on the test specimen with the metal covering side downwards and on top of this a soft rubber sheet measuring 140 mm × 140 mm and about 4 mm thick. After folding the upper metallized plastic foil round the soft rubber sheet, the whole is loaded with a metal plate measuring 140 mm × 140 mm weighing approximately 650 g. The test voltage is applied to the metal plate. The free end of the metallized plastic foil lying underneath is connected to earth. The test voltage (DC or peak AC) is 100 V per 0,001 mm thickness of the test specimen.

21.3.3 Procedure

Starting at nil, the test voltage is increased at 0,5 kV/s to the calculated value and then maintained at this calculated value for 1 min, after which the specimen is removed from the test equipment and the number of weak spots, which are recognizable by their brownish specks, are counted on an area of 100 cm² which is at least 20 mm from the edge of the tested area.

The testing is carried out on 10 test specimens taken from and evenly distributed over the width of the roll of film.

21.3.4 Results

The number of weak spots determined on the 10 test specimens is divided by the film area and stated as the fault count per square meter by Method B. The type of test voltage shall also be stated.

¹ For example, a 0,03 mm thick polyethyleneterephthalate (PETP) film vacuum metallized with aluminium.

21.4 Method C: Testing of film in rolls

21.4.1 General

Many types of apparatuses for film in rolls are used by manufacturers and customers to evaluate weak spots. The results obtained by each apparatus have been used for the evaluation to meet the criteria which are agreed upon between supplier and purchaser. In this part of IEC 60674, three types of apparatus for the testing of film in rolls are presented as typical examples.

Method C1: an apparatus where the unmetallized film being tested runs between layers of cleaned aluminium foil electrodes. One aluminium foil electrode is connected to ground potential. The other is connected to high voltage (HV).

Method C2: an apparatus where film, metalized on one surface is used as an electrode in contact with the film under test. The metallized film is connected to the ground electrode. One side of the film to be tested is placed in contact with the metallized film, the other side being placed in contact with the HV roller.

Method C3: an apparatus where the earthed roller is in contact with film surface. The HV electrode is not in contact with the film surface.

It should be noted that these testing methodologies should not be compared because results are not the same even using the same grade of film.

21.4.2 Unreeling system

21.4.2.1 General

The complete unreeling system is housed in a suitable cabinet to protect it against dust. A switch is provided to cut off the test voltage whenever the door of the cabinet is opened.

21.4.2.2 Method C1

A diagram of the apparatus is given in Figure 8. The film under test is unreeled at the same speed as two aluminium foil electrodes 1 and 2 by two rubber-covered rollers R4 and R5. The thickness of these electrodes is 5 μm to 6 μm , and electrode 1 is narrower than electrode 2 by about 20 mm; they are electrically connected to the fault measuring system by the two metal rollers R1 and R2 respectively. Fault detection takes place on the quartz roller R3, which has a diameter of 24 mm. The aluminium foil electrode 1 is tangential to this roller, while electrode 2 passes round it through 180°, so that the film under test is only subjected to the test voltage at the line of contact.

21.4.2.3 Method C2

A diagram of the apparatus is given in Figure 9. The film under test is unreeled at the same speed as the metalized film. The thickness of the metalized film is 2 μm , and the metalized film is narrower than the film under the test by about 20 mm. The metalized surface of the film is electrically connected to the ground potential by touching the grounded roller (R1). HV is connected to metal roller R2.

21.4.2.4 Method C3

A diagram of the apparatus is given in Figure 10a). The film under the test runs through the air gap between HV electrode and the grounded metal roller. As shown in Figure 10b), the gap between HV electrode edge and the grounded metal roller is 0,10 mm $\pm$ 0,05 mm. A typical shape of a HV electrode is a metal plate of 4 mm thick and the edge of the plate is finished to a curvature of 2 mm radius, unless otherwise specified in IEC 60674-3 (all parts). The central angle (α), formed by a circular arc between a contact point and a separate point of the film is larger than 120 °.

21.4.3 Fault counter

The counting system comprises:

- a DC HV generator which can supply an adjustable voltage. The breakdown current is limited by a 10 k Ω resistor, irrespective of the test voltage. When breakdown occurs, the voltage should return to its initial value in less than 0,5 s;
- a suitable detector of pulses due to the breakdown current, and a suitable pulse counter;
- optionally, a time-switch to stop the apparatus once a given length of film has been tested.

21.4.4 Procedure

Determine the unreeling speed, the electric field strength applied to the film and an inspection area (width and length) of the film before the test. These parameters are specified in IEC 60674-3 (all parts).

21.4.5 Results

The number of faults is divided by the area in square metres and expressed as the faults count per square metre by Method C1, Method C2 or Method C3.

In addition, the following shall be noted:

- unreeling speed;
- value of the electric field in kilovolts per millimetre or in volts per micrometre.
- width and length of the inspected film;

22 Resistance to breakdown by surface discharges

This is to be determined according to IEC 60343.

23 Electrolytic corrosion

The electrolytic corrosion is to be determined according to one of the methods given in IEC 60426. The particular method will be stated in IEC 60674-3 (all parts).

24 Melting point

Melting point shall be measured by DSC method in accordance with ISO 11357-3.

25 Dimensional change

25.1 Test specimens

Two types of test specimen can be used, a square type or a strip type. The size for the square type is approximately 100 mm $\times$ 100 mm. The typical size for the strip type is 20 mm $\times$ 150 mm, although other sizes can be used.

In the case of the square type, cut two test specimens from the film. Mark each test specimen to show the machine or transverse direction. For materials narrower than 100 mm take the actual width and 100 mm length.

In the case of the strip type, cut ten test specimens from the film. The lengthwise direction of five specimens out of the ten shall be arranged to the same direction as the machine direction, and the lengthwise direction of the other five specimens, to the transverse direction. Mark two

gauge lines separated by $100 \text{ mm} \pm 2 \text{ mm}$ on the surface of the specimen so that the two lines are centered lengthwise on the strip.

25.2 Procedure

The length and width of the square type specimen are measured to an accuracy of 0,1 mm. The distance between the gauge lines of the strip type specimen are measured to an accuracy of 0,1 mm.

The test specimen of the either type is then suspended free in a hot cabinet with natural circulation of air, for the period of time and at the temperature specified in IEC 60674-3 (all parts).

After cooling to room temperature the length and the width are measured at the same points as previously measured. For the strip type, the distance between the two gauge lines at the same points is measured. The measurements in both types should be performed to an accuracy of 0,1 mm.

25.3 Results

The changes in dimensions of each test specimen are calculated in relation to the initial dimensions as a percentage of dimensional change in the machine and transverse direction.

In the case of the square type, the dimensional change in each direction is the mean value of the two determinations in that direction.

In the case of the strip type, the dimensional change in each direction is the mean value of each five determinations with the five specimens in that direction.

26 Dimensional stability under tension with rising temperature

26.1 Test specimens

Test specimens of 15 mm in width are cut from films in the machine and also, where applicable, in the transverse direction of the roll of film (care should be taken to obtain satisfactorily cut surfaces); from narrower tapes, film test specimens are taken in the delivered width. The length of the test specimens is according to the test equipment. The measured length of 20 mm is marked by two lines in approximately the middle of their length and over their entire width.

26.2 Procedure

The test specimen is suspended in a hot cabinet and loaded to a tension of $2,5 \text{ N/mm}^2$. Beyond (alongside, in the case of opaque film) the measured length of the test specimen, a scale is applied which permits the change in the measured length to be read off to within 1 mm accuracy.

A thermocouple is secured to the test specimen in the region of the measured length. The hot cabinet is heated so that the temperature measured at the temperature-measuring apparatus rises steadily by $50 \text{ }^\circ\text{C} \pm 1 \text{ K/h}$, starting at not more than $30 \text{ }^\circ\text{C}$. When the measured length has increased under load by 40 %, compared with the initial length or the test specimen tears, a reading of the temperature is taken. Tests in which the specimen is torn at the grips are not evaluated and shall be repeated.

Three specimens are tested in the machine direction and, where applicable, three in the transverse direction of the roll of film.

26.3 Results

The central value from the three individual values of the temperature is stated as dimensional stability under tensile stress with rising temperature in the direction concerned.

It is best to plot a graph of the change in the measured length relative to the temperature. If the test specimen tears before reaching an extension of 40 %, this shall be stated together with the temperature.

27 Dimensional stability under pressure with rising temperature

27.1 Test equipment

The specimen is held between two 1 mm diameter nickel wires which cross at an angle of 90° under a fixed load of 30 N. Penetration of the test specimen is indicated by electrical contact of the two wires.

27.2 Test specimens

Three test specimens 30 mm × 30 mm are cut from the film.

27.3 Procedure

The test equipment is placed in a vibration-free laboratory oven with air circulation, the test specimen is laid between the penetrating fins of the test equipment and loaded without shock to 30 N. A DC voltage of approximately 40 V is then connected via the signalling instrument to the two penetrating fins.

Starting from 30 °C, the temperature is increased uniformly at a rate of 50 °C ± 3 K/h until the signalling instrument indicates the destruction of the specimen. The temperature is measured in the immediate vicinity of the test specimen. As soon as the signalling instrument indicates destruction of the test specimen, the temperature is read.

27.4 Results

The central value of three individual values for the temperature is quoted in degrees Celsius as the dimensional stability under pressure and with rising temperature.

28 Resistance to penetration at elevated temperature

28.1 General

Resistance to penetration at elevated temperature shall be determined according to Clause 10 of IEC 60454-2:2007.

28.2 Principle

The method determines the temperature at which a 1,5 mm diameter sphere penetrates the film so as to make electrical contact through it.

29 Volatile content (loss of mass on heating)

29.1 Test specimens

Three specimens are tested. Each test specimen consists of sufficient pieces of film 50 mm × 50 mm to provide a specimen of mass not less than 300 mg. In the case of film less than 50 mm width, the test specimen shall be a length of film of mass not less than 300 mg.

29.2 Procedure

The test specimen is dried in an oven at the pre-conditioning temperature and for the time specified in IEC 60674-3 (all parts). During this and subsequent heating operations, the test specimen shall be arranged so as to allow free circulation of air over all surfaces.

The test specimen is then cooled to room temperature in a desiccator and weighed (m_1).

The test specimen shall then be heated at the temperature and for the time specified in IEC 60674-3 (all parts). It shall then be cooled to room temperature in a desiccator and weighed (m_2).

29.3 Result

The volatile content, V_C (%), of each specimen is:

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

The result is the central value to the three determinations, the other two values being reported.

30 Thermal endurance

Thermal endurance, TI or RTE, shall be determined in accordance with IEC 60216 (all parts). The end-point criteria are specified in IEC 60674-3 (all parts).

31 Burning characteristics

31.1 Principle

This is a combustion test on test specimens in vertical position with the object of dividing materials into different classes according to the results obtained. The test is applicable to thin materials (thickness up to and including 0,25 mm), including those which shrink or distort at the side opposite the flame.

31.2 Apparatus

- Test chamber, enclosure or laboratory fume cupboard free from draughts;
- Bunsen or Tyrrrel burner having a tube 100 mm long and an inside diameter of 9 mm;
- circular support with clips or other means of holding test specimens in a vertical position;
- supply of methane gas (technical grade) with regulator and meter to obtain a uniform rate of flow (natural gas having a calorific value of 9 000 kcal/m³ (1 000 BThU per cubic foot) is considered capable of giving similar results);
- stop-watch or similar suitable device;
- absorbent surgical cotton;
- anhydrous calcium chloride desiccator;
- conditioning room or chamber at 23 °C ± 2 K and 50 % ± 5 % RH;
- ventilated oven at 70 °C ± 1 K;
- a mandrel 9,5 mm ± 0,5 mm in diameter.

31.3 Test specimens

Five test specimens shall be tested.

The test specimens shall be cut from the film under test and shall have the following dimensions: length 200 mm, width 50 mm.

The specimens tested by this method are limited to a maximum thickness of 0,25 mm.

The test specimens shall be prepared by drawing a line across the width of the sample at 125 mm from one of its ends.

The test specimen is then wound around a mandrel of diameter $9,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ so as to form a cylinder 200 mm long, with the line marking the length of 125 mm on its outer face.

The end of the rolled test specimen is fixed by means of an adhesive tape 75 mm wide placed with one of its edges along the 125 mm line. The cylindrical test specimen is then removed from the mandrel.

31.4 Conditioning

Batches of test specimens shall be conditioned as follows:

- a) batches of five test specimens each, conditioned for at least 48 h at $23 \text{ °C} \pm 2 \text{ K}$ and $50 \% \pm 5 \% \text{ RH}$ before the test;
- b) batches of five test specimens each, conditioned before testing in a ventilated oven for 168 h at $70 \text{ °C} \pm 1 \text{ K}$, and then allowed to cool for 4 h to the ambient temperature.

31.5 Procedure

The test shall be carried out in a room, enclosure or laboratory fume cupboard free from draughts.

A closed laboratory fume cupboard provided with a heat-resistant glass window and an extractor fan for removing combustion products after the test is recommended.

The circular support shall hold the test specimen over a length of 6,0 mm at its upper end, with its longitudinal axis vertical, and its lower end 9,5 mm above the top of the burner, and 300 mm above a horizontal layer of dry absorbent surgical cotton measuring $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ and 6,0 mm thick. The cylindrical test specimen so placed shall have its upper end open.

The burner is then held well away from the test specimen, lit and regulated so as to obtain a blue flame $20 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$ high. This flame may be obtained by adjusting both the gas flow and air inlet to obtain a flame 20 mm high with yellow tip, and then increasing the air until the yellow tip disappears. The height of the flame should then be re-measured and corrected if necessary.

The flame is then placed concentrically below the centre of the lower end of the specimen under test, and maintained there for 3 s. The flame is then removed from the test specimen to a distance of at least 150 mm, and the time for which the test specimen continues to burn is noted.

When the burning has stopped, the flame is immediately replaced under the test specimen. After 3 s, the flame is again removed and the duration of flames and burning is noted.

If the test specimen emits molten or flaming matter during one of the applications of the flame, the burner should be tilted at an angle of 45° and moved slightly towards the side of the test specimen to prevent particles of such matter from falling into the burner tube.

If the test specimen burns away from the flame during the test, the burner should be held in the hand, and the distance 9,5 mm between the bottom of the test specimen and the top of

the burner tube maintained during application of the flame, ignoring any threads of molten material.

During the test, the following shall be observed and noted:

- a) the duration of burning with flames after the first application of the burner;
- b) the duration of burning with flames after the second application of the burner;
- c) whether or not the test specimen gives off flaming particles which ignite the surgical cotton;
- d) the duration of any combustion after the second application of the burner;
- e) whether or not the test specimen burns right up to the 125 mm mark.

31.6 Interpretation of results

According to the results obtained from the tests described above, the materials are classified VTF 0, VTF 1 and VTF 2 as given in Table 2, if, during the tests:

- one of the 5 test specimens does not fulfil criteria A, C, D or E, or
- the total combustion time (criterion B) is exceeded by up to 5 s, a further test on a fresh batch of five test specimens is allowed.

The test specimens submitted to this second test shall fulfil the requirements for the class into which they are classified.

Table 2 – Classification of materials regarding self-extinguishing properties

	Criteria	VTF 0	VTF 1	VTF 2
A	Maximum duration of burning with flames after each application of the burner	10 s	30 s	30 s
B	Maximum total combustion time for 10 applications of the burner for all 5 test specimens	50 s	250 s	250 s
C	Number of test specimens capable of burning up to the 125 mm mark	0	0	0
D	Emission of flaming particles capable of igniting the surgical cotton placed 300 mm below the test specimen	0	0	^a
E	Maximum duration of combustion without flame after removing the burner for the second time	30 s	60 s	60 s
^a A few flaming particles burning for a short time, some of which may ignite the surgical cotton.				

32 Water absorption in a damp atmosphere

32.1 Apparatus

- Balance with an accuracy $\pm 0,1$ mg;
- weighing bottles;
- oven, capable of maintaining a temperature as specified in IEC 60674-3 (all parts);
- desiccator;
- enclosure in which a relative humidity of $93 \% \pm 2 \%$ can be maintained.

32.2 Test specimens

Three specimens are tested. Each test specimen consists of sufficient pieces of film $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ to provide a test specimen of mass not less than 300 mg. In the case of film less than 50 mm width, the test specimen shall be a length of film of mass not less than 300 mg.

32.3 Procedure

32.3.1 Water absorption of material as-received

The mass of three test specimens in the as-received condition is determined.

These pieces are placed in an atmosphere of $93 \% \pm 2 \%$ RH for a period of time to be specified in IEC 60674-3 (all parts) and selected from Table 2 of IEC 60212:2010. After this period of time has elapsed, the mass (to the nearest mg) of each test specimen is determined immediately in a closed weighing bottle. The increase in mass of each test specimen is calculated.

32.3.2 Water absorption of dry material

Three test specimens are dried in an oven at the temperature given in IEC 60674-3 for a period of 24 h and then cooled to room temperature in a desiccator over phosphorus pentoxide for at least 1 h. Each of the test specimens is weighed in a closed weighing bottle (to the nearest mg).

These pieces are placed in an atmosphere of $93 \% \pm 2 \%$ RH for a period of time to be specified in IEC 60674-3 (all parts) and selected from Table 2 of IEC 60212:2010. After this period of time has elapsed the mass (to the nearest mg) of each test specimen is determined immediately in a closed weighing bottle. The increase in mass of each test specimen is calculated.

32.4 Results

Take the central value of the three determinations and report the increase in mass as a percentage of the original mass either in the as-received condition or in the dry condition as required.

33 Absorption of liquid

33.1 Principle

The method detailed here is an indirect method based on the weight of liquid absorbed by the film, the volume increase due to the liquid absorbed being calculated using the density of the film and of the liquid.

33.2 Apparatus

- Knife-edged punch or template with a sharp knife or razor capable of cutting squares of the film approximately 50 mm × 50 mm;
- balance with an accuracy of 0,1 mg;
- oven, capable of controlling the temperature to within $\pm 1 ^\circ\text{C}$ of the required test temperature specified in IEC 60674-3 (all parts);
- circular glass dish at least 100 mm in diameter and suitable glass cover;
- sheets of unglazed absorbent paper 0,1 mm to 0,15 mm thick, suitable for rapidly mopping liquid from the surface of the test specimens;
- weighing bottles;
- density bottle or pycnometer.

33.3 Test specimens

Three specimens are tested. Each test specimen consists of sufficient pieces of film 50 mm × 50 mm to provide a specimen of mass not less than 300 mg. In case of film less than 50 mm width the test specimen shall be a length of film not less than 300 mg.

33.4 Procedure

Place the glass dish containing a quantity of the impregnant liquid (depth 10 mm or more) in the oven at the required test temperature.

Determine the mass (m) of each of the three test specimens weighed to the nearest 0,1 mg, at a temperature of $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$.

When the impregnant liquid has attained the test temperature, immerse the three weighed test specimens in the liquid so that the squares remain separate and note the time.

After the time specified in IEC 60674-3 (all parts), remove the test specimens from the oven and immediately place the test squares separately between sheets of the absorbent paper to mop the liquid from both surfaces, wipe them rapidly, thoroughly and firmly several times on both surfaces with clean pieces of paper and weigh the test specimens at room temperature (m_0).

Wiping and weighing should be completed within 15 min ²⁾ of removal of the test specimens from the oven.

Measure the density of the plastic film (d) at $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ by the method described in Clause 5.

Measure the density (d_1) of the liquid at $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ using the density bottle.

33.5 Calculations

The absorption of liquid expressed as a percentage, Al (%) is:

$$Al = \frac{(m_0 - m)}{m} \times \frac{d}{d_1} \times 100$$

33.6 Result

The absorption of liquid is the central value of the three determinations.

34 Ionic impurities

The ionic impurities are to be determined in accordance with IEC 60589.

Principle

The presence of ionizable soluble organic and/or inorganic materials is determined by the increase in volume conductivity of the liquid extract.

35 Effect of insulating varnishes

35.1 Procedure

The following properties of the film are determined before and after immersion in the liquid:

- appearance, for example flatness, clarity, and colour;

²⁾ Since some impregnant liquids have some volatility at room temperature, this time should not be exceeded.

- thickness (central value of one measurement taken at the centre of each of five 50 mm × 50 mm test specimens);
- tensile strength and elongation at break (central value of five results in the machine direction).

Sufficient ready-for-use insulating varnish is put into a suitable glass container which is closed and heated, for example in a liquid bath or hot cabinet to the temperature agreed for the particular varnish.

As soon as the insulating varnish has reached this temperature five test specimens are suspended in the varnish so that they are completely surrounded by the varnish and are not in contact with each other or with the walls of the container. The container is then closed again. After a time of $4\text{ h} \pm 15\text{ min}$ at the agreed temperature the test specimens are removed separately from the container, rinsed for a few seconds in the varnish solvent and dabbed with filter paper. The rinsing and dabbing operations should not last longer than 60 s. The initial measurements are repeated and completed within 3 min of removal from the container.

35.2 Results

A comparison of the test results after immersion in varnish determines what changes have occurred. These changes shall be stated as the test result together with the insulating varnish used, these being:

- change in appearance, for example in flatness, clarity and colour;
- change in thickness in % (central value);
- change in tensile strength in % (central value);
- change in elongation at break in % (central value).

36 Effect of polymerisable resinous compounds in a liquid state

36.1 Procedure

The effect of polymerisable resinous compounds in the liquid state is determined according to 35.1.

The temperature and duration of immersion in the polymerisable resinous compound depends on the nature of the compound used; immersion should not be longer than 4 h. The test specimens are removed for testing after the agreed time, but not later than the point at which gelation of the compound occurs. They are rinsed for a few seconds in toluene.

36.2 Results

The results of tests are evaluated according to 35.2. The temperature and time of the immersion in the polymerisable resinous compound shall be stated in the test report.

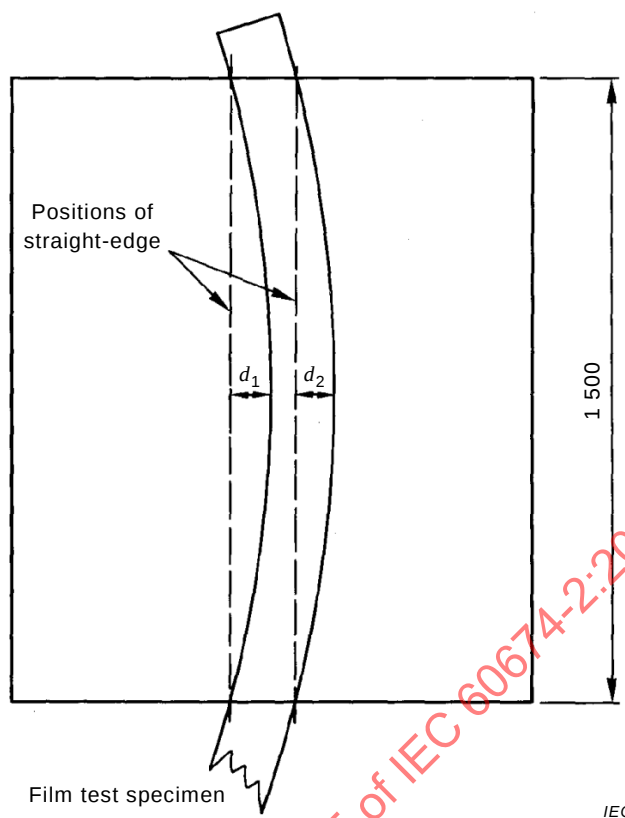
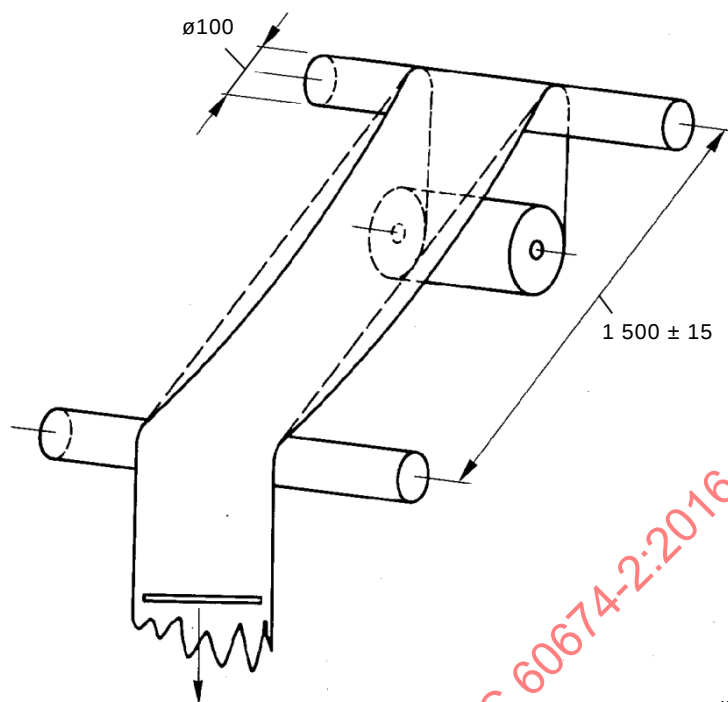


Figure 1 – Windability of film – Measurement of bias/camber – Method A

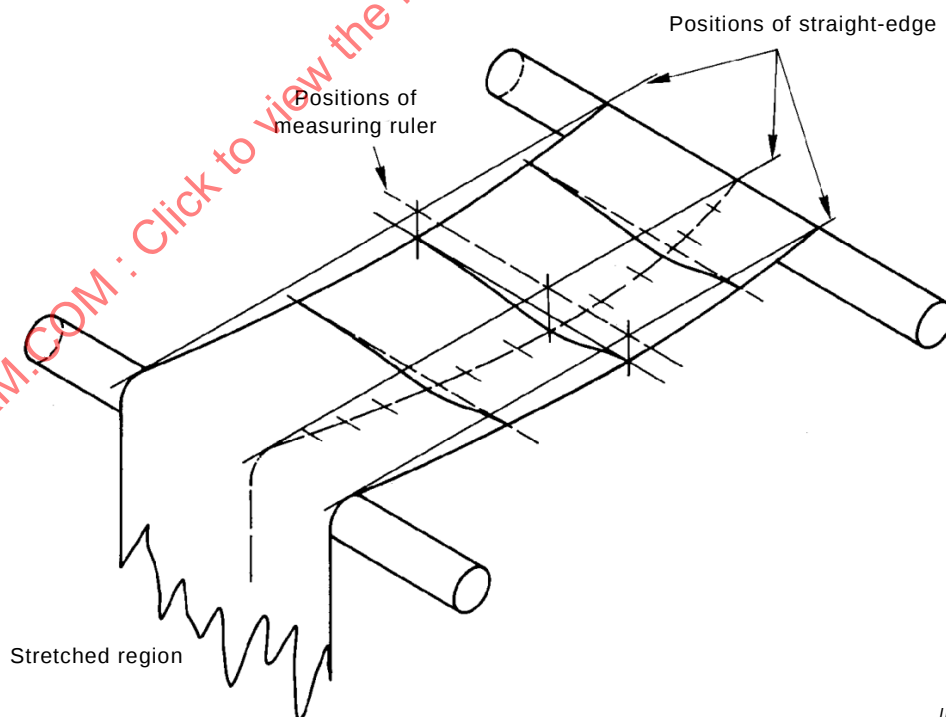
Plan view of measuring table:

d_1, d_2 = deviations of film edges at mid span (the bias/camber is $d_1 + d_2$)

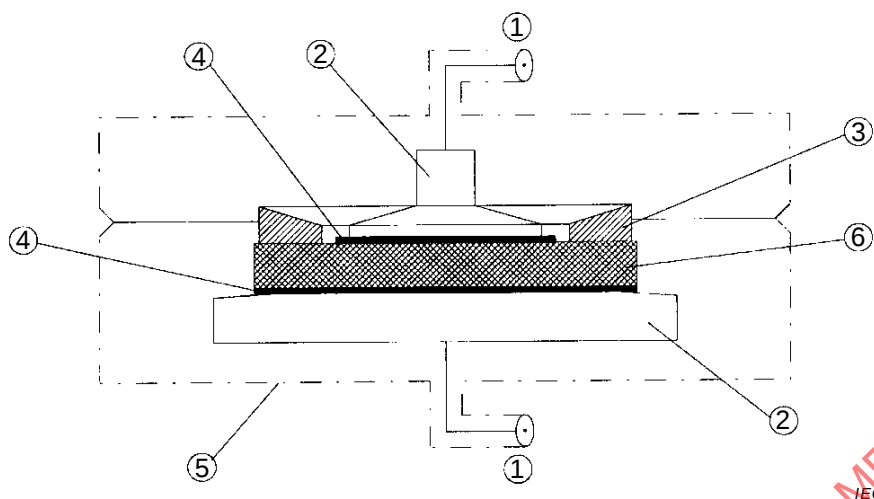
Dimensions in millimetres



**Figure 2 – Windability of film –
Apparatus for measurement of sag – Method A**



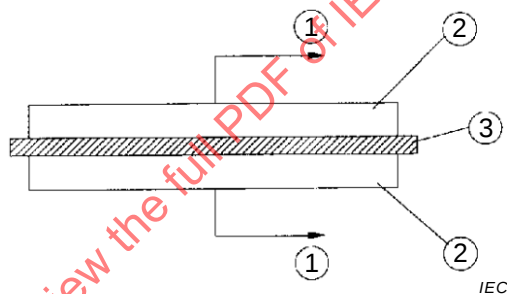
**Figure 3 – Windability of film –
Measurement of sag – Method A**



- | | |
|--|-----------------------|
| 1 Screened connections to measuring system | 4 Intimate electrodes |
| 2 Backing electrodes | 5 Screened enclosure |
| 3 Guard electrode | 6 Specimen |

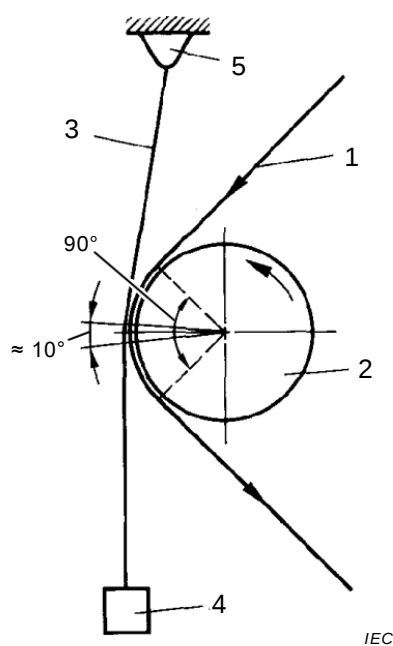
NOTE To aid alignment of the electrodes, the small intimate electrode is arranged slightly larger in diameter than the corresponding backing electrode.

Figure 4 – Three-terminal electrode system for low frequencies (up to 50 kHz)



- | |
|--|
| 1 Short rigid connection to measuring system |
| 2 Circular and co-axial electrodes of equal diameter |
| 3 Film specimen |

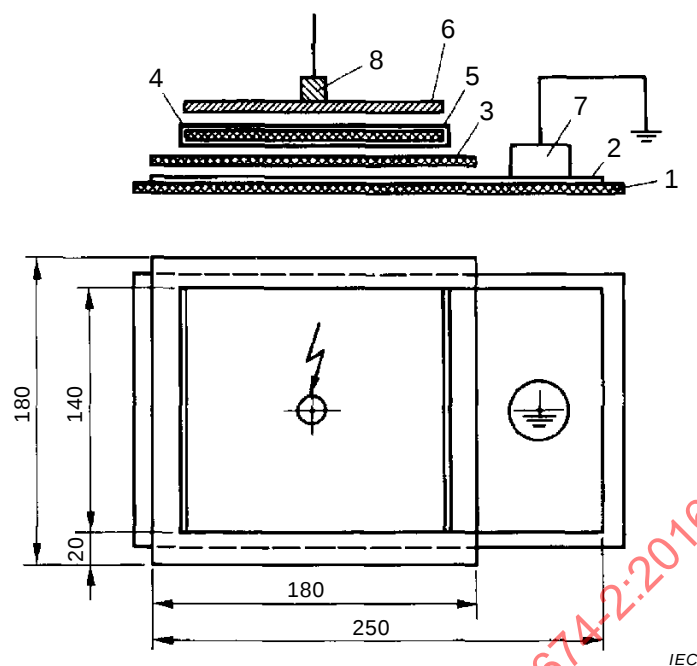
Figure 5 – Two-electrode system for high frequencies (above 50 kHz)



Key

- 1 Specimen (strip of film)
- 2 Roller
- 3 Aluminium foil (strip)
- 4 Weight
- 5 Clamping device

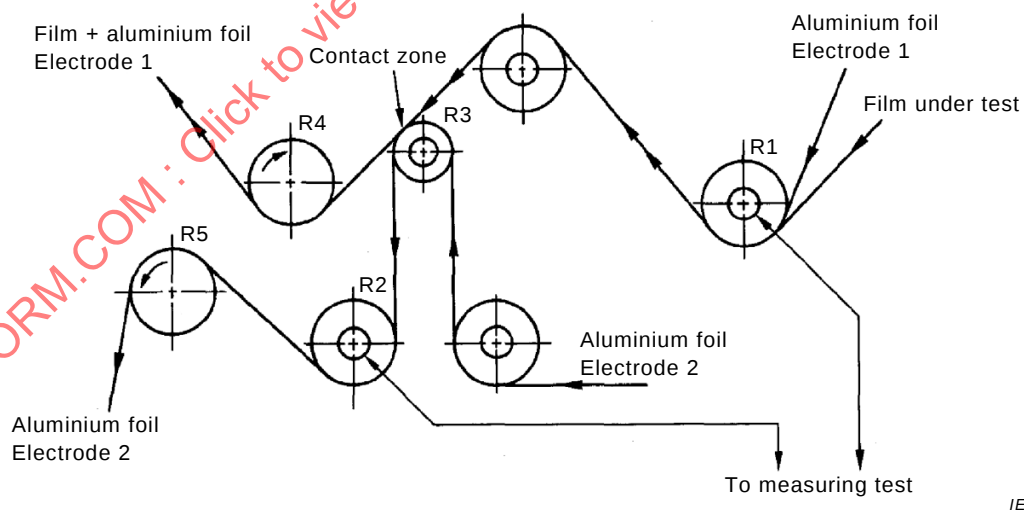
Figure 6 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method A



Key

- 1 Insulating material
- 2 Plastic film with metal coating
- 3 Specimen
- 4 Plastic film with metal coating
- 5 Soft rubber
- 6 Metal plate
- 7 Contact masse
- 8 Connection for test voltage

Figure 7 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method B



Key

- R1, R2 Contact rollers (metal)
- R3 Measuring rollers (quartz)
- R4, R5 Drive rollers (rubber)

Figure 8 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method C1

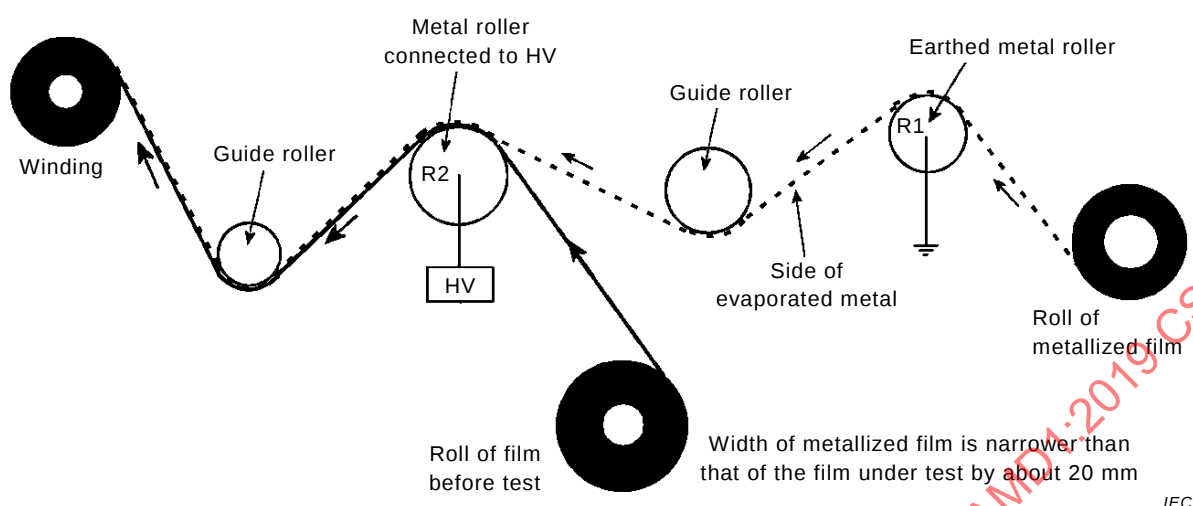
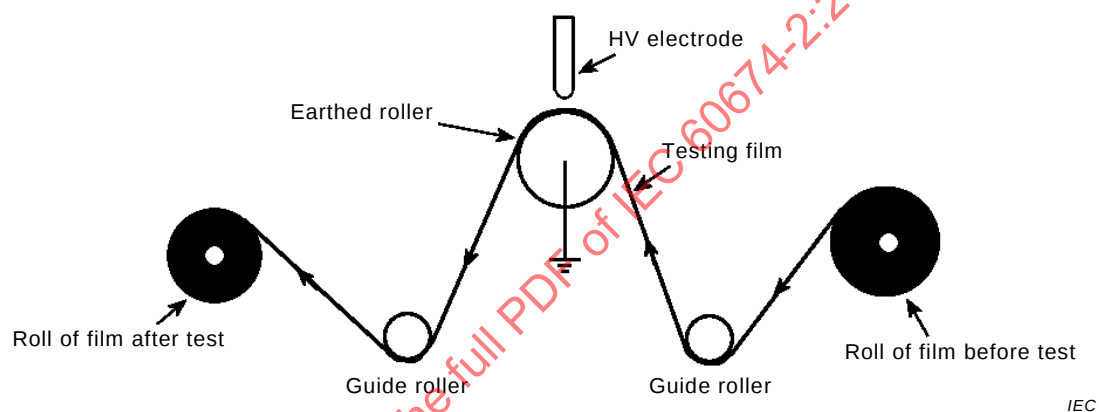
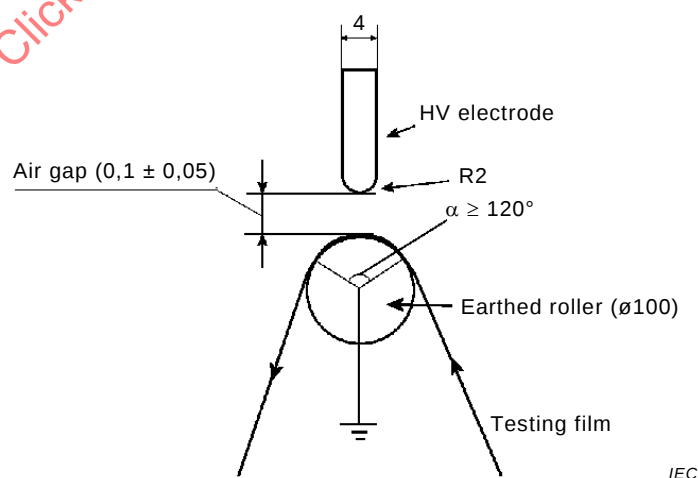


Figure 9 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method C2



10a) Full view on arrangements of rolls, rollers and HV electrode

Dimensions in millimetres



10b) Schematic diagram with arrangement around the air gap between HV electrode and earthed roller

Figure 10 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method C3

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
INTRODUCTION	50
1 Domaine d'application	51
2 Références normatives	51
3 Généralités sur les essais	52
4 Épaisseur	52
4.1 Généralités	52
4.2 Détermination de l'épaisseur par examen mécanique	53
4.2.1 Généralités	53
4.2.2 Mesure avec une seule feuille	53
4.2.3 Mesure avec une multicouche de feuilles	53
4.3 Détermination de l'épaisseur par méthode gravimétrique	53
4.3.1 Mesure avec un échantillon	53
4.3.2 Mesure avec un rouleau	53
4.4 Profil d'épaisseur dans le sens transversal et variation d'épaisseur dans le sens longitudinal	54
5 Masse volumique	54
6 Largeur	54
7 Aptitude à l'enroulement (biais et fléchissement)	54
7.1 Principe	54
7.2 Généralités	54
7.3 Méthode A	54
7.3.1 Principe	54
7.3.2 Mesure du biais	55
7.3.3 Mesure du fléchissement	55
7.4 Méthode B	56
7.4.1 Principe	56
7.4.2 Appareillage	56
7.4.3 Éprouvettes	57
7.4.4 Mode opératoire	57
7.4.5 Résultat	57
8 Rugosité de surface	58
9 Facteur de remplissage	58
10 Coefficient de frottement	58
11 Tension de mouillage (films de polyoléfine)	58
11.1 Principe d'essai et remarques d'introduction	58
11.2 Appareillage	58
11.3 Réactifs	59
11.4 Éprouvettes	60
11.5 Conditionnement	60
11.6 Mode opératoire	60
11.7 Évaluation	60
11.8 Rapport	60
12 Propriétés en traction	61
12.1 Généralités	61

12.2	Éprouvettes	61
12.3	Vitesse d'essai.....	61
12.4	Résultat	61
13	Résistance du bord au déchirement.....	61
13.1	Généralités	61
13.2	Principe	61
14	Résistance au déchirement.....	61
15	Rigidité du film	61
16	Résistivité superficielle.....	62
17	Résistivité transversale.....	62
17.1	Méthode 1: méthode de l'électrode	62
17.2	Méthode 2: méthode applicable aux films bobinés comme diélectrique de condensateurs ou aux films trop fins pour la méthode 1	62
17.2.1	Principe	62
17.2.2	Éprouvettes	62
17.2.3	Mode opératoire	62
17.2.4	Résultat	63
18	Facteur de dissipation et permittivité	63
18.1	Généralités	63
18.2	Méthode 1.....	63
18.2.1	Généralités.....	63
18.2.2	Manipulation des échantillons et des spécimens.....	63
18.2.3	Conditionnement des échantillons avant les mesures	63
18.2.4	Mesures à l'aide d'électrodes de contact.....	64
18.2.5	Mesures à l'aide d'électrodes sans contact	65
18.2.6	Mode opératoire d'essai.....	66
18.2.7	Rapport	66
18.3	Méthode 2.....	66
18.3.1	Généralités.....	66
18.3.2	Facteur de dissipation supérieur ou égal à 5×10^{-4}	66
18.3.3	Facteur de dissipation inférieur à 5×10^{-4}	66
19	Facteur de dissipation à l'état imprégné.....	67
20	Rigidité électrique.....	67
20.1	Essais en courant alternatif et en courant continu d'une feuille de film disposée en sandwich par des électrodes métalliques	67
20.2	Essai en courant continu à l'aide d'un condensateur bobiné.....	67
20.3	Essai en courant continu pour un film d'épaisseur inférieure ou égale à $6 \mu\text{m}$	67
21	Plages électriquement faibles	68
21.1	Généralités	68
21.2	Méthode A: Essai de bandes étroites de films de grandes longueurs	69
21.2.1	Matériel d'essai	69
21.2.2	Mode opératoire	69
21.2.3	Résultats	69
21.3	Méthode B: Essai des films en bande large.....	69
21.3.1	Généralités.....	69
21.3.2	Matériel d'essai	69
21.3.3	Mode opératoire	70
21.3.4	Résultats	70

21.4	Méthode C: Essais des films en rouleau.....	70
21.4.1	Généralités.....	70
21.4.2	Système de débobinage	70
21.4.3	Compteur de défauts	71
21.4.4	Mode opératoire	71
21.4.5	Résultats	71
22	Résistance au claquage sous l'action de décharges superficielles	72
23	Corrosion électrolytique	72
24	Point de fusion	72
25	Variation dimensionnelle.....	72
25.1	Éprouvettes	72
25.2	Mode opératoire.....	72
25.3	Résultats	72
26	Stabilité dimensionnelle sous tension à température croissante.....	73
26.1	Éprouvettes	73
26.2	Mode opératoire.....	73
26.3	Résultats	73
27	Stabilité dimensionnelle sous pression à température croissante.....	73
27.1	Matériel d'essai.....	73
27.2	Éprouvettes	73
27.3	Mode opératoire.....	74
27.4	Résultats	74
28	Résistance à la pénétration à température élevée	74
28.1	Généralités	74
28.2	Principe	74
29	Teneur en produits volatils (perte de masse au chauffage)	74
29.1	Éprouvettes	74
29.2	Mode opératoire.....	74
29.3	Résultat	74
30	Endurance thermique	75
31	Caractéristiques de combustion	75
31.1	Principe	75
31.2	Appareillage.....	75
31.3	Éprouvettes	75
31.4	Conditionnement.....	76
31.5	Mode opératoire.....	76
31.6	Interprétation des résultats	77
32	Absorption d'eau en atmosphère humide	77
32.1	Appareillage.....	77
32.2	Éprouvettes	77
32.3	Mode opératoire.....	77
32.3.1	Absorption d'eau du matériau à l'état de livraison	77
32.3.2	Absorption d'eau du matériau à l'état sec.....	78
32.4	Résultats	78
33	Absorption de liquide	78
33.1	Principe	78
33.2	Appareillage.....	78

33.3	Éprouvettes	78
33.4	Mode opératoire.....	78
33.5	Calculs	79
33.6	Résultat	79
34	Impuretés ioniques	79
35	Effet des vernis d'isolation.....	79
35.1	Mode opératoire.....	79
35.2	Résultats	80
36	Effets dus aux mélanges résineux polymérisables à l'état liquide.....	80
36.1	Mode opératoire.....	80
36.2	Résultats	80
Figure 1 – Aptitude à l'enroulement du film – Mesure du biais – Méthode A		81
Figure 2 – Aptitude à l'enroulement du film – Appareillage de mesure du fléchissement – Méthode A		82
Figure 3 – Aptitude à l'enroulement du film – Mesure du fléchissement – Méthode A		82
Figure 4 – Système d'électrodes à trois sorties pour basses fréquences (jusqu'à 50 kHz).....		83
Figure 5 – Système d'électrodes à deux sorties pour hautes fréquences (supérieures à 50 kHz)		83
Figure 6 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode A		84
Figure 7 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode B		85
Figure 8 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C1		85
Figure 9 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C2		86
Figure 10 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C3		86
Figure 11 – Schéma de principe du système de mesure du claquage pour un film d'une épaisseur inférieure à 6 µm		68
Tableau 1 – Concentrations des mélanges d'éther monoéthylique d'éthylèneglycol et de formamide utilisés pour mesurer la tension de mouillage des films de polyéthylène et de polypropylène		59
Tableau 2 – Classification des matériaux en fonction de leurs propriétés d'autoextinction.....		77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION POUR LES FILMS EN MATIÈRE
PLASTIQUE À USAGES ÉLECTRIQUES –****Partie 2: Méthodes d'essai****AVANT-PROPOS**

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

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60674-2 édition 2.1 contient la deuxième édition (2016-11) [documents 15/742/CDV et 15/760/RVC] et son corrigendum 1 (2017-12), et son amendement 1 (2019-01) [documents 15/839/CDV et 15/864/RVC].

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60674-2 a été établie par le comité d'études 15 de l'IEC: Matériaux isolants électriques solides.

Cette deuxième édition constitue une révision technique.

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

- a) le présent document a été entièrement révisé sur le plan rédactionnel et technique et a été inclus dans les normes de la série IEC 60674;
- b) les méthodes d'essai sont mises à jour pour refléter l'état de l'art actuel;
- c) une méthode permettant d'obtenir la rigidité électrique en courant continu est désormais spécifiée conformément à l'IEC 60243-2.

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

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60674, publiées sous le titre général *Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

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

INTRODUCTION

Le présent document fait partie d'une série portant sur les films en matière plastique à usages électriques. Cette série est composée de trois parties:

Partie 1: Définitions et prescriptions générales (IEC 60674-1)

Partie 2: Méthodes d'essai (IEC 60674-2)

Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers (IEC 60674-3 (toutes les parties))

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60674-2:2016+AMD1:2019 CSV

SPÉCIFICATION POUR LES FILMS EN MATIÈRE PLASTIQUE À USAGES ÉLECTRIQUES –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60674 s'applique aux films en matière plastique à usages électriques. La présente partie de l'IEC 60674 propose des méthodes d'essai.

2 Références normatives

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

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

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

IEC 60243-1:2013, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 60243-2, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 2: Exigences complémentaires pour les essais à tension continue*

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

IEC 60343, *Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la résistance relative des matériaux isolants au claquage par les décharges superficielles*

IEC 60394-2:1972, *Tissus vernis à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60426, *Matériaux isolants électriques – Détermination de la corrosion électrolytique en présence de matériaux isolants – Méthodes d'essais*

IEC 60454-2:2007, *Rubans adhésifs sensibles à la pression à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

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

~~IEC TR 60648, Méthode d'essai des coefficients de frottement des films et feuilles de matière plastique utilisés comme isolants électriques~~

IEC 60674-3 (toutes les parties), *Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers*

IEC 62631-3-1, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-1: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance transversale et résistivité transversale – Méthode générale*

IEC 62631-3-2, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle*

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

ISO 534, *Papier et carton – Détermination de l'épaisseur, de la masse volumique et du volume spécifique*

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

ISO 4591:1992, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de l'épaisseur moyenne d'un échantillon, et de l'épaisseur moyenne d'un rouleau, ainsi que de sa surface par unité de masse, par mesures gravimétriques (épaisseur gravimétrique)*

ISO 4592, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de la longueur et de la largeur*

ISO 4593, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de l'épaisseur par examen mécanique*

ISO 6383-1, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 1: Méthode de déchirement pantalon*

ISO 6383-2, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 2: Méthode Elmendorf*

ISO 8295, *Plastiques – Film et feuille – Détermination des coefficients de frottement*

ISO 11357-3:2011, *Plastiques – Analyse calorimétrique différentielle (DSC) – Partie 3: Détermination de la température et de l'enthalpie de fusion et de cristallisation*

3 Généralités sur les essais

3.1 Éliminer au moins les trois premières couches du rouleau de film à soumettre à essai avant de prélever les éprouvettes.

3.2 Les rouleaux d'échantillonnage doivent être exposés pendant au moins 24 h à l'atmosphère normalisée de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et de $(50 \pm 5)\%$ h.r. avant le prélèvement des éprouvettes à soumettre aux essais. Sauf spécification contraire, toutes les éprouvettes individuelles doivent être conditionnées pendant 1 h, puis soumises aux essais dans la même atmosphère normalisée.

4 Épaisseur

4.1 Généralités

L'épaisseur doit être mesurée par l'une des méthodes fournies ci-dessous, comme exigé par l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

4.2 Détermination de l'épaisseur par examen mécanique

4.2.1 Généralités

Deux méthodes, la première utilisant une seule feuille et la seconde utilisant une pile de feuilles, sont données individuellement comme suit.

4.2.2 Mesure avec une seule feuille

4.2.2.1 Principe

La méthode est basée sur l'ISO 4593 à l'aide d'un micromètre de précision pour mesurer l'épaisseur d'une éprouvette constituée d'une seule feuille.

4.2.2.2 Éprouvettes et points de mesure

Découper trois bandes d'environ 100 mm de large dans la largeur de l'échantillon. Les bandes d'essais ne doivent comporter ni pli ni d'autres défauts.

Déterminer l'épaisseur des bandes d'essais conformément aux exigences de l'ISO 4593 à l'aide d'un micromètre dont les surfaces de mesure sont planes ou arrondies.

Les mesures doivent être prises en neuf points à des intervalles répartis à peu près également sur la longueur des bandes d'essais. Dans le cas d'échantillons présentant une largeur inférieure à 300 mm, effectuer les mesures tous les 50 mm sur la longueur des bandes d'essais. Dans le cas de rouleaux non élargis, les mesures ne doivent pas être réalisées à moins de 50 mm des bords.

4.2.2.3 Résultat

L'épaisseur est la valeur médiane de toutes les mesures, la valeur la plus élevée et la valeur la plus faible étant consignées pour chaque bande.

4.2.3 Mesure avec une multicouche de feuilles

L'épaisseur moyenne d'une feuille en liasse (micrométrique) doit être mesurée conformément à l'ISO 534. Toutefois, la méthode d'obtention des éléments d'échantillonnage est différente. Avant de prélever les échantillons, il convient de retirer certaines couches externes du rouleau pour obtenir une surface de film non endommagée. Les quatre éprouvettes sont initialement constituées de 12 couches de film, ces couches étant découpées à l'aide d'un modèle adapté (de préférence 250 mm × 200 mm, la dimension de 200 mm se trouvant dans le sens de la machine) à partir d'une pile d'éprouvettes de film. Éliminer la première et la dernière couche de chaque paquet ou éprouvette juste avant de placer le paquet entre les faces sous pression du micromètre.

4.3 Détermination de l'épaisseur par méthode gravimétrique

4.3.1 Mesure avec un échantillon

Principe: calcul de l'épaisseur d'un échantillon à partir des mesures de sa masse, de sa surface et de sa masse volumique conformément à l'Article 3 de l'ISO 4591:1992.

4.3.2 Mesure avec un rouleau

Principe: calcul de l'épaisseur moyenne à partir de mesures de la longueur, de la largeur moyenne et de la masse nette du rouleau et de la masse volumique du film conformément à l'Article 4 de l'ISO 4591:1992.

4.4 Profil d'épaisseur dans le sens transversal et variation d'épaisseur dans le sens longitudinal

Des méthodes de mesure sans contact, par exemple à l'aide d'un rayonnement ou d'une lumière laser, sont fréquemment utilisées. L'appareil peut être installé par le fabricant dans la ligne de production si le profil et la variation d'un rouleau sont exigés. La résolution minimale de la mesure, sa précision et la zone de surface d'essai (largeur et longueur) sont les sujets spécifiés dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

5 Masse volumique

La masse volumique doit être déterminée conformément à l'ISO 1183. La méthode particulière est spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

6 Largeur

La largeur doit être déterminée conformément à l'ISO 4592, sauf qu'un échantillon de 5 m de long est utilisé. Déterminer la largeur à cinq reprises à intervalles réguliers dans le sens de la longueur après avoir laissé le film se détendre pendant 1 h.

Consigner chacune des largeurs mesurées et noter la valeur médiane comme largeur du rouleau.

7 Aptitude à l'enroulement (biais et fléchissement)

7.1 Principe

Une évaluation de la distorsion du film tel que fourni en rouleau est réalisée.

Deux formes de distorsion peuvent être apparentes sur le film et peuvent affecter par la suite ses caractéristiques d'aptitude à l'enroulement. Ces distorsions sont les suivantes:

- 1) le film peut présenter un biais et par conséquent ses bords peuvent ne pas être droits (voir la Figure 1);
- 2) le film peut former des poches en dessous de son plan général aux endroits où il a été étiré (voir la Figure 2 et la Figure 3).

7.2 Généralités

Deux méthodes sont fournies. La méthode A convient aux films étroits (c'est-à-dire inférieurs à 150 mm), où la distorsion est principalement apparente sous forme de biais, mais aussi pour mesurer le fléchissement de films très épais où la tension exigée pour l'extension à l'aide de la méthode B est excessive.

La méthode B est adaptée aux films plus larges (c'est-à-dire supérieurs à 150 mm) où la distorsion est visible essentiellement sous forme de fléchissement.

7.3 Méthode A

7.3.1 Principe

Pour évaluer le biais, une longueur de film est déroulée, puis étalée sur une surface plane. L'écartement de chaque bord est mesuré par rapport à une ligne droite (voir la Figure 1).

Pour évaluer le fléchissement, une longueur de film est déroulée, puis disposée à angle droit sur deux barres parallèles dans des conditions définies. L'écartement par rapport à une surface caténaire uniforme est mesuré (voir la Figure 2). Il peut parfois s'avérer pratique de

réaliser cette mesure à l'aide des rouleaux d'une enrouleuse, mais en cas de litige, les dimensions et distances doivent être telles que fournies ci-dessous.

7.3.2 Mesure du biais

7.3.2.1 Appareillage

Une table plane horizontale fabriquée en matériau adapté avec fini satiné (non poli), d'une largeur suffisante pour recevoir la largeur maximale du film à soumettre à essai et d'une longueur de $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$ et dont les bords sont parallèles à $0,1^\circ$ près (ou à $1,8\text{ mm}$ par mètre de largeur de table). Alternativement, la table peut présenter une longueur supérieure à la longueur ci-dessus, mais doit alors comporter deux traits de référence nettement marqués sur sa surface, espacés de $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$ et parallèles dans les limites indiquées.

- Une brosse douce adaptée pour aplanir le spécimen de film sur la surface de la table.
- Une longue barre d'acier à bords droits (de plus de $1\,525\text{ mm}$).
- Un réglet de 150 mm gradué millimètre par millimètre.

7.3.2.2 Éprouvettes

Les trois premières couches de film du rouleau sont éliminées. Pour chaque spécimen, un morceau d'environ 2 m de film neuf est prélevé, déroulé en exerçant la tension la plus faible nécessaire pour dérouler lentement le film (à environ 300 mm/s).

7.3.2.3 Mode opératoire

Le morceau de film prélevé pour spécimen est placé sur la table dans le sens longitudinal (voir la Figure 1). En partant de l'une de ses extrémités, la brosse douce est utilisée pour plaquer légèrement, sans appuyer, le film contre la surface de la table, tout en chassant l'air emprisonné dans la mesure du possible.

La barre d'acier à bords droits est ensuite placée le long de l'un des bords du film de façon à pouvoir observer tout écart de ce bord par rapport à une ligne droite. La barre à bords droits est disposée en la faisant coïncider avec le bord du film aux deux extrémités de la table (ou aux deux repères de référence s'ils sont utilisés) et la distance entre ces points doit être de $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$. La distance entre la barre à bords droits et le bord du film est mesurée à 1 mm près, environ au milieu de celui-ci, à l'aide du réglet.

L'écart du deuxième bord du film est ensuite mesuré suivant le même mode opératoire.

La somme des distances en millimètres prises au milieu du film entre ses bords et la barre d'acier à bords droits désigne la valeur du biais pour cette éprouvette.

Le mode opératoire mentionné ci-dessus est répété pour les deux autres éprouvettes.

7.3.2.4 Résultats

Le biais est la valeur médiane des trois mesures, les deux autres valeurs étant consignées.

7.3.3 Mesure du fléchissement

7.3.3.1 Appareillage

Une structure rigide comportant deux rouleaux métalliques parallèles capables de tourner librement, chacun de $(100 \pm 10)\text{ mm}$ de diamètre et d'une longueur suffisante pour recevoir la largeur maximale du film, doit être soumise à essai. Les axes des rouleaux doivent être contenus dans le même plan horizontal et être parallèles entre eux de $0,1^\circ$ (c'est-à-dire à $1,8\text{ mm}$ près par mètre de longueur du rouleau) avec un espacement de $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$. La surface des rouleaux doit être cylindrique à $0,1\text{ mm}$ et présenter un fini satiné (non poli).

(voir la Figure 2). La structure doit être équipée d'un dispositif supportant le rouleau de film soumis à essai placé immédiatement sous l'un des rouleaux. Le montage doit être tel que l'axe du rouleau du film soit parallèle au rouleau supérieur à 1° près et que le film enroulé puisse être déroulé avec une force de traction ajustable. À l'autre extrémité de cette structure, une pince lestée par une masse ou par un ressort est fixée à l'extrémité du film qui pend librement du deuxième rouleau. Le lest ou la tension du ressort et leur position sur le film peuvent être ajustés de façon à exercer une tension pratiquement uniforme sur le lé du film, tel que spécifié dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

Un dispositif permettant de mesurer la distance du film en dessous du plan des rouleaux et à mi-distance de ceux-ci est installé (voir la Figure 3). Ce dispositif peut être composé d'une simple barre d'acier longue à bords droits (d'une longueur supérieure à 1 525 mm) et d'un réglet de 150 mm gradué millimètre par millimètre; des dispositifs plus complexes peuvent être employés si la position du film est notée automatiquement ou semi-automatiquement.

7.3.3.2 Éprouvettes

Les trois premières couches de film du rouleau sont éliminées. Pour chaque spécimen, un morceau d'environ 2 m de film neuf est prélevé, déroulé en exerçant la tension la plus faible nécessaire pour dérouler lentement le film (à environ 300 mm/s).

7.3.3.3 Mode opératoire

Le morceau de film constituant le spécimen est placé sur les rouleaux de l'appareil. L'extrémité libre du film est prise dans l'équipement tendeur, cette tension étant ajustée à la valeur fournie pour le film dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties). Le film est déplacé latéralement, à l'endroit où il passe sur le second rouleau, de sorte que sa largeur se trouve approximativement horizontale au milieu de la distance qui sépare les rouleaux porteurs.

À l'aide de la barre d'acier à bords droits et du réglet gradué ou d'un autre dispositif adapté, le film est contrôlé en son milieu et le fléchissement ou les poches ou plis éventuels sont notés. La profondeur maximale de ce fléchissement par rapport à la surface générale du film est mesurée à 1 mm près (voir la Figure 3) et notée comme la valeur de fléchissement pour cet essai.

Le mode opératoire mentionné ci-dessus est répété pour les deux autres éprouvettes.

7.3.3.4 Résultat

La valeur de fléchissement est la valeur médiane des trois mesures, les deux autres valeurs étant consignées.

7.4 Méthode B

7.4.1 Principe

Une seule mesure permet d'évaluer la valeur totale du fléchissement et du biais. Un morceau de film est déroulé et placé à angle droit sur deux barres parallèles dans des conditions définies. Le film est tendu jusqu'à effacement du biais et du fléchissement visibles et l'allongement nécessaire pour y parvenir est mesuré. Il peut s'avérer parfois pratique de réaliser cette mesure à l'aide des rouleaux d'une enrouleuse, mais en cas de litige, les dimensions et distances doivent être telles que fournies en 7.4.2.

7.4.2 Appareillage

Une structure rigide comportant deux rouleaux métalliques parallèles capables de tourner librement, chacun de $100 \text{ mm} \pm 10 \text{ mm}$ de diamètre et d'une longueur suffisante pour recevoir la largeur maximale du film, doit être soumise à essai. Les axes des rouleaux doivent être contenus dans le même plan horizontal et être parallèles entre eux de $0,1^\circ$ (c'est-à-dire à $1,8 \text{ mm}$ près par mètre de longueur du rouleau) avec un espacement de $1\,500 \text{ mm} \pm 15 \text{ mm}$.

La surface des rouleaux doit être cylindrique à 0,1 mm et présenter un fini satiné (non poli). La structure doit être équipée d'un dispositif supportant le rouleau de film soumis à essai placé immédiatement sous l'un des rouleaux. Le montage doit permettre:

- a) le parallélisme à 2° près de l'axe du rouleau du film par rapport à l'axe du rouleau supérieur;
- b) que la position latérale du film puisse être ajustée; et
- c) que le film puisse être déroulé du rouleau avec une force de traction réglable.

À l'autre extrémité de cette structure, une pince lestée par une masse ou par un ressort est fixée à l'extrémité du film qui pend librement du deuxième rouleau. Le lest ou la tension du ressort peuvent, ainsi que leur position sur le film, être réglés de manière à exercer une tension pratiquement uniforme sur le film.

- Une barre d'acier à bords droits (de plus de 1 525 mm).
- Un réglet souple de 2 m ou plus, gradué millimètre par millimètre.
- Des étiquettes autocollantes adaptées.

7.4.3 Éprouvettes

Les trois premières couches de film du rouleau sont éliminées et un morceau d'environ 2 m de film neuf est prélevé, déroulé en exerçant la tension la plus faible nécessaire pour dérouler lentement le film (à environ 300 mm/s).

7.4.4 Mode opératoire

Le morceau de film constituant le spécimen est placé sur les rouleaux de l'appareil. En tendant légèrement le film à la main, déplacer son extrémité libre afin que le film soit aussi plat que possible entre les rouleaux, puis la fixer à l'équipement tendeur. La tension est réglée à $(1,0 \pm 0,2)$ MN/m² (en s'appuyant sur l'épaisseur et la largeur nominales du film).

Deux repères de référence (espacés de 1,0 m à 1,1 m) sont portés sur le film le long d'une ligne approximativement parallèle aux bords du film pour laquelle le fléchissement est minimal. Ces repères peuvent correspondre de façon pratique aux bords spécifiques des deux étiquettes autocollantes appliquées à la surface du film.

La distance entre les repères est mesurée à $\pm 0,5$ mm près à l'aide du décimètre à ruban.

La tension appliquée au film est augmentée jusqu'à ce que:

- a) le film soit visuellement lisse;
- b) chaque bord du film soit droit à 0,5 mm près à mi-distance, lors d'une vérification avec la barre à bords droits, et
- c) en aucun point, le fléchissement ne soit supérieur à 7,5 mm, ceci étant également vérifié avec la barre à bords droits.

La distance entre les repères de référence sous cette tension est mesurée à l'aide du décimètre à ruban, et l'allongement du film est exprimé sous forme de pourcentage de la distance qui séparait les repères à l'origine.

Le mode opératoire mentionné ci-dessus est répété pour les deux autres éprouvettes.

7.4.5 Résultat

La valeur totale du fléchissement et du biais est la valeur médiane des trois mesures, les deux autres valeurs étant consignées.

8 Rugosité de surface

Des méthodes de détection avec et sans contact sont utilisées pour mesurer la rugosité de surface. La mesure par mapping de surface en 2 dimensions ou une dimension est recommandée pour évaluer la rugosité de surface. La résolution minimale de la rugosité, sa précision, sa superficie de surface d'essai et une distance entre les points de mapping sont les sujets pour lesquels il est nécessaire d'obtenir un accord entre le fournisseur et l'acheteur.

9 Facteur de remplissage

Le facteur de remplissage désigne l'augmentation en pourcentage de l'épaisseur moyenne d'une feuille en liasse (micrométrique) par rapport à l'épaisseur gravimétrique, entraînée par la rugosité de surface.

Le facteur de remplissage, SF (%), est calculée à l'aide de la formule suivante:

$$SF = \frac{t_b - t_g}{t_g} \times 100$$

où

t_b désigne l'épaisseur moyenne d'une feuille en liasse en μm ;

t_g désigne l'épaisseur gravimétrique en μm .

Il convient de mesurer l'épaisseur moyenne d'une feuille en liasse et l'épaisseur gravimétrique en utilisant le même échantillon de film conformément à l'Article 4.

10 Coefficient de frottement

Le coefficient de frottement doit être déterminé selon l'~~IEC TR 60648~~ ISO 8295.

Principe:

La présente méthode couvre la détermination du frottement statique et du frottement par glissement d'un film ou d'une feuille de matière plastique glissant sur lui-même/elle-même ou sur d'autres corps dans des conditions spécifiées. Le mode opératoire permet d'utiliser une plaque stationnaire avec un plateau mobile ou une plaque mobile avec un plateau stationnaire. Les deux modes opératoires permettent d'obtenir le coefficient de frottement superficiel pour une éprouvette donnée.

11 Tension de mouillage (films de polyoléfine)

11.1 Principe d'essai et remarques d'introduction

La détermination de la tension de mouillage repose sur le phénomène suivant lequel les gouttes d'une série de mélanges liquides organiques dont la tension superficielle augmente graduellement ont la propriété de mouiller la surface du film en atteignant une concentration spécifique. La tension de mouillage d'un film en contact avec la goutte du mélange liquide respectif et en présence d'air étant dépendante des énergies superficielles des surfaces de séparation air-film et film-liquide, toute trace d'impuretés tensio-actives présentes dans les réactifs ou à la surface du film peut affecter les résultats. Par conséquent, il convient de ne pas toucher ou frotter la surface du film à soumettre à essai, et il est important que le matériel soit propre et que la pureté des réactifs soit contrôlée avec soin.

11.2 Appareillage

- Tiges de bois d'environ 150 mm de long, garnies de coton à une extrémité.

- Deux pipettes de 50 ml.
- Bouteilles de 100 ml étiquetées et équipées d'un bouchon, rincées à l'eau distillée.

11.3 Réactifs

Préparer des mélanges de formamide (HCONH_2) et d'éther monoéthylique d'éthylèneglycol ($\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{OH}$) tous deux de qualité pour analyses, dans les proportions indiquées au Tableau 1 afin d'obtenir les valeurs entières de la tension de mouillage superficielle dans la plage où les mesures doivent être effectuées.

Si cela est souhaité, ajouter à chacun des mélanges mentionnés au Tableau 1 une très faible quantité de teinture à haut pouvoir diffusant.

La tension superficielle des mélanges liquides doit être vérifiée une fois par semaine. Toute méthode utilisée en laboratoire convient pour ce contrôle. Bien que les mélanges liquides indiqués soient relativement stables, il convient d'éviter toute exposition à des températures supérieures à 30 °C et à une humidité relative supérieure à 70 %.

NOTE Cette couleur de teinture est utilisée afin de rendre les gouttes bien visibles à la surface du film de polyoléfine. De plus, la composition chimique de la teinture choisie n'affecte pas de manière significative la tension de mouillage des mélanges liquides.

L'éther monoéthylique d'éthylèneglycol et le formamide sont toxiques et sont manipulés avec beaucoup de précautions. Le formamide étant particulièrement dangereux lorsqu'il est en contact direct avec les yeux, porter des lunettes de sécurité pour faire les mélanges liquides. Respecter les réglementations nationales en matière de sécurité.

Tableau 1 – Concentrations des mélanges d'éther monoéthylique d'éthylèneglycol et de formamide utilisés pour mesurer la tension de mouillage des films de polyéthylène et de polypropylène

Formamide (pour cent en volume)	Éther monoéthylique d'éthylèneglycol (pour cent)	Tension de mouillage (mN/m)
0	100,0	30
2,5	97,5	31
10,5	89,5	32
19,0	81,0	33
26,5	73,5	34
35,0	65,0	35
42,5	57,5	36
48,5	51,5	37
54,0	46,0	37
59,0	41,0	39
63,5	36,5	40
67,5	32,5	41
71,5	28,5	42
74,7	25,3	43
78,0	22,0	44
80,3	19,7	45
83,0	17,0	46
87,0	13,0	48
90,7	9,3	50
93,7	6,3	52
96,3	3,7	54
99,0	1,0	56

11.4 Éprouvettes

Les trois premières couches de film du rouleau sont éliminées. Il convient de soumettre à essai un échantillon sur toute la largeur d'un rouleau en prenant des points de mesure au quart, à la moitié et aux trois quarts de cette largeur. Si l'écart entre ces trois mesures dépasse 2,0 mN/m, indiquant ainsi que le film de polyoléfine a été traité de manière inégale, les mesures, telles que décrites ci-dessus, doivent être prises en trois points également espacés sur la longueur du rouleau (neuf mesures au total).

Des précautions minutieuses doivent être prises pour éviter que la surface de l'échantillon de film ne soit touchée ou manipulée aux endroits où l'essai doit être effectué.

11.5 Conditionnement

Atmosphère normalisée B conformément à l'IEC 60212 durant les essais (23° C/50 % h.r.).

11.6 Mode opératoire

Humidifier la pointe extrême d'un porte-coton avec l'un des mélanges. N'utiliser qu'une quantité minimale de liquide, tout excès de réactif pouvant affecter le résultat.

Épandre sans appuyer le liquide à l'endroit choisi de l'éprouvette sur une surface d'environ 6,5 cm² (~25 mm de diamètre). Ne pas essayer de recouvrir une plus grande surface de crainte de ne pas disposer de suffisamment de liquide pour permettre un recouvrement complet. Noter la durée exigée pour que cette couche homogène de liquide sur le film se transforme en gouttelettes. Si elle se maintient pendant plus de 2 s, procéder au mélange donnant la tension de mouillage immédiatement supérieure. Si elle se transforme en gouttelettes en moins de 2 s, passer au mélange donnant la tension de mouillage immédiatement inférieure. Afin d'éviter de contaminer la solution, un porte-coton neuf doit être systématiquement utilisé.

Reprendre à la suite les points prescrits en observant les étapes ci-dessus jusqu'à ce que le bon mélange puisse être choisi conformément à 11.7.

La pratique de cet essai a montré que des résultats erronés peuvent occasionnellement être obtenus en allant progressivement dans le sens des mélanges donnant des tensions superficielles plus faibles. Par conséquent, il convient que la personne en charge des essais vérifie la tension de mouillage du film en allant progressivement dans le sens des mélanges donnant des tensions superficielles plus élevées.

11.7 Évaluation

Le mélange est considéré comme mouillant l'éprouvette lorsqu'il demeure intact en couche permanente du liquide pendant 2 s aussi proche que possible. Un retrait de la périphérie de la couche permanente de liquide n'indique pas un défaut de mouillage, ce que seule la transformation en gouttelettes dans les 2 s qui suivent indique. Un excès de liquide à la surface du film peut causer un retrait périphérique notable. La tension superficielle, exprimée en millinewtons par mètre, du mélange appliqué dont le recouvrement demeure intact pendant 2 s, est la tension de mouillage de l'éprouvette de film de polyoléfine.

11.8 Rapport

Si un spécimen a été soumis à essai et si la plage des résultats est inférieure à 2,0 mN/m, consigner la valeur médiane des trois résultats d'essais de la tension de mouillage.

Dans le cas d'un film de polyoléfine dont le traitement n'est pas uniforme, pour lequel neuf mesures ont été réalisées, consigner la valeur médiane, ainsi que les valeurs individuelles.

12 Propriétés en traction

12.1 Généralités

Elles doivent être déterminées conformément à l'ISO 527-3. Généralement, les propriétés en traction à spécifier sont la contrainte de traction et le pourcentage d'allongement à la rupture, mais le module sécant à 1 % peut également être spécifié.

12.2 Éprouvettes

Les éprouvettes doivent être conformes à 6.1.1 de l'ISO 527-3:1995, c'est-à-dire des bandes de 10 mm à 25 mm de largeur, et d'au moins 150 mm de longueur, portant des traits repères espacés d'au moins 50 mm.

Cinq spécimens doivent être soumis à essai dans chacun des sens spécifiés dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

12.3 Vitesse d'essai

La vitesse d'essai est la vitesse de séparation des mâchoires de la machine d'essai pendant un essai et doit correspondre à la vitesse spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

12.4 Résultat

Pour chaque propriété et pour chaque sens d'essai, le résultat est la valeur médiane des cinq mesures, la plus faible et la plus élevée de ces valeurs étant consignées.

13 Résistance du bord au déchirement

13.1 Généralités

La résistance du bord au déchirement doit être déterminée conformément à l'Article 8 de l'IEC 60394-2:1972.

13.2 Principe

L'éprouvette est insérée dans une fente inclinée d'un appareil fixe, lui-même fixé dans les mâchoires d'une machine d'essai de traction. La force nécessaire pour initier le déchirement du bord est déterminée.

14 Résistance au déchirement

La résistance au déchirement doit être déterminée conformément à l'ISO 6383-1 et à l'ISO 6383-2. La méthode à utiliser est spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

15 Rigidité du film

Principe

La présente méthode d'essai décrit un moyen permettant de déterminer la souplesse d'un matériau à l'aide d'un flexomètre à angle fixe dans lequel l'éprouvette se courbe sous son propre poids. Une bande rectangulaire de matériau est soutenue par une plaque horizontale et placée à angle droit au bord de cette plaque. La bande est placée sur la plaque de sorte qu'une longueur spécifiée dépasse du bord de la plaque, et le temps nécessaire à la partie qui dépasse pour se courber à un angle de 41° 30' en dessous du plan support est consigné.

16 Résistivité superficielle

La résistivité superficielle doit être déterminée conformément à l'IEC 62631-3-1 et à l'IEC 62631-3-2.

17 Résistivité transversale

17.1 Méthode 1: méthode de l'électrode

La méthode de l'électrode doit être déterminée conformément à l'IEC 62631-3-1 et à l'IEC 62631-3-2, à l'aide d'une électrode gardée de 25 mm de diamètre et d'une électrode non gardée d'au moins 40 mm de diamètre.

Mesures à effectuer dans les conditions spécifiées dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties), selon les indications suivantes:

- conditions sèches normalisées de l'IEC 60212 (18 °C à 28 °C / < 1,5 % h.r.);
- atmosphère normalisée B du Tableau 2 de l'IEC 60212:2010 (23 °C / 50 % h.r.);
- conditions de chaleur sèche choisies dans le Tableau 2 de l'IEC 60212:2010.

17.2 Méthode 2: méthode applicable aux films bobinés comme diélectrique de condensateurs ou aux films trop fins pour la méthode 1

17.2.1 Principe

La présente méthode se fonde sur le fait que la résistivité transversale ρ du diélectrique d'un condensateur peut être calculée à partir de la constante de temps ($t = CR$) par la relation:

$$\rho = \frac{C \times R}{\varepsilon_r \times \varepsilon_0}$$

où

C est la capacité, en F;

R est la résistance, en Ω ;

ρ est la résistivité, en Ω/m ;

ε_r est la permittivité relative;

ε_0 est la permittivité du vide et est égal à $8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \times \text{m}^{-1}$.

17.2.2 Éprouvettes

Chaque éprouvette se compose d'un condensateur bobiné sur un noyau isolant rigide avec feuilles dépassantes, une électrode active large de 40 mm à 70 mm et une marge latérale de 3 mm. Le diélectrique est composé d'une seule couche de film soumis à essai et la capacité (mesurée à 1 kHz) est de $0,5 \mu\text{F} \pm 0,1 \mu\text{F}$. Si un traitement thermique ou sous vide préalable est exigé, il est indiqué dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

17.2.3 Mode opératoire

Trois éprouvettes sont bobinées comme indiqué ci-dessus et soumises aux traitements nécessaires. Après un conditionnement pendant 6 h dans des conditions sèches normalisées (18 °C à 28 °C et < 1,5 % h.r.), la résistance est mesurée pendant deux minutes ($(100 \pm 10) \text{ V}$ ou $(25 \pm 4) \text{ V}/\mu\text{m}$ pour les films d'une épaisseur inférieure ou égale à 4 μm), puis la capacité à une fréquence inférieure à 1,6 kHz.

La permittivité est mesurée comme indiqué à l'Article 18. En variante, la valeur théorique peut être suffisamment précise.

Les valeurs de ρ sont calculées à partir de l'équation indiquée en 17.2.1.

17.2.4 Résultat

La résistivité transversale est la valeur médiane des trois mesures. Il convient que le rapport indique la température de mesure et précise si la permittivité a été mesurée ou supposée.

Afin de réduire l'erreur introduite par le courant de charge du condensateur à des proportions acceptables, il est nécessaire que la constante de temps de la capacité C de l'éprouvette et la résistance interne r du dispositif de mesure du courant soient petites par rapport à la durée d'application de la tension et la constante de temps propre à la diminution du courant de fuite apparent. Si la durée d'application est de 2 min, appliquer la valeur $C \times R$ inférieure à 2 s pour la plupart des films. Si l'éprouvette a une capacité de 0,5 μF , la valeur de R est choisie en conséquence inférieure à 4 $\text{M}\Omega$.

Certains mégohmmètres à lecture directe peuvent ne pas convenir à cet égard.

18 Facteur de dissipation et permittivité

18.1 Généralités

La plage de fréquences comprises entre 50 Hz et 100 MHz est couverte et deux méthodes sont disponibles.

18.2 Méthode 1

18.2.1 Généralités

L'essai doit être effectué sur un spécimen plat conformément à l'IEC 60250, modifiée par les instructions du présent article, à une fréquence devant faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur et à une température de $23^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{K}$, sauf spécification contraire dans la spécification du matériau pertinente de l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

Pour les basses fréquences et les films de forte épaisseur, il est courant d'effectuer les mesures sur des spécimens constitués d'une seule couche de film. Cependant, il a été découvert qu'à une fréquence supérieure à 1 MHz, des films très minces peuvent être mesurés de façon plus pratique et précise à l'aide d'un grand nombre de couches (feuilles) du matériau mesuré. L'air doit être chassé de l'empilage par pressage. L'épaisseur moyenne du spécimen est déterminée à partir de la densité du matériau, de la surface de l'empilage et de sa masse.

18.2.2 Manipulation des échantillons et des spécimens

L'échantillonnage doit être réalisé conformément à la spécification du matériau. L'état et le conditionnement du matériau ne doivent pas être modifiés.

Les échantillons et les éprouvettes doivent être manipulés avec soin pour éviter la contamination, les éraflures et les empreintes de doigt.

Au moins trois éprouvettes doivent être utilisées, sauf spécification contraire dans la spécification du matériau.

18.2.3 Conditionnement des échantillons avant les mesures

Tout conditionnement préalable aux mesures doit être réalisé conformément aux spécifications du matériau ou selon un accord entre fournisseur et acheteur.

NOTE 1 Les propriétés des matériaux constituant les films peuvent être substantiellement affectées par l'humidité. Les conditions normalisées à observer avant et pendant les essais de matériaux isolants électriques solides sont données dans l'IEC 60212. Les humidités relatives associées aux différentes solutions salines sont données dans l'IEC 60260.

NOTE 2 Les propriétés des matériaux constituant le film peuvent également être sensiblement affectées par la chaleur, la contrainte mécanique, les rayonnements nucléaires, les rayons X, etc. Les méthodes décrites peuvent être utilisées pour évaluer l'ampleur de ces effets.

NOTE 3 Sauf spécification contraire, les spécimens sont mesurés dans l'état où ils ont été reçus et après leur conditionnement dans une atmosphère sèche.

Les échantillons avec électrodes peintes, évaporées ou projetées doivent être conditionnés après avoir appliqué les électrodes, la peinture ou le traitement sous vide ayant un impact important sur la teneur en humidité du matériau. Ces types d'électrodes sont perméables à l'humidité, mais si elles sont utilisées, il convient de s'assurer que les spécimens ont atteint un équilibre substantiel avec l'atmosphère de conditionnement dans le temps indiqué par la spécification du matériau correspondante.

NOTE 4 Cela peut être réalisé par une série de mesures comparatives effectuées après des périodes de conditionnement complémentaires.

18.2.4 Mesures à l'aide d'électrodes de contact

18.2.4.1 Généralités

Pour mesurer des films minces avec des fréquences allant jusqu'à environ 50 kHz, un dispositif à trois électrodes doit être utilisé. Un exemple type est donné à la Figure 4.

Pour des mesures à des fréquences supérieures, un système à deux bornes doit être utilisé (Figure 5).

Les électrodes internes doivent être faites d'un matériau assurant un bon contact avec la surface du spécimen et n'introduisant pas d'erreur notable due à la résistance de l'électrode ou à la contamination du spécimen.

NOTE Les mesures du facteur de dissipation à hautes fréquences peuvent être réalisées avec plus de précision en utilisant les méthodes d'électrode sans contact, car les erreurs survenant par perte diélectrique des électrodes internes, augmentent avec la fréquence.

Il convient que le matériau constituant l'électrode soit résistant à la corrosion dans les conditions d'essais. Celles-ci doivent être utilisées avec des électrodes support adaptées.

Si des films de très faible épaisseur doivent être mesurés (2 µm ou moins), l'électrode support peut être revêtue d'un morceau d'aluminium afin d'éviter des dommages sur l'échantillon pendant le positionnement de l'électrode support.

Il convient de déterminer si l'électrode influence les résultats. Cela peut être réalisé par comparaison avec le résultat des essais effectués en utilisant les deux différents types d'électrodes.

18.2.4.2 Matériaux constituant les électrodes

18.2.4.2.1 Métal évaporé ou projeté

Les types d'électrodes les plus recommandés sont les électrodes métalliques évaporées ou projetées tant que le matériau constituant l'échantillon n'est pas significativement affecté par le traitement sous vide ou le bombardement d'ions. De l'aluminium, de l'argent ou de l'or peuvent être utilisés comme matériaux pour les électrodes. Les films métalliques d'environ 150 nm d'épaisseur donnent les meilleurs résultats quant aux propriétés électriques, et la plus faible contrainte sur le matériau constituant l'échantillon au cours du dépôt métallique. L'utilisation de masques donne des électrodes ayant des bords extrêmement bien définis et une surface reproductible.

Avant l'évaporation, il convient que le vide dans la chambre soit d'au moins 0,05 μ bar. Pendant l'évaporation, il convient que la vitesse de grossissement du film métallique soit de 1 nm/s environ. Le dépôt de l'électrode via la vaporisation du matériau fournisseur d'électrode en utilisant la décharge d'un condensateur est normalement d'une durée courte et non contrôlée.

La contrainte sur l'échantillon au cours de la projection, la qualité et les propriétés des électrodes projetées dépendent du choix du gaz, de la pression du gaz à l'intérieur de la chambre de réaction, de la tension utilisée et de la position de l'échantillon à l'intérieur de la chambre de réaction. Les conditions doivent être optimisées selon le matériel de projection choisi.

Quand les spécimens métallisés ne peuvent être mesurés immédiatement après métallisation (en raison de l'exposition à une atmosphère de conditionnement pendant un certain temps, par exemple), des précautions doivent être prises afin de réduire le plus possible les effets de la corrosion de l'électrode. Dans ce cas, des électrodes évaporées en or sont recommandées. Cela est particulièrement important pour les matériaux présentant un faible facteur de dissipation (les polypropylènes, par exemple).

18.2.4.2.2 Peinture argentée conductrice

Des peintures argentées très conductrices disponibles sur le marché peuvent être utilisées comme électrodes, mais il convient d'établir que le solvant contenu dans la peinture n'affecte pas les propriétés de l'échantillon. L'utilisation de masques donne des électrodes de surfaces reproductibles.

18.2.4.2.3 Feuille métallique

Les électrodes sous forme de fines feuilles métalliques peuvent être fabriquées à partir de plomb, d'étain, d'aluminium, d'argent ou d'or. Elles peuvent être fixées à la surface de l'échantillon par une petite quantité de vaseline ou de graisse.

Les graisses à la silicone ne sont pas recommandées pour les mesures sur des matériaux ayant de faibles facteurs de dissipation, car elles présentent un facteur de dissipation très élevé pour certaines fréquences et températures. Leur utilisation principale est aux températures élevées quand la vaseline possède une viscosité trop faible. Les graisses oléfiniques à haut poids moléculaire et faibles pertes sont considérées comme les mieux adaptées.

Les électrodes doivent être appliquées avec une pression régulière pour éliminer tout l'air et tous les faux plis. L'excès de graisse peut être essuyé à l'aide d'un tissu. Le film de graisse doit être aussi mince que possible et son épaisseur doit être insignifiante par comparaison avec l'épaisseur de l'échantillon.

18.2.5 Mesures à l'aide d'électrodes sans contact

Pour les mesures réalisées proches de la température ambiante, les spécimens qui sont de très faible épaisseur ou présentant de très faibles pertes, ou ceux mesurés à haute fréquence sont mesurés de façon plus précise avec des électrodes sans contact, soit fixes soit contrôlées par un micromètre.

a) Dans l'air

Mesurer selon 4.1.2.2.1 de l'IEC 60250:1969, le facteur de dissipation à la température ambiante. Les électrodes spécimens ne sont pas exigées.

b) Déplacement de fluide

Mesurer selon 4.1.2.2.2 de l'IEC 60250:1969, la permittivité à la température ambiante.

18.2.6 Mode opératoire d'essai

Le mode opératoire d'essai est le suivant:

- a) appliquer les électrodes dans les conditions adaptées pour le spécimen avant d'effectuer les mesures spécifiées en 18.2.1;
- b) la mesure de la permittivité et celle du facteur de dissipation diélectrique doivent être réalisées conformément à la spécification du matériau et à la spécification de la méthode de mesure utilisée;
- c) le spécimen doit être mesuré à l'intérieur d'une enveloppe blindée;
- d) les calculs de la permittivité diélectrique et du facteur de dissipation doivent être réalisés conformément à la spécification de la méthode de mesure utilisée;
- e) les fréquences d'essais préférentielles sont 48 Hz à 62 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 1 MHz;
- f) calculer la valeur moyenne des mesures d'essais et la retenir comme résultat.

18.2.7 Rapport

Le rapport doit comprendre les informations suivantes:

- a) la description du fabricant et l'identification du matériau, y compris des informations sur les traitements de surface;
- b) l'épaisseur des échantillons;
- c) le type d'électrodes;
- d) des informations sur tous les conditionnements avant les mesures, y compris tous les modes opératoires de nettoyage;
- e) les conditions d'essais, c'est-à-dire la température et l'humidité relative;
- f) la tension appliquée;
- g) la fréquence;
- h) la permittivité;
- i) le facteur de dissipation.

18.3 Méthode 2

18.3.1 Généralités

Le facteur de dissipation et la permittivité doivent être déterminés sur un condensateur bobiné à une fréquence devant faire l'objet d'un accord entre fournisseur et acheteur et à une température de $23^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$, la véritable température étant consignée. Les condensateurs bobinés sont uniquement adaptés aux mesures du facteur de dissipation sur des films minces (jusqu'à 25 μm). Pour obtenir un résultat plus précis, il peut être nécessaire d'enlever l'air emprisonné par un traitement thermique et/ou sous vide du bobinage du condensateur.

Le conditionnement de l'échantillon, les matériaux constituant l'électrode, la forme de l'électrode, le mode opératoire d'essai et le rapport d'essai doivent être conformes à 17.2.

18.3.2 Facteur de dissipation supérieur ou égal à 5×10^{-4}

Préparer l'éprouvette selon 17.2.

18.3.3 Facteur de dissipation inférieur à 5×10^{-4}

Par accord entre fournisseur et acheteur, un type de condensateur peut être utilisé incorporant les caractéristiques suivantes:

- a) après bobinage sur un gros mandrin, il convient que le condensateur soit retiré de celui-ci et comprimé de sorte que la variation de la pression ne modifie pas le facteur de

dissipation. Le débordement de la feuille à chaque extrémité doit être suffisant pour permettre des liaisons boulonnées suffisamment fermes;

- b) avant de fixer le condensateur dans sa configuration finale, il convient de le sécher sous vide pendant 3 h à 4 h à la température ambiante pour enlever l'humidité absorbée.

19 Facteur de dissipation à l'état imprégné

Le présent document ne donne aucune exigence pour cet essai. Les détails de cet essai font l'objet d'un contrat.

20 Rigidité électrique

20.1 Essais en courant alternatif et en courant continu d'une feuille de film disposée en sandwich par des électrodes métalliques

La rigidité électrique sous tension en courant alternatif ou en courant continu doit être soumise à essai conformément à l'IEC 60243-1 et à l'IEC 60243-2, dans de l'huile ou dans l'air. Un mode d'accroissement de l'application de la tension doit être tel qu'indiqué en 10.1 "essai de courte durée" de l'IEC 60243-1:2013.

L'électrode doit être choisie à partir des configurations suivantes; électrodes inégales en 5.2.1.1 de l'IEC 60243-1:2013, électrodes sphériques et plates en 5.2.1.3 de l'IEC 60243-1:2013 et tiges et électrodes tiges en 5.2.2 de l'IEC 60243-1:2013. Le diamètre de l'électrode supérieure des électrodes inégales peut être ajusté à 6 mm, si nécessaire.

La configuration des électrodes utilisée pour cet essai d'un type individuel de film en matière plastique est spécifiée dans l'IEC 60674-3. Il convient d'utiliser la même configuration d'électrodes pour les essais en courant alternatif et en courant continu.

20.2 Essai en courant continu à l'aide d'un condensateur bobiné

Sauf spécification contraire dans l'IEC 60674-3, les condensateurs d'essais sont bobinés conformément à 17.2.2, mais avec une marge latérale égale à 1 mm/kV de tension de claquage prévue. Chaque condensateur est soumis à un accroissement de la tension continue sous forme d'un courant de charge de $100 \mu\text{A} \pm 20 \mu\text{A}$.

La valeur maximale de tension obtenue est indiquée et de préférence enregistrée par un instrument de mesure permettant une erreur inférieure à 1 % de la déviation à pleine échelle à la vitesse d'accroissement spécifiée. De façon pratique, un diviseur de tension alimentant un enregistreur à pont équilibré peut être utilisé.

Vingt et un essais sont réalisés. Consigner la valeur médiane des vingt et un résultats et le nombre de claquages survenant à la tension spécifiée dans l'IEC 60674-3 ou à une valeur moindre.

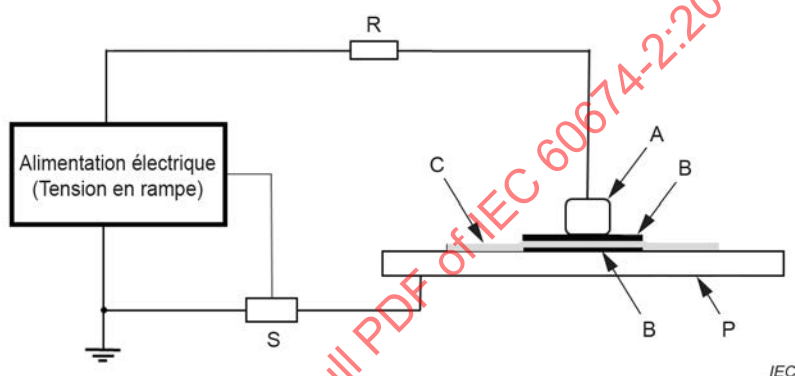
20.3 Essai en courant continu pour un film d'épaisseur inférieure ou égale à 6 μm

Le spécimen de film (C à la Figure 11) est disposé en sandwich entre des feuilles d'aluminium (B à la Figure 11) et placé sur une plaque conductrice plane (P à la Figure 11). La taille du spécimen de film est de 10 cm × 10 cm. Il convient que le côté mat de la feuille soit en contact avec le film. La taille de la feuille est de 5 cm × 5 cm de 12 μm en épaisseur. Une électrode haute tension (HT) à bord rond (A à la Figure 11, constituée de laiton) est placée sur la feuille. Le poids de l'électrode HT est égal à 0,2 kg. La surface de contact de l'électrode HT sur la feuille est de 7 cm². Il convient que l'électrode plane soit polie de manière à ne pas induire de claquage du film par suite d'une éraflure sur la plaque. La résistance (R) est insérée en vue de limiter le courant en cas d'accident. La feuille sert d'électrode et celle supérieure est destinée à la protection du film contre l'électrode HT. Il convient de les remplacer par des neuves après l'essai de claquage de chaque film.

Lors d'une mesure de la tension de claquage, une tension en rampe est appliquée à l'électrode HT. La vitesse de la rampe est comprise entre 100 V/s et 400 V/s. La tension de claquage du film est définie comme la tension au moment où le courant du fait du claquage à travers le film est tout d'abord détecté au cours de l'application de la tension en rampe. Un système de coupure sensible au courant (S à la Figure 11) est utilisé pour couper immédiatement la tension continue appliquée.

Le premier claquage peut être détecté par une augmentation soudaine du courant. Il convient de réguler l'augmentation soudaine du courant à une certaine valeur spécifiée, qui dépend du temps de réponse du dispositif de détection S. Mais en pratique, l'expérience montre qu'il convient de régler le courant à une valeur inférieure à 50 μ A, afin de détecter le premier claquage. Si le courant est détecté à un niveau plus élevé que ladite valeur spécifiée, la méthode ne détectera pas le premier claquage, mais plusieurs claquages.

Dans le cadre de la mesure, il convient d'éliminer les données du claquage du bord de l'électrode en feuille. La résistance au claquage est déterminée par la valeur médiane des résultats d'essais avec l'apparition de dix claquages au niveau de la surface plane de l'électrode en feuille.



Légende

- A électrode haute tension
- B feuille d'aluminium (5 cm × 5 cm, d'épaisseur: 12 μ m)
- C spécimen de film (10 cm × 10 cm)
- P électrode plane
- R résistance en vue de la protection de la surface d'électrode plane lors du claquage
- S dispositif de détection du courant du fait d'un claquage

NOTE Dans certains cas, la résistance (R) et le dispositif de détection (S) sont intégrés dans l'alimentation électrique.

Figure 11 – Schéma de principe du système de mesure du claquage pour un film d'une épaisseur inférieure à 6 μ m

21 Plages électriquement faibles

21.1 Généralités

Les méthodes données reposent sur le comptage des plages faibles. Pour interpréter le résultat de ces comptages, il est important d'être conscient des méthodes statistiques utilisées. La pratique a montré que le nombre de comptages suit une loi du type distribution de Poisson. Lors du choix des limites utilisées dans l'IEC 60674-3, accorder l'attention voulue aux différents traitements statistiques exigés par les essais qui utilisent un comptage plutôt que la mesure des grandeurs pour déterminer les résultats.

21.2 Méthode A: Essai de bandes étroites de films de grandes longueurs

21.2.1 Matériel d'essai

Le matériel d'essai est présenté sous forme de schéma (Figure 6). Il doit permettre d'entraîner la bande de film à soumettre à essai à une vitesse constante de 5 m/min sur une partie de circonférence d'environ 90° d'un galet tournant sans frottement et relié à la terre qui constitue l'une des deux électrodes. Ce galet présente un diamètre de 15 mm, est réalisé en acier résistant à la corrosion et sa surface est polie. La deuxième électrode se compose d'une feuille d'aluminium légère d'une largeur de 10 mm à 20 mm et de 0,006 mm d'épaisseur. La feuille d'aluminium est courbée sur le galet avec l'angle le plus plat possible (environ 10°) et est chargée à environ 40 g par 10 mm de largeur, de préférence par une pince lestée. Il s'agit de plaquer la feuille d'aluminium au film à soumettre à essai. La feuille d'aluminium doit être plus étroite que la bande de film à soumettre à essai et disposée de sorte que la bande de film dépasse la feuille d'au moins 2,5 mm sur les deux bords. Une tension continue de 100 V par 0 001 mm d'épaisseur de film à soumettre à essai doit être appliquée entre la feuille d'aluminium et le galet. Il doit être possible de régler la tension d'essai pendant que la bande de film se déroule. (La tension réglée pendant que la bande de film est au repos chute si le film se met en mouvement, en raison de l'évacuation des charges par la bande de film).

L'appareil fournissant le courant continu doit être conçu pour revenir à la tension d'essai totale au bout de 0,1 s environ à la suite d'un claquage, de manière à pouvoir détecter les défauts avec précision les uns après les autres. Un appareil de comptage adapté doit être utilisé pour décompter les impulsions électriques (plages électriquement faibles).

21.2.2 Mode opératoire

La bande de film à soumettre à essai est entraînée entre le galet et la feuille d'aluminium (voir 21.2.1) et les impulsions électriques (plages électriquement faibles) sont comptées.

21.2.3 Résultats

Le nombre de plages électriquement faibles décomptées est divisé par la surface soumise à essai pour donner le comptage par défaut par m² obtenu par la méthode A.

Les informations suivantes doivent être indiquées:

- largeur en millimètres de la feuille d'aluminium;
- longueur en mètres des bandes de film soumises à essai.

21.3 Méthode B: Essai des films en bande large

21.3.1 Généralités

Note d'avertissement: L'énergie stockée dans cette éprouvette peut être d'environ 1 J.

21.3.2 Matériel d'essai

Un schéma du matériel d'essai est donné à la Figure 7. Sur un support électriquement isolant d'environ 270 mm × 160 mm repose une feuille de plastique métallisé¹ mesurant 250 mm × 140 mm, face métallisée tournée vers le dessus. Une éprouvette mesurant 180 mm × 180 mm prélevée du film à soumettre à essai est placée sur la face métallisée de manière à dépasser de 20 mm sur chaque côté de 250 mm de long de la feuille de plastique métallisé, et à se terminer à l'un des côtés de 140 mm de long de la feuille. Une autre feuille de plastique métallisé de 140 mm de large est placée sur l'éprouvette, côté face métallique tournée vers le dessus, et au-dessus de cette plaque de caoutchouc-mousse mesurant 140 mm × 140 mm et d'environ 4 mm d'épaisseur. Après avoir replié la feuille de plastique

¹ Par exemple, un vide sur film épais en téréphtalate de polyéthylène (PETP, de l'anglais "polyethyleneterephthalate") de 0,03 mm d'épaisseur et métallisé sous vide avec de l'aluminium.

métallisé supérieure autour de la plaque de caoutchouc-mousse, charger le tout d'une plaque de métal mesurant 140 mm × 140 mm et pesant environ 650 g. La tension d'essai est appliquée sur la plaque métallique. L'extrémité libre de la feuille de plastique métallisé inférieure est reliée à la terre. La tension d'essai (continue ou alternative de crête) est de 100 V par 0,001 mm d'épaisseur de l'éprouvette.

21.3.3 Mode opératoire

À partir de zéro, la tension d'essai est augmentée à la vitesse de 0,5 kV/s jusqu'à la valeur calculée, puis maintenue à cette valeur pendant 1 min, après quoi, le spécimen est retiré du matériel d'essai et les plages électriquement faibles, reconnaissables à leurs taches brunâtres, sont décomptées sur une surface de 100 cm², située à au moins 20 mm du bord de la zone soumise à essai.

L'essai porte sur 10 éprouvettes prélevées de manière également répartie dans la largeur du rouleau de film.

21.3.4 Résultats

Le nombre de plages électriquement faibles déterminé sur les 10 éprouvettes est divisé par la surface du film et indiqué comme le comptage de défauts par mètre carré obtenu à l'aide de la méthode B. Le type de tension d'essai doit également être indiqué.

21.4 Méthode C: Essais des films en rouleau

21.4.1 Généralités

De nombreux types d'appareils destinés à des films en rouleau sont utilisés par les fabricants et les clients afin d'évaluer les plages électriquement faibles. Les résultats obtenus par chaque appareil ont été utilisés pour l'évaluation afin de satisfaire aux critères convenus entre le fournisseur et l'acheteur. Dans la présente partie de l'IEC 60674, trois types d'appareils destinés aux essais de films en rouleau sont présentés sous forme d'exemples types.

Méthode C1: appareil où le film non métallisé soumis à essai fonctionne entre des couches de feuille d'aluminium nettoyée constituant les électrodes. Une feuille d'aluminium constituant les électrodes est reliée au potentiel de la terre. L'autre est reliée à la haute tension.

Méthode C2: appareil où le film, métallisé sur une surface, est utilisé comme électrode en contact avec le film soumis à essai. Le film métallisé est relié à l'électrode de terre. Un côté du film à soumettre à essai est placé en contact avec le film métallisé, tandis que l'autre est placé en contact avec le rouleau haute tension.

Méthode C3: appareil où le rouleau mis à la terre est en contact avec la surface du film. L'électrode haute tension n'est pas en contact avec la surface du film.

Il convient de noter qu'il est recommandé de ne pas comparer ces méthodologies d'essais, car les résultats ne sont pas identiques, même si la même qualité de film est utilisée.

21.4.2 Système de débobinage

21.4.2.1 Généralités

Le système de débobinage complet est logé dans une enceinte adaptée afin de le protéger de la poussière. Un commutateur est prévu pour couper la tension d'essai à l'ouverture de la porte de cette enceinte.

21.4.2.2 Méthode C1

Un schéma de l'appareil est donné à la Figure 8. Le film soumis à essai est débobiné à la même vitesse que les deux feuilles d'aluminium constituant les électrodes 1 et 2 par deux galets recouverts de caoutchouc R4 et R5. L'épaisseur de ces électrodes est comprise entre 5 μm et 6 μm , l'électrode 1 étant plus étroite que l'électrode 2 d'environ 20 mm. Elles sont électriquement connectées au système de mesure par défaut à l'aide des deux galets métalliques R1 et R2, respectivement. La détection de défaut a lieu sur le galet en quartz R3, dont le diamètre est de 24 mm. La feuille d'aluminium 1 constituant l'électrode est tangente à ce galet, alors que l'électrode 2 l'enveloppe sur 180°, de sorte que le film soumis à essai est uniquement soumis à la tension d'essai sur la ligne de contact.

21.4.2.3 Méthode C2

Un schéma de l'appareil est donné à la Figure 9. Le film soumis à essai est débobiné à la même vitesse que le film métallisé. L'épaisseur du film métallisé est de 2 μm et ce dernier est plus étroit que le film soumis à essai d'environ 20 mm. La surface métallisée du film est reliée électriquement au potentiel de la terre en touchant le galet relié à la terre (R1). La haute tension est reliée au galet métallique R2.

21.4.2.4 Méthode C3

Un schéma de l'appareil est donné à la Figure 10a). Le film soumis à essai passe dans l'espace entre l'électrode haute tension et le galet métallique relié à la terre. Comme le montre la Figure 10b), l'espace entre le bord de l'électrode haute tension et le galet métallique relié à la terre est de $0,10 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$. Une forme type d'électrode haute tension est une plaque métallique de 4 mm d'épaisseur dont le bord présente une courbure de 2 mm de rayon, sauf spécification contraire dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties). L'angle central (α), formé par un arc circulaire entre un point de contact et un point distinct du film est supérieur à 120°.

21.4.3 Compteur de défauts

Le système de comptage comprend:

- un générateur haute tension de courant continu pouvant fournir une tension réglable. Le courant de claquage est limité par une résistance de 10 k Ω , quelle que soit la tension d'essai. En cas de claquage, il convient que la tension revienne à sa valeur initiale en moins de 0,5 s;
- un détecteur d'impulsions adapté en raison du courant de claquage, ainsi qu'un compteur d'impulsions adapté;
- en option, un commutateur permettant d'arrêter l'appareil après essai d'une longueur de film donnée.

21.4.4 Mode opératoire

Déterminer la vitesse de débobinage, le champ électrique appliqué au film et une zone d'examen (largeur et longueur) du film avant l'essai. Ces paramètres sont spécifiés dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

21.4.5 Résultats

Le nombre de défauts est divisé par la surface en mètres carrés et exprimé comme le comptage de défauts par mètre carré selon la méthode C1, la méthode C2 ou la méthode C3.

En outre, les informations suivantes doivent être notées:

- la vitesse de débobinage;
- la valeur du champ électrique en kilovolts par millimètre ou en volts par micromètre;

- la largeur et la longueur du film examiné;

22 Résistance au claquage sous l'action de décharges superficielles

La résistance au claquage sous l'action de décharges superficielles doit être déterminée conformément à l'IEC 60343.

23 Corrosion électrolytique

La corrosion électrolytique doit être déterminée conformément à l'une des méthodes données dans l'IEC 60426. La méthode particulière est spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

24 Point de fusion

Le point de fusion doit être mesuré à l'aide de la méthode DSC conformément à l'ISO 11357-3.

25 Variation dimensionnelle

25.1 Éprouvettes

Deux types d'éprouvettes peuvent être utilisés: carré ou en bande. La taille du type carré est d'environ 100 mm × 100 mm. La taille classique de la bande est de 20 mm × 150 mm, même si d'autres tailles peuvent être utilisées.

Dans le cas du type carré, découper deux éprouvettes dans le film. Repérer sur chaque éprouvette le sens machine ou le sens transversal. Pour les films plus étroits que 100 mm, prendre la largeur réelle et 100 mm de longueur.

Dans le cas du type en bande, découper dix éprouvettes dans le film. La direction dans le sens longitudinal de cinq spécimens sur dix doit être disposée dans le même sens que le sens machine, et celle des cinq autres dans le sens transversal. Repérer deux lignes de référence espacées de 100 mm ± 2 mm sur la surface du spécimen de sorte qu'elles soient centrées sur la longueur de la bande.

25.2 Mode opératoire

La longueur et la largeur du spécimen carré sont mesurées selon une précision de 0,1 mm. La distance entre les lignes de référence du spécimen de type bande est également mesurée selon une précision de 0,1 mm.

L'éprouvette de l'autre type est ensuite librement suspendue dans une enceinte chauffante à circulation d'air naturelle, pendant le temps et à la température spécifiés dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

Après refroidissement à la température ambiante, la longueur et la largeur sont mesurées aux mêmes points que précédemment. Pour le type en bande, la distance entre les deux lignes de référence est mesurée aux mêmes points. Il convient d'effectuer les mesures des deux types selon une précision de 0,1 mm.

25.3 Résultats

La modification des dimensions de chaque éprouvette est calculée et exprimée en pourcentage de variation dimensionnelle par rapport aux dimensions initiales dans le sens machine et le sens transversal.

Dans le cas du type carré, la variation dimensionnelle dans chaque sens désigne la valeur moyenne des deux mesures dans ce sens.

Dans le cas du type bande, la variation dimensionnelle dans chaque sens désigne la valeur moyenne des cinq mesures dans ce sens avec les cinq spécimens.

26 Stabilité dimensionnelle sous tension à température croissante

26.1 Éprouvettes

Des éprouvettes de 15 mm de largeur sont découpées dans les films dans le sens machine, mais aussi, le cas échéant, dans le sens transversal du rouleau de film (il convient de veiller à obtenir des surfaces correctement découpées). Pour les bandes plus étroites, les éprouvettes de film sont prélevées dans la largeur fournie. La longueur des éprouvettes dépend du matériel d'essai. La longueur mesurée de 20 mm est marquée par deux lignes à peu près au milieu de leur longueur et sur toute la largeur.

26.2 Mode opératoire

L'éprouvette est suspendue dans une enceinte chauffante et chargée à une tension de $2,5 \text{ N/mm}^2$. Une échelle graduée, appliquée derrière l'éprouvette (ou le long de celle-ci, dans le cas d'un film opaque) permet d'estimer la variation de la longueur mesurée selon une précision de 1 mm.

Un couple thermoélectrique est fixé à l'éprouvette à proximité de la longueur mesurée. L'enceinte est chauffée de façon à ce que la température mesurée sur l'appareil de mesure augmente régulièrement de $50 \text{ °C} \pm 1 \text{ K/h}$, à partir d'une température inférieure ou égale à 30 °C . Lorsque la longueur mesurée s'est allongée sous la charge de 40 % par rapport à la longueur initiale ou si l'éprouvette se déchire, mesurer la température. Les essais au cours desquels le spécimen est déchiré par les mâchoires de la machine ne sont pas pris en compte et doivent être répétés.

Trois spécimens sont soumis à essai dans le sens machine et, le cas échéant, trois dans le sens transversal du rouleau de film.

26.3 Résultats

La valeur médiane des trois valeurs individuelles de la température est la stabilité dimensionnelle sous contrainte de traction à température croissante dans le sens concerné.

Il est préférable de tracer une courbe de la variation de la longueur mesurée en fonction de la température. Si l'éprouvette se déchire avant d'avoir atteint l'allongement de 40 %, cela doit être consigné, tout comme la température.

27 Stabilité dimensionnelle sous pression à température croissante

27.1 Matériel d'essai

Le spécimen est maintenu entre deux fils de nickel de 1 mm de diamètre croisés à angle de 90° sous une charge fixe de 30 N. La pénétration de l'éprouvette est indiquée par le contact électrique des deux fils.

27.2 Éprouvettes

Trois éprouvettes de $30 \text{ mm} \times 30 \text{ mm}$ sont découpées dans le film.

27.3 Mode opératoire

Le matériel d'essai est placé dans une étuve de laboratoire à circulation d'air et exempt de vibrations. L'éprouvette est disposée entre les fils de pénétration du matériel d'essai, puis chargée sans choc à 30 N. Une tension continue d'environ 40 V est ensuite reliée à ces deux fils à l'aide de l'instrument de signalisation.

En commençant à 30 °C, la température est uniformément augmentée à un taux de $50\text{ °C} \pm 3\text{ K/h}$ jusqu'à ce que l'instrument indique la destruction du spécimen. La température est mesurée à proximité immédiate de l'éprouvette. La température est mesurée dès lors que l'instrument de signalisation indique la destruction de l'éprouvette.

27.4 Résultats

La valeur médiane des trois mesures individuelles de température, exprimée en degrés Celsius, est la stabilité dimensionnelle sous pression, à température croissante.

28 Résistance à la pénétration à température élevée

28.1 Généralités

La résistance à la pénétration à température élevée doit être déterminée conformément à l'Article 10 de l'IEC 60454-2:2007.

28.2 Principe

La méthode permet de déterminer la température à laquelle une sphère de 1,5 mm de diamètre pénètre le film au point d'établir un contact électrique à travers celui-ci.

29 Teneur en produits volatils (perte de masse au chauffage)

29.1 Éprouvettes

Trois spécimens sont soumis aux essais. Chaque éprouvette se compose d'un nombre suffisant de morceaux de film de 50 mm × 50 mm pour obtenir un spécimen de masse supérieure ou égale à 300 mg. Si la largeur de film est inférieure à 50 mm, l'éprouvette doit présenter une longueur de film de masse supérieure ou égale à 300 mg.

29.2 Mode opératoire

L'éprouvette est séchée dans une étuve à la température de préconditionnement et pendant la durée spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties). Au cours de cette opération de chauffage et des suivantes, l'éprouvette doit être disposée de façon à permettre une libre circulation de l'air sur toutes les surfaces.

L'éprouvette est ensuite refroidie à la température ambiante dans un dessiccateur, puis pesée (m_1).

L'éprouvette doit être chauffée à la température et pendant la durée spécifiées dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties). L'éprouvette doit ensuite être refroidie à la température ambiante dans un dessiccateur, puis pesée (m_2).

29.3 Résultat

La teneur en produits volatils, V_c (%), de chaque spécimen est la suivante:

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

Le résultat est la valeur médiane des trois mesures, les deux autres valeurs étant consignées.

30 Endurance thermique

L'endurance thermique, TI ou RTE, doit être déterminée conformément à l'IEC 60216 (toutes les parties). Les critères de point limite sont spécifiés dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties).

31 Caractéristiques de combustion

31.1 Principe

Il s'agit d'un essai de combustion effectué sur des éprouvettes en position verticale et ayant pour objectif de diviser les matériaux en classes différentes en fonction des résultats obtenus. L'essai est applicable aux matériaux minces (épaisseur allant jusqu'à 0,25 mm inclus), y compris les matériaux qui se rétrécissent ou se déforment du côté opposé à la flamme.

31.2 Appareillage

- Chambre d'essai, enceinte ou hotte de laboratoire exempte de courants d'air;
- bec Bunsen ou de Tyrrel à brûleur de 100 mm de longueur et d'un diamètre intérieur de 9 mm;
- support circulaire avec pinces ou tout autre moyen permettant de maintenir les éprouvettes en position verticale;
- alimentation en gaz méthane (qualité technique) avec régulateur et dispositif de mesure permettant d'obtenir un débit uniforme (il est considéré qu'un gaz naturel présentant une valeur calorifique de 9 000 kcal/m³ (1 000 BThU par pied cubique) peut donner des résultats analogues);
- chronomètre ou dispositif équivalent adapté;
- coton absorbant de qualité chirurgicale;
- dessiccateur au chlorure de calcium anhydre;
- local ou cabine de conditionnement à 23 °C ± 2 K et 50 % ± 5 % h.r.;
- étuve ventilée à 70 °C ± 1 K;
- mandrin de 9,5 mm ± 0,5 mm de diamètre.

31.3 Éprouvettes

Cinq éprouvettes doivent être soumises à essai.

Ces éprouvettes doivent être découpées dans le film soumis à essai et doivent présenter les dimensions suivantes: longueur 200 mm, largeur 50 mm.

Les éprouvettes soumises à essai selon cette méthode sont limitées à une épaisseur maximale de 0,25 mm.

Elles doivent être préparées en traçant une ligne sur la largeur de l'échantillon à 125 mm de l'une de ses extrémités.

L'éprouvette est ensuite enroulée autour d'un mandrin de diamètre 9,5 mm ± 0,5 mm de façon à former un cylindre de 200 mm de longueur, la ligne tracée à 125 mm de l'extrémité se trouvant à l'extérieur.

L'extrémité de l'éprouvette enroulée est fixée à l'aide d'un ruban adhésif de 75 mm de largeur placé de manière à faire coïncider l'une de ses extrémités avec la ligne tracée à 125 mm. L'éprouvette cylindrique est ensuite retirée du mandrin.

31.4 Conditionnement

Les lots d'éprouvettes doivent être conditionnés comme suit:

- a) lots de cinq éprouvettes, conditionnés pendant au moins 48 h à $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et $50\% \pm 5\%$ h.r. avant l'essai;
- b) lots de cinq éprouvettes, conditionnés avant l'essai dans une étuve ventilée pendant 168 h à $70\text{ °C} \pm 1\text{ K}$, puis refroidis pendant 4 h à température ambiante.

31.5 Mode opératoire

L'essai doit être réalisé dans un local, une enceinte ou une hotte de laboratoire exempt de courants d'air.

Une hotte de laboratoire fermée équipée d'une fenêtre en verre antithermique et d'une aspiration forcée pour évacuer les produits de combustion après l'essai est recommandée.

Le support circulaire doit maintenir verticalement l'éprouvette par son extrémité supérieure sur une longueur de 6,0 mm, de manière à placer son extrémité inférieure à 9,5 mm au-dessus du sommet du brûleur et à 300 mm au-dessus d'une couche horizontale de coton absorbant de qualité chirurgicale sec mesurant 50 mm $\times$ 50 mm et de 6,0 mm d'épaisseur. L'extrémité supérieure de l'éprouvette cylindrique ainsi placée doit demeurer ouverte.

Tenu hors de portée de l'éprouvette, le brûleur est allumé, puis réglé de manière à obtenir une flamme bleue de $20\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$ de hauteur. Cette flamme peut être obtenue en ajustant le débit du gaz et l'entrée d'air pour obtenir une flamme éclairante de 20 mm de hauteur à pointe jaune, puis augmenter l'air jusqu'à faire disparaître la pointe jaune de la flamme. Il convient de mesurer à nouveau la hauteur de la flamme et de la corriger si nécessaire.

La flamme est placée concentriquement sous le centre de l'extrémité inférieure du spécimen soumis à essai et maintenue ainsi pendant 3 s. Elle est ensuite écartée de l'éprouvette à une distance d'au moins 150 mm, et la durée pendant laquelle l'éprouvette continue à brûler est notée.

Dès que la combustion s'arrête, la flamme est immédiatement replacée sous l'éprouvette. Au bout de 3 s, la flamme est à nouveau écartée et la durée de l'inflammation et de la combustion est notée.

Si l'éprouvette émet de la matière enflammée ou fondue au cours de l'une des applications de la flamme, il convient d'incliner le bec selon un angle de 45° et de le déplacer légèrement vers le bord de l'éprouvette pour éviter que des particules de matière ne tombent dans le brûleur.

Si, au cours de l'essai, l'éprouvette brûle à distance de la flamme, il convient de tenir le bec à la main pour maintenir la distance de 9,5 mm entre le bas de l'éprouvette et le sommet du brûleur pendant l'application de la flamme, en négligeant les projections de matière en fusion.

Pendant l'essai, les éléments suivants doivent être observés et notés:

- a) la durée de la combustion avec flamme après la première application du brûleur;
- b) la durée de la combustion avec flamme après la deuxième application du brûleur;
- c) si l'éprouvette émet ou non des particules enflammées qui mettent le feu au coton chirurgical;
- d) la durée de la combustion éventuelle après la deuxième application du brûleur;

e) si l'éprouvette brûle ou non jusqu'au repère tracé à 125 mm.

31.6 Interprétation des résultats

Selon les résultats obtenus à partir des essais décrits ci-dessus, les matériaux sont classés VTF 0, VTF 1 et VTF 2 (voir le Tableau 2) si, pendant les essais:

- l'une des 5 éprouvettes ne satisfait pas aux critères A, C, D ou E, ou
- la durée totale de combustion (critère B) est dépassée d'une durée allant jusqu'à 5 s, un autre essai peut être effectué sur un nouveau lot de cinq éprouvettes.

Les éprouvettes soumises à ce deuxième essai doivent satisfaire aux exigences de la classe qui leur est attribuée.

Tableau 2 – Classification des matériaux en fonction de leurs propriétés d'autoextinction

	Critères	VTF 0	VTF 1	VTF 2
A	Durée maximale de combustion avec flamme après chaque application du brûleur	10 s	30 s	30 s
B	Durée totale maximale de combustion pour 10 applications du brûleur et pour les 5 éprouvettes	50 s	250 s	250 s
C	Nombre d'éprouvettes capables de brûler jusqu'au repère de 125 mm	0	0	0
D	Émission de particules enflammées capables d'enflammer le coton chirurgical placé à 300 mm en dessous de l'éprouvette	0	0	^a
E	Durée maximale de combustion sans flamme après retrait du brûleur pour la deuxième fois	30 s	60 s	60 s
^a Quelques particules enflammées brûlant pendant un court instant, dont certaines peuvent enflammer le coton chirurgical.				

32 Absorption d'eau en atmosphère humide

32.1 Appareillage

- Balance d'une précision de $\pm 0,1$ mg;
- flacons tarés;
- étuve permettant de maintenir une température telle que spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties);
- dessiccateur;
- enceinte dans laquelle une humidité relative de $93 \% \pm 2 \%$ peut être maintenue.

32.2 Éprouvettes

Trois spécimens sont soumis aux essais. Chaque éprouvette se compose d'un nombre suffisant de morceaux de film de 50 mm × 50 mm pour obtenir une éprouvette de masse supérieure ou égale à 300 mg. Si la largeur de film est inférieure à 50 mm, l'éprouvette doit présenter une longueur de film de masse supérieure ou égale à 300 mg.

32.3 Mode opératoire

32.3.1 Absorption d'eau du matériau à l'état de livraison

La masse des trois éprouvettes dans l'état de livraison est déterminée.

Ces éprouvettes sont placées dans une atmosphère de $93 \% \pm 2 \%$ h.r. pendant une durée devant être spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties) et choisie au Tableau 2 de

l'IEC 60212:2010. Une fois cette durée écoulée, la masse de chaque éprouvette est déterminée (au milligramme près) immédiatement dans un flacon taré clos. L'augmentation de la masse de chaque éprouvette est calculée.

32.3.2 Absorption d'eau du matériau à l'état sec

Trois éprouvettes sont séchées dans une étuve à la température donnée dans l'IEC 60674-3 pendant 24 h, puis refroidies à la température ambiante dans un dessiccateur au pentoxyde de phosphore pendant au moins 1 h. Chacune des éprouvettes est pesée dans un flacon taré clos (au milligramme près).

Ces éprouvettes sont placées dans une atmosphère de $93 \% \pm 2 \% \text{ h.r.}$ pendant une durée devant être spécifiée dans l'IEC 60674-3 et choisie au Tableau 2 de l'IEC 60212:2010. Une fois cette durée écoulée, la masse de chaque éprouvette est déterminée (au milligramme près) immédiatement dans un flacon taré clos. L'augmentation de la masse de chaque éprouvette est calculée.

32.4 Résultats

Prendre la valeur médiane des trois mesures et consigner l'augmentation de la masse en pourcentage par rapport à la masse initiale à l'état de livraison ou à l'état sec, comme exigé.

33 Absorption de liquide

33.1 Principe

La méthode décrite ici est une méthode indirecte fondée sur la mesure de la masse de liquide absorbée par le film, l'augmentation de volume en raison du liquide absorbé étant calculée à partir des masses volumiques du film et du liquide.

33.2 Appareillage

- Emporte-pièce ou gabarit avec lame aiguisée ou rasoir capable de découper des carrés de film d'environ 50 mm × 50 mm;
- balance d'une précision de 0,1 mg;
- étuve permettant de contrôler la température à $\pm 1^\circ \text{C}$ de la température d'essai exigée spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties);
- bocal circulaire en verre d'au moins 100 mm de diamètre avec couvercle en verre adapté;
- feuilles de papier absorbant non glacé de 0,1 mm à 0,15 mm d'épaisseur, propres à absorber rapidement un liquide à la surface des éprouvettes;
- flacons tarés;
- flacon à masse volumique ou pycnomètre.

33.3 Éprouvettes

Trois spécimens sont soumis aux essais. Chaque éprouvette se compose d'un nombre suffisant de morceaux de film de 50 mm × 50 mm pour obtenir un spécimen de masse supérieure ou égale à 300 mg. Si la largeur de film est inférieure à 50 mm, l'éprouvette doit présenter une longueur de film d'au moins 300 mg.

33.4 Mode opératoire

Placer le bocal à conserve en verre contenant le liquide d'imprégnation (plus de 10 mm de hauteur) dans l'étuve à la température d'essai exigée.

Déterminer la masse (m) de chacune des trois éprouvettes par pesée à 0,1 mg près, à une température de $23^\circ \text{C} \pm 1 \text{ K}$.

Lorsque le liquide d'imprégnation a atteint la température d'essai, immerger les trois éprouvettes pesées dans le liquide de sorte que les carrés de matériaux restent séparés, et noter le temps.

Une fois la durée spécifiée dans l'IEC 60674-3 (toutes les parties) écoulée, retirer les éprouvettes de l'étuve et placer immédiatement les carrés d'essais séparément entre les feuilles de papier absorbant afin d'absorber le liquide des surfaces. Essuyer rapidement et complètement les faces à plusieurs reprises à l'aide de feuilles de papier neuves et peser les éprouvettes à température ambiante (m_0).

Il convient que l'essuyage et la pesée soient effectués dans les 15 min ²⁾ suivant le retrait des éprouvettes de l'étuve.

Mesurer la masse volumique du film en matière plastique (d) à $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ selon la méthode décrite à l'Article 5.

Mesurer la masse volumique (d_1) du liquide à $23\text{ °C} \pm 1\text{ K}$ à l'aide du flacon à masse volumique.

33.5 Calculs

L'absorption du liquide exprimée sous forme de pourcentage, AI (%) est égale à:

$$AI = \frac{(m_0 - m)}{m} \times \frac{d}{d_1} \times 100$$

33.6 Résultat

L'absorption du liquide est la valeur médiane des trois mesures.

34 Impuretés ioniques

Les impuretés ioniques doivent être déterminées selon l'IEC 60589.

Principe

La présence de matières organiques et/ou inorganiques solubles et ionisables est déterminée par l'augmentation de la conductivité volumique de l'extrait liquide.

35 Effet des vernis d'isolation

35.1 Mode opératoire

Les propriétés suivantes du film sont déterminées avant et après l'immersion dans le liquide:

- apparence, par exemple planéité, transparence et couleur;
- épaisseur (valeur médiane d'une mesure réalisée au centre de chacune des cinq éprouvettes de $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$);

²⁾ Certains liquides d'imprégnation affichant une certaine volatilité à la température ambiante, il convient de ne pas dépasser cette durée.

- résistance à la traction et allongement à la rupture (valeur médiane des cinq résultats dans le sens machine).

Une quantité suffisante de vernis d'isolation prêt à l'emploi est placée dans un récipient en verre adapté qui est fermé, puis chauffé (dans un bain liquide ou une enceinte chauffée à la température convenue pour le vernis spécifique, par exemple).

Dès que le vernis d'isolation a atteint cette température, cinq éprouvettes sont plongées dans le vernis de façon à être complètement immergées et ne pas entrer en contact avec les parois du récipient ou se toucher entre elles. Le récipient est ensuite à nouveau fermé. Au bout de $4 \text{ h} \pm 15 \text{ min}$ à la température convenue, les éprouvettes sont retirées séparément du récipient, rincées pendant quelques secondes dans le solvant électif de vernis et tamponnées avec du papier filtre. Il convient que les opérations de rinçage et de tamponnage ne durent pas plus de 60 s. Les mesures initiales sont répétées et achevées dans un délai de 3 min suivant le retrait du récipient.

35.2 Résultats

La comparaison des résultats d'essais après immersion dans le vernis permet de déterminer les modifications produites. Ces modifications doivent servir de résultats d'essais en fonction du vernis d'isolation utilisé, à savoir:

- modification de l'apparence, par exemple planéité, transparence et couleur;
- modification de l'épaisseur en pour cent (valeur médiane);
- modification de la résistance à la traction en pour cent (valeur médiane);
- modification de l'allongement à la rupture en pour cent (valeur médiane).

36 Effets dus aux mélanges résineux polymérisables à l'état liquide

36.1 Mode opératoire

L'effet des mélanges résineux polymérisables à l'état liquide est déterminé conformément à 35.1.

La température et la durée d'immersion dans le mélange résineux polymérisable dépendent de la nature du mélange utilisé. Il convient que l'immersion ne dure pas plus de 4 h. Les éprouvettes sont retirées pour être soumises aux essais après le délai convenu, mais avant le moment où se produit la gélification du mélange. Elles sont rincées pendant quelques secondes dans du toluène.

36.2 Résultats

Les résultats des essais sont évalués conformément à 35.2. La température et la durée d'immersion dans le mélange résineux polymérisable doivent être indiquées dans le rapport d'essai.

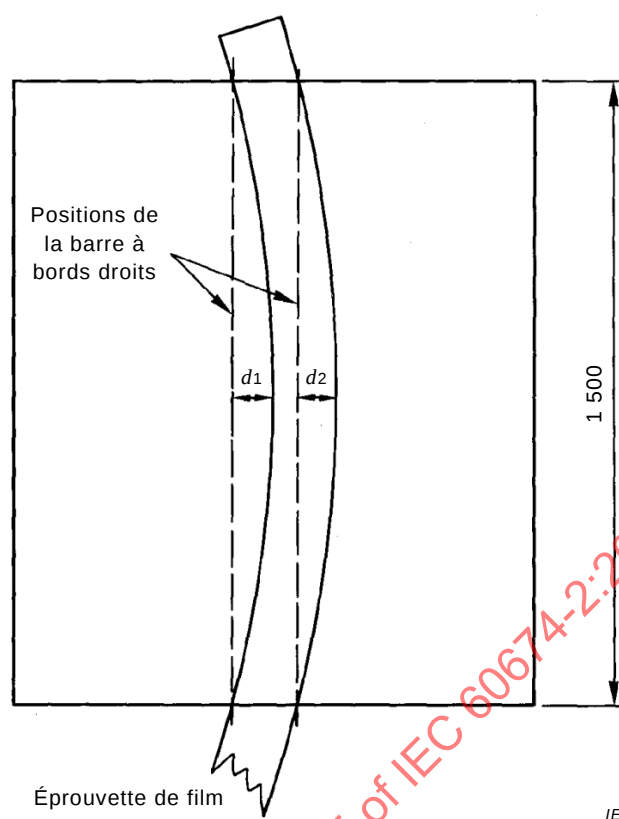
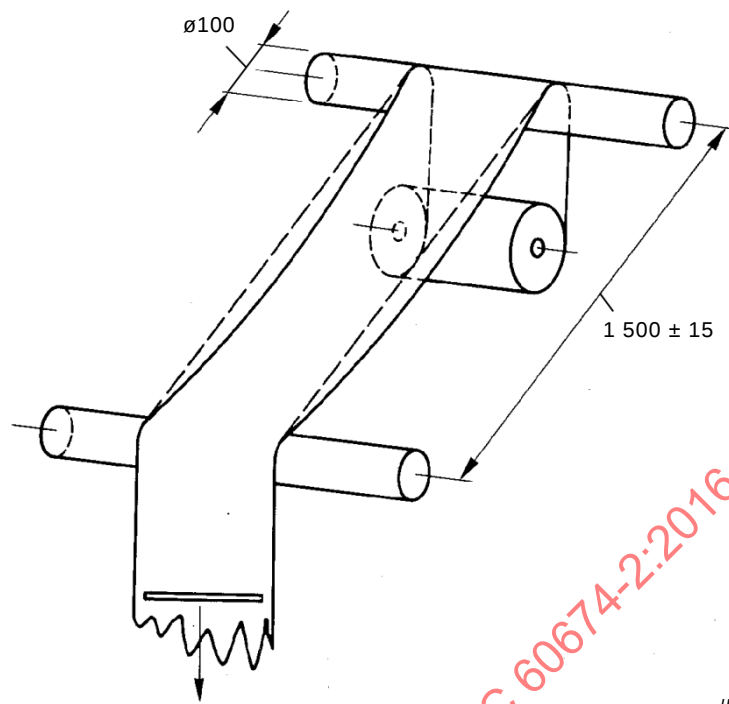


Figure 1 – Aptitude à l'enroulement du film – Mesure du biais – Méthode A

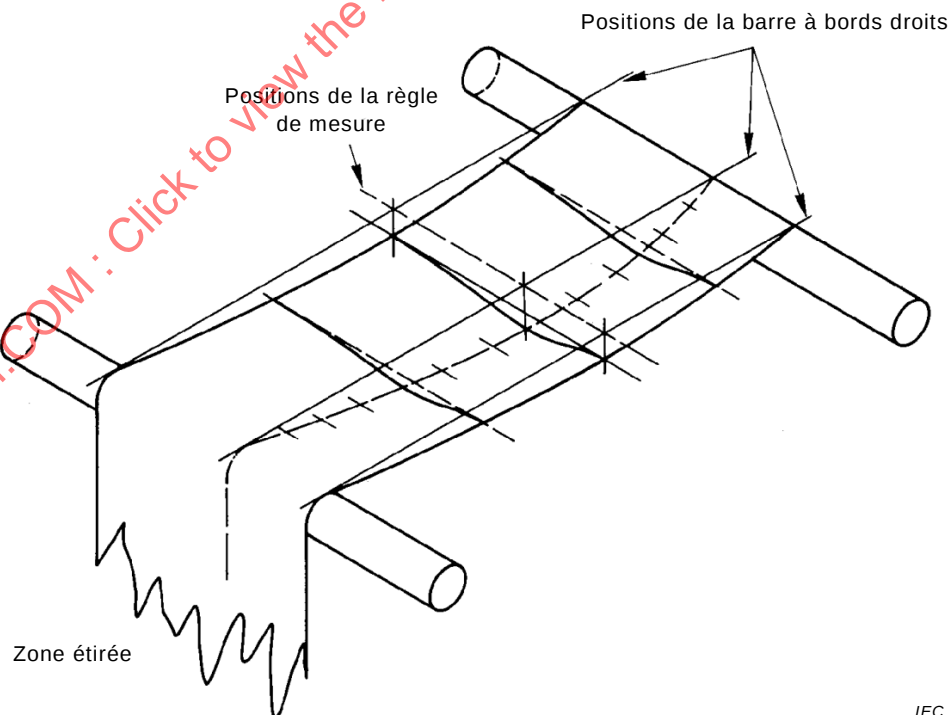
Vue en plan de la table de mesure:

d_1, d_2 = écarts des bords du film à mi-longueur (le biais est $d_1 + d_2$)



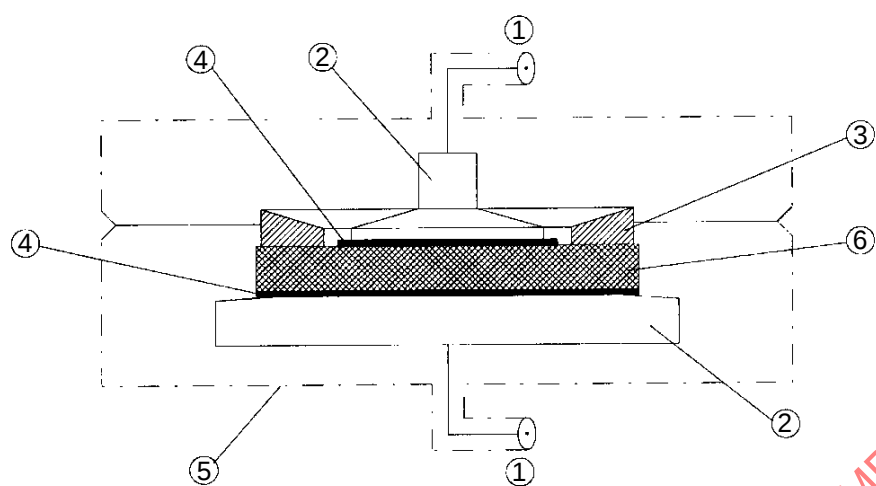
IEC

**Figure 2 – Aptitude à l'enroulement du film –
Appareillage de mesure du fléchissement – Méthode A**



IEC

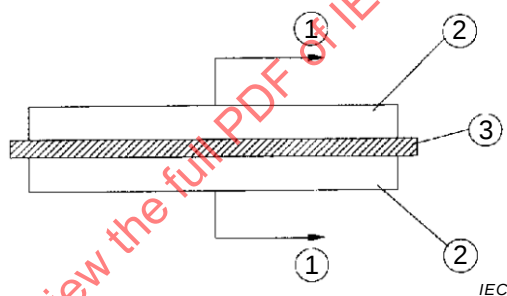
**Figure 3 – Aptitude à l'enroulement du film –
Mesure du fléchissement – Méthode A**



- | | |
|--|-----------------------|
| 1 Connexions blindées au système de mesure | 4 Électrodes internes |
| 2 Électrodes support | 5 Enveloppe blindée |
| 3 Électrode gardée | 6 Spécimen |

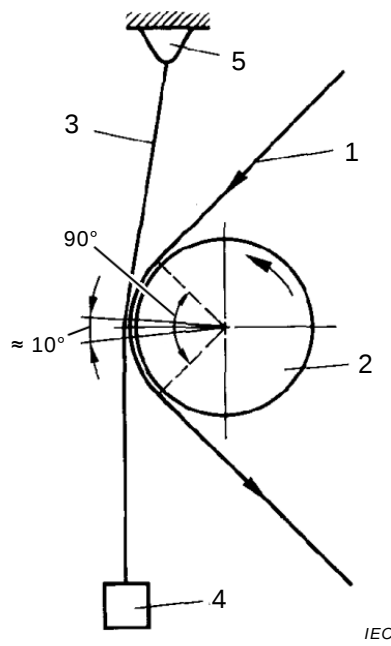
NOTE Pour faciliter l'alignement des électrodes, le diamètre de la petite électrode interne est légèrement supérieur à celui de l'électrode support correspondante.

Figure 4 – Système d'électrodes à trois sorties pour basses fréquences (jusqu'à 50 kHz)



- | |
|--|
| 1 Connexion rigide courte au système de mesure |
| 2 Électrodes circulaires et coaxiales de même diamètre |
| 3 Spécimen de film |

Figure 5 – Système d'électrodes à deux sorties pour hautes fréquences (supérieures à 50 kHz)

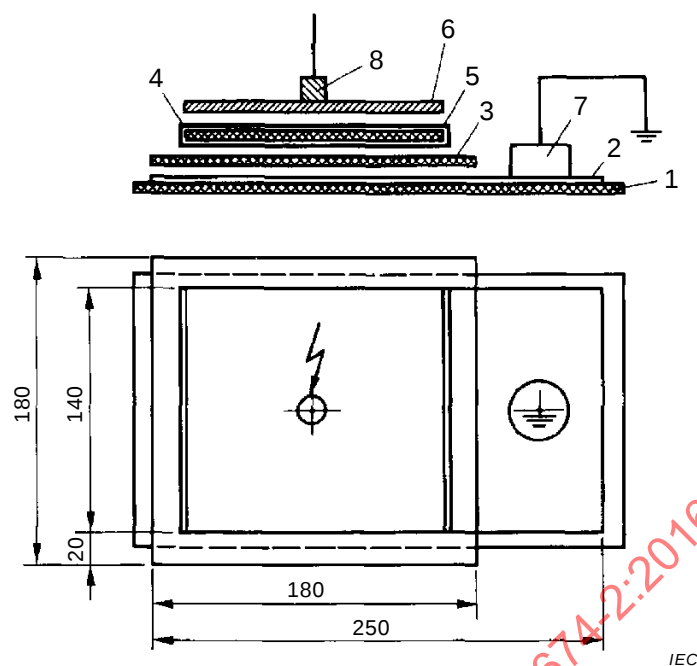


Légende

- 1 Spécimen (bande de film)
- 2 Rouleau
- 3 Feuille d'aluminium (bande)
- 4 Masse
- 5 Pince de fixation

Figure 6 – Matériel d'essai pour les plaques électriquement faibles grâce à la méthode A

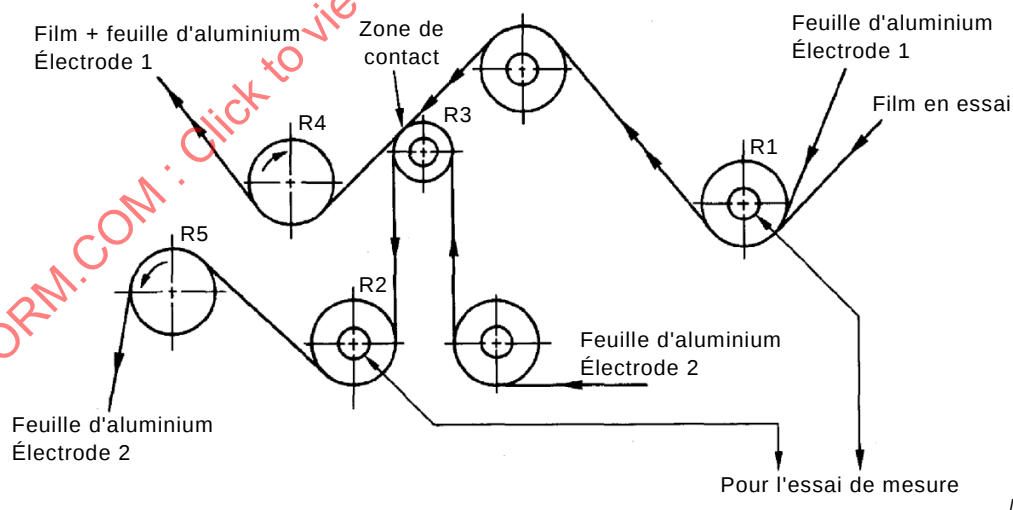
Dimensions en millimètres



Légende

- 1 Matériau isolant
- 2 Feuille plastique métallisée
- 3 Specimen
- 4 Feuille plastique métallisée
- 5 Caoutchouc-mousse
- 6 Plaque métallique
- 7 Masse de contact
- 8 Connexion de la tension d'essai

Figure 7 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode B



Légende

- R1, R2 Galets de contact (métal)
- R3 Galet de mesure (quartz)
- R4, R5 Galet d'entraînement (caoutchouc)

Figure 8 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C1

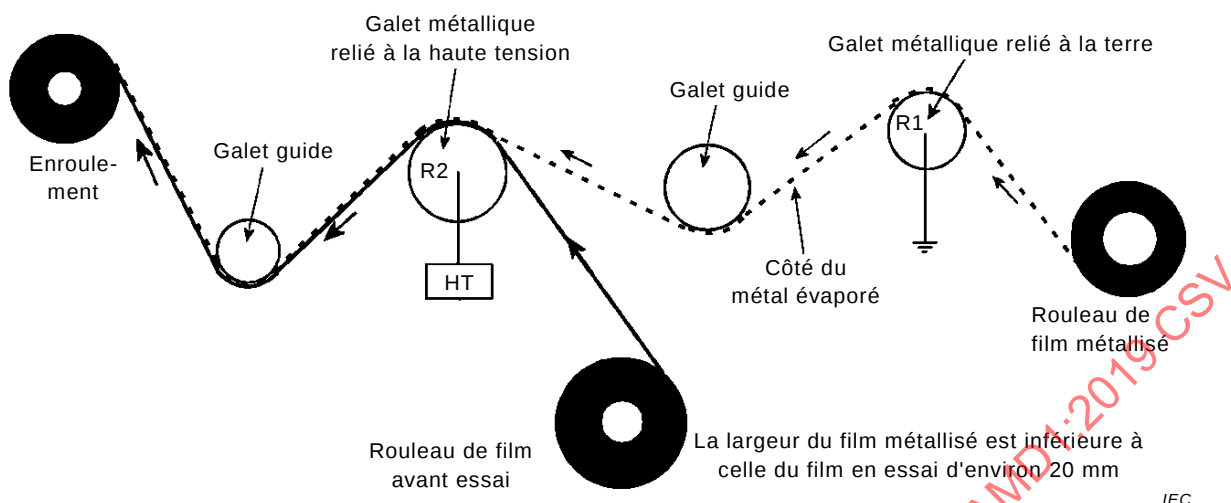
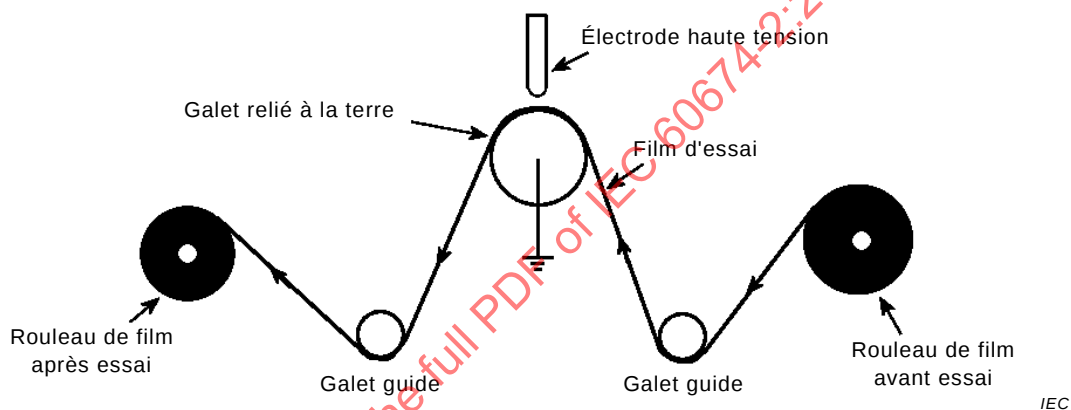
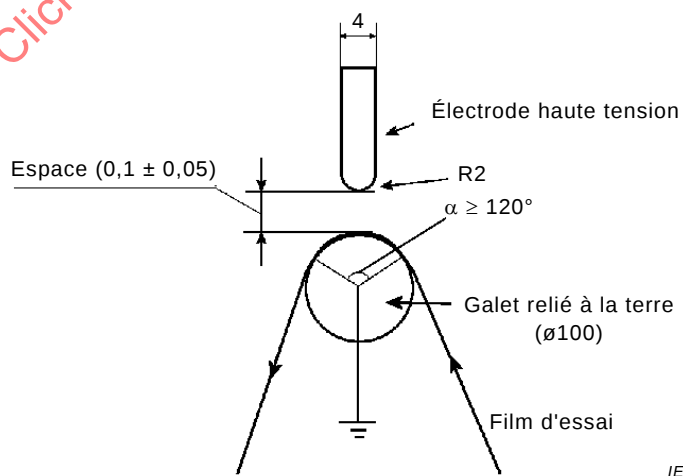


Figure 9 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C2



10a) Vue complète des montages des rouleaux, des galets et de l'électrode haute tension

Dimensions en millimètres



10b) Schéma du montage autour de l'espace entre l'électrode haute tension et le galet relié à la terre

Figure 10 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C3

FINAL VERSION**VERSION FINALE**

**Specification for plastic films for electrical purposes –
Part 2: Methods of test**

**Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques –
Partie 2: Méthodes d'essai**

CONTENTS

FOREWORD.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references	9
3 General notes on tests	10
4 Thickness.....	10
4.1 General.....	10
4.2 Determination of thickness by mechanical scanning.....	10
4.2.1 General	10
4.2.2 Measurement by a single sheet	11
4.2.3 Measurement by a multi-layer of sheets.....	11
4.3 Determination of thickness by gravimetric method.....	11
4.3.1 Measurement by a sample.....	11
4.3.2 Measurement by a roll	11
4.4 Crosswise thickness profile and lengthwise variation in thickness	11
5 Density	12
6 Width.....	12
7 Windability (bias/camber and sag)	12
7.1 Principle	12
7.2 General.....	12
7.3 Method A	12
7.3.1 Principle	12
7.3.2 Measurement of bias/camber.....	12
7.3.3 Measurement of sag.....	13
7.4 Method B	14
7.4.1 Principle	14
7.4.2 Apparatus.....	14
7.4.3 Test specimens	15
7.4.4 Procedure.....	15
7.4.5 Result.....	15
8 Surface roughness	15
9 Space factor	15
10 Coefficient of friction.....	16
11 Wetting tension (polyolefine films)	16
11.1 Test principle and introductory remarks.....	16
11.2 Apparatus	16
11.3 Reagents	16
11.4 Test specimens.....	17
11.5 Conditioning.....	17
11.6 Procedure	17
11.7 Evaluation.....	18
11.8 Report.....	18
12 Tensile properties.....	18
12.1 General.....	18
12.2 Test specimens.....	18

12.3	Speed of testing.....	18
12.4	Result.....	18
13	Edge tearing resistance.....	19
13.1	General.....	19
13.2	Principle.....	19
14	Tear resistance.....	19
15	Stiffness of film.....	19
16	Surface resistivity.....	19
17	Volume resistivity.....	19
17.1	Method 1: Electrode method.....	19
17.2	Method 2: Method for wound capacitor dielectric films or films too thin for Method 1.....	19
17.2.1	Principle.....	19
17.2.2	Test specimens.....	20
17.2.3	Procedure.....	20
17.2.4	Result.....	20
18	Dissipation factor and permittivity.....	20
18.1	General.....	20
18.2	Method 1.....	20
18.2.1	General.....	20
18.2.2	Sample and specimen handling.....	21
18.2.3	Sample conditioning prior to measurement.....	21
18.2.4	Measurements with contacting electrodes.....	21
18.2.5	Measurements with non-contacting electrodes.....	23
18.2.6	Test procedure.....	23
18.2.7	Report.....	23
18.3	Method 2.....	23
18.3.1	General.....	23
18.3.2	Dissipation factor at or above 5×10^{-4}	24
18.3.3	Dissipation factor below 5×10^{-4}	24
19	Dissipation factor under impregnated conditions.....	24
20	Electric strength.....	24
20.1	AC and DC tests of film sheet sandwiched by metal electrodes.....	24
20.2	DC test using a wound capacitor.....	24
20.3	DC test for film thinner than or equal to $6 \mu\text{m}$	24
21	Electrical weak spots.....	25
21.1	General.....	25
21.2	Method A: Testing narrow strips of film in long lengths.....	26
21.2.1	Test equipment.....	26
21.2.2	Procedure.....	26
21.2.3	Results.....	26
21.3	Method B: Testing wide strips of film.....	26
21.3.1	General.....	26
21.3.2	Test equipment.....	26
21.3.3	Procedure.....	27
21.3.4	Results.....	27
21.4	Method C: Testing of film in rolls.....	27
21.4.1	General.....	27

21.4.2	Unreeling system	27
21.4.3	Fault counter	28
21.4.4	Procedure	28
21.4.5	Results	28
22	Resistance to breakdown by surface discharges	28
23	Electrolytic corrosion	29
24	Melting point	29
25	Dimensional change	29
25.1	Test specimens	29
25.2	Procedure	29
25.3	Results	29
26	Dimensional stability under tension with rising temperature	30
26.1	Test specimens	30
26.2	Procedure	30
26.3	Results	30
27	Dimensional stability under pressure with rising temperature	30
27.1	Test equipment	30
27.2	Test specimens	30
27.3	Procedure	30
27.4	Results	31
28	Resistance to penetration at elevated temperature	31
28.1	General	31
28.2	Principle	31
29	Volatile content (loss of mass on heating)	31
29.1	Test specimens	31
29.2	Procedure	31
29.3	Result	31
30	Thermal endurance	31
31	Burning characteristics	32
31.1	Principle	32
31.2	Apparatus	32
31.3	Test specimens	32
31.4	Conditioning	32
31.5	Procedure	33
31.6	Interpretation of results	33
32	Water absorption in a damp atmosphere	34
32.1	Apparatus	34
32.2	Test specimens	34
32.3	Procedure	34
32.3.1	Water absorption of material as-received	34
32.3.2	Water absorption of dry material	34
32.4	Results	35
33	Absorption of liquid	35
33.1	Principle	35
33.2	Apparatus	35
33.3	Test specimens	35
33.4	Procedure	35

33.5	Calculations	36
33.6	Result	36
34	Ionic impurities	36
35	Effect of insulating varnishes	36
35.1	Procedure	36
35.2	Results	36
36	Effect of polymerisable resinous compounds in a liquid state	37
36.1	Procedure	37
36.2	Results	37

Figure 1	– Windability of film – Measurement of bias/camber – Method A	37
Figure 2	– Windability of film – Apparatus for measurement of sag – Method A	38
Figure 3	– Windability of film – Measurement of sag – Method A	38
Figure 4	– Three-terminal electrode system for low frequencies (up to 50 kHz)	39
Figure 5	– Two-electrode system for high frequencies (above 50 kHz)	39
Figure 6	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method A	40
Figure 7	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method B	41
Figure 8	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method C1	41
Figure 9	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method C2	42
Figure 10	– Equipment for testing for electrical weak spots by Method C3	42
Figure 11	– Schematic diagram of breakdown measurement system for the film thinner than 6 µm	25

Table 1	– Concentrations of ethylene-glycol-monoethyl-ether, formamide mixtures used in measuring wetting tension of polyethylene and polypropylene films	17
---------	---	----

Table 2	– Classification of materials regarding self-extinguishing properties	34
---------	---	----

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR PLASTIC FILMS
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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendment has been prepared for user convenience.

IEC 60674-2 edition 2.1 contains the second edition (2016-11) [documents 15/742/CDV and 15/760/RVC] and its corrigendum 1 (2017-12), and its amendment 1 (2019-01) [documents 15/839/CDV and 15/864/RVC].

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

International Standard IEC 60674-2 has been prepared by IEC technical committee 15: Solid electrical insulating materials.

This second edition constitutes a technical revision.

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

- a) this document was completely revised editorially and technically and included in the IEC 60674 series of standards;
- b) the test methods are updated to reflect today's state of the art;
- c) a method to obtain DC electric strength is now specified according to IEC 60243-2.

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

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

A list of all parts in the IEC 60674 series, published under the general title *Specification for plastic films for electrical purposes*, can be found on the IEC website.

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

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

INTRODUCTION

This document is one of a series which deals with plastic films for electrical purposes. The series consists of three parts:

Part 1: Definitions and general requirements (IEC 60674-1)

Part 2: Methods of test (IEC 60674-2)

Part 3: Specifications for individual materials (IEC 60674-3 (all parts))

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60674-2:2016+AMD1:2019 CSV

SPECIFICATION FOR PLASTIC FILMS FOR ELECTRICAL PURPOSES –

Part 2: Methods of test

1 Scope

This part of IEC 60674 is applicable to plastic films used for electrical purposes. This part of IEC 60674 gives methods of test.

2 Normative references

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

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

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

IEC 60243-1:2013, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 1: Tests at power frequencies*

IEC 60243-2, *Electric strength of insulating materials – Test methods – Part 2: Additional requirements for tests using direct voltage*

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

IEC 60343, *Recommended test methods for determining the relative resistance of insulating materials to breakdown by surface discharges*

IEC 60394-2:1972, *Varnished fabrics for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

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

IEC 60454-2:2007, *Pressure-sensitive adhesive tapes for electrical purposes – Part 2: Methods of test*

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

IEC 60674-3 (all parts), *Specification for plastic films for electrical purposes – Part 3: Specifications for individual materials*

IEC 62631-3-1, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-1: Determination of resistive properties (DC methods) – Volume resistance and volume resistivity – General method*

IEC 62631-3-2, *Dielectric and resistive properties of solid insulating materials – Part 3-2: Determination of resistive properties (DC methods) – Surface resistance and surface resistivity*

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

ISO 534, *Paper and board – Determination of thickness, density and specific volume*

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

ISO 4591:1992, *Plastics – Film and sheeting – Determination of average thickness of a sample, and average thickness and yield of a roll, by gravimetric techniques (gravimetric thickness)*

ISO 4592, *Plastics – Film and sheeting – Determination of length and width*

ISO 4593, *Plastics – Film and sheeting – Determination of thickness by mechanical scanning*

ISO 6383-1, *Plastics – Film and sheeting – Determination of tear resistance – Part 1: Trouser tear method*

ISO 6383-2, *Plastics – Film and sheeting – Determination of tear resistance – Part 2: Elmendorf method*

ISO 8295, *Plastics – Film and sheeting – Determination of the coefficients of friction*

ISO 11357-3:2011, *Plastics – Differential scanning calorimetry (DSC) – Part 3: Determination of temperature and enthalpy of melting and crystallization*

3 General notes on tests

3.1 Discard at least the first three layers of film from the roll to be tested before removing test specimens.

3.2 Sample rolls shall be exposed for at least 24 h to the standard atmosphere $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ and $50\% \pm 5\% \text{ RH}$ before test specimens are removed for test. Unless otherwise specified, all individual test specimens shall be conditioned for 1 h and tested in the same standard atmosphere.

4 Thickness

4.1 General

Thickness shall be measured by any one or more of the methods given below as required by IEC 60674-3 (all parts).

4.2 Determination of thickness by mechanical scanning

4.2.1 General

Two methods, the first using a single sheet and the second using a stack of sheets, are given individually as follows.

4.2.2 Measurement by a single sheet

4.2.2.1 Principle

The method is based on ISO 4593 using a precision micrometre to measure the thickness of a single sheet test specimen.

4.2.2.2 Test specimens and measuring points

Cut three strips about 100 mm wide across the width of the sample. The test strips shall not contain creases or other defects.

Determine the thickness of the test strips in accordance with the requirements of ISO 4593 using a micrometre having plane or radiused measuring surfaces.

Measurements shall be made at nine points at approximately equally spaced intervals along the length of the test strips. In the case of samples less than 300 mm wide make the measurements every 50 mm along the length of the test strips. In the case of untrimmed rolls, readings shall not be taken within 50 mm of the edges.

4.2.2.3 Result

The thickness is the central value of all the measurements, the highest and lowest values on each strip being reported.

4.2.3 Measurement by a multi-layer of sheets

Bulking (micrometric) thickness shall be measured according to ISO 534, except that the method for obtaining sample pieces is different. Before taking samples, some outer layers of the roll should be removed to obtain undamaged film surface. The four test pieces are initially made up of 12 film layers, the layers being cut together using a suitable template (preferably 250 mm × 200 mm, the 200 mm dimension being in the machine direction) from a stack of film pieces. Discard the first and last layer of each pack or test piece just prior to placing the pack between the pressure faces of the micrometre.

4.3 Determination of thickness by gravimetric method

4.3.1 Measurement by a sample

Principle: calculation of the thickness of a sample from measurements of mass, area and density in accordance with Clause 3 of ISO 4591:1992.

4.3.2 Measurement by a roll

Principle: calculation of the average thickness from measurements of the length, average width and net mass of the roll and the density of the film in accordance with Clause 4 of ISO 4591:1992.

4.4 Crosswise thickness profile and lengthwise variation in thickness

The non-contacting measurement methods, for example using radiation or laser light, are commonly used. The apparatus may be installed in the production line by the manufacturer if the profile and the variation in a roll are required. The minimum resolution for the measurement, its accuracy and testing surface area (width and length) are the subjects specified in IEC 60674-3 (all parts).

5 Density

Density shall be determined in accordance with ISO 1183. The particular method is specified in IEC 60674-3 (all parts).

6 Width

The width is to be determined in accordance with ISO 4592, except that a 5 m sample length is used. Determine the width five times along the length at equal intervals after the film has relaxed for 1 h.

Record each width measured and report the central value as the width of the roll.

7 Windability (bias/camber and sag)

7.1 Principle

An assessment is made of the distortion of the film as supplied in the roll.

Two forms of distortion may be apparent in the film which can impair its subsequent winding characteristics. These distortions are:

- 1) the film may exhibit bias or camber and therefore its edges may not be straight (see Figure 1);
- 2) the film may sag below its general level in areas where it has been stretched (see Figures 2 and 3).

7.2 General

Two methods are given. Method A is appropriate for narrow (i.e. less than 150 mm) films where distortion is apparent mainly as bias/camber and also for the measurement of sag for very thick films where the tension required for extension by Method B is excessive.

Method B is appropriate for wider (i.e. greater than 150 mm) films where distortion is apparent, mainly as sag.

7.3 Method A

7.3.1 Principle

To assess bias/camber, a length of film is unwound and laid on a flat surface and the deviation of each of its edges from a straight line is measured (see Figure 1).

To assess sag, a length of film is unwound and laid orthogonally over two parallel bars under defined conditions and the deviation from a uniform catenary is measured (see Figure 2). It may sometimes be convenient to make this measurement using the rollers of a winding machine, but in cases of dispute the dimensions and distances shall be as given below.

7.3.2 Measurement of bias/camber

7.3.2.1 Apparatus

A flat, horizontal table of any suitable material having a satin finish (not polished) of sufficient width to accommodate the maximum width of film to be tested and of length $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$ with ends parallel to within $0,1^\circ$ (or $1,8\text{ mm}$ per 1 metre of table width). Alternatively, the table may be longer than the above length but shall then have two reference lines clearly marked on its surface $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$ apart and parallel to the same accuracy.

- A soft brush suitable for smoothing the film specimen on the table surface.
- A long (in excess of 1 525 mm) steel straight-edge.
- A 150 mm steel rule with 1 mm graduations.

7.3.2.2 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded. For each specimen a fresh length of approximately 2 m is taken, being drawn from the roll with the lightest tension necessary to unwind it slowly (at about 300 mm/s).

7.3.2.3 Procedure

The specimen length of film is placed lengthwise over the table as shown in Figure 1. Starting from one end, the soft brush is used to lightly press the film into intimate contact with the table surface, expelling any trapped air as far as possible.

The steel straight-edge is then placed along one edge of the film so that any deviation of the film edge from a straight line can be readily observed. The straight-edge is adjusted to coincide with the film edge at the two table ends (or at the reference marks if these are used) and the distance between these points shall be $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$. The distance between the straight edge and the film edge is measured to the nearest 1 mm at approximately mid-span by means of the steel rule.

The deviation of the second film edge is then measured using the same procedure.

The sum of the distances in millimetres of the two edges of the film from the steel straight-edge at the mid-span is the bias/camber value for that test specimen.

The above procedure is repeated for two further test specimens.

7.3.2.4 Results

The bias/camber is the central value of the three determinations, the other two values being reported.

7.3.3 Measurement of sag

7.3.3.1 Apparatus

A rigid framework supporting two parallel, freely rotatable metal rollers, each roller $100\text{ mm} \pm 10\text{ mm}$ in diameter and of sufficient length to accommodate the maximum width of film are to be tested. The axes of the rollers shall be in the same horizontal plane and set mutually parallel to within $0,1^\circ$ (i.e. within 1,8 mm per 1 m length of roller) with a separation of $1\,500\text{ mm} \pm 15\text{ mm}$. The roller surfaces shall be accurately cylindrical to within 0,1 mm with any suitable satin finish (not polished) (see Figure 2). The framework shall be fitted with a device for mounting the roll of film being tested immediately below one of the rollers. The mounting shall be such that the axis of the film roll is parallel to the superior roller to within 1° and the film may be drawn off the roll against an adjustable unwind tension. At the opposite end of the framework a weighted or sprung clamp is fixed to the film web hanging freely from the second roller. The weight or spring loading and its position on the film may be adjusted so as to give a substantially uniform tension across the web as specified in IEC 60674-3 (all parts).

A device for measuring along a line midway between the rollers the distance of the film below the plane of those rollers is set up (see Figure 3). The device may comprise simply a long (in excess of 1,525 mm) steel straight-edge and a 150 mm steel rule with 1 mm graduations, or more complex devices may be employed whereby the film position is noted automatically or semi- automatically.

7.3.3.2 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded. For each specimen a fresh length of approximately 2 m is drawn from the roll with the lightest tension necessary to unwind it slowly (at about 300 mm/s).

7.3.3.3 Procedure

The specimen length of film is placed over the apparatus rollers. the free end of the film is clamped in the tensioning device, the tension adjusted to the value given for the film in IEC 60674-3 (all parts) and the lateral position of the film as it passes over the second roller adjusted so that the film web lies approximately horizontal at mid-span.

Using the steel straight-edge and graduated steel ruler or other suitable device, the film is checked across the film width at mid-span and any edge sag or sag lanes noted. The maximum depth of any sag lane below the general film surface surrounding it is measured to the nearest 1 mm (see Figure 3) and reported as the sag value for that test.

The above procedure is repeated for two further test specimens.

7.3.3.4 Result

The sag value is the central value of the three determinations, the other two values being reported.

7.4 Method B

7.4.1 Principle

The total amount of sag and bias/camber is assessed by one measurement. A length of film is unwound and laid orthogonally over two parallel bars under defined conditions. The film is strained until free of visible sag and bias/camber and the extension necessary to achieve this is measured. It may sometimes be convenient to make this measurement using the rollers of a winding machine but in cases of dispute the dimensions and distances shall be as given in 7.4.2.

7.4.2 Apparatus

A rigid framework supporting two parallel, freely-rotatable metal rollers, each roller 100 mm $\pm$ 10 mm in diameter and of sufficient length to accommodate the maximum width of film are to be tested. The axes of the rollers shall be in the same horizontal plane and set mutually parallel to within 0,1° (i.e. within 1,8 mm per 1 m length of roller) with a separation of 1 500 mm $\pm$ 15 mm. The roller surfaces shall be accurately cylindrical to within 0,1 mm with any suitable satin finish (not polished). The framework shall be fitted with a device for mounting the roll of film being tested immediately below one of the rollers. The mounting shall be such that:

- a) the axis of the film roll is parallel to the superior roller to within 2°;
- b) the lateral position of the film may be adjusted as desired, and
- c) the film may be drawn off the roll against an adjustable unwind tension.

At the opposite end of the framework a weighted or sprung clamp is fixed to the film web hanging freely from the second roller. The weight or spring loading of the clamp and its position on the film may be varied to give an adjustable tension substantially uniform across the web.

- A steel straight-edge (in excess of 1 525 mm).
- A flexible steel rule 2 m or more in length with 1 mm graduations.
- Suitable self-adhesive labels.

7.4.3 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded and a fresh length of approximately 2 m is drawn from the roll with the lightest tension necessary to unwind it slowly (at about 300 mm/s).

7.4.4 Procedure

The specimen length of film is placed over the apparatus rollers. With light hand tension applied to the web, the free end of the film is moved so that the film web between the rollers is as flat as possible and the free end is then clamped in the tensioning device. The tension is adjusted to $(1,0 \pm 0,2) \text{ MN/m}^2$ (based on the nominal thickness and width of the film).

Two reference marks (between 1,0 m and 1,1 m apart) are applied to the film on a line exhibiting minimal sag and which is approximately parallel to the edges of the film. These marks may conveniently be specific edges of two self-adhesive labels applied to the film surface.

The distance between the marks is measured to within $\pm 0,5 \text{ mm}$ using the flexible steel tape.

The tension applied to the film is increased until:

- a) the film is visually smooth;
- b) each film edge is straight to within 0,5 mm at mid-span when compared with the straight-edge, and
- c) the sag at any point does not exceed 7,5 mm when compared with the straight-edge.

The distance between the reference marks at this tension is measured using the steel tape and the extension of the film is expressed as a percentage of the original mark separation.

The above procedure is repeated for two further test specimens.

7.4.5 Result

The total sag and bias/camber is the central value of the three determinations, the other two values being reported.

8 Surface roughness

Both contact and non-contact detection methods are used for measurement of surface roughness. The measurement by surface mapping in 2 dimensions or one dimension is recommended for the evaluation of surface roughness. The minimum resolution for the roughness, its accuracy, area of testing surface and a distance between the mapping points are the subjects which need the agreement between supplier and purchaser.

9 Space factor

The space factor is the percentage increase in bulking (micrometric) thickness over gravimetric thickness, which is caused by surface roughness.

The space factor, SF (%), is calculated using the following formula:

$$SF = \frac{t_b - t_g}{t_g} \times 100$$

where

t_b is the bulking thickness in μm ;

t_g is the gravimetric thickness in μm .

The bulking thickness and the gravimetric thickness should be measured using the same sample of film in accordance with Clause 4.

10 Coefficient of friction

The coefficient of friction is to be determined in accordance with ISO 8295.

Principle:

This method covers determination of starting and sliding friction of plastic film and sheeting when sliding over itself or other substances under specified conditions. The procedure permits the use of a stationary sled with a moving plane or a moving sled with a stationary plane. Both procedures yield the surface coefficient of friction for a given test specimen.

11 Wetting tension (polyolefine films)

11.1 Test principle and introductory remarks

The determination of the wetting tension is based on the phenomenon that drops of a series of an organic liquid mixture with gradually increasing surface tension, when they have reached a specific concentration, have the ability to wet the film surface. Since the wetting tension of a film in contact with a drop of the respective liquid mixture in the presence of air is a function of the surface energies of both the air-film and the film-liquid interfaces, any trace of surface-active impurities in the liquid reagents or on the film may affect the results. It is, therefore, important that the film surface to be tested should not be touched or rubbed, that all equipment be clean and that reagent purity be carefully controlled.

11.2 Apparatus

- Cotton-tipped wooden applicators approximately 150 mm long.
- Two burets, 50 ml.
- Bottles, 100 ml with caps and labels rinsed with distilled water.

11.3 Reagents

Prepare mixtures of reagent-grade formamide (HCONH_2) and reagent-grade ethylene-glycol-monoethyl-ether ($\text{CH}_3\text{CH}_2 - \text{O} - \text{CH}_2\text{CH}_2 - \text{OH}$) in the proportions shown in Table 1 for the integral values of wetting tension in the range over which measurements are to be made.

If desired, add to each of the mixtures mentioned in Table 1 a very small amount of dye of high tinctorial value.

The surface tension of the liquid mixtures shall be checked weekly. Any wetting tension method usually applied in the laboratory is suitable. Although the shown liquid mixtures are relatively stable, exposure to temperatures above 30°C and humidity above 70 % RH should be avoided.

NOTE The dye of such colour is used as to make drops clearly visible on the surface of the polyolefin film. Furthermore, the selected dye has such chemical composition that it will not measurably affect the wetting tension of the liquid mixtures.

Both ethylene-glycol-monoethyl-ether and formamide are toxic and be handled with due precaution. Since formamide is particularly dangerous when in direct contact with the eyes,

safety goggles be worn when making up the liquid mixtures. Follow to national safety regulations.

Table 1 – Concentrations of ethylene-glycol-monoethyl-ether, formamide mixtures used in measuring wetting tension of polyethylene and polypropylene films

Formamide volume per cent	Ethylene-glycol-monoethyl-ether per cent	Wetting tension (mN/m)
0	100,0	30
2,5	97,5	31
10,5	89,5	32
19,0	81,0	33
26,5	73,5	34
35,0	65,0	35
42,5	57,5	36
48,5	51,5	37
54,0	46,0	37
59,0	41,0	39
63,5	36,5	40
67,5	32,5	41
71,5	28,5	42
74,7	25,3	43
78,0	22,0	44
80,3	19,7	45
83,0	17,0	46
87,0	13,0	48
90,7	9,3	50
93,7	6,3	52
96,3	3,7	54
99,0	1,0	56

11.4 Test specimens

The first three layers of film from the roll are discarded. One sample across the entire width of a roll should be tested in such a way that one determination at each location $\frac{1}{4}$, $\frac{1}{2}$, $\frac{3}{4}$ of the way across the width of the film is made. If the range of these three determinations exceeds 2,0 mN/m, indicating that the polyolefin film has been unevenly treated, measurements, as described above, shall be made at three points spaced along the length of the roll (a total of nine measurements).

Extreme care shall be taken to prevent the surface of the film sample from being touched or handled in the areas upon which the test is to be made.

11.5 Conditioning

Standard atmosphere B according to IEC 60212 during testing (23 °C/50 % RH).

11.6 Procedure

Wet the extreme tip of a cotton applicator with one of the mixtures. Use only a minimum amount of liquid as an excess of reagent may affect the result.

Spread the liquid lightly over an area of approximately 6,5 cm² (~25 mm in diameter) of the test specimen at the selected location. Do not try to cover a larger area lest there be insufficient liquid to give complete coverage. Note the time required for the continuous liquid coverage formed on the film to break up into droplets. If the continuous liquid coverage holds for more than 2 s proceed to the next highest wetting tension mixture, but if the continuous liquid coverage breaks into droplets in less than 2 s, proceed to the next lowest wetting tension mixture. A clean, new cotton applicator shall be used each time to avoid contamination of the solution.

Proceed in the direction indicated above continuously repeating the prescribed steps until it is possible to select the right mixture according to 11.7.

Experience with the test has shown that occasionally erroneous results can be obtained by working progressively to lower surface tension mixtures. Therefore, it is recommended that the tester should check the wetting tension of the film by working progressively to higher surface tension mixtures.

11.7 Evaluation

The mixture is considered as wetting the test specimen when it remains intact as a continuous coverage of the liquid for 2 s as close as possible. Shrinkage of the periphery of the continuous liquid coverage does not indicate lack of wetting; only breaking into droplets within 2 s indicates lack of wetting. Severe peripheral shrinking may be caused by too much liquid being placed upon the film surface. The surface tension of the applied mixture in millinewtons per metre which remains intact for 2 s is called the wetting tension of the polyolefin film test specimen.

11.8 Report

If one specimen has been tested and the range of results is less than 2,0 mN/m, report the central value of the three wetting tension test results.

In case of an unevenly treated polyolefin film, for which nine determinations have been made, report the central value and the individual values.

12 Tensile properties

12.1 General

These are to be determined in accordance with ISO 527-3. Tensile properties generally to be specified are tensile stress and percentage elongation at break but sometimes 1 % secant modulus may be specified.

12.2 Test specimens

Test specimens shall be in accordance with 6.1.1 of ISO 527-3:1995, i.e. strips 10 mm to 25 mm wide, not less than 150 mm long, with gauge marks at least 50 mm apart.

Five specimens shall be tested in each of the directions specified in IEC 60674-3 (all parts).

12.3 Speed of testing

The speed of testing is the rate of separation of the grips of the testing machine during a test and shall be the speed specified in IEC 60674-3 (all parts).

12.4 Result

For each property and for each direction of test, the result is the central value of the five determinations, the highest and lowest values being reported.

13 Edge tearing resistance

13.1 General

The edge tearing resistance is to be determined in accordance with Clause 8 of IEC 60394-2:1972.

13.2 Principle

The test specimen is inserted into an inclined slot of a fixture which is clamped to a tensile testing machine. The force needed to initiate tearing of the edge is determined.

14 Tear resistance

The tear resistance shall be determined in accordance with ISO 6383-1 and ISO 6383-2. The method to be used will be specified in IEC 60674-3 (all parts).

15 Stiffness of film

Principle

This test method describes a means for determining the flexibility of a material by means of a fixed angle flexometer in which the test specimen bends under its own weight. A rectangular strip of material is supported on a horizontal platform in a direction perpendicular to one edge of the platform. The strip is placed on the platform with a specified length overhanging the platform and the time taken for this overhang to fall to an angle of 41° 30' below the horizontal is recorded.

16 Surface resistivity

The surface resistivity is to be determined according to IEC 62631-3-1 and 62631-3-2.

17 Volume resistivity

17.1 Method 1: Electrode method

The electrode method is to be determined according to IEC 62631-3-1 and IEC 62631-3-2, using a guarded electrode of 25 mm diameter and an unguarded one of at least 40 mm diameter.

Determinations to be made under the conditions specified in IEC 60674-3 (all parts) from the following:

- standard dry conditions of IEC 60212 (18 °C to 28 °C / < 1,5 % RH);
- standard atmosphere B of Table 2 of IEC 60212:2010 (23 °C / 50 % RH);
- dry hot conditions selected from Table 2 of IEC 60212:2010.

17.2 Method 2: Method for wound capacitor dielectric films or films too thin for Method 1

17.2.1 Principle

This method uses the fact that the volume resistivity ρ of a capacitor dielectric may be calculated from the time constant ($t = CR$) by the relation:

$$\rho = \frac{C \times R}{\varepsilon_r \times \varepsilon_0}$$

where

C is the capacity in F;

R is the resistance in Ω ;

ρ is the resistivity in Ω/m ;

ε_r is the relative permittivity;

ε_0 is the permittivity of vacuum and is equal to $8,85 \times 10^{-12} \text{ F} \times \text{m}^{-1}$.

17.2.2 Test specimens

Each test specimen is a wound capacitor on a rigid insulating core, of extended foil construction, with an active electrode width of 40 mm to 70 mm and an edge margin of 3 mm. The dielectric is a single layer of the film under test and the capacitance (measured at 1 kHz) is $0,5 \mu\text{F} \pm 0,1 \mu\text{F}$. If preliminary heat or vacuum treatment is required, this will be indicated in IEC 60674-3 (all parts).

17.2.3 Procedure

Three test specimens are wound as above and subjected to any necessary treatment. After further conditioning for 6 h in standard dry conditions (18°C to 28°C and $<1,5\%$ RH) the two-minute resistance ($(100 \pm 10) \text{ V}$ or $(25 \pm 4) \text{ V}/\mu\text{m}$ for films of thickness $4 \mu\text{m}$ or less) is measured and then the capacitance at a frequency below 1,6 kHz.

The permittivity is measured as indicated in Clause 18. Alternatively the theoretical value may be sufficiently accurate.

The values of ρ are calculated from the equation shown in 17.2.1.

17.2.4 Result

The volume resistivity is the central value of the three measurements. The report should state the temperature of measurement and whether the permittivity was measured or assumed.

In order to reduce the error caused by the charging current of the capacitor to acceptable proportions, it is necessary for the time constant of the capacitance C of the test specimen and the input resistance r of the current measuring device to be small compared to both the time of application of voltage and the time constant of decay of the apparent leakage current. Where the application time is 2 min apply the $C \times R$ value less than 2 s for most films. Where the test specimen is $0,5 \mu\text{F}$, the value of R is selected accordingly less than $4 \text{ M}\Omega$.

Some direct reading megohmmeters may not be satisfactory in this respect.

18 Dissipation factor and permittivity

18.1 General

A frequency range of 50 Hz to 100 MHz is covered and two methods are available.

18.2 Method 1

18.2.1 General

The test shall be made on a flat specimen in accordance with IEC 60250, modified by the instructions of this clause, at a frequency to be agreed between purchaser and supplier and at

a temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ K}$ unless otherwise specified in the relevant material specification of IEC 60674-3 (all parts).

At low frequencies and for thick films, it is usual to make the measurements on specimens made from one layer of film. However, it has been found that at a frequency higher than 1 MHz very thin films may be measured more conveniently and accurately by using a large number of layers (sheets) of the material being measured. Air shall be excluded from this stack of sheets by pressing. The average specimen thickness is determined from the density of the material, the area of the stack and the mass of the stack.

18.2.2 Sample and specimen handling

Sampling shall be carried out in accordance with the material specification. The state and condition of the material shall not be altered.

The sample and test specimens shall be handled with care to avoid contamination, scratches and finger-prints.

A minimum number of three test specimens shall be used unless otherwise specified in the material specification.

18.2.3 Sample conditioning prior to measurement

Any conditioning prior to measurement shall be in accordance with the material specification, or otherwise agreed between purchaser and supplier.

NOTE 1 The properties of film materials can be substantially affected by moisture. Standard conditions for use prior to, and during, the testing of solid electrical insulating materials are given in IEC 60212. The relative humidities associated with various salt solutions are given in IEC 60260.

NOTE 2 The properties of film materials can also be substantially affected by heat, mechanical stress, nuclear radiation, X-rays, etc. The methods described can be used to assess the magnitude of these effects.

NOTE 3 Specimens are measured in the 'as received' state and after conditioning in a dry atmosphere unless otherwise specified.

Samples with painted, evaporated or sputtered electrode shall be conditioned after the electrodes have been applied, as painting and vacuum treatment will greatly influence the moisture content of the material. Electrodes of these types are somewhat permeable moisture, but, if such electrodes are used, checks should be made to see that the specimens have reached substantial equilibrium with the conditioning atmosphere within the time laid down in the relevant material specification.

NOTE 4 This can be achieved by a series of comparative measurements made after further periods of conditioning.

18.2.4 Measurements with contacting electrodes

18.2.4.1 General

For measurement of thin films with frequencies up to approximately 50 kHz, a three terminal electrode arrangement shall be used. A typical example is given in Figure 4.

For measurements at higher frequencies, a two-terminal system shall be used (Figure 5).

The intimate electrodes shall be composed of a material that allows good contact with the specimen surface and introduces no appreciable error because of electrode resistance or contamination of the specimen.

NOTE Dissipation factor measurements at high frequencies can be more accurately made using non-contacting electrode methods because the errors arising from dielectric loss in intimate electrode increase with frequency.

The electrode material should be corrosion resistant under the conditions of the test. They shall be used with suitable backing electrodes.

If very thin films (2 µm or less) are to be measured, the backing electrode may be lined with an aluminium foil in order to avoid damage to the sample during positioning of the backing electrode.

It should be determined whether the electrode influences the results. This can be achieved by comparison of the result of tests made using two different types of electrodes.

18.2.4.2 Electrode materials

18.2.4.2.1 Evaporated or sputtered metal

The most recommended types of electrodes are of evaporated or sputtered metals as long as the sample material is not significantly affected by vacuum treatment or ion bombardment. Aluminium, silver or gold may be used as electrode materials. Metal films of about 150 nm in thickness show the best results in view of electrical properties and lowest stress to the sample material during metal deposition. The use of masks produces electrodes with highly defined edges and reproducible area.

Before evaporation, the vacuum in the chamber should be 0,05 µbar or better. During evaporation, the rate of film growth should be about 1 nm/s. The electrode deposition via vaporization of the electrode supply material, aided by the capacitor discharge going through it, is normally of an uncontrolled, short duration.

The stress on the sample during sputtering, quality, and properties of sputter electrodes depends on the choice of gas, gas pressure inside the reaction chamber, voltage used and position of the sample inside the reaction chamber. Conditions shall be optimized according to the selected sputter equipment.

Where metallized specimens cannot be measured immediately after metallizing, for example because of exposure to a conditioning atmosphere for a period of time, care shall be taken to minimize the effects of electrode corrosion. In this instance, evaporated gold electrodes are recommended. This is particularly important for materials with a low dissipation factor such as polypropylene.

18.2.4.2.2 Conductive silver paint

Commercially available high conductive silver paints may be used as electrodes, but it should be established that the solvent in the paint does not affect the properties of the sample. The use of masks gives electrodes of reproducible areas.

18.2.4.2.3 Metal foil

Electrodes of thin metal foil can be made from lead, tin, aluminium, silver or gold. They can be attached to the sample surface by a small quantity of petroleum or grease.

Silicone greases are not recommended for measurements on materials with low dissipation factors because they exhibit a very high dissipation factor at some frequencies and temperatures. Their major use is at elevated temperatures where petroleum has too low a viscosity. Higher molecular weight, low-loss olefinic greases have been found to be more suitable.

The electrodes shall be applied with a smooth pressure to eliminate all air and wrinkles. Excess grease may be wiped off with a tissue. The film of grease shall be as thin as possible and its thickness shall be insignificant compared to the sample thickness.

18.2.5 Measurements with non-contacting electrodes

For measurements made close to ambient temperature, specimens that are very thin or low loss, or measured at high frequencies are more accurately measured with either fixed or micrometre controlled non-contacting electrodes.

a) In air

Measure according to IEC 60250:1969, 4.1.2.2.1, for dissipation factor at room temperature. Specimen electrodes are not required.

b) Fluid displacement

Measure according to IEC 60250:1969, 4.1.2.2.2, for permittivity at room temperature.

18.2.6 Test procedure

The test procedure is as follows:

- a) apply electrodes in relevant condition for the specimen prior to measurement as specified 18.2.1;
- b) the measurement of permittivity and dielectric dissipation factor shall be made in accordance with the material specification and the specification of the measuring method used;
- c) the specimen shall be measured inside a screened enclosure;
- d) calculations of the dielectric permittivity and dissipation factor shall be made according to the specification of the measuring method used;
- e) preferred test frequencies are 48 Hz to 62 Hz; 1 kHz; 10 kHz; 1 MHz;
- f) calculate the mean value of the test measurements as the result.

18.2.7 Report

The report shall include the following information:

- a) the manufacturer's description and identification of the material, including details of any surface treatment;
- b) thickness of samples;
- c) type of electrodes;
- d) details of any conditioning prior to measurement, including any cleaning procedures;
- e) test conditions, i.e. temperature and relative humidity;
- f) applied voltage;
- g) frequency;
- h) permittivity;
- i) dissipation factor.

18.3 Method 2

18.3.1 General

The dissipation factor and permittivity shall be determined on a wound capacitor at a frequency to be agreed between purchaser and supplier and at a temperature of $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$, the actual temperature being reported. Wound capacitors are only suitable for the measurement of the dissipation factor on thin (up to $25\text{ }\mu\text{m}$) films. To obtain a more accurate result, it may be necessary to remove entrapped air from the capacitor winding by a heat, and or vacuum treatment.

Sample conditioning, electrode materials, electrode shape, test procedure and test report shall be according to 17.2.

18.3.2 Dissipation factor at or above 5×10^{-4}

Prepare the test specimen according to 17.2.

18.3.3 Dissipation factor below 5×10^{-4}

By agreement between supplier and purchaser, a capacitor construction incorporating the following features may be used:

- a) after winding on a large mandrel, the capacitor should be removed from the mandrel and pressed so that the varying pressure does not alter the dissipation factor. The extension of foil at each end shall be sufficient to allow for sufficiently heavy bolted connections;
- b) before the capacitor is clamped into its final configuration, it should be vacuum dried for 3 h to 4 h at room temperature to remove absorbed moisture.

19 Dissipation factor under impregnated conditions

This document gives no requirement for this test. The details of this test will be a matter of contract.

20 Electric strength

20.1 AC and DC tests of film sheet sandwiched by metal electrodes

Electric strength under AC or DC voltage shall be tested in accordance with IEC 60243-1 and IEC 60243-2, in oil or in air. A mode of increase at voltage application shall be as indicated in 10.1 "short time test" in IEC 60243-1:2013.

The electrode shall be selected from following configurations; unequal electrodes in 5.2.1.1 of IEC 60243-1:2013, sphere and plate electrodes in 5.2.1.3 of IEC 60243-1:2013, and rod and rod electrodes in 5.2.2 of IEC 60243-1:2013. A diameter of the upper electrode in the unequal electrodes can be changed to 6 mm, if necessary.

The electrode configuration used for test of an individual kind of plastic film will be specified in IEC 60674-3. The same electrode configuration should be used in AC and DC tests.

20.2 DC test using a wound capacitor

Unless otherwise specified in IEC 60674-3, test capacitors are wound as for 17.2.2 but with an edge margin of 1 mm/kV of expected breakdown voltage. Each is subjected to an increasing direct voltage by means of a charging current of $100 \mu\text{A} \pm 20 \mu\text{A}$.

The maximum value of voltage reached is indicated and preferably retained by an indicator capable of indicating within an error less than 1 % of the full-scale deflection at the rate of rise specified. This may conveniently take the form of a voltage divider feeding a self-balancing recording instrument.

Twenty-one tests are made. Report the central value of the twenty-one results and the number of breakdowns which occur at or below the voltage given in IEC 60674-3.

20.3 DC test for film thinner than or equal to $6 \mu\text{m}$

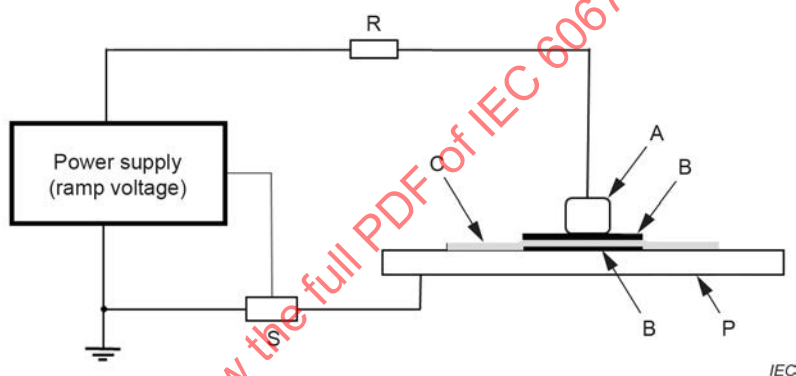
The film specimen (C in Figure 11) is sandwiched between aluminum foils (B in Figure 11) and placed on a conductive flat plate (P in Figure 11). The size of the film specimen is $10 \text{ cm} \times 10 \text{ cm}$. The matte side of the foil should be in contact with the film. The size of the foil is $5 \text{ cm} \times 5 \text{ cm}$ of $12 \mu\text{m}$ thick. A high voltage (HV) electrode with round edge (A in Figure 11, made from brass) is placed on the foil. The weight of the HV electrode is 0,2 kg. The contact area of the HV electrode to the foil is 7 cm^2 . The plate electrode should be

polished not to induce the film breakdown from the scratch on the plate. The resistor (R) is inserted for the limitation of current at an accident. The foil serves as an electrode and the upper one is for film protection against the HV electrode. They should be replaced with new ones after the breakdown test of each film.

At a measurement of breakdown voltage, a ramp voltage is applied to the HV electrode. The rate of the ramp ranges from 100 V/s to 400 V/s. The breakdown voltage of the film is defined as the voltage when the current due to the breakdown through the film is firstly detected during the application of the ramp voltage. A current sensitive interrupting device (S in Figure 11) is used for switching off immediately the direct applied voltage.

The first breakdown can be detected by the sudden increase of current. The sudden increase of current should be controlled to a certain specified value, which is influenced by a response time of the detection device S. But the practical experience shows the current should be set to a value lower than 50 μA to detect the first breakdown. If the current is detected at a higher level than the certain specified value, the method will not detect the first breakdown but multiple breakdowns.

In the measurement, the data of breakdown from the edge of the foil electrode should be eliminated. The breakdown strength is determined from the median of the test results with the ten breakdowns occurred at the flat area of the foil electrode.



Key

- A high voltage electrode
- B aluminium foil (5 cm × 5 cm, thickness: 12 μm)
- C film specimen, (10 cm × 10 cm)
- P plate electrode
- R resistor for protection of plate electrode surface at breakdown
- S device for detection of current due to breakdown

NOTE In some cases, the resistor (R) and the detection device (S) are equipped in the power supply.

Figure 11 – Schematic diagram of breakdown measurement system for the film thinner than 6 μm

21 Electrical weak spots

21.1 General

The methods given involve the counting of weak spots. In interpreting the result of these counts, it is important to be aware of the statistics involved. Experience has shown that the number of counts follow the Poisson type distribution law. When selecting limits for use in IEC 60674-3, due attention will be paid to the different statistical treatments required by tests which use a count as a result rather than measured magnitudes.

21.2 Method A: Testing narrow strips of film in long lengths

21.2.1 Test equipment

The test equipment is shown in a schematic diagram (Figure 6). It shall allow the strip of film to be tested to be drawn at a constant rate of 5 m/min at a circumferential angle of approximately 90° over a reliably earthed and readily rotatable roller which serves as one of the two electrodes. The roller has a diameter of 15 mm and is of corrosion-resistant steel with a polished surface. The second electrode is a soft aluminium foil with a width of 10 mm to 20 mm and a thickness of 0,006 mm. The aluminium foil curves around the roller at the smallest possible angle (approximately 10°) and is loaded with about 40 g for each 10 mm width of the aluminium foil, preferably by a weight in the form of a clip. This presses the aluminium foil close to the strip of film to be tested. The aluminium foil shall be narrower than the strip of film to be tested and arranged so that the strip of film overlaps beyond the aluminium foil by at least 2,5 mm on both sides. A direct voltage of 100 V per 0,001 mm thickness of the film to be tested shall be applied between the aluminium foil and the roller. It shall be possible for the test voltage to be set whilst the strip of film is running. (The voltage set when the strip of film is motionless drops if the strip of film is moved, due to the removal of charge by the strip of film.)

The apparatus for producing the direct current shall be designed so that the full test voltage is reached again after about 0,1 s following a breakdown, so that faults following each other closely can be detected. A suitable counting mechanism shall be used for counting the electrical impulses (weak spots).

21.2.2 Procedure

The strip of film to be tested is drawn between the roller and the aluminium foil as described in 21.2.1, and the electrical impulses (weak spots) counted.

21.2.3 Results

The weak spots counted are divided by the tested area and stated as the fault count per m² by Method A.

The following particulars shall be stated:

- width in millimetres of the aluminium foil;
- length in metres of the tested strips of film.

21.3 Method B: Testing wide strips of film

21.3.1 General

Hazard note: The energy stored in this test specimen may be approximately 1 J.

21.3.2 Test equipment

A schematic diagram of the test equipment is given in Figure 7. On an electric insulating support of approximately 270 mm × 160 mm lies a metallized plastic foil ¹ measuring 250 mm × 140 mm with the metal covering uppermost. A test specimen measuring 180 mm × 180 mm taken from the film to be tested is placed on the metal covering so that it overlaps by 20 mm on each of the 250 mm long sides of the metallized plastic foil and terminates at one of the 140 mm long sides of the foil. Another metallized plastic foil 140 mm wide is placed on the test specimen with the metal covering side downwards and on top of this a soft rubber sheet measuring 140 mm × 140 mm and about 4 mm thick. After folding the upper metallized plastic foil round the soft rubber sheet, the whole is loaded with a metal plate

¹ For example, a 0,03 mm thick polyethyleneterephthalate (PETP) film vacuum metallized with aluminium.

measuring 140 mm × 140 mm weighing approximately 650 g. The test voltage is applied to the metal plate. The free end of the metallized plastic foil lying underneath is connected to earth. The test voltage (DC or peak AC) is 100 V per 0,001 mm thickness of the test specimen.

21.3.3 Procedure

Starting at nil, the test voltage is increased at 0,5 kV/s to the calculated value and then maintained at this calculated value for 1 min, after which the specimen is removed from the test equipment and the number of weak spots, which are recognizable by their brownish specks, are counted on an area of 100 cm² which is at least 20 mm from the edge of the tested area.

The testing is carried out on 10 test specimens taken from and evenly distributed over the width of the roll of film.

21.3.4 Results

The number of weak spots determined on the 10 test specimens is divided by the film area and stated as the fault count per square meter by Method B. The type of test voltage shall also be stated.

21.4 Method C: Testing of film in rolls

21.4.1 General

Many types of apparatuses for film in rolls are used by manufacturers and customers to evaluate weak spots. The results obtained by each apparatus have been used for the evaluation to meet the criteria which are agreed upon between supplier and purchaser. In this part of IEC 60674, three types of apparatus for the testing of film in rolls are presented as typical examples.

Method C1: an apparatus where the unmetallized film being tested runs between layers of cleaned aluminium foil electrodes. One aluminium foil electrode is connected to ground potential. The other is connected to high voltage (HV).

Method C2: an apparatus where film, metalized on one surface is used as an electrode in contact with the film under test. The metallized film is connected to the ground electrode. One side of the film to be tested is placed in contact with the metallized film, the other side being placed in contact with the HV roller.

Method C3: an apparatus where the earthed roller is in contact with film surface. The HV electrode is not in contact with the film surface.

It should be noted that these testing methodologies should not be compared because results are not the same even using the same grade of film.

21.4.2 Unreeling system

21.4.2.1 General

The complete unreeling system is housed in a suitable cabinet to protect it against dust. A switch is provided to cut off the test voltage whenever the door of the cabinet is opened.

21.4.2.2 Method C1

A diagram of the apparatus is given in Figure 8. The film under test is unreeled at the same speed as two aluminium foil electrodes 1 and 2 by two rubber-covered rollers R4 and R5. The thickness of these electrodes is 5 µm to 6 µm, and electrode 1 is narrower than electrode 2 by about 20 mm; they are electrically connected to the fault measuring system by the two metal

rollers R1 and R2 respectively. Fault detection takes place on the quartz roller R3, which has a diameter of 24 mm. The aluminium foil electrode 1 is tangential to this roller, while electrode 2 passes round it through 180°, so that the film under test is only subjected to the test voltage at the line of contact.

21.4.2.3 Method C2

A diagram of the apparatus is given in Figure 9. The film under test is unreeled at the same speed as the metalized film. The thickness of the metalized film is 2 µm, and the metalized film is narrower than the film under the test by about 20 mm. The metalized surface of the film is electrically connected to the ground potential by touching the grounded roller (R1). HV is connected to metal roller R2.

21.4.2.4 Method C3

A diagram of the apparatus is given in Figure 10a). The film under the test runs through the air gap between HV electrode and the grounded metal roller. As shown in Figure 10b), the gap between HV electrode edge and the grounded metal roller is $0,10 \text{ mm} \pm 0,05 \text{ mm}$. A typical shape of a HV electrode is a metal plate of 4 mm thick and the edge of the plate is finished to a curvature of 2 mm radius, unless otherwise specified in IEC 60674-3 (all parts). The central angle (α), formed by a circular arc between a contact point and a separate point of the film is larger than 120 °.

21.4.3 Fault counter

The counting system comprises:

- a DC HV generator which can supply an adjustable voltage. The breakdown current is limited by a 10 kΩ resistor, irrespective of the test voltage. When breakdown occurs, the voltage should return to its initial value in less than 0,5 s;
- a suitable detector of pulses due to the breakdown current, and a suitable pulse counter;
- optionally, a time-switch to stop the apparatus once a given length of film has been tested.

21.4.4 Procedure

Determine the unreeling speed, the electric field strength applied to the film and an inspection area (width and length) of the film before the test. These parameters are specified in IEC 60674-3 (all parts).

21.4.5 Results

The number of faults is divided by the area in square metres and expressed as the faults count per square metre by Method C1, Method C2 or Method C3.

In addition, the following shall be noted:

- unreeling speed;
- value of the electric field in kilovolts per millimetre or in volts per micrometre.
- width and length of the inspected film;

22 Resistance to breakdown by surface discharges

This is to be determined according to IEC 60343.

23 Electrolytic corrosion

The electrolytic corrosion is to be determined according to one of the methods given in IEC 60426. The particular method will be stated in IEC 60674-3 (all parts).

24 Melting point

Melting point shall be measured by DSC method in accordance with ISO 11357-3.

25 Dimensional change

25.1 Test specimens

Two types of test specimen can be used, a square type or a strip type. The size for the square type is approximately 100 mm × 100 mm. The typical size for the strip type is 20 mm × 150 mm, although other sizes can be used.

In the case of the square type, cut two test specimens from the film. Mark each test specimen to show the machine or transverse direction. For materials narrower than 100 mm take the actual width and 100 mm length.

In the case of the strip type, cut ten test specimens from the film. The lengthwise direction of five specimens out of the ten shall be arranged to the same direction as the machine direction, and the lengthwise direction of the other five specimens, to the transverse direction. Mark two gauge lines separated by 100 mm ± 2 mm on the surface of the specimen so that the two lines are centered lengthwise on the strip.

25.2 Procedure

The length and width of the square type specimen are measured to an accuracy of 0,1 mm. The distance between the gauge lines of the strip type specimen are measured to an accuracy of 0,1 mm.

The test specimen of the either type is then suspended free in a hot cabinet with natural circulation of air, for the period of time and at the temperature specified in IEC 60674-3 (all parts).

After cooling to room temperature the length and the width are measured at the same points as previously measured. For the strip type, the distance between the two gauge lines at the same points is measured. The measurements in both types should be performed to an accuracy of 0,1 mm.

25.3 Results

The changes in dimensions of each test specimen are calculated in relation to the initial dimensions as a percentage of dimensional change in the machine and transverse direction.

In the case of the square type, the dimensional change in each direction is the mean value of the two determinations in that direction.

In the case of the strip type, the dimensional change in each direction is the mean value of each five determinations with the five specimens in that direction.

26 Dimensional stability under tension with rising temperature

26.1 Test specimens

Test specimens of 15 mm in width are cut from films in the machine and also, where applicable, in the transverse direction of the roll of film (care should be taken to obtain satisfactorily cut surfaces); from narrower tapes, film test specimens are taken in the delivered width. The length of the test specimens is according to the test equipment. The measured length of 20 mm is marked by two lines in approximately the middle of their length and over their entire width.

26.2 Procedure

The test specimen is suspended in a hot cabinet and loaded to a tension of 2,5 N/mm². Beyond (alongside, in the case of opaque film) the measured length of the test specimen, a scale is applied which permits the change in the measured length to be read off to within 1 mm accuracy.

A thermocouple is secured to the test specimen in the region of the measured length. The hot cabinet is heated so that the temperature measured at the temperature-measuring apparatus rises steadily by 50 °C ± 1 K/h, starting at not more than 30 °C. When the measured length has increased under load by 40 %, compared with the initial length or the test specimen tears, a reading of the temperature is taken. Tests in which the specimen is torn at the grips are not evaluated and shall be repeated.

Three specimens are tested in the machine direction and, where applicable, three in the transverse direction of the roll of film.

26.3 Results

The central value from the three individual values of the temperature is stated as dimensional stability under tensile stress with rising temperature in the direction concerned.

It is best to plot a graph of the change in the measured length relative to the temperature. If the test specimen tears before reaching an extension of 40 %, this shall be stated together with the temperature.

27 Dimensional stability under pressure with rising temperature

27.1 Test equipment

The specimen is held between two 1 mm diameter nickel wires which cross at an angle of 90° under a fixed load of 30 N. Penetration of the test specimen is indicated by electrical contact of the two wires.

27.2 Test specimens

Three test specimens 30 mm × 30 mm are cut from the film.

27.3 Procedure

The test equipment is placed in a vibration-free laboratory oven with air circulation, the test specimen is laid between the penetrating fins of the test equipment and loaded without shock to 30 N. A DC voltage of approximately 40 V is then connected via the signalling instrument to the two penetrating fins.

Starting from 30 °C, the temperature is increased uniformly at a rate of 50 °C ± 3 K/h until the signalling instrument indicates the destruction of the specimen. The temperature is measured

in the immediate vicinity of the test specimen. As soon as the signalling instrument indicates destruction of the test specimen, the temperature is read.

27.4 Results

The central value of three individual values for the temperature is quoted in degrees Celsius as the dimensional stability under pressure and with rising temperature.

28 Resistance to penetration at elevated temperature

28.1 General

Resistance to penetration at elevated temperature shall be determined according to Clause 10 of IEC 60454-2:2007.

28.2 Principle

The method determines the temperature at which a 1,5 mm diameter sphere penetrates the film so as to make electrical contact through it.

29 Volatile content (loss of mass on heating)

29.1 Test specimens

Three specimens are tested. Each test specimen consists of sufficient pieces of film 50 mm × 50 mm to provide a specimen of mass not less than 300 mg. In the case of film less than 50 mm width, the test specimen shall be a length of film of mass not less than 300 mg.

29.2 Procedure

The test specimen is dried in an oven at the pre-conditioning temperature and for the time specified in IEC 60674-3 (all parts). During this and subsequent heating operations, the test specimen shall be arranged so as to allow free circulation of air over all surfaces.

The test specimen is then cooled to room temperature in a desiccator and weighed (m_1).

The test specimen shall then be heated at the temperature and for the time specified in IEC 60674-3 (all parts). It shall then be cooled to room temperature in a desiccator and weighed (m_2).

29.3 Result

The volatile content, V_C (%), of each specimen is:

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

The result is the central value to the three determinations, the other two values being reported.

30 Thermal endurance

Thermal endurance, TI or RTE, shall be determined in accordance with IEC 60216 (all parts). The end-point criteria are specified in IEC 60674-3 (all parts).

31 Burning characteristics

31.1 Principle

This is a combustion test on test specimens in vertical position with the object of dividing materials into different classes according to the results obtained. The test is applicable to thin materials (thickness up to and including 0,25 mm), including those which shrink or distort at the side opposite the flame.

31.2 Apparatus

- Test chamber, enclosure or laboratory fume cupboard free from draughts;
- Bunsen or Tyrrel burner having a tube 100 mm long and an inside diameter of 9 mm;
- circular support with clips or other means of holding test specimens in a vertical position;
- supply of methane gas (technical grade) with regulator and meter to obtain a uniform rate of flow (natural gas having a calorific value of 9 000 kcal/m³ (1 000 BThU per cubic foot) is considered capable of giving similar results);
- stop-watch or similar suitable device;
- absorbent surgical cotton;
- anhydrous calcium chloride desiccator;
- conditioning room or chamber at 23 °C ± 2 K and 50 % ± 5 % RH;
- ventilated oven at 70 °C ± 1 K;
- a mandrel 9,5 mm ± 0,5 mm in diameter.

31.3 Test specimens

Five test specimens shall be tested.

The test specimens shall be cut from the film under test and shall have the following dimensions: length 200 mm, width 50 mm.

The specimens tested by this method are limited to a maximum thickness of 0,25 mm.

The test specimens shall be prepared by drawing a line across the width of the sample at 125 mm from one of its ends.

The test specimen is then wound around a mandrel of diameter 9,5 mm ± 0,5 mm so as to form a cylinder 200 mm long, with the line marking the length of 125 mm on its outer face.

The end of the rolled test specimen is fixed by means of an adhesive tape 75 mm wide placed with one of its edges along the 125 mm line. The cylindrical test specimen is then removed from the mandrel.

31.4 Conditioning

Batches of test specimens shall be conditioned as follows:

- a) batches of five test specimens each, conditioned for at least 48 h at 23 °C ± 2 K and 50 % ± 5 % RH before the test;
- b) batches of five test specimens each, conditioned before testing in a ventilated oven for 168 h at 70 °C ± 1 K, and then allowed to cool for 4 h to the ambient temperature.

31.5 Procedure

The test shall be carried out in a room, enclosure or laboratory fume cupboard free from draughts.

A closed laboratory fume cupboard provided with a heat-resistant glass window and an extractor fan for removing combustion products after the test is recommended.

The circular support shall hold the test specimen over a length of 6,0 mm at its upper end, with its longitudinal axis vertical, and its lower end 9,5 mm above the top of the burner, and 300 mm above a horizontal layer of dry absorbent surgical cotton measuring 50 mm × 50 mm and 6,0 mm thick. The cylindrical test specimen so placed shall have its upper end open.

The burner is then held well away from the test specimen, lit and regulated so as to obtain a blue flame 20 mm ± 1 mm high. This flame may be obtained by adjusting both the gas flow and air inlet to obtain a flame 20 mm high with yellow tip, and then increasing the air until the yellow tip disappears. The height of the flame should then be re-measured and corrected if necessary.

The flame is then placed concentrically below the centre of the lower end of the specimen under test, and maintained there for 3 s. The flame is then removed from the test specimen to a distance of at least 150 mm, and the time for which the test specimen continues to burn is noted.

When the burning has stopped, the flame is immediately replaced under the test specimen. After 3 s, the flame is again removed and the duration of flames and burning is noted.

If the test specimen emits molten or flaming matter during one of the applications of the flame, the burner should be tilted at an angle of 45° and moved slightly towards the side of the test specimen to prevent particles of such matter from falling into the burner tube.

If the test specimen burns away from the flame during the test, the burner should be held in the hand, and the distance 9,5 mm between the bottom of the test specimen and the top of the burner tube maintained during application of the flame, ignoring any threads of molten material.

During the test, the following shall be observed and noted:

- a) the duration of burning with flames after the first application of the burner;
- b) the duration of burning with flames after the second application of the burner;
- c) whether or not the test specimen gives off flaming particles which ignite the surgical cotton;
- d) the duration of any combustion after the second application of the burner;
- e) whether or not the test specimen burns right up to the 125 mm mark.

31.6 Interpretation of results

According to the results obtained from the tests described above, the materials are classified VTF 0, VTF 1 and VTF 2 as given in Table 2, if, during the tests:

- one of the 5 test specimens does not fulfil criteria A, C, D or E, or
- the total combustion time (criterion B) is exceeded by up to 5 s, a further test on a fresh batch of five test specimens is allowed.

The test specimens submitted to this second test shall fulfil the requirements for the class into which they are classified.

Table 2 – Classification of materials regarding self-extinguishing properties

	Criteria	VTF 0	VTF 1	VTF 2
A	Maximum duration of burning with flames after each application of the burner	10 s	30 s	30 s
B	Maximum total combustion time for 10 applications of the burner for all 5 test specimens	50 s	250 s	250 s
C	Number of test specimens capable of burning up to the 125 mm mark	0	0	0
D	Emission of flaming particles capable of igniting the surgical cotton placed 300 mm below the test specimen	0	0	^a
E	Maximum duration of combustion without flame after removing the burner for the second time	30 s	60 s	60 s
^a A few flaming particles burning for a short time, some of which may ignite the surgical cotton.				

32 Water absorption in a damp atmosphere

32.1 Apparatus

- Balance with an accuracy $\pm 0,1$ mg;
- weighing bottles;
- oven, capable of maintaining a temperature as specified in IEC 60674-3 (all parts);
- desiccator;
- enclosure in which a relative humidity of $93 \% \pm 2 \%$ can be maintained.

32.2 Test specimens

Three specimens are tested. Each test specimen consists of sufficient pieces of film $50 \text{ mm} \times 50 \text{ mm}$ to provide a test specimen of mass not less than 300 mg. In the case of film less than 50 mm width, the test specimen shall be a length of film of mass not less than 300 mg.

32.3 Procedure

32.3.1 Water absorption of material as-received

The mass of three test specimens in the as-received condition is determined.

These pieces are placed in an atmosphere of $93 \% \pm 2 \%$ RH for a period of time to be specified in IEC 60674-3 (all parts) and selected from Table 2 of IEC 60212:2010. After this period of time has elapsed, the mass (to the nearest mg) of each test specimen is determined immediately in a closed weighing bottle. The increase in mass of each test specimen is calculated.

32.3.2 Water absorption of dry material

Three test specimens are dried in an oven at the temperature given in IEC 60674-3 for a period of 24 h and then cooled to room temperature in a desiccator over phosphorus pentoxide for at least 1 h. Each of the test specimens is weighed in a closed weighing bottle (to the nearest mg).

These pieces are placed in an atmosphere of $93 \% \pm 2 \%$ RH for a period of time to be specified in IEC 60674-3 (all parts) and selected from Table 2 of IEC 60212:2010. After this period of time has elapsed the mass (to the nearest mg) of each test specimen is determined immediately in a closed weighing bottle. The increase in mass of each test specimen is calculated.

32.4 Results

Take the central value of the three determinations and report the increase in mass as a percentage of the original mass either in the as-received condition or in the dry condition as required.

33 Absorption of liquid

33.1 Principle

The method detailed here is an indirect method based on the weight of liquid absorbed by the film, the volume increase due to the liquid absorbed being calculated using the density of the film and of the liquid.

33.2 Apparatus

- Knife-edged punch or template with a sharp knife or razor capable of cutting squares of the film approximately 50 mm × 50 mm;
- balance with an accuracy of 0,1 mg;
- oven, capable of controlling the temperature to within $\pm 1^{\circ}\text{C}$ of the required test temperature specified in IEC 60674-3 (all parts);
- circular glass dish at least 100 mm in diameter and suitable glass cover;
- sheets of unglazed absorbent paper 0,1 mm to 0,15 mm thick, suitable for rapidly mopping liquid from the surface of the test specimens;
- weighing bottles;
- density bottle or pycnometer.

33.3 Test specimens

Three specimens are tested. Each test specimen consists of sufficient pieces of film 50 mm × 50 mm to provide a specimen of mass not less than 300 mg. In case of film less than 50 mm width the test specimen shall be a length of film not less than 300 mg.

33.4 Procedure

Place the glass dish containing a quantity of the impregnant liquid (depth 10 mm or more) in the oven at the required test temperature.

Determine the mass (m) of each of the three test specimens weighed to the nearest 0,1 mg, at a temperature of $23^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$.

When the impregnant liquid has attained the test temperature, immerse the three weighed test specimens in the liquid so that the squares remain separate and note the time.

After the time specified in IEC 60674-3 (all parts), remove the test specimens from the oven and immediately place the test squares separately between sheets of the absorbent paper to mop the liquid from both surfaces, wipe them rapidly, thoroughly and firmly several times on both surfaces with clean pieces of paper and weigh the test specimens at room temperature (m_0).

Wiping and weighing should be completed within 15 min ²⁾ of removal of the test specimens from the oven.

²⁾ Since some impregnant liquids have some volatility at room temperature, this time should not be exceeded.

Measure the density of the plastic film (d) at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$ by the method described in Clause 5.

Measure the density (d_1) of the liquid at $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ K}$ using the density bottle.

33.5 Calculations

The absorption of liquid expressed as a percentage, Al (%) is:

$$Al = \frac{(m_0 - m)}{m} \times \frac{d}{d_1} \times 100$$

33.6 Result

The absorption of liquid is the central value of the three determinations.

34 Ionic impurities

The ionic impurities are to be determined in accordance with IEC 60589.

Principle

The presence of ionizable soluble organic and/or inorganic materials is determined by the increase in volume conductivity of the liquid extract.

35 Effect of insulating varnishes

35.1 Procedure

The following properties of the film are determined before and after immersion in the liquid:

- appearance, for example flatness, clarity, and colour;
- thickness (central value of one measurement taken at the centre of each of five $50\text{ mm} \times 50\text{ mm}$ test specimens);
- tensile strength and elongation at break (central value of five results in the machine direction).

Sufficient ready-for-use insulating varnish is put into a suitable glass container which is closed and heated, for example in a liquid bath or hot cabinet to the temperature agreed for the particular varnish.

As soon as the insulating varnish has reached this temperature five test specimens are suspended in the varnish so that they are completely surrounded by the varnish and are not in contact with each other or with the walls of the container. The container is then closed again.

After a time of $4\text{ h} \pm 15\text{ min}$ at the agreed temperature the test specimens are removed separately from the container, rinsed for a few seconds in the varnish solvent and dabbed with filter paper. The rinsing and dabbing operations should not last longer than 60 s. The initial measurements are repeated and completed within 3 min of removal from the container.

35.2 Results

A comparison of the test results after immersion in varnish determines what changes have occurred. These changes shall be stated as the test result together with the insulating varnish used, these being:

- change in appearance, for example in flatness, clarity and colour;

- change in thickness in % (central value);
- change in tensile strength in % (central value);
- change in elongation at break in % (central value).

36 Effect of polymerisable resinous compounds in a liquid state

36.1 Procedure

The effect of polymerisable resinous compounds in the liquid state is determined according to 35.1.

The temperature and duration of immersion in the polymerisable resinous compound depends on the nature of the compound used; immersion should not be longer than 4 h. The test specimens are removed for testing after the agreed time, but not later than the point at which gelation of the compound occurs. They are rinsed for a few seconds in toluene.

36.2 Results

The results of tests are evaluated according to 35.2. The temperature and time of the immersion in the polymerisable resinous compound shall be stated in the test report.

Dimensions in millimetres

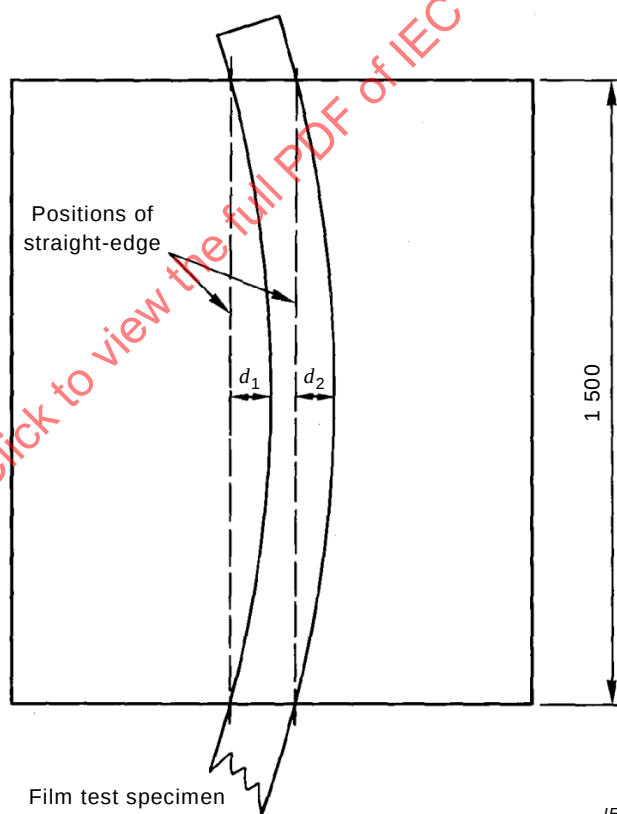
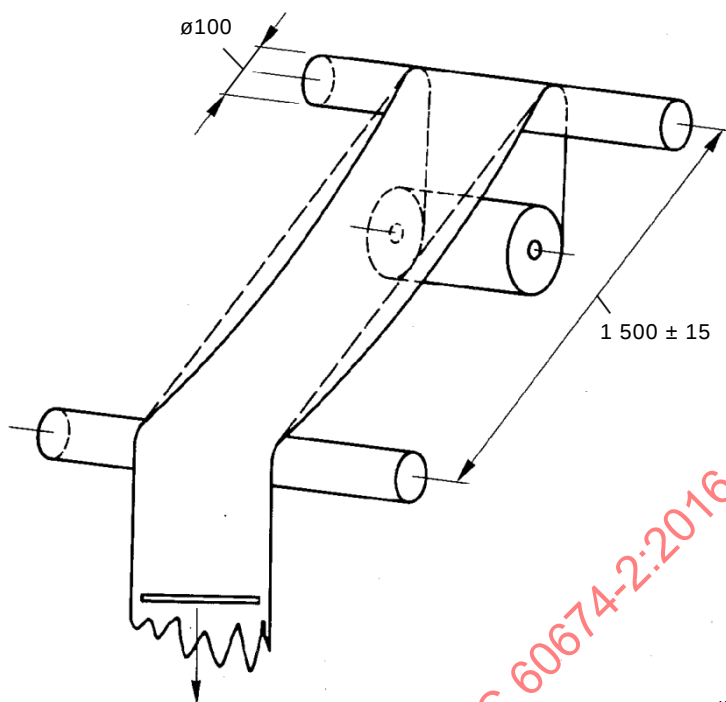


Figure 1 – Windability of film – Measurement of bias/camber – Method A

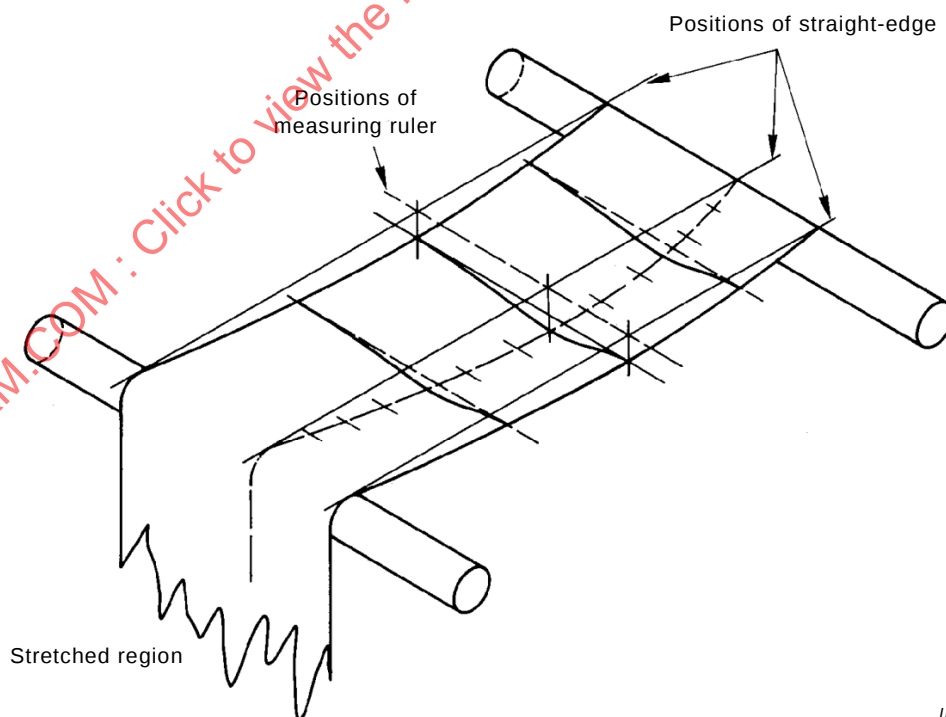
Plan view of measuring table:

d_1, d_2 = deviations of film edges at mid span (the bias/camber is $d_1 + d_2$)



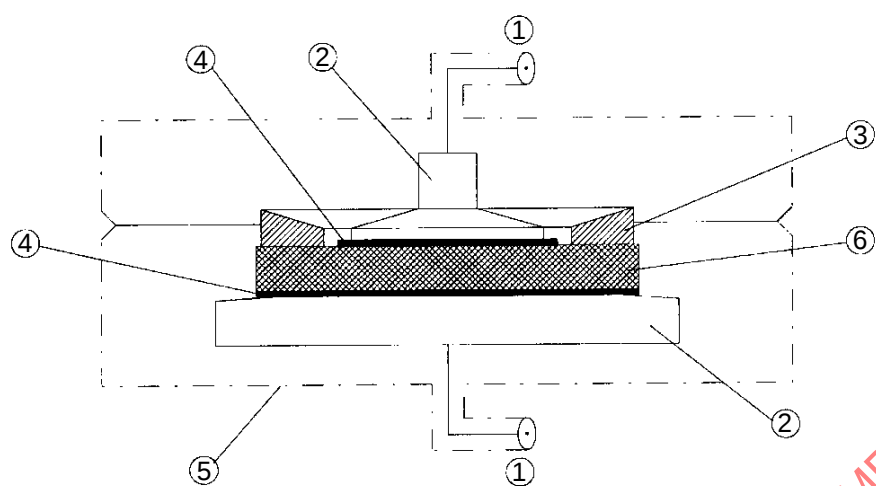
IEC

**Figure 2 – Windability of film –
Apparatus for measurement of sag – Method A**



IEC

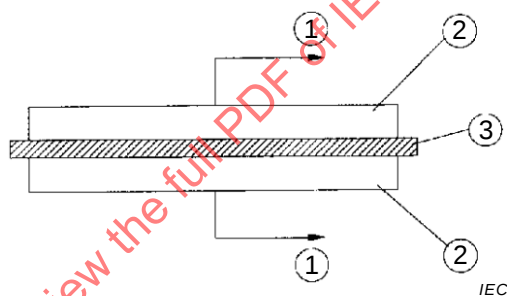
**Figure 3 – Windability of film –
Measurement of sag – Method A**



- | | |
|--|-----------------------|
| 1 Screened connections to measuring system | 4 Intimate electrodes |
| 2 Backing electrodes | 5 Screened enclosure |
| 3 Guard electrode | 6 Specimen |

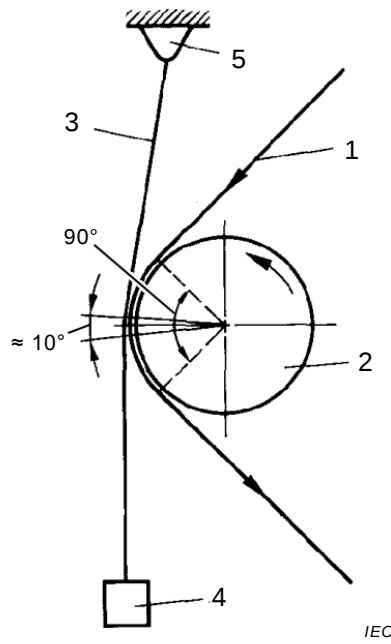
NOTE To aid alignment of the electrodes, the small intimate electrode is arranged slightly larger in diameter than the corresponding backing electrode.

Figure 4 – Three-terminal electrode system for low frequencies (up to 50 kHz)



- | |
|--|
| 1 Short rigid connection to measuring system |
| 2 Circular and co-axial electrodes of equal diameter |
| 3 Film specimen |

Figure 5 – Two-electrode system for high frequencies (above 50 kHz)

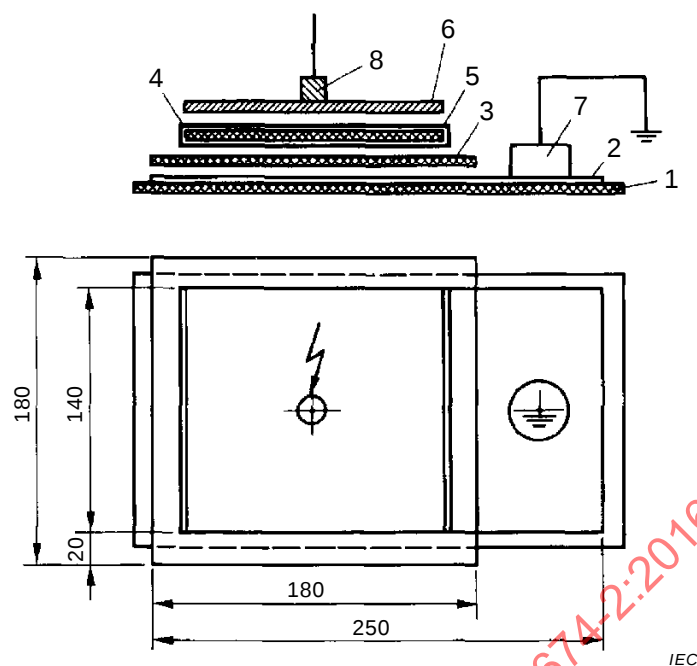


Key

- 1 Specimen (strip of film)
- 2 Roller
- 3 Aluminium foil (strip)
- 4 Weight
- 5 Clamping device

Figure 6 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method A

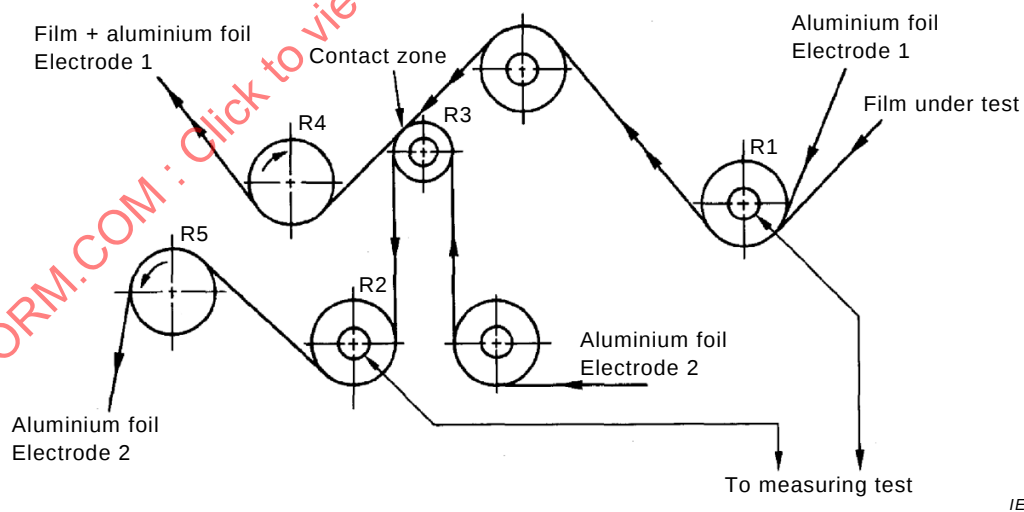
Dimensions in millimetres



Key

- 1 Insulating material
- 2 Plastic film with metal coating
- 3 Specimen
- 4 Plastic film with metal coating
- 5 Soft rubber
- 6 Metal plate
- 7 Contact masse
- 8 Connection for test voltage

Figure 7 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method B



Key

- R1, R2 Contact rollers (metal)
- R3 Measuring rollers (quartz)
- R4, R5 Drive rollers (rubber)

Figure 8 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method C1

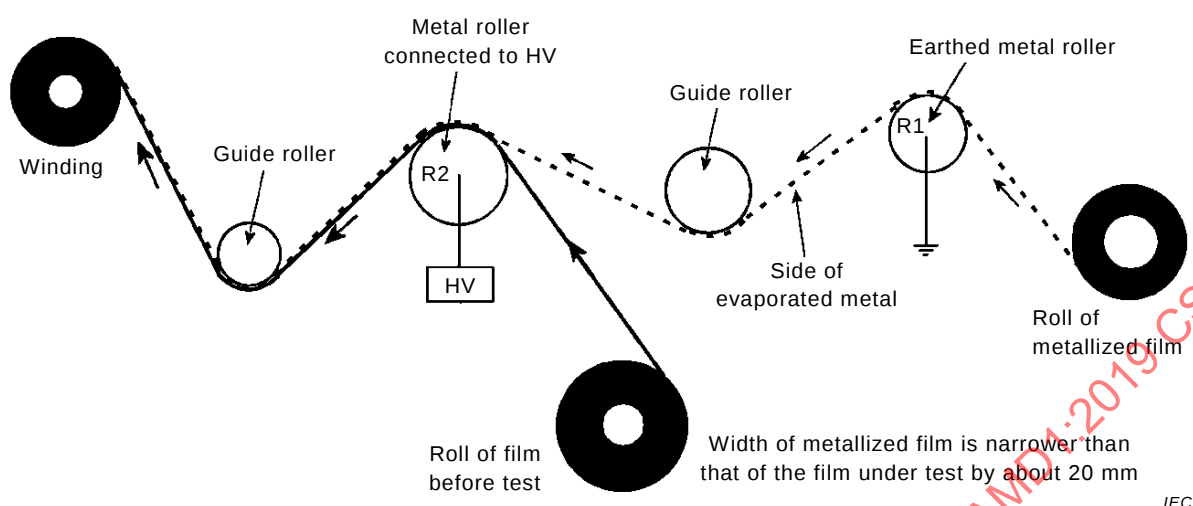
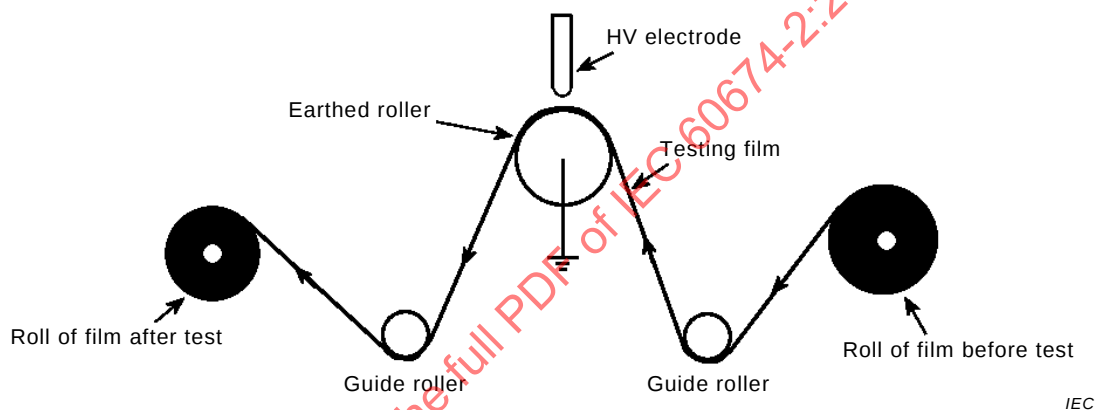
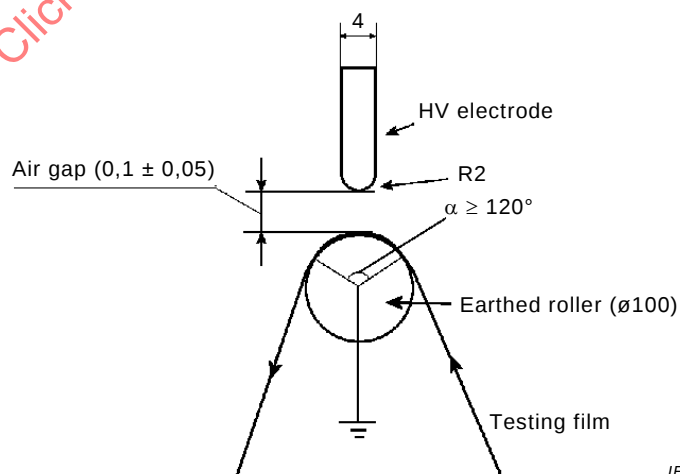


Figure 9 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method C2



10a) Full view on arrangements of rolls, rollers and HV electrode

Dimensions in millimetres



10b) Schematic diagram with arrangement around the air gap between HV electrode and earthed roller

Figure 10 – Equipment for testing for electrical weak spots by Method C3

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60674-2:2016+AMD1:2019 CSV

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	48
INTRODUCTION	50
1 Domaine d'application	51
2 Références normatives	51
3 Généralités sur les essais	52
4 Épaisseur	52
4.1 Généralités	52
4.2 Détermination de l'épaisseur par examen mécanique	53
4.2.1 Généralités	53
4.2.2 Mesure avec une seule feuille	53
4.2.3 Mesure avec une multicouche de feuilles	53
4.3 Détermination de l'épaisseur par méthode gravimétrique	53
4.3.1 Mesure avec un échantillon	53
4.3.2 Mesure avec un rouleau	53
4.4 Profil d'épaisseur dans le sens transversal et variation d'épaisseur dans le sens longitudinal	54
5 Masse volumique	54
6 Largeur	54
7 Aptitude à l'enroulement (biais et fléchissement)	54
7.1 Principe	54
7.2 Généralités	54
7.3 Méthode A	54
7.3.1 Principe	54
7.3.2 Mesure du biais	55
7.3.3 Mesure du fléchissement	55
7.4 Méthode B	56
7.4.1 Principe	56
7.4.2 Appareillage	56
7.4.3 Éprouvettes	57
7.4.4 Mode opératoire	57
7.4.5 Résultat	57
8 Rugosité de surface	58
9 Facteur de remplissage	58
10 Coefficient de frottement	58
11 Tension de mouillage (films de polyoléfine)	58
11.1 Principe d'essai et remarques d'introduction	58
11.2 Appareillage	58
11.3 Réactifs	59
11.4 Éprouvettes	60
11.5 Conditionnement	60
11.6 Mode opératoire	60
11.7 Évaluation	60
11.8 Rapport	60
12 Propriétés en traction	61
12.1 Généralités	61

12.2	Éprouvettes	61
12.3	Vitesse d'essai.....	61
12.4	Résultat	61
13	Résistance du bord au déchirement.....	61
13.1	Généralités	61
13.2	Principe	61
14	Résistance au déchirement.....	61
15	Rigidité du film	61
16	Résistivité superficielle.....	62
17	Résistivité transversale.....	62
17.1	Méthode 1: méthode de l'électrode	62
17.2	Méthode 2: méthode applicable aux films bobinés comme diélectrique de condensateurs ou aux films trop fins pour la méthode 1	62
17.2.1	Principe	62
17.2.2	Éprouvettes	62
17.2.3	Mode opératoire	62
17.2.4	Résultat	63
18	Facteur de dissipation et permittivité	63
18.1	Généralités	63
18.2	Méthode 1.....	63
18.2.1	Généralités.....	63
18.2.2	Manipulation des échantillons et des spécimens.....	63
18.2.3	Conditionnement des échantillons avant les mesures	63
18.2.4	Mesures à l'aide d'électrodes de contact.....	64
18.2.5	Mesures à l'aide d'électrodes sans contact	65
18.2.6	Mode opératoire d'essai.....	66
18.2.7	Rapport	66
18.3	Méthode 2.....	66
18.3.1	Généralités.....	66
18.3.2	Facteur de dissipation supérieur ou égal à 5×10^{-4}	66
18.3.3	Facteur de dissipation inférieur à 5×10^{-4}	66
19	Facteur de dissipation à l'état imprégné.....	67
20	Rigidité électrique.....	67
20.1	Essais en courant alternatif et en courant continu d'une feuille de film disposée en sandwich par des électrodes métalliques	67
20.2	Essai en courant continu à l'aide d'un condensateur bobiné.....	67
20.3	Essai en courant continu pour un film d'épaisseur inférieure ou égale à $6 \mu\text{m}$	67
21	Plages électriquement faibles	68
21.1	Généralités	68
21.2	Méthode A: Essai de bandes étroites de films de grandes longueurs	69
21.2.1	Matériel d'essai	69
21.2.2	Mode opératoire	69
21.2.3	Résultats	69
21.3	Méthode B: Essai des films en bande large.....	69
21.3.1	Généralités.....	69
21.3.2	Matériel d'essai	69
21.3.3	Mode opératoire	70
21.3.4	Résultats	70

21.4	Méthode C: Essais des films en rouleau.....	70
21.4.1	Généralités.....	70
21.4.2	Système de débobinage	70
21.4.3	Compteur de défauts	71
21.4.4	Mode opératoire	71
21.4.5	Résultats	71
22	Résistance au claquage sous l'action de décharges superficielles	72
23	Corrosion électrolytique	72
24	Point de fusion	72
25	Variation dimensionnelle.....	72
25.1	Éprouvettes	72
25.2	Mode opératoire.....	72
25.3	Résultats	72
26	Stabilité dimensionnelle sous tension à température croissante.....	73
26.1	Éprouvettes	73
26.2	Mode opératoire.....	73
26.3	Résultats	73
27	Stabilité dimensionnelle sous pression à température croissante.....	73
27.1	Matériel d'essai.....	73
27.2	Éprouvettes	73
27.3	Mode opératoire.....	74
27.4	Résultats	74
28	Résistance à la pénétration à température élevée	74
28.1	Généralités	74
28.2	Principe	74
29	Teneur en produits volatils (perte de masse au chauffage)	74
29.1	Éprouvettes	74
29.2	Mode opératoire.....	74
29.3	Résultat	74
30	Endurance thermique	75
31	Caractéristiques de combustion	75
31.1	Principe	75
31.2	Appareillage.....	75
31.3	Éprouvettes	75
31.4	Conditionnement.....	76
31.5	Mode opératoire.....	76
31.6	Interprétation des résultats	77
32	Absorption d'eau en atmosphère humide	77
32.1	Appareillage.....	77
32.2	Éprouvettes	77
32.3	Mode opératoire.....	77
32.3.1	Absorption d'eau du matériau à l'état de livraison	77
32.3.2	Absorption d'eau du matériau à l'état sec.....	78
32.4	Résultats	78
33	Absorption de liquide	78
33.1	Principe	78
33.2	Appareillage.....	78

33.3	Éprouvettes	78
33.4	Mode opératoire.....	78
33.5	Calculs	79
33.6	Résultat	79
34	Impuretés ioniques	79
35	Effet des vernis d'isolation.....	79
35.1	Mode opératoire.....	79
35.2	Résultats	80
36	Effets dus aux mélanges résineux polymérisables à l'état liquide.....	80
36.1	Mode opératoire.....	80
36.2	Résultats	80
Figure 1 – Aptitude à l'enroulement du film – Mesure du biais – Méthode A		81
Figure 2 – Aptitude à l'enroulement du film – Appareillage de mesure du fléchissement – Méthode A		82
Figure 3 – Aptitude à l'enroulement du film – Mesure du fléchissement – Méthode A		82
Figure 4 – Système d'électrodes à trois sorties pour basses fréquences (jusqu'à 50 kHz).....		83
Figure 5 – Système d'électrodes à deux sorties pour hautes fréquences (supérieures à 50 kHz)		83
Figure 6 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode A		84
Figure 7 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode B		85
Figure 8 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C1		85
Figure 9 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C2		86
Figure 10 – Matériel d'essai pour les plages électriquement faibles grâce à la méthode C3		86
Figure 11 – Schéma de principe du système de mesure du claquage pour un film d'une épaisseur inférieure à 6 µm		68
Tableau 1 – Concentrations des mélanges d'éther monoéthylique d'éthylèneglycol et de formamide utilisés pour mesurer la tension de mouillage des films de polyéthylène et de polypropylène		59
Tableau 2 – Classification des matériaux en fonction de leurs propriétés d'autoextinction.....		77

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION POUR LES FILMS EN MATIÈRE
PLASTIQUE À USAGES ÉLECTRIQUES –****Partie 2: Méthodes d'essai****AVANT-PROPOS**

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

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de son amendement a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

L'IEC 60674-2 édition 2.1 contient la deuxième édition (2016-11) [documents 15/742/CDV et 15/760/RVC] et son corrigendum 1 (2017-12), et son amendement 1 (2019-01) [documents 15/839/CDV et 15/864/RVC].

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

La Norme internationale IEC 60674-2 a été établie par le comité d'études 15 de l'IEC: Matériaux isolants électriques solides.

Cette deuxième édition constitue une révision technique.

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

- a) le présent document a été entièrement révisé sur le plan rédactionnel et technique et a été inclus dans les normes de la série IEC 60674;
- b) les méthodes d'essai sont mises à jour pour refléter l'état de l'art actuel;
- c) une méthode permettant d'obtenir la rigidité électrique en courant continu est désormais spécifiée conformément à l'IEC 60243-2.

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

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60674, publiées sous le titre général *Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

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

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

INTRODUCTION

Le présent document fait partie d'une série portant sur les films en matière plastique à usages électriques. Cette série est composée de trois parties:

Partie 1: Définitions et prescriptions générales (IEC 60674-1)

Partie 2: Méthodes d'essai (IEC 60674-2)

Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers (IEC 60674-3 (toutes les parties))

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60674-2:2016+AMD1:2019 CSV

SPÉCIFICATION POUR LES FILMS EN MATIÈRE PLASTIQUE À USAGES ÉLECTRIQUES –

Partie 2: Méthodes d'essai

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60674 s'applique aux films en matière plastique à usages électriques. La présente partie de l'IEC 60674 propose des méthodes d'essai.

2 Références normatives

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

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

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

IEC 60243-1:2013, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 1: Essais aux fréquences industrielles*

IEC 60243-2, *Rigidité diélectrique des matériaux isolants – Méthodes d'essai – Partie 2: Exigences complémentaires pour les essais à tension continue*

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

IEC 60343, *Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la résistance relative des matériaux isolants au claquage par les décharges superficielles*

IEC 60394-2:1972, *Tissus vernis à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

IEC 60426, *Matériaux isolants électriques – Détermination de la corrosion électrolytique en présence de matériaux isolants – Méthodes d'essais*

IEC 60454-2:2007, *Rubans adhésifs sensibles à la pression à usages électriques – Partie 2: Méthodes d'essai*

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

IEC 60674-3 (toutes les parties), *Spécification pour les films en matière plastique à usages électriques – Partie 3: Spécifications pour matériaux particuliers*

IEC 62631-3-1, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-1: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance transversale et résistivité transversale – Méthode générale*

IEC 62631-3-2, *Propriétés diélectriques et résistives des matériaux isolants solides – Partie 3-2: Détermination des propriétés résistives (méthodes en courant continu) – Résistance superficielle et résistivité superficielle*

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

ISO 534, *Papier et carton – Détermination de l'épaisseur, de la masse volumique et du volume spécifique*

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

ISO 4591:1992, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de l'épaisseur moyenne d'un échantillon, et de l'épaisseur moyenne d'un rouleau, ainsi que de sa surface par unité de masse, par mesures gravimétriques (épaisseur gravimétrique)*

ISO 4592, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de la longueur et de la largeur*

ISO 4593, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de l'épaisseur par examen mécanique*

ISO 6383-1, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 1: Méthode de déchirement pantalon*

ISO 6383-2, *Plastiques – Film et feuille – Détermination de la résistance au déchirement – Partie 2: Méthode Elmendorf*

ISO 8295, *Plastiques – Film et feuille – Détermination des coefficients de frottement*

ISO 11357-3:2011, *Plastiques – Analyse calorimétrique différentielle (DSC) – Partie 3: Détermination de la température et de l'enthalpie de fusion et de cristallisation*

3 Généralités sur les essais

3.1 Éliminer au moins les trois premières couches du rouleau de film à soumettre à essai avant de prélever les éprouvettes.

3.2 Les rouleaux d'échantillonnage doivent être exposés pendant au moins 24 h à l'atmosphère normalisée de $23\text{ °C} \pm 2\text{ K}$ et de $(50 \pm 5)\%$ h.r. avant le prélèvement des éprouvettes à soumettre aux essais. Sauf spécification contraire, toutes les éprouvettes individuelles doivent être conditionnées pendant 1 h, puis soumises aux essais dans la même atmosphère normalisée.

4 Épaisseur

4.1 Généralités

L'épaisseur doit être mesurée par l'une des méthodes fournies ci-dessous, comme exigé par l'IEC 60674-3 (toutes les parties).