

**NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD**

**CEI  
IEC**

**60464-2**

Première édition  
First edition  
1974-01

**Spécification relative aux vernis isolants  
contenant un solvant**

**Deuxième partie:  
Méthodes d'essai**

**Specification for insulating varnishes  
containing solvent**

**Part 2:  
Test methods**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60464-2: 1974



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60464-2: 1974

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- **«Site web» de la CEI\***
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI\* et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

# NORME INTERNATIONALE INTERNATIONAL STANDARD

CEI  
IEC

60464-2

Première édition  
First edition  
1974-01

**Spécification relative aux vernis isolants  
contenant un solvant**

**Deuxième partie:  
Méthodes d'essai**

**Specification for insulating varnishes  
containing solvent**

**Part 2:  
Test methods**

© IEC 1974 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

Q

Pour prix, voir catalogue en vigueur  
For price, see current catalogue

## SOMMAIRE

|                        | Pages |
|------------------------|-------|
| PRÉAMBULE . . . . .    | 4     |
| PRÉFACE . . . . .      | 4     |
| INTRODUCTION . . . . . | 6     |

### SECTION UN — ESSAIS DES VERNIS À L'ÉTAT DE LIVRAISON

#### Articles

|  |    |
|--|----|
| 1. Densité . . . . .   | 6  |
| 2. Viscosité . . . . .   | 6  |
| 3. Matières non volatiles . . . . .                                      | 8  |
| 4. Temps de séchage en couches minces . . . . .                          | 8  |
| 5. Point d'éclair . . . . .  | 10 |
| 6. Aptitude à la dilution . . . . .                                      | 10 |
| 7. Aptitude au durcissement en couche épaisse . . . . .                  | 12 |
| 8. Action du vernis sur le cuivre . . . . .                              | 16 |
| 9. Stabilité du vernis en vase clos . . . . .                            | 18 |
| 10. Stabilité du vernis en récipient couvert . . . . .                   | 20 |
| 11. Action du vernis sur les fils émaillés (méthode du crayon) . . . . . | 20 |

### SECTION DEUX — MÉTHODES D'ESSAI DES VERNIS À L'ÉTAT D'UTILISATION

|   |    |
|---|----|
| 12. Essais de souplesse . . . . .   | 22 |
| 12.1 Essai au mandrin . . . . .   | 22 |
| 12.2 Essai d'emboutissage (essai d'Erichsen) . . . . .                        | 24 |
| 13. Pouvoir agglomérant . . . . .   | 24 |
| 14. Résistance aux liquides isolants . . . . .                                | 24 |
| 15. Effet de l'immersion dans l'eau sur la résistivité transversale . . . . . | 26 |
| 16. Effet de l'immersion dans l'eau sur la rigidité diélectrique . . . . .    | 28 |
| 17. Résistance au cheminement . . . . .                                       | 30 |
| 18. Angle de pertes et permittivité . . . . .                                 | 32 |
| 19. Endurance thermique . . . . .   | 32 |
| FIGURE 1. Appareillage pour l'essai de souplesse . . . . .                    | 34 |

## CONTENTS

|                        | Page |
|------------------------|------|
| FOREWORD . . . . .     | 5    |
| PREFACE . . . . .      | 5    |
| INTRODUCTION . . . . . | 7    |

### SECTION ONE — TEST METHODS FOR VARNISHES AS SUPPLIED

| Clause   |    |
|--|----|
| 1. Density . . . . .   | 7  |
| 2. Viscosity . . . . .   | 7  |
| 3. Non-volatile matter . . . . .                                     | 9  |
| 4. Drying time in thin films . . . . .                               | 9  |
| 5. Flash point . . . . .   | 11 |
| 6. Dilution ability . . . . .  | 11 |
| 7. Ability to cure in considerable thickness . . . . .               | 13 |
| 8. Reaction of varnish with copper . . . . .                         | 17 |
| 9. Stability of varnish in an enclosed vessel . . . . .              | 19 |
| 10. Stability of varnish in an open vessel . . . . .                 | 21 |
| 11. Effect of varnish on enamelled wires (pencil hardness) . . . . . | 21 |

### SECTION TWO — TEST METHODS FOR VARNISHES IN THE CURED FORM

|   |    |
|---|----|
| 12. Flexibility tests . . . . .                                     | 23 |
| 12.1 Mandrel test . . . . .   | 23 |
| 12.2 Cupping test (Erichsen test) . . . . .                         | 25 |
| 13. Bond strength . . . . .   | 25 |
| 14. Resistance to insulating liquids . . . . .                      | 25 |
| 15. Effect of water immersion on volume resistivity . . . . .       | 27 |
| 16. Effect of water immersion on electric strength . . . . .        | 29 |
| 17. Resistance to tracking . . . . .                                | 31 |
| 18. Dissipation factor and permittivity . . . . .                   | 33 |
| 19. Thermal endurance . . . . .                                     | 33 |
| FIGURE 1. Apparatus for carrying out the flexibility test . . . . . | 34 |

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**SPÉCIFICATION RELATIVE AUX VERNIS ISOLANTS  
CONTENANT UN SOLVANT**

**Deuxième partie : Méthodes d'essai**

**PRÉAMBULE**

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

**PRÉFACE**

La présente recommandation a été établie par le Sous-Comité 15C: Spécifications, du Comité d'Etudes № 15 de la CEI: Matériaux isolants.

Des projets furent discutés lors des réunions tenues à Tel-Aviv en octobre 1966, à Varsovie en septembre 1967, à Londres en septembre 1968 et à Milan en février 1969. A la suite de cette dernière réunion, un projet définitif, document 15C(Bureau Central)13, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en mars 1970. Des modifications, document 15C(Bureau Central)32, furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en avril 1972.

Les pays suivants se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

|                                |                 |
|--------------------------------|-----------------|
| Afrique du Sud (République d') | Israël          |
| Australie                      | Italie          |
| Belgique                       | Japon           |
| Canada                         | Pays-Bas        |
| Danemark                       | Portugal        |
| Etats-Unis d'Amérique          | Suède           |
| Finlande                       | Suisse          |
| France                         | Tchécoslovaquie |
| Inde                           | Turquie         |
| Iran                           | Yougoslavie     |

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**SPECIFICATION FOR INSULATING VARNISHES  
CONTAINING SOLVENT**

**Part 2 : Test methods**

**FOREWORD**

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendations and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

**PREFACE**

This recommendation has been prepared by Sub-Committee 15C, Specifications, of IEC Technical Committee No. 15, Insulating Materials.

Drafts were discussed at the meetings held in Tel Aviv in October 1966, in Warsaw in September 1967, in London in September 1968, and in Milan in February 1969. As a result of this latter meeting, a final draft, document 15C(Central Office)13, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in March 1970. Amendments, document 15C(Central Office)32, were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in April 1972.

The following countries voted explicitly in favour of publication:

|                |                            |
|----------------|----------------------------|
| Australia      | Italy                      |
| Belgium        | Japan                      |
| Canada         | Netherlands                |
| Czechoslovakia | Portugal                   |
| Denmark        | South Africa (Republic of) |
| Finland        | Sweden                     |
| France         | Switzerland                |
| India          | Turkey                     |
| Iran           | United States of America   |
| Israel         | Yugoslavia                 |

## SPÉCIFICATION RELATIVE AUX VERNIS ISOLANTS CONTENANT UN SOLVANT

### Deuxième partie : Méthodes d'essai

#### INTRODUCTION

La présente recommandation traite des vernis isolants contenant un solvant. Elle comprendra trois parties, décrivant :

Première partie: Conditions générales.

Deuxième partie: Méthodes d'essai.

Troisième partie: Spécifications pour les matériaux particuliers.

#### SECTION UN: ESSAIS DES VERNIS À L'ÉTAT DE LIVRAISON

##### 1. Densité

La densité du vernis peut être déterminée par pesage d'un échantillon de vernis dans un pycnomètre à grande ouverture, de 25 cm<sup>3</sup> de capacité (minimum), à 23 ± 2 °C. Le résultat, arrondi aux 5 mg les plus proches, est divisé par la masse d'un même volume d'eau distillée, à la même température.

La densité peut également être déterminée à l'aide d'un aréomètre. En cas de litige, on utilisera le pycnomètre.

Exprimer le résultat en g/cm<sup>3</sup>.

##### 2. Viscosité

La viscosité à 23 ± 2 °C sera déterminée à l'aide d'un viscosimètre approprié. La tolérance de ± 2 °C est la tolérance normale pour la température. Si l'on souhaite obtenir une plus grande précision, la tolérance sera ramenée à ± 0,5 °C. L'instrument utilisé sera étalonné sur toute la gamme de viscosité des vernis à essayer, au moyen d'huiles dont la viscosité absolue à 23 °C a été vérifiée. On utilisera une courbe d'étalonnage donnant la correspondance entre la viscosité exprimée en centipoises et les graduations de l'appareil.

Des viscosimètres à écoulement peuvent être utilisés pour déterminer la viscosité du vernis. Si des coupes consistométriques sont employées, le type et la méthode d'essai seront tels que ceux spécifiés dans la Norme ISO 2431.

En cas de litige, on utilisera des viscosimètres étalonnés pour mesurer la viscosité en centipoises.

## SPECIFICATION FOR INSULATING VARNISHES CONTAINING SOLVENT

### Part 2: Test methods

#### INTRODUCTION

This recommendation deals with insulating varnishes containing solvent. It will comprise three parts describing:

Part 1: General requirements.

Part 2: Test methods.

Part 3: Specifications for individual materials.

#### SECTION ONE: TEST METHODS FOR VARNISHES AS SUPPLIED

##### 1. Density

The density of the varnish can be determined by weighing a sample of varnish in a 25 cm<sup>3</sup> (minimum) capacity, wide-mouthed pycnometer, at 23 ± 2 °C to the nearest 5 mg and dividing the mass of varnish by the mass of an equal volume of distilled water at the same temperature.

The density can also be determined with a hydrometer; in case of dispute, a pycnometer shall be used.

Report the result in g/cm<sup>3</sup>.

##### 2. Viscosity

The viscosity at 23 ± 2 °C shall be determined with a suitable viscometer. The tolerance of ± 2 °C on the temperature is the normal tolerance. If a higher accuracy is needed, the tolerance shall be ± 0.5 °C. The viscometer used shall be kept calibrated over the range of viscosity of the varnishes to be tested by means of oils verified as to dynamic viscosity at 23 °C. A calibration curve showing the relation between viscosity in centipoises and the instrument reading shall be used.

Efflux type viscometers may be used to determine viscosity of the varnish. When flow cups are used, the type and the method of test shall be as specified in ISO Standard 2431.

All disputes shall be resolved using calibrated viscometers to measure the viscosity in centipoises.

### 3. Matières non volatiles

A déterminer conformément à la Norme ISO 1515: Peintures et vernis — Détermination des matières volatiles et non volatiles.

Prendre garde aux détails suivants:

Avant la détermination, on doit chauffer la coupelle à séchage à 135 °C pendant 30 min.

La masse de l'éprouvette doit être comprise entre 1,5 g et 2,0 g.

On doit préparer trois éprouvettes.

Les éprouvettes sont placées dans l'étuve au cours des 30 min qui suivent la préparation et chauffées pendant le temps et à la température prescrits par la feuille appropriée de la troisième partie de la présente spécification.

La valeur centrale des trois résultats est la teneur (en %) en matières non volatiles.

### 4. Temps de séchage en couches minces

#### 4.1. Appareillage

- Des plaques métalliques (cuivre, acier ou aluminium) carrées, d'environ 100 mm de côté, et de  $0,125 \pm 0,010$  mm d'épaisseur, soigneusement nettoyées et séchées (voir note).
- Des rondelles en caoutchouc mou de 20 mm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur.
- Un poids cylindrique d'une masse de 500 g et une surface de contact de 20 mm de diamètre.
- Du papier filtre.

*Note* — Le nettoyage peut être effectué par traitement avec un solvant approprié (toluène et alcool éthylique 1:1 ou xylène et alcool éthylique 1:1). Ensuite, polir parfaitement avec de la laine d'acier N° 000 et enfin éliminer toutes empreintes digitales ou particules métalliques, à l'aide d'un chiffon non pelucheux imbibé de solvant. Si les plaques ne sont pas utilisées immédiatement, elles seront conservées dans un solvant non corrosif.

#### 4.2. Mode opératoire

Sous une température de  $23 \pm 2$  °C, recouvrir les plaques d'une couche de vernis qui, à l'état final, produira une pellicule dont l'épaisseur sera celle prescrite par la feuille appropriée de la troisième partie de la présente spécification. L'application peut être effectuée au trempé, par pulvérisation ou par tout autre procédé approprié. Si les éprouvettes sont préparées au trempé, la viscosité du vernis devra être conforme aux spécifications du fournisseur. Au besoin, le vernis sera dilué pour obtenir la consistance voulue. De toute manière, les éprouvettes doivent toujours être immergées jusqu'à ce qu'elles soient exemptes de bulles d'air.

Pour le séchage, suspendre les éprouvettes dans un air exempt de poussières, à la température et pendant le temps indiqués dans la feuille appropriée de la troisième partie de la présente spécification. Après séchage, les éprouvettes sont examinées sous une température de  $23 \pm 2$  °C. Un morceau de papier filtre est disposé sur la plaque, et le poids est placé sur le papier, à proximité du centre de l'éprouvette, avec le disque en caoutchouc intercalé entre le papier et le poids, de façon à répartir uniformément la pression. Après 1 min, le poids et le disque sont enlevés, puis l'éprouvette est examinée.

### 3. Non-volatile matter

To be determined according to ISO Standard 1515, Paints and Varnishes—Determination of volatile and non-volatile matter.

The following particulars should be noted:

Before the determination, the drying dish shall have been heated 30 min at 135 °C.

The mass of the specimen shall be between 1.5 g and 2.0 g.

Three specimens shall be prepared.

The specimens are placed in the oven within 30 min after preparation and heated for the time and at the temperature prescribed in the appropriate sheet of Part 3 of this specification.

The central value of the three results obtained is the percentage non-volatile matter.

### 4. Drying time in thin films

#### 4.1 Apparatus

- Metal panels (copper, steel or aluminium) approximately 100 mm in length and 100 mm in width and  $0.125 \pm 0.010$  mm in thickness, wiped clean and dry (see Note).
- Soft rubber disks with a diameter of 20 mm and a thickness of 5 mm.
- Cylindrical weight with a mass of 500 g and a contact surface with a diameter of 20 mm.
- Filter paper.

*Note* — Cleaning can be effected by treating with a suitable solvent (toluene-ethanol 1:1 or xylene-ethanol 1:1). Then, polish thoroughly with No. 000 steel wool and finally wipe free of any finger prints or metal particles with the solvent and a lint free cloth. If the panels are not to be used immediately, they shall be kept stored in a non-corrosive solvent.

#### 4.2 Procedure

Cover the panels at a temperature of  $23 \pm 2$  °C with a layer of varnish that results in a final thickness as prescribed in the appropriate sheet of Part 3 of this specification. The covering may be applied by dipping, spraying or any suitable method. When specimens are prepared by dipping, the viscosity of the varnish shall be as specified by the supplier. If necessary, the varnish is diluted to a suitable consistency. In any case, the specimens shall be allowed to stand immersed until free of air bubbles.

Suspend for drying in dust free air at the temperature and for the time designated in the appropriate sheet of Part 3 of this specification. After drying, the specimens are examined at a temperature of  $23 \pm 2$  °C. A piece of filter paper is placed on the panel and the weight is placed on the paper in the vicinity of the centre of the specimen, with the rubber disk interposed between the paper and the weight to distribute the pressure equally. After 1 min the weight and the disk are removed and the specimen is examined.

- Le papier se détache de l'éprouvette par son propre poids, à l'aide de légères vibrations; aucune fibre de papier n'adhère à l'éprouvette.

Résultat: non poisseux.

*Note.* — Il peut arriver que le papier adhère et ne tombe pas par son propre poids, même lorsqu'on fait légèrement vibrer l'ensemble. Dans ce cas, il faudra essayer de le faire tomber en le touchant légèrement. Si le papier peut être enlevé de cette manière, le vernis sera considéré comme non poisseux, à condition qu'il ne subsiste aucune fibre de papier sur l'éprouvette.

- Le papier colle à l'éprouvette; lorsque le papier filtre est arraché, il reste une quantité considérable de fibres de papier sur l'éprouvette.

Résultat: poisseux.

#### 4.3 *Expression des résultats*

Mentionner les conditions d'essai et le résultat: « poisseux » ou « non poisseux ».

### 5. Point d'éclair

Le point d'éclair du vernis est déterminé compte tenu des limites de l'appareil utilisé, pour la gamme de températures de 5 °C à 65 °C.

#### 5.1 *Appareillage*

Tout appareil du type à vase clos, spécifié par la Norme ISO 1523: Peintures et vernis — Détermination du point d'éclair (méthode en vase clos), ou décrit dans les normes nationales, peut être utilisé pour déterminer le point d'éclair du vernis.

#### 5.2 *Mode opératoire*

La méthode de détermination du point d'éclair d'un vernis est celle spécifiée à l'article 7 de la Norme ISO 1523, sauf qu'on ne remue pas le liquide.

#### 5.3 *Expression des résultats*

Le rapport d'essai doit mentionner:

- le type de vernis utilisé;
- la description précise de l'appareil d'essai utilisé;
- le point d'éclair calculé comme indiqué à l'article 7 de la Norme ISO 1523.

### 6. Aptitude à la dilution

#### 6.1 *Appareillage*

- Un vase de mesure cylindrique, d'une contenance de 100 cm<sup>3</sup>, muni d'un bouchon et gradué en cm<sup>3</sup>.

#### 6.2 *Mode opératoire*

On verse 20 cm<sup>3</sup> du vernis filtré dans le vase gradué et l'on ajoute 10 cm<sup>3</sup> du diluant prescrit par le fournisseur. On agite énergiquement le mélange et on le laisse reposer pendant quelques minutes. S'il ne se produit pas de nuage trouble ni de précipité, on ajoute encore 5 cm<sup>3</sup> de diluant et on agite à nouveau avant de laisser reposer. Ce processus sera répété jusqu'à ce que le mélange devienne trouble ou qu'il se produise une précipitation.

- The paper falls off the specimen under its own weight with slight vibration; no paper fibres are left on the specimen.

Result: non-tacky.

*Note.* — It may happen that the paper adheres under its own weight even when slightly vibrated. In this case, one should try by touching it gently. If it can be removed, it should be considered as not tacky, provided that no paper fibres are left.

- The paper sticks to the specimen; when the filter paper is torn off, a significant amount of paper fibres remains on the specimen.

Result: tacky.

#### 4.3 *Results*

Report the test condition and the result "tacky" or "non-tacky".

### 5. **Flash point**

The flash point of the varnish is determined within the limits of the instrument used for the temperature range 5 °C to 65 °C.

#### 5.1 *Apparatus*

Any of the closed-cup apparatus listed in ISO Standard 1523, Paints and Varnishes—Determination of flash point (closed cup method) and/or described in national standards may be used to determine the flash point of varnish.

#### 5.2 *Procedure*

The method whereby the flash point of a varnish is determined, is that specified in Clause 7 of ISO Standard 1523, except that no stirring is used.

#### 5.3 *Results*

The test report shall state:

- identification of the varnish tested;
- exact description of the test instrument used;
- flash point calculated as in Clause 7 of ISO Standard 1523.

### 6. **Dilution ability**

#### 6.1 *Apparatus*

- A 100 cm<sup>3</sup> stoppered measuring cylinder graduated in cm<sup>3</sup>.

#### 6.2 *Procedure*

20 cm<sup>3</sup> of the filtered varnish is poured into the stoppered measuring cylinder. 10 cm<sup>3</sup> of the thinner described by the supplier is added; after shaking vigorously, the mixture is allowed to rest for some minutes. If no cloudiness or separation is observed, another 5 cm<sup>3</sup> of the thinner is added and the cylinder is shaken again and allowed to rest. This is repeated until the mixture becomes cloudy or separation is observed.

### 6.3 Expression des résultats

Le rapport d'essai doit mentionner:

- a) le type de vernis utilisé;
- b) la nature du diluant;
- c) le pourcentage en volume du diluant qui peut être ajouté avant l'apparition du premier trouble;
- d) la température.

## 7. Aptitude au durcissement en couche épaisse

### 7.1 Appareillage

- Deux feuilles d'aluminium carrées et plates, d'environ 95 mm de côté et de 0,1 mm d'épaisseur.
- Un bloc d'acier ayant une base de 45 mm × 45 mm et une hauteur de 25 mm.
- Une masse cylindrique de 500 g avec une surface de contact de 20 mm de diamètre.
- Des rondelles en caoutchouc mou de 20 mm de diamètre et de 5 mm d'épaisseur.
- Du papier filtre.
- Une étuve de laboratoire avec régulation automatique de la température. L'air de l'étuve doit être renouvelé au moins trois fois par heure.

### 7.2 Mode opératoire

Deux éprouvettes sont nécessaires pour cet essai. Par pliage des feuilles carrées d'aluminium autour du bloc d'acier, on forme deux petites cuvettes ayant une base de 45 mm × 45 mm et une profondeur de 25 mm. Préalablement, les feuilles d'aluminium doivent être nettoyées avec un mélange de xylène et d'alcool éthylique anhydre. Le vernis à essayer est pesé à 0,1 g près dans les cuvettes ainsi préparées; la quantité de vernis dépend de sa teneur en matière non volatiles, comme il est indiqué au tableau I.

TABLEAU I

| Teneur en matières non volatiles<br>(en %) du vernis à essayer | Masse en g |
|--|------------|
| 40   | 25,0       |
| 42   | 23,8       |
| 44   | 22,7       |
| 46   | 21,7       |
| 48   | 20,8       |
| 50   | 20,0       |
| 52   | 19,2       |
| 54   | 18,5       |
| 56   | 17,9       |
| 58   | 17,2       |
| 60   | 16,7       |

Après séchage, l'épaisseur de la couche du gel résiduel est d'environ 4 mm. Les cuvettes sont introduites dans l'étuve. Les conditions de séchage ainsi que la température et le temps sont indiqués dans les recommandations du fournisseur, ou bien dans les normes ou spécifications pour vernis isolants.

### 6.3 Results

The test report shall state:

- a) identification of the varnish tested;
- b) nature of the thinner;
- c) percentage in volume of thinner that can be added before the first turbidity appears;
- d) temperature.

## 7. Ability to cure in considerable thickness

### 7.1 Apparatus

- Flat pieces of aluminium foils 0.1 mm thick of about 95 mm × 95 mm.
- Steel former with a base area of 45 mm × 45 mm and a height of 25 mm.
- Cylindrical weight with a mass of 500 g and a contact surface with a diameter of 20 mm.
- Soft rubber disks with a diameter of 20 mm and a thickness of 5 mm.
- Filter paper.
- Laboratory drying oven with automatic temperature regulation. The air content of the oven should be replaced at least three times per hour.

### 7.2 Procedure

Two specimens are necessary for this test. From the square aluminium foils, fold two small boxes having a base area of 45 mm × 45 mm and a height of 25 mm by bending the foil round the former. The aluminium foil has to be cleaned with a mixture of xylene and anhydrous ethanol before being used. The varnish to be tested is weighed to 0.1 g in boxes so prepared, the quantity being dependent on the content of non-volatile matter according to Table I.

TABLE I

| Contents of non-volatile matter in varnish tested in % | Mass in g |
|--|-----------|
| 40   | 25.0      |
| 42   | 23.8      |
| 44   | 22.7      |
| 46   | 21.7      |
| 48   | 20.8      |
| 50   | 20.0      |
| 52   | 19.2      |
| 54   | 18.5      |
| 56   | 17.9      |
| 58   | 17.2      |
| 60   | 16.7      |

After drying, the thickness of the resulting gel layer is about 4 mm. The boxes are placed in the drying oven. The drying conditions, temperature and time are stated in the standard or specification for the insulating varnishes, or as recommended by the supplier of the varnishes.

Lorsque l'éprouvette a été retirée de l'étuve, on la laisse refroidir dans les conditions de laboratoire standard. Les parois et le fond des cuvettes en feuilles d'aluminium sont dépliés et enlevés.

Ensuite, les éprouvettes nues sont conditionnées pendant 16 h sous une température de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  et une humidité relative de  $50 \pm 5\%$ .

### 7.3 *Appréciation*

Le résidu de vernis (gel), qui s'est formé dans les plateaux, sera jugé sur:

l'état de sa face supérieure,

l'état de sa face inférieure,

son état interne,

pour l'examen visuel, on retiendra les critères ci-dessous:

#### 7.3.1 *Etat de la face supérieure*

TABLEAU II

| Etat de la face supérieure de l'éprouvette | Symboles |         |
|--|----------|---------|
|  | Lettre   | Chiffre |
| Face supérieure<br>— lisse<br>— ridée      | S        | 1<br>2  |

#### 7.3.2 *Etat de la face inférieure*

TABLEAU III

| Etat de la face inférieure de l'éprouvette        | Symboles |         |
|---|----------|---------|
|   | Lettre   | Chiffre |
| Face inférieure<br>— non poisseuse<br>— poisseuse | U        | 1<br>2  |

Pour déterminer si l'éprouvette est poisseuse ou non, il convient de procéder à l'essai suivant:

Sur chaque éprouvette, dont le côté inférieur est tourné vers le haut, on place un papier filtre. Celui-ci est chargé pendant 1 min à l'aide du poids cylindrique. Une rondelle en caoutchouc est placée entre le poids et le papier. Après 1 min, le poids est retiré et l'éprouvette est examinée comme indiqué au paragraphe 4.2.

After withdrawal from the drying oven, the specimen should be cooled under standard laboratory conditions. The side walls and the underside of the aluminium boxes are removed by bending them back.

Afterwards, the specimens freed from the foil are conditioned for 16 h at a temperature of  $23 \pm 2$  °C and a relative humidity of  $50 \pm 5\%$ .

### 7.3 *Evaluation*

The varnish residue (gel), formed in the boxes, should be assessed:

by its condition on the upperside,

by its condition on the underside,

by its condition in the interior,

according to the following statements for a visual appearance:

#### 7.3.1 *Condition of the upperside*

TABLE II

| Condition of the upperside<br>of the specimen | Symbols            |                    |
|---|--------------------|--------------------|
|   | Identity<br>letter | Identity<br>figure |
| Upperside<br>— smooth<br>— wrinkled           | S                  | 1<br>2             |

#### 7.3.2 *Condition of the underside*

TABLE III

| Condition of the underside<br>of the specimen | Symbols            |                    |
|---|--------------------|--------------------|
|   | Identity<br>letter | Identity<br>figure |
| Underside<br>— non-tacky<br>— tacky           | U                  | 1<br>2             |

In order to find out the tackiness of the specimens, the following test should be made.

On each specimen, whose underside is turned up, a piece of filter paper is placed. The paper is loaded for 1 min with the cylindrical weight. A rubber disk is placed between the weight and the piece of paper. After 1 min, the weight is removed and the specimen is examined in accordance with Sub-clause 4.2.

### 7.3.3 *Etat de l'intérieur*

TABLEAU IV

| Etat de l'intérieur de l'éprouvette  | Symboles |                            |                |
|--|----------|----------------------------|----------------|
|  | Lettre   | Chiffre                    |                |
|  |          | Premier                    | Second         |
| Intérieur dur et cassant usinable comme de la corne a la résistance du cuir a la consistance du caoutchouc mou gélatineux liquide exempt de bulles quelques bulles nombreuses bulles | I        | 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6 | .1<br>.2<br>.3 |

Pour préciser si l'intérieur est pratiquement « homogène » ou « irrégulier », on ajoute la mention correspondante au symbole ou au texte explicatif; par exemple « I 3.1 homogène » ou « intérieur ayant la résistance du cuir, exempt de bulles, homogène ».

Pour apprécier les propriétés mécaniques (la fragilité, la dureté, etc.), il peut être utile de courber l'éprouvette avec les doigts. Il sera parfois nécessaire de couper l'éprouvette pour en examiner l'intérieur.

### 7.4 *Rapport d'essai*

Dans le rapport d'essai, les résultats de l'examen visuel des deux éprouvettes et celui de l'examen de l'état poisseux du côté inférieur seront indiqués à l'aide des symboles suivants, par exemple:

état de la face supérieure: S1

état de la face inférieure: U2

état de l'intérieur: I 4.1 homogène.

Si les résultats des deux éprouvettes sont différents, d'autres éprouvettes seront soumises à l'essai.

## 8. Action du vernis sur le cuivre

### 8.1 *Appareillage*

- 36 brins de fil de cuivre (CU-ETP ISO R 1337), de 0,5 mm de diamètre et de 120 mm de long.
- Une étuve de laboratoire, avec régulation automatique de la température.

### 8.2 *Mode opératoire*

On réunit les fils de cuivre et on lie le faisceau ainsi obtenu en trois endroits avec du ruban de coton.

7.3.3 *Condition of the interior*

TABLE IV

| Condition of the interior<br>of the specimen  | Identity<br>letter | Symbols                    |             |
|---|--------------------|----------------------------|-------------|
|   |                    | Identity figure            |             |
|   |                    | First                      | Second      |
| Interior<br>brittle-hard<br>horny machinable<br>leatherlike rigid<br>soft rubberlike<br>gellike<br>liquid<br>free of bubbles<br>few bubbles<br>bubbly | I                  | 1<br>2<br>3<br>4<br>5<br>6 | 1<br>2<br>3 |

A statement whether the interior is almost "uniform" or "not uniform" is made by adding the relevant term to the symbol or to the text, e.g. "I 3.1 uniform" or "interior leatherlike rigid, free of bubbles, uniform".

Bending the specimen with the fingers sometimes helps judging the mechanical properties (brittleness, softness, etc.); it may be necessary to cut the specimen to examine the interior.

7.4 *Test report*

In the test report, the results of the visual examination of the two specimens and the result of the tackiness examination of the underside should be indicated by means of the following symbols, for example:

condition of upperside: S1

condition of underside: U2

condition of interior: I4.1 uniform.

If the results of the two specimens differ, additional specimens should be tested.

8. *Reaction of varnish with copper*

8.1 *Apparatus*

— 36 pieces of copper wire (CU-ETP ISO R 1337), 0.5 mm in diameter, 120 mm in length.

— A laboratory drying oven with automatic temperature regulation.

8.2 *Procedure*

The pieces of copper wire are taped together in three places with cotton tape.

Ce faisceau est alors séché pendant 1 h dans une étuve à 105 °C, puis refroidi à température ambiante dans un dessicteur et enfin plongé pendant 10 min dans du vernis filtré. On laisse le vernis s'égoutter pendant 5 min et on le fait sécher conformément aux instructions du fournisseur. Après refroidissement, le faisceau est plongé, égoutté et séché une deuxième fois suivant le même processus que précédemment.

Après refroidissement, le ruban de coton est enlevé et l'on examine le fil de cuivre. Tout changement de couleur est mentionné sur le rapport d'essai.

## 9. Stabilité du vernis en vase clos

### 9.1 But de l'essai

Le but de cet essai consiste à étudier, en mesurant les variations de la viscosité, les changements qui se produisent dans un vernis d'imprégnation lorsque celui-ci est chauffé en vase clos.

Remarque: Cette méthode ne peut pas s'appliquer aux vernis livrés en composants séparés.

### 9.2 Appareillage

- Une étuve de 50 l de capacité, avec ventilation naturelle.
- Un récipient de 250 cm<sup>3</sup> de capacité, en verre ou en métal neutre, avec fermeture hermétique.
- Une balance précise à 0,05 g près.
- Un viscosimètre tel que celui décrit à l'article 2.

### 9.3 Mode opératoire

Mesurer la viscosité du vernis soumis à l'essai, conformément à l'article 2.

Prélever un échantillon de 150 g environ de vernis, le placer dans le récipient et fermer celui-ci.

Peser à 0,05 g près.

Placer le récipient dans une étuve à 60 ± 2 °C, après avoir vérifié l'étanchéité de la fermeture.

Après 96 h, retirer le récipient de l'étuve, le laisser refroidir à 23 °C et le peser. On ne devra constater aucune variation de la masse, en dehors d'une tolérance de pesage admissible de ± 0,05 g.

Mesurer la viscosité selon la méthode choisie.

L'essai peut être effectué en portant à 1 semaine la durée de chauffage dans l'étuve.

### 9.4 Expression des résultats

Soit  $A_1$  la viscosité, exprimée en centipoises, avant le chauffage et  $A_2$  après le chauffage.

Le résultat est obtenu à l'aide de la formule suivante:

$$\text{changement de viscosité} = \frac{A_2 - A_1}{A_1}$$

This bundle of wire is dried for 1 h in an oven at 105 °C, then cooled to room temperature in a desiccator and immersed for 10 min in filtered varnish. The varnish is allowed to drain for 5 min and is then dried according to the instructions of the supplier. After cooling, the bundle is immersed again in the varnish repeating the foregoing cycle.

After cooling, the cotton tape is removed and the copper wire is examined. Any change of colour of the copper is reported.

## 9. Stability of varnish in an enclosed vessel

### 9.1 Object of the test

The object of this test is to investigate changes taking place in an impregnating varnish when heated in an enclosed vessel, by measuring differences in viscosity.

Remark: The method cannot be applied to varnishes supplied in more than one component.

### 9.2 Apparatus

- An oven, 50 l capacity, with natural ventilation.
- A vessel of 250 cm<sup>3</sup> capacity, made of glass or a neutral metal, with hermetic closure.
- A balance accurate to 0.05 g.
- A viscometer according to Clause 2.

### 9.3 Procedure

Measure the viscosity of the varnish under test according to Clause 2.

Take a sample of about 150 g varnish, place it in the vessel and close the vessel.

Weigh to within 0.05 g.

Place the vessel in an oven at 60 ± 2 °C, after checking the tightness of the seal.

After 96 h, remove the vessel from the oven, allow it to cool to 23 °C and weigh it. No change in mass should be detected, outside the acceptable weighing tolerance of ± 0.05 g.

Measure the viscosity according to the method selected.

The test may be carried out using a heating period of 1 week.

### 9.4 Results

Let  $A_1$  be the viscosity, in centipoises, before heating and  $A_2$  after heating.

The result can be expressed by the formula:

$$\text{change in viscosity} = \frac{A_2 - A_1}{A_1}$$

9.5 *Rapport d'essai*

Le rapport d'essai doit mentionner:

- a) le type de vernis;
- b) la méthode utilisée pour mesurer la viscosité;
- c) la durée du chauffage;
- d) le changement de viscosité;
- e) les observations supplémentaires (par exemple formation d'une « peau » ou de protubérances gélatineuses, de précipitations, etc.).

10. **Stabilité du vernis en récipient ouvert**

10.1 *Appareillage*

Une étuve de 50 l de capacité, avec ventilation naturelle

10.2 *Mode opératoire*

Dans un bêcher ou dans un récipient analogue d'une contenance de 250 cm<sup>3</sup>, on pèse 150 g de vernis dont la viscosité est connue; le résultat est arrondi au gramme le plus proche. Le bêcher est placé pendant 96 h dans une étuve à 50 ± 2 °C. Toutes les 24 h, on ajoute et mélange au vernis une quantité suffisante de solvant (en volume), destinée à compenser le solvant perdu par évaporation. Après 96 h, on ajoute une quantité de solvant suffisante pour compenser les pertes par évaporation; cette quantité est mélangée au vernis et l'on mesure à nouveau la viscosité à 23 °C.

10.3 *Expression des résultats*

Voir paragraphe 9.4.

10.4 *Rapport d'essai*

Voir paragraphe 9.5.

11. **Action du vernis sur les fils émaillés (méthode du crayon)**

La procédure de cet essai est tirée de l'article 12 de la publication 251-1 de la C E I: Méthodes d'essai des fils de bobinages, première partie: Fils émaillés à section circulaire.

11.1 *Appareillage*

- Des crayons de diverses duretés.

L'échelle de dureté des crayons est la suivante:

|    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 6B | 5B | 4B | 3B | 2B | B | HB | H  | 2H | 3H | 4H | 5H | 6H | 7H | 8H | 9H |
| 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |

- Fil émaillé. Sauf indication contraire sur la feuille de spécification, le type de fil émaillé fera l'objet d'un accord entre le fournisseur et l'utilisateur.

11.2 *Eprouvettes*

Trois fils émaillés droits de 150 mm de long. Le diamètre d'un tel fil est généralement de 0,8 mm.

### 9.5 *Test report*

The test report shall state:

- a) identification of the varnish tested;
- b) method used for measuring viscosity;
- c) duration of heating;
- d) change in viscosity;
- e) additional observations (e.g. skin formation, formation of jellied lumps, precipitation, etc.).

## 10. Stability of varnish in an open vessel

### 10.1 *Apparatus*

An oven, 50 l capacity, with natural ventilation.

### 10.2 *Procedure*

150 g of varnish of known viscosity is weighed to the nearest gramme into a 250 cm<sup>3</sup> beaker or similar vessel. The vessel is placed in an oven at 50 ± 2 °C for 96 h. Every 24 h, sufficient solvent (by volume) to compensate for that lost by evaporation is added and mixed with the varnish. After 96 h, sufficient solvent to compensate for that lost by evaporation is added, mixed with the varnish and the viscosity at 23 °C is measured again.

### 10.3 *Results*

As Sub-clause 9.4.

### 10.4 *Test report*

As Sub-clause 9.5.

## 11. Effect of varnish on enamelled wires (pencil hardness)

This test is derived from Clause 12 of IEC Publication 251-1, Methods of Test for Winding Wires, Part 1: Enamelled Round Wires.

### 11.1 *Apparatus*

— Pencils of various hardnesses.

The pencil hardness series is as follows:

| 6B | 5B | 4B | 3B | 2B | B | HB | H  | 2H | 3H | 4H | 5H | 6H | 7H | 8H | 9H |
|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 4  | 5  | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 |

— Enamelled wire. Unless stated in the specification sheet, the type of enamelled wire shall be agreed upon between supplier and user.

### 11.2 *Test specimens*

Three straight pieces of enamelled wire 150 mm in length. The diameter of the enamelled wire generally is 0.8 mm.

### 11.3 *Mode opératoire*

Les éprouvettes sont chauffées pendant 10 min à 130 °C. On utilise un récipient cylindrique en verre contenant suffisamment de vernis pour qu'il soit possible d'y plonger les éprouvettes sur une grande portion de leur longeur. La température du vernis doit être de  $60 \pm 3$  °C. Les éprouvettes seront plongées dans le vernis pendant 30 min; la température devra être maintenue pendant toute la durée de l'essai dans les limites spécifiées.

Après 30 min, on retire les éprouvettes du vernis et l'on procède à l'estimation de la dureté de la pellicule de vernis d'après la méthode du crayon.

Entre le moment où l'éprouvette est retirée du vernis et le début de l'essai, il ne doit pas s'écouler plus de 30 s, sinon les résultats risquent d'être erronés.

Avant chaque essai, la pointe de la mine du crayon doit être affûtée à l'aide d'une lime douce, de manière à former un biseau symétrique de 60° d'ouverture.

L'éprouvette à essayer est posée à plat sur une table et la mine de crayon, dont la dureté est indiquée sur la feuille de spécification particulière, est placée sur la surface de l'éprouvette, de manière à former avec celle-ci un angle de 60°. L'arête affûtée du crayon est déplacée le long de la surface de l'éprouvette, en appuyant lentement avec une force d'environ 5 N.

On effectue trois essais. La pellicule de vernis ne pourra pas être enlevée jusqu'à la surface du métal, dans aucun des trois essais. Comme « indice de dureté », on prendra la dureté de la mine de crayon qui est juste en dessous de la dureté minimale nécessaire pour enlever l'émail.

### 11.4 *Expression des résultats*

Le rapport d'essai doit mentionner:

- a) le type de vernis utilisé;
- b) la valeur médiane et les valeurs individuelles de chaque mesure de dureté;
- c) le type de fil émaillé.

## SECTION DEUX: MÉTHODES D'ESSAI DES VERNIS À L'ÉTAT D'UTILISATION

### 12. *Essais de souplesse*

#### 12.1 *Essai au mandrin*

##### 12.1.1 *Appareillage*

- Une étuve à température constante et à circulation d'air forcée; l'air de l'étuve doit être renouvelé au moins trois fois par heure.
- Un mandrin de 3 mm de diamètre (l'appareil illustré à la figure 1, page 34, convient pour cet essai).

##### 12.1.2 *Eprouvettes*

Trois éprouvettes préparées à partir de plaques de cuivre doux, comme il est indiqué au paragraphe 4.2 (voir note), sauf que les dimensions des plaques seront adaptées à l'appareil utilisé.

*Note.* — Des plaques d'aluminium peuvent être utilisées si la température de cuisson est trop élevée pour permettre l'utilisation du cuivre.

### 11.3 Procedure

The test specimens shall be heated for 10 min at 130 °C. A glass cylinder containing sufficient varnish to immerse a substantial portion of the test specimens is used. The temperature of the varnish shall be  $60 \pm 3$  °C. The specimens shall be immersed in the varnish for 30 min; the temperature shall be maintained within the specified limits during testing.

After 30 min, the specimens shall be removed from the varnish and the hardness of the film shall be determined as pencil hardness.

The period between removal from the varnish and the test shall not exceed 30 s, otherwise erroneous results may be obtained.

Before each test, the point of the pencil shall be sharpened with a smooth-cut file to form a chisel edge having an angle of 60° symmetrical about the axis of the lead.

The specimen to be tested shall be laid flat on a table and the lead pencil with the hardness called for in the relevant specification sheet shall be placed on the surface of the specimen at an angle of 60°. The sharpened edge of the pencil shall be pressed slowly along the surface with a force of approximately 5 N.

Three tests shall be made. The varnish film shall not be removed down to the metal in any one of the three tests. The hardness of the lead pencil which just fails to remove the enamel shall be taken as the hardness index.

### 11.4 Results

The test report shall state:

- a) identification of the varnish tested;
- b) central value and individual values of the hardness measurements;
- c) type of enamelled wire.

## SECTION TWO: TEST METHODS FOR VARNISHES IN THE CURED FORM

### 12. Flexibility tests

#### 12.1 Mandrel test

##### 12.1.1 Apparatus

- A constant temperature oven with forced air circulation; the air content of the oven shall be replaced not less than 3 times per hour.
- A mandrel 3 mm in diameter (Figure 1, page 34, shows a suitable arrangement).

##### 12.1.2 Test specimens

Three test specimens prepared on soft copper panels as described in Sub-clause 4.2 (see Note), except that the dimensions of the panels shall be related to the apparatus used.

*Note.* — Aluminium panels can be used when the baking temperature is too high for the use of copper.

#### 12.1.3 *Mode opératoire*

Après avoir été refroidies à la température ambiante dans un dessiccateur, les éprouvettes sont placées, une seule à la fois, dans l'appareil d'essai. On consacre environ 1 s pour les plier à 180° autour du mandrin. Température pendant l'essai: 23 ± 2 °C.

#### 12.1.4 *Expression des résultats*

Indiquer dans le rapport si la couche de vernis des éprouvettes présente ou non des craquelures décelables à l'œil nu.

### 12.2 *Essai d'emboutissage (essai d'Erichsen)*

Procédure conformément à la Norme ISO 1520: Peintures et vernis — Essai d'emboutissage.

Prendre garde aux détails suivants:

La précision de la mesure de la profondeur de pénétration sera de 1 mm. Préparer cinq éprouvettes, avec des plaques en acier doux (voir note), comme il est indiqué au paragraphe 4.2.

*Note.* — Utiliser de préférence l'acier doux comme défini dans la Recommandation ISO R 1514.

Utiliser le mode opératoire pour déterminer la profondeur minimale d'emboutissage provoquant une craquelure.

Régler une lampe pour bien éclairer la surface du vernis, et faire progresser la bille à une vitesse de pénétration de 4 mm par minute, tout en examinant continuellement la surface de la couche de vernis.

Arrêter la progression de la bille dès que des craquelures visibles apparaissent et lire la profondeur de pénétration sur l'échelle graduée, avec une précision à 1 mm près.

L'essai de pénétration ne sera pas poursuivi au-delà de 6 mm, sauf pour des études particulières. S'assurer que la plaque d'acier n'est pas craquelée; si c'est le cas, l'essai sera annulé et d'autres éprouvettes seront préparées pour être soumises à un nouvel essai.

Mentionner sur le rapport d'essai les valeurs de la profondeur de pénétration relevées sur l'appareil.

### 13. *Pouvoir agglomérant*

#### 13.1 *Méthode de la bobine hélicoïdale*

A l'étude.

#### 13.2 *Méthode du faisceau*

A l'étude.

### 14. *Résistance aux liquides isolants*

#### 14.1 *Appareillage*

- Un récipient contenant un liquide isolant.
- Des plaques métalliques comme celles décrites au paragraphe 4.1.

#### 12.1.3 *Procedure*

After cooling to room temperature in a desiccator, the specimens are inserted, one at a time, into the test fixture and bent in about 1 s through 180° around the mandrel. Temperature of test: 23 ± 2 °C.

#### 12.1.4 *Results*

Report the results of bending as whether or not the specimens show cracking of the varnish film, detectable by the naked eye.

### 12.2 *Cupping test (Erichsen test)*

To be performed according to ISO Standard 1520, Paints and Varnishes—Cupping test.

The following particulars are stipulated:

The measuring device shall allow an accuracy of 1 mm. Five test specimens prepared on mild steel panels (see Note) as described in Sub-clause 4.2. shall be used.

*Note.* — Preferably mild steel according to ISO Recommendation R 1514.

The procedure for the determination of minimum depth of indentation to cause failure shall be used.

The indentation speed shall be 4 mm per minute. The surface of the film shall be inspected continuously, using a lamp to illuminate the film surface.

Discontinue the indentation when visible cracks appear and read the indentation depth on the scale to an accuracy of 1 mm.

Higher values than 6 mm shall not be determined, except for special purposes. Check that the steel plate has not cracked, if it has, the test is discarded and further specimens prepared and examined.

Report the indentation depth readings of the measurements.

### 13. **Bond strength**

#### 13.1 *Helical coil test*

Under consideration.

#### 13.2 *Bundle test*

Under consideration.

### 14. **Resistance to insulating liquids**

#### 14.1 *Apparatus*

- A container of insulating liquid.
- Metal panels as described in Sub-clause 4.1.

#### 14.2 *Eprouvettes*

Cinq éprouvettes préparées par application, sur les plaques métalliques, d'une couche de vernis, comme exposé au paragraphe 4.2.

#### 14.3 *Mode préparatoire*

De l'une des extrémités des éprouvettes, on retranche un fragment de 10 mm; les extrémités coupées des éprouvettes sont immergées dans le liquide isolant prescrit, à la température spécifiée, pendant 48 h. Les éprouvettes sont essuyées avec de la ouate de coton et l'action de l'isolant liquide sur le vernis est appréciée d'après les critères suivants: la pellicule de vernis est dissoute, boursouflée, ridée, détachée de l'éprouvette ou ne présente aucun signe visible d'altération physique.

#### 14.4 *Expression des résultats*

Le rapport d'essai doit mentionner les constatations suivantes, mettant en évidence les effets de l'attaque:

- a) souillure de la ouate de coton due au ramollissement ou à la désagrégation du vernis;
- b) boursouflures, rides, désagrégation ou décollement de la pellicule de vernis.

### 15. **Effet de l'immersion dans l'eau sur la résistivité transversale**

#### 15.1 *Appareillage*

- L'appareil est celui décrit dans la Publication 93 de la CEI: Méthodes recommandées pour la mesure des résistivités transversales et superficielles d'un matériau isolant électrique.
- Plaques métalliques de 40 mm de large et de 100 mm de long, nettoyées conformément au paragraphe 4.1.

#### 15.2 *Eprouvettes*

La préparation des éprouvettes s'effectue en plongeant les bandes dans un récipient contenant le vernis préalablement ajusté à la viscosité convenable et en les laissant immergées jusqu'à disparition complète des bulles d'air. A défaut de spécification, la viscosité convenable sera déterminée par des essais. Elle doit être telle que si l'on plonge les bandes dans le vernis, à la température de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , et qu'on les retire lentement à la vitesse uniforme de 10 cm à la minute, l'épaisseur moyenne de la couche de vernis restant après séchage sur chaque côté de la bande soit de 0,025 mm. L'épaisseur moyenne doit être calculée en faisant la moyenne d'au moins six mesures effectuées sur toute la longueur de la bande et à plus de 3 mm des bords.

Pour les vernis séchant à l'air, les éprouvettes sont suspendues verticalement dans la position qu'elles occupaient lors du trempage, puis séchées à l'air exempt de poussières, sous une température de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$  et  $50 \pm 5\%$  d'humidité relative, pendant 24 h, sauf spécifications contraires faisant l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Pour les vernis séchant à l'étuve, il est souhaitable de laisser les éprouvettes s'égoutter à la température de  $23 \pm 2^\circ\text{C}$ , jusqu'à ce que le vernis soit suffisamment durci pour que l'empreinte laissée après légère pression du doigt, à 5 cm environ du bord inférieur, reste apparente à la surface de l'éprouvette. Ensuite, les éprouvettes sont cuites dans la position verticale qu'elles occupaient lors du trempage, à la température et pendant le temps mentionnés par la feuille de spécification appropriée.

#### 14.2 *Test specimens*

Five test specimens prepared by covering the metal panels with a layer of varnish as described in Sub-clause 4.2.

#### 14.3 *Procedure*

From one end of the test specimens 10 mm shall be cut away; the cut ends of the specimens shall be immersed in the insulating liquid prescribed at the temperature prescribed for 48 h. The specimens shall be wiped with cotton batting and the effect of the insulating liquid should be based on whether the varnish film dissolved, blistered, wrinkled, loosened or was not physically affected in a visible manner.

#### 14.4 *Results*

The following shall be interpreted and reported as evidence of attack:

- a) soiling of the cotton batting, which appears due to softened or disintegrated varnish,
- b) blistering, wrinkling, disintegration or separation of the varnish films.

### 15. **Effect of water immersion on volume resistivity**

#### 15.1 *Apparatus*

- The test equipment is that described in IEC Publication 93, Recommended Methods of Test for Volume and Surface Resistivities of Electrical Insulating Materials.
- Metal panels 40 mm in width, 100 mm in length, cleaned according to Sub-clause 4.1.

#### 15.2 *Test specimens*

Test specimens shall be prepared by dipping the strips into a tank of the varnish which has been adjusted to the correct viscosity and allowed to stand immersed until free of air bubbles. The correct viscosity of the varnish shall be found by trial when not prescribed. It shall be such that when the strips are dipped in the varnish at a temperature of  $23 \pm 2$  °C and are withdrawn slowly and uniformly at the rate of 10 cm/min, the average thickness of the film remaining on each side of a strip when dry shall be 0.025 mm. The average thickness shall be calculated by averaging at least six measurements taken along the length of the strip and over 3 mm from either edge.

Specimens of air-drying varnish are dried in free air after each dip in the same vertical position in which they were dipped, at  $23 \pm 2$  °C and 50 ± 5% relative humidity for a period of 24 h unless other conditions are agreed between buyer and supplier.

With baking varnishes it may be desirable to allow the specimens to drain at a temperature of  $23 \pm 2$  °C until the varnish is set, so that an impression left by pressing lightly with the finger about 5 cm from the bottom edge will remain. Hereafter, the specimens are baked in the same vertical position in which they were dipped, at the temperature and for the time mentioned in the appropriate specification sheet.

On fait subir aux éprouvettes deux trempages, la consistance du vernis étant rajustée au besoin avant le second trempage; pour celui-ci, les éprouvettes seront retournées, le haut vers le bas, de manière à inverser le sens du trempage par rapport à la première opération.

A la suite de ces deux trempages, il faudra obtenir sur chaque côté de l'éprouvette une pellicule de vernis ayant une épaisseur de  $0,050 \pm 0,005$  mm.

Les vernis séchant à l'air sont soumis à l'essai aussitôt après le temps de séchage spécifié, tandis que les vernis à cuire sont laissés à refroidir pendant 15 min à  $23 \pm 2$  °C, avant l'essai.

### 15.3 *Mode opératoire*

Trois éprouvettes sont soumises à l'essai.

Entre une éprouvette et l'électrode métallique, on place une épaisseur de caoutchouc conducteur (résistivité maximale de  $8 \Omega/m$ ), et l'on note la résistance de l'isolation mesurée, d'après laquelle on calcule la résistance transversale.

Plonger l'éprouvette dans de l'eau distillée, à la température de  $23 \pm 2$  °C, pendant le temps indiqué sur la feuille de spécification particulière. Retirer l'éprouvette et la sécher avec du papier filtre avant de procéder à nouveau à la mesure de la résistivité.

### 15.4 *Expression des résultats*

La différence entre les deux valeurs de résistivité transversale, calculées d'après les données disponibles, est considérée comme étant la mesure de l'effet de l'immersion dans l'eau.

## 16. *Effet de l'immersion dans l'eau sur la rigidité diélectrique*

### 16.1 *Appareillage*

- L'appareil pour la mesure de la rigidité diélectrique, décrit dans la Publication 243 de la C E I: Méthodes d'essai recommandées pour la détermination de la rigidité diélectrique des matériaux isolants solides aux fréquences industrielles.
- Plusieurs plaques de cuivre (des plaques d'aluminium ou d'acier peuvent être utilisées, si elles sont prescrites par les feuilles de spécifications), comme décrit au paragraphe 4.1 (en l'occurrence, la longueur et la largeur seront d'au moins 100 mm).
- Une étuve à température constante, avec circulation d'air forcée, l'air de l'étuve devant être renouvelé au moins trois fois par heure.

### 16.2 *Éprouvettes*

Voir paragraphe 15.2.

### 16.3 *Mode opératoire*

On effectue l'essai conformément aux indications de la Publication 243 de la C E I, en utilisant des électrodes de 6 mm. On utilise la méthode de la montée rapide en tension.

On effectue cinq essais sur un côté des plaques de vernis et, après immersion pendant 24 h dans l'eau à  $23 \pm 2$  °C, cinq nouveaux essais sur l'autre côté.

Pour l'essai des éprouvettes après l'immersion dans l'eau, on ne retire de l'eau qu'une seule éprouvette à la fois. Celle-ci, dès sa sortie de l'eau, est soigneusement séchée entre deux feuilles