

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 249-2

Première édition — First edition

1970

Matériaux de base à recouvrement métallique pour circuits imprimés

Deuxième partie : Spécifications

Metal-clad base materials for printed circuits

Part 2: Specifications



Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembe
Genève, Suisse

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60249-2:1970

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

(affiliée à l'Organisation Internationale de Normalisation — ISO)

RECOMMANDATION DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

(affiliated to the International Organization for Standardization — ISO)

IEC RECOMMENDATION

Publication 249-2

Première édition — First edition

1970

Matériaux de base à recouvrement métallique pour circuits imprimés

Deuxième partie : Spécifications

Metal-clad base materials for printed circuits

Part 2: Specifications



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.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale

1, rue de Varembé
Genève, Suisse

SOMMAIRE

| | Pages |
|---|-------|
| PRÉAMBULE | 4 |
| PRÉFACE | 4 |
| SPÉCIFICATION N° 1 : Feuille de papier cellulose phénolique recouverte de cuivre, de haute qualité électrique | 6 |
| SPÉCIFICATION N° 2 : Feuille de papier cellulose phénolique recouverte de cuivre, de qualité économique. | 16 |
| SPÉCIFICATION N° 3 : Feuille de papier cellulose epoxy recouverte de cuivre, résistant à la flamme | 24 |
| SPÉCIFICATION N° 4 : Feuille de verre epoxy recouverte de cuivre, de qualité courante | 34 |
| SPÉCIFICATION N° 5 : Feuille de verre epoxy recouverte de cuivre, résistant à la flamme | 44 |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60243-2: 970

With NORM

CONTENTS

| | Page |
|---|------|
| FOREWORD | 5 |
| PREFACE | 5 |
| SPECIFICATION No. 1 : Phenolic cellulose paper copper-clad laminated sheet, high electrical quality | 7 |
| SPECIFICATION No. 2 : Phenolic cellulose paper copper-clad laminated sheet, economic quality. | 17 |
| SPECIFICATION No. 3 : Epoxide cellulose paper copper-clad laminated sheet, flame resistant grade | 25 |
| SPECIFICATION No. 4 : Epoxide woven glass fabric copper-clad laminated sheet, general purpose grade | 35 |
| SPECIFICATION No. 5 : Epoxide woven glass fabric copper-clad laminated sheet, flame resistant grade. | 45 |

IECNORM.COM: Click to view the full PDF for IEC 60249-2:2010

With WIRE

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**MATÉRIAUX DE BASE A RECOUVREMENT MÉTALLIQUE
POUR CIRCUITS IMPRIMÉS**

Deuxième partie : Spécifications

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 cette unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux ne possédant pas encore de règles nationales, lorsqu'ils préparent ces règles, prennent comme base fondamentale de ces règles les recommandations de la CEI dans la mesure où les conditions nationales le permettent.
- 4) On reconnaît qu'il est désirable que l'accord international sur ces questions soit suivi d'un effort pour harmoniser les règles nationales de normalisation avec ces recommandations dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Les Comités nationaux s'engagent à user de leur influence dans ce but.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand il est déclaré qu'un matériel est conforme à l'une de ses recommandations.

PRÉFACE

La présente recommandation a été établie par le Comité d'Etudes N° 52 de la CEI : Circuits imprimés.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Tokyo en 1965, à la suite de laquelle un nouveau projet fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en février 1967. Ce projet fut discuté lors de la réunion tenue à Milan en 1967. A la suite de cette réunion, des modifications furent soumises à l'approbation des Comités nationaux suivant la Procédure des Deux Mois en juin 1968.

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

| | |
|---|--|
| Afrique du Sud | Italie |
| Allemagne | Japon |
| Australie | Norvège |
| Autriche | Pays-Bas |
| Belgique | Royaume-Uni |
| Canada | Suède |
| Corée (République Démocratique Populaire de) | Suisse |
| Danemark | Tchécoslovaquie |
| Etats-Unis d'Amérique | Turquie |
| France * | Union des Républiques Socialistes Soviétiques |
| Israël | Yougoslavie |

La publication fut encore considérée lors de la réunion tenue à Paris en 1969 où il fut décidé d'inclure des valeurs numériques concernant la résistance superficielle et la résistivité transversale aux températures élevées, qui furent approuvées précédemment par les Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois et conformément à la Publication 249-1A de la CEI.

* N'a pas approuvé l'introduction des valeurs numériques concernant la résistance superficielle et la résistivité transversale aux températures élevées.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

METAL-CLAD BASE MATERIALS FOR PRINTED CIRCUITS

Part 2 : Specifications

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 this international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees having as yet no national rules, when preparing such rules, should use the IEC recommendations as the fundamental basis for these rules in so far as national conditions will permit.
- 4) The desirability is recognized of extending international agreement on these matters through an endeavour to harmonize national standardization rules with these recommendations in so far as national conditions will permit. The National Committees pledge their influence towards that end.
- 5) The IEC has not laid down any procedure concerning marking as an indication of approval and has no responsibility when an item of equipment is declared to comply with one of its recommendations.

PREFACE

This Recommendation has been prepared by IEC Technical Committee No. 52, Printed Circuits.

A first draft of this Recommendation was discussed at the meeting held in Tokyo in 1965, as a result of which a draft was circulated to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in February 1967. This draft was discussed at the meeting held in Milan 1967. As a result of this meeting, amendments were submitted to the National Committees for approval under the Two Months' Procedure in June 1968.

The following countries voted explicitly in favour of the Publication :

| | |
|----------------|---|
| Australia | Korea (Democratic People's Republic of) |
| Austria | Netherlands |
| Belgium | Norway |
| Canada | South Africa |
| Czechoslovakia | Sweden |
| Denmark | Switzerland |
| France * | Turkey |
| Germany | Union of Soviet Socialist Republics |
| Israel | United Kingdom |
| Italy | United States of America |
| Japan | Yugoslavia |

The Publication was again considered at the meeting held in Paris in 1969, where it was decided to include numeric values regarding surface resistance and volume resistivity at elevated temperature, previously approved by the National Committees under the Six Months' Rule and in accordance with IEC Publication 249-1A.

* Did not approve the introduction of numeric values regarding surface resistance and volume resistivity at elevated temperature.

**SPÉCIFICATION N° 1 : FEUILLE DE PAPIER CELLULOSE PHÉNOLIQUE
RECOUVERTE DE CUIVRE, DE HAUTE QUALITÉ ÉLECTRIQUE**

1. Objet

Cette spécification donne les exigences concernant les propriétés des feuilles de papier cellulose phénolique recouvertes de cuivre, de haute qualité électrique.

Note. — Pour désigner ce matériau, on peut utiliser la référence : 249-2-1-CEI-PF-CP-Cu.

2. Matériaux et construction

La feuille est composée d'une base isolante sur laquelle est collée une feuille de métal sur l'une ou sur les deux faces.

2.1 Base isolante

Laminé à base de papier cellulose collé avec de la résine phénolique.

2.2 Feuille de métal

Cuivre.

| | Poids par unité de surface | | | Épaisseur | | | |
|---|----------------------------|--------------------|-------|-----------|--------|--------|-----------------|
| | Nominal | | Ecart | Nominal | | Ecart | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | +15 | 35 | 0,0014 | -5 +10 | -0,0002 +0,0004 |
| b | 610 | 2 | +15 | 70 | 0,0028 | -8 +18 | -0,0003 +0,0007 |

La méthode de détermination de la conformité aux exigences ci-dessus devra être spécifiée.

A titre d'information : pureté minimale : 99,5% ;
conductivité minimale : 95% de la valeur équivalente à une résistivité de $1,7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ à 20 °C.

2.3 Marquage

De préférence, chaque feuille doit comprendre une marque d'identification du fabricant qui doit être :

- a) en noir ou en toute autre couleur ne prêtant pas à confusion avec le rouge, le rouge indiquant les grades résistant à la flamme ;
- b) répétée à intervalles tels qu'aucun point de la planche ne soit à plus de 75 mm (3 in) environ de la marque la plus proche ;
- c) imprimée de telle sorte qu'elle indique le sens de défilement du matériau sous la machine.

**SPECIFICATION No. 1 : PHENOLIC CELLULOSE PAPER COPPER-CLAD
LAMINATED SHEET, HIGH ELECTRICAL QUALITY**

1. Scope

This Specification gives requirements for properties of phenolic cellulose paper copper-clad laminated sheet, high electrical quality.

Note. — To designate this material the reference : 249-2-1-IEC-PF-CP-Cu may be used.

2. Materials and construction

The sheet consists of an insulating base with metal foil bonded to one or both sides.

2.1 Insulating base

Phenolic resin bonded cellulose paper laminate.

2.2 Metal foil

Copper.

| | Weight per unit area | | | Thickness | | | |
|---|----------------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------------|
| | Nominal | | Deviation | Nominal | | Deviation | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0.0014 | -5 +10 | -0.0002 +0.0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0.0028 | -8 +18 | -0.0003 +0.0007 |

The method of determining compliance with the above requirements shall be specified.

For information only: minimum purity : 99.5% ;
 minimum conductivity : 95% of the value equivalent to a resistivity
 of $1.7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ at 20 °C.

2.3 Marking

It is preferred that each sheet should bear a manufacturer's identification mark :

- a) in black or some other colour not to be confused with red, since red indicates flame resistant grades ;
- b) repeated at intervals so that no part of the sheet is further than about 75 mm (3 in) from the nearest mark ;
- c) printed so as to indicate the machine direction of the filling material.

3. Propriétés électriques

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|--|--|---|
| Résistance de la feuille : de 305 g/m ² (1 oz/ft ²) de 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | 2.1 | 3,5 mΩ max. 1,75 mΩ max. |
| Résistance superficielle, mesure effectuée dans la chambre climatique ¹⁾ | 2.2 | 1 000 MΩ min. |
| Résistance superficielle après reprise ¹⁾ | 2.2 | 10 000 MΩ min. |
| Résistivité transversale, mesure effectuée dans la chambre climatique ²⁾ | 2.3 | 10 000 MΩ cm min. |
| Résistivité transversale après reprise ²⁾ | 2.3 | 100 000 MΩ cm min. |
| Corrosion de surface | 2.4 | Aucun produit de corrosion visible dans l'anneau |
| Corrosion du bord | 2.5 | Pôle positif : pas plus mauvais que A/B Pôle négatif : pas plus mauvais que 1,6 |
| Constante diélectrique en volume après chaleur humide, essai continu | 2.7 | La valeur moyenne ne doit pas être supérieure à : — 5,5 pour les planches d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm (0,02 in) — à l'étude pour les planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in) |
| Tangente de l'angle de pertes en volume après chaleur humide, essai continu | 2.7 | La valeur moyenne ne doit pas être supérieure à : — 0,05 pour les planches d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm (0,02 in) — à l'étude pour les planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in) |
| Résistance superficielle à 100 °C | 2.9.1 | 100 MΩ min. |
| Résistivité transversale à 100 °C | 2.9.1 | 10 000 MΩ cm min. |

¹⁾ et ²⁾ Ces deux exigences doivent être considérées comme alternatives ; le choix entre les deux doit faire l'objet d'un accord entre fournisseur et client.

3. Electrical properties

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|--|--|--|
| Resistance of foil : of 305 g/m ² (1 oz/ft ²) of 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | 2.1 | 3.5 mΩ max. 1.75 mΩ max. |
| Surface resistance while in the humidity chamber ¹⁾ | 2.2 | 1 000 MΩ min. |
| Surface resistance after recovery ¹⁾ | 2.2 | 10 000 MΩ min. |
| Volume resistivity while in the humidity chamber ²⁾ | 2.3 | 10 000 MΩ cm min. |
| Volume resistivity after recovery ²⁾ | 2.3 | 100 000 MΩ cm min. |
| Surface corrosion | 2.4 | No visible corrosion products in the gap |
| Corrosion at the edge | 2.5 | Positive pole : not worse than A/B Negative pole : not worse than 1.6 |
| Volume permittivity after damp heat, steady state | 2.7 | The average value shall not exceed : — for sheets of thickness not less than 0.5 mm (0.02 in) : 5.5 — for sheets of thickness less than 0.5 mm (0.02 in) : under con- sideration |
| Volume loss tangent after damp heat, steady state | 2.7 | The average value shall not exceed : — for sheets of thickness not less than 0.5 mm (0.02 in) : 0.05 — for sheets of thickness less than 0.5 mm (0.02 in) : under considera- tion |
| Surface resistance at 100 °C | 2.9.1 | 100 MΩ min. |
| Volume resistivity at 100 °C | 2.9.1 | 10 000 MΩ cm min. |

¹⁾ and ²⁾ These two requirements are to be considered alternatives ; the choice between the two is to be agreed upon between purchaser and vendor.

4. Propriétés non électriques de la feuille isolante recouverte de cuivre

4.1 Aspect de la face plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être essentiellement exempte de cloques, rides, trous d'épingles, rayures profondes, creux et de résine. Il doit être possible d'enlever rapidement toute décoloration ou contamination avec une solution d'acide chlorhydrique de poids spécifique 1,02 g/cm³ ou à l'aide d'un solvant organique convenable.

4.2 Epaisseur

L'épaisseur de la planche, comprenant la feuille de métal, ne doit s'écarter en aucun point de l'épaisseur nominale de plus de la valeur spécifiée ci-dessous :

| Epaisseur nominale | | Ecart ± | |
|--------------------|-------|------------|--------|
| mm | in | mm | in |
| 0,2 | 0,008 | A l'écarte | |
| 0,5 | 0,020 | 0,07 | 0,003 |
| 0,8 | 0,031 | 0,09 | 0,0035 |
| 1,0 * | 0,039 | 0,11 | 0,0045 |
| 1,2 * | 0,047 | 0,12 | 0,0045 |
| 1,6 | 0,063 | 0,14 | 0,0055 |
| 2,0 * | 0,079 | 0,15 | 0,006 |
| 2,4 | 0,094 | 0,18 | 0,007 |
| 3,2 | 0,125 | 0,20 | 0,008 |
| 6,4 | 0,250 | 0,30 | 0,012 |

Pour toute valeur nominale de l'épaisseur comprise dans la gamme des épaisseurs nominales 0,2 mm à 6,4 mm (0,008 in à 0,250 in), qui n'est pas donnée dans le tableau des épaisseurs nominales et tolérances associées, les écarts applicables à l'épaisseur seront ceux de l'épaisseur nominale immédiatement supérieure du tableau.

Propriété

Méthode d'essai

Exigences

(Article de la Publication
249-1 de la CEI)

Courbure

3.1

Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle :

L est la longueur du bord droit en millimètres ou inches
 d ou d_1 est la valeur donnée dans le tableau

Vrillage

3.3

Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle :

L est la distance en millimètres ou inches entre le coin de la planche qui n'est pas en contact avec la surface horizontale et le coin diagonalement opposé
 d ou d_1 est la valeur donnée dans le tableau

* Valeurs non préférentielles.

4. Non-electrical properties of the copper-clad sheet

4.1 Appearance of the copper-clad face

The copper-clad face shall be substantially free from blisters, wrinkles, pinholes, deep scratches, pits and resin. Any discoloration or contamination shall be readily removable with a hydrochloric acid solution of density 1.02 g/cm³ or with a suitable organic solvent.

4.2 Thickness

The thickness of a sheet, including the metal foil, shall not depart at any point from the nominal thickness by more than the appropriate value shown below :

| Nominal thickness | | Deviation ± | |
|-------------------|-------|---------------------|--------|
| mm | in | mm | in |
| 0.2 | 0.008 | Under consideration | |
| 0.5 | 0.020 | 0.07 | 0.003 |
| 0.8 | 0.031 | 0.09 | 0.0035 |
| 1.0 * | 0.039 | 0.11 | 0.0045 |
| 1.2 * | 0.047 | 0.12 | 0.0045 |
| 1.6 | 0.063 | 0.14 | 0.0055 |
| 2.0 * | 0.079 | 0.15 | 0.006 |
| 2.4 | 0.094 | 0.18 | 0.007 |
| 3.2 | 0.125 | 0.20 | 0.008 |
| 6.4 | 0.250 | 0.30 | 0.012 |

For any nominal thickness within the range of nominal thicknesses 0.2 mm to 6.4 mm (0.008 in to 0.250 in), which is not given in the table of nominal thicknesses and corresponding deviations, the deviation applicable to the thickness shall be that for the next greater nominal thickness given in the table.

| Property | Test method (Clause of IEC Publication 249-1) | Requirements |
|----------|---|--|
| Bow | 3.1 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where : <i>L</i> is the length of the straight-edge in millimetres or inches <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |
| Twist | 3.3 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where : <i>L</i> is the distance in millimetres or inches between the corner of the sheet not in contact with the horizontal surface and the diagonally opposite corner <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |

* Non-preferred values.

4.3 Courbure et vrillage maximaux

| Epaisseur nominale | | Feuille de cuivre sur une face | | Feuille de cuivre sur deux faces | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|
| mm | in | d | d ₁ | d | d ₁ |
| Moins de 0,8 | Moins de 0,031 | Non applicable | | | |
| De 0,8 à 1,2 | 0,031 à 0,047 | 109 | 3,6 | 55 | 1,8 |
| Plus de 1,2 à 1,6 | Plus de 0,047 à 0,063 | 55 | 1,8 | 27 | 0,9 |
| Plus de 1,6 à 3,2 | Plus de 0,063 à 0,125 | 55 | 1,8 | 27 | 0,9 |
| Plus de 3,2 à 6,4 | Plus de 0,125 à 0,250 | 55 | 1,8 | 15 | 0,5 |

Les exigences pour la courbure et le vrillage ne s'appliquent qu'aux dimensions de planches telles qu'elles sont fabriquées et aux pièces découpées dont les dimensions, longueur ou largeur, ne sont pas inférieures à 460 mm (18 in).

| Propriété | Méthode d'essai (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | Exigences |
|--|---|------------------------------------|
| Force d'arrachement | 3.5 | Supérieure à 50 N (11,2 lbf) |
| Force d'adhérence après choc thermique de 10 s | 3.6.2 | Supérieure à 1 N/mm (5,7 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après chaleur sèche à 100 °C | 3.6.3 | Supérieure à 1 N/mm (5,7 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après exposition aux vapeurs de solvant (trichloréthylène) | 3.6.4 | Supérieure à 1 N/mm (5,7 lbf/in) * |
| Pour des solvants autres que le trichloréthylène, les exigences seront déterminées par entente entre fournisseur et client | | |
| Force d'adhérence après exposition aux conditions simulées de revêtement électrolytique | 3.6.5 | Supérieure à 0,6 N/mm (3,4 lbf/in) |
| Cloquage après choc thermique de 10 s (applicable aux feuilles d'épaisseur nominale au moins égale à 0,5 mm (0,02 in)) | 3.7 | Aucune délamination ni cloquage |
| Soudabilité | 3.10 | A l'étude |

Note. — Les méthodes d'essai concernant les propriétés d'aptitude au poinçonnage et les exigences doivent faire l'objet d'accord entre fournisseur et client.

5. Propriétés non électriques du matériau de base après enlèvement complet de la feuille de cuivre

5.1 Apparence du matériau de base

Le matériau de base doit être essentiellement exempt de creux, trous, rayures, porosités et inclusions de résine et de couleur à peu près uniforme. Une faible variation irrégulière de couleur est permise.

* Aucune délamination ni cloquage.

4.3 *Maximum bow and twist*

| Nominal thickness | | Copper foil on one side | | Copper foil on both sides | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| mm | in | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ |
| Less than 0.8 | Less than 0.031 | | | Not applicable | |
| 0.8 to 1.2 | 0.031 to 0.047 | 109 | 3.6 | 55 | 1.8 |
| Over 1.2 to 1.6 | Over 0.047 to 0.063 | 55 | 1.8 | 27 | 0.9 |
| Over 1.6 to 3.2 | Over 0.063 to 0.125 | 55 | 1.8 | 27 | 0.9 |
| Over 3.2 to 6.4 | Over 0.125 to 0.250 | 55 | 1.8 | 15 | 0.5 |

The requirements for bow and twist apply only to sheet sizes as manufactured and to cut pieces having neither length nor width less than 460 mm (18 in).

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|---|--|-------------------------------------|
| Pull-off strength | 3.5 | Not less than 50 N (11.2 lbf) |
| Peel strength after 10 s heat shock | 3.6.2 | Not less than 1 N/mm (5.7 lbf/in) * |
| Peel strength after dry heat at 100 °C | 3.6.3 | Not less than 1 N/mm (5.7 lbf/in) * |
| Peel strength after exposure to solvent vapour (trichlorethylene) | 3.6.4 | Not less than 1 N/mm (5.7 lbf/in) * |
| For solvents other than trichlorethylene requirements shall be agreed upon between purchaser and vendor | | |
| Peel strength after exposure to simulated plating conditions | 3.6.5 | Not less than 0.6 N/mm (3.4 lbf/in) |
| Blistering after 10 s heat shock (applicable to sheet not less than 0.5 mm (0.02 in) nominal thickness) | 3.7 | No delamination or blistering |
| Solderability | 3.10 | Under consideration |

Note. — Methods of test for punching properties and requirements for them are matters for agreement between purchaser and vendor.

5. **Non-electrical properties of the base material after complete removal of the copper foil**

5.1 *Appearance of base material*

The base material shall be substantially free from pits, holes, scratches, porosity and resin inclusions and substantially uniform in colour. A small amount of irregular variation of colour is permissible.

* No delamination or blistering.

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|---|--|---|
| Contrainte de flexion (applicable aux planches d'épaisseur nominale au moins égale à 1,6 mm (0,063 in)) | 4.1 | Supérieure à 8 000 N/cm ² (11 600 lbf/in ²) |

Les matériaux ayant une bonne aptitude au poinçonnage à température ambiante peuvent avoir une contrainte de flexion inférieure ; une limite de 6 000 N/cm² (8 700 lbf/in²) est acceptable

Déformation plastique à haute température

4.2

A l'étude

Absorption d'eau

4.4

| Epaisseur * | | mg (max.) |
|-------------|-------|-----------|
| mm | in | |
| 0,8 | 0,031 | 30 |
| 1,0 | 0,039 | 33 |
| 1,2 | 0,047 | 35 |
| 1,6 | 0,063 | 40 |
| 2,0 | 0,079 | 45 |
| 2,4 | 0,094 | 50 |
| 3,2 | 0,125 | 65 |
| 6,4 | 0,250 | 80 |

6. Essais de réception

Si les essais sont effectués par l'acheteur du matériau, les essais suivants sont recommandés :

Articles

2.2

2.3

Résistance superficielle et résistivité transversale après chaleur humide, essai continu

2.7

Constante diélectrique en volume et tangente de l'angle de pertes en volume après chaleur humide, essai continu

3

Aspect de la face plaquée cuivre

Epaisseur

3.1

Courbure

3.3

Vrillage

3.6.2

Force d'adhérence après choc thermique

Les plans d'échantillonnage et les niveaux d'acceptation seront déterminés par entente entre fournisseur et client.

* Valeur moyenne mesurée de l'épaisseur.

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|---|--|--|
| Flexural strength (applicable to sheet not less than 1.6 mm (0.063 in) nominal thickness) | 4.1 | Not less than 8 000 N/cm ² (11 600 lbf/in ²) |

Materials having good punchability at room temperature may have lower flexural strength ; a limit of 6 000 N/cm² (8 700 lbf/in²) is suitable

| | |
|---------------------------------------|-----|
| Plastic yield at elevated temperature | 4.2 |
| Water absorption | 4.4 |

Under consideration

| Thickness * | | mg (max.) |
|-------------|-------|-----------|
| mm | in | |
| 0.8 | 0.031 | 30 |
| 1.0 | 0.039 | 33 |
| 1.2 | 0.047 | 35 |
| 1.6 | 0.063 | 40 |
| 2.0 | 0.079 | 45 |
| 2.4 | 0.094 | 50 |
| 3.2 | 0.125 | 65 |
| 6.4 | 0.250 | 80 |

6. Acceptance testing

If the testing is carried out by the purchaser of the material, then the following tests are recommended :

Clause

- 2.2 } Surface resistance and volume resistivity after damp heat, steady state
- 2.3 }
- 2.7 Volume permittivity and volume loss tangent after damp heat, steady state
- 3 Appearance of the copper-clad face
 - Thickness
 - 3.1 Bow
 - 3.3 Twist
 - 3.6.2 Peel strength after heat shock

Sampling plans and acceptance levels are matters for agreement between purchaser and vendor.

* Mean measured value of thickness.

**SPÉCIFICATION N° 2 : FEUILLE DE PAPIER CELLULOSE PHÉNOLIQUE
RECOUVERTE DE CUIVRE, DE QUALITÉ ÉCONOMIQUE**

1. Objet

Cette spécification donne les exigences concernant les propriétés des feuilles de papier cellulose phénolique recouvertes de cuivre, de qualité économique.

Note. — Pour désigner ce matériau, on peut utiliser la référence : 249-2-2-CEI-PF-CP-Cu.

2. Matériaux et construction

La feuille est composée d'une base isolante sur laquelle est collée une feuille de métal sur l'une ou sur les deux faces.

2.1 Base isolante

Laminé à base de papier cellulose collé avec de la résine phénolique.

2.2 Feuille de métal

Cuivre.

| | Poids par unité de surface | | | Épaisseur | | | |
|---|----------------------------|--------------------|-------|-----------|--------|--------|-----------------|
| | Nominal | | Ecart | Nominal | | Ecart | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0,0014 | -5 +10 | -0,0002 +0,0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0,0028 | -8 +18 | -0,0003 +0,0007 |

La méthode de détermination de la conformité aux exigences ci-dessus devra être spécifiée.

A titre d'information : pureté minimale : 99,5% ;

conductivité minimale : 95% de la valeur équivalente à une résistivité de $1,7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ à 20 °C.

2.3 Marquage

De préférence, chaque feuille doit comprendre une marque d'identification du fabricant qui doit être :

- a) en noir ou en toute autre couleur ne prêtant pas à confusion avec le rouge, le rouge indiquant les grades résistant à la flamme ;
- b) répétée à intervalles tels qu'aucun point de la planche ne soit à plus de 75 mm (3 in) environ de la marque la plus proche ;
- c) imprimée de telle sorte qu'elle indique le sens de défilement du matériau sous la machine.

**SPECIFICATION No. 2 : PHENOLIC CELLULOSE PAPER COPPER-CLAD
LAMINATED SHEET, ECONOMIC QUALITY**

1. Scope

This Specification gives requirements for properties of phenolic cellulose paper copper-clad laminated sheet, economic quality.

Note. — To designate this material the reference : 249-2-2-IEC-PF-CP-Cu may be used.

2. Materials and construction

The sheet consists of an insulating base with metal foil bonded to one or both sides.

2.1 Insulating base

Phenolic resin bonded cellulose paper laminate.

2.2 Metal foil

Copper.

| | Weight per unit area | | | Thickness | | | |
|---|----------------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------------|
| | Nominal | | Deviation | Nominal | | Deviation | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0.0014 | -5 +10 | -0.0002 +0.0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0.0028 | -8 +18 | -0.0003 +0.0007 |

The method of determining compliance with the above requirements shall be specified.

For information only: minimum purity : 99.5% ;
 minimum conductivity : 95% of the value equivalent to a resistivity
 of $1.7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ at 20 °C.

2.3 Marking

It is preferred that each sheet should bear a manufacturer's identification mark :

- a) in black or some other colour not to be confused with red, since red indicates flame resistant grades ;
- b) repeated at intervals so that no part of the sheet is further than about 75 mm (3 in) from the nearest mark ;
- c) printed so as to indicate the machine direction of the filling material.

3. Propriétés électriques

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|---|--|------------------|
| Résistance de la feuille : | | |
| de 305 g/m ² (1 oz/ft ²) | 2.1 | 3,5 mΩ max. |
| de 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | | 1,75 mΩ max. |
| Résistance superficielle après reprise | 2.2 | 1 000 MΩ min. |
| Résistivité transversale après reprise | 2.3 | 5 000 MΩ cm min. |
| Résistance superficielle à 100 °C | 2.9.1 | 100 MΩ min. |
| Résistivité transversale à 100 °C | 2.9.1 | 1 000 MΩ cm min. |

4. Propriétés non électriques de la feuille isolante recouverte de cuivre

4.1 Aspect de la face plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être essentiellement exempte de cloques, rides, trous d'épingles, rayures profondes, creux et de résine. Il doit être possible d'enlever rapidement toute décoloration ou contamination avec une solution d'acide chlorhydrique de poids spécifique 1,02 g/cm³ ou à l'aide d'un solvant organique convenable.

4.2 Epaisseur

L'épaisseur de la planche, comprenant la feuille de métal, ne doit s'écarter en aucun point de l'épaisseur nominale de plus de la valeur spécifiée ci-dessous :

| Epaisseur nominale | | Ecart ± | | | |
|--------------------|-------|-----------|----|------|--------|
| mm | in | mm | in | | |
| 0,2 | 0,008 | A l'étude | | | |
| 0,5 | 0,020 | | | 0,07 | 0,003 |
| 0,8 | 0,031 | | | 0,09 | 0,0035 |
| 1,0 * | 0,039 | | | 0,11 | 0,0045 |
| 1,2 * | 0,047 | | | 0,12 | 0,0045 |
| 1,6 | 0,063 | | | 0,14 | 0,0055 |
| 2,0 * | 0,079 | | | 0,15 | 0,006 |
| 2,4 | 0,094 | | | 0,18 | 0,007 |
| 3,2 | 0,125 | | | 0,20 | 0,008 |
| 6,4 | 0,250 | | | 0,30 | 0,012 |

Pour toute valeur nominale de l'épaisseur comprise dans la gamme des épaisseurs nominales 0,2 mm à 6,4 mm (0,008 in à 0,250 in), qui n'est pas donnée dans le tableau des épaisseurs nominales et tolérances associées, les écarts applicables à l'épaisseur seront ceux de l'épaisseur nominale immédiatement supérieure du tableau.

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|------------------|--|--|
| Courbure | 3.1 | Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle : <i>L</i> est la longueur du bord droit en millimètres ou inches <i>d</i> ou <i>d</i> ₁ est la valeur donnée dans le tableau |

* Valeurs non préférentielles.

3. Electrical properties

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|---|--|---------------------|
| Resistance of foil : | | |
| of 305 g/m ² (1 oz/ft ²) | 2.1 | 3.5 mΩ max. |
| of 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | | 1.75 mΩ max. |
| Surface resistance after recovery | 2.2 | 1 000 MΩ min. |
| Volume resistivity after recovery | 2.3 | 5 000 MΩ cm min. |
| Surface resistance at 100 °C | 2.9.1 | 100 MΩ min. |
| Volume resistivity at 100 °C | 2.9.1 | 1 000 MΩ cm min. |

4. Non-electrical properties of the copper-clad sheet

4.1 Appearance of the copper-clad face

The copper-clad face shall be substantially free from blisters, wrinkles, pinholes, deep scratches, pits and resin. Any discoloration or contamination shall be readily removable with a hydrochloric acid solution of density 1.02 g/cm³ or with a suitable organic solvent.

4.2 Thickness

The thickness of a sheet, including the metal foil, shall not depart at any point from the nominal thickness by more than the appropriate value shown below :

| Nominal thickness | | Deviation ± | |
|-------------------|-------|---------------------|--------|
| mm | in | mm | in |
| 0.2 | 0.008 | Under consideration | |
| 0.5 | 0.020 | 0.07 | 0.003 |
| 0.8 | 0.031 | 0.09 | 0.0035 |
| 1.0 * | 0.039 | 0.11 | 0.0045 |
| 1.2 * | 0.047 | 0.12 | 0.0045 |
| 1.6 | 0.063 | 0.14 | 0.0055 |
| 2.0 * | 0.079 | 0.15 | 0.006 |
| 2.4 | 0.094 | 0.18 | 0.007 |
| 3.2 | 0.125 | 0.20 | 0.008 |
| 6.4 | 0.250 | 0.30 | 0.012 |

For any nominal thickness within the range of nominal thicknesses 0.2 mm to 6.4 mm (0.008 in to 0.250 in), which is not given in the table of nominal thicknesses and corresponding deviations, the deviation applicable to the thickness shall be that for the next greater nominal thickness given in the table.

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|-----------------|--|---|
| Bow | 3.1 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where : <i>L</i> is the length of the straight-edge in millimetres or inches <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |

* Non-preferred values.

| | | |
|----------|-----|---|
| Vrillage | 3.3 | Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle : <i>L</i> est la distance en millimètres ou inches entre le coin de la planche qui n'est pas en contact avec la surface horizontale et le coin diagonalement opposé <i>d</i> ou <i>d</i> ₁ est la valeur donnée dans le tableau |
|----------|-----|---|

4.3 Courbure et vrillage maximaux

| Epaisseur nominale | | Feuille de cuivre sur une face | | Feuille de cuivre sur deux faces | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| mm | in | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ |
| Moins de 0,8 | Moins de 0,031 | Non applicable | | | |
| De 0,8 à 1,2 | 0,031 à 0,047 | 109 | 3,6 | 55 | 1,8 |
| Plus de 1,2 à 1,6 | Plus de 0,047 à 0,063 | 55 | 1,8 | 27 | 0,9 |
| Plus de 1,6 à 3,2 | Plus de 0,063 à 0,125 | 55 | 1,8 | 27 | 0,9 |
| Plus de 3,2 à 6,4 | Plus de 0,125 à 0,250 | 55 | 1,8 | 15 | 0,5 |

Les exigences pour la courbure et le vrillage ne s'appliquent qu'aux dimensions de planches telles qu'elles sont fabriquées et aux pièces découpées dont les dimensions, longueur ou largeur, ne sont pas inférieures à 460 mm (18 in).

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la C.E.I) | <i>Exigences</i> |
|--|--|------------------------------------|
| Force d'arrachement | 3.5 | Supérieure à 50 N (11,2 lbf) |
| Force d'adhérence après choc thermique de 10 s | 3.6.2 | Supérieure à 1 N/mm (5,7 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après chaleur sèche à 100 °C | 3.6.3 | Supérieure à 1 N/mm (5,7 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après exposition aux vapeurs de solvant (trichloréthylène) | 3.6.4 | Supérieure à 1 N/mm (5,7 lbf/in) * |
| Pour des solvants autres que le trichloréthylène, les exigences seront déterminées par entente entre fournisseur et client | | |
| Cloquage après choc thermique de 10 s (applicable aux feuilles d'épaisseur nominale au moins égale à 0,5 mm (0,02 in)) | 3.7 | Aucune délamination ni cloquage |
| Soudabilité | 3.10 | A l'étude |

Note. — Les méthodes d'essai concernant les propriétés d'aptitude au poinçonnage et les exigences doivent faire l'objet d'accord entre fournisseur et client.

* Aucune délamination ni cloquage.

Twist

3.3

Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where :
 L is the distance in millimetres or inches between the corner of the sheet not in contact with the horizontal surface and the diagonally opposite corner
 d or d_1 is as given in the table

4.3 Maximum bow and twist

| Nominal thickness | | Copper foil on one side | | Copper foil on both sides | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-------|---------------------------|-------|
| mm | in | d | d_1 | d | d_1 |
| Less than 0.8 | Less than 0.031 | Not applicable | | | |
| 0.8 to 1.2 | 0.031 to 0.047 | 109 | 3.6 | 55 | 1.8 |
| Over 1.2 to 1.6 | Over 0.047 to 0.063 | 55 | 1.8 | 27 | 0.9 |
| Over 1.6 to 3.2 | Over 0.063 to 0.125 | 55 | 1.8 | 27 | 0.9 |
| Over 3.2 to 6.4 | Over 0.125 to 0.250 | 55 | 1.8 | 15 | 0.5 |

The requirements for bow and twist apply only to sheet sizes as manufactured and to cut pieces having neither length nor width less than 460 mm (18 in).

| Property | Test method (Clause of IEC Publication 249-1) | Requirements |
|---|---|-------------------------------------|
| Pull-off strength | 3.5 | Not less than 50 N (11.2 lbf) |
| Peel strength after 10 s heat shock | 3.6.2 | Not less than 1 N/mm (5.7 lbf/in) * |
| Peel strength after dry heat at 100 °C | 3.6.3 | Not less than 1 N/mm (5.7 lbf/in) * |
| Peel strength after exposure to solvent vapour (trichlorethylene) For solvents other than trichlorethylene, requirements shall be agreed upon between purchaser and vendor | 3.6.4 | Not less than 1 N/mm (5.7 lbf/in) * |
| Blistering after 10 s heat shock (applicable to sheet not less than 0.5 mm (0.02 in) nominal thickness) | 3.7 | No delamination or blistering |
| Solderability | 3.10 | Under consideration |

Note. — Methods of test for punching properties and requirements for them are matters for agreement between purchaser and vendor.

* No delamination or blistering.

5. Propriétés non électriques du matériau de base après enlèvement complet de la feuille de cuivre

5.1 Apparence du matériau de base

Le matériau de base doit être essentiellement exempt de creux, trous, rayures, porosités et inclusions de résine et de couleur à peu près uniforme. Une faible variation irrégulière de couleur est permise.

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|---|--|--|
| Contrainte de flexion (applicable aux planches d'épaisseur nominale au moins égale à 1,6 mm (0,063 in)) | 4.1 | Supérieure à 10 000 N/cm ² (14 500 lbf/in ²) |
| Les matériaux ayant une bonne aptitude au poinçonnage à température ambiante peuvent avoir une contrainte de flexion inférieure ; une limite 8 000 N/cm ² (11 600 lbf/in ²) est acceptable | | |
| Déformation plastique à haute température | 4.2 | A l'étude |

6. Essais de réception

Si les essais sont effectués par l'acheteur du matériau, les essais suivants sont recommandés :

| Articles | |
|----------------|--|
| 2.2 } 2.3 } | Résistance superficielle et résistivité transversale après chaleur humide, essai continu |
| 3 | Aspect de la face plaquée cuivre |
| | Epaisseur |
| 3.1 | Courbure |
| 3.3 | Vrillage |
| 3.6.2 | Force d'adhérence après choc thermique |

Les plans d'échantillonnage et les niveaux d'acceptation seront déterminés par entente entre fournisseur et client.

5. **Non-electrical properties of the base material after complete removal of the copper foil**

5.1 *Appearance of base material*

The base material shall be substantially free from pits, holes, scratches, porosity and resin inclusions and substantially uniform in colour. A small amount of irregular variation of colour is permissible.

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|--|--|---|
| Flexural strength (applicable to sheet not less than 1.6 mm (0.063 in) nominal thickness) | 4.1 | Not less than 10 000 N/cm ² (14 500 lbf/in ²) |
| Materials having good punchability at room temperature may have lower flexural strength ; a limit of 8 000 N/cm ² (11 600 lbf/in ²) is suitable | | |
| Plastic yield at elevated temperature | 4.2 | Under consideration |

6. **Acceptance testing**

If the testing is carried out by the purchaser of the material, then the following tests are recommended :

- Clause
- 2.2 } Surface resistance and volume resistivity after damp heat, steady state
- 2.3 }
- 3 Appearance of the copper-clad face
Thickness
- 3.1 Bow
- 3.3 Twist
- 3.6.2 Peel strength after heat shock

Sampling plans and acceptance levels are matters for agreement between purchaser and vendor.

**SPÉCIFICATION N° 3 : FEUILLE DE PAPIER CELLULOSE EPOXY
RECOUVERTE DE CUIVRE, RÉSISTANT A LA FLAMME**

1. Objet

Cette spécification donne les exigences concernant les propriétés des feuilles de papier cellulose epoxy recouvertes de cuivre, résistant à la flamme.

Note. — Pour désigner ce matériau, on peut utiliser la référence : 249-2-3-CEI-EP-CP-Cu.

2. Matériaux et construction

La feuille est composée d'une base isolante sur laquelle est collée une feuille de métal sur l'une ou sur les deux faces.

2.1 Base isolante

Laminé à base de papier cellulose collé avec de la résine epoxide.

2.2 Feuille de métal

Cuivre.

| | Poids par unité de surface | | | Epaisseur | | | |
|---|----------------------------|--------------------|-------|-----------|--------|--------|-----------------|
| | Nominal | | Ecart | Nominal | | Ecart | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0,0014 | -5 +10 | -0,0002 +0,0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0,0028 | -8 +18 | -0,0003 +0,0007 |

La méthode de détermination de la conformité aux exigences ci-dessus devra être spécifiée.

A titre d'information : pureté minimale : 99,5% ;
conductivité minimale : 95% de la valeur équivalente à une résistivité de $1,7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ à 20 °C.

2.3 Marquage

De préférence, chaque feuille doit comprendre une marque d'identification du fabricant qui doit être :

- a) en rouge, pour indiquer que le grade résiste à la flamme ;
- b) répétée à intervalles tels qu'aucun point de la planche ne soit à plus de 75 mm (3 in) environ de la marque la plus proche ;
- c) imprimée de telle sorte qu'elle indique le sens de défilement du matériau sous la machine.

**SPECIFICATION No. 3 : EPOXIDE CELLULOSE PAPER COPPER-CLAD
LAMINATED SHEET, FLAME RESISTANT GRADE**

1. Scope

This Specification gives requirements for properties of epoxide cellulose paper copper-clad laminated sheet, flame resistant grade.

Note. — To designate this material the reference : 249-2-3-IEC-EP-CP-Cu may be used.

2. Materials and construction

The sheet consists of an insulating base with metal foil bonded to one or both sides.

2.1 Insulating base

Epoxide resin bonded cellulose paper laminate.

2.2 Metal foil

Copper.

| | Weight per unit area | | | Thickness | | | |
|---|----------------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------------|
| | Nominal | | Deviation | Nominal | | Deviation | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0.0014 | -5 +10 | -0.0002 +0.0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0.0028 | -8 +18 | -0.0003 +0.0007 |

The method of determining compliance with the above requirements shall be specified.

For information only : minimum purity : 99.5% ;
 minimum conductivity : 95% of the value equivalent to a resistivity
 of $1.7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ at 20 °C.

2.3 Marking

It is preferred that each sheet should bear a manufacturer's identification mark :

- a) in red, to indicate that the grade is flame resistant ;
- b) repeated at intervals so that no part of the sheet is further than about 75 mm (3 in) from the nearest mark ;
- c) printed so as to indicate the machine direction of the filling material.

3. Propriétés électriques

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|--|--|---|
| Résistance de la feuille : de 305 g/m ² (1 oz/ft ²) de 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | 2.1 | 3,5 mΩ max. 1,75 mΩ max. |
| Résistance superficielle, mesure effectuée dans la chambre climatique ¹⁾ | 2.2 | 2 000 MΩ min. |
| Résistance superficielle après reprise ¹⁾ | 2.2 | 20 000 MΩ min. |
| Résistivité transversale, mesure effectuée dans la chambre climatique ²⁾ | 2.3 | 80 000 MΩ cm min. |
| Résistivité transversale après reprise ²⁾ | 2.3 | 200 000 MΩ cm min. |
| Corrosion de surface | 2.4 | Aucun produit de corrosion visible dans l'anneau |
| Corrosion du bord | 2.5 | Pôle positif : pas plus mauvais que A/B Pôle négatif : pas plus mauvais que 1,6 |
| Constante diélectrique en volume après chaleur humide, essai continu | 2.7 | La valeur moyenne ne doit pas être supérieure à : — 5,0 pour les planches d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm (0,02 in) — à l'étude pour les planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in) |
| Tangente de l'angle de pertes en volume après chaleur humide, essai continu | 2.7 | La valeur moyenne ne doit pas être supérieure à : — 0,05 pour les planches d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm (0,02 in) — à l'étude pour les planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in) |
| Résistance superficielle à 100 °C | 2.9.1 | 1 000 MΩ min. |
| Résistivité transversale à 100 °C | 2.9.1 | 10 000 MΩ cm min. |

¹⁾ et ²⁾ Ces deux exigences doivent être considérées comme alternatives ; le choix entre les deux doit faire l'objet d'un accord entre fournisseur et client.

3. Electrical properties

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|--|--|--|
| Resistance of foil : of 305 g/m ² (1 oz/ft ²) of 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | 2.1 | 3.5 mΩ max. 1.75 mΩ max. |
| Surface resistance while in the humidity chamber ¹⁾ | 2.2 | 2 000 MΩ min. |
| Surface resistance after recovery ¹⁾ | 2.2 | 20 000 MΩ min. |
| Volume resistivity while in the humidity chamber ²⁾ | 2.3 | 80 000 MΩ cm min. |
| Volume resistivity after recovery ²⁾ | 2.3 | 200 000 MΩ cm min. |
| Surface corrosion | 2.4 | No visible corrosion products in the gap |
| Corrosion at the edge | 2.5 | Positive pole : not worse than A/B Negative pole : not worse than 1.6 |
| Volume permittivity after damp heat, steady state | 2.7 | The average value shall not exceed : — for sheets of thickness not less than 0.5 mm (0.02 in) : 5.0 — for sheets of thickness less than 0.5 mm (0.02 in) : under consideration |
| Volume loss tangent after damp heat, steady state | 2.7 | The average value shall not exceed : — for sheets of thickness not less than 0.5 mm (0.02 in) : 0.05 — for sheets of thickness less than 0.5 mm (0.02 in) : under considera- tion |
| Surface resistance at 100 °C | 2.9.1 | 1 000 MΩ min. |
| Volume resistivity at 100 °C | 2.9.1 | 10 000 MΩ cm min. |

¹⁾ and ²⁾ These two requirements are to be considered alternatives; the choice between the two is to be agreed upon between purchaser and vendor.

4. Propriétés non électriques de la feuille isolante recouverte de cuivre

4.1 Aspect de la face plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être essentiellement exempte de cloques, rides, trous d'épingles, rayures profondes, creux et de résine. Il doit être possible d'enlever rapidement toute décoloration ou contamination avec une solution d'acide chlorhydrique de poids spécifique 1,02 g/cm³ ou à l'aide d'un solvant organique convenable.

4.2 Epaisseur

L'épaisseur de la planche, comprenant la feuille de métal, ne doit s'écarter en aucun point de l'épaisseur nominale de plus de la valeur spécifiée ci-dessous :

| Epaisseur nominale | | Ecart ± | |
|--------------------|-------|-----------|--------|
| mm | in | mm | in |
| 0,2 | 0,008 | A l'étude | |
| 0,5 | 0,020 | 0,07 | 0,003 |
| 0,8 | 0,031 | 0,09 | 0,0035 |
| 1,0 * | 0,039 | 0,11 | 0,0045 |
| 1,2 * | 0,047 | 0,12 | 0,0045 |
| 1,6 | 0,063 | 0,14 | 0,0055 |
| 2,0 * | 0,079 | 0,15 | 0,006 |
| 2,4 | 0,094 | 0,18 | 0,007 |
| 3,2 | 0,125 | 0,20 | 0,008 |
| 6,4 | 0,250 | 0,30 | 0,012 |

Pour toute valeur nominale de l'épaisseur comprise dans la gamme des épaisseurs nominales 0,2 mm à 6,4 mm (0,008 in à 0,250 in), qui n'est pas donnée dans le tableau des épaisseurs nominales et tolérances associées, les écarts applicables à l'épaisseur seront ceux de l'épaisseur nominale immédiatement supérieure du tableau.

| Propriété | Méthode d'essai (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | Exigences |
|-----------|---|---|
| Courbure | 3.1 | Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle : <i>L</i> est la longueur du bord droit en millimètres ou inches <i>d</i> ou <i>d</i> ₁ est la valeur donnée dans le tableau |
| Vrillage | 3.3 | Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle : <i>L</i> est la distance en millimètres ou inches entre le coin de la planche qui n'est pas en contact avec la surface horizontale et le coin diagonalement opposé <i>d</i> ou <i>d</i> ₁ est la valeur donnée dans le tableau |

* Valeurs non préférentielles.

4. Non-electrical properties of the copper-clad sheet

4.1 Appearance of the copper-clad face

The copper-clad face shall be substantially free from blisters, wrinkles, pinholes, deep scratches, pits and resin. Any discoloration or contamination shall be readily removable with a hydrochloric acid solution of density 1.02 g/cm³ or with a suitable organic solvent.

4.2 Thickness

The thickness of a sheet, including the metal foil, shall not depart at any point from the nominal thickness by more than the appropriate value shown below :

| Nominal thickness | | Deviation ± | |
|-------------------|-------|---------------------|--------|
| mm | in | mm | in |
| 0.2 | 0.008 | Under consideration | |
| 0.5 | 0.020 | 0.07 | 0.003 |
| 0.8 | 0.031 | 0.09 | 0.0035 |
| 1.0 * | 0.039 | 0.11 | 0.0045 |
| 1.2 * | 0.047 | 0.12 | 0.0045 |
| 1.6 | 0.063 | 0.14 | 0.0055 |
| 2.0 * | 0.079 | 0.15 | 0.006 |
| 2.4 | 0.094 | 0.18 | 0.007 |
| 3.2 | 0.125 | 0.20 | 0.008 |
| 6.4 | 0.250 | 0.30 | 0.012 |

For any nominal thickness within the range of nominal thicknesses 0.2 mm to 6.4 mm (0.008 in to 0.250 in), which is not given in the table of nominal thicknesses and corresponding deviations, the deviation applicable to the thickness shall be that for the next greater nominal thickness given in the table.

| Property | Test method (Clause of IEC Publication 249-1) | Requirements |
|----------|---|--|
| Bow | 3.1 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where : <i>L</i> is the length of the straight-edge in millimetres or inches <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |
| Twist | 3.3 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where : <i>L</i> is the distance in millimetres or inches between the corner of the sheet not in contact with the horizontal surface and the diagonally opposite corner <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |

* Non-preferred values.

4.3 Courbure et vrillage maximaux

| Epaisseur nominale | | Feuille de cuivre sur une face | | Feuille de cuivre sur deux faces | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| mm | in | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ |
| Moins de 0,8 | Moins de 0,031 | | Non applicable | | |
| De 0,8 à 1,2 | 0,031 à 0,047 | 109 | 3,6 | 55 | 1,8 |
| Plus de 1,2 à 1,6 | Plus de 0,047 à 0,063 | 55 | 1,8 | 27 | 0,9 |
| Plus de 1,6 à 3,2 | Plus de 0,063 à 0,125 | 55 | 1,8 | 27 | 0,9 |
| Plus de 3,2 à 6,4 | Plus de 0,125 à 0,250 | 55 | 1,8 | 15 | 0,5 |

Les exigences pour la courbure et le vrillage ne s'appliquent qu'aux dimensions de planches telles qu'elles sont fabriquées et aux pièces découpées dont les dimensions, longueur ou largeur, ne sont pas inférieures à 460 mm (18 in).

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|--|--|--------------------------------------|
| Force d'arrachement | 3.5 | Supérieure à 60 N (13,5 lbf) |
| Force d'adhérence après choc thermique de 10 s | 3.6.2 | Supérieure à 1,2 N/mm (6,9 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après chaleur sèche à 100 °C | 3.6.3 | Supérieure à 1,2 N/mm (6,9 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après exposition aux vapeurs de solvant (trichloréthylène) | 3.6.4 | Supérieure à 1,2 N/mm (6,9 lbf/in) * |
| Pour des solvants autres que le trichloréthylène, les exigences seront déterminées par entente entre fournisseur et client | | |
| Force d'adhérence après exposition aux conditions simulées de revêtement électrolytique | 3.6.5 | Supérieure à 0,8 N/mm (4,6 lbf/in) |
| Cloquage après choc thermique de 10 s (applicable aux feuilles d'épaisseur nominale au moins égale à 0,5 mm (0,02 in)) | 3.7 | Aucune délamination ni cloquage |
| Soudabilité | 3.10 | A l'étude |

Note. — Les méthodes d'essai concernant les propriétés d'aptitude au poinçonnage et les exigences doivent faire l'objet d'accord entre fournisseur et client.

5. Propriétés non électriques du matériau de base après enlèvement complet de la feuille de cuivre

5.1 Apparence du matériau de base

Le matériau de base doit être essentiellement exempt de creux, trous, rayures, porosités et inclusions de résine et de couleur à peu près uniforme. Une faible variation irrégulière de couleur est permise.

* Aucune délamination ni cloquage.

4.3 Maximum bow and twist

| Nominal thickness | | Copper foil on one side | | Copper foil on both sides | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| mm | in | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ |
| Less than 0.8 | Less than 0.031 | Not applicable | | | |
| 0.8 to 1.2 | 0.031 to 0.047 | 109 | 3.6 | 55 | 1.8 |
| Over 1.2 to 1.6 | Over 0.047 to 0.063 | 55 | 1.8 | 27 | 0.9 |
| Over 1.6 to 3.2 | Over 0.063 to 0.125 | 55 | 1.8 | 27 | 0.9 |
| Over 3.2 to 6.4 | Over 0.125 to 0.250 | 55 | 1.8 | 15 | 0.5 |

The requirements for bow and twist apply only to sheet sizes as manufactured and to cut pieces having neither length nor width less than 460 mm (18 in).

| Property | Test method (Clause of IEC Publication 249-1) | Requirements |
|--|---|---------------------------------------|
| Pull-off strength | 3.5 | Not less than 60 N (13.5 lbf) |
| Peel strength after 10 s heat shock | 3.6.2 | Not less than 1.2 N/mm (6.9 lbf/in) * |
| Peel strength after dry heat at 100 °C | 3.6.3 | Not less than 1.2 N/mm (6.9 lbf/in) * |
| Peel strength after exposure to solvent vapour (trichlorethylene) | 3.6.4 | Not less than 1.2 N/mm (6.9 lbf/in) * |
| For solvents other than trichlorethylene, requirements shall be agreed upon between purchaser and vendor | | |
| Peel strength after exposure to simulated plating conditions | 3.6.5 | Not less than 0.8 N/mm (4.6 lbf/in) |
| Blistering after 10 s heat shock (applicable to sheet not less than 0.5 mm (0.02 in) nominal thickness) | 3.7 | No delamination or blistering |
| Solderability | 3.10 | Under consideration |

Note. — Methods of test for punching properties and requirements for them are matters for agreement between purchaser and vendor.

5. Non-electrical properties of the base material after complete removal of the copper foil

5.1 Appearance of base material

The base material shall be substantially free from pits, holes, scratches, porosity and resin inclusions and substantially uniform in colour. A small amount of irregular variation of colour is permissible.

* No delamination or blistering.

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|---|--|--|
| Contrainte de flexion (applicable aux planches d'épaisseur nominale au moins égale à 1,6 mm (0,063 in)) | 4.1 | Supérieure à 11 000 N/cm ² (16 000 lbf/in ²) |
| Déformation plastique à haute température | 4.2 | A l'étude |
| Inflammabilité | 4.3 | |
| Épaisseur nominale jusqu'à 1,2 mm (0,047 in) | | Pas plus de 20 s } Il ne doit pas y avoir combustion après la ligne de 25 mm Pas plus de 15 s } |
| Épaisseur nominale de 1,2 mm (0,047 in) et plus | | |
| Absorption d'eau | 4.4 | |

| Épaisseur * | | mg (max.) |
|-------------|-------|-----------|
| mm | in | |
| 0,8 | 0,031 | 30 |
| 1,0 | 0,039 | 33 |
| 1,2 | 0,047 | 35 |
| 1,6 | 0,063 | 40 |
| 2,0 | 0,079 | 45 |
| 2,4 | 0,094 | 50 |
| 3,2 | 0,125 | 65 |
| 6,4 | 0,250 | 80 |

6. Essais de réception

Si les essais sont effectués par l'acheteur du matériau, les essais suivants sont recommandés :

Articles

- 2.2 } Résistance superficielle et résistivité transversale après chaleur humide, essai continu
- 2.3 }
- 2.7 Constante diélectrique en volume et tangente de l'angle de pertes en volume après chaleur humide, essai continu
- 3 Aspect de la face plaquée cuivre
- Épaisseur
- 3.1 Courbure
- 3.3 Vrillage
- 3.6.2 Force d'adhérence après choc thermique
- 4.3 Inflammabilité

Les plans d'échantillonnage et les niveaux d'acceptation seront déterminés par entente entre fournisseur et client.

* Valeur moyenne mesurée de l'épaisseur.

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|---|--|---|
| Flexural strength (applicable to sheet not less than 1.6 mm (0.063 in) nominal thickness) | 4.1 | Not less than 11 000 N/cm ² (16 000 lbf/in ²) |
| Plastic yield at elevated temperature | 4.2 | Under consideration |
| Flammability | 4.3 | |
| For nominal thicknesses not above 1.2 mm (0.047 in) | | No burning beyond the 25 mm lines shall occur |
| For nominal thicknesses above 1.2 mm (0.047 in) | | |

Water absorption 4.4

| Thickness * | | mg (max.) |
|-------------|-------|-----------|
| mm | in | |
| 0.8 | 0.031 | 30 |
| 1.0 | 0.039 | 33 |
| 1.2 | 0.047 | 35 |
| 1.6 | 0.063 | 40 |
| 2.0 | 0.079 | 45 |
| 2.4 | 0.094 | 50 |
| 3.2 | 0.125 | 65 |
| 6.4 | 0.250 | 80 |

6. Acceptance testing

If the testing is carried out by the purchaser of the material, then the following tests are recommended :

Clause

- 2.2 } Surface resistance and volume resistivity after damp heat, steady state
- 2.3 }
- 2.7 Volume permittivity and volume loss tangent after damp heat, steady state
- 3 Appearance of the copper-clad face
- Thickness
- 3.1 Bow
- 3.3 Twist
- 3.6.2 Peel strength after heat shock
- 4.3 Flammability

Sampling plans and acceptance levels are matters for agreement between purchaser and vendor.

* Mean measured value of thickness.

**SPÉCIFICATION N° 4 : FEUILLE DE VERRE EPOXY RECOUVERTE DE
CUIVRE, DE QUALITÉ COURANTE**

1. Objet

Cette spécification donne les exigences concernant les propriétés des feuilles de verre époxy recouvertes de cuivre, de qualité courante.

Note. — Pour désigner ce matériau, on peut utiliser la référence : 249-2-4-CEI-EP-GC-Cu.

2. Matériaux et construction

La feuille est composée d'une base isolante sur laquelle est collée une feuille de métal sur l'une ou sur les deux faces.

2.1 Base isolante

Laminé à base de verre collé avec de la résine époxyde.

2.2 Feuille de métal

Cuivre.

| | Poids par unité de surface | | | Epaisseur | | | |
|---|----------------------------|--------------------|-------|-----------|--------|--------|-----------------|
| | Nominal | | Ecart | Nominal | | Ecart | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0,0014 | -5 +10 | -0,0002 +0,0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0,0028 | -8 +18 | -0,0003 +0,0007 |

La méthode de détermination de la conformité aux exigences ci-dessus devra être spécifiée.

A titre d'information : pureté minimale : 99,5% ;

conductivité minimale : 95% de la valeur équivalente à une résistivité de $1,7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ à 20 °C.

2.3 Marquage

De préférence, chaque feuille doit comprendre une marque d'identification du fabricant qui doit être :

- a) en noir ou en toute autre couleur ne prêtant pas à confusion avec le rouge, le rouge indiquant les grades résistant à la flamme ;
- b) répétée à intervalles tels qu'aucun point de la planche ne soit à plus de 75 mm (3 in) environ de la marque la plus proche ;
- c) imprimée de telle sorte qu'elle indique le sens de défilement du matériau sous la machine.

SPECIFICATION No. 4 : EPOXIDE WOVEN GLASS FABRIC COPPER-CLAD LAMINATED SHEET, GENERAL PURPOSE GRADE

1. Scope

This Specification gives requirements for properties of epoxide woven glass fabric copper-clad laminated sheet, general purpose grade.

Note. — To designate this material the reference : 249-2-4-IEC-EP-GC-Cu may be used.

2. Materials and construction

The sheet consists of an insulating base with metal foil bonded to one or both sides.

2.1 Insulating base

Epoxide resin bonded woven glass fabric laminate.

2.2 Metal foil

Copper.

| | Weight per unit area | | | Thickness | | | |
|---|----------------------|--------------------|-----------|-----------|--------|-----------|-----------------|
| | Nominal | | Deviation | Nominal | | Deviation | |
| | g/m ² | oz/ft ² | % | µm | in | µm | in |
| a | 305 | 1 | ±15 | 35 | 0.0014 | -5 +10 | -0.0002 +0.0004 |
| b | 610 | 2 | ±15 | 70 | 0.0028 | -8 +18 | -0.0003 +0.0007 |

The method of determining compliance with the above requirements shall be specified.

For information only : minimum purity : 99.5% ;
 minimum conductivity : 95% of the value equivalent to a resistivity of $1.7241 \times 10^{-6} \Omega\text{cm}$ at 20 °C.

2.3 Marking

It is preferred that each sheet should bear a manufacturer's identification mark :

- a) in black or some other colour not to be confused with red, since red indicates flame resistant grades ;
- b) repeated at intervals so that no part of the sheet is further than about 75 mm (3 in) from the nearest mark ;
- c) printed so as to indicate the machine direction of the filling material.

3. Propriétés électriques

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|--|--|--|
| Résistance de la feuille : de 305 g/m ² (1 oz/ft ²) de 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | 2.1 | 3,5 mΩ max. 1,75 mΩ max. |
| Résistance superficielle, mesure effectuée dans la chambre climatique ¹⁾ | 2.2 | 10 000 MΩ min. |
| Résistance superficielle après reprise ¹⁾ | 2.2 | 50 000 MΩ min. |
| Résistivité transversale, mesure effectuée dans la chambre climatique ²⁾ | 2.3 | 500 000 MΩ cm min. |
| Résistivité transversale après reprise ²⁾ | 2.3 | 1 000 000 MΩ cm min. |
| Corrosion de surface | 2.4 | Aucun produit de corrosion visible dans l'anneau |
| Corrosion du bord | 2.5 | Pôle positif : pas plus mauvais que A/B Pôle négatif : pas plus mauvais que 1,4 |
| Constante diélectrique en volume après chaleur humide, essai continu | 2.7 | La valeur moyenne ne doit pas être supérieure à : — 5,5 pour les planches d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm (0,02 in) — à l'étude pour les planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in) |
| Tangente de l'angle de pertes en volume après chaleur humide, essai continu | 2.7 | La valeur moyenne ne doit pas être supérieure à : — 0,035 pour les planches d'épaisseur supérieure ou égale à 0,5 mm (0,02 in) — à l'étude pour les planches d'épaisseur inférieure à 0,5 mm (0,02 in) |
| Résistance superficielle à 125 °C | 2.9.1 | 10 000 MΩ min. |
| Résistivité transversale à 125 °C | 2.9.1 | 100 000 MΩ cm min. |

¹⁾ et ²⁾ Ces deux exigences doivent être considérées comme alternatives ; le choix entre les deux doit faire l'objet d'un accord entre fournisseur et client.

3. Electrical properties

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|--|--|---|
| Resistance of foil : of 305 g/m ² (1 oz/ft ²) of 610 g/m ² (2 oz/ft ²) | 2.1 | 3.5 mΩ max. 1.75 mΩ max. |
| Surface resistance while in the humidity chamber ¹⁾ | 2.2 | 10 000 MΩ min. |
| Surface resistance after recovery ¹⁾ | 2.2 | 50 000 MΩ min. |
| Volume resistivity while in the humidity chamber ²⁾ | 2.3 | 500 000 MΩ cm min. |
| Volume resistivity after recovery ²⁾ | 2.3 | 1 000 000 MΩ cm min. |
| Surface corrosion | 2.4 | No visible corrosion products in the gap |
| Corrosion at the edge | 2.5 | Positive pole : not worse than A/B Negative pole : not worse than 1.4 |
| Volume permittivity after damp heat, steady state | 2.7 | The average value shall not exceed : — for sheets of thicknesses not less than 0.5 mm (0.02 in) : 5.5 — for sheets of thicknesses less than 0.5 mm (0.02 in) : under consideration |
| Volume loss tangent after damp heat, steady state | 2.7 | The average value shall not exceed : — for sheets of thickness not less than 0.5 mm (0.02 in) : 0.035 — for sheets of thickness less than 0.5 mm (0.02 in) : under considera- tion |
| Surface resistance at 125 °C | 2.9.1 | 1 000 MΩ min. |
| Volume resistivity at 125 °C | 2.9.1 | 100 000 MΩ cm min. |

¹⁾ and ²⁾ These two requirements are to be considered alternatives ; the choice between the two is to be agreed upon between purchaser and vendor.

4. Propriétés non électriques de la feuille isolante recouverte de cuivre

4.1 Aspect de la face plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être essentiellement exempte de cloques, rides, trous d'épingles, rayures profondes, creux et de résine. Il doit être possible d'enlever rapidement toute décoloration ou contamination avec une solution d'acide chlorhydrique de poids spécifique 1,02 g/cm³ ou à l'aide d'un solvant organique convenable.

4.2 Epaisseur

L'épaisseur de la planche, comprenant la feuille de métal, ne doit s'écarter en aucun point de l'épaisseur nominale de plus de la valeur spécifiée ci-dessous. Les écarts larges sont utilisés si les écarts serrés ne sont pas commandés. Les écarts larges ne sont pas destinés aux planches de laminés qui doivent être utilisées pour des connecteurs encartables.

| Epaisseur nominale | | Ecart ± | | | |
|--------------------|-------|-----------|--------|--------|--------|
| mm | in | Larges | | Serrés | |
| | | mm | in | mm | in |
| 0,2 | 0,008 | A l'étude | | 0,07 | 0,003 |
| 0,5 | 0,020 | | | | |
| 0,8 | 0,031 | 0,15 | 0,006 | 0,09 | 0,0035 |
| 1,0 * | 0,039 | 0,17 | 0,0065 | 0,11 | 0,0045 |
| 1,2 * | 0,047 | 0,18 | 0,007 | 0,12 | 0,0045 |
| 1,6 | 0,063 | 0,20 | 0,008 | 0,14 | 0,0055 |
| 2,0 * | 0,079 | 0,23 | 0,009 | 0,15 | 0,006 |
| 2,4 | 0,094 | 0,25 | 0,010 | 0,18 | 0,007 |
| 3,2 | 0,125 | 0,30 | 0,012 | 0,20 | 0,008 |
| 6,4 | 0,250 | 0,56 | 0,022 | 0,30 | 0,012 |

Pour toute valeur nominale de l'épaisseur comprise dans la gamme des épaisseurs nominales 0,2 mm à 6,4 mm (0,008 in à 0,250 in), qui n'est pas donnée dans le tableau des épaisseurs nominales et tolérances associées, les écarts applicables à l'épaisseur seront ceux de l'épaisseur nominale immédiatement supérieure du tableau.

Propriété

Méthode d'essai

Exigences

(Article de la Publication
249-1 de la CEI)

Courbure

3.1

Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle :

L est la longueur du bord droit en millimètres ou inches
 d ou d_1 est la valeur donnée dans le tableau

Vrillage

3.3

Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle :

L est la distance en millimètres ou inches entre le coin de la planche qui n'est pas en contact avec la surface horizontale et le coin diagonalement opposé
 d ou d_1 est la valeur donnée dans le tableau

* Valeurs non préférentielles.

4. Propriétés non électriques de la feuille isolante recouverte de cuivre

4.1 Aspect de la face plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être essentiellement exempte de cloques, rides, trous d'épingles, rayures profondes, creux et de résine. Il doit être possible d'enlever rapidement toute décoloration ou contamination avec une solution d'acide chlorhydrique de poids spécifique 1,02 g/cm³ ou à l'aide d'un solvant organique convenable.

4.2 Epaisseur

L'épaisseur de la planche, comprenant la feuille de métal, ne doit s'écarter en aucun point de l'épaisseur nominale de plus de la valeur spécifiée ci-dessous. Les écarts larges sont utilisés si les écarts serrés ne sont pas commandés. Les écarts larges ne sont pas destinés aux planches de laminés qui doivent être utilisées pour des connecteurs encartables.

| Epaisseur nominale | | Ecart ± | | | |
|--------------------|-------|-----------|--------|-----------|--------|
| mm | in | Larges | | Serrés | |
| | | mm | in | mm | in |
| 0,2 | 0,008 | A l'étude | | A l'étude | |
| 0,5 | 0,020 | | | 0,07 | 0,003 |
| 0,8 | 0,031 | 0,15 | 0,006 | 0,09 | 0,0035 |
| 1,0 * | 0,039 | 0,17 | 0,0065 | 0,11 | 0,0045 |
| 1,2 * | 0,047 | 0,18 | 0,007 | 0,12 | 0,0045 |
| 1,6 | 0,063 | 0,20 | 0,008 | 0,14 | 0,0055 |
| 2,0 * | 0,079 | 0,23 | 0,009 | 0,15 | 0,006 |
| 2,4 | 0,094 | 0,25 | 0,010 | 0,18 | 0,007 |
| 3,2 | 0,125 | 0,30 | 0,012 | 0,20 | 0,008 |
| 6,4 | 0,250 | 0,56 | 0,022 | 0,30 | 0,012 |

Pour toute valeur nominale de l'épaisseur comprise dans la gamme des épaisseurs nominales 0,2 mm à 6,4 mm (0,008 in à 0,250 in), qui n'est pas donnée dans le tableau des épaisseurs nominales et tolérances associées, les écarts applicables à l'épaisseur seront ceux de l'épaisseur nominale immédiatement supérieure du tableau.

Propriété

Méthode d'essai

Exigences

(Article de la Publication
249-1 de la CEI)

Courbure

3.1

Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle :

L est la longueur du bord droit en millimètres ou inches
 d ou d_1 est la valeur donnée dans le tableau

Vrillage

3.3

Ne doit pas dépasser la valeur donnée par la formule $d(L/1\ 000)^2$ mm ou $d_1(L/36)^2$ in dans laquelle :

L est la distance en millimètres ou inches entre le coin de la planche qui n'est pas en contact avec la surface horizontale et le coin diagonalement opposé
 d ou d_1 est la valeur donnée dans le tableau

* Valeurs non préférentielles.

4. Non-electrical properties of the copper-clad sheet

4.1 Appearance of the copper-clad face

The copper-clad face shall be substantially free from blisters, wrinkles, pinholes, deep scratches, pits and resin. Any discoloration or contamination shall be readily removable with a hydrochloric acid solution of density 1.02 g/cm³ or with a suitable organic solvent.

4.2 Thickness

The thickness of a sheet, including the metal foil, shall not depart at any point from the nominal thickness by more than the appropriate value shown below. The coarse deviations shall apply unless the close deviations are ordered. The coarse deviations are not intended for laminated sheets to be used for plug-in connectors.

| Nominal thickness | | Deviation ± | | | |
|-------------------|-------|---------------------|--------|---------------------|--------|
| mm | in | Coarse | | Close | |
| | | mm | in | mm | in |
| 0.2 | 0.008 | Under consideration | | Under consideration | |
| 0.5 | 0.020 | | | 0.07 | 0.003 |
| 0.8 | 0.031 | 0.15 | 0.006 | 0.09 | 0.0035 |
| 1.0 * | 0.039 | 0.17 | 0.0065 | 0.11 | 0.0045 |
| 1.2 * | 0.047 | 0.18 | 0.007 | 0.12 | 0.0045 |
| 1.6 | 0.063 | 0.20 | 0.008 | 0.14 | 0.0055 |
| 2.0 * | 0.079 | 0.23 | 0.009 | 0.15 | 0.006 |
| 2.4 | 0.094 | 0.25 | 0.010 | 0.18 | 0.007 |
| 3.2 | 0.125 | 0.30 | 0.012 | 0.20 | 0.008 |
| 6.4 | 0.250 | 0.56 | 0.022 | 0.30 | 0.012 |

For any nominal thickness within the range of nominal thicknesses 0.2 mm to 6.4 mm (0.008 in to 0.250 in), which is not given in the table of nominal thicknesses and corresponding deviations, the deviation applicable to the thickness shall be that for the next greater nominal thickness given in the table.

| Property | Test method (Clause of IEC Publication 249-1) | Requirements |
|----------|---|---|
| Bow | 3.1 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where: <i>L</i> is the length of the straight-edge in millimetres or inches <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |
| Twist | 3.3 | Shall not exceed the value given by the formula $d(L/1\ 000)^2$ mm or $d_1(L/36)^2$ in, where: <i>L</i> is the distance in millimetres or inches between the corner of the sheet not in contact with the horizontal surface and the diagonally opposite corner <i>d</i> or <i>d</i> ₁ is as given in the table |

* Non-preferred values.

4.3 Courbure et vrillage maximaux

| Epaisseur nominale | | Feuille de cuivre sur une face | | Feuille de cuivre sur deux faces | |
|--------------------|-----------------------|--------------------------------|-----------------------|----------------------------------|-----------------------|
| mm | in | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ |
| Moins de 0,8 | Moins de 0,031 | | | Non applicable | |
| De 0,8 à 1,2 | 0,031 à 0,047 | 109 | 3,6 | 22 | 0,75 |
| Plus de 1,2 à 1,6 | Plus de 0,047 à 0,063 | 55 | 1,8 | 11 | 0,37 |
| Plus de 1,6 à 3,2 | Plus de 0,063 à 0,125 | 55 | 1,8 | 11 | 0,37 |
| Plus de 3,2 à 6,4 | Plus de 0,125 à 0,250 | 55 | 1,8 | 11 | 0,37 |

Les exigences pour la courbure et le vrillage ne s'appliquent qu'aux dimensions de planches telles qu'elles sont fabriquées et aux pièces découpées dont les dimensions, longueur ou largeur, ne sont pas inférieures à 460 mm (18 in).

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|--|--|--------------------------------------|
| Force d'arrachement | 3.5 | Supérieure à 60 N (13,5 lbf) |
| Force d'adhérence après choc thermique de 10 s | 3.6.2 | Supérieure à 1,4 N/mm (8,0 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après chaleur sèche à 125 °C | 3.6.3 | Supérieure à 1,4 N/mm (8,0 lbf/in) * |
| Force d'adhérence après exposition aux vapeurs de solvant (trichloréthylène) | 3.6.4 | Supérieure à 1,4 N/mm (8,0 lbf/in) * |
| Pour des solvants autres que le trichloréthylène, les exigences seront déterminées par entente entre fournisseur et client | | |
| Force d'adhérence après exposition aux conditions simulées de revêtement électrolytique | 3.6.5 | Supérieure à 1,1 N/mm (6,3 lbf/in) |
| Cloquage après choc thermique de 20 s (applicable aux feuilles d'épaisseur nominale au moins égale à 0,5 mm (0,02 in)) | 3.7 | Aucune délamination ni cloquage |
| Soudabilité | 3.10 | A l'étude |

Note. — Les méthodes d'essai concernant les propriétés d'aptitude au poinçonnage et les exigences doivent faire l'objet d'accord entre fournisseur et client.

5. Propriétés non électriques du matériau de base après enlèvement complet de la feuille de cuivre

5.1 Apparence du matériau de base

Le matériau de base doit être essentiellement exempt de creux, trous, rayures, porosités et inclusions de résine et de couleur à peu près uniforme. Une faible variation irrégulière de couleur est permise.

* Aucune délamination ni cloquage.

4.3 *Maximum bow and twist*

| Nominal thickness | | Copper foil on one side | | Copper foil on both sides | |
|-------------------|---------------------|-------------------------|-----------------------|---------------------------|-----------------------|
| mm | in | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ | <i>d</i> | <i>d</i> ₁ |
| Less than 0.8 | Less than 0.031 | Not applicable | | | |
| 0.8 to 1.2 | 0.031 to 0.047 | 109 | 3.6 | 22 | 0.75 |
| Over 1.2 to 1.6 | Over 0.047 to 0.063 | 55 | 1.8 | 11 | 0.37 |
| Over 1.6 to 3.2 | Over 0.063 to 0.125 | 55 | 1.8 | 11 | 0.37 |
| Over 3.2 to 6.4 | Over 0.125 to 0.250 | 55 | 1.8 | 11 | 0.37 |

The requirements for bow and twist apply only to sheet sizes as manufactured and to cut pieces having neither length nor width less than 460 mm (18 in).

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> |
|--|--|---------------------------------------|
| Pull-off strength | 3.5 | Not less than 60 N (13.5 lbf) |
| Peel strength after 10 s heat shock | 3.6.2 | Not less than 1.4 N/mm (8.0 lbf/in) * |
| Peel strength after dry heat at 125 °C | 3.6.3 | Not less than 1.4 N/mm (8.0 lbf/in) * |
| Peel strength after exposure to solvent vapour (trichloroethylene) | 3.6.4 | Not less than 1.4 N/mm (8.0 lbf/in) * |
| For solvents other than trichloroethylene, requirements shall be agreed upon between purchaser and vendor | | |
| Peel strength after exposure to simulated plating conditions | 3.6.5 | Not less than 1.1 N/mm (6.3 lbf/in) |
| Blistering after 20 s heat shock (applicable to sheet not less than 0.5 mm (0.02 in) nominal thickness) | 3.7 | No delamination or blistering |
| Solderability | 3.10 | Under consideration |
| <i>Note.</i> — Methods of test for punching properties and requirements for them are matters for agreement between purchaser and vendor. | | |

5. **Non-electrical properties of the base material after complete removal of the copper foil**

5.1 *Appearance of base material*

The base material shall be substantially free from pits, holes, scratches, porosity and resin inclusions and substantially uniform in colour. A small amount of irregular variation of colour is permissible.

* No delamination or blistering.

| <i>Propriété</i> | <i>Méthode d'essai</i> (Article de la Publication 249-1 de la CEI) | <i>Exigences</i> |
|--|--|--|
| Contrainte de flexion (applicable aux planches d'épaisseur nominale au moins égale à 1,0 mm (0,04 in)) | 4.1 | Supérieure à 30 000 N/cm ² (43 500 lbf/in ²) |
| Déformation plastique à haute température | 4.2 | A l'étude |
| Absorption d'eau | 4.4 | |

| Epaisseur * | | mg (max.) |
|-------------|-------|-----------|
| mm | in | |
| 0,8 | 0,031 | 20 |
| 1,0 | 0,039 | 20 |
| 1,2 | 0,047 | 20 |
| 1,6 | 0,063 | 20 |
| 2,0 | 0,079 | 21 |
| 2,4 | 0,094 | 22 |
| 3,2 | 0,125 | 25 |
| 6,4 | 0,250 | 32 |

6. Essais de réception

Si les essais sont effectués par l'acheteur du matériau, les essais suivants sont recommandés :

Articles

- 2.2 } Résistance superficielle et résistivité transversale après chaleur humide, essai continu
- 2.3 }
- 2.7 Constante diélectrique en volume et tangente de l'angle de pertes en volume après chaleur humide, essai continu
- 3 Aspect de la face plaquée cuivre
- Epaisseur
- 3.1 Courbure
- 3.3 Vrillage
- 3.6.2 Force d'adhérence après choc thermique

Les plans d'échantillonnage et les niveaux d'acceptation seront déterminés par entente entre fournisseur et client.

* Valeur moyenne mesurée de l'épaisseur.

| <i>Property</i> | <i>Test method</i> (Clause of IEC Publication 249-1) | <i>Requirements</i> | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|--|--|--|-------------|--|-----------|----|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|-----|-------|----|
| Flexural strength (applicable to sheet not less than 1.0 mm (0.04 in) nominal thickness) | 4.1 | Not less than 30 000 N/cm ² (43 500 lbf/in ²) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Plastic yield at elevated temperature | 4.2 | Under consideration | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Water absorption | 4.4 | <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Thickness *</th> <th rowspan="2" style="text-align: center;">mg (max.)</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">mm</th> <th style="text-align: center;">in</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">0.8</td> <td style="text-align: center;">0.031</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.0</td> <td style="text-align: center;">0.039</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.2</td> <td style="text-align: center;">0.047</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1.6</td> <td style="text-align: center;">0.063</td> <td style="text-align: center;">20</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.0</td> <td style="text-align: center;">0.079</td> <td style="text-align: center;">21</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">2.4</td> <td style="text-align: center;">0.094</td> <td style="text-align: center;">22</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3.2</td> <td style="text-align: center;">0.125</td> <td style="text-align: center;">25</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">6.4</td> <td style="text-align: center;">0.250</td> <td style="text-align: center;">32</td> </tr> </tbody> </table> | Thickness * | | mg (max.) | mm | in | 0.8 | 0.031 | 20 | 1.0 | 0.039 | 20 | 1.2 | 0.047 | 20 | 1.6 | 0.063 | 20 | 2.0 | 0.079 | 21 | 2.4 | 0.094 | 22 | 3.2 | 0.125 | 25 | 6.4 | 0.250 | 32 |
| Thickness * | | mg (max.) | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| mm | in | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 0.8 | 0.031 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.0 | 0.039 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.2 | 0.047 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 1.6 | 0.063 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.0 | 0.079 | 21 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2.4 | 0.094 | 22 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3.2 | 0.125 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 6.4 | 0.250 | 32 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

6. Acceptance testing

If the testing is carried out by the purchaser of the material, then the following tests are recommended :

Clause

- 2.2 } Surface resistance and volume resistivity after damp heat, steady state
- 2.3 }
- 2.7 Volume permittivity and volume loss tangent after damp heat, steady state
- 3 Appearance of the copper-clad face
Thickness
 - 3.1 Bow
 - 3.3 Twist
 - 3.6.2 Peel strength after heat shock

Sampling plans and acceptance levels are matters for agreement between purchaser and vendor.

* Mean measured value of thickness.