

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61249-2-22

Première édition
First edition
2005-01

**Matériaux pour circuits imprimés
et autres structures d'interconnexion –**

Partie 2-22:

**Matériaux de base renforcés, plaqués et
non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu
de verre de type E époxyde non halogéné
modifié, d'inflammabilité définie (essai de
combustion verticale), plaquées cuivre**

**Materials for printed boards
and other interconnecting structures –**

Part 2-22:

**Reinforced base materials clad and unclad –
Modified non-halogenated epoxide woven
E-glass laminated sheets of defined flammability
(vertical burning test), copper-clad**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61249-2-22:2005

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions 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.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

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 cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. 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.

Further information on IEC publications

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 this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. 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 also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61249-2-22

Première édition
First edition
2005-01

**Matériaux pour circuits imprimés
et autres structures d'interconnexion –**

Partie 2-22:

**Matériaux de base renforcés, plaqués et
non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu
de verre de type E époxyde non halogéné
modifié, d'inflammabilité définie (essai de
combustion verticale), plaquées cuivre**

**Materials for printed boards
and other interconnecting structures –**

Part 2-22:

**Reinforced base materials clad and unclad –
Modified non-halogenated epoxide woven
E-glass laminated sheets of defined flammability
(vertical burning test), copper-clad**

© IEC 2005 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, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

T

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	6
1 Domaine d'application	12
2 Références normatives.....	12
3 Matériaux et construction	14
3.1 Résine isolante.....	14
3.2 Feuille de métal.....	14
3.3 Renforcement.....	14
4 Marquage interne	14
5 Propriétés électriques.....	14
6 Propriétés non électriques de la feuille stratifiée plaquée cuivre.....	16
6.1 Aspect de la feuille plaquée cuivre.....	16
6.2 Aspect de la face non plaquée.....	20
6.3 Épaisseur du stratifié.....	20
6.4 Courbure et vrillage.....	20
6.5 Propriétés concernant l'adhérence de la feuille de cuivre.....	22
6.6 Poinçonnage et usinage	24
6.7 Stabilité dimensionnelle.....	24
6.8 Dimensions des feuilles	26
6.9 Panneaux découpés	26
7 Propriétés non électriques du matériau de base après retrait total de la feuille de cuivre.....	28
7.1 Aspect du matériau de base diélectrique.....	28
7.2 Résistance aux flexions	28
7.3 Inflammabilité.....	30
7.4 Absorption d'eau	30
7.5 Blanchiment au croisement des fibres.....	32
7.6 Température de transition vitreuse et degré de polymérisation	32
8 Assurance de la qualité	34
8.1 Système de qualité.....	34
8.2 Responsabilité pour le contrôle.....	34
8.3 Contrôle de qualification	34
8.4 Contrôle de conformité de la qualité.....	34
8.5 Certificat de conformité	34
8.6 Fiche technique pour la sécurité	34
9 Emballage et marquage.....	36
10 Informations relatives aux commandes	36
Annexe A (informative) Informations d'ingénierie.....	38
Annexe B (informative) Constructions courantes de stratifiés	42
Annexe C (informative) Lignes directrices pour le contrôle de qualification et de conformité	46
Bibliographie	48

CONTENTS

FOREWORD	7
1 Scope	13
2 Normative references	13
3 Materials and construction	15
3.1 Resin system	15
3.2 Metal foil	15
3.3 Reinforcement	15
4 Internal marking	15
5 Electrical properties	15
6 Non-electrical properties of the copper-clad laminate	17
6.1 Appearance of the copper-clad sheet	17
6.2 Appearance of the unclad face	21
6.3 Laminate thickness	21
6.4 Bow and twist	21
6.5 Properties related to the copper foil bond	23
6.6 Punching and machining	25
6.7 Dimensional stability	25
6.8 Sheet sizes	27
6.9 Cut panels	27
7 Non-electrical properties of the base material after complete removal of the copper foil	29
7.1 Appearance of the dielectric base material	29
7.2 Flexural strength	29
7.3 Flammability	31
7.4 Water absorption	31
7.5 Measling	33
7.6 Glass transition temperature and cure factor	33
8 Quality assurance	35
8.1 Quality system	35
8.2 Responsibility for inspection	35
8.3 Qualification inspection	35
8.4 Quality conformance inspection	35
8.5 Certificate of conformance	35
8.6 Safety data sheet	35
9 Packaging and marking	37
10 Ordering information	37
Annex A (informative) Engineering information	39
Annex B (informative) Common laminate constructions	43
Annex C (informative) Guideline for qualification and conformance inspection	47
Bibliography	25

Tableau 1 – Propriétés électriques.....	16
Tableau 2 – Épaisseur nominale et tolérance des stratifiés plaqués métal	20
Tableau 3 – Exigences de courbure et de vrillage	22
Tableau 4 – Exigences pour les forces d'arrachement et d'adhérence	24
Tableau 5 – Stabilité dimensionnelle	26
Tableau 6 – Tolérances de tailles pour panneaux découpés	26
Tableau 7 – Rectangularité des panneaux découpés.....	28
Tableau 8 – Exigences de résistance aux flexions.....	30
Tableau 9 – Exigences d'inflammabilité.....	30
Tableau 10 – Exigences d'absorption d'eau	32
Tableau 11 – Exigences de blanchiment au croisement des fibres.....	32
Tableau 12 – Exigences de température de transition vitreuse et de facteur de traitement.....	32

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-22:2005

Table 1 – Electrical properties	17
Table 2 – Nominal thickness and tolerance of metal-clad laminate	21
Table 3 – Bow and twist requirements.....	23
Table 4 – Pull-off and peel strength requirements	25
Table 5 – Dimensional stability	27
Table 6 – Size tolerances for cut panels.....	27
Table 7 – Rectangularity of cut panels	29
Table 8 – Flexural strength requirements	31
Table 9 – Flammability requirements.....	31
Table 10– Water absorption requirements	33
Table 11 – Measling requirements	33
Table 12 – Glass transition temperature and cure factor requirements.....	33

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-22:2005

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX POUR CIRCUITS IMPRIMÉS ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION –

Partie 2-22: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale CEI 61249-2-22 a été établie par le comité d'études 91 de la CEI: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/494/FDIS	91/504/RVD

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

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MATERIALS FOR PRINTED BOARDS AND OTHER INTERCONNECTING STRUCTURES –

Part 2-22: Reinforced base materials clad and unclad – Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad

FOREWORD

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

International Standard IEC 61249-2-22 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

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

FDIS	Report on voting
91/494/FDIS	91/504/RVD

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

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

La CEI 61249-2 comprend les parties suivantes, sous le titre général *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2: Matériaux de base renforcés plaqués et non plaqués*:

- Partie 2-1: Feuilles stratifiées renforcées de papier cellulose phénolique, de qualité économique, plaquées cuivre
- Partie 2-2: Feuilles stratifiées renforcées de papier cellulose phénolique, de haute qualité électrique, plaquées cuivre
- Partie 2-4: Feuilles stratifiées en fibres de verre non tissées/tissées polyester, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-5: Feuilles stratifiées avec couches centrales renforcées en papier cellulose époxyde bromé et couches superficielles renforcées en tissu de verre de type époxyde, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale) plaquées cuivre
- Partie 2-6: Feuilles stratifiées renforcées en verre de type E époxyde bromé tissé/non tissé, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-7: Feuille stratifiée tissée de verre E avec la résine époxyde, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée cuivre
- Partie 2-8: Feuilles stratifiées renforcées en tissu de fibres de verre époxyde bromé modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-9: Feuilles stratifiées renforcées en tissu de verre de type E époxyde, modifié ou non, et bismaléimide/triazine, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-10: Feuilles stratifiées renforcées en tissu de verre de type E ester de cyanate, époxyde bromé, modifié ou non d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale) plaquées cuivre,
- Partie 2-11: Feuilles stratifiées renforcées en polyimide et tissu de verre de type E époxyde bromé modifié ou non modifié, plaquée cuivre, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale) plaquées cuivre
- Partie 2-12: Stratifié à base d'aramide non tissé collé avec de la résine époxyde, recouvert de cuivre, d'inflammabilité définie
- Partie 2-13: Stratifié à base d'aramide non tissé collé avec de la résine cyanate ester, recouvert de cuivre, d'inflammabilité définie
- Partie 2-18: Feuille stratifiée renforcée de fibres de verre non tissées polyester, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée cuivre
- Partie 2-19: Feuilles multicouches de fibre de verre linéaire cohérente avec résine époxyde pour hautes températures, d'inflammabilité définie (essai d'inflammabilité verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-21: Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-22: Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Partie 2-23: Feuilles stratifiées renforcées de papier cellulose phénolique non halogéné, de qualité économique, plaquées cuivre
- Partie 2-26: Feuilles stratifiées renforcées en tissu de verre de type E époxyde tissée/non tissée, non halogéné, d'inflammabilité définie, plaquées cuivre

IEC 61249-2 consists of the following parts, under the general title *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2: Reinforced base materials, clad and unclad*:

- Part 2-1: Phenolic cellulose paper reinforced laminated sheets, economic grade, copper clad
- Part 2-2: Phenolic cellulose paper reinforced laminated sheets, high electrical grade, copper-clad
- Part 2-4: Polyester non-woven/woven fibreglass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-5: Brominated epoxide cellulose paper reinforced core/woven E-glass reinforced surfaces laminate sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-6: Brominated epoxide non-woven/woven, E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-7: Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-8: Modified brominated epoxide woven fibreglass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-9: Bismaleimide/triazine, modified epoxide or unmodified, woven E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-10: Cyanate ester, brominated epoxide, modified or unmodified, woven E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-11: Polyimide, brominated epoxide modified or unmodified, woven E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-12: Epoxide non-woven aramid laminate of defined flammability, copper-clad
- Part 2-13: Cyanate ester non-woven aramid laminate of defined flammability, copper-clad
- Part 2-18: Polyester non-woven fibreglass reinforced laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-19: Epoxide cross-ply linear fibreglass-reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-21: Non-halogenated epoxide woven E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-22: Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-23: Non-halogenated phenolic, cellulose paper reinforced laminated sheets, economic grade, copper-clad
- Part 2-26: Non-halogenated epoxide, nonwoven/woven E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous «<http://webstore.iec.ch>» dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-22:2005

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-22:2005

MATÉRIAUX POUR CIRCUITS IMPRIMÉS ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION –

Partie 2-22: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale) plaquée cuivre

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61249 donne les exigences concernant les propriétés des feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné modifié ayant une épaisseur comprise entre 0,05 mm et 3,2 mm, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale) plaquées cuivre. Les caractéristiques d'inflammabilité sont obtenues en utilisant des mélanges à base de phosphore et/ou des ignifuges en hydroxyde d'aluminium contenus dans la structure polymère. La température de transition vitreuse est définie entre 150 °C et 190 °C.

Certaines exigences de propriétés peuvent comprendre plusieurs classes de performance. Il y a lieu de spécifier la classe désirée sur l'ordre d'achat, faute de quoi c'est la classe par défaut du matériau qui sera fournie.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60194:1999, *Conception, fabrication et assemblage des cartes imprimées - Termes et définitions*

CEI 61189-2:1997, *Méthodes d'essai pour les matériaux électriques, les cartes imprimées et autres structures d'interconnexion et ensembles – Partie 2: Méthodes d'essai pour structures d'interconnexion*

CEI 61249-5-1:1995, *Matériaux pour structures d'interconnexion – Partie 5: Collection de spécifications intermédiaires pour feuilles et films conducteurs avec ou sans revêtement – Section 1: Feuilles de cuivre (pour la fabrication des matériaux de base plaqués cuivre)*

ISO 9000:2000, *Systèmes de management de la qualité – Principes essentiels et vocabulaire*

ISO 11014-1:1994, *Fiches de données de sécurité pour les produits chimiques – Partie 1: Contenu et plan type*

ISO 14001:1996, *Systèmes de management environnemental – Spécification et lignes directrices pour son utilisation*

MATERIALS FOR PRINTED BOARDS AND OTHER INTERCONNECTING STRUCTURES –

Part 2-22: Reinforced base materials clad and unclad – Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad

1 Scope

This part of IEC 61249 gives requirements for properties of modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheet 0,05 mm up to 3,2 mm, of defined flammability (vertical burning test), copper-clad. The flammability rating is achieved through the use of phosphorus compounds and/or aluminium hydroxide fire retardants contained as part of the polymeric structure. The glass transition temperature is defined to be between 150 °C to 190 °C.

Some property requirements may have several classes of performance. The class desired should be specified on the purchase order, otherwise the default class of material will be supplied.

2 Normative references

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

IEC 60194:1999, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

IEC 61189-2:1997, *Test methods for electrical materials, printed boards and interconnection structures and assemblies – Part 2: Test method for materials for interconnection structures*

IEC 61249-5-1:1995, *Materials for interconnection structures – Part 5: Sectional specification set for conductive foils and films with and without coatings – Section 1: Copper foils (for the manufacture of copper-clad base materials)*

ISO 9000:2000, *Quality management systems – Fundamentals and vocabulary*

ISO 11014-1:1994, *Safety data sheet for chemical products – Part 1: Content and order of sections*

ISO 14001:1996, *Environmental management systems – Specification with guidance for use*

3 Matériaux et construction

La feuille est composée d'une base isolante sur laquelle est collée une feuille de métal sur une face ou sur les deux. Se référer à la CEI 60194 pour les termes et définitions.

3.1 Résine isolante

Stratifié de verre tissée de type E époxyde non halogéné et époxyde modifié non halogéné majoritairement bifonctionnel avec une température de transition vitreuse de 150 °C à 190 °C.

Au total, le maximum d'halogènes contenu dans la résine et la matrice de renforcement est de $1\,500 \times 10^{-6}$ avec un maximum de 900×10^{-6} de chlore et un maximum de 900×10^{-6} de brome.

Il est permis d'ajouter des agents de contraste pour renforcer les traitements tel que le contrôle optique automatisé (AOI – automated optical inspection).

Sa résistance à la flamme est définie par rapport aux exigences d'flammabilité du 7.3.

3.2 Feuille de métal

Cuivre comme spécifié dans la CEI 61249-5-1. Les feuilles préférentielles sont celles qui sont déposées par électrolyse avec une ductilité définie.

3.3 Renforcement

Verre tissée de type E comme spécifié dans la CEI 61249-6-3.

4 Marquage interne

Non spécifié.

5 Propriétés électriques

Les exigences pour les propriétés électriques sont données dans le Tableau 1.

3 Materials and construction

The sheet consists of an insulating base with metal-foil bonded to one side or both. Refer to IEC 60194 for terms and definitions.

3.1 Resin system

Majority di-functional non-halogenated epoxide, modified non-halogenated epoxide, woven E-glass laminate with a glass transition temperature of 150 °C to 190 °C.

The maximum total halogens contained in the resin plus reinforcement matrix is $1\,500 \times 10^{-6}$ with a maximum chlorine of 900×10^{-6} and a maximum bromine of 900×10^{-6} .

Contrast agents may be added to enhance processing such as automated optical inspection (AOI).

Its flame resistance is defined in terms of the flammability requirements of 7.3.

3.2 Metal foil

Copper as specified in IEC 61249-5-1. The preferred foils are electro-deposited of defined ductility.

3.3 Reinforcement

Woven E-glass as specified in IEC 61249-6-3.

4 Internal marking

Not specified.

5 Electrical properties

The electrical property requirements are shown in Table 1.

Tableau 1 – Propriétés électriques

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence
Résistance de la feuille	2E12	Comme spécifié dans la CEI 61249-5-1
Résistance superficielle après chaleur humide dans la chambre climatique (facultatif)	2E03	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega$
Résistance superficielle après chaleur humide et reprise	2E03	$\geq 50\,000\text{ M}\Omega$
Résistivité transversale après chaleur humide dans la chambre climatique (facultatif)	2E04	$\geq 5\,000\text{ M}\Omega\text{m}$
Résistivité transversale après chaleur humide et reprise	2E04	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega\text{m}$
Permittivité relative après chaleur humide et reprise (1 MHz)	2E10	$\leq 5,4$
Facteur de dissipation après chaleur humide et reprise (1 MHz)	2E10	$\leq 0,035$
Rigidité électrique (seulement pour les matériaux d'épaisseur $< 0,5\text{ mm}$)	2E11	$\geq 30\text{ kV/mm}$
Résistance de l'arc	2E14	$\geq 60\text{ s}$
Claquage diélectrique (seulement pour les matériaux d'épaisseur $\geq 0,5\text{ mm}$)	2E15	$\geq 40\text{ kV}$
Résistance superficielle à $125\text{ }^{\circ}\text{C}$	2E07	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega$
Résistivité transversale à $125\text{ }^{\circ}\text{C}$	2E07	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega\text{m}$

6 Propriétés non électriques de la feuille stratifiée plaquée cuivre

6.1 Aspect de la feuille plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être en grande partie exempte de défauts pouvant affecter l'aptitude du matériau à son utilisation dans le but prévu.

Pour les défauts spécifiques suivants, les exigences données doivent s'appliquer lorsque le contrôle est effectué conformément à la méthode 2M18 de la CEI 61189-2.

6.1.1 Empreintes (piqûres et marques de coup)

La taille d'une empreinte, généralement sa longueur, doit être déterminée et on doit lui attribuer une valeur en points à utiliser pour mesurer la qualité.

Taille mm	Valeur en points pour chaque empreinte
0,13 – 0,25	1
0,26 – 0,50	2
0,51 – 0,75	4
0,76 – 1,00	7
Supérieure à 1,00	30

Table 1 – Electrical properties

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirement
Resistance of foil	2E12	As specified in IEC 61249-5-1
Surface resistance after damp heat while in the humidity chamber (optional)	2E03	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega$
Surface resistance after damp heat and recovery	2E03	$\geq 50\,000\text{ M}\Omega$
Volume resistivity after damp heat while in the humidity chamber (optional)	2E04	$\geq 5\,000\text{ M}\Omega\text{m}$
Volume resistivity after damp heat and recovery	2E04	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega\text{m}$
Relative permittivity after damp heat and recovery (1 MHz)	2E10	$\leq 5,4$
Dissipation factor after damp heat and recovery (1 MHz)	2E10	$\leq 0,035$
Electric strength (only for material thickness less than 0,5 mm)	2E11	$\geq 30\text{ kV/mm}$
Arc resistance	2E14	$\geq 60\text{ s}$
Dielectric breakdown (only for material thicknesses $\geq 0,5\text{ mm}$)	2E15	$\geq 40\text{ kV}$
Surface resistance at 125 °C	2E07	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega$
Volume resistivity at 125 °C	2E07	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega\text{m}$

6 Non-electrical properties of the copper-clad laminate

6.1 Appearance of the copper-clad sheet

The copper-clad face shall be substantially free from defects that may have an impact on the material's fitness for use for the intended purpose.

For the following specific defects the requirements given shall apply when inspection is made in accordance with IEC 61189-2 method 2M18.

6.1.1 Indentations (pits and dents)

The size of an indentation, usually the length, shall be determined and given a point value to be used as measure of the quality.

Size mm	Point value for each indentation
0,13 – 0,25	1
0,26 – 0,50	2
0,51 – 0,75	4
0,76 – 1,00	7
Over 1,00	30

Le nombre total de points pour toute zone de 300 mm x 300 mm doit être calculé pour déterminer la classe du matériau.

Empreinte de classe A:	nombre total de points maximum: 29
Empreinte de classe B:	nombre total de points maximum: 17
Empreinte de classe C:	nombre total de points maximum: 5
Empreinte de classe D:	nombre total de points: 0
Empreinte de classe X:	doit faire l'objet d'un accord de l'utilisateur et le fournisseur.

La classe de matériau exigée doit être spécifiée dans l'ordre d'achat. Sauf spécification contraire, l'empreinte de Classe A s'applique.

6.1.2 Rides

La surface en cuivre ne doit pas présenter de rides.

6.1.3 Éraflures

Les éraflures d'une profondeur supérieure à 20 % de l'épaisseur nominale de la feuille ne sont pas autorisées.

Les éraflures dont la profondeur est inférieure à 5 % de l'épaisseur nominale de la feuille ne doivent pas être comptabilisées sauf si cette profondeur est supérieure ou égale à 10 µm.

Les éraflures dont la profondeur est comprise entre 5 % et 20 % de l'épaisseur nominale de la feuille sont autorisées sur une longueur totale de 100 mm pour une zone de 300 mm x 300 mm.

6.1.4 Zones bosselées

Les zones bosselées correspondent généralement à des impressions dans les plaques de presse utilisées pendant la fabrication mais elles peuvent être également causées par des cloques ou des inclusions de particules étrangères sous la feuille.

Les zones bosselées causées par des cloques ou des inclusions ne sont pas autorisées.

Les zones bosselées qui correspondent à des impressions de défauts dans les plaques de presse sont autorisées dans les limites suivantes:

Empreinte de matériau de classe A et X:	hauteur maximale de 15 µm et longueur maximale de 15 mm;
Empreinte de matériau de classe B et C:	hauteur maximale de 8 µm et longueur maximale de 15 mm;
Empreinte de matériau de classe D:	hauteur maximale de 5 µm et longueur maximale de 15 mm.

6.1.5 Ondulation superficielle

Lors d'un examen conformément à la méthode d'essai 2M12 de la CEI 61189-2, l'ondulation de surface, à la fois dans le sens de la machine et dans le sens transversal, ne doit pas dépasser 7 µm.

The total point count for any 300 mm x 300 mm area shall be calculated to determine the class of the material.

Indentation class A:	29 maximum total point count
Indentation class B:	17 maximum total point count
Indentation class C:	5 maximum total point count
Indentation class D:	0 total point count
Indentation class X:	to be agreed upon by user and supplier.

The required class of material shall be specified in the purchase order. Indentation Class A applies unless otherwise specified.

6.1.2 Wrinkles

There shall be no wrinkles in the copper surface.

6.1.3 Scratches

Scratches deeper than 20 % of the nominal thickness of the foil thickness are not permitted.

Scratches with a depth less than 5 % of the nominal thickness of the foil shall not be counted unless this depth is 10 µm or more.

Scratches with a depth between 5 % and 20 % of the nominal thickness of the foil are permitted to a total length of 100 mm for a 300 x 300 mm area.

6.1.4 Raised areas

Raised areas are usually impressions in the press plates used during manufacture but may also be caused by blisters or inclusions of foreign particles under the foil.

Raised areas caused by blisters or inclusions are not permitted.

Raised areas being impressions of defects in press plates are permitted to the following extent:

Indentation class A and X material:	maximum height 15 µm and max length 15 mm;
Indentation class B and C material:	maximum height 8 µm and max length 15 mm;
Indentation class D material :	maximum height 5 µm and max length 15 mm.

6.1.5 Surface waviness

When examined in accordance to test method 2M12 of IEC 61189-2, the surface waviness in both the machine and cross machine direction shall not exceed 7 µm.

6.2 Aspect de la face non plaquée

La face non plaquée d'une feuille dont une seule face est plaquée doit avoir l'aspect naturel résultant du traitement. De faibles irrégularités de couleur sont autorisées. Le brillant de la face non plaquée doit être celui donné par la plaque de presse ou de la feuille de séparation utilisée. Les variations du brillant dues à l'impact de la pression des gaz libérés pendant le traitement sont autorisées.

6.3 Épaisseur du stratifié

On peut demander à ce que l'épaisseur du stratifié inclut ou exclut la part de la feuille de cuivre comme spécifié dans l'ordre d'achat. En général, les stratifiés inférieurs à 0,8 mm sont mesurés en excluant la feuille de cuivre et les stratifiés supérieurs ou égaux à 0,8 mm sont mesurés avec la feuille de cuivre. Si le stratifié plaqué cuivre est soumis aux essais selon la méthode 2D01 de la CEI 61189-2, son épaisseur ne doit pas s'écarter de l'épaisseur nominale de plus de la valeur appropriée donnée au Tableau 2. Les tolérances serrées doivent s'appliquer sauf si d'autres tolérances sont demandées.

Tableau 2 – Épaisseur nominale et tolérance des stratifiés plaqués métal

Épaisseur nominale sans la feuille métallique (matériaux destinés aux cartes multicouches) mm	Épaisseur nominale y compris la feuille métallique (matériau destiné aux cartes à simple ou double face) mm	Exigence de tolérance ± mm		
		Large	Serrée	Très serrée
≥0,05 ≤0,10		0,03	0,02	0,01
>0,10 ≤0,15		0,04	0,03	0,02
>0,15 ≤0,30		0,05	0,04	0,03
>0,30 ≤0,50		0,08	0,05	0,04
>0,50 ≤0,80		0,09	0,06	0,05
>0,80 ≤1,00	≥0,80 ≤1,00	0,13	0,09	0,07
>1,00 ≤1,30	>1,00 ≤1,30	0,17	0,11	0,08
	>1,30 ≤1,70	0,20	0,13	0,10
	>1,70 ≤2,10	0,23	0,15	0,12
	>2,10 ≤2,60	0,25	0,18	0,15
	>2,60 ≤3,20	0,30	0,20	0,15

L'épaisseur et les tolérances ne s'appliquent pas aux 25 mm extérieurs de la feuille de base après découpe ou aux 13 mm extérieurs du panneau découpé à dimension dans leurs conditions de fabrication et de livraison par le fournisseur. En aucun point, l'épaisseur ne doit varier de la valeur nominale de plus de 125 % de la tolérance spécifiée.

6.4 Courbure et vrillage

Lorsque le stratifié plaqué cuivre est soumis aux essais de la méthode 2M01 de la CEI 61189-2, la courbure et le vrillage ne doivent pas dépasser les valeurs données au Tableau 3.

6.2 Appearance of the unclad face

The unclad face of single side clad sheet shall have the natural appearance resulting from the curing process. Small irregularities in colour are permitted. The gloss of the unclad face shall be that given by the press plate or release foil used. Variations of gloss due to the impact of pressure of gases released during the curing are permitted.

6.3 Laminate thickness

The laminate thickness may be ordered to include or exclude the copper foil contribution as specified in the purchase order. As a general rule laminates less than 0,8 mm are measured excluding copper and laminates greater or equal to 0,8 mm are measured including copper. If the copper-clad laminate is tested in accordance with test method 2D01 of IEC 61189-2, the thickness shall not depart from the nominal thickness by more than the appropriate value shown in table 2. The fine tolerances shall apply unless the other tolerances are ordered.

Table 2 – Nominal thickness and tolerance of metal-clad laminate

Nominal thickness excluding metal foil (material intended for multilayer boards) mm	Nominal thickness including metal foil (material intended for single or double sided boards) mm	Tolerance requirement ± mm		
		Coarse	Fine	Extra fine
≥0,05 ≤0,10		0,03	0,02	0,01
>0,10 ≤0,15		0,04	0,03	0,02
>0,15 ≤0,30		0,05	0,04	0,03
>0,30 ≤0,50		0,08	0,05	0,04
>0,50 ≤0,80		0,09	0,06	0,05
>0,80 ≤1,00	≥0,80 ≤1,00	0,13	0,09	0,07
>1,00 ≤1,30	>1,00 ≤1,30	0,17	0,11	0,08
	>1,30 ≤1,70	0,20	0,13	0,10
	>1,70 ≤2,10	0,23	0,15	0,12
	>2,10 ≤2,60	0,25	0,18	0,15
	>2,60 ≤3,20	0,30	0,20	0,15

The thickness and tolerances do not apply to the outer 25 mm of the trimmed master sheet or the outer 13 mm of the cut-to-size panel as manufactured and delivered by the supplier. At no point shall the thickness vary from the nominal by a value greater than 125 % of the specified tolerance.

6.4 Bow and twist

When the copper-clad laminate is tested in accordance with test method 2M01 of IEC 61189-2, the bow and twist shall not exceed the values given in Table 3.

Tableau 3 – Courbure et vrillage

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Épaisseur nominale mm	Dimension du panneau côté le plus long mm	Exigence %	
				Feuille de cuivre sur une face	Feuille de cuivre sur les deux faces
Courbure et vrillage	2M01	≥0,8 ≤1,3	≤350	≤2,0	≤1,5
			>350 ≤500	≤1,8	≤1,3
			>500	≤1,5	≤1,0
		>1,3 <1,7	≤350	≤1,5	≤1,0
			>350 ≤500	≤1,3	≤0,8
			>500	≤1,0	≤0,5
		≥1,7 ≤3,2	≤350	≤1,0	≤0,5
			>350 ≤500	≤0,8	≤0,4
			>500	≤0,5	≤0,3
NOTE Les exigences pour la courbure et le vrillage ne s'appliquent qu'aux stratifiés à une face plaquée cuivre avec une épaisseur de feuille maximale de 105 µm (915 g/m ²) et aux stratifiés à feuille de cuivre sur les deux faces avec une différence d'épaisseur maximale de la feuille de 70 µm (610 g/m ²).					
Les exigences applicables aux stratifiés ayant des dimensions dépassant les limites données font l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.					

6.5 Propriétés concernant l'adhérence de la feuille de cuivre

Les exigences de force d'arrachement et de force d'adhérence sont données au Tableau 4. Ces exigences s'appliquent aux feuilles de cuivre d'épaisseur normale. Dans le cas de feuilles de cuivre d'épaisseur faible ou très faible, les exigences doivent être au moins égales à 50 % de celles données au Tableau 4 au minimum.

Table 3 – Bow and twist

Property	Test method (IEC 61189-2)	Nominal thickness mm	Panel dimension longest side mm	Requirement %	
				Copper foil on one side	Copper foil on both sides
Bow and twist	2M01	$\geq 0,8$ $\leq 1,3$	≤ 350	$\leq 2,0$	$\leq 1,5$
			> 350 ≤ 500	$\leq 1,8$	$\leq 1,3$
			> 500	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$
		$> 1,3$ $< 1,7$	≤ 350	$\leq 1,5$	$\leq 1,0$
			> 350 ≤ 500	$\leq 1,3$	$\leq 0,8$
			> 500	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$
		$\geq 1,7$ $\leq 3,2$	≤ 350	$\leq 1,0$	$\leq 0,5$
			> 350 ≤ 500	$\leq 0,8$	$\leq 0,4$
			> 500	$\leq 0,5$	$\leq 0,3$

NOTE The requirements for bow and twist apply only to one sided copper-clad laminates with maximum foil thickness of 105 μm (915 g/m²) and double sided copper-clad laminates with maximum foil thickness difference of 70 μm (610 g/m²).

Requirements for laminates with copper foil configurations beyond these limits are subject to agreement between purchaser and supplier.

6.5 Properties related to the copper foil bond

Pull-off and peel strength requirements are shown in Table 4. These requirements apply to copper foil with a normal profile depth. In the case of low or very low profile copper foil, the requirements shall be at least 50 % of that shown in Table 4 as a minimum.

Tableau 4 – Forces d'arrachement et d'adhérence

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence			
Force d'arrachement	2M05	≥25 N			
		Épaisseur de la feuille de cuivre			
		≤12 μm (≤101 g/m²)	18 μm (152 g/m²)	35 μm (305 g/m²)	≥70 μm (≥610 g/m²)
Force d'adhérence après choc thermique de 20 s	2M14	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,2 N/mm	≥1,6 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence après chaleur sèche à 125 °C	2M15	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,2 N/mm	≥1,6 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence après exposition à la vapeur de solvant. Solvants selon accord entre l'utilisateur et le fournisseur	2M06	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,2 N/mm	≥1,6 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence après conditions simulées de dépôt métallique	2M16	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm	≥1,2 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence à haute température Température de 125 °C (facultatif)	2M17	Non spécifié	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,1 N/mm
Cloquage après 20 s de choc thermique	2C05	Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
NOTE En cas de difficulté due à la rupture de la feuille ou à la plage de lecture du dispositif de mesure de la force, la mesure de la force d'adhérence à haute température peut être réalisée en utilisant des conducteurs d'une largeur supérieure à 3 mm.					

6.6 Poinçonnage et usinage

Le poinçonnage n'est pas applicable. Le stratifié doit pouvoir être cisailé ou percé, conformément aux recommandations du fabricant. Le décollement interlaminaire sur les bords dû au processus de cisaillement est autorisé, dans la mesure où la profondeur du décollement interlaminaire n'est pas plus importante que l'épaisseur du matériau de base. Le décollement interlaminaire sur les bords des trous percés dû au processus de perçage n'est pas autorisé. Les trous percés doivent pouvoir être métallisés sans interférence due à des efflorescences dans le trou.

6.7 Stabilité dimensionnelle

Les exigences de stabilité dimensionnelle sont données au Tableau 5. Lorsque des spécimens sont soumis à des essais selon la méthode d'essai 2X02 de la CEI 61189-2, la tolérance observée doit être celle spécifiée au Tableau 5. La valeur de la stabilité dimensionnelle nominale doit être celle décidée par accord entre l'utilisateur et le vendeur. La plage de tolérance proche de la plage nominale ayant fait l'objet d'un accord doit être la Classe A, sauf spécification contraire dans l'ordre d'achat.

Le choix du tissu de verre dans la construction du stratifié a un impact significatif sur la stabilité dimensionnelle. On peut trouver des exemples de constructions types utilisées dans les applications de cartes imprimées à l'Annexe B.

Sauf indication contraire dans l'ordre d'achat, ce sont les performances de la Classe A qui doivent être appliquées.

Table 4 – Pull-off and peel strength

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirements			
Pull-off strength	2M05	≥25 N			
		Thickness of the copper foil			
		≤12 μm (≤101 g/m ²)	18 μm (152 g/m ²)	35 μm (305 g/m ²)	≥70 μm (≥610 g/m ²)
Peel strength after heat shock of 20 s	2M14	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,2 N/mm	≥1,6 N/mm
		No blistering or delamination			
Peel strength after dry heat 125 °C	2M15	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,2 N/mm	≥1,6 N/mm
		No blistering or delamination			
Peel strength after exposure to solvent vapour. Solvents as agreed upon between purchaser and supplier	2M06	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,2 N/mm	≥1,6 N/mm
		No blistering no delamination			
Peel strength after simulated plating	2M16	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm	≥1,2 N/mm
		No blistering no delamination			
Peel strength at high temperature Temperature 125 °C (optional)	2M17	Not specified	≥0,7 N/mm	≥0,9 N/mm	≥1,1 N/mm
Blistering after 20s heat shock	2C05	No blistering no delamination			
NOTE In case of difficulty due to breakage of the foil or reading range of the force measuring device, the measurement of peel strength at high temperature may be carried out using conductor widths of more than 3 mm.					

6.6 Punching and machining

Punching is not applicable. The laminate shall, in accordance with the manufacturer's recommendations, be capable of being sheared or drilled. Delamination at the edges due to the shearing process is permissible, provided that the depth of delamination is not larger than the thickness of the base material. Delamination at the edges of drilled holes due to the drilling process is not permissible. Drilled holes shall be capable of being through-plated with no interference from any exudations into the hole.

6.7 Dimensional stability

The dimensional stability requirements are shown in Table 5. When specimens are tested in accordance with test method 2X02 of IEC 61189-2, the observe tolerance shall be as specified in Table 5. The nominal dimensional stability value shall be as agreed upon between user and vendor. The tolerance range around the agreed upon nominal shall be Class A unless otherwise specified on the purchase order.

The choice of the glass fabrics in the construction of the laminate has a significant impact on dimensional stability. Examples of typical constructions used in printed board applications can be found in Annex B.

Class A performance shall be in effect unless otherwise noted on the purchase order.

Tableau 5 – Stabilité dimensionnelle

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Classe	Prescription ppm
Stabilité dimensionnelle	2X02	A	±300
		B	±200
		C	±100
		X	Selon accord entre l'utilisateur et le fournisseur

6.8 Dimensions des feuilles

6.8.1 Dimensions types de feuilles

Les tailles des feuilles sont le résultat d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Cependant, on trouvera ci-dessous les tailles recommandées:

- 915 mm × 1 220 mm
- 1 065 mm × 1 155 mm
- 1 065 mm × 1 280 mm
- 1 000 mm × 1 000 mm
- 1 000 mm × 1 200 mm.

6.8.2 Tolérances pour les dimensions de feuilles

La taille des feuilles livrées par le fournisseur ne doit pas différer de plus de $\begin{matrix} +20 \\ 0 \end{matrix}$ mm de la taille commandée.

6.9 Panneaux découpés

6.9.1 Tailles de panneaux découpés

A la livraison, les tailles des panneaux découpés doivent être conformes à la spécification de l'acheteur.

6.9.2 Tolérances de dimensions pour panneaux découpés

Pour les panneaux découpés à dimension selon la spécification de l'acheteur, les tolérances suivantes de longueur et de largeur doivent s'appliquer comme indiqué au Tableau 6. Les tolérances indiquées comme normales doivent s'appliquer sauf spécification contraire dans la spécification d'achat.

Tableau 6 – Tolérances de tailles pour panneaux découpés

Taille de panneau mm	Tolérances ± mm	
	Normal	Serrée
≤300	2,0	0,5
>300 ≤600	2,0	0,8
>600	2,0	1,6
NOTE Les tolérances spécifiées englobent toutes les déviations causées par la découpe des panneaux.		

Table 5 – Dimensional stability

Property	Test method (IEC 61189-2)	Class	Requirements ppm
Dimensional stability	2X02	A	± 300
		B	± 200
		C	± 100
		X	As agreed upon between user and supplier

6.8 Sheet sizes

6.8.1 Typical sheet sizes

Sheet sizes are matters of agreement between purchaser and supplier. However the recommended sizes are listed below:

- 915 mm × 1 220 mm
- 1 065 mm × 1 155 mm
- 1 065 mm × 1 280 mm
- 1 000 mm × 1 000 mm
- 1 000 mm × 1 200 mm.

6.8.2 Tolerances for sheet sizes

The size of sheet delivered by the supplier shall not deviate more than $^{+20}_0$ mm from the ordered size.

6.9 Cut panels

6.9.1 Cut panel sizes

Cut panel sizes, when delivered, shall be in accordance with the purchaser's specification.

6.9.2 Size tolerances for cut panels

For panels cut to size according to the purchaser's specification, the following tolerances for length and width shall apply as shown in Table 6. Tolerances indicated as normal shall be in effect unless otherwise specified by in the purchasing specification.

Table 6 – Size tolerances for cut panels

Panel size mm	Tolerance ± mm	
	Normal	Close
≤300	2,0	0,5
>300 ≤600	2,0	0,8
>600	2,0	1,6
NOTE The specified tolerances include all deviations caused by cutting the panels.		

6.9.3 Rectangularité des panneaux découpés

Pour les panneaux découpés à dimension selon la spécification de l'acheteur, les exigences suivantes de rectangularité doivent s'appliquer comme indiqué au Tableau 7. La tolérance indiquée comme normale doit s'appliquer sauf stipulation contraire dans la spécification d'achat.

Tableau 7 – Rectangularité des panneaux découpés

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence mm/m	
		Normal	Proche
Rectangularité des panneaux découpés	2M23	≤3	≤2

7 Propriétés non électriques du matériau de base après retrait total de la feuille de cuivre

7.1 Aspect du matériau de base diélectrique

Les éprouvettes gravées doivent être contrôlées pour vérifier qu'aucune imperfection en surface ou sous la surface du matériau diélectrique ne dépasse celles indiquées ci-dessous. Les panneaux doivent être contrôlés en utilisant un dispositif optique fournissant un grossissement minimal de 4X.

Le contrôle normal doit être réalisé avec un grossissement de 10X. Les conditions d'éclairage du contrôle doivent être appropriées au matériau contrôlé ou avoir fait l'objet d'un accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

Les imperfections en surface et sous la surface (comme texture d'armure, zones pauvres en résine, vides, inclusions étrangères) doivent être acceptables sous réserve que les imperfections remplissent les conditions suivantes:

- les fibres de renforcement ne sont ni coupées, ni exposées;
- les inclusions étrangères ne sont pas conductrices;
- les imperfections ne se propagent pas sous l'effet des contraintes thermiques;
- les inclusions étrangères sont translucides;
- les fibres étrangères opaques font moins de 15 mm de long et en moyenne, au maximum une seule fibre est présente par zone de 300 mm × 300 mm ;
- les inclusions étrangères opaques autres que les fibres ne doivent pas dépasser 0,50 mm. Les inclusions étrangères opaques inférieures à 0,15 mm ne doivent pas être comptabilisées. Les inclusions étrangères opaques entre 0,50 mm et 0,15 mm ne doivent pas en moyenne présenter plus de deux points par zone de 300 mm × 300 mm;
- les vides (scellés ou superficiels) ont leur dimension la plus longue inférieure à 0,075 mm et il ne doit pas y en avoir plus de trois dans un cercle d'un diamètre de 3,5 mm.

7.2 Résistance aux flexions

Lorsque le stratifié est soumis aux essais de la méthode 2M20 de la CEI 61189-2, la résistance aux flexions doit être celle donnée au Tableau 8.

6.9.3 Rectangularity of cut panels

For panels cut to size according to the purchaser's specification, the following requirements for rectangularity shall apply as shown in Table 7. Tolerance indicated as normal shall be in effect unless otherwise specified in the purchasing specification.

Table 7 – Rectangularity of cut panels

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirement mm/m	
		Normal	Close
Rectangularity of cut panels	2M23	≤3	≤2

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

7.1 Appearance of the dielectric base material

The etched specimens shall be inspected to verify that no surface or subsurface imperfections of the dielectric material exceed those shown below. The panels shall be inspected using an optical aid apparatus which provides a minimum magnification of 4X.

Referee inspection shall be conducted at 10X magnification. Lighting conditions of inspection shall be appropriate to the material under inspection or as agreed upon between user and supplier.

Surface and subsurface imperfections (such as weave texture, resin starvation, voids, foreign inclusions) shall be acceptable provided that the imperfections meet the following:

- the reinforcement fibres are not cut or exposed;
- the foreign inclusions are not conductive;
- the imperfections do not propagate as a result of thermal stress;
- the foreign inclusions are translucent;
- opaque foreign fibres are less than 15 mm in length and average no more than one per 300 mm × 300 mm area;
- opaque foreign inclusions other than fibres shall not exceed 0,50 mm. Opaque foreign inclusions less than 0,15 mm shall not be counted. Opaque foreign inclusions between 0,50 mm and 0,15 mm shall average no more than two spots per 300 mm × 300 mm area;
- voids (sealed voids or surface void) have a longest dimension less than 0,075 mm and there should not be more than three voids in a 3,5 mm diameter circle.

7.2 Flexural strength

When the laminate is tested in accordance with test method 2M20 of IEC 61189-2, the flexural strength shall be as shown in Table 8.

Tableau 8 – Résistance aux flexions

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence
Force de flexion Sens de la longueur Sens transversal (applicable aux feuilles $\geq 1,0$ mm d'épaisseur)	2M20	≥ 400 N/mm ² ≥ 300 N/mm ²
Force de flexion Sens de la longueur Température élevée (applicable aux feuilles $\geq 1,0$ mm d'épaisseur)		Non spécifié

7.3 Inflammabilité

Lorsque le stratifié est soumis aux essais conformément à la méthode 2C08 (épaisseur $\geq 0,05$ mm $\leq 0,3$ mm) ou 2C06 (épaisseur $> 0,3$ $\leq 3,2$ mm) de la CEI 61189-2, l'inflammabilité doit correspondre aux données du Tableau 9.

Sauf indication contraire sur l'ordre d'achat, c'est la performance dite V-0 qui doit s'appliquer.

Tableau 9 – Exigences d'inflammabilité

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence	
Inflammabilité	2C06	Désignation	
		V-0	V-1
	Temps de combustion avec flamme après chaque application de la flamme à chaque éprouvette d'essai	≤ 10 s	≤ 30 s
	Temps de combustion total avec flamme pour les 10 applications de la flamme pour chaque jeu de cinq éprouvettes	≤ 50 s	≤ 250 s
	Temps de combustion sans flamme après le deuxième retrait de la flamme d'essai	≤ 30 s	≤ 60 s
	Combustion avec ou sans flamme jusqu'à la pince de fixation	Aucune	Aucune
	Chute de particules enflammées mettant le feu au papier de soie	Aucune	Aucune

7.4 Absorption d'eau

Lorsque le stratifié est soumis aux essais selon la méthode 2N02 de la CEI 61189-2, l'absorption d'eau maximale doit être celle représentée au Tableau 10.

Table 8 – Flexural strength

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirements
Flexural strength Length direction Cross direction (applicable to sheets $\geq 1,0$ mm in thickness)	2M20	≥ 400 N/mm ² ≥ 300 N/mm ²
Flexural strength Length direction Elevated temperature (applicable to sheets $\geq 1,0$ mm in thickness)		Not specified

7.3 Flammability

When the laminate is tested in accordance with test method 2C08 (thickness $\geq 0,05$ mm $\leq 0,3$ mm) or 2C06 (thickness $>0,3 \leq 3,2$ mm) of IEC 61189-2, the flammability shall be as shown in Table 9.

The performance labelled V-0 shall be in effect, unless otherwise noted on the purchase order.

Table 9 – Flammability requirements

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirement	
Flammability	2C06	Designation	
		V-0	V-1
	Flaming combustion time after each application of the flame for each test specimen	≤ 10 s	≤ 30 s
	Total flaming combustion time for the 10 flame applications for each set of five specimens	≤ 50 s	≤ 250 s
	Glowing combustion time after the second removal of the test flame	≤ 30 s	≤ 60 s
	Flaming or glowing combustion up to the holding clamp	None	None
	Dripping flaming particles that ignite the tissue paper	None	None

7.4 Water absorption

When the laminate is tested in accordance with test method 2N02 of IEC 61189-2, the maximum water absorption shall be as shown in Table 10.

Tableau 10 – Absorption d'eau

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Épaisseur mm	Prescription %
Absorption d'eau	2N02	≥0,05 <0,20	<4,00
		≥0,20 <0,30	<3,00
		≥0,30 <0,40	<2,40
		≥0,40 <0,50	<1,00
		≥0,50 <0,60	<1,60
		≥0,60 <0,80	<1,40
		≥0,80 <1,00	<1,00
		≥1,00 <1,20	<1,00
		≥1,20 <1,60	<0,80
		≥1,60 <2,00	<0,50
		≥2,00 <2,40	<0,40
		≥2,40 <3,20	<0,40

7.5 Blanchiment au croisement des fibres

Lorsque le stratifié est soumis aux essais selon la méthode 2N01 de la CEI 61189-2, la présence autorisée de points blancs au croisement des fibres doit correspondre aux données du Tableau 11.

Tableau 11 – Exigences de blanchiment au croisement des fibres

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence
Blanchiment au croisement des fibres	2N01	Pas de blanchiment au croisement des fibres sur trois éprouvettes. Si une éprouvette sur trois ne passe pas l'essai avec succès, cet essai doit être répété Aucun blanchiment sur trois éprouvettes du deuxième essai n'est autorisé Aucun cloquage ou décollement laminaire n'est permis sur une des trois éprouvettes

7.6 Température de transition vitreuse et degré de polymérisation

Les exigences de température de transition vitreuse et de facteur de traitement sont données au Tableau 12.

Tableau 12 –Température de transition vitreuse et degré de polymérisation

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigence
Température de transition vitreuse	2M11	≥150 °C – 190 °C
Degré de polymérisation	2M03	≥0,96

Table 10 – Water absorption

Property	Test method (IEC 61189-2)	Thickness mm	Requirement %
Water absorption	2N02	≥0,05 <0,20	<4,00
		≥0,20 <0,30	<3,00
		≥0,30 <0,40	<2,40
		≥0,40 <0,50	<1,00
		≥0,50 <0,60	<1,60
		≥0,60 <0,80	<1,40
		≥0,80 <1,00	<1,00
		≥1,00 <1,20	<1,00
		≥1,20 1,60	<0,80
		≥1,60 <2,00	<0,50
		≥2,00 <2,40	<0,40
		≥2,40 <3,20	<0,40

7.5 Measling

When the laminate is tested in accordance with test method 2N01 of IEC 61189-2, the presence of measels allowed shall be as shown in table 11.

Table 11 – Measling requirements

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirements
Measling	2N01	No measling on three specimens. If one out of three specimens fails, the test has to be repeated No measling on three specimens of the second test is permitted No blistering or delamination on any of the three specimens permitted

7.6 Glass transition temperature and cure factor

The requirements for glass transition temperature and cure factor are found in Table 12.

Table 12 – Glass transition temperature and cure factor

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirements
Glass transition temperature	2M11	≥150 °C – 190 °C
Cure factor	2M03	≥ 0,96

8 Assurance de la qualité

8.1 Système de qualité

Le fournisseur doit utiliser un système de qualité, ISO 9000 ou analogue, pour les contrôles de conformité de la qualité.

Le fournisseur doit utiliser un système de management environnemental, ISO 14001 ou analogue, pour les questions liées à l'environnement.

8.2 Responsabilité pour le contrôle

Le fournisseur est responsable pour tous les contrôles du matériau fabriqué. L'acheteur ou une tierce partie nommée peut auditer ce contrôle.

8.3 Contrôle de qualification

Les stratifiés fournis dans le cadre de cette spécification doivent être qualifiés. Les essais de qualification doivent être réalisés pour démontrer la capacité d'un fabricant à satisfaire aux exigences de cette norme. Les essais de qualification doivent être réalisés dans un laboratoire agréé par la CEI. On peut trouver à l'Annexe C une liste des essais normaux de qualification. Le fabricant doit conserver dans un fichier les données montrant que les matériaux satisfont à cette spécification et celles-ci doivent être facilement disponibles pour examen sur demande.

8.4 Contrôle de conformité de la qualité

Le fournisseur doit utiliser un plan de qualité pour assurer la conformité des produits avec la présente norme. Il convient qu'un tel plan de qualité utilise, le cas échéant, des méthodes statistiques plutôt que des contrôles lot par lot. Il est de la responsabilité du fournisseur de déterminer sur la base du plan de qualité, la fréquence des essais pour assurer la fourniture de produits conformes. En l'absence de plan de qualité ou de données de base, le régime d'essais doit être comme indiqué à l'Annexe C.

Il est admis d'utiliser une combinaison des techniques suivantes pour indiquer la conformité avec les exigences qui peuvent être utilisées pour réduire la fréquence des essais. Les données pour la réduction de la fréquence des essais doivent être disponibles pour examen sur demande.

- Contrôle des paramètres en cours de fabrication
- Contrôle en cours de fabrication
- Contrôle final périodique
- Contrôle final par lot.

8.5 Certificat de conformité

Le fournisseur doit, sur demande de l'acheteur, établir un certificat de conformité avec la présente norme en format électronique ou papier.

8.6 Fiche technique pour la sécurité

Une fiche technique pour la sécurité, conforme à l'ISO 11014-1, doit être disponible pour les produits fabriqués et livrés conformément à la présente norme.

8 Quality assurance

8.1 Quality system

The supplier shall operate a quality system, ISO 9000 or similar, to support quality conformance inspection.

The supplier shall operate a management system for environmental control, ISO 14001 or similar, to support environmental considerations.

8.2 Responsibility for inspection

The supplier is responsible for all inspections of the manufactured material. The purchaser or an appointed third party may audit this inspection.

8.3 Qualification inspection

Laminates furnished under this specification shall be qualified. Qualification testing shall be performed to demonstrate the manufacturer's ability to meet the requirements of this standard. Qualification testing shall be conducted at a laboratory compliant with IEC laboratory requirements. A list of the normal qualification tests can be found in Annex C. The manufacturer shall retain on file the data which supports that the materials meet this specification and shall be readily available for review upon request.

8.4 Quality conformance inspection

The supplier shall operate a quality plan to assure product conformance to this standard. Such a quality plan, when appropriate, should utilize statistical methods rather than lot-by-lot inspection. It is the responsibility of the supplier based on the quality plan to determine the frequency of test to assure conforming products. In the absence of a quality plan or supporting data, the testing regime shall be as outlined in Annex C.

A combination of the following techniques may be used to show compliance with the requirements which can be used to reduce the frequency of testing. The data supporting the reduction of testing frequency shall be available for review upon request.

- In process parameter control
- In process inspection
- Periodic final inspection
- Final lot inspection.

8.5 Certificate of conformance

The supplier shall, on request from the purchaser, issue a certificate of conformance to this standard in electronic or paper format.

8.6 Safety data sheet

A safety data sheet in accordance with ISO 11014-1 shall be available for products manufactured and delivered in compliance with this standard.

9 Emballage et marquage

Sauf spécification contraire dans l'ordre d'achat, les stratifiés doivent présenter une marque avec la désignation du fabricant et le numéro de lot. Le marquage doit rester lisible pendant les manipulations normales mais doit pouvoir être facilement retiré avant l'utilisation du matériau.

Les panneaux découpés à dimension doivent être identifiés par un marquage sur leur emballage.

Les stratifiés composés de configurations de cuivre asymétriques doivent être marqués sur le côté où le poids du cuivre est le plus important.

Les feuilles et les panneaux doivent être emballés d'une manière qui assure une protection adéquate contre la corrosion, la détérioration et les dommages physiques pendant le transport et le stockage.

Les emballages doivent être marqués de manière à identifier clairement le contenu.

10 Informations relatives aux commandes

Les commandes doivent contenir les éléments suivants:

- a) Référence à la présente norme
- b) Type de matériau (voir Domaine d'application et 7.3)
- c) Taille, épaisseur et placage cuivre
- d) Classe d'empreintes si différente de "A" (voir 6.1.1)
- e) Classe de zones bosselées si différente de "A" (voir 6.1.4)
- f) Classe de tolérance d'épaisseur si différente de "serrée" (voir 6.3)
- g) Classe de stabilité dimensionnelle si différente de "A" (voir 6.7)
- h) Classe de tolérance de taille du panneau si différente de "normal" (voir 6.9.2)
- i) Classe d'inflammabilité si différente de V-0 (voir 7.3)
- j) Demande de certification si applicable (voir 8.5).

9 Packaging and marking

If not otherwise specified in the purchase order, laminated sheets shall be marked with the manufacturer's designation and lot number. Marking shall remain legible during normal handling but be readily removable prior to use of the material.

Cut-to-size panels shall be identified by marking on the package.

Laminates comprised of asymmetric copper configurations shall be marked on the side of heaviest copper weight.

Sheets and panels shall be packaged in a manner which will provide adequate protection against corrosion, deterioration and physical damage during shipment and storage.

Packages shall be marked in a manner to clearly identify the contents.

10 Ordering information

Order shall include the following details:

- a) A reference to this standard
- b) Type of material (see Scope and 7.3)
- c) Size, thickness and copper cladding
- d) Class of indentations if other than "A" (see 6.1.1)
- e) Class of raised areas if other than "A" (see 6.1.4)
- f) Class of thickness tolerance if other than "fine" (see 6.3)
- g) Class of dimensional stability if other than "A" (see 6.7)
- h) Class of panel size tolerance if other than "normal" (see 6.9.2)
- i) Class of flammability if other than V-0 (see 7.3)
- j) Request for certification if applicable (see 8.5).

Annexe A (informative)

Informations d'ingénierie

Les informations contenues dans cette annexe ne détaillent pas les exigences de propriété des matériaux. Ces informations sont destinées à servir de lignes directrices pour la conception et la réalisation technique. Les utilisateurs de la présente norme sont invités à fournir des informations qui seront incluses dans l'annexe.

Les matériaux conformes à cette spécification sont censés présenter les données types suivantes pour les propriétés dont la liste suit.

A.1 Propriétés chimiques

A.1.1 Résistance aux produits chimiques

A.1.2 Vacant

A.2 Propriétés électriques

A.2.1 Indice de résistance au cheminement 175 – 250 V

A.2.2 Vacant

A.3 Propriétés d'inflammabilité

A.3.1 Essai au brûleur aiguille

A.3.2 Indice d'oxygène 45 %

A.4 Propriétés mécaniques

A.4.1 Résistance à la compression (perpendiculairement à la stratification) 400 N/mm²

A.4.2 Résistance à la compression (sur l'arête) 240 N/mm²

A.4.3 Dureté à température ambiante 200 (Rockwell M)

A.4.4 Module d'élasticité, flexion (courbure) $1,9 \times 10^4$ N/mm²

A.4.5 Module d'élasticité, flexion (trame) $1,5 \times 10^4$ N/mm²

A.4.6 Module d'élasticité, tension (courbure) $1,7 \times 10^4$ N/mm²

A.4.7 Module d'élasticité, tension (trame) $1,4 \times 10^4$ N/mm²

A.4.8 Coefficient de Poisson 0,12 – 0,16

A.4.9 Résistance au cisaillement 148 N/mm²

A.4.10 Module de Young 22 GPa

Annex A (informative)

Engineering information

Information in this annex does not detail material property requirements. The information is intended as a guideline for design and engineering purposes. Users of this standard are encouraged to supply information to be included in the annex.

Materials according to this specification are expected to exhibit the following typical data for the properties listed.

A.1 Chemical properties

A.1.1 Resistance against chemicals

A.1.2 Void

A.2 Electrical properties

A.2.1 Comparative tracking index 175 – 250 V

A.2.2 Void

A.3 Flammability properties

A.3.1 Needle flame test

A.3.2 Oxygen index 45 %

A.4 Mechanical properties

A.4.1 Compressive strength (flatwise) 400 N/mm²

A.4.2 Compressive strength (edgewise) 240 N/mm²

A.4.3 Hardness at room temperature 200 (Rockwell M)

A.4.4 Modulus of elasticity, flexural (warp) $1,9 \times 10^4$ N/mm²

A.4.5 Modulus of elasticity, flexural (weft) $1,5 \times 10^4$ N/mm²

A.4.6 Modulus of elasticity, tensile (warp) $1,7 \times 10^4$ N/mm²

A.4.7 Modulus of elasticity, tensile (weft) $1,4 \times 10^4$ N/mm²

A.4.8 Poisson's ratio 0,12 – 0,16

A.4.9 Shear strength 148 N/mm²

A.4.10 Young's modulus 22 GPa