

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61249-2-11

Première édition
First edition
2003-11

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

Partie 2-11:

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

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

Part 2-11:

**Reinforced base materials, clad and unclad –
Polyimide, brominated epoxide modified or
unmodified, woven E-glass reinforced laminated
sheets of defined flammability (vertical burning
test), copper-clad**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61249-2-11:2003

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

61249-2-11

Première édition
First edition
2003-11

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

Partie 2-11:

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

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

Part 2-11:

**Reinforced base materials, clad and unclad –
Polyimide, brominated epoxide modified or
unmodified, woven E-glass reinforced laminated
sheets of defined flammability (vertical burning
test), copper-clad**

© IEC 2003 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	12
4 Marquage interne	14
5 Propriétés électriques	14
6 Propriétés non électriques du stratifié plaqué cuivre	16
6.1 Aspect de la feuille plaquée cuivre	16
6.2 Aspect de la face non plaquée	18
6.3 Epaisseur du stratifié	18
6.4 Courbure et vrillage	20
6.5 Propriétés concernant l'adhérence de la feuille de cuivre	22
6.6 Poinçonnage et usinage	22
6.7 Stabilité dimensionnelle	24
6.8 Dimensions des feuilles	24
6.9 Panneaux découpés	24
7 Propriétés non électriques du matériau de base après retrait complet de la feuille de cuivre	26
7.1 Aspect du matériau de base diélectrique	26
7.2 Résistance aux flexions	28
7.3 Inflammabilité	28
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	32
8.1 Système de qualité	32
8.2 Responsabilité pour le contrôle	32
8.3 Contrôle de qualification	32
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	34
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
Tableau 1 – Propriétés électriques	14
Tableau 2 – Epaisseur nominale et tolérance des stratifiés plaqués métal	20
Tableau 3 – Courbure et vrillage	20

CONTENTS

FOREWORD.....	7
1 Scope.....	13
2 Normative references.....	13
3 Materials and construction	13
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.....	19
6.3 Laminate thickness	19
6.4 Bow and twist	21
6.5 Properties related to the copper foil bond	23
6.6 Punching and machining	23
6.7 Dimensional stability	25
6.8 Sheet sizes.....	25
6.9 Cut panels	25
7 Non-electrical properties of the base material after complete removal of the copper foil.....	27
7.1 Appearance of the dielectric base material.....	27
7.2 Flexural strength.....	29
7.3 Flammability	29
7.4 Water absorption	31
7.5 Measling.....	33
7.6 Glass transition temperature and cure factor	33
8 Quality assurance	33
8.1 Quality system	33
8.2 Responsibility for inspection.....	33
8.3 Qualification inspection	33
8.4 Quality conformance inspection.....	35
8.5 Certificate of conformance	35
8.6 Safety data sheet.....	35
9 Packaging and marking.....	35
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	49
Table 1 – Electrical properties	15
Table 2 – Nominal thickness and tolerance of metal-clad laminate	21
Table 3 – Bow and twist.....	21

Tableau 4 – Forces d'arrachement et d'adhérence.....	22
Tableau 5 – Stabilité dimensionnelle.....	24
Tableau 6 – Tolérances de dimensions pour panneaux découpés	26
Tableau 7 – Rectangularité des panneaux découpés	26
Tableau 8 – Résistance aux flexions.....	28
Tableau 9 – Inflammabilité	30
Tableau 10 – Absorption d'eau	30
Tableau 11 – Blanchiment au croisement des fibres	32
Tableau 12 – Température de transition vitreuse et degré de polymérisation.....	32
Tableau C.1 – Lignes directrices pour le contrôle de qualification et de conformité.....	46

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-11:2003

Table 4 – Pull-off and peel strength	23
Table 5 – Dimensional stability	25
Table 6 – Size tolerance for cut panels	27
Table 7 – Rectangularity of cut panels	27
Table 8 – Flexural strength.....	29
Table 9 – Flammability	31
Table 10 – Water absorption	31
Table 11 – Measling	33
Table 12 – Glass transition temperature and cure factor	33
Table C.1 – Guideline for qualification and conformance inspection	47

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-11:2003

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX POUR CIRCUITS IMPRIMÉS ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION –

Partie 2-11: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées renforcées en polyimide et tissu de verre de type E époxyde bromé modifié ou non 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 61249-2-11 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
91/412/FDIS	91/428/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 2-11: Reinforced base materials, clad and unclad – Polyimide, brominated epoxide modified or unmodified, woven E-glass reinforced 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 61249-2-11 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
91/412/FDIS	91/428/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: Feuille de papier cellulose phénolique, de qualité économique
- Partie 2-2: Feuilles stratifiées renforcées en feuille de papier cellulose phénolique, de qualité électrique élevée, plaquées cuivre
- Partie 2-4: Feuille stratifiée en fibre de verre non tissées/tissées polyester, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée 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 E 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 de 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, en 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, 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 renforcées en 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 renforcées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre
- Part 2-22: Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad¹
- Part 2-23: Non-brominated phenolic, cellulose paper laminated sheets of defined flammability, economic grade, copper clad¹
- Part 2-26: Non-brominated epoxide, non-woven/woven glass fabric sheet of defined flammability, copper-clad¹

¹ A l'étude. Actuellement, les titres n'ont pas été traduits en français.

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 laminate, economic grade
- Part 2-2: Phenolic cellulose paper reinforced laminated sheets, high electrical grade, copper-clad
- Part 2-4: Polyester non-woven/woven fibreglass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad
- Part 2-5: Brominated epoxide cellulose paper reinforced core/woven E-glass reinforced surfaces-laminated 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-clad¹
- Part 2-23: Non-brominated phenolic, cellulose paper laminated sheets of defined flammability, economic grade, copper clad¹
- Part 2-26: Non-brominated epoxide, non-woven/woven glass fabric sheet of defined flammability, copper-clad¹

¹ Under consideration.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007. 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 61249-2-11:2003

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. 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 61249-2-11:2003

MATÉRIAUX POUR CIRCUITS IMPRIMÉS ET AUTRES STRUCTURES D'INTERCONNEXION –

Partie 2-11: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées renforcées en polyimide et tissu de verre de type E époxyde bromé modifié ou non modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 61249 indique les exigences concernant les propriétés des feuilles stratifiées en polyimide et tissu de verre de type E époxyde bromé modifié ou non modifié ayant une épaisseur comprise entre 0,05 mm et 3,2 mm, plaquées cuivre, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale). Les caractéristiques d'inflammabilité sont obtenues en utilisant des ignifuges bromés contenus dans la structure polymère époxyde, le cas échéant. La température de transition vitreuse est définie à 190 °C minimum.

Certaines exigences de propriétés peuvent comprendre plusieurs classes de performance. Il faut 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 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 des matériaux 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*

3 Matériaux et construction

La feuille est constituée d'une base isolante sur laquelle est collée une feuille de métal sur une face ou sur les deux.

MATERIALS FOR PRINTED BOARDS AND OTHER INTERCONNECTING STRUCTURES –

Part 2-11: Reinforced base materials, clad and unclad – Polyimide, brominated epoxide modified or unmodified, woven E-glass reinforced laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad

1 Scope

This part of IEC 61249 gives requirements for properties of polyimide, brominated epoxide modified or unmodified, woven E-glass laminated sheets, in thickness of 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 brominated fire retardants contained as an integral part of the epoxide polymeric structure if present. The glass transition temperature is defined to be 190 °C minimum.

Some property requirements may have several classes of performance. The class desired needs to be specified on the purchase order otherwise the default class of material may 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 61189-2:1997, *Test methods for electrical materials, interconnection structures and assemblies – Part 2: Test method for interconnection structures*

IEC 61249-5-1:1995, *Materials for interconnection structures – Part 5: Sectional specification set for conductive foils and films with or without coatings – Section 1: Copper foil (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 Materials and construction

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

3.1 Résine isolante

Polyimide, époxyde bromé modifié ou non modifié, résultant d'un stratifié avec une température de transition vitreuse de 190 °C minimum.

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

Sa résistance à la flamme est définie par rapport aux exigences d'inflammabilité de 7.3.

3.2 Renforcement

Tissu de verre de type E tissé, comme spécifié dans la CEI 61249-6-3, tissu de verre de type E (pour la fabrication de matériaux préimprégnés et plaqués cuivre).

3.3 Feuille de métal

Cuivre comme spécifié dans la CEI 61249-5-1, feuille de cuivre (pour la fabrication de matériaux plaqués cuivre). Les feuilles préférentielles sont celles à cuivre déposé par électrolyse et à ductilité définie.

4 Marquage interne

Non spécifié.

5 Propriétés électriques

Les exigences pour les propriétés électriques sont données au Tableau 1.

Tableau 1 – Propriétés électriques

Propriétés	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigences
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	$\geq 10\ 000\ \text{M}\Omega\text{m}$
Résistivité transversale après chaleur humide et reprise	2E04	$\geq 50\ 000\ \text{M}\Omega\text{m}$
Permittivité relative après chaleur humide et reprise à 1 MHz	2E10	$\leq 5,4$
Facteur de dissipation après chaleur humide et reprise à 1 MHz	2E10	$\leq 0,035$
Rigidité électrique (seulement pour les épaisseurs de matériau $< 0,5\ \text{mm}$)	2E11	$\geq 30\ \text{kV/mm}$
Résistance de l'arc	2E14	$\geq 120\ \text{s}$
Claquage diélectrique (seulement pour les épaisseurs de matériau $\geq 0,5\ \text{mm}$)	2E15	$\geq 40\ \text{kV}$
Résistance superficielle à 200 °C	2E07	$\geq 50\ 000\ \text{M}\Omega$
Résistivité transversale 200 °C	2E07	$\geq 50\ 500\ \text{M}\Omega\text{m}$

3.1 Resin system

Polyimide, brominated epoxide modified or unmodified, resulting in a laminate with a glass transition temperature of 190 °C minimum.

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 Reinforcement

Woven E-glass as specified in IEC 61249-6-3, woven E-glass fabric (for the manufacture of prepreg and copper clad materials).

3.3 Metal foil

Copper as specified in IEC 61249-5-1, copper foil (for the manufacture of copper-clad materials). The preferred foils are electrodeposited of defined ductility.

4 Internal marking

Not specified.

5 Electrical properties

The requirements for the electrical properties are shown in Table 1.

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	$\geq 10\,000\text{ M}\Omega\text{m}$
Volume resistivity after damp heat and recovery	2E04	$\geq 50\,000\text{ M}\Omega\text{m}$
Relative permittivity after damp heat and recovery at 1 MHz	2E10	$\leq 5,4$
Dissipation factor after damp heat and recovery at 1 MHz	2E10	$\leq 0,035$
Electric strength (only for material thicknesses $< 0,5\text{ mm}$)	2E11	$\geq 30\text{ kV/mm}$
Arc resistance	2E14	$\geq 120\text{ s}$
Dielectric breakdown (only for material thicknesses $\geq 0,5\text{ mm}$)	2E15	$\geq 40\text{ kV}$
Surface resistance at 200 °C	2E07	$\geq 50\,000\text{ M}\Omega$
Volume resistivity at 200 °C	2E07	$\geq 50\,500\text{ M}\Omega\text{m}$

6 Propriétés non électriques du stratifié plaqué cuivre

6.1 Aspect de la feuille plaquée cuivre

La face plaquée cuivre doit être en grande partie exempte de défauts susceptibles d'affecter l'aptitude du matériau lors de 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 CEI 61189-2, méthode 2M18.

6.1.1 Empreintes (piqûres et marques de coup)

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

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

Le décompte total de points doit être calculé pour toute surface de 300 mm × 300 mm pour déterminer la classe d'empreinte du matériau.

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

La classe d'empreinte de matériau exigée doit être spécifiée dans l'ordre d'achat. Sauf spécification contraire, c'est la classe d'empreinte A qui 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 10 µm ou à 20 % de l'épaisseur nominale de la feuille, quelque soit la plus faible valeur, 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 de 100 mm pour une zone de 300 mm × 300 mm.

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

The total point count for any 300 mm × 300 mm area shall be calculated to determine the indentation 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 indentation 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 10 µm or 20 % of the nominal thickness of the foil thickness, whichever is lower, 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 mm × 300 mm area.

6.1.4 Surfaces bosselées

Les surfaces bosselées correspondent généralement à des impressions causées par des défauts 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 surfaces bosselées causées par des cloques ou des inclusions ne sont pas autorisées.

Les surfaces bosselées correspondant à des impressions de défauts dans les plaques de presse sont autorisées dans les limites suivantes:

Empreinte de matériau de classes A et X	Hauteur maximale 15 μm et longueur maximale 15 mm
Empreinte de matériau de classes B et C	Hauteur maximale 8 μm et longueur maximale 15 mm.
Empreinte de matériau de classe D	Hauteur maximale 5 μm et longueur maximale 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 .

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, le film de séparation ou la feuille de séparation utilisées. Les variations du brillant dues à l'impact de la pression des gaz libérés pendant le traitement sont autorisées.

6.3 Epaisseur du stratifié

L'épaisseur du stratifié peut être commandée pour inclure ou exclure la contribution 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.

6.1.4 Raised areas

Raised areas are usually impressions caused by defects 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 caused by impressions of defects in press plates are permitted to the following extent:

Indentation Class A and X material	Maximum height 15 μm and maximum length 15 mm
Indentation Class B and C material	Maximum height 8 μm and maximum length 15 mm
Indentation Class D material	Maximum height 5 μm and maximum length 15 mm.

6.1.5 Surface waviness

When examined in accordance with 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 Appearance of the unclad face

The unclad face of single-sided clad sheets 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, release film 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.

Tableau 2 – Epaisseur nominale et tolérance des stratifiés plaqués métal

Epaisseur nominale sans la feuille métallique (matériaux destinés aux cartes multicouches) mm	Epaisseur nominale y compris la feuille métallique (matériau destiné aux cartes à simple ou double face) mm	Exigences de tolérance ± mm		
		Larges	Serrées	Très serrées
≥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

Les épaisseurs 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 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.

Tableau 3 – Courbure et vrillage

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Épaisseur nominale mm	Dimension du côté le plus long du panneau mm	Exigences %	
				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/m²) et aux stratifiés à feuille de cuivre sur les deux faces avec une différence d'épaisseur de feuille maximale de 70 µm (610 g/m²).

Il est recommandé que les exigences applicables aux stratifiés ayant des configurations de feuilles de cuivre dépassant ces limites fassent l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

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 thicknesses and tolerances do not apply to the outer 25 mm of the trimmed 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.

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	≥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 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 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.

Tableau 4 – Forces d'arrachement et d'adhérence

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigences			
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 20 s	2M14	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm	≥1,1 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence après chaleur sèche à 175 °C	2M15	≥0,4 N/mm	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 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	≥0,4 N/mm	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence après conditions simulées de dépôt métallique	2M16	≥0,5 N/mm	≥0,7 N/mm	≥1,1 N/mm	≥1,4 N/mm
		Ni cloquage ni décollement interlaminaire			
Force d'adhérence à haute température	2M17				
Température 125 °C (facultatif)		≥0,4 N/mm	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm
Température 260 °C (facultatif)		Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié	Non spécifié
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 température élevée peut être réalisée en utilisant des largeurs de conducteurs supérieures 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.

6.5 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.

Table 4 – Pull-off and peel strength

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirement			
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	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm	≥1,1 N/mm
		No blistering or delamination			
Peel strength after dry heat 175 °C	2M15	≥0,4 N/mm	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm
		No blistering or delamination			
Peel strength after exposure to solvent vapour. Solvents as agreed upon between purchaser and supplier	2M06	≥0,4 N/mm	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm
		No blistering or delamination			
Peel strength after simulated plating	2M16	≥0,5 N/mm	≥0,7 N/mm	≥1,1 N/mm	≥1,4 N/mm
		No blistering or delamination			
Peel strength at high temperature	2M17				
Temperature 125 °C (optional)		≥0,4 N/mm	≥0,6 N/mm	≥0,8 N/mm	≥1,0 N/mm
Temperature 260 °C (optional)		Not specified	Not specified	Not specified	Not specified
Blistering after 20 s heat shock	2C05	No blistering or 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 Stabilité dimensionnelle

Lorsque des spécimens sont soumis à des essais selon la CEI 61189-2, essai 2X02, 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 tolérances 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 de la fabrication du verre dans la construction du stratifié a un impact significatif sur la stabilité dimensionnelle. Des exemples de constructions types utilisées dans les applications de cartes imprimées peuvent se trouver à l'Annexe B. L'Annexe B n'est pas un tableau d'exigences de construction mais figure seulement à titre d'information technique.

Sauf indication contraire dans l'ordre d'achat, ce sont les performances de la classe A qui doivent s'appliquer.

Tableau 5 – Stabilité dimensionnelle

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Classe	Tolérances ppm
Stabilité dimensionnelle	2X02 sauf choc thermique de 45 (+5,0) min à 170 (±2) °C	A	±500
		B	±3 00
		C	±100
		X	Selon accord entre l'utilisateur et le fournisseur

6.8 Dimensions des feuilles

6.8.1 Dimensions types des feuilles

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

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 la dimension des feuilles

La dimension des feuilles livrées par le fournisseur ne doit pas différer de plus de $^{+20}_0$ mm de la dimension commandée.

6.9 Panneaux découpés

6.9.1 Dimensions des panneaux découpés

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

6.7 Dimensional stability

When specimens are tested in accordance to IEC 61189-2, Method 2X02, the observed 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. Annex B is not a construction requirement table but is presented for engineering information only.

Class A performance shall apply, unless otherwise noted on the purchase order.

Table 5 – Dimensional stability

Property	Test method (IEC 61189-2)	Class	Tolerance ppm
Dimensional stability	2X02 except heat shock is 45 (+5,0) min at 170 (±2) °C	A	±500
		B	±3 00
		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 Tolérances pour les dimensions de 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 dimensions pour panneaux découpés

Dimensions du panneau mm	Tolérances ± mm	
	Normales	Serrées
≤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.		

6.9.3 Rectangularité des panneaux découpés

Pour les panneaux découpés à dimension selon la spécification de l'acheteur, les tolérances 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	
		Normale	Serrée
Rectangularité des panneaux découpés	2M23	≤3	≤2

7 Propriétés non électriques du matériau de base après retrait complet 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 spécimens doivent être contrôlés en utilisant un dispositif optique fournissant un grossissement minimal de 4×.

Le contrôle normal doit être réalisé avec un grossissement de 10×. 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:

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 in the purchasing specification.

Table 6 – Size tolerance 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 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 apply, 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 specimens shall be inspected using an optical aid apparatus which provides a minimum magnification of 4×.

Referee inspection shall be conducted at 10× 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:

- les fibres de renforcement ne sont ni coupées ni exposées;
- les inclusions étrangères ne sont pas conductrices. Les inclusions métalliques ne sont pas acceptables;
- 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 ne représentent en moyenne pas plus de une 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 représenter en moyenne 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 force de flexion doit être celle donnée au Tableau 8.

Tableau 8 – Résistance aux flexions

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigences
Résistance aux flexions Sens de la longueur Sens transversal (applicable aux spécimens $\geq 1,0$ mm d'épaisseur nominale)	2M20	≥ 400 N/mm ² ≥ 300 N/mm ²
Résistance aux flexions Sens de la longueur Température élevée de 200 °C (applicable aux spécimens $> 1,0$ mm d'épaisseur nominale)	2M20	≥ 300 N/mm ²

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 $> 0,3$ mm $\leq 3,2$ mm) de la CEI 61189-2, l'inflammabilité doit correspondre aux données du Tableau 9. Il est permis d'utiliser des caractéristiques d'inflammabilité différentes de celles données au Tableau 9 s'il y a accord entre l'utilisateur et le fournisseur.

Sauf indication contraire sur l'ordre d'achat, c'est la performance dite FV-1 qui doit s'appliquer.

- the reinforcement fibres are not cut or exposed;
- the foreign inclusions are not conductive. Metallic inclusions are not acceptable;
- 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 their 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.

Table 8 – Flexural strength

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirement
Flexural strength Length direction Cross direction (applicable to specimens $\geq 1,0$ mm in nominal thickness)	2M20	≥ 400 N/mm ² ≥ 300 N/mm ²
Flexural strength Length direction Elevated temperature of 200 °C (applicable to specimens $> 1,0$ mm in nominal thickness)	2M20	≥ 300 N/mm ²

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 $> 0,3$ mm $\leq 3,2$ mm) of IEC 61189-2, the flammability shall be as shown in Table 9. Flammability ratings other than those listed in Table 9 may be used as agreed upon between user and supplier.

The performance labelled FV-1 shall apply, unless otherwise noted on the purchase order.

Tableau 9 – Inflammabilité

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigences	
Inflammabilité	2C06	Désignation	
		FV-0	FV-1
		≤10s	≤30s
		≤50s	≤250s
		≤30s	≤60s
		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.

Tableau 10 – Absorption d'eau

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Épaisseur mm	Exigences %
Absorption d'eau	2N02	≥0,05 <0,20	≤3,00
		≥0,20 <0,30	≤3,00
		≥0,30 <0,40	≤3,00
		≥0,40 <0,50	≤2,00
		≥0,50 <0,60	≤2,00
		≥0,60 <0,80	≤2,00
		≥0,80 <1,00	≤1,00
		≥1,00 <1,20	≤1,00
		≥1,20 <1,60	≤1,00
		≥1,60 <2,00	≤0,5
		≥2,00 <2,40	≤0,5
		≥2,40 <3,20	0,5

Table 9 – Flammability

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

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.

Table 10 – Water absorption

Property	Test method (IEC 61189-2)	Thickness mm	Requirement %
Water absorption	2N02	≥0,05 <0,20	≤3,00
		≥0,20 <0,30	≤3,00
		≥0,30 <0,40	≤3,00
		≥0,40 <0,50	≤2,00
		≥0,50 <0,60	≤2,00
		≥0,60 <0,80	≤2,00
		≥0,80 <1,00	≤1,00
		≥1,00 <1,20	≤1,00
		≥1,20 <1,60	≤1,00
		≥1,60 <2,00	≤0,5
		≥2,00 <2,40	≤0,5
		≥2,40 <3,20	≤0,5

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 doit correspondre aux données du Tableau 11.

Tableau 11 – Blanchiment au croisement des fibres

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigences
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 degré de polymérisation sont données au Tableau 12.

Tableau 12 – Température de transition vitreuse et degré de polymérisation

Propriété	Méthode d'essai (CEI 61189-2)	Exigences
Température de transition vitreuse	2M11	≥190 °C
Degré de polymérisation	2M03	Pas d'exigence

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 vérifier ce contrôle.

8.3 Contrôle de qualification

Les stratifiés équipés selon cette norme doivent être homologués. Les essais de qualification doivent être réalisés pour démontrer l'aptitude du fabricant à répondre aux exigences de cette norme. Les essais de qualification doivent être réalisés dans un laboratoire conforme aux exigences de la CEI. Une liste d'essais de qualification normale figure à l'Annexe C. Le fabricant doit conserver dans un fichier les données montrant que les matériaux satisfont à cette norme et doivent être aisément disponibles pour une révision sur demande.

7.5 Measling

When the laminate is tested in accordance with test method 2N01 of IEC 61189-2, the measle requirements shall be as shown in Table 11.

Table 11 – Measling

Property	Test method (IEC 61189-2)	Requirement
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 is 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)	Requirement
Glass transition temperature	2M11	≥190 °C
Cure factor	2M03	Not specified

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 standard 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 the fact that the materials meet this standard and shall be readily available for review upon request.

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 conforme aux indications de l'Annexe C.

Il est admis d'utiliser une combinaison des techniques suivantes pour démontrer la conformité aux 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 sur format papier ou électronique.

8.6 Fiche technique pour la sécurité

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

9 Emballage et marquage

Sauf spécification contraire dans l'ordre d'achat, les feuilles stratifiées doivent présenter une marque avec la désignation du fabricant, l'épaisseur nominale, le placage de cuivre 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 seulement.

Les feuilles ou les panneaux découpés de stratifiés composés de cuivre plaqué asymétrique doivent être marqués du côté du poids le plus important.

Les feuilles et les panneaux découpés 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 de feuilles ou de panneaux découpés doivent être marqués de manière à identifier clairement leur contenu.

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 with 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 Packaging and marking

Unless otherwise specified in the purchase order, laminated sheets shall be marked with the manufacturer's designation, nominal thickness, copper cladding and lot number. Marking shall remain legible during normal handling but be readily removable prior to use of the material.

Cut panels shall be identified by marking on the package only.

Sheets or cut panels of laminates comprised of asymmetric copper cladding shall be marked on the side of heaviest copper weight.

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

Packages of sheets and cut panels shall be marked in a manner to clearly identify the contents.

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 (voir 6.1.1)
- e) Classe de surfaces bosselées (voir 6.1.4)
- f) Classe de tolérance d'épaisseur (voir 6.3)
- g) Classe de stabilité dimensionnelle (voir 6.7)
- h) Classe de tolérance de dimensions (voir 6.9.2)
- i) Classe d'inflammabilité (voir 7.3)
- j) Demande de certification, si applicable (voir 8.5).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-11:2003

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 (see 6.1.1)
- e) Class of raised areas (see 6.1.4)
- f) Class of thickness tolerance (see 6.3)
- g) Class of dimensional stability (see 6.7)
- h) Class of panel size tolerance (see 6.9.2)
- i) Class of flammability (see 7.3)
- j) Request for certification if applicable (see 8.5).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61249-2-11:2003

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 seulement. Si des informations spécifiques sont requises par l'utilisateur, le fournisseur du matériau conforme à la présente norme doit être contacté pour fournir ces informations techniques spécifiques. Les utilisateurs de la présente norme sont invités à fournir des informations techniques supplémentaires à inclure dans des révisions futures de la présente norme.

Les matériaux conformes à cette norme 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 V – 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 general guideline for design and engineering purposes only. If specific information is required by the user, the supplier of the actual material to this standard shall be contacted for that specific engineering information. Users of this standard are encouraged to supply additional engineering information to be included in future revisions to this standard.

Materials according to this standard 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 V – 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