

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
326-3**

Deuxième édition
Second edition
1991-04

Cartes imprimées

Partie 3:

Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3:

Design and use of printed boards



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 326-3: 1991

Validité de la présente publication

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

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles auprès du Bureau Central de la CEI.

Les renseignements relatifs à ces révisions, à l'établissement des éditions révisées et aux amendements peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et dans les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
Publié annuellement
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 50: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI), qui se présente sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande. Voir également le dictionnaire multilingue de la CEI.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit tirés du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la CEI 27: *Symboles littéraux à utiliser en électro-technique*;
- la CEI 417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*;
- la CEI 617: *Symboles graphiques pour schémas*;

et pour les appareils électromédicaux,

- la CEI 878: *Symboles graphiques pour équipements électriques en pratique médicale*.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit tirés de la CEI 27, de la CEI 417, de la CEI 617 et/ou de la CEI 878, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même comité d'études

L'attention du lecteur est attirée sur les listes figurant à la fin de cette publication, qui énumèrent les publications de la CEI préparées par le comité d'études qui a établi la présente publication.

Validity of this publication

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

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available from the IEC Central Office.

Information on the revision work, the issue of revised editions and amendments may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
Published yearly
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC 50: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field. Full details of the IEV will be supplied on request. See also the IEC Multilingual Dictionary.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications:

- IEC 27: *Letter symbols to be used in electrical technology*;
- IEC 417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets*;
- IEC 617: *Graphical symbols for diagrams*;

and for medical electrical equipment,

- IEC 878: *Graphical symbols for electromedical equipment in medical practice*.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC 27, IEC 417, IEC 617 and/or IEC 878, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same technical committee

The attention of readers is drawn to the end pages of this publication which list the IEC publications issued by the technical committee which has prepared the present publication.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
326-3**

Deuxième édition
Second edition
1991-04

Cartes imprimées

Partie 3:
Etudes et application des cartes imprimées

Printed boards

Part 3:
Design and use of printed boards

© CEI 1991 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XA**

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

AVA Documents
Document Sharing Hub

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	4
INTRODUCTION	6
Articles	
1 Domaine d'application	8
2 Références normatives	8
3 Matériaux et finitions de surface	10
3.1 Matériaux	10
3.2 Revêtements métalliques de finition	20
3.3 Revêtements non métalliques de finition	22
4 Montage	36
5 Dimensions	38
5.1 Système de référence	38
5.2 Dimensions extérieures des cartes imprimées	38
5.3 Epaisseur de la carte	38
5.4 Dimensions des trous	42
5.5 Dimensions des fentes et encoches	44
5.6 Dimensions des conducteurs	44
5.7 Stabilité dimensionnelle	54
6 Caractéristiques électriques	56
6.1 Résistance	56
6.2 Intensité maximale admissible	60
6.3 Résistance d'isolement	70
6.4 Tension de tenue	72
6.5 Autres caractéristiques électriques	76
7 Caractéristiques mécaniques	76
7.1 Adhérence de l'impression conductrice	76
7.2 Planéité	80
8 Divers	82
8.1 Brasage tendre	82
8.2 Décollement interlaminaire	86
8.3 Inflammabilité	86
9 Emballage des cartes imprimées	94
9.1 Généralités	94
9.2 Matériaux	96
9.3 Processus d'application	98
Figures	100
Annexe A – Détermination des dimensions des fenêtres d'accès dans un revêtement protecteur permanent	104

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
Clause	
1 Scope	9
2 Normative references	9
3 Materials and surface finishes	11
3.1 Materials	11
3.2 Metallic surface finishes	21
3.3 Non-metallic surface finishes	23
4 Assembly	37
5 Dimensions	39
5.1 Datum reference	39
5.2 Outline dimensions of printed boards	39
5.3 Board thickness	39
5.4 Dimensions of holes	43
5.5 Dimensions of slots and notches	45
5.6 Dimensions of conductors	45
5.7 Dimensional stability	55
6 Electrical characteristics	57
6.1 Resistance	57
6.2 Current-carrying capacity	61
6.3 Insulation resistance	71
6.4 Voltage proof	73
6.5 Other electrical characteristics	77
7 Mechanical characteristics	77
7.1 Adhesion of the conductive pattern	77
7.2 Flatness	81
8 Miscellaneous	83
8.1 Soldering	83
8.2 Delamination	87
8.3 Flammability	87
9 Packaging of printed boards	95
9.1 General	95
9.2 Packaging materials	97
9.3 Procedures	99
Figures	100
Annex A – Determination of size of access window in permanent protective coating	105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CARTES IMPRIMÉES

Partie 3: Etudes et application des cartes imprimées

AVANT-PROPOS

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

La présente partie de la Norme internationale CEI 326 a été établie par le Comité d'Etudes n° 52 de la CEI: Circuits imprimés.

Cette deuxième édition de la CEI 326-3 remplace la première édition parue en 1980. Cette nouvelle édition comprend la première édition, la CEI 326-3A (1982) ainsi que la Modification n° 1 (octobre 1984).

Le texte de cette partie est aussi issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapports de vote
52(BC)299 52(BC)335 I + II	52(BC)307 + 307A 52(BC)349

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette partie.

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

PRINTED BOARDS
Part 3: Design and use of printed boards

FOREWORD

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

This part of the International Standard IEC 326 has been prepared by of IEC Technical Committee No. 52: Printed circuits.

This second edition of IEC 326-3 replaces the first edition issued in 1980. This new edition includes the first edition, IEC 326-3A (1982), and Amendment No.1 (October 1984).

The text of this part is also based on the following documents:

Six Months' Rule	Reports on Voting
52(CO)299 52(CO)335 I + II	52(CO)307 + 307A 52(CO)349

Full information on the voting for the approval of this part can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

Annex A is for information only.

INTRODUCTION

La CEI 326 est applicable aux cartes imprimées, quelle qu'en soit la méthode de fabrication, prêtes au montage des composants. Elle est divisée en parties distinctes couvrant l'information du concepteur, les recommandations au rédacteur de spécifications, les méthodes d'essai et exigences pour les différents types de cartes imprimées, par exemple les cartes imprimées rigides simple face, double face et multicouches, les cartes imprimées souples simple face, double face et multicouches et les cartes imprimées flexorigides double face et multicouches.

Cette partie de la CEI 326 contient les informations fondamentales pour l'étude et l'application des cartes imprimées, leurs limitations techniques, les détails et caractéristiques auxquels on peut s'attendre et qui peuvent normalement être obtenus.

Cette partie de la CEI 326 constitue un guide pour le concepteur et l'utilisateur de cartes imprimées.

Les types de cartes imprimées couverts par cette partie de la CEI 326 comprennent:

- a) les cartes imprimées rigides ou souples simple face;
- b) les cartes imprimées rigides, souples ou flexorigides double face avec ou sans connexion transversale;
- c) les cartes imprimées multicouches rigides, souples ou flexorigides avec connexions entre couches par trous métallisés.

INTRODUCTION

IEC 326 is applicable to printed boards, irrespective of their method of manufacture, when they are ready for the mounting of components. It is divided into separate parts covering information for the designer, recommendations for the specification writer, test methods and requirements for the various types of printed boards, for example rigid single-sided, double-sided and multilayer printed boards, flexible single-sided, double-sided and multilayer printed boards and flex-rigid double-sided and multilayer printed boards.

This part of IEC 326 contains fundamental information on the design and the application of printed boards, their technical limitations and the features and characteristics which can normally be obtained and expected.

It is intended to be used for guidance to the designer and the user of printed boards.

Types of printed boards covered by this part of IEC 326 include:

- a) rigid or flexible single-sided printed boards;
- b) rigid, flexible or flex-rigid double-sided printed boards with or without interconnection through the board;
- c) rigid, flexible or flex-rigid multilayer printed boards with interconnections between layers made by plated-through holes.

CARTES IMPRIMÉES

Partie 3: Etudes et application des cartes imprimées

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 326 se rapporte à la conception et l'utilisation des cartes imprimées, indépendamment de leur procédé de fabrication.

Cette partie de la CEI 326 donne au concepteur et à l'utilisateur des cartes imprimées des informations en matière de spécification, conception et utilisation des cartes imprimées.

2 Références normatives

Les normes suivantes contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 326. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Toute norme est sujette à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 326 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des normes indiquées ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 65: 1985, *Règles de sécurité pour les appareils électroniques et appareils associés à usage domestique ou à usage général analogue, reliés à un réseau.*

CEI 97: 1970, *Système de grille pour circuits imprimés.*

CEI 171: 1964, *Paramètres fondamentaux des connecteurs pour plaquettes de câblage imprimé.*

CEI 194: 1988, *Termes et définitions concernant les circuits imprimés.*

CEI 216: *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques.*

CEI 249-1: 1982, *Matériaux de base pour circuits imprimés - Première partie: Méthodes d'essai.*

CEI 249-2: *Matériaux de base pour circuits imprimés - Deuxième partie: Spécifications.*

CEI 249-2-1: 1985, *Matériaux de base pour circuits imprimés - Deuxième partie: Spécifications - Spécification n° 1: Feuille de papier cellulose phénolique recouverte de cuivre de haute qualité électrique.*

CEI 321: 1970, *Guide pour la conception et l'utilisation des composants destinés à être montés sur des cartes de câblages et circuits imprimés.*

CEI 326-2: 1976, *Cartes imprimées - Deuxième partie: Méthodes d'essai.*

CEI 512-2: 1985, *Composants électromécaniques pour équipements électroniques: procédures d'essai de base et méthodes de mesure - Deuxième partie: Examen général, essais de continuité électrique et de résistance de contact, essais d'isolement et essais de contrainte diélectrique.*

CEI 695-1-1: 1982, *Essais relatifs aux risques du feu - Première partie: Guide pour la préparation des spécifications d'essai et des exigences pour l'estimation des risques du feu des produits électrotechniques - Guide général.*

PRINTED BOARDS

Part 3: Design and use of printed boards

1 Scope

This part of IEC 326 relates to the design and the application of printed boards, irrespective of their method of manufacture.

This part of IEC 326 gives recommendations to the designer and the user of printed boards on matters relating to the specification, design and application of printed boards.

2 Normative references

The following standards contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 326. At the time of publication, the editions indicated were valid. All standards are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 326 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the standards indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 65: 1985, *Safety requirements for mains operated electronic and related apparatus for household and similar general use.*

IEC 97: 1970, *Grid system for printed circuits.*

IEC 171: 1964, *Fundamental parameters of connectors for printed wiring boards.*

IEC 194: 1988, *Terms and definitions for printed boards.*

IEC 216: *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials.*

IEC 249-1: 1982, *Base materials for printed circuits – Part 1: Test methods.*

IEC 249-2: *Base materials for printed circuits – Part 2: Specifications.*

IEC 249-2-1: 1985, *Base materials for printed circuits – Part 2: Specifications. Specification No. 1: Phenolic cellulose paper copper-clad laminated sheet, high electrical quality.*

IEC 321: 1970, *Guidance for the design and use of components intended for mounting on boards with printed wiring and printed circuits.*

IEC 326-2: 1976, *Printed boards – Part 2: Test methods.*

IEC 512-2: 1985, *Electromechanical components for electronic equipment; basic testing procedures and measuring methods – Part 2: General examination, electrical continuity and contact resistance tests, insulation tests and voltage stress tests.*

IEC 695-1-1: 1982, *Fire hazard testing – Part 1: Guidance for the preparation of requirements and test specifications for assessing fire hazard electrotechnical products – General guidance.*

3 Matériaux et finitions de surface

3.1 Matériaux

3.1.1 Généralités

Il convient que le responsable de l'étude d'une carte imprimée choisisse des matériaux adéquats en prenant en considération:

- les méthodes de réalisation (soustractive, additive, semi-additive);
- le type de carte (simple face, double face, multicouche, souple, rigide ou flexo-rigide);
- les caractéristiques électriques;
- les caractéristiques mécaniques;
- les propriétés particulières, par exemple caractéristiques d'inflammabilité et de combustion, d'usinabilité, de flexibilité, etc.

La méthode de réalisation permet de déterminer quel matériau il y a lieu d'utiliser, plaqué (méthode sous-tractive) ou non plaqué (méthode additive ou semi-additive).

En conséquence, le matériau de base d'une carte imprimée sera:

- une planche de résine synthétique *plaquée cuivre* ou un film de polymère *plaqué cuivre* où les impressions conductrices sont obtenues par une élimination sélective de la feuille conductrice aux endroits non désirés, ou
- une planche de résine synthétique ou un film de polymère *non plaqué*, où les impressions conductrices sont obtenues par un dépôt sélectif de matériau conducteur sur le matériau de base non plaqué.

Dans le tableau 1, les critères qualitatifs sont donnés pour choisir les matériaux de base pour cartes imprimées. Ce tableau n'est pas exhaustif et ne couvre que les matériaux les plus généralement employés.

Tableau 1 – Premier guide pour le choix des matériaux de base pour cartes imprimées

	Cartes imprimées rigides				Cartes imprimées flexibles		
	Papier résine phénolique	Papier résine époxyde	Mat de verre résine polyester	Tissu de verre résine époxyde	Film de polyester	Film de polyimide	Film éthylène propylène perfluoré (FEP)
Caractéristiques mécaniques	0	0/+	+	++	NA	NA	NA
Caractéristiques électriques	0/+	+	+++	++	+++	++	?
Résistance aux températures élevées d'utilisation	+	0/+	+	++	0/++	+++	?
Résistance à une forte humidité en utilisation	0	0	+	+	+	+	++
Résistance aux températures de brasage	+	+	+	++	-	0/+	0
Où: ? signifie que les caractéristiques ne sont pas suffisamment connues pour figurer dans ce tableau; - peut créer des problèmes dans certaines conditions; 0 = assez bon, ne crée normalement pas de problèmes dans la plupart des applications; +, ++, +++ = bon, très bon, excellent; NA = non applicable.							

3 Materials and surface finishes

3.1 Materials

3.1.1 General

The engineer concerned with the design of a printed board should choose suitable materials taking into consideration:

- a) process to be used (subtractive, additive, semi-additive);
- b) type of board (single-sided, double-sided, multilayer, rigid, flexible or flex-rigid);
- c) electrical properties;
- d) mechanical properties;
- e) special properties, for example flammability and burning characteristics, machinability, flexibility, etc.

The process to be used determines whether a metal-clad base material (subtractive process) or an unclad base material (additive or semi-additive process) should be used.

Consequently, the material for printed boards will be:

- a) *copper-clad* synthetic resin bonded sheet or *copper-clad* polymeric film, where the conductive patterns are obtained by selective removal of the unwanted portions of the conductive foil, or
- b) *unclad* synthetic resin bonded sheet or polymeric film, where the conductive patterns are obtained by selective deposition of conductive material on unclad base material.

In table 1, qualitative criteria are given for choosing materials for printed boards. The table does not fully cover all materials, but only those in general use.

Table 1 – A first guide for choosing materials for printed boards

	Rigid printed boards				Flexible printed boards		
	Phenolic resin bonded paper	Epoxide resin bonded paper	Polyester resin bonded glass mat	Epoxide resin bonded glass fabric	Polyester film	Polyimide film	Fluorinated ethylene propylene film (FEP)
Mechanical properties	0	0/+	+	++	NA	NA	NA
Electrical properties	0/+	+	+++	++	+++	++	?
Resistance to high temperature during use	+	0/+	+	++	0/++	+++	?
Resistance to high humidity during use	0	0	+	+	+	+	++
Resistance to soldering + temperature	+	+	+	++	-	0/+	0
Where: ? means that insufficient data are at the moment available to fill this place in the table; - may cause problems under certain conditions; 0 = fair, will usually cause no problems for most applications; +, ++, +++ = good, very good, excellent; NA = non applicable.							

Il y a lieu d'utiliser de préférence les matériaux normalisés par la CEI. La CEI 249-2 comprend les spécifications des matériaux plaqués cuivre rigides et flexibles et des feuilles de matériaux de collage servant à la réalisation des cartes imprimées multicouches.

S'il n'existe pas de spécification reconnue pour le matériau requis, il convient d'établir une spécification particulière précisant ses caractéristiques.

Elle sera rédigée de préférence

- a) en utilisant les méthodes d'essai de la CEI 249-1;
- b) en suivant la disposition et la forme de la CEI 249-2;
- c) en liaison avec le fournisseur du matériau.

Quand des propriétés particulières sont essentielles, il convient que celles-ci soient définies et spécifiées conjointement avec le fournisseur de matériau.

3.1.2 Description générale des matériaux pour cartes imprimées

Quand les températures maximales d'utilisation sont citées dans les descriptions suivantes, ces températures ne sont données qu'à titre indicatif et n'impliquent pas que des modifications brusques des performances ou des degrés de vieillissement se produiront si elles sont dépassées.

En outre, il convient de noter que certaines propriétés des matériaux peuvent être influencées par des facteurs tels que la conception de la carte imprimée (par exemple l'épaisseur de la carte, l'importance et la répartition du métal, le nombre de couches, l'épargne de brasage, etc.) la méthode de réalisation (par exemple le procédé de stratification des cartes imprimées multicouches), au point que les cartes imprimées terminées aient des propriétés qui diffèrent considérablement de celles du matériau de départ.

Pour une définition précise des caractéristiques thermiques des matériaux, se référer à la CEI 216.

3.1.2.1 Matériaux plaqués cuivre pour cartes imprimées rigides

Papier-résine phénolique

Ce matériau est fabriqué dans une grande variété de grades. La plupart de ces grades sont utilisables jusqu'à des températures d'environ 70 °C à 105 °C, suivant le grade et l'épaisseur, encore que des utilisations de longue durée à des températures proches de ce maximum puissent causer une dégradation de quelques-unes de leurs propriétés. Une carbonisation peut toutefois résulter d'un chauffage excessif, et la résistance d'isolement peut tomber à un niveau très bas sur la surface affectée; de telles sources de chaleur sont, par exemple, les résistances à forte dissipation.

Dans la plage normale de température, un noircissement important peut se produire et ce phénomène n'est pas nécessairement attribuable à la carbonisation. La lumière du soleil noircit également ces matériaux. Dans ces cas, aucune perte de propriété n'est enregistrée.

L'exposition à une forte humidité réduit d'une manière importante la résistance d'isolement de ces matériaux; toutefois, cette tendance s'inverse quand l'humidité retombe à une valeur plus basse.

Preferably, the materials standardized in the IEC should be used. IEC 249-2 contains specifications for rigid and flexible copper-clad base materials and for bonding sheet materials for use in the manufacture of multilayer printed boards.

If there is no recognized specification available for the required material, a suitable specification sheet detailing its properties should be prepared.

This should be done preferably

- a) using the methods of test in IEC 249-1;
- b) following the layout and format of IEC 249-2;
- c) in conjunction with the material supplier.

Where special properties are essential, they should be defined and specified in conjunction with the material supplier.

3.1.2 *General description of materials for printed boards*

Where maximum operating temperatures are quoted in the following descriptions, they are intended only for guidance, and do not imply that abrupt changes in performance or in rates of ageing will occur if they are exceeded.

Furthermore, it should be noted that certain material properties may be influenced by factors, such as the design of the printed board (for example board thickness, amount and distribution of metal, number of layers, solder resist, etc.) and production processes (for example laminating process of multilayer printed boards) to such an extent that the readily processed printed boards exhibit properties which differ considerably from the original material properties.

For a precise definition of the thermal characteristics of materials, refer to IEC 216.

3.1.2.1 *Copper-clad base materials for rigid printed boards*

Phenolic resin bonded paper

This material is manufactured in various grades. Most grades are suitable for use at temperatures up to approximately 70 °C to 105 °C, depending on the grade and the thickness although long-term operation at temperatures towards the higher end of this range may cause a degradation of some properties. Excessive heating, however, can result in carbonization and, in the areas affected, the insulation resistance may fall to a very low level; sources of such heat are, for example, hot resistors.

Within the normal temperature range, a severe darkening can occur and this might not be due to carbonization. Sunlight also darkens these materials. In these instances no loss of properties is involved.

Exposure to high humidity significantly reduces the insulation resistance of these materials although this condition reverses when the humidity falls to a lower value.

Papier-résine époxyde

Ce matériau a certaines propriétés électriques ou non électriques améliorées, si on le compare au papier-résine phénolique, avec en plus une meilleure usinabilité et de meilleures caractéristiques mécaniques. Il est utilisable jusqu'à des températures de l'ordre de 90 °C à 110 °C suivant l'épaisseur.

Mat de verre-résine polyester

La plupart des caractéristiques mécaniques de ce matériau sont plus basses que celles des matériaux à base de tissu de verre, mais généralement plus élevées que celles des matériaux à base de papier.

Il est cependant très résistant au choc. Ses caractéristiques électriques sont bonnes dans une large bande de fréquences et sont maintenues en présence d'une forte humidité. La résistance au cheminement et à l'arc dépend du grade choisi. La plupart des grades sont utilisables jusqu'à des températures de l'ordre de 100 °C à 105 °C.

Tissu de verre-résine époxyde

Les caractéristiques mécaniques de ce matériau sont meilleures que celles des matériaux à base de papier, particulièrement en ce qui concerne la contrainte de flexion, la résistance au choc, la stabilité dimensionnelle dans les trois axes, la planéité et une plus grande résistance au choc thermique provoqué par le brasage. Les caractéristiques électriques de ce matériau sont également bonnes. La plupart des grades peuvent être utilisés jusqu'à des températures d'environ 130 °C et sont moins affectés par les conditions d'environnement défavorables (humidité).

3.1.2.2 Matériaux plaqués cuivre pour cartes imprimées souples

Certaines caractéristiques données peuvent être modifiées profondément par le système adhésif utilisé.

Lorsqu'une carte imprimée est constituée de parties rigides et de parties flexibles, les matériaux utilisés pour les cartes rigides (3.1.2.1), ceux utilisés pour les cartes flexibles (3.1.2.2), et ceux utilisés pour les multicouches (3.1.2.3), peuvent être réunis dans une construction unique.

Film de polyester

La caractéristique pour laquelle ce matériau est généralement utilisé est sa flexibilité. Sa qualité particulière est qu'il peut être chauffé de manière à former un trainard rétractable. A condition qu'un adhésif approprié soit utilisé, ce matériau peut être utilisé jusqu'à des températures de l'ordre de 80 °C à 130 °C, suivant le grade. Pendant le brasage, une attention soutenue est nécessaire parce que ce film a tendance à se ramollir et à se déformer à la température de brasage.

Il a des caractéristiques électriques excellentes, qui sont maintenues quand le matériau est exposé à une forte humidité.

Film de polyimide

Ce matériau a une bonne flexibilité et peut être brasé sans dommage à condition que l'humidité absorbée soit d'abord éliminée par préchauffage. De tels films avec enduction

Epoxide resin bonded paper

This material has certain improved properties, both electrical and non-electrical, compared with phenolic resin bonded paper, including better machinability and mechanical properties. It is suitable for use at temperatures up to approximately 90 °C to 110 °C, depending on the thickness.

Polyester resin bonded glass mat

Most mechanical properties of this material are lower than those of materials based on glass fabrics but generally higher than those of paper-based materials.

It is, however, highly resistant to impact. Its electrical properties are good over a wide frequency range and these are maintained when it is exposed to high humidity. Its resistance to tracking and arcing is dependent on the grade selected. Most grades are suitable for use at temperatures up to approximately 100 °C to 105 °C.

Epoxide resin bonded glass fabric

The mechanical properties of this material are better than paper-based materials particularly with regard to flexural strength, resistance to impact, dimensional stability in all three major axes, flatness and greater resistance to the thermal shock caused by soldering. The electrical properties of this material are also good. Most grades can be used up to temperatures of approximately 130 °C and are less affected by adverse environmental conditions (humidity).

3.1.2.2 Copper-clad base materials for flexible printed boards

Certain properties may be modified significantly by the adhesive system used.

When printed boards contain both flexible and rigid sections in the same board, materials used for rigid printed boards (3.1.2.1), flexible printed boards (3.1.2.2) and multilayer printed boards (3.1.2.3), may be combined in a single construction.

Polyester film

The characteristic for which this material is generally used is its flexibility. Its useful feature is that it can be heat set to form retractable coils. Provided that suitable adhesives are employed, this material can be used at temperatures up to approximately 80 °C to 130 °C, depending on the grade. When soldering, considerable care is needed as the film tends to soften and distort at soldering temperatures.

It has excellent electrical properties and these are well maintained when the material is exposed to high humidity.

Polyimide film

This material has good flexibility and can be safely soldered provided absorbed moisture is first removed by pre-heating. Normal adhesive bonded types can be used at up to

d'adhésifs ordinaires peuvent être utilisés jusqu'à des températures d'utilisation continue d'environ 150 °C, mais des films avec enduction d'adhésifs spéciaux fusibles, utilisant un film intermédiaire d'éthylène propylène perfluoré (FEP), peuvent être utilisés jusqu'à des températures d'environ 250 °C.

Une qualité spéciale sans adhésif est disponible pour des températures plus élevées. Les caractéristiques électriques du polyimide sont excellentes, mais sont susceptibles d'être affectées par l'humidité absorbée.

Film d'éthylène propylène perfluoré (FEP)

Ce film est normalement combiné avec un polyimide ou des fibres de verre pour former un stratifié ayant une bonne flexibilité et une stabilité aux températures de brasage n'excédant pas 250 °C, mais il peut être aussi utilisé seul. Ce matériau est un thermoplastique dont la température de fusion est d'environ 290 °C. Il a une excellente résistance à l'humidité, aux acides, aux alcalis et solvants organiques. Son principal désavantage est qu'aux températures de stratification, les pistes conductrices sont susceptibles de bouger pendant l'opération.

3.1.2.3 Adhésifs pour les cartes imprimées souples

Les adhésifs spécifiés pour le collage des couches et couches de fermeture des circuits imprimés flexibles multicouches peuvent être des thermodurcissables ou des thermoplastiques. Les adhésifs choisis doivent être compatibles avec les matériaux à assembler et avec les performances requises du circuit imprimé flexible.

Le choix d'un adhésif approprié dépend de paramètres tels que le type du circuit imprimé flexible, les exigences pour l'interconnexion, les exigences pour la flexion (statique/dynamique), la température de fonctionnement, l'humidité, le coût, etc.

3.1.2.4 Matériau pour les couches de fermeture des cartes imprimées souples

Des couches de fermeture sont utilisées sur les cartes imprimées flexibles pour enfermer les conducteurs des faces et améliorer les propriétés électriques des cartes imprimées flexibles ou en prévenir la dégradation.

La couche de fermeture et son collage sont habituellement de même nature que ceux constituant le matériau de base. La couche de fermeture choisie doit être compatible avec les matériaux utilisés et les performances requises du circuit imprimé flexible.

Pour le choix des matériaux de la couche de fermeture, voir 3.3.3.

3.1.2.5 Matériaux pour cartes imprimées multicouches

Les cartes imprimées multicouches sont constituées de couches avec impressions conductrices alternées avec des couches de matériau isolant, le nombre de couches avec impressions conductrices étant plus grand que deux. Elle sont fabriquées à partir de cartes imprimées élémentaires minces (simple ou double face) stratifiées ensemble à l'aide de feuilles de collage isolantes. Ces feuilles de collage sont des feuilles de matériau tel que le tissu de verre, imprégné avec une résine sous-polymérisée qui sera polymérisée complètement lors de l'étape finale de stratification de la carte imprimée multicouche.

approximately 150 °C continuous operating temperature, but a special fusion-bonded type, using an intermediate film of fluorinated ethylene propylene (FEP), can be used at temperatures up to approximately 250 °C.

A special purpose no adhesive version is available for higher temperatures. The electrical properties of polyimide are excellent but may be affected by moisture absorption.

Fluorinated ethylene propylene film (FEP)

This film is usually combined with polyimide or glass fibre to form laminates with good flexibility and stability at soldering temperatures not exceeding 250 °C, but it may also be used unsupported. The material is a thermoplastic with melting temperature of about 290 °C. It has excellent resistance to moisture, acids, alkalis and organic solvents. Its main disadvantage is that at laminating temperatures, during processing, the conductors are liable to move.

3.1.2.3 Adhesives for flexible printed boards

Adhesives specified for bonding of coverlayers and layers of flexible multilayer printed boards may be thermosetting or thermoplastic. The adhesive selected should be compatible with the material to be bonded and with the performance requirements of the flexible printed board.

The choice of a suitable adhesive depends on factors such as type of flexible printed board, through connection requirements, bending requirements (static/dynamic), operating temperature, humidity, cost, etc.

3.1.2.4 Coverlayer materials for flexible printed boards

Coverlayers are used in flexible printed boards to capture surface conductors and to improve and/or maintain electrical properties of the flexible printed board.

The coverlayer and adhesive system is usually the same as used in the base material. The coverlayer selected should be compatible with the materials used and with the performance requirements of the flexible printed board.

For selecting coverlayer materials see 3.3.3.

3.1.2.5 Materials for multilayer printed boards

Multilayer printed boards consist of alternate layers of conductive patterns and insulating material with conductive patterns in more than two layers. They are built up with individual thin printed boards (single-sided or double-sided) bonded together with insulating bonding sheets. These bonding sheets consist of sheet material, for example glass fabric, impregnated with a semi-cured resin which will be cured to the final stage when the multilayer printed board is being laminated.

Matériau plaqué cuivre tissu de verre-résine époxyde

Les matériaux plaqués cuivre utilisés pour les couches de cartes imprimées élémentaires minces sont fondamentalement les mêmes que ceux qui sont utilisés pour les cartes imprimées simple ou double face. Ordinairement, ils sont plus minces que les matériaux utilisés pour les cartes imprimées simple ou double face et les épaisseurs normalisées comportent une gamme au lieu de quelques épaisseurs fixes. Ils ont les mêmes caractéristiques fondamentales que les matériaux correspondants qui sont décrits plus haut.

Feuilles de tissu de verre préimprégné de résine époxyde

Les feuilles de collage sont des feuilles d'un matériau (par exemple un tissu de verre imprégné de résine sous-polymérisée) qui est complètement polymérisé au stade final quand la carte imprimée multicouche est stratifiée. Elles acquièrent donc leurs caractéristiques finales seulement après stratification. Il convient de noter, cependant, que les méthodes de fabrication et la conception de la carte imprimée multicouche peuvent avoir une influence considérable sur les propriétés du matériau.

3.1.2.6 Matériaux spéciaux et matériaux nouveaux

En plus des matériaux décrits ici, il y a des matériaux spéciaux et des matériaux nouveaux sur le marché, qui ne sont pas ou n'ont pas encore été normalisés.

NOTE - Un exemple de matériau spécial est le verre tissé-résine silicone qui est utilisable jusqu'à des températures d'environ 180 °C.

Puisque l'évolution de ces matériaux spéciaux et de ces matériaux nouveaux est en cours, aucune description générale les concernant ne peut être donnée ici. Pour leur utilisation, il est nécessaire de consulter les fournisseurs.

3.1.3 Propriétés particulières

3.1.3.1 Usinabilité

Les normes des matériaux ne donnent pas d'information sur l'usinabilité; elles mentionnent seulement que, suivant les recommandations du fabricant, les stratifiés doivent pouvoir être poinçonnés, cisailés ou percés sans décollement interlaminaire. L'usinabilité de ces différents matériaux peut, cependant, être différente. Quelques matériaux sont même disponibles dans différents grades d'usinabilité. Certains matériaux, par exemple, peuvent être poinçonnés à la température ambiante, alors que d'autres ne peuvent être poinçonnés qu'à des températures élevées. Il est donc nécessaire d'observer les recommandations du fournisseur.

3.1.3.2 Inflammabilité

Quelques matériaux sont disponibles avec une inflammabilité définie. Il y a différents grades d'inflammabilité, dont les détails sont donnés dans la spécification particulière, par exemple dans la CEI 249-2.

Il convient, toutefois, de bien remarquer que les caractéristiques d'inflammabilité des matériaux de base ne sont données qu'à titre indicatif et peuvent différer considérablement de celles des cartes imprimées terminées. La conception de la carte imprimée (par exemple les dimensions de la carte, la quantité et la distribution du métal, le nombre de couches, etc.) a une grande influence sur les caractéristiques d'inflammabilité. Normalement les cartes imprimées ont une meilleure tenue à la flamme que le matériau seul, c'est-à-dire que le risque d'incendie est plus faible. Pour de plus amples détails, voir 8.3.

Copper-clad epoxide resin bonded glass fabric

The copper-clad base materials used for the individual thin printed boards are basically the same as those used for single and double-sided printed boards. Usually they are thinner than the materials used for single and double-sided printed boards and their thickness is standardized in ranges instead of a few fixed values. They have the same basic properties as the relevant materials described above.

Epoxide resin impregnated glass fabric bonding sheets

The bonding sheets consist of sheet material (for example glass fabric impregnated with a semi-cured resin) which will be cured to the final stage when the multilayer printed board is being laminated. They show their final properties, therefore, only after lamination. It should be noted, however, that the production processes and the design of the multilayer printed board may influence the material properties considerably.

3.1.2.6 *Special materials and new materials*

Besides the materials described here there are special materials and new materials on the market which are not or have not yet been standardized.

NOTE - An example of a special material is the silicone resin bonded glass fabric which is suitable for temperature up to approximately 180 °C.

Since development is in progress, no general description of special materials and new materials can be given here. For the use of these materials, consultation with the supplier of the material is necessary.

3.1.3 *Some particular properties*

3.1.3.1 *Machinability*

The material standards do not contain details for the machinability. They state only that the laminates shall be capable of being punched, sheared or drilled without delamination, in accordance with the manufacturer's recommendations. The machinability of the various materials may, however, be different. Some of the materials are even available in different grades of machinability. For example, certain materials may be punched at room temperature while others can only be punched at elevated temperatures. It is, therefore, necessary to observe the supplier's recommendations.

3.1.3.2 *Flammability*

Some of the materials are available, with defined flammability. There are different grades of flammability. Their details are given in the relevant specification, for example in IEC 249-2.

It should duly be noted, however, that the flammability characteristics of the base material are given for guidance only and may differ considerably from those of the fully processed printed board. The design of the printed board (for example, board dimensions, amount and distribution of metal, number of layers, etc.) has a big influence on the flammability characteristic. Normally, the printed board will be better than the base materials alone, i.e. the fire risk will be lower. For further details, see 8.3.

3.2 Revêtements métalliques de finition

Les revêtements métalliques de finition sont utilisés pour protéger la surface métallique (cuivre), pour assurer sa brasabilité et, dans quelques procédés, comme épargne résistant à l'agent de gravure (par exemple dans la fabrication des cartes à trous métallisés).

Ils peuvent aussi être utilisés comme surface de contact pour les connecteurs ou comme plage d'accueil pour les composants montés en surface.

3.2.1 Matériaux

Il convient de choisir pour l'impression conductrice une finition en rapport avec l'utilisation de la carte imprimée. Le type de finition peut influencer le procédé de fabrication, les coûts de production et les caractéristiques de la carte imprimée, par exemple le comportement en stockage, la brasabilité, les caractéristiques de contact.

Des exemples de revêtements de finition largement utilisés sont donnés ci-dessous:

a) Cuivre (sans revêtement additionnel)

Utilisé pour tous les types de cartes imprimées sans prescription particulières de finition. Un revêtement de protection temporaire est généralement appliqué. Les valeurs recommandées pour l'épaisseur du revêtement en cuivre dans les trous métallisés sont données en 5.4.2.

b) Etain

Utilisé pour préserver la brasabilité. On emploie en général des épaisseurs de 5 µm à 15 µm.

c) Etain-plomb (électrodéposé brut ou fondu)

Utilisé pour préserver la brasabilité. L'épaisseur obtenue dépend du procédé utilisé: 5 µm à 25 µm généralement pour un dépôt électrolytique brut, épaisseur qui peut descendre au-dessous de 1 µm localement si ce dépôt est fondu, ou s'il est appliqué au trempé ou par le procédé au rouleau chaud. Ces zones de faible épaisseur sont principalement les angles entre pastilles et parois des trous métallisés; la brasabilité peut y être inférieure à celle des autres surfaces.

L'alliage eutectique étain-plomb, avec 63 % d'étain et le complément de plomb, a le plus bas point de fusion. Dans la pratique, la proportion acceptable d'étain s'étend de 55 % à 75 %, le reste étant du plomb.

La brasabilité des revêtements étain-plomb se dégrade progressivement au cours du stockage.

Les excès de dépôt peuvent être enlevés par jets d'air chaud ou d'huile chaude.

Il convient de noter par contre que les caractéristiques dimensionnelles (par exemple la planéité) d'une carte imprimée peuvent être modifiées par une exposition à la chaleur (telle que celle utilisée pour la fusion de l'étain-plomb électrodéposé).

d) Or

Utilisé en général sur une barrière de diffusion (par exemple de nickel), souvent pour des commutateurs ou des contacts de bord imprimés. Les caractéristiques nécessaires pour utiliser l'or comme surface de contact, telles que l'épaisseur, la dureté, la résistance au frottement, les caractéristiques de contact, etc., dépendent de nombreux facteurs (voir en 3.2.3 les remarques générales sur les contacts imprimés).

3.2 *Metallic surface finishes*

Metallic finishes are used to protect the metal (copper) surface, to provide solderability and in some processes as a resist against etchant fluids (as in plated-through hole production).

They can also be used as a contact surface for connectors or as a bonding layer for surface mounted devices.

3.2.1 *Materials*

A suitable finish for the conductive pattern should be chosen, depending on the application of the printed board. The type of the surface finish may influence the production process, the production costs and the properties of the printed board, for example shelf life, solderability, contact properties.

Examples of widely used surface finishes are given below:

a) *Copper (without additional plating)*

It is used for all kinds of printed boards without finish requirements. Usually a temporary protective coating is applied. Recommended values for the thickness of copper plating in plated-through holes are given in 5.4.2.

b) *Tin*

It is used to preserve solderability. Thicknesses of 5 μm to 15 μm are normally applied.

c) *Tin-lead (electroplated or solder)*

It is used to preserve solderability. The thickness obtained depends on the process applied. When electroplated, the thickness of the tin-lead as deposited lies usually between 5 μm and 25 μm . Where electroplated tin-lead is fused or where tin-lead is applied by solder bath or hot roller coating, the thickness may locally be below 1 μm . These areas are mainly located at the transition between land and hole-wall. The solderability at this transition may be inferior to that at other areas.

The eutectic composition of tin-lead with 63 % tin, remainder lead has the lowest melting point. In practice an acceptable range of compositions is 55 % - 75 % tin, remainder lead.

Solderability of tin-lead will gradually be impaired by storage.

Excess tin-lead plating or solder may be removed by hot air or hot oil spray.

It should be noted, however, that the dimensional characteristics (for example flatness) of a printed board may be affected by thermal exposure (such as solder fusing).

d) *Gold*

Usually on a diffusion barrier layer, for example nickel, is often used for switch and edge board contacts. The characteristics necessary for gold as a contact surface, such as thickness, hardness, wear resistance, contact properties, etc., depend on many factors, (see in 3.2.3 the general remarks on printed contacts).

L'or est parfois déposé sur des portions de l'impression conductrice autres que des contacts. Il y a alors lieu de prendre des précautions si ces zones doivent être brasées. Le brasage sur or peut poser de graves problèmes, tant du point de vue de la qualité du joint brasé que de la pollution du bain de brasage, dus au fait que l'or s'allie facilement à l'étain plomb.

e) *Autres finitions de surface*

Le palladium, le rhodium sur nickel et l'or sur étain-nickel, par exemple, sont aussi utilisés pour les contacts imprimés. Il convient de tenir compte des remarques générales concernant les contacts imprimés données en 3.2.3.

3.2.2 *Adhérence, épaisseur, porosité*

L'adhérence et l'épaisseur d'un dépôt quelconque sur l'impression conductrice peuvent être contrôlées à l'aide de l'essai 13a ou de l'essai 13b (adhérence) et de l'essai 13f (épaisseur) de la CEI 326-2. Il convient cependant de faire attention, en spécifiant la porosité selon les essais 13c, 13d ou 13e, au fait que l'applicabilité réelle et le niveau de confiance des conclusions tirées des résultats d'essai sont très limités.

3.2.3 *Contacts imprimés*

Lorsque des contacts imprimés sont utilisés, il y a lieu de prendre soin d'utiliser un type de revêtement compatible avec celui du contact de la contrepartie femelle correspondante. Aucune règle générale ne peut être donnée, car le placage approprié dépend de plusieurs facteurs dont la plupart sont interdépendants, tels que:

- le type de placage de la contrepartie;
- la conception de contrepartie (forme, pression de contact, etc.);
- l'endurance, le nombre d'opérations probables;
- les exigences électriques (par exemple résistance de contact);
- les exigences mécaniques (par exemple forces d'insertion et d'extraction);
- les conditions d'environnement.

Il convient que la surface métallique du contact imprimé soit bien lisse et ne présente aucun défaut créant une réduction des propriétés électriques ou mécaniques. Si nécessaire, cela peut être vérifié par contrôle visuel (essai 1 de la CEI 326-2). Quand seule une zone de contact limitée est importante, on peut utiliser un masque de contrôle; un exemple est donné à la figure 1.

3.3 *Revêtements non métalliques de finition*

Les revêtements non métalliques de finition sont utilisés pour protéger la carte imprimée. Des épargnes de brasage sont ajoutées pour empêcher le mouillage des conducteurs par la brasure en dehors de zones réservées pour l'établissement des connexions.

3.3.1 *Généralités*

Un nettoyage inadapté peut donner lieu à une perte d'adhérence lorsque la carte revêtue est exposée à des conditions d'humidité élevée. La perte d'adhérence commence en général à se manifester, alors, par l'apparition de points isolés ou de taches visibles à l'interface entre revêtement et substrat, qui révèlent leur séparation («mealing»).

Occasionally gold is deposited on portions of the conductive pattern other than contacts. Care should be taken when the portions are intended to be soldered. Soldering on the gold may cause severe problems for the solder joint as well as for the solder bath due to the gold alloying with the tin-lead.

e) *Other finishes*

For example, palladium, rhodium on nickel and gold on tin-nickel are also used for printed contacts. The general remarks on printed contacts given in 3.2.3 should be observed.

3.2.2 *Adhesion, thickness, porosity*

Adhesion and thickness of any plating on the conductive pattern may be verified using Test 13a or 13b (adhesion) and Test 13f (thickness) of IEC 326-2. Care should be taken, however, in specifying the porosity Tests 13c, 13d or 13e, since feasibility of application and confidence level of conclusions to be drawn from the test results are very limited.

3.2.3 *Printed contacts*

Where printed contacts are used, care should be taken to apply a type of plating compatible with the plating on the mating counterpart contact. No general rule can be given since the appropriate plating depends on several factors most of which are interrelated, for example:

- type of plating of the counterpart
- design of counterpart (shape, contact pressure, etc.);
- endurance, number of operations expected;
- electrical requirements (for example contact resistance);
- mechanical requirements (for example insertion/withdrawal forces);
- environmental conditions.

The metal surface of the printed contact should be smooth and free from defects likely to cause reduction in either electrical or mechanical properties. If necessary, this may be verified by visual examination, Test 1 of IEC 326-2. Where only a limited contact zone is important, an inspection mask may be used, an example is given in figure 1.

3.3 *Non-metallic surface finishes*

Non-metallic coating materials are used to protect the printed board. Additionally solder resists are used to prevent wetting of conductors except on areas deliberately formed for connection purposes.

3.3.1 *General*

Improper cleaning may give rise to loss of adhesion when the coated assembly is exposed to high humidity conditions. Loss of adhesion then usually starts manifesting itself by the occurrence of discrete spots or patches visible at the interface of the coating and its substrate, revealing a separation between them ("mealing").

Il est extrêmement important que les cartes imprimées soient efficacement nettoyées avant l'application de tout revêtement. La résistance d'isolement d'une carte imprimée contaminée par des substances organiques ou non ne peut pas être améliorée par un revêtement.

Un revêtement, sauf s'il est choisi et appliqué de façon appropriée, peut conduire à une dégradation de la carte imprimée au point de vue de l'inflammabilité, de la résistance d'isolement, des caractéristiques électriques en haute fréquence, etc.

3.3.2 *Revêtements de protection temporaire*

3.3.2.1 *Revêtement temporaire préservant la brasabilité*

C'est un revêtement utilisé pour préserver la brasabilité de l'impression conductrice. Il est généralement employé lorsque la surface de l'impression conductrice n'est pas couverte par un revêtement métallique bien brasable et conservant cette bonne brasabilité durant le temps nécessaire. Exemple: cuivre nu.

Selon le matériau utilisé, le revêtement de protection temporaire peut, soit être retiré avant le brasage, soit servir de flux. Les revêtements de protection temporaire non retirés avant fluxage sont à base d'une résine soluble dans le solvant du flux.

Un séchage poussé ou un stockage de longue durée, ou bien un apport important de chaleur, comme lors du brasage de la carte en phase vapeur, peut modifier certains revêtements à base de résine au point qu'ils ne se dissolvent plus suffisamment durant les quelques instants séparant le fluxage du brasage et que le résultat du brasage est dégradé.

L'épaisseur des revêtements à base de résine est généralement moindre à la jonction entre le fût du trou et la pastille. La brasabilité des trous métallisés peut se dégrader dans le temps plus rapidement à cet endroit qu'ailleurs.

Pour ces raisons, la compatibilité de ces revêtements avec les traitements prévus, c'est-à-dire les procédés de séchage, le fluxage, le brasage ou la refusion, doit être considérée soigneusement.

3.3.2.2 *Épargne de brasage temporaire*

C'est un revêtement généralement appliqué par sérigraphie avant l'opération de brasage et destiné à couvrir des zones définies de la carte imprimée pour empêcher le mouillage par l'alliage de l'impression conductrice dans ces zones.

Exemple: épargne de brasage temporaire sur les zones de la carte revêtues d'un métal noble.

En outre, de tels revêtements peuvent également être utilisés pour éviter que ces zones soient endommagées durant la fabrication et le stockage.

Les épargnes de brasage temporaires peuvent être retirées par pelage ou par immersion dans un solvant approprié, selon leur nature.

Il faut prendre soin que le revêtement soit complètement retiré.

It is most important that the printed boards are properly cleaned before applying any kind of coatings. The insulation resistance of printed boards with organic or inorganic contamination cannot be improved by a coating.

Coatings, unless properly chosen and applied, may lead to degradation of the printed board with respect to flammability, insulation resistance, electrical characteristics at high frequency, etc.

3.3.2 *Temporary protective coating*

3.3.2.1 *Temporary coating preserving solderability*

Coating used to preserve the solderability of the conductive pattern. It is usually applied where the surface of the conductive pattern is not covered by a well solderable metallic surface finish maintaining its good solderability for the necessary period of time. Example: bare copper.

Depending on the material used, the temporary protective coatings may be removed prior to soldering or may serve as flux. Temporary protective coatings which are not removed prior to fluxing are based on a resin that is soluble in the solvent of the flux.

Extensive drying and/or long storage or extensive application of heat, for example as during vapour phase soldering of the printed boards, may "cure" some resin-based coatings to a point where they no longer sufficiently dissolve in the short time between fluxing and soldering and where soldering results are degraded.

The thickness of resin-based coatings is normally lowest at the transition area between hole-wall and land. The solderability of plated-through holes may degrade there more rapidly with time than in the other areas.

For these reasons, the compatibility of the coatings with the intended processing, for example drying, fluxing, soldering or fusing method, has to be carefully considered.

3.3.2.2 *Temporary solder resist*

Coating usually applied by screen printing prior to the soldering operation and intended to cover defined portions of a printed board to prevent solder wetting of the conductive pattern in that area.

Example: temporary solder resist on circuit areas with noble metal as surface finish.

In addition, such coatings may also be used to protect those areas from being damaged during processing and storage.

Temporary solder resist may be removed by peeling-off or by immersion in appropriate solvents, depending on the resist used.

Care should be taken that the appropriate removal is complete.

3.3.3 *Revêtements de protection permanents*

3.3.3.1 *Généralités*

Il s'agit de revêtements destinés à améliorer ou à maintenir les propriétés électriques des cartes imprimées, par exemple la résistance d'isolement et la rigidité diélectrique entre conducteurs sur les faces d'une carte imprimée. Ils sont généralement constitués de matériaux stables et difficiles à rayer, et évitent donc que la surface de la carte soit endommagée. Ils sont prévus pour demeurer en permanence sur la carte imprimée durant son utilisation.

Les revêtements protecteurs permanents améliorent ou maintiennent les propriétés électriques des cartes imprimées:

- en retardant la pénétration d'humidité dans le matériau de base;
- en empêchant les dépôts contaminants entre conducteurs (par exemple contaminants qui attireraient l'humidité);
- en agissant comme diélectrique entre conducteurs;
- en agissant comme couche de protection dans, ou sur les trous métallisés (trous de connexion) qui ne demandent pas de brasage.

3.3.3.2 *Épargne de brasage permanente*

Revêtement appliqué avant l'opération de brasage et destiné à recouvrir des zones définies de la carte imprimée pour empêcher le mouillage de l'impression conductrice dans ces zones.

Contrairement aux revêtements temporaires pelables ou lavables, cette épargne de brasage n'est pas retirée après l'opération de brasage et sert de revêtement protecteur permanent. Il doit avoir des propriétés de protection appropriées en plus des caractéristiques nécessaires à son emploi comme épargne de brasage.

L'épargne de brasage destinée à servir de revêtement protecteur permanent peut être également appliquée sur le côté composants. Dans ce cas, il n'a que la fonction de revêtement protecteur permanent.

L'épargne de brasage peut être utilisée pour une ou plusieurs des raisons suivantes:

- a) pour empêcher le mouillage dans des zones définies;
- b) pour empêcher le pontage entre parties voisines de l'impression conductrice;
- c) pour concentrer l'étain-plomb sur les zones non couvertes d'épargne de l'impression conductrice afin de faciliter et d'améliorer le brasage;
- d) pour réduire la consommation de brasure et la contamination des bains;
- e) pour protéger la carte imprimée durant la fabrication;
- f) pour améliorer ou pour maintenir les propriétés électriques de la carte imprimée;
- g) pour jouer le rôle d'une barrière isolante entre le corps des composants et l'impression conductrice placée juste en dessous.

Lorsqu'une épargne de brasage est appliquée sur une impression conductrice recouverte d'un matériau qui fond durant l'opération de brasage, par exemple d'étain-plomb, l'épargne de brasage peut, après brasage, être ridée, cloquée ou écaillée.

3.3.3 *Permanent protective coatings*

3.3.3.1 *General*

Coatings to improve or maintain electrical properties of the printed board, for example the insulation resistance and the breakdown voltage between conductors on the surface of the printed board. They usually consist of durable scratch-resistant material and, hence, protect the board surface from being damaged. They are intended to remain permanently on the printed board during normal operation.

Permanent protective coating may improve or maintain electrical properties of the printed board by:

- retarding the ingress of moisture into the base material;
- preventing contamination being deposited between conductors (for example contamination that would attract moisture);
- acting as dielectric between conductors;
- acting as a protection layer in or over plated-through holes (via-holes) which do not require soldering.

3.3.3.2 *Permanent solder resist*

Coating applied prior to the soldering operation and intended to cover defined portions of a printed board to prevent solder wetting of the conductive pattern in that area.

Unlike the temporary peel-off or wash-off types, this solder resist is not removed after the soldering operation and serves as a permanent protective coating. It should have adequate protective properties in addition to the characteristics necessary when merely used as a solder resist.

Solder resist intended to be used as a permanent protective coating may also be applied to the component side. In this case it has only the function of a permanent protective coating.

Solder resist may be used for one or more of the following reasons:

- a) to prevent wetting of defined areas;
- b) to prevent bridging between adjacent parts of the conductive pattern;
- c) to concentrate the solder upon the parts of the conductive pattern not covered by solder resist to facilitate and to improve soldering;
- d) to decrease solder consumption and contamination of the solder bath;
- e) to protect the printed board during processing;
- f) to improve or maintain electrical properties of the printed board;
- g) to act as an insulating barrier between component body and underlying parts of the conductive pattern.

Where a solder resist is applied to a conductive pattern covered with a material that melts during a soldering operation, for example solder, the solder resist may show wrinkling, blistering or flaking after the soldering operation.

Ces effets peuvent être réduits en évitant par dépôt sélectif d'avoir de l'épargne de brasage sur les conducteurs étamés ou en appliquant par exemple une couche épaisse d'épargne de brasage (qui agit aussi comme barrière thermique), en utilisant une épaisseur moindre d'étamage, des conducteurs étroits et un hachurage des grandes zones conductrices.

Lorsque des rides, des cloques et des écailles ne sont pas acceptables, il convient d'utiliser d'autres solutions.

Deux types d'épargnes de brasage, essentiellement différents, sont utilisés:

- l'impression, généralement par sérigraphie, de l'épargne de brasage selon le dessin désiré sur la carte imprimée;
- l'épargne de brasage photo-imageable, par application sur la carte imprimée d'un film spécial sec ou liquide et création des impressions par exposition à la lumière (généralement UV) suivie d'un développement.

L'épargne de brasage par sérigraphie est généralement moins coûteuse mais des tolérances plus serrées peuvent être obtenues avec l'épargne de brasage photo-imageable (voir 3.3.3.4).

L'excentration des fenêtres d'accès dans l'épargne de brasage par rapport aux pastilles ainsi que les écarts sur les diamètres des fenêtres d'accès et des pastilles peuvent avoir pour résultat un recouvrement partiel de la pastille réduisant la surface disponible pour le brasage. Si nécessaire, des exigences appropriées pour les dimensions et la superposition doivent être définies par la spécification applicable.

3.3.3.3 Couches de fermeture

Couches isolantes protectrices appliquées sur les faces d'une carte imprimée. C'est normalement un film ou une feuille isolante appliquée au moyen d'un adhésif sur une carte imprimée souple. Ce peut être également une couche appliquée sur une carte imprimée rigide au moyen, par exemple, de feuilles préimprégnées et d'une polymérisation sous presse.

Les couches de fermeture recouvrent toute la surface de la carte imprimée à l'exception des fenêtres d'accès ménagées aux fins de brasage ou de connexion par contact.

Les couches de fermeture des cartes imprimées souples enferment les conducteurs et améliorent ou maintiennent les propriétés électriques et de flexibilité des cartes imprimées. Leur épaisseur est généralement de 0,025 mm, adhésif non compris, et leur instabilité dimensionnelle est reconnue. Celle-ci doit nécessairement être prise en compte pour définir la largeur minimale de la collerette convenant à une pastille pour brasage.

Les pastilles des cartes imprimées souples à trous non métallisés peuvent nécessiter des précautions s'opposant à leur séparation d'avec le matériau de base soit en ajoutant des doigts d'ancrage aux pastilles concernées soit en prévoyant un recouvrement de la couche de fermeture tout autour (voir figure 2).

Dans le cas de zones à braser très proches les unes des autres, l'emploi de fenêtres d'accès individuelles est irréalisable (par exemple dans le cas des connecteurs) et les fenêtres d'accès peuvent alors prendre les formes représentées à la figure 3. Pour les trous non métallisés, des doigts d'ancrage doivent être ajoutés aux pastilles.

Those effects may be reduced by selectively avoiding the combination of the solder resist over solder or by applying, for example thick layers of solder resist (also acting as heat barrier), thinner layers of solder, narrow conductors and cross-hatching of large conductive areas.

If wrinkling, blistering or flaking is not acceptable, alternative solutions should be employed.

There are two basically different types of solder resist used:

- printing, generally screen printing, where the solder resist is printed in the desired pattern on the printed board;
- photo-definable solder resist, where a special wet or dry film is applied to the printed board and the pattern is created by exposure to light (normally UV) and subsequent developing.

Screen printing is normally cheaper but smaller tolerances may be obtained with photo-definable solder resist (see 3.3.3.4).

Misalignment of access window in the solder resist and the land, as well as deviation in diameter of the land and the access window in the solder resist, may result in partial coverage of the land reducing the area available for soldering. Where necessary, appropriate requirements for dimensions and registration should be specified in the relevant specification.

3.3.3.3 Coverlayers

Insulating protective layers placed on the surfaces of a printed board. It is normally a film or insulating foil applied to a flexible printed board using an adhesive. It may also be a layer applied to a rigid printed board using, for example, prepregs and a lamination process.

Coverlayers cover the entire surface of the printed board except for access windows for soldering or contacting purposes.

Coverlayers of flexible printed boards capture surface conductors and improve or maintain electrical and flexing properties of the printed board. They are usually 0,025 mm thick plus an adhesive, and are considered to be dimensionally unstable. This needs to be considered when defining the minimum annular width for adequate solder land area.

On flexible printed boards, lands with unsupported holes may have to be protected against lifting from the base material either by adding anchoring tabs to the lands concerned or by a circumferential overlap with the coverlayer, as shown in figure 2.

When closely positioned solder locations make use of individual coverlayer access windows impractical (as in connector configurations), then such access windows can take the forms shown in figure 3. For unsupported holes, anchoring tabs should be added to the copper lands.

Il est déconseillé d'appliquer une couche de fermeture aux cartes imprimées souples sur des zones revêtues d'un métal qui fond lors du brasage. La couche de fermeture peut alors, après brasage, présenter des rides et/ou des cloques.

NOTES

- 1 La méthode mixte et celle des fenêtres d'accès individuelles sont les plus coûteuses. La méthode de la fenêtre d'accès commune aux pastilles d'une rangée crée un point faible où le cuivre et le support peuvent se rompre.
- 2 Il est bon que la méthode des fenêtres d'accès individuelles soit utilisée pour les cartes imprimées flexibles où la densité des pastilles est faible.
- 3 Il convient que la méthode de la fenêtre d'accès commune ou la méthode mixte soit utilisée pour les cartes imprimées flexibles où la densité des pastilles est élevée.
- 4 Il convient de toujours associer la méthode de la fenêtre d'accès commune (où les conducteurs ne sont pas couverts) à un revêtement enrobant ou à une encapsulation améliorant l'adhérence des conducteurs nus après le montage de cette partie sur l'impression conductrice.
- 5 Il convient de toujours associer la méthode mixte (où des conducteurs ne sont pas couverts) soit à un revêtement enrobant ou à une encapsulation améliorant l'adhérence des conducteurs nus après le montage de cette partie sur l'impression conductrice.

3.3.3.4 Tolérances et conception des dessins des épargnes de brasage et des couches de fermeture

La conception du produit et les exigences pour le produit fini doivent comprendre les marges nécessaires correspondant aux tolérances de dimensions et de position du procédé de fabrication des fenêtres d'accès dans les épargnes de brasage ou les couches de fermeture.

Normalement une zone définie qui ne doit pas être couverte par l'épargne de brasage ou la couche de fermeture est spécifiée (à la fois en dimension et en position) et représente la surface minimale accessible au brasage (voir figure 4). Lorsque cette surface comporte un trou destiné au montage d'un composant, une largeur minimale de la zone annulaire brasable peut, par accord entre utilisateur et fabricant, être spécifiée au lieu, ou en plus, des tolérances de dimensions et de position.

Il convient que la valeur de conception de la largeur de la fenêtre d'accès dans l'épargne de brasage ou la couche de fermeture soit égale à celle de la largeur de la surface minimale accessible au brasage majorée d'une marge de faisabilité au moins égale à la tolérance de fabrication PT1 acceptée par le fabricant de carte imprimée.

Dans de nombreux cas il n'est pas fixé de limite au recouvrement des conducteurs les plus proches des pastilles. Lorsque le recouvrement de ces conducteurs est spécifiquement requis, la valeur de conception de la largeur correspondante de la zone couverte par épargne de brasage ou la couche de fermeture doit être égale à la largeur de la zone à couvrir majorée d'une marge de faisabilité au moins égale à la tolérance de fabrication PT2 acceptée par le fabricant de cartes imprimées.

En première approximation, PT1 et PT2 peuvent être considérées comme égales.

Tolérances pour l'épargne de brasage

Les valeurs recommandées ci-après se rapportent aux circuits en verre époxyde non soumis à la fusion de l'étain-plomb.

It is not advisable to apply coverlayers to flexible printed boards over areas with metal finishes that melt during soldering operations. The coverlayer can show wrinkling and/or blistering after the soldering operation.

NOTES

- 1 The combination and individual methods are the most costly. The strip method creates a weak spot where the copper and the base material may crack.
- 2 The individual method should be used for flexible printed boards with low density lands.
- 3 Strip or combination methods should be used for flexible printed boards with high density lands.
- 4 The strip method (baring conductors) should always require the addition of conformal coating or encapsulation compounds to provide additional adhesion support for the bare conductors after the assembly of the part to the conductive pattern.
- 5 The combination method (baring conductors) should always require the addition of conformal coating or encapsulation compounds to provide additional adhesion support for the bare conductors after the assembly of the part to the conductive pattern.

3.3.3.4 *Tolerances and design of the solder resist pattern or the coverlayer*

Product design and end product requirements shall include the necessary allowance for process tolerances on position and dimensions of the access windows in the solder resist or coverlayer.

Normally a certain area that has to be free from solder resist or coverlayer is specified (both in dimensions and in position) as the minimum effective solder area (see figure 4). When this area contains a hole intended for component mounting, a minimum value for the solderable annular width, as agreed to between user and manufacturer, may be specified instead of or in addition to the tolerances on position and dimensions.

The design width of the access window in the solder resist or coverlayer should be equal to the width of the minimum effective solder area plus a process allowance equal to at least the process tolerance PT1 as agreed with the printed board manufacturer.

In many cases the extent of the coating is left open, depending upon the amount of coverage required by the conductors which are closest to the solder land. When coating of such conductors is specifically required, the design width of the corresponding solder resist or coverlayer area should be equal to the width of the area to be coated plus a process allowance equal to at least the process tolerance PT2 as agreed with the printed board manufacturer.

As a first approximation, PT1 and PT2 can be considered about equal.

Solder resist tolerances

The following guidance relates to glass-epoxide boards which have not been exposed to solder fusing.

Pour les procédés de type film photo-imageable, la tolérance de position peut être de 0,1 mm à 0,6 mm selon les dimensions de la carte et la méthode d'indexation.

Pour les procédés de type sérigraphie, la tolérance de position peut être de 0,4 mm à 1,0 mm.

Tolérances pour les couches de fermeture

Pour les procédés où la couche de fermeture préalablement percée ou poinçonnée est polymérisée sous presse, la tolérance de fabrication peut être de 0,5 mm à 1,5 mm.

Voir dans l'annexe A un exemple pratique des considérations relatives aux épargnes de brasage et à la couche de fermeture.

3.3.4 Revêtement enrobant

3.3.4.1 Généralités

Un revêtement enrobant est un matériau électriquement isolant sur une carte imprimée nue et/ou équipée de composants, constituant une barrière protectrice contre les effets nuisibles des conditions d'environnement. Correctement choisi et soigneusement appliqué, il contribuera à protéger l'assemblage des dangers suivants:

Humidité, poussières et saletés, contaminants en suspension dans l'air (par exemple fumées, vapeurs chimiques), particules conductrices (par exemple copeaux et limaille métallique), courts circuits accidentels par chute d'outils, de vis ou écrous, etc., endommagement par abrasion, empreintes digitales, vibrations et chocs (dans une certaine mesure), croissance de moisissure et réduction de la tension disruptive à pression atmosphérique réduite.

Les résines sont choisies pour satisfaire les exigences citées ci-dessus ainsi que plusieurs autres de moindre importance telles que la transparence (pour permettre la lecture des marquages sur les composants après revêtement) et la souplesse (pour éviter que les composants ne soient endommagés par les variations de température).

Certains vernis sont quelquefois utilisés comme revêtement protecteur permanent. Ils sont appliqués après l'opération de brasage et habituellement seulement sur le côté brasure.

Outre leur propriété de protection, ils peuvent avoir d'autres caractéristiques particulières. Ils peuvent, par exemple, être fluorescents pour faciliter le contrôle visuel du revêtement.

3.3.4.2 Quelques imperfections des résines de l'enrobage de protection

Du fait des propriétés essentielles exigées, certaines imperfections des revêtements enrobants sont inévitables.

Ces imperfections sont:

- a) Etant perméables à la vapeur d'eau et leur formulation ne comportant pas d'additifs destinés à empêcher la corrosion, tels que les chromates, les revêtements enrobants n'empêcheront pas la corrosion par électrolyse due aux sels présents à la surface des pièces revêtues et à ceux qui sont piégés à la surface de ces pièces sous le revêtement.

For photo-definition type processes, the positional tolerance may vary from 0,1 mm to 0,6 mm depending on the sizes of the exposed product and on the method of registration.

For screen printing type processes, the positional tolerance may vary from 0,4 mm to 1,0 mm.

Coverlayer tolerances

For processes where the pre-punched or pre-drilled coverlayer is laminated, the process tolerance may vary from 0,5 mm to 1,5 mm.

For a practical example of considerations related to solder resist or coverlayer, see annex A.

3.3.4 *Conformal coating*

3.3.4.1 *General*

Conformal coating is an electrically insulating material on a printed board and/or printed board assembly to provide a protective barrier against deleterious effects from environmental conditions. Correctly chosen, and carefully applied, conformal coating will help to protect the assembly from the following hazards:

Humidity, dust and dirt, airborne contaminants (for example smoke, chemical vapours), conductive particles (for example metal chips, filings), accidental short circuit by dropped tools, fasteners, etc., abrasion damage, fingerprints, vibration and shock (to a certain extent), mould growth and decreased flashover voltage at decreased atmospheric pressure.

Conformal coating resins are selected to fulfil the above requirements plus several other minor ones such as transparency (to permit reading component values after coating) and flexibility (to prevent damage to components in temperature cycling).

In some cases, certain varnishes are used as permanent protective coatings. They are applied after the soldering operation and usually to the solder side only.

In addition to their protective properties, they may have other special characteristics. For example, they may be fluorescent to facilitate visual inspection of coverage.

3.3.4.2 *Some limitations of conformal coating resins*

Because of the essential requirements, certain limitations are inherent in conformal coatings.

These limitations are:

- a) Conformal coating films, being permeable to water vapour and not being formulated with corrosion preventing fillers such as chromates, will not prevent corrosion due to active electrolytic salts on the part being coated or salts trapped on the surface of the part under the coating.