

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
1249-5-1**

Première édition
First edition
1995-11

Matériaux pour les 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
de matériaux de base plaqués cuivre)

Materials for interconnection structures –

Part 5:

Sectional specification set for conductive foils
and films with and without coatings –
Section 1: Copper foils (for the manufacture
of copper-clad base materials)



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1249-5-1: 1995

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 électrotechnique*;
- 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
1249-5-1

Première édition
First edition
1995-11

Matériaux pour les 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
de matériaux de base plaqués cuivre)

Materials for interconnection structures –

Part 5:

Sectional specification set for conductive foils
and films with and without coatings –
Section 1: Copper foils (for the manufacture
of copper-clad base materials)

© CEI 1995 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 pro-
cédé, 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 Varembé Genève, Suisse



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

R

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS.....	4
 Articles	
1 Domaine d'application	6
2 Référence normative	6
3 Désignation.....	6
3.1 Types de feuille de cuivre	6
3.2 Types de profil de surface	8
3.3 Traitement pour le renforcement de l'adhérence, et la passivation	8
3.4 Désignation complète.....	8
4 Masse par unité de surface, et épaisseur	10
5 Pureté du cuivre.....	12
6 Propriétés électriques	12
7 Caractéristiques en traction.....	14
8 Force d'adhérence	16
9 Fini de surface	16
9.1 Côté lisse (côté brillant)	16
9.2 Côté rugueux (côté traité)	20
10 Dimensions et tolérances	20
10.1 Feuille de cuivre fournie en rouleaux	20
10.2 Feuille de cuivre fournie en feuilles coupées ou panneaux découpés	22
11 Emballage et marquage.....	22
11.1 Feuille de cuivre fournie en rouleaux	22
11.2 Feuille de cuivre fournie en feuilles coupées ou panneaux découpés	22
11.3 Marquage des emballages	22
 Annexes	
A Echantillonnage et méthodes d'essai.....	24
B Bibliographie	38

IEC/NORM.COM Click to view the full PDF of IEC 61249-5-1:1995

CONTENTS

	Page
FOREWORD.....	5
Clause	
1 Scope	7
2 Normative reference.....	7
3 Designation.....	7
3.1 Types of copper foil.....	7
3.2 Types of surface profile	9
3.3 Bond enhancing treatment and passivation.....	9
3.4 Complete designation	9
4 Mass per unit area and thickness	11
5 Copper purity	13
6 Electrical properties	13
7 Tensile properties	15
8 Peel strength.....	17
9 Surface finish	17
9.1 Smooth side (shiny side)	17
9.2 Rough side (treatment side)	21
10 Dimensions and tolerances	21
10.1 Copper foil supplied in rolls	21
10.2 Copper foil supplied in sheets or cut panels.....	23
11 Packaging and marking	23
11.1 Copper foil supplied in rolls	23
11.2 Copper foil supplied in sheets or cut panels.....	23
11.3 Marking of packages	23
Annexes	
A Sampling and test methods	25
B Bibliography	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX POUR LES 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 de matériaux de base plaqués cuivre)

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes Internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la norme nationale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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 1249-5-1 a été établie par le comité d'études 52 de la CEI: Circuits imprimés.

Elle annule et remplace la CEI 249-3A parue en 1976. La série CEI 1249 remplacera progressivement la série CEI 249, à l'exception de la CEI 249-1, qui sera remplacée par la future CEI 1189-2.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
52/544/DIS	52/606/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.

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MATERIALS FOR INTERCONNECTION STRUCTURES –**Part 5: Sectional specification set for conductive foils and films
with and without coatings –****Section 1: Copper foils
(for the manufacture of copper-clad base materials)**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 1249-5-1 has been prepared by IEC technical committee 52: Printed circuits.

It cancels and replaces the IEC 249-3A, published in 1976. The IEC 1249 series will gradually replace the IEC 249 series, with the exception of IEC 249-1, which will be replaced by the future IEC 1189-2.

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

DIS	Report on voting
52/544/DIS	52/606/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.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B is for information only.

MATÉRIAUX POUR LES 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 de matériaux de base plaqués cuivre)

1 Domaine d'application

La présente spécification énumère les propriétés exigées de la feuille de cuivre destinée à être utilisée pour la fabrication de feuilles laminées et de matériaux flexibles plaqués cuivre, utilisés pour la réalisation des cartes imprimées.

Elle s'applique aux feuilles de cuivre livrées en rouleaux, aux feuilles coupées ou formats découpés.

2 Référence normative

Le document normatif suivant contient des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente section de la CEI 1249-5. Au moment de la publication, l'édition indiquée était en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente section de la CEI 1249-5 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer l'édition la plus récente du document normatif indiqué ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

ISO 4287-1: 1984, *Rugosité de surface – Terminologie – Partie 1: La surface et ses paramètres*

3 Désignation

3.1 Types de feuille de cuivre

Une feuille de cuivre, pour les usages considérés dans cette spécification, peut être de l'un des deux grands types suivants :

E = feuille de cuivre électrodeposité ;

R = feuille de cuivre laminé,

avec les qualités données dans le tableau 1.

MATERIALS FOR INTERCONNECTION STRUCTURES –

Part 5: Sectional specification set for conductive foils and films with and without coatings –

Section 1: Copper foils (for the manufacture of copper-clad base materials)

1 Scope

This specification gives requirements for properties of copper foil intended for use in the manufacture of copper-clad laminated sheets and of copper-clad flexible materials, used in the manufacture of printed boards.

It applies to copper foil supplied in rolls, sheets or cut panels.

2 Normative reference

The following normative document contains provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this section of IEC 1249-5. At the time of publication, the edition indicated was valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this section of IEC 1249-5 are encouraged to investigate the possibilities of applying the most recent edition of the normative document indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid international standards.

ISO 4287-1: 1984, *Surface roughness – Terminology – Part 1: Surface and its parameters*

3 Designation

3.1 Types of copper foil

Copper foil for the uses considered in this specification includes the following two types:

E = electrodeposited copper foil;

R = rolled copper foil,

with the grades given in table 1.

Tableau 1 – Types et qualités de feuille de cuivre

Désignation du type	
E1	Electrodéposé standard
E2	Electrodéposé à haute ductilité
E3	Electrodéposé à haute élongation à chaud
R1	Brut de laminage
R2	Laminé, légèrement écroui
R3	Laminé et recuit

3.2 Types de profil de surface

En fonction des procédés utilisés dans la fabrication aussi bien du cuivre électrodéposé que du cuivre laminé, on peut distinguer 3 types de profil pour la face rugueuse désignés comme indiqué dans le tableau 2.

Tableau 2 – Types de profil

Désignation du type	Qualité	Hauteur maximale de profil (R_z), moyenne de 10 points µm
S	Standard	14*
L	Bas profil	10
V	Très bas profil	5

* Seulement pour les épaisseurs de feuille de cuivre inférieures à 105 mm.

La hauteur des irrégularités, moyenne de 10 points correspond à la valeur R_z de l'ISO 4287-1 et est mesurée par la méthode d'essai pour R_z décrite dans la future CEI 1189-2¹⁾.

3.3 Traitement pour le renforcement de l'adhérence, et la passivation

Un traitement de surface chimique ou électrochimique doit être appliqué à la feuille de cuivre pour améliorer la force d'adhérence au substrat. Ce traitement peut être fait sur une ou deux faces.

Dans le cas d'un traitement sur une seule face de la feuille de cuivre électrodéposé, il doit être fait sur la face rugueuse de la feuille.

Une passivation chimique doit être pratiquée sur les deux faces de la feuille pour améliorer sa durée de conservation.

3.4 Désignation complète

Pour la désignation de feuilles de cuivre selon la présente spécification, on utilisera le code suivant:

¹⁾ Actuellement au stade de document 52/518/CDV (en préparation, voir annexe B).

Table 1 – Types and grades of copper foil

Type designation	
E1	Standard electrodeposited
E2	High ductility electrodeposited
E3	High temperature elongation electrodeposited
R1	As rolled wrought
R2	Light cold rolled wrought
R3	Annealed wrought

3.2 Types of surface profile

In consideration of the processes used in the manufacturing of both electrodeposited and rolled copper, three designations for rough side profile are given in table 2.

Table 2 – Types of profile

Type designation	Grade	Ten point average maximum height of profile (R_z) μm
S	Standard	14*
L	Low profile	10
V	Very low profile	5
* For copper foil thicknesses up to 105 μm only.		

The ten points average height of irregularities corresponds to the term R_z of ISO 4287-1 and is measured by the test method for R_z described in future IEC 1189-2¹⁾.

3.3 Bond enhancing treatment and passivation

A chemical or electrochemical surface treatment shall be applied to the copper foil to increase the bonding strength to the substrate. Such treatment may be applied to one or both sides.

In case of one side treatment on electrodeposited copper foil it shall be applied to the rough side of the foil.

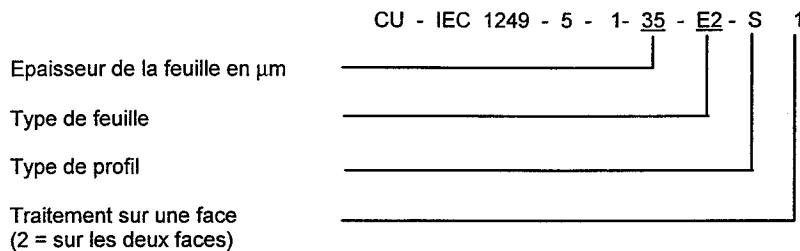
A chemical passivation shall be applied to both sides of the foil to increase its shelf life.

3.4 Complete designation

For the designation of copper foils according to this specification the following code shall be used:

¹⁾ At present at the stage of document 52/518/CDV (in preparation, see annex B).

Exemple:



S'il n'y a pas de risque de confusion, la désignation peut être abrégée en :

CU-IEC-35-E2-S1.

4 Masse par unité de surface, et épaisseur

La mesure principale de la quantité de feuilles de cuivre devra être la masse par unité de surface associée aux tolérances applicables.

Les épaisseurs de la feuille de cuivre correspondant aux valeurs spécifiées de la masse par unité de surface ne doivent être considérées que comme une information.

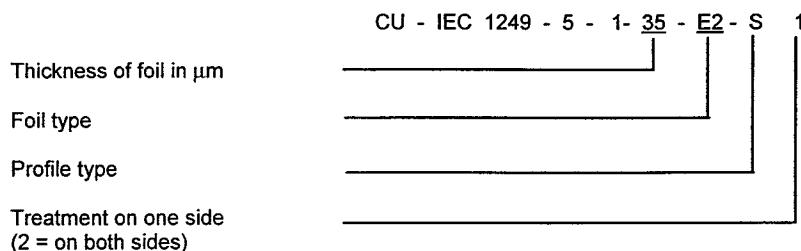
Tableau 3 – Masse par unité de surface et épaisseur

Exigences		Pour information seulement
Masse nominale par unité de surface g/m ²	Tolérances sur la masse nominale par unité de surface %	Epaisseur nominale µm
45	10*	5
76	10*	9
107	10*	12
152	10*	18
230	10	25
305	10	35
445	10	50
610	10	70
915	10	105
1220	10	140
1525	10	175
1830	10	210

* Cette spécification ne peut être appliquée aux feuilles de cuivre de type R.

La masse par unité de surface doit être déterminée par la méthode d'essai donnée en A.2.1. Des mesures directes d'épaisseur sur des coupes micrographiques donnent des valeurs incorrectes du fait des irrégularités causées par le traitement augmentant la rugosité.

Example:



If there is no risk of confusion, the designation may be abbreviated to read:

CU-IEC-35-E2-S1.

4 Mass per unit area and thickness

The primary measure of quantity of copper foil shall be the mass per unit area, together with applicable tolerances.

Thicknesses of copper foil corresponding to specified values of mass per unit area shall be regarded as given for information only.

Table 3 – Mass per unit area and thickness

Requirements		For information only
Nominal mass per unit area g/ m^2	Tolerance of nominal mass per unit area %	Nominal thickness μm
45	10*	5
76	10*	9
107	10*	12
152	10*	18
230	10	25
305	10	35
445	10	50
610	10	70
915	10	105
1220	10	140
1525	10	175
1830	10	210

* These specification shall not be applied to type R copper foil.

Mass per unit area shall be determined by the test method given in A.2.1. Direct thickness measurements on microsections result in incorrect values due to the irregularities caused by the treatment roughness.

5 Pureté du cuivre

Les feuilles de cuivre sans traitement doivent avoir la pureté minimale suivante (l'argent étant compté pour du cuivre) :

Type E : 99,8 % en masse de cuivre ;

Type R : 99,9 % en masse de cuivre.

La teneur en cuivre doit être déterminée après l'enlèvement du traitement de surface ou des traces de contamination par la méthode d'essai donnée en A.2.2.

6 Propriétés électriques

La conductivité minimale des feuilles de cuivre est un pourcentage de celle de l'étalon international de cuivre recuit (IACS) à 20 °C donné dans les tableaux 4 et 5, sachant que 100 % correspond à une conductivité électrique minimale de $0,5800 \times 10^8 \Omega^{-1} m^{-1}$ ou à une résistivité maximale de $1,7241 \times 10^{-8} \Omega m$.

La résistance maximale d'une éprouvette de feuille de cuivre de type E, mesurée selon la méthode d'essai n° 2E12 décrite dans la future CEI 1189-2²⁾, doit avoir la valeur donnée dans le tableau 4 pour chaque masse par unité de surface.

Tableau 4 – Conductivité et résistance électriques d'éprouvettes de feuilles de cuivre de type E

Masse par unité de surface g/m ²	Conductivité minimale IACS %	Résistance maximale de l'éprouvette mΩ
45	88,5	25,0
76	90,5	15,0
107	92,14	10,4
152	94,12	7,1
230	95,05	4,7
305	96,60	3,5
445	96,60	2,4
610	96,60	1,7
915	96,60	1,2
1220	96,60	0,87
1525	96,60	0,70
1830	96,60	0,58

La résistance maximale d'une éprouvette de feuille de cuivre de type R, mesurée selon la méthode d'essai n° 2E12 décrite dans la future CEI 1189-2²⁾ doit avoir la valeur donnée dans le tableau 5 pour chaque masse par unité de surface.

²⁾ Voir l'annexe B.

5 Copper purity

Copper foils without treatment shall have the following minimum purity (with silver content regarded as copper):

Type E: 99,8 mass % copper;

Type R: 99,9 mass % copper.

The copper content shall be determined after removal of the surface treatment or contamination by the test method given in A.2.2.

6 Electrical properties

The minimum conductivity of copper foils is a percentage of that of the International Annealed Copper Standard (IACS) at 20 °C as given in table 4 and 5; 100 % corresponds to $0,5800 \times 10^8 \Omega^{-1} m^{-1}$ minimum electrical conductivity or $1,7241 \times 10^{-8} \Omega m$ maximum resistivity.

The maximum specimen resistance of type E copper foils of different mass per unit area, when measured in accordance with the test method No. 2E12 described in future IEC 1189-2²⁾, shall have the values given in table 4.

Table 4 – Electrical conductivity and specimen resistance of type E copper foils

Mass per unit area g/m ²	Minimum IACS conductivity %	Maximum specimen resistance mΩ
45	88,5	25,0
76	90,5	15,0
107	92,14	10,4
152	94,12	7,1
230	95,05	4,7
305	96,60	3,5
445	96,60	2,4
610	96,60	1,7
915	96,60	1,2
1220	96,60	0,87
1525	96,60	0,70
1830	96,60	0,58

The maximum specimen resistance of type R copper foils of different mass per unit area, when measured in accordance with the test method No. 2E12 described in future IEC 1189-2²⁾, shall have the values given in table 5.

²⁾ See annex B.

Tableau 5 – Conductivité et résistance électriques d'éprouvettes de feuilles de cuivre de type R

Masse par unité de surface g/m ²	Conductivité minimale IACS %	Résistance maximale de l'éprouvette mΩ
45	100	22,5
76	100	13,4
107	100	9,6
152	100	6,7
230	100	4,5
305	100	3,4
445	100	2,3
610	100	1,7
915	100	1,1
1220	100	0,84
1525	100	0,67
1830	100	0,56

Les résistances maximales d'éprouvettes données dans les tableaux 4 et 5 peuvent être calculées en utilisant la formule suivante :

$$R_{\max} = \frac{r_{\max} \times \rho \times l}{w \times m}$$

où

R_{\max} est la résistance maximale de l'éprouvette (Ω);

r_{\max} est la résistivité maximale (Ωm);

ρ est la densité du cuivre = $8,93 \times 10^6 \text{ g/m}^3$;

l est la longueur de l'éprouvette (m);

w est la largeur de l'éprouvette (m);

m est la masse par unité de surface (g/m^2) (valeur minimale selon le tableau 9).

7 Caractéristiques en traction

Les caractéristiques de traction données dans le tableau 6 s'appliquent aux feuilles de cuivre, aussi bien dans le sens longitudinal (sens «machine») que dans le sens transversal.

La force de traction et l'allongement sont déterminés par la méthode d'essai donnée en A.2.3.

**Table 5 – Electrical conductivity and specimen resistance
of type R copper foils**

Mass per unit area g/m ²	Minimum IACS conductivity %	Maximum specimen resistance mΩ
45	100	22,5
76	100	13,4
107	100	9,6
152	100	6,7
230	100	4,5
305	100	3,4
445	100	2,3
610	100	1,7
915	100	1,1
1 220	100	0,84
1 525	100	0,67
1 830	100	0,56

The maximum specimen resistances listed in tables 4 and 5 may be calculated using the following formula:

$$R_{\max} = \frac{r_{\max} \times \rho \times l}{w \times m}$$

where

R_{\max} is the maximum specimen resistance (Ω);

r_{\max} is the maximum resistivity (Ωm);

ρ is the density of copper = $8,93 \times 10^6 \text{ g/m}^3$;

l is the gauge length of the specimen (m);

w is the width of the specimen (m);

m is the mass per unit area (g/m^2) (minimum value according to table 9).

7 Tensile properties

Both in longitudinal direction (machine direction) and in transversal direction of the copper foils the tensile properties given in table 6 shall apply.

Tensile strength and elongation shall be determined by the test method given in A.2.3.

8 Force d'adhérence

La force nécessaire pour peler la feuille de cuivre de la résine du matériau de base doit être au moins égale aux valeurs données dans la spécification applicable de la CEI 249³⁾ ou doit faire de l'objet d'un accord entre acheteur et vendeur.

La force d'adhérence doit être déterminée selon la méthode d'essai décrite dans la future CEI 1189-2⁴⁾: 2M06, 2M07, 2M13, 2M14, 2M15, 2M16 et 2M17. L'éprouvette doit être préparée avec un échantillon de la feuille de cuivre de dimension suffisante, collée par des préimprégnés à des planches de stratifié ou à des films diélectriques recouverts d'adhésifs, dans les conditions appropriées.

9 Fini de surface

Les deux faces des feuilles de cuivre de type E comme de type R doivent être essentiellement exemptes de larmes de résine, de rides, de dépôts, d'huile, de corrosion ou de produits de corrosion, de sels, de graisse, de traces de doigts, ou d'autres souillures qui pourraient nuire à la qualité du matériau recouvert de cuivre fabriqué à partir de la feuille.

Les surfaces de cuivre doivent être exemptes d'enfoncements ou de brèches se répétant régulièrement.

Il ne devra pas y avoir d'inclusions plus grandes que 2,5 µm.

La quantité et la taille des piqûres et des pores doivent satisfaire aux valeurs données dans le tableau 7.

La surface totale de toutes les piqûres d'une surface de 0,5 m² ne doit pas excéder 0,012 mm².

Le nombre de pores et de piqûres doit être déterminé par la méthode d'essai donnée en A.2.4.

9.1 Côté lisse (*côté brillant*)

La surface lisse des feuilles de cuivre de type E comme de type R ne doit pas avoir de griffures d'une profondeur supérieure à 3,5 µm.

La profondeur de la rugosité de surface R_z dans le sens longitudinal comme dans le sens transversal, ne doit pas dépasser 3,5 µm. La valeur R_z correspond à la hauteur des irrégularités, de 10 points, telle que définie dans l'ISO 4287-1 et doit être déterminée selon la méthode d'essai pour R_z décrite dans la future CEI 1189-2.

³⁾ La série CEI 249 sera remplacée par la série 1249.

⁴⁾ Voir l'annexe B.

8 Peel strength

The strength required to peel the copper foil from the resin of the base material shall meet the values listed in the relevant specification of IEC 249³⁾ or shall be as agreed upon between purchaser and supplier.

Peel strength shall be determined in accordance with one of the following test methods described in future IEC 1189-2⁴⁾: 2M06, 2M07, 2M13, 2M14, 2M15, 2M16 and 2M17. The test specimen shall be prepared from a copper foil sample of sufficient dimensions bonded to prepregs, reinforced resin sheets or adhesive-coated dielectric films under appropriate conditions.

9 Surface finish

Both sides of type E and type R copper foils shall be substantially free from resin tears, wrinkles, dirt, oil, corrosion or corrosion products, salts, grease, finger-prints or other blemishes which would adversely affect the quality of the copper-clad material to be made from the copper foil.

Copper foil surfaces shall be free from regularly spaced and repeating patterns of pits and dents.

There shall be no inclusions greater than 2,5 µm.

Frequency and size of pinholes and pores shall be as given in table 7.

The total area of all pinholes in an area of 0,5 m² shall not exceed 0,012 mm².

The number of pores or pinholes shall be determined by the test method given in A.2.4.

9.1 Smooth side (*shiny side*)

There shall be no scratches present on the smooth side of types E and R copper foils of a depth greater than 3,5 µm.

The depth of surface roughness R_z in longitudinal and transverse direction shall not exceed 3,5 µm. The term R_z corresponds to the 10 point height of irregularities according to ISO 4287-1 and shall be measured by the test method for R_z described in future IEC 1189-2.

³⁾ The IEC 249 series will be replaced by the IEC 1249 series.

⁴⁾ See annex B.

Tableau 6 – Force de traction et allongement (valeurs minimales)

Type	Masse par unité de surface g/m ²	Force de traction à la température ambiante N/mm ²	Allongement à température ambiante %	Force de traction à 180 °C N/mm ²	Allongement à 180 °C %
E1	≤ 152	105	2	Non spécifié	
	230	150	2,5		
	305	210	3		
	445	210	3		
	≥ 610	210	3		
E2	≤ 152	105	5	Non spécifié	
	230	150	7,5		
	305	210	10		
	445	210	12,5		
	≥ 610	210	15		
E3	≤ 152	105	2	130	2
	230	150	2,5	135	2,5
	305	210	3	140	3
	445	210	3	155	3
	≥ 610	210	3	175	3
R1	≤ 152	350	0,5	Non spécifié	
	230	350	0,5		
	305	350	0,5		
	445	350	0,5		
	≥ 610	350	1,0		
R2	≤ 152	-	-	Non spécifié	
	230	-	-		
	305	180 à 350	0,5 - 10*		
	445	180 à 350	0,5 - 10*		
	≥ 610	180 à 350	1,0 - 20*		
R3	≤ 152	105	5	Non spécifié	
	230	120	7,5		
	305	140	10		
	445	155	15		
	≥ 610	175	20		

* Selon les conditions de recuit appliquées, les exigences doivent faire l'objet d'un accord entre acheteur et vendeur.

Table 6 – Tensile strength and elongation (minimum values)

Type	Mass per unit area g/m ²	Tensile strength at RT N/mm ²	Elongation at RT %	Tensile strength at 180 °C N/mm ²	Elongation at 180 °C %
E1	≤ 152	105	2	Not specified	
	230	150	2,5		
	305	210	3		
	445	210	3		
	≥ 610	210	3		
E2	≤ 152	105	5	Not specified	
	230	150	7,5		
	305	210	10		
	445	210	12,5		
	≥ 610	210	15		
E3	≤ 152	105	2	130 135 140 155 175	2 2,5 3 3 3
	230	150	2,5		
	305	210	3		
	445	210	3		
	≥ 610	210	3		
R1	≤ 152	350	0,5	Not specified	
	230	350	0,5		
	305	350	0,5		
	445	350	0,5		
	≥ 610	350	1,0		
R2	≤ 152	-	-	Not specified	
	230	-	-		
	305	180 to 350	0,5 - 10*		
	445	180 to 350	0,5 - 10*		
	≥ 610	180 to 350	1,0 - 20*		
R3	≤ 152	105	5	Not specified	
	230	120	7,5		
	305	140	10		
	445	155	15		
	≥ 610	175	20		

* Dependent on the annealing conditions applied, requirements shall be agreed upon between purchaser and supplier.

Tableau 7 – Piqûres et pores dans les feuilles de cuivre

Masse par unité de surface g/m ²	Nombre maximal autorisé de piqûres et de pores sur une surface de 300 mm x 300 mm	Taille maximale des piqûres (plus grande dimension) µm
≤ 152	5 ou selon accord	50 ou selon accord
230	4 ou selon accord	50 ou selon accord
305	3	25
445	0	10
≥ 610	0	0

9.2 Côté rugueux (côté traité)

Le traitement de surface du côté rugueux des feuilles de cuivre de type E et de type R doit être essentiellement uniforme, en couleur comme en intensité dans un même rouleau ou dans un lot de production, et doit être suffisamment adhérent pour permettre une manipulation normale durant les procédés de fabrication des stratifiés et des cartes imprimées.

Après enlèvement par gravure de la feuille de cuivre plaquée sur le matériaux de base, on ne doit trouver que des traces du traitement sur le matériau de base. Aucun changement mesurable des caractéristiques du stratifié causé par le traitement ne doit être observé.

Une certaine variation de couleur des traitements spéciaux peut être admise dans la mesure où le stratifié plaqué cuivre ne présente pas de propriétés différentes pour les surfaces de colorations variables dues au traitement.

10 Dimensions et tolérances

10.1 Feuille de cuivre fournie en rouleaux

La longueur et la largeur des rouleaux doivent être comme spécifié dans la commande. Pour la longueur des rouleaux, une tolérance de $+10\%$ est acceptable.

Pour la largeur des rouleaux, les tolérances données dans le tableau 8 sont applicables.

Tableau 8 – Tolérances sur la largeur des feuilles de cuivre fournies en rouleau

Largeur de la feuille de cuivre mm	Tolérance mm
jusqu'à 300	+1,0 0
de 300 à 600	+2,0 0
au-dessus de 600	+3,0 0

Pour chaque rouleau, il ne devra pas y avoir plus de trois raccords et chacun sera clairement indiqué par un marquage durable qui se prolonge approximativement à 5 mm au-delà de chaque bout du rouleau.

Table 7 – Pinholes and pores in copper foils

Mass per unit area g/m ²	Maximum permitted number of pinholes and pores in an area of 300 mm x 300 mm	Maximum permitted size of pinholes (longest dimension) μm
≤ 152	5 or as agreed	50 or as agreed
230	4 or as agreed	50 or as agreed
305	3	25
445	0	10
≥ 610	0	0

9.2 Rough side (*treatment side*)

The surface treatment on the rough side of types E and R copper foils shall be substantially uniform in colour and intensity within a roll or production lot and shall be sufficiently adherent to withstand normal handling during the manufacturing processes for laminates and printed boards.

After removal by etching of the copper foil laminated to base material no more than traces of the treatment shall be left on the base material. No measurable changes in the properties of the laminate caused by the treatment shall occur.

A certain disuniformity in colour of the treatment is allowed provided that there is no difference in properties of the copper-clad laminate between the areas showing the different colours of the treatment.

10 Dimensions and tolerances

10.1 Copper foil supplied in rolls

The length and width of the rolls shall be as ordered. For the length of the rolls a tolerance of $^{+10}_0$ % is permissible.

For the width of the rolls the tolerances given in table 8 shall apply.

Table 8 – Tolerances for width of copper foil delivered in rolls

Width of copper foil mm	Tolerance mm
up to 300	+1,0 0
over 300 up to 600	+2,0 0
over 600	+3,0 0

In any roll, there shall be no more than three splices and each of them shall be plainly indicated by a durable marker which extends approximately 5 mm beyond either end of the roll.

Un trou plus grand que les piqûres admises doit être indiqué par un repère, ou alors on doit supprimer la partie qui le contient en séparant correctement les deux parties et en repérant le joint de raccordement.

La feuille de cuivre fournie en rouleau devra être bobinée de manière uniforme sur un noyau dont la matière et les dimensions auront fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le vendeur. Le décalage entre le noyau et la couche extérieure du rouleau ne peut dépasser 12 mm.

10.2 *Feuille de cuivre fournie en feuilles coupées ou panneaux découpés*

La longueur et la largeur des feuilles coupées (et panneaux découpés) doivent être comme spécifié à la commande.

Les tolérances doivent faire l'objet d'un accord entre acheteur et vendeur.

11 Emballage et marquage

11.1 *Feuille de cuivre fournie en rouleaux*

Les rouleaux de feuille de cuivre doivent être emballés et scellés individuellement dans un matériau imperméable de façon que les propriétés de la feuille de cuivre restent conformes aux exigences données pour une période de 90 jours après expédition.

Les rouleaux scellés doivent être emballés séparément dans des caisses solides.

11.2 *Feuille de cuivre fournie en feuilles coupées ou panneaux découpés*

Les feuilles de cuivre coupées (et formats découpés) doivent être scellés dans un film polymérique exempt de lubrifiant de façon que les propriétés restent conformes aux exigences données pour une période de 90 jours après expédition. Les feuilles scellées doivent être placées sur une embase adéquate, solide et lisse, et doivent être couvertes d'un matériau protecteur de stabilité et de non-rugosité comparables. Le nombre de planches contenues dans un emballage doit être convenu par accord entre acheteur et vendeur.

11.3 *Marquage des emballages*

Chaque emballage ou caisse doit comporter les indications suivantes :

- fabricant;
- le numéro de lot du fabricant;
- type de feuille de cuivre;
- information sur le profil de surface et le traitement;
- épaisseur nominale (masse par unité de surface);
- dimensions (longueur et largeur des rouleaux ou feuilles);
- conditions de recuit (seulement pour le type R2);
- nombre de feuilles ou panneaux découpés (si fourniture en feuilles coupées);
- masse nette de feuilles de cuivre.

Tout autre marquage, tel que numéro de lot du fabricant, numéro et date de commande de l'acheteur, date d'expédition ou autre information similaire, peut aussi être ajouté selon accord entre l'acheteur et vendeur.

Any hole larger than the maximum allowable size of pinholes shall be indicated by a flag, or the section containing the hole shall be removed with the two parts properly spliced and with the bonding joint flagged.

Copper foil supplied in rolls shall be evenly wound on cores of size and material agreed on between purchaser and supplier. Telescoping shall not exceed 12 mm from the core to the outer layer of the roll.

10.2 *Copper foil supplied in sheets or cut panels*

The length and width of the sheets (cut panels) shall be as ordered.

The tolerances shall be subject to agreement between purchaser and supplier.

11 Packaging and marking

11.1 *Copper foil supplied in rolls*

Copper foil rolls shall be individually sealed in a waterproof material, so that the properties of the copper foil remain within the given requirements for a period of 90 days after shipment.

The sealed rolls shall be individually packed into durable cases.

11.2 *Copper foil supplied in sheets or cut panels*

Copper foil sheets (cut panels) shall be sealed in a lubricant-free polymer film, so that the properties remain within the given requirements for a period of 90 days after shipment. The sealed sheets shall be placed on a suitable sturdy and smooth base and shall be covered with a capping material of comparable stability and smoothness. The sheet content of the package shall be agreed between purchaser and supplier.

11.3 *Marking of packages*

Each package or case shall be marked with the following information:

- manufacturer;
- manufacturer's lot number
- type of copper foil;
- information about surface profile and treatment;
- nominal thickness (mass per unit area);
- dimension (length and width of rolls or sheets);
- annealing condition (only type R2);
- number of sheets or cut panels (if supplied as such);
- net mass of copper foil.

Other marking, such as the manufacturer's lot number, the purchaser's order number and order date, the date of shipment or similar details, may also be included as agreed between purchaser and supplier.

Annexe A (normative)

Echantillonnage et méthodes d'essai

A.1 Echantillonnage

Par lot de cinq rouleaux ou moins, une longueur d'à peu près ($2,5 \pm 0,5$) m, doit être prélevée avec marquage de l'extrémité libre de l'échantillon pour identification future.

A.2 Méthode d'essai

A.2.1 *Masse par unité de surface*

A.2.1.1 *Éprouvettes*

On utilisera au moins trois éprouvettes.

Les éprouvettes doivent être découpées dans l'échantillon, une éprouvette adjacente à la ligne centrale et les deux autres éprouvettes adjacentes à chaque bord. Les éprouvettes doivent être suffisamment grandes pour permettre un découpage final précis de disques de ($113 \pm 0,25$) mm de diamètre ou de carrés de ($100 \pm 0,25$) mm de côté.

A.2.1.2 *Appareillage et matériaux d'essai*

Pour les essais, les appareillages et matériaux suivants sont utilisés:

- une balance ayant une précision de 10 mg;
- un outil de découpe adapté à la découpe d'une feuille de cuivre.

A.2.1.3 *Mode opératoire*

Chacune des trois éprouvettes formant un ensemble doit être pesé à l'aide d'une balance et la masse doit être enregistrée à 10 mg près. La masse moyenne des éprouvettes doit être calculée et doit se trouver dans la gamme donnée dans le tableau 9.

Annex A
(normative)**Sampling and test methods****A.1 Sampling**

One sample from each lot of five rolls or less shall be cut of $(2,5 \pm 0,5)$ m from the free end with the free end of the sample marked for future identification.

A.2 Test methods**A.2.1 Mass per unit area****A.2.1.1 Test specimens**

A minimum of three specimens shall be used.

The specimens shall be cut from the sample length, one specimen adjacent to the centre line and each of the other two specimens adjacent to each edge. The specimens shall be cut oversize sufficiently to permit accurate final cutting of either circular disks of $(113 \pm 0,25)$ mm diameter or squares of $(100 \pm 0,25)$ mm side length.

A.2.1.2 Test apparatus and material

The following apparatus and materials shall be used:

- a balance having a resolution of 10 mg;
- a cutter suitable for cutting copper foil.

A.2.1.3 Procedure

Each of the three specimens comprising a set shall be weighed on the balance, and the mass recorded to the nearest 10 mg. The average mass of the specimens shall be calculated and shall fall within the range given in table 9.

Tableau 9 – Masse par unité de surface, gamme de masse permise

Masse par unité de surface g/m ²	Gamme de masse permise g
45	0,41 - 0,50
76	0,69 - 0,84
107	0,96 - 1,18
152	1,38 - 1,68
230	2,06 - 2,52
305	2,75 - 3,36
445	4,01 - 4,90
610	5,49 - 6,71
915	8,24 - 10,08
1 220	10,99 - 13,43
1 525	13,73 - 16,77
1 830	16,48 - 20,16

A.2.2 Pureté du cuivre (*teneur en cuivre*)**A.2.2.1 Echantillon**

Une quantité de feuille de cuivre à essayer d'environ 2,5 g. L'échantillon doit être dégraissé par nettoyage à l'acétone, séché à l'air et pesé à 0,1 mg près.

A.2.2.2 Appareillage et matériaux d'essai**Source de courant continu**

Capable de débiter au moins 2 A, de contrôler et de mesurer le courant avec une précision de 5 mA, et prévue pour l'analyse électrolytique.

Cathode

Cylindre d'environ 30 mm de diamètre et 50 mm de haut constitué de filet ou de tissu de fil de platine. Le diamètre du fil sera d'environ 0,21 mm, la densité du tissu d'environ 20 brins par cm. La surface de la cathode sera d'environ 60 cm².

Anode

Spirale de sept tours d'environ 12 mm de diamètre et 50 mm de long, constituée de fil de platine. Le diamètre du fil sera d'environ 1 mm.

Réactifs

- mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique. La préparation se fait en ajoutant lentement, avec agitation, 300 ml d'acide sulfurique concentré à 750 ml d'eau désionisée. Laisser ensuite refroidir le mélange à la température ambiante et ajouter 210 ml d'acide nitrique concentré ;

Table 9 – Mass per unit area, allowable mass range

Mass per unit area g/m ²	Allowable range of specimen mass g
45	0,41 - 0,50
76	0,69 - 0,84
107	0,96 - 1,18
152	1,38 - 1,68
230	2,06 - 2,52
305	2,75 - 3,36
445	4,01 - 4,90
610	5,49 - 6,71
915	8,24 - 10,08
1 220	10,99 - 13,43
1 525	13,73 - 16,77
1 830	16,48 - 20,16

A.2.2 Copper purity (copper content)**A.2.2.1 Test sample**

A quantity of the copper foil under test of approximately 2,5 g. The sample shall be degreased by washing with acetone, air-dried and weighted to the nearest 0,1 mg.

A.2.2.2 Test apparatus and material**Source of direct current:**

Capable of delivering at least 2 A and controlling and measuring the current with an accuracy of 5 mA for electrolytical analysis.

Cathode:

Cylinder of approximately 30 mm in diameter and 50 mm in height consisting of mesh or cloth of platinum wire. Wire diameter shall be approximately 0,21 mm, cloth density approximately 20 strands/cm. The cathode area will be approximately 60 cm².

Anode:

Helix of seven turns of approximately 12 mm in diameter and 50 mm in length consisting of platinum wire. Wire diameter shall be approximately 1 mm.

Reagents:

- sulphuric acid/nitric acid mixture prepared by slowly adding, whilst stirring, 300 ml of concentrated sulphuric acid to 750 ml of deionized water, cooling to room temperature, and adding 210 ml of concentrated nitric acid;

- méthanol à 95 % (pour le rinçage de la cathode recouverte de métal);
- acétone (pour le dégraissage de la feuille de cuivre).

A.2.2.3 Mode opératoire

Placer l'échantillon de feuille de cuivre dans un bécher de forme haute de 200 ml ou de 300 ml sans rebord. Ajouter 50 ml environ du mélange d'acide sulfurique et d'acide nitrique et laisser reposer jusqu'à ce que la réaction soit pratiquement terminée. Chauffer alors la solution à une température de 80 °C à 90 °C dans un bain de vapeur jusqu'à ce que la dissolution du cuivre soit complète et que toutes les vapeurs nitreuses soient éliminées.

Durant le chauffage, le bâche doit être recouvert par un verre servant de couvercle et lorsque la dissolution est complète, les parois du bâche et le couvercle devront être rincés dans le bâche avec de l'eau désionisée.

La cathode devra être pesée à 0,1 mg près et la masse, enregistrée (m_{K1})

Immerger ensemble l'anode et la cathode dans la solution et couvrir le bâche avec deux couvercles de verre fendus, placés de façon que les fentes soient à angle droit.

Electrolyser la solution avec un courant de densité approximative de 2 A/dm². Avec une surface cathodique d'environ 60 cm², ceci correspond à un courant de 1,2 A dans l'alimentation. Lorsque la solution est devenue incolore (au bout de 3 h environ), réduire le courant à la moitié de sa valeur, rincer les couvercles de verre, les tiges d'électrode et les côtés du bâche à l'eau désionisée. Continuer l'électrolyse jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de cuivre plaqué sur une surface fraîche de la tige d'électrode lorsque le niveau de l'électrolyte est élevé lentement.

Sans couper le courant, siphonner l'électrolyte en ajoutant simultanément de l'eau désionisée dans le bâche pour maintenir le niveau du liquide. Retirer rapidement la cathode tout en continuant à rincer avec de l'eau désionisée. La tremper successivement dans deux bâchers contenant du méthanol. Sécher la cathode à 110 °C pendant 3 à 5 min et laisser refroidir dans un dessiccateur.

Peser la cathode recouverte de cuivre à 0,1 mg près (m_{K2}) et calculer la pureté du cuivre avec la formule suivante:

$$c_{\text{Cu}} = \frac{m_{K2} - m_{K1}}{m_{\text{Cu}}} \times 100 \%$$

où

c_{Cu} est la teneur en cuivre (%);

m_{K1} est la masse de la cathode (mg);

m_{K2} est la masse de la cathode + masse du cuivre déposé (mg);

m_{Cu} est la masse de l'échantillon de feuille de cuivre (mg).

La détermination de la pureté doit être faite deux fois, et les deux résultats devront concorder à 0,015 % de cuivre près; sinon, on doit recommencer la détermination de la pureté.

Un contrôle complémentaire de la teneur en cuivre peut être effectué par détermination des métaux qui l'accompagnent (Fe, Zn, Sn, As, Sb, Ni, Pb) dans l'électrolyte, par spectroscopie à absorption atomique (AAS).

- methanol 95% (for rinsing the plated cathode);
- acetone (for degreasing the copper foil).

A.2.2.3 Procedure

Place the sample of the copper foil in a 200 ml tallform or 300 ml lipless beaker. Add approximately 50 ml of the sulphuric acid/nitric acid mixture and allow to stand until the reaction has nearly ceased. Heat the solution to a temperature of 80 °C to 90 °C in a steam bath until dissolution of copper is complete and all nitrogen oxide fumes have been expelled.

The beaker should be covered with a cover glass during this heating and when dissolution is complete, the inner sides of the beaker and the cover glass shall be rinsed into the beaker with deionized water.

The cathode shall be weighed to the nearest 0,1 mg and the mass recorded (m_{K1}).

The anode and the cathode shall be immersed into the solution. The beaker shall be covered with a pair of split cover glasses with the splits at right angles to one another.

Electrolyze the solution at a current density of approximately 2 A/dm². With the cathode area of approximately 60 cm² this corresponds to a current of 1,2 A at the power supply. When the solution has become colourless (after about 3 h), reduce the current to half the value, rinse down the cover glasses, the electrode stems and the sides of the beaker with deionized water. Continue the electrolysis until no more copper will be plated on a fresh surface of the electrode stem when the level of the electrolyte is raised slightly.

Without interrupting the current, siphon off the electrolyte while at the same time adding deionized water to the beaker to maintain the level of liquid. Quickly remove the cathode, while continuing to rinse it with deionized water. Dip it successively into two beakers of methanol, dry it at 110 °C for 3 to 5 min and allow to cool to room temperature in a desiccator.

Weigh the plated cathode to the nearest 0,1 mg (m_{K2}) and calculate the purity of copper from the following formula:

$$c_{\text{Cu}} = \frac{m_{K2} - m_{K1}}{m_{\text{Cu}}} \times 100 \%$$

where

c_{Cu} is the copper content (%);

m_{K1} is the mass of cathode (mg);

m_{K2} is the mass of cathode + mass of deposited copper (mg);

m_{Cu} is the mass of copper foil sample (mg).

The determination of purity shall be made in duplicate, and the two results shall agree within 0,015 % copper; otherwise the determination of purity has to be repeated.

An additional checking of the copper content may be performed by determination of the accompanying metals (Fe, Zn, Sn, As, Sb, Ni, Pb) in the electrolyte by means of atomic absorption spectroscopy (AAS).

Modification pour du cuivre de pureté relativement basse (de l'ordre de 99,4 %)

La précision de l'analyse peut être améliorée en modifiant la méthode d'essai décrite ci-dessus après le moment où la cathode recouverte de cuivre a été nettoyée. Placer la cathode cuivrée dans un bécher sans bord de 300 ml et couvrir celui-ci avec un couvercle en verre percé de façon à permettre le passage de la tige d'électrode; dissoudre le dépôt de cuivre à nouveau dans environ 50 ml du mélange acide sulfurique et d'acide nitrique avec suffisamment d'eau pour recouvrir la partie cuivrée de la cathode.

La dissolution est accélérée par chauffage de la solution dans un bain de vapeur comme décrit plus haut. Continuer ensuite le mode opératoire comme décrit ci-dessus.

A.2.3 *Force de traction et allongement*

A.2.3.1 *Eprouvettes*

Les éprouvettes doivent être prélevées dans la feuille de cuivre à essayer par découpe avec une cisaille à double lame. Selon la distance entre les deux lames, cela forme des bandes d'environ 15 mm de large et 175 mm de long.

On prélèvera au moins quatre éprouvettes de chaque échantillon de la feuille de cuivre dans le lot à essayer.

On mesure de façon précise à 0,1 mm près la longueur et la largeur des éprouvettes et on en calcule l'épaisseur par la formule:

$$d = \frac{\bar{m}}{l \times w \times \rho}$$

où

d est la épaisseur (mm);

\bar{m} est la masse moyenne des quatre éprouvettes (g);

l est la longueur des éprouvettes (mm);

w est la largeur des éprouvettes (mm);

ρ est la densité du cuivre = $8,93 \times 10^{-3}$ g/mm³.

A.2.3.2 *Appareillage*

A.2.3.2.1 *Cisaille à double lame*

Cisaille à double lame, ayant les deux lames parallèles, à $(15 \pm 0,25)$ mm de distance, et mues simultanément pour découper des éprouvettes de 15 mm de large en une seule opération.

A.2.3.2.2 *Gabarit*

Gabarit précis pour le marquage d'une longueur calibrée de 50 mm, en inscrivant deux lignes parallèles de part et d'autre de la section médiane des éprouvettes, à chacun des deux bouts des éprouvettes.

Modification for relative low purity (in the order of 99,4%)

The precision of the analysis may be improved by changing the test method described above after the point where the plated cathode has been washed. Place the plated cathode into a 300 ml lipless beaker and cover it with a cover glass perforated to permit the electrode stem to project, dissolving the plated deposit again with approximately 50 ml of the sulphuric acid/nitric acid mixture together with enough water to cover the plated portion of the cathode.

Dissolution is accelerated by heating the solution on a steam bath as described before. Then the procedure shall be continued as described above.

A.2.3 Tensile strength and elongation**A.2.3.1 Test specimens**

The specimens shall be prepared from the copper foil under test by cutting with a double-blade shear. According to the blade distance of the shear they will be strips of approximately 175 mm in length and 15 mm in width.

A minimum of four specimens from each sample of copper foil of a lot shall be tested.

The accurate length and width of the specimens shall be measured to the nearest 0,1 mm, and the thickness shall be calculated from the formula:

$$d = \frac{\bar{m}}{l \times w \times p}$$

where

d is the thickness (mm);

\bar{m} is the average mass of the four specimens (g);

l is the length of the specimens (mm);

w is the width of the specimens (mm);

p is the density of copper = $8,93 \times 10^{-3}$ g/mm³.

A.2.3.2 Test apparatus and material**A.2.3.2.1 Double-blade shear**

Double-blade shear, having the two blades parallel in a distance of $(15 \pm 0,25)$ mm and operating simultaneously to cut strip-formed specimens with 15 mm in width in one step.

A.2.3.2.2 Template

Accurate template for marking a 50 mm gauge length by inscribing two parallel lines across the mid-section of the specimens at the opposite ends of the specimens.