

NORME  
INTERNATIONALE  
INTERNATIONAL  
STANDARD

CEI  
IEC

60404-12

Première édition  
First edition  
1992-10

---

---

**Matériaux magnétiques**

**Partie 12:**

Guide aux méthodes de caractérisation de la tenue  
en température de l'isolation interlaminaire

**Magnetic materials**

**Part 12:**

Guide to methods of assessment of temperature  
capability of interlaminar insulation coatings



Numéro de référence  
Reference number  
CEI/IEC 60404-12: 1992

## Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

## Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

## 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 dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI\*
- **Catalogue des publications de la CEI**  
Publié annuellement et mis à jour régulièrement  
(Catalogue en ligne)\*
- **Bulletin de la CEI**  
Disponible à la fois au «site web» de la CEI et comme périodique imprimé

## Terminologie, symboles graphiques et littéraires

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraires et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraires à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

\* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

## Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

## Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

## 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 in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site\***
- **Catalogue of IEC publications**  
Published yearly with regular updates  
(On-line catalogue)\*
- **IEC Bulletin**  
Available both at the IEC web site\* and as a printed periodical

## Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

\* See web site address on title page.

NORME  
INTERNATIONALE

CEI  
IEC

INTERNATIONAL  
STANDARD

60404-12

Première édition  
First edition  
1992-10

---

---

## Matériaux magnétiques

### Partie 12:

Guide aux méthodes de caractérisation de la tenue  
en température de l'isolation interlaminaire

## Magnetic materials

### Part 12:

Guide to methods of assessment of temperature  
capability of interlaminar insulation coatings

© IEC 1992 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 photo-  
copie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

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

International Electrotechnical Commission  
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland  
e-mail: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch) IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale  
International Electrotechnical Commission  
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX  
PRICE CODE

M

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

## SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS .....	4
INTRODUCTION.....	8
<b>Articles</b>	
1 Domaine d'application et objet .....	10
2 Références normatives .....	10
3 Définitions.....	12
3.1 Désignation du critère température/temps ( $T/t$ ) .....	12
3.2 Essais de type .....	12
4 Prescriptions .....	12
4.1 Désignation de la performance température/temps .....	12
4.2 Essais d'adhérence (selon ISO 1519) .....	12
4.3 Essais de résistance d'isolation interlaminaire (désignation de performance température/temps) .....	14
4.4 Essais de compressibilité .....	18
<b>Annexes</b>	
A Méthodes de traitement thermique des éprouvettes.....	20
B Essai d'adhérence (basé sur l'ISO 1519) .....	22
Figures .....	24

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-12:1992

## CONTENTS

	Page
FOREWORD .....	5
INTRODUCTION .....	9
<b>Clause</b>	
1 Scope and object .....	11
2 Normative references .....	11
3 Definitions .....	13
3.1 Temperature/time performance designation ( <i>T/t</i> ) .....	13
3.2 Type tests .....	13
4 Requirements .....	13
4.1 Temperature/time performance designations .....	13
4.2 Tests for adhesion (based on ISO 1519) .....	13
4.3 Tests for interlaminar insulation resistance (temperature/time performance designation) .....	15
4.4 Tests of compressibility .....	19
<b>Annexes</b>	
A Heating methods for test specimens .....	21
B Method of test for adhesion (based on ISO 1519) .....	23
Figures .....	24

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-12:1992

# COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

### Partie 12: Guide aux méthodes de caractérisation de la tenue en température de l'isolation interlaminaire

#### 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 les conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles 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 du possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

La Norme internationale CEI 404-12 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Le texte de cette publication est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote	Amendement au DIS	Rapport de vote
68(BC)70	68(BC)80	68(BC)81	68(BC)86

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

Les annexes A et B font partie intégrante de la présente norme.

La CEI 404 comprend les parties suivantes: présentées sous le titre général, Matériaux magnétiques:

- Partie 1: 1979, Classification
- Partie 2: 1978, Méthodes de mesure des propriétés magnétiques, électriques et physiques des tôles et feuillards magnétiques

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

## MAGNETIC MATERIALS

## Part 12: Guide to methods of assessment of temperature capability of interlaminar insulation coatings

## FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a world-wide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation 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, 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use 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.

International Standard IEC 404-12 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

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

DIS	Report on Voting	Amendment to DIS	Report on Voting
68(CO)70	68(CO)80	68(CO)81	68(CO)86

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

Annexes A and B form an integral part of this standard.

IEC 404 consists of the following parts, under the general title, Magnetic materials:

- Part 1: 1979, Classification
- Part 2: 1978, Methods of measurement of magnetic, electrical and physical properties of magnetic sheet and strip

- Partie 3: 1992, Méthodes de mesure des caractéristiques magnétiques des tôles et feuillards magnétiques à l'aide de l'essai sur tôle unique
- Partie 4: 1982, Méthodes de mesure des propriétés magnétiques en courant continu des pièces massives en acier
- Partie 5: 1982, Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des matériaux durs (aimants permanents)
- Partie 6: 1986, Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des alliages magnétiques doux fers-nickel isotropes, type E1, E3 et E4
- Partie 7: 1982, Méthode de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert
- Partie 8: Spécifications pour matériaux particuliers
- Partie 9: 1987, Méthode de détermination des caractéristiques géométriques des tôles magnétiques en acier
- Partie 10: 1988, Méthodes de mesure des propriétés magnétiques à fréquences moyennes des tôles et feuillards magnétiques en acier
- Partie 11: 1991, Méthode d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillards magnétiques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-12:1992

- Part 3: 1992, Methods of measurement of the magnetic properties of magnetic sheet and strip by means of a single sheet tester
- Part 4: 1982, Methods of measurement of the d.c. magnetic properties of solid steels
- Part 5: 1982, Methods of measurement of the magnetic properties of magnetically hard (permanent magnet) materials
- Part 6: 1986, Methods of measurement of the magnetic properties of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys, types E1, E3 and E4
- Part 7: 1982, Methods of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit
- Part 8: Specifications for individual materials
- Part 9: 1987, Methods of determination of the geometrical characteristics of magnetic steel sheet and strip
- Part 10: 1988, Methods of measurement of magnetic properties of magnetic steel sheet and strip at medium frequencies
- Part 11: 1991, Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-12:1992

## INTRODUCTION

La plupart des tôles magnétiques utilisées dans les machines électriques à courant alternatif portent un revêtement isolant qui est appliqué soit par le fournisseur de la tôle soit par l'utilisateur.

Le revêtement isolant est couramment soumis à des températures supérieures à l'ambiante que ce soit en service ou pendant la fabrication de la machine. Le temps de maintien en température peut varier et de ce fait il est important de connaître les propriétés d'isolation interlaminaire en fonction du temps et de la température.

Comme la détermination des propriétés des revêtements à températures élevées est onéreuse et longue, il est préférable de les établir par rapport à celles mesurées à température ambiante. Le métal revêtu sera porté à température pendant un temps donné, puis, après refroidissement à la température ambiante, il sera testé à nouveau. Le guide a donc été élaboré sur le fait que la tenue en température d'un revêtement isolant est normalement évaluée par des essais de type qui fournissent une base commune pour l'obtention d'informations sur les caractéristiques par les fournisseurs. Il est cependant aussi nécessaire de définir ces critères à la température ambiante.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-12:2004

## INTRODUCTION

Most magnetic steel sheet and strip used in electrical apparatus subjected to alternating flux requires an insulation coating which may be applied by the steel supplier or the user.

The insulation coating is likely to be subjected to temperatures above ambient in service or during processing by the purchaser. The time it is held at any given temperature can vary considerably and the properties of an interlaminar insulation in relation to time and temperature are therefore important.

Since the assessment of the properties of insulation coatings at higher temperatures is expensive and time-consuming, these properties are best established in relation to readily measurable properties at ambient temperature. Coated steel will normally be heated for the specified time, then retested after cooling to ambient temperature. This guide is therefore prepared on the basis that the temperature capability of a given insulation will normally be evaluated by means of recommended type tests which will provide a common basis for the provision of information on characteristics by suppliers. It is, however, also necessary to define the equivalent properties at ambient temperature.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60404-12:1992

## MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

### Partie 12: Guide aux méthodes de caractérisation de la tenue en température de l'isolation interlaminaire

#### 1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 404, utilisée comme guide, est en premier lieu applicable à l'évaluation de l'isolation interlaminaire des tôles et feuillards magnétiques définis par les sections de la CEI 404-8.

Ce guide définit les méthodes d'évaluation des propriétés de l'isolation interlaminaire sur les tôles et feuillards magnétiques dans la gamme de température allant de l'ambiante à 800 °C pour ce qui concerne les critères de base. Il s'agit des propriétés suivantes:

- i) adhérence;
- ii) résistance interlaminaire;
- iii) compressibilité/facteur de foisonnement.

#### 2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 404. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 404 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 50(121): *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 121: Electro-magnétisme*

CEI 50(131): 1978, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 131: Circuits électriques et magnétiques*

CEI 50(901): 1973, *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI) – Chapitre 901: Magnétisme*

CEI 216-1: 1990, *Guide pour la détermination des propriétés d'endurance thermique de matériaux isolants électriques – Première partie: Guide général relatif aux méthodes de vieillissement et à l'évolution des résultats d'essai*

CEI 404-8: *Matériaux magnétiques – Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers*

CEI 404-11: 1991, *Matériaux magnétiques – Partie 11: Méthode d'essai pour la détermination de la résistance d'isolement superficiel des tôles et feuillards magnétiques*

ISO 1519: 1973, *Peintures et vernis – Essai de pliage sur mandrin cylindrique*

## MAGNETIC MATERIALS

### Part 12: Guide to methods of assessment of temperature capability of interlaminar insulation coatings

#### 1 Scope and object

This part of IEC 404, used as a guide, is primarily applicable to the evaluation of interlaminar insulation coatings applied to magnetic steel sheet and strip covered by the sections of IEC 404-8.

This guide defines methods of test for evaluating the properties of interlaminar insulation coatings applied to magnetic steel sheet and strip in the range of temperatures from ambient to 800 °C as a basis for a type test. It covers the following properties of the material:

- i) adhesion;
- ii) interlaminar resistance;
- iii) compressibility/stacking factor.

#### 2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 404. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 404 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 50(121): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 121: Electromagnetism*

IEC 50(131): 1978, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 131: Electric and magnetic circuits*

IEC 50(901): 1973, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 901: Magnetism*

IEC 216-1: 1990, *Guide for the determination of thermal endurance properties of electrical insulating materials – Part 1: General guidelines for ageing procedure and evaluation of test results*

IEC 404-8, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials*

IEC 404-11: 1991, *Magnetic materials – Part 11: Method of test for the determination of surface insulation resistance of magnetic sheet and strip*

ISO 1519: 1973, *Paints and varnishes – Bend test (cylindrical mandrel)*

### 3 Définitions

Les définitions des principaux termes relatifs aux caractéristiques magnétiques, employés dans ce guide, sont données dans la CEI 50(121), CEI 50(131) et CEI 50(901).

De plus, les définitions suivantes sont applicables:

#### 3.1 Désignation du critère température/temps (T/t)

La caractéristique température/temps d'un revêtement relative à un critère particulier comporte la température  $T$  °C que le revêtement est capable de supporter pendant un temps  $t$  (heures) en accord avec les prescriptions de l'essai correspondant défini dans ce guide.

Elle sert à définir la tenue en température du revêtement.

NOTE - Un revêtement peut avoir plus d'une désignation par propriété.

Exemple: Une désignation 800/2 pour une propriété donnée signifie que le revêtement est capable de tenir à 800 °C pendant 2 h.

#### 3.2 Essais de type

Des séries d'essais sont prélevées sur un échantillon représentatif d'une tôle revêtue pour en évaluer ses propriétés.

### 4 Prescriptions

#### 4.1 Désignation de la performance température/temps

Les désignations température/temps normalisées recommandées sont:

150/168; 180/168; 200/168; 250/168; 150/2500; 180/2500; 200/2500; 250/2500; 400/6; 500/0,5; 750/2; et 800/2.

NOTE - Il est malaisé et onéreux d'essayer les revêtements en continu. Dans le cadre de ce guide, la méthode décrite à l'annexe D de la CEI 216-1 sera appliquée sous une forme simplifiée (voir l'article A.2 de l'annexe A).

#### 4.2 Essais d'adhérence (selon ISO 1519)

##### 4.2.1 Epreuves

Les éprouvettes d'épaisseur nominale doivent avoir une largeur minimale de 30 mm et une longueur de 280 mm  $\pm$  2,5 mm. Elles seront découpées parallèlement à la direction de laminage sans que le revêtement soit endommagé. Quatre éprouvettes seront découpées sur les feuilles ou tôles à au moins 40 mm des rives.

NOTE - Un essai sur tôle magnétique d'épaisseur nominale revêtue peut être considéré comme représentatif pour des tôles d'épaisseurs différentes.

##### 4.2.2 Méthode d'essai

La moitié des éprouvettes doit être essayée selon l'annexe B à la température de (23  $\pm$  5) °C avec un mandrin de 30 mm de diamètre. Que la tôle soit revêtue sur une face ou sur les deux faces, deux éprouvettes seront essayées, la première avec une des faces

### 3 Definitions

Definitions of the magnetic terms used in this part of IEC 404 are given in IEC 50(121), IEC 50(131) and IEC 50(901).

In addition for the purpose of this guide the following definitions apply:

#### 3.1 *Temperature/time performance designation (T/t)*

The temperature/time performance designation of a coating in relation to a particular coating property comprises the temperature  $T$  °C which the coating is able to withstand for time  $t$  (h) and meet the requirements of the appropriate test in this guide.

It serves to define the temperature capabilities of the coating.

NOTE - A coating property may have more than one designation.

Example: A designation 800/2 for a given property means the coating is capable of withstanding 800 °C for 2 h.

#### 3.2 *Type tests*

A series of tests taken on a representative sample of a coated material as a basis for evaluation of its properties.

### 4 Requirements

#### 4.1 *Temperature/time performance designations*

The recommended standard temperature/time performance designations are:

150/168; 180/168; 200/168; 250/168; 150/2500; 180/2500; 200/2500; 250/2500; 400/6; 500/0,5; 750/2; and 800/2.

NOTE - It is impractical and uneconomic to test coatings continuously. For the purposes of this standard, the concepts of Appendix D of IEC 216-1 have been applied in a simplified form. (See clause A.2 of annex A.)

#### 4.2 *Tests for adhesion (based on ISO 1519)*

##### 4.2.1 *Test specimen*

The test specimen shall normally be not less than 30 mm wide, 280 mm  $\pm$  2,5 mm long and of nominal thickness. It shall be cut parallel to the rolling direction without damage to the coating. Four test specimens shall be cut from the sheet or strip at least 40 mm from the edges.

NOTE - A test on insulated magnetic sheet of one nominal thickness may be considered to be representative of coatings applied to sheets of other thicknesses.

##### 4.2.2 *Method of test*

Half of the test specimens shall be tested in accordance with annex B at a temperature of (23  $\pm$  5) °C using a 30 mm diameter mandrel. For material coated on one surface or material coated on both surfaces, two specimens shall be tested, one with one of the

contre le mandrin et la seconde avec l'autre face contre le mandrin. Les éprouvettes seront examinées selon l'article B.3 de l'annexe B. Aucun décollement du revêtement ne devra apparaître sur les éprouvettes.

Le reste des éprouvettes sera empilé et chauffé selon l'une des méthodes de l'article A.1 de l'annexe A.

Après refroidissement, le test d'adhérence sera appliqué sur les éprouvettes préalablement chauffées, avec un mandrin de même diamètre que précédemment. Si le revêtement se détache, l'essai sera recommencé avec un mandrin de 40 mm de diamètre, et, si le revêtement se détache encore, avec un mandrin de 50 mm de diamètre.

Si le revêtement ne se détache pas, on considérera qu'il a la performance température/temps,  $T/t$ , pour le critère d'adhérence. Le diamètre du plus petit mandrin pour lequel il n'y a aucune séparation sera noté.

#### 4.2.3 Rapport d'essai

Le rapport d'essai pour chaque désignation de performance température/temps doit comporter:

- i) une description de la nature du revêtement et du support;
- ii) l'atmosphère durant le traitement thermique;
- iii) la désignation de performance température/temps;
- iv) le diamètre du plus petit mandrin qui n'occasionne pas de séparation après chauffage;
- v) le numéro de cette norme et l'article correspondant.

### 4.3 Essais de résistance d'isolation interlaminaire (désignation de performance température/temps)

#### 4.3.1 Eprouvettes

Un nombre suffisant d'éprouvettes de taille convenable seront prélevées de façon à avoir une surface totale permettant 10 mesures selon la méthode Franklin conventionnelle ou 100 mesures avec une électrode selon la méthode Franklin modifiée. Deux séries d'éprouvettes seront préparées (voir la CEI 404-11).

#### 4.3.2 Méthode d'essai

La première série d'éprouvettes sera essayée à  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  en accord avec le test Franklin soit conventionnel soit modifié. Pour le test Franklin conventionnel, la moyenne des 10 mesures de résistance d'isolation sera calculée et classée à un niveau du tableau 1 colonne 2. Pour le test Franklin modifié, à partir des valeurs de résistance mesurées pour chaque électrode, le revêtement sera identifié par les valeurs  $R_{16}$  et  $R_{50}$  de telle sorte que 16 % des valeurs de résistance soit inférieure à  $R_{16}$  et 50 % soit inférieure à  $R_{50}$ . De la même façon le revêtement sera classé à un niveau de résistance du tableau 1.

surfaces against the mandrel and one with the other surface against the mandrel. The test specimens shall be examined in accordance with clause B.3 of annex B. There shall be no detachment of the coating of the specimen.

The remaining specimens shall be clamped and heated in accordance with one of the methods of clause A.1 of annex A.

After cooling, the adhesion test shall be performed on the previously heated test specimens using a mandrel of the same diameter. If the coating becomes detached, the test shall be repeated with a 40 mm mandrel and, if detachment still occurs, with a 50 mm diameter mandrel.

If there is no detachment of the coating, it shall be considered to have a temperature/time performance  $T/t$  in relation to adhesion. The diameter of the smallest mandrel where no detachment occurs shall be noted.

#### 4.2.3 Test report

The test report for each temperature/time performance designation shall contain the following information:

- i) A description of the coating and the type of base material;
- ii) the atmosphere used during heat treatment;
- iii) the temperature/time performance designation;
- iv) the diameter of the smallest mandrel which does not cause detachment after heating;
- v) the number of this standard and the relevant clause.

#### 4.3 Tests for interlaminar insulation resistance (temperature/time performance designation)

##### 4.3.1 Test specimens

Sufficient test specimens of convenient size shall be selected to give a total area enabling 10 readings to be taken using the conventional Franklin test or 100 electrode readings using the modified Franklin test. Two sets of such test specimens shall be selected (see IEC 404-11).

##### 4.3.2 Method of test

The first set of test specimens shall be tested at  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$  in accordance with either the conventional or the modified Franklin test. For the conventional Franklin test, the mean value of the 10 readings of insulation resistance values shall be calculated and allocated a grade in accordance with column 2 of table 1. For the modified Franklin test, based on the values of resistance measured at each electrode, the coating shall be assigned values  $R_{16}$  and  $R_{50}$  such that 16 % of the resistance values are less than  $R_{16}$  and 50 % are less than  $R_{50}$ . The coating shall be assigned a resistance grade as defined in table 1.

Tableau 1

Niveau de résistance	Test Franklin Résistance $\Omega \text{ mm}^2$	Test Franklin modifié Résistance $\Omega$	
		$R_{16}$	$R_{50}$
A	$0,32 \times 10^3$	0,1	0,5
B	$0,65 \times 10^3$	0,2	1,0
C	$1,6 \times 10^3$	0,5	2,5
D	$3,2 \times 10^3$	1	5
E	$6,5 \times 10^3$	2	10
F	$16 \times 10^3$	5	25
G	$32 \times 10^3$	10	50

L'autre série d'éprouvettes sera empilée sous pression et traitée selon l'une des méthodes décrites à l'article A.1 de l'annexe A. La mesure de la résistance interlaminaire sera recommencée à la température ambiante, sur les éprouvettes préalablement traitées thermiquement.

Pour les températures inférieures à 500 °C le revêtement aura la désignation de performance température/temps  $T/t$  si la valeur moyenne obtenue par le test Franklin conventionnel n'a pas diminué de plus de 30 % après traitement thermique. De même, le revêtement aura la désignation de performance température/temps si chacune des deux valeurs  $R_{16}$  et  $R_{50}$  issues du test Franklin modifié n'a pas diminué de plus de 30 % après traitement thermique.

Pour des températures supérieures ou égales à 500 °C le revêtement aura la désignation de performance température/temps  $T/t$  si, après traitement, le revêtement reste conforme à la spécification du constructeur, définie à l'aide du tableau 1.

#### 4.3.3 Rapport d'essai

Le rapport d'essai doit comporter les informations suivantes pour chaque désignation de performance température/temps:

- i) une description de la nature du revêtement et du support;
- ii) l'atmosphère durant le traitement thermique;
- iii) la méthode d'essai utilisée;
- iv) soit la valeur moyenne Franklin, soit les valeurs de  $R_{16}$  et  $R_{50}$  et le niveau de résistance avant traitement thermique;
- v) soit la valeur moyenne Franklin, soit les valeurs de  $R_{16}$  et  $R_{50}$  après traitement thermique;
- vi) la diminution, en pourcentage, de la valeur moyenne Franklin ou de chacune des deux valeurs  $R_{16}$  et  $R_{50}$  et le niveau de résistance après traitement thermique;
- vii) la désignation de performance température/temps;
- viii) le numéro de cette norme et l'article correspondant.

Table 1

Resistance grade	Franklin test resistance $\Omega \text{ mm}^2$	Modified Franklin test resistance $\Omega$	
		$R_{16}$	$R_{50}$
A	$0,32 \times 10^3$	0,1	0,5
B	$0,65 \times 10^3$	0,2	1,0
C	$1,6 \times 10^3$	0,5	2,5
D	$3,2 \times 10^3$	1	5
E	$6,5 \times 10^3$	2	10
F	$16 \times 10^3$	5	25
G	$32 \times 10^3$	10	50

The other set of test specimens shall be clamped and heated in accordance with one of the methods of clause A.1 of annex A. The measurement of interlaminar resistance shall be repeated at ambient temperature on the test specimens which have previously been heated.

For temperatures lower than 500 °C, the coating will have a temperature/time performance designation  $T/t$  if the mean conventional Franklin value has not decreased by more than 30 % after heating. Similarly, the coating will have a temperature/time performance designation  $T/t$  if each of the values of  $R_{16}$  and  $R_{50}$  from the modified Franklin test has not decreased by more than 30 % after heating.

For temperatures of 500 °C and above, the coating shall have a temperature/time performance designation  $T/t$  if the coating after heating still meets the manufacturer's specified cold resistance grade as defined by table 1.

#### 4.3.3 Test report

The test report for each temperature/time performance designation shall contain the following information:

- i) a description of the coating and the type of base material;
- ii) the atmosphere used during heat treatment;
- iii) the method of test used;
- iv) either the mean Franklin value or the  $R_{16}$  and  $R_{50}$  values and resistance grade before heating;
- v) either the mean Franklin value or the  $R_{16}$  and  $R_{50}$  values and resistance grade after heating;
- vi) the percentage decrease in the mean Franklin test value or in each of the  $R_{16}$  and  $R_{50}$  values after heating;
- vii) the temperature/time performance designation;
- viii) the number of this standard and the relevant clause.

#### 4.4 *Essais de compressibilité*

##### 4.4.1 *Eprouvettes*

Les éprouvettes doivent être de 100 mm x 100 mm.

##### 4.4.2 *Mode opératoire*

La compressibilité, dont le facteur de foisonnement est dérivé, doit être mesurée à  $(23 \pm 5)$  °C. Un nombre suffisant d'éprouvettes doivent être serrées entre des plaques de pression comme décrit dans l'article A.1 de l'annexe A pour donner une hauteur comprimée de  $100 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ . Sans relâcher la pression, la hauteur de l'empilage entre les deux plaques de pression doit être mesurée à un point situé de chaque côté de l'empilage avec une précision de  $\pm 0,1 \text{ mm}$  ou mieux. On prend la moyenne des quatre valeurs.

L'empilage sera introduit dans un four à la température  $T$  °C pour une durée  $t$  heures.

Après sa sortie du four, l'empilage doit pouvoir être refroidi à  $(23 \pm 5)$  °C, la pression réajustée si nécessaire et les quatre mesures répétées.

Si le changement dans la hauteur d'empilage entre les valeurs moyennes des deux mesures, avant et après le chauffage, est inférieur à 1%, le revêtement sera considéré avoir la désignation de performance  $T/t$  en accord avec le facteur de foisonnement.

NOTE - La mesure du facteur de foisonnement après chauffage donne une indication sur les déformations et les vibrations des empilages en service.

##### 4.4.3 *Rapport d'essai*

Le rapport d'essai pour chaque désignation température/temps devra comporter les informations suivantes.

- i) une description du revêtement et du support;
- ii) l'atmosphère utilisée durant le traitement thermique;
- iii) la hauteur moyenne avant le traitement thermique à  $(23 \pm 5)$  °C;
- iv) la hauteur moyenne après le traitement thermique à  $(23 \pm 5)$  °C;
- v) la modification en pourcentage de la hauteur d'empilage ou du facteur de foisonnement;
- vi) la désignation de performance température/temps;
- vii) le numéro de cette norme et l'article correspondant.

#### 4.4 Tests of compressibility

##### 4.4.1 Test specimen

The test specimen shall be 100 mm x 100 mm.

##### 4.4.2 Method of test

The compressibility from which the change in stacking factor is derived shall be measured at  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ . Sufficient samples shall be clamped between pressure plates as described in clause A.1 of annex A to give a compressed height of  $100 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ . Without relieving the pressure, the height of the stack between two pressure plates shall be measured at one point adjacent to each side of the stack with an accuracy of  $\pm 0,1 \text{ mm}$  or better. The four values shall be averaged.

The stack shall be transferred to an oven and held at a temperature  $T ^\circ\text{C}$  for a time  $t$  hours.

After removal from the oven, the stack shall be allowed to cool to  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ , the pressure re-adjusted if necessary, and the four measurements repeated.

If the change in stack height between the two averaged measurements before and after heating is less than 1 %, the coating can be considered to have a temperature/time performance  $T/t$  with respect to stacking factor.

NOTE - The measurement of stacking factor after heating gives an indication of the possibility of core slackness and vibration in service.

##### 4.4.3 Test Report

The test report for each temperature/time designation shall give the following information:

- i) a description of the coating and the type of base material;
- ii) the atmosphere used during heating;
- iii) the mean stack height before heating to  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- iv) the mean stack height after heating to  $(23 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ;
- v) the percentage change in stack height or stacking factor;
- vi) the temperature/time performance designation;
- vii) the number of this standard and the relevant clause.

## Annexe A (normative)

### Méthodes de traitement thermique des éprouvettes

#### A.1 Traitement thermique d'éprouvette(s) pour les temps de maintien inférieurs ou égaux à 168 h

Les éprouvettes seront serrées entre deux plaques de même taille ou plus grandes, et les empilages, insérés entre deux plaques d'acier d'au moins 10 mm plus grandes que les éprouvettes, seront soumis à une pression de  $1 \text{ N/mm}^2 \pm 0,1 \text{ N/mm}^2$ .

Cette pression peut être obtenue par une des méthodes suivantes:

##### Méthode 1

Introduire un poids mort dans le four ou bien appliquer une pression depuis l'extérieur du four par l'intermédiaire de tringles correctement isolées.

##### Méthode 2

Les éprouvettes seront empilées dans un système de serrage du type décrit à la figure 1. La pression de  $1 \text{ N/mm}^2 \pm 0,1 \text{ N/mm}^2$  sera appliquée en utilisant un outillage adéquat tel qu'une presse, une machine de traction ou des vérins hydrauliques. Les vis doivent être serrées. Les ressorts et leur matériau doivent maintenir une pression constante lorsque les éprouvettes subiront le traitement thermique.

Dès la sortie du four, la pression spécifique sera appliquée à nouveau, réajustée, si nécessaire, et maintenue 15 s avant que les éprouvettes puissent refroidir.

Pour des températures inférieures ou égales à 500 °C les empilages seront placés dans un four contenant de l'air et maintenus à la température  $T \text{ °C} \pm 1,5 \%$  pendant une durée  $t$  heures  $\pm 1,5 \%$  où  $T$  et  $t$  représentent la performance température/temps. Puis les empilages sont refroidis à l'air libre. Pour des températures supérieures à 500 °C d'autres atmosphères pourront être utilisées.

La montée en température ne doit pas dépasser 200 °C par heure.

#### A.2 Traitement thermique en continu

Quand il est nécessaire de réaliser un traitement thermique en continu sur une éprouvette, la procédure A.1 sera employée en prenant une température de maintien de  $(T + 30) \text{ °C} \pm 1,5 \%$  et une durée de 2 500 h  $\pm 1\%$ .