

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –

Part 12: Methods of test for the assessment of the thermal endurance of surface insulation coatings on electrical steel strip and sheet

Matériaux magnétiques –

Partie 12: Méthodes d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des revêtements isolants superficiels des bandes et tôles en acier électrique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.01; 29.030

ISBN 978-2-8322-6445-4

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 General principles	7
4.1 General.....	7
4.2 Preparation of clamped stacks of test specimens.....	7
4.2.1 Procedure of stacking test specimens.....	7
4.2.2 Clamping stacks for temperature ratings up to 500 °C	7
4.2.3 Clamping stacks for temperature ratings above 500 °C.....	8
4.3 Heat treatment.....	8
4.3.1 For time ratings up to 2 500 h.....	8
4.3.2 For continuous exposure	9
5 Standard temperature/time performance designations <i>T/t</i>	9
6 Method of the test for adhesion	9
6.1 General.....	9
6.2 Test specimens.....	9
6.3 Procedure of test	9
6.4 Test report	10
7 Method of the test for surface insulation resistance	10
7.1 General.....	10
7.2 Test specimens.....	10
7.3 Procedure of test	10
7.4 Test report.....	11
8 Method of the test for stacking factor.....	11
8.1 General.....	11
8.2 Test specimen	11
8.3 Procedure of test	11
8.4 Test report.....	11
Annex A (informative) Method of test for the assessment of the thermal endurance for continuous exposure to elevated temperatures	12
A.1 General.....	12
A.2 Procedure of test	12
A.3 Temperature/time performance designations <i>T/t</i> for continuous exposure	12
Bibliography.....	13
Figure 1 – Example of clamped stack for 100 mm square test specimens	8

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –**Part 12: Methods of test for the assessment of the thermal endurance of surface insulation coatings on electrical steel strip and sheet****FOREWORD**

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

IEC 60404-12 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels. It is an International Standard.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 1992. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the method of test for adhesion has been modified to match to the method of bend test specified in ISO 1519 using a cylindrical mandrel of 32 mm in diameter instead of the 30 mm diameter mandrel specified in the first edition;
- b) the method of test for interlaminar insulation resistance has been modified to match to the method specified in IEC 60404-11 and the modified Franklin test has been removed;
- c) the method of test for compressibility has been modified to match to the method of test for stacking factor specified in IEC 60404-13;

- d) the concept of "resistance grades" has been removed;
- e) the clamping pressure to be used at temperature ratings above 500 °C has been reduced to $(0,01 \pm 0,001)$ N/mm²;
- f) the testing for continuous exposure has been made a subject to an agreement between the manufacturer and the purchaser and the procedure has been moved to an informative Annex A.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
68/698/CDV	68/720/RVC

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 60404 series, published under the general title *Magnetic materials*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under webstore.iec.ch in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

INTRODUCTION

The surface insulation coatings on electrical steel strip and sheet are sometimes exposed to elevated temperatures in service or during processing by the purchaser. Therefore, the thermal endurance of the surface insulation coating is important.

Physicochemical models postulated for the aging processes lead to the almost universal assumption of the Arrhenius equations to describe the rate of aging (see Annex A of this document and IEC 60216-1).

Since the measurement of the properties of surface insulation coatings at elevated temperatures is expensive and time-consuming, the thermal endurance of a coating is usually assessed by evaluating the change of a specified coating property, at an ambient temperature, due to a heat treatment.

MAGNETIC MATERIALS –

Part 12: Methods of test for the assessment of the thermal endurance of surface insulation coatings on electrical steel strip and sheet

1 Scope

This part of IEC 60404 is applicable to surface insulation coatings on electrical steel strip and sheet classified in IEC 60404-1-1.

This document defines the general principles and technical details of the tests for the assessment of the thermal endurance of surface insulation coatings on electrical steel strip and sheet.

The assessment is made by evaluating the change of a specified property of the surface insulation coating due to a heat treatment at a specified temperature up to 850 °C for a specified duration time up to 2 500 h. The specified property is measured at an ambient temperature of (23 ± 5) °C both without heat treatment and after heat treatment.

This document is applicable to the following properties of surface insulation coatings:

- adhesion;
- surface insulation resistance;
- stacking factor.

This document is not applicable to other properties of surface insulation coatings, e.g. welding properties, or to other effects, e.g. discoloration and off-gassing, which can be caused by exposure to elevated temperatures.

NOTE Some of the tests take a very long time to perform and therefore they are often not appropriate for acceptance tests of material supplied on a specific order.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-121, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050-221, *International Electrotechnical Vocabulary – Chapter 221: Magnetic materials and components*

IEC 60404-1-1, *Magnetic materials – Part 1-1: Classification – Surface insulations of electrical steel sheet, strip and laminations*

IEC 60404-11, *Magnetic materials – Part 11: Methods of measurement of the surface insulation resistance of electrical steel strip and sheet*

IEC 60404-13, *Magnetic materials – Part 13: Methods of measurement of resistivity, density and stacking factor of electrical steel strip and sheet*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	15
INTRODUCTION.....	17
1 Domaine d'application	18
2 Références normatives	18
3 Termes et définitions	19
4 Principes généraux	19
4.1 Généralités	19
4.2 Préparation de piles d'éprouvettes serrées	19
4.2.1 Procédure d'empilage des éprouvettes	19
4.2.2 Serrage des piles pour des températures assignées allant jusqu'à 500 °C	20
4.2.3 Serrage des piles pour des températures assignées supérieures à 500 °C	20
4.3 Traitement thermique	20
4.3.1 Pour des durées assignées maximales de 2 500 h.....	20
4.3.2 Pour une exposition continue.....	21
5 Désignations normales de performance température/temps T/t	21
6 Méthode d'essai d'adhérence	21
6.1 Généralités	21
6.2 Eprouvettes	21
6.3 Mode opératoire d'essai.....	21
6.4 Rapport d'essai.....	22
7 Méthode d'essai pour la résistance d'isolement superficiel	22
7.1 Généralités	22
7.2 Eprouvettes	22
7.3 Mode opératoire d'essai.....	22
7.4 Rapport d'essai.....	23
8 Méthode d'essai pour le facteur de foisonnement	23
8.1 Généralités	23
8.2 Eprouvettes	23
8.3 Mode opératoire d'essai.....	23
8.4 Rapport d'essai.....	24
Annexe A (informative) Méthode d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique pour une exposition continue à des températures élevées	25
A.1 Généralités	25
A.2 Mode opératoire d'essai.....	25
A.3 Désignations de performance température/temps T/t pour une exposition continue.....	26
Bibliographie.....	27
Figure 1 – Exemple de pile serrée d'éprouvettes carrées de 100 mm de côté	20

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –**Partie 12: Méthodes d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des revêtements isolants superficiels des bandes et tôles en acier électrique****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. À cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets.

L'IEC 60404-12 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1992. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) la méthode d'essai d'adhérence a été modifiée afin de correspondre à la méthode d'essai de pliage spécifiée dans l'ISO 1519, qui utilise un mandrin cylindrique d'un diamètre de 32 mm en lieu et place du mandrin d'un diamètre de 30 mm spécifié dans la première édition;
- b) la méthode d'essai de résistance d'isolation interlaminaire a été modifiée afin de correspondre à la méthode spécifiée dans l'IEC 60404-11 et l'essai de Franklin modifié a été supprimé;
- c) la méthode d'essai de compressibilité a été modifiée afin de correspondre à la méthode d'essai du facteur de foisonnement spécifiée dans l'IEC 60404-13;
- d) le concept de "niveaux de résistance" a été supprimé;
- e) la pression de serrage à utiliser à des températures assignées supérieures à 500 °C a été réduite à $(0,01 \pm 0,001) \text{ N/mm}^2$;
- f) L'essai d'exposition continue a fait l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur et la procédure a été déplacée vers une Annexe A informative.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
68/698/CDV	68/720/RVC

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60404, publiées sous le titre général *Matériaux magnétiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

INTRODUCTION

Les revêtements isolants superficiels des bandes et tôles en acier électrique sont parfois exposés à des températures élevées en service ou lors d'un traitement par l'acheteur. Par conséquent, l'endurance thermique du revêtement isolant superficiel est importante.

Les processus de vieillissement proposés comme relevant de modèles physico-chimiques ont conduit à décrire la vitesse de vieillissement selon les hypothèses presque universelles des équations d'Arrhenius (voir l'Annexe A du présent document et l'IEC 60216-1).

Étant donné que le mesurage des propriétés des revêtements isolants superficiels à températures élevées est long et onéreux, l'appréciation de l'endurance thermique d'un revêtement s'effectue habituellement par l'évaluation de la variation d'une propriété de revêtement spécifiée à température ambiante du fait d'un traitement thermique.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 12: Méthodes d'essai pour l'évaluation de l'endurance thermique des revêtements isolants superficiels des bandes et tôles en acier électrique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 s'applique aux revêtements isolants superficiels des bandes et tôles en acier électrique classées dans l'IEC 60404-1-1.

Le présent document définit les principes généraux et les éléments techniques des essais relatifs à l'évaluation de l'endurance thermique des revêtements isolants superficiels des bandes et tôles en acier électrique.

L'évaluation consiste à apprécier la variation d'une propriété spécifiée du revêtement isolant superficiel du fait d'un traitement thermique à une température spécifiée allant jusqu'à 850 °C pendant une durée spécifiée maximale de 2 500 h. La propriété spécifiée est mesurée à une température ambiante de (23 ± 5) °C sans traitement thermique et après un traitement thermique.

Le présent document s'applique aux propriétés suivantes des revêtements isolants superficiels:

- adhérence;
- résistance d'isolement superficiel;
- facteur de foisonnement.

Le présent document ne s'applique pas aux autres propriétés des revêtements isolants superficiels, par exemple, propriétés de soudage, ou aux autres effets, par exemple décoloration et dégazement, qui peuvent être provoqués par une exposition à des températures élevées.

NOTE Certains essais ont une durée de réalisation très longue et par conséquent ne sont souvent pas adaptés aux essais d'acceptation de matériaux fournis dans le cadre d'une commande spécifique.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-121, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 121: Electromagnétisme*

IEC 60050-221, *Vocabulaire électrotechnique international – Chapitre 221: Matériaux et composants magnétiques*

IEC 60404-1-1, *Matériaux magnétiques – Partie 1-1: Classification – Isolations de surface des tôles, bandes et lamelles magnétiques en acier*

IEC 60404-11, *Matériaux magnétiques – Partie 11: Méthodes de mesurage de la résistance d'isolement superficiel des bandes et tôles en acier électrique*

IEC 60404-13, *Matériaux magnétiques – Partie 13: Méthodes de mesure de la résistivité, de la masse volumique et du facteur de foisonnement des bandes et tôles en acier électrique*

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