IEC 60404-2

Edition 3.1 2008-06

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –
Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of an Epstein frame

Matériaux magnétiques –
Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier au moyen d'un cadre Epstein

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX CH

ICS 29.030; 17.220.20

ISBN 2-8318-9835-8

CONTENTS

FOREWORD 4
1 Scope and object 6
2 Normative references 6
3 General principles of a.c. measurements 7
3.1 Principle of the 25 cm Epstein frame method 7
3.2 Test specimen 7
3.3 The 25 cm Epstein frame 7
3.4 Air flux compensation 9
3.5 Power supply 9
3.6 Voltage measurement 9
3.7 Frequency measurement 10
3.8 Power measurement 10
4 Procedure for the measurement of the specific total loss 10
4.1 Preparation for measurement 10
4.2 Adjustment of power supply 10
4.3 *Measurement of power* 11
4.4 Determination of the specific total loss 11
4.5 Reproducibility of the specific total loss measurement 12
5 Procedure for the determination of the peak value of magnetic polarization, r.m.s. value of magnetic field strength, peak value of magnetic field strength and specific apparent power 12
5.1 Test specimen 12
5.2 Principle of measurement 12
5.3 Reproducibility 14
6 General principles of d.c. measurements 14
6.1 Principle of the 25 cm Epstein frame method 14
6.2 Test specimen 14
6.3 The 25 cm Epstein frame 14
6.4 Air flux compensation 15
6.5 Power supply 15
6.6 Apparatus accuracy 15
7 Procedure for the d.c. measurement of the magnetic polarization 15
7.1 Preparation for measurement 15
7.2 Determination of the magnetic polarization 15
7.3 Determination of the magnetic hysteresis loop 16
7.4 Reproducibility of the measurement of the magnetic polarization 16
8 Test report 16

Annex A (informative) Digital sampling methods for the determination of the magnetic properties 21

Bibliography 24

Figure 1 – Double-lapped joints 17
Figure 2 – The 25 cm Epstein frame 17
Figure 3 – Circuit for the wattmeter method 18
Figure 4 – Circuit for measuring the r.m.s. value of the magnetizing current 18
Figure 5 – Circuit for measuring the peak value of the magnetic field strength using a peak voltmeter 19
Figure 6 – Circuit for measuring the peak value of magnetic field strength using a mutual inductor M_D 19
Figure 7 – Circuit for d.c. testing: to obtain discrete values of magnetic polarization 20
Figure 8 – Circuit for d.c. testing: continuous recording method 20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of an Epstein frame

FOREWORD

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

International Standard IEC 60404-2 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This consolidated version of IEC 60404-2 consists of the third edition (2000) [documents 68/119/FDIS and 68/135/RVD] and its amendment 1 (2008) [documents 68/365/FDIS and 68/369/RVD].

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 3.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendment 1.

This standard supersedes chapters I, II, IV and V of IEC 60404-2:1978.

The standard IEC 60404-11 supersedes chapter VIII of IEC 60404-2:1978.

The standard IEC 60404-13 supersedes chapters VI, VII and IX of IEC 60404-2:1978.

Chapter III of IEC 60404-2:1978 is cancelled.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until the maintenance result date indicated on the IEC web site under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

MAGNETIC MATERIALS –

Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of an Epstein frame

1 Scope and object

This part of IEC 60404 is applicable to grain oriented and non-oriented electrical sheet and strip for a.c. measurements of magnetic properties at frequencies up to 400 Hz and for d.c. magnetic measurements.

The object of this part is to define the general principles and the technical details of the measurement of the magnetic properties of electrical steel sheet and strip by means of an Epstein frame.

The Epstein frame is applicable to test specimens obtained from electrical steel sheets and strips of any grade. The a.c. magnetic characteristics are determined for sinusoidal induced voltages, for specified peak values of magnetic polarization and for a specified frequency.

The measurements are to be made at an ambient temperature of (23 ± 5) °C on test specimens which have first been demagnetized.

Measurements at higher frequencies are to be made in accordance with IEC 60404-10.

NOTE Throughout this standard the term "magnetic polarization" is used as defined in IEC 60050(221). In some standards of the IEC 60404 series, the term "magnetic flux density" was used.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

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

IEC 60404-4, *Magnetic materials – Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of magnetically soft materials*

IEC 60404-8-3, *Magnetic materials – Part 8-3: Specifications for individual materials – Cold-rolled electrical non-alloyed and alloyed steel sheet and strip delivered in the semi-processed state*

IEC 60404-8-4, *Magnetic materials – Part 8-4: Specifications for individual materials – Cold-rolled non-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-8-7, *Magnetic materials – Part 8-7: Specifications for individual materials – Cold-rolled grain-oriented electrical steel sheet and strip delivered in the fully-processed state*

IEC 60404-10, *Magnetic materials – Part 10: Methods of measurement of magnetic properties of magnetic sheet and strip at medium frequencies*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 28
1 Domaine d'application et objet 30
2 Références normatives 30
3 Principes généraux des mesures en courant alternatif 31
3.1 Principe de la méthode du cadre Epstein de 25 cm 31
3.2 Eprouvette 31
3.3 Cadre Epstein de 25 cm 31
3.4 Compensation du flux dans l'air 33
3.5 Source d'alimentation 33
3.6 Mesurage de la tension 33
3.7 Mesurage de la fréquence 34
3.8 Mesurage de la puissance 34
4 Mode opératoire pour la mesure des pertes totales spécifiques 34
4.1 Préparation du mesurage 34
4.2 Réglage de la source d'alimentation 35
4.3 Mesurage de la puissance 35
4.4 Détermination des pertes totales spécifiques 36
4.5 Reproductibilité du mesurage des pertes totales spécifiques 36
5 Mode opératoire pour la détermination de la valeur crête de la polarisation magnétique, de la valeur efficace de l'intensité du champ magnétique, de la valeur crête de l'intensité du champ magnétique et de la puissance apparente spécifique 37
5.1 Eprouvette 37
5.2 Principe de mesure 37
5.3 Reproductibilité 39
6 Principes généraux des mesures en courant continu 39
6.1 Principe de la méthode du cadre Epstein de 25 cm 39
6.2 Eprouvette 39
6.3 Cadre Epstein de 25 cm 39
6.4 Compensation du flux dans l'air 39
6.5 Source d'alimentation 40
6.6 Précision de l'appareillage 40
7 Mode opératoire pour la mesure de la polarisation magnétique en courant continu 40
7.1 Préparation du mesurage 40
7.2 Détermination de la polarisation magnétique 40
7.3 Détermination du cycle d'hystérésis magnétique 41
7.4 Reproductibilité du mesurage de la polarisation magnétique 41
8 Rapport d'essai 41

Annexe A (informative) Méthodes d'échantillonnage numérique pour la détermination des propriétés magnétiques 46

Bibliographie 49

Figure 1 – Joints à double recouvrement 42
Figure 2 – Cadre Epstein de 25 cm 42
Figure 3 – Circuit pour la méthode du wattmètre 43
Figure 4 – Circuit pour la mesure de la valeur efficace du courant d'excitation 43
Figure 5 – Circuit pour la mesure de la valeur crête de l'intensité du champ magnétique utilisant un voltmètre de crête 44
Figure 6 – Circuit pour la mesure de la valeur crête de l'intensité du champ magnétique utilisant une inductance mutuelle M_D 44
Figure 7 – Circuit pour les essais en courant continu: obtention de valeurs discrètes de la polarisation magnétique 45
Figure 8 – Circuit pour les essais en courant continu: méthode d'enregistrement en continu 45

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier au moyen d'un cadre Epstein

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60404-2 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Cette version consolidée de la CEI 60404-2 comprend la troisième édition (1996) [documents 68/119/FDIS et 68/135/RVD] et son amendement 1 (2008) [documents 68/365/FDIS et 68/369/RVD].

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 3.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1.

La présente norme remplace les chapitres I, II, IV et V de la CEI 60404-2:1978.

La norme CEI 60404-11 remplace le chapitre VIII de la CEI 60404-2:1978.

La norme CEI 60404-13 remplace les chapitres VI, VII et IX de la CEI 60404-2:1978.

Le chapitre III de la CEI 60404-2:1978 est annulé.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier au moyen d'un cadre Epstein

1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 60404 s'applique aux tôles et bandes magnétiques à grains orientés et non orientés, pour le mesurage des propriétés magnétiques en courant alternatif jusqu'à la fréquence de 400 Hz, et pour les mesures magnétiques en courant continu.

Cette partie a pour objet de définir les principes généraux et les détails techniques du mesurage des propriétés magnétiques des tôles et bandes magnétiques au moyen d'un cadre Epstein.

Le cadre Epstein est utilisable pour des éprouvettes de tôles et bandes magnétiques quelle qu'en soit la qualité. Les caractéristiques magnétiques en courant alternatif sont déterminées pour des tensions induites sinusoïdales, pour des valeurs crêtes particulières de la polarisation magnétique et pour une fréquence spécifiée.

Les mesurages sont à effectuer à une température ambiante de (23 ± 5) °C sur des éprouvettes préalablement désaimantées.

Les mesurages à plus hautes fréquences sont à effectuer conformément à la CEI 60404-10.

NOTE Dans cette norme le terme «polarisation magnétique» est utilisé conformément à sa définition de la CEI 60050(221). Dans certaines normes des séries CEI 60404, le terme «densité de flux magnétique» a été utilisé.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60050-221, *Vocabulaire Electrotechnique International – Chapitre 221: Matériaux et composants magnétiques*

CEI 60404-4, *Matériaux magnétiques – Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques des matériaux magnétiquement doux*

CEI 60404-8-3, *Matériaux magnétiques – Partie 8-3: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles et bandes magnétiques en acier non allié et en acier allié, laminées à froid, livrées à l'état semi-fini*

CEI 60404-8-4, *Matériaux magnétiques – Partie 8-4: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid et livrées à l'état fini*

CEI 60404-8-7, *Matériaux magnétiques – Partie 8-7: Spécifications pour matériaux particuliers – Tôles magnétiques en acier à grains orientés, laminées à froid et livrées à l'état fini*

CEI 60404-10, *Matériaux magnétiques – Partie 10: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques à fréquences moyennes des tôles et feuillards magnétiques en acier*

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