

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Magnetic materials –

Part 3: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of a single sheet tester

Matériaux magnétiques –

Partie 3: Méthodes de mesure des caractéristiques magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier à l'aide de l'essai sur tôle unique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 17.220.20; 29.030

ISBN 978-2-8891-0186-3

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
1 Object and field of application	5
2 Normative references	6
3 General principles	6
3.1 Principle of the method.....	6
3.2 Test apparatus	6
3.3 Air flux compensation	7
3.4 Test specimen.....	8
3.5 Power supply.....	8
4 Determination of the specific total loss	8
4.1 Principle of measurement	8
4.2 Apparatus.....	8
4.3 Measurement procedure of the specific total loss	9
5 Determination of magnetic field strength, excitation current and specific apparent power	11
5.1 Principle of measurement	12
5.2 Apparatus.....	12
5.3 Measuring procedure.....	13
5.4 Determination of characteristics	14
5.5 Reproducibility	16
Annex A (normative) Requirements concerning the manufacture of yokes	19
Annex B (informative) Calibration of the test apparatus with respect to the Epstein frame	20
Annex C (informative) Epstein to SST relationship for grain-oriented sheet steel	21
Annex D (informative) Digital sampling methods for the determination of the magnetic properties	24
Bibliography.....	27
Figure 1 – Diagram of the test apparatus	17
Figure 2 – Yoke dimensions.....	17
Figure 3 – Diagram of the connections of the five coils of the primary winding	17
Figure 4 – Circuit for the determination of the specific total loss	18
Figure 5 – Circuit for measuring the r.m.s. value of the excitation current	18
Figure 6 – Circuit for measuring the peak value of the magnetic field strength	18
Figure C.1 – Epstein-SST conversion factor δP for grain-oriented material versus magnetic polarization J	23
Figure C.2 – Epstein-SST conversion factor δHS for grain-oriented material versus magnetic polarization J	23
Table C.1 – Epstein-SST conversion factors δP and δHS for grain-oriented material in the polarization range 1,0 T to 1,8 T	22

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

Part 3: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of a single sheet tester

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.

This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.

IEC 60404-3 edition 2.2 contains the second edition (1992) [documents 68(CO)68+75 and 68(CO)77+79], its amendment 1 (2002) [documents 68/258/FDIS and 68/263/RVD], its amendment 2 (2009) [documents 68/389/CDV and 68/397/RVC] and its corrigendum of December 2009.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by amendments 1 and 2.

International Standard IEC 60404-3 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

Annex A forms an integral part of this standard.

Annex B, C and D are for information only.

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.

IMPORTANT – The “colour inside” logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this publication using a colour printer.

MAGNETIC MATERIALS –

Part 3: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of a single sheet tester

1 Object and field of application

The object of this part is to define the general principles and the technical details of the measurement of the magnetic properties of magnetic sheets by means of a single sheet tester.

This part of IEC 60404 is applicable at power frequencies to:

a) grain oriented magnetic sheet and strip:

for the measurement between 1,0 T and 1,8 T of:

- specific total loss;
- specific apparent power;
- r.m.s. value of the magnetic field strength;

for the measurement up to peak values of magnetic field strength of 1 000 A/m of:

- peak value of the magnetic polarization;
- peak value of the magnetic field strength.

b) non-oriented magnetic sheet and strip:

for the measurement between 0,8 T and 1,5 T of:

- specific total loss;
- specific apparent power;
- r.m.s. value of excitation current;

for the measurement up to peak values of magnetic field strength of 10 000 A/m of:

- peak value of the magnetic polarization;
- peak value of the magnetic field strength.

The single sheet tester is applicable to test specimens obtained from magnetic sheets and strips of any quality. The magnetic characteristics are determined for a sinusoidal induced voltage, for specified peak values of magnetic polarization and for a specified frequency.

The measurements are made at an ambient temperature of $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ on test specimens which have first been demagnetized.

NOTE Throughout this part the quantity "magnetic polarization" is used as defined in IEC 60050(901). In some standards of the IEC 60404 series, the quantity "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 – Part 221: Magnetic materials and components*

IEC 60404-2, *Magnetic materials – Part 2: Methods of measurement of the magnetic properties of electrical steel strip and sheet by means of an Epstein frame*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	29
1 Objet et domaine d'application.....	31
2 Références normatives.....	32
3 Principes généraux.....	32
3.1 Principe de la méthode d'essai.....	32
3.2 Appareillage d'essai.....	32
3.3 Inductance mutuelle de compensation.....	33
3.4 Epruvette.....	34
3.5 Source d'alimentation.....	34
4 Détermination des pertes totales spécifiques.....	34
4.1 Principe de la mesure.....	34
4.2 Appareillage.....	34
4.3 Mode opératoire pour la mesure des pertes totales spécifiques.....	35
5 Détermination de l'intensité du champ magnétique, du courant magnétisant et de la puissance apparente spécifique.....	37
5.1 Principe de la mesure.....	38
5.2 Appareillage.....	38
5.3 Mode opératoire.....	39
5.4 Détermination des caractéristiques.....	40
5.5 Reproductibilité.....	42
Annexe A (normative) Exigences concernant la construction des culasses.....	45
Annexe B (informative) Etalonnage du dispositif d'essai par rapport au cadre Epstein.....	46
Annexe C (informative) Relation Epstein-SST pour les tôles d'acier à grains orientés.....	47
Annexe D (informative) Méthodes d'échantillonnage numérique pour la détermination des propriétés magnétiques.....	50
Bibliographie.....	53
Figure 1 – Schéma du dispositif d'essai.....	43
Figure 2 – Dimensions de la culasse.....	43
Figure 3 – Schéma de branchement des cinq bobines de l'enroulement primaire.....	43
Figure 4 – Circuit pour la mesure des pertes totales spécifiques.....	44
Figure 5 – Circuit pour la mesure de la valeur efficace du courant magnétisant.....	44
Figure 6 – Circuit pour la mesure de la valeur de crête de l'intensité du champ magnétique.....	44
Figure C.1 – Facteur δP de conversion Epstein-SST pour matériau à grains orientés en fonction de la polarisation magnétique J	49
Figure C.2 – Facteur δHS de conversion Epstein-SST pour matériau à grains orientés en fonction de la polarisation magnétique J	49
Tableau C.1 – Facteurs δP et δHS de conversion Epstein-SST pour matériau à grains orientés dans la gamme de polarisation 1,0 T à 1,8 T.....	48

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 3: Méthodes de mesure des caractéristiques magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier à l'aide de l'essai sur tôle unique

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 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 la CEI. La CEI 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 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.

Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.

La CEI 60404-31 édition 2.2 contient la deuxième édition (1992) [documents 68(BC)68+75 et 68(BC)77+79], son amendement 1 (2002) [documents 68/258/FDIS et 68/263/RVD], son amendement 2 (2009) [documents 68/389/CDV et 68/397/RVC] et le corrigendum de décembre 2009.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par les amendements 1 et 2.

La Norme internationale CEI 60404-3 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

L'annexe A fait partie intégrante de la présente norme.

L'annexe B, C et D sont données uniquement à titre d'information.

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.

IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 3: Méthodes de mesure des caractéristiques magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier à l'aide de l'essai sur tôle unique

1 Objet et domaine d'application

La présente partie a pour objet de définir les principes généraux et les détails techniques de mesure des propriétés magnétiques des tôles magnétiques à l'aide de l'essai sur tôle unique.

La présente partie de la CEI 60404 est applicable, aux fréquences industrielles:

a) aux tôles et feuillards magnétiques à grains orientés:

pour la mesure entre 1,0 T et 1,8 T:

- des pertes totales spécifiques;
- de la puissance apparente spécifique;
- de la valeur efficace du champ magnétique;

pour la mesure, jusqu'à des valeurs de crête de champ magnétique de 1 000 A/m:

- de la valeur de crête de la polarisation magnétique;
- de la valeur de crête du champ magnétique.

b) aux tôles et feuillards magnétiques à grains non orientés:

pour la mesure entre 0,8 T et 1,5 T:

- des pertes totales spécifiques;
- de la puissance apparente spécifique;
- de la valeur efficace du courant d'excitation;

pour la mesure, jusqu'à des valeurs de crête de champ magnétique de 10 000 A/m:

- de la valeur de crête de la polarisation magnétique;
- de la valeur de crête du champ magnétique.

L'essai sur tôle unique est applicable à des échantillons prélevés dans les tôles et feuillards magnétiques de toute qualité. Les caractéristiques magnétiques sont déterminées pour une tension induite sinusoïdale, pour des valeurs de crête spécifiées de la polarisation magnétique et pour une fréquence spécifiée.

Les mesures sont effectuées à la température ambiante de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$ sur des éprouvettes qui ont été au préalable désaimantées.

NOTE Dans la présente partie, la grandeur «polarisation magnétique» est utilisée conformément à la définition figurant dans la CEI 60050(901). Dans certaines normes de la série CEI 60404, on a employé l'expression «induction magnétique».

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 – Partie 221: Matériaux et composants magnétiques*

CEI 60404-2, *Matériaux magnétiques – Partie 2: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des bandes et tôles magnétiques en acier au moyen d'un cadre Epstein*