IEC 60404-4

Edition 2.2 2008-11

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –
Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of magnetically soft materials

Matériaux magnétiques –
Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques des matériaux magnétiquement doux

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX CL

ICS 17.220.20; 29.030

ISBN 978-2-88910-188-7

® Registered trademark of the International Electrotechnical Commission
Marque déposée de la Commission Electrotechnique Internationale

CONTENTS

FOREWORD 4

1 Scope and object 6

2 Normative references 6

3 Determination of the magnetic characteristics by the ring method 7
- 3.1 Object 7
- 3.2 General 7
- 3.3 Effect of temperature on the measurements 7
- 3.4 Test specimen 7
- 3.5 Windings 8
- 3.6 Methods of measurement by the ring method 9
  - 3.6.1 Magnetic field strength 9
  - 3.6.2 Magnetic flux density 9
  - 3.6.3 Connection of apparatus 10
  - 3.6.4 Determination of normal magnetization curve 10
  - 3.6.5 Determination of a complete hysteresis loop 11
  - 3.6.6 Determination of remanent flux density 12
  - 3.6.7 Determination of coercive field strength 12
- 3.7 Uncertainty by the ring method 12

4 Determination of the magnetic characteristics by the permeameter method 13
- 4.1 Object 13
- 4.2 Principle of the permeameter 13
- 4.3 Test specimen 14
- 4.4 Methods of measurement by the permeameter method 14
  - 4.4.1 Measurement of magnetic field strength 14
  - 4.4.2 Measurement of magnetic flux density 15
  - 4.4.3 Connection of apparatus 16
  - 4.4.4 Determination of the normal magnetization curve 17
  - 4.4.5 Determination of a complete hysteresis loop 17
  - 4.4.6 Determination of remanent flux density 18
  - 4.4.7 Determination of coercive field strength 18
- 4.5 Uncertainty by the permeameter method 18

5 Test report 19

Annex A (normative) Calibration of search coils 25

Annex B (informative) Methods of calibrating the flux integrator 27

Annex C (informative) Requirements for the J-compensated coil system 30

Figure 1 – Circuit for the determination of the magnetic characteristics by the ring method 20
Figure 2 – Hysteresis loop 20
Figure 3 – Typical arrangement of a type A permeameter 21
Figure 4 – Typical arrangement of a type B permeameter 22
Figure 5 – Arrangement of search coils 24
Figure 6 – Circuit for the determination of the normal magnetization curve and hysteresis loop of bar specimens using a double yoke permeameter 24
Figure A.1 – Circuit for the calibration of search-coils 26
Figure B.1 – Circuit for calibration the flux integrator by the capacitor discharge method 29

Table 1 – Switching sequence to maintain the test specimen in a steady cyclic state 12

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

MAGNETIC MATERIALS –

Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of magnetically soft materials

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 60404-4 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This consolidation version of IEC 60404-4 consists of the second edition (1995) [documents 68(CO)95 and 68/117/RVD], its amendment 1 (2000) [documents 68/215/FDIS and 68/217/RVD] and its amendment 2 (2008) [documents 68/363/CDV and 68/375/RVC].

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

It bears the edition number 2.2.

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

Annex A forms an integral part of this standard.

Annexes B and C 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.

MAGNETIC MATERIALS –

Part 4: Methods of measurement of d.c. magnetic properties of magnetically soft materials

1 Scope and object

This part of IEC 60404 specifies the methods of measuring the d.c. magnetic properties of magnetically soft materials in a closed magnetic circuit using either the ring or the permeameter methods. The ring method is suitable for use with laminated or solid ring specimens as well as ring specimens produced by sintering.

Two methods are used:

a) the ring method, particularly for magnetic field strengths of up to 10 kA/m;

b) the permeameter method for magnetic field strengths in the range 1 kA/m to 200 kA/m.

NOTE The measurement of coercivity in an open magnetic circuit is specified in IEC 60404-7.

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 60404-7:1982, *Magnetic materials – Part 7: Method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit*

IEC 60404-8-2:1985, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section Two: Specification for cold-rolled magnetic alloyed steel strip delivered in the semi-processed state*

IEC 60404-8-3:1985, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section Three: Specification for cold-rolled magnetic non-alloyed steel strip delivered in the semi-processed state*

IEC 60404-8-4:1986, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section Four: Specification for cold-rolled non-oriented magnetic steel sheet and strip*

IEC 60404-8-6:1986, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section Six: Soft magnetic metallic materials*
Amendment 1 (1992)

IEC 60404-8-7:1988, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section Seven: Specification for grain-oriented magnetic steel sheet and strip*
Amendment 1 (1991)

IEC 60404-8-8:1991, *Magnetic materials – Part 8: Specifications for individual materials – Section 8: Specification for thin magnetic steel strip for use at medium frequencies*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 34

1 Domaine d'application et objet 36

2 Références normatives 36

3 Détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du tore 37
3.1 Objet 37
3.2 Généralités 37
3.3 Influence de la température sur les mesures 37
3.4 Eprouvette 37
3.5 Enroulements 38
3.6 Méthodes de mesure par la méthode du tore 39
3.6.1 Intensité du champ magnétique d'excitation 39
3.6.2 Induction magnétique 39
3.6.3 Branchement des appareils 39
3.6.4 Détermination de la courbe d'aimantation normale 40
3.6.5 Détermination d'un cycle d'hystérésis complet 40
3.6.6 Détermination de l'induction rémanente 42
3.6.7 Détermination du champ coercitif 42
3.7 Incertitude par la méthode du tore 42

4 Détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du perméamètre 43
4.1 Objet 43
4.2 Principe du perméamètre 43
4.3 Eprouvette 43
4.4 Méthodes de mesure par la méthode du perméamètre 44
4.4.1 Mesure de l'intensité du champ magnétique d'excitation 44
4.4.2 Mesure de l'induction magnétique 45
4.4.3 Branchement des appareils 46
4.4.4 Détermination de la courbe d'aimantation normale 46
4.4.5 Détermination d'un cycle d'hystérésis complet 47
4.4.6 Détermination de l'induction rémanente 48
4.4.7 Détermination du champ coercitif 48
4.5 Incertitude par la méthode du perméamètre 48

5 Procès-verbal d'essai 49

Annex A (normative) Etalonnage des bobines de mesures 55

Annex B (informative) Méthodes d'étalonnage de l'intégrateur de flux 57

Annex C (informative) Conditions à remplir par un système de bobines compensées pour la mesure de J 60

Figure 1 – Circuit pour la détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du tore 50
Figure 2 – Cycle d'hystérésis 50
Figure 3 – Configuration typique d'un perméamètre de type A 51
Figure 4 – Configuration typique d'un perméamètre de type B 52
Figure 5 – Configuration des bobines de mesure 54
Figure 6 – Circuit pour la détermination de la courbe d'aimantation normale et du cycle d'hystérésis à l'aide d'un perméamètre à double culasse (échantillon en barreau) 54
Figure A.1 – Circuit pour l'étalonnage des bobines de mesure 56
Figure B.1 – Circuit d'étalonnage de l'intégrateur de flux par la méthode de la décharge d'un condensateur étalon 59

Tableau 1 – Séquence des commutations nécessaires au maintien de l'éprouvette dans un état cyclique stable 42

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques des matériaux magnétiquement doux

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 60404-4 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

La présente version consolidée de la CEI 60404-4 comprend la deuxième édition (1995) [documents 68(BC)95 et 68/117/RVD], son amendement 1 (2000) [documents 68/215/FDIS et 68/217/RVD] et son amendement 2 (2008) [documents 68/363/CDV et 68/375/RVC].

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

Elle porte le numéro d'édition 2.2.

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

L'annexe A fait partie intégrante de cette norme.

Les annexes B et C 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.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 4: Méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques des matériaux magnétiquement doux

1 Domaine d'application et objet

Cette partie de la CEI 60404 traite des méthodes de mesure en courant continu des propriétés magnétiques des matériaux magnétiquement doux, en circuit magnétique fermé, en utilisant la méthode du tore ou celle du perméamètre. L'utilisation de la méthode du tore est adaptée pour les éprouvettes constituées d'un tore monobloc ou formé de feuilles, de même que pour les éprouvettes constituées d'un tore obtenues par frittage.

Deux méthodes sont utilisées:

a) la méthode du tore, en particulier pour des intensités de champ d'excitation magnétique pouvant aller jusqu'à 10 kA/m;

b) la méthode du perméamètre pour des intensités de champ d'excitation magnétique allant de 1 kA/m à 200 kA/m.

NOTE La mesure de la coercitivité en circuit magnétique ouvert fait l'objet de la CEI 60404-7.

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 60404-7:1982, *Matériaux magnétiques – Septième partie: Méthode de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert*

CEI 60404-8-2:1985, *Matériaux magnétiques – Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers – Section deux: Spécification des bandes magnétiques en acier allié, laminées à froid et livrées à l'état semi-fini*

CEI 60404-8-3:1985, *Matériaux magnétiques – Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers – Section trois: Spécification des bandes magnétiques en acier non allié, laminées à froid et livrées à l'état semi-fini*

CEI 60404-8-4:1986, *Matériaux magnétiques – Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers – Section quatre: Spécification des tôles magnétiques en acier à grains non orientés, laminées à froid*

CEI 60404-8-6:1986, *Matériaux magnétiques – Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers – Section six: Matériaux métalliques magnétiquement doux*
Amendement 1 (1992)

CEI 60404-8-7:1988, *Matériaux magnétiques – Huitième partie: Spécifications pour matériaux particuliers – Section sept: Spécification des tôles magnétiques en acier à grains orientés*
Amendement 1 (1991)

CEI 60404-8-8:1991, *Matériaux magnétiques – Partie 8: Spécifications pour matériaux particuliers – Section 8: Spécification des tôles magnétiques extra-minces en acier pour utilisation à moyennes fréquences*