

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
Articles	
1 Domaine d'application et objet.....	8
2 Références normatives.....	8
3 Détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du tore.....	10
3.1 Objet.....	10
3.2 Généralités.....	10
3.3 Influence de la température sur les mesures.....	10
3.4 Eprouvette.....	10
3.5 Enroulements.....	12
3.6 Méthodes de mesure par la méthode du tore.....	14
3.6.1 Intensité du champ magnétique d'excitation.....	14
3.6.2 Induction magnétique.....	14
3.6.3 Branchement des appareils.....	16
3.6.4 Détermination de la courbe d'aimantation normale.....	16
3.6.5 Détermination d'un cycle d'hystérésis complet.....	18
3.6.6 Détermination de l'induction rémanente.....	20
3.6.7 Détermination du champ coercitif.....	20
3.7 Incertitude par la méthode du tore.....	22
4 Détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du perméamètre.....	22
4.1 Objet.....	22
4.2 Principe du perméamètre.....	22
4.3 Eprouvette.....	24
4.4 Méthodes de mesure par la méthode du perméamètre.....	24
4.4.1 Mesure de l'intensité du champ magnétique d'excitation.....	24
4.4.2 Mesure de l'induction magnétique.....	26
4.4.3 Branchement des appareils.....	28
4.4.4 Détermination de la courbe d'aimantation normale.....	30
4.4.5 Détermination d'un cycle d'hystérésis complet.....	30
4.4.6 Détermination de l'induction rémanente.....	32
4.4.7 Détermination du champ coercitif.....	32
4.5 Incertitude par la méthode du perméamètre.....	34
5 Procès-verbal d'essai.....	34
Annex A (normative) Etalonnage des bobines de mesures.....	48
Annex B (informative) Méthodes d'étalonnage de l'intégrateur de flux.....	52
Annex C (informative) Conditions à remplir par un système de bobines compensées pour la mesure de J.....	58

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
Clause	
1 Scope and object	9
2 Normative references	9
3 Determination of the magnetic characteristics by the ring method	11
3.1 Object	11
3.2 General	11
3.3 Effect of temperature on the measurements	11
3.4 Test specimen	11
3.5 Windings	13
3.6 Methods of measurement by the ring method	15
3.6.1 Magnetic field strength	15
3.6.2 Magnetic flux density	15
3.6.3 Connection of apparatus	17
3.6.4 Determination of normal magnetization curve	17
3.6.5 Determination of a complete hysteresis loop	19
3.6.6 Determination of remanent flux density	21
3.6.7 Determination of coercive field strength	21
3.7 Uncertainty by the ring method	23
4 Determination of the magnetic characteristics by the permeameter method	23
4.1 Object	23
4.2 Principle of the permeameter	23
4.3 Test specimen	25
4.4 Methods of measurement by the permeameter method	25
4.4.1 Measurement of magnetic field strength	25
4.4.2 Measurement of magnetic flux density	27
4.4.3 Connection of apparatus	29
4.4.4 Determination of the normal magnetization curve	31
4.4.5 Determination of a complete hysteresis loop	31
4.4.6 Determination of remanent flux density	33
4.4.7 Determination of coercive field strength	33
4.5 Uncertainty by the permeameter method	35
5 Test report	35
Annex A (normative) Calibration of search coils	49
Annex B (informative) Methods of calibrating the flux integrator	53
Annex C (informative) Requirements for the J-compensated coil system	59

Figure 1 – Circuit pour la détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du tore	36
Figure 2 – Cycle d'hystérésis.....	36
Figure 3 – Configuration typique d'un perméamètre de type A.....	38
Figure 4 – Configuration typique d'un perméamètre de type B.....	40
Figure 5 – Configuration des bobines de mesure.....	44
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).....	46
Figure A.1 – Circuit pour l'étalonnage des bobines de mesure.....	50
Figure B.1 – Circuit d'étalonnage de l'intégrateur de flux par la méthode de la décharge d'un condensateur étalon	56
Tableau 1 – Séquence des commutations nécessaires au maintien de l'éprouvette dans un état cyclique stable	20

Figure 1 – Circuit for the determination of the magnetic characteristics by the ring method 37

Figure 2 – Hysteresis loop..... 37

Figure 3 – Typical arrangement of a type A permeameter..... 39

Figure 4 – Typical arrangement of a type B permeameter..... 41

Figure 5 – Arrangement of search coils 45

Figure 6 – Circuit for the determination of the normal magnetization curve and hysteresis loop of bar specimens using a double yoke permeameter 47

Figure A.1 – Circuit for the calibration of search-coils..... 51

Figure B.1 – Circuit for calibration the flux integrator by the capacitor discharge method..... 57

Table 1 – Switching sequence to maintain the test specimen in a steady cyclic state 21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

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

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique 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 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels 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 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.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale 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.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 1982 et constitue une révision technique.

La présente version consolidée de la CEI 60404-4 comprend la deuxième édition (1995) [documents 68(BC)95 et 68/117/RVD], et son amendement 1 (2000) [documents 68/215/FDIS et 68/217/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 2.1.

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

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 2009. A cette date, la publication sera

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

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS –

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

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, 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 express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, 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.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The 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 second edition cancels and replaces the first edition published in 1982 and constitutes a technical revision.

This consolidation version of IEC 60404-4 consists of the second edition (1995) [documents 68(CO)95 and 68/117/RVD], and amendment 1 (2000) [documents 68/215/FDIS and 68/217/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 2.1.

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

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 2009. At this date, the publication will be

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

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 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 60404. Pour les références datées, les amendements ultérieurs ou les révisions de ces publications ne s'appliquent pas. Toutefois, les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 60404 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Pour les références non datées, la dernière édition du document normatif en référence s'applique. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

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)

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 normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 60404. For dated references, subsequent amendments to, or revisions of, any of these publications do not apply. However, parties to agreements based on this part of IEC 60404 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. For undated references, the latest edition of the normative document referred to applies. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

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)

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*

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*