NORME INTERNATIONALE

INTERNATIONAL STANDARD

CEI
IEC
60404-14

Première édition
First edition
2002-06

Matériaux magnétiques –

Partie 14:
Méthode de mesure du moment magnétique coulombien d'une éprouvette de matériau ferromagnétique par la méthode du retrait ou la méthode par rotation

Magnetic materials –

Part 14:
Methods of measurement of the magnetic dipole moment of a ferromagnetic material specimen by the withdrawal or rotation method

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch

Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE N

Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 4
INTRODUCTION 6

1 Domaine d'application 8
2 Références normatives 8
3 Définitions 10
4 Principe général de la mesure 10
5 Eprouvette 12
6 Bobine de détection 12
7 Intégrateur de flux magnétique 12
8 Mesure du moment magnétique coulombien d'un matériau magnétisé 14
8.1 Correction des lectures de l'intégrateur pour les effets de chargement sans étalonnage de l'intégrateur 14
8.2 Configuration du circuit de mesure lorsque l'intégrateur est étalonné en utilisant un inducteur mutuel 14
8.3 Etalonnage du dispositif de mesure du moment magnétique coulombien au moyen d'un échantillon d'aimant permanent étalonné 16
8.4 Méthode de retrait 16
8.5 Méthode par rotation 16
9 Détermination de la valeur de saturation du moment magnétique coulombien 18
10 Détermination de la polarisation magnétique J 18
11 Détermination de la polarisation magnétique de saturation spécifique σ_s 18
12 Etalonnage de l'appareil de mesure de la valeur de saturation du moment magnétique coulombien 20
13 Incertitude de mesure 20
14 Rapport d'essai 20

Annexe A (informative) Mesure de la polarisation magnétique de saturation spécifique sur une éprouvette plus longue que la zone homogène des bobines de Helmholtz 22
Annexe B (informative) Mesure sur éprouvettes ferromagnétiques avec un champ magnétique à saturation élevée, par exemple éprouvette de métal dur avec une teneur élevée en cobalt 24
Annexe C (informative) Mesure sur éprouvette de faible masse, par exemple une éprouvette de métal dur avec une teneur en cobalt inférieure à 50 mg 26

Figure 1 – Circuit pour la mesure du moment magnétique coulombien 14
Figure 2 – Disposition avec aimant sans fer 18
Figure 3 – Disposition avec aimant à culasse en O 18

CONTENTS

FOREWORD 5
INTRODUCTION 7

1 Scope 9
2 Normative references 9
3 Definitions 11
4 General principle of measurement 11
5 Test specimen 13
6 Detection coil 13
7 Magnetic flux integrator 13
8 Measurement of the magnetic dipole moment of magnetized material 15
  8.1 Correction of integrator readings for loading effects with no integrator calibration 15
  8.2 Circuit configuration for measurement when the integrator is calibrated using a mutual inductor 15
  8.3 Calibration of the measuring device for the magnetic dipole moment by means of a calibrated permanent magnet sample 17
  8.4 Withdrawal method 17
  8.5 Rotation method 17
9 Determination of the saturation value of the magnetic dipole moment 19
10 Determination of the magnetic polarization J 19
11 Determination of the specific saturation magnetic polarization σ_s 19
12 Calibration of the measuring device for the saturation value of the magnetic dipole moment 21
13 Uncertainty of measurement 21
14 Test report 21

Annex A (informative) Measurement of the specific saturation magnetic polarization of test specimen longer than the homogenous area of the Helmholtz coil 23
Annex B (informative) Measurement of ferromagnetic specimens with high saturation magnetic field, e.g. a hardmetal specimen with high cobalt content 25
Annex C (informative) Measurement of a test specimen with a small mass, e.g. a hardmetal specimen of a cobalt content less than 50 mg 27

Figure 1 – Circuit for measurement of magnetic dipole moment 15
Figure 2 – Ironless magnet arrangement 19
Figure 3 – O-yoke magnet arrangement 19

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 14: Méthode de mesure du moment magnétique coulombien d'une éprouvette de matériau ferromagnétique par la méthode du retrait ou la méthode par rotation

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 60404-14 a été établie par le comité d'études 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
68/254/FDIS	68/257/RVD

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 3.

Les annexes A, B et C sont données uniquement à titre d'information.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication 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 14: Methods of measurement of the magnetic dipole moment of a ferromagnetic material specimen by the withdrawal or rotation method

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 60404-14 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

The text of this standard is based on the following documents:

FDIS	Report on voting
68/254/FDIS	68/257/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 3.

Annexes A, B and C are for information only.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2009. At this date, the publication will be

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

INTRODUCTION

Le moment magnétique coulombien *j* d'une éprouvette de matériau ferromagnétique est un paramètre utile pour comparer des propriétés, en particulier des matériaux d'aimant permanent. La mesure du moment magnétique coulombien de saturation par unité de masse (polarisation magnétique de saturation spécifique σ_s) est un cas spécial largement répandu pour caractériser les métaux consolidés par des carbures. Alors que ces matériaux sont essentiellement de caractère non magnétique, le cobalt ou le nickel est utilisé comme liant et l'exigence est d'atteindre une composition optimale et un agencement géométrique de la phase liante avec une reproductibilité élevée. La détermination de la polarisation magnétique de saturation spécifique a été reconnue dans l'industrie des carbures métalliques comme une méthode de mesure simple, rapide et non destructive.

La mesure du moment magnétique est, dans de larges limites, indépendante de la forme et de la taille de l'éprouvette. Si le matériau, comme dans le cas des métaux consolidés par des carbures, contient seulement un composant ferromagnétique (cobalt ou nickel), il est possible de déterminer sa proportion en pourcentage avec une haute résolution.

Un autre paramètre utile qui peut être déduit de la mesure du moment magnétique coulombien d'une éprouvette d'essai et de son volume *V* est la polarisation magnétique *J*. La valeur de la polarisation magnétique de saturation est d'un intérêt particulier pour certains matériaux magnétiques. Des éprouvettes de référence sphériques, ellipsoïdales et cylindriques en nickel avec une polarisation magnétique de saturation mesurée sont utilisées pour l'étalonnage des magnétomètres à échantillon vibrant.

INTRODUCTION

The magnetic dipole moment *j* of a ferromagnetic material specimen is a useful parameter for comparing properties, particularly of permanent magnet materials. The measurement of the saturation magnetic dipole moment per unit mass (specific saturation magnetic polarization σ_s) is a special case widely used to characterize cemented carbide metals. Whilst these materials are essentially non-magnetic in character, cobalt or nickel is used as the binder and it is required to achieve an optimum composition and geometrical arrangement of the binder phase with high reproducibility. The determination of the specific saturation magnetic polarization has gained acceptance in the carbide metal industry as a simple, fast and non-destructive measurement method.

The measurement of magnetic moment is, within broad limits, independent of the shape and size of the test specimen. If the material, as in the case of cemented carbide metal, contains only one ferromagnetic component (cobalt or nickel), it is possible to determine its percentage proportion with high resolution.

Another useful parameter which can be derived from the measurement of the magnetic dipole moment of a test specimen and its volume *V* is the magnetic polarization *J*. The value of saturation magnetic polarization is of particular interest for certain magnetic materials. Spherical, ellipsoidal and cylindrical reference specimens of nickel of measured saturation magnetic polarization are used in the calibration of vibrating sample magnetometers.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 14: Méthode de mesure du moment magnétique coulombien d'une éprouvette de matériau ferromagnétique par la méthode du retrait ou la méthode par rotation

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60404 est applicable à tous les matériaux ferromagnétiques. Elle est en particulier dédiée à la mesure du moment magnétique coulombien des matériaux d'aimant permanent (magnétiquement durs) et à la mesure de la polarisation magnétique de saturation spécifique des matériaux consolidés par des carbures ayant un liant ferromagnétique.

L'objet de la présente partie est de décrire les principes généraux de la détermination du moment magnétique coulombien d'une éprouvette de matériau ferromagnétique en utilisant une bobine de détection dans un circuit magnétique ouvert. Avec l'adjonction d'un moyen de magnétisation du matériau à saturation, le moment magnétique coulombien de saturation peut également être déterminé. En outre, la polarisation magnétique moyenne d'une éprouvette peut être déduite de la mesure de son moment magnétique coulombien et de son volume. L'étalonnage de systèmes à bobines pour le moment magnétique et la mesure du moment magnétique coulombien de matériaux faiblement magnétiques peuvent également être réalisés en utilisant cette méthode.

Les mesures sont normalement exécutées à la température ambiante mais des mesures à d'autres températures peuvent être réalisées en chauffant ou en refroidissant le volume qui est occupé par l'éprouvette dans la bobine de détection.

La mesure de la rémanence, de la coercitivité, du produit maximal d'énergie et d'autres paramètres peut être faite dans un circuit magnétique fermé comme décrit dans la CEI 60404-4 et dans la CEI 60404-5. La mesure de la coercitivité H_{cJ} des matériaux doux et semi-durs peut également être exécutée dans un circuit ouvert comme décrit dans 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 60050-121, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Partie 121: Électromagnétisme*

CEI 60050-151, *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – Partie 151: Dispositifs électriques et magnétiques*

CEI 60050(221), *Vocabulaire électrotechnique international (VEI) – 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*

MAGNETIC MATERIALS –

Part 14: Methods of measurement of the magnetic dipole moment of a ferromagnetic material specimen by the withdrawal or rotation method

1 Scope

This part of IEC 60404 is applicable to all ferromagnetic materials. It is particularly aimed at the measurement of the magnetic dipole moment of permanent magnet (magnetically hard) materials and the measurement of the specific saturation magnetic polarization of cemented carbide materials having a ferromagnetic binder.

The object of this part is to describe the general principles of the determination of the magnetic dipole moment of a ferromagnetic material specimen using a detection coil in an open magnetic circuit. By including a means of magnetizing the material to saturation, the saturation magnetic dipole moment can also be determined. In addition, the average magnetic polarization of a test specimen can be derived from the measurement of its magnetic dipole moment and volume. The calibration of magnetic moment coil systems and the measurement of the magnetic dipole moment of feebly magnetic materials can also be determined using this method.

Measurements are normally performed at room temperature but measurements at other temperatures can be conducted by heating or cooling the volume occupied by the test specimen within the detection coil.

The measurement of remanence, coercivity, maximum energy product and other parameters can be made in a closed magnetic circuit as described in IEC 60404-4 and IEC 60404-5. Measurement of the coercivity H_{cJ} of soft and semi-hard materials can also be performed in an open circuit as described 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 60050(121), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 121: Electromagnetism*

IEC 60050(151), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 151: Electrical and magnetic devices*

IEC 60050(221), *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Chapter 221: Magnetic materials and components*

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

CEI 60404-5, *Matériaux magnétiques – Partie 5: Aimants permanents (magnétiques durs) – Méthodes de mesure des propriétés magnétiques*

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

ISO, *Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure*

IEC 60404-5, *Magnetic materials – Part 5: Permanent magnet (magnetically hard) materials – Methods of measurement of magnetic properties*

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

ISO, *Guide to the expression of uncertainty in measurement*