IEC 60404-7

Edition 2.0 2019-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Magnetic materials –
Part 7: Method of measurement of the coercivity (up to 160 kA/m) of magnetic materials in an open magnetic circuit

Matériaux magnétiques –
Partie 7: Méthode de mesure de la coercitivité (jusqu'à 160 kA/m) des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.030; 17.220.20

ISBN 978-2-8322-6385-3

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.

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

CONTENTS

FOREWORD 3
1 Scope 5
2 Normative references 5
3 Terms and definitions 5
4 Principle of the method 7
5 Test specimen 8
6 Solenoid 8
7 Compensation for the earth's magnetic field and static and dynamic magnetic noise fields 8
8 Magnetic shielding of the measurement region 8
9 Measurement 8
9.1 Magnetization 8
9.2 Measuring methods 9
9.2.1 General 9
9.2.2 Method A 9
9.2.3 Method B 10
9.3 Determination of coercivity 11
9.4 Reproducibility 12
10 Test report 13
Annex A (normative) Precautions to be taken for measurements of coercivity below 40 A/m, with a complex shaped test specimen and some special cases 14
A.1 Coercivity below 40 A/m 14
A.2 Coercivity measurement of test specimens with complex shapes 14
A.3 Optimization of the amplitude and time of the magnetizing cycle for a test specimen of soft magnetic material 14
A.4 Mechanical stress and heating of the test specimen in the solenoid 14
Annex B (informative) Method C with a VSM (Vibrating Sample Magnetometer) 15
Bibliography 17

Figure 1 – Demagnetizing $B(H)$ and $J(H)$ curves from saturation 6
Figure 2 – Circuit diagram for Methods A and B 7
Figure 3 – Method A, magnetic flux sensing probe: Hall probe 9
Figure 4 – Method A, magnetic flux sensing probe: differential fluxgate probe 10
Figure 5 – Method B, magnetic flux sensing probe: differential fluxgate probe 11
Figure 6 – Magnetic polarisation J over the length L of a cylindrical rod 12
Figure B.1 – Schematic diagram of Method C with a VSM 15

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

_____

MAGNETIC MATERIALS –

Part 7: Method of measurement of the coercivity (up to 160 kA/m) of magnetic materials in an open magnetic circuit

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.

International Standard IEC 60404-9 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This second edition cancels and replaces the first published in 1982. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

a) Clause 1: The scope includes a more detailed description of the magnetic materials which applies to this standard;
b) Clause 4: Figure 2 – circuit diagram for methods A and B was simplified and the fluxgate probes inside the solenoid have been added;
c) Clause 7: Compensation for the earth's magnetic field and for static and dynamic magnetic noise fields has been added;

d) Clause 8: Magnetic shielding of the measuring region has been added;

e) 9.2.2: The measuring methods for local and integral measurement of the flux in the test specimen have been separated and the limitations in size and shape of the test specimen have been considered.

f) 9:3: The method C with a VSM (Vibrating Sample Magnetometer) has been moved from 9.3 to the Annex B.

g) The term "complex shaped test specimen" has been replaced in several clauses by "test specimen different from ellipsoids".

h) The character of Annex A has been changed from “informative” to “normative”.

The text of this International Standard is based on the following documents:

CDV	Report on voting
68/596/CDV	68/608A/RVC

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

This document has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts in the IEC 60404 series, published under the general title *Magnetic materials*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "http://webstore.iec.ch" in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

MAGNETIC MATERIALS –

Part 7: Method of measurement of the coercivity (up to 160 kA/m) of magnetic materials in an open magnetic circuit

1 Scope

This part of IEC 60404 specifies a method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit.

This document is applicable to all magnetic materials with coercivities from 0,2 A/m to 160 kA/m.

NOTE Examples of magnetic materials covered by this document are amorphous alloys, nanocrystalline alloys, all softmagnetic crystalline materials (e.g. Fe, FeSi-, CoFe- and FeNi-alloys), soft ferrites, hard metals, semi-hard magnetic alloys (e.g. FeCoTiAl-, FeCoV-, FeCrCo- and AlNiCo-alloys) [1][1].

Special precautions are to be taken in measuring coercivities below 40 A/m, in materials with high conductivity and in test specimens which have a shape different from ellipsoids (see Annex A).

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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.

There are no normative references in this document.

[1] Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS 19
1 Domaine d'application 21
2 Références normatives 21
3 Termes et définitions 21
4 Principe de la méthode 23
5 Eprouvette d'essai 24
6 Solénoïde 24
7 Compensation du champ magnétique terrestre et des champs magnétiques parasites statiques et dynamiques 24
8 Blindage magnétique de la zone de mesure 24
9 Mesurage 25
9.1 Aimantation 25
9.2 Méthodes de mesure 25
9.2.1 Généralités 25
9.2.2 Méthode A 25
9.2.3 Méthode B 27
9.3 Mesurage de la coercitivité 27
9.4 Reproductibilité 28
10 Rapport d'essai 29
Annexe A (normative) Précautions à prendre pour le mesurage de la coercitivité au-dessous de 40 A/m, avec une éprouvette de forme complexe et certains cas particuliers 30
A.1 Coercitivité au-dessous de 40 A/m 30
A.2 Mesurage de la coercitivité des éprouvettes de formes complexes 30
A.3 Optimisation de l'amplitude et du temps du cycle d'aimantation pour une éprouvette du matériau magnétique doux 30
A.4 Contrainte mécanique et échauffement de l'éprouvette dans le solénoïde 31
Annexe B (informative) Méthode C avec un VSM (magnétomètre à échantillon vibrant) 32
Bibliographie 34

Figure 1 – Courbes de désaimantation $B(H)$ et $J(H)$ depuis la saturation 22
Figure 2 – Schéma du circuit pour les Méthodes A et B 23
Figure 3 – Méthode A, sonde sensible au flux magnétique: sonde de Hall 26
Figure 4 – Méthode A, sonde sensible au flux magnétique: sonde différentielle de flux à seuil 26
Figure 5 – Méthode B, sonde sensible au flux magnétique: sonde différentielle de flux à seuil 27
Figure 6 – Polarisation magnétique J sur la longueur L d'une tige cylindrique 28
Figure B.1 – Schéma de la Méthode C avec un VSM 32

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

_____

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 7: Méthode de mesure de la coercitivité (jusqu'à 160 kA/m) des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert

AVANT-PROPOS

1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
5) L'IEC 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 l'IEC. L'IEC 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 60404-9 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

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

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

a) Article 1: le domaine d'application inclut une description plus complète des matériaux magnétiques qui s'applique à la présente norme;
b) Article 4 – Figure 2: le schéma du circuit pour les Méthodes A et B a été simplifié et les sondes de flux à seuil à l'intérieur du solénoïde ont été ajoutées;

c) Article 7: la compensation du champ magnétique terrestre et des champs magnétiques parasites statiques et dynamiques a été ajoutée;

d) Article 8: le blindage magnétique de la zone de mesure a été ajouté;

e) 9.2.2: les méthodes de mesure pour le mesurage local et intégral du flux dans l'éprouvette ont été séparées, et les limites de taille et de forme de l'éprouvette ont été prises en compte;

f) 9.3: la Méthode C avec un VSM (magnétomètre à échantillon vibrant) a été déplacée du 9.3 à l'Annexe B;

g) le terme "éprouvette de forme complexe" a été remplacé dans plusieurs articles par le terme "éprouvette différente des ellipsoïdes";

h) le statut de l'Annexe A a été modifié; cette annexe n'est plus '"informative" mais "normative".

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
68/596/CDV	68/608A/RVC

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60404, publiées sous le titre général *Matériaux magnétiques*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "http://webstore.iec.ch" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

Partie 7: Méthode de mesure de la coercitivité (jusqu'à 160 kA/m) des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 spécifie une méthode de mesure de la coercitivité des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert.

Le présent document est applicable à l'ensemble des matériaux magnétiques dont les valeurs de coercitivité sont comprises entre 0,2 A/m et 160 kA/m.

NOTE Les alliages amorphes, les alliages nanocristallins, tous les matériaux magnétiques doux cristallins (par exemple, les alliages Fe, FeSi, CoFe et FeNi), les ferrites doux, les métaux durs, les alliages magnétiques mi-durs (par exemple, les alliages FeCoTiAl, FeCoV, FeCrCo et AlNiCo) sont des exemples de matériaux magnétiques couverts par le présent document [1][1].

Des précautions particulières sont à prendre lors du mesurage des valeurs de coercitivité au-dessous de 40 A/m dans des matériaux qui présentent une conductivité élevée et dans des éprouvettes qui ont une forme différente des ellipsoïdes (voir Annexe A).

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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).

Le présent document ne contient aucune référence normative.

[1] Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.