

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60404-7

Première édition
First edition
1982-01

Matériaux magnétiques

Partie 7:

Méthode de mesure du champ coercitif des
matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert

Magnetic materials

Part 7:

Method of measurement of the coercivity of
magnetic materials in an open magnetic circuit



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60404-7: 1982

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000.

Publications consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Validité de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique.

Des renseignements relatifs à la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement
(Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International* (VEI).

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Validity of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates
(On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary* (IEV).

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60404-7

Première édition
First edition
1982-01

Matériaux magnétiques

Partie 7:

Méthode de mesure du champ coercitif des
matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert

Magnetic materials

Part 7:

Method of measurement of the coercivity of
magnetic materials in an open magnetic circuit

© IEC 1982 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

J

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

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Septième partie: Méthode de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques
en circuit magnétique ouvert

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

La présente norme a été établie par le Comité d'Etudes n° 68 de la CEI: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Un premier projet fut discuté lors de la réunion tenue à Copenhague en 1979. A la suite de cette réunion, un projet, document 68(Bureau Central)22, fut soumis à l'approbation des Comités nationaux suivant la Règle des Six Mois en juin 1980.

Les Comités nationaux des pays ci-après se sont prononcés explicitement en faveur de la publication:

Afrique du Sud (République d')	Israël
Allemagne	Italie
Australie	Japon
Autriche	Pologne
Belgique	Roumanie
Canada	Royaume-Uni
Danemark	Suisse
Egypte	Tchécoslovaquie
Etats-Unis d'Amérique	Turquie
Finlande	Union des Républiques
France	Socialistes Soviétiques

Autre publication de la CEI citée dans la présente norme:

Publication n° 50(901): Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), Chapitre 901: Magnétisme.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS**Part 7: Method of measurement of the coercivity of magnetic materials
in an open magnetic circuit**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This standard has been prepared by IEC Technical Committee No. 68: Magnetic Alloys and Steels.

A first draft was discussed at the meeting held in Copenhagen in 1979. As a result of this meeting, a draft, Document 68(Central Office)22, was submitted to the National Committees for approval under the Six Months' Rule in June 1980.

The National Committees of the following countries voted explicitly in favour of publication:

Australia
Austria
Belgium
Canada
Czechoslovakia
Denmark
Egypt
Finland
France
Germany
Israel

Italy
Japan
Poland
Romania
South Africa (Republic of)
Switzerland
Turkey
Union of Soviet
Socialist Republics
United Kingdom
United States of America

Other IEC publication quoted in this standard:

Publication No. 50(901): International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 901: Magnetism.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Septième partie: Méthode de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques en circuit magnétique ouvert

1. Domaine d'application

La présente norme s'applique aux matériaux magnétiques possédant un champ coercitif inférieur ou égal à 500 kA/m. Des précautions particulières devront être prises dans le cas des champs coercitifs inférieurs à 40 A/m et supérieurs à 160 kA/m (voir annexe A).

2. Objet

La présente norme a pour but de spécifier la méthode de mesure du champ coercitif des matériaux magnétiques dans un circuit magnétique ouvert.

3. Définitions

Le champ coercitif H_{cJ} est défini comme étant le champ magnétique donnant la désaimantation complète d'un échantillon magnétique préalablement aimanté à saturation.

Note. — On distingue respectivement selon que le cycle d'hystérésis est défini dans le système $B = f(H)$, ou $J = f(H)$, les champs coercitifs H_{cB} et H_{cJ} (voir figure 1, page 12). Il peut être démontré que pour les matériaux possédant une perméabilité avec champ superposé élevée dans la région $B = 0$, la différence entre les champs coercitifs H_{cJ} et H_{cB} est faible car:

$$H_{cB} = H_{cJ} \left(1 - \mu_0 \frac{\Delta H}{\Delta B} \right)$$

où:

H_{cB} = champ coercitif de l'induction en ampères par mètre

H_{cJ} = champ coercitif de l'aimantation en ampères par mètre

ΔB = variation de l'induction magnétique en teslas (pour $B = 0$)

ΔH = variation correspondante de l'intensité de champ magnétique en ampères par mètre

μ_0 = constante magnétique = $4\pi \times 10^{-7}$ H/m (henrys par mètre)

Les définitions relatives aux différents termes employés dans cette norme sont données dans la Publication 50(901) de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (V.E.I.), Chapitre 901: Magnétisme.

4. Principe de la méthode

Lorsqu'un échantillon ferromagnétique est placé dans un champ magnétique unidirectionnel et parfaitement uniforme, l'échantillon va perturber le champ magnétique à moins qu'aucun flux (additionnel à celui préalablement présent dans le volume d'air occupé par l'échantillon) ne pénètre dans l'échantillon ou n'en émerge. Cette condition correspond à une désaimantation complète qui apparaît lorsque le champ magnétique coercitif démagnétisant est appliqué à l'échantillon de façon que la polarisation magnétique soit nulle.

MAGNETIC MATERIALS

Part 7: Method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit

1. Scope

This standard applies to magnetic materials having a coercivity up to 500 kA/m. Special precautions shall be taken in measuring coercivities below 40 A/m and above 160 kA/m (see Appendix A).

2. Object

The object of this standard is to specify the method of measurement of the coercivity of magnetic materials in an open magnetic circuit.

3. Definitions

The coercivity H_{cJ} is defined as the magnetic field strength required to reduce the magnetic polarization to zero in a magnetic specimen which has previously been magnetized to saturation.

Note. — The coercivities H_{cB} and H_{cJ} are respectively discriminated depending on the hysteresis loop being defined in the $B = f(H)$ or $J = f(H)$ system (see Figure 1, page 12). It can be shown that, for materials of high-incremental permeability in the region $B = 0$, the difference between the intrinsic coercivity H_{cJ} and the coercivity H_{cB} is negligible since:

$$H_{cB} = H_{cJ} \left(1 - \mu_0 \frac{\Delta H}{\Delta B} \right)$$

where:

H_{cB} = induction coercivity in amperes per metre

H_{cJ} = polarization coercivity in amperes per metre

ΔB = incremental change in magnetic flux density in teslas (for $B = 0$)

ΔH = corresponding change in magnetic field strength in amperes per metre

μ_0 = magnetic constant = $4\pi \times 10^{-7}$ H/m (henrys per metre)

The definitions relating to the various terms used in this standard are given in IEC Publication 50(901): International Electrotechnical Vocabulary (I.E.V.), Chapter 901: Magnetism.

4. Principle of method

If a magnetic specimen is placed in a very uniform and unidirectional magnetic field then it will distort this magnetic field unless no flux (additional to that previously carried by the air space it now occupies) enters or emerges from it. This condition represents a state of complete demagnetization which occurs when a demagnetizing coercive magnetic field strength is applied to the specimen such that the magnetic polarization is zero.

Un détecteur de flux magnétique permet de détecter la condition de non-distorsion du champ magnétique uniforme par l'échantillon et procure ainsi le moyen de déterminer l'intensité du champ coercitif.

La méthode consiste en premier lieu à aimanter l'échantillon à saturation puis à appliquer un champ démagnétisant jusqu'à ce qu'aucune distorsion du champ due à l'échantillon ne soit constatée. La valeur de l'intensité du champ magnétique appliqué correspondant à cette condition est mesurée et déterminée comme le champ coercitif de l'échantillon.

Pour cette mesure, l'échantillon est placé dans un circuit magnétique ouvert au centre d'un solénoïde. Le détecteur peut être placé:

- a) à l'extrémité de l'échantillon (méthode A, figure 2, page 13), ou
- b) à l'extérieur du solénoïde (méthode B, figure 3, page 13).

5. Epreuve

La forme et les dimensions de l'éprouvette peuvent être variables mais doivent répondre aux conditions suivantes:

- a) l'éprouvette doit pouvoir être placée à l'intérieur du solénoïde et de façon telle que l'axe principal de l'éprouvette coïncide avec l'axe du solénoïde;
- b) l'éprouvette doit avoir une forme allongée de façon que le facteur de désaimantation de l'éprouvette soit tel que l'éprouvette puisse être aimantée à saturation et que les effets de bords ne puissent produire une erreur significative sur le champ coercitif. (A titre d'exemple, dans le cas d'éprouvettes cylindriques, il est recommandé d'avoir un rapport longueur/diamètre supérieur à 5.)

6. Mesure

6.1 Aimantation

L'éprouvette est aimantée à saturation, soit:

- a) dans le solénoïde du dispositif de mesure du champ coercitif, ou
- b) dans un dispositif séparé qui peut être, par exemple, un circuit à aimant permanent ou un électro-aimant, ou un bobinage d'aimantation par impulsion.

La saturation est considérée comme obtenue lorsqu'une augmentation supplémentaire de 50% de l'intensité du champ magnétique d'aimantation donne une augmentation du champ coercitif inférieure à 1%.

Pour les matériaux magnétiques à faible champ coercitif et conductibilité électrique élevée, l'application du champ d'aimantation doit être faite lentement et obtenue de façon continue; la durée du champ de saturation doit être suffisante pour assurer une complète pénétration du matériau. (En fonction de la perméabilité magnétique, de la conductibilité électrique et de l'épaisseur du matériau, cette durée est habituellement comprise entre 2 s et 20 s.)

Note. — Voir également le point a) de l'article A2 de l'annexe A.

6.2 Dispositifs de mesure

Deux méthodes peuvent être retenues pour la détection de l'annulation de l'aimantation de l'éprouvette au cours de la désaimantation.

A magnetic flux detector allows detection of the condition of no distortion of a uniform magnetic field by the specimen and provides the means for determining the coercive field strength.

The method is first to magnetize the specimen to saturation, then to apply a demagnetizing field until no field distortion due to the specimen is apparent. The applied magnetic field strength required to achieve this condition is measured and defined as the coercivity of that specimen.

For this measurement, the specimen is placed in an open magnetic circuit at the centre of a solenoid. The detector may be placed:

- a) close to the end of the specimen (method A, Figure 2, page 13), or
- b) outside the solenoid (method B, Figure 3, page 13).

5. Test specimen

The shape and the dimensions of the specimen can be varied provided that they meet the following conditions:

- a) the specimen can be placed inside the solenoid so that its major axis is coincident with the axis of the solenoid;
- b) the specimen shall have a generally elongated shape so that its self-demagnetizing factor is such that the specimen can be saturated and the shape effects do not produce a significant error in coercivity. (For example, in the case of cylindrical test specimens, it is recommended to have a ratio of length to diameter greater than 5:1.)

6. Measurement

6.1 Magnetization

The test specimen is magnetized to saturation in either:

- a) the solenoid of the coercivity measuring device, or
- b) a separate device which can be, for example, a system with a permanent magnet or an electromagnet, or a pulsed magnetizing coil.

Saturation is considered to be achieved when an increase of 50% in the magnetizing field strength gives an increase in the coercive field strength of less than 1%.

For magnetic materials having a low coercivity and a high electrical conductivity, the application of the magnetizing field shall be made smoothly without interruption; the duration of the saturation field shall be long enough to ensure complete penetration of the material. (Depending on the magnetic permeability, electrical conductivity and thickness of the material, this duration will usually be between 2 s and 20 s.)

Note. — See also Item a) of Clause A2 of Appendix A.

6.2 Measuring devices

Two methods can be used for the detection of zero magnetic polarization of the test specimen during the demagnetization.

6.2.1 Méthode A

Cette méthode est basée sur l'emploi, soit:

- a) d'une bobine de détection oscillant longitudinalement et placée au voisinage de l'extrémité de l'éprouvette (figure 2, page 13). L'annulation de la tension alternative induite dans la bobine par l'aimantation propre de l'éprouvette est détectée (par exemple sur un oscilloscope), soit
- b) d'une sonde sensible au flux magnétique (sonde de Hall ou sonde de flux à seuil) placée près de l'éprouvette, avec son axe de mesure perpendiculaire à l'axe du solénoïde (figure 2). La sonde doit être décalée par rapport à l'axe du solénoïde de façon à obtenir une bonne sensibilité.

6.2.2 Méthode B

Cette méthode est basée sur l'emploi de deux sondes différentielles sensibles au flux magnétique (par exemple sonde de Hall ou sonde de flux à seuil), placées à l'extérieur du solénoïde (figure 3, page 13).

Par cette méthode différentielle, l'influence de champs magnétiques extérieurs uniformes est largement compensée.

6.3 Mesure du champ coercitif

Le solénoïde, dans lequel est placée l'éprouvette, est relié à une source de courant continu. L'intensité du courant de désaimantation traversant le solénoïde doit être augmentée de façon continue et lentement jusqu'au moment de l'annulation de toute aimantation de l'éprouvette.

La valeur du courant de désaimantation doit être mesurée à l'aide d'un ampèremètre de classe de précision 0,5 ou à l'aide d'un voltmètre numérique relié à une résistance étalon (figure 4, page 14) donnant une précision équivalente.

L'intensité du champ magnétique dans le solénoïde, dans la zone de l'éprouvette, ne doit pas varier de plus de $\pm 0,5\%$.

L'intensité du courant doit être mesurée pour chacune des deux directions du champ de désaimantation du solénoïde.

La valeur du champ coercitif est calculée selon la formule:

$$H_{cJ} = kI$$

où:

H_{cJ} = champ coercitif en ampères par mètre

I = valeur moyenne de l'intensité des courants d'aimantation de polarité inverse en ampères

k = coefficient du solénoïde — il est égal au quotient de l'intensité du champ magnétique et du courant d'aimantation — exprimé en mètre moins un.

Lorsque la méthode A est utilisée, la mesure doit être faite pour chacune des extrémités de l'éprouvette, le champ coercitif retenu étant la moyenne des deux mesures. Pour les matériaux ayant un champ coercitif élevé (supérieur à 500 A/m), il n'est pas nécessaire d'effectuer les mesures pour les deux directions du champ magnétique.

Note. — La méthode A est une mesure localisée alors que la méthode B est une mesure par intégration. En conséquence, les résultats peuvent ne pas être identiques pour une éprouvette non homogène.

6.4 Reproductibilité

En respectant les conditions définies ci-dessus et pourvu que le matériau ait une aimantation uniforme, la reproductibilité (accord entre différents laboratoires) de la détermination

6.2.1 Method A

This method is based on the use of either:

- a) an axially vibrating search coil placed near the end of the test specimen (Figure 2, page 13). The point at which zero alternating voltage, induced in the search coil by the polarization of the test specimen, is detected (e.g. on an oscilloscope), or
- b) a magnetic flux sensing probe (e.g. Hall or fluxgate probe) placed near the test specimen with its measurement axis normal to the axis of the solenoid (Figure 2). The probe shall be positioned off the axis of the solenoid to give good sensitivity.

6.2.2 Method B

This method is based on the use of two differential magnetic flux sensing probes (e.g. Hall or fluxgate probes) placed outside the solenoid (Figure 3, page 13).

By this differential method, the influence of uniform external magnetic fields is amply compensated.

6.3 Determination of coercivity

The solenoid, in which the test specimen is placed, is connected to a d.c. supply. The demagnetizing current through the solenoid shall be increased continuously and slowly to the point at which zero polarization of the test specimen is detected.

The value of this demagnetizing current shall be measured with an ammeter of accuracy class 0.5 or by means of a digital voltmeter connected across a standard resistor (Figure 4, page 14) giving an equivalent accuracy.

The magnetic field strength in the solenoid over the volume of the sample shall not vary by more than $\pm 0.5\%$.

The current shall be measured for each of the two directions of the demagnetizing field of the solenoid.

The value of the coercivity shall be calculated from the relationship:

$$H_{cJ} = kI$$

where:

H_{cJ} = coercivity in amperes per metre

I = mean value of the two currents of opposite polarity in amperes

k = magnetic field strength to current ratio for the solenoid in reciprocal metre

When method A is used, the measurement shall be made for each end of the specimen, the value of the coercivity being taken as the mean of the two measurements. For materials having a coercivity greater than 500 A/m, it is not necessary to make measurements for two directions of the magnetic field.

Note. — Method A is a localized measurement whereas method B is an integrated measurement. Therefore, the results may not be the same for an inhomogeneous test specimen.

6.4 Reproducibility

Provided the foregoing procedures are carried out and the material has a uniform magnetic polarization, the reproducibility (agreement between different laboratories) of the determi-

du champ coercitif normalement escompté est inférieure ou égale à $\pm 5\%$ pour les champs coercitifs inférieurs à 40 A/m et à $\pm 2\%$ pour les champs coercitifs supérieurs à 40 A/m. Cependant, cette reproductibilité peut être affectée par des propriétés non uniformes et la forme de l'éprouvette.

7. Procès-verbal d'essai

Le procès-verbal d'essai comporte, selon les cas:

- la nature du matériau;
- la forme et les dimensions de l'éprouvette;
- le mode d'aimantation à saturation;
- la méthode de mesure et le dispositif employés;
- la valeur du champ coercitif H_{cJ} calculée;
- la température d'essai.

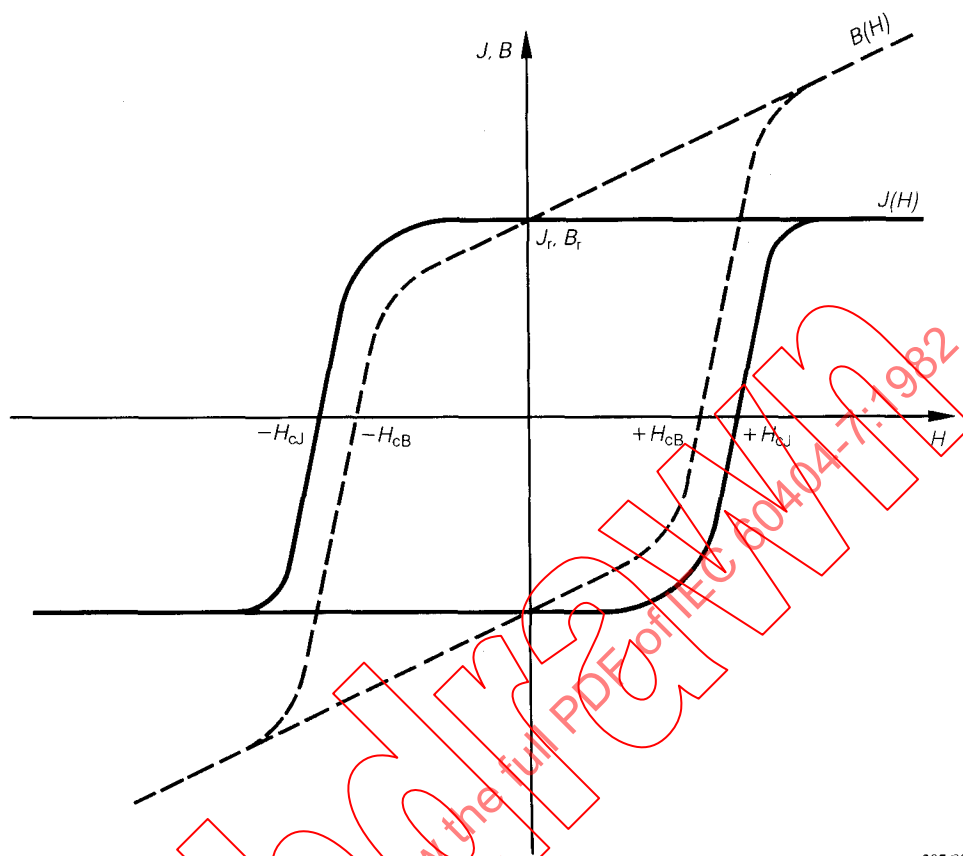
IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60404-7:1982

nation of the coercivity normally expected is less than or equal to $\pm 5\%$ for coercivities less than 40 A/m and $\pm 2\%$ for coercivities greater than 40 A/m. However, this reproducibility may be affected by non-uniform properties and shape of the test specimen.

7. Test report

The test report shall contain, as necessary:

- type and condition of the material;
- the shape and dimensions of the test specimen;
- the method of magnetization to saturation;
- the measuring method and device used;
- the calculated value of the coercivity H_{cJ} ;
- the test temperature.



287/82

FIG. 1. - Cycle d'hystérésis.
Hysteresis loop.

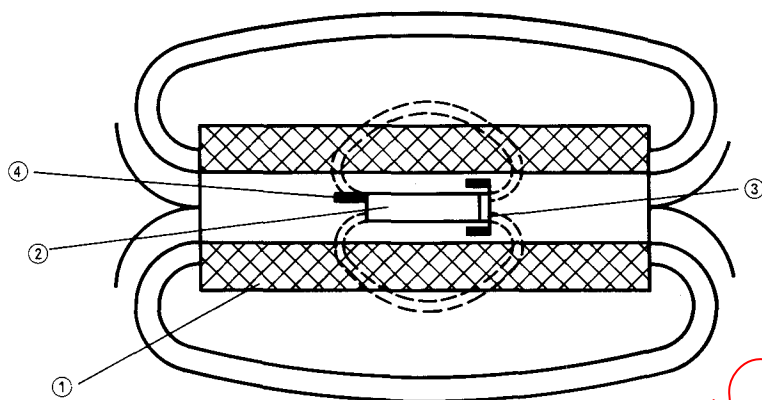


FIG. 2. - Méthode A.
Method A.

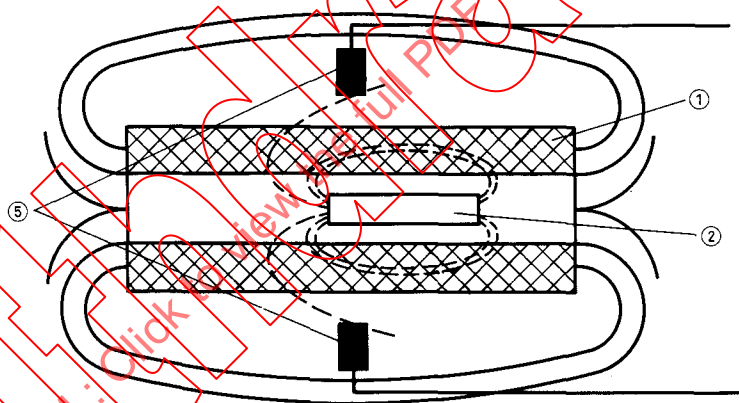
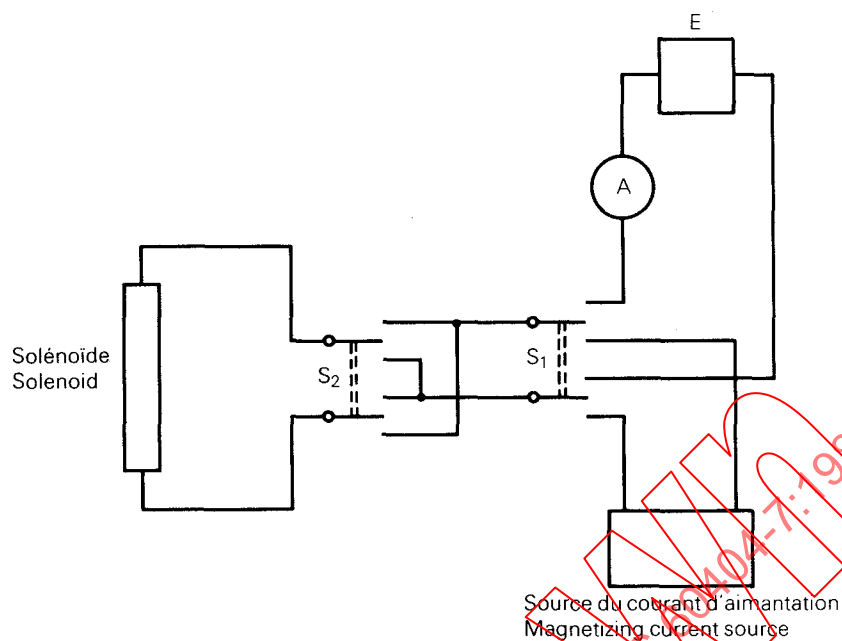


FIG. 3. - Méthode B.
Method B.

Légende commune aux figures 2 et 3 — Key to Figures 2 and 3

- ① = solénoïde
solenoid
- ② = éprouvette
test specimen
- ③ = bobine oscillante de détection
vibrating search coil
- ④ = sonde sensible au flux (par exemple sonde de Hall ou sonde de flux à seuil) décalée par rapport à l'axe
flux sensing probe (e.g. Hall or fluxgate probe) mounted off the axis
- ⑤ = sondes différentielles (par exemple sonde de Hall ou sonde de flux à seuil)
differential probes (e.g. Hall or fluxgate probes)



290/82

- E = source de courant continu à intensité variable
variable d.c. supply
- A = dispositif de mesure de courant
current measuring device
- S₁ = commutateur
changeover switch
- S₂ = inverseur
reversing switch

FIG. 4. - Circuit d'aimantation et de désaimantation.
Magnetizing and demagnetizing circuit.