

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

404-6

Première édition
First edition
1986-10

Matériaux magnétiques

Sixième partie:

Méthodes de mesure des propriétés magnétiques
des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes,
types E1, E3 et E4

Magnetic materials

Part 6:

Methods of measurement of the magnetic properties
of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys,
types E1, E3 and E4



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 404-6: 1986

Numéros des publications

Depuis le 1^{er} janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

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 60 000 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

CEI
IEC

INTERNATIONAL STANDARD

404-6

Première édition
First edition
1986-10

Matériaux magnétiques

Sixième partie:

Méthodes de mesure des propriétés magnétiques
des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes,
types E1, E3 et E4

Magnetic materials

Part 6:

Methods of measurement of the magnetic properties
of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys,
types E1, E3 and E4

© IEC 1986 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 photo-
copie 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 Varembe 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

R

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

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	6
PRÉFACE	6
Articles	
1. Domaine d'application et objet	8
2. Reproductibilité	8
 CHAPITRE I: DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MAGNÉTIQUES EN COURANT CONTINU	
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
3. Objet	10
4. Domaine d'application	10
5. Epreuve	10
6. Enroulements	12
SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE	
7. Intensité de champ magnétique	14
8. Induction magnétique	14
9. Connexion des appareils	14
10. Détermination de la courbe d'aimantation normale	16
11. Détermination d'un cycle d'hystérésis complet	16
12. Détermination de l'induction rémanente	20
13. Détermination du champ coercitif	20
 CHAPITRE II: DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MAGNÉTIQUES EN COURANT ALTERNATIF	
SECTION UN — GÉNÉRALITÉS	
14. Objet	22
15. Domaine d'application	22
16. Epreuve	22
17. Enroulements	22
18. Forme de l'onde	22

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
PREFACE	7
Clause	
1. Scope and object	9
2. Reproducibility	9
CHAPTER I: DETERMINATION OF THE MAGNETIC CHARACTERISTICS UNDER D.C. CONDITIONS	
SECTION ONE — GENERAL	
3. Object	11
4. Field of application	11
5. Test specimen	11
6. Windings	13
SECTION TWO — METHODS OF MEASUREMENT	
7. Magnetic field strength	15
8. Magnetic flux density	15
9. Connection of apparatus	15
10. Determination of normal magnetization curve	17
11. Determination of a complete hysteresis loop	17
12. Determination of remanent flux density	21
13. Determination of coercive field strength	21
CHAPTER II: DETERMINATION OF THE MAGNETIC CHARACTERISTICS UNDER A.C. CONDITIONS	
SECTION ONE — GENERAL	
14. Object	23
15. Field of application	23
16. Test specimen	23
17. Windings	23
18. Waveform	23

SECTION DEUX — MÉTHODES DE MESURE —
COURBE D'AIMANTATION EN COURANT ALTERNATIF

19. Connexion des appareils	24
20. Intensité de champ magnétique	24
21. Induction magnétique	26
22. Perméabilité	26
23. Détermination de la courbe d'aimantation en courant alternatif	28

SECTION TROIS — MÉTHODES DE MESURE
DES PERTES TOTALES SPÉCIFIQUES

24. Méthode du wattmètre	28
------------------------------------	----

CHAPITRE III: PROCÈS-VERBAL D'ESSAI

ANNEXE A — Modes d'étalonnage de l'intégrateur de flux pour les essais en courant continu	34
ANNEXE B — Caractéristiques de la source de courant continu	38
FIGURES	40

Withdrawing

SECTION TWO — METHODS OF MEASUREMENT —
A.C. MAGNETIZATION CURVE

19. Connection of apparatus	25
20. Magnetic field strength	25
21. Magnetic flux density	27
22. Permeability	27
23. Determination of a.c. magnetization curve	29

SECTION THREE — METHOD OF MEASUREMENT
OF SPECIFIC TOTAL LOSSES

24. Wattmeter method	29
--------------------------------	----

CHAPTER III: TEST REPORT

APPENDIX A — Methods of calibrating the flux integrator for d.c. testing	35
APPENDIX B — Specification of direct current source	39
FIGURES	40

Withdrawn

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Sixième partie: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes, types E1, E3 et E4

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la C E I 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 C E I exprime le vœu que tous les comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la C E I, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la C E I 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 C E I: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de vote
68(BC)39	68(BC)48

Pour de plus amples renseignements, consulter le rapport de vote mentionné dans le tableau ci-dessus.

Les publications suivantes de la CEI sont citées dans la présente norme:

- Publications n°s 404-1 (1979): Matériaux magnétiques, Première partie: Classification.
404-8-6 (1986): Huitième partie, Section six — Matériaux métalliques magnétiquement doux.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

MAGNETIC MATERIALS

**Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties
of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys, types E1, E3 and E4**

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.

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

Six Months' Rule	Report on Voting
68(CO)39	68(CO)48

Further information can be found in the Report on Voting indicated in the table above.

The following IEC publications are quoted in this standard:

Publications Nos. 404-1 (1979): Magnetic Materials, Part 1: Classification.
404-8-6 (1986): Part 8, Section Six - Soft Magnetic Metallic Materials.

MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES

Sixième partie: Méthodes de mesure des propriétés magnétiques des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes, types E1, E3 et E4

1. Domaine d'application et objet

La présente norme spécifie les méthodes de mesure des propriétés magnétiques des alliages magnétiques doux fer-nickel isotropes, types E1, E3 et E4 tels que définis dans la Publication 404-1 de la CEI: Matériaux magnétiques, Première partie: Classification, par la méthode du tore.

La détermination des caractéristiques magnétiques en courant continu est donnée dans le chapitre I et la détermination des caractéristiques magnétiques en courant alternatif est donnée dans le chapitre II.

2. Reproductibilité

L'exactitude finale de l'appareillage d'essai est une fonction complexe dépendant des appareils de mesure et autres caractéristiques des conditions de mesure et des composants de l'équipement; il n'est donc pas toujours possible d'indiquer l'exactitude absolue qui peut être atteinte.

La précision des mesures étant affectée par une variation de température, des précautions doivent être prises pour éviter un échauffement de l'éprouvette. Les mesures sont effectuées à la température ambiante de $23\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

Pour une méthode donnée, l'expérience indique la reproductibilité ou l'ordre de grandeur de l'erreur de mesure qui peut être prévue. Cette erreur dépend des erreurs estimées des appareils de mesure; mais à condition d'opérer avec soin, une reproductibilité de 5% peut être escomptée pour ce groupe de matériaux moyennant l'utilisation d'appareils dont l'erreur de mesure estimée est inférieure ou égale à $\pm 1\%$.

MAGNETIC MATERIALS

Part 6: Methods of measurement of the magnetic properties of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys, types E1, E3 and E4

1. Scope and object

This standard specifies the methods of measuring magnetic properties of isotropic nickel-iron soft magnetic alloys, types E1, E3 and E4, as defined in IEC Publication 404-1: Magnetic Materials, Part 1: Classification, by the ring method.

The determination of the magnetic characteristics under d.c. conditions is given in Chapter I, and the determination of the magnetic characteristics under a.c. conditions is given in Chapter II.

2. Reproducibility

The ultimate accuracy of test equipment is a complex function dependent upon measuring instruments and other characteristics of the measuring conditions and equipment; it is therefore not always possible to state the absolute accuracy that is attainable.

As the accuracy of the measurements is affected by a change in temperature, precautions shall be taken to avoid heating the test specimen. The measurements are made at an ambient temperature of $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

For a known method, experience shows the reproducibility or the size of the error that can be expected. This error depends upon the estimated errors of the measuring instruments, but with care, a reproducibility of 5% can be expected for this group of materials when using measuring instruments whose estimated measuring error is less than or equal to $\pm 1\%$.

CHAPITRE I: DÉTERMINATION DES CARACTÉRISTIQUES MAGNÉTIQUES EN COURANT CONTINU

SECTION UN – GÉNÉRALITÉS

3. Objet

Ce chapitre a pour objet la définition de la «méthode du tore» employée pour la détermination de la courbe d'aimantation normale et du cycle d'hystérésis.

4. Domaine d'application

Cette méthode est utilisée particulièrement pour les champs d'intensité inférieure à 5 kA/m.

5. Epreuve

L'éprouvette doit être un anneau homogène de section rectangulaire ou circulaire. Généralement l'éprouvette consiste en:

- a) un noyau toroïdal en feillard enroulé (type SW)*;
- b) un empilage de disques annulaires (type LR)*;
- c) un anneau usiné dans une pièce massive (type SR)*.

Le type d'éprouvette à utiliser est défini dans la norme de produit.

Note. – D'autres éprouvettes peuvent être utilisées par accord entre le producteur et l'acheteur.

Les bords de l'éprouvette doivent être ébavurés, si nécessaire. L'aire de section de l'anneau et le diamètre moyen de l'anneau doivent être de dimensions compatibles avec le lot de matériaux.

Pour réduire l'effet des variations radiales de l'intensité du champ magnétique, la relation suivante doit être appliquée:

$$D \leq 1,4 d \quad (1)$$

où:

D = diamètre extérieur de l'éprouvette (m)

d = diamètre intérieur de l'éprouvette (m)

Note. – Pour les noyaux toroïdaux en feillard enroulé, $D \leq 1,6 d$ est permis.

Après sa réalisation, l'éprouvette doit subir un traitement thermique conformément aux instructions du producteur du matériau. Après le traitement thermique, l'éprouvette doit être manipulée avec de grandes précautions afin d'éviter l'introduction de contraintes. L'utilisation d'un boîtier de protection de dimensions appropriées est recommandée.

* Voir Publication 404-8-6 de la CEI: Matériaux magnétiques, Huitième partie, Section six – Matériaux métalliques magnétiquement doux.

CHAPTER I: DETERMINATION OF THE MAGNETIC CHARACTERISTICS UNDER D.C. CONDITIONS

SECTION ONE — GENERAL

3. Object

This chapter describes the “ring method” used to obtain the normal magnetization curve and the hysteresis loop.

4. Field of application

This method is used particularly for magnetic field strengths of less than 5 kA/m.

5. Test specimen

The test specimen shall be a homogeneous ring of rectangular or circular cross-section. Generally the specimen consists of:

- a) a strip wound toroidal core (Type SW)*;
- b) a stack of annular laminations (Type LR)*;
- c) a ring machined from solid material (Type SR)*.

The type of test specimen to be used is defined in the product standard.

Note. – Other test specimens can be used subject to agreement between the manufacturer and the purchaser.

The edges of the test specimen shall be deburred, if necessary. The cross-sectional area of the ring and the mean diameter of the ring shall be of any convenient size which can be fabricated from the batch of material.

To reduce the effect of the radial variation of the magnetic field strength, the following relationship shall apply:

$$D \leq 1.4 d \quad (1)$$

where:

D = outside diameter of specimen (m)

d = inside diameter of specimen (m)

Note. – For strip wound toroidal cores $D \leq 1.6 d$ is permitted.

After forming the ring specimen it shall be heat-treated according to the manufacturer's instructions for the material. After this heat treatment, the specimen shall be handled with great care to avoid creating stresses. The use of a protective case of appropriate dimensions is recommended.

* See IEC Publication 404-8-6: Magnetic Materials, Part 8, Section Six – Soft Magnetic Metallic Materials.

L'éprouvette doit être pesée avec une exactitude de $\pm 0,2\%$ et ses dimensions doivent être déterminées avec une exactitude de $\pm 0,5\%$ à partir d'au moins quatre mesures des diamètres extérieur et intérieur de l'anneau. L'aire moyenne de la section doit être calculée par la formule suivante:

$$A = \frac{2 m}{\pi \rho (D + d)} \quad (2)$$

où:

ρ = masse volumique du matériau (kg/m^3)

m = masse de l'éprouvette (kg)

A = aire de la section (m^2)

La longueur conventionnelle active du circuit magnétique de l'éprouvette doit être également calculée par la relation suivante:

$$l_m = \pi \frac{(D + d)}{2} \quad (3)$$

où

l_m est la longueur conventionnelle active du circuit magnétique de l'éprouvette (m)

6. Enroulements

Si l'éprouvette n'est pas protégée par un boîtier, une connexion dans le noyau doit être prévue en vue de vérifier l'isolation des enroulements; l'anneau doit être recouvert ensuite d'une mince couche d'isolant, en s'assurant qu'il n'y a pas de contrainte sur l'éprouvette.

En premier lieu, un fil de cuivre isolé, enroulé uniformément autour de l'anneau, constitue l'enroulement secondaire.

L'enroulement d'aimantation, constitué par un fil de section suffisante pour permettre le passage du courant maximal d'aimantation, est ensuite enroulé uniformément en une ou plusieurs couches sur l'anneau avec le nombre de spires nécessaire à la création de l'intensité de champ maximale spécifiée. L'enroulement d'aimantation peut être composé soit:

- a) d'un grand nombre de spires d'un fil unique appliqué uniformément et enserrant étroitement l'anneau entier, ou
- b) d'un assemblage de conducteurs rigides ou de conducteurs en partie rigides et en partie flexibles, qui peut être ouvert pour mise en place de l'anneau (supportant l'enroulement secondaire et les isolants) et qui peut être ensuite refermé pour former un toroïde réparti uniformément autour de l'anneau. Dans certains cas, l'enroulement secondaire est inclus dans cet assemblage.

Note. – Avec les dispositifs décrits ci-dessus, employés avec un enroulement secondaire réparti uniformément, une erreur, qui peut être présente dans n'importe quel essai de tore, pourra être amplifiée et prendre une importance considérable. Cette erreur vient du fait qu'en bobinant une éprouvette annulaire d'une façon toroïdale, une spire effectivement circulaire, de diamètre égal au diamètre moyen du tore, est ainsi produite. L'inductance mutuelle entre les spires effectivement circulaires de l'enroulement d'aimantation et l'enroulement secondaire, associée au flux parallèle à l'axe de l'anneau, est ajoutée ou soustraite de l'inductance associée au flux circonferentiel. Pour éliminer cette erreur, une spire peut être enroulée en retour sur le secondaire le long de la circonférence moyenne de l'anneau ou, de préférence, le câble d'aimantation est à enrouler en nombre pair de couches, les couches alternées étant enroulées dans le sens des aiguilles d'une montre et dans le sens contraire.