

# 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**

404-4:1995

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/6a5bc89f-a9ab-474b-a3d2-b3f3c7106e8a/iec-60404-4-1995>



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2000 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester.

If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland  
Email: [inmail@iec.ch](mailto:inmail@iec.ch)  
Web: [www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigenda or an amendment might have been published.

- Catalogue of IEC publications: [www.iec.ch/searchpub](http://www.iec.ch/searchpub)

The IEC on-line Catalogue enables you to search by a variety of criteria (reference number, text, technical committee,...). It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing more than 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary online.

- Customer Service Centre: [www.iec.ch/webstore/custserv](http://www.iec.ch/webstore/custserv)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

### A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

- Catalogue des publications de la CEI: [www.iec.ch/searchpub/cur\\_fut-f.htm](http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm)

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: [www.iec.ch/online\\_news/justpub](http://www.iec.ch/online_news/justpub)

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire en ligne au monde de termes électroniques et électriques. Il contient plus de 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans les langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International en ligne.

- Service Clients: [www.iec.ch/webstore/custserv/custserv\\_entry-f.htm](http://www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: [csc@iec.ch](mailto:csc@iec.ch)

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

# 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**

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/6a5bc89f-a9ab-474b-a3d2-b3f3c7106e8a/iec-60404-4-1995>

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

	Pages
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

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[IEC 60404-4:1995](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/6a5bc89f-a9ab-474b-a3d2-b3f3c7106e8a/iec-60404-4-1995>

	Page
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

**iTeh Standards**  
**(<https://standards.iteh.ai>)**  
**Document Preview**

[IEC 60404-4:1995](#)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/iec/6a5bc89f-a9ab-474b-a3d2-b3f3c7106e8a/iec-60404-4-1995>

## 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*

### 3 Détermination des caractéristiques magnétiques par la méthode du tore

#### 3.1 Objet

Cet article décrit la méthode du tore utilisée pour déterminer la courbe d'aimantation normale et le cycle d'hystérésis.

#### 3.2 Généralités

Cette méthode est utilisée en particulier pour les intensités du champ magnétique d'excitation jusqu'à 10 kA/m. Toutefois, à condition de prendre des précautions pour éviter d'échauffer l'éprouvette, cette méthode reste valable pour des champs magnétiques plus intenses.

#### 3.3 Influence de la température sur les mesures

Des précautions doivent être prises pour éviter tout échauffement excessif de l'éprouvette. Les mesures doivent être faites à une température ambiante de  $(23 \pm 5)^\circ\text{C}$ . La température de l'éprouvette ne doit pas dépasser  $50^\circ\text{C}$ . Elle doit être contrôlée par une sonde de température.

Pour des matériaux qui sont particulièrement sensibles à la température, les normes de produits peuvent définir des températures limites de l'éprouvette plus hautes ou plus basses.

[IEC 60404-4:1995](http://www.iec.ch/standards/catalog/standards/iec/6a5bc89f-a9ab-474b-a3d2-b3f3c7106e8a/iec-60404-4-1995)

<http://www.iec.ch/standards/catalog/standards/iec/6a5bc89f-a9ab-474b-a3d2-b3f3c7106e8a/iec-60404-4-1995>

#### 3.4 Eprouvette

L'éprouvette est constituée par un tore homogène, sans soudure, de section rectangulaire ou circulaire. L'aire de la section du tore est déterminée par les dimensions du produit, l'uniformité de ses propriétés magnétiques, la sensibilité des instruments de mesure, et l'espace requis pour les enroulements. Une section comprise entre  $100\text{ mm}^2$  et  $500\text{ mm}^2$  est utilisée couramment.

Des précautions doivent être prises dans la préparation de l'éprouvette pour éviter un écrouissage ou un échauffement du matériau qui pourraient en altérer les caractéristiques magnétiques. L'éprouvette peut être usinée par tournage, suivi d'une légère rectification, avec assez de liquide de refroidissement pour prévenir tout échauffement du matériau. Les bords des tores doivent être ébavurés.

Pour limiter l'effet d'une variation radiale de l'intensité du champ magnétique d'excitation, on doit veiller à satisfaire la relation:

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

où

$D$  est le diamètre extérieur de l'éprouvette, en mètres;

$d$  est le diamètre intérieur de l'éprouvette, en mètres.

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*

### 3 Determination of the magnetic characteristics by the ring method

#### 3.1 Object

This clause describes the ring method used to obtain the normal magnetization curve and the hysteresis loop.

#### 3.2 General

This method is used particularly for magnetic field strengths of up to 10 kA/m. However, if care is taken to avoid heating the test specimen, this method may be used at higher magnetic field strengths.

#### 3.3 Effect of temperature on the measurements

Care shall be taken to avoid unduly heating the test specimen. The measurements shall be made at an ambient temperature of  $(23 \pm 5)$  °C. The temperature of the test specimen shall not exceed 50 °C which shall be monitored by means of a temperature sensor.

For materials which are particularly temperature sensitive, product standards may define lower or higher test specimen temperatures.

#### 3.4 Test specimen

The test specimen is a homogeneous unwelded ring of rectangular or circular cross-section. The cross-sectional area of the ring is determined by the product dimensions, uniformity of magnetic properties, instrumentation sensitivity and space required for the test windings. Usually the cross-sectional area is in the range of 100 mm<sup>2</sup> to 500 mm<sup>2</sup>.

Care shall be taken in the preparation of the test specimen to avoid work hardening or heating of the material which might affect the magnetic characteristics. The test specimen can be prepared by turning and finished by light grinding with sufficient coolant to prevent heating the material. The edges of the rings shall be deburred.

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

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

where

$D$  is the outside diameter of test specimen, in metres;

$d$  is the inside diameter of test specimen, in metres.

La présente relation doit s'appliquer pour les mesures sur les éprouvettes constituées d'un tore monobloc ou formé de feuilles. Pour les matériaux frittés magnétiquement doux, pour lesquels les dimensions finies sont généralement petites, la relation suivante peut être utilisée:

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

Dans ce cas, il y aura une plus grande variation radiale du champ magnétique d'excitation.

Les dimensions de l'éprouvette doivent être déterminées par la mesure des diamètres extérieur et intérieur du tore, ainsi que sa hauteur ou son diamètre, à l'aide d'un micromètre ou d'une jauge à vernier appropriés. L'aire de la section moyenne doit être calculée avec une incertitude de  $\pm 0,5\%$  ou meilleure.

La longueur moyenne du circuit magnétique de l'éprouvette doit être également calculée avec une incertitude de  $\pm 0,5\%$  ou meilleure à partir de la relation:

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

où

$l$  est la longueur moyenne du circuit magnétique de l'éprouvette, en mètres.

### 3.5 Enroulements

Avant réalisation des bobinages, une liaison électrique avec l'éprouvette doit être mise en place afin de vérifier ultérieurement l'isolation des enroulements, une sonde thermique doit être fixée à l'éprouvette, et ensuite une couche mince d'isolant doit être déposée sur le tore.

En premier lieu, un enroulement secondaire constitué d'un fil de cuivre isolé doit être bobiné régulièrement tout au long de l'anneau. On doit déterminer les dimensions, et calculer la section moyenne,  $A_c$ , de cet enroulement secondaire.

Un enroulement d'excitation constitué par un fil de section suffisante pour supporter le courant maximal d'excitation doit être ensuite bobiné régulièrement sur l'anneau, en une ou plusieurs couches, avec un nombre de spires suffisant pour permettre d'appliquer l'intensité spécifiée du champ magnétique d'excitation. L'enroulement d'excitation peut comporter:

- a) un grand nombre de spires d'un fil unique, disposées au plus près et réparties uniformément tout au long du tore, ou
- b) un nombre de spires plus réduit, d'un câble multifils, ces spires étant disposées au plus près et réparties uniformément tout au long du tore et les extrémités de chaque fil étant reliées entre elles de façon à produire l'effet d'un enroulement multicouches, ou
- c) un système de conducteurs rigides, ou un système constitué de conducteurs en partie rigides et en partie flexibles, qui peut être ouvert pour permettre la mise en place du tore (comportant l'enroulement secondaire et l'isolation) et refermé ensuite pour constituer un enroulement torique régulièrement réparti.

Si nécessaire, le tore bobiné est immergé dans un bain d'huile ou soumis à un courant d'air pour assurer son refroidissement.

NOTE Quand on utilise les dispositifs décrits ci-dessus avec un enroulement secondaire uniformément réparti, une erreur peut être présente dans tout essai sur tore, erreur susceptible d'être amplifiée et de prendre une importance considérable. Cette erreur provient du fait qu'en bobinant sur un anneau une couche toroïdale, on ajoute en fait une spire circulaire effective de diamètre égal au diamètre moyen du tore.