

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE

---

**Magnetic materials –**

**Part 8-1: Specifications for individual materials – Magnetically hard materials**

**Matériaux magnétiques –**

**Partie 8-1: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux magnétiquement durs**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

---

ICS 17.220.20; 29.030

ISBN 978-2-8322-2429-8

**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.**

## CONTENTS

|   |    |
|---|----|
| FOREWORD.....   | 4  |
| INTRODUCTION.....   | 6  |
| 1 Scope.....  | 7  |
| 2 Normative references.....   | 7  |
| 3 Terms and definitions .....   | 7  |
| 4 Types of materials and their applications.....  | 7  |
| 5 Classification.....   | 8  |
| 5.1 General.....  | 8  |
| 5.2 Principal magnetic properties .....   | 8  |
| 5.3 Additional magnetic properties.....   | 9  |
| 6 Chemical composition .....  | 10 |
| 7 Densities .....   | 10 |
| 8 Designation .....   | 10 |
| 9 Mode of shipment and dimensions .....   | 10 |
| 10 Testing.....   | 10 |
| 10.1 Extent of testing.....   | 10 |
| 10.2 Testing methods .....  | 10 |
| 11 Grounds for rejection .....  | 11 |
| 12 Description of tables of standard properties.....  | 11 |
| 12.1 Magnetically hard alloys.....  | 11 |
| 12.1.1 Aluminium-nickel-cobalt-iron-titanium alloys (AlNiCo) .....  | 11 |
| 12.1.2 Chromium-iron-cobalt alloys (CrFeCo).....  | 12 |
| 12.1.3 Iron-cobalt-vanadium-chromium alloys (FeCoVCr).....  | 12 |
| 12.1.4 Rare earth-cobalt alloys (RECo).....   | 13 |
| 12.1.5 Rare earth-iron-boron alloys (REFeB).....  | 14 |
| 12.2 Magnetically hard ceramics (magnetically hard ferrites) .....  | 14 |
| 12.2.1 Chemical composition .....   | 14 |
| 12.2.2 Manufacturing method .....   | 15 |
| 12.2.3 Sub-classification .....   | 15 |
| 12.2.4 Magnetic properties and densities.....   | 15 |
| 12.2.5 Dimensional tolerances .....   | 15 |
| 12.3 Bonded magnets.....  | 15 |
| 12.3.1 General .....  | 15 |
| 12.3.2 Chemical composition .....   | 15 |
| 12.3.3 Manufacturing method.....  | 16 |
| 12.3.4 Sub-classification.....  | 16 |
| 12.3.5 Magnetic properties and densities .....  | 17 |
| 12.3.6 Dimensional tolerances .....   | 17 |
| 13 Irreversible demagnetization behaviour .....   | 17 |
| 13.1 General.....   | 17 |
| 13.2 General definition of demagnetization field strength $H_D$ .....   | 18 |
| 13.3 Simplified definition of demagnetization field strength $H_D$ .....  | 18 |
| 14 Tables 10 to 23.....   | 20 |
| Annex A (informative) Physical data and mechanical reference values of AlNiCo,<br>CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB, hard ferrite and bonded SmFeN magnets ..... | 34 |

|   |    |
|---|----|
| Bibliography .....  | 36 |
| Figure 1 – Graphic representation of $B(H)$ and $J(H)$ demagnetization and recoil curves .....  | 19 |
| Figure 2 – Simplified evaluation of $B(H)$ and $J(H)$ demagnetization and recoil curves .....   | 20 |
| Table 1 – Classification of magnetically hard materials .....   | 8  |
| Table 2 – Magnetic properties — Symbols and units .....   | 9  |
| Table 3 – Additional magnetic properties — Symbols and units .....  | 9  |
| Table 4 – Chemical compositions of AlNiCo alloys (% mass fraction) .....  | 11 |
| Table 5 – Chemical compositions of CrFeCo alloys (% mass fraction) .....  | 12 |
| Table 6 – Chemical compositions of FeCoVCr alloys (% mass fraction) .....   | 12 |
| Table 7 – Chemical compositions of RECo alloys (% mass fraction) .....  | 13 |
| Table 8 – Chemical compositions of REFeB alloys (% mass fraction) .....   | 14 |
| Table 9 – Chemical compositions of REFeN alloys for bonded magnet (% mass fraction) .....   | 16 |
| Table 10 – Magnetic properties and densities of AlNiCo magnets .....  | 21 |
| Table 11 – Magnetic properties and densities of CrFeCo and FeCoVCr magnets .....  | 22 |
| Table 12 – Magnetic properties and densities of RECo magnets .....  | 23 |
| Table 13 – Magnetic properties and densities of REFeB magnets .....   | 24 |
| Table 14 – Magnetic properties and densities of hard ferrites .....   | 25 |
| Table 15 – Magnetic properties and densities of isotropic AlNiCo alloys with organic binder .....   | 26 |
| Table 16 – Magnetic properties and densities of RECo alloys with organic binder .....   | 27 |
| Table 17 – Magnetic properties and densities of isotropic REFeB alloys with organic binder .....  | 28 |
| Table 18 – Magnetic properties and densities of isotropic and anisotropic hard ferrites with organic binder .....                                       | 29 |
| Table 19 – Magnetic properties and densities of anisotropic REFeN alloys with organic binder .....  | 30 |
| Table 20 – Dimensional tolerances (as cast or as sintered) of magnets made from AlNiCo alloys .....   | 31 |
| Table 21 – Dimensional tolerances of cold rolled strips of FeCoVCr and CrFeCo alloys with a maximum thickness of 6 mm and maximum width of 125 mm ..... | 32 |
| Table 22 – Dimensional tolerances of the diameter of cold drawn wires and bars of FeCoVCr and CrFeCo alloys .....                                       | 32 |
| Table 23 – Dimensional tolerances on magnets made from hard ferrites .....  | 33 |
| Table A.1 – Physical data and mechanical reference values of AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB, hard ferrite and bonded SmFeN magnets .....          | 35 |

# INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

---

## MAGNETIC MATERIALS –

### Part 8-1: Specifications for individual materials – Magnetically hard materials

#### 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 60404-8-1 has been prepared by IEC technical committee 68: Magnetic alloys and steels.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2001 and Amendment 1:2004. This edition constitutes a technical revision.

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

- a) recently developed anisotropic Sm-Fe-N bonded magnets are included;
- b) high energy ferrites with La and Co as substituents are included.

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

|             |                  |
|-------------|------------------|
| FDIS        | Report on voting |
| 68/495/FDIS | 68/503/RVD       |

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 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 publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

## INTRODUCTION

This third edition of IEC 60404-8-1 includes the recently developed anisotropic Sm-Fe-N bonded magnets and high energy ferrites with La and Co as substituents which have become established in permanent magnet applications. It also includes corrections to the second edition in order to improve consistency with IEC 60404-5. The squareness of the demagnetization curve is introduced through the quantity  $H_D$ .

## MAGNETIC MATERIALS –

### Part 8-1: Specifications for individual materials – Magnetically hard materials

#### 1 Scope

This part of IEC 60404 specifies minimum values for the principal magnetic properties of, and dimensional tolerances for, technically important magnetically hard materials (permanent magnets).

For information purposes only, this part of IEC 60404 provides values for the densities of the materials and the ranges of their chemical compositions.

NOTE Some additional physical data and mechanical reference values concerning the magnetic materials are given in Table A.1 for information and comparison purposes.

#### 2 Normative references

The following documents, in whole or in part, are normatively referenced in this document and are indispensable for its application. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050 (all parts), *International Electrotechnical Vocabulary* (available at: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org))

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

## SOMMAIRE

|  |    |
|--|----|
| AVANT-PROPOS.....  | 40 |
| INTRODUCTION.....  | 42 |
| 1 Domaine d'application.....   | 43 |
| 2 Références normatives .....  | 43 |
| 3 Termes et définitions .....  | 43 |
| 4 Types de matériaux et leurs applications.....  | 43 |
| 5 Classification.....  | 44 |
| 5.1 Généralités .....  | 44 |
| 5.2 Principales propriétés magnétiques .....   | 44 |
| 5.3 Propriétés magnétiques additionnelles.....   | 45 |
| 6 Composition chimique.....  | 46 |
| 7 Masses volumiques .....  | 46 |
| 8 Désignation .....  | 46 |
| 9 État de livraison et dimensions.....   | 46 |
| 10 Essais .....  | 46 |
| 10.1 Étendue des essais .....  | 46 |
| 10.2 Méthodes d'essai .....  | 46 |
| 11 Motifs de refus.....  | 47 |
| 12 Description des tableaux des propriétés normales .....  | 47 |
| 12.1 Alliages magnétiques durs.....  | 47 |
| 12.1.1 Alliages aluminium-nickel-cobalt-fer-titane (AlNiCo).....   | 47 |
| 12.1.2 Alliages chrome-fer-cobalt (CrFeCo).....  | 48 |
| 12.1.3 Alliages fer-cobalt-vanadium-chrome (FeCoVCr).....  | 49 |
| 12.1.4 Alliages terres rares-cobalt (RECo) .....   | 49 |
| 12.1.5 Alliages terres rares-fer-bore (REFeB).....   | 50 |
| 12.2 Céramiques magnétiques dures (ferrites magnétiques dures).....  | 51 |
| 12.2.1 Composition chimique .....  | 51 |
| 12.2.2 Méthode de fabrication.....   | 51 |
| 12.2.3 Sous-classification .....   | 51 |
| 12.2.4 Propriétés magnétiques et masses volumiques .....   | 51 |
| 12.2.5 Tolérances sur les dimensions .....   | 51 |
| 12.3 Aimants agglomérés.....   | 51 |
| 12.3.1 Généralités .....   | 51 |
| 12.3.2 Composition chimique .....  | 52 |
| 12.3.3 Méthode de fabrication.....   | 52 |
| 12.3.4 Sous-classification .....   | 53 |
| 12.3.5 Propriétés magnétiques et masses volumiques .....   | 54 |
| 12.3.6 Tolérances sur les dimensions .....   | 54 |
| 13 Phénomène de désaimantation irréversible .....  | 54 |
| 13.1 Généralités .....   | 54 |
| 13.2 Définition générale de l'intensité du champ de désaimantation $H_D$ .....   | 54 |
| 13.3 Définition simplifiée de l'intensité du champ de désaimantation $H_D$ .....   | 55 |
| 14 Tableaux 10 à 23.....   | 57 |
| Annexe A (informative) Données physiques et valeurs mécaniques de référence des aimants AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB, ferrite dure et des aimants agglomérés SmFeN ..... | 71 |



|   |    |
|---|----|
| Bibliographie .....   | 73 |
| Figure 1 – Graphique des courbes de désaimantation et de recul $B(H)$ et $J(H)$ .....   | 55 |
| Figure 2 – Évaluation simplifiée des courbes de désaimantation et de recul $B(H)$ et $J(H)$ .....   | 57 |
| Tableau 1 – Classification des matériaux magnétiques durs.....  | 44 |
| Tableau 2 – Propriétés magnétiques – Symboles et unités.....  | 45 |
| Tableau 3 – Propriétés magnétiques additionnelles – Symboles et unités.....   | 45 |
| Tableau 4 – Compositions chimiques des alliages AlNiCo (% massique).....  | 47 |
| Tableau 5 – Compositions chimiques des alliages CrFeCo (% massique).....  | 48 |
| Tableau 6 – Compositions chimiques des alliages FeCoVCr (% massique).....   | 49 |
| Tableau 7 – Compositions chimiques des alliages RECo (% massique).....  | 49 |
| Tableau 8 – Compositions chimiques des alliages REFeB (% massique).....   | 50 |
| Tableau 9 – Compositions chimiques des alliages REFeN pour les aimants agglomérés (% massique) .....  | 52 |
| Tableau 10 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des aimants AlNiCo.....  | 58 |
| Tableau 11 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des aimants CrFeCo et FeCoVCr .....  | 59 |
| Tableau 12 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des aimants RECo.....  | 60 |
| Tableau 13 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des aimants REFeB.....   | 61 |
| Tableau 14 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des ferrites dures .....   | 62 |
| Tableau 15 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des alliages AlNiCo isotropes à liant organique .....  | 63 |
| Tableau 16 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des alliages RECo à liant organique .....  | 64 |
| Tableau 17 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des alliages isotropes REFeB avec liant organique .....  | 65 |
| Tableau 18 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des ferrites dures isotropes et anisotropes à liant organique .....  | 66 |
| Tableau 19 – Propriétés magnétiques et masses volumiques des alliages REFeN anisotropes à liant organique .....   | 67 |
| Tableau 20 – Tolérances sur les dimensions des aimants en alliages AlNiCo (moulés ou frittés).....  | 68 |
| Tableau 21 – Tolérances sur les dimensions de feuillards laminés à froid, pour des alliages FeCoVCr et CrFeCo avec une épaisseur maximale de 6 mm et une largeur maximale de 125 mm ..... | 69 |
| Tableau 22 – Tolérances sur les dimensions du diamètre des fils et des barres étirés à froid pour des alliages FeCoVCr et CrFeCo .....  | 69 |
| Tableau 23 – Tolérances sur les dimensions des aimants en ferrites dures .....  | 70 |
| Tableau A.1 – Données physiques et valeurs mécaniques de référence des aimants AlNiCo, CrFeCo, FeCoVCr, SmCo, NdFeB, ferrite dure et des aimants agglomérés SmFeN.....                    | 72 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### MATÉRIAUX MAGNÉTIQUES –

#### Partie 8-1: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux magnétiquement durs

##### 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 60404-8-1 a été établie par le comité d'études 68 de l'IEC: Matériaux magnétiques tels qu'alliages et aciers.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition, parue en 2001, et l'Amendement 1:2004. Cette édition constitue une révision technique.

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

- elle inclut les aimants agglomérés Sm-Fe-N anisotropes récemment développés;
- elle inclut les ferrites haute énergie avec les remplaçants La et Co.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

| FDIS        | Rapport de vote |
|-------------|-----------------|
| 68/495/FDIS | 68/503/RVD      |

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/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 cette publication 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 à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

## INTRODUCTION

Cette troisième édition de l'IEC 60404-8-1 inclut les aimants agglomérés Sm-Fe-N anisotropes récemment développés, ainsi que les ferrites haute énergie avec les remplaçants La et Co, qui sont devenus établis dans les applications d'aimants permanents. Elle inclut également des corrections à la deuxième édition afin d'améliorer la cohérence avec l'IEC 60404-5. La rectangularité de la courbe de désaimantation est introduite par la grandeur  $H_D$ .

## MATERIAUX MAGNETIQUES –

### Partie 8-1: Spécifications pour matériaux particuliers – Matériaux magnétiquement durs

#### 1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60404 spécifie les valeurs minimales des principales propriétés magnétiques des matériaux magnétiques durs importants d'un point de vue technique (aimants permanents) ainsi que leurs tolérances sur les dimensions.

La présente partie de l'IEC 60404 donne uniquement à titre indicatif des valeurs de masses volumiques des matériaux et les plages de leur composition chimique.

NOTE Dans un but d'information et de comparaison, quelques données physiques et valeurs mécaniques de référence sur les matériaux magnétiques sont aussi données au Tableau A.1.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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).

IEC 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire Electrotechnique International* (disponible sous: [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org))

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