



IEC 60851-3

Edition 3.0 2009-01

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Winding wires – Test methods –
Part 3: Mechanical properties**

**Fils de bobinage – Méthodes d'essai –
Partie 3: Propriétés mécaniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 29.060.10

ISBN 978-2-88910-311-9

CONTENTS

FOREWORD.....	4
INTRODUCTION.....	6
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Test 6: Elongation	7
3.1 Elongation at fracture	7
3.2 Tensile strength	7
4 Test 7: Springiness.....	8
4.1 Round wire with a nominal conductor diameter from 0,080 mm up to and including 1,600 mm	8
4.1.1 Principle	8
4.1.2 Equipment.....	8
4.1.3 Procedure.....	9
4.2 Round wire with a nominal conductor diameter over 1,600 mm and rectangular wire	10
4.2.1 Principle	10
4.2.2 Equipment	10
4.2.3 Specimen	11
4.2.4 Procedure.....	11
5 Test 8: Flexibility and adherence	12
5.1 Mandrel winding test	12
5.1.1 Round wire	12
5.1.2 Rectangular wire	13
5.1.3 Covered bunched wire.....	14
5.2 Stretching test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 1,600 mm).....	14
5.3 Jerk test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter up to and including 1,000 mm).....	15
5.4 Peel test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 1,000 mm).....	15
5.5 Adherence test	17
5.5.1 Enamelled rectangular wire	17
5.5.2 Impregnated fibre covered round and rectangular wire	17
5.5.3 Fibre covered enamelled round and rectangular wire.....	17
5.5.4 Tape wrapped round and rectangular wire (for adhesive tape only)	18
6 Test 11: Resistance to abrasion (applicable to enamelled round wire).....	18
6.1 Principle.....	18
6.2 Equipment.....	18
6.3 Procedure	19
7 Test 18: Heat bonding (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 2 000 mm).....	20
7.1 Vertical bond retention of a helical coil	20
7.1.1 Nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm	20
7.1.2 Nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 2,000 mm	20
7.2 Bond strength of a twisted coil.....	23
7.2.1 Principle	23
7.2.2 Equipment.....	23

7.2.3 Specimen	23
7.2.4 Procedure.....	25
7.2.5 Result.....	25
Annex A (informative) Bond strength of heat bonding wires	27
Annex B (informative) Friction test methods.....	33
Bibliography.....	43
Figure 1 – Test equipment to determine springiness	8
Figure 2 – Construction and details of the mandrel (see Table 1).....	9
Figure 3 – Test equipment to determine springiness	11
Figure 4 – Test equipment for mandrel winding test	14
Figure 5 – Test equipment for jerk test.....	15
Figure 6 – Test equipment for peel test.....	16
Figure 7 – Scraper	17
Figure 8 – Cross-section of the wire after removal of the coating	17
Figure 9 – Test equipment for unidirectional scrape test	19
Figure 10 – Test equipment for bond retention of a helical coil.....	22
Figure 11 – Coil winder	24
Figure 12 – Oval shape coil	25
Figure 13 – Twisting device with a load applied to the twisted coil specimen	25
Figure 14 – Arrangement of supports	26
Figure A.1 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,300 mm with isothermic graphs	29
Figure A.2 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,315 mm with isothermic graphs	30
Figure A.3 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,355 mm with isothermic graphs	31
Figure A.4 – Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,500 mm with isothermic graphs	32
Figure B.1 – Static coefficient of friction test apparatus.....	38
Figure B.2 – Dynamic coefficient of friction test apparatus	39
Figure B.3 – Dynamic coefficient of friction test apparatus	40
Figure B.4 – Detail drawing of friction head assembly with mechanical dynamometer	41
Figure B.5 – Load block with sapphires	42
Figure B.6 – Twisted specimen	42
Table 1 – Mandrels for springiness	9
Table 2 – Magnification to detect cracks	12
Table 3 – Load for peel test	16
Table 4 – Preparation of helical coils	21
Table 5 – Bond retention at elevated temperature	22
Table B.1 – Twisted pair method.....	37

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 3: Mechanical properties

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 60851-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

This third edition cancels and replaces the second edition, published in 1996, its amendment 1 (1997) and its amendment 2 (2003), and constitutes a technical revision.

With respect to the previous edition, significant technical changes appear in Subclause 5.3, Jerk test.

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

CDV	Report on voting
55/1043/CDV	55/1059/RVC

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 the parts in the IEC 60851 series, under the general title *Winding wires – Test methods*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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 part of IEC 60851 forms an element of a series of standards, which deals with insulated wires used for windings in electrical equipment. The series has three groups describing

- a) winding wires – Test methods (IEC 60851);
- b) specifications for particular types of winding wires (IEC 60317);
- c) packaging of winding wires (IEC 60264).

WINDING WIRES – TEST METHODS –

Part 3: Mechanical properties

1 Scope

This part of IEC 60851 specifies the following methods of test for winding wires:

- Test 6: Elongation;
- Test 7: Springiness;
- Test 8: Flexibility and adherence;
- Test 11: Resistance to abrasion;
- Test 18: Heat bonding.

For definitions, general notes on methods of test and the complete series of methods of test for winding wires, see IEC 60851-1.

2 Normative references

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

IEC 60851-1, *Winding wires – Test methods – Part 1: General*

IEC 60851-2:1996, *Winding wires – Test methods – Part 2: Determination of dimensions*

ISO 178:2001, *Plastics – Determination of flexural properties*

Amendment 1:2004

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	46
INTRODUCTION.....	48
1 Domaine d'application.....	49
2 Références normatives	49
3 Essai 6: Allongement	49
3.1 Allongement à la rupture.....	49
3.2 Résistance à la traction	49
4 Essai 7: Effet de ressort.....	50
4.1 Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur de 0,080 mm jusqu'à 1,600 mm inclus.....	50
4.1.1 Principe	50
4.1.2 Equipement	50
4.1.3 Procédure.....	52
4.2 Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm et fil de section rectangulaire	53
4.2.1 Principe	53
4.2.2 Equipement	53
4.2.3 Eprouvette.....	54
4.2.4 Procédure.....	55
5 Essai 8: Souplesse et adhérence	55
5.1 Essai d'enroulement sur mandrin	55
5.1.1 Fil de section circulaire	55
5.1.2 Fil de section rectangulaire	56
5.1.3 Fil toronné avec enveloppe	57
5.2 Essai d'étirement (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm).....	57
5.3 Essai de traction brusque (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 1,000 mm)	58
5.4 Essai de pelage (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,000 mm).....	59
5.5 Essai d'adhérence	60
5.5.1 Fil de section rectangulaire émaillé	60
5.5.2 Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'une enveloppe fibreuse imprégnée	60
5.5.3 Fil de section circulaire ou rectangulaire émaillé recouvert d'une enveloppe fibreuse.....	61
5.5.4 Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'un ruban (uniquement pour ruban adhésif).....	61
6 Essai 11: Résistance à l'abrasion (applicable au fil de section circulaire émaillé).....	61
6.1 Principe	61
6.2 Equipement	61
6.3 Procédure.....	62
7 Essai 18: Thermo-adhérence (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal de conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à 2,000 mm inclus)	63
7.1 Collage résiduel vertical d'un bobinage hélicoïdal.....	63
7.1.1 Diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,050 mm inclus	63
7.1.2 Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à 2,000 mm inclus	63

7.2	Force de collage d'un bobinage torsadé	66
7.2.1	Principe	66
7.2.2	Équipement	66
7.2.3	Eprouvette	66
7.2.4	Procédure	69
7.2.5	Résultats	69
Annexe A (informative) Force de collage des fils thermo-adhérents		71
Annexe B (informative) Méthodes d'essai de frottement		77
Bibliographie		87
Figure 1 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort		51
Figure 2 – Construction et détails du mandrin (voir le Tableau 1)		51
Figure 3 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort		54
Figure 4 – Appareil d'essai d'enroulement sur mandrin		57
Figure 5 – Appareil pour l'essai de traction brusque		58
Figure 6 – Appareil pour l'essai de pelage		59
Figure 7 – Racioir		60
Figure 8 – Section droite du fil dont on a retiré l'émail		60
Figure 9 – Appareil pour l'essai d'abrasion unidirectionnelle		62
Figure 10 – Dispositifs pour l'essai de thermo-adhérence d'un bobinage hélicoïdal		65
Figure 11 – Dispositif de bobinage		68
Figure 12 – Bobine de forme ovale		69
Figure 13 – Dispositif de torsion avec une charge appliquée au bobinage torsadé		69
Figure 14 – Disposition des supports		70
Figure A.1 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,300 mm		73
Figure A.2 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,315 mm		74
Figure A.3 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,355 mm		75
Figure A.4 – Exemple de courbes tension-temps et courbes isothermes pour des bobinages torsadés faits d'un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,500 mm		76
Figure B.1 – Appareil pour l'essai statique du coefficient de frottement		82
Figure B.2 – Appareil pour l'essai dynamique du coefficient de frottement		83
Figure B.3 – Appareil pour l'essai dynamique du coefficient de frottement		84
Figure B.4 – Détail montrant la liaison entre le banc de friction et le dynamomètre mécanique		85
Figure B.5 – Charge montée sur saphirs		86
Figure B.6 – Eprouvette torsadée		86
Tableau 1 – Mandrins pour l'effet de ressort		52
Tableau 2 – Grossissement pour détecter les craquelures		55
Tableau 3 – Charge pour l'essai de pelage		59
Tableau 4 – Préparation des bobinages hélicoïdaux		64
Tableau 5 – Collage résiduel à température élevée		66
Tableau B.1 – Méthode du fil torsadé		81

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3: Propriétés mécaniques

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI 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 60851-3 a été établie par le comité d'études 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 1996, son amendement 1 (1997) et son amendement 2 (2003), et constitue une révision technique.

Par rapport à l'édition précédente, des modifications techniques majeures sont introduites au Paragraphe 5.3, Essai de traction brusque.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

CDV	Rapport de vote
55/1043/CDV	55/1059/RVC

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

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/CEI, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la CEI 60851, sous le titre général *Fils de bobinage – Méthodes d'essai*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de maintenance indiquée sur le site web de la CEI 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

La présente partie de la CEI 60851 constitue un élément d'une série de normes traitant des fils isolés utilisés dans les enroulements des appareils électriques. La série comporte trois groupes définissant respectivement ce qui suit:

- a) les fils de bobinage – Méthodes d'essai (CEI 60851);
- b) les spécifications pour types particuliers de fils de bobinage (CEI 60317);
- c) le conditionnement des fils de bobinage (CEI 60264).

FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

Partie 3: Propriétés mécaniques

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 60851 donne les méthodes d'essai suivantes des fils de bobinage:

- Essai 6: Allongement;
- Essai 7: Effet de ressort;
- Essai 8: Souplesse et adhérence;
- Essai 11: Résistance à l'abrasion;
- Essai 18: Thermo-adhérence.

Pour les définitions, les généralités concernant les méthodes d'essai et les séries complètes des méthodes d'essai des fils de bobinage, voir la CEI 60851-1.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60851-1, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 1: Généralités*

CEI 60851-2:1996, *Fils de bobinage – Méthodes d'essai – Partie 2: Détermination des dimensions*

ISO 178:2001, *Plastiques – Détermination des propriétés en flexion*
Amendement 1:2004