



IEC 60851-3

Edition 3.2 2019-08  
CONSOLIDATED VERSION

# 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

---

ICS 29.060.10

ISBN 978-2-8322-7348-7

**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.**

# REDLINE VERSION

# VERSION REDLINE



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

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

## CONTENTS

1	Scope.....	8
2	Normative references .....	8
3	Test 6: Elongation .....	8
3.1	Elongation at fracture .....	8
3.2	Tensile strength .....	8
4	Test 7: Springiness.....	9
4.1	Round wire with a nominal conductor diameter from 0,080 mm up to and including 1,600 mm .....	9
4.1.1	Principle .....	9
4.1.2	Equipment .....	9
4.1.3	Procedure.....	10
4.2	Round wire with a nominal conductor diameter over 1,600 mm and rectangular wire .....	11
4.2.1	Principle .....	11
4.2.2	Equipment .....	11
4.2.3	Specimen .....	12
4.2.4	Procedure.....	12
5	Test 8: Flexibility and adherence .....	13
5.1	Mandrel winding test .....	13
5.1.1	Round wire .....	13
5.1.2	Rectangular wire .....	14
5.1.3	Covered bunched wire .....	15
5.2	Stretching test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 1,600 mm).....	15
5.3	Jerk test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter up to and including 1,000 mm) .....	16
5.4	Peel test (applicable to enamelled round wire with a nominal conductor diameter over 1,000 mm).....	16
5.5	Adherence test .....	18
5.5.1	Enamelled rectangular wire .....	18
5.5.2	Impregnated fibre covered round and rectangular wire .....	18
5.5.3	Fibre covered enamelled round and rectangular wire.....	18
5.5.4	Tape wrapped round and rectangular wire (for adhesive tape only) .....	19
6	Test 11: Resistance to abrasion (applicable to enamelled round wire) .....	19
6.1	Principle.....	19
6.2	Equipment .....	19
6.3	Procedure .....	20
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 and to enamelled rectangular wire) .....	21
7.1	Vertical bond retention of a helical coil .....	21
7.1.1	Nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm .....	21
7.1.2	Nominal conductor diameter over 0,050 mm up to and including 2,000 mm .....	21
7.2	Bond strength of a twisted coil.....	24
7.2.1	Principle .....	24
7.2.2	Equipment .....	24
7.2.3	Specimen .....	24

7.2.4	Procedure.....	26
7.2.5	Result.....	26
7.3	Enamelled rectangular wire heat bonding .....	27
Annex A (informative)	Bond strength of heat bonding wires .....	29
Annex B (informative)	Friction test methods .....	35
Figure 1	– Test equipment to determine springiness .....	9
Figure 2	– Construction and details of the mandrel (see Table 1).....	10
Figure 3	– Test equipment to determine springiness .....	12
Figure 4	– Test equipment for mandrel winding test .....	15
Figure 5	– Test equipment for jerk test.....	16
Figure 6	– Test equipment for peel test.....	17
Figure 7	– Scraper .....	18
Figure 8	– Cross-section of the wire after removal of the coating .....	18
Figure 9	– Test equipment for unidirectional scrape test .....	20
Figure 10	– Test equipment for bond retention of a helical coil.....	23
Figure 11	– Coil winder .....	25
Figure 12	– Oval shape coil .....	26
Figure 13	– Twisting device with a load applied to the twisted coil specimen .....	26
Figure 14	– Arrangement of supports .....	27
Figure 15	– Samples for heat bonding.....	28
Figure A.1	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,300 mm with isothermic graphs .....	31
Figure A.2	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,315 mm with isothermic graphs .....	32
Figure A.3	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,355 mm with isothermic graphs .....	33
Figure A.4	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,500 mm with isothermic graphs .....	34
Figure B.1	– Static coefficient of friction test apparatus.....	42
Figure B.2	– Dynamic coefficient of friction test apparatus .....	43
<del>Figure B.3</del>	<del>– Dynamic coefficient of friction test apparatus.....</del>	<del>44</del>
Figure B.3	– Diagram of a typical dynamic coefficient of friction tester .....	45
<del>Figure B.4</del>	<del>– Detail drawing of friction head assembly with mechanical dynamometer .....</del>	<del>46</del>
Figure B.4	– Material – sapphire (synthetic).....	47
<del>Figure B.5</del>	<del>– Load block with sapphires.....</del>	<del>47</del>
Figure B.5	– Synthetic sapphires mounted on load block .....	48
Figure B.6	– Load applied perpendicular to wire path.....	49
Figure B.67	– Twisted specimen .....	49
Table 1	– Mandrels for springiness .....	10
Table 2	– Magnification to detect cracks .....	13
Table 3	– Load for peel test .....	17
Table 4	– Preparation of helical coils .....	22
Table 5	– Bond retention at elevated temperature .....	23

Table B.1 – Load block weights for dynamic coefficient of friction testing.....	40
Table B.12 – Twisted pair method.....	41

## 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.

**This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.**

**IEC 60851-3 edition 3.2 contains the third edition (2009-01) [documents 55/1043/CDV and 55/1059/RVC], its amendment 1 (2013-07) [documents 55/1392/FDIS and 55/1407/RVD] and its amendment 2 (2019-08) [documents 55/1781/FDIS and 55/1798/RVD].**

**In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendments 1 and 2. Additions are in green text, deletions are in strikethrough red text. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.**

International Standard IEC 60851-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

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

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 the base publication and its amendments 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.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## 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

1	Domaine d'application .....	58
2	Références normatives .....	58
3	Essai 6: Allongement.....	58
3.1	Allongement à la rupture .....	58
3.2	Résistance à la traction .....	58
4	Essai 7: Effet de ressort .....	59
4.1	Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur de 0,080 mm jusqu'à 1,600 mm inclus .....	59
4.1.1	Principe .....	59
4.1.2	Equipement .....	59
4.1.3	Procédure.....	61
4.2	Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm et fil de section rectangulaire .....	62
4.2.1	Principe .....	62
4.2.2	Equipement .....	62
4.2.3	Eprouvette .....	63
4.2.4	Procédure.....	64
5	Essai 8: Souplesse et adhérence.....	64
5.1	Essai d'enroulement sur mandrin.....	64
5.1.1	Fil de section circulaire.....	64
5.1.2	Fil de section rectangulaire.....	65
5.1.3	Fil toronné avec enveloppe.....	66
5.2	Essai d'étirement (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm) .....	66
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) .....	67
5.4	Essai de pelage (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,000 mm) .....	68
5.5	Essai d'adhérence .....	69
5.5.1	Fil de section rectangulaire émaillé.....	69
5.5.2	Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'une enveloppe fibreuse imprégnée .....	69
5.5.3	Fil de section circulaire ou rectangulaire émaillé recouvert d'une enveloppe fibreuse .....	70
5.5.4	Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'un ruban (uniquement pour ruban adhésif) .....	70
6	Essai 11: Résistance à l'abrasion (applicable au fil de section circulaire émaillé) .....	70
6.1	Principe.....	70
6.2	Equipement .....	70
6.3	Procédure .....	71
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 et au fil de section rectangulaire émaillé) .....	72
7.1	Collage résiduel vertical d'un bobinage hélicoïdal.....	72
7.1.1	Diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,050 mm inclus .....	72
7.1.2	Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à 2,000 mm inclus .....	72
7.2	Force de collage d'un bobinage torsadé .....	75

7.2.1	Principe .....	75
7.2.2	Équipement .....	75
7.2.3	Eprouvette .....	75
7.2.4	Procédure .....	78
7.2.5	Résultats .....	78
7.3	Thermo-adhérence du fil de section rectangulaire émaillé .....	79
Annexe A (informative) Force de collage des fils thermo-adhérents .....		81
Annexe B (informative) Méthodes d'essai de frottement .....		87
Figure 1 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort .....		60
Figure 2 – Construction et détails du mandrin (voir le Tableau 1) .....		60
Figure 3 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort .....		63
Figure 4 – Appareil d'essai d'enroulement sur mandrin .....		66
Figure 5 – Appareil pour l'essai de traction brusque .....		67
Figure 6 – Appareil pour l'essai de pelage .....		68
Figure 7 – Racloir .....		69
Figure 8 – Section droite du fil dont on a retiré l'émail .....		69
Figure 9 – Appareil pour l'essai d'abrasion unidirectionnelle .....		71
Figure 10 – Dispositifs pour l'essai de thermo-adhérence d'un bobinage hélicoïdal .....		74
Figure 11 – Dispositif de bobinage .....		77
Figure 12 – Bobine de forme ovale .....		78
Figure 13 – Dispositif de torsion avec une charge appliquée au bobinage torsadé .....		78
Figure 14 – Disposition des supports .....		79
Figure 15 – Échantillons pour la thermo-adhérence .....		80
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 .....		83
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 .....		84
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 .....		85
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 .....		86
Figure B.1 – Appareil pour l'essai statique du coefficient de frottement .....		94
Figure B.2 – Appareil pour l'essai dynamique du coefficient de frottement .....		95
<del>Figure B.3 – Appareil pour l'essai dynamique du coefficient de frottement .....</del>		<del>95</del>
Figure B.3 – Schéma d'un dispositif d'essai type du coefficient dynamique de frottement .....		97
<del>Figure B.4 – Détail montrant la liaison entre le banc de friction et le dynamomètre mécanique .....</del>		<del>97</del>
Figure B.4 – Matériau – saphir (synthétique) .....		99
<del>Figure B.5 – Charge montée sur saphirs .....</del>		<del>99</del>
Figure B.5 – Saphirs synthétiques montés sur un bloc de charge .....		100
Figure B.6 – Charge appliquée perpendiculairement au trajet du fil .....		101
Figure B.67 – Eprouvette torsadée .....		101
Tableau 1 – Mandrins pour l'effet de ressort .....		61

Tableau 2 – Grossissement pour détecter les craquelures .....	64
Tableau 3 – Charge pour l'essai de pelage .....	68
Tableau 4 – Préparation des bobinages hélicoïdaux .....	73
Tableau 5 – Collage résiduel à température élevée.....	75
Tableau B.1 – Poids du bloc de charge pour les essais du coefficient dynamique de frottement .....	92
Tableau B.42 – Méthode du fil torsadé.....	93

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

#### Partie 3: Propriétés mécaniques

#### 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.

**Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.**

**L'IEC 60851-3 édition 3.2 contient la troisième édition (2009-01) [documents 55/1043/CDV et 55/1059/RVC], son amendement 1 (2013-07) [documents 55/1392/FDIS et 55/1407/RVD] et son amendement 2 (2019-08) [documents 55/1781/FDIS et 55/1798/RVD].**

**Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par les amendements 1 et 2. Les ajouts sont en vert, les suppressions sont en rouge, barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 60851-3 a été établie par le comité d'études 55 de l'IEC: Fils de bobinage.

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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.

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 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 (IEC 60851);
- b) les spécifications pour types particuliers de fils de bobinage (IEC 60317);
- c) le conditionnement des fils de bobinage (IEC 60264).

## **FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –**

### **Partie 3: Propriétés mécaniques**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 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 l'IEC 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).

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

IEC 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



# FINAL VERSION

# VERSION FINALE



---

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

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

## CONTENTS

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 and to enamelled rectangular wire) .....	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
7.3	Enamelled rectangular wire heat bonding .....	26
Annex A (informative)	Bond strength of heat bonding wires .....	28
Annex B (informative)	Friction test methods .....	34
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 15	– Samples for heat bonding.....	27
Figure A.1	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,300 mm with isothermic graphs .....	30
Figure A.2	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,315 mm with isothermic graphs .....	31
Figure A.3	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,355 mm with isothermic graphs .....	32
Figure A.4	– Example of voltage-time graphs of twisted coil specimens with a nominal conductor diameter of 0,500 mm with isothermic graphs .....	33
Figure B.1	– Static coefficient of friction test apparatus.....	39
Figure B.2	– Dynamic coefficient of friction test apparatus .....	40
Figure B.3	– Diagram of a typical dynamic coefficient of friction tester .....	41
Figure B.4	– Material – sapphire (synthetic).....	42
Figure B.5	– Synthetic sapphires mounted on load block .....	43
Figure B.6	– Load applied perpendicular to wire path.....	43
Figure B.7	– Twisted specimen .....	44
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	– Load block weights for dynamic coefficient of friction testing.....	37
Table B.2	– Twisted pair method.....	38

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.

**This consolidated version of the official IEC Standard and its amendments has been prepared for user convenience.**

**IEC 60851-3 edition 3.2 contains the third edition (2009-01) [documents 55/1043/CDV and 55/1059/RVC], its amendment 1 (2013-07) [documents 55/1392/FDIS and 55/1407/RVD] and its amendment 2 (2019-08) [documents 55/1781/FDIS and 55/1798/RVD].**

**This Final version does not show where the technical content is modified by amendments 1 and 2. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.**

International Standard IEC 60851-3 has been prepared by IEC technical committee 55: Winding wires.

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

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 the base publication and its amendments 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.

**IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.**

## 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

1	Domaine d'application .....	52
2	Références normatives .....	52
3	Essai 6: Allongement .....	52
3.1	Allongement à la rupture .....	52
3.2	Résistance à la traction .....	52
4	Essai 7: Effet de ressort .....	53
4.1	Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur de 0,080 mm jusqu'à 1,600 mm inclus .....	53
4.1.1	Principe .....	53
4.1.2	Equipement .....	53
4.1.3	Procédure .....	55
4.2	Fil de section circulaire de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm et fil de section rectangulaire .....	56
4.2.1	Principe .....	56
4.2.2	Equipement .....	56
4.2.3	Eprouvette .....	57
4.2.4	Procédure .....	58
5	Essai 8: Souplesse et adhérence .....	58
5.1	Essai d'enroulement sur mandrin .....	58
5.1.1	Fil de section circulaire .....	58
5.1.2	Fil de section rectangulaire .....	59
5.1.3	Fil toronné avec enveloppe .....	60
5.2	Essai d'étirement (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,600 mm) .....	60
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) .....	61
5.4	Essai de pelage (applicable au fil de section circulaire émaillé de diamètre nominal du conducteur supérieur à 1,000 mm) .....	62
5.5	Essai d'adhérence .....	63
5.5.1	Fil de section rectangulaire émaillé .....	63
5.5.2	Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'une enveloppe fibreuse imprégnée .....	63
5.5.3	Fil de section circulaire ou rectangulaire émaillé recouvert d'une enveloppe fibreuse .....	64
5.5.4	Fil de section circulaire ou rectangulaire recouvert d'un ruban (uniquement pour ruban adhésif) .....	64
6	Essai 11: Résistance à l'abrasion (applicable au fil de section circulaire émaillé) .....	64
6.1	Principe .....	64
6.2	Equipement .....	64
6.3	Procédure .....	65
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 et au fil de section rectangulaire émaillé) .....	66
7.1	Collage résiduel vertical d'un bobinage hélicoïdal .....	66
7.1.1	Diamètre nominal du conducteur jusqu'à 0,050 mm inclus .....	66
7.1.2	Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm jusqu'à 2,000 mm inclus .....	66
7.2	Force de collage d'un bobinage torsadé .....	69



7.2.1	Principe .....	69
7.2.2	Equipement .....	69
7.2.3	Eprouvette .....	69
7.2.4	Procédure .....	72
7.2.5	Résultats .....	72
7.3	Thermo-adhérence du fil de section rectangulaire émaillé .....	73
Annexe A (informative) Force de collage des fils thermo-adhérents .....		75
Annexe B (informative) Méthodes d'essai de frottement .....		81
Figure 1	– Appareil pour la mesure de l'effet de ressort .....	54
Figure 2	– Construction et détails du mandrin (voir le Tableau 1) .....	54
Figure 3	– Appareil pour la mesure de l'effet de ressort .....	57
Figure 4	– Appareil d'essai d'enroulement sur mandrin .....	60
Figure 5	– Appareil pour l'essai de traction brusque .....	61
Figure 6	– Appareil pour l'essai de pelage .....	62
Figure 7	– Racloir .....	63
Figure 8	– Section droite du fil dont on a retiré l'émail .....	63
Figure 9	– Appareil pour l'essai d'abrasion unidirectionnelle .....	65
Figure 10	– Dispositifs pour l'essai de thermo-adhérence d'un bobinage hélicoïdal .....	68
Figure 11	– Dispositif de bobinage .....	71
Figure 12	– Bobine de forme ovale .....	72
Figure 13	– Dispositif de torsion avec une charge appliquée au bobinage torsadé .....	72
Figure 14	– Disposition des supports .....	73
Figure 15	– Echantillons pour la thermo-adhérence .....	74
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 .....	77
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 .....	78
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 .....	79
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 .....	80
Figure B.1	– Appareil pour l'essai statique du coefficient de frottement .....	86
Figure B.2	– Appareil pour l'essai dynamique du coefficient de frottement .....	87
Figure B.3	– Schéma d'un dispositif d'essai type du coefficient dynamique de frottement .....	88
Figure B.4	– Matériau – saphir (synthétique) .....	89
Figure B.5	– Saphirs synthétiques montés sur un bloc de charge .....	89
Figure B.6	– Charge appliquée perpendiculairement au trajet du fil .....	90
Figure B.7	– Eprouvette torsadée .....	90
Tableau 1	– Mandrins pour l'effet de ressort .....	55
Tableau 2	– Grossissement pour détecter les craquelures .....	58
Tableau 3	– Charge pour l'essai de pelage .....	62
Tableau 4	– Préparation des bobinages hélicoïdaux .....	67

Tableau 5 – Collage résiduel à température élevée.....	69
Tableau B.1 – Poids du bloc de charge pour les essais du coefficient dynamique de frottement.....	84
Tableau B.2 – Méthode du fil torsadé.....	85

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

---

### FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –

#### Partie 3: Propriétés mécaniques

#### 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.

**Cette version consolidée de la Norme IEC officielle et de ses amendements a été préparée pour la commodité de l'utilisateur.**

**L'IEC 60851-3 édition 3.2 contient la troisième édition (2009-01) [documents 55/1043/CDV et 55/1059/RVC], son amendement 1 (2013-07) [documents 55/1392/FDIS et 55/1407/RVD] et son amendement 2 (2019-08) [documents 55/1781/FDIS et 55/1798/RVD].**

**Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par les amendements 1 et 2. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.**

La Norme internationale IEC 60851-3 a été établie par le comité d'études 55 de l'IEC: Fils de bobinage.

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

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

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements 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.

**IMPORTANT – Le logo "*colour inside*" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.**

## INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 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 (IEC 60851);
- b) les spécifications pour types particuliers de fils de bobinage (IEC 60317);
- c) le conditionnement des fils de bobinage (IEC 60264).

## **FILS DE BOBINAGE – MÉTHODES D'ESSAI –**

### **Partie 3: Propriétés mécaniques**

#### **1 Domaine d'application**

La présente partie de l'IEC 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 l'IEC 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).

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

IEC 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