

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC
851-3**

1985

**AMENDEMENT 2
AMENDMENT 2**

1992-06

Comprenant la Modification n° 1 (1988)
Incorporating Amendment No. 1 (1988)

Amendement 2

Méthodes d'essai des fils de bobinage

**Troisième partie:
Propriétés mécaniques**

Amendment 2

Methods of test for winding wires

**Part 3:
Mechanical properties**

© CEI 1992 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse



**Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия**

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le Comité d'Études n° 55 de la CEI: Fils de bobinage.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

	DIS	Rapports de vote
Amendement 2	55(BC)410	55(BC)427
Modification 1	55(BC)307	55(BC)350

Les rapports de vote indiqués dans le tableau ci-dessus donnent toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cet amendement.

Une ligne dans la marge différencie le texte de l'amendement 2.

Page 2

SOMMAIRE

Ajouter, après Figures, ce qui suit:

Annexe A – Force de collage des fils thermo-adhérents

Page 4

PRÉFACE

Ajouter, à la fin du texte, la phrase suivante:

L'annexe A est donnée uniquement à titre d'information.

Page 8

4 Essai 7: Effet de ressort

Remplacer le titre de 4.1 par le suivant:

4.1 Fils de section circulaire avec diamètre nominal jusqu'à et y compris 1,6 mm

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC Technical Committee No. 55: Winding wires.

The text of this amendment is based upon the following documents:

	DIS	Reports on voting
Amendment 2	55(CO)410	55(CO)427
Amendment 1	55(CO)307	55(CO)350

Full information on the voting for the approval of this amendment can be found in the Voting Reports indicated in the above table.

The text of amendment No. 2 can be distinguished by a vertical line in the margin.

Page 3

CONTENTS

Add, after Figures, the following:

Annex A – Bond strength of heat bonding wires

Page 5

PREFACE

Add, at the end of the text, the following sentence:

Annex A is for information only.

Page 9

4 Test 7: Springiness

Replace the title of 4.1 by the following:

4.1 Round wires with nominal conductor diameter up to and including 1,6 mm

Remplacer le 4.2 par les paragraphes suivants:

4.2 Fils de section circulaire avec diamètre nominal supérieur à 1,6 mm et fils de section rectangulaire

4.2.1 Principe d'essai

L'essai consiste à plier une éprouvette selon un angle de 30° puis à enlever la charge et à mesurer l'effet de ressort en degrés.

4.2.2 Epreuve

L'échantillon doit avoir une longueur d'au moins 1 200 mm et doit être retiré de la bobine en étant courbé le moins possible. Il doit être soigneusement redressé à la main et coupé en éprouvettes de 400 mm. Il faut éviter l'érouissage. Un léger allongement à l'aide d'une machine ne doit pas être utilisé pour redresser le fil.

4.2.3 Dispositif d'essai

L'effet de ressort est déterminé au moyen du dispositif présenté à la figure 10, constitué essentiellement de deux mâchoires lisses (l'une fixe (2), l'autre mobile (1)), et d'un secteur gradué en degrés (5). Le secteur est gradué de 0° à 10° par paliers de 0,5°.

Le dispositif d'essai doit être placé en position horizontale sur la table d'essai. Le secteur gradué est un arc placé dans un plan à 90° des faces de serrage. Son centre est situé au bord extérieur de la mâchoire fixe (3). Le bras de levier dont le point d'appui est placé au centre de l'arc peut se déplacer sur le secteur gradué dans le plan horizontal. Le bras de levier doit posséder un index ou marqueur pointu pour mesurer aisément l'effet de ressort. Sur le bras de levier d'une longueur approximative de 305 mm, comportant une échelle en millimètres dont l'origine est au point d'appui, se trouve un curseur mobile (4) à arête vive.

4.2.4 Méthode d'essai

L'essai est réalisé en courbant l'éprouvette de fil dans le sens de courbure que le fil avait sur la bobine. L'épaisseur du fil nu (ou le diamètre pour un fil de section circulaire) doit être mesurée pour déterminer la position exacte du curseur. Le curseur est placé sur le levier à une distance spécifique égale à l'épaisseur (ou au diamètre) multipliée par 40.

L'éprouvette est serrée modérément entre les mâchoires, suffisamment pour éviter tout glissement, la courbure initiale placée vers le haut ou à l'opposé de l'opérateur pour conserver une longueur libre d'environ 12 mm au-delà de l'arête vive du curseur.

Au moyen de bras de levier depuis la position initiale (repère 30° de l'échelle, position 1), le fil est doucement plié à 30° (jusqu'au repère 0° de l'échelle, position 2). Le temps pour former l'angle ne doit pas être inférieur à 2 s et ne doit pas dépasser 5 s.

L'éprouvette est maintenue au point 0° (pliée à 30°) pendant un maximum de 2 s.

Replace 4.2 by the following subclauses:

4.2 Round wires with nominal conductor diameter over 1,6 mm and rectangular wires

4.2.1 Principle of test

The test consists of bending a specimen over a 30° angle, then removing the load and measuring the springback in degrees.

4.2.2 Specimen

The sample shall be at least 1 200 mm long and shall be removed from the spool with as little bending as possible. It shall be carefully straightened by hand and cut into 400 mm specimens. Work-hardening should be minimized. Elongation by machine should not be used for straightening.

4.2.3 Test apparatus

The springback is determined by means of the apparatus in figure 10 consisting essentially of two smooth jaws, one fixed (2), the other movable (1) and a sector graduated in degrees (5) with the 0° to 10° sector of the scale graduated in 0,5° increments.

The test apparatus shall be placed in a horizontal position on the test table. The graduated sector is an arc placed in a plane at 90° to the clamp faces. Its centre is located at the outer edge of the fixed jaw (3). The lever arm whose fulcrum is placed at the centre of the arc can move over the graduated sector in the horizontal plane. The lever arm shall have a sharp pointer or marker to measure clearly the springback. On the lever arm, which has approximately 305 mm length scaled off in millimetres, whose origin is at the fulcrum, there is a movable slider (4) with edged knife.

4.2.4 Test procedure

The test shall be made by bending the wire specimens in the same direction in which the wire was bent when wound on the spool. The bare wire thickness (or round wire diameter) shall be measured for determining the actual position of the slider. This thickness (or diameter) multiplied by 40 locates the slider to a specific dimension along the lever arm.

The specimen is moderately tightened between the jaws, sufficiently to prevent slipping with the direction of the former curvature *upwards*, or away from the operator to leave a free length of specimen extending approximately 12 mm beyond the slider knife edge.

By means of the lever arm, starting at the initial position (the 30° scale mark, position 1), the wire is gently bent 30° (to the 0° scale mark, position 2). The time of this bending shall be not less than 2 s, not more than 5 s.

The specimen is held at the 0° point (bent at 30°) for a maximum of 2 s.

Le levier est doucement ramené en arrière dans la direction opposée, à la même vitesse angulaire que lorsqu'il a été initialement déplacé, jusqu'à ce que l'arête vive du curseur ne touche plus l'éprouvette. Le levier est de nouveau déplacé de façon que l'arête vive du curseur vienne au contact de l'éprouvette sans la déplacer. L'index du levier donne alors l'effet de ressort en degrés.

4.2.5 Valeur de l'effet de ressort

La valeur de l'effet de ressort (α) est lue sur l'échelle à l'aide de la position du levier sur le secteur gradué en position 3.

Les mesures sont réalisées sur trois éprouvettes. Les résultats des trois éprouvettes ne doivent pas différer de plus de 1° sur le même échantillon. Le résultat obtenu est la moyenne des trois éprouvettes.

Page 20

7 Essai 18: Essais de thermo-adhérence et de solvo-adhérence* (applicables aux fils de section circulaire, émaillés)

Remplacer le texte de cet article par le suivant:

7.1 Force de collage résiduelle verticale sur un bobinage hélicoïdal

7.1.1 A température ambiante

7.1.1.1 Diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,050 mm

La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord préalable entre acheteur et fournisseur.

7.1.1.2 Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm

L'éprouvette est un bobinage d'au moins 50 spires jointives réalisé en bobinant le fil sur un mandrin** comme spécifié au tableau 3. Le bobinage doit avoir au minimum une longueur de 20 mm.

La vitesse de rotation du mandrin doit être comprise entre 1 tr/s et 3 tr/s; la traction de bobinage ne doit pas dépasser la valeur appropriée indiquée au tableau 3.

Les extrémités du fil ne sont pas attachées de façon à permettre au bobinage de se détendre librement.

* Cette méthode sera étendue aux fils solvo-adhérents.

** Un mandrin en acier est satisfaisant pour des fils de plus grands diamètres. Pour des fils plus fins, des mandrins en cuivre peuvent faciliter le retrait du bobinage sur le mandrin, en étirant ce dernier afin de réduire son diamètre.

The lever arm is gently returned in the reverse direction at the same angular rate at which it was initially moved until the slider knife edge moves away from the wire specimen. The lever arm is again raised until the slider knife edge again just contacts the wire specimen without moving it. The lever arm pointer will now indicate the springback in degrees.

4.2.5 Value of springback

The value of the springback (α) is read on the scale shown by the position of the lever arm on the graduated sector in position 3.

Three specimens shall be tested. The results of the three specimens shall not differ by more than 1° over a consecutive length of sample. The declared result shall be the average of the three specimens.

Page 21

7 Test 18: Heat and solvent bonding tests* (applicable to enamelled round wires)

Replace the text of this clause by the following:

7.1 Vertical bond retention on a helical coil

7.1.1 At room temperature

7.1.1.1 Nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm

The test method shall be agreed between purchaser and supplier.

7.1.1.2 Nominal conductor diameter over 0,050 mm

The specimen is a coil of at least 50 contiguous turns made by winding the wire on a mandrel** as specified in table 3. The coil shall have a minimum length of 20 mm.

The mandrel shall be rotated at between 1 rev/s and 3 rev/s, the winding force shall not exceed the appropriate value as indicated in table 3.

In order to allow the coil to relax freely, the ends of the wire shall not be fastened.

* This method will be extended to solvent bonding wires.

** A steel mandrel is satisfactory for larger diameter wires. For smaller diameter wires, copper mandrels may assist in the removal of the coil from the mandrel by stretching the mandrel to reduce its diameter.

Le bobinage, toujours enroulé sur le mandrin, est placé verticalement dans un dispositif approprié (voir figure 9a), et est chargé d'un poids spécifié au tableau 3. Ce poids ne doit pas adhérer au mandrin et il faut, même à température élevée, maintenir un espace entre le poids et le mandrin.

Après vérification du pas des spires, le dispositif (avec le bobinage enroulé sur le mandrin) doit être placé dans une étuve électrique à ventilation forcée, à une température indiquée dans la feuille de spécification particulière, pendant une durée de:

- une demi-heure pour les fils de diamètre nominal du conducteur inférieur à 0,710 mm;
- une heure pour les fils de diamètre nominal du conducteur égal ou supérieur à 0,710 mm, sauf accord différent entre acheteur et fournisseur.

Après refroidissement à la température ambiante, le bobinage est retiré du dispositif, puis du mandrin, suspendu par l'une de ses extrémités (voir figure 9b) et chargé comme prescrit dans la feuille de spécification particulière. Tout choc supplémentaire doit être évité lorsqu'on applique la charge.

Cinq éprouvettes sont essayées.

Tableau 3 – Préparation des bobinages hélicoïdaux

Diamètre nominal du conducteur mm		Diamètre du mandrin mm	Traction maximale de bobinage N	Charge appliquée au bobinage pendant le collage N
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris			
0,050	0,071	1	0,05	0,05
0,071	0,100	1	0,05	0,05
0,100	0,160	1	0,12	0,15
0,160	0,200	1	0,30	0,25
0,200	0,315	2	0,80	0,35
0,315	0,400	3	0,80	0,50
0,400	0,500	4	2,00	0,75
0,500	0,630	5	2,00	1,25
0,630	0,710	6	5,00	1,75
0,710	0,800	7	5,00	2,00
0,800	0,900	8	5,00	2,50
0,900	1,000	9	5,00	3,25
1,000	1,120	10	12,00	4,00
1,120	1,250	11	12,00	4,50
1,250	1,400	12	12,00	5,50
1,400	1,600	14	12,00	6,50
1,600	1,800	16	30,00	8,00
1,800	2,000	18	30,00	10,00

7.1.2 A température élevée

7.1.2.1 Diamètre nominal du conducteur jusqu'à et y compris 0,050 mm

La méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord préalable entre acheteur et fournisseur.

The coil, still around the mandrel, shall be placed vertically in a suitable apparatus as shown in figure 9a, and shall be loaded with a weight as specified in table 3. The weight shall not adhere to the mandrel and there shall be a clearance between weight and the mandrel even at elevated temperature.

After checking for proper alignment of the turns, the device (with the coil around the mandrel) shall be placed in a hot, electrically heated oven with forced air circulation, having a temperature as given in the relevant specification for a period of:

- half an hour for wires with a nominal conductor diameter up to 0,710 mm;
- one hour for wires with a nominal conductor diameter of 0,710 mm and larger, unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

After cooling to room temperature, the coil shall be taken from the device, removed from the mandrel, hung by one of its ends (see figure 9b) and loaded as required in the relevant specification sheet. When applying the load, any additional shock shall be avoided.

Five specimens shall be tested.

Table 3 – Preparation of helical coils

Nominal conductor diameter mm		Diameter of the mandrel mm	Maximum winding force N	Load on the coil during bonding N
Over	Up to and including			
0,050	0,071	1	0,05	0,05
0,071	0,100	1	0,05	0,05
0,100	0,160	1	0,12	0,15
0,160	0,200	1	0,30	0,25
0,200	0,315	2	0,80	0,35
0,315	0,400	3	0,80	0,50
0,400	0,500	4	2,00	0,75
0,500	0,630	5	2,00	1,25
0,630	0,710	6	5,00	1,75
0,710	0,800	7	5,00	2,00
0,800	0,900	8	5,00	2,50
0,900	1,000	9	5,00	3,25
1,000	1,120	10	12,00	4,00
1,120	1,250	11	12,00	4,50
1,250	1,400	12	12,00	5,50
1,400	1,600	14	12,00	6,50
1,600	1,800	16	30,00	8,00
1,800	2,000	18	30,00	10,00

7.1.2 At elevated temperature

7.1.2.1 Nominal conductor diameter up to and including 0,050 mm

The test method shall be agreed between purchaser and supplier.

7.1.2.2 *Diamètre nominal du conducteur supérieur à 0,050 mm*

Une éprouvette est préparée comme il est indiqué en 7.1.1.2. Après collage et refroidissement à la température ambiante, le bobinage est retiré du dispositif, puis du mandrin, suspendu par l'une de ses extrémités (voir figure 9b) et chargé comme prescrit dans le tableau 4. Tout choc supplémentaire doit être évité lorsqu'on applique la charge. Le bobinage avec sa charge sont placés dans une étuve électrique à ventilation forcée, à la température indiquée dans la feuille de spécification particulière.

Un seule éprouvette est essayée.

Tableau 4 – Collage résiduel vertical à température élevée

Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N	Diamètre nominal du conducteur mm		Charge N
Au-dessus de	Jusqu'à et y compris		Au-dessus de	Jusqu'à et y compris	
0,050	0,071	0,04	0,800	0,900	2,60
0,071	0,100	0,06	0,900	1,000	3,20
0,100	0,160	0,08	1,000	1,120	3,80
0,160	0,200	0,19	1,120	1,250	4,40
0,200	0,315	0,25	1,250	1,400	4,90
0,315	0,400	0,55	1,400	1,600	6,40
0,400	0,500	0,80	1,600	1,800	7,90
0,500	0,630	1,20	1,800	2,000	7,90
0,630	0,710	1,70	—	—	—
0,710	0,800	2,10	—	—	—

7.2 *Force de collage sur un bobinage torsadé*

7.2.1 *Méthode d'essai*

La méthode d'essai est la Méthode A de la CEI 1033 (1991): *Méthodes d'essai pour la détermination du pouvoir agglomérant des agents d'imprégnation sur fil émaillé*. La préparation de l'éprouvette doit cependant être modifiée pour tenir compte d'un fil thermo-adhérent. La procédure de 7.2.2 prend en compte le fait que les bobinages de champs réalisés avec des fils thermo-adhérents sont collés par effet Joule d'une durée raisonnablement courte, par exemple de 30 s à 60 s.

7.2.2 *Préparation de l'éprouvette*

7.2.2.1 *Diamètre nominal du conducteur*

Dans la Méthode A de la CEI 1033, il est spécifié que le bobinage torsadé est réalisé en bobinant un fil de diamètre nominal de 0,315 mm. Cette éprouvette est alors utilisée comme substrat pour le produit d'imprégnation à étudier. Dans le cas d'un fil thermo-adhérent, le fil lui-même est soumis à l'essai, et par conséquent il peut être demandé d'évaluer la force de collage de différents diamètres nominaux de conducteurs.

7.1.2.2 *Nominal conductor diameter over 0,050 mm*

A specimen shall be prepared as specified in 7.1.1.2. After bonding and cooling to room temperature the coil shall be taken from the device, removed from the mandrel, hung by one of its ends (see figure 9b) and loaded as specified in table 4. When applying the load, any additional shock shall be avoided. The test sample with its load shall be put in an electrically heated oven with forced-air circulation, having a temperature as specified in the relevant specification sheet.

Only one specimen shall be tested.

Table 4 – Vertical bond retention at elevated temperature

Nominal conductor diameter mm		Load N	Nominal conductor diameter mm		Load N
Over	Up to and including		Over	Up to and including	
0,050	0,071	0,04	0,800	0,900	2,60
0,071	0,100	0,06	0,900	1,000	3,20
0,100	0,160	0,08	1,000	1,120	3,80
0,160	0,200	0,19	1,120	1,250	4,40
0,200	0,315	0,25	1,250	1,400	4,90
0,315	0,400	0,55	1,400	1,600	6,40
0,400	0,500	0,80	1,600	1,800	7,90
0,500	0,630	1,20	1,800	2,000	7,90
0,630	0,710	1,70	—	—	—
0,710	0,800	2,10	—	—	—

7.2 *Bond strength on a twisted coil*

7.2.1 *Method of test*

The method of test is in accordance with Method A of IEC 1033 (1991): *Test methods for the determination of bond strength of impregnating agents to an enamelled wire substrate*. For the purpose of heat bonding wire, however, the specimen preparation has to be modified. The procedure as shown in 7.2.2 takes account of the fact that field coils made of heat bonding wire are bonded by current heating in a reasonably short period of time of, for example, 30 s to 60 s.

7.2.2 *Preparation of the test specimen*

7.2.2.1 *Nominal conductor diameter*

In Method A of IEC 1033, a wire of a nominal conductor diameter of 0,315 mm is specified for winding the twisted coil specimen. This specimen is then used as the substrate for the impregnating agent under test. In the case of a heat bonding wire, the wire itself is subject to testing, and consequently there may be demand to evaluate the bond strength on different nominal conductor diameters.

Selon la CEI 1033, le bobinage d'un fil de diamètre nominal du conducteur 0,315 mm est constitué de 100 tours. Si d est le diamètre nominal du conducteur à évaluer, le nombre de tours est calculé comme suit:

$$N = \frac{100 \times 0,315^2}{d^2}$$

Cette relation donne la même section pour une bobine torsadée ayant un fil de diamètre nominal du conducteur d que pour une bobine constituée par un fil de diamètre nominal du conducteur de 0,315 mm. Ainsi, par exemple, le nombre d'enroulements pour une dimension de fil de 0,5 mm serait de $N = 40$.

7.2.2.2 Dispositif de torsion

Le bobinage est enroulé comme cela est décrit sur la figure 11.

NOTE - Cette disposition est différente de celle qui est utilisée dans la CEI 1033.

Ce dispositif permet l'application d'une charge mécanique sur la bobine au moment où se produisent la torsion et ensuite le collage. Une charge de 100 N doit être appliquée.

7.2.2.3 Courant de collage

Le bobinage torsadé est collé en faisant passer un courant dans le fil pendant que le bobinage torsadé est sous charge mécanique, voir la figure 11. Il est proposé d'utiliser un transformateur à courant constant et de choisir un courant qui colle l'éprouvette en une durée comprise entre 30 s et 60 s. Un courant continu est préférable, il permet en effet de mesurer la température moyenne de l'éprouvette à la fin du temps de chauffage, voir l'annexe A.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF (060857157965)AMD2:1992

According to IEC 1033, for a nominal conductor diameter of 0,315 mm the coil consists of 100 turns. If, however, d is the nominal conductor diameter to be tested, the number of turns shall be calculated as:

$$N = \frac{100 \times 0,315^2}{d^2}$$

This equation gives the same cross section for a twisted coil made from a wire of a nominal conductor diameter d as that for a coil using a nominal conductor diameter of 0,315 mm size wire. Thus, for example, the number of turns for $d = 0,5$ mm would be $N = 40$.

7.2.2.2 Twisting device

The coil is twisted in a device in accordance with figure 11.

NOTE – This is different from the method used in IEC 1033.

This device allows the application of a mechanical load to the coil while it is twisted and subsequently bonded. A load of 100 N shall be applied.

7.2.2.3 Current bonding

The twisted coil shall be bonded by applying a current to the wire while the twisted coil is under mechanical load, see figure 11. It is proposed to make use of a constant current transformer and to choose a current that bonds the test specimen during a period lasting between 30 s and 60 s. A d.c. current is preferred, since it allows an easy approach to determine the average temperature of the test specimen at the end of the heating period, see annex A.

Page 29

Remplacer la figure 9 par la nouvelle figure:

Replace figure 9 by the new figure:

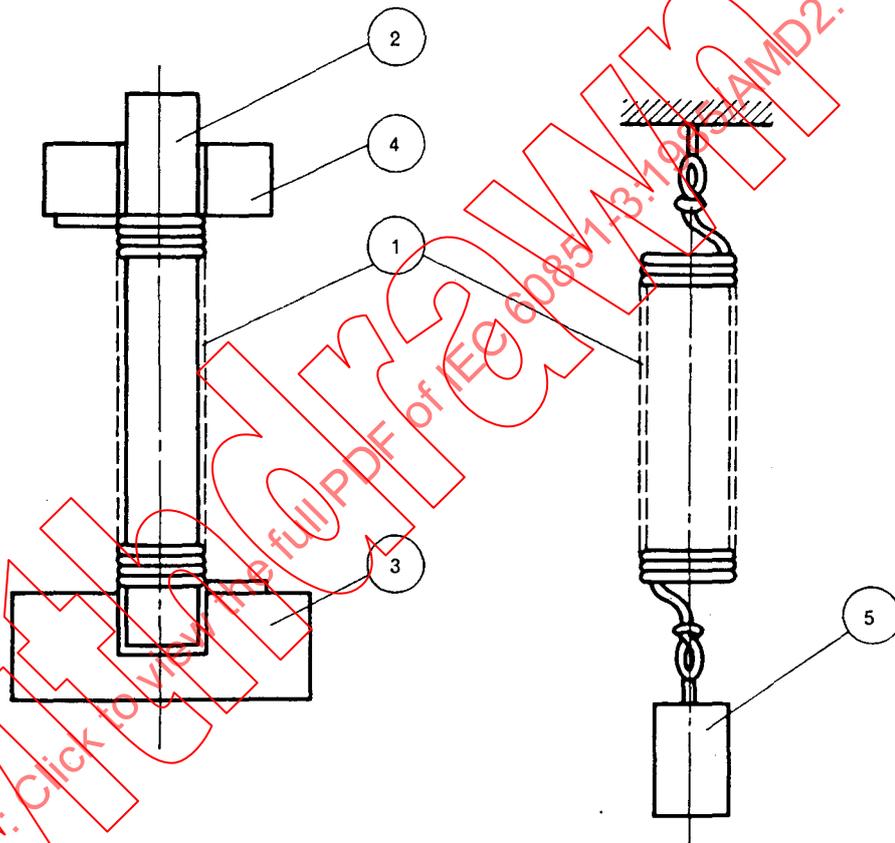


Figure 9a

Figure 9b

- 1 = bobinage
- 2 = mandrin
- 3 = porte-mandrin
- 4 = charge de collage
- 5 = charge de séparation

- 1 = coil
- 2 = mandrel
- 3 = mandrel holder
- 4 = bonding load
- 5 = separating load

Figure 9 – Dispositif pour la force de collage résiduelle verticale sur un bobinage hélicoïdal

Devices for vertical bond retention on a helical coil

Ajouter, après la figure 9, les nouvelles figures 10 et 11:

Add, after figure 9, new figures 10 and 11:

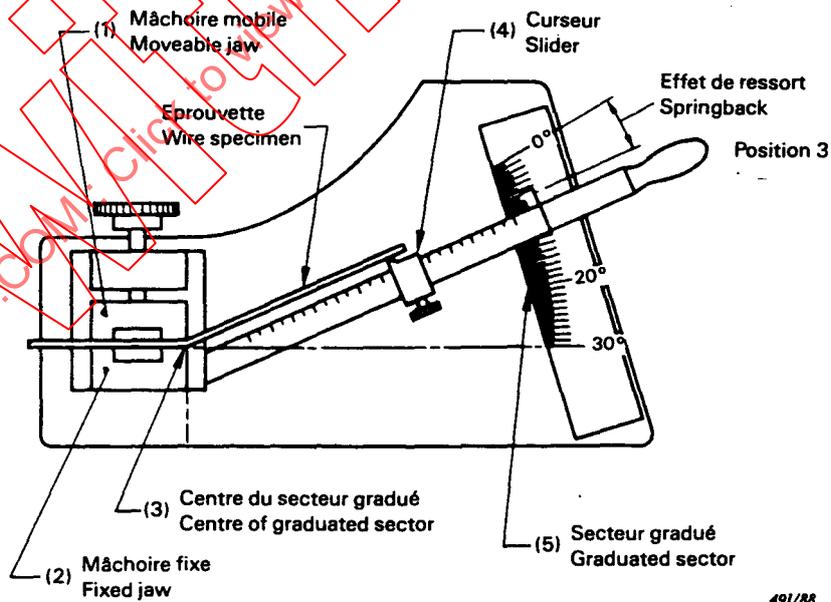
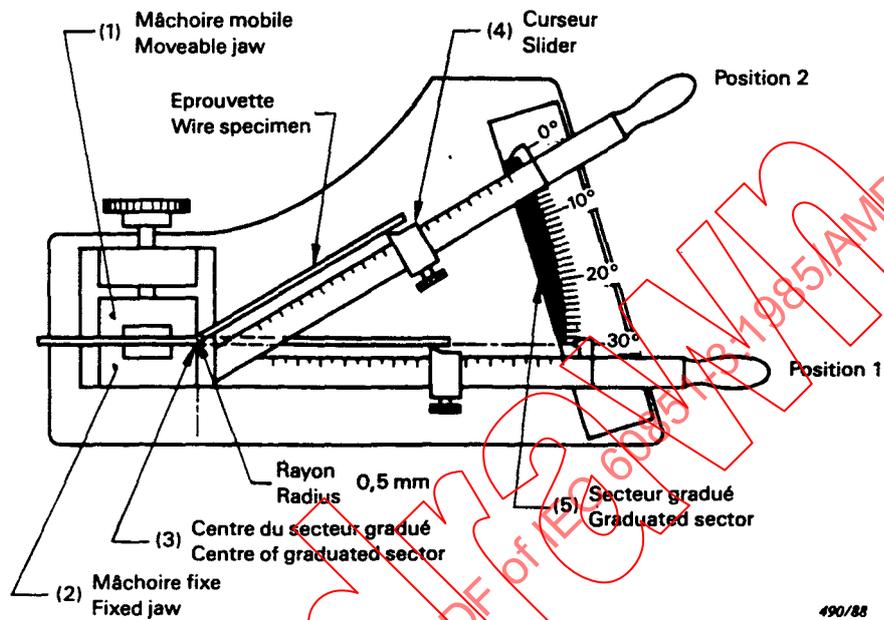


Figure 10 – Appareil pour la mesure de l'effet de ressort

Apparatus for measurement of springiness

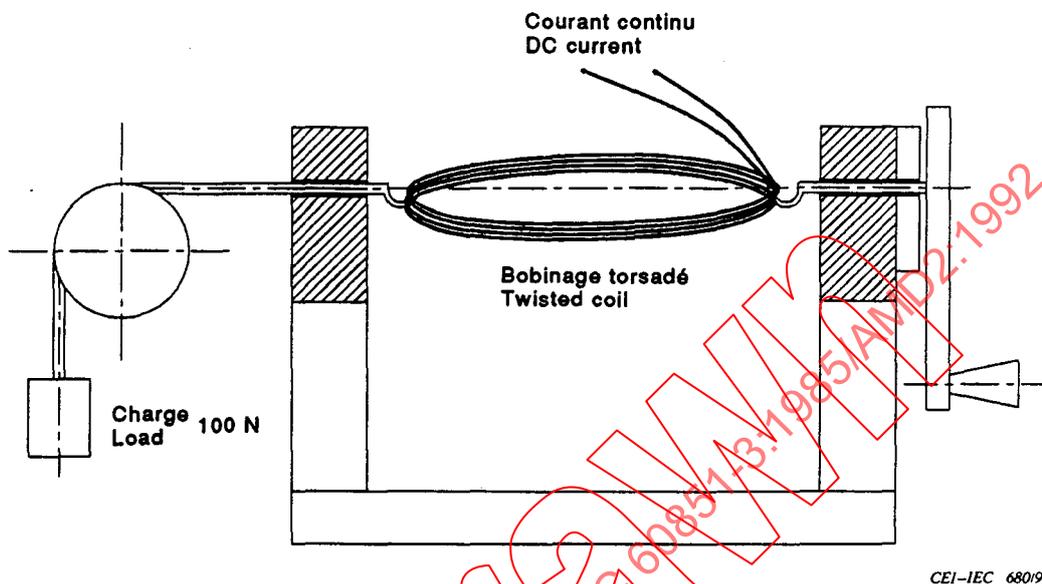


Figure 11 – Dispositif de torsadage avec une charge appliquée au bobinage torsadé

Twisting device with a load applied to the twisted coil specimen

IECNORM.COM: Click to view the full text of IEC 60851-3:1985/AMEND 2:1992

- Page blanche -

- Blank page -

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60851-3:1985/AMD2:1992
Withdrawn

Ajouter, après la figure 11, l'annexe suivante:

Annexe A (informative)

Force de collage des fils thermo-adhérents

A.1 Calcul de la température d'un bobinage torsadé

Méthode

Pendant le chauffage d'un bobinage torsadé à l'aide d'un courant continu, la température moyenne du bobinage peut être calculée à partir de sa résistance en courant continu, qui est le rapport de la tension sur le courant constant appliqué. Ces rapports peuvent être déterminés au début et à la fin du temps de chauffage et permettent de calculer la température à la fin de ce temps.

Coefficient de température

Pour les calculs suivants, le coefficient de température de $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ est utilisé pour le cuivre.

Calcul

Avec ce coefficient de température, la résistance de l'éprouvette à la fin du temps de chauffage se calcule à partir de l'équation:

$$R_{T_t} = R_{T_o} + \alpha R_{T_o} (T_t - T_o)$$

où

R_{T_o} est la résistance au début (à température ambiante);

T_t est la température à la fin du temps de chauffage;

T_o est la température au début du temps de chauffage;

(T_o est normalement identique à la température ambiante, c'est-à-dire 23 °C);

l'indice t représente la fin du temps de chauffage.

Si le courant est constant, l'équation suivante s'applique:

$$R_{T_t} / R_{T_o} = U_t / U_o$$

où

U_t est la tension à la fin du temps de chauffage et

U_o est la tension au début du temps de chauffage.

Ce qui donne une température à la fin du temps de chauffage de:

$$T_t = T_o + 250 (U_t / U_o - 1) \text{ en degrés Celsius}$$

Add, after figure 11, the following annex:

Annex A (informative)

Bond strength of heat bonding wires

A.1 Calculation of the temperature of the twisted coil specimen

Method

While heating the twisted coil by means of d.c. current, the average temperature of the specimen may be derived from its d.c. resistance, which is the ratio of the voltage and the constant current applied. Such ratios can be determined at the beginning and at the end of any heating period and allow the temperature to be calculated at the end of the heating period.

Temperature coefficient

For the following calculations a temperature coefficient for copper of $\alpha = 0,004 \text{ K}^{-1}$ is used.

Calculation

With this temperature coefficient, the resistance of the test specimen at the end of a heating period is calculated from the equation:

$$R_{T_t} = R_{T_o} + \alpha R_{T_o} (T_t - T_o)$$

where

R_{T_o} is the resistance at the beginning (at room temperature);

T_t is the temperature at the end of the heating period;

T_o is the temperature at the beginning of the heating period;

(T_o normally is identical with room temperature, i.e. 23 °C);

the index t stands for the end of the heating period.

If the current is constant, the following equation applies:

$$R_{T_t} / R_{T_o} = U_t / U_o$$

where

U_t is the voltage at the end of the heating period and

U_o is the voltage at the beginning of the heating period.

This results in a temperature at the end of the heating period of:

$$T_t = T_o + 250 (U_t / U_o - 1) \text{ in degrees Celsius}$$

A.2 Détermination de la durée de chauffage

Courbes tension/temps

Pendant le chauffage du bobinage torsadé à courant constant, la résistance électrique augmente avec la température. Pour maintenir le courant, la tension de sortie du transformateur à courant constant s'accroît en conséquence. Cela permet de représenter sous forme de courbe la tension continue de sortie en fonction du temps et donne le temps t de la durée du chauffage. Des courbes différentes peuvent être établies pour les différents courants et réunies sur le même diagramme.

Tension à la température maximale

Pour un cas particulier on peut souhaiter coller l'éprouvette à une certaine température sans la dépasser. Si cette température maximale est définie, la dernière équation donnée en A.1 permet de calculer la tension exigée pour atteindre cette température avec un courant de chauffage particulier:

$$U_t = U_o + 0,004(T_t - T_o)U_o$$

Le point d'intersection de la courbe tension-temps avec l'axe des Y correspond à la valeur de U_o . Avec cette lecture, la dernière équation permet de calculer la tension requise pour atteindre la température de l'éprouvette à la fin du temps de chauffage. La valeur correspondante de l'axe des X donne la durée de la période de chauffage requise pour atteindre la température T_t .

Si le même calcul est fait avec toutes les courbes tension-temps pour une même température T_t , les valeurs correspondantes peuvent être reliées en une courbe isotherme qui coupe les courbes tension temps. Si le calcul est répété pour différentes températures, il donne un diagramme final qui est très utile pour choisir facilement un couple de valeurs pour le courant de chauffage et sa durée en secondes pour porter l'éprouvette à la température choisie T_t .

Les exemples 1 à 4 donnent de tels diagrammes qui concernent les dimensions 0,300 mm, 0,315 mm, 0,355 mm et 0,500 mm.