

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Conductors for overhead lines – Coated or clad metallic wire for concentric lay stranded conductors**

**Conducteurs pour lignes aériennes – Fil métallique revêtu ou recouvert pour conducteurs toronnés à couches concentriques**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, no part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

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

### About IEC publications

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

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

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

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### A propos de l'IEC

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

### A propos des publications IEC

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

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

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

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Conductors for overhead lines – Coated or clad metallic wire for concentric lay stranded conductors**

**Conducteurs pour lignes aériennes – Fil métallique revêtu ou recouvert pour conducteurs toronnés à couches concentriques**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 29.060.01; 29.240.20

ISBN 978-2-8322-1080-7

**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.**

## CONTENTS

|                                                                                            |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| FOREWORD.....                                                                              | 4  |
| INTRODUCTION.....                                                                          | 6  |
| 1 Scope.....                                                                               | 7  |
| 2 Normative references .....                                                               | 7  |
| 3 Terms and definitions .....                                                              | 7  |
| 4 Material .....                                                                           | 9  |
| 4.1 Steel.....                                                                             | 9  |
| 4.2 Aluminium.....                                                                         | 9  |
| 4.3 Zinc .....                                                                             | 9  |
| 4.4 Zinc-aluminium alloy .....                                                             | 9  |
| 4.5 Advanced zinc-aluminium alloy .....                                                    | 9  |
| 5 Freedom from defects.....                                                                | 9  |
| 6 Joints .....                                                                             | 10 |
| 7 Tests .....                                                                              | 10 |
| 7.1 General.....                                                                           | 10 |
| 7.2 Place of testing .....                                                                 | 10 |
| 7.3 Sampling rate .....                                                                    | 10 |
| 7.4 Test methods .....                                                                     | 10 |
| 7.4.1 Visual test .....                                                                    | 10 |
| 7.4.2 Diameter.....                                                                        | 10 |
| 7.4.3 Stress at 1 % extension, tensile strength and elongation .....                       | 11 |
| 7.4.4 Ductility tests.....                                                                 | 12 |
| 7.4.5 Coating or cladding tests.....                                                       | 13 |
| 7.4.6 Coefficient of linear expansion.....                                                 | 14 |
| 7.4.7 Resistivity.....                                                                     | 14 |
| 7.4.8 Coating adherence heat resistance test.....                                          | 15 |
| 8 Acceptance and rejection.....                                                            | 15 |
| 9 Certificate of compliance .....                                                          | 15 |
| 10 Packaging .....                                                                         | 15 |
| 10.1 Type of packaging.....                                                                | 15 |
| 10.2 Length and tolerance on length.....                                                   | 15 |
| Annex A (normative) Tables of properties for recommended IEC wire materials.....           | 16 |
| Annex B (informative) Properties of wire for calculation purposes .....                    | 31 |
| Annex C (informative) Method to measure the equivalent diameter by volume .....            | 33 |
| Annex D (informative) Ratio of aluminium and steel or FeNi36 cross-sectional areas.....    | 35 |
| D.1 Standard ratio in cross-section.....                                                   | 35 |
| D.2 Average aluminium thickness.....                                                       | 35 |
| Bibliography.....                                                                          | 37 |
| Figure C.1 – Optical ground wire (OPGW) composed of formed aluminium-clad steel wires..... | 33 |
| Figure C.2 – Example of density measurement apparatus.....                                 | 33 |
| Table A.1 – Wire designation .....                                                         | 16 |
| Table A.2 – Schedule of tests .....                                                        | 17 |

|                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Table A.3 – Zinc-aluminium alloy ingot composition (group 4 and group 5) .....                                        | 18 |
| Table A.4 – Requirements for zinc and zinc-aluminium alloy coated steel wires<br>(group 1, group 4 and group 5) ..... | 19 |
| Table A.5 – Requirements for aluminium-clad FeNi36 wires (group 2).....                                               | 23 |
| Table A.6 – Requirements for aluminium-clad steel wires (group 3) .....                                               | 24 |
| Table A.7 – Initial setting for determining stress at 1 % extension.....                                              | 27 |
| Table A.8 – Coating requirements for zinc and zinc-aluminium alloy coated wires.....                                  | 28 |
| Table A.9 – Cladding requirements for group 2 and group 3 wire .....                                                  | 29 |
| Table A.10 – Coating heat resistance test for group 4 and group 5 wire .....                                          | 29 |
| Table A.11 – Temperatures for linear expansion test for group 2 wire .....                                            | 29 |
| Table A.12 – Minimum number of dips for zinc and zinc alloy coatings (group 1,<br>group 4, group 5) .....             | 30 |
| Table B.1 – Properties of wire for calculation purposes.....                                                          | 31 |
| Table D.1 – Standard aluminium and steel or FeNi36 ratio in the cross section for<br>group 2 and group 3 wires .....  | 35 |
| Table D.2 – Average aluminium thickness.....                                                                          | 36 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CONDUCTORS FOR OVERHEAD LINES – COATED OR CLADDED  
METALLIC WIRE FOR CONCENTRIC LAY STRANDED CONDUCTORS**

## FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as "IEC Publication(s)"). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 63248 has been prepared by IEC technical committee 7: Overhead electrical conductors. It is an International Standard.

This first edition cancels and replaces the first edition of IEC 61232 published in 1993 and the first edition of IEC 60888 published in 1997. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous editions of IEC 61232 and IEC 60888:

- a) wire designations have been modified and grouped;
- b) wires with zinc coating class 2 were removed;
- c) new wire designations have been added;
- d) aluminium-clad FeNi36 wires have been added;
- e) advanced zinc-aluminium alloy coated steel wires have been added.

The text of this International Standard is based on the following documents:

| Draft      | Report on voting |
|------------|------------------|
| 7/715/FDIS | 7/720/RVD        |

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

**IMPORTANT – The "colour inside" logo on the cover page of this document 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

The purpose of this document is to group together similar wire materials that share the same general characteristics and therefore the same test procedures and requirements. Included in this document are existing wire types from IEC 60888 and IEC 61232 as well as new wire materials that are already in use around the world in new types of conductors.

Zinc coating class 2 according to IEC 60888 has not been included in this document, as the demand for this class of zinc coating is extremely rare. Extra corrosion protection can be provided by other means, including the use of zinc-aluminium alloy coatings.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022



# CONDUCTORS FOR OVERHEAD LINES – COATED OR CLADDED METALLIC WIRE FOR CONCENTRIC LAY STRANDED CONDUCTORS

## 1 Scope

This document specifies the properties of wires in the diameter range of, but not limited to, 1,25 mm to 5,50 mm. This document is applicable to coated or clad metallic wires before stranding used either as concentric lay overhead stranded conductors, or in the manufacture of cores for concentric lay overhead stranded conductors, for power transmission purposes.

The various wire types and their designations are listed in Table A.1. For calculation purposes the values listed in Annex B are used.

## 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements 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 60050 (all parts), *International Electro-technical Vocabulary (IEV)* (available at [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org))

IEC 60468, *Method of measurement of resistivity of metallic materials*

ISO 752, *Zinc ingots*

ISO 6892-1, *Metallic materials – Tensile testing – Part 1: Method of test at room temperature*

ISO 7500-1, *Metallic materials – Calibration and verification of static uniaxial testing machines – Part 1: Tension/compression testing machines – Calibration and verification of the force-measuring system*

ISO 7800, *Metallic materials – Wire – Simple torsion test*

ISO 7801, *Metallic materials – Wire – Reverse bend test*

ISO 7802, *Metallic materials – Wire – Wrapping test*

ISO 7989-2, *Steel wire and wire products – Non-ferrous metallic coatings on steel wire – Part 2: Zinc or zinc-alloy coating*

## 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050 (all parts) and the following apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

### 3.1

#### **cladded metallic wire**

result of a process by which a metal is bonded under high pressure by co-rolling, co-extrusion, or other, onto a wire creating a metallic bond between them

### 3.2

#### **class**

number attributed to aluminium-clad wires for the purpose of providing an approximate conductivity value

### 3.3

#### **coated metallic wire**

result of a process by which a metal is deposited onto a wire by hot-dip or electrolytic process, creating a chemical or metallic bond between them

### 3.4

#### **equivalent diameter**

diameter of a round wire, which would have the same cross sectional area as a given formed wire

### 3.5

#### **formed wire**

drawn or rolled metal wire having a constant non-circular cross-section

### 3.6

#### **group**

designation given to wire types that share a common coating or cladding, or property, for a similar purpose

### 3.7

#### **FeNi36**

grade of steel-nickel alloy designed to have a very low coefficient of thermal expansion

### 3.8

#### **lot**

group of production units of one type and size of wire, which was manufactured by the same manufacturer during the same time period under similar conditions of production

Note 1 to entry: A lot can consist of part or all of a purchased quantity.

### 3.9

#### **nominal**

value of a measurable property to which tolerance is applied

Note 1 to entry: Nominal values are target values.

### 3.10

#### **production unit**

coil, reel, spool, or other package of wire that represents a single usable length

**3.11****sample**

specimen or specimens removed from a production unit or units and considered to have properties representative of a lot

**3.12****specimen**

length of wire removed for test purposes

**3.13****zinc-aluminium alloy**

mixture of zinc and aluminium coating applied onto the wire for the purpose of protecting it against corrosion

Note 1 to entry: Some of these alloys with particular mixture are called mischmetal.

**3.14****advanced zinc-aluminium alloy**

zinc-aluminium alloy reaching specific requirements as specified in ISO 7989-2

Note 1 to entry: Examples of advanced zinc-aluminium alloys are Zn90 % + 10 % aluminium and Zn95 % + 5 % aluminium with 0,2 % to 0,5 % magnesium.

**4 Material****4.1 Steel**

The base metal shall be steel produced by the open hearth, electric furnace, or basic oxygen process and shall be of such composition that the finished wire shall have the properties and characteristics given in this document.

**4.2 Aluminium**

The aluminium used for coating or cladding shall have a minimum purity of 99,5 % and be of sufficient quality to meet the thickness and electrical resistance requirements of this document.

**4.3 Zinc**

The ingot of zinc used for coating shall meet the requirements of ZN-3 in accordance with ISO 752.

The zinc coating shall be applied by either the hot-dip or electroplating method. Unless agreed between the purchaser and the manufacturer, the method of coating shall be at the discretion of the manufacturer.

**4.4 Zinc-aluminium alloy**

The ingot of zinc-aluminium alloy used for coating shall be in accordance with Table A.3.

**4.5 Advanced zinc-aluminium alloy**

The ingot of advanced zinc-aluminium alloy used for coating shall be in accordance with Table A.3.

**5 Freedom from defects**

The wires shall be smooth and free from all imperfections such as cracks, roughness, grooves, inclusions and other defects which can compromise the performance of the final product.

## 6 Joints

No joints shall be made in the finished coated or clad wire.

Joints may be made at any stage of processing prior to final cold drawing by the electric butt-weld or flash-welding process.

Welding equipment and procedure shall be such that it can be demonstrated that the ultimate tensile strength of a finished wire specimen containing the welded section shall be not less than 96 % of the specified minimum stress at 1 % extension.

A welded section shall not be required to meet the stress at 1 % extension, elongation, torsion, bend, and wrap tests. All other requirements need to be met.

No joints are allowed after heat treatment on wires, which will be used in single-wire conductors.

## 7 Tests

### 7.1 General

Tests shall be made by the manufacturer on the wires to demonstrate their conformity to this document. Tests shall be made in accordance with Table A.2.

Tests shall be performed between 10 °C and 30 °C.

### 7.2 Place of testing

Unless otherwise agreed between the purchaser and the manufacturer at time of ordering, all tests shall be carried out at the manufacturer's premises.

### 7.3 Sampling rate

The specimen for tests specified in 7.4 shall be taken by the manufacturer from samples of at least 10 % of each lot.

Alternatively, if a quality assessment procedure is in place and implemented, the sampling rate shall be subject to agreement between the manufacturer and purchaser.

### 7.4 Test methods

#### 7.4.1 Visual test

The surface of the wire shall be visually examined to ensure that it is smooth and free from all imperfections including, but not limited to, cracks, unevenness, holes and inclusion of impurities.

#### 7.4.2 Diameter

##### 7.4.2.1 Unit for diameter

The nominal diameter of a wire shall be expressed in millimetres to two decimal places.

##### 7.4.2.2 Diameter from direct measurements

The diameter of a round wire shall be the mean of two measurements at right angle taken at the same cross-section. The measurement apparatus shall have an accuracy of at least 0,001 mm.

When tested in accordance with 7.4.2.2, the diameter shall not vary from its nominal value by more than the appropriate value indicated in Table A.4, Table A.5, or Table A.6.

#### 7.4.2.3 Diameter from weight measurements

The equivalent diameter of a formed wire shall be obtained from weight measurements made on a sample not less than 1,0 m in length, and with its density as defined in Table B.1.

The equivalent diameter,  $D$ , of the formed wire shall be calculated by Formula (1).

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi\rho L}} \quad (1)$$

where:

$D$  is the equivalent diameter of the sample in mm;

$A$  is the weight of the sample with length  $L$  in g;

$L$  is the length of the sample in m;

$\rho$  is the density of the sample in g/cm<sup>3</sup>.

When tested in accordance with 7.4.2.3 the equivalent diameter shall not vary from its nominal value by more than the tolerance value indicated in Table A.4, Table A.5, or Table A.6.

#### 7.4.2.4 Diameter from volume measurement

Alternatively the equivalent diameter of a formed wire shall be obtained from the volume and weight measurements as described in Annex C.

When tested in accordance with 7.4.2.4 the equivalent diameter shall not vary from its nominal value by more than the tolerance value indicated in Table A.4, Table A.5, or Table A.6.

### 7.4.3 Stress at 1 % extension, tensile strength and elongation

#### 7.4.3.1 Sample preparation

The wire samples shall be free from bends or kinks other than the curvature resulting from the usual coiling operation. They shall be straightened before being inserted in the grips of the tensile testing equipment with a roller type wire straightening arrangement or by any other means designed to exert the minimum effect upon the mechanical properties of the sample. Samples for tests shall not be less than 450 mm long and shall be fitted in the testing machine so as to leave a free length of minimum 300 mm between the grips.

#### 7.4.3.2 Stress at 1 % extension and tensile strength

The test shall be performed in accordance with ISO 6892-1.

The force-measuring system of the testing machine shall be calibrated in accordance with ISO 7500-1, class 1, or better.

The rate of separation of the jaws of the testing machine shall be between 25 mm/min and 100 mm/min.

In order to obtain a straight test piece and ensure the alignment of the test piece and grip arrangement, a preliminary load corresponding with the initial stress in accordance with Table A.7 shall be applied.

This load shall be maintained while a 250 mm gauge is marked on the sample and a suitable extensometer applied on a 250 mm gauge length (not necessarily corresponding with the marked gauge length).

A correction of the extension, in accordance with Table A.7, should be carried out to take into account the effect of the preliminary load.

This load shall then be increased uniformly until the extensometer indicates an extension of 2,5 mm in 250 mm (1 % extension).

At this point the tensile testing equipment may be stopped if necessary, and the load read. The value of stress at 1 % extension is calculated by dividing this load by the area of the wire based on wire diameter measurements according to 7.4.2. Following this operation, the extensometer may be removed. The specimen shall then be loaded to rupture and its tensile strength determined.

When tested in accordance with 7.4.3.2 the wire shall conform to the requirements specified in Table A.4, Table A.5, or Table A.6.

#### **7.4.3.3 Elongation after break**

The test shall be performed in accordance with ISO 6892-1.

The gauge length to be applied is 250 mm.

When tested in accordance with 7.4.3.3 the wire shall conform to the requirements specified in Table A.4, Table A.5, or Table A.6.

#### **7.4.3.4 Elongation at break**

The test shall be performed in accordance with ISO 6892-1.

The gauge length to be applied is 250 mm.

When tested in accordance with 7.4.3.4 the wire shall conform to the requirements specified in Table A.5, or Table A.6.

### **7.4.4 Ductility tests**

#### **7.4.4.1 Torsion test**

The test shall be performed in accordance with ISO 7800.

The free length between the grips will be 100 times the nominal diameter.

The number of torsions obtained shall not be less than the value given in Table A.4, Table A.5 or Table A.6.

#### **7.4.4.2 Wrapping test**

The test shall be performed in accordance with ISO 7802.

The specimen shall be wrapped 8 turns in a close spiral around a mandrel, at a rate not exceeding 15 turns per minute.

The mandrel diameter shall be in accordance with the value given in Table A.4, Table A.5, or Table A.6.

When tested in accordance with 7.4.4.2, the sample shall not completely break.

#### **7.4.4.3 Reverse bend test**

The test shall be performed in accordance with ISO 7801.

The minimum number of reverse bends to be achieved shall be agreed between purchaser and manufacturer.

NOTE In order to have a reference on the minimum achievable reverse bends one can refer to ISO 2232 [4]<sup>1</sup>, quality A.

#### **7.4.5 Coating or cladding tests**

##### **7.4.5.1 Coating mass or cladding thickness test**

###### **7.4.5.1.1 Zinc or zinc-aluminium alloy coating mass**

The mass of coating can be obtained by the gas volumetric method, or by the gravimetric method tested in accordance with ISO 7989-2.

In case of dispute, the gravimetric method shall be accepted as the arbitration method.

The mass of coating shall not be less than the value given in Table A.8.

###### **7.4.5.1.2 Aluminium cladding thickness**

The thickness of aluminium cladding of a specimen shall be determined using an optical microscope or by using suitable electrical indicating instruments operating on the permeameter principle and properly calibrated on the actual diameter of the specimen.

The measurement by microscope shall be read to three decimal places and rounded to two decimal places. For reference purposes, the measurement by microscope shall be used to determine aluminium thickness on specimens taken from the end of the coils.

The thickness of the aluminium shall not be less than the value given in Table A.9.

The ratio of aluminium and steel or FeNi36 is described in Annex D.

##### **7.4.5.2 Adherence of coating or cladding test**

###### **7.4.5.2.1 Zinc or zinc-aluminium alloy coating**

The test shall be performed in accordance with ISO 7802.

The specimen shall be wrapped 8 turns in a close spiral around a mandrel, at a rate not exceeding 15 turns per minute.

The mandrel diameter shall be in accordance with the value given in Table A.4.

The coating shall remain firmly adherent to the steel and shall not crack or flake to such an extent that any coating can be removed by rubbing with the bare fingers.

---

<sup>1</sup> Numbers in square brackets refer to the Bibliography.

#### 7.4.5.2.2 Aluminium cladding

This test shall be performed in accordance with ISO 7802.

The specimen shall be wrapped 8 turns in a close spiral around a mandrel, at a rate not exceeding 15 turns per minute.

The mandrel diameter shall be in accordance with the value given in Table A.5 or Table A.6.

The specimen shall show no separation of the aluminium from the steel when examined with the naked eye or with normal corrective glasses.

#### 7.4.5.3 Uniformity of zinc and zinc-aluminium coatings (or dipping test)

This test shall be performed in conformity with ISO 7989-2.

The minimum number of immersions (or dips) is specified in Table A.12.

#### 7.4.6 Coefficient of linear expansion

The coefficient of linear expansion can be determined either by thermo mechanical analysis (TMA) or by push-rod dilatometer.

NOTE Both test methods are described in ASTM E831 (TMA) [3] and ASTM E228 (push-rod dilatometer) [2].

The length of a specimen shall be measured at room temperature and at the appropriate temperatures as specified in Table A.11.

The coefficient of linear expansion shall be calculated by Formula (2):

$$\alpha_{t_0-t_1} = \frac{L_{t_1} - L_{t_0}}{(t_1 - t_0) \cdot L_{t_0}} \text{ and } \alpha_{t_1-t_2} = \frac{L_{t_1} - L_{t_2}}{(t_2 - t_1) \cdot L_{t_0}} \quad (2)$$

where:

$\alpha_{t_0-t_1}$  is the linear expansion coefficient between  $t_0$  and  $t_1$  in  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$\alpha_{t_1-t_2}$  is the linear expansion coefficient between  $t_1$  and  $t_2$  in  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$t_0$  is the room temperature in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$  is the temperature according to Table A.11 in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2$  is the temperature according to Table A.11 in  $^{\circ}\text{C}$ ;

$L_{t_0}$  is the length of the sample at  $t_0$  in mm;

$L_{t_1}$  is the length of the sample at  $t_1$  in mm;

$L_{t_2}$  is the length of the sample at  $t_2$  in mm.

The values to be used for calculation purposes are given in Table B.1.

#### 7.4.7 Resistivity

The test shall be performed in accordance with IEC 60468.

For Group 2 and Group 3, the resistivity at 20  $^{\circ}\text{C}$  shall not be greater than the value indicated in the resistivity column in Table A.5 or Table A.6.



#### **7.4.8 Coating adherence heat resistance test**

This test is applicable to Group 4 and Group 5 wires only.

A specimen shall be kept in an oven at the temperature and duration specified in Table A.10.

After heating the specimen will be cooled down to room temperature.

The specimen shall then be wrapped 8 turns in a close spiral around a mandrel, at a rate not exceeding 15 turns per minute.

The mandrel diameter shall be in accordance with the value given in Table A.4, column "Ratio of mandrel to wire diameter for coating adherence test".

The coating shall remain firmly adherent to the steel and shall not crack or flake to such an extent that any coating can be removed by rubbing with the bare fingers.

### **8 Acceptance and rejection**

Failure of a test specimen to comply with any one of the requirements of this document shall constitute grounds for rejection of the lot represented by the specimen.

If any lot is so rejected, the manufacturer shall have the right to test all individual production units in the lot once and submit those which meet requirements of acceptance.

### **9 Certificate of compliance**

Unless otherwise agreed between purchaser and manufacturer, the manufacturer shall supply the purchaser with a certificate giving the results of all the tests carried out on the samples.

### **10 Packaging**

#### **10.1 Type of packaging**

The type of packaging shall be agreed between the purchaser and the manufacturer.

#### **10.2 Length and tolerance on length**

The lengths and tolerances on length shall be agreed between the purchaser and manufacturer.

## Annex A

### (normative)

## Tables of properties for recommended IEC wire materials

**Table A.1 – Wire designation**

| Group                                                           | Designation                 | Wire designation                            |
|-----------------------------------------------------------------|-----------------------------|---------------------------------------------|
| Group 1 <sup>e,f</sup><br>Zinc-coated steel wires               | S1A                         | Zinc-coated steel S1A                       |
|                                                                 | ST1A                        | Zinc-coated steel ST1A                      |
|                                                                 | S2A                         | Zinc-coated steel S2A                       |
|                                                                 | S3A                         | Zinc-coated steel S3A                       |
|                                                                 | ST6C                        | Zinc-coated steel ST6C                      |
|                                                                 | S4A                         | Zinc-coated steel S4A                       |
|                                                                 | S5A                         | Zinc-coated steel S5A                       |
|                                                                 | S6A                         | Zinc-coated steel S6A                       |
|                                                                 | S7A                         | Zinc-coated steel S7A                       |
|                                                                 | S8A                         | Zinc-coated steel S8A                       |
| Group 2 <sup>a</sup><br>Aluminium-clad FeNi36 wires             | ACI10SA                     | Aluminium-clad FeNi36 steel class 10        |
|                                                                 | ACI14SA type A <sup>c</sup> | Aluminium-clad FeNi36 steel class 14 type A |
|                                                                 | ACI14SA type B <sup>c</sup> | Aluminium-clad FeNi36 steel class 14 type B |
|                                                                 | ACI17SA                     | Aluminium-clad FeNi36 steel class 17        |
|                                                                 | ACI24SA                     | Aluminium-clad FeNi36 steel class 24        |
| Group 3 <sup>b</sup><br>Aluminium-clad steel wires              | 14SA type A <sup>d</sup>    | Aluminium-clad steel class 14 type A        |
|                                                                 | 14SA type B <sup>d</sup>    | Aluminium-clad steel class 14 type B        |
|                                                                 | 14SA type C <sup>d</sup>    | Aluminium-clad steel class 14 type C        |
|                                                                 | 20SA type A <sup>d</sup>    | Aluminium-clad steel class 20 type A        |
|                                                                 | 20SA type B <sup>d</sup>    | Aluminium-clad steel class 20 type B        |
|                                                                 | 20SA type C <sup>d</sup>    | Aluminium-clad steel class 20 type C        |
|                                                                 | 23SA                        | Aluminium-clad steel class 23               |
|                                                                 | 25SA                        | Aluminium-clad steel class 25               |
|                                                                 | 27SA                        | Aluminium-clad steel class 27               |
|                                                                 | 30SA                        | Aluminium-clad steel class 30               |
|                                                                 | 35SA type A <sup>c</sup>    | Aluminium-clad steel class 35 type A        |
|                                                                 | 35SA type B <sup>c</sup>    | Aluminium-clad steel class 35 type B        |
|                                                                 | 40SA                        | Aluminium-clad steel class 40               |
| Group 4 <sup>e,f</sup><br>Zinc-5 % aluminium coated steel wires | 5MS1B                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS1B       |
|                                                                 | 5MS2A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS2A       |
|                                                                 | 5MS3A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS3A       |
|                                                                 | 5MS4A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS4A       |
|                                                                 | 5MS5A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS5A       |
|                                                                 | 5MS6A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS6A       |
|                                                                 | 5MS7A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS7A       |
|                                                                 | 5MS8A                       | Zinc-5 % aluminium coated steel 5MS8A       |

| Group                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   | Designation | Wire designation                                     |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|------------------------------------------------------|
| Group 5 <sup>e,f</sup><br>Advanced zinc-aluminium alloy coated steel wires                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              | ADMS2A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS2A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ADMS3A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS3A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ADMS4A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS4A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ADMS5A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS5A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ADMS6A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS6A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ADMS7A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS7A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | ADMS8A      | Advanced zinc-aluminium alloy coated steel<br>ADMS8A |
| <p><sup>a</sup> Group 2 wires are specified in the classes "ACI10SA", "ACI14SA", "ACI17SA", "ACI24SA" according to their conductivity of 10 %, 14 %, 17 %, 24 % IACS (International Annealed Copper Standard).</p> <p><sup>b</sup> Group 3 wires are specified in the classes "14SA", "20SA", "23SA", "25SA", "27SA", "30SA", "35SA" and "40SA" according to their conductivity of 14 %, 20,3 %, 23 %, 25 %, 27 %, 30 %, 35 % and 40 % IACS (International Annealed Copper Standard).</p> <p><sup>c</sup> Wires of the class ACI14SA and 35SA are subdivided into two types, A and B, according to their tensile strength.</p> <p><sup>d</sup> Wires of the classes 14SA and 20SA are subdivided into three types, A, B and C, according to their tensile strength.</p> <p><sup>e</sup> For group 1, group 4 and group 5 the last letter (A, B, C) refers to the coating class.</p> <p><sup>f</sup> The designated wires have been sorted according to increasing tensile strength.</p> |             |                                                      |

Table A.2 – Schedule of tests

|                               | Subclause    | Group 1   | Group 2        | Group 3        | Group 4 & Group 5 |
|-------------------------------|--------------|-----------|----------------|----------------|-------------------|
| Visual inspection             | 7.4.1        | Y         | Y              | Y              | Y                 |
| Wire diameter                 | 7.4.2        | Y         | Y              | Y              | Y                 |
| Stress at 1 % extension       | 7.4.3.2      | Y         | Y              | Y              | Y                 |
| Ultimate tensile strength     | 7.4.3.2      | Y         | Y              | Y              | Y                 |
| Elongation after break        | 7.4.3.3      | Y         | Y <sup>b</sup> | Y <sup>b</sup> | Y                 |
| Elongation at break           | 7.4.3.4      |           | Y <sup>b</sup> | Y <sup>b</sup> |                   |
| Ductility                     | Torsion      | 7.4.4.1   | Y              | Y              | Y                 |
|                               | Wrap         | 7.4.4.2   | Y              | O              | Y                 |
|                               | Reverse bend | 7.4.4.3   | O              | O              | O                 |
| Thickness                     | Coating      | 7.4.5.1.1 | Y              |                | Y                 |
|                               | Cladding     | 7.4.5.1.2 |                | Y              |                   |
| Adherence                     | Coating      | 7.4.5.2.1 | Y              |                | Y                 |
|                               | Cladding     | 7.4.5.2.2 |                | Y              |                   |
| Uniformity of coating         | 7.4.5.3      | Y         |                |                | Y                 |
| Linear expansion <sup>a</sup> | 7.4.6        | O         | O              | O              | O                 |
| Resistivity                   | 7.4.7        | O         | Y              | Y              | O                 |
| Coating heat resistance       | 7.4.8        |           |                |                | O                 |

NOTE 1 "Y" indicates the test has to be performed in accordance with 7.3.

NOTE 2 "O" indicates the test is optional and has to be agreed between purchaser and manufacturer.

<sup>a</sup> The linear expansion coefficient is a physical constant. Variation on obtained values will be due to the measurement accuracy. Obtained values are for information only.

<sup>b</sup> For group 2 and group 3, the wire shall comply with either the requirement of elongation after break or elongation at break. Unless otherwise agreed upon between the manufacturer and the purchaser at the time of purchase, it is at the option of the manufacturer to select the measurement method.

**Table A.3 – Zinc-aluminium alloy ingot composition (group 4 and group 5)**

| Element                      | Composition, % |             |
|------------------------------|----------------|-------------|
|                              | 95/5 Zn/Al     | 90/10 Zn/Al |
| Aluminium                    | 4,2 to 6,2     | 9,4 to 10,6 |
| Cerium and lanthanum, total  | 0,0 to 0,10    | 0,0 to 0,10 |
| Iron                         | 0,075 max      | 0,075 max   |
| Silicon                      | 0,015 max      | 0,015 max   |
| Lead, cadmium                | 0,005 max      | 0,005 max   |
| Tin                          | 0,002 max      | 0,002 max   |
| Others, each <sup>a,b</sup>  | 0,02 max       | 0,02 max    |
| Others, total <sup>a,b</sup> | 0,04 max       | 0,04 max    |
| Zinc                         | Remainder      | Remainder   |

NOTE The zinc-aluminium alloy ingot composition is based on ASTM B997 [1].

<sup>a</sup> Magnesium may be specified by the buyer up to 0,75 % max.

<sup>b</sup> Except magnesium.

Table A.4 – Requirements for zinc and zinc-aluminium alloy coated steel wires (group 1, group 4 and group 5)

| Nominal diameter<br>mm |                        | Diameter<br>tolerance | Min. stress at<br>1 % extension | Min. ultimate<br>tensile<br>strength | Min. lot<br>average<br>tensile<br>strength <sup>a</sup> | Min. elongation<br>after break | Ratio of<br>mandrel<br>diameter to wire<br>ductility<br>wrapping test | Ratio of mandrel<br>diameter to wire<br>coating<br>adherence test | Min. number<br>of torsions |
|------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Over                   | Up to and<br>including | mm                    | MPa                             | MPa                                  | MPa                                                     | %                              | ---                                                                   | ---                                                               | ---                        |
| ---                    | ---                    | mm                    | MPa                             | MPa                                  | MPa                                                     | %                              | ---                                                                   | ---                                                               | ---                        |
| <b>S1A</b>             |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                   | 2,25                   | ±0,03                 | 1 170                           | 1 340                                |                                                         | 3,0                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 18                         |
| 2,25                   | 2,75                   | ±0,04                 | 1 140                           | 1 310                                |                                                         | 3,0                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 2,75                   | 3,00                   | ±0,05                 | 1 140                           | 1 310                                |                                                         | 3,5                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 3,00                   | 3,50                   | ±0,05                 | 1 100                           | 1 290                                |                                                         | 3,5                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 3,50                   | 4,75                   | ±0,06                 | 1 100                           | 1 290                                |                                                         | 4,0                            | 1                                                                     | 5                                                                 | 12                         |
| 4,75                   | 5,50                   | ±0,07                 | 1 100                           | 1 290                                |                                                         | 4,0                            | 1                                                                     | 5                                                                 | 12                         |
| <b>ST1A</b>            |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                   | 2,25                   | ±0,03                 | 1 170                           | 1 400                                |                                                         | 3,0                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 18                         |
| 2,25                   | 2,75                   | ±0,04                 | 1 140                           | 1 350                                |                                                         | 3,0                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 2,75                   | 3,00                   | ±0,05                 | 1 140                           | 1 350                                |                                                         | 3,5                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 3,00                   | 3,50                   | ±0,05                 | 1 100                           | 1 300                                |                                                         | 3,5                            | 1                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 3,50                   | 4,75                   | ±0,06                 | 1 100                           | 1 300                                |                                                         | 4,0                            | 1                                                                     | 5                                                                 | 12                         |
| 4,75                   | 5,50                   | ±0,07                 | 1 100                           | 1 300                                |                                                         | 4,0                            | 1                                                                     | 5                                                                 | 12                         |
| <b>5MS1B</b>           |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                   | 2,25                   | ±0,03                 | 1 170                           | 1 340                                |                                                         | 3,0                            | 3                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 2,25                   | 2,75                   | ±0,04                 | 1 140                           | 1 310                                |                                                         | 3,0                            | 3                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 2,75                   | 3,00                   | ±0,05                 | 1 140                           | 1 310                                |                                                         | 3,5                            | 3                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 3,00                   | 3,50                   | ±0,05                 | 1 100                           | 1 290                                |                                                         | 3,5                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 3,50                   | 4,75                   | ±0,06                 | 1 100                           | 1 290                                |                                                         | 4,0                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 12                         |

| Nominal diameter<br>mm    |                        | Diameter<br>tolerance | Min. stress at<br>1 % extension | Min. ultimate<br>tensile<br>strength | Min. lot<br>average<br>tensile<br>strength <sup>a</sup> | Min. elongation<br>after break | Ratio of<br>mandrel<br>diameter to wire<br>ductility<br>wrapping test | Ratio of mandrel<br>diameter to wire<br>coating<br>adherence test | Min. number<br>of torsions |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Over                      | Up to and<br>including | mm                    | MPa                             | MPa                                  | MPa                                                     | %                              | ---                                                                   | ---                                                               | ---                        |
| <b>S2A, 5MS2A, ADMS2A</b> |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                      | 2,25                   | ±0,03                 | 1 310                           | 1 450                                |                                                         | 2,5                            | 3                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 2,25                      | 2,75                   | ±0,04                 | 1 280                           | 1 410                                |                                                         | 2,5                            | 3                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 2,75                      | 3,00                   | ±0,05                 | 1 280                           | 1 410                                |                                                         | 3,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 16                         |
| 3,00                      | 3,50                   | ±0,05                 | 1 240                           | 1 410                                |                                                         | 3,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 3,50                      | 4,75                   | ±0,06                 | 1 170                           | 1 380                                |                                                         | 3,0                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 12                         |
| 4,75                      | 5,50                   | ±0,07                 | 1 170                           | 1 380                                |                                                         | 3,0                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 12                         |
| <b>S3A, 5MS3A, ADMS3A</b> |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                      | 2,25                   | ±0,03                 | 1 450                           | 1 620                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 2,25                      | 2,75                   | ±0,04                 | 1 410                           | 1 590                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 2,75                      | 3,00                   | ±0,05                 | 1 410                           | 1 590                                |                                                         | 2,5                            | 5                                                                     | 4                                                                 | 12                         |
| 3,00                      | 3,50                   | ±0,05                 | 1 380                           | 1 550                                |                                                         | 2,5                            | 5                                                                     | 4                                                                 | 12                         |
| 3,50                      | 4,75                   | ±0,06                 | 1 340                           | 1 520                                |                                                         | 2,5                            | 5                                                                     | 5                                                                 | 10                         |
| 4,75                      | 5,50                   | ±0,07                 | 1 270                           | 1 500                                |                                                         | 2,5                            | 5                                                                     | 5                                                                 | 10                         |
| <b>ST6C</b>               |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                      | 1,75                   | ±0,03                 | 1 450                           | 1 700                                | 1800                                                    | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 1,75                      | 2,25                   | ±0,04                 | 1 450                           | 1 700                                | 1800                                                    | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 2,25                      | 2,75                   | ±0,04                 | 1 410                           | 1 650                                | 1750                                                    | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 14                         |
| 2,75                      | 3,00                   | ±0,05                 | 1 410                           | 1 650                                | 1750                                                    | 2,5                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 12                         |
| 3,00                      | 3,50                   | ±0,05                 | 1 380                           | 1 600                                | 1700                                                    | 2,5                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 10                         |
| 3,50                      | 4,75                   | ±0,06                 | 1 340                           | 1 600                                | 1700                                                    | 2,5                            | 5                                                                     | 5                                                                 | 10                         |
| 4,75                      | 5,50                   | ±0,07                 | 1 340                           | 1 600                                | 1700                                                    | 2,5                            | 5                                                                     | 5                                                                 | 10                         |

| Nominal diameter<br>mm    |                        | Diameter<br>tolerance | Min. stress at<br>1 % extension | Min. ultimate<br>tensile<br>strength | Min. lot<br>average<br>tensile<br>strength <sup>a</sup> | Min. elongation<br>after break | Ratio of<br>mandrel<br>diameter to wire<br>ductility<br>wrapping test | Ratio of mandrel<br>diameter to wire<br>coating<br>adherence test | Min. number<br>of torsions |
|---------------------------|------------------------|-----------------------|---------------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------------|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| Over                      | Up to and<br>including | mm                    | MPa                             | MPa                                  | MPa                                                     | %                              | ---                                                                   | ---                                                               | ---                        |
| <b>S4A, 5MS4A, ADMS4A</b> |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                      | 2,25                   | ±0,03                 | 1 550                           | 1 825                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 12                         |
| 2,25                      | 2,75                   | ±0,05                 | 1 515                           | 1 790                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 12                         |
| 2,75                      | 3,00                   | ±0,05                 | 1 515                           | 1 790                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 10                         |
| 3,00                      | 3,50                   | ±0,05                 | 1 480                           | 1 760                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 10                         |
| 3,50                      | 4,25                   | ±0,06                 | 1 450                           | 1 725                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 10                         |
| 4,25                      | 4,75                   | ±0,06                 | 1 450                           | 1 725                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 8                          |
| <b>S5A, 5MS5A, ADMS5A</b> |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                      | 2,25                   | ±0,03                 | 1 580                           | 1 965                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 10                         |
| 2,25                      | 2,75                   | ±0,05                 | 1 550                           | 1 900                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 10                         |
| 2,75                      | 3,00                   | ±0,05                 | 1 550                           | 1 900                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 8                          |
| 3,00                      | 3,50                   | ±0,05                 | 1 515                           | 1 860                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 8                          |
| 3,50                      | 4,25                   | ±0,06                 | 1 480                           | 1 825                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 8                          |
| 4,25                      | 4,75                   | ±0,06                 | 1 480                           | 1 825                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 6                          |
| <b>S6A, 5MS6A, ADMS6A</b> |                        |                       |                                 |                                      |                                                         |                                |                                                                       |                                                                   |                            |
| 1,24                      | 2,25                   | ±0,03                 | 1 680                           | 2 060                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 8                          |
| 2,25                      | 2,75                   | ±0,04                 | 1 640                           | 2 000                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 8                          |
| 2,75                      | 3,00                   | ±0,05                 | 1 640                           | 2 000                                |                                                         | 2,0                            | 4                                                                     | 4                                                                 | 6                          |
| 3,00                      | 3,50                   | ±0,05                 | 1 600                           | 1 960                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 5                          |
| 3,50                      | 4,25                   | ±0,06                 | 1 570                           | 1 925                                |                                                         | 2,5                            | 4                                                                     | 5                                                                 | 4                          |

a The min lot average tensile strength is only applicable to ST6C wire designations.



Table A.5 – Requirements for aluminium-clad FeNi36 wires (group 2)

| Nominal diameter<br>mm |                        | Diameter<br>tolerance | Min. stress<br>at 1 %<br>extension<br>MPa | Min.<br>ultimate<br>tensile<br>strength<br>MPa | Min. elongation |                  | Ratio of mandrel diameter<br>to wire diameter for |                               | Min.<br>conduc-<br>tivity<br>% IACS | Max.<br>resistivity at<br>20 °C<br>Ω·mm <sup>2</sup> /m | Min. number<br>of torsions |    |
|------------------------|------------------------|-----------------------|-------------------------------------------|------------------------------------------------|-----------------|------------------|---------------------------------------------------|-------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------------------------------|----------------------------|----|
| Over                   | Up to and<br>including |                       |                                           |                                                | At break<br>%   | After break<br>% | ductility<br>wrapping<br>test                     | cladding<br>adherence<br>test |                                     |                                                         |                            |    |
| --                     | --                     | --                    | MPa                                       | MPa                                            | ACI10SA         |                  |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            | -- |
| 1,50                   | 2,66                   | ±0,04 mm              | 1100                                      | 1180                                           | 1,5             | 1,0              | 5                                                 | 5                             | 10,0                                | 0,1724                                                  | 60                         |    |
| 2,66                   | 3,00                   | ±1,5 %                | 1070                                      | 1150                                           | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,00                   | 3,50                   | ±1,5 %                | 1050                                      | 1130                                           | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,50                   | 4,25                   | ±1,5 %                | 1000                                      | 1070                                           | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 4,25                   | 4,80                   | ±1,5 %                | 940                                       | 1010                                           | 1,5             | 1,0              | ACI14SA type A                                    |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 1,85                   | 2,47                   | ±0,04 mm              | 1 070                                     | 1 160                                          | 1,5             | 1,0              | 5                                                 | 5                             | 14,0                                | 0,1232                                                  | 60                         |    |
| 2,47                   | 3,00                   | ±1,5 %                | 1 035                                     | 1 115                                          | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,00                   | 3,50                   | ±1,5 %                | 1 012                                     | 1 090                                          | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,50                   | 4,30                   | ±1,5 %                | 990                                       | 1 065                                          | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| ACI14SA type B         |                        |                       |                                           |                                                |                 |                  |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 2,60                   | 5,00                   | ±1,5 %                | 1030                                      | 1 080                                          | 1,5             | 1,0              | 5                                                 | 5                             | 13,8                                | 0,1249                                                  | 60                         |    |
| ACI17SA                |                        |                       |                                           |                                                |                 |                  |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 1,24                   | 3,25                   | ±0,04 mm              | 990                                       | 1040                                           | 1,5             | 1,0              | 5                                                 | 5                             | 16,9                                | 0,1020                                                  | 60                         |    |
| 3,25                   | 3,45                   | ±1,5 %                | 967                                       | 1017                                           | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,45                   | 3,65                   | ±1,5 %                | 936                                       | 986                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,65                   | 3,95                   | ±1,5 %                | 921                                       | 974                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 3,95                   | 4,10                   | ±1,5 %                | 889                                       | 939                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 4,10                   | 4,40                   | ±1,5 %                | 866                                       | 916                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 4,40                   | 4,60                   | ±1,5 %                | 835                                       | 885                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 4,60                   | 4,75                   | ±1,5 %                | 804                                       | 854                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 4,75                   | 5,50                   | ±1,5 %                | 781                                       | 831                                            | 1,5             | 1,0              |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| ACI24SA                |                        |                       |                                           |                                                |                 |                  |                                                   |                               |                                     |                                                         |                            |    |
| 2,50                   | 5,50                   | ±1,5 %                | 789                                       | 839                                            | 1,5             | 1,0              | 5                                                 | 5                             | 24                                  | 0,0718                                                  | 60                         |    |



| Nominal Diameter |                     | Diameter tolerance | Min. stress at 1 % extension | Min. ultimate tensile strength | Min. elongation |             | Ratio of mandrel diameter to wire diameter for |                         | Min. conductivity at 20 °C | Max. resistivity at 20 °C | Min. number of torsions |
|------------------|---------------------|--------------------|------------------------------|--------------------------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------------------|-------------------------|
| Over             | Up to and including |                    |                              |                                | At break        | After break | ductility wrapping test                        | cladding adherence test |                            |                           |                         |
| --               | --                  | --                 | MPa                          | MPa                            | %               | %           | --                                             | --                      | % IACS                     | Ω·mm <sup>2</sup> /m      | --                      |
| 20SA type A      |                     |                    |                              |                                |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 1,24             | 2,66                | ±0,04 mm           | 1 200                        | 1 340                          | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 20,3                       | 0,0848                    | 20                      |
| 2,66             | 3,25                | ±1,5 %             | 1 200                        | 1 340                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,25             | 3,45                | ±1,5 %             | 1 180                        | 1 310                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,45             | 3,65                | ±1,5 %             | 1 140                        | 1 270                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,65             | 3,95                | ±1,5 %             | 1 100                        | 1 250                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,95             | 4,10                | ±1,5 %             | 1 100                        | 1 210                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 4,10             | 4,40                | ±1,5 %             | 1 070                        | 1 180                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 4,40             | 4,60                | ±1,5 %             | 1 030                        | 1 140                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 4,60             | 4,75                | ±1,5 %             | 1 000                        | 1 100                          | ±1,5 %          | 1 000       | 1 070                                          |                         |                            |                           |                         |
| 4,75             | 5,50                | ±1,5 %             | 1 000                        | 1 070                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 20SA type B      |                     |                    |                              |                                |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 1,24             | 2,66                | ±0,04 mm           | 1 100                        | 1 320                          | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 20,3                       | 0,0848                    | 20                      |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 1 100                        | 1 320                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,65             | 5,50                | ±1,5 %             | 1 100                        | 1 320                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 20SA type C      |                     |                    |                              |                                |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 1,28             | 2,28                | ±0,04 mm           | 1 390                        | 1 620                          | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 20,3                       | 0,0848                    | 20                      |
| 2,29             | 3,04                | ±0,05 mm           | 1 360                        | 1 580                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,05             | 3,55                | ±0,05 mm           | 1 330                        | 1 545                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,56             | 4,82                | ±0,06 mm           | 1 300                        | 1 515                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 23SA             |                     |                    |                              |                                |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 2,30             | 2,66                | ±0,04 mm           | 1 020                        | 1 270                          | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 23,0                       | 0,0750                    | 20                      |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 1 020                        | 1 270                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |
| 3,65             | 5,00                | ±1,5 %             | 1 020                        | 1 270                          |                 |             |                                                |                         |                            |                           |                         |

| Nominal Diameter |                     | Diameter tolerance | Min. stress at 1 % extension<br>MPa | Min. ultimate tensile strength<br>MPa | Min. elongation |             | Ratio of mandrel diameter to wire diameter for |                         | Min. conductivity at 20 °C<br>% IACS | Max. resistivity at 20 °C<br>Ω·mm <sup>2</sup> /m | Min. number of torsions |  |  |  |  |
|------------------|---------------------|--------------------|-------------------------------------|---------------------------------------|-----------------|-------------|------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------------------|---------------------------------------------------|-------------------------|--|--|--|--|
| Over             | Up to and including |                    |                                     |                                       | At break        | After break | ductility wrapping test                        | cladding adherence test |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| --               | --                  |                    |                                     |                                       | 25SA            |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 2,50             | 2,66                | ±0,04mm            | 980                                 | 1220                                  | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 25,0                                 | 0,0690                                            | 20                      |  |  |  |  |
| 2,66             | 5,00                | ±1,5 %             | 980                                 | 1220                                  |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 27SA             |                     |                    |                                     |                                       |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 2,50             | 2,66                | ±0,04 mm           | 800                                 | 1080                                  | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 27,0                                 | 0,0639                                            | 20                      |  |  |  |  |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 800                                 | 1080                                  |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 3,65             | 5,00                | ±1,5 %             | 800                                 | 1080                                  |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 30SA             |                     |                    |                                     |                                       |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 2,50             | 2,66                | ±0,04 mm           | 650                                 | 880                                   | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 30,0                                 | 0,0575                                            | 20                      |  |  |  |  |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 650                                 | 880                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 3,65             | 5,00                | ±1,5 %             | 650                                 | 880                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 35SA type A      |                     |                    |                                     |                                       |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 2,50             | 2,66                | ±0,04 mm           | 590                                 | 810                                   | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 35,0                                 | 0,0493                                            | 20                      |  |  |  |  |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 590                                 | 810                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 3,65             | 5,00                | ±1,5 %             | 590                                 | 810                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 35SA type B      |                     |                    |                                     |                                       |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 2,50             | 2,66                | ±0,04 mm           | 500                                 | 680                                   | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 35,0                                 | 0,0493                                            | 20                      |  |  |  |  |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 500                                 | 680                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 3,65             | 5,00                | ±1,5 %             | 500                                 | 680                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 40SA             |                     |                    |                                     |                                       |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 2,50             | 2,66                | ±0,04 mm           | 500                                 | 680                                   | 1,5             | 1,0         | 1                                              | 5                       | 40,0                                 | 0,0431                                            | 20                      |  |  |  |  |
| 2,66             | 3,65                | ±1,5 %             | 500                                 | 680                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |
| 3,65             | 5,00                | ±1,5 %             | 500                                 | 680                                   |                 |             |                                                |                         |                                      |                                                   |                         |  |  |  |  |

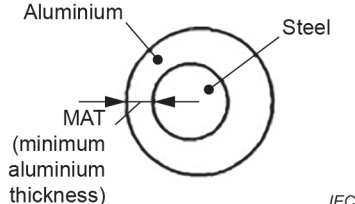
**Table A.7 – Initial setting for determining stress at 1 % extension**

| Nominal diameter                                                                                                            |                     | Initial stress | Initial setting of extensometer |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------|---------------------------------|
| mm                                                                                                                          |                     |                |                                 |
| Over                                                                                                                        | Up to and including | MPa            | %                               |
| Zinc and zinc-aluminium alloy wires (group 1, group 4, group 5)                                                             |                     |                |                                 |
| Designations: S1 – S2 – S3 – ST1A – ST6C                                                                                    |                     |                |                                 |
| 1,24                                                                                                                        | 2,25                | 100            | 0,05                            |
| 2,25                                                                                                                        | 3,00                | 200            | 0,10                            |
| 3,00                                                                                                                        | 4,75                | 300            | 0,15                            |
| 4,75                                                                                                                        | 5,50                | 400            | 0,20                            |
| Zinc and zinc-aluminium alloy wires (group 1, group 4, group 5)                                                             |                     |                |                                 |
| Designations <sup>a</sup> : S4 – S5 – S6 – S7 – S8                                                                          |                     |                |                                 |
| 1,30                                                                                                                        | 2,30                | 125            | 0,05                            |
| 2,30                                                                                                                        | 3,00                | 250            | 0,10                            |
| 3,00                                                                                                                        | 4,80                | 375            | 0,15                            |
| Aluminium-clad FeNi36 wires (group 2)                                                                                       |                     |                |                                 |
| 1,24                                                                                                                        | 2,50                | 81,4           | 0,05                            |
| 2,50                                                                                                                        | 3,30                | 162            | 0,10                            |
| 3,30                                                                                                                        | 5,50                | 244            | 0,15                            |
| Aluminium-clad steel wires (group 3)                                                                                        |                     |                |                                 |
| Designations: 14SA type B, 20SA type A, 20SA type B, 20SA type C, 23SA, 25SA, 27SA, 30SA, 35SA type A, 35SA type B and 40SA |                     |                |                                 |
| 1,24                                                                                                                        | 2,50                | 80             | 0,05                            |
| 2,50                                                                                                                        | 3,30                | 160            | 0,10                            |
| 3,30                                                                                                                        | 5,50                | 245            | 0,15                            |
| Aluminium-clad steel wires (group 3)                                                                                        |                     |                |                                 |
| Designations <sup>a</sup> : 14SA type A and 14SA type C                                                                     |                     |                |                                 |
| 1,24                                                                                                                        | 2,50                | 100            | 0,05                            |
| 2,50                                                                                                                        | 3,30                | 200            | 0,10                            |
| 3,30                                                                                                                        | 5,50                | 306            | 0,15                            |
| <sup>a</sup> A higher initial stress is necessary for higher tensile grades.                                                |                     |                |                                 |

**Table A.8 – Coating requirements for zinc and zinc-aluminium alloy coated wires**

| Diameter<br>mm                                               |                     | Min. mass of coating<br>g/m <sup>2</sup> |                |
|--------------------------------------------------------------|---------------------|------------------------------------------|----------------|
| Over                                                         | Up to and including |                                          |                |
| <b>Group 1: Zinc coated wire</b>                             |                     |                                          |                |
| --                                                           | --                  | <b>Class A</b>                           | <b>ST6C</b>    |
| 1,24                                                         | 1,50                | 185                                      | 150            |
| 1,50                                                         | 1,75                | 200                                      | 160            |
| 1,75                                                         | 2,25                | 215                                      | 175            |
| 2,25                                                         | 3,00                | 230                                      | 190            |
| 3,00                                                         | 3,50                | 245                                      | 205            |
| 3,50                                                         | 4,25                | 260                                      | 260            |
| 4,25                                                         | 4,75                | 275                                      | 275            |
| 4,75                                                         | 5,50                | 290                                      | 290            |
| <b>Group 4 and group 5: Zinc-aluminium alloy coated wire</b> |                     |                                          |                |
| --                                                           | --                  | <b>Class A</b>                           | <b>Class B</b> |
| 1,30                                                         | 1,50                | 185                                      | 550            |
| 1,50                                                         | 1,90                | 200                                      | 595            |
| 1,90                                                         | 2,30                | 215                                      | 640            |
| 2,30                                                         | 2,65                | 230                                      | 690            |
| 2,65                                                         | 3,05                | 245                                      | 730            |
| 3,05                                                         | 3,55                | 260                                      | 775            |
| 3,55                                                         | 4,60                | 275                                      | 820            |
| 4,60                                                         | 4,80                | 305                                      | 915            |

**Table A.9 – Cladding requirements for group 2 and group 3 wire**

| Designation       | Min. thickness of aluminium cladding,<br>% of nominal wire diameter                |
|-------------------|------------------------------------------------------------------------------------|
|                   |  |
| ACI10SA           | 2,0                                                                                |
| ACI14SA type A    | 4,5                                                                                |
| ACI14SA type B    | 2,0                                                                                |
| ACI17SA           | 5,0                                                                                |
| ACI24SA           | 7,0                                                                                |
| 14SA type A, C    | 2,3                                                                                |
| 14SA type B       | 2,0                                                                                |
| 20SA type A, B, C | 4,0 for nominal wire diameter less than 1,80 mm                                    |
|                   | 5,0 for nominal wire diameter including and over 1,80 mm                           |
| 23SA              | 5,5                                                                                |
| 25SA              | 6,0                                                                                |
| 27SA              | 7,0                                                                                |
| 30SA              | 7,5                                                                                |
| 35SA type A, B    | 10,5                                                                               |
| 40SA              | 12,5                                                                               |

**Table A.10 – Coating heat resistance test for group 4 and group 5 wire**

| Operating temperature of the conductor<br>°C |                     | Duration<br>h | Temperature<br>°C |
|----------------------------------------------|---------------------|---------------|-------------------|
| From                                         | Up to and including |               |                   |
| 100                                          | 150                 | 20            | 230               |
| 150                                          | 200                 | 20            | 280               |
| 200                                          | 250                 | 20            | 330               |

**Table A.11 – Temperatures for linear expansion test for group 2 wire**

| Designation | $t_1$<br>°C | $t_2$<br>°C |
|-------------|-------------|-------------|
| ACI10SA     | 230         | 290         |
| ACI14SA     | 230         | 290         |
| ACI17SA     | 230         | 290         |
| ACI24SA     | 230         | 290         |

**Table A.12 – Minimum number of dips for zinc and zinc alloy coatings  
(group 1, group 4, group 5)**

| Diameter, mm                                                                                                                                                                 |                     | Class A and 5MS1B<br>Number of dips |                       | ST6C<br>Number of dips |                       |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-------------------------------------|-----------------------|------------------------|-----------------------|
| Over                                                                                                                                                                         | Up to and including | of 1 min <sup>a</sup>               | of ½ min <sup>b</sup> | of 1 min <sup>a</sup>  | of ½ min <sup>b</sup> |
| 1,24                                                                                                                                                                         | 1,75                | 2                                   | -                     | 1                      | 1                     |
| 1,75                                                                                                                                                                         | 2,25                | 2                                   | 1                     | 2                      | -                     |
| 2,25                                                                                                                                                                         | 3,00                | 3                                   | -                     | 2                      | 1                     |
| 3,00                                                                                                                                                                         | 3,50                | 3                                   | 1                     | 3                      | -                     |
| 3,50                                                                                                                                                                         | 4,25                | 3                                   | 1                     | 3                      | 1                     |
| 4,25                                                                                                                                                                         | 4,75                | 4                                   | -                     | 4                      | -                     |
| 4,75                                                                                                                                                                         | 5,50                | 4                                   | -                     | 4                      | -                     |
| <sup>a</sup> For zinc-aluminium alloy coatings one dip equals 45 s instead of 1 min.<br><sup>b</sup> For zinc-aluminium alloy coatings one dip equals 22 s instead of ½ min. |                     |                                     |                       |                        |                       |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022



## Annex B (informative)

### Properties of wire for calculation purposes

Annex B shall be used for calculation purposes.

**Table B.1 – Properties of wire for calculation purposes**

| Group          | Designation                               | Density<br>at 20 °C<br><br>kg/m <sup>3</sup> | Resistivity at<br>20 °C<br><br>Ω·mm <sup>2</sup> /m | Coefficient of<br>linear expansion<br><br>°C <sup>-1</sup>        | Temperature<br>coefficient of<br>resistance,<br>$\alpha$ , at 20 °C<br><br>°K <sup>-1</sup> | Modulus<br>of<br>elasticity<br><br>GPa |
|----------------|-------------------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------|
| 1              | S1A, ST1A, S2A,<br>S3A, ST6C, S4A,<br>S5A | 7 780                                        | 0,191 57                                            | $11,5 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 195                                    |
|                | S6A, S7A, S8A                             | 7 780                                        | a                                                   | $11,5 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 195                                    |
| 2 <sup>b</sup> | ACI10SA                                   | 7 430                                        | 0,172 41                                            | $t_0-t_1 = 3,0 \times 10^{-6}$<br>$t_1-t_2 = 10,8 \times 10^{-6}$ | 0,003 4                                                                                     | 160                                    |
|                | ACI14SA Type A                            | 6 880                                        | 0,123 15                                            | $t_0-t_1 = 3,9 \times 10^{-6}$<br>$t_1-t_2 = 10,9 \times 10^{-6}$ | 0,003 6                                                                                     | 142                                    |
|                | ACI14SA Type B                            | 7 100                                        | 0,124 94                                            | $t_0-t_1 = 3,7 \times 10^{-6}$<br>$t_1-t_2 = 10,8 \times 10^{-6}$ | 0,003 6                                                                                     | 152                                    |
|                | ACI17SA                                   | 6 720                                        | 0,102 02                                            | $t_0-t_1 = 4,2 \times 10^{-6}$<br>$t_1-t_2 = 11,2 \times 10^{-6}$ | 0,003 6                                                                                     | 140                                    |
|                | ACI24SA                                   | 6 060                                        | 0,071 84                                            | $t_0-t_1 = 5,5 \times 10^{-6}$<br>$t_1-t_2 = 12,0 \times 10^{-6}$ | 0,003 6                                                                                     | 131                                    |
| 3 <sup>c</sup> | 14SA Type A                               | 7 290                                        | 0,123 15                                            | $11,9 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 174                                    |
|                | 14SA Type B                               | 7 140                                        | 0,123 15                                            | $12,0 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 170                                    |
|                | 14SA Type C                               | 7 290                                        | 0,123 15                                            | $11,9 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 174                                    |
|                | 20SA Type A                               | 6 590                                        | 0,084 80                                            | $13,0 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 162                                    |
|                | 20SA Type B                               | 6 530                                        | 0,084 80                                            | $12,6 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 155                                    |
|                | 20SA Type C                               | 6 530                                        | 0,084 80                                            | $12,6 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 155                                    |
|                | 23SA                                      | 6 270                                        | 0,075 00                                            | $12,9 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 149                                    |
|                | 25SA                                      | 6 100                                        | 0,068 96                                            | $13,1 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 145                                    |
|                | 27SA                                      | 5 910                                        | 0,063 86                                            | $13,4 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 140                                    |
|                | 30SA                                      | 5 610                                        | 0,057 47                                            | $13,8 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 8                                                                                     | 132                                    |
|                | 35SA Type A,<br>35SA Type B               | 5 150                                        | 0,049 26                                            | $14,5 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 9                                                                                     | 122                                    |
|                | 40SA                                      | 4 640                                        | 0,043 10                                            | $15,5 \times 10^{-6}$                                             | 0,004 0                                                                                     | 109                                    |
| 4              | 5MS1B, 5MS2A,<br>5MS3A, 5MS4A,<br>5MS5A   | 7 780                                        | 0,191 57                                            | $11,5 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 195                                    |
|                | 5MS6A, 5MS7A,<br>5MS8A                    | 7 780                                        | a                                                   | $11,5 \times 10^{-6}$                                             | 0,003 6                                                                                     | 195                                    |

| Group | Designation                                        | Density at 20 °C  | Resistivity at 20 °C                | Coefficient of linear expansion | Temperature coefficient of resistance, $\alpha$ , at 20 °C | Modulus of elasticity |
|-------|----------------------------------------------------|-------------------|-------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------------------|-----------------------|
|       | --                                                 | kg/m <sup>3</sup> | $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ | °C <sup>-1</sup>                | °K <sup>-1</sup>                                           | GPa                   |
| 5     | ADMS1B,<br>ADMS2A,<br>ADMS3A,<br>ADMS4A,<br>ADMS5A | 7 780             | 0,191 57                            | $11,5 \times 10^{-6}$           | 0,003 6                                                    | 195                   |
|       | ADMS6A,<br>ADMS7A,<br>ADMS8A                       | 7 780             | a                                   | $11,5 \times 10^{-6}$           | 0,003 6                                                    | 195                   |

<sup>a</sup> For higher tensile grades, micro-alloyed steels having a higher electrical resistance can be used. The resistivity to be used for calculations purposes shall be provided by the manufacturer.

<sup>b</sup> For group 2 wires, the density should be calculated according to the density and ratio of the FeNi36 and the density and ratio of aluminium.

Formula (B.1):

$$\rho = \rho_{\text{Al}} \times R_{\text{Al}} + \rho_{\text{st}} \times R_{\text{st}} \quad (\text{B.1})$$

where:

$\rho$  is the density in kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{Al}}$  is the density of the aluminium at 20 °C: 2 700 kg/m<sup>3</sup>;

$R_{\text{Al}}$  is the aluminium ratio in %;

$\rho_{\text{st}}$  is the density of the FeNi36 at 20 °C: 8 200 kg/m<sup>3</sup>;

$R_{\text{st}}$  is the FeNi36 ratio in %.

<sup>c</sup> For group 3 wires the density should be calculated according to the density and ratio of the steel and the density and ratio of aluminium.

Formula (B.2):

$$\rho = \rho_{\text{Al}} \times R_{\text{Al}} + \rho_{\text{st}} \times R_{\text{st}} \quad (\text{B.2})$$

where:

$\rho$  is the density in kg/m<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{Al}}$  is the density of the aluminium at 20 °C: 2 700 kg/m<sup>3</sup>;

$R_{\text{Al}}$  is the aluminium ratio in %;

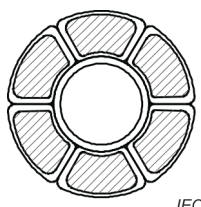
$\rho_{\text{st}}$  is the density of steel at 20 °C: 7 800 kg/m<sup>3</sup>;

$R_{\text{st}}$  is the steel ratio in %.

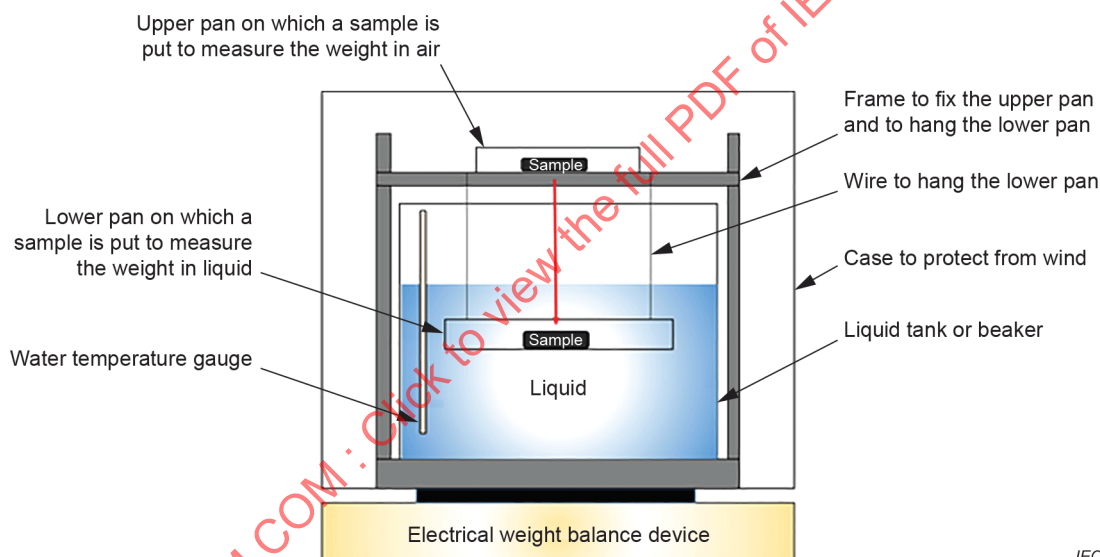
## Annex C (informative)

### Method to measure the equivalent diameter by volume

The equivalent diameter of a formed wire (for example formed aluminium-clad steel wire as shown in Figure C.1) shall be determined by using a density measurement apparatus based on the Archimedes Principle as shown in Figure C.2.



**Figure C.1 – Optical ground wire (OPGW) composed of formed aluminium-clad steel wires**



**Figure C.2 – Example of density measurement apparatus**

The sample shall be cut out with a suitable length (approximately 50 mm). The length,  $L$ , of the sample shall be measured by means of a vernier caliper.

A suitable amount of liquid (for example distilled water) shall be poured into a liquid tank or a beaker and it shall be put on the weight balance device. The value of the weight balance device is then set (adjusted) to 0 g.

After putting the sample on the upper pan, the weight,  $A$ , of the sample in air shall be measured.

The sample shall be taken out of the upper pan and then put on the lower pan, which is immersed in liquid. The temperature of the liquid shall be measured to determine the accurate density of the liquid.

The weight,  $B$ , of the sample in liquid shall be measured.

The density of the sample shall be calculated by Formula (C.1). (There are density measurement apparatuses by which the density of the sample can be calculated automatically.)

$$\rho = \frac{A}{A - B} \times \rho_0 \quad (\text{C.1})$$

where:

$\rho$  is the density of the sample in g/cm<sup>3</sup>;

$A$  is the weight of the sample in air in g;

$B$  is the weight of the sample in liquid (for example distilled water) in g;

$\rho_0$  is the density of the liquid at measured temperature in g/cm<sup>3</sup>.

NOTE In Formula (C.1),  $\rho$  is derived from  $A = \rho \cdot V$  and  $A - B = \rho_0 \cdot V$ , where  $V$  is the volume of the sample.

The equivalent diameter  $D$  of the formed wire shall be calculated by Formula (1).

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022

## Annex D (informative)

### Ratio of aluminium and steel or FeNi36 cross-sectional areas

#### D.1 Standard ratio in cross-section

The standard ratio in the cross-section of group 2 and group 3 wires is described in Table D.1.

**Table D.1 – Standard aluminium and steel or FeNi36 ratio  
in the cross section for group 2 and group 3 wires**

| Class             | Aluminium ratio<br>% | Steel or FeNi36 ratio<br>% |
|-------------------|----------------------|----------------------------|
| ACI10SA           | 14                   | 86                         |
| ACI14SA type A    | 24                   | 76                         |
| ACI14SA type B    | 20                   | 80                         |
| ACI17SA           | 27                   | 73                         |
| ACI24SA           | 39                   | 61                         |
| 14SA Type A, C    | 10                   | 90                         |
| 14SA Type B       | 13                   | 87                         |
| 20SA Type A, B, C | 25                   | 75                         |
| 23SA              | 30                   | 70                         |
| 25SA              | 34                   | 66                         |
| 27SA              | 37                   | 63                         |
| 30SA              | 43                   | 57                         |
| 35SA Type A, B    | 52                   | 48                         |
| 40SA              | 62                   | 38                         |

#### D.2 Average aluminium thickness

The average aluminium thickness in the cross-sectional area for group 2 and group 3 wires in percentage of the nominal wire diameter is given in Table D.2 .

**Table D.2 – Average aluminium thickness**

| Designation       | Average aluminium thickness: AAT (concentric thickness) <div data-bbox="821 338 1150 551" data-label="Image"> <p>The diagram shows a cross-section of a wire with two concentric circles. The inner circle is labeled 'Steel' and the outer circle is labeled 'Aluminium'. A horizontal line with arrows at both ends passes through the center, representing the diameter. A vertical line segment is drawn from the center to the outer circle, with a double-headed arrow indicating the thickness of the aluminium layer. This thickness is labeled 'AAT (average aluminium thickness)'.</p> </div> |
|-------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ACI10SA           | 3,6 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ACI14SA type A    | 6,4 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ACI14SA type B    | 5,3 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ACI17SA           | 7,3 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| ACI24SA           | 10,9 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 14SA Type A, C    | 2,6 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 14SA Type B       | 3,4 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 20SA Type A, B, C | 6,7 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 23SA              | 8,2 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 25SA              | 9,4 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
| 27SA              | 10,3 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 30SA              | 12,3 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 35SA Type A, B    | 15,4 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 40SA              | 19,2 % of nominal wire diameter                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

### Bibliography

- [1] ASTM B997, *Standard Specification for Zinc-Aluminium Alloys in Ingot Form for Hot-Dip Coatings*
  - [2] ASTM E228, *Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials with a Push-Rod Dilatometer*
  - [3] ASTM E831, *Standard Test Method for Linear Thermal Expansion of Solid Materials by Thermomechanical Analysis*
  - [4] ISO 2232, *Round drawn wire for general purpose non-alloy steel wire ropes and for large diameter steel wire ropes – Specifications*
- 

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                                   |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                                | 40 |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                                 | 42 |
| 1 Domaine d'application .....                                                                                                                     | 43 |
| 2 Références normatives .....                                                                                                                     | 43 |
| 3 Termes et définitions .....                                                                                                                     | 43 |
| 4 Matériau .....                                                                                                                                  | 45 |
| 4.1 Acier .....                                                                                                                                   | 45 |
| 4.2 Aluminium .....                                                                                                                               | 45 |
| 4.3 Zinc .....                                                                                                                                    | 45 |
| 4.4 Alliage zinc-aluminium .....                                                                                                                  | 45 |
| 4.5 Alliage zinc-aluminium avancé .....                                                                                                           | 45 |
| 5 Absence de défauts .....                                                                                                                        | 45 |
| 6 Raccordements .....                                                                                                                             | 46 |
| 7 Essais .....                                                                                                                                    | 46 |
| 7.1 Généralités .....                                                                                                                             | 46 |
| 7.2 Lieu d'exécution des essais .....                                                                                                             | 46 |
| 7.3 Fréquence d'échantillonnage .....                                                                                                             | 46 |
| 7.4 Méthodes d'essai .....                                                                                                                        | 46 |
| 7.4.1 Examen visuel .....                                                                                                                         | 46 |
| 7.4.2 Diamètre .....                                                                                                                              | 46 |
| 7.4.3 Contrainte à 1 % d'allongement, résistance à la traction et allongement .....                                                               | 47 |
| 7.4.4 Essais de ductilité .....                                                                                                                   | 48 |
| 7.4.5 Essais de revêtement ou de recouvrement .....                                                                                               | 49 |
| 7.4.6 Coefficient de dilatation linéaire .....                                                                                                    | 50 |
| 7.4.7 Résistivité .....                                                                                                                           | 51 |
| 7.4.8 Essai de résistance à la chaleur de l'adhérence du revêtement .....                                                                         | 51 |
| 8 Acceptation et rejet .....                                                                                                                      | 51 |
| 9 Certificat de conformité .....                                                                                                                  | 51 |
| 10 Emballage .....                                                                                                                                | 51 |
| 10.1 Type d'emballage .....                                                                                                                       | 51 |
| 10.2 Longueur et tolérance sur longueur .....                                                                                                     | 51 |
| Annexe A (normative) Tableaux des propriétés des fils en matériaux recommandés par l'IEC .....                                                    | 52 |
| Annexe B (informative) Propriétés du fil utilisées à des fins de calcul .....                                                                     | 69 |
| Annexe C (informative) Méthode de mesure du diamètre équivalent par le volume .....                                                               | 71 |
| Annexe D (informative) Rapport de l'aluminium et de l'acier ou du FeNi36 dans les sections transversales .....                                    | 73 |
| D.1 Rapport nominal dans la section droite des fils .....                                                                                         | 73 |
| D.2 Épaisseur moyenne de l'aluminium .....                                                                                                        | 73 |
| Bibliographie .....                                                                                                                               | 75 |
| Figure C.1 – Câble de garde à fibres optiques (OPGW - <i>Optical Ground Wire</i> ) composé de fils de forme en acier recouverts d'aluminium ..... | 71 |
| Figure C.2 – Exemple d'appareil de mesure de la masse volumique .....                                                                             | 71 |



|                                                                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tableau A.1 – Désignation des fils .....                                                                                          | 52 |
| Tableau A.2 – Programme d'essais .....                                                                                            | 53 |
| Tableau A.3 – Composition des lingots d'alliage zinc-aluminium (groupe 4 et groupe 5) .....                                       | 54 |
| Tableau A.4 – Exigences pour les fils d'acier revêtus de zinc et d'alliage zinc-aluminium (groupe 1, groupe 4 et groupe 5) .....  | 55 |
| Tableau A.5 – Exigences pour les fils FeNi36 recouverts d'aluminium (groupe 2) .....                                              | 60 |
| Tableau A.6 – Exigences pour les fils d'acier recouverts d'aluminium (groupe 3) .....                                             | 62 |
| Tableau A.7 – Valeur initiale définie pour la détermination de la contrainte à 1 % d'allongement .....                            | 65 |
| Tableau A.8 – Exigences de revêtement pour les fils revêtus de zinc et d'alliage zinc-aluminium .....                             | 66 |
| Tableau A.9 – Exigences de recouvrement pour les fils du groupe 2 et du groupe 3 .....                                            | 67 |
| Tableau A.10 – Essai de résistance à la chaleur du revêtement pour les fils du groupe 4 et du groupe 5 .....                      | 67 |
| Tableau A.11 – Températures pour l'essai de dilatation linéaire pour les fils du groupe 2 .....                                   | 67 |
| Tableau A.12 – Nombre minimal d'immersions pour les revêtements en zinc et alliage de zinc (groupe 1, groupe 4, groupe 5) .....   | 68 |
| Tableau B.1 – Propriétés du fil à des fins de calcul .....                                                                        | 69 |
| Tableau D.1 – Rapport nominal de l'aluminium et de l'acier ou du FeNi36 dans la section des fils du groupe 2 et du groupe 3 ..... | 73 |
| Tableau D.2 – Épaisseur moyenne de l'aluminium .....                                                                              | 74 |

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDUCTEURS POUR LIGNES AÉRIENNES – FIL MÉTALLIQUE REVÊTU  
OU RECOUVERT POUR CONDUCTEURS TORONNÉS À COUCHES  
CONCENTRIQUES****AVANT-PROPOS**

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 63248 a été établie par le comité d'études 7 de l'IEC: Conducteurs pour lignes électriques aériennes. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette première édition annule et remplace la première édition de l'IEC 61232 parue en 1993 et la première édition de l'IEC 60888 parue en 1997. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport aux éditions précédentes de l'IEC 61232 et de l'IEC 60888:

- a) les désignations des fils ont été modifiées et regroupées;
- b) les fils revêtus de zinc de classe 2 ont été supprimés;
- c) de nouvelles désignations des fils ont été ajoutées;
- d) les fils FeNi36 recouverts d'aluminium ont été ajoutés;
- e) les fils d'acier revêtus d'un alliage zinc-aluminium avancé ont été ajoutés.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

| Projet     | Rapport de vote |
|------------|-----------------|
| 7/715/FDIS | 7/720/RVD       |

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Le présent document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous <http://www.iec.ch/standardsdev/publications>.

Le comité a décidé que le contenu du présent document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

## INTRODUCTION

Le présent document a pour objet de regrouper les matériaux de fils similaires qui partagent les mêmes caractéristiques générales et donc les mêmes procédures et exigences d'essai. Le présent document comprend les types de fils existants dans l'IEC 60888 et l'IEC 61232, ainsi que les nouveaux matériaux de fils qui sont déjà utilisés dans le monde entier dans de nouveaux types de conducteurs.

Le revêtement de zinc de classe 2 conforme à l'IEC 60888 n'a pas été inclus dans le présent document, car la demande relative à cette classe de revêtement de zinc est extrêmement rare. Une protection supplémentaire contre la corrosion peut être assurée par d'autres moyens, notamment par l'utilisation de revêtements en alliage de zinc-aluminium.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 63248:2022

# CONDUCTEURS POUR LIGNES AÉRIENNES – FIL MÉTALLIQUE REVÊTU OU RECOUVERT POUR CONDUCTEURS TORONNÉS À COUCHES CONCENTRIQUES

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les propriétés des fils dont le diamètre est compris, entre autres, dans la plage de 1,25 mm à 5,50 mm. Le présent document s'applique aux fils métalliques revêtus ou recouverts avant toronnage utilisés soit comme conducteurs aériens toronnés à couches concentriques, soit dans la fabrication d'âmes pour conducteurs aériens toronnés à couches concentriques, à des fins de transport d'énergie électrique.

Les différents types de fils et leurs désignations sont énumérés dans le Tableau A.1. Pour les calculs, les valeurs énumérées dans l'Annexe B sont utilisées.

## 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 60050 (toutes les parties), *Vocabulaire électrotechnique international (IEV)* (disponible à l'adresse [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org))

IEC 60468, *Méthode de mesure de la résistivité des matériaux métalliques*

ISO 752, *Zinc en lingots*

ISO 6892-1, *Matériaux métalliques - Essai de traction - Partie 1: Méthode d'essai à température ambiante*

ISO 7500-1, *Matériaux métalliques - Étalonnage et vérification des machines pour essais statiques uniaxiaux - Partie 1: Machines d'essai de traction/compression - Étalonnage et vérification du système de mesure de force*

ISO 7800, *Matériaux métalliques - Fils - Essai de torsion simple*

ISO 7801, *Matériaux métalliques - Fils - Essai de pliage alterné*

ISO 7802, *Matériaux métalliques - Fils - Essai d'enroulement*

ISO 7989-2, *Fils et produits tréfilés en acier - Revêtements métalliques non ferreux sur fils d'acier - Partie 2: Revêtements de zinc ou d'alliages de zinc*

## 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions de l'IEC 60050 (toutes les parties), ainsi que les suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <https://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

### 3.1

#### **fil métallique recouvert**

résultat d'un procédé par lequel un métal est lié sous haute pression sur un fil par co-laminage, co-extrusion, ou autres procédés, créant une liaison métallique entre eux

### 3.2

#### **classe**

nombre attribué aux fils recouverts d'aluminium afin de fournir une valeur approximative de conductivité

### 3.3

#### **fil métallique revêtu**

résultat d'un procédé par lequel un métal est déposé sur un fil par immersion à chaud ou par électrolyse, créant une liaison chimique ou métallique entre eux

### 3.4

#### **diamètre équivalent**

diamètre d'un fil rond, qui a la même aire de section qu'un fil de forme donné

### 3.5

#### **fil de forme**

fil métallique tréfilé ou laminé ayant une section droite non circulaire constante

### 3.6

#### **groupe**

désignation donnée aux types de fils qui partagent un revêtement ou un recouvrement commun, ou une propriété à des fins similaires

### 3.7

#### **FeNi36**

catégorie d'alliage acier-nickel conçu pour avoir un très faible coefficient de dilatation thermique

### 3.8

#### **lot**

ensemble d'unités d'un type et d'une dimension de fil donnés, fabriquées par un même fabricant pendant la même période dans des conditions de production similaires

Note 1 à l'article: Un lot peut être constitué de tout ou partie de la quantité achetée.

### 3.9

#### **nominal**

valeur d'une propriété mesurable à laquelle la tolérance est appliquée

Note 1 à l'article: Les valeurs nominales sont des valeurs cibles.

### 3.10

#### **unité**

bobine ou autre conditionnement de fil qui représente une seule longueur utilisable

### 3.11

#### **échantillon**

éprouvette(s) prélevée(s) dans une unité ou des unités qui sont considérées comme possédant des propriétés représentatives d'un lot

**3.12****éprouvette**

longueur de fil retirée à des fins d'essai

**3.13****alliage zinc-aluminium**

mélange de zinc et d'aluminium appliqué à titre de revêtement sur le fil dans le but de le protéger contre la corrosion

Note 1 à l'article: Certains de ces alliages à mélange particulier sont appelés mischmetal.

**3.14****alliage zinc-aluminium avancé**

alliage de zinc-aluminium qui répond à des exigences spécifiques telles que spécifiées dans l'ISO 7989-2

Note 1 à l'article: Des exemples d'alliages zinc-aluminium avancés sont Zn90 % + 10 % d'aluminium et Zn95 % + 5 % d'aluminium avec 0,2 % à 0,5 % de magnésium.

**4 Matériau****4.1 Acier**

Le métal de base doit être un acier élaboré à partir de four à foyer ouvert ou en four électrique, ou par un procédé à l'oxygène. Il doit être d'une composition telle qu'il doit permettre d'obtenir sur le fil fini les propriétés et les caractéristiques indiquées dans le présent document.

**4.2 Aluminium**

L'aluminium utilisé comme revêtement ou recouvrement doit avoir une pureté au moins égale à 99,5 % et être d'une qualité suffisante pour satisfaire aux exigences du présent document en matière d'épaisseur et de résistance électrique.

**4.3 Zinc**

Le lingot de zinc utilisé pour le revêtement doit satisfaire aux exigences ZN-3 de l'ISO 752.

Le revêtement de zinc doit être appliqué par immersion à chaud ou par électrodéposition. Sauf accord entre l'acheteur et le fabricant, la méthode de revêtement doit être laissée à la discrétion du fabricant.

**4.4 Alliage zinc-aluminium**

Le lingot d'alliage de zinc-aluminium utilisé pour le revêtement doit être conforme au Tableau A.3.

**4.5 Alliage zinc-aluminium avancé**

Le lingot d'alliage zinc-aluminium avancé utilisé pour le revêtement doit être conforme au Tableau A.3.

**5 Absence de défauts**

Les fils doivent être lisses et exempts de toute imperfection telle que fissures, rugosités, rayures, inclusions et de tout autre défaut de nature à compromettre les performances du produit final.

## 6 Raccordements

Aucun raccordement ne doit être exécuté sur le fil revêtu ou recouvert fini.

Des raccordements peuvent être réalisés à une étape quelconque de la fabrication avant le tréfilage final à froid par un procédé de soudage électrique bout à bout ou un soudage par étincelage.

Le matériel et le procédé de soudage doivent être tels qu'il puisse être démontré que la résistance à la rupture par traction d'une éprouvette de fil fini qui contient la section soudée doit être au moins égale à 96 % de la contrainte minimale spécifiée à 1 % d'allongement.

Il n'est pas nécessaire qu'une section soudée satisfasse aux exigences de contrainte à 1 % d'allongement et des essais de torsion, de pliage et d'enroulement. Toutes les autres exigences doivent être satisfaites.

Aucun raccordement n'est admis après traitement thermique sur les fils qui sont utilisés dans les conducteurs à fil unique.

## 7 Essais

### 7.1 Généralités

Le fabricant doit effectuer des essais sur les fils pour démontrer leur conformité au présent document. Les essais doivent être effectués conformément aux spécifications du Tableau A.2.

Les essais doivent être effectués entre 10 °C et 30 °C.

### 7.2 Lieu d'exécution des essais

Sauf accord contraire entre l'acheteur et le fabricant au moment de la commande, tous les essais doivent être effectués dans les locaux du fabricant.

### 7.3 Fréquence d'échantillonnage

L'éprouvette pour les essais spécifiés en 7.4 doit être prélevée par le fabricant sur des échantillons d'au moins 10 % de chaque lot.

En variante, lorsqu'une procédure d'assurance de la qualité est en place et appliquée, la fréquence d'échantillonnage doit faire l'objet d'un accord entre le fabricant et l'acheteur.

### 7.4 Méthodes d'essai

#### 7.4.1 Examen visuel

La surface du fil doit faire l'objet d'un contrôle visuel pour assurer qu'elle est lisse et exempte de tout défaut, y compris entre autres de fissures, d'irrégularités, de trous, d'inclusions d'impuretés, etc.

#### 7.4.2 Diamètre

##### 7.4.2.1 Unité de calcul du diamètre

Le diamètre nominal d'un fil doit être exprimé en millimètres avec deux chiffres décimaux.



#### 7.4.2.2 Diamètre obtenu par mesurages directs

Le diamètre d'un fil rond doit être la moyenne des résultats de deux mesurages à angle droit effectués sur la même section droite. L'appareil de mesure doit avoir une exactitude d'au moins 0,001 mm.

Lorsqu'il est soumis à l'essai conformément à 7.4.2.2, le diamètre ne doit pas varier par rapport à sa valeur nominale de plus de la valeur requise indiquée dans le Tableau A.4, le Tableau A.5 ou le Tableau A.6.

#### 7.4.2.3 Diamètre obtenu par mesurages de poids

Le diamètre équivalent d'un fil de forme doit être obtenu à partir de mesurages de son poids effectués sur un échantillon d'au moins 1,0 m de longueur, et de sa masse volumique telle qu'elle est définie dans le Tableau B.1.

Le diamètre équivalent,  $D$ , du fil de forme doit être calculé par la Formule (1)

$$D = \sqrt{\frac{4A}{\pi\rho L}} \quad (1)$$

où:

$D$  est le diamètre équivalent de l'échantillon en mm;

$A$  est le poids de l'échantillon avec la longueur  $L$ , en g;

$L$  est la longueur de l'échantillon en m;

$\rho$  est la masse volumique de l'échantillon en g/cm<sup>3</sup>.

Lorsqu'il est soumis à l'essai conformément au 7.4.2.3, le diamètre équivalent ne doit pas varier par rapport à sa valeur nominale de plus de la valeur de tolérance indiquée dans le Tableau A.4, le Tableau A.5, ou le Tableau A.6.

#### 7.4.2.4 Diamètre obtenu par mesurages de volume

Le diamètre équivalent d'un fil de forme doit également être obtenu à partir de mesurages de volume et de poids, comme cela est décrit à l'Annexe C.

Lorsqu'il est soumis à l'essai conformément au 7.4.2.4, le diamètre équivalent ne doit pas varier par rapport à sa valeur nominale de plus de la valeur de tolérance indiquée dans le Tableau A.4, le Tableau A.5, ou le Tableau A.6.

### 7.4.3 Contrainte à 1 % d'allongement, résistance à la traction et allongement

#### 7.4.3.1 Préparation des échantillons

Les échantillons de fil doivent être exempts de pliages ou de tortillements autres que la courbure résultant de l'opération habituelle de bobinage. Ils doivent être redressés avant d'être insérés dans les mors de l'équipement d'essai de traction, à l'aide d'un dispositif de dressage de fil à galets ou par tout autre moyen conçu pour exercer un effet minimal sur les propriétés mécaniques de l'échantillon. Les échantillons pour essais ne doivent pas avoir moins de 450 mm de longueur et doivent être insérés dans la machine d'essai de manière à laisser une longueur libre d'au moins 300 mm entre les mors.

#### 7.4.3.2 Contrainte à 1 % d'allongement et résistance à la traction

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1.

Le système de mesure de force de la machine d'essai doit être étalonné conformément à l'ISO 7500-1, classe 1 ou meilleure.

La vitesse d'écartement des mors de la machine d'essai doit être comprise entre 25 mm/min et 100 mm/min.

Afin d'obtenir une éprouvette d'essai droite et d'assurer l'alignement de l'éprouvette et du système d'attache, une charge préliminaire dont la contrainte initiale est indiquée au Tableau A.7 doit être appliquée.

Cette charge doit être maintenue pendant qu'un repère de 250 mm est marqué sur l'échantillon et qu'un extensomètre approprié est appliqué sur une longueur entre repères de 250 mm (ne correspondant pas nécessairement à la longueur entre repères marquée).

Il convient de corriger l'allongement conformément au Tableau A.7 afin de prendre en compte l'effet de la charge préliminaire.

Cette charge doit ensuite être augmentée uniformément jusqu'à ce que l'extensomètre indique un allongement de 2,5 mm sur les 250 mm (1 % d'allongement).

À ce stade, l'équipement d'essai de traction peut être arrêté si nécessaire, et la charge lue. La valeur de la contrainte à 1 % d'allongement est calculée en divisant cette charge par l'aire du fil sur la base des mesurages du diamètre du fil selon 7.4.2. Après cette opération, l'extensomètre peut être retiré. L'éprouvette doit alors être chargée jusqu'à rupture et sa résistance à la traction doit être déterminée.

Lorsque le fil est soumis à l'essai conformément au 7.4.3.2, il doit être conforme aux exigences indiquées dans le Tableau A.4, le Tableau A.5 ou le Tableau A.6.

#### **7.4.3.3 Allongement après rupture**

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1.

La longueur entre repères à appliquer est de 250 mm.

Lorsque le fil est soumis à l'essai conformément au 7.4.3.3, il doit être conforme aux exigences indiquées dans le Tableau A.4, le Tableau A.5 ou le Tableau A.6.

#### **7.4.3.4 Allongement à la rupture**

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 6892-1.

La longueur entre repères à appliquer est de 250 mm.

Lorsque le fil est soumis à l'essai conformément au 7.4.3.4, il doit être conforme aux exigences indiquées dans le Tableau A.5 ou le Tableau A.6.

### **7.4.4 Essais de ductilité**

#### **7.4.4.1 Essai de torsion**

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 7800.

La longueur libre entre les mors est de 100 fois le diamètre nominal.

Le nombre de torsions obtenues ne doit pas être inférieur à la valeur indiquée dans le Tableau A.4, le Tableau A.5 ou le Tableau A.6.

#### **7.4.4.2 Essai d'enroulement**

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 7802.

L'éprouvette doit être enroulée sur 8 tours en spirale serrée autour d'un mandrin, à une vitesse qui ne dépasse pas 15 tours par minute.

Le diamètre du mandrin doit être conforme à la valeur indiquée dans le Tableau A.4, le Tableau A.5, ou le Tableau A.6.

Le fil ne doit pas se rompre complètement pendant l'essai effectué selon 7.4.4.2.

#### **7.4.4.3 Essai de pliage alterné**

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 7801.

Le nombre minimal de pliages alternés à appliquer doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

NOTE L'ISO 2232 [4]<sup>1</sup>, Qualité A peut être utilisée pour avoir une référence sur le minimum de pliages alternés réalisables.

#### **7.4.5 Essais de revêtement ou de recouvrement**

##### **7.4.5.1 Essai de masse de revêtement ou d'épaisseur de recouvrement**

###### **7.4.5.1.1 Masse de revêtement en zinc ou en alliage zinc-aluminium**

La masse de revêtement peut être déterminée soit par la méthode volumétrique gazeuse, soit par la méthode gravimétrique et est soumise à l'essai conformément à l'ISO 7989-2.

En cas de litige, la méthode gravimétrique doit être admise comme méthode de compromis.

La masse de revêtement ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée dans le Tableau A.8.

###### **7.4.5.1.2 Épaisseur de recouvrement en aluminium**

L'épaisseur du recouvrement d'aluminium d'une éprouvette doit être déterminée à l'aide d'un microscope optique ou d'appareils électriques (de mesure) fonctionnant sur le principe du perméamètre et correctement étalonnés sur le diamètre réel de l'éprouvette.

Le résultat de mesure au microscope doit être lu à trois décimales et arrondi à deux décimales. À titre de référence, le mesurage au microscope doit servir à déterminer l'épaisseur de l'aluminium sur des échantillons prélevés à l'extrémité des bobines.

L'épaisseur d'aluminium ne doit pas être inférieure à la valeur indiquée dans le Tableau A.9.

Le rapport de l'aluminium et de l'acier ou du FeNi36 est décrit dans l'Annexe D.

##### **7.4.5.2 Essai d'adhérence du revêtement ou du recouvrement**

###### **7.4.5.2.1 Revêtement en zinc ou en alliage zinc-aluminium**

L'essai doit être effectué conformément à l'ISO 7802.

---

<sup>1</sup> Les chiffres entre crochets renvoient à la Bibliographie.

L'éprouvette doit être enroulée sur 8 tours en spirale serrée autour d'un mandrin, à une vitesse qui ne dépasse pas 15 tours par minute.

Le diamètre du mandrin doit être conforme à la valeur indiquée dans le Tableau A.4.

Le revêtement doit rester fermement adhérent à l'acier et ne doit pas se fissurer ou s'écailler au point de pouvoir être enlevé par frottement avec les doigts nus.

#### 7.4.5.2.2 Recouvrement d'aluminium

Cet essai doit être effectué conformément à l'ISO 7802.

L'éprouvette doit être enroulée sur 8 tours en spirale serrée autour d'un mandrin, à une vitesse qui ne dépasse pas 15 tours par minute.

Le diamètre du mandrin doit être conforme à la valeur indiquée dans le Tableau A.5 ou le Tableau A.6.

L'éprouvette ne doit présenter aucune séparation entre l'aluminium et l'acier lorsqu'elle est examinée à l'œil nu ou avec des verres correcteurs normaux.

#### 7.4.5.3 Uniformité des revêtements de zinc et de zinc-aluminium (ou essai d'immersion)

Cet essai doit être effectué conformément à l'ISO 7989-2.

Le nombre minimal d'immersions (ou trempages) est spécifié dans le Tableau A.12.

#### 7.4.6 Coefficient de dilatation linéaire

Le coefficient de dilatation linéaire peut être déterminé soit par analyse thermomécanique (TMA - *Thermo Mechanical Analysis*), soit par dilatomètre à tige-poussoir.

NOTE Ces deux méthodes d'essai sont décrites dans les normes suivantes: ASTM E831 (pour la TMA) [3] et ASTM E228 (pour le dilatomètre à tige-poussoir) [2].

La longueur d'une éprouvette doit être mesurée à température ambiante et aux températures appropriées spécifiées dans le Tableau A.11.

Le coefficient de dilatation linéaire doit être calculé par la Formule (2):

$$\alpha_{t_0-t_1} = \frac{L_{t_1} - L_{t_0}}{(t_1 - t_0) \cdot L_{t_0}} \quad \text{et} \quad \alpha_{t_1-t_2} = \frac{L_{t_1} - L_{t_2}}{(t_2 - t_1) \cdot L_{t_0}} \quad (2)$$

où:

$\alpha_{t_0-t_1}$  est le coefficient de dilatation linéaire entre  $t_0$  et  $t_1$  en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$\alpha_{t_1-t_2}$  est le coefficient de dilatation linéaire entre  $t_1$  et  $t_2$  en  $^{\circ}\text{C}^{-1}$ ;

$t_0$  est la température ambiante en  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_1$  est la température selon le Tableau A.11 en  $^{\circ}\text{C}$ ;

$t_2$  est la température selon le Tableau A.11 en  $^{\circ}\text{C}$ ;

$L_{t_0}$  est la longueur de l'échantillon à  $t_0$  en mm;

$L_{t1}$  est la longueur de l'échantillon à  $t_1$  en mm;

$L_{t2}$  est la longueur de l'échantillon à  $t_2$  en mm.

Les valeurs à utiliser pour les calculs sont disponibles dans le Tableau B.1.

#### **7.4.7 Résistivité**

L'essai doit être effectué conformément à l'IEC 60468.

Pour le groupe 2 et le groupe 3, la résistivité à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur indiquée dans la colonne de résistivité du Tableau A.5 ou du Tableau A.6.

#### **7.4.8 Essai de résistance à la chaleur de l'adhérence du revêtement**

Cet essai s'applique uniquement aux fils des groupes 4 et 5.

Une éprouvette doit être maintenue dans une étuve à la température et à la durée exigées dans le Tableau A.10.

Après le chauffage, l'échantillon est refroidi jusqu'à la température ambiante.

L'éprouvette doit être ensuite enroulée sur 8 tours en spirale serrée autour d'un mandrin, à une vitesse qui ne dépasse pas 15 tours par minute.

Le diamètre du mandrin doit être conforme à la valeur indiquée dans le Tableau A.4, colonne "Rapport entre les diamètres du mandrin et du fil pour l'essai d'adhérence du revêtement".

Le revêtement doit rester fermement adhérent à l'acier et ne doit pas se fissurer ou s'écailler au point de pouvoir être enlevé par frottement avec les doigts nus.

### **8 Acceptation et rejet**

La non-conformité d'une éprouvette à une quelconque exigence du présent document doit constituer un motif de rejet du lot complet représenté par l'éprouvette.

Dans le cas où un lot est ainsi rejeté, le fabricant doit avoir le droit de soumettre une fois à l'essai chacune des unités individuelles de ce lot pour retenir celles qui satisfont aux exigences d'acceptation.

### **9 Certificat de conformité**

Sauf accord contraire entre l'acheteur et fabricant, le fabricant doit fournir à l'acheteur un certificat qui donne les résultats de tous les essais effectués sur les échantillons.

### **10 Emballage**

#### **10.1 Type d'emballage**

Le type d'emballage doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

#### **10.2 Longueur et tolérance sur longueur**

Les longueurs et les tolérances sur les longueurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

## Annexe A (normative)

### Tableaux des propriétés des fils en matériaux recommandés par l'IEC

Tableau A.1 – Désignation des fils

| Groupe                                                                  | Désignation                 | Désignation des fils                                |
|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------|
| Groupe 1 <sup>e,f</sup><br>Fils d'acier revêtus de zinc                 | S1A                         | Acier revêtu de zinc S1A                            |
|                                                                         | ST1A                        | Acier revêtu de zinc ST1A                           |
|                                                                         | S2A                         | Acier revêtu de zinc S2A                            |
|                                                                         | S3A                         | Acier revêtu de zinc S3A                            |
|                                                                         | ST6C                        | Acier revêtu de zinc ST6C                           |
|                                                                         | S4A                         | Acier revêtu de zinc S4A                            |
|                                                                         | S5A                         | Acier revêtu de zinc S5A                            |
|                                                                         | S6A                         | Acier revêtu de zinc S6A                            |
|                                                                         | S7A                         | Acier revêtu de zinc S7A                            |
|                                                                         | S8A                         | Acier revêtu de zinc S8A                            |
| Groupe 2 <sup>a</sup><br>Fils FeNi36 recouverts d'aluminium             | ACI10SA                     | Acier FeNi36 recouvert d'aluminium classe 10        |
|                                                                         | ACI14SA type A <sup>c</sup> | Acier FeNi36 recouvert d'aluminium classe 14 type A |
|                                                                         | ACI14SA type B <sup>c</sup> | Acier FeNi36 recouvert d'aluminium classe 14 type B |
|                                                                         | ACI17SA                     | Acier FeNi36 recouvert d'aluminium classe 17        |
|                                                                         | ACI24SA                     | Acier FeNi36 recouvert d'aluminium classe 24        |
| Groupe 3 <sup>b</sup><br>Fils d'acier recouverts d'aluminium            | 14SA type A <sup>d</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 14 type A        |
|                                                                         | 14SA type B <sup>d</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 14 type B        |
|                                                                         | 14SA type C <sup>d</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 14 type C        |
|                                                                         | 20SA type A <sup>d</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 20 type A        |
|                                                                         | 20SA type B <sup>d</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 20 type B        |
|                                                                         | 20SA type C <sup>d</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 20 type C        |
|                                                                         | 23SA                        | Acier recouvert d'aluminium classe 23               |
|                                                                         | 25SA                        | Acier recouvert d'aluminium classe 25               |
|                                                                         | 27SA                        | Acier recouvert d'aluminium classe 27               |
|                                                                         | 30SA                        | Acier recouvert d'aluminium classe 30               |
|                                                                         | 35SA type A <sup>c</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 35 type A        |
|                                                                         | 35SA type B <sup>c</sup>    | Acier recouvert d'aluminium classe 35 type B        |
|                                                                         | 40SA                        | Acier recouvert d'aluminium classe 40               |
| Groupe 4 <sup>e,f</sup><br>Fils d'acier revêtus de zinc-5 % d'aluminium | 5MS1B                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS1B          |
|                                                                         | 5MS2A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS2A          |
|                                                                         | 5MS3A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS3A          |
|                                                                         | 5MS4A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS4A          |
|                                                                         | 5MS5A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS5A          |
|                                                                         | 5MS6A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS6A          |
|                                                                         | 5MS7A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS7A          |
|                                                                         | 5MS8A                       | Acier revêtu de zinc-5 % d'aluminium 5MS8A          |

| Groupe                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Désignation | Désignation des fils                                   |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|--------------------------------------------------------|
| Groupe 5 <sup>e,f</sup><br>Fils d'acier revêtus d'un alliage zinc-aluminium avancé                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            | ADMS2A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS2A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ADMS3A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS3A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ADMS4A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS4A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ADMS5A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS5A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ADMS6A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS6A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ADMS7A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS7A |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | ADMS8A      | Acier revêtu d'un alliage zinc-aluminium avancé ADMS8A |
| <p><sup>a</sup> Les fils du groupe 2 sont spécifiés dans les classes "ACI10SA", "ACI14SA", "ACI17SA" et "ACI24SA" selon leur conductivité de 10 %, 14 %, 17 % et 24 % IACS (International Annealed Copper Standard - <i>Spécifications internationales d'un cuivre type recuit</i>).</p> <p><sup>b</sup> Les fils du groupe 3 sont spécifiés dans les classes "14SA", "20SA", "23SA", "25SA", "27SA", "30SA", "35SA" et "40SA" selon leur conductivité de 14 %, 20,3 %, 23 %, 25 %, 27 %, 30 %, 35 % et 40 % IACS.</p> <p><sup>c</sup> Les fils de la classe ACI14SA et 35SA sont subdivisés en deux types, A et B, en fonction de leur résistance à la traction.</p> <p><sup>d</sup> Les fils des classes 14SA et 20SA sont subdivisés en trois types, A, B et C, en fonction de leur résistance à la traction.</p> <p><sup>e</sup> Pour les groupes 1, 4 et 5, la dernière lettre (A, B, C) fait référence à la classe du revêtement.</p> <p><sup>f</sup> Les fils désignés ont été triés en fonction de l'augmentation de la résistance à la traction.</p> |             |                                                        |

Tableau A.2 – Programme d'essais

|                                       | Paragraphe     | Groupe 1  | Groupe 2       | Groupe 3       | Groupe 4 & Groupe 5 |
|---------------------------------------|----------------|-----------|----------------|----------------|---------------------|
| Examen visuel                         | 7.4.1          | Y         | Y              | Y              | Y                   |
| Diamètre du fil                       | 7.4.2          | Y         | Y              | Y              | Y                   |
| Contrainte à 1 % d'allongement        | 7.4.3.2        | Y         | Y              | Y              | Y                   |
| Résistance à la rupture par traction  | 7.4.3.2        | Y         | Y              | Y              | Y                   |
| Allongement après rupture             | 7.4.3.3        | Y         | Y <sup>b</sup> | Y <sup>b</sup> | Y                   |
| Allongement à la rupture              | 7.4.3.4        |           | Y <sup>b</sup> | Y <sup>b</sup> |                     |
| Ductilité                             | Torsion        | 7.4.4.1   | Y              | Y              | Y                   |
|                                       | Enroulement    | 7.4.4.2   | Y              | O              | Y                   |
|                                       | Pliage alterné | 7.4.4.3   | O              | O              | O                   |
| Epaisseur                             | Revêtement     | 7.4.5.1.1 | Y              |                | Y                   |
|                                       | Recouvrement   | 7.4.5.1.2 |                | Y              |                     |
| Adhérence                             | Revêtement     | 7.4.5.2.1 | Y              |                | Y                   |
|                                       | Recouvrement   | 7.4.5.2.2 |                | Y              |                     |
| Uniformité du revêtement              | 7.4.5.3        | Y         |                |                | Y                   |
| Dilatation linéaire <sup>a</sup>      | 7.4.6          | O         | O              | O              | O                   |
| Résistivité                           | 7.4.7          | O         | Y              | Y              | O                   |
| Résistance à la chaleur du revêtement | 7.4.8          |           |                |                | O                   |

NOTE 1 "Y" (yes - *oui*) indique que l'essai doit être effectué conformément à 7.3.

NOTE 2 "O" (optional - *facultatif*) indique que l'essai est facultatif et doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

<sup>a</sup> Le coefficient de dilatation linéaire est une constante physique. La variation des valeurs obtenues est due à l'exactitude de mesure. Les valeurs obtenues sont présentées uniquement à titre indicatif.

<sup>b</sup> Pour les groupes 2 et 3, le fil doit être conforme aux exigences d'allongement après rupture ou aux exigences d'allongement à la rupture. Sauf accord contraire entre le fabricant et l'acheteur au moment de l'achat, il appartient au fabricant de choisir la méthode de mesure.

**Tableau A.3 – Composition des lingots d'alliage zinc-aluminium (groupe 4 et groupe 5)**

| Elément                       | Composition, % |             |
|-------------------------------|----------------|-------------|
|                               | 95/5 Zn/Al     | 90/10 Zn/Al |
| Aluminium                     | 4,2 à 6,2      | 9,4 à 10,6  |
| Cérium et lanthane, total     | 0,0 à 0,10     | 0,0 à 0,10  |
| Fer                           | 0,075 max      | 0,075 max   |
| Silicium                      | 0,015 max      | 0,015 max   |
| Plomb, cadmium                | 0,005 max      | 0,005 max   |
| Etain                         | 0,002 max      | 0,002 max   |
| Autres, chacun <sup>a,b</sup> | 0,02 max       | 0,02 max    |
| Autres, total <sup>a,b</sup>  | 0,04 max       | 0,04 max    |
| Zinc                          | Reste          | Reste       |

NOTE La composition des lingots d'alliage zinc-aluminium repose sur la norme ASTM B997[1].

<sup>a</sup> Le magnésium peut être spécifié par l'acheteur jusqu'à 0,75 % au plus.

<sup>b</sup> Sauf le magnésium.



Tableau A.4 – Exigences pour les fils d’acier revêtus de zinc et d’alliage zinc-aluminium (groupe 1, groupe 4 et groupe 5)

| Diamètre nominal<br>mm |                         | Tolérance sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à 1 %<br>d’allongement | Résistance à<br>la traction<br>minimale | Résistance<br>moyenne à la<br>traction<br>minimale du<br>lot <sup>a</sup> | Allongement<br>minimal après<br>rupture | Rapport entre<br>les diamètres<br>du mandrin et<br>du fil pour<br>l’essai<br>d’enroulement<br>concernant la<br>ductilité | Rapport entre les<br>diamètres du<br>mandrin et du fil<br>pour l’essai<br>d’adhérence du<br>revêtement | Nombre<br>minimal de<br>torsions |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Au-<br>dessus<br>de    | Jusques et y<br>compris | mm                           | MPa                                           | MPa                                     | MPa                                                                       | %                                       | ---                                                                                                                      | ---                                                                                                    | ---                              |
| S1A                    |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                   | 2,25                    | ±0,03                        | 1 170                                         | 1 340                                   |                                                                           | 3,0                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 18                               |
| 2,25                   | 2,75                    | ±0,04                        | 1 140                                         | 1 310                                   |                                                                           | 3,0                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 2,75                   | 3,00                    | ±0,05                        | 1 140                                         | 1 310                                   |                                                                           | 3,5                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 3,00                   | 3,50                    | ±0,05                        | 1 100                                         | 1 290                                   |                                                                           | 3,5                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 3,50                   | 4,75                    | ±0,06                        | 1 100                                         | 1 290                                   |                                                                           | 4,0                                     | 1                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |
| 4,75                   | 5,50                    | ±0,07                        | 1 100                                         | 1 290                                   |                                                                           | 4,0                                     | 1                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |
| S1A                    |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                   | 2,25                    | ±0,03                        | 1 170                                         | 1 400                                   |                                                                           | 3,0                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 18                               |
| 2,25                   | 2,75                    | ±0,04                        | 1 140                                         | 1 350                                   |                                                                           | 3,0                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 2,75                   | 3,00                    | ±0,05                        | 1 140                                         | 1 350                                   |                                                                           | 3,5                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 3,00                   | 3,50                    | ±0,05                        | 1 100                                         | 1 300                                   |                                                                           | 3,5                                     | 1                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 3,50                   | 4,75                    | ±0,06                        | 1 100                                         | 1 300                                   |                                                                           | 4,0                                     | 1                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |
| 4,75                   | 5,50                    | ±0,07                        | 1 100                                         | 1 300                                   |                                                                           | 4,0                                     | 1                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |
| 5MS1B                  |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                   | 2,25                    | ±0,03                        | 1 170                                         | 1 340                                   |                                                                           | 3,0                                     | 3                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 2,25                   | 2,75                    | ±0,04                        | 1 140                                         | 1 310                                   |                                                                           | 3,0                                     | 3                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 2,75                   | 3,00                    | ±0,05                        | 1 140                                         | 1 310                                   |                                                                           | 3,5                                     | 3                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 3,00                   | 3,50                    | ±0,05                        | 1 100                                         | 1 290                                   |                                                                           | 3,5                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 3,50                   | 4,75                    | ±0,06                        | 1 100                                         | 1 290                                   |                                                                           | 4,0                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |

| Diamètre nominal<br>mm    |                         | Tolérance sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à 1 %<br>d'allongement | Résistance à<br>la traction<br>minimale | Résistance<br>moyenne à la<br>traction<br>minimale du<br>lot <sup>a</sup> | Allongement<br>minimal après<br>rupture | Rapport entre<br>les diamètres<br>du mandrin et<br>du fil pour<br>l'essai<br>d'enroulement<br>concernant la<br>ductilité | Rapport entre les<br>diamètres du<br>mandrin et du fil<br>pour l'essai<br>d'adhérence du<br>revêtement | Nombre<br>minimal de<br>torsions |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Au-<br>dessus<br>de       | Jusques et y<br>compris | mm                           | MPa                                           | MPa                                     | MPa                                                                       | %                                       | ---                                                                                                                      | ---                                                                                                    | ---                              |
| ---                       | ---                     |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| <b>S2A, 5MS2A, ADMS2A</b> |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 2,25                    | ±0,03                        | 1 310                                         | 1 450                                   |                                                                           | 2,5                                     | 3                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,04                        | 1 280                                         | 1 410                                   |                                                                           | 2,5                                     | 3                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 280                                         | 1 410                                   |                                                                           | 3,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 16                               |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 240                                         | 1 410                                   |                                                                           | 3,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 3,50                      | 4,75                    | ±0,06                        | 1 170                                         | 1 380                                   |                                                                           | 3,0                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |
| 4,75                      | 5,50                    | ±0,07                        | 1 170                                         | 1 380                                   |                                                                           | 3,0                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 12                               |
| <b>S3A, 5MS3A, ADMS3A</b> |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 2,25                    | ±0,03                        | 1 450                                         | 1 620                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,04                        | 1 410                                         | 1 590                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 410                                         | 1 590                                   |                                                                           | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 12                               |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 380                                         | 1 550                                   |                                                                           | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 12                               |
| 3,50                      | 4,75                    | ±0,06                        | 1 340                                         | 1 520                                   |                                                                           | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 10                               |
| 4,75                      | 5,50                    | ±0,07                        | 1 270                                         | 1 500                                   |                                                                           | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 10                               |

| Diamètre nominal<br>mm    |                         | Tolérance sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à 1 %<br>d'allongement | Résistance à<br>la traction<br>minimale | Résistance<br>moyenne à la<br>traction<br>minimale du<br>lot <sup>a</sup> | Allongement<br>minimal après<br>rupture | Rapport entre<br>les diamètres<br>du mandrin et<br>du fil pour<br>l'essai<br>d'enroulement<br>concernant la<br>ductilité | Rapport entre les<br>diamètres du<br>mandrin et du fil<br>pour l'essai<br>d'adhérence du<br>revêtement | Nombre<br>minimal de<br>torsions |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Au-<br>dessus<br>de       | Jusques et y<br>compris | mm                           | MPa                                           | MPa                                     | MPa                                                                       | %                                       | ---                                                                                                                      | ---                                                                                                    | ---                              |
| <b>ST6C</b>               |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 1,75                    | ±0,03                        | 1 450                                         | 1 700                                   | 1 800                                                                     | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 1,75                      | 2,25                    | ±0,04                        | 1 450                                         | 1 700                                   | 1 800                                                                     | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,04                        | 1 410                                         | 1 650                                   | 1 750                                                                     | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 14                               |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 410                                         | 1 650                                   | 1 750                                                                     | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 12                               |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 380                                         | 1 600                                   | 1 700                                                                     | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 10                               |
| 3,50                      | 4,75                    | ±0,06                        | 1 340                                         | 1 600                                   | 1 700                                                                     | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 10                               |
| 4,75                      | 5,50                    | ±0,07                        | 1 340                                         | 1 600                                   | 1 700                                                                     | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 10                               |
| <b>S4A, 5MS4A, ADMS4A</b> |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 2,25                    | ±0,03                        | 1 550                                         | 1 825                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 12                               |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,05                        | 1 515                                         | 1 790                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 12                               |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 515                                         | 1 790                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 10                               |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 480                                         | 1 760                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 10                               |
| 3,50                      | 4,25                    | ±0,06                        | 1 450                                         | 1 725                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 10                               |
| 4,25                      | 4,75                    | ±0,06                        | 1 450                                         | 1 725                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 8                                |

| Diamètre nominal<br>mm    |                         | Tolérance sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à 1 %<br>d'allongement | Résistance à<br>la traction<br>minimale | Résistance<br>moyenne à la<br>traction<br>minimale du<br>lot <sup>a</sup> | Allongement<br>minimal après<br>rupture | Rapport entre<br>les diamètres<br>du mandrin et<br>du fil pour<br>l'essai<br>d'enroulement<br>concernant la<br>ductilité | Rapport entre les<br>diamètres du<br>mandrin et du fil<br>pour l'essai<br>d'adhérence du<br>revêtement | Nombre<br>minimal de<br>torsions |
|---------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Au-<br>dessus<br>de       | Jusques et y<br>compris | mm                           | MPa                                           | MPa                                     | MPa                                                                       | %                                       | ---                                                                                                                      | ---                                                                                                    | ---                              |
| <b>S5A, 5MS5A, ADMS5A</b> |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 2,25                    | ±0,03                        | 1 580                                         | 1 965                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 10                               |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,05                        | 1 550                                         | 1 900                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 10                               |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 550                                         | 1 900                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 8                                |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 515                                         | 1 860                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 8                                |
| 3,50                      | 4,25                    | ±0,06                        | 1 480                                         | 1 825                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 8                                |
| 4,25                      | 4,75                    | ±0,06                        | 1 480                                         | 1 825                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 6                                |
| <b>S6A, 5MS6A, ADMS6A</b> |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 2,25                    | ±0,03                        | 1 680                                         | 2 060                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 8                                |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,04                        | 1 640                                         | 2 000                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 8                                |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 640                                         | 2 000                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 6                                |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 600                                         | 1 960                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 5                                |
| 3,50                      | 4,25                    | ±0,06                        | 1 570                                         | 1 925                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 4                                |
| <b>5MS7A S7A, ADMS7A</b>  |                         |                              |                                               |                                         |                                                                           |                                         |                                                                                                                          |                                                                                                        |                                  |
| 1,24                      | 2,25                    | ±0,03                        | 1 770                                         | 2 160                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 6                                |
| 2,25                      | 2,75                    | ±0,04                        | 1 720                                         | 2 100                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 6                                |
| 2,75                      | 3,00                    | ±0,05                        | 1 720                                         | 2 100                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 5                                |
| 3,00                      | 3,50                    | ±0,05                        | 1 690                                         | 2 060                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 4                                |
| 3,50                      | 4,25                    | ±0,06                        | 1 660                                         | 2 025                                   |                                                                           | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 3                                |

| Diamètre nominal<br>mm |                         | Tolérance sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à 1 %<br>d'allongement | Résistance à<br>la traction<br>minimale | Résistance<br>moyenne à la<br>traction<br>minimale du<br>lot <sup>a</sup> | Allongement<br>minimal après<br>rupture | Rapport entre<br>les diamètres<br>du mandrin et<br>du fil pour<br>l'essai<br>d'enroulement<br>concernant la<br>ductilité | Rapport entre les<br>diamètres du<br>mandrin et du fil<br>pour l'essai<br>d'adhérence du<br>revêtement | Nombre<br>minimal de<br>torsions |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Au-<br>dessus<br>de    | Jusques et y<br>compris | mm                           | MPa                                           | MPa                                     | MPa                                                                       | %                                       | ---                                                                                                                      | ---                                                                                                    | ---                              |
| 1,24                   | 2,25                    | ±0,03                        | 1 850                                         | 2 260                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 6                                |
| 2,25                   | 2,75                    | ±0,04                        | 1 800                                         | 2 200                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 6                                |
| 2,75                   | 3,00                    | ±0,05                        | 1 800                                         | 2 200                                   |                                                                           | 2,0                                     | 4                                                                                                                        | 4                                                                                                      | 5                                |
| 3,00                   | 3,50                    | ±0,05                        | 1 770                                         | 2 160                                   |                                                                           | 2,5                                     | 4                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 4                                |
| 3,50                   | 4,25                    | ±0,06                        | 1 740                                         | 2 125                                   |                                                                           | 2,5                                     | 5                                                                                                                        | 5                                                                                                      | 3                                |

<sup>a</sup> La résistance moyenne à la traction minimale du lot n'est applicable qu'aux désignations de fil ST6C.

<sup>a</sup> La résistance moyenne à la traction minimale du lot n'est applicable qu'aux désignations de fil ST6C.

Tableau A.5 – Exigences pour les fils FeNi36 recouverts d'aluminium (groupe 2)

| Diamètre nominal<br>mm |                         | Tolérance<br>sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à<br>1 %<br>d'allongement<br><br>MPa | Résistance<br>à la traction<br>minimale<br><br>MPa | Allongement minimal |                  | Rapport entre les diamètres<br>du mandrin et du fil pour |                                            | Conductivité<br>minimale<br><br>% IACS | Résistivité<br>maximale à<br>20 °C<br><br>Ω·mm <sup>2</sup> /m | Nombre<br>minimal de<br>torsions |
|------------------------|-------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|----------------------------------------|----------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Au-dessus<br>de        | Jusques et<br>y compris |                                 |                                                             |                                                    | A la rupture        | Après<br>rupture | essai<br>d'enroulement<br>concernant la<br>ductilité     | essai<br>d'adhérence<br>du<br>recouvrement |                                        |                                                                |                                  |
| ACI10SA                |                         |                                 |                                                             |                                                    |                     |                  |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 1,50                   | 2,66                    | ±0,04 mm                        | 1 100                                                       | 1 180                                              | 1,5                 | 1,0              | 5                                                        | 5                                          | 10,0                                   | 0,172 4                                                        | 60                               |
| 2,66                   | 3,00                    | ±1,5 %                          | 1 070                                                       | 1 150                                              | 1,5                 | 1,0              |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 3,00                   | 3,50                    | ±1,5 %                          | 1 050                                                       | 1 130                                              | 1,5                 | 1,0              |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 3,50                   | 4,25                    | ±1,5 %                          | 1 000                                                       | 1 070                                              | 1,5                 | 1,0              |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 4,25                   | 4,80                    | ±1,5 %                          | 940                                                         | 1 010                                              | 1,5                 | 1,0              | ACI14SA type A                                           |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 1,85                   | 2,47                    | ±0,04 mm                        | 1 070                                                       | 1 160                                              | 1,5                 | 1,0              | 5                                                        | 5                                          | 14,0                                   | 0,123 2                                                        | 60                               |
| 2,47                   | 3,00                    | ±1,5 %                          | 1 035                                                       | 1 115                                              | 1,5                 | 1,0              |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 3,00                   | 3,50                    | ±1,5 %                          | 1 012                                                       | 1 090                                              | 1,5                 | 1,0              |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 3,50                   | 4,30                    | ±1,5 %                          | 990                                                         | 1 065                                              | 1,5                 | 1,0              |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| ACI14SA type B         |                         |                                 |                                                             |                                                    |                     |                  |                                                          |                                            |                                        |                                                                |                                  |
| 2,60                   | 5,00                    | ±1,5 %                          | 1 030                                                       | 1 080                                              | 1,5                 | 1,0              | 5                                                        | 5                                          | 13,8                                   | 0,124 9                                                        | 60                               |

| Diamètre nominal |                      | Tolérance sur le diamètre | Contrainte minimale à 1 % d'allongement | Résistance à la traction minimale | Allongement minimal |               | Rapport entre les diamètres du mandrin et du fil pour |                                   | Conductivité minimale | Résistivité maximale à 20 °C        | Nombre minimal de torsions |
|------------------|----------------------|---------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------|-------------------------------------|----------------------------|
| Au-dessus de     | Jusques et y compris |                           |                                         |                                   | A la rupture        | Après rupture | essai d'enroulement concernant la ductilité           | essai d'adhérence du recouvrement |                       |                                     |                            |
| --               | --                   |                           | MPa                                     | MPa                               | %                   | %             | --                                                    | --                                | % IACS                | $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ | --                         |
| ACI17SA          |                      |                           |                                         |                                   |                     |               |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 1,24             | 3,25                 | $\pm 0,04 \text{ mm}$     | 990                                     | 1 040                             | 1,5                 | 1,0           | 5                                                     | 5                                 | 16,9                  | 0,102 0                             | 60                         |
| 3,25             | 3,45                 | $\pm 1,5 \%$              | 967                                     | 1 017                             | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 3,45             | 3,65                 | $\pm 1,5 \%$              | 936                                     | 986                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 3,65             | 3,95                 | $\pm 1,5 \%$              | 921                                     | 971                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 3,95             | 4,10                 | $\pm 1,5 \%$              | 889                                     | 939                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 4,10             | 4,40                 | $\pm 1,5 \%$              | 866                                     | 916                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 4,40             | 4,60                 | $\pm 1,5 \%$              | 835                                     | 885                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 4,60             | 4,75                 | $\pm 1,5 \%$              | 804                                     | 854                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 4,75             | 5,50                 | $\pm 1,5 \%$              | 781                                     | 831                               | 1,5                 | 1,0           |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| ACI24SA          |                      |                           |                                         |                                   |                     |               |                                                       |                                   |                       |                                     |                            |
| 2,50             | 5,50                 | $\pm 1,5 \%$              | 789                                     | 839                               | 1,5                 | 1,0           | 5                                                     | 5                                 | 24                    | 0,071 8                             | 60                         |

| Diamètre nominal<br>mm |                            | Tolérance<br>sur le<br>diamètre | Contrainte<br>minimale à<br>1 %<br>d'allongement | Résistance<br>à la<br>traction<br>minimale | Allongement minimal |                  | Rapport entre les diamètres<br>du mandrin et du fil pour |                                            | Conductivité<br>minimale à<br>20 °C | Résistivité<br>maximale à<br>20 °C | Nombre<br>minimal<br>de<br>torsions |
|------------------------|----------------------------|---------------------------------|--------------------------------------------------|--------------------------------------------|---------------------|------------------|----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|-------------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| Au-<br>dessus<br>de    | Jusques<br>et y<br>compris |                                 |                                                  |                                            | A la<br>rupture     | Après<br>rupture | essai<br>d'enroulement<br>concernant la<br>ductilité     | essai<br>d'adhérence<br>du<br>recouvrement |                                     |                                    |                                     |
| 14SA type A            |                            |                                 |                                                  |                                            |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 1,75                   | 2,25                       | ±0,04 mm                        | 1 550                                            | 1 825                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 2,25                   | 2,66                       | ±0,04 mm                        | 1 500                                            | 1 790                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 2,66                   | 3,00                       | ±1,5 %                          | 1 500                                            | 1 790                                      | 1,5                 | 1,0              | 1                                                        | 5                                          | 14,0                                | 0,123 2                            | 20                                  |
| 3,00                   | 3,50                       | ±1,5 %                          | 1 470                                            | 1 760                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 3,50                   | 4,75                       | ±1,5 %                          | 1 430                                            | 1 725                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 14SA type B            |                            |                                 |                                                  |                                            |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 2,30                   | 2,66                       | ±0,04 mm                        | 1 260                                            | 1 570                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 2,66                   | 5,00                       | ±1,5 %                          | 1 260                                            | 1 570                                      | 1,5                 | 1,0              | 1                                                        | 5                                          | 14,0                                | 0,123 2                            | 20                                  |
| 14SA type C            |                            |                                 |                                                  |                                            |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 1,24                   | 2,25                       | ±0,04 mm                        | 1 580                                            | 1 965                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 2,25                   | 2,75                       | ±0,04 mm                        | 1 550                                            | 1 900                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 2,75                   | 3,00                       | ±1,5 %                          | 1 550                                            | 1 900                                      | 1,5                 | 1,0              | 1                                                        | 5                                          | 14,0                                | 0,123 2                            | 20                                  |
| 3,00                   | 3,50                       | ±1,5 %                          | 1 515                                            | 1 860                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |
| 3,50                   | 4,75                       | ±1,5 %                          | 1 480                                            | 1 825                                      |                     |                  |                                                          |                                            |                                     |                                    |                                     |