

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Conductors for overhead lines – Aluminium and aluminium alloy wires for concentric lay stranded conductors

Conducteurs pour lignes aériennes – Fils d'aluminium et en alliage d'aluminium pour conducteurs toronnés à couches concentriques

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022



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
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

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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

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

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

IEC Products & Services Portal - 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

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

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

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

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

IEC Products & Services Portal - 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

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 – Aluminium and aluminium alloy wires for concentric lay stranded conductors

Conducteurs pour lignes aériennes – Fils d'aluminium et en alliage d'aluminium pour conducteurs toronnés à couches concentriques

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.060.01; 29.240.20

ISBN 978-2-8322-1080-6

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.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	6
4 Material	8
5 Joints	8
6 Tests	8
6.1 General.....	8
6.2 Place of testing	8
6.3 Sampling rate	9
6.4 Test methods	9
6.4.1 Appearance	9
6.4.2 Wire diameter	9
6.4.3 Tensile strength.....	9
6.4.4 Elongation	9
6.4.5 Wrapping	10
6.4.6 Bending	10
6.4.7 Electrical resistivity.....	10
6.4.8 Thermal resistance	10
6.5 Acceptance and rejection.....	11
6.6 Certificate of compliance.....	11
7 Length and tolerance on length.....	11
Annex A (normative) Methods of securing formed wires	14
Annex B (informative) Thermal-resistant property	15
B.1 Thermal-resistant properties	15
B.2 Explanation of the Arrhenius plot	15
B.3 Continuous operation temperature	16
B.4 Duration and heating temperature	16
Bibliography.....	17
Figure A.1 – Methods of securing formed wires.....	14
Figure B.1 – Arrhenius plot (residual strength 90 %)	15
Table 1 ^a – Designation and properties for calculation purposes ^b	11
Table 2 – Tolerance on wire diameter	12
Table 3 – Minimum mechanical properties for Ax and ALx wires	12
Table 4 – Minimum mechanical properties for ATx wires	13
Table 5 – Temperature and duration of heating.....	13
Table 6 – Parameters for bending test of aluminium alloy wires	13

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**CONDUCTORS FOR OVERHEAD LINES –
ALUMINIUM AND ALUMINIUM ALLOY WIRES
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 62641 has been prepared by IEC technical committee 7: Overhead electrical conductors. It is an International Standard.

This first edition cancels and replaces the second edition of IEC 60104 published in 1987, the first edition of IEC 60121 published in 1960, the first edition of IEC 60889 published in 1987, and the first edition of IEC 62004 published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous editions of IEC 60104, IEC 60121, IEC 60889 and IEC 62004:

- a) designations of aluminium alloys are modified;
- b) aluminium alloys A4, AL4 and AL5 are added;
- c) wire diameter ranges for indicating mechanical properties are modified and extended;
- d) test methods are merged.

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

Draft	Report on voting
7/713/FDIS	7/721/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. The main document types developed by IEC are described in greater detail at 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 in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022

INTRODUCTION

The purpose of this document is threefold.

First, it is to group together similar wire materials that share the same general characteristics and therefore the same test procedures and requirements. These wires are existing aluminium and aluminium alloy wires from IEC 60104, IEC 60121, IEC 60889 and IEC 62004 as well as from EN 50183.

Secondly, this format allows an easier standard maintenance, as multiple wire materials are covered by a single document instead of separate documents.

Thirdly, this document indicates the most used wire materials worldwide, based on the cooperation agreement between IEC and CENELEC, an IEC questionnaire in 2017 (7/672/Q, Annex A) and a CENELEC questionnaire (7X/SEC0056/CC). The standardized materials form a good basis which can be extended by others used in regions and countries.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022

CONDUCTORS FOR OVERHEAD LINES – ALUMINIUM AND ALUMINIUM ALLOY WIRES FOR CONCENTRIC LAY STRANDED CONDUCTORS

1 Scope

This document specifies the mechanical and electrical properties of round and formed wires for equivalent diameters up to the values according to Table 3 for aluminium and aluminium alloys and according to Table 4 for thermal resistant alloys. This document is applicable to aluminium and aluminium alloy wires for the manufacture of concentric lay overhead electrical stranded conductors with or without gap(s) for power transmission purposes.

The various materials and their designations are listed in Table 1. For calculation purposes, the values listed in Table 1 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 Electrotechnical Vocabulary (IEV)* (available at www.electropedia.org)

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

IEC TR 61597, *Overhead electrical conductors – Calculation methods for stranded bare conductors*

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

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

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

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

3.1**aluminium**

metallic element forming the base of alumina, being white with a bluish tinge and remarkable for its resistance to oxidation and for its lightness

Note 1 to entry: See Ax and ALx in Table 1, 3.13 and Clause 4.

3.2**annealed aluminium**

heat treated aluminium (A0 and AL0 in Table 1) resulting in its softest and most ductile state and maintaining its mechanical and electrical properties at temperatures up to 250 °C

3.3**equivalent diameter**

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

3.4**formed wire**

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

3.5**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.

3.6**nominal**

value of a measurable property to which tolerance is applied

Note 1 to entry: Nominal values are target values.

3.7**production unit**

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

3.8**residual strength ratio**

ratio of the measured tensile strength at room temperature of a wire previously submitted to heating, to its measured tensile strength at room temperature prior to heating

Note 1 to entry: This ratio is applied only to thermal resistant aluminium alloys.

3.9**round wire**

filament of drawn metal having a constant circular cross-section

3.10**sample**

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

3.11**specimen**

length of wire removed for test purposes

3.12

thermal resistance

capacity of a modified aluminium alloy to have a residual strength ratio of not less than 0,90 after heating

3.13

thermal resistant aluminium alloy

all types of aluminium alloys (ATx in Table 1) designed to operate at temperatures continuously higher than that of conventional aluminium alloy wires or hard-drawn aluminium wires with a maximum allowable continuous operation temperature indicated in Table 5

Note 1 to entry: According to CIGRE TB 643, conventional conductor systems (using aluminium alloy or hard-drawn aluminium wires) are traditionally rated at 75 °C continuous operation.

4 Material

The aluminium content of annealed and hard-drawn aluminium wires (A0, A1, AL0, AL1 in Table 1) shall not be less than 99,5 %, aluminium alloys (A2, A3, A4, AL2, AL3, AL4, AL5 in Table 1) shall be heat-treated aluminium-magnesium-silicon alloys, and thermal-resistant aluminium alloys (ATx in Table 1) shall be aluminium-zirconium alloys. The wires shall be of the required composition to achieve the mechanical, electrical and thermal-resistant (if required) properties specified hereinafter.

If required by the purchaser, the manufacturer shall provide a copy of the analysis certificate of the raw material.

5 Joints

Joints may be made in wires prior to final drawing. A joint may also be made in the finished wire provided:

- the weight of the production unit with a joint is at least 500 kg;
- there shall be no more than one joint in such production units made before final drawing;
- by lot, the amount of production units with joints is less than or equal to 10 % of the total amount of production units;
- when requested by the purchaser, the manufacturer shall provide evidence that the joints have a tensile strength of not less than 130 MPa for all wires except A0 joints which shall have not less than 60 MPa.

The production units containing a joint made in the finished wire shall be clearly identified.

6 Tests

6.1 General

Tests shall be made by the manufacturer on the wires to demonstrate their conformity to this document. All described tests are sample tests except the 400 h thermal resistance test which is a type test. The following test descriptions refer to non-stranded wires. In the case of formed wires, use the equivalent diameter instead of the diameter and secure the wire in the jaws according to Annex A.

6.2 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.

6.3 Sampling rate

Specimens for tests specified in Clause 6 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.

6.4 Test methods

6.4.1 Appearance

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, striation and inclusion (particularly copper particles) which can compromise the performance of the final product.

6.4.2 Wire diameter

6.4.2.1 General

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

When tested in accordance with 6.4.2.2 or 6.4.2.3 the diameter shall not vary from its nominal value by more than the appropriate value indicated in Table 2.

6.4.2.2 Diameter for round wires

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

6.4.2.3 Diameter for formed wires

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

6.4.3 Tensile strength

One specimen cut from each of the samples taken under 6.3 shall be subjected to a tensile test in accordance with ISO 6892-1. The rate of separation of the jaws of the testing machine shall be not less than 25 mm/min and not greater than 100 mm/min.

When tested in accordance with 6.4.3, the tensile strength shall not be less than the appropriate value given in Table 3 or Table 4. Tensile strength for annealed aluminium wires shall not exceed 95 MPa. For nominal diameters outside the range given in Table 3 or Table 4, the requirements shall be agreed upon between the purchaser and the supplier.

6.4.4 Elongation

One specimen cut from each of the samples taken under 6.3 shall be subjected to a tensile test in accordance with ISO 6892-1. The rate of separation of the jaws of the testing machine shall be not less than 25 mm/min and not greater than 100 mm/min. The elongation after fracture of the wire shall be measured over a length of 250 mm between gauge marks on the wire itself, the fracture being between the marks. Upon agreement between purchaser and manufacturer, the elongation at break may be measured.

When tested in accordance with 6.4.4, the elongation, expressed as a percentage of the original gauge length, shall not be less than the appropriate value given in Table 3 or Table 4. For nominal diameters outside the range given in Table 3 or Table 4, the requirements shall be agreed upon between the purchaser and the supplier. If the fracture occurs outside the gauge marks, or within 25 mm of either mark, and the required elongation is not obtained, another test shall be made.

6.4.5 Wrapping

No wrapping test is required for annealed aluminium wires.

For hard drawn aluminium, aluminium alloy and thermal resistant aluminium alloy wires, one specimen cut from each of the samples taken under 6.3 shall be subjected to a wrapping test in accordance with ISO 7802. The diameter of the mandrel shall be equivalent to the equivalent diameter of formed wire. Eight turns shall be wrapped around a mandrel of diameter equal to the wire diameter at a speed not exceeding 60 rev/min. For hard drawn aluminium wires only, six turns shall then be unwrapped and again closely wrapped.

When tested in accordance with 6.4.5, the wire shall not completely break.

6.4.6 Bending

No bending test is required for annealed aluminium wires.

For hard drawn aluminium, aluminium alloy and thermal resistant aluminium alloy wires, if agreed between the purchaser and manufacturer at time of ordering, one specimen cut from each of the samples taken under 6.3 shall be subjected to a bending test in accordance with ISO 7801. For aluminium alloy wires, the radius of cylindrical support and the number of bending cycles are given in Table 6.

When tested in accordance with 6.4.6, the sample shall show no cracks when examined with the naked eye or normal corrective glasses.

6.4.7 Electrical resistivity

The electrical resistivity of a specimen cut from each of the samples taken under 6.3 shall be determined by the method specified in IEC 60468.

When tested in accordance with 6.4.7, the resistivity at 20 °C shall not be greater than the value indicated in Table 1.

6.4.8 Thermal resistance

6.4.8.1 General

This test is applicable to all thermal-resistant alloy wire types only. The sampling rate of the 1 h test shall be in accordance with 6.3. The supplier shall submit reports of the 400 h test, made in accordance with 6.4.8.2 to demonstrate compliance with the requirements of 6.4.8.3. Information about thermal resistant properties is provided in Annex B.

6.4.8.2 Test method

Two specimens shall be secured from a continuous wire. One of the samples shall be kept in a suitable heater for the designated duration and temperature as given in Table 5 and subsequently tested at room temperature in accordance with 6.4.3. The other sample shall be tested in accordance with 6.4.3 without prior heating.

6.4.8.3 Requirements

When tested in accordance with 6.4.8.2, the residual strength ratio shall not be less than 0,90.

6.5 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.

6.6 Certificate of compliance

The manufacturer shall, if requested, provide the purchaser with a certificate giving the results of all the tests carried out on the samples.

7 Length and tolerance on length

The nominal length of each production unit and the tolerance on length shall be subject to agreement between the purchaser and the manufacturer.

Table 1^a – Designation and properties for calculation purposes^b

Designation ^c		Maximum resistivity at 20 °C nΩ·m		Minimum conductivity ^d % IACS		Constant-mass temperature coefficient of resistance at 20 °C 10 ⁻³ /°C
IEC	CENELEC					
A0	AL0	27,899		61,8		4,07
A1	AL1	28,264		61,0		4,03
A2	AL3	32,530		53,0		3,60
A3	AL2	32,840		52,5		3,60
A4		29,984		57,5		3,80
	AL4	32,900 ^e	32,600 ^f	52,4 ^e	52,9 ^f	3,60
	AL5	32,200 ^e	31,200 ^f	53,5 ^e	55,3 ^f	3,60
AT1		28,735		60,0		4,00
AT2		31,347		55,0		3,60
AT3		28,735		60,0		4,00
AT4		29,726		58,0		3,80

^a Table 1 reflects the most common used materials in the countries worldwide resulting from a market survey in 2017. Table 1 shall also be used as guideline for similar materials with similar or better properties, for example higher conductivities for AL0 and AL1 which can be agreed between the purchaser and the supplier. Other or new materials can be added in national or regional standards. Such materials may be proposed in the next revision stage by NCs giving adequate justification and references.

^b For calculation purposes, a density of 2 703 kg/m³ and a coefficient of linear expansion of 0,000 023 1/K and an E-modulus according to IEC TR 61597 shall be used for all listed materials.

^c Depending on history, regions and standardization committees, different designations for one and the same material properties exist with the unavoidable consequence of inconsistent designations and numbering sequence.

^d Values are for information only due to conversion according to IEC 60028 (resistance for standard annealed copper: 17,241 nΩ·m) with potential rounding effects.

^e Of individual wires.

^f Mean of a lot

Table 2 – Tolerance on wire diameter

Nominal wire diameter mm		Tolerance mm
Over	Up to and including	
--	3,00	±0,03
3,00	---	±1 % of diameter

Table 3 – Minimum mechanical properties for Ax and ALx wires

Designation ^a ---		Nominal wire diameter mm		Minimum tensile strength MPa		Minimum elongation after break %
IEC	CENELEC	Over	Up to and including			
A0	AL0	--	5,50	60		20
A1	AL1	--	1,25	200		(No requirements)
		1,25	1,50	195		
		1,50	1,75	190		
		1,75	2,00	185		
		2,00	2,25	180		
		2,25	2,50	175		
		2,50	3,00	170		
		3,00	3,50	165		
		3,50	5,00	160		
A2	AL3	1,50	5,00	295		3,5
A3	AL2	1,50	3,50	325		3,0
		3,50	5,00	315		3,0
A4		1.25	6,50	250		3,5
	AL4	1,50	3,50	325 ^b	342 ^c	3,0
		3,50	5,00	315 ^b	330 ^c	3,0
	AL5	1,50	5,00	295		3,5
^a Depending on history, regions and standardization committees, different designations for one and the same material properties exist with the unavoidable consequence of inconsistent designations and numbering sequence. ^b Of individual wires. ^c Mean of a lot.						

Table 4 – Minimum mechanical properties for ATx wires

Nominal wire diameter mm		AT1	AT2	AT3	AT4	Minimum elongation after break ^b %
Over	Up to and including	Minimum tensile strength MPa				
---	2,30	171 ^a	---	171 ^a	---	
2,30	2,60	169 ^a	248 ^a	169 ^a	169 ^a	1,5
2,60	2,90	166	245	166	165	1,6
2,90	3,50	162	241	162	162	1,7
3,50	3,80	162	241	162	162	1,8
3,80	4,00	159	238	159	159	1,9
4,00	5,00	159	225	159	159	2,0
5,00	5,50	155	218	155	155	2,1
5,50	6,50	155 ^a	218 ^a	155 ^a	155 ^a	2,2
^a For nominal diameters below 2,30 mm and above 6,50 mm, the values shall be agreed between the purchaser and the manufacturer.						
^b As an option and upon agreement between purchaser and manufacturer, the minimum elongation may be set to 1,0 % for all AT1 wire diameters due to the similarity of A1/AL1 and AT1 materials and provided the manufacturer demonstrates the justification.						

Table 5 – Temperature and duration of heating

--	AT1	AT2	AT3	AT4
Maximum allowable continuous operation temperature (°C)	150	150	210	230
Heating temperature for 1 h exposure (°C)	230 ⁺⁵ ₋₃	230 ⁺⁵ ₋₃	280 ⁺⁵ ₋₃	400 ⁺¹⁰ ₋₆
Heating temperature for 400 h exposure (°C)	180 ⁺¹⁰ ₋₆	180 ⁺¹⁰ ₋₆	240 ⁺¹⁰ ₋₆	310 ⁺¹⁰ ₋₆

Table 6 – Parameters for bending test of aluminium alloy wires

Nominal wire diameter mm		Number of bending cycles --	Radius of cylindrical support mm
Over	Up to and including		
1,5	2,0	5	5
2,0	2,5	4	5
2,5	2,8	7	10
2,8	3,6	6	10
3,6	4,5	6	15
4,5	5,0	5	15

Annex A (normative)

Methods of securing formed wires

Figure A.1 gives the methods of securing formed wires.

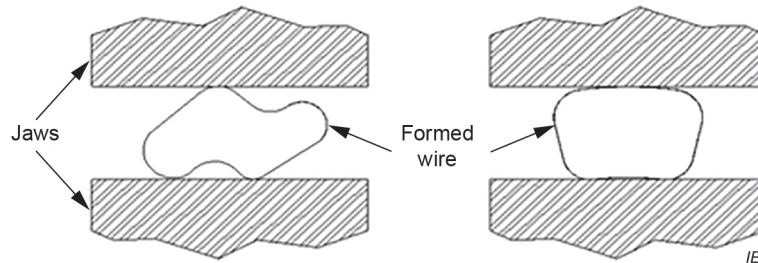


Figure A.1 – Methods of securing formed wires

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022

Annex B (informative)

Thermal-resistant property

B.1 Thermal-resistant properties

The thermal-resistant property of an aluminium alloy, called thermal resistivity in this document, describes its ability to resist annealing at high temperature, and is measured by the amount of reduction of its tensile strength after heating. This phenomenon can be experimentally described by an Arrhenius plot, of which typical ones for several aluminium alloys have been published. The thermal resistivity of aluminium alloy wires generally used in overhead transmission lines is determined by an endurance equivalent (temperature and duration) to a heating condition above room temperature, where the residual strength ratio can be maintained to a minimum of 0,90.

For the purposes of this document, the thermal resistivity of the aluminium alloys is set by its capability of sustaining a given temperature for a duration of 400 h while maintaining a residual strength ratio of 0,90.

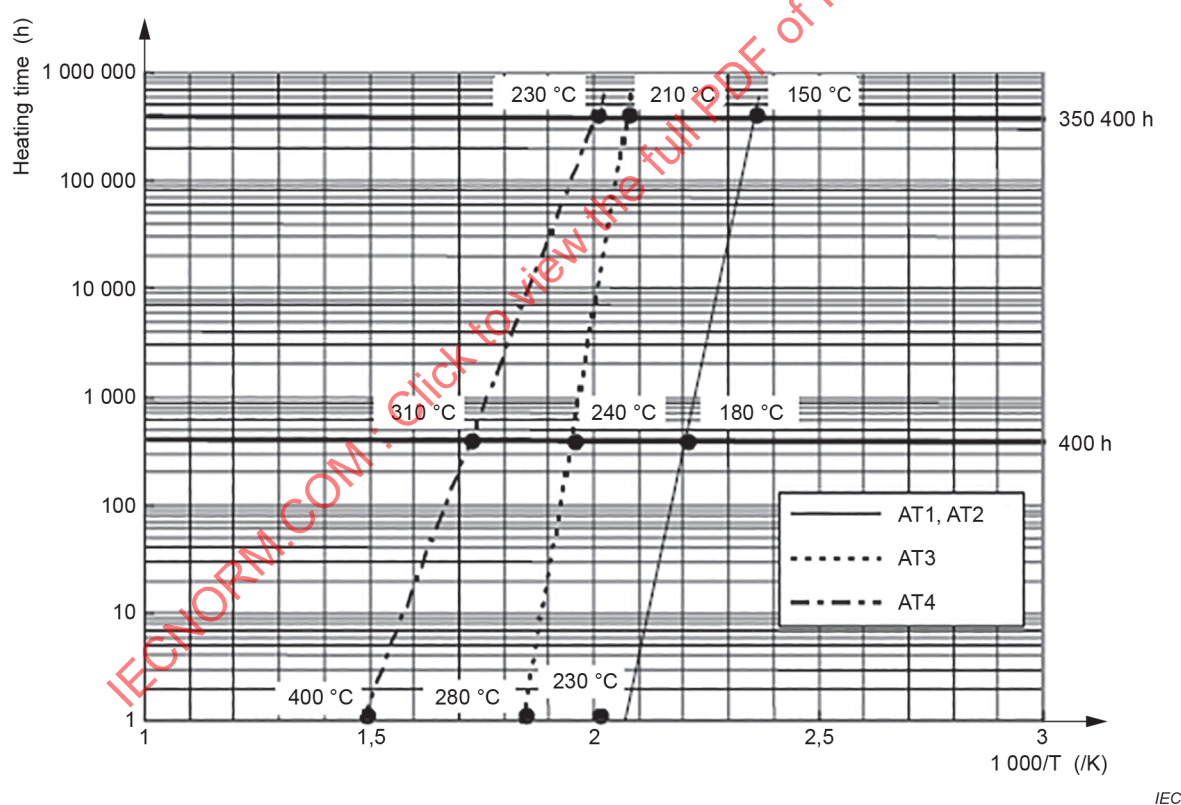


Figure B.1 – Arrhenius plot (residual strength 90 %)

B.2 Explanation of the Arrhenius plot

Each aluminium alloy can maintain a minimum of 90 % of its initial tensile strength when it is heated at the temperature and duration (for either 1 h, 400 h, or 350 400 h) described in the Arrhenius plot. In other words, the thermal resistivity can be verified after 400 h at a given temperature, or in a shorter period of time but at a higher temperature, such as 1 h in terms of the Arrhenius plot. Consequently, it is possible to extrapolate the lines for the different alloys and estimate the temperature and duration at which the residual strength ratio can be maintained, such as 40 years (350 400 h) in this case.

B.3 Continuous operation temperature

Table 5 shows the continuous operation temperature for each thermal-resistant aluminium alloy wire obtained from the Arrhenius plot. In reality, the duration of continuous operation applied amounted to 36 years. However, for the purposes of this document, 350 400 h (about 40 years) was adopted for simplification.

B.4 Duration and heating temperature

The combination of temperature and time in Table 5 have been chosen to:

- carry out the tests in shorter periods of time,
- avoid a processing effect, i.e. maintain the thermal resistivity of the material without changing the metallic property at higher temperature,
- have results that do not exhibit a large scattering.

The relationship of the allowable temperatures for 1 h and 400 h to the allowable temperature for a 40-year period have been determined from Figure B.1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022

Bibliography

IEC 60028, *International standard of resistance for copper*

CIGRE TB 643, *Guide to the Operation of Conventional Conductor Systems above 100 °C*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	19
INTRODUCTION.....	21
1 Domaine d'application	22
2 Références normatives	22
3 Termes et définitions	22
4 Matériau	24
5 Raccordements	24
6 Essais	24
6.1 Généralités	24
6.2 Lieu d'exécution des essais	25
6.3 Fréquence d'échantillonnage	25
6.4 Méthodes d'essai	25
6.4.1 Aspect	25
6.4.2 Diamètre du fil	25
6.4.3 Résistance à la traction	25
6.4.4 Allongement	26
6.4.5 Enroulement	26
6.4.6 Flexion	26
6.4.7 Résistivité électrique	26
6.4.8 Résistance thermique	27
6.5 Acceptation et rejet	27
6.6 Certificat de conformité	27
7 Longueur et tolérance sur longueur	27
Annexe A (normative) Méthodes de fixation des fils de forme	31
Annexe B (informative) Propriété de résistance à la chaleur	32
B.1 Propriétés de résistance à la chaleur	32
B.2 Explication du graphique d'Arrhenius	33
B.3 Température de fonctionnement continu	33
B.4 Durée et température de chauffage	33
Bibliographie.....	34
Figure A.1 – Méthodes de fixation des fils de forme	31
Figure B.1 – Graphique d'Arrhenius (résistance résiduelle de 90 %)	32
Tableau 1 ^a – Désignation et propriétés à des fins de calcul ^b	28
Tableau 2 – Tolérance sur le diamètre du fil	28
Tableau 3 – Propriétés mécaniques minimales des fils Ax et ALx	29
Tableau 4 – Propriétés mécaniques minimales des fils ATx	30
Tableau 5 – Température et durée de chauffage	30
Tableau 6 – Paramètres pour l'essai de flexion des fils en alliage d'aluminium	30

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**CONDUCTEURS POUR LIGNES AÉRIENNES –
FILS D'ALUMINIUM ET EN ALLIAGE D'ALUMINIUM
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 62641 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 deuxième édition de l'IEC 60104 parue en 1987, la première édition de l'IEC 60121 parue en 1960, la première édition de l'IEC 60889 parue en 1987 et la première édition de l'IEC 62004 parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport aux éditions précédentes de l'IEC 60104, l'IEC 60121, l'IEC 60889 et l'IEC 62004:

- a) les désignations des alliages d'aluminium sont modifiées;
- b) les alliages d'aluminium A4, AL4 et AL5 sont ajoutés;

- c) les plages de diamètre du fil qui indiquent les propriétés mécaniques sont modifiées et étendues;
- d) les méthodes d'essai sont fusionnées.

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

Projet	Rapport de vote
7/713/FDIS	7/721/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. 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 dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

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

INTRODUCTION

La présente norme vise trois objectifs.

Premièrement, il s'agit de regrouper les matériaux de fils similaires qui partagent les mêmes caractéristiques générales et donc les mêmes procédures et exigences d'essai. Ces fils sont les fils d'aluminium et en alliage d'aluminium spécifiés dans les normes IEC 60104, IEC 60121, IEC 60889 et IEC 62004 ainsi que dans l'EN 50183.

Deuxièmement, il s'agit de permettre, par ce format, une maintenance plus facile de la norme, puisque plusieurs matériaux de fils sont désormais couverts par une seule norme au lieu de documents séparés.

En troisième lieu, cette norme donne l'occasion d'indiquer les matériaux de fils les plus utilisés dans le monde, sur la base de l'accord de coopération entre l'IEC et le CENELEC, d'un questionnaire de l'IEC en 2017 (7/672/Q, Annexe A) et d'un questionnaire du CENELEC (7X/SEC0056/CC). Les matériaux normalisés constituent une bonne base qui peut être complétée par d'autres matériaux utilisés dans des régions et pays du monde.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62641:2022

CONDUCTEURS POUR LIGNES AÉRIENNES – FILS D'ALUMINIUM ET EN ALLIAGE D'ALUMINIUM POUR CONDUCTEURS TORONNÉS À COUCHES CONCENTRIQUES

1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les propriétés mécaniques et électriques des fils ronds et de forme pour des diamètres équivalents jusqu'aux valeurs indiquées dans le Tableau 3 pour l'aluminium et les alliages d'aluminium et dans le Tableau 4 pour les alliages résistants à la chaleur. Le présent document s'applique aux fils d'aluminium et en alliage d'aluminium destinés à la fabrication de conducteurs toronnés à couches concentriques pour lignes électriques aériennes, avec ou sans espace(s) pour le transport d'énergie.

Les différents matériaux et leurs désignations sont énumérés dans le Tableau 1. Les valeurs indiquées dans ce Tableau 1 sont utilisées pour les calculs.

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)

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

IEC TR 61597, *Conducteurs pour lignes électriques aériennes - Méthodes de calcul applicables aux conducteurs câblés*

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

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

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

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

3.1**aluminium**

élément métallique formant la base de l'alumine, de couleur blanche avec une teinte bleuâtre et remarquable pour sa résistance à l'oxydation et pour sa légèreté

Note 1 à l'article: Voir Ax et ALx dans le Tableau 1, en 3.13 et en 4.

3.2**aluminium recuit**

aluminium traité thermiquement (A0 et AL0 dans le Tableau 1), ce qui le rend plus doux et plus ductile et conserve ses propriétés mécaniques et électriques à des températures allant jusqu'à 250°C

3.3**diamètre équivalent**

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

3.4**fil de forme**

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

3.5**lot**

ensemble d'unités d'un type et d'une dimension de fil données, 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.

3.6**nominal**

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

Note 1 à l'article: Les valeurs nominales sont les valeurs visées.

3.7**unité**

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

3.8**rapport de résistance résiduelle**

rapport entre la résistance à la traction mesurée à température ambiante d'un fil préalablement soumis au chauffage et sa résistance à la traction mesurée à température ambiante avant chauffage

Note 1 à l'article: Ce rapport est appliqué uniquement aux alliages d'aluminium résistants à la chaleur.

3.9**fil rond**

filament de métal tréfilé ayant une section droite circulaire constante

3.10**échantillon**

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

3.11**éprouvette**

longueur de fil retirée à des fins d'essai

3.12

résistance thermique

capacité d'un alliage d'aluminium modifié à avoir un rapport de résistance résiduelle d'au moins 0,90 après chauffage

3.13

alliage d'aluminium résistant à la chaleur

tous les types d'alliages d'aluminium (ATx dans le Tableau 1) conçus pour fonctionner en continu à une température plus élevée que celle des fils d'alliage d'aluminium conventionnel ou des fils d'aluminium écroui dur avec une température maximale admissible de fonctionnement continu indiquée dans le Tableau 5

Note 1 à l'article: Conformément à CIGRE TB 643, les systèmes de conducteurs conventionnels (utilisant un alliage d'aluminium ou des fils d'aluminium écroui dur) sont traditionnellement conçus pour fonctionner en continu à une température de 75 °C.

4 Matériau

La teneur en aluminium des fils d'aluminium recuit et écroui dur (A0, A1, AL0, AL1 du Tableau 1) ne doit pas être inférieure à 99,5 %, les alliages d'aluminium (A2, A3, A4, AL2, AL3, AL4, AL5 du Tableau 1) doivent être des alliages d'aluminium-magnésium-silicium traités thermiquement et les alliages d'aluminium résistants à la chaleur (ATx dans le Tableau 1) doivent être des alliages d'aluminium-zirconium. Les fils doivent avoir la composition exigée pour obtenir les propriétés mécaniques, électriques et de résistance à la chaleur (si cela est exigé) spécifiées ci-après.

Lorsque l'acheteur l'exige, le fabricant doit fournir une copie du certificat d'analyse de la matière première utilisée.

5 Raccordements

Des raccordements peuvent être réalisés sur les fils avant le tréfilage final. Un raccordement peut également être réalisé sur le fil fini fourni sous les conditions suivantes:

- l'unité produite avec un raccordement pèse au moins 500 kg;
- de telles unités réalisées avant tréfilage final ne doivent pas comporter plus d'un raccordement;
- par lot, la quantité d'unités à raccordements est inférieure ou égale à 10 % de la quantité totale d'unités produites;
- lorsque l'acheteur le demande, le fabricant doit prouver que les raccordements présentent une résistance à la traction au moins égale à 130 MPa pour tous les fils sauf les raccordements A0 dont la résistance à la traction doit être au moins égale à 60 MPa.

Les unités comportant un raccordement fait sur le fil fini doivent être clairement identifiées.

6 Essais

6.1 Généralités

Le fabricant doit effectuer des essais sur les fils pour démontrer leur conformité au présent document. Tous les essais décrits sont des essais sur prélèvement, à l'exception de l'essai de résistance thermique de 400 h qui est un essai de type. Les descriptions d'essais suivantes renvoient aux fils non toronnés. Dans le cas de fils de forme, utiliser le diamètre équivalent au lieu du diamètre et fixer le fil dans les mors conformément à l'Annexe A.

6.2 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.

6.3 Fréquence d'échantillonnage

Les éprouvettes pour les essais spécifiés à l'Article 6 doivent être prélevées 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.

6.4 Méthodes d'essai

6.4.1 Aspect

La surface du fil doit être examinée visuellement pour assurer qu'elle est lisse et exempte de tout défaut, y compris entre autres, de fissures, d'irrégularités, de formation de stries et d'inclusions (en particulier de particules de cuivre) qui peuvent compromettre les performances du produit final.

6.4.2 Diamètre du fil

6.4.2.1 Généralités

Le diamètre nominal des fils doit être exprimé en millimètres avec deux chiffres décimaux.

Lorsqu'il est soumis à l'essai conformément à 6.4.2.2 ou à 6.4.2.3, le diamètre ne doit pas varier par rapport à sa valeur nominale de plus de la valeur requise indiquée dans le Tableau 2.

6.4.2.2 Diamètre des fils ronds

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

6.4.2.3 Diamètre des fils de forme

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

6.4.3 Résistance à la traction

Une éprouvette prélevée sur chacun des échantillons choisis selon 6.3 doit être soumise à un essai de traction conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'écartement des mors de la machine d'essai ne doit pas être inférieure à 25 mm/min ni supérieure à 100 mm/min.

Lorsque l'essai est effectué selon 6.4.3, la résistance à la traction ne doit pas être inférieure à la valeur requise indiquée dans le Tableau 3 ou le Tableau 4. La résistance à la traction des fils d'aluminium recuits ne doit pas dépasser 95 MPa. Pour les diamètres nominaux qui ne relèvent pas de la plage indiquée dans le Tableau 3 ou le Tableau 4, les exigences doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

6.4.4 Allongement

Une éprouvette prélevée sur chacun des échantillons choisis selon 6.3 doit être soumise à un essai de traction conformément à l'ISO 6892-1. La vitesse d'écartement des mors de la machine d'essai ne doit pas être inférieure à 25 mm/min ni supérieure à 100 mm/min. L'allongement après rupture du fil doit être mesuré sur une longueur de 250 mm entre les repères sur le fil lui-même, la rupture se situant entre les repères. L'allongement à la rupture peut être mesuré sur accord entre l'acheteur et le fabricant.

Lorsque l'essai est effectué selon 6.4.4, l'allongement, exprimé en pourcentage de la longueur initiale entre repères, ne doit pas être inférieur à la valeur requise indiquée dans le Tableau 3 ou le Tableau 4. Pour les diamètres nominaux qui ne relèvent pas de la plage indiquée dans le Tableau 3 ou le Tableau 4, les exigences doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Un autre essai doit être effectué lorsque la rupture se produit à l'extérieur des repères, ou à moins de 25 mm de l'un ou l'autre repère, et que l'allongement exigé n'est pas obtenu.

6.4.5 Enroulement

Aucun essai d'enroulement n'est exigé pour les fils d'aluminium recuits.

Pour les fils d'aluminium écroui dur, en alliage d'aluminium et en alliage d'aluminium résistant à la chaleur, une éprouvette prélevée sur chacun des échantillons choisis selon 6.3 doit être soumise à un essai d'enroulement conformément à l'ISO 7802. Le diamètre du mandrin doit être égal au diamètre équivalent du fil de forme. Huit tours doivent être enroulés autour d'un mandrin d'un diamètre égal à celui du fil à une vitesse qui ne dépasse pas 60 tours par minute. Pour les fils d'aluminium écroui dur uniquement, six tours doivent ensuite être déroulés et à nouveau étroitement enroulés.

Le fil ne doit pas se rompre complètement pendant l'essai effectué selon 6.4.5.

6.4.6 Flexion

Aucun essai de flexion n'est exigé pour les fils d'aluminium recuit.

Pour les fils d'aluminium écroui dur, en alliage d'aluminium et en alliage d'aluminium résistant à la chaleur, si l'acheteur et le fabricant en conviennent au moment de la commande, une éprouvette prélevée sur chacun des échantillons choisis selon 6.3 doit être soumise à un essai de flexion conformément à l'ISO 7801. Pour les fils en alliage d'aluminium, le rayon du support cylindrique et le nombre de cycles de flexion sont indiqués dans le Tableau 6.

Pendant l'essai de flexion effectué selon 6.4.6, l'échantillon ne doit présenter aucune fissure lorsqu'il est examiné à l'œil nu ou avec des verres correcteurs normaux.

6.4.7 Résistivité électrique

La résistivité électrique d'une éprouvette prélevée sur chacun des échantillons choisis selon 6.3 doit être déterminée par la méthode spécifiée dans l'IEC 60468.

Lorsque l'essai de résistivité est effectué selon 6.4.7, la résistivité déterminée à 20 °C ne doit pas être supérieure à la valeur indiquée dans le Tableau 1.

6.4.8 Résistance thermique

6.4.8.1 Généralités

Cet essai s'applique uniquement à tous les types de fils en alliage résistant à la chaleur. La fréquence d'échantillonnage de l'essai d'une heure doit être conforme à 6.3. Le fournisseur doit soumettre les rapports de l'essai de 400 h, effectué conformément à 6.4.8.2, pour démontrer la conformité aux exigences de 6.4.8.3. Des informations relatives aux propriétés de résistance thermique sont présentées dans l'Annexe B.

6.4.8.2 Méthode d'essai

Deux éprouvettes doivent être prélevées sur un fil continu. L'une des éprouvettes doit être maintenue dans un appareil de chauffage adapté pendant la durée et à la température indiquées dans le Tableau 5, puis soumise à l'essai à température ambiante conformément à l'essai décrit en 6.4.3. L'autre éprouvette doit être soumise à l'essai conformément à l'essai décrit en 6.4.3 sans chauffage préalable.

6.4.8.3 Exigences

Lors de l'essai effectué conformément à 6.4.8.2, le rapport de résistance résiduelle ne doit pas être inférieur à 0,90.

6.5 Acceptation et rejet

La non-conformité d'une éprouvette à une quelconque exigence du présent document doit constituer un motif de rejet du lot 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 de ce lot pour retenir celles qui satisfont aux exigences d'acceptation.

6.6 Certificat de conformité

Le fabricant doit, sur demande, fournir à l'acheteur un certificat donnant le résultat de tous les essais effectués sur les échantillons.

7 Longueur et tolérance sur longueur

La longueur nominale de chaque unité et la tolérance sur cette longueur doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fabricant.

Tableau 1^a – Désignation et propriétés à des fins de calcul^b

Désignation ^c		Résistivité maximale à 20 °C		Conductivité minimale ^d		Coefficient de température de la résistance à masse constante à 20 °C
IEC	CENELEC					
		nΩ·m		% IACS		10 ⁻³ /°C
A0	AL0	27,899		61,8		4,07
A1	AL1	28,264		61,0		4,03
A2	AL3	32,530		53,0		3,60
A3	AL2	32,840		52,5		3,60
A4		29,984		57,5		3,80
	AL4	32,900 ^e	32,600 ^f	52,4 ^e	52,9 ^f	3,60
	AL5	32,200 ^e	31,200 ^f	53,5 ^e	55,3 ^f	3,60
AT1		28,735		60,0		4,00
AT2		31,347		55,0		3,60
AT3		28,735		60,0		4,00
AT4		29,726		58,0		3,80

^a Le Tableau 1 reflète les matériaux les plus couramment utilisés dans les pays du monde entier, résultant d'une étude de marché réalisée en 2017. Le Tableau 1 doit également être utilisé comme ligne directrice pour des matériaux similaires ayant des propriétés identiques ou meilleures, par exemple des conductivités plus élevées pour AL0 et AL1 qui peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. D'autres matériaux ou de nouveaux matériaux peuvent être ajoutés dans les normes nationales ou régionales. Ces matériaux peuvent être proposés au cours de la prochaine étape de révision par les CN (comités nationaux) en fournissant une justification et des références adéquates.

^b Pour les calculs, une masse volumique de 2 703 kg/m³, un coefficient de dilatation linéaire de 0,000 023 1/K et un module E conformes à l'IEC TR 61597 doivent être utilisés pour tous les matériaux énumérés.

^c Selon l'historique, les régions et les comités de normalisation, il existe différentes désignations pour les mêmes propriétés de matériau, avec pour conséquence inévitable des désignations et une séquence de numérotation incohérentes.

^d Les valeurs sont données à titre indicatif uniquement en raison de la conversion selon l'IEC 60028 (résistance du cuivre recuit normalisé: 17,241 nΩ·m) avec des effets d'arrondis potentiels.

^e De fils élémentaires

^f Moyenne d'un lot

Tableau 2 – Tolérance sur le diamètre du fil

Diamètre nominal du fil		Tolérance
mm		
Au-dessus de	Jusques et y compris	
--	3,00	±0,03
3,00	---	±1 % du diamètre