

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy grooved contact wires

Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Fils de contact rainurés en cuivre et en cuivre allié

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 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 Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00
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 corrigenda or an amendment might have been published.

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

The stand-alone application for consulting the entire bibliographical information on IEC International Standards, Technical Specifications, Technical Reports and other documents. Available for PC, Mac OS, Android Tablets and iPad.

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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 also once a month by email.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary of electronic and electrical terms containing 20 000 terms and definitions in English and French, with equivalent terms in 15 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

65 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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: csc@iec.ch.

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.

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

Application autonome pour consulter tous les renseignements bibliographiques sur les Normes internationales, Spécifications techniques, Rapports techniques et autres documents de l'IEC. Disponible pour PC, Mac OS, tablettes Android et iPad.

Recherche de publications IEC - www.iec.ch/searchpub

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 aussi une fois par mois par email.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire en ligne de termes électroniques et électriques. Il contient 20 000 termes et définitions en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 15 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

65 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Railway applications – Fixed installations – Electric traction – Copper and copper alloy grooved contact wires

Applications ferroviaires – Installations fixes – Traction électrique – Fils de contact rainurés en cuivre et en cuivre allié

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 45.060.01

ISBN 978-2-8322-3625-3

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	5
1 Scope	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 Characteristics of contact wires	8
4.1 Contact wire designation system	8
4.2 Material designation	8
4.3 Appearance and condition	8
4.4 Identification	9
4.4.1 General requirements	9
4.4.2 Normal and high strength copper (Cu-ETP, Cu-FRHC, Cu-HCP, Cu-OF)	9
4.4.3 Copper-silver alloy (CuAg 0,1)	9
4.4.4 Copper-cadmium alloy (CuCd 0,7, CuCd 1,0)	9
4.4.5 Copper-magnesium alloy (CuMg 0,2, CuMg 0,5)	10
4.4.6 Copper-tin alloy (CuSn 0,2)	10
4.5 Configuration, profile and cross-sections	11
4.5.1 Clamping grooves	11
4.5.2 Cross-sectional areas	11
4.5.3 Profiles	11
4.5.4 Configurations	11
4.6 Electrical properties	12
4.6.1 Resistivity	12
4.6.2 Resistance per kilometre	12
4.7 Mechanical properties	13
4.7.1 Tensile strength and percentage elongation after fracture	13
4.7.2 Additional requirements	13
4.7.3 Microwaves on longitudinal axis of contact wire	13
4.8 Jointing feed stock	14
5 Testing of contact wires	17
5.1 Material composition	17
5.2 Appearance and condition	17
5.3 Profiles and dimensions	17
5.4 Electrical properties	17
5.5 Mechanical properties	17
5.5.1 Breaking load and percentage elongation after fracture	17
5.5.2 Reverse bend test	18
5.5.3 Torsional strength test	20
5.5.4 Winding property test	20
5.5.5 Microwaves on longitudinal axis of the contact wire	20
5.6 Mass per unit length	21
5.7 Jointing of wire	21
5.8 Integrity of contact wire	21
5.9 Type of tests	21
6 Ordering and delivery conditions	22
6.1 Conditions and specification of the order	22
6.2 Packaging	23

6.3	Tolerance on contact wire length	23
6.4	Contact wire drum markings	23
7	Verification of compliance	23
7.1	Certification of compliance and test results	23
7.2	Selection of samples and tests by supplier	23
7.3	Inspection by purchaser	24
Annex A	(normative) Standardised configurations	25
Annex B	(informative) Common alloy compositions and designations	28
Annex C	(informative) Physical properties	29
C.1	Electrical resistance per kilometre	29
C.2	Minimum breaking load	30
C.3	Tolerance on diameter and cross-sectional area	30
C.4	Mass per kilometre of the contact wire	30
C.5	Contact wire coefficients	31
C.6	Calculating the cross-sectional area of contact wire	32
Annex D	(informative) A-deviations	33
Annex E	(informative) Special national conditions	34
E.1	General	34
E.2	United Kingdom	34
E.3	Austria	34
E.4	Japan	36
E.5	Russia	40
E.6	China	44
Bibliography		48
Figure 1	– Description of identification groove	9
Figure 2	– Two identification grooves (CuAg)	10
Figure 3	– One identification groove (CuCd)	10
Figure 4	– Three identification grooves (CuMg)	10
Figure 5	– One offset identification groove (CuSn)	11
Figure 6	– Clamping groove types A and B	11
Figure 7	– Limit on microwaves in the contact wire	14
Figure 8	– Reverse bend test – Test rig	19
Figure 9	– Reverse bend test – Method	20
Figure A.1	– Contact wire shape AC	25
Figure A.2	– Contact wire shape BC	26
Figure A.3	– Contact wire shape BF	27
Figure E.1	– Clamping groove type in Austria	35
Figure E.2	– Configurations of CF-100 and CF-120 contact wire in Austria	36
Figure E.3	– Identification grooves of contact wires in Japan (Copper-tin 0,3 % alloy)	37
Figure E.4	– Clamping grooves of contact wires in Japan	37
Figure E.5	– Configurations of contact wires in Japan	38
Figure E.6	– Identification grooves of contact wires of type M (a), type M* (b), type Br2 (c), type Br1 (d) in Russia	41
Figure E.7	– Clamping grooves and configuration of contact wire circular profile in Russia	42

Figure E.8 – Clamping grooves and configuration of contact wire oval profile in Russia	43
Figure E.9 – Cross-section and identification grooves in China	45

Table 1 – Configurations and cross-sections for types A and B	12
Table 2 – Maximum resistivity and minimum conductivity	12
Table 3 – Maximum resistance per kilometre depending on material	13
Table 4 – Tensile strength and percentage elongation after fracture	15
Table 5 – Minimum breaking loads depending on material and cross-section	16
Table 6 – Contact wire tests	22
Table 7 – Guide for the selection of samples	24
Table A.1 – Dimensions for contact wire shape AC	25
Table A.2 – Dimensions for contact wire shape BC	26
Table A.3 – Dimensions for contact wire shape BF	27
Table B.1 – Some possible material compositions and designations	28
Table C.1 – Maximum electrical resistance per kilometre depending on conductivity and nominal cross-section (examples)	29
Table C.2 – Minimum breaking loads depending on tensile strength and nominal cross-section (examples)	30
Table C.3 – Contact wire mass	31
Table E.1 – Dimensions of identification grooves in Japan	37
Table E.2 – Dimensions of clamping grooves in Japan	38
Table E.3 – Designations of contact wires in Japan	38
Table E.4 – Dimensions of contact wires in Japan	39
Table E.5 – Mechanical properties of contact wires in Japan	39
Table E.6 – Mass of contact wires in Japan	40
Table E.7 – Dimensions and mass per unit length of contact wires in Russia	43
Table E.8 – Mechanical and electrical properties for contact wires of type M in Russia	44
Table E.9 – Mechanical and electrical properties for contact wires of types Br1, Br2 in Russia	44
Table E.10 – Gauge, dimensions, angle and referenced mass per unit length in China	45
Table E.11 – Designations of contact wires in China	46
Table E.12 – Mechanical properties of contact wires in China	46

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – ELECTRIC
TRACTION – COPPER AND COPPER ALLOY GROOVED CONTACT WIRES**

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.

International Standard IEC 62917 has been prepared by IEC technical committee 9: Electrical equipment and systems for railways.

This first edition is based on European standard EN 50149:2012.

The main technical changes with regard to EN 50149:2012 are as follows:

- extended range of cross-sections,
- changed terms and definitions,
- additional electrical and mechanical properties,
- additional special national conditions,
- for grooved contact wires.

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

FDIS	Report on voting
9/2191/FDIS	9/2202/RVD

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

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

RAILWAY APPLICATIONS – FIXED INSTALLATIONS – ELECTRIC TRACTION – COPPER AND COPPER ALLOY GROOVED CONTACT WIRES

1 Scope

This International Standard specifies the characteristics of copper and copper alloy grooved contact wires of cross-sections from 70 mm² to 170 mm² for use on overhead contact lines.

It establishes the product characteristics, the test methods, checking procedures to be used with the contact wires, together with the ordering and delivery condition.

2 Normative references

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

IEC 60468:1974, *Method of measurement of resistivity of metallic materials*

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

ISO 7801:1984, *Metallic materials – Wire – Reverse bend test*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

3.1

feed stock

wire of a shape, whose cross-section is generally larger than the grooved wire cross-section, from which the contact wire is then drawn and/or rolled

3.2

sideways-coiled contact wire

contact wire coiled with vertical axis parallel or in an angle to the axis of the drum

3.3

perpendicularly coiled contact wire

contact wire coiled with the vertical axis perpendicular to the axis of the drum facing the drum with the bottom arc

3.4

joint

connection between feed stock wires before cold drawing

3.5

joint area

area of the contact wire influenced by a joint

3.6

contact wire

electric conductor of an overhead contact line with which the current collector makes contact

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-15]

3.7

grooved contact wire

contact wire characterised by two clamping grooves

Note 1 to entry: The contact wire hereinafter refers to a grooved contact wire according the scope of this International Standard.

4 Characteristics of contact wires

4.1 Contact wire designation system

The contact wire designation shall consist of:

- denomination (contact wire);
- number of this International Standard (IEC 62917);
- configuration designation (see 4.5.4);
- material designation, either symbol or number (see Table B.1, or material as agreed between purchaser and supplier);
- minimum tensile strength in MPa or minimum breaking load in kN;
- minimum conductivity in % IACS or maximum resistance per km in Ω/km .

EXAMPLE Contact wire IEC 62917 – AC-120 – CuMg0,5 – Strength 490 (MPa) – Conductivity 62 (% IACS).

4.2 Material designation

NOTE The contact wire shall consist of a copper or copper silver alloy, as defined for example in EN 1977:2013 (only for CEN/CENLEC members) or another copper alloy.

Annex B gives the designations of the feed stocks for some possible compositions of the contact wire. At the time of tender, the user shall specify explicitly the material(s) he wants or he is allowed to apply.

Copper cadmium alloys are not recommended for use for environmental reason, see Annex D.

4.3 Appearance and condition

The contact wires shall not present any imperfections (roughness, sliver, seam, inclusion, cracks, kinks, or sharp cutting edges) liable to affect the mechanical and/or electrical properties specified in this Standard or to cause difficulties during installation/operation.

The groove shall be even and without warp.

The surface shall be clean and free of oxide inclusions or sulphide generated during the manufacturing process or foreign substances such as pickling residue.

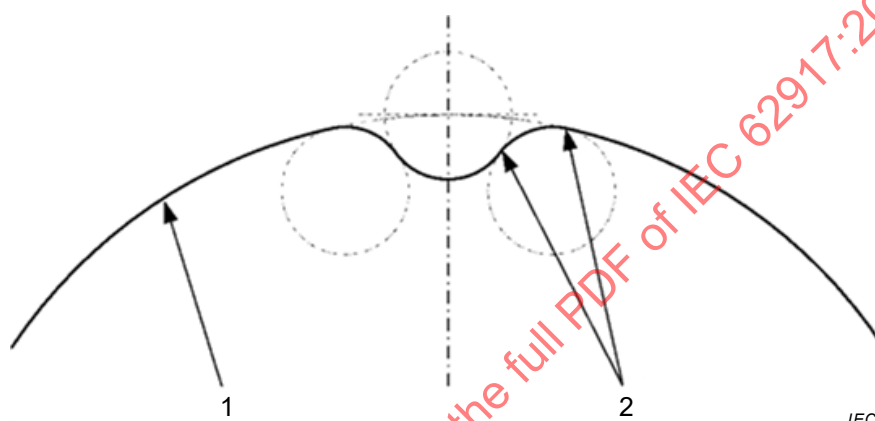
The colour of the metallic bright surface immediately after manufacturing may change due to atmospheric influence. This is acceptable.

4.4 Identification

4.4.1 General requirements

All contact wires manufactured from alloys shall be clearly identified except when there is another agreement between purchaser and supplier. For normal and high strength copper and copper-silver, copper-cadmium, copper-magnesium and copper-tin alloys the method of identification shall be by identification grooves as shown below. For other alloys the identification method (whether grooves or other method) shall be agreed between purchaser and supplier.

Identification grooves shall be set out as shown in Figure 1. The centre of the middle circle shall be on the projected circle of the contact wire. The connection between two successive arcs shall be without a straight line.



Key

- 1 diameter of contact wire
- 2 tangential connection between successive arcs

Figure 1 – Description of identification groove

4.4.2 Normal and high strength copper (Cu-ETP, Cu-FRHC, Cu-HCP, Cu-OF)

Contact wires of copper have no identification groove¹.

4.4.3 Copper-silver alloy (CuAg 0,1)

NOTE Contact wires of copper alloy with silver shall incorporate two identification grooves on the upper lobe of the contact wire in accordance with Figure 2 (only for CEN/CENELEC members, other countries see Annex E).

4.4.4 Copper-cadmium alloy (CuCd 0,7, CuCd 1,0)

Contact wires of copper alloy with cadmium shall incorporate one identification groove on the upper lobe of the contact wire in accordance with Figure 3¹.

This identification is only used for already installed contact wires. This identification should not be used for other copper-alloys (see also Annexes C and D).

¹ See Annex E, Special National Condition for United Kingdom.

4.4.5 Copper-magnesium alloy (CuMg 0,2, CuMg 0,5)

NOTE Contact wires of copper alloy with magnesium shall incorporate three identification grooves on the upper lobe of the contact wire in accordance with Figure 4 (only for CEN/CENELEC members, other countries see Annex E).

4.4.6 Copper-tin alloy (CuSn 0,2)

NOTE Contact wires of copper alloy with tin shall incorporate one identification groove set at an angle of 24° on the upper lobe of the contact wire in accordance with Figure 5 (only for CEN/CENELEC members, other countries see Annex E).

Dimensions in millimetres

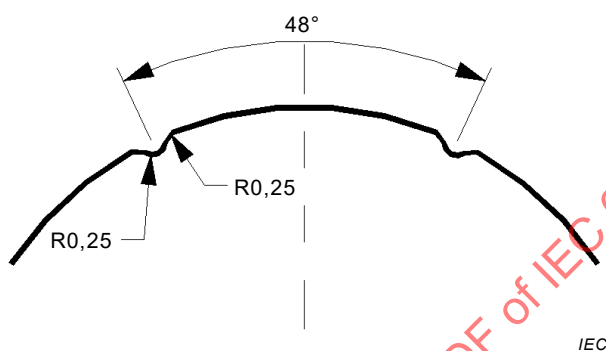


Figure 2 – Two identification grooves (CuAg)

Dimensions in millimetres

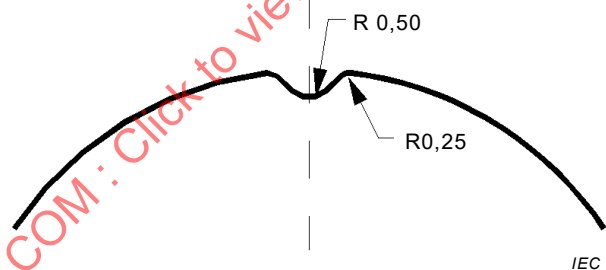


Figure 3 – One identification groove (CuCd)

Dimensions in millimetres

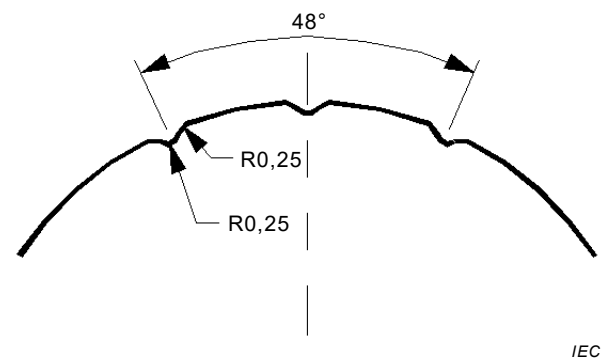


Figure 4 – Three identification grooves (CuMg)

Dimensions in millimetres

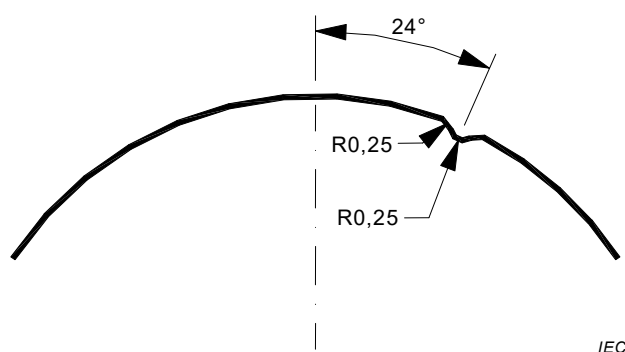


Figure 5 – One offset identification groove (CuSn)

4.5 Configuration, profile and cross-sections

4.5.1 Clamping grooves

Whatever cross-section of the contact wire is used, the dimensions of the clamping grooves shall be in accordance with for either type A or type B as given in Figure 6, or others clamping groove types as given in Annex E for the mentioned countries.

Dimensions in millimetres

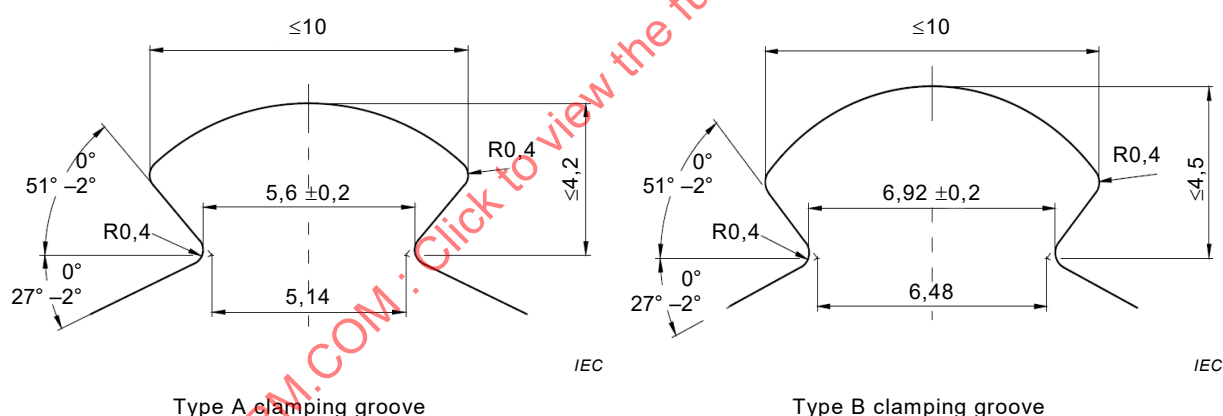


Figure 6 – Clamping groove types A and B

4.5.2 Cross-sectional areas

This Standard details the following nominal cross-sections: 70 mm², 80 mm², 85 mm², 100 mm², 107 mm², 110 mm², 120 mm², 150 mm² and 170 mm².

4.5.3 Profiles

Profiles are of two main types, the circular profile and the flattened profile. Other profiles shall be permitted by agreement between purchaser and supplier.

4.5.4 Configurations

The configurations of the contact wires shall be in conformance with Table 1 for types A and B or with Annex E for other profile types in the mentioned countries. These are defined as combinations of the profile shape, the nominal cross-section and the type of clamping groove.

The dimensions of each configuration are shown in Annex A or Annex E.

Table 1 – Configurations and cross-sections for types A and B

Nominal cross-section mm ²	Clamping groove Type A		Clamping groove Type B			
	Circular		Circular		Flat	
	Designation	Figure No. in Annex A	Designation	Figure No. in Annex A	Designation	Figure No. in Annex A
80	AC-80	A.1		A.2		A.3
100	AC-100		BC-100		BF-100	
107	AC-107		BC-107		BF-107	
120	AC-120		BC-120		BF-120	
150	AC-150		BC-150		BF-150	

4.6 Electrical properties

4.6.1 Resistivity

The resistivity of the contact wire at 20 °C shall not exceed the values in Table 2 for alloys listed in Annex B. For other copper alloys the values shall be as agreed between purchaser and supplier.

Table 2 – Maximum resistivity and minimum conductivity

Material	Resistivity in 10 ⁻⁸ Ωm max.	Min. conductivity 10 ⁶ S/m	Min. conductivity % IACS
Cu-ETP	1,777	56,3	97,0
Cu-FRHC	1,777	56,3	97,0
Cu-HCP	1,777	56,3	97,0
Cu-OF	1,777	56,3	97,0
CuAg0,1	1,777	56,3	97,0
CuMg0,2 (Normal conductivity 77,0 % IACS)	2,240	44,6	77,0
CuMg0,2 (High conductivity 80,0 % IACS)	2,155	46,4	80,0
CuMg0,5 (Normal conductivity 62,1 % IACS)	2,778	36,0	62,1
CuMg0,5 (High conductivity 70,0 % IACS)	2,463	40,6	70,0
CuSn0,2 (Normal conductivity 72,0 % IACS)	2,395	41,8	72,0
CuSn0,2 (High conductivity 80,0 % IACS) ^a	2,155	46,4	80,0
CuCd0,7	2,005	49,9	86,0
CuCd1,0	2,155	46,4	80,0

^a CuSn0,2 (high conductivity) was previously denoted CuSn0,4.

4.6.2 Resistance per kilometre

The resistance per unit length at 20 °C shall not exceed the resistance value specified in Table 3 for materials listed in Annex B. For other copper alloys the values shall be as agreed between purchaser and supplier.

Values for electrical resistance per kilometre depending on conductivity and cross-section are given in Table C.1. The calculation used to determine the electrical resistance per kilometre at 20 °C is specified in Clause C.1 and is based on the values of resistivity in Table 2. The value of resistance at a joint area shall be no greater than specified for the contact wire material.

Table 3 – Maximum resistance per kilometre depending on material

Nominal cross-section mm ²	Material designation ^a							
	Cu-ETP Cu-OF Cu-FRHC Cu-HCP	CuAg0,1	CuMg0,2	CuMg0,5	CuMg0,5 (High conductivity)	CuSn0,2	CuCd0,7	CuCd1,0 CuSn0,2 (high conductivity) ^b CuMg0,2 (high conductivity)
	97,0 % IACS	97,0 % IACS	77,0 % IACS	62,1 % IACS	70,0 % IACS	72,0 % IACS	86,0 % IACS	80,0 % IACS
80	0,229	0,229	0,289	0,358	0,317	0,309	0,258	0,278
100	0,183	0,183	0,231	0,286	0,254	0,247	0,207	0,222
107	0,171	0,171	0,216	0,268	0,237	0,231	0,193	0,208
120	0,153	0,153	0,192	0,239	0,212	0,206	0,172	0,185
150	0,122	0,122	0,154	0,191	0,169	0,165	0,138	0,148

^a Values in Ω/km at 20°C – Calculated on minimum cross-sectional area (97 % of the nominal cross-section).

^b CuSn0,2 (high conductivity) was previously denoted CuSn0,4.

For calculation formula, see Annex C.

4.7 Mechanical properties

4.7.1 Tensile strength and percentage elongation after fracture

The tensile strength and percentage elongation after fracture of the contact wire shall be in accordance with the values indicated in Table 4 for alloys listed in Annex B. For other copper alloys the values shall be as agreed between purchaser and supplier. Maximum percentage elongation values after fracture are recommended.

Table 5 shows the minimum values of calculated breaking load to be expected in tensile tests for alloys listed in Annex B, corresponding to the minimum tensile strength shown in Table 4.

Values for minimum breaking load dependent upon tensile strength and cross-section are given in Table C.2.

The value of tensile strength and the values for the percentage elongation after fracture at a joint area shall be in accordance with the specified values of the contact wire material.

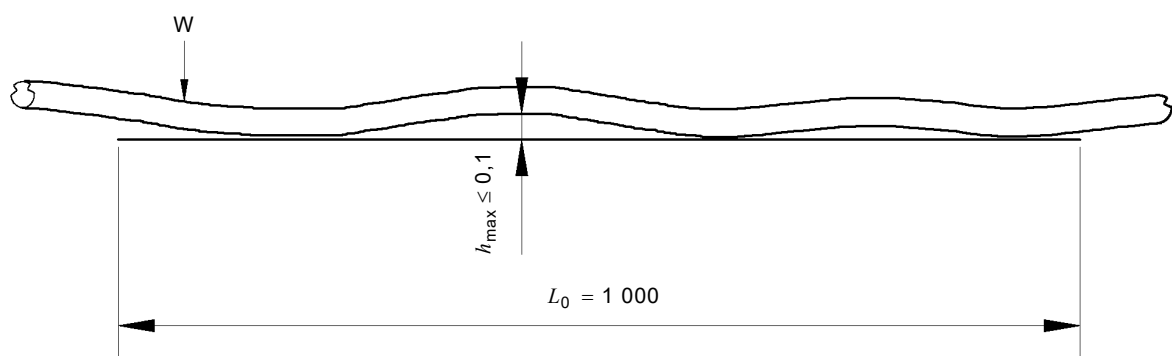
4.7.2 Additional requirements

The contact wire shall withstand reverse bend loads, torsional loads and winding loads. These requirements should be tested in accordance with 5.5.2, 5.5.3 and 5.5.4 subject to agreement between purchaser and supplier.

4.7.3 Microwaves on longitudinal axis of contact wire

The contact wire longitudinal axis shall not show any inadmissible microwaves. After manufacturing, the vertical variation of the longitudinal axis of the contact wire should be not more than 0,1 mm as shown in Figure 7, subject to agreement between purchaser and supplier.

Dimensions in millimetres



IEC

Key

- W contact wire
- L_0 basis length for measurement in mm
- $h_{\max}$ maximum variation of longitudinal axis in mm

Figure 7 – Limit on microwaves in the contact wire

This requirement shall be tested in accordance with 5.5.5 subject to agreement between purchaser and supplier.

NOTE This problem appears mainly in high strength copper alloys (minimum tensile strength > 400 MPa).

4.8 Jointing feed stock

Direct jointing of contact wire is not permitted. Joints in the feed stock which will remain in the contact wire are permitted except otherwise specified by the purchaser if the tests according to 5.7 are passed successfully. The type of joint shall be agreed with the purchaser.

Table 4 – Tensile strength and percentage elongation after fracture

Material	Designation	Nominal cross-section mm ²	Percentage elongation after fracture A ₂₀₀		Minimum tensile strength
			min. %	max. %	MPa ^a
Normal strength copper	Cu-ETP	80	3	10	355
	Cu-FRHC	100	3	10	355
	Cu-HCP	107	3	10	350
	Cu-OF	120	3	10	330
		150	3	10	310
High strength copper and high strength copper-silver alloy	Cu-ETP	80	3	8	375
	Cu-FRHC	100	3	8	375
	Cu-HCP	107	3	8	360
	Cu-OF	120	3	8	360
	CuAg0,1	150	3	8	360
Normal strength copper-silver alloy	CuAg0,1	80	3	10	365
		100	3	10	360
		107	3	10	350
		120	3	10	350
		150	3	10	350
Copper-magnesium alloy	CuMg0,2	80	3	10	460
		100	3	10	450
	CuMg0,2 (high conductivity)	107	3	10	440
		120	3	10	430
		150	3	10	420
Copper-magnesium alloy	CuMg0,5	80	3	10	520
		100	3	10	510
	CuMg0,5 (high conductivity)	107	3	10	500
		120	3	10	490
		150	3	10	470
Copper-tin alloy	CuSn0,2	80	2	8	460
		100	2	8	450
	CuSn0,2 (high conductivity) ^b	107	2	8	430
		120	2	8	420
		150	2	8	420
Copper-cadmium alloy	CuCd0,7	80	2	7	430
		100	2	7	430
		107	2	7	430
		120	2	7	430
		150	2	7	430
Copper-cadmium alloy	CuCd1,0	80	2	7	455
		100	2	7	445
		107	2	7	445
		120	2	7	445
		150	2	7	445
^a MPa = 1 N/mm ² .					
^b CuSn0,2 (high conductivity) was previously denoted CuSn0,4.					

Table 5 – Minimum breaking loads depending on material and cross-section

Material	Designation	Nominal cross-section mm ²	Minimum breaking load ^a kN
Normal strength copper	Cu-ETP	80	27,5
	Cu-FRHC	100	34,5
	Cu-HCP	107	36,3
	Cu-OF	120	38,4
		150	45,1
High strength copper and high strength copper-silver alloy	Cu-ETP	80	29,1
	Cu-FRHC	100	36,4
	Cu-HCP	107	37,4
	Cu-OF	120	41,9
	CuAg0,1	150	52,4
Normal strength copper-silver alloy	CuAg0,1	80	28,3
		100	34,9
		107	36,3
		120	40,7
		150	50,9
Copper-magnesium alloy	CuMg0,2 CuMg0,2 (high conductivity)	80	35,7
		100	43,7
		107	45,7
		120	50,1
		150	61,1
Copper-magnesium alloy	CuMg0,5 CuMg0,5 (high conductivity)	80	40,4
		100	49,5
		107	51,9
		120	57,0
		150	68,4
Copper-tin alloy	CuSn0,2 CuSn0,2 (high conductivity) ^b	80	35,7
		100	43,7
		107	44,6
		120	48,9
		150	61,1
Copper-cadmium alloy	CuCd0,7	80	33,4
		100	41,7
		107	44,6
		120	50,1
		150	62,6
Copper-cadmium alloy	CuCd1,0	80	35,3
		100	43,2
		107	46,2
		120	51,8
		150	64,7

^a Calculated on minimum cross-sectional area which is 97 % of the nominal cross-sectional area. For other minimum cross-sectional areas see Annex E.

^b CuSn0,2 (high conductivity) was previously denoted CuSn0,4.

NOTE 1 Because of a possible link between the creep of the contact wires and the maximum percentage elongation at fracture value (Table 4), the maximum elongation has been retained in this Standard. These are indicative values only, unless otherwise agreed between purchaser and supplier.

NOTE 2 The calculations used to determine the figures in Table 5 are specified in Clause C.2. The minimum cross-section of the contact wire has been taken into consideration, see Clause C.3.

NOTE 3 The minimum specified breaking load corresponds to the maximum force (F_m) as defined in ISO 6892-1.

5 Testing of contact wires

5.1 Material composition

The supplier shall submit a certificate for the production lot to confirm the material composition is in accordance with Annex B or the requirements agreed between purchaser and supplier.

5.2 Appearance and condition

The contact wire together with each sample which is subjected to other tests identified in this standard shall be examined with normal vision. The appearance shall comply with the requirements of 4.3.

5.3 Profiles and dimensions

Dimensional examination shall be performed either using a suitable micrometer or sliding caliper, or using a profile reflector with a minimum amplification of 10, or other appropriate methods.

5.4 Electrical properties

The resistivity or resistance per unit length measurements shall be made in conformity with IEC 60468:1974. The results shall be in accordance with 4.6.1 or 4.6.2 as appropriate.

The coefficient of temperature for the measurement of resistance at temperatures other than shown in 4.6.1 and 4.6.2 should be:

For copper (Cu-ETP, hard drawn):	$3,8 \times 10^{-3}/K$
For copper with silver (CuAg0,1):	$3,8 \times 10^{-3}/K$
For copper with magnesium (CuMg0,2, CuMg0,2 high conductivity):	$3,1 \times 10^{-3}/K$
For copper with magnesium (CuMg0,5, CuMg0,5 high conductivity):	$2,7 \times 10^{-3}/K$
For copper with tin (CuSn0,2, CuSn0,2 high conductivity):	$3,2 \times 10^{-3}/K$

For other copper alloys the values should be as agreed between purchaser and supplier.

In a temperature range from $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ up to $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ the coefficient of temperature for the resistance is constant. For this application of measurement of electrical properties, definition of temperature range is not necessary.

NOTE Values are only a recommendation. Deviations may arise from different chemical compositions and manufacturing methods.

5.5 Mechanical properties

5.5.1 Breaking load and percentage elongation after fracture

This test is performed in accordance with the requirements of ISO 6892-1. The gauge length for percentage elongation measurement shall be 200 mm. For other gauge lengths the values should be as agreed between purchaser and supplier. The original gauge length shall be marked to an accuracy of $\pm 1\%$.

The original cross-sectional area is calculated from the measured mass per unit length and the density appropriate to the material specified (see Clause C.6 and Annex E). Values shall be in accordance with 4.7.1 and Annex E.

For the test on contact wire with a joint in the feed stock, the requirements of 4.7 and 4.8 shall be noted, and the tensile tests shall be carried out as follows:

- if the length of the joint is less than or equal to the length between reference marks, the joint shall be placed at the middle of the reference marks;
- if the length of the joint is greater than the length between reference marks, the method of testing shall be agreed between the purchaser and supplier.

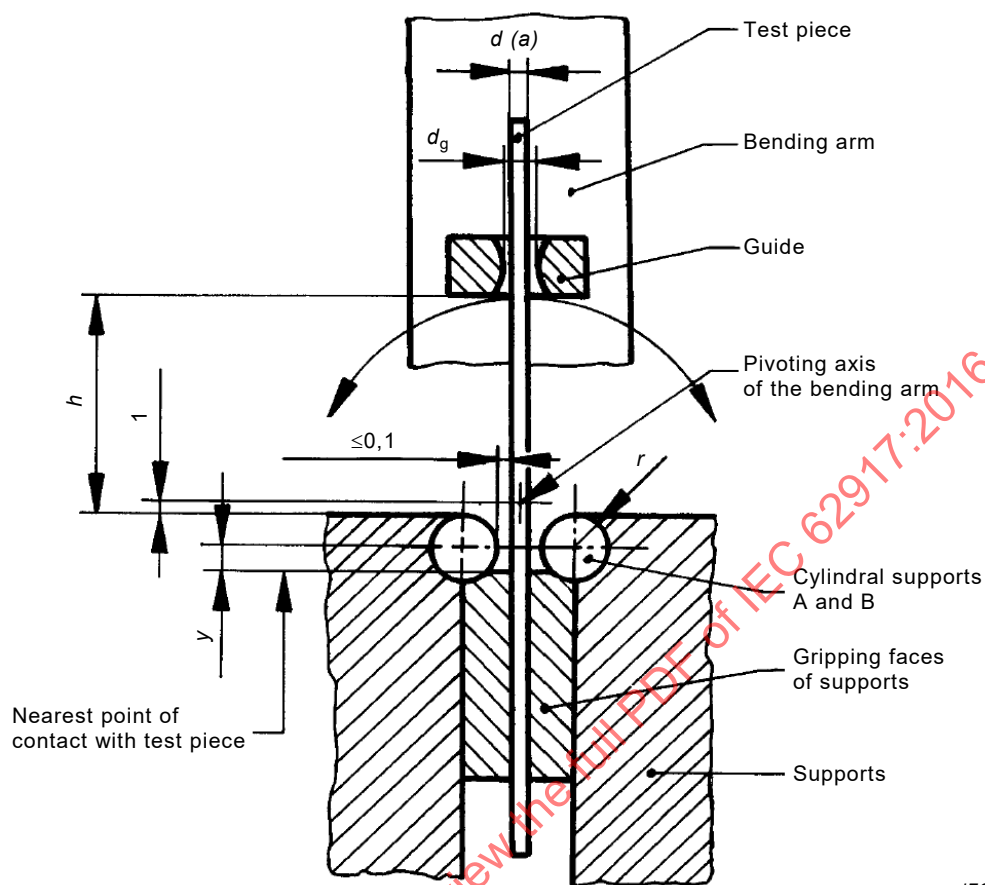
5.5.2 Reverse bend test

This test is optional and shall be carried out if requested by the purchaser. The test is performed using a method similar to that shown in ISO 7801:1984 and Figure 8, except in case of special instruction by purchaser. The distance from the top tangential plane of cylindrical supports to the bottom face of the guide shall be 200 mm max. The contact wire has to be placed so that the bottom and the head of the contact wire are tangential to the gripping faces of the support (as shown in Figure 9). For the first bending the bottom of the contact wire has to be inside and the head of the contact wire outside.

The contact wire shall be subjected to a number of bends, through 90° in opposite directions, around a mandrel with a radius of 30 mm. One bend consists of bending the free end of the test specimen through 90° and returning it to its original position, in accordance with Figure 9. The bends may be made by hand. The contact wire shall withstand a minimum of 6 bends without complete fracture.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

Dimensions in millimetres

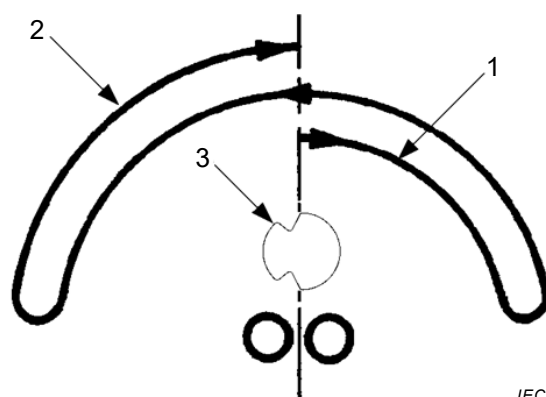


IEC

Symbol	Designation	Unit
d	Diameter of contact wire	mm
a	Minimum thickness of contact wire of non-circular section capable of being held between parallel grips	mm
r	Radius of cylindrical supports (mandrel)	mm
h	Distance from the top tangential plane of cylindrical supports to the bottom face of guide	mm
d_g	Diameter of guide hole	mm
y	Distance from a plane, defined by the axes of the cylindrical supports, to the nearest point of contact with the test piece	mm
Nb	Number of reverse bends	

[ISO 7801:1984, Figure 1 and Table 1, modified]

Figure 8 – Reverse bend test – Test rig



Key

- 1 first bend
- 2 second bend
- 3 orientation of contact wire

[ISO 7801:1984, Figure 3, modified]

Figure 9 – Reverse bend test – Method

5.5.3 Torsional strength test

This test is optional and shall be carried out at the request of the purchaser.

A contact wire sample shall be selected and clamped between two sets of jaws, 250 mm apart which is measured without mechanical tension. The sample is then held by the set of longitudinal moving jaws. The other set of jaws has only a rotating movement around the contact wire axis.

The rotating speed of the jaw shall be between 15 and 20 rotations per min. The sample shall be submitted to 5 rotations in the same direction.

On completion of the test the samples shall be examined with normal vision and present no crack, scale, fissure or incipient break. In the case of the jointed wire no separation of the joint is acceptable.

5.5.4 Winding property test

This test is optional and shall be carried out if requested by the purchaser.

A sample of contact wire shall be wound, with the contact running face side, in contact with the mandrel, for three successive 360° turns. For copper and silver copper the mandrel shall be a maximum of the same diameter as the sample contact wire. For other copper alloys the mandrel shall be a maximum of twice the diameter of the sample contact wire.

On completion of the test the sample shall be examined with normal vision and present no crack, scale, fissure or incipient break.

5.5.5 Microwaves on longitudinal axis of the contact wire

This test is optional and shall be carried out if requested by the purchaser.

The vertical variation of the longitudinal axis of the contact wire shall be measured by appropriate control methods, for example by use of an optical or mechanical control system.

The control of the variation should be performed during the manufacturing process before coiling the contact wire on the contact wire drum.

5.6 Mass per unit length

This consists of measuring the mass of a unit length sample at ambient temperature between 10 °C and 30 °C. The precision of the measurement shall be better than 0,5 % error.

5.7 Jointing of wire

If the feed stock of the contact wire contains joints the quality of the joint shall be checked in the finished contact wire using the tensile test described in 5.5.1, the measurement of electrical properties described in 5.4 and, if agreed between purchaser and supplier, the reverse bend test described in 5.5.2 and the torsional strength test described in 5.5.3.

5.8 Integrity of contact wire

The internal and surface integrity of the contact wires may be checked by electro-magnetic methods if agreed between purchaser and supplier. The test should be performed during the manufacturing process, before coiling the contact wire on the contact wire drum.

5.9 Type of tests

An overview of contact wire tests is given in Table 6.

There are three different tests; type tests, random sample tests and routine tests.

Type tests are intended to establish design characteristics. They are normally only made once and repeated only when the design or the material of the contact wire is changed. The results of type tests are recorded as evidence of compliance with design requirements.

Random sample tests serve for monitoring production. The purchaser shall have the opportunity of selecting samples and witnessing tests in accordance with Clause 7.

Routine tests are intended to prove conformance of a contact wire to the specific requirements and are made on every drum.

Additional type tests as e.g. softening test used in some countries for developing of new materials can be performed by the suppliers.

Table 6 – Contact wire tests

Test item	Test according to Clause/ Subclause	Type test	Random sample test (e.g. during factory acceptance test)	Routine test (e.g. by the supplier's quality management)
Material composition	5.1	X	X	
Appearance and condition	5.2	X	X	X
Profiles and dimensions	5.3	X	X	X ^a
Electrical properties	5.4	X	X	X ^b
Breaking load and percentage elongation after fracture	5.5.1	X	X	X
Reverse bend test	5.5.2	X	X ^a	X ^a
Torsional strength test	5.5.3	X	X ^a	X ^a
Winding property test	5.5.4	X	X ^a	X ^a
Microwave on longitudinal axis of contact wire	5.5.5	X ^{a,c}	X ^a	
Mass per unit length	5.6	X	X	X
Jointing of contact wire	5.7	X		
Integrity of contact wire	5.8	X	X	X
^a Optional to be agreed between the purchaser and supplier. ^b Optional to be agreed between the purchaser and supplier for copper and copper silver alloy contact wires. For other alloys it is mandatory. ^c This type test can be done if required by the purchaser with contact wire after coiling and under nominal tension.				

6 Ordering and delivery conditions

6.1 Conditions and specification of the order

At the time of placing the order, the purchaser shall specify the following requirements to the supplier:

- a) the designation system in accordance with 4.1;
- b) the nominal length on each drum, the type of drum to be used and the kind of coiling
 - perpendicularly-coiled (see 3.3) or
 - sideways-coiled (see 3.2);
- c) if joints are unacceptable, or otherwise which type of joint is acceptable (see 4.8);
- d) the specific tests and test options required, viz.:
 - 1) the method of stating electrical properties of the contact wire (see 5.4);
 - 2) type and testing of joints in wire (see 4.7, 4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.7);
 - 3) requirement for reverse bend test (see 5.5.2);
 - 4) requirement for torsional tests (see 5.5.3);
 - 5) requirement for the checking of winding property (see 5.5.4);
 - 6) requirement for tests for microwaves on longitudinal axis of contact wire (see 5.5.5);
- e) whether it is the purchaser's intention to inspect the material at the supplier's works (see 7.3);
- f) format of certification of compliance and /or test results (see 7.1).

6.2 Packaging

The contact wires shall be delivered on contact wire drums in compliance with the purchaser requirements. Each drum shall carry only one continuous length of contact wire.

The design of drum shall be agreed between the purchaser and supplier and defined on a drawing. The contact wire shall be carefully coiled in layers perpendicularly or sideways to the drum. The type of coiling (see 3.2 and 3.3), the angle as agreed between the purchaser and supplier shall not change for the complete length on the drum. An angle tolerance and a measurement method for this could be agreed between purchaser and supplier. Each coil shall be contiguous and well packed, particularly near the flanges of the contact wire drum, such that it will not be possible for the coil lay to be disturbed during transit. The ends of the contact wire are to be firmly secured to the flanges.

6.3 Tolerance on contact wire length

The tolerance on the length of contact wire supplied is +30 m /–0 m. The measurement of this length is taken from the indication of a length meter mounted on the contact wire drawing bench. The length of the contact wire on the drum can be checked in addition by weighing the coiled drum based on 5.6 if agreed between purchaser and supplier.

6.4 Contact wire drum markings

Every contact wire drum shall bear a permanently marked number, assigned either by the purchaser or the supplier, clearly visible on each flange, together with an arrow and the words "take off" indicating the direction of take-off of the contact wire.

A label, resistant to deterioration and indelibly marked, shall be attached to one flange, bearing the following information:

- the name of the supplier;
- the contact wire designation in accordance with 4.1;
- the contact wire nominal length;
- the net mass of the contact wire;
- the gross mass (contact wire drum plus contact wire);
- a manufacturing number with at least the number of the week of drawing and the year of manufacture (if required by the purchaser);
- the manner of coiling a contact wire to a drum, such as perpendicularly coiled, sideways-coiled, or other (if required by the purchaser);
- the purchaser order or reference number (if required by the purchaser).

The above information shall be supplied separately to the purchaser at his request.

7 Verification of compliance

7.1 Certification of compliance and test results

NOTE The purchaser and supplier shall agree the Clauses selected from EN 10204:2004 or EN 1655:1997 (only for CEN/CENELEC members) relevant to the certificate of compliance and/or test results.

7.2 Selection of samples and tests by supplier

Suppliers shall select and test samples from each drum of contact wire produced.

7.3 Inspection by purchaser

The purchaser has the opportunity of selecting samples and witnessing tests in accordance with Table 7.

Table 7 – Guide for the selection of samples

Order size Number of drums	Sample size Number of drums
$N \leq 10$	1
$10 < N \leq 25$	2
$25 < N \leq 90$	3
$90 < N \leq 150$	5
$150 < N \leq 280$	8

The order is accepted if all the results of specific tests (and optional if required) are in accordance with the requirements of this standard and additional requirements agreed between purchaser and supplier. If one or more samples do not satisfy this standard, a second random sampling of the same quantity as the first sampling shall be selected and subjected to the tests which were not originally satisfied.

The failed drums may be sampled and tested by the supplier and if satisfactory resubmitted for acceptance by the purchaser.

If the obtained results on the second sampling are in accordance with this standard, the order is accepted. Otherwise the order is rejected.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

Annex A (normative)

Standardised configurations

See Figures A.1 to A.3 and Tables A.1 to A.3.

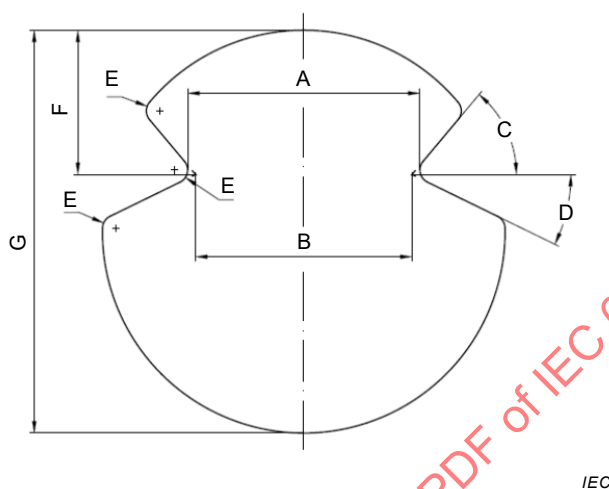
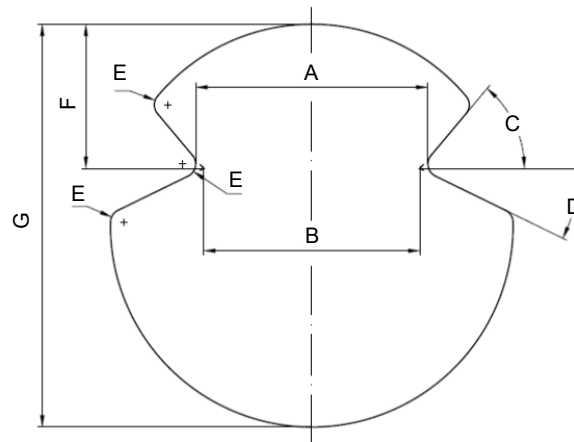


Figure A.1 – Contact wire shape AC

Table A.1 – Dimensions for contact wire shape AC

Designation	A mm	B mm	C	D	E mm	F mm	G mm
AC-80	$5,60 \pm 0,20$	5,14	$51^{\circ 0' - 2'}$	$27^{\circ 0' - 2'}$	R0,40	3,80	10,52 to 10,72
AC-100	$5,60 \pm 0,20$	5,14	$51^{\circ 0' - 2'}$	$27^{\circ 0' - 2'}$	R0,40	4,00	11,84 to 12,08
AC-107	$5,60 \pm 0,20$	5,14	$51^{\circ 0' - 2'}$	$27^{\circ 0' - 2'}$	R0,40	4,00	12,27 to 12,52
AC-120	$5,60 \pm 0,20$	5,14	$51^{\circ 0' - 2'}$	$27^{\circ 0' - 2'}$	R0,40	4,00	12,99 to 13,26
AC-150	$5,60 \pm 0,20$	5,14	$51^{\circ 0' - 2'}$	$27^{\circ 0' - 2'}$	R0,40	4,00	14,53 to 14,85

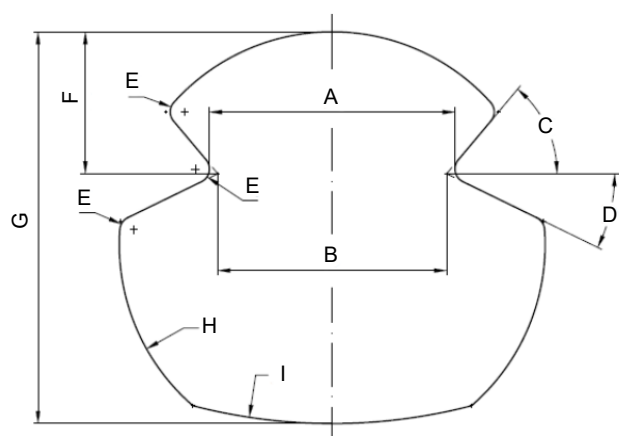


IEC

Figure A.2 – Contact wire shape BC

Table A.2 – Dimensions for contact wire shape BC

Designation	A mm	B mm	C	D	E mm	F mm	G mm
BC-100	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,30	11,57 to 11,84
BC-107	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,30	12,01 to 12,28
BC-120	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,30	12,76 to 13,06
BC-150	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,00	14,24 to 14,59



IEC

Figure A.3 – Contact wire shape BF

Table A.3 – Dimensions for contact wire shape BF

Designation	A mm	B mm	C	D	E mm	F mm	G mm	H mm	I mm
BF-100	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0' -2'}$	$27^{\circ 0' -2'}$	R0,40	4,00	10,92 to 11,16	R6,00	R15,60
BF-107	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0' -2'}$	$27^{\circ 0' -2'}$	R0,40	4,24	11,11 to 11,35	R6,43	R15,85
BF-120	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0' -2'}$	$27^{\circ 0' -2'}$	R0,40	4,30	12,13 to 12,41	R6,60	R17,21
BF-150	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0' -2'}$	$27^{\circ 0' -2'}$	R0,40	3,90	13,26 to 13,58	R7,55	R20,00

Annex B (informative)

Common alloy compositions and designations

Table B.1 – Some possible material compositions and designations

Material designation		Composition in % (mass)							
		Element							
Symbol	Number		Cu	Bi	O	P	Pb	Other elements	
								Total	Excluding
Cu-ETP	CW004A ^{c)}	min.	99,90 ^a	–	–	–	–	–	Ag, O
		max.	–	0,0005	0,040 ^b	–	0,005	0,03	
Cu-FRHC	CW005A ^{c)}	min.	99,90 ^a	–	–	–	–	–	Ag, O
		max.	–	–	0,040 ^b	–	–	0,04	
Cu-OF	CW008A ^{c)}	min.	99,95	–	–	–	–	–	Ag
		max.	–	0,0005	^c	–	0,005	0,03	
Cu-HCP	CW021A ^{c)}	min.	99,95	–	–	0,002	–	–	Ag, P
		max.	–	0,0005	^c	0,007	0,005	0,03	
			Cu	Bi	O		Ag	Other elements	
								Total	Excluding
CuAg 0,1	CW013A ^{c)}	min.	Rest	–	–	–	0,08	–	Ag, O
		max.	–	0,0005	0,040	–	0,12	0,03	
			Cu	Mg	Sn	Cd	P	Other elements	
								Total	Excluding
CuMg 0,2	CW127C ^{c)}	min.	Rest	0,1	–	–	–	–	Mg, P
		max.	–	0,3	–	–	0,01	0,1	
CuMg 0,5	CW128C ^{c)}	min.	Rest	0,4	–	–	–	–	Mg, P
		max.	–	0,7	–	–	0,01	0,1	
CuSn 0,2	CW129C ^{c)}	min.	Rest	–	0,15	–	–	–	Sn
		max.	–	–	0,55	–	–	0,1	
CuCd 0,7	CW130C ^{c)}	min.	Rest	–	–	0,5	–	–	Cd
		max.	–	–	–	0,8	–	0,1	
CuCd 1,0	CW131C ^{c)}	min.	Rest	–	–	0,8	–	–	Cd
		max.	–	–	–	1,2	–	0,1	

^a Including silver, up to a maximum of 0,015 %.

^b Oxygen content up to 0,060 % can be agreed between the purchaser and the supplier.

^c Only for CEN/CENELEC members.

NOTE 1 Composition of all copper types is in accordance with EN 1977:2013 and CEN TS 13388 (only for CEN/CENELEC Members).

NOTE 2 The total of other elements (than copper) is defined in EN 1977:2013 (only for CEN/CENELEC members) as the sum of Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, O, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Te and Zn, subject to the exclusion of any individual elements indicated.

NOTE 3 In many countries, national regulations impose restrictions on the use of copper cadmium alloys. See Annex D.

NOTE 4 Table B.1 is normative in some CEN/CENELEC member countries.

Annex C (informative)

Physical properties

C.1 Electrical resistance per kilometre

The values of the maximum resistance per unit length depending on the maximum resistivity of the metal at 20 °C and the contact wire cross-section are calculated from the following formula, see Table C.1:

$$R_{\max} = L \frac{\rho_{\max}}{A_{\min}}$$

where

$R_{\max}$ is the resistance at 20 °C, in Ω ;

$\rho_{\max}$ is the maximum resistivity of the metal at 20 °C, in Ωm ;

$A_{\min}$ is the minimum cross-section of the contact wire, in m^2 ;

L is equal to 1 000 m.

The values of the maximum resistance per unit length depending on the conductivity of the metal in % IACS at 20 °C and the contact wire cross-section are calculated from the following formula:

$$R_{\max} = \frac{1}{\gamma_{\min} \times 58 \times 10^6 \times A_{\min}}$$

where

$\gamma_{\min}$ is the minimum electrical conductivity of the metal at 20 °C, in % IACS.

Table C.1 – Maximum electrical resistance per kilometre depending on conductivity and nominal cross-section (examples)^a

Nominal cross-section A in mm^2	Electrical conductivity γ in % IACS							
	60,0	62,1	70,0	72,0	77,0	80,0	86,0	97,0
70	0,423	0,409	0,363	0,353	0,330	0,317	0,295	0,262
80	0,370	0,358	0,317	0,309	0,289	0,278	0,258	0,229
85	0,349	0,337	0,299	0,290	0,272	0,261	0,243	0,216
100	0,296	0,286	0,254	0,247	0,231	0,222	0,207	0,183
107	0,277	0,268	0,237	0,231	0,216	0,208	0,193	0,171
110	0,269	0,260	0,231	0,224	0,210	0,202	0,188	0,167
120	0,247	0,239	0,212	0,206	0,192	0,185	0,172	0,153
150	0,197	0,191	0,169	0,165	0,154	0,148	0,138	0,122
170	0,174	0,168	0,149	0,145	0,136	0,131	0,122	0,108

^a Values in Ω/km at 20 °C – Calculated on minimum cross-sectional area (97 % of the nominal cross-section).

C.2 Minimum breaking load

The values of the minimum breaking load given in Table 5 are calculated from the following formula, see Table C.2:

$$F_{\min} = A_{\min} \times R_m$$

where

$F_{\min}$ is the the minimum breaking load of the contact wire, in N;

$A_{\min}$ is the minimum cross-section of the contact wire, in mm²;

R_m is the minimum tensile strength of the contact wire, in MPa.

The value of the minimum proof strength (Rp0,2) on plain contact wire is taken conventionally equal at 0,85 times the value of the minimum tensile strength.

Table C.2 – Minimum breaking loads depending on tensile strength and nominal cross-section (examples)^a

Nominal cross-section A in mm ²	Tensile strength R_m in MPa																			
	310	320	330	340	350	355	360	365	370	375	420	430	440	445	450	455	460	470	490	500
70	21,0	21,7	22,4	23,1	23,8	24,1	24,4	24,8	25,1	25,5	28,5	29,2	29,9	30,2	30,6	30,9	31,2	31,9	33,3	34,0
80	24,1	24,8	25,6	26,4	27,2	27,5	27,9	28,3	28,7	29,1	32,6	33,4	34,1	34,5	34,9	35,3	35,7	36,5	38,0	38,8
85	25,6	26,4	27,2	28,0	28,9	29,3	29,7	30,1	30,5	30,9	34,6	35,5	36,3	36,7	37,1	37,5	37,9	38,8	40,4	41,2
100	30,1	31,0	32,0	33,0	34,0	34,4	34,9	35,4	35,9	36,4	40,7	41,7	42,7	43,2	43,7	44,1	44,6	45,6	47,5	48,5
107	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	36,8	37,4	37,9	38,4	38,9	43,6	44,6	45,7	46,2	46,7	47,2	47,7	48,8	50,9	51,9
110	33,1	34,1	35,2	36,3	37,3	37,9	38,4	38,9	39,5	40,0	44,8	45,9	46,9	47,5	48,0	48,5	49,1	50,1	52,3	53,4
120	36,1	37,2	38,4	39,6	40,7	41,3	41,9	42,5	43,1	43,7	48,9	50,1	51,2	51,8	52,4	53,0	53,5	54,7	57,0	58,2
150	45,1	46,6	48,0	49,5	50,9	51,7	52,4	53,1	53,8	54,6	61,1	62,6	64,0	64,7	65,5	66,2	66,9	68,4	71,3	72,8
170	51,1	52,8	54,4	56,1	57,7	58,5	59,4	60,2	61,0	61,8	69,3	70,9	72,6	73,4	74,2	75,0	75,9	77,5	80,8	82,5

^a Values in kN – Calculated on minimum cross-sectional area (97 % of the nominal cross-section).

C.3 Tolerance on diameter and cross-sectional area

The minimum and maximum contact wire diameters shown in Annex A are calculated on the basis of a tolerance on the manufactured cross-sectional area of ± 3 % of the nominal cross-sectional area.

C.4 Mass per kilometre of the contact wire

The following minimum and maximum masses are equal to 0,97 and 1,03 times the nominal mass for alloys listed in Annex B. For other copper alloys the values should be as agreed between purchaser and supplier, see Table C.3.

Table C.3 – Contact wire mass

Material	Nominal cross-section mm ²	Minimum mass kg/km	Maximum mass kg/km
Cu-ETP Cu-FRHC Cu-HCP Cu-OF CuAg0,1 CuMg0,2 CuMg0,5	70	604	641
	80	690	733
	85	733	778
	100	862	916
	107	923	980
	110	949	1 007
	120	1 035	1 099
	150	1 293	1 374
CuCd0,7 CuCd1,0	170	1 466	1 557
	70	607	645
	80	694	737
	85	738	783
	100	868	921
	107	928	986
	110	954	1 013
	120	1 041	1 106
CuSn 0,2	150	1 301	1 382
	170	1 475	1 566
	70	606	643
	80	692	735
	85	735	781
	100	865	919
	107	926	983
	110	952	1 011
	120	1 038	1 103
	150	1 298	1 378
	170	1 471	1 562

The nominal mass has been calculated on the following basis:

- the nominal cross-sectional areas given in 4.5.2;
- density of contact wire.

The density of the copper, of copper with silver and of copper with magnesium is 8 890 kg/m³ at 20 °C.

The density of the copper with tin is 8 920 kg/m³ at 20 °C.

The density of the copper with cadmium is 8 945 kg/m³ at 20 °C.

C.5 Contact wire coefficients

The temperature coefficient of linear expansion is taken equal to $1,7 \times 10^{-5}/K$.

The longitudinal elastic modulus is taken equal to $1,2 \times 10^5$ MPa.

C.6 Calculating the cross-sectional area of contact wire

The cross-sectional area of a sample of contact wire is calculated by determining the mass per unit length in accordance with 5.6, and dividing by the density as defined in Clause C.4.

$$A = \frac{m \times 1\,000}{d}$$

where

- A is the cross- sectional area, in mm²;
- m is the mass per unit length, in kg/km;
- d is the density, in kg/m³.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

Annex D (informative)

A-deviations

A-deviation: National deviation due to regulations, the alteration of which is for the time being outside the competence of IEC members.

This International Standard does not fall under any Directive of the EC.

In the relevant IEC countries these A-deviations are valid instead of the provisions of this International Standard until they have been removed.

Clause	Deviation
--------	-----------

General	Austria (Bundesgesetzblatt Nr. 855/1993 vom 16.12.1993 (Kadmiumverordnung))
----------------	--

	Denmark (Ministry of Environment, instruction No 858 of 5 September 2009)
--	--

	Switzerland (Regulation SR 814.81)
--	---

	Copper-cadmium alloys are prohibited for use as contact wires.
--	--

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

Annex E (informative)

Special national conditions

E.1 General

Special national condition: National characteristic or practice that cannot be changed even over a long period, e.g. climatic conditions, electrical earthing conditions. If it affects harmonization, it forms part of this Standard or harmonization document.

For the countries in which the relevant special national conditions apply these provisions are normative, for other countries they are informative.

Clause Special national condition

E.2 United Kingdom

4.4 Identification grooves

To retain identity of present conductors used on the railway infrastructure, with future applications, the existing identification system used in the United Kingdom shall be maintained: i.e:

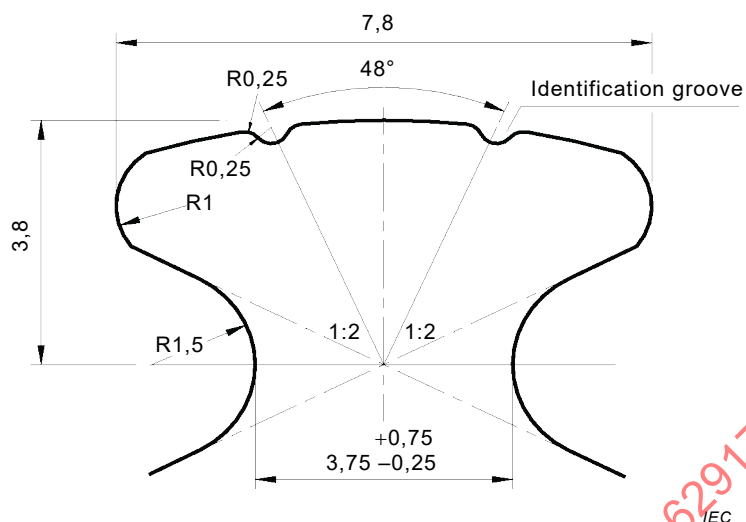
- normal and high strength copper contact wires (Cu-ETP, Cu-FRHC, Cu-HCP, Cu-OF) shall incorporate one identification groove on the upper lobe of the contact wire in accordance with Figure 2;
- copper-cadmium alloy contact wires (CuCd0,7; CuCd1,0) shall have no identification groove.

E.3 Austria

4.5 Configuration and cross-sections

4.5.1 Clamping groove

The following clamping groove type C is permissible for use in Austria in accordance with Figure E.1, when used with profiles CF-100 and CF-120 only.

Dimensions in millimetres**Figure E.1 – Clamping groove type in Austria**

4.5.4 Configurations

For use in Austria the additional configurations CF-100 and CF-120 are permitted. The dimensions of each configuration are shown in Figure E.2.

Dimensions in millimetres

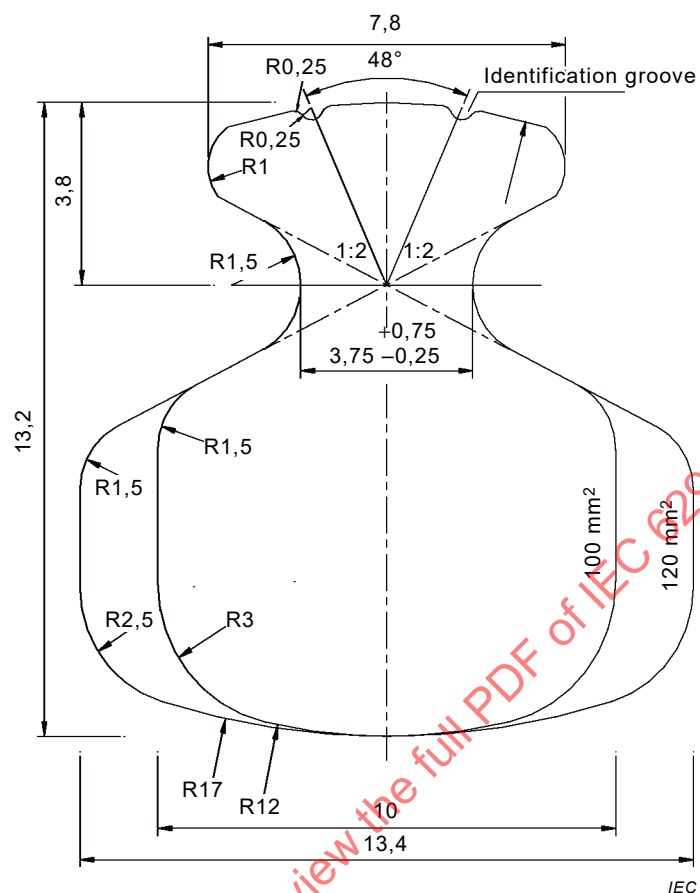


Figure E.2 – Configurations of CF-100 and CF-120 contact wire in Austria

E.4 Japan

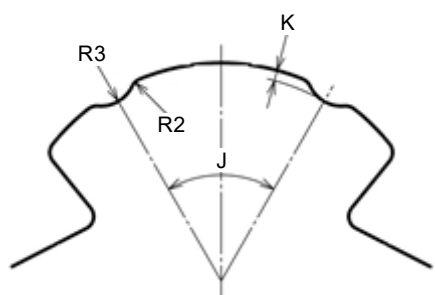
4.2 Material designation

Steel reinforced copper contact wires are also used in addition to copper and copper alloy.

4.4 Identification

Contact wires of copper-tin 0,3 % alloy are identified by two grooves, see Figure E.3 and Table E.1.

Contact wires of copper and copper-silver alloy have no identification groove.



IEC

**Figure E.3 – Identification grooves of contact wires in Japan
(Copper-tin 0,3 % alloy)**

Table E.1 – Dimensions of identification grooves in Japan

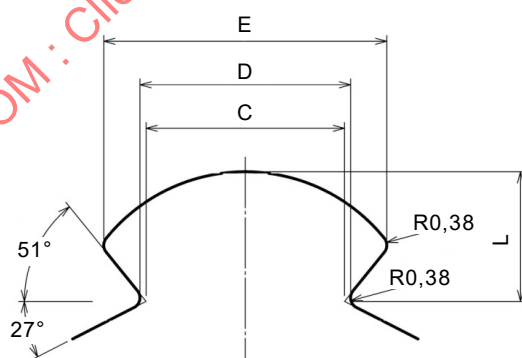
Designation	J	K mm	R2 mm	R3 mm
GT-110	60°	0,3	0,4	1,0
GTM-170	50°			
GT-170	50°			

4.5 Configuration, profile and cross-section

4.5.1 Clamping grooves

Clamping grooves of Japan are shown in Figure E.4, dimensions are given in Table E.2.

Dimensions in millimetres



IEC

Figure E.4 – Clamping grooves of contact wires in Japan

Table E.2 – Dimensions of clamping grooves in Japan

Clamping groove Type	Dimensions in millimetres				Correspondent designation
	C	D	E	L	
Type 70	5,00	5,42±2 %	8,10±2 %	4,00	GT-70
Type 85	5,70	6,12±2 %	8,50±2 %	4,20	GT-85
Type 110	6,85	7,27±2 %	9,75±2 %	4,47 max	GT-110 GT-150 GTM-170
Type 170	7,32	7,74±2 %	11,43±2 %	5,345	GT-170
Dimension L is for guidance only.					

4.5.4 Configurations

Designations in Japan are shown in Table E.3.

Configurations in Japan are shown in Figure E.5, dimensions are given in Table E.4.

Table E.3 – Designations of contact wires in Japan

Nominal Cross-section mm ²	Designation			
	Clamping groove Type 70	Clamping groove Type 85	Clamping groove Type 110	Clamping groove Type 170
70	GT-70			
85		GT-85		
110			GT-110	
150			GT-150	
170			GTM-170	GT-170

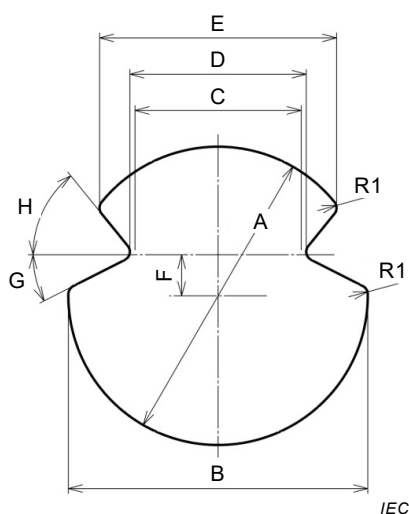
**Figure E.5 – Configurations of contact wires in Japan**

Table E.4 – Dimensions of contact wires in Japan

Designation	Calculative cross-section mm ²	Diameter A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G	H	R1 mm
GT-70	70,29	10,00 ± 1 %	9,90 ± 2 %	5,00	5,42 ± 2 %	8,10 ± 2 %	0,8	27°	51°	0,38
GT-85	87,09	11,00 ± 1 %	11,00 ± 2 %	5,70	6,12 ± 2 %	8,50 ± 2 %	1,5			
GT-110	111,1	12,34 ± 1 %	12,34 ± 2 %	6,85	7,27 ± 2 %	9,75 ± 2 %	1,7			
GT-150	150,7	14,40 ± 1 %	14,40 ± 2 %				3,2			
GTM-170	172,2	15,3 ± 1 %	15,3 ± 2 %				3,9			
GT-170	170,0	15,49 ± 1 %	15,49 ± 2 %	7,32	7,74 ± 2 %	11,43 ± 2 %	2,4			

4.7 Mechanical properties

4.7.1 Tensile strength and percentage elongation after fracture

In Japan, minimum breaking loads and minimum percentage elongations for 250 mm gauge length are provided. Values in Japanese standard (and former standards) are shown in Table E.5.

Table E.5 – Mechanical properties of contact wires in Japan

Material	Designation	Minimum breaking load kN	Minimum percentage elongation
Copper	70	24,6	2,5
	85	30,3	2,7
	110	38,2	3,0
	150	51,4	3,3
	M170	57,8	3,4
	170	57,8	3,4
Copper-silver alloy (CuAg0,1)	85	31,9	2,5
	110	40,2	2,8
	170	58,8	3,2
Copper-tin alloy (CuSn0,3)	110	40,2	2,8
	M170	58,8	3,2
	170	58,8	3,2
CuAg 0,1 and CuSn 0,3 were provided in former Japanese National Railway Standards.			

Annex C – Physical properties

C.4 Mass per kilometre of the contact wire

In Japan, mass per kilometer are provided as nominal values and their tolerances. Those values in Japanese standard (and former standards) are shown in Table E.6.

Table E.6 – Mass of contact wires in Japan

Material	Designation	Nominal mass per kilometre kg/km	Tolerance
Copper	70	624,9	±2 %
	85	774,2	
	110	987,7	
	150	1 340	
	M170	1 531	
	170	1 511	
Copper-silver alloy (CuAg0,1)	85	774,2	
	110	987,7	
	170	1 511	
Copper-tin alloy (CuSn0,3)	110	982	
	M170	1 526	
	170	1 506	
CuAg 0,1 and CuSn 0,3 were provided in former Japanese National Railway Standards.			

E.5 Russia

4.4 Identification

All contact wires manufactured from alloys shall be clearly identified except there is other agreement between purchaser and supplier. Contact wires of types M, Br1, Br2 shall have identification grooves as shown below in Figure E.6.

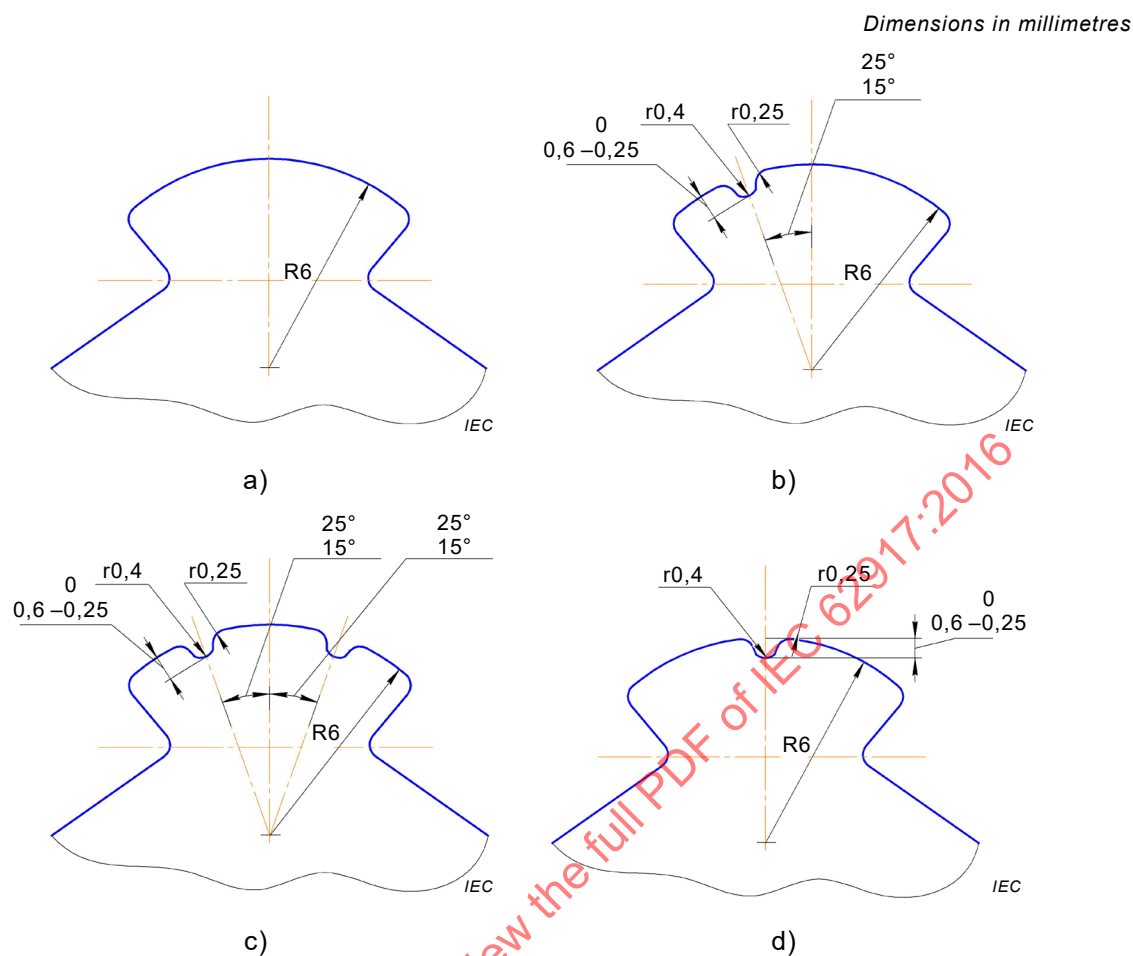


Figure E.6 – Identification grooves of contact wires of type M (a), type M* (b), type Br2 (c), type Br1 (d) in Russia

4.5 Configuration, profile and cross-section

4.5.1 Clamping grooves

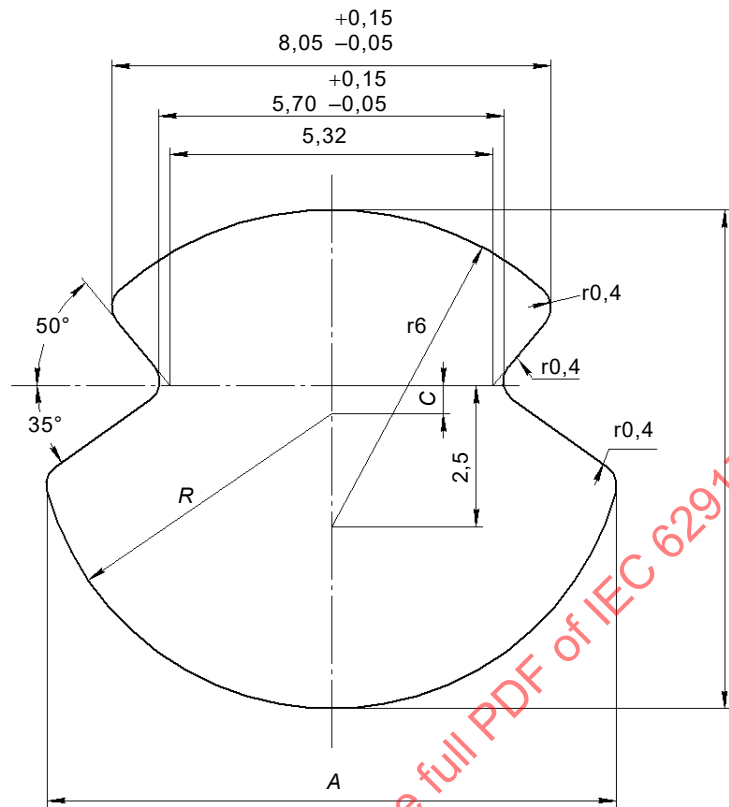
Clamping grooves in Russia are shown in Figure E.7 and Figure E.8.

4.5.4 Configurations

Configurations of contact wires in Russia are shown in Figure E.7 and Figure E.8.

Dimensions of contact wires in Russia are shown in Figure E.7, Figure E.8 and in Table E.7.

Dimensions in millimetres



IEC

Figure E.7 – Clamping grooves and configuration of contact wire circular profile in Russia

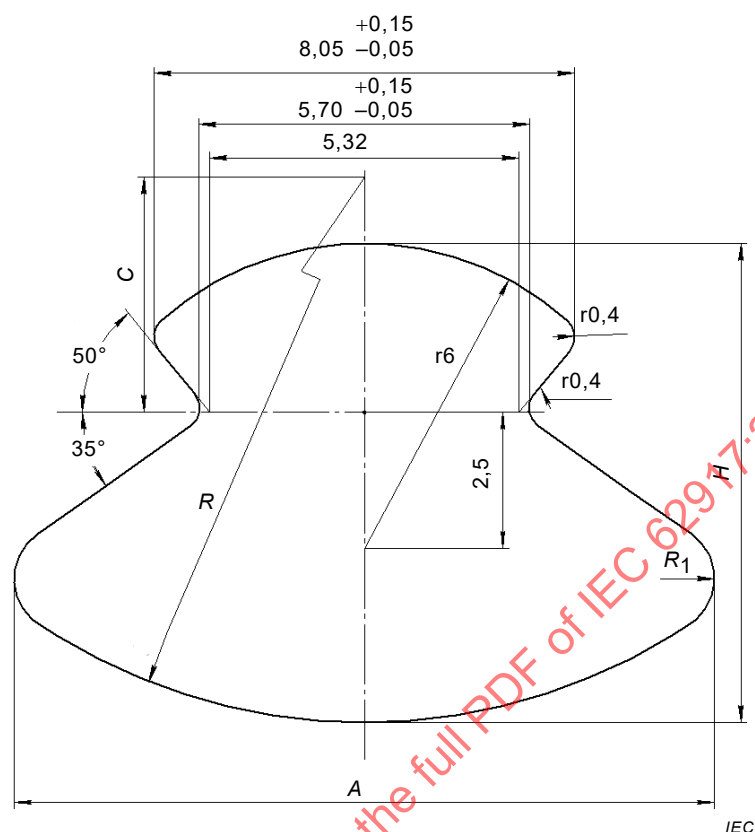


Figure E.8 – Clamping grooves and configuration of contact wire oval profile in Russia

Table E.7 – Dimensions and mass per unit length of contact wires in Russia

Nominal cross-section, mm ²	Dimensions of contact wire									Mass per unit length, kg/km
	Circular contact wire				Oval contact wire					
	A mm	H mm	C mm	R mm	A mm	H mm	C mm	R mm	R ₁ mm	
100	12,81 ± 0,25	11,80 ± 0,11	1,8	6,5	14,92 ± 0,30	10,50 ± 0,10	13	20	1,8	890
120	13,90 ± 0,30	12,90 ± 0,12	2,4	7,0	16,10 ± 0,32	11,50 ± 0,11	17	25	2,3	1 068
150	15,50 ± 0,32	14,50 ± 0,13	3,2	7,8	18,86 ± 0,35	12,50 ± 0,12	27	36	2,3	1 335

Dimensions C, R and R₁ are reference tolerances – 0,05 mm.

C.3 Tolerance on diameter and cross-sectional area

In Russia the minimum cross-sectional area is 98 % and the maximum cross-sectional area is 101 % of the nominal cross-sectional area (−2 % / +1 %).

4.6.1 Resistivity

The resistivity of the contact wire at 20 °C shall not exceed the values in Table E.8 for contact wires of type M and in Table E.9 for contact wires of types Br1, Br2.

**Table E.8 – Mechanical and electrical properties
for contact wires of type M in Russia**

Nominal cross-section, mm ²	Tensile strength, MPa, not less	Percentage elongations after fracture %		Electrical resistivity, $\mu\Omega\text{m}$, no more	Number of bends without complete fracture, not less	Number of rotations without complete fracture, not less	Resistance/kilometre, Ω/km , no more
		Min	Max				
85	367,5	3	10	0,0177	3	4	0,2082
100	363,6						0,1770
120	357,7						0,1475
150	352,8						0,1180

4.7.1 Tensile strength and percentage elongation after fracture

In Russia, minimum breaking loads and percentage elongations for 250 mm gauge length are provided. Values in Russian standard are shown in Table E.8 for contact wires of type M and in Table E.9 for contact wires of types Br1, Br2.

**Table E.9 – Mechanical and electrical properties
for contact wires of types Br1, Br2 in Russia**

Nominal cross-section, mm ²	Tensile strength MPa, not less		Percentage elongations after fracture %		Electrical resistivity $\mu\Omega$, no more		Number of bends without complete fracture, not less	Number of rotations without complete fracture, not less	Resistance/kilometre, Ω/km , no more	
	Br1	Br2	Min	Max	Br1	Br2			Br1	Br2
85	430,0	509,6	3	10	0,0208	0,0278	3	4	0,2447	0,3271
100	424,0	499,8							0,2080	0,2780
120	420,0	490							0,1733	0,2317
150	415,0	474							0,1387	0,1853

5 Testing of contact wires

5.5 Mechanical properties

Creep test is required in Russia for contact wires because the composition of alloys is not defined and checked.

E.6 China

4.5 Configuration and cross-sections

4.5.1 Clamping groove

The cross-section of contact wire shall have clamping grooves and identification grooves. The dimensions of the clamping grooves and cross-sections shall be in accordance with Figure E.9 and Table E.10 as listed in Annex E.

Dimensions in millimetres

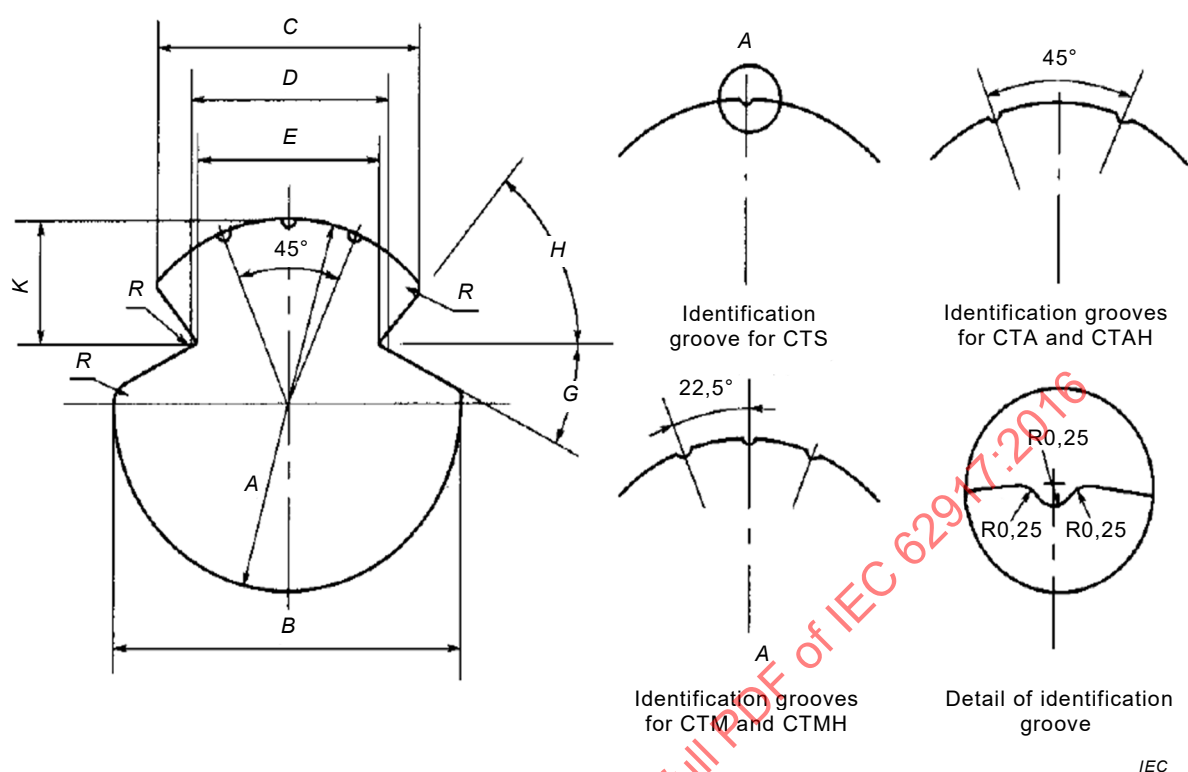


Figure E.9 – Cross-section and identification grooves in China

NOTE Contact wires of copper do not have identification groove.

Table E.10 – Gauge, dimensions, angle and referenced mass per unit length in China

Nominal cross-section	Calculative cross-section	Dimensions and tolerances							Angle and tolerance		Referenced mass per unit length
		A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	K mm	R mm	G	H	
mm ²	mm ²	±1 %	±2 %	±2 %	+4 %, -2 %				±1°		kg/km
85	86	10,80	10,76	9,40	7,24	6,80	4,60	0,40	27°	51°	769
110	111	12,34	12,34	9,73	7,24	6,80	4,47	0,40	27°	51°	992
120	121	12,90	12,90	9,76	7,24	6,80	4,35	0,40	27°	51°	1 082
150	151	14,40	14,40	9,71	7,24	6,80	4,00	0,40	27°	51°	1 350

NOTE 1 The tolerance of cross-section is 3 % of calculative cross-section.

NOTE 2 The referenced mass per unit length is calculated with a density of 8,94 g/cm³.

4.5.4 Configurations

The configurations in China shall be in accordance with Figure E.9 and Table E.10 in Annex E.

The designations in China shall be in accordance with Table E.11 in Annex E.

Table E.11 – Designations of contact wires in China

Nominal cross-section mm ²	Designation					
	Copper	Copper-silver	Reinforced copper-silver	Copper-magnesium	Reinforced copper-magnesium	Copper-tin
85	CT85	CTA85	CTAH85	–	–	–
110	CT110	CTA110	CTAH110	CTM110	CTMH110	CTS110
120	CT120	CTA120	CTAH120	CTM120	CTMH120	CTS120
150	CT150	CTA150	CTAH150	CTM150	CTMH150	CTS150
CTA copper-silver alloy contact wires. CTAH reinforced copper-silver alloy contact wires. CTS copper-tin alloy contact wires. CTM copper-magnesium alloy contact wires. CTMH reinforced copper-magnesium alloy contact wire.						

Table E.12 – Mechanical properties of contact wires in China

Material	Designation	Nominal cross-section mm ²	Minimum breaking load kN	Minimum tensile strength MPa	Minimum percentage elongation %
Copper	CT85	85	32,25	375	3,0
	CT110	110	39,96	360	3,0
	CT120	120	43,56	360	3,0
	CT150	150	54,36	360	3,0
Copper-silver	CTA85	85	31,39	365	3,0
	CTA110	110	38,85	350	3,0
	CTA120	120	42,35	350	3,0
	CTA150	150	52,85	350	3,0
Reinforced copper-silver	CTAH85	85	32,25	375	3,0
	CTAH110	110	39,96	360	3,0
	CTAH120	120	43,56	360	3,0
	CTAH150	150	54,36	360	3,0
Copper-magnesium	CTM110	110	48,84	440	3,0
	CTM120	120	52,03	430	3,0
	CTM150	150	63,42	420	3,0
Reinforced copper-magnesium	CTMH110	110	55,50	500	3,0
	CTMH120	120	59,29	490	3,0
	CTMH150	150	70,97	470	3,0
Copper-tin	CTS110	110	47,73	430	3,0
	CTS120	120	50,82	420	3,0
	CTS150	150	63,42	420	3,0

4.7 Mechanical properties

4.7.1 Tensile strength and percentage elongation after fracture

In China, the tensile strength, percentage elongation after fracture, and breaking loads of contact wires shall be in accordance with the values indicated in Table E.12 of Annex E.

5 Testing of contact wires

5.5 Mechanical properties

In China, additional tests to check the material quality of the contact wire are required:

- High temperature softening property test is a breaking load test for copper alloy contact wires before and after softening treatment. It is used especially for the copper alloy wires as a type test and optionally as a random sample test or routine test if required by the purchaser.
- Vibration property test is a vibration test of contact wires under working tensile load with a defined length, frequency, amplitude and amount of cycles. It is used as a type test and optionally as a random sample test if required by the purchaser.
- Fatigue property test is a dynamic mechanical test of contact wires with a defined axial alternating tensile stress, amplitude and amount of cycles and a following breaking load test. It is used as a type test and optionally as a random sample test if required by the purchaser.
- Inspection of grain organizational structure of contact wires is performed in accordance with ISO 2624 to check the average grain size and is used as a type test.

Bibliography

CEN TS 13388, *Copper and copper alloys – Compendium of compositions and products*

ISO 2624, *Copper and copper alloys – Estimation of average grain size*

EN 1655:1997, *Copper and copper alloys – Declarations of conformity*

EN 1977:2013, *Copper and copper alloys – Copper drawing stock (wire rod)*

EN 10204:2004, *Metallic products – Types of inspection documents*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62917:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	53
1 Domaine d'application	55
2 Références normatives	55
3 Termes et définitions	55
4 Caractéristiques des fils de contact	56
4.1 Système de désignation des fils de contact	56
4.2 Désignation du matériau	56
4.3 Aspect et état du fil	56
4.4 Identification	57
4.4.1 Exigences générales	57
4.4.2 Cuivre à normale et à haute résistance mécanique (Cu-ETP, Cu-FRHC, Cu-HCP, Cu-OF)	57
4.4.3 Cuivre allié à l'argent (CuAg 0,1)	57
4.4.4 Cuivre allié au cadmium (CuCd 0,7, CuCd 1,0)	58
4.4.5 Cuivre allié au magnésium (CuMg 0,2, CuMg 0,5)	58
4.4.6 Cuivre allié à l'étain (CuSn 0,2)	58
4.5 Configuration, profil et sections	59
4.5.1 Rainures d'accrochage	59
4.5.2 Sections	60
4.5.3 Profils	60
4.5.4 Configurations	60
4.6 Caractéristiques électriques	60
4.6.1 Résistivité	60
4.6.2 Résistance linéique par kilomètre	61
4.7 Caractéristiques mécaniques	62
4.7.1 Résistance à la traction et pourcentage d'allongement après rupture	62
4.7.2 Exigences supplémentaires	62
4.7.3 Micro-vagues sur l'axe longitudinal du fil de contact	62
4.8 Raccordement par jonction des fils machines	63
5 Essai des fils de contact	66
5.1 Composition des matériaux	66
5.2 Aspect et état du fil	66
5.3 Profils et dimensions	66
5.4 Caractéristiques électriques	66
5.5 Caractéristiques mécaniques	66
5.5.1 Charge à la rupture et pourcentage d'allongement après rupture	66
5.5.2 Essai de pliages alternés	67
5.5.3 Essai de résistance à la torsion	69
5.5.4 Essai des propriétés d'enroulement	69
5.5.5 Micro-vagues sur l'axe longitudinal du fil de contact	69
5.6 Masse linéique	70
5.7 Raccordement par jonction du fil de contact	70
5.8 Intégrité du fil de contact	70
5.9 Type d'essais	70
6 Conditions de commande et de livraison	71
6.1 Conditions et spécification à la commande	71

6.2	Conditionnement.....	72
6.3	Tolérance sur la longueur du fil de contact.....	72
6.4	Marquage des tourets de fil de contact.....	72
7	Vérification de la conformité	72
7.1	Certificat de conformité et résultats d'essai	72
7.2	Choix des échantillons et essais effectué par le fournisseur.....	73
7.3	Inspection par l'acheteur	73
Annexe A (normative) Configurations normalisées		74
Annexe B (informative) Compositions et désignations des alliages courants		77
Annexe C (informative) Propriétés physiques.....		78
C.1	Résistance électrique par kilomètre	78
C.2	Charge minimale à la rupture	79
C.3	Tolérance sur le diamètre et la section.....	79
C.4	Masse kilométrique du fil de contact	79
C.5	Coefficients du fil de contact	80
C.6	Calcul de la section du fil de contact	81
Annexe D (informative) Divergences A.....		82
Annexe E (informative) Conditions nationales particulières		83
E.1	Généralités	83
E.2	Royaume-Uni	83
E.3	Autriche	83
E.4	Japon.....	85
E.5	Russie	89
E.6	Chine	93
Bibliographie.....		97
Figure 1 – Description de la rainure d'identification		57
Figure 2 – Double rainure d'identification (CuAg)		58
Figure 3 – Simple rainure d'identification (CuCd)		58
Figure 4 – Triple rainure d'identification (CuMg).....		59
Figure 5 – Simple rainure d'identification décalée (CuSn)		59
Figure 6 – Types de rainures d'accrochage A et B		59
Figure 7 – Limite des micro-vagues dans le fil de contact		63
Figure 8 – Essai de pliages alternés – Montage d'essai		68
Figure 9 – Essai de pliages alternés – Méthode		69
Figure A.1 – Fil de contact de forme AC.....		74
Figure A.2 – Fil de contact de forme BC.....		75
Figure A.3 – Fil de contact de forme BF		76
Figure E.1 – Type de rainure d'accrochage en Autriche		84
Figure E.2 – Configurations des fils de contact CF-100 et CF-120 en Autriche.....		85
Figure E.3 – Rainures d'identification des fils de contact au Japon (alliage cuivre-étain à 0,3 %).....		86
Figure E.4 – Rainures d'accrochage des fils de contact au Japon		86
Figure E.5 – Configurations des fils de contact au Japon		87
Figure E.6 – Rainures d'identification des fils de contact de type M (a), type M* (b), type Br2 (c), type Br1 (d) en Russie		90

Figure E.7 – Rainures d'accrochage et configuration du profil circulaire de fil de contact en Russie	91
Figure E.8 – Rainures d'accrochage et configuration du profil ovale d'un fil de contact en Russie	92
Figure E.9 – Section et rainures d'identification en Chine	94
Tableau 1 – Configurations et sections pour les types A et B	60
Tableau 2 – Résistivité maximale et conductivité minimale	61
Tableau 3 – Résistance maximale par kilomètre en fonction du matériau	62
Tableau 4 – Résistance à la traction et pourcentage d'allongement après rupture	64
Tableau 5 – Charges minimales à la rupture en fonction du matériau et de la section	65
Tableau 6 – Essais de fil de contact	71
Tableau 7 – Guide pour le choix des échantillons	73
Tableau A.1 – Dimensions pour fil de contact de forme AC	74
Tableau A.2 – Dimensions pour fil de contact de forme BC	75
Tableau A.3 – Dimensions pour fil de contact de forme BF	76
Tableau B.1 – Compositions et désignations possibles de matériaux	77
Tableau C.1 – Résistance électrique maximale par kilomètre en fonction de la conductivité et section nominale (exemples)	78
Tableau C.2 – Charges minimales à la rupture selon la résistance à la traction et la section nominale (exemples)	79
Tableau C.3 – Masse linéique du fil de contact	80
Tableau E.1 – Dimensions des rainures d'identification au Japon	86
Tableau E.2 – Dimensions des rainures d'accrochage au Japon	87
Tableau E.3 – Désignations des fils de contact au Japon	87
Tableau E.4 – Dimensions des fils de contact au Japon	88
Tableau E.5 – Caractéristiques mécaniques des fils de contact au Japon	88
Tableau E.6 – Masse des fils de contact au Japon	89
Tableau E.7 – Dimensions et masse linéique des fils de contact en Russie	92
Tableau E.8 – Caractéristiques mécaniques et électriques des fils de contact de type M en Russie	93
Tableau E.9 – Caractéristiques mécaniques et électriques des fils de contact de types Br1, Br2 en Russie	93
Tableau E.10 – Calibre, dimensions, angle et masse linéique de référence en Chine	94
Tableau E.11 – Désignations des fils de contact en Chine	95
Tableau E.12 – Caractéristiques mécaniques des fils de contact en Chine	95

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

**APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES –
TRACTION ÉLECTRIQUE – FILS DE CONTACT RAINURÉS
EN CUIVRE ET EN CUIVRE ALLIÉ**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, l'IEC – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de l'IEC"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications. L'IEC ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à l'IEC, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de l'IEC, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale IEC 62917 a été établie par le comité technique 9 de l'IEC: Matériels et systèmes électriques ferroviaires.

Cette première édition est basée sur la norme européenne EN 50149:2012.

Les principaux changements techniques par rapport à l'EN 50149:2012 sont les suivants:

- plage étendue des sections,
- termes et définitions modifiés,
- propriétés électriques et mécaniques supplémentaires,
- conditions spécifiques nationales supplémentaires,
- pour les fils de contact rainurés.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
9/2191/FDIS	9/2202/RVD

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

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

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

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

APPLICATIONS FERROVIAIRES – INSTALLATIONS FIXES – TRACTION ÉLECTRIQUE – FILS DE CONTACT RAINURÉS EN CUIVRE ET EN CUIVRE ALLIÉ

1 Domaine d'application

La présente Norme internationale spécifie les caractéristiques des fils de contact rainurés en cuivre et en alliage de cuivre de sections de 70 mm² à 170 mm² destinés aux lignes aériennes de contact.

Elle établit les caractéristiques des produits, les méthodes d'essai, les procédures de vérification des fils de contact ainsi que les aspects concernant la commande et les conditions de livraison.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. 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 60468:1974, *Méthode de mesure de la résistivité des matériaux métalliques*

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

ISO 7801:1984, *Matériaux métalliques – Fils – Essai de pliage alterné*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

3.1

fil machine

fil d'une forme donnée servant à tréfiler et/ou laminier le fil de contact et dont la section est généralement supérieure à celle du fil rainuré

3.2

fil de contact enroulé dans le sens horizontal

fil de contact enroulé avec l'axe vertical parallèle ou oblique par rapport à l'axe du touret

3.3

fil de contact enroulé dans le sens perpendiculaire

fil de contact enroulé avec l'axe vertical perpendiculaire par rapport à l'axe du touret en face du touret avec l'arc inférieur

3.4

jonction

raccordement entre les fils machine avant tréfilage à froid

3.5

zone de jonction

zone du fil de contact soumise aux effets d'une jonction

3.6

fil de contact

conducteur électrique d'une ligne aérienne de contact sur lequel appuie l'organe de prise de courant

[SOURCE: IEC 60050-811:1991, 811-33-15]

3.7

fil de contact rainuré

fil de contact caractérisé par deux rainures d'accrochage

Note 1 à l'article: Le fil de contact ci-après fait référence au fil de contact rainuré selon le domaine d'application de la présente norme.

4 Caractéristiques des fils de contact

4.1 Système de désignation des fils de contact

La désignation des fils de contact doit prendre la forme suivante:

- dénomination (fil de contact);
- numéro de la présente Norme internationale (IEC 62917);
- désignation de la configuration (voir 4.5.4);
- désignation des matériaux, soit avec des symboles soit avec une référence (voir le Tableau B.1 ou matériaux ayant fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur);
- résistance à la traction minimum en MPa ou charge à la rupture minimum en kN;
- conductivité minimum en % IACS ou résistance maximum par km en Ω/km .

EXEMPLE:

Fil de contact IEC 62917 – AC-120 – CuMg0,5 – Résistance 490 (MPa) – Conductivité 62 (% IACS).

4.2 Désignation du matériau

NOTE Le fil de contact doit être en cuivre ou en cuivre allié à l'argent, comme défini par exemple dans l'EN 1977:2013 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement) ou dans un autre alliage à base de cuivre.

L'Annexe B donne les désignations de fils machines pour quelques compositions possibles du fil de contact. Au moment de la soumission, l'utilisateur doit clairement spécifier le(s) matériau(x) qu'il désire ou qu'il lui est permis d'utiliser.

Pour des raisons d'ordre environnemental, il n'est pas recommandé d'utiliser du cuivre allié au cadmium, voir Annexe D.

4.3 Aspect et état du fil

Les fils de contact ne doivent présenter aucun défaut (aspérité, éclat, strie, inclusion, craquelure, coude ou bords tranchants) susceptible d'affecter les caractéristiques mécaniques et/ou électriques spécifiées dans la présente Norme ou de causer des difficultés lors de l'installation/de l'exploitation.

La rainure doit être uniforme et sans gauchissement.

La surface doit être propre et exempte de toute inclusion d'oxyde ou de sulfure produit pendant le processus de fabrication ou de matières étrangères telles que des résidus de décapage.

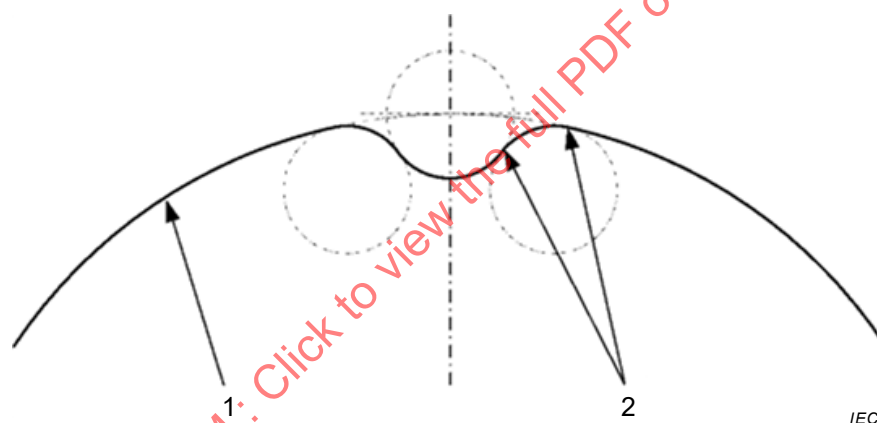
Un changement de couleur de la surface métallique brillante dû aux influences atmosphériques peut intervenir immédiatement après la fabrication et est acceptable.

4.4 Identification

4.4.1 Exigences générales

Tous les fils de contact en alliages doivent être clairement identifiés sauf accord contraire entre l'acheteur et le fournisseur. Pour le cuivre à normale et à haute résistance mécanique et le cuivre allié à l'argent, le cuivre allié au cadmium, le cuivre allié au magnésium et le cuivre allié à l'étain, la méthode d'identification doit être celle qui est indiquée ci-dessous (rainures d'identification). Pour les autres alliages, la méthode d'identification (rainures ou autre méthode) doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Les rainures d'identification doivent respecter les indications de la Figure 1. Le centre du cercle médian doit se situer sur le cercle projeté du fil de contact. Le raccordement entre deux arcs successifs doit se faire sans ligne droite.



Légende

- 1 diamètre du fil de contact
- 2 raccordement tangentiel entre arcs successifs

Figure 1 – Description de la rainure d'identification

4.4.2 Cuivre à normale et à haute résistance mécanique (Cu-ETP, Cu-FRHC, Cu-HCP, Cu-OF)

Les fils de contact en cuivre n'ont pas de rainures d'identification¹.

4.4.3 Cuivre allié à l'argent (CuAg 0,1)

NOTE Les fils de contact en cuivre allié à l'argent doivent posséder deux rainures d'identification sur la partie supérieure de la tête du fil de contact conformément à la Figure 2 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement; pour d'autres pays, voir l'Annexe E).

¹ Voir l'Annexe E, Conditions nationales particulières pour le Royaume-Uni.

4.4.4 Cuivre allié au cadmium (CuCd 0,7, CuCd 1,0)

Les fils de contact en cuivre allié au cadmium doivent posséder une rainure d'identification sur la partie supérieure de la tête du fil de contact conformément à la Figure 3¹.

Cette identification n'est utilisée que pour des fils de contact déjà installés. Il convient de ne pas utiliser cette identification pour les autres alliages à base de cuivre (voir aussi les Annexes C et D).

4.4.5 Cuivre allié au magnésium (CuMg 0,2, CuMg 0,5)

NOTE Les fils de contact en cuivre allié au magnésium doivent posséder trois rainures d'identification sur la partie supérieure de la tête du fil de contact conformément à la Figure 4 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement; pour d'autres pays, voir l'Annexe E).

4.4.6 Cuivre allié à l'étain (CuSn 0,2)

NOTE Les fils de contact en cuivre allié à l'étain doivent posséder une rainure d'identification décalée d'un angle de 24° sur la partie supérieure de la tête du fil de contact conformément à la Figure 5 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement; pour d'autres pays, voir l'Annexe E).

Dimensions en millimètres

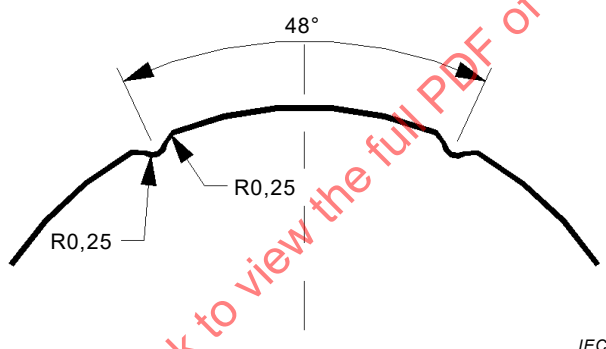


Figure 2 – Double rainure d'identification (CuAg)

Dimensions en millimètres

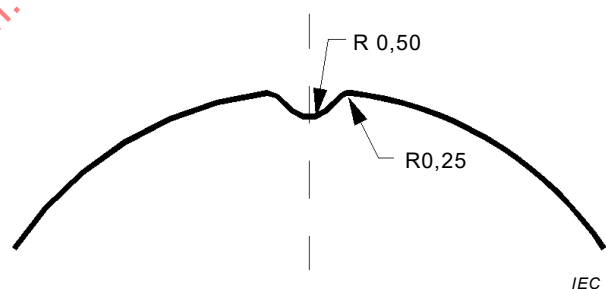


Figure 3 – Simple rainure d'identification (CuCd)

Dimensions en millimètres

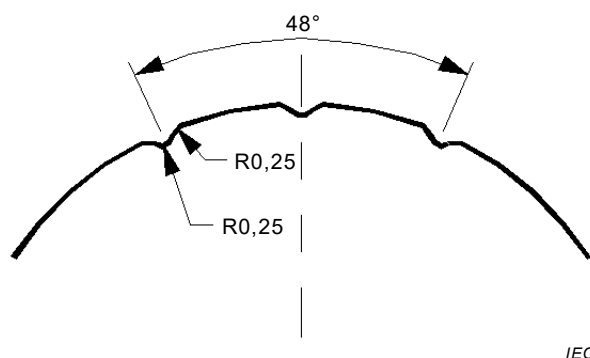


Figure 4 – Triple rainure d'identification (CuMg)

Dimensions en millimètres

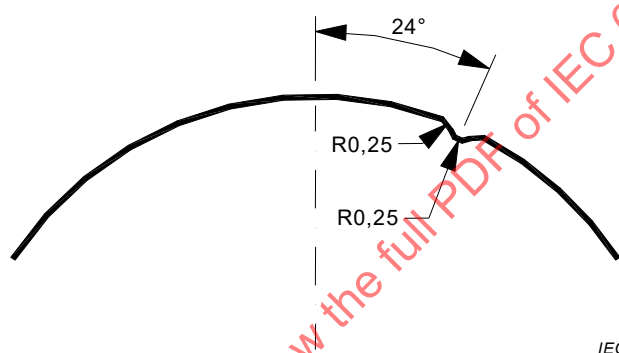


Figure 5 – Simple rainure d'identification décalée (CuSn)

4.5 Configuration, profil et sections

4.5.1 Rainures d'accrochage

Quelle que soit la section du fil de contact utilisée, les dimensions des rainures d'accrochage du fil de contact doivent être conformes soit au type A, soit au type B de la Figure 6, ou d'autres types de rainures d'accrochage comme indiqués en Annexe E pour les pays mentionnés.

Dimensions en millimètres

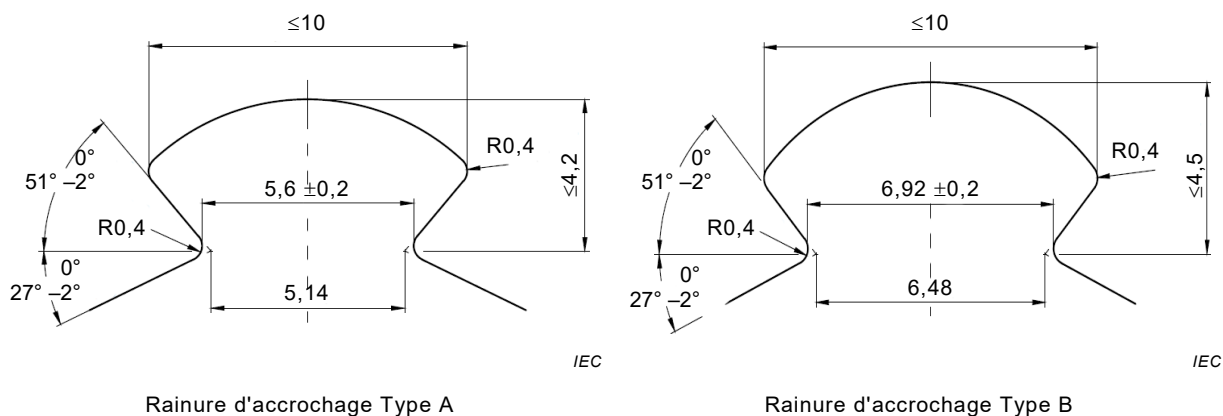


Figure 6 – Types de rainures d'accrochage A et B

4.5.2 Sections

La présente Norme énumère les sections nominales suivantes: 70 mm², 80 mm², 85 mm², 100 mm², 107 mm², 110 mm², 120 mm², 150 mm² et 170 mm².

4.5.3 Profils

Les profils sont de deux types principaux, le profil circulaire et le profil méplat. D'autres profils doivent être permis par accord entre l'acheteur et le fournisseur.

4.5.4 Configurations

Les configurations des fils de contact doivent être conformes au Tableau 1 pour les types A et B ou à l'Annexe E pour les autres types de profil dans les pays mentionnés. Elles sont définies comme des combinaisons de la forme du profil, de la section nominale et du type de rainure d'accrochage.

Les dimensions de chaque configuration sont représentées à l'Annexe A ou l'Annexe E.

Tableau 1 – Configurations et sections pour les types A et B

Sections nominales mm ²	Rainure d'accrochage Type A		Rainure d'accrochage Type B			
	Circulaire		Circulaire		Méplat	
	Désignation	N° de figure à l'Annexe A	Désignation	N° de figure à l'Annexe A	Désignation	N° de figure à l'Annexe A
80	AC-80	A.1				
100	AC-100		BC-100	A.2	BF-100	A.3
107	AC-107		BC-107		BF-107	
120	AC-120		BC-120		BF-120	
150	AC-150		BC-150		BF-150	

4.6 Caractéristiques électriques

4.6.1 Résistivité

La résistivité du fil de contact à 20 °C ne doit pas dépasser les valeurs du Tableau 2 pour les alliages répertoriés à l'Annexe B. Pour les autres alliages de cuivre, les valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Tableau 2 – Résistivité maximale et conductivité minimale

Matériaux	Résistivité en 10^{-8}	Conductivité min.	Conductivité min.
	$\Omega\text{m max.}$	10^6 S/m	% IACS
Cu-ETP	1,777	56,3	97,0
Cu-FRHC	1,777	56,3	97,0
Cu-HCP	1,777	56,3	97,0
Cu-OF	1,777	56,3	97,0
CuAg0,1	1,777	56,3	97,0
CuMg0,2 (Conductivité normale 77,0 % IACS)	2,240	44,6	77,0
CuMg0,2 (Haute conductivité 80,0 % IACS)	2,155	46,4	80,0
CuMg0,5 (Conductivité normale 62,1% IACS)	2,778	36,0	62,1
CuMg0,5 (Haute conductivité 70,0% IACS)	2,463	40,6	70,0
CuSn0,2 (Conductivité normale 72,0 % IACS)	2,395	41,8	72,0
CuSn0,2 (Haute conductivité 80,0 % IACS) ^a	2,155	46,4	80,0
CuCd0,7	2,005	49,9	86,0
CuCd1,0	2,155	46,4	80,0

^a CuSn0,2 (haute conductivité) était précédemment noté CuSn0,4.

4.6.2 Résistance linéique par kilomètre

La résistance par unité de longueur du fil à 20 °C ne doit pas dépasser les valeurs de résistance du Tableau 3 pour les matériaux répertoriés à l'Annexe B. Pour les autres alliages de cuivre, les valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Les valeurs de la résistance électrique par kilomètre en fonction de la conductivité et de la section sont données dans le Tableau C.1. Le calcul utilisé pour déterminer la résistance électrique par kilomètre à 20 °C est spécifié à l'Article C.1 et s'appuie sur les valeurs de résistivité du Tableau 2. La valeur de la résistance au niveau d'une zone de jonction ne doit pas être supérieure à la valeur spécifiée pour le matériau du fil de contact.

Tableau 3 – Résistance maximale par kilomètre en fonction du matériau

Section nominale mm ²	Désignation des matériaux ^a							
	Cu-ETP Cu-OF Cu-FRHC Cu-HCP	CuAg0,1	CuMg0,2	CuMg0,5	CuMg0,5 (haute conductivité)	CuSn0,2	CuCd0,7	CuCd1,0 CuSn0,2 (haute conductivité) ^b CuMg0,2 (haute conductivité)
	97,0 % IACS	97,0 % IACS	77,0 % IACS	62,1 % IACS	70,0 % IACS	72,0 % IACS	86,0 % IACS	80,0 % IACS
80	0,229	0,229	0,289	0,358	0,317	0,309	0,258	0,278
100	0,183	0,183	0,231	0,286	0,254	0,247	0,207	0,222
107	0,171	0,171	0,216	0,268	0,237	0,231	0,193	0,208
120	0,153	0,153	0,192	0,239	0,212	0,206	0,172	0,185
150	0,122	0,122	0,154	0,191	0,169	0,165	0,138	0,148

^a Valeurs en Ω/km à 20 °C – Calculées sur la section minimale (97 % de la section nominale).

^b CuSn0,2 (haute conductivité) était précédemment noté CuSn0,4.

Pour la formule de calcul, voir l'Annexe C.

4.7 Caractéristiques mécaniques

4.7.1 Résistance à la traction et pourcentage d'allongement après rupture

La résistance à la traction et le pourcentage d'allongement après rupture du fil de contact doivent être conformes aux valeurs indiquées dans le Tableau 4 pour les alliages répertoriés à l'Annexe B. Pour les autres alliages de cuivre, les valeurs doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Les pourcentages d'allongement après rupture sont des valeurs maximales recommandées.

Le Tableau 5 montre les valeurs minimales de la charge à la rupture calculée à prévoir pendant les essais de traction pour les alliages répertoriés à l'Annexe B, correspondant à la résistance minimale à la traction du Tableau 4.

Les valeurs relatives à la charge minimale à la rupture en fonction de la résistance à la traction et de la section sont données dans le Tableau C.2.

La valeur de la résistance à la traction et les valeurs pour le pourcentage d'allongement après rupture au niveau d'une zone de jonction doivent être conformes aux valeurs spécifiées du matériau du fil de contact.

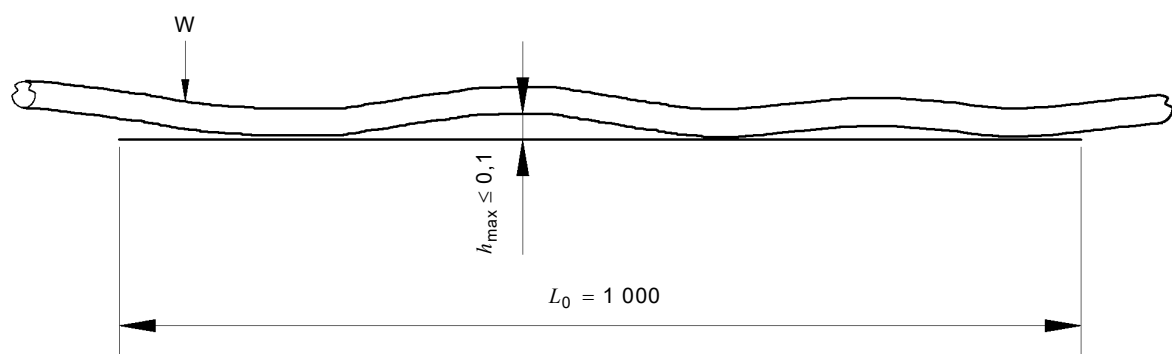
4.7.2 Exigences supplémentaires

Le fil de contact doit résister aux charges de pliages alternés, aux charges de torsion et aux charges d'enroulement. Il convient que ces exigences donnent lieu à des essais selon 5.5.2, 5.5.3 et 5.5.4 sous réserve d'accord entre l'acheteur et le fournisseur.

4.7.3 Micro-vagues sur l'axe longitudinal du fil de contact

L'axe longitudinal du fil de contact ne doit montrer aucune micro-vague inadmissible. Après fabrication, il convient que la variation verticale de l'axe longitudinal du fil de contact ne dépasse pas 0,1 mm comme cela est représenté à la Figure 7, sous réserve d'accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Dimensions en millimètres



IEC

Légende

- W fil de contact
 L_0 longueur de la base pour le mesurage, en mm
 $h_{\max}$ variation maximale de l'axe longitudinal, en mm

Figure 7 – Limite des micro-vagues dans le fil de contact

Cette exigence doit donner lieu à des essais selon 5.5.5 sous réserve d'accord entre l'acheteur et le fournisseur.

NOTE Ce problème apparaît principalement dans le cas des alliages de cuivre à haute résistance mécanique (résistance minimale à la traction > 400 MPa).

4.8 Raccordement par jonction des fils machines

La jonction directe des fils de contacts n'est pas permise. Les jonctions dans les fils machines qui resteront dans le fil contact sont permises sauf spécification contraire de l'acheteur si les essais prévus en 5.7 sont passés avec succès. Le type de jonction doit faire l'objet d'un accord avec l'acheteur.

Tableau 4 – Résistance à la traction et pourcentage d'allongement après rupture

Matériaux	Désignation	Section nominale mm ²	Pourcentage d'allongement après rupture A ₂₀₀		Résistance minimale à la traction MPa ^a
			min. %	max. %	
Cuivre à résistance mécanique normale	Cu-ETP	80	3	10	355
	Cu-FRHC	100	3	10	355
	Cu-HCP	107	3	10	350
	Cu-OF	120	3	10	330
		150	3	10	310
Cuivre et cuivre allié à l'argent à haute résistance mécanique	Cu-ETP	80	3	8	375
	Cu-FRHC	100	3	8	375
	Cu-HCP	107	3	8	360
	Cu-OF	120	3	8	360
	CuAg0,1	150	3	8	360
Cuivre allié à l'argent à résistance mécanique normale	CuAg0,1	80	3	10	365
		100	3	10	360
		107	3	10	350
		120	3	10	350
		150	3	10	350
Cuivre allié au magnésium	CuMg0,2 CuMg0,2 (haute conductivité)	80	3	10	460
		100	3	10	450
		107	3	10	440
		120	3	10	430
		150	3	10	420
Cuivre allié au magnésium	CuMg0,5 CuMg0,5 (conductivité haute)	80	3	10	520
		100	3	10	510
		107	3	10	500
		120	3	10	490
		150	3	10	470
Cuivre allié à l'étain	CuSn0,2 CuSn0,2 (haute conductivité) ^b	80	2	8	460
		100	2	8	450
		107	2	8	430
		120	2	8	420
		150	2	8	420
Cuivre allié au cadmium	CuCd0,7	80	2	7	430
		100	2	7	430
		107	2	7	430
		120	2	7	430
		150	2	7	430
Cuivre allié au cadmium	CuCd1,0	80	2	7	455
		100	2	7	445
		107	2	7	445
		120	2	7	445
		150	2	7	445

^a MPa = 1 N/mm².
^b CuSn0,2 (haute conductivité) était précédemment noté CuSn0,4.

Tableau 5 – Charges minimales à la rupture en fonction du matériau et de la section

Matériaux	Désignation	Section nominale mm ²	Charge minimale à la rupture ^a kN
Cuivre à résistance mécanique normale	Cu-ETP	80	27,5
	Cu-FRHC	100	34,5
	Cu-HCP	107	36,3
	Cu-OF	120	38,4
		150	45,1
Cuivre et cuivre allié à l'argent à haute résistance mécanique	Cu-ETP	80	29,1
	Cu-FRHC	100	36,4
	Cu-HCP	107	37,4
	Cu-OF	120	41,9
	CuAg0,1	150	52,4
Cuivre allié à l'argent à résistance mécanique normale	CuAg0,1	80	28,3
		100	34,9
		107	36,3
		120	40,7
		150	50,9
Cuivre allié au magnésium	CuMg0,2 CuMg0,2 (haute conductivité)	80	35,7
		100	43,7
		107	45,7
		120	50,1
		150	61,1
Cuivre allié au magnésium	CuMg0,5 CuMg0,5 (conductivité haute)	80	40,4
		100	49,5
		107	51,9
		120	57,0
		150	68,4
Cuivre allié à l'étain	CuSn0,2 CuSn0,2 (haute conductivité) ^b	80	35,7
		100	43,7
		107	44,6
		120	48,9
		150	61,1
Cuivre allié au cadmium	CuCd0,7	80	33,4
		100	41,7
		107	44,6
		120	50,1
		150	62,6
Cuivre allié au cadmium	CuCd1,0	80	35,3
		100	43,2
		107	46,2
		120	51,8
		150	64,7

^a Calculée sur la section minimale qui représente 97 % de la section nominale. Pour les autres sections minimales, voir l'Annexe E.

^b CuSn0,2 (haute conductivité) était précédemment noté CuSn0,4.

NOTE 1 En raison du lien qui peut exister entre le fluage des fils de contact et la valeur maximale du pourcentage d'allongement à la rupture (Tableau 4), l'allongement maximal a été maintenu dans la présente Norme. Ces valeurs sont données uniquement à titre indicatif, sauf accord contraire entre l'acheteur et le fournisseur.

NOTE 2 Les calculs utilisés pour déterminer les valeurs au Tableau 5 sont spécifiés dans l'Article C.2. La section minimale du fil de contact a été prise en compte, voir la l'Article C.3.

NOTE 3 La charge minimale à la rupture spécifiée correspond à la force maximale (F_m) telle que définie dans l'ISO 6892-1.

5 Essai des fils de contact

5.1 Composition des matériaux

Le fournisseur doit fournir un certificat pour le lot de production attestant que la composition des matériaux est conforme à l'Annexe B ou aux exigences ayant fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

5.2 Aspect et état du fil

Le fil de contact doit être examiné avec une vision normale ainsi que chaque échantillon qui est soumis aux autres essais prévus par la présente norme. L'aspect doit satisfaire aux exigences de 4.3.

5.3 Profils et dimensions

L'examen dimensionnel doit être effectué soit avec un micromètre adapté, soit avec un pied à coulisse adapté, soit avec un projecteur de profil avec un grossissement minimal de 10, soit avec d'autres méthodes appropriées.

5.4 Caractéristiques électriques

Les mesurages de résistivité ou de résistance linéique doivent être effectués conformément à l'IEC 60468:1974. Les résultats doivent être, selon le cas, conformes à 4.6.1 ou 4.6.2.

Il convient que les coefficients de température pour le mesurage de la résistance à des températures autres que celles données en 4.6.1 et 4.6.2 soient les suivants:

Pour le cuivre (Cu-ETP, écroui):	$3,8 \times 10^{-3}/K$
Pour le cuivre allié à l'argent (CuAg0,1):	$3,8 \times 10^{-3}/K$
Pour le cuivre allié au magnésium (CuMg0,2, CuMg0,2 haute conductivité):	$3,1 \times 10^{-3}/K$
Pour le cuivre allié au magnésium (CuMg0,5, CuMg0,5 haute conductivité):	$2,7 \times 10^{-3}/K$
Pour le cuivre allié à l'étain (CuSn0,2, CuSn0,2 haute conductivité):	$3,2 \times 10^{-3}/K$

Pour les autres alliages à base de cuivre, il convient que les valeurs fassent l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

Dans la plage de températures comprise entre $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ et $100\text{ }^{\circ}\text{C}$, le coefficient de température pour la résistance est constant. Pour cette application de mesure des caractéristiques électriques, la définition de la plage de températures n'est pas nécessaire.

NOTE Les valeurs ne sont que des recommandations. Des écarts peuvent apparaître en raison de différences de composition chimique et de méthode de fabrication.

5.5 Caractéristiques mécaniques

5.5.1 Charge à la rupture et pourcentage d'allongement après rupture

L'essai est effectué conformément aux exigences de l'ISO 6892-1. La longueur de référence pour le mesurage du pourcentage d'allongement doit être de 200 mm. Pour les autres longueurs de référence, il convient que les valeurs fassent l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. La longueur initiale de référence doit être repérée à $\pm 1\%$ près.

La valeur de la section d'origine est calculée à partir de la masse linéique mesurée et de la masse volumique appropriée au matériau spécifié (voir l'Article C.6 et Annexe E). Les valeurs doivent être conformes à 4.7.1 et à l'Annexe E.

Pour l'essai sur fil de contact avec une jonction dans le fil machine, les exigences de 4.7 et 4.8 doivent être notées et les essais de traction doivent être réalisés de la façon suivante:

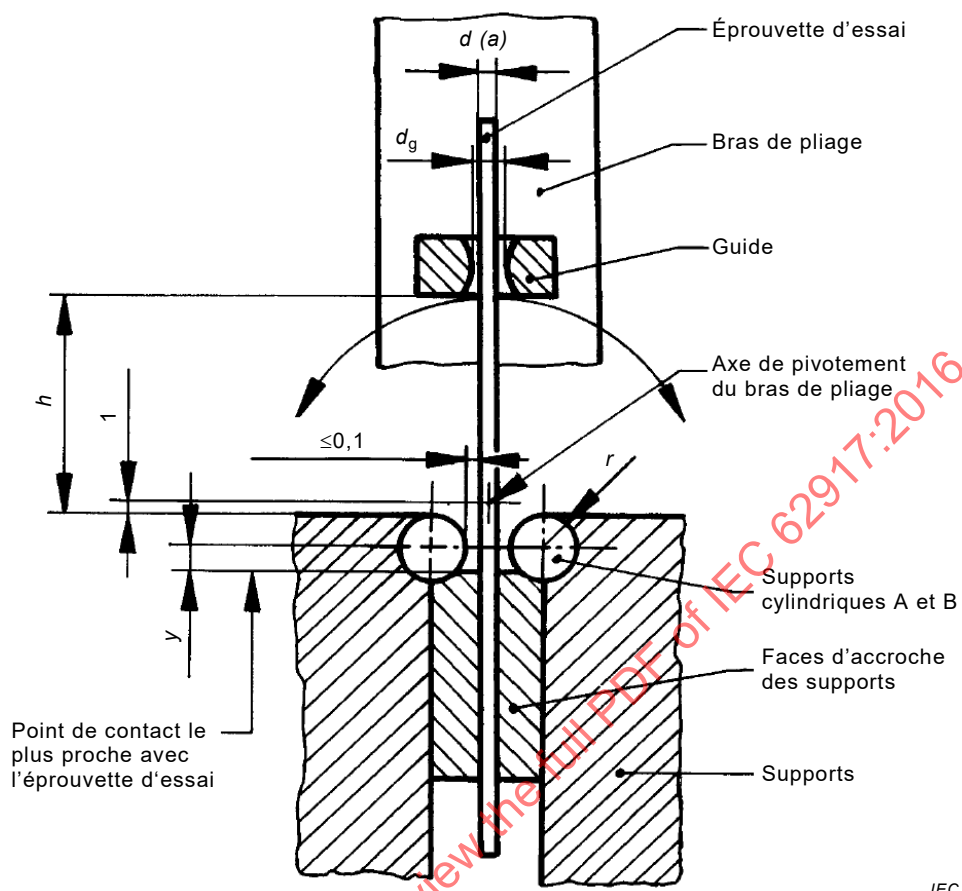
- si la longueur de la jonction est inférieure ou égale à la longueur entre repères, la jonction doit être placée au milieu des repères;
- si la longueur de la jonction est supérieure à la longueur entre repères, la méthode d'essai doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

5.5.2 Essai de pliages alternés

Cet essai est facultatif et il doit être effectué si l'acheteur en fait la demande. L'essai est réalisé en utilisant une méthode similaire à celle donnée dans l'ISO 7801:1984 et à la Figure 8, sauf instruction particulière de l'acheteur. La distance entre le plan tangentiel supérieur des supports cylindriques et la face inférieure du guide doit être de 200 mm au maximum. Le fil de contact est à placer de telle manière que la partie inférieure et la tête du fil de contact soient tangentes aux faces d'accroche du support (comme le montre la Figure 9). Pour le premier pliage, la face inférieure du fil de contact doit se trouver à l'intérieur et la tête du fil de contact à l'extérieur.

Le fil de contact doit être soumis à un certain nombre de pliages, en passant à 90° dans des directions opposées, autour d'un mandrin ayant un rayon de 30 mm. Un pliage consiste à plier l'extrémité libre de l'éprouvette d'essai à 90° et à la ramener à sa position d'origine, conformément à la Figure 9. Les pliages peuvent être réalisés manuellement. Le fil de contact doit résister à au moins 6 pliages sans présenter une rupture complète.

Dimensions en millimètres

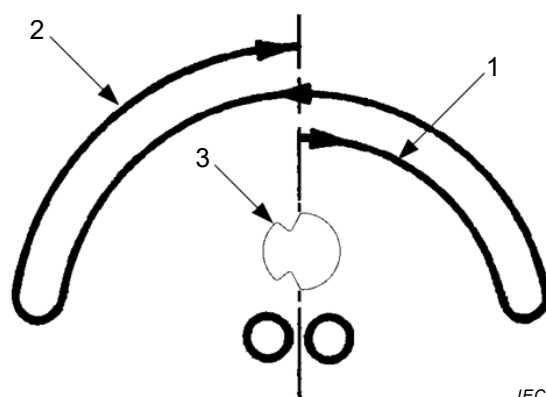


IEC

Symbole	Désignation	Unité
d	Diamètre du fil de contact	mm
a	Épaisseur minimale du fil de contact de section non circulaire pouvant être maintenue entre des dispositifs de maintien parallèles	mm
r	Rayon des supports cylindriques (mandrin)	mm
h	Distance entre le plan tangentiel supérieur des supports cylindriques et la face inférieure du guide	mm
d_g	Diamètre du trou de guidage	mm
y	Distance entre un plan, défini par les axes des supports cylindriques, et le point de contact le plus proche avec l'éprouvette d'essai	mm
Nb	Nombre de pliages alternés	

[ISO 7801:1984, Figure 1 et Tableau 1, modifié]

Figure 8 – Essai de pliages alternés – Montage d'essai

**Légende**

- 1 premier pliage
- 2 deuxième pliage
- 3 orientation du fil de contact

[ISO 7801:1984, Figure 3, modifiée]

Figure 9 – Essai de pliages alternés – Méthode

5.5.3 Essai de résistance à la torsion

Cet essai est facultatif et il doit être effectué si l'acheteur en fait la demande.

L'échantillon de fil de contact doit être choisi et fixé entre deux mors distants de 250 mm, le mesurage étant effectué sans tension mécanique. L'échantillon est alors maintenu par un mors à mouvement longitudinal. L'autre mors a seulement un mouvement de rotation suivant l'axe du fil de contact.

La vitesse de rotation du mors doit se situer entre 15 et 20 rotations par min. L'échantillon doit être soumis à 5 rotations dans la même direction.

A l'issue de l'essai, les échantillons doivent être examinés avec une vision normale et ne présenter ni craquelure, ni écaille, ni fissure ou amorce de rupture. En cas de fils raccordés par jonction, aucune séparation de la jonction n'est acceptable.

5.5.4 Essai des propriétés d'enroulement

Cet essai est facultatif et il doit être effectué si l'acheteur en fait la demande.

Un échantillon de fil de contact doit être enroulé autour d'un mandrin en réalisant trois tours successifs de 360° avec la face de frottement au contact de celui-ci. Pour le cuivre et le cuivre allié à l'argent, le diamètre du mandrin doit être au maximum le même que celui de l'échantillon de fil de contact. Pour les autres alliages à base de cuivre, le diamètre du mandrin doit être au maximum le double de celui de l'échantillon de fil de contact.

A l'issue de l'essai, l'échantillon doit être examiné avec une vision normale et ne présenter ni craquelure, ni écaille, ni fissure ou amorce de rupture.

5.5.5 Micro-vagues sur l'axe longitudinal du fil de contact

Cet essai est facultatif et il doit être effectué si l'acheteur en fait la demande.

La variation verticale de l'axe longitudinal du fil de contact doit être mesurée par des méthodes de contrôle appropriées, par exemple en utilisant un système de contrôle optique

ou mécanique. Il convient de réaliser le contrôle de la variation au cours du processus de fabrication avant enroulage du fil de contact sur le touret.

5.6 Masse linéique

La vérification consiste à mesurer la masse d'un échantillon de 1 m de longueur à température ambiante comprise entre 10 °C et 30 °C. La précision du mesurage doit être meilleure que 0,5 % d'erreur.

5.7 Raccordement par jonction du fil de contact

Si le fil machine du fil de contact contient des jonctions, la qualité des jonctions doit être vérifiée sur le fil de contact fini en utilisant l'essai de traction décrit en 5.5.1, le mesurage des caractéristiques électriques décrites en 5.4 et, en cas d'accord entre l'acheteur et le fournisseur, l'essai de pliages alternés décrit en 5.5.2 et l'essai de résistance à la torsion décrit en 5.5.3.

5.8 Intégrité du fil de contact

L'intégrité interne et en surface des fils de contact peut être vérifiée par des méthodes électromagnétiques s'il y a accord entre l'acheteur et le fournisseur. Il convient de réaliser l'essai au cours du processus de fabrication avant enroulage du fil de contact sur le touret.

5.9 Type d'essais

Le Tableau 6 donne un aperçu des essais de fil de contact.

Il existe trois différents types d'essais: les essais de type, les essais sur échantillons prélevés au hasard et les essais individuels de série.

Les essais de type visent à établir les caractéristiques de conception. Ils sont normalement effectués une fois et répétés seulement en cas de modification de la conception ou du matériau du fil de contact. Les résultats des essais de type sont enregistrés comme preuve de la conformité aux exigences de conception.

Les essais sur échantillons prélevés au hasard servent à surveiller la production. L'acheteur doit avoir la possibilité de choisir les échantillons et d'assister aux essais réalisés conformément à l'Article 7.

Les essais individuels de série visent à prouver la conformité d'un fil de contact aux exigences spécifiques et sont effectués sur chaque touret.

Des essais de type supplémentaires, comme par exemple des essais de ramollissement, utilisés dans certains pays pour le développement de nouveaux matériaux peuvent être effectués par les fournisseurs.

Tableau 6 – Essais de fil de contact

Essais	Essai selon l'article/ paragraphe	Essai de type	Essai sur échantillons prélevés au hasard (par exemple lors de l'essai de réception en usine)	Essai individuel de série (par exemple, par la gestion de la qualité du fournisseur)
Composition des matériaux	5.1	X	X	
Aspect et état	5.2	X	X	X
Profils et dimensions	5.3	X	X	X ^a
Caractéristiques électriques	5.4	X	X	X ^b
Charge à la rupture et pourcentage d'allongement après rupture	5.5.1	X	X	X
Essai de pliages alternés	5.5.2	X	X ^a	X ^a
Essai de résistance à la torsion	5.5.3	X	X ^a	X ^a
Essai des propriétés d'enroulement	5.5.4	X	X ^a	X ^a
Micro-vagues sur l'axe longitudinal du fil de contact	5.5.5	X ^{a,c}	X ^a	
Masse linéique	5.6	X	X	X
Raccordement par jonction du fil de contact	5.7	X		
Intégrité du fil de contact	5.8	X	X	X
^a Facultatif, à convenir entre l'acheteur et le fournisseur. ^b Facultatif, à convenir entre l'acheteur et le fournisseur pour les fils de contact en cuivre et en cuivre allié à l'argent. Il est obligatoire pour les autres alliages. ^c Cet essai de type peut être effectué s'il est exigé par l'acheteur avec le fil de contact après enroulage et sous tension nominale.				

6 Conditions de commande et de livraison

6.1 Conditions et spécification à la commande

Au moment de la commande, l'acheteur doit spécifier les exigences suivantes au fournisseur:

- le système de désignation selon 4.1;
- la longueur nominale sur chaque touret, le type de touret à utiliser et le type d'enroulage
 - enroulé dans le sens perpendiculaire (voir 3.3) ou
 - enroulé dans le sens horizontal (voir 3.2);
- si les jonctions ne sont pas acceptées, ou sinon le type de jonction acceptable (voir 4.8);
- les essais spécifiques et les options d'essai exigées, c'est-à-dire:
 - la méthode de mesure des caractéristiques électriques du fil de contact (voir 5.4);
 - le type et les essais sur les jonctions du fil (voir 4.7, 4.8, 5.5.1, 5.5.2, 5.5.3, 5.7);
 - l'exigence pour l'essai de pliages alternés (voir 5.5.2);
 - l'exigence pour les essais de torsion (voir 5.5.3);
 - l'exigence pour la vérification des propriétés d'enroulement (voir 5.5.4);
 - l'exigence pour les essais de micro-vagues sur l'axe longitudinal du fil de contact (voir 5.5.5);

- e) si l'acheteur a l'intention de procéder à l'inspection des matériaux sur le site de fabrication (voir 7.3);
- f) la forme du certificat de conformité et/ou des résultats d'essai (voir 7.1).

6.2 Conditionnement

Les fils de contact doivent être livrés sur des tourets conformément aux exigences de l'acheteur. Chaque touret doit comporter une seule longueur continue de fil de contact.

La conception du touret doit faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur et être définie par un dessin. Le fil de contact doit être enroulé avec soin par couches superposées perpendiculairement ou horizontalement par rapport au touret. Le type d'enroulage (voir 3.2 et 3.3) et l'angle tels que convenus entre l'acheteur et le fournisseur doivent être identiques sur toute la longueur enroulée sur le touret. Une tolérance sur l'angle et une méthode de mesure à cet effet peuvent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Chaque spire doit être jointive et bien serrée, en particulier à proximité des joues du touret, de sorte qu'il soit impossible de déplacer la position de la spire pendant le transport. Les extrémités du fil de contact sont à fixer fermement sur les joues.

6.3 Tolérance sur la longueur du fil de contact

La tolérance sur la longueur du fil de contact est de +30 m / -0 m. Le mesurage de cette longueur est effectué à partir de l'indication du compteur métrique installé sur le banc de tréfilage. La longueur du fil de contact sur le touret peut en outre être vérifiée en pesant le touret enroulé sur la base des dispositions de 5.6 en cas d'accord entre l'acheteur et le fournisseur.

6.4 Marquage des tourets de fil de contact

Chaque touret doit porter sur chaque joue, un numéro clairement visible et permanent attribué soit par l'acheteur, soit par le fournisseur ainsi qu'une flèche et le mot "déroutage" indiquant la direction de déroulage du fil de contact.

Une étiquette résistant à la détérioration et comportant des inscriptions indélébiles doit être fixée sur une joue et indiquer les informations suivantes:

- le nom du fournisseur;
- la désignation du fil de contact selon 4.1;
- la longueur nominale du fil de contact;
- la masse nette du fil de contact;
- la masse brute (touret plus fil de contact);
- un numéro de fabrication comportant au moins le numéro de la semaine de tréfilage et l'année de fabrication (si cela est exigé par l'acheteur);
- le type d'enroulement d'un fil de contact à un touret, tel que l'enroulement perpendiculaire, horizontal, ou autre (si cela est exigé par l'acheteur);
- le numéro de commande ou de référence de l'acheteur (si cela est exigé par l'acheteur).

Les informations ci-dessus doivent être fournies séparément à la demande de l'acheteur.

7 Vérification de la conformité

7.1 Certificat de conformité et résultats d'essai

NOTE Les articles appropriés extraits de l'EN 10204:2004 ou de l'EN 1655:1997 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement) pour le certificat de conformité et/ou les résultats d'essai doivent faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

7.2 Choix des échantillons et essais effectué par le fournisseur

Les fournisseurs doivent choisir et procéder aux essais d'échantillons prélevés sur chaque touret de fil de contact produit.

7.3 Inspection par l'acheteur

L'acheteur a la possibilité de choisir des échantillons et d'assister aux essais selon les modalités du Tableau 7.

Tableau 7 – Guide pour le choix des échantillons

Volume de la commande Nombre de tourets	Effectif d'échantillon Nombre de tourets
$N \leq 10$	1
$10 < N \leq 25$	2
$25 < N \leq 90$	3
$90 < N \leq 150$	5
$150 < N \leq 280$	8

La commande est acceptée si tous les résultats des essais spécifiques (et optionels si exigées) satisfont aux exigences de la présente norme et aux exigences supplémentaires ayant fait l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur. Si un ou plusieurs échantillons ne sont pas conformes à la présente norme, un second échantillonnage aléatoire portant sur la même quantité que le premier doit être réalisé et les échantillons doivent être soumis aux essais qui n'ont pas été satisfaits à l'origine.

Les tourets défectueux peuvent faire l'objet d'échantillonnage et d'essais de la part du fournisseur et, s'ils sont satisfaisants, être à nouveau soumis à l'acheteur pour acceptation.

Si les résultats obtenus lors du second échantillonnage sont conformes à la présente norme, la commande est acceptée. Dans le cas contraire, la commande est rejetée.

Annexe A (normative)

Configurations normalisées

Voir Figures A.1 à A.3 et Tableaux A.1 à A.3.

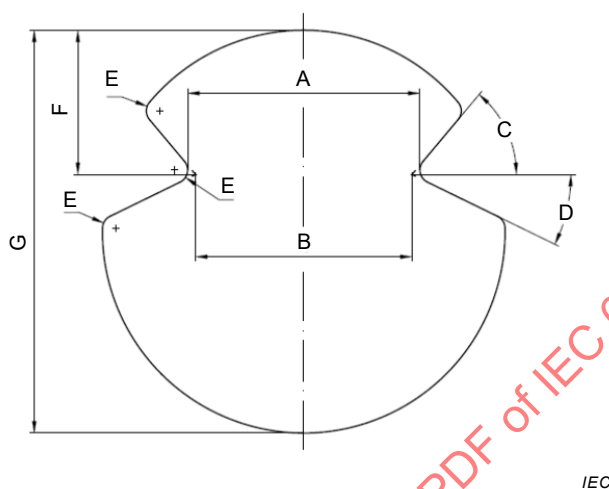
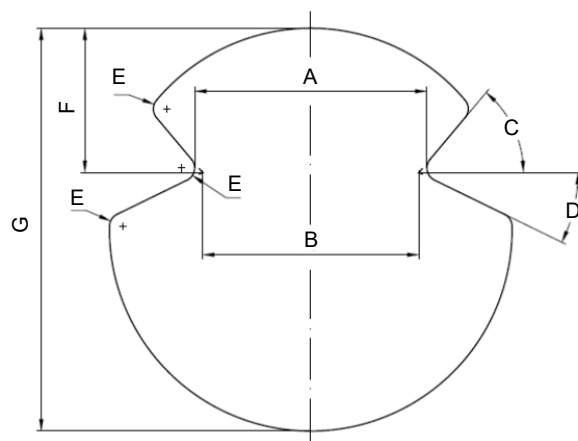


Figure A.1 – Fil de contact de forme AC

Tableau A.1 – Dimensions pour fil de contact de forme AC

Désignation	A mm	B mm	C mm	D mm	E mm	F mm	G mm
AC-80	$5,60 \pm 0,20$	5,14	51^{+0}_{-2}	27^{+0}_{-2}	R0,40	3,80	10,52 à 10,72
AC-100	$5,60 \pm 0,20$	5,14	51^{+0}_{-2}	27^{+0}_{-2}	R0,40	4,00	11,84 à 12,08
AC-107	$5,60 \pm 0,20$	5,14	51^{+0}_{-2}	27^{+0}_{-2}	R0,40	4,00	12,27 à 12,52
AC-120	$5,60 \pm 0,20$	5,14	51^{+0}_{-2}	27^{+0}_{-2}	R0,40	4,00	12,99 à 13,26
AC-150	$5,60 \pm 0,20$	5,14	51^{+0}_{-2}	27^{+0}_{-2}	R0,40	4,00	14,53 à 14,85



IEC

Figure A.2 – Fil de contact de forme BC

Tableau A.2 – Dimensions pour fil de contact de forme BC

Désignation	A mm	B mm	C	D	E mm	F mm	G mm
BC-100	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,30	11,57 à 11,84
BC-107	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,30	12,01 à 12,28
BC-120	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,30	12,76 à 13,06
BC-150	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'}$ -2°	$27^{\circ 0'}$ -2°	R0,40	4,00	14,24 à 14,59

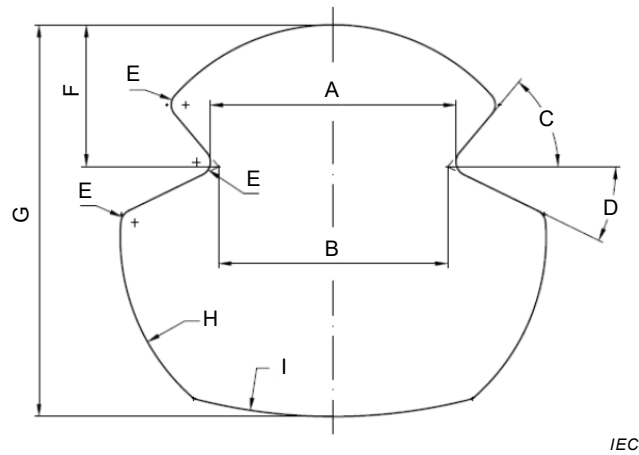


Figure A.3 – Fil de contact de forme BF

Tableau A.3 – Dimensions pour fil de contact de forme BF

Désignation	A mm	B mm	C	D	E mm	F mm	G mm	H mm	I mm
BF-100	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	$27^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	R0,40	4,00	10,92 à 11,16	R6,00	R15,60
BF-107	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	$27^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	R0,40	4,24	11,11 à 11,35	R6,43	R15,85
BF-120	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	$27^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	R0,40	4,30	12,13 à 12,41	R6,60	R17,21
BF-150	$6,92 \pm 0,20$	6,48	$51^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	$27^{\circ 0'0''}_{-2^{\circ}}$	R0,40	3,90	13,26 à 13,58	R7,55	R20,00

Annexe B (informative)

Compositions et désignations des alliages courants

Tableau B.1 – Compositions et désignations possibles de matériaux

Désignation du matériau		Composition en % (masse)							
		Élément							
Symbole	Référence		Cu	Bi	O	P	Pb	Autres éléments	
								Total	Exclusion
Cu-ETP	CW004A ^{c)}	min.	99,90 ^a	–	–	–	–	–	Ag, O
		max.	–	0,0005	0,040 ^b	–	0,005	0,03	
Cu-FRHC	CW005A ^{c)}	min.	99,90 ^a	–	–	–	–	–	Ag, O
		max.	–	–	0,040 ^b	–	–	0,04	
Cu-OF	CW008A ^{c)}	min.	99,95	–	–	–	–	–	Ag
		max.	–	0,0005	^c	–	0,005	0,03	
Cu-HCP	CW021A ^{c)}	min.	99,95	–	–	0,002	–	–	Ag, P
		max.	–	0,0005	^c	0,007	0,005	0,03	
			Cu	Bi	O		Ag	Autres éléments	
								Total	Exclusion
CuAg 0,1	CW013A ^{c)}	min.	Reste	–	–	–	0,08	–	Ag, O
		max.	–	0,0005	0,040	–	0,12	0,03	
			Cu	Mg	Sn	Cd	P	Autres éléments	
								Total	Exclusion
CuMg 0,2	CW127C ^{c)}	min.	Reste	0,1	–	–	–	–	Mg, P
		max.	–	0,3	–	–	0,01	0,1	
CuMg 0,5	CW128C ^{c)}	min.	Reste	0,4	–	–	–	–	Mg, P
		max.	–	0,7	–	–	0,01	0,1	
CuSn 0,2	W129C ^{c)}	min.	Reste	–	0,15	–	–	–	Sn
		max.	–	–	0,55	–	–	0,1	
CuCd 0,7	CW130C ^{c)}	min.	Reste	–	–	0,5	–	–	Cd
		max.	–	–	–	0,8	–	0,1	
CuCd 1,0	CW131C ^{c)}	min.	Reste	–	–	0,8	–	–	Cd
		max.	–	–	–	1,2	–	0,1	

^a Y compris argent, jusqu'à un maximum de 0,015 %.

^b Une teneur en oxygène jusqu'à 0,060 % peut faire l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur.

^c Pour les membres du CEN/CENELEC seulement.

NOTE 1 La composition de tous les types de cuivres est conforme à l'EN 1977:2013 et au CEN TS 13388 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement).

NOTE 2 Le total des autres éléments (autres que le cuivre) est défini dans l'EN 1977:2013 (pour les membres du CEN/CENELEC seulement) comme la somme de Ag, As, Bi, Cd, Co, Cr, Fe, Mn, Ni, O, P, Pb, S, Sb, Se, Si, Sn, Te et Zn, sous réserve de l'exclusion de tout élément spécifié individuellement.

NOTE 3 Des réglementations nationales restreignent l'emploi du cuivre allié au cadmium dans de nombreux pays. Voir l'Annexe D.

NOTE 4 Le Tableau B.1 est normatif dans certains pays membres du CEN/CENELEC.

Annexe C (informative)

Propriétés physiques

C.1 Résistance électrique par kilomètre

Les valeurs de la résistance linéique maximale en fonction de la résistivité maximale du métal à 20 °C et de la section du fil de contact sont calculées à partir de la formule suivante, voir tableau C.1:

$$R_{\max} = L \frac{\rho_{\max}}{A_{\min}}$$

où

$R_{\max}$ est la résistance linéique à 20 °C, en Ω ;

$\rho_{\max}$ est la résistivité maximale du métal à 20 °C, en Ωm ;

$A_{\min}$ est la section minimale du fil de contact, en m^2 ;

L est égal à 1 000 m.

Les valeurs de la résistance linéique maximale en fonction de la conductivité du métal en % IACS à 20 °C et de la section du fil de contact sont calculées à partir de la formule suivante:

$$R_{\max} = \frac{1}{\gamma_{\min} \times 58 \times 10^6 \times A_{\min}}$$

où

$\gamma_{\min}$ est la conductivité électrique minimale du métal à 20 °C, en % IACS.

Tableau C.1 – Résistance électrique maximale par kilomètre en fonction de la conductivité et section nominale (exemples)^a

Section nominale A en mm^2	Conductivité électrique γ en % IACS							
	60,0	62,1	70,0	72,0	77,0	80,0	86,0	97,0
70	0,423	0,409	0,363	0,353	0,330	0,317	0,295	0,262
80	0,370	0,358	0,317	0,309	0,289	0,278	0,258	0,229
85	0,349	0,337	0,299	0,290	0,272	0,261	0,243	0,216
100	0,296	0,286	0,254	0,247	0,231	0,222	0,207	0,183
107	0,277	0,268	0,237	0,231	0,216	0,208	0,193	0,171
110	0,269	0,260	0,231	0,224	0,210	0,202	0,188	0,167
120	0,247	0,239	0,212	0,206	0,192	0,185	0,172	0,153
150	0,197	0,191	0,169	0,165	0,154	0,148	0,138	0,122
170	0,174	0,168	0,149	0,145	0,136	0,131	0,122	0,108

^a Valeurs en Ω/km à 20 °C – Calculées sur la section minimale (97 % de la section nominale).

C.2 Charge minimale à la rupture

Les valeurs de la charge minimale à la rupture données dans le Tableau 5 sont calculées à partir de la formule suivante, voir Tableau C.2:

$$F_{\min} = A_{\min} \times R_m$$

où

$F_{\min}$ est la charge minimale à la rupture du fil de contact, en N;

$A_{\min}$ est la section minimale du fil de contact, en mm²;

R_m est la résistance minimale à la traction sur le fil de contact, en MPa.

La valeur de la charge minimale d'épreuve ($R_p0,2$) sur le plein fil de contact est prise par convention égale à 0,85 fois la valeur de la résistance minimale à la traction.

Tableau C.2 – Charges minimales à la rupture selon la résistance à la traction et la section nominale (exemples)^a

Section nominale A en mm ²	Résistance à la traction R_m en MPa																			
	310	320	330	340	350	355	360	365	370	375	420	430	440	445	450	455	460	470	490	500
70	21,0	21,7	22,4	23,1	23,8	24,1	24,4	24,8	25,1	25,5	28,5	29,2	29,9	30,2	30,6	30,9	31,2	31,9	33,3	34,0
80	24,1	24,8	25,6	26,4	27,2	27,5	27,9	28,3	28,7	29,1	32,6	33,4	34,1	34,5	34,9	35,3	35,7	36,5	38,0	38,8
85	25,6	26,4	27,2	28,0	28,9	29,3	29,7	30,1	30,5	30,9	34,6	35,5	36,3	36,7	37,1	37,5	37,9	38,8	40,4	41,2
100	30,1	31,0	32,0	33,0	34,0	34,4	34,9	35,4	35,9	36,4	40,7	41,7	42,7	43,2	43,7	44,1	44,6	45,6	47,5	48,5
107	32,2	33,2	34,3	35,3	36,3	36,8	37,4	37,9	38,4	38,9	43,6	44,6	45,7	46,2	46,7	47,2	47,7	48,8	50,9	51,9
110	33,1	34,1	35,2	36,3	37,3	37,9	38,4	38,9	39,5	40,0	44,8	45,9	46,9	47,5	48,0	48,5	49,1	50,1	52,3	53,4
120	36,1	37,2	38,4	39,6	40,7	41,3	41,9	42,5	43,1	43,7	48,9	50,1	51,2	51,8	52,4	53,0	53,5	54,7	57,0	58,2
150	45,1	46,6	48,0	49,5	50,9	51,7	52,4	53,1	53,8	54,6	61,1	62,6	64,0	64,7	65,5	66,2	66,9	68,4	71,3	72,8
170	51,1	52,8	54,4	56,1	57,7	58,5	59,4	60,2	61,0	61,8	69,3	70,9	72,6	73,4	74,2	75,0	75,9	77,5	80,8	82,5

^a Valeurs en kN – Calculées sur la section minimale (97 % de la section nominale).

C.3 Tolérance sur le diamètre et la section

Les valeurs minimale et maximale du diamètre du fil de contact présentées à l'Annexe A sont calculées sur la base d'une tolérance sur la section fabriquée de ± 3 % de la section nominale.

C.4 Masse kilométrique du fil de contact

Les valeurs minimale et maximale des masses linéiques des fils de contact sont égales à 0,97 et 1,03 fois la masse linéique nominale du fil pour les alliages donnés à l'Annexe B. Pour les autres alliages à base de cuivre, il convient que les valeurs fassent l'objet d'un accord entre l'acheteur et le fournisseur, voir Tableau C.3.