

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Solderless connections –

Part 2: Crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance

Connexions sans soudure –

Partie 2: Connexions serties – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60352-2:2024



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2024 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
info@iec.ch
www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC publications search - webstore.iec.ch/advsearchform

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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

IEC Customer Service Centre - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 500 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 25 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Recherche de publications IEC -

webstore.iec.ch/advsearchform

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

IEC Products & Services Portal - products.iec.ch

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

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 500 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 25 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



Solderless connections –

Part 2: Crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance

Connexions sans soudure –

Partie 2: Connexions serties – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 29.120.20

ISBN 978-2-8322-9903-6

Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.

CONTENTS

FOREWORD.....	10
INTRODUCTION.....	13
1 Scope.....	14
2 Normative references	14
3 Terms and definitions	16
4 Workmanship.....	25
5 Prerequisites for basic test schedule	26
5.1 Classification by end-product class	26
5.1.1 General	26
5.1.2 Class A – General electrical and electronics products.....	26
5.1.3 Class B – Dedicated service electrical and electronics products.....	26
5.1.4 Class C – High-performance electrical and electronics products	26
5.2 Prerequisites for tools	26
5.3 Prerequisites for crimp barrels	27
5.3.1 Crimp barrel materials	27
5.3.2 Crimp barrel dimensions	27
5.3.3 Crimp barrel surface finishes	27
5.3.4 Crimp barrel design features.....	28
5.4 Prerequisites for wires	28
5.4.1 General	28
5.4.2 Conductor materials.....	28
5.4.3 Conductor dimensions	28
5.4.4 Conductor surface finishes	29
5.4.5 Wire insulation.....	29
5.4.6 Wire cutting and stripping	29
5.5 Prerequisites for crimped connections.....	31
5.5.1 Compatibility of combination	31
5.5.2 Conductor location.....	31
5.5.3 Crimping location.....	31
5.5.4 Contact deformation	31
5.5.5 Prerequisites for crimped connections with more than one conductor in the crimp barrel	31
5.5.6 Adjustment of conductor cross-sectional area to the crimp barrel.....	32
5.5.7 Crimp contacts and terminal ends.....	32
5.5.8 Splice crimp barrels	36
5.6 Prerequisites for splice crimped connections.....	37
5.6.1 General	37
5.6.2 Conductor requirements for crimped splices	37
6 Testing	38
6.1 General.....	38
6.2 Standard conditions for testing.....	39
6.3 Pre-conditioning.....	39
6.4 Recovery	39
6.5 Mounting of the specimen	39
7 Test methods and test requirements	40
7.1 General examination of crimp barrels and wires	40

7.2	Examination of crimp dimensions	40
7.2.1	Crimp height C_h , crimp width C_w and measurable crimp width C_{wm}	40
7.2.2	Contact deformation after crimping	42
7.2.3	Visual examination of insulation distance and conductor overhang	43
7.2.4	Visual examination of splice crimped connections	44
7.2.5	Visual examination of crimped connections on closed (machined) crimp barrels	44
7.2.6	Visual examination of crimped connections on B-crimp open crimp barrels	44
7.2.7	Visual examination of crimped connections with open crimp barrel with insulation grip	44
7.3	Mechanical tests	46
7.3.1	Tensile strength	46
7.3.2	Microsection	48
7.3.3	Insulation grip effectiveness	49
7.3.4	Bending test (uninsulated crimp barrels with insulation grip)	50
7.3.5	Bending test (pre-insulated crimp barrels with insulation grip)	51
7.3.6	Bending test on splice crimped connections	52
7.3.7	Vibration test	52
7.4	Electrical tests	53
7.4.1	Crimp resistance	53
7.4.2	Voltage proof (crimped connection with pre-insulated crimp barrels)	58
7.4.3	Current-carrying capacity test with temperature rise	58
7.5	Climatic tests	60
7.5.1	General	60
7.5.2	Rapid change of temperature	60
7.5.3	Dry heat	61
7.5.4	Climatic sequence	61
7.5.5	Current loading, cyclic	62
7.5.6	Crimping at low temperature (crimped connections with pre-insulated crimp barrels)	66
7.6	Miscellaneous tests	67
7.6.1	Fluid resistance of pre-insulated crimp barrels	67
7.6.2	Flowing mixed gas corrosion test	67
8	Test schedules	68
8.1	Preparation and type of test specimens	68
8.1.1	Preparation of test specimens	68
8.1.2	Type A specimen (for testing according to 8.2, 8.2.3.3 if required, 8.3.2, 8.3.4 if required)	68
8.1.3	Type B specimen (for tests according to 8.2.3.1 and 8.3.3.2)	68
8.1.4	Type C specimen (for insulation grip effectiveness tests, see 8.2.3.3 and 8.3.4)	69
8.1.5	Type D specimen (for testing of pre-insulated crimp barrels only, see 8.2.3.4, 8.3.9.2 and 8.3.9.3)	70
8.1.6	Type E specimen (for tests according to 8.2.3.2, 8.2.3.4, 8.3.3.5)	70
8.1.7	Type F specimen (for testing of pre-insulated crimp barrels according to 8.3.9.4)	71
8.1.8	Type G specimen (for testing according to 8.2.3.2, 8.3.3.4, 8.3.3.5 and 8.3.6)	72
8.1.9	Type H specimen (for testing according to 8.2.2, 8.2.3.1, 8.2.3.3, 8.3.2, 8.3.3.2, 8.3.3.3 and 8.3.4)	72

8.1.10	Number of specimens required	73
8.2	Basic test schedule	74
8.2.1	General	74
8.2.2	Initial examination.....	74
8.2.3	Testing of crimped connections	75
8.3	Full test schedule.....	77
8.3.1	General	77
8.3.2	Initial examination.....	78
8.3.3	Testing of crimped connections	78
8.3.4	Testing of insulation grip effectiveness, test group F5.....	80
8.3.5	Testing of stability of splice crimped connections under bending	81
8.3.6	Test group F7, if required	81
8.3.7	Test group F8, if required	81
8.3.8	Test group F9, if required	81
8.3.9	Testing of crimped connections with pre-insulated crimp barrels.....	82
8.4	Flow charts	83
Annex A (informative)	Practical guidance.....	86
A.1	General information on crimped connections.....	86
A.1.1	General	86
A.1.2	Advantages of crimped connections.....	86
A.1.3	Current-carrying capacity considerations.....	86
A.2	Tool information.....	87
A.3	Crimp barrel information	88
A.3.1	General	88
A.3.2	Materials	89
A.3.3	Surface finishes.....	89
A.3.4	Shapes of crimped connections	89
A.4	Wire information.....	91
A.4.1	General	91
A.4.2	Conductor materials.....	92
A.4.3	Conductor surface finishes	92
A.4.4	Wire stripping information	92
A.5	Crimped connection information.....	95
A.5.1	General	95
A.5.2	Additional information	96
A.5.3	Crimped connections made with more than one wire in a crimp barrel	99
A.5.4	Dimensions after crimping	100
A.5.5	Conductor and crimp barrel materials and finishes selection	100
A.6	Crimping process	100
A.6.1	Crimping of contacts with open crimp barrel	100
A.6.2	Crimping of contacts with open crimp barrel, loose piece contacts	100
A.6.3	Processing instruction	101
A.7	Correct crimped connections (additional information)	102
A.7.1	Correct crimped connections of contacts with open crimp barrel	102
A.7.2	Measuring of crimp height or depth.....	103
A.7.3	Pull-out force	104
A.8	Examination by microsection.....	110
A.8.1	Microsection image creation	110
A.8.2	Graphical representation of the microsection image requirements	111

A.8.3	Microsection terminology	112
A.8.4	Porosity ratio of crimped connections in microsections	114
A.8.5	Crimp compression ratio of the crimped connection in the microsection	115
A.8.6	Ratio of crimp height to crimp width in the microsection	115
A.8.7	Requirements for B-crimped connections in the microsection	116
A.8.8	Condition of microsections	117
A.8.9	Insulation grip	119
A.9	Faults with crimped contacts having open crimp barrels	121
A.10	Splices	121
A.11	Crimp resistance test	121
A.11.1	General	121
A.11.2	Notes on specimen preparation and measurement	125
A.12	General information about crimp contacts as part of a multipole connector	125
A.12.1	Insertion of crimped contacts into the contact cavities of the connector insert	125
A.12.2	Removal of inserted contacts	126
A.12.3	Mounting and bending of wire bundles or cables with crimped contacts	126
A.12.4	Mating and unmating of multipole connectors with crimped contacts	127
A.13	Final remarks	127
	Bibliography	128
	Figure 1 – Examples of crimp contact	17
	Figure 2 – Examples of splice	18
	Figure 3 – Example of insulation support	18
	Figure 4 – Examples of insulation grip	19
	Figure 5 – Examples of crimping tool	19
	Figure 6 – Example of positioner holding the crimp barrel	20
	Figure 7 – Example of positioner holding the stripped wire	20
	Figure 8 – Open crimp barrel	22
	Figure 9 – Closed crimp barrels	22
	Figure 10 – Pre-insulated crimp barrel	23
	Figure 11 – Crimping zones	23
	Figure 12 – Example of crimp funnel	24
	Figure 13 – Concentricity of wire insulation	29
	Figure 14 – Diameter ratio when crimping wires with different individual strand diameters	32
	Figure 15 – Examples of open stamped crimp contacts for automatic production	32
	Figure 16 – Stamped open B-crimp contact with anvil and punch shapes	33
	Figure 17 – Designations on open B-crimp contact	33
	Figure 18 – Examples of crimping dies (press dies)	33
	Figure 19 – Stamped closed crimp barrel (crimp cable lug)	34
	Figure 20 – Different crimp shapes	34
	Figure 21 – Examples of crimping dies for closed crimp barrels	34
	Figure 22 – Tubular cable lugs for class 5 conductors	35
	Figure 23 – Tubular cable lugs for class 6 conductors	35
	Figure 24 – Crimping process of 4-indent crimping with adjustable tools	35

Figure 25 – Pre-insulated stamped close crimp barrel, area definitions	36
Figure 26 – Pre-insulated closed crimp barrels of various designs	36
Figure 27 – Examples of pre-insulated crimp cable lugs as strip parts.....	36
Figure 28 – Uninsulated splice variants.....	37
Figure 29 – Diameter ratio when crimping wires with different individual strand diameters in splices	38
Figure 30 – Crimp height measurement on open crimp barrel (B-crimp)	41
Figure 31 – Crimp height measurement on closed crimp barrel (mandrel crimping)	41
Figure 32 – Crimp height measurement on closed crimp barrel (4-indent crimping)	42
Figure 33 – Example of holding and measuring points for contact deformation.....	43
Figure 34 – Insulation distance and conductor overhang.....	43
Figure 35 – Examples of insulation grip die shapes.....	45
Figure 36 – Examples of insulation grip	45
Figure 37 – Test arrangement.....	50
Figure 38 – Bending test of crimped connections with uninsulated crimp barrels	50
Figure 39 – Bending test of crimped connections with pre-insulated crimp barrels	51
Figure 40 – Bending test on splice crimped connections	52
Figure 41 – Arrangement for vibration test	53
Figure 42 – Test arrangement for measurement of crimp resistance of single-conductor crimped connection.....	54
Figure 43 – Measuring of crimp resistance of splices or multiple-conductor crimp connections	54
Figure 44 – Crimp resistance R_C of crimped connections with copper barrels and copper conductor ($K = 1$)	56
Figure 45 – Test setup for temperature rise measurements under current load	58
Figure 46 – Temperature chamber with ventilation opening for current-temperature derating measurements	60
Figure 47 – Examples of test arrangements	64
Figure 48 – Test current for crimped connections.....	65
Figure 49 – Examples of type A specimens.....	68
Figure 50 – Examples of type B specimens.....	69
Figure 51 – Examples of type C specimens.....	70
Figure 52 – Example of type D specimen (pre-insulated)	70
Figure 53 – Examples of type E specimen.....	71
Figure 54 – Example of type F specimen	72
Figure 55 – Type G specimen (splice).....	72
Figure 56 – Type H specimen (splice)	73
Figure 57 – Basic test schedule (see 8.2)	84
Figure 58 – Full test schedule (see 8.3)	85
Figure A.1 – Open crimp barrels	88
Figure A.2 – Closed crimp barrels	89
Figure A.3 – Crimping shape in the wire axis	90
Figure A.4 – Crimping shape 90° angled to the wire axis	90
Figure A.5 – Crimping shape without insulation grip.....	90

Figure A.6 – Crimping shape with pre-insulated crimp barrel.....	91
Figure A.7 – Crimping shape without pre-insulated crimp barrel.....	91
Figure A.8 – Crimped connections using solid round conductors.....	92
Figure A.9 – Stripping length	93
Figure A.10 – Example of parallel (in-line) process crimping and angled crimping process.....	101
Figure A.11 – Crimping process of an open crimp barrel (B-crimp).....	102
Figure A.12 – Correct crimped connections of contacts with open crimp barrel	102
Figure A.13 – Measuring instructions	103
Figure A.14 – Crimp height measuring procedure	104
Figure A.15 – Pull-out force test for crimped connections with pull speed 50 mm/min.....	105
Figure A.16 – Determination of the intrinsic tensile strength of the conductor (50 mm/min)	107
Figure A.17 – Relationships between crimp height (C_h), pull-out force, crimp force (indentation depth), and electrical conductivity.....	109
Figure A.18 – Pull-out force test of splice crimp connections (50 mm/min)	110
Figure A.19 – Illustration of the parting plane on the crimp barrel centred in the crimping zone (X).....	111
Figure A.20 – Example of end-feed (length feed) open barrel crimp contacts	111
Figure A.21 – Cutting the crimped connection.....	111
Figure A.22 – Dimensions on the microsection for B-crimp barrels.....	112
Figure A.23 – Dimensions on the microsection for closed tube and crimped cable lugs.....	113
Figure A.24 – Dimensions on the microsection for 4-indent closed crimp barrels.....	113
Figure A.25 – Dimensions on the microsection for hexagonal crimp barrels	113
Figure A.26 – Dimensions on the microsection for crimp barrels (also pre-insulated)	114
Figure A.27 – Examples of microsections of crimp barrels	114
Figure A.28 – Ratio of crimp height C_h to crimp width C_w	115
Figure A.29 – Ratio of distance between crimp face ends CFE and base material thickness S	116
Figure A.30 – Support angle α_w of the crimp flanks.....	116
Figure A.31 – Support height L_a of the crimp flanks	116
Figure A.32 – Crimp edge distance to floor (F_a).....	116
Figure A.33 – Resulting bottom thickness S_b after crimping	117
Figure A.34 – Requirements for the acceptance of a burr formation	117
Figure A.35 – Diagrams for resistance values (A and B) for electrolytic copper conductors ($K = 1$) and for material with $K = 3,8$	122
Figure A.36 – Replacement circuit diagram for the crimp resistance	123
Figure A.37 – Insertion of crimped contacts into contact cavities.....	126
Figure A.38 – Mounting of wire bundles/cables with crimped contacts.....	126
Figure A.39 – Bending of wire bundles of connectors.....	127
Figure A.40 – Mating and unmating of multipole connectors.....	127
Table 1 – Allowable strand damage	30
Table 2 – Prerequisites of 5.3 for crimp barrels to access the basic test schedule of 8.2.....	38

Table 3 – Prerequisites of 5.4 for wires to access the basic test schedule of 8.2.....	39
Table 4 – Magnification aids for visual examination	40
Table 5 – Example of permissible tolerances for crimp height measurements	42
Table 6 – Insulation distance and conductor overhang on closed crimp barrels	44
Table 7 – Pull-out force of crimped connections	47
Table 8 – Vibration, preferred test severities	53
Table 9 – Example of other materials	57
Table 10 – Minimum wire length L as a function of conductor cross-sectional area S	59
Table 11 – Current values (tentative) – alternative current loading, cyclic method	66
Table 12 – Number of specimens	73
Table 13 – Test group B0.....	75
Table 14 – Test group B1.....	75
Table 15 – Test group B2.....	76
Table 16 – Test group B3.....	76
Table 17 – Test group B4.....	77
Table 18 – Test group B5.....	77
Table 19 – Test group F0.....	78
Table 20 – Test group F1.....	79
Table 21 – Test group F2.....	79
Table 22 – Test group F3.....	79
Table 23 – Test group F4.....	80
Table 24 – Test group F5.....	80
Table 25 – Test group F6.....	81
Table 26 – Test group F7.....	81
Table 27 – Test group F8.....	81
Table 28 – Test group F9.....	82
Table 29 – Test group F10.....	82
Table 30 – Test group F11.....	83
Table 31 – Test group F12.....	83
Table A.1 – Stripping of stranded conductors (good to sufficient requirements).....	94
Table A.2 – Stripping of stranded conductors (faults or conditions according to Table 1)	95
Table A.3 – Condition of closed machined crimp barrels	97
Table A.4 – Condition of open crimp barrels (B-crimp)	98
Table A.5 – Minimum dimensions and tolerances for input funnel on a B-crimping zone.....	99
Table A.6 – Condition of position of wire insulation in the insulation grip.....	99
Table A.7 – Pull-out force recommended minimum values for electrolytic copper conductors with tensile strength 200 N/mm^2 (e.g. according to EN 13602)	106
Table A.8 – Examples of pull-out force values (break) of commercially available European stranded conductors	107
Table A.9 – Examples of pull-out force values (break) of commercially available American stranded conductors.....	107
Table A.10 – Determination of the minimum pull-out forces in relation to the respective cross-sectional area and the intrinsic tensile strength of the conductor	108
Table A.11 – Pull-out force values for butt splice crimped connections	110

Table A.12 – Values for the support height L_a	116
Table A.13 – Condition of microsections	118
Table A.14 – Condition "Good" of insulation grip for B-crimp and O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp)	119
Table A.15 – Condition "PID" of insulation grip for B-crimp and O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp).....	120
Table A.16 – Condition "Fault" of insulation grip for B-crimp, O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp).....	120
Table A.17 – Features of splice crimp barrels	121
Table A.18 – Crimp resistance (maximum allowed initial values A) for $K = 1$ (electrolytic copper)	124
Table A.19 – Crimp resistance (after loading, R_{CR}) for $K = 1$ (electrolytic copper).....	124
Table A.20 – Crimp resistance (maximum allowed initial values A) for $K \approx 3,8$ (nickel- brass, bright)	124
Table A.21 – Crimp resistance (after loading, R_{CR}) for $K \approx 3,8$ (nickel-brass, bright)	124
Table A.22 – Crimp resistance (maximum allowed initial values A) for $K = 6,4$ (tin- plated bronze).....	124
Table A.23 – Crimp resistance (after loading, R_{CR}) for $K = 6,4$ (tin-plated bronze).....	125

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60352-2:2024

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SOLDERLESS CONNECTIONS –**Part 2: Crimped connections –
General requirements, test methods and practical guidance****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) IEC draws attention to the possibility that the implementation of this document may involve the use of (a) patent(s). IEC takes no position concerning the evidence, validity or applicability of any claimed patent rights in respect thereof. As of the date of publication of this document, IEC had not received notice of (a) patent(s), which may be required to implement this document. However, implementers are cautioned that this may not represent the latest information, which may be obtained from the patent database available at <https://patents.iec.ch>. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

IEC 60352-2 has been prepared by subcommittee 48B: Electrical connectors, of IEC technical committee 48: Electrical connectors and mechanical structures for electrical and electronic equipment. It is an International Standard.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 2006 and Amendment 1:2013. This edition constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to the previous edition:

- a) the former Clauses 6 through 15 have been moved into a new informative Annex A titled "Practical guidance";

- b) several definitions have been added (conductor, wire, cable, crimping, crimped connection, crimp contact, terminal, terminal end, pre-insulated terminal end, termination, connecting device, splice, insulation support, insulation grip, pre-insulated crimped connection, crimping tool, locator, positioner, full cycle crimp mechanism, crimp anvil, crimp nest, crimp indenter, crimp height, crimp inspection hole, crimp barrel wire range, nominal cross-sectional area, geometric (actual) cross-sectional area, stranded conductor, crimp funnel, crimp depth, manufacturer, user, process indicator (PID));
- c) a three-level classification by end-product class has been introduced in Clause 4 Workmanship, based on the expected level of reliability of the end-use application for which the crimped connections under subject are suitable, similar to what was done in 4.3 of IEC 61191-1:2018 for soldered electrical and electronic assemblies;
- d) for better clarification, former subclause 4.5 Crimped connections, now renumbered and renamed 5.5 Prerequisites for crimped connections, has been split in several third level subclauses with assigned title;
- e) allowable strand damage has been introduced with reference to the classification in three levels by end-use application, for the production of test specimens;
- f) based on industry experience, in 5.3.1 the minimum copper content of a copper alloy suitable for making crimp barrels has been lowered to 57 % from original 60 %;
- g) the elongation at break of annealed copper suitable for conductors to be crimped has been increased to 15 % from original 10 %;
- h) the cross-sectional area of conductors for testing purposes is allowed to be the nominal (commercial) one, instead of the geometric (actual) one for wires with nominal cross-sectional area larger than 2,5 mm² (see 5.4.3), the geometric (actual) one being the reference in case of dispute on test results;
- i) consideration about wire insulation concentricity has been added in 5.4.5;
- j) former subclause 5.2.1 General examination is now renumbered and renamed as 7.1 General examination of crimp barrels and wires (examination of parts as called later) and a new subclause 7.2 Examination of crimp dimensions has been added, to cover examination of dimensions after crimping, with several new third-level subclauses: 7.2.1 Crimp height C_h , crimp width C_w and measurable crimp width C_{wm} , 7.2.2 Contact deformation after crimping, 7.2.3 Visual examination of insulation distance and conductor overhang, 7.2.4 Visual examination of splice crimped connections, 7.2.5 Visual examination of crimped connections on closed (machined) crimp barrels, 7.2.6 Visual examination of crimped connections on B-crimp open crimp barrels, 7.2.7 Visual examination of crimped connections with open crimp barrel with insulation grip;
- k) the pull-out force (tensile strength) requirements covering safety requirements of crimped connections in IEC 60352-2:2006, Table 1 have been kept, here renumbered Table 5; interpolated values for most used cross-sectional areas 0,34 mm² and 0,37 mm² have been added. Reference to IEC 61210 as source for these safety values has been removed, as partially inaccurate. Optional specification of higher pull-out force requirements, based on classification by end-use product as specified in 5.1, and more representative of what can be achieved based on the type of crimp barrel, the form of the crimping, the material and plating of barrel and wire, has been introduced in A.7.3;
- l) a microsection test (optional) has been added in 7.3.2;
- m) a vibration test (optional) has been added in 7.3.7;
- n) a current-carrying capacity test (optional) has been added in 7.4.3;
- o) an alternative current loading, cyclic test method has been added in 7.5.5;
- p) a flowing mixed gas corrosion test (optional) has been added in 7.6.2;
- q) crimping at low temperature (former subclause 5.4.2.5) has been completed in 7.5.6 by re-entering the test method already present in IEC 60352-2:1990, 11.4.5;
- r) types of test specimens have been expanded: a new type A specimen is added, type B is former type A, type C is former type B, type D is former type C, type E is former type D modified with addition of reference wires, type F is former type E, and new specimen types G and H were added to perform tests on splices;

s) normative references, as well as Bibliography, have been updated and expanded as required;

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

Draft	Report on voting
48B/3110/FDIS	48B/3128/RVD

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

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

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at www.iec.ch/members_experts/refdocs. The main document types developed by IEC are described in greater detail at www.iec.ch/publications.

A list of all parts in the IEC 60352 series, published under the general title *Solderless connections*, can be found on the IEC website.

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

- reconfirmed,
- withdrawn, or
- revised.

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

INTRODUCTION

This document includes requirements and relevant tests as well as practical guidance in Annex A for crimped connections.

Two test schedules are provided:

- the basic test schedule which applies to solderless crimped connections which conform to all of the prerequisites of Clause 5. It is derived from experience with successful applications of such connections;
- the full test schedule which applies to solderless crimped connections which do not fully conform to all prerequisites of Clause 5, for example which are made with solid wires, using materials or finishes not included in Clause 4.

This philosophy permits cost- and time-effective performance verification using a limited basic test schedule for established crimped connections and an expanded full test schedule for connections requiring more extensive performance validation.

A detail product specification or the manufacturer's specification for crimped connections or associated cable assemblies or both, as well as for crimp contacts, terminal ends or splices, can include additional tests to verify enhanced performance or conformance with specified product classes or both. It can also reference this document with test severities and acceptance criteria other than those provided by either one of the two test schedules, as well as foresee an intermediate test schedule. The requirements of the detail product specification or the manufacturer's specification prevail.

The suitability of the crimped connection implies that the specified requirements and tests apply to all factors involved in producing a suitable crimped connection, namely:

- the crimp barrel, which can be part of a splice, a terminal end or a crimp contact, the contact deemed to be used in a single-pole or multipole connector;
- the wire (or range of wires) for which the termination is suitable;
- the tools required to produce that type of solderless connection.

The practical guidance in Annex A serves as a guideline for the required workmanship. Attention is drawn to the fact that some industries (e.g. automotive, aerospace, nuclear, military) can have specific workmanship standards or quality requirements, or both, which are outside the scope of this document.

IEC Guide 109 advocates the need to minimize the impact of a product on the natural environment throughout the product life cycle.

It is understood that some of the materials permitted in this document can have a negative environmental impact.

As technological advances lead to acceptable alternatives for these materials, they will be eliminated from future editions of this document.

SOLDERLESS CONNECTIONS –

Part 2: Crimped connections – General requirements, test methods and practical guidance

1 Scope

This part of IEC 60352 is applicable to solderless crimped connections made with:

- appropriately designed uninsulated or pre-insulated crimp barrels as parts of crimp contacts, terminal ends or splices, and
- stranded wires of 0,05 mm² to 10 mm² cross-section or
- solid wires of 0,25 mm to 3,6 mm diameter;

for use in electrical and electronic equipment.

Information on the materials and data from industrial experience is included in addition to the test procedures to provide electrically stable connections under prescribed environmental conditions.

This part of IEC 60352 is not applicable to crimping of coaxial cables.

This part of IEC 60352 determines the suitability of solderless crimped connections as described above, under specified mechanical, electrical and atmospheric conditions and provides a means of comparing test results when the tools used to make the connections are of different designs or manufacture.

2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60050-581, *International Electrotechnical Vocabulary (IEV) – Part 581: Electromechanical components for electronic equipment*

IEC 60068-1, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-6, *Environmental testing – Part 2-6: Tests – Test Fc: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60068-2-30, *Environmental testing – Part 2-30: Tests – Test Db: Damp heat, cyclic (12 h + 12 h cycle)*

IEC 60068-2-60, *Environmental testing – Part 2-60: Tests – Test Ke: Flowing mixed gas corrosion test*

IEC 60228, *Conductors of insulated cables*

IEC 60512-1, *Connectors for electrical and electronic equipment – Tests and measurements – Part 1: Generic specification*

IEC 60512-1-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 1-1: General examination – Test 1a: Visual examination*

IEC 60512-1-2, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 1-2: General examination – Test 1b: Examination of dimension and mass*

IEC 60512-2-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 2-1: Electrical continuity and contact resistance tests – Test 2a: Contact resistance – Millivolt level method*

IEC 60512-2-2, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 2-2: Electrical continuity and contact resistance tests – Test 2b: Contact resistance – Specified test current method*

IEC 60512-2-5, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 2-5: Electrical continuity and contact resistance tests – Test 2e: Contact disturbance*

IEC 60512-4-3, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 4-3: Voltage stress tests – Test 4c: Voltage proof of pre-insulated crimp barrels*

IEC 60512-5-2, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 5-2: Current-carrying capacity tests – Test 5b: Current-temperature derating*

IEC 60512-6-4, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 6-4: Dynamic stress tests – Test 6d: Vibration (sinusoidal)*

IEC 60512-9-5, *Connectors for electrical and electronic equipment – Tests and measurements – Part 9-5: Endurance tests – Test 9e: Current loading, cyclic*

IEC 60512-11-1, *Connectors for electrical and electronic equipment – Tests and measurements – Part 11-1: Climatic tests – Test 11a: Climatic sequence*

IEC 60512-11-4, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 11-4: Climatic tests – Test 11d: Rapid change of temperature*

IEC 60512-11-7, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 11-7: Climatic tests – Test 11g: Flowing mixed gas corrosion test*

IEC 60512-11-9, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 11-9: Climatic tests – Test 11i: Dry heat*

IEC 60512-11-10, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 11-10: Climatic tests – Test 11j: Cold*

IEC 60512-11-12, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 11-12: Climatic tests – Test 11m: Damp heat, cyclic*

IEC 60512-16-4, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 16-4: Mechanical tests on contacts and terminations – Test 16d: Tensile strength (crimped connections)*

IEC 60512-16-7, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 16-7: Mechanical tests on contacts and terminations – Test 16g: Measurement of contact deformation after crimping*

IEC 60512-16-8, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 16-8: Mechanical tests on connections and terminations – Test 16h: Insulating grip effectiveness (crimped connections)*

IEC 60512-19-1, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 19-1: Chemical resistance tests – Test 19a: Fluid resistance of pre-insulated crimp barrels*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60050-581, IEC 60512-1 and the following apply.

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

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

3.1

conductor

part of the cable or wire intended to carry electric current

Note 1 to entry: The conductor may be

- a) solid – made of a single strand of circular cross-section;
- b) stranded – made of several strands of circular cross-section assembled either by laying up concentrically or by bunching, and without insulation between them.

[SOURCE: IEC 60189-1:2018, 3.1]

3.2

wire

insulated conductor or assembly of several insulated conductors, laid up together and which may be provided with a screen

Note 1 to entry: The wire may be

- a) single – consists of a single insulated conductor;
- b) multiple – consists of several insulated conductors.

[SOURCE: IEC 60189-1:2018, 3.2, modified – In the term, "low frequency" has been deleted. Note 2 to entry has been deleted.]

3.3

cable

assembly of one or more conductors, with a protective covering and possibly filling, insulating and protective material

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-38, modified – In the definition, "and/or optical fibres" has been deleted.]

3.4

crimping

method of permanently attaching a termination to a conductor by pressure deformation or by reshaping a crimp barrel around the conductor to establish good electrical and mechanical connection

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-10, modified – In the definition, "the barrel" has been replaced with "a crimp barrel".]

3.5**crimped connection**

permanent solderless connection made by crimping a crimp barrel

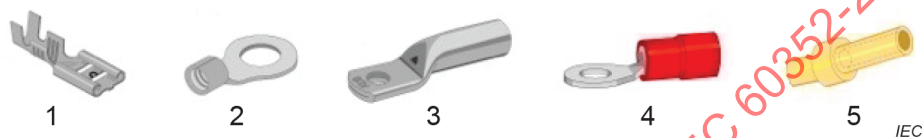
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-02, modified – In the definition, the existing definition of "crimping" is used to avoid text duplication, the terms "solderless" and "crimp" have been added, and the Note has been deleted.]

3.6**crimp contact**

contact having a conductor barrel designed to be crimped

Note 1 to entry: The contact may be male or female, or may provide means for attachment to a terminal such as a pin/stud or a flattened end, fork or eyelet shaped (see Figure 1).

Note 2 to entry: Items 2, 3 and 4 of Figure 1 are also known as terminal ends or cable lugs.



1 = open barrel stamped crimp contact,

2 = closed barrel stamped crimp cable lug,

3 = closed barrel tubular cable lug,

4 = pre-insulated closed barrel crimp cable lug,

5 = closed barrel machined crimp contact

Figure 1 – Examples of crimp contact

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-05 modified – Notes 1 and 2 to entry and Figure 1 have been added.]

3.7**terminal**

conductive part of a device, electric circuit or electric network, provided for connecting that device, electric circuit or electric network to one or more external conductors

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-17]

3.8**terminal end**

device with barrel(s) accommodating electrical conductor(s) with or without additional provision to accommodate and support the conductor insulation, for connecting conductor(s) to equipment

3.9**pre-insulated terminal end**

terminal end having a pre-insulated crimp barrel

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-19]

3.10**termination**

part of a contact, terminal or terminal end, to which a conductor is normally connected

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-20]

3.11

connecting device

device for the electrical connection of two or more conductors, comprising one or more terminals, and – if necessary – insulation and/or ancillary parts

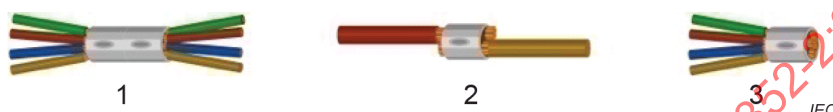
[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-06-01]

3.12

splice

connecting device with barrel(s) accommodating conductor(s) with or without additional provision to accommodate and secure the insulation

Note 1 to entry: It may be single- or double-sided, the crimp barrel being either closed or open, with or without insulation (see Figure 2).



1 = double through-splice,

2 = single through-splice,

3 = single end-splice

Figure 2 – Examples of splice

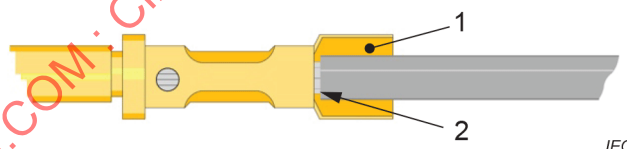
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-19, modified – Note 1 to entry and Figure 2 have been added.]

3.13

insulation support

part of a terminal end which accommodates but does not secure the wire insulation

Note 1 to entry: It may be larger than the conductor insulation outer diameter (see Figure 3)



1 = insulation support sleeve,

2 = conductor insulation

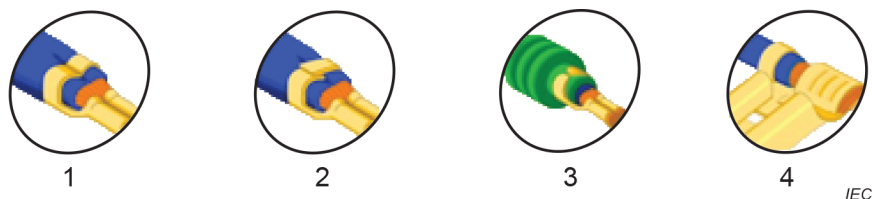
Figure 3 – Example of insulation support

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-17 modified – In the definition, "terminal" has been replaced with "terminal end" and "cable" has been replaced with "wire". Note 1 to entry and Figure 3 have been added.]

3.14 insulation grip

part of a terminal end in which the wire insulation is secured by crimping

Note 1 to entry: Figure 4 provides examples of insulation grip.



- 1 = B crimp,
- 2 = Overlap crimp,
- 3 = Open O crimp,
- 4 = Single rolled angle crimp (angle crimp barrel)

Figure 4 – Examples of insulation grip

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-16 modified – In the definition, "cable" has been replaced with "wire". Note 1 to entry and Figure 4 have been added.]

3.15 pre-insulated crimped connection

crimped connection formed with a pre-insulated terminal end or a pre-insulated splice

3.16 crimping tool

mechanical device used to make a crimp

Note 1 to entry: Figure 5 provides examples of crimping tool.



- 1 = hand crimping tool,
- 2 = adjustable tool for automatic crimping machine

Figure 5 – Examples of crimping tool

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-16, modified – Note 1 to entry and Figure 5 have been added.]

3.17 locator

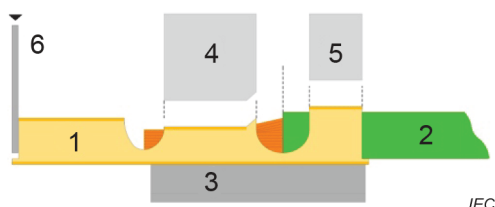
<crimping tool> device for positioning a crimp barrel in a crimping tool

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-17]

3.18 positioner

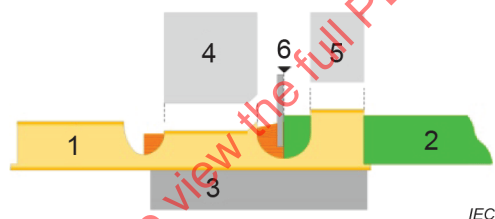
<crimping tool> locator with additional features which control the reciprocal correct position of parts while crimping

Note 1 to entry: A positioner can control either the correct position of the crimp barrel or that of the stripped conductor with respect to the crimp barrel (see Figure 6 and Figure 7).



- 1 = crimp contact,
- 2 = insulated conductor,
- 3 = anvil,
- 4 = wire crimping die,
- 5 = insulation crimping die,
- 6 = positioner for the crimp barrel

Figure 6 – Example of positioner holding the crimp barrel



- 1 = crimp contact,
- 2 = insulated conductor,
- 3 = anvil,
- 4 = wire crimping die,
- 5 = insulation crimping die,
- 6 = positioner for the stripped conductor

Figure 7 – Example of positioner holding the stripped wire

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-18, modified – In the definition, "depth of the crimp" has been replaced by "reciprocal correct position of parts while crimping". Note 1 to entry with relevant Figure 6 and Figure 7 has been added.]

3.19 full cycle crimp mechanism

feature of a crimping tool that prevents the tool from returning to the open position before the crimping operation has been completed

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-23]

3.20**crimp anvil**

part of a crimping tool which supports the crimp barrel or ferrule during crimping

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-14, modified – In the definition, "conductor" has been replaced by "crimp".]

3.21**crimp nest**

in a hand crimping tool having multiple-nest crimping die to cover multiple conductor or barrel sizes, each cavity of the die dedicated to a specific size or range of conductor or barrel sizes

3.22**crimp indenter**

part of a crimping tool which indents or compresses the crimp barrel or ferrule

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-15, modified – In the definition, "conductor" has been replaced by "crimp".]

3.23**crimping die**

part of a crimping tool which deforms or reshapes the crimp barrel(s) during crimping and usually incorporates the crimp anvil(s), the crimp indenter(s) and the positioner

Note 1 to entry: Crimping dies may have separate or integral sections for compressing the insulation grip, if provided.

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-26, modified – In the definition, "forms" has been replaced with "deforms or reshapes", and "during crimping" has been added. Note 1 to entry has been added.]

3.24**crimp height**

distance the crimp indenter(s) penetrates into the crimp barrel, measured by gauging the thickness of the crimping zone between two opposite points on the crimped surface(s)

Note 1 to entry: Crimp height is measured as the distance between two opposing points on the sides of the crimp barrel.

3.25**crimp barrel**

open or closed shape metal barrel designed to accommodate one or more conductor ends and to be crimped by means of a crimping tool

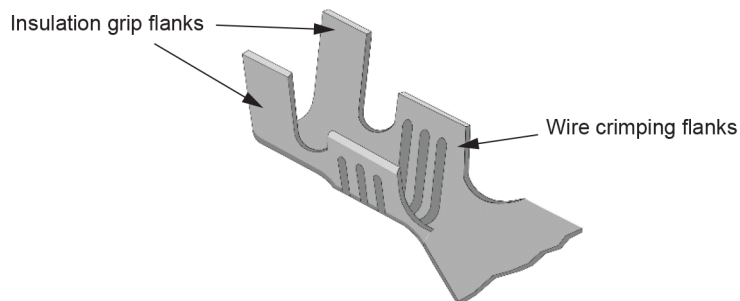
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-47, modified – In the definition, "conductor" has been replaced by "open or closed shape metal" and "conductors" has been replaced by "conductor ends".]

3.26

open crimp barrel

crimp barrel with an open shape before crimping, for example U- or V-shape

Note 1 to entry: Figure 8 provides an example of an open crimp barrel.



IEC

Figure 8 – Open crimp barrel

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-48, modified – Note 1 to entry and Figure 8 have been added.]

3.27

closed crimp barrel

crimp barrel with a closed shape before crimping

Note 1 to entry: Figure 9 provides examples of closed crimp barrels.

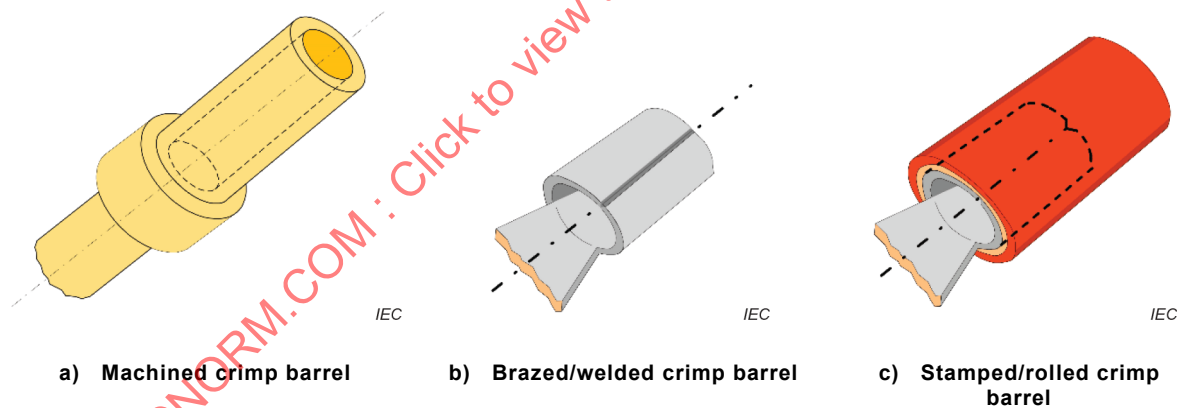


Figure 9 – Closed crimp barrels

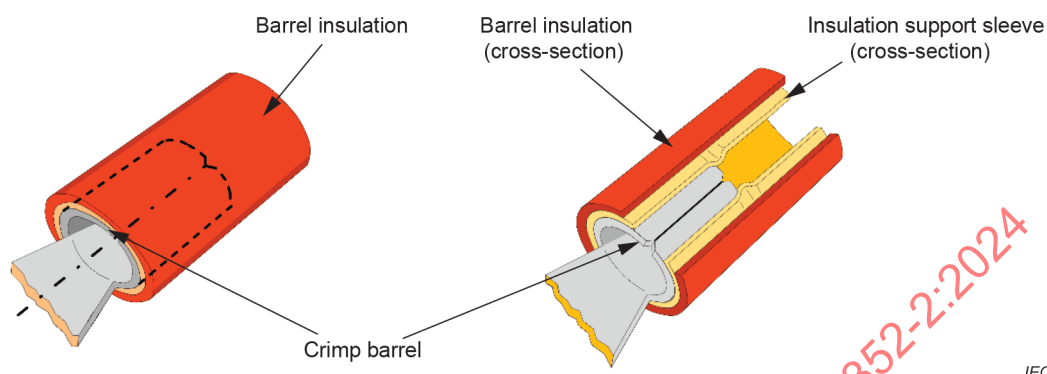
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-49, modified – Note 1 to entry and Figure 9 have been added.]

3.28

pre-insulated crimp barrel

crimp barrel with a permanent layer of insulation, which provides electrical integrity, through which the crimp is made, the crimp barrel and the pre-insulation being crimped in one operation

Note 1 to entry: Figure 10 provides an example of a pre-insulated crimp barrel.



IEC

Figure 10 – Pre-insulated crimp barrel

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-50, modified – In the definition, "through which the crimp is made," has been added and "will be" has been replaced with "being". Note 1 to entry and Figure 10 have been added.]

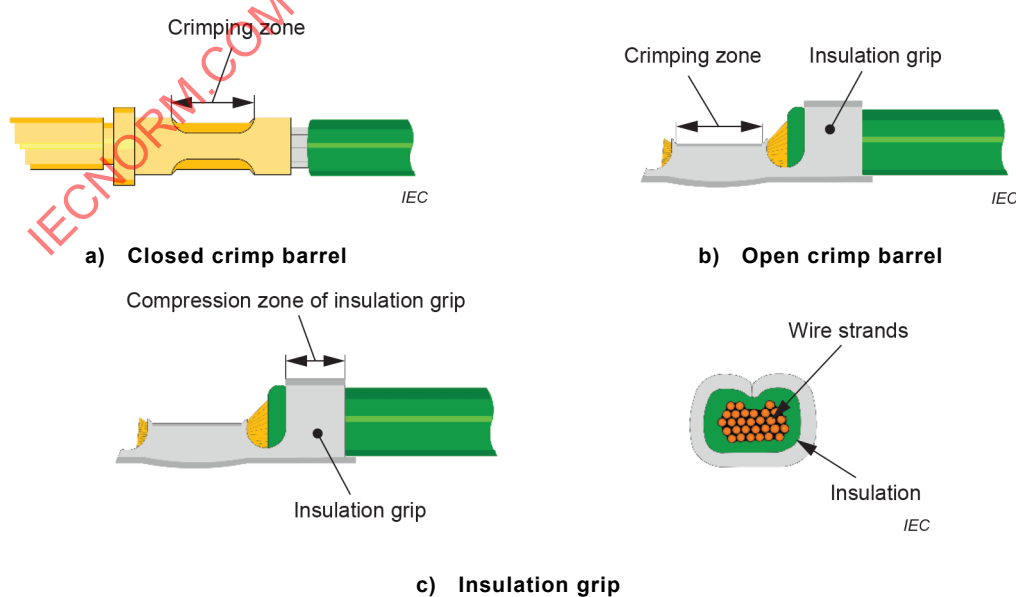
3.29

crimping zone

part of a crimp barrel where the crimped connection is achieved by pressure deformation or reshaping of the barrel around the conductor

Note 1 to entry: Where the crimp barrel is equipped with an insulation grip, this is also reshaped by compression by the crimping tool to secure the insulation of the wire.

Note 2 to entry: Figure 11 provides examples of insulation grip.



IEC

Figure 11 – Crimping zones

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-56, modified – Notes 1 and 2 to entry and Figure 11 have been added.]

3.30

crimp inspection hole

hole provided in the crimp barrel to permit visual inspection of conductor position

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-27-06, modified – In the definition, "conductor" has been replaced with "crimp".]

3.31

crimp barrel wire range

range of geometric cross-sectional areas, from smallest to largest, that a crimp barrel can accept, as specified by the barrel manufacturer

3.32

nominal cross-sectional area

value that identifies a particular size of conductor but is not subject to direct measurement

Note 1 to entry: Each particular size of conductor in IEC 60228 is required to meet a maximum resistance value.

[SOURCE: IEC 60228:2004, 2.2]

3.33

geometric (actual) cross-sectional area

value that identifies the actual size of a conductor based on the product of the number of its individual strands and the area of each strand

3.34

stranded conductor

conductor consisting of a number of wires, all or some of which are wound in a helix

Note 1 to entry: A stranded conductor is defined as class 2 conductor in IEC 60228. The number of strands and their diameter are used, for example, in IEC TR 60344.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-36, modified – Note 1 to entry has been added.]

3.35

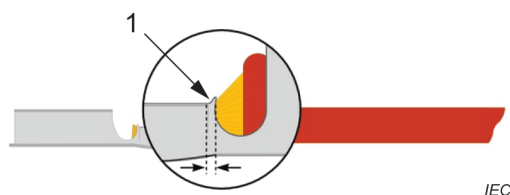
crimp funnel

portion of the crimping zone shaped so as to prevent individual conductor strands from being cut-off during the crimp compaction

Note 1 to entry: There may be an input funnel and an output funnel.

Note 2 to entry: The alternative terms trumpet or bell-mouth are used in some documents.

Note 3 to entry: See Figure 12 as an example of crimp funnel.



1 = input funnel

Figure 12 – Example of crimp funnel

3.36**crimp depth**

path of penetration of a tool part into the crimp barrel

3.37**manufacturer**

individual, organization, company or agency having the technical responsibility for the design, fabrication and supply of specified equipment

EXAMPLE Crimped connection manufacturer, crimp contact manufacturer, terminal end manufacturer, splice manufacturer, crimping tool manufacturer, wire manufacturer.

Note 1 to entry: A crimped connection manufacturer is also user of all the materials and tools required to manufacture the crimped connection.

3.38**user**

individual, organization, company or agency responsible for the procurement of specified equipment and having the authority to define type and class of the equipment and any variation or restrictions

EXAMPLE Crimped connection user, crimp contact user, terminal end user, splice user, crimping tool user, wire user.

Note 1 to entry: A crimp contact user or terminal end user or splice user is necessarily also crimping tool user and wire user, when becoming crimped connection manufacturer.

Note 2 to entry: A crimped connection user is not necessarily the crimped connection manufacturer.

3.39**process indicator****PID**

condition which is not the best, but still within the defined tolerance, thus considered acceptable

Note 1 to entry: If a PID condition is detected, process adjustment is essential, as accumulated PIDs can be considered a failure even if seldom occurring PIDs are within tolerance.

4 Workmanship

The manufacturer of crimp terminations or of a component (e.g. crimp contacts, multipole connectors for the same) using such terminations shall provide an instruction for the assembly of crimped connections.

Crimped connections shall be processed in a careful and workmanlike manner, in accordance with good current practice.

Annex A provides practical guidance and may constitute a benchmark for the assessment of workmanship.

NOTE Some industry sectors (e.g. automotive, aerospace, marine, nuclear, military) use workmanship standards which can be considered upon agreement between manufacturer and user.

5 Prerequisites for basic test schedule

5.1 Classification by end-product class

5.1.1 General

In analogy with IEC 61191-1:2018 dealing with printed board assemblies that establishes the general requirements for soldered electrical and electronic assemblies, this document, dealing with a specific solderless connection technology, recognizes that electrical and electronic assemblies, which are the target for such solderless crimped connections, may be classified by intended end-product use.

Three general end-product classes are established to reflect differences in producibility, functional performance requirements, and verification (inspection or test) frequency.

As there can be overlaps of equipment between classes, the manufacturer of end-use products shall identify the relevant product class for the required crimped connections in accordance with this document and the manufacturer of the crimped connections shall apply the relevant test requirements.

This classification can have impact on some requirements.

5.1.2 Class A – General electrical and electronics products

This class covers electrical and electronic assembly products for general use. It includes consumer products, some computers and computer peripherals, and hardware suitable for applications where the major requirement is function of the completed assembly.

5.1.3 Class B – Dedicated service electrical and electronics products

This class covers electrical and electronic assembly products for special applications where high performance, extended life and uninterrupted service are desired but not mandatory. It includes communications equipment, sophisticated office machines and equipment. Typically, the end-use environment would not cause failures.

5.1.4 Class C – High-performance electrical and electronics products

This class covers electrical and electronic assembly products where continued performance or performance-on-demand is mandatory. Equipment downtime cannot be tolerated, end-use environment may be uncommonly harsh, and the equipment shall function when required, such as life support systems and other critical systems.

5.2 Prerequisites for tools

Crimping tools shall be selected according to the instructions given by the manufacturer of the crimp contact (or terminal end or splice) of which the crimp barrel is an integral part.

Tools from manufacturers other than those recommended by the crimp contact (or terminal end or splice) manufacturer that are compatible with the barrel crimping requirements, may be used under the sole responsibility of the crimped connection manufacturer, who shall be responsible for the qualification according to this document.

Crimping tools shall be used and inspected according to the instructions given by the tool manufacturer.

The crimping tool shall be able to make uniformly reliable connections during its useful life.

The crimping tool shall be equipped with the appropriate dies. Where the dies are adjustable, the correct setting for the barrel to be crimped shall be used.

Hand crimping tools shall be provided with a full cycle crimping mechanism.

Adjustable crimping tools for automatic or semi-automatic crimping machines shall be provided with a full cycle crimping mechanism or equivalent safeguard.

They shall be correctly set and the setting shall be maintained.

NOTE See Clause A.2 c) for details about full cycle crimping mechanism.

Tools shall be evaluated by testing crimped connections made with the tools to be evaluated.

Certain end-use applications of crimped connections, e.g. installation in single-pole or multipole connectors, can be more sensitive than others to undue axial or transverse barrel deformation, or both, after crimping (verified with test 16g of IEC 60512-16-7, see 8.2.2 and 8.3.2). A locator system for the crimping tool is recommended in such cases, in order to avoid the deformations that an incorrect positioning of the crimping over the barrel can produce. See the instructions of the crimp barrel manufacturer.

5.3 Prerequisites for crimp barrels

5.3.1 Crimp barrel materials

Crimp barrels shall be made of copper or copper alloy with a minimum copper content of 57 %.

NOTE The ability of a material to deform plastically without breaking is correlated to its tensile strength R_m . The historical requirement – now abandoned – was $R_m \leq 600$ MPa, as measured in accordance with ISO 6892-1.

For crimped connections realized with crimp barrels made with materials according to these requirements, the basic test schedule of 8.2 shall apply (see 6.1).

Other materials of suitable characteristics can be used, for example nickel, steel, stainless steel. It is possible that materials with a high resistivity coefficient (K values, see 7.4.1) or materials exceeding the tensile strength mentioned above are not suitable for certain applications. In these cases, the full test schedule of 8.3 shall apply (see 6.1).

5.3.2 Crimp barrel dimensions

The dimensions shall be suitable for stranded wires as specified in 5.4.

NOTE A crimp barrel can be designed to cover a range of wire sizes.

5.3.3 Crimp barrel surface finishes

The crimp barrel shall be either unplated or plated with tin, tin-alloy, silver, gold or palladium, with nickel or copper underplate, as applicable, acting as diffusion barrier.

In these cases, the basic test schedule of 8.2 shall apply (see 6.1).

The surface shall be free of contamination and corrosion. This requirement shall be verified by visual inspection as detailed in 7.1.

Other plating materials, such as nickel (unless used as under-plate), may be used provided their suitability has been proven.

In these cases, the full test schedule of 8.3 shall apply (see 6.1).

5.3.4 Crimp barrel design features

The crimp barrel shall be so designed that the crimped connection is achieved by pressure deformation or reshaping of the crimp barrel around the stripped conductor.

NOTE Techniques where the connection is achieved by parts of barrel penetrating through the insulation of an insulated conductor are not covered by this document.

The following barrel types shall be used:

- open crimp barrels, uninsulated;
- closed crimp barrel, either pre-insulated or uninsulated.

The crimp barrels shall be free of sharp edges likely to damage the conductors.

Where the crimp barrel is equipped with an insulation support or insulation grip, the overall diameter of the wire insulation shall be compatible with the dimensions of the support or grip, i.e. the wire insulation shall be correctly located in the support or grip.

5.4 Prerequisites for wires

5.4.1 General

Stranded conductors should be used (class 2, 5, or 6 as defined in IEC 60228, according to the crimp barrel manufacturer's instruction). Solid round conductors of 0,25 mm to 3,6 mm diameter (class 1 as defined in IEC 60228) may be used – when specified by the crimp barrel detail specification or manufacturer's specification – provided their suitability has been proven through the full test schedule of 8.3.

NOTE For the sake of clarity, the attributes "stranded" and "solid round" are each now associated with the corresponding relevant class defined by IEC 60228. "Stranded" can be associated to class 2, class 5 or class 6 (the last two are defined therein as "flexible", class 6 being elsewhere described as "extra flexible" due to a higher strand count with lower diameter than the correspondingly sized class 5 conductor, to achieve higher flexibility at the expense of higher apparent cross-sectional area), whereas "solid round" corresponds to class 1 in accordance with IEC 60228. Reminder: IEC 60228 does not cover conductors for wires used in the telecommunication industry, which are covered by IEC 60189 series, for example, IEC 60189-3:2007 listed in the Bibliography of this document.

5.4.2 Conductor materials

Annealed copper shall be used, having an elongation at break of:

- not less than 8 % for stranded conductors with individual strand diameter from 0,04 mm to 0,08 mm, or
- not less than 13 % for stranded conductors with individual strand diameter above 0,08 mm.

NOTE EN 13602 includes suitable copper alloys.

5.4.3 Conductor dimensions

The nominal cross-sectional area (CSA) of the stranded conductor (class 2, 5, or 6 as defined in IEC 60228 and as specified by the crimp barrel detail specification or manufacturer's specification) shall be within the range 0,05 mm² to 10 mm².

The diameter of the solid round conductor (class 1 as defined in IEC 60228, when specified by the crimp barrel detail specification or manufacturer's specification) shall be within the range 0,25 mm to 3,6 mm.

The geometric (actual) cross-sectional area shall be computed and considered in case of dispute on test results.

NOTE 1 This information is relevant for tests, for example, 7.3.1 Tensile strength.

Considering the nominal CSA instead of the geometric (actual) CSA is acceptable only if all results are acceptable.

5.4.4 Conductor surface finishes

Conductors which are unplated or finished with tin, tin-alloy or silver shall be used.

The surface shall be free of contamination and corrosion. This requirement shall be verified by visual inspection as detailed in 7.1.

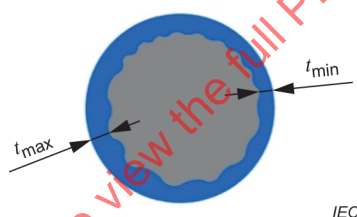
Other plating materials, such as nickel, may be used provided their suitability has been proven. In these cases, the full test schedule of 8.3 shall apply (see 6.1).

5.4.5 Wire insulation

The insulation shall be capable of being readily stripped from the conductor without changing the physical characteristics of the conductor or its individual strands.

Sufficient concentricity of the wire insulation around the core conductor is required for stripping stranded conductors without damaging it. This shall be at least 60 %.

Figure 13 shows measurement of the wire insulation thickness (stranded conductor) according to IEC 60811-201, while Formula (1) provides calculation of the concentricity X .



Key

$t_{\min}$	minimum insulation thickness
$t_{\max}$	maximum insulation thickness

Figure 13 – Concentricity of wire insulation

$$X = \frac{t_{\min}}{t_{\max}} \times 100(\%) \quad (1)$$

5.4.6 Wire cutting and stripping

After cutting, the conductor should appear cut at right angles and without burrs. Suitable cutting tools should be used for this.

The wire shall be stripped to the correct length according to the crimp barrel manufacturer's instruction.

Upon stripping, the wire insulation shall be removable from the conductor without changing or damaging the physical properties of the conductor.

Markings on the wire insulation caused by the stripping tool are permitted, provided the insulation is not damaged more than 20 % of the wall thickness.

The strands of the stripped part of the conductor shall not be excessively damaged, for example partially or totally broken.

Nicks or scrapes on individual strands that are less than 10 % of the strand diameter shall not be considered as damage to the conductor. Acceptable overall strand damage shall be according to Table 1, based on the classification by end-product of 5.1.

The allowable strand damage shall not exceed 6 % of the geometric (actual) CSA of the conductor. This shall be determined by calculation. If the geometric (actual) CSA is already reduced (e.g. by 6 %) compared to the nominal CSA, values in Table 1 shall no longer apply.

Table 1 – Allowable strand damage

Number of strands	Maximum allowable strands scraped, nicked or severed		
	For class A	For class B	For class C
1	No damage in excess of 10 % of conductor diameter		
2 to 6	0	0	0
7 to 15	1	1	0
16 to 25	3	2	1
26 to 40	4	4	3
41 to 60	5	5	4
61 to 120	6	6	5
> 121	6 %	6 %	5 %
There shall be no damaged strands for wires deemed to be used at a voltage of 6 kV or greater. For plated wires, a visual anomaly that does not expose basis metal is not considered to be strand damage. Nicks or scrapes less than 10 % of conductor diameter are not considered to be strand damage.			

The stripped part of the conductor shall be clean and free from particles of insulation.

The stranding of the wires shall be correct. If the stranding has been disturbed, it can be restored by a light pressure forming with light rotation, to ensure the original stranding structure and compactness of the strands.

Except for action to compact strands, by light twist or pressure, the parallel stranding structure shall be maintained. Overtwisting of stranded wires for crimped connections is not permitted, as it would increase the detectable diameter of the conductor.

Stranded wires or wire bundles shall not be:

- twisted beyond a light pressure forming required to rebuild the original stranding structure,
- soldered or dip-tin plated in the area intended for the crimped connection.

Table A.1 shows acceptable stripped wires with stranded conductors. The condition of the stripped wires identified with "PID" (process indicator) is acceptable, but the process shall be controlled and adjusted.

Table A.2 shows some examples of stripping faults.

5.5 Prerequisites for crimped connections

5.5.1 Compatibility of combination

The combination of tool (including the appropriate crimping dies and, where specified, the appropriate contact locator or positioner), crimp barrel and wire or range of wires shall be compatible.

5.5.2 Conductor location

The conductor shall be correctly located in the barrel, i.e. to the correct depth. This shall be verified as follows:

- in the case of open crimp barrels or closed crimp barrels with inspection provision, for example an inspection hole, this shall be visually checked;
- in the case of closed crimp barrels without inspection provisions, this shall be measured indirectly by measuring the possible insertion depth of the barrel, the stripping length of the wire and the distance between the end of the barrel and the beginning of the wire insulation.

Having considered acceptable strand damage as defined in Table 1, all undamaged strands of the wire shall be within the barrel.

NOTE For crimped connections made with more than one wire, see A.5.2.

5.5.3 Crimping location

The crimping shall be correctly located along the crimp barrel. This is generally achieved by using suitable contact locator or positioner to control the correct position of the dies along the contact crimp barrel.

NOTE An incorrect location of the crimping can result in damage or deformation, or both, of the crimped barrel of a crimp contact likely to impair the correct retention of the crimped connection in the dedicated cavity of a single or multipole connector insert. See also 5.2.

5.5.4 Contact deformation

The deformation of the crimp barrel of a contact after crimping shall be within the limits specified by the detail product specification.

5.5.5 Prerequisites for crimped connections with more than one conductor in the crimp barrel

When crimped connections are made with more than one conductor in a crimp barrel, the following shall be observed:

- the conductors, the crimping zone of the crimp barrel and the crimping tool used shall be matched (compatible);
- the pull-out force for each conductor of the crimped connection shall meet the requirements;
- when two or more conductors are crimped, the mechanical and electrical tests shall be performed on each conductor and in accordance with the requirements;
- the conductor combination shall be suitable;
- the conductor with the smallest cross-sectional area – as far as technically possible – shall be located at the bottom of the crimp barrel for stamped, open crimp barrel crimped connections.

Multiple-conductor crimped connections should be made with the same conductor cross-sectional areas and conductor diameters.

When crimping stranded wires with different individual strand diameters for a multiple crimp joint, the diameter ratio defined in Figure 14 shall be observed.

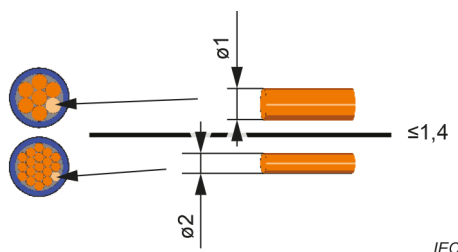


Figure 14 – Diameter ratio when crimping wires with different individual strand diameters

The ratio of largest individual strand diameter ($\varnothing 1$) to smallest individual strand diameter ($\varnothing 2$) shall be less than or equal to 1,4.

5.5.6 Adjustment of conductor cross-sectional area to the crimp barrel

If crimp barrels are provided for accepting a certain range of conductor cross-sectional areas, it is not always possible to adjust the pressure forces to the different cross-sectional areas, especially for hand crimping tools with end stop without adjustment of the crimp height.

Therefore, unless otherwise specified in the product detail specification or in the manufacturer's specification, the following shall apply:

- only conductors with a cross-sectional area that corresponds to the cross-sectional area of the crimp barrel may be crimped;
- exceptions are only permitted if the tool allows adjustment of the crimp height range within a specified range (specified by the crimp barrel manufacturer) and this guarantees that the crimp barrel can be crimped according to the requirements;
- if the crimp barrel is crimped with tools, e.g. hand crimping tools, that do not allow adjustment to different conductor cross-sectional areas, a cross-sectional area adjustment (e.g. with filler strands) is necessary. The conductor cross-sectional area is increased to the maximum value of the specified conductor cross-sectional area of the crimp barrel.

5.5.7 Crimp contacts and terminal ends

5.5.7.1 General

For the purpose of this document, the terms "crimp terminal", "crimp contact", "crimped connection", etc. are used for both crimp terminal ends (cable lugs) and crimp contacts.

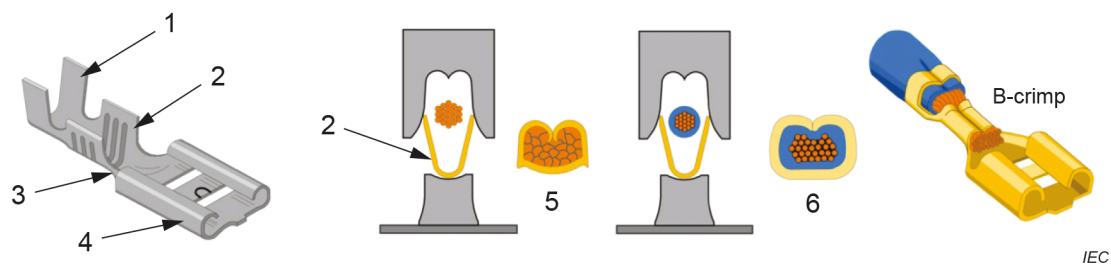
5.5.7.2 Open crimp barrels with or without insulation grip

The crimp contacts for use as B-crimp are typically open stamped strip products (in-line) as shown in Figure 15.

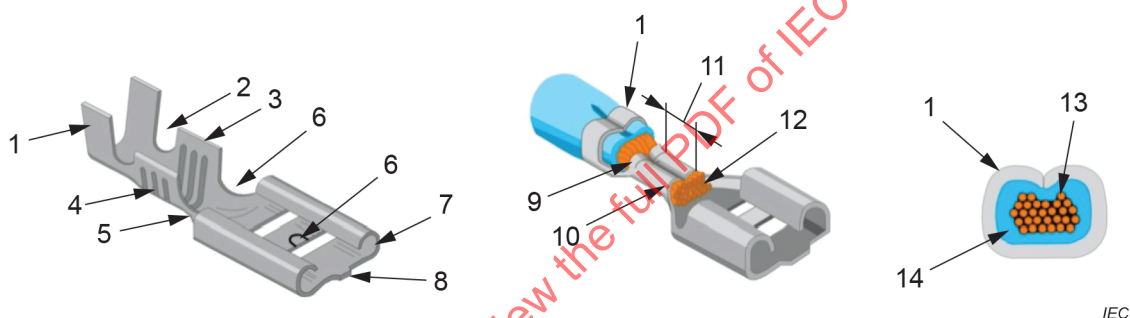


Figure 15 – Examples of open stamped crimp contacts for automatic production

The B-crimp shown in Figure 16 and Figure 17 is a development for industrial mass production. Due to its open design, however, it has disadvantages, such as springback forces or displacements in the crimping die, which require careful tooling adjustment and corresponding quality control.

**Key**

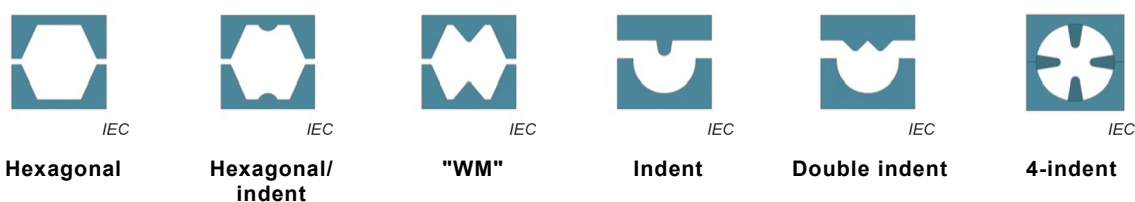
- 1 = insulation grip flanks
- 2 = wire crimping flanks
- 3 = transition
- 4 = contact area
- 5 = wire crimping
- 6 = insulation grip

Figure 16 – Stamped open B-crimp contact with anvil and punch shapes**Key**

- 1 = insulation grip flanks
- 2 = insulation test window
- 3 = wire crimping flanks
- 4 = embossing grooves
- 5 = transition
- 6 = contact locking
- 7 = contact area
- 8 = punching rest
- 9 = input funnel
- 10 = output funnel
- 11 = crimping zone
- 12 = conductor overhang
- 13 = conductor strands
- 14 = insulation of conductor wires

Figure 17 – Designations on open B-crimp contact**5.5.7.3 Crimping dies for closed crimp barrels**

Figure 18 illustrates examples of crimping dies.

**Figure 18 – Examples of crimping dies (press dies)**

5.5.7.4 Closed crimp barrel (stamped crimp cable lugs)

Crimp cable lugs, such as those described by DIN 46234 in ring form and shown in Figure 19 (uninsulated), are stamped from metal sheets and shall have a closed, hard-soldered seam.

Their conductor cross-sectional area range is from 0,1 mm² to 300 mm².

NOTE Cross-sectional areas up to and including 10 mm² are relevant for this document.

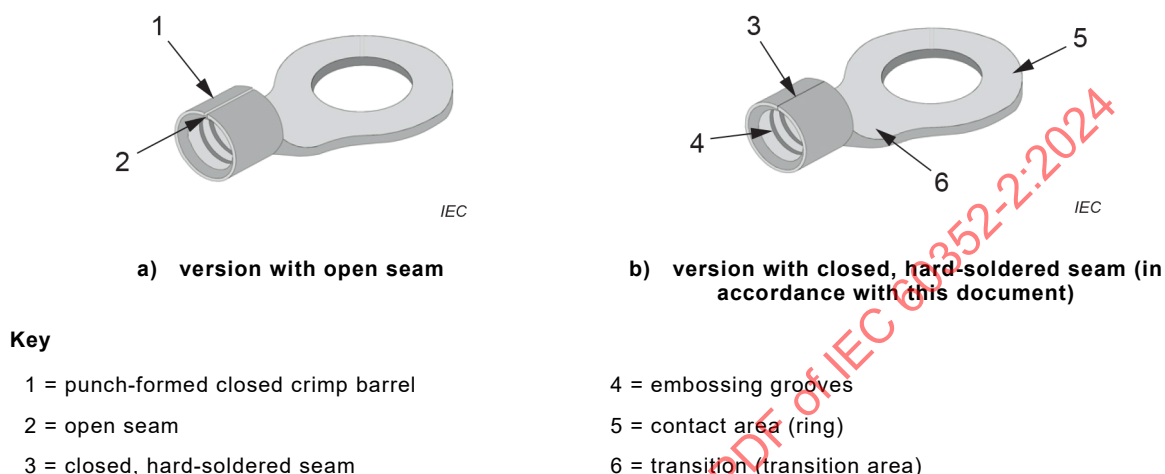


Figure 19 – Stamped closed crimp barrel (crimp cable lug)

Typical crimp shapes for such type of cable lugs are shown in Figure 20, while Figure 21 provides examples of crimping dies for closed crimp barrels.

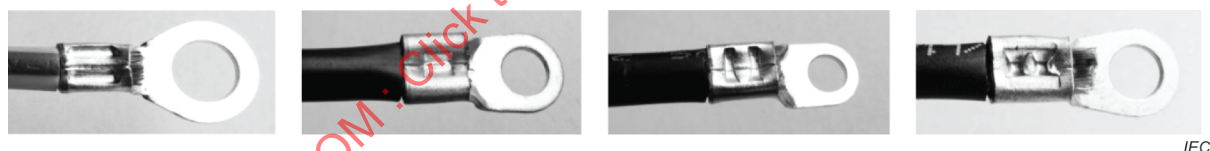


Figure 20 – Different crimp shapes

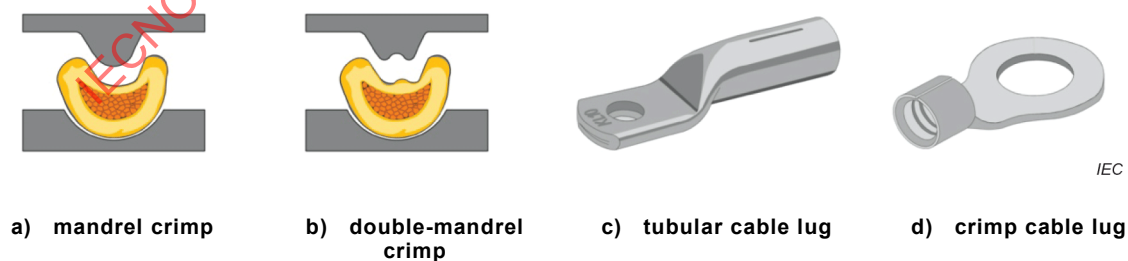


Figure 21 – Examples of crimping dies for closed crimp barrels

5.5.7.5 Closed crimp barrel (tubular cable lugs)

Tubular cable lugs are the low-cost variant of the longer and thicker-walled compression cable lugs, and are made from a cut and stamped tube, e.g. in accordance with DIN 46235.

An even cheaper variant consists of stamped, closed crimp barrels, with open end towards the contact, for wire protrusion, for conductor cross-sections from 0,5 mm² to 240 mm², the seam of which is brazed, e.g. in accordance with DIN 46234 (see Figure 21 d)).

The use of class 5 and class 6 (finest-stranded) conductors according to IEC 60228 requires different designs.

Figure 22 shows examples of a tubular cable lug with eyelet and a tubular cable lug with fork for class 5 conductors.

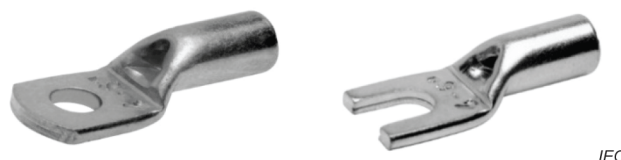


Figure 22 – Tubular cable lugs for class 5 conductors

Figure 23 shows examples of a tubular cable lug and a splice for class 6 conductors.



Figure 23 – Tubular cable lugs for class 6 conductors

NOTE Compression cable lugs like those depicted in Figure 21 c), Figure 22 and Figure 23 (left) are not covered by this document.

5.5.7.6 Closed crimp barrel (machined contacts for 4-indent crimping)

This form of crimp contacts as shown in Figure 24 enables the greatest possible electric power transmissions whilst requiring at the same time little space.

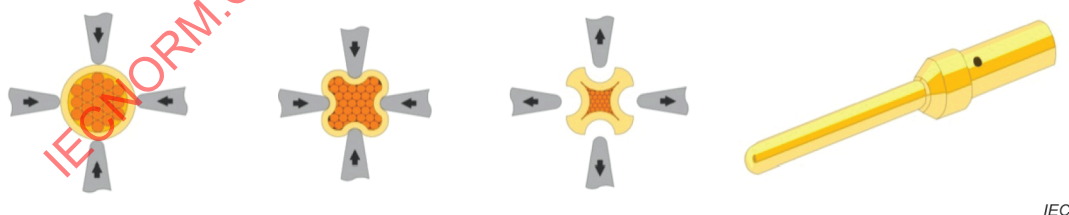


Figure 24 – Crimping process of 4-indent crimping with adjustable tools

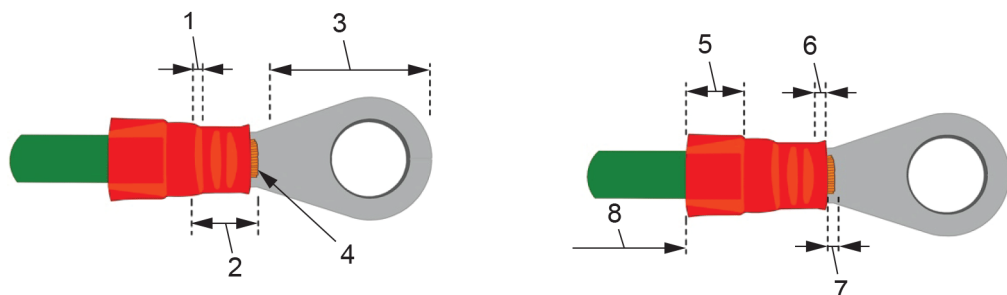
5.5.7.7 Pre-insulated closed crimp barrel (stamped crimp cable lugs)

Figure 25 shows area definitions for pre-insulated, stamped closed barrel crimp cable lugs.

Figure 26 shows examples of such lugs in two versions: a) with plastic insulation grip and b) with metal insulation grip.

Figure 27 shows examples of pre-insulated crimp cable lugs as strip parts with various transport options, for use in machine processing in quick-change crimp tools.

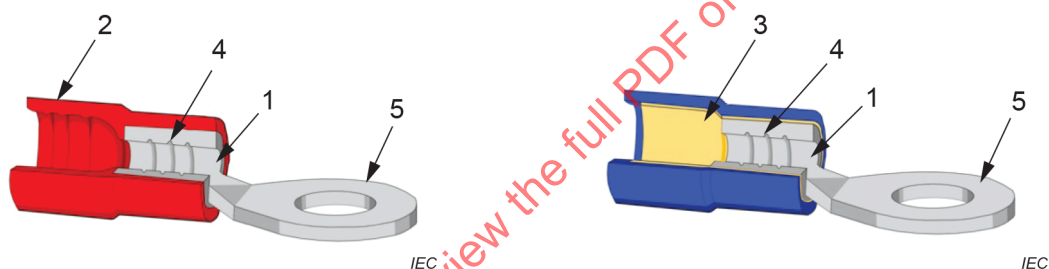
These crimp barrels clearly do not allow crimping zone visual examination and crimp height measurement.



- 1 = input funnel wire crimping (not visible)
- 2 = crimping zone
- 3 = contact area
- 4 = conductor overhang

- 5 = insulation grip
- 6 = output crimping zone (not visible)
- 7 = conductor overhang
- 8 = core

Figure 25 – Pre-insulated stamped close crimp barrel, area definitions



a) version with plastic barrel for insulation grip

b) version with brass barrel for insulation grip

Key

- 1 = crimp barrel
- 2 = plastic insulation grip area
- 3 = brass barrel for insulation grip
- 4 = embossing grooves
- 5 = contact area (ring)

Figure 26 – Pre-insulated closed crimp barrels of various designs

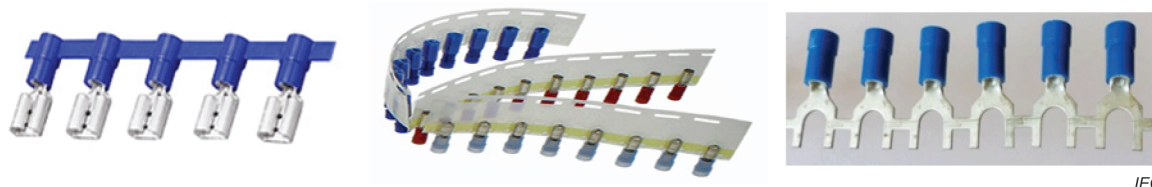


Figure 27 – Examples of pre-insulated crimp cable lugs as strip parts

5.5.8 Splice crimp barrels

Splices of conductors are crimped with crimp barrels without contact area.

The materials used for splice crimp barrels shall be the same as those specified in 5.3.1.

The crimped connections prerequisites of 5.5 shall apply also to crimped splices. Additional prerequisites for splice crimp barrels are provided in 5.6.

As multiple conductors are connected to a splice crimp barrel, each conductor shall meet the same acceptance criteria as the connection of a single conductor.

As multiple conductors are connected to a splice crimp barrel, the resulting total cross-sectional area shall be within the cross-sectional area of the splice crimp barrel.

5.6 Prerequisites for splice crimped connections

5.6.1 General

Figure 28 shows possible uninsulated splice variants.

NOTE Pre-insulated splice variants are similar and for simplicity are not represented.

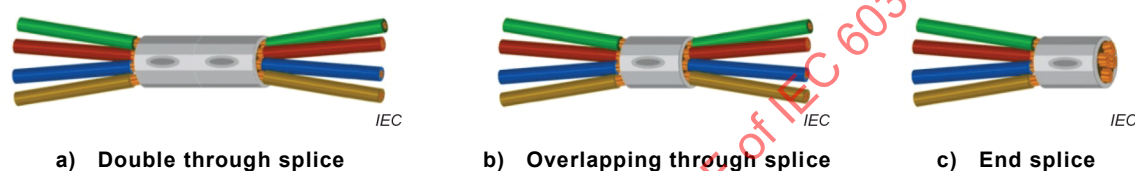


Figure 28 – Uninsulated splice variants

Overlapping through splices require the shortest wire stripping length.

The wire ends shall be stripped in such a way that the bare conductors overlap at least along the length of the crimp barrel (single crimp barrel, not double-sided) and have an insulation distance that corresponds to the requirements in Table 4.

The conductors should remain parallel (not twisted) and have full length contact.

The strands shall not overlap with the wire insulation of the other wires.

Splices shall not be used to repair broken or damaged conductors without prior approval by the end user.

The maximum number of cores per splice shall be 10, and the maximum number of cores per splice end side (end splices) shall be 6.

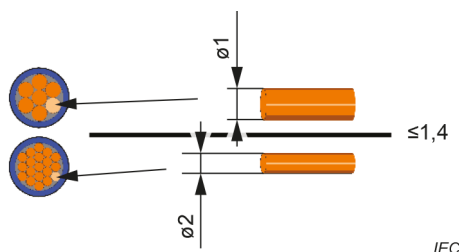
The minimum cross-sectional area of a single core shall be 10 % of the total cross-sectional area of all conductors.

5.6.2 Conductor requirements for crimped splices

Not only the different construction (number of individual strands) but also the associated individual strand diameters are important for the crimping of splice.

Not all diameters of the individual strands can be combined in a crimped splice: if the difference is too large, smaller diameter strands can be crimped before larger diameter strands deform.

When crimping stranded wires with different individual strand diameters for a multiple crimp joint, the diameter ratio shown in Figure 29 shall be observed.



The ratio of largest conductor strand diameter ($\varnothing 1$) to smallest conductor strand diameter ($\varnothing 2$) shall be less than or equal to 1.4.

6.1 General

- crimped connections, which conform to all of the prerequisites of Clause 5 shall be tested to and meet the requirements of the basic test schedule of 8.2;
- crimped connections, which do not fully conform to all of the prerequisites of Clause 5, for example which are made with solid wires, different materials, more than one stranded conductor in a crimp barrel, such as splices, etc., shall be tested to and meet the requirements of the full test schedule of 8.3.

NOTE For crimped connections made with more than one wire, see A.5.2.

Table 2 summarizes the prerequisites given in 5.3 for crimp barrels (conductors) while Table 3 summarizes the prerequisites given in 5.4 for wires, providing access to the basic test schedule of 8.2.

Table 2 – Prerequisites of 5.3 for crimp barrels to access the basic test schedule of 8.2

[illegible]

Table 3 – Prerequisites of 5.4 for wires to access the basic test schedule of 8.2

Product	Construction	Material	Material features	Dimensions	Surface finishes	Surface	Insulation
5.4.1	5.4.1	5.4.2	5.4.2	5.4.3	5.4.4	5.4.4	5.4.5
Stranded conductor	Class 2, 5, or 6 as defined in IEC 60228	Annealed copper or copper alloy	Elongation at break: ≥ 8 %, or ≥ 13 % depending on individual strand Ø (Tensile strength)	Cross-sectional area 0,05 mm ² to 10 mm ²	Unplated Plated with tin, tin-alloy, or silver	Free from contamination and corrosion	Capable of being readily stripped from the conductor without changing the physical characteristics of the conductor or strands
Subclause numbers in the header row indicate where the feature is specified.							

A detail product specification, or the manufacturer's specification, for crimped connections or associated cable assemblies, as well as for crimp contacts, terminal ends or splices, can include additional tests, to verify enhanced performance or conformance with specified product classes.

It can also reference this document with different test severities and acceptance criteria than those of either one of the two test schedules provided herein, as well as foresee an intermediate test schedule. The requirements of the detail product specification or the manufacturer's specification (of the crimp barrel in crimp contacts, terminal ends or splices, or of the crimped connection or associated cable assemblies, as applicable) shall prevail, once the deviations from what is specified in this document are documented in the product literature.

6.2 Standard conditions for testing

Unless otherwise specified in the product detail specification or in the manufacturer's specification, all tests shall be carried out under the standard conditions for testing as specified in IEC 60512-1.

The ambient temperature and the relative humidity at which the measurements are made shall be stated in the test report.

In case of dispute about test results, the test shall be repeated at one of the referred conditions of IEC 60068-1.

6.3 Pre-conditioning

Where specified, the connection shall be pre-conditioned under standard conditions for testing for a period of 24 h, in accordance with IEC 60512-1.

6.4 Recovery

Where specified, the specimen shall be allowed to recover under standard conditions for testing for a period of 1 h to 2 h, after conditioning.

6.5 Mounting of the specimen

When mounting is required in a test, the specimens shall be mounted using the normal mounting method, unless otherwise specified in the product detail specification or in the manufacturer's specification.

7 Test methods and test requirements

7.1 General examination of crimp barrels and wires

The tests shall be carried out in accordance with test 1a of IEC 60512-1-1 and test 1b of IEC 60512-1-2.

Unless otherwise specified in the detail product specification, the visual examination test shall be carried out with at least the optical test magnification (dioptré) specified in Table 4. The test magnification is based on the overall diameter of the electrical conductor (stripped wire).

The tolerances for magnification aids are $\pm 15\%$ of the selected test magnification. Magnification aids should be checked, maintained and calibrated at appropriate intervals.

For assemblies with different conductor diameters, the highest test magnification corresponding to the smallest conductor diameter can be used for the entire assembly.

If no defect is detected at the corresponding test magnification, the unit shall be classified as acceptable.

Table 4 – Magnification aids for visual examination

Conductor diameter d (mm)	Test magnification	Reference magnification ^a
$d > 1,5$ (> 16 AWG)	1,5×	1,75×
$0,75 < d \leq 1,5$	1,5× to 3×	4×
$0,3 < d \leq 0,75$	3× to 7,5×	10×
$d \leq 0,3$ (≤ 30 AWG)	10×	20×
^a To be used only if a defect has been detected that cannot be fully identified with the existing test magnification.		

All parts shall be examined to ensure that the applicable prerequisites of 5.3 for crimp barrels (see Table 2 in 6.1) and of 5.4 for wires (see Table 3 in 6.1) have been met.

NOTE 1 Prerequisites for tools (5.2) can only be assessed once wires and crimp barrel prerequisites have been assessed in view of the preparation of specimens.

NOTE 2 Examination of crimped connections, including visual examination, examination of dimensions (e.g. crimp height) as well as contact deformation after crimping when required, belongs to so-called initial examination of test specimens (as far as applicable) in 8.2.2 (basic test schedule) and 8.3.2 (full test schedule).

7.2 Examination of crimp dimensions

7.2.1 Crimp height C_h , crimp width C_w and measurable crimp width C_{wm}

The specimens to be used are those intended for the subsequent tests.

The crimp height measurements are performed according to the specifications of the crimp connector manufacturer or crimp tool manufacturer with the permissible tolerances according to, for example, Table 5.

The specified crimp height C_h gives an indication of correct crimping of the conductor and of sufficiently high pull-out force in consideration of the tolerances.

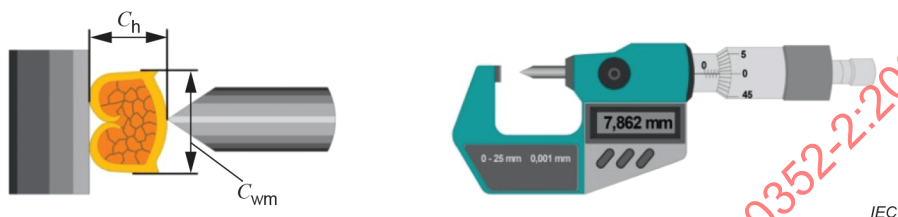
The crimp width C_w is specified as a tool-dependent dimension of the crimp form width and is defined as the distance between the tangent points of both roll-in radii and the vertical.

It is not possible to check the crimp width C_w as a production control.

The measurement of the crimp width C_w at the bottom of the crimp (measurable crimp width C_{wm}) enables a check whether the correct crimp form width was used.

The values of crimp height C_h , crimp width C_w and measurable crimp width C_{wm} can also be determined in a microsection (see 7.3.2).

Figure 30 shows the crimp height C_h measurement on an open crimp barrel (B-crimp).



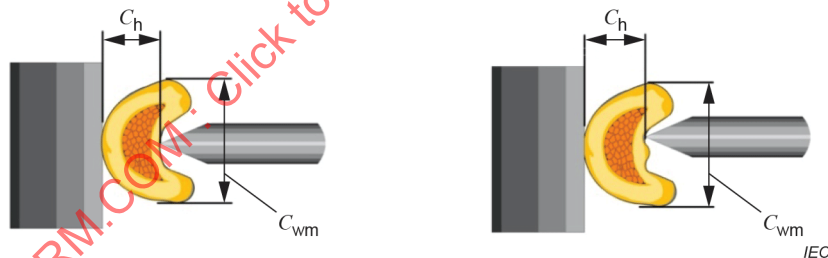
Key

C_h crimp height

C_{wm} measurable crimp width

Figure 30 – Crimp height measurement on open crimp barrel (B-crimp)

Figure 31 shows the crimp height C_h measurement on a closed crimp barrel with mandrel crimping.



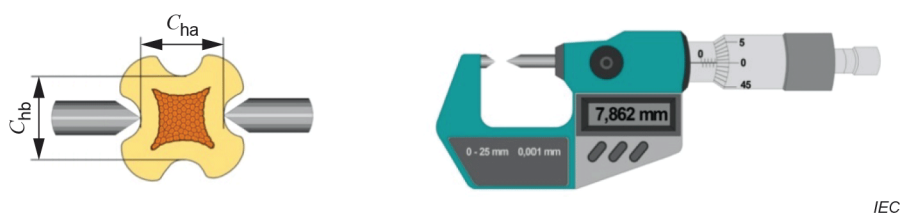
Key

C_h crimp height

C_{wm} measurable crimp width

Figure 31 – Crimp height measurement on closed crimp barrel (mandrel crimping)

Figure 32 shows the crimp height C_h measurement on closed crimp barrels with 4-indent crimping.



Key

C_{ha} crimp height 1

C_{hb} crimp height 2

Figure 32 – Crimp height measurement on closed crimp barrel (4-indent crimping)

Table 5 provides examples of permissible tolerances for crimp height C_h as a function of the relevant conductor cross-sectional area range.

Table 5 – Example of permissible tolerances for crimp height measurements

Cross-sectional area, S mm ²	$0,03 < S \leq 0,2$	$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < S \leq 6$	$6 < S \leq 25^a$	$25 < S \leq 50^a$
Crimp height tolerance mm	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$
^a Values of crimp height tolerance according to conductor cross-sectional area ranges exceeding the limit covered by this document (up to and including 10 mm ²) are for information only.					

7.2.2 Contact deformation after crimping

Type A specimens shall be used for this test.

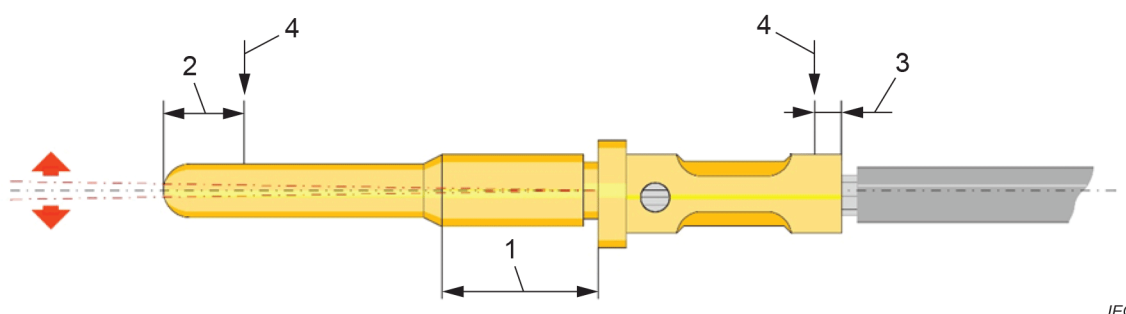
The test of contact deformation after crimping shall be carried out according to test 16g of IEC 60512-16-7, depending on the detail product specification of the component using the crimp contacts.

Number of specimens: 10 for each crimp barrel size (for contacts covering a range of conductor cross-sectional areas: 5 for the smallest cross-sectional area and 5 for the largest cross-sectional area), unless otherwise specified in the detail product specification of the component using the crimp contacts.

For cylindrical contacts, the values of the contact position before and after crimping, measured preferably with a dial gauge, shall be read off.

The total runout when the contact is turned around its axis is halved; this value is the deformation (or damage).

Figure 33 provides an example of holding and measuring points for contact deformation after crimping for a machined cylindrical contact (with closed crimp barrel).



IEC

- 1 = holding range (range in which the contact should be held during application)
- 2 = distance for measuring point 4: twice the diameter of the contact (if not round, then the characteristic dimension of the contact)
- 3 = distance for measuring point 4: half the distance between the end of the crimp barrel and the beginning of the crimp
- 4 = measuring points

Figure 33 – Example of holding and measuring points for contact deformation

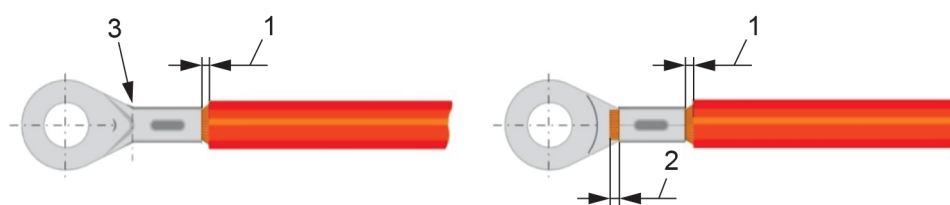
Information to be provided by the detail product specification of the component using the crimp contacts under test:

- conductor type(s) and size(s) (the contact may accept more than one type or more than one size, or both);
- specification of the crimping tool(s) and accessories to be used;
- holding range (crimp contact area held by the clamping device);
- measuring points on the contact, if different from those shown in Figure 33;
- permissible values for the deformation for each measuring point;
- number of specimens, if different from the number specified here;
- any deviation from the specifications of this document.

7.2.3 Visual examination of insulation distance and conductor overhang

The specimens to be used are those intended for all subsequent tests.

Determination of the dimensions on crimp barrels is as defined in Figure 34. Table 6 provides values of insulation distance and conductor overhang for closed crimp barrels according to the cross-sectional area range.



IEC

- 1 = Insulation distance
- 2 = Conductor overhang
- 3 = Barrel end wall

Figure 34 – Insulation distance and conductor overhang

Table 6 – Insulation distance and conductor overhang on closed crimp barrels

Cross-sectional area, S mm²	$S \leq 1,0$	$1 < S \leq 2,5$	$2,5 < S \leq 4$	$4 < S \leq 6$	$6 < S \leq 10$	$10 < S \leq 25^a$
Insulation distance mm	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	$\leq 3,5$
Conductor overhang mm	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	$\leq 3,5$

^a Values above 10 mm² are for reference only as outside the scope of this document.

7.2.4 Visual examination of splice crimped connections

Type F specimens shall be used.

Splice crimp barrels have no contact area. Splice crimp barrels are available either uninsulated or pre-insulated. The handling with many wires makes their correct crimping difficult.

The prerequisites according to 5.6 shall be observed. This applies in particular to the conductor diameter ratios of 5.6.2.

Possible resulting faults are shown in Table A.17.

For insulation distance and conductor overhang distances for splice crimped connections, see Table 6.

Requirements for the stripping of the conductor shall be observed (see Table 1).

7.2.5 Visual examination of crimped connections on closed (machined) crimp barrels

The specimens to be used are those intended for the subsequent tests.

Requirements for the stripping of the conductors shall be observed (Table 1).

The visual examination of crimped connections on closed (machined) crimp barrels with 4-indent crimping shall be performed. Table A.3 provides examples of crimping of closed machined crimp barrels and the relevant condition: "Good" (acceptable), "PID" (still acceptable, but process to be adjusted) or "Fault".

7.2.6 Visual examination of crimped connections on B-crimp open crimp barrels

The specimens to be used are those intended for the subsequent tests.

Requirements for the stripping of the conductors shall be observed (Table 1).

The visual examination of crimped connections on B-crimp open crimp barrels shall be performed. Table A.4 provides examples of crimping of B-crimp open crimp barrels, and the relevant condition: "Good" (acceptable), "PID" (still acceptable, but process to be adjusted) or "Fault".

7.2.7 Visual examination of crimped connections with open crimp barrel with insulation grip

The wire insulation has different mechanical and electrical properties due to different thermoplastic materials, additives, colorants, etc., employed.

For each material (insulation thickness, hardness, colorant, etc.) there are different effects, which are also related to operating conditions (temperature, humidity, etc.)

It is known that temperature has a significant influence on the flexibility of the wire insulation. These tests should be performed under normal laboratory conditions unless otherwise specified in the relevant design specification.

The insulation grip is designed to mechanically hold in place the wire insulation, relieving the crimping zone of the crimped connection from stresses that can occur under normal use such as bending or oscillation (due to vibration) of the wire, to prevent wire breakage or other mechanical and electrical damage to the crimped connection. However, the insulation grip is not a strain relief.

Requirements:

- a) grip of the wire insulation at least every 90°;
- b) no cutting of the wire insulation;
- c) no squeezing or separation of the wire insulation;
- d) no cutting of single wire seals (SWS).

Figure 35 shows four different open crimp barrel insulation grip die shapes: B-crimp, O-crimp with symmetrical overlap, O-crimp with symmetrical wrap, and E-crimp with roll-in.

For each die, the crimp anvil (lower part) and the crimp indenter or former (upper part) for the insulation grip are shown in cross-section before starting the compression of the insulation grip and the resulting shape of the insulation grip after compression.

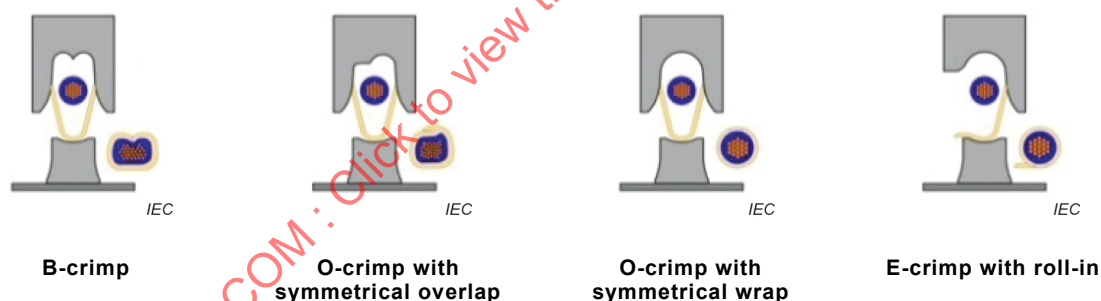


Figure 35 – Examples of insulation grip die shapes

Figure 36 shows perspective view (1, 2, 3) or again in cross-sectional view (4) of the corresponding insulation grips of Figure 35.

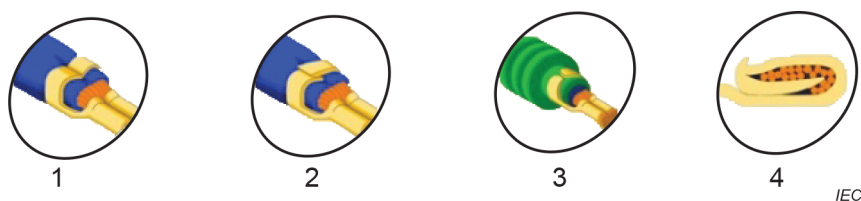


Figure 36 – Examples of insulation grip

Table A.6 provides examples of position of the wire insulation in the insulation grip and the relevant condition: "Good" (acceptable), "PID" (still acceptable, but process to be adjusted) or "Fault".

A required visual examination of the wires (cut, scraped, notched according to Table 1), either by the stripping process or after the crimping process, would otherwise not be possible.

Table A.14 shows examples of insulation grips for B-crimp, O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp), whose condition is good (acceptable).

Table A.15 shows examples of insulation grips for B-crimps, O-crimps (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimps), with the condition "PID" (still acceptable, but the process should be adjusted).

If a fault cannot be excluded, a microsection shall be created and evaluated.

NOTE If two conductors are crimped in one crimp, the weaker conductor is always at the bottom.

The larger wires lying above prevent deformation or damage during the crimping process due to the application of force from above.

Table A.16 shows examples of insulation grips for B-crimp, asymmetrical and symmetrical overlap, and O-crimp (enclosure crimp) to be considered "Fault".

In case of doubt, a microsection shall be created and evaluated.

7.3 Mechanical tests

7.3.1 Tensile strength

The pull-out force is representative of the mechanical strength of a crimped connection. It is the axial pull force, applied in a controlled way, required to separate the wire from the crimped barrel. It depends on the best combination of:

- crimp barrel: barrel type (open or closed), manufacturing technology (machine turned from a solid wire or rod or stamped and rolled from sheet metal), materials (alloy type, annealing or tempering) and finishes (plating);
- wire: size, strand formation (class according to IEC 60228), material;
- crimp tool: shape of indenting or forging, crimp depth, suitable crimping dies and contact locator or positioner, where applicable.

A minimum value of pull-out force is specified to fulfil the safety requirements of crimped connections.

The test shall be carried out in accordance with test 16d of IEC 60512-16-4.

Unless otherwise specified by the manufacturer of the crimp barrel (terminal), the minimum values of the tensile strength given in Table 7 shall be applied.

Table 7 – Pull-out force of crimped connections

Conductor cross-section		Pull-out force
mm ²	AWG ^a	N
0,05	30	6
0,08	28	11
0,12	26	15
0,14		18
0,22	24	28
0,25		32
0,32	22	40
0,34		42,5
0,37		46
0,5	20	60
0,75		85
0,82	18	90
1		108
1,3	16	135
1,5		150
2,1	14	200
2,5		230
3,3	12	275
4		310
5,3	10	355
6		360
8,4	8	370
10		380
^a For information only.		

NOTE Table 7 provides minimum pull-out force values for crimped connections made with copper wires fulfilling the prerequisites of 5.4, and which are suitable for class A products and class B products.

The conductor cross-section in Table 7 is the geometric (actual) one; however, for practicality, it can be considered as the nominal one and only in case of dispute on test results, the pull-out force requirement shall be reduced by interpolation to that corresponding to the geometric (actual) conductor cross-section.

The minimum pull-out force requirement for conductors whose cross-sectional area is not included in Table 7 can be obtained by interpolation.

For certain types of crimp barrel, higher values of pull-out force represent their minimum performance characteristic. The environmental constraints likely to be encountered by a crimped connection in specific end-use applications may require the adoption of certain types of crimped barrel with inherently higher capability to withstand mechanical or thermal stresses, or both, for example, high energy vibration and shock or high current loads, or both, ability to withstand a short-circuit.

Upon agreement between crimp barrel manufacturer and user, A.6.3 can be used, providing more detailed, application-oriented specification of the pull-out force, based on the nature of the crimp barrel and of the wire used, and useful, for example, in process control, based on end-use product classification of 5.1, particularly for class C products.

7.3.2 Microsection

Microsections are used to identify failure characteristics and can be agreed upon between manufacturer and user as a product qualification test or required as an optional test (e.g. in manufacturing process control). See also 8.2.3.5 (test group B5) and 8.3.3.3 (test group F2).

NOTE 1 While this test is essentially a computer optically-aided visual test, it is associated with the evaluation and search for the optimal crimp height leading to the optimal tensile pull-out force and the preparation of microsections implies mechanical operations. Hence it is detailed in 7.3 Mechanical tests.

Three type A specimens (type H specimens for splices) suitable for one wire size only – or, in the case of a range n of wire sizes (CSA) specified for a crimp barrel, $(n \times 3)$ type A specimens (type H specimens for splices) – shall be prepared for further sectioning. For the preparation of these specimens the shortest length of wire should be used, as allowed by the microsectioning equipment and the crimped connection manufacturing means.

The above number of specimens is required for initial qualification and can be reduced upon agreement between manufacturer and user when microsections are performed for process control purposes.

To avoid deformation during cutting (e.g. for class C products), each crimped joint to be sectioned may be mounted in a low exothermic resin capable of being moulded without the application of external pressure. For industrial applications, the crimped joint can be cut, processed and evaluated even without embedding.

The microsection plane should be correctly located, i.e. perpendicular to the axis of the wire and in the area where the crimped connection is more compressed, normally at the centre of the crimping die's footprint.

NOTE 2 If the point of maximal compression and the centre of the crimping die's footprint are not coincident, additional microsections can be necessary: one at the point of maximal compression and one at the centre of the crimping dies footprint.

To expose its mid-section, the sectioned crimped joint (specimen) should be polished.

NOTE 3 As an example, it can be ground with the aid of appropriate grades of silicon carbide papers. This section is then polished with successively finer grades of diamond paste.

To aid microscopic examination, a suitable processing technique should be used to enhance the contours of the elementary conductor strands and the crimp barrel.

NOTE 4 As an example, the polished section can be very lightly etched with an accepted chemical reagent specific to the composition of the materials being crimped.

The sectioned specimens should be visually examined using suitable equipment such as a metallographic microscope, the magnification of which should be at least $\times 10$ up to $\times 400$.

The requirements below give characteristics of acceptable connections but in all cases mechanical, electrical and climatic tests shall be carried out either for the full test schedule or for the basic test schedule.

- All strands (or the solid conductor) should show deformation from the circular cross-section.
Exception: the number of non-deformed strands should be less than or equal to the allowed damaged strands given in Table 1.
- The voids should be within the value of porosity ratio (II) requirements provided in A.8.4 for class B and class C products. For crimp shapes that do not provide for uniform crimping, it is recommended to take microsections at several positions and with different crimp settings (e.g. 4-indent crimps).

- There should be no visible damage to the deformed crimp barrel caused by the crimping: the crimp barrel should be evenly deformed and there should be no indentations or fracturing of the deformed barrel or its plated finish. For damages and defects see Clause A.8, further information is given also in Table A.16.
- Each microsection should be free from contamination.

Clause A.8 provides details and examples about:

- microsection image creation (A.8.1);
- microsection terminology (A.8.3);
- examples for microsection of open crimp barrel B-crimp (Figure A.23);
- closed crimp barrel tube and crimp cable lugs (Figure A.21);
- machined closed crimp barrel 4-indent crimp (Figure A.22);
- closed crimp barrel hexagonal crimp (Figure A.23);
- stamped closed crimp barrel (uninsulated or preinsulated) (Figure A.24);
- cavity ratio (porosity ratio) Π of crimped connections in microsections (A.8.4);
- crimp compression ratio X (A.8.5);
- ratio of crimp height to crimp width (A.8.6), and
- requirements for B-crimped connections (A.8.7).

Table A.16 in A.8.8 shows the condition of example microsections of various types of crimped connections as a guidance for acceptance criteria.

7.3.3 Insulation grip effectiveness

Alternative test methods to the one specified here are provided:

- for uninsulated crimp barrel with insulation grip in 7.3.4;
- for pre-insulated crimp barrel with insulation grip in 7.3.5.

This test applies to crimp barrels, either uninsulated or pre-insulated, presenting at the outer end a part in which the wire insulation is secured by crimping. The test shall be carried out in accordance with IEC 60512-16-8, test 16h.

Type C specimens described in 8.1.4 shall be used for this test.

Number of winding cycles: 2

Tension to be applied: lowest tension necessary to bring the wire into contact with the mandrel

Winding mandrel Ø: according to the smallest bending radius of the wire used

Figure 37 shows test arrangement.

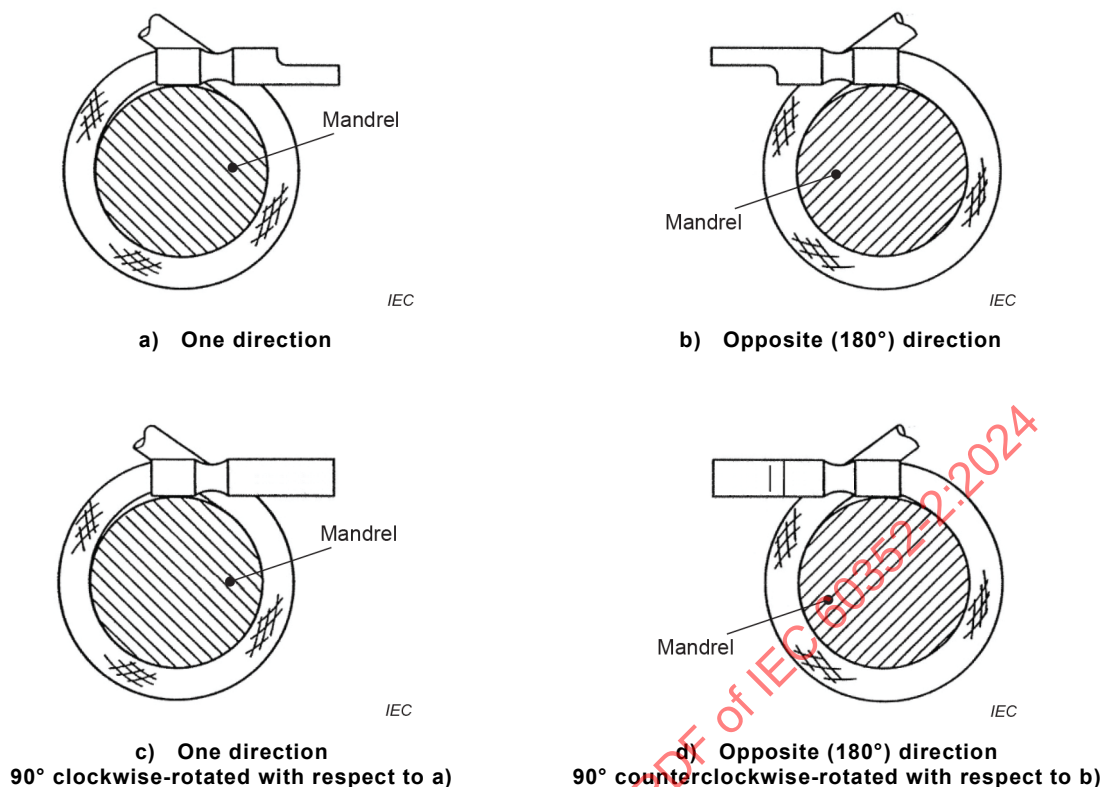


Figure 37 – Test arrangement

7.3.4 Bending test (uninsulated crimp barrels with insulation grip)

As an alternative method to that of 7.3.3 to verify the effectiveness of the insulation grip for uninsulated crimp barrel, a bending test can be carried out as shown in Figure 38.

NOTE While test in 7.3.3 requires preparation on purpose of type C specimens according to 8.1.3, which deviate from standard production due to the required compression or crimping of the insulation grip only, this alternative method allows use of standard specimens, taken from current production.

Type A specimens shall be used for this test.

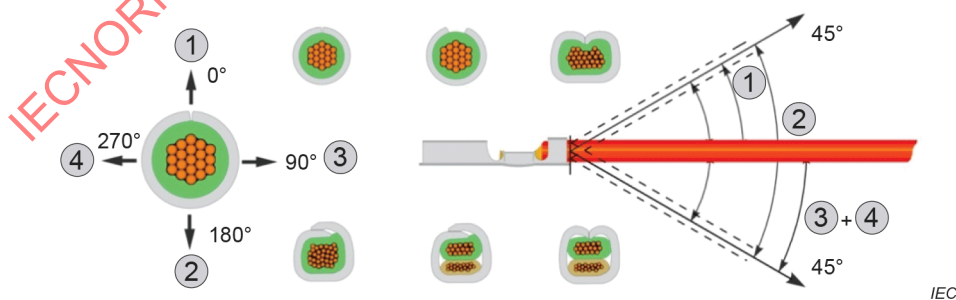


Figure 38 – Bending test of crimped connections with uninsulated crimp barrels

Number of cycles: 2 with 4 angle bends each.

Force to be applied: lowest force required to bend the wire to the required angle.

Requirements after the test:

- the wire insulation shall not be pulled out of the insulation grip;
- the position of the wire insulation after the test shall correspond to the position before the test;
- the wire insulation shall not be torn or cut;
- the insulation grip flanks shall not be changed or deformed. They shall have the same shape as before the test;
- no strands shall be damaged or torn off.

7.3.5 Bending test (pre-insulated crimp barrels with insulation grip)

As an alternative method to that of 7.3.3 to verify the insulation grip effectiveness of pre-insulated crimp barrels with insulation grip, a bending test can be carried out as shown in Figure 39.

NOTE While test in 7.3.3 requires preparation on purpose of type C specimens according to 8.1.4, which deviate from standard production due to the required compression or crimping of the insulation grip only, this alternative method allows use of standard specimens, taken from current production.

Type A specimens shall be used for this test.

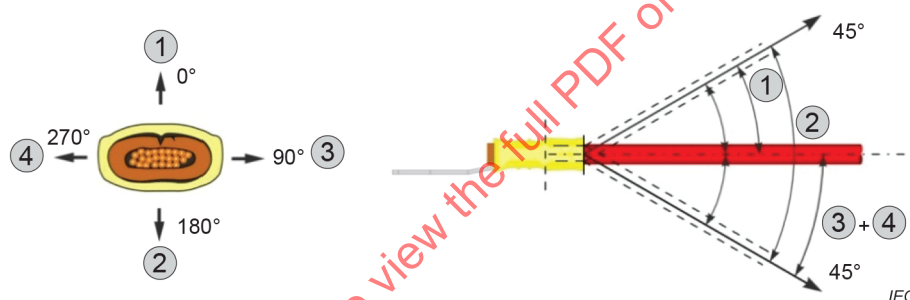


Figure 39 – Bending test of crimped connections with pre-insulated crimp barrels

Number of cycles: 2 with 4 angled bends each.

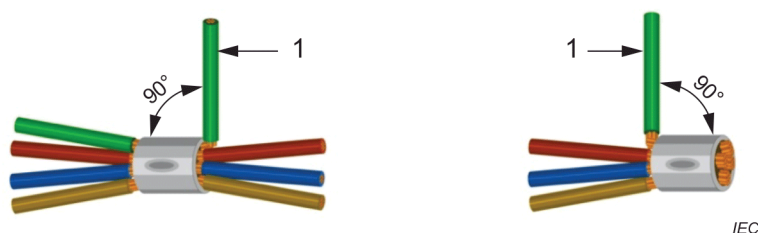
Force to be applied: lowest force required to bend the wire to the required angle.

Requirements after the test:

- the wire insulation shall not come out of the insulation grip due to the applied bending stresses;
- the position of the wire insulation after the test shall correspond to the position before the test;
- the wire insulation shall not be torn or cut;
- the insulation grip plastic barrel shall not be changed or deformed (torn);
- the end of the wire insulation shall not be visible in the plastic barrel of the insulation grip area during and after bending;
- no strands shall be damaged or torn off.

7.3.6 Bending test on splice crimped connections

Type H specimens shall be used for this test, see Figure 40.



Key

1 = fixing point at 30 mm from end of the crimp barrel

Figure 40 – Bending test on splice crimped connections

The test shall be performed only on those conductors which are laying on the crimped splice barrel inner surface, i.e. the outer conductors. Every outer conductor shall be tested, on either side of the splice, as applicable.

Number of cycles: 2 with each outer conductor.

Force to be applied: lowest force required to bend the wire to the required angle.

Requirements after the test:

- the conductor shall not be pulled out of the splice barrel;
- the position of the conductor after the test shall correspond to the position before the test;
- the conductor shall not be torn or cut.

7.3.7 Vibration test

This test is specified in the detail product specification if crimped connections are intended for moving inserts and where external mechanical influences can lead to a deterioration of the crimp properties.

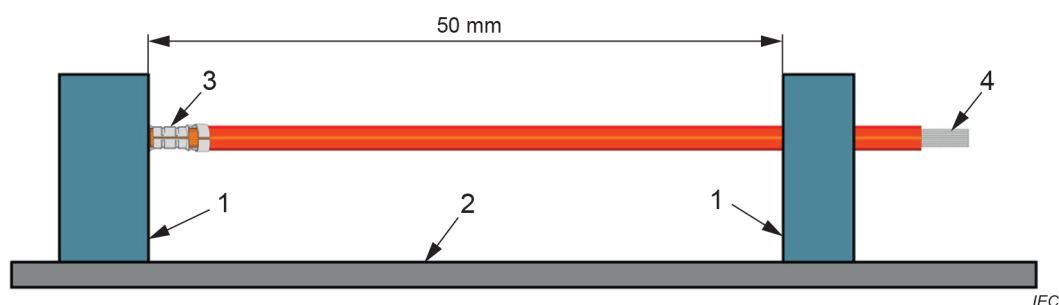
Type E specimens (type G for splice crimped connections) shall be used for this test.

The test shall be performed in combination with test 6d of IEC 60512-6-4 and test Fc of IEC 60068-2-6. Figure 41 shows a typical specimen and fixture arrangement for the test.

Contact disturbance measurement shall be performed during the test, according to test 2e of IEC 60512-2-5. Unless otherwise specified by the detail product specification, the duration of contact disturbance shall be 1 μ s maximum.

Test cycles: preferably 4, 20 or 100 per axis.

Test times: preferably 10 min, 30 min, 90 min or 10 h per axis.

**Key**

1 = fixtures

2 = vibration table

3 = measuring point A (crimped connection)

4 = measuring point B

Figure 41 – Arrangement for vibration test

The test severity to be applied shall be defined by the detail product specification; preferred test severities are shown in Table 8.

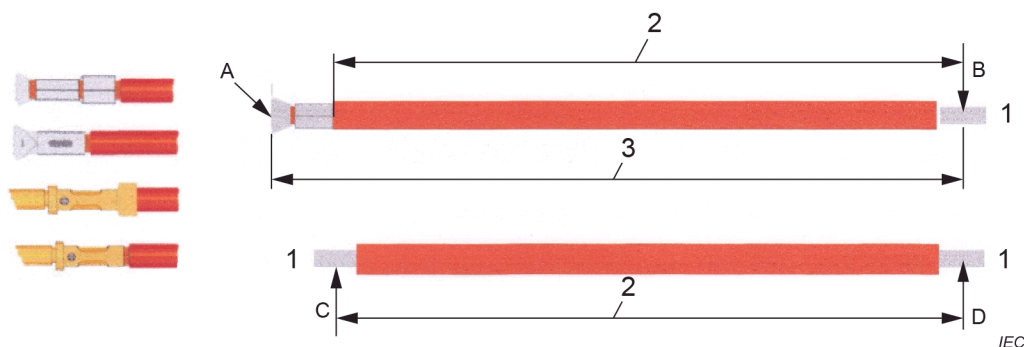
Table 8 – Vibration, preferred test severities

Range of frequency range	Hz	10 to 55	10 to 500	10 to 2 000
Cross-over frequency	Hz	–	57 to 62	57 to 62
Displacement amplitude below the cross-over frequency	mm	0,35	0,35	1,5
Acceleration amplitude above the cross-over frequency	m/s ²	–	50 (5g)	200 (20g)
Directions		3 axes	3 axes	3 axes
Number of sweep cycles per direction		5	5	5

7.4 Electrical tests**7.4.1 Crimp resistance**

The test shall be carried out in accordance with test 2a of IEC 60512-2-1 or with test 2b of IEC 60512-2-2, as specified in the detail product specification or in the manufacturer's specification.

A suitable test arrangement is shown in Figure 42 for single-conductor crimped connection.



Key

- 1 = wire ends stripped and dip tin plated, or crimped, soldered, or ultrasonic welded
- 2 = wire length 100 mm
- 3 = resistance from measuring point A to measuring point B

Figure 42 – Test arrangement for measurement of crimp resistance of single-conductor crimped connection

$$R_C = R_{AB} - R_{CD} \quad (2)$$

Formula (2) provides calculation of the crimp resistance, R_C , of a single-conductor crimped connection. As a reference for the calculation, an identical wire with the same length, as shown in Figure 42, is required.

A suitable test arrangement is shown in Figure 43 for a splice or multiple-conductor crimped connection.

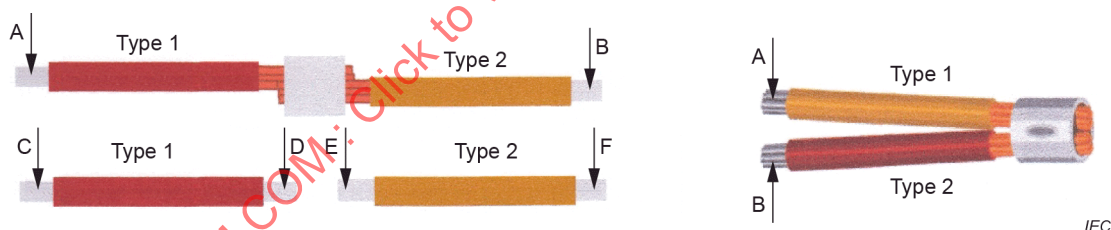


Figure 43 – Measuring of crimp resistance of splices or multiple-conductor crimp connections

Each of the reference wires shall be of the same type of the respective crimped wire.

The wire ends are stripped and dip tin plated, or crimped, soldered, or ultrasonic welded (see IEC 60352-9).

The crimp resistance R_C of a splice crimped connection or a multiple-conductor crimped connection is indirectly measured by subtracting the resistance of the reference wires ($R_{CD} + R_{EF}$, i.e. the resistance measured between measuring points, respectively C and D, E and F, across the reference wires in the example of Figure 43) from the input to output resistance R_{AB} measured between points A and B, according to Formula (3):

$$R_C = R_{AB} - (R_{CD} + R_{EF}) \quad (3)$$

Here R_C is the crimp resistance of a splice crimped connection. As a reference for the calculation, identical wires with the same length for type 1 and type 2 respectively, as shown in Figure 43, are required.

Contact point A shall be as close as possible to the end of the wire in the crimp barrel but, in the case of an open crimp barrel, not touching the end of the wire.

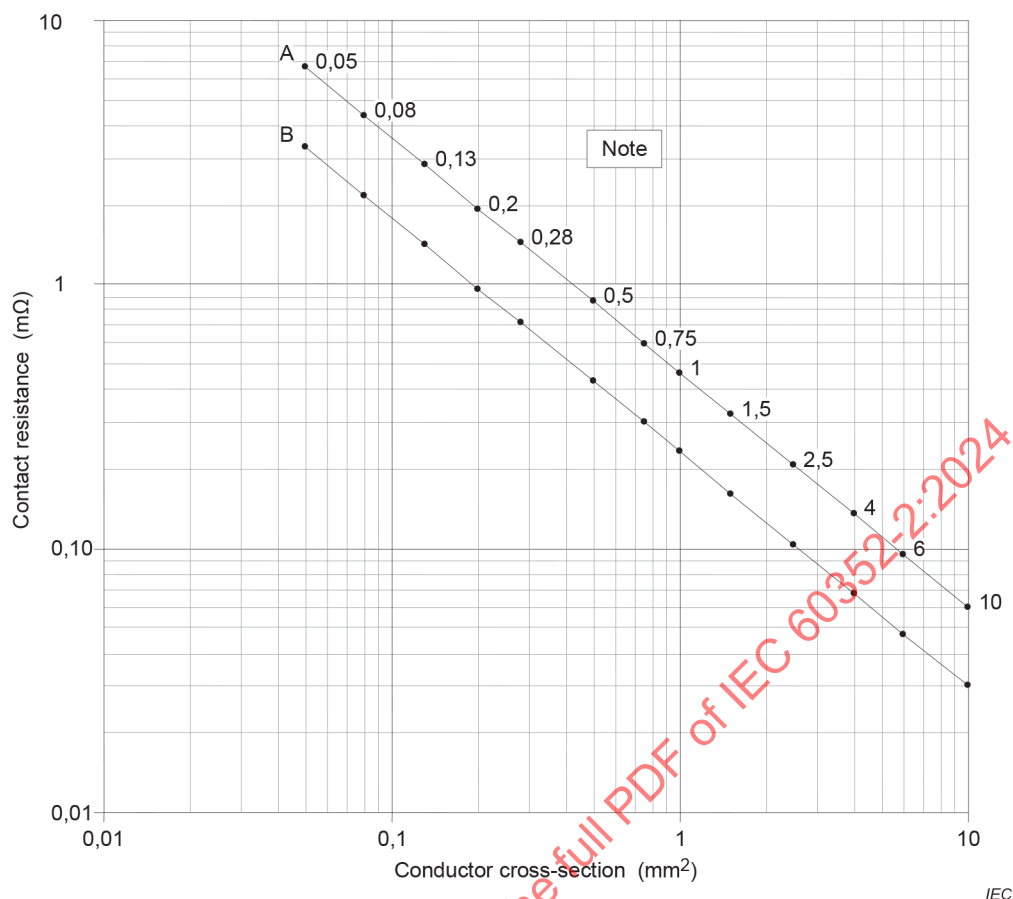
To achieve reliable and reproducible test results, good contact to all strands at the measuring points is necessary. For measuring points A to F, any means to ensure the necessary good contact to all strands such as crimping, soldering, or ultrasonic welding, etc., may be used.

A suitable test device shall be used to ensure good contact at all measuring points. The test device shall ensure that the measuring points are located at predetermined fixed distances. Where test probes are used, they shall be sufficiently rounded to avoid damaging the conductor strands.

When test 2b of IEC 60512-2-2 is applied, the test current shall be 1 A per mm² conductor cross-section. The duration of application of the test current shall be short enough to prevent heating of the specimens.

NOTE Test 2a of IEC 60512-2-1 is the optimal choice for crimped connections from 0,05 mm² to 1 mm²; above this size, test 2b of IEC 60512-2-2 can be used.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60352-2:2024



Curve A: Values for initial crimp resistance, maximum.

Curve B: Values for maximum increase in crimp resistance after electrical or climatic conditioning.

NOTE Numbers on the curves indicate specific conductor cross-sectional areas in mm².

The lines for maximum initial crimp resistance (A) and maximum change in crimp resistance after electrical or climatic conditioning (B) are based on the following formulas. These formulas may be used in place of the graph to determine the maximum allowed initial crimp resistance and post-conditioning increase in crimp resistance values.

$$A = 0,459\ 6 \times C^{-0,884\ 3}$$

$$B = A / 2$$

where

A is the maximum allowed initial crimp resistance, in milliohm (mΩ);

B is the maximum allowed increase in crimp resistance, in milliohm (mΩ);

C is the conductor cross-sectional area, in mm².

**Figure 44 – Crimp resistance R_C of crimped connections
with copper barrels and copper conductor ($K = 1$)**

For nominal cross-sectional areas (CSA) up to 2,5 mm² the cross-section to be used when applying Figure 44 is the cross-section calculated with the number of strands and the nominal diameter of one strand. For higher values – except in case of dispute on the results on the allowed crimp resistance change, in which case the geometric CSA shall be used – the cross-section to be used is the nominal CSA of the conductor.

The values for maximum initial crimp resistance (curve A) and the values for maximum change in crimp resistance (curve B) as presented in Figure 44 apply only to crimped connections made with crimp barrels according to 5.3 and conductors according to 5.4 and where $K = 1$.

For barrel materials other than copper, the values of both curves A and B are to be multiplied by K , where

$$K = \frac{R_m}{R_{Cu}} \quad (4)$$

where

R_m is the resistivity of material used;

R_{Cu} is the resistivity of copper.

Table 9 includes values of resistivity and K for other materials.

Table 9 – Example of other materials

Material	Resistivity $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	K^a
Annealed copper, 100 % Cu	0,017 2	1
Copper-zinc alloys (brasses)	0,030 to 0,061	1,74 to 3,55
Copper-magnesium alloys CuMg0,1, CuMg0,2, heat treated	0,020 3	1,18
Copper-magnesium alloys CuMg0,1, CuMg0,2, hard	0,022 1	1,285
Copper-magnesium alloy CuMg0,4, heat treated	0,0254	1,48
Copper-magnesium alloys CuMg0,4, hard	0,026 9	1,564
Brass, e.g. 70 % Cu, 30 % Zn	0,061	3,55
Copper-tin alloys (bronzes)	0,083 to 0,15	4,83 to 8,72
Phosphor-bronze, e.g. Cu93,5Sn6P0,5	0,11	6,40
Gold (Au), plating	0,022	1,279
Silver (Ag), plating	0,015 9	0,92
Nickel (Ni), plating	0,069 3	4,03
Constantan (Cu55Ni44Mn1)	0,50	29,07
Aluminium (Al)	0,026 5	1,540 7
Tin (Sn), plating	0,109	6,337
^a $K = 1/\% \text{IACS}$ where %IACS is percentage of the International Annealed Copper Standard conductivity as defined in IEC 60028:1925.		

The maximum permitted change in crimp resistance is to be added to the initially measured crimp resistance, not to the permitted initial limit, i.e. the maximum permitted crimp resistance after conditioning is equal to the measured initial value plus the maximum permitted change as given in curve B of Figure 44 and corrected by K , if applicable.

NOTE 1 While the base materials both of the crimp barrel and the conductor are relevant for the crimp resistance, the conductor material is already excluded by measuring and subtracting the resistance of the reference conductors. Thus, the correction factor K for the crimp barrel material is of primary importance here.

NOTE 2 For crimped connections made with more than one wire, see A.5.2.

More detailed examples of calculations are provided in Clause A.11.

7.4.2 Voltage proof (crimped connection with pre-insulated crimp barrels)

The test shall be carried out in accordance with test 4c of IEC 60512-4-3.

Proof voltage: 1 500 V RMS, 45 Hz to 60 Hz unless otherwise agreed between manufacturer and user.

7.4.3 Current-carrying capacity test with temperature rise

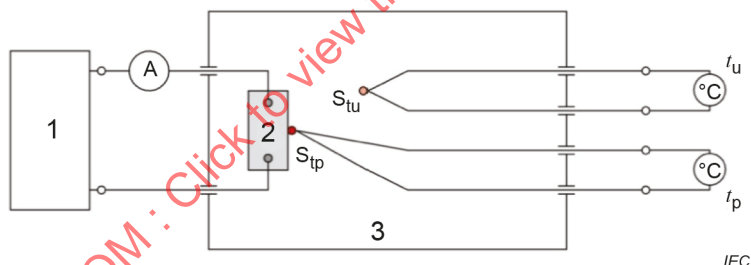
This test shall be performed in accordance with test 5b of IEC 60512-5-2, when required by the detail product specification.

NOTE 1 The purpose of this test is to establish the maximum permissible operating current I_b of a crimped connection, obtained by derating the specified current I , hence the use of test 5b of IEC 60512-5-2. The specified current I is that needed to reach the end temperature t_e , which exceeds room temperature t_u by the specified temperature rise. The specified current I is the current that the crimped connection can continuously carry, at room temperature, without trespassing the specified temperature rise.

Type E specimens (type G for splice crimp barrel) shall be used for this test, except with their wire length adjusted with a minimum as specified in Table 10.

Figure 45 provides the test setup for temperature rise measurement under current loading and Formula (5) provides the formula for the end temperature t_e calculation.

NOTE 2 Figure 45 is derived from IEC 60512-5-2. The specimen under test (2) is shown in detail in Figure 46, where the left wire end fixing point (3) and the right wire end fixing point (4) correspond here to the two terminations of the wires to and from the constant current source (1).



1 = constant current source

2 = specimen under test

3 = test chamber

S_{tp} = temperature sensor on specimen

S_{tu} = temperature sensor of the environment

t_u = room (chamber) temperature

t_p = specimen temperature

Figure 45 – Test setup for temperature rise measurements under current load

Test conditions:

- at least 3 specimens for 3 measurements for mean value determination shall be used¹;
- test voltage: AC at 50 Hz to 60 Hz frequency or DC (checking voltage bias influence on the thermocouple by temporarily reversing the polarity once thermal stability has been achieved and repeating temperature measurement);

¹ The minimum number of specimens, which is the same as required by IEC 60512-5-2, is increased to 6 in 8.3.7, where this test method is specified.

- test current: specified current I producing a temperature rise 80 K over room temperature t_u (unless otherwise specified by the detail product specification) reaching the end temperature t_e ;
- interval between measurements: 5 min, until three consecutive values of temperature rise are within 2 K of each other;
- determination of the room temperature t_u ;
- end temperature t_e is equal to room temperature t_u plus 80 K, see Formula (5) (unless otherwise specified by the detail product specification);

$$t_e = t_u + 80 \text{ K} \quad (5)$$

- holding the end temperature t_e for 30 min;

The maximum permissible operating current I_b shall be as given in Formula (6):

$$I_b = I(t_e) \times 0,8 \text{ (derating)} \quad (6)$$

Heat-resistant wires, e.g. rated for a continuous operating temperature COT $\geq 105 \text{ }^\circ\text{C}$ ² or non-insulated conductors shall be used, in which case they shall be suitably distanced to avoid short-circuit. Protective measures shall be taken in case of using a wire whose COT is $< 105 \text{ }^\circ\text{C}$, e.g. heat-resistant shrink tubing.

The temperature measurement at the crimp shall not be contactless: thermally conductive paste or a clamping device shall be used.

Exception: contactless temperature measurement is allowed, as long as good correlation with the temperature of the crimping zone is achieved.

The power supply cables shall be sized in order to be able to carry at least three times the maximum permissible operating current I_b and shall be compacted and dip tinned at their ends. The transfer points between them and the specimen under test shall be provided with sufficient clamping.

NOTE This test provides a shortened procedure, with relatively simple arrangement, likely to assess any negative effects due to crimp relaxation, if any.

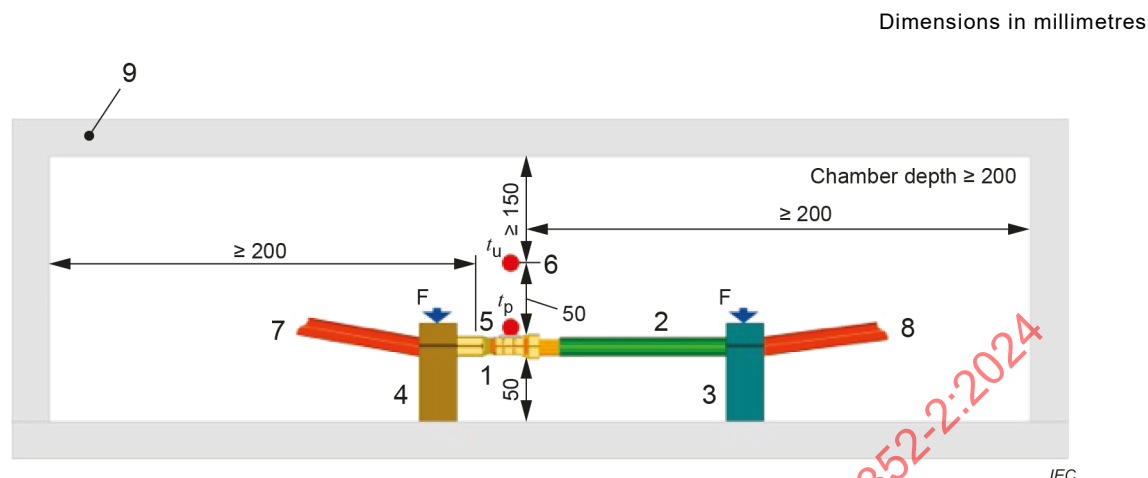
The minimum wire length L of the specimens shall be adjusted, depending on the conductor cross-sectional area S according to Table 10.

Table 10 – Minimum wire length L as a function of conductor cross-sectional area S

Cross-sectional area, S mm ²	Minimum length, L mm
$S \leq 0,5$	200
$0,5 < S \leq 5$	500
$S > 5$	1 400

² A minimum COT rating of $105 \text{ }^\circ\text{C}$ of the wires is required assuming a room (test chamber) temperature $t_u = 25 \text{ }^\circ\text{C}$ and the allowed temperature rise 80 K to reach the end temperature t_e at the corresponding maximum permissible operating current I_b .

Figure 46 shows an example of test setup for the current-temperature derating measurements on an open crimp barrel contact coupling.



- | | |
|--|--|
| 1 = specimen (crimp contact) | 6 = test chamber temperature sensor (for measuring t_u) |
| 2 = wire | 7 = left power lead |
| 3 = right wire end fixing point | 8 = right power lead |
| 4 = left wire end fixing point | 9 = test chamber |
| 5 = temperature sensor in contact with the specimen (with heat conductive paste) for measuring t_p | t_u = room (test chamber) temperature |
| F = transfer points | t_p = specimen temperature |

Figure 46 – Temperature chamber with ventilation opening for current-temperature derating measurements

7.5 Climatic tests

7.5.1 General

Unless otherwise specified in the detail product specification, the following upper category temperature (UCT) and lower category temperature (LCT) shall be used in the tests in 7.5.2 to 7.5.6:

UCT: +125 °C

LCT: –55 °C

NOTE The values assigned above to the UCT and the LCT, together with the number of cycles of damp heat, cyclic test specified in 7.5.4 (6 cycles), that – based upon the equivalence provided in 8.2.5 of IEC 60068-2-61:1991 – are equivalent to 56 days of damp heat, steady state test, imply the assignment of a climatic category 55/125/56.

7.5.2 Rapid change of temperature

The test shall be carried out in accordance with test 11d of IEC 60512-11-4.

This test is not intended to examine the characteristics of the wire insulation nor the insulation of pre-insulated crimp barrels. Wire with suitably rated insulation shall be used.

The following details shall apply:

Low temperature:	T_A	LCT
High temperature	T_B	UCT
Duration of exposure:	t_1	30 min
Number of cycles:		5

7.5.3 Dry heat

The test shall be carried out in accordance with IEC 60512-11-9, test 11i.

This test is not intended to examine the characteristics of the wire insulation nor the insulation of pre-insulated crimp barrels. Wire with suitably rated insulation shall be used.

The following details shall apply:

Test temperature:	UCT
Test duration:	96 h

7.5.4 Climatic sequence

The test shall be carried out in accordance with IEC 60512-11-1, test 11a.

The test shall be carried out using type E specimens (type G specimens for splices).

This test is not intended to examine the characteristics of the wire insulation nor the insulation of pre-insulated crimp barrels. Wire with suitably rated insulation shall be used.

Test 11a of IEC 60512-11-1 consists of performing in sequence the following climatic tests as conditioning:

- dry heat (test 11i of IEC 60512-11-9);
- damp heat, cyclic (test 11m of IEC 60512-11-12) first cycle;
- cold (test 11j of IEC 60512-11-10);
- damp heat, cyclic, remaining cycles.

The following details shall apply:

- Dry heat
test temperature: UCT
- Damp heat, cyclic:
upper test temperature: +55 °C
number of cycles (first cycle): 1
variant 1 or 2 (of IEC 60068-2-30) to be specified in the detail product specification
- Cold:
test temperature: LCT
- Damp heat, cyclic:
upper test temperature: +55 °C
number of cycles (remaining cycles): 5
same variant as above

NOTE If the detail product specification assigns a climatic category whose third set of digits denoting the number of days of the damp heat, steady-state test is 21 instead of 56, the remaining cycles to perform would be 1, based on the equivalence provided in 8.2.5 of IEC 60068-2-61:1991.

7.5.5 Current loading, cyclic

The test shall be carried out in accordance with test 9e of IEC 60512-9-5, method A.

Type E specimens (type G specimens for splice crimp barrel) shall be used for this test (see 8.1.6).

Unless otherwise specified by the detail product specification, the specimens may be connected in series so that the current loading is simultaneously applied to all specimens under test.

If connecting in series is applied and if the design permits, double-ended specimens may be used. In this case, the length of wire between two specimens shall be such as to obtain thermal independence between daisy-chained specimens, with a minimum of 200 mm, this length to be adjusted depending on the involved thermal mass of the specimens and of the specified conductors.

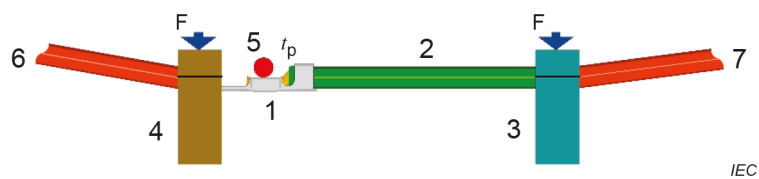
In case of dispute on results, test performed on specimens connected in series shall be repeated on an individually connected specimen.

To avoid heat sinking, the chain of the specimens shall be held at the wires and the holding devices should be made of insulating material with low thermal conductivity (e.g. typically 0,3 W/(m K), as for standard plastic material). Where the mass of the terminations is so big that additional support is necessary, the holding devices shall also be made of insulating material with low thermal conductivity.

Where the crimped connection to be tested forms an integral part of a component, the component shall not influence the test result (for example heat sink).

Examples are given in Figure 47.

Connections in series of crimp contacts, as shown in Figure 48, examples d) and e), in order to avoid considering the variation of the interface contact resistance, shall be further prepared, e.g. by soldering the detachable connections at their point of contact, or by equally effective means.



1 = cable lug

2 = stranded wire

3 = holding device and electrical connection to 7

4 = holding device and electrical connection to 6

5 = temperature sensor in contact with the specimen (with heat conductive paste) for measuring t_p

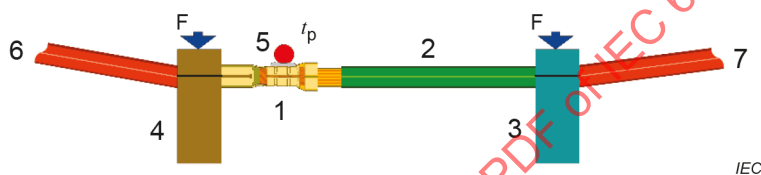
6 = test lead

7 = test lead

F = transfer points

t_p = specimen temperature

a) Example of cable lug (testing only the crimp)



1 = B-crimp contact

2 = stranded wire

3 = holding device and electrical connection to 7

4 = holding device and electrical connection to 6

5 = temperature sensor in contact with the specimen (with heat conductive paste) for measuring t_p

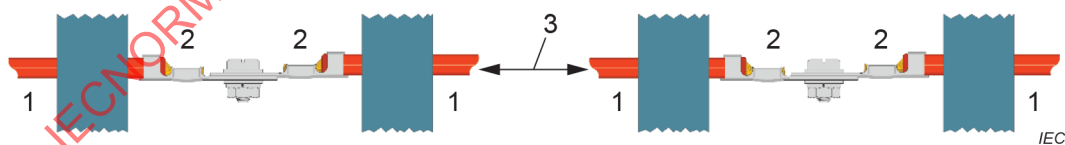
6 = test lead

7 = test lead

F = transfer points

t_p = specimen temperature

b) Example of B-crimp contact (testing only the crimp)

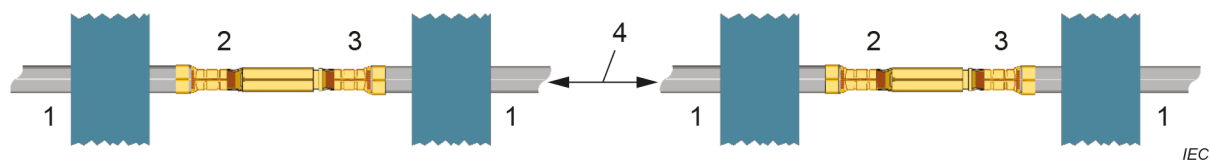


1 = holding device

2 = multi-contact

3 = distance between crimped connections ≥ 150 mm

c) Example of crimp barrels with terminal ends



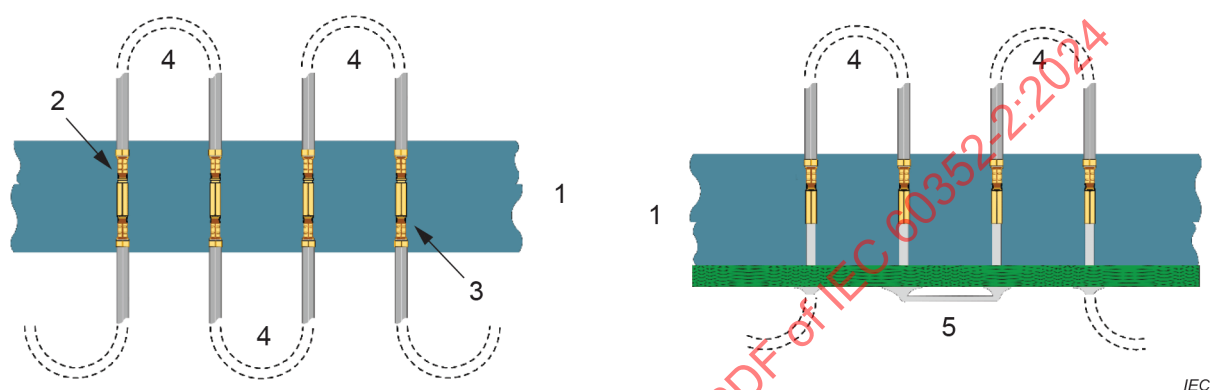
1 = holding device

2 = female contact

3 = male contact

4 = distance between crimped connections ≥ 150 mm

d) Example of crimp barrels with separable contacts



1 = holding device

2 = female contact

3 = male contact

4 = counterpart with crimp contacts (length between crimped connections ≥ 150 mm)

5 = counterpart without crimp contacts, e.g. printed circuit board connector

e) Example of crimped connections with contacts of a multi-contact component (for example, terminal block or connector)

Figure 47 – Examples of test arrangements

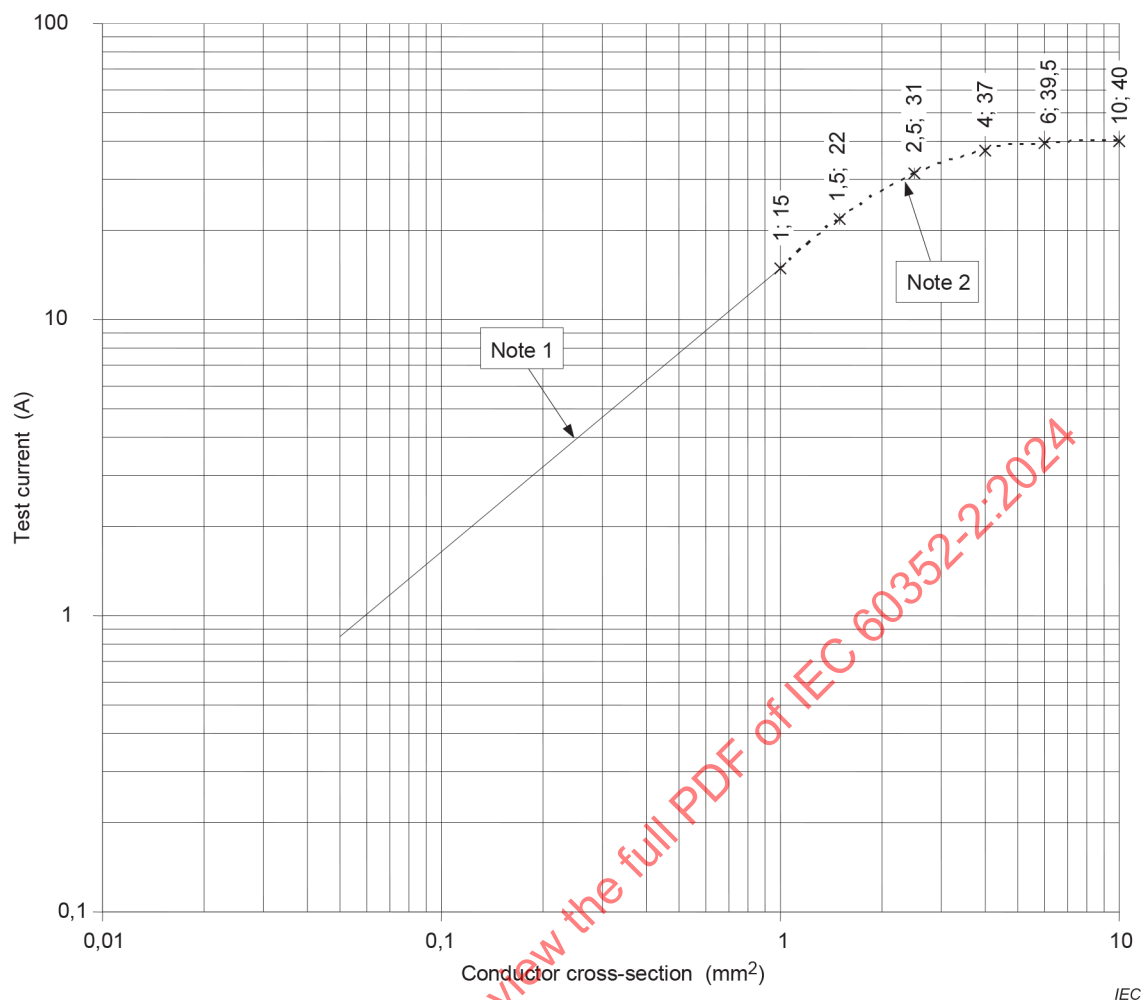
The test current to be applied is given in Figure 48.

For nominal cross-sectional area (CSA) up to and including $2,5 \text{ mm}^2$, the geometric (actual) cross-sectional area shall be used when applying Figure 48, as calculated with the number of strands and the nominal diameter of one strand. For higher values of CSA, the cross-section to be used may be the nominal one, provided that conformance with the requirements is achieved.

The test current values as presented in Figure 48 apply only to crimped connections made with crimp barrels according to 5.3 and conductors according to 5.4.

Test severity: 20 or 500 cycles.

NOTE For further information on wires, see IEC 60189-3.



NOTE 1 Test current is $15 \times S^{0.958}$ for conductor cross-sectional areas from 0,05 mm² to 1 mm², where S is the conductor cross-sectional area in mm².

NOTE 2 Test current references for conductor cross-sectional areas above 1 mm².

Figure 48 – Test current for crimped connections

As an alternative to the above test method and values, the following one can be adopted, for example, for new designs.

Method: this test shall be performed according to method B of test 9e of IEC 60512-9-5.

Number of cycles: 5, unless otherwise indicated in the detail product specification.

NOTE 3 The purpose of this test is to excite the *creep* (stress relaxation) failure mode of a crimped connection due to thermal cycling, by stressing it with cyclic application of the highest thermal load that the crimped connection is deemed to support, followed by cooling. The application of current load is then aimed at producing the UCT = 125 °C, unless otherwise specified by the product detail specification. If the test current specified in Figure 49 does not achieve this goal, the previous method can be considered ineffective. This alternative method is proposed, which involves higher test current values, equivalent to the underated values at which the crimp barrel under test is deemed to be permanently loaded (thus, 1,25 times the assigned rated current, this being the actual value derated by a factor of 0,8) and lower number of cycles.

WARNING – Table 11 provides tentative test current to be applied. Such values are derived from current-carrying capacity tables of IEC 60364-5-52:2009, which for the same CSA depend on:

- a) the wire installation method,
- b) the nature of the surrounding medium (air or ground),
- c) the number of adjacent wires in the tray or conduit,
- d) the nature of the wire insulation and its continuous operating temperature.

Moreover, such values are provided for electrical installations only for CSA $\geq 1 \text{ mm}^2$. Due to the multitude of different values that a specific CSA has assigned, each under different circumstances, the values proposed in Table 11 are only tentative and it is important to verify them as they can prove to be excessive.

Table 11 – Current values (tentative) – alternative current loading, cyclic method

Cross-sectional area mm ²	Cross-sectional area AWG	Current load A
0,05	30	1
0,08	28	1,8
0,13	26	3,1
0,14	–	3,6
0,2	24	4,8
0,25	–	6
0,32	22	8,6
0,34	–	9,1
0,4	–	11,1
0,5	–	14,4
0,52	20	15
0,75	–	18
0,82	18	19,5
1	–	22,8
1,31	16	24,7
1,5	–	26
2,08	14	33,4
2,5	–	38,4
3,31	12	45
4	–	50,4
5,26	10	59,7
6	–	64,8
8,37	8	77
10	–	87,6

7.5.6 Crimping at low temperature (crimped connections with pre-insulated crimp barrels)

Crimp barrels and wires (corresponding to type F specimens of 8.1.7) and the crimping tool, i.e. all parts necessary for preparing the required number of crimped connections for the low temperature test, shall be subjected to a temperature of $(-15 \pm 2) ^\circ\text{C}$ for a period of 2 h.

With all parts kept at that temperature, the required number of specimens shall be produced.

The specimens shall then be maintained at the low temperature for 1 h.

The specimens shall then be allowed to recover under standard conditions for testing for a period of 1 h to 2 h.

After recovery, the specimens shall be subject to a voltage proof test as defined in 7.4.2.

7.6 Miscellaneous tests

7.6.1 Fluid resistance of pre-insulated crimp barrels

If the test is required by the detail product specification, it shall be carried out in accordance with test 19a of IEC 60512-19-1 and test 4c of IEC 60512-4-3.

The test shall be carried out using type D specimens.

The test shall be carried out with cleaning fluids only. Fluids, test temperature and immersion time shall be specified in the detail product specification.

Proof voltage: 1 500 V RMS, 45 Hz to 60 Hz, unless otherwise specified in the detail product specification. Voltage proof test and relevant setup shall be carried out as detailed in 7.4.2.

7.6.2 Flowing mixed gas corrosion test

Type E specimens (type G specimens for splice crimp barrels) shall be used for this test.

The test shall be performed in accordance with test 11g of IEC 60512-11-7 and test Ke of IEC 60068-2-60.

Pre-conditioning shall be as in 6.3, recovery as in 6.4.

Conditions of the specimens during testing: half mated, half unmated.

The following test conditions shall apply:

- applicable method: method 1;
- test duration: 10 days;
- gases: H₂S and SO₂;
- temperature: (25 ± 1) °C;
- relative humidity: (75 ± 3) %;
- rate of ventilations per hour: 3 to 10;
- mass increase of copper coupons: 1,0 mg/(dm² × day) to 2,0 mg/(dm² × day).

After the visual examination and before and after this corrosion test, the contact resistance shall be measured as defined in 7.4.1. The detail product specification shall provide acceptance criteria (allowed change in contact resistance).

8 Test schedules

8.1 Preparation and type of test specimens

8.1.1 Preparation of test specimens

Prior to testing, the required number and types of specimens shall be prepared, after general examination of parts (crimp barrels and wires) as defined in 7.1.

When crimped connections with crimp barrels designed to accept a range of n conductor cross-sectional areas are to be tested (initial qualification), all tests of the applicable test schedule except the current loading, cyclic test of 7.5.5 shall be carried out:

- with the specified number of specimens having the maximum conductor cross-sectional area and, additionally,
- with the specified number of specimens having the minimum conductor cross-sectional area, and additionally,
- with the specified number of specimens each having any specified intermediate conductor cross-sectional area.

NOTE Process control testing is performed on specimens using the specified conductor CSA.

Before the specimens are prepared, it shall be verified that:

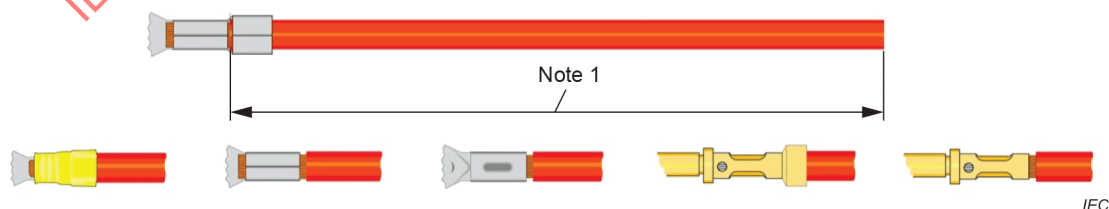
- the correct crimp barrels and wires are used;
- the correct crimping tool is used, together with any specified tool accessory (crimping dies, locator, positioner, etc.);
- the tool works correctly;
- the operator is able to produce crimped connections which are in accordance with 5.5.

For all specimens, unless otherwise specified in the product detail specification, the minimum wire length shall be 200 mm or as specified in 8.1.6.

8.1.2 Type A specimen (for testing according to 8.2, 8.2.3.3 if required, 8.3.2, 8.3.4 if required)

A type A specimen consists of an uninsulated or pre-insulated crimp barrel with or without insulation grip and a conductor crimped in the crimp barrel to make an electrical connection only between the conductor strands and the crimp barrel.

Typical examples of type A specimens are shown in Figure 49.



NOTE 1 Length 200 mm min.

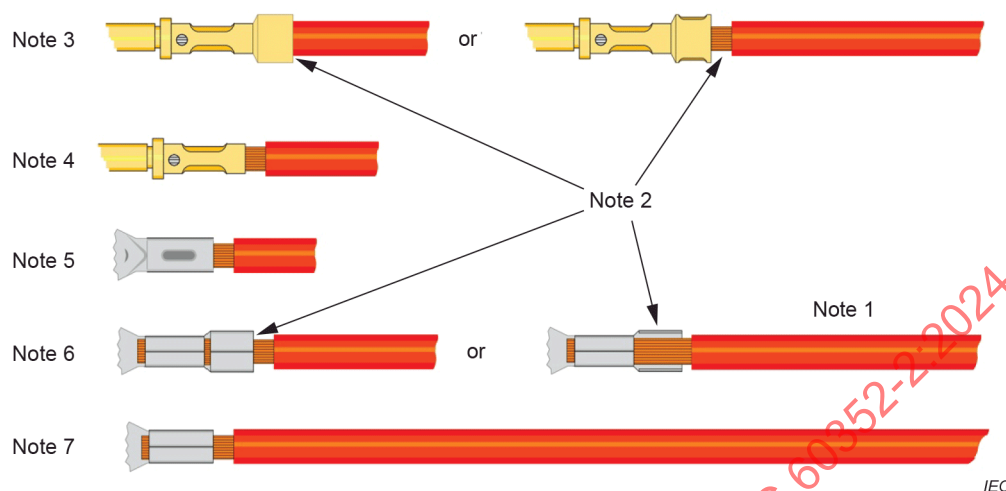
Figure 49 – Examples of type A specimens

8.1.3 Type B specimen (for tests according to 8.2.3.1 and 8.3.3.2)

A type B specimen consists of an uninsulated or pre-insulated crimp barrel with or without insulation grip and a wire crimped in the crimp barrel to make an electrical connection only between the conductor strands and the crimp barrel.

Any existing insulation grip shall be rendered inoperative.

Typical examples of type B specimens are shown in Figure 50.



NOTE 1 Length 200 mm min. (length depends on the requirements of the universal testing machine for pull-out force test).

NOTE 2 Insulation grip inoperative.

NOTE 3 Closed crimp barrel of machined contact with insulation grip.

NOTE 4 Closed crimp barrel of machined contact without insulation grip.

NOTE 5 Closed crimp barrel without insulation grip.

NOTE 6 Open crimp barrel with insulation grip.

NOTE 7 Open crimp barrel without insulation grip.

Figure 50 – Examples of type B specimens

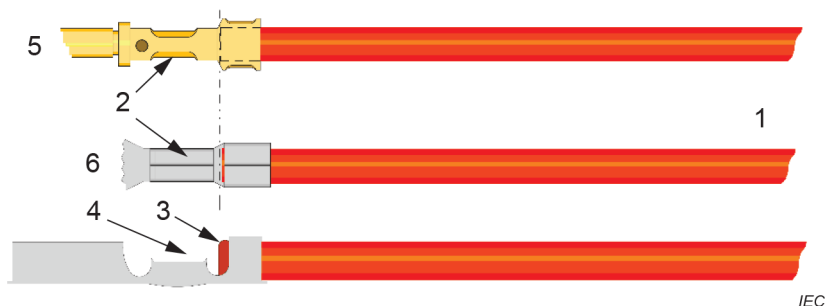
8.1.4 Type C specimen (for insulation grip effectiveness tests, see 8.2.3.3 and 8.3.4)

A type C specimen consists of an uninsulated or pre-insulated crimp barrel with insulation grip and an unstripped wire, with the insulation grip only being compressed on the unstripped wire.

The unstripped wire shall be inserted into the insulation grip only, so that it is only compressed at the insulation grip when the normal crimping operation is carried out. There shall be no electrical or mechanical connection between the wire and that part of the barrel which is normally intended to provide for the electrical connection.

The minimum wire length shall be 200 mm.

Typical examples of type C specimens are shown in Figure 51.



- 1 = stranded wire
- 2 = wire crimping area
- 3 = wire end
- 4 = no strands visible
- 5 = machined contact
- 6 = B-crimp contact

Figure 51 – Examples of type C specimens

8.1.5 Type D specimen (for testing of pre-insulated crimp barrels only, see 8.2.3.4, 8.3.9.2 and 8.3.9.3)

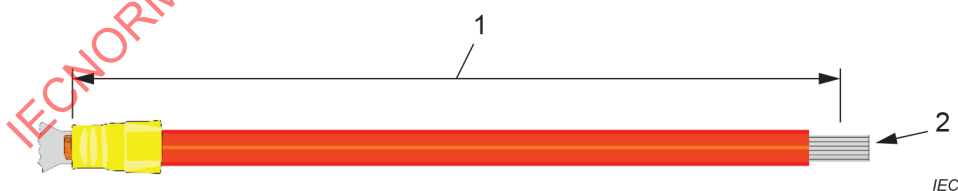
A type D specimen consists of a pre-insulated crimp barrel with insulation grip and a wire crimped in the crimp barrel to make an electrical connection only between the conductor strands and the crimp barrel.

The insulation grip shall be compressed as well.

At the other end of the wire, the insulation shall be removed in such a manner that test 4c of IEC 60512-4-3, can be carried out.

A typical example of type D specimen is shown in Figure 52.

At the free wire end of type D specimens, the insulation of the wire shall be removed and the conductor end shall be dip tinned or ultrasonic welded so that electrical tests can be carried out.



- 1 = length 200 mm min.
- 2 = free wire end stripped and dip tin plated, crimped, soldered or ultrasonic welded.

Figure 52 – Example of type D specimen (pre-insulated)

8.1.6 Type E specimen (for tests according to 8.2.3.2, 8.2.3.4, 8.3.3.5)

A type E specimen consists of an uninsulated or pre-insulated crimp barrel with or without insulation grip and a wire crimped in the crimp barrel to make an electrical connection between the conductor strands and the crimp barrel.

Where an insulation grip exists, it shall be compressed as well.

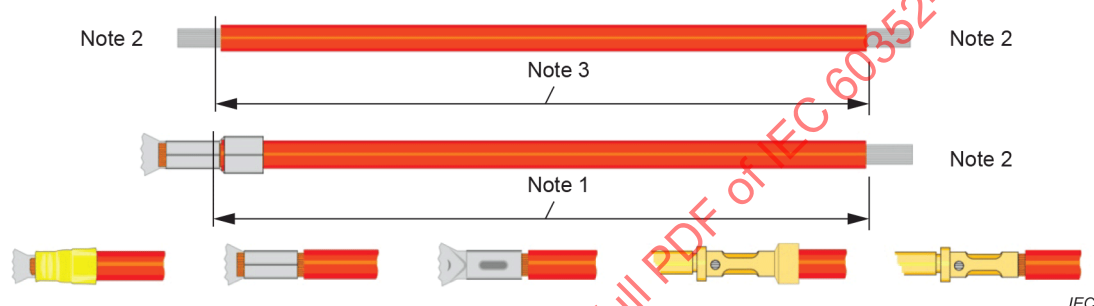
At the free wire end of a type E specimen, the insulation shall be removed and the conductor shall be dip tinned, crimped, soldered or ultrasonic welded so that the contact resistance measurement according to 7.4.1 can be performed.

A reference wire of the same type shall be prepared and dip tinned or ultrasonic welded at the stripped ends of the cores.

Type E specimens deemed to be used for the vibration (sinusoidal) test according to 7.3.7 shall have a minimum wire length of 200 mm.

For type E specimens deemed to be used for the current loading, cyclic test according to 7.5.5, the conductor cross-sectional area shall be the largest recommended for the crimp barrel, and the length of the wires shall be 200 mm minimum.

Typical examples of type E specimens are shown in Figure 53.



NOTE 1 Length 200 mm.

NOTE 2 Free wire end stripped and dip tin plated, crimped, soldered or ultrasonic welded.

NOTE 3 Reference wire with same length (200 mm).

Figure 53 – Examples of type E specimen

8.1.7 Type F specimen (for testing of pre-insulated crimp barrels according to 8.3.9.4)

A type F specimen consists of a pre-insulated crimp barrel (or a pre-insulated splice, as applicable) with insulation grip and a stripped wire (or multiple stripped wires of specified cross-sectional area as defined in the splice specification), both of which are required to make a crimped connection.

The minimum wire(s) length shall be 200 mm.

At the far end of the wire(s), the insulation shall be removed and the conductor(s) shall be dip tinned, crimped, soldered or ultrasonic welded in such a manner that test 4c of IEC 60512-4-3 can be performed.

At this stage, the two parts are separate and are required only for the crimping at low temperature test according to 7.5.6.

A typical example of a type F specimen is shown in Figure 54 (a type F specimen for pre-insulated splice will appear similar, except for the specified number of stripped wires).



Figure 54 – Example of type F specimen

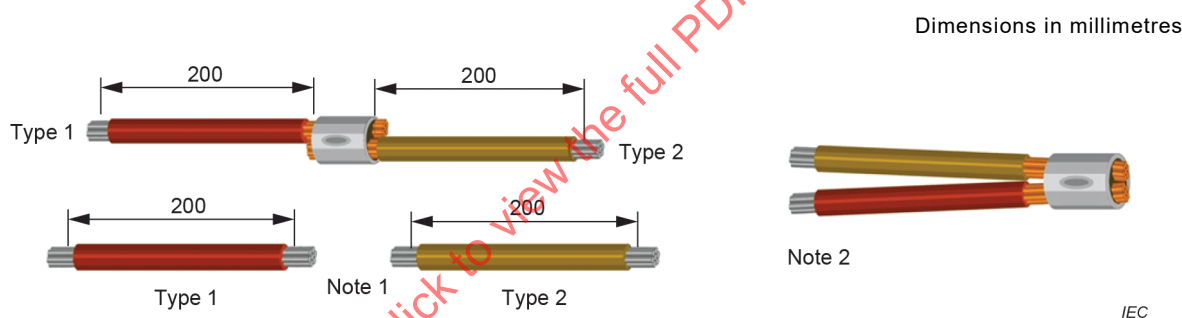
8.1.8 Type G specimen (for testing according to 8.2.3.2, 8.3.3.4, 8.3.3.5 and 8.3.6)

A type G specimen consists of an uninsulated or a pre-insulated splice crimp barrel with multiple conductors crimped onto it (number and size of conductors as specified by the manufacturer) to achieve an electrical connection between the conductors and the splice crimp barrel only.

Like in type D, E and F specimens, the free wire ends shall be stripped and dip tin plated, crimped, soldered or ultrasonic welded in such a way that the contact resistance measurement according to 7.4.1 can be performed.

Reference wires of the same conductor types to be tested shall be prepared and tin plated at the ends of the cores.

Typical examples of type G specimens are shown in Figure 55 (for ease of representation uninsulated, whereas pre-insulated splices are also covered).



NOTE 1 Reference wires type 1 and type 2, one per each size.

NOTE 2 Ends of the cores stripped and tin-plated, crimped, soldered or ultrasonic welded.

Figure 55 – Type G specimen (splice)

8.1.9 Type H specimen (for testing according to 8.2.2, 8.2.3.1, 8.2.3.3, 8.3.2, 8.3.3.2, 8.3.3.3 and 8.3.4)

A type H specimen, like a type G specimen, consists of an uninsulated or a pre-insulated splice crimp barrel with multiple conductors crimped onto it (number and size as specified by the manufacturer), to achieve an electrical connection between the conductors and the splice crimp barrel only.

The wire ends shall be prepared (restraints, e.g. knots in wire) when pull-out force tests are performed.

End cap splice specimen shall be prepared as butt splice specimen for the pull-out force test.

Typical examples of type H specimens are shown in Figure 56 (for ease of representation uninsulated, while pre-insulated splices are also covered).

NOTE For testing crimped connections with crimp barrels designed to accept a range of conductor cross-sectional areas, see 8.1.

- ^a Type A specimens are alternative to type C specimens.
- ^b Type G and type H specimens are required only for testing splices.
- ^c Type A specimens required for visual examination when with insulation grip (operative); otherwise, type B specimens may be used.

8.2 Basic test schedule

8.2.1 General

Where the basic test schedule is applicable (all prerequisites of Clause 5 met, see 6.1), the number of type B specimens, or of type H specimens (splice crimp barrels), specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.2.3.1.

When crimped connections made with unplated barrels or unplated conductors, or both, are to be tested, the additional number of type E specimens, or of type G specimens (splice crimp barrels), specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.2.3.2.

When crimp barrels with insulation grip are to be tested, the additional number of type A specimens, or of type C specimens, specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.2.3.3.

When pre-insulated crimp barrels are to be tested, the additional number of type D specimens, or of type G specimens (splice crimp barrels), specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.2.3.4.

8.2.2 Initial examination

All specimens shall be subjected to tests of Table 13.

Concerning general examination tests:

- type A, D and E specimens, having any insulation grip operative, shall undergo these tests in full;
- type B, having any insulation grip inoperative, and type C specimens (with the insulation grip only being compressed on the unstripped wire) shall be subject to those tests partially, i.e. as far as applicable.
- type G and H specimens (splice crimp barrels), shall undergo these tests in full.

Concerning contact deformation after crimping, type C, type D and type E specimens, only after crimping at low temperature, shall be subject to such test if specified by the detail specification for the component using the crimp contacts.

Table 13 – Test group B0

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
B0.1	General examination	7.1	Visual examination	-1-1 (1a)	7.1 7.2.4 or 7.2.5 or 7.2.6 or 7.2.7
		7.2.1	Examination of dimensions and mass	-1-2 (1b)	7.2.1 7.2.3
B0.2	Contact deformation after crimping	7.2.2		-16-7 (16g)	7.2.2

8.2.3 Testing of crimped connections

8.2.3.1 Testing of crimped connections made with crimp barrels according to 5.3 and wires according to 5.4

20 type B specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 20$ type B specimens. For splices: 20 type H specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 20$ type H specimens.

After the initial examination, all specimens shall be subjected to the following test in Table 14.

Table 14 – Test group B1

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
B1	Tensile strength (crimped connections)	7.3.1		-16-4 (16d)	7.3.1

8.2.3.2 Additional testing of crimped connections made with unplated crimp barrels according to 5.3 or unplated wires according to 5.4, or both

20 type E specimens. Splices: 20 type G specimens.

After the initial examination, all specimens shall be subjected to the following test in Table 15.

Table 15 – Test group B2

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
B2.1			Contact resistance	-2-1 (2a) or -2-2 (2b)	7.4.1
B2.2a ^a or	Current loading, cyclic	7.5.5 20 cycles		-9-5 (9e)	7.5.5
B2.2b ^a	Rapid change of temperature	7.5.2 5 cycles		-11-4 (11d)	
B2.3			Contact resistance	as B2.1	7.4.1
^a Test phase B2.2a and B2.2b are alternatives: B2.2a is for crimped connections of a cable harness, B2.2b is for crimped connections made with crimp contacts.					

8.2.3.3 Additional testing of crimped connections made with crimp barrels with insulation grip or with splices

After the initial examination, all specimens shall be subjected to the following test in Table 16: test B3.2 or B3.3 (as applicable) is alternative to test B3.1 for crimp barrels with insulation grip, whereas test B3.4 is for splices.

- 6 type C specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type C specimens for test B3.1;
- 6 type A specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type A specimens for test B3.2 or B3.3 as applicable;
- 6 type H specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type H specimens for test B3.4 applicable to splice crimped connections.

Table 16 – Test group B3

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
B3.1	Insulation grip effectiveness (crimped connections)	7.3.3		-16-8 (16h)	7.3.3
B3.2 (alternative, as applicable)	Bending (uninsulated crimp barrels)	7.3.4		–	7.3.4
B3.3 (alternative, as applicable)	Bending (pre-insulated crimp barrels)	7.3.5		–	7.3.5
B3.4 (splices)	Bending (splices)	7.3.6		–	7.3.6

8.2.3.4 Additional testing of crimped connections with pre-insulated crimp barrels

6 type D specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type D specimens. Pre-insulated splices: 6 type G specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type G specimens.

After the initial examination, all specimens shall be subjected to the following test in Table 17.

Table 17 – Test group B4

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
B4	Voltage proof of pre-insulated crimp barrels	7.4.2		-4-3 (4c)	7.4.2

8.2.3.5 Microsection (optional)

Microsection test can be optionally performed. See test group B5 of Table 18.

3 type A specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 3$ type A specimens (type H specimens for splices).

Length of the connection wire: as short as the equipment for producing the crimped connection and the microsection allows.

Table 18 – Test group B5

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
B5.1	Microsection	7.3.2			7.3.2
B5.2			Visual examination	-1-1 (1a)	7.1
B5.3			Examination of dimension and mass	-1-2 (1b)	7.2.1

8.3 Full test schedule

8.3.1 General

Where the full test schedule is required (not all prerequisites met, see 6.1), the number of type A, B, E, G and H specimens specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.3.3.

When crimp barrels with insulation grip are to be tested, the additional number of type A specimens or of type C specimens specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.3.4.

When pre-insulated crimp barrels are to be tested, the number of additional type D, or of type G, specimens specified in Table 12 shall be prepared and subjected to the test according to 8.3.5.

8.3.2 Initial examination

All specimens shall be subjected to tests of Table 19.

Concerning general examination tests (IEC 60512-1-1, test 1a and IEC 60512-1-2, test 1b):

- type A, D, and E specimens, having any insulation grip operative, shall undergo these tests in full;
- type B specimens, having any insulation grip rendered inoperative, and type C specimens, having only the insulation grip compressed, shall be subject to these tests partially, i.e. as far as applicable.
- type F specimens to be used for crimping at low temperature test shall undergo these tests only after crimping.
- type G and H specimens (splice crimp barrels, pre-insulated or uninsulated, without insulation grip) shall undergo these tests in full;

Concerning contact deformation after crimping, type C, type D and type F specimens, only after crimping at low temperature, shall be subject to such test if specified by the detail specification for the component using the crimp contacts.

Table 19 – Test group F0

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F0.1	General examination	7.1	Visual examination	-1-1 (1a)	7.1 7.2.4 or 7.2.5 or 7.2.6 or 7.2.7
		7.2	Examination of dimensions and mass	-1-2 (1b)	7.2.1 7.2.3
F0.2	Contact deformation after crimping	7.2.2		-16-7 (16g)	7.2.2

8.3.3 Testing of crimped connections

8.3.3.1 General

After the initial examination as defined in 8.3.2,

- 16 type B specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 16$ type B specimens, (type H specimens for splices) shall be subject to the tests according to 8.3.3.2 (test group F1);
- 3 type A specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 3$ type A specimens (type H specimens for splices) shall be subject to the tests according to 8.3.3.3 (test group F2);
- 8 type E specimens (type G specimens for splices) shall be subject to the tests according to 8.3.3.4 (test group F3);
- 16 type E specimens or, for a range of wire sizes, $n \times 16$ type B specimens, n being the number of wire sizes accommodated by the crimp barrel (type G specimens for splices), shall be subject to the tests according to 8.3.3.5 (test group F4).

8.3.3.2 Test group F1

16 type B specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 16$ type B specimens (type H specimens for splices, quantities to be adjusted depending on the number of different sizes of wire crimped). See Table 20.

Table 20 – Test group F1

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F1.1	Tensile strength (crimped connections)	7.3.1		-16-4 (16d)	7.3.1

8.3.3.3 Test group F2 (optional)

For initial qualification: 3 type A specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 3$ type A specimens (type H specimens for splices).

For process control: optional, for the conductor cross-sectional area being produced, upon agreement between manufacturer and user, number of specimens upon agreement.

Length of the connection wire: as short as the equipment for producing the crimped connection and the microsection allows.

See Table 21.

Table 21 – Test group F2

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F2.1	Microsection	7.3.2		–	7.3.2
F2.2			Visual examination	-1-1 (1a)	7.1
F2.3			Examination of dimension and mass	-1-2 (1b)	7.2.1

8.3.3.4 Test group F3

8 type E specimens (type G specimens for splices). See Table 22.

Table 22 – Test group F3

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Test No.	
F3.1			Contact resistance	-2-1 (2a) or -2-2 (2b)	7.4.1
F3.2a ^a	Current loading cyclic	7.5.5 500 cycles		-9-5 (9e)	7.5.5
F3.2b ^a	Rapid change of temperature	7.5.2		11-4 (11d)	7.5.2
F3.3			Contact resistance	as F3.1	7.4.1
^a Test phase F3.2a and F3.2b are alternatives: F3.2a is for crimped connections of a cable harness, F3.2b is for crimped connections made with crimp contacts.					

8.3.3.5 Test group F4

16 type E specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 16$ type E specimens (type G specimens for splices). See Table 23.

Table 23 – Test group F4

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part no. (Test No.)	
F4.1			Contact resistance	-2-1 (2a) or -2-2 (2b)	7.4.1
F4.2	Rapid change of temperature	7.5.2		-11-4 (11d)	
F4.3	Climatic sequence	7.5.4		-11-1 (11a)	
F4.3-1	Dry heat	7.5.4		-11-9 (11i)	
F4.3-2	Damp heat, cyclic,	7.5.4 1 cycle		-11-12 (11m)	
F4.3-3	Cold	7.5.4		-11-10 (11j)	
F4.3-4	Damp heat, cyclic, remaining cycles	7.5.4 5 cycles ^a		-11-12 (11m)	
F4.4			Contact resistance	as F4.1	7.4.1

^a If the detail product specification assigns a climatic category whose third set of digits denoting the number of days of the damp heat, steady-state test is 21 instead of 56, the remaining cycles to perform is 1, based on the equivalence provided in 8.2.5 of IEC 60068-2-61:1991.

8.3.4 Testing of insulation grip effectiveness, test group F5

6 type C specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type C specimens for test phase F5.1. Alternatively:

6 type A specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type A specimens for test phase F5.2, alternative test, when specified by the detail product specification or upon agreement between manufacturer and user.

After the initial examination, all specimens of the specified type shall be subject to the relevant test in Table 24. A bending test according to 7.3.4 or 7.3.5, as applicable, may be performed instead of insulation grip effectiveness, IEC 60512-16-8, test 16h, when specified by the detail product specification or upon agreement between manufacturer and user.

Table 24 – Test group F5

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F5.1	Insulation grip effectiveness (crimped connections)	7.3.3		-16-8 (16h)	7.3.3
F5.2 (alternative)	Bending (crimped connections)	7.3.4 or 7.3.5		–	7.3.4 or 7.3.5

8.3.5 Testing of stability of splice crimped connections under bending

6 type H specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type H specimens.

After the initial examination, all specimens shall be subject to the following test in Table 25.

Table 25 – Test group F6

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F6.1	Bending (splice crimped connections)	7.3.6		–	7.3.6

8.3.6 Test group F7, if required

6 type E specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type E specimens (type G specimens for splices). See Table 26.

Table 26 – Test group F7

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F7.1			Contact resistance	-2-1 (2a) or -2-2 (2b)	7.4.1
F7.2	Flowing mixed gas corrosion	7.6.2			
F7.3			Contact resistance	-2-1 (2a) or -2-2 (2b)	7.4.1
F7.4			Visual examination	-1-1 (1a)	7.1

8.3.7 Test group F8, if required

6 type E specimens or, for a range of wire sizes, $n \times 6$ type E specimens (type G specimens for splices). See Table 27.

Table 27 – Test group F8

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F8.1	Current-carrying capacity test with temperature rise	7.4.3		-5-2 (5b)	7.4.3

8.3.8 Test group F9, if required

6 type E specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type E specimens (type G specimens for splices). See Table 28.

Table 28 – Test group F9

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F9.1	Vibration (sinusoidal)	7.3.7		-6-4 (6d)	7.3.7
F9.2			Contact disturbance	-2-5 (2e)	

8.3.9 Testing of crimped connections with pre-insulated crimp barrels

8.3.9.1 General

After the initial examination as defined in 8.3.2, 6 type D specimens or, for a range of wire sizes, 2 × 6 type D specimens (same number of type G specimens for pre-insulated splices) shall be subject to the tests according to 8.3.9.2 (test group F10 – Table 29) for dry heat testing.

Provided that the fluid resistance test 7.6.1 is required, additionally 6 type D specimens or, for a range of wire sizes, 2 × 6 type D specimens shall be initially examined and then be subject to the tests according to 8.3.9.3 (test group F11 – Table 30).

After the general examination, the 6 type F specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type F specimens (6 sets of separate parts) shall be subject to the tests according to 8.3.9.4 (test group F12 – Table 31).

8.3.9.2 Test group F10

6 type D specimens or, for a range of wire sizes, 2 × 6 type D specimens. Same number of type G specimens for splices. See Table 29.

Table 29 – Test group F10

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F10.1	Dry heat	7.5.3		-11-9 (11i)	
F10.2			Visual examination	-1-1 (1a)	
F10.3			Voltage proof of pre-insulated crimp barrels	-4-3 (4c)	7.4.2

8.3.9.3 Test group F11, if required

6 type D specimens or, for a range of n wire sizes, $n \times 6$ type D specimens. See Table 30.

Table 30 – Test group F11

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F11.1	Fluid resistance of pre-insulated crimp barrels	7.6.1		-19-1 (19a)	7.6.1
F11.2			Voltage proof of pre-insulated crimp barrels	-4-3 (4c)	7.4.2

8.3.9.4 Test group F12

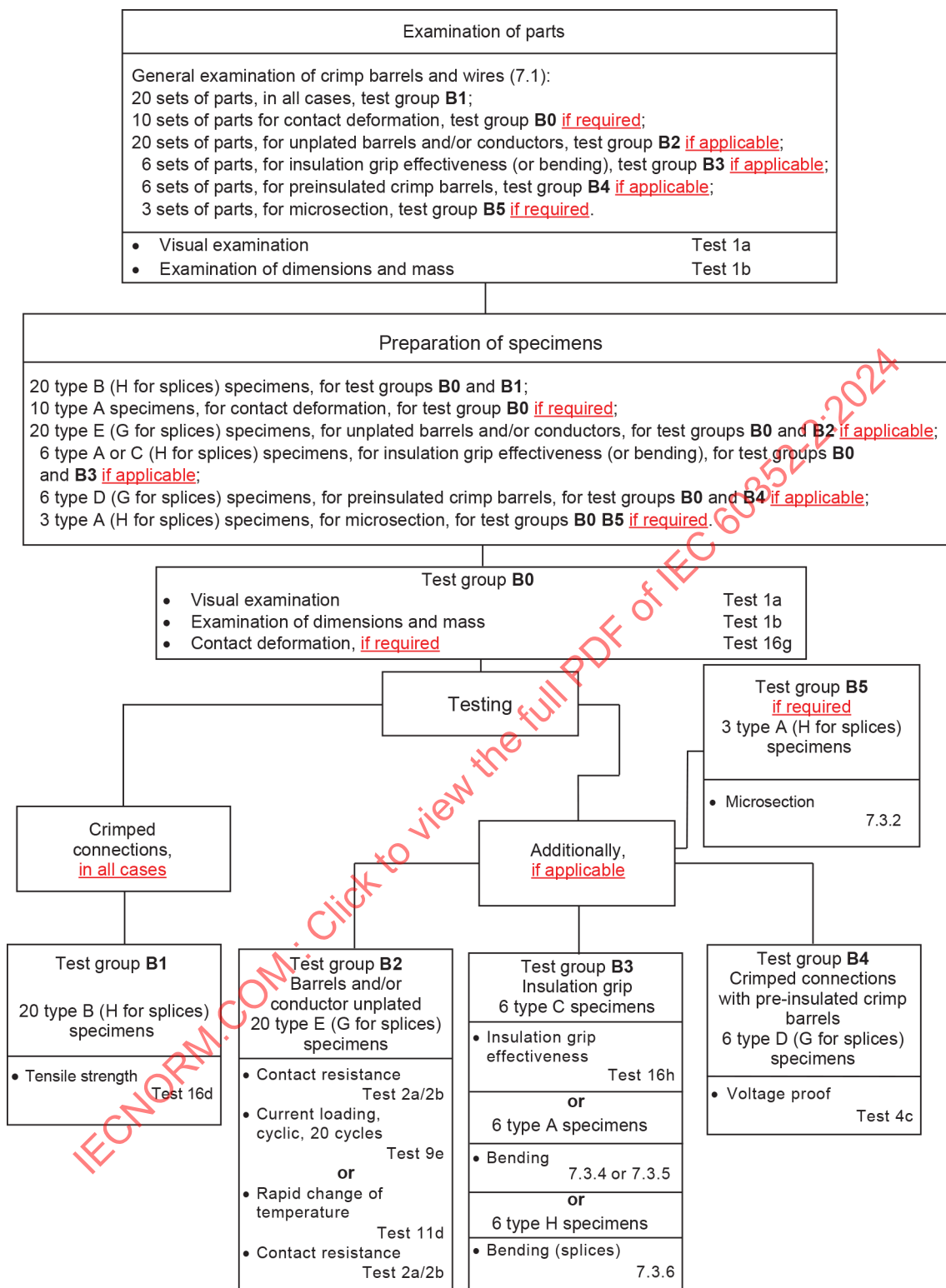
6 type F specimens or, for a range of wire sizes, 2 × 6 type F specimens. See Table 31.

Table 31 – Test group F12

Test phase	Test		Measurement to be performed		Requirement
	Title	Severity or condition of test	Title	IEC 60512 Part No. (Test No.)	
F12.1	Crimping at low temperature	7.5.6			
F12.2			Visual examination	-1-1 (1a)	7.1
F12.3			Voltage proof of pre-insulated crimp barrels	-4-3 (4c)	7.4.2

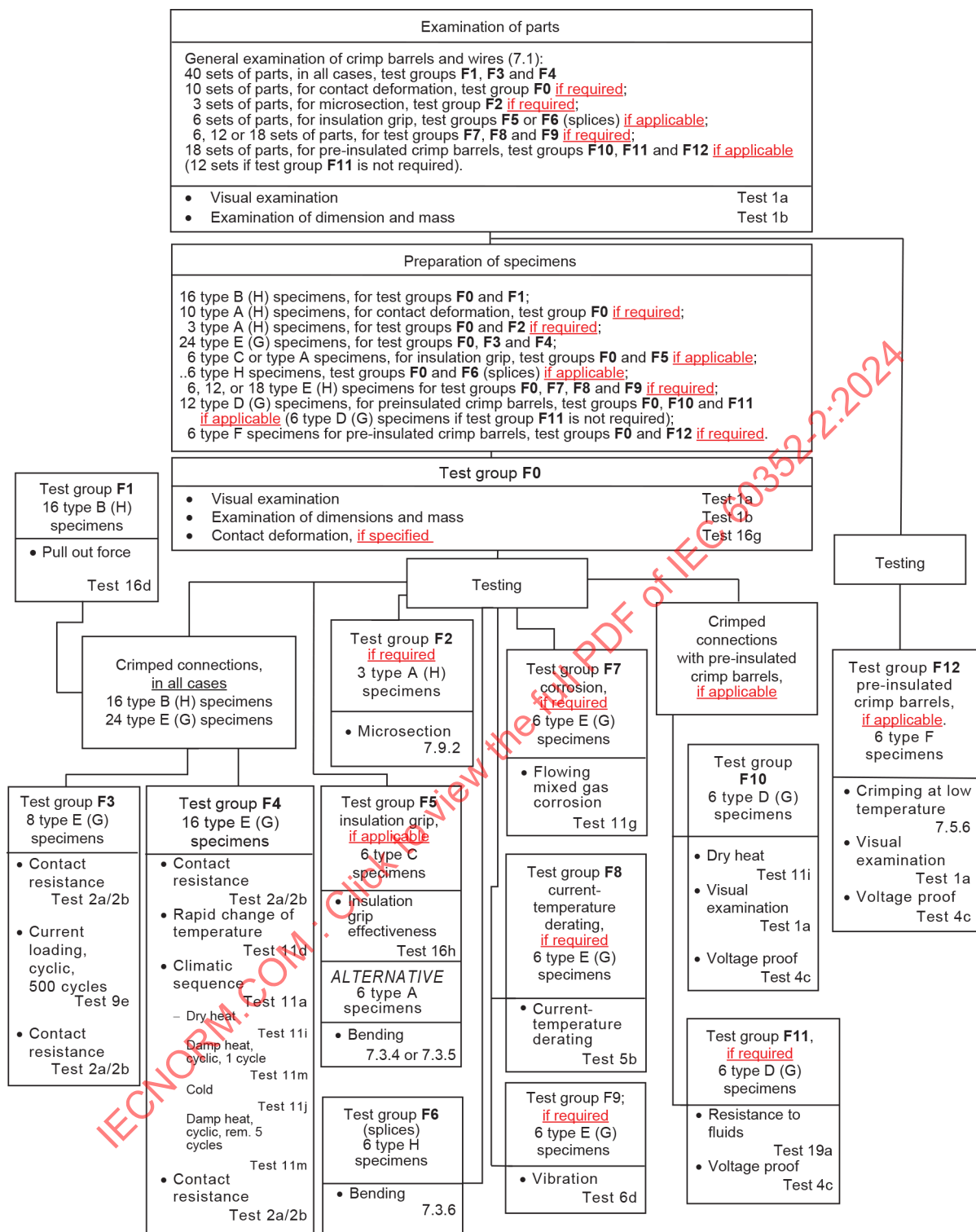
8.4 Flow charts

For quick orientation, the basic test schedule detailed in 8.2 and the full test schedule detailed in 8.3 are repeated as flow charts in a simplified manner in Figure 57 and Figure 58, respectively.



IEC

Figure 57 – Basic test schedule (see 8.2)



IEC

Figure 58 – Full test schedule (see 8.3)

Annex A (informative)

Practical guidance

A.1 General information on crimped connections

A.1.1 General

This practical guidance applies to crimped connections made with stranded copper conductors produced by crimping tools (fully-automatic, semi-automatic crimping machines or hand-operated crimping tools). Solid copper conductors or conductors made of other materials (aluminium, steel, etc.) often require special care regarding the crimp barrels (of contacts) and the crimping tools, which should be agreed with the manufacturer.

This practical guidance may be used as a benchmark to assess the workmanship required in Clause 4.

All figures and minimum values provided in the following are based on industrial experience. Crimped connections that observe these values are considered made with good workmanship. However, good crimped connections can be made also outside these minimum values, provided that all the requirements provided in this document are met.

A.1.2 Advantages of crimped connections

A connection made by crimp technique is a non-releasable electrical connection between one or more conductors with a crimp barrel (of a contact) of any shape. Good electrical connection is achieved by exact matching of crimping dies, crimp barrels and the conductors' cross-section by pressure deformation and reshaping of the barrel.

The advantages are as follows:

- efficient processing of connections at each production level;
- processing by fully-automatic or semi-automatic crimping machines, or with hand-operated tools;
- no cold-soldered joints;
- no degradation of the spring characteristic of female contacts by the soldering temperature;
- no health risk from heavy metal and flux steam;
- preservation of conductor flexibility behind the crimped connection;
- no burnt, discoloured and overheated wire insulation;
- good connections with reproducible electrical and mechanical performances;
- easy production control.

A.1.3 Current-carrying capacity considerations

In general, in a crimped connection made in accordance with this document, the total area of contact in the crimping zone between the conductor outer surface and the crimp barrel inner surface should be larger than the cross-sectional area of the wire used.

The barrel of the crimp contact, terminal end or splice is designed to ensure, upon correct crimping, the current-carrying capacity declared by the manufacturer in the specified condition of use.

The current-carrying capacity can be influenced by:

- ambient temperature;
- contact material;
- surface finish of the contact;
- cross-sectional area of the conductor;
- surface finish of the conductor;
- number of positions in a multipole connector;
- pitch (spacing) of a multipole connector.

A.2 Tool information

The following list includes guidance and recommendations about crimping tools.

- a) The manufacturer of a crimped connection (user of a crimp barrel) is responsible for ensuring that the connection complies with the requirements of this document, particularly when using a crimping tool other than that or those recommended by the barrel manufacturer.
- b) Tools should operate and correctly form the crimp without damaging the barrel or the component to be crimped.

NOTE Bending of crimp contacts, terminal ends or splice crimp barrels due to unevenly applied or excessive crimping pressure and the resulting deformations (e.g. burr formation, poor crimp compression ratio, deflection in the crimping zone, uneven crimping depth around the circumference) can either impair regular contact retention in insert or affect uniform terminal retention in service.

- c) In order to achieve a good reliable crimped connection, a crimping tool or machine that performs a full crimping cycle with positive locking is necessary. On completion of the full crimping cycle, the handles and dies or indenters automatically return to the fully open position. Fully-automatic and semi-automatic crimping machines complete the full crimping cycle automatically.
- d) The crimping process should be carried out in one step in any case. There should be no rework in additional steps.
- e) Removable parts of the tool, such as crimping dies and location devices (crimping tool locators or positioners), should be designed so that they can only be fitted into the tool in the correct manner.
- f) Tools should be provided with means for the proper location of crimp barrels and wires during the crimping operation.
- g) Tools should be designed so that only the necessary adjustments can be made.
- h) The action of the tool should be such that both the crimp barrel and the insulation grip (if any) are crimped or compressed, respectively, in one operation.
- i) The tool design should ensure that the dies for a particular tool are interchangeable (fit) in other tools of that type. Where they are not interchangeable, they should be marked to identify the tool for which they are suitable.
- j) Tools may be designed to produce a die marking or coding upon the crimp barrel, so that an inspection after crimping is possible in order to verify the correct application.
- k) The tool design should allow gauging of the dies to assess wear. The gauging method should be as specified by the tool manufacturer.

A.3 Crimp barrel information

A.3.1 General

A.3.1.1 Open crimp barrels, with or without insulation grip

These are crimp barrels of contacts which are U- or V-shaped before crimping. The contacts are usually delivered in strip form (length or side feed) on reels for fully- or semi-automatic crimping machines. During the crimping process, the crimped contact will be separated from the strip. For low production rates and repair, these contacts can also be delivered in loose piece form for hand crimping tools. The characteristic of contacts with open crimp barrel and insulation grip is a second barrel, which is also reshaped during the crimping process and which secures the end of the wire insulation.

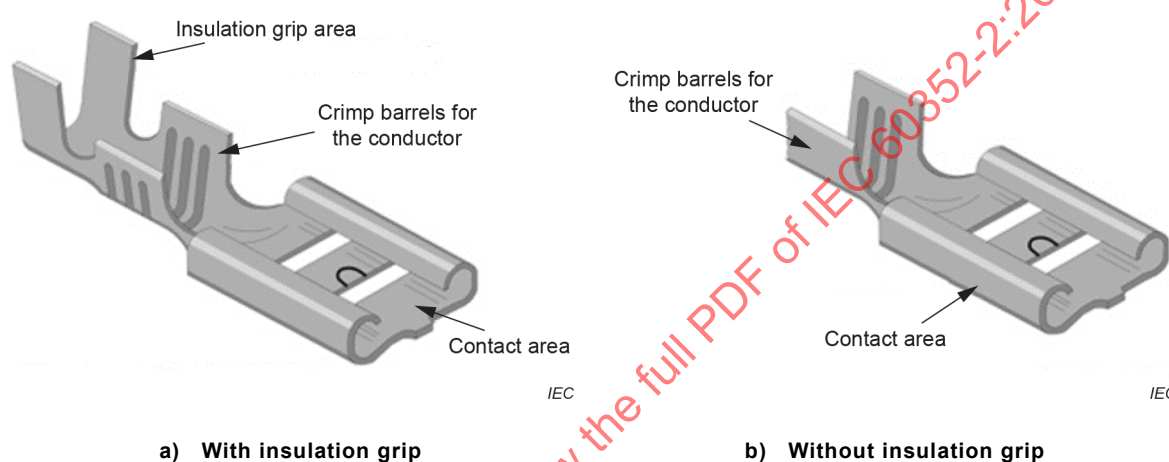


Figure A.1 – Open crimp barrels

The basic function of the insulation grip is to absorb mechanical stress like vibration or bending from the crimped connection. Contacts with insulation grip are the most commonly used in practice. Figure A.1 shows typical open crimp barrels with and without insulation grips.

A.3.1.2 Closed crimp barrels, either uninsulated, with or without insulation grip, or pre-insulated, with or without insulation grip

These are crimp barrels of contacts, terminal ends or splices with a closed shape before crimping, which are stamped and formed, deep-drawn, manufactured out of tubing, or machined. Pre-insulated barrels usually have an insulation sleeve made of polyvinyl chloride, polyamide, etc.

It is recommended to use crimp barrels with an input funnel so as to:

- avoid damage to the conductor;
- ease insertion of the conductor.

Terminal ends, contacts and splices having closed crimp barrel usually are loose-piece products, but there are also products in strip form (tape-mounted, etc.) on the market.

Figure A.2 shows typical closed crimp barrels with and without insulation sleeves.

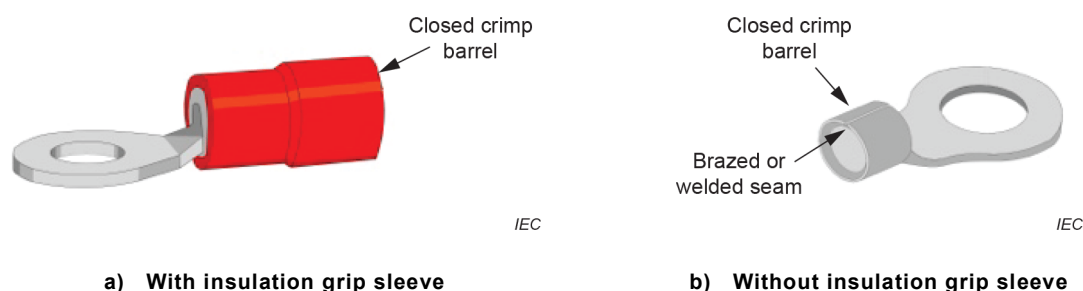


Figure A.2 – Closed crimp barrels

A.3.2 Materials

In addition to the crimp barrel materials specified in 5.1, other materials of suitable characteristics may be used, for example nickel, steel, stainless steel.

Materials with a high resistivity coefficient (K values, see 7.4.1) are not suitable for certain applications.

In these cases, the full test schedule of 8.3 should be applied (see 6.1).

A.3.3 Surface finishes

Crimp barrels unplated or plated with materials specified in 5.3 are commonly used. Other plating materials, such as nickel, may be used provided their suitability has been proven.

In these cases, the full test schedule of 8.3 should be applied (see 6.1).

A.3.4 Shapes of crimped connections

A.3.4.1 General

There are different crimping shapes in use, some of which are shown in the figures and cross-sections given in Figure A.3 to Figure A.7.

During the crimping operation, the crimp barrel is deformed from its original cross-section, and it may be additionally deformed along its longitudinal axis. The relevant dimensions may change due to the deformation. It may be necessary to limit the increase in dimensions if the crimped connection is deemed to be accommodated in a limited space, for example in a cavity of a component.

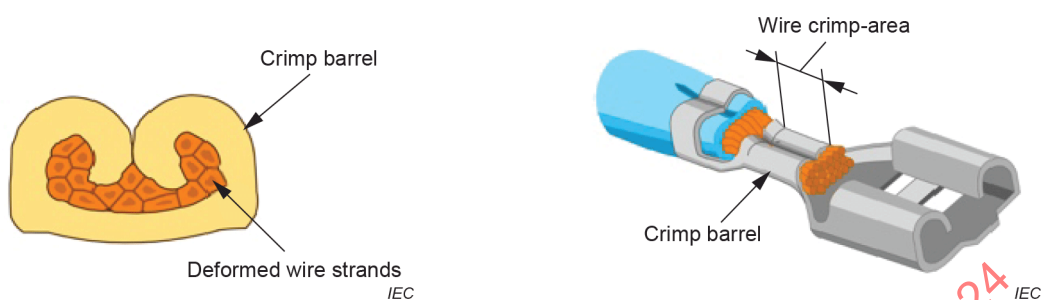
For the correct insertion and retention in the cavity of a contact chamber of a connector for removable crimp contacts, the dimensions of the crimped connection (conductor and contact's crimp barrel) should be verified to be in conformance with the requirements of the connector's product detail specification or manufacturer's specification.

NOTE The conformance of the crimping shape is usually verified in the connector's product detail specification or manufacturer's specification by one or more of the following tests (with relevant requirements):

- measurement of contact deformation after crimping, test 16g of IEC 60512-16-7 (which is also covered in this document);
- contact retention in insert, test 15a of IEC 60512-15-1;
- contact retention in insert, cable nutation, test 15e of IEC 60512-15-5;
- mechanical operation, test 9a of IEC 60512-9-1.

A.3.4.2 Shapes of crimped connections made with contacts having open crimp barrels

See Figure A.3 and Figure A.4.



Crimping shape used preferably for crimped connections with the mating area in the wire axis.

Figure A.3 – Crimping shape in the wire axis

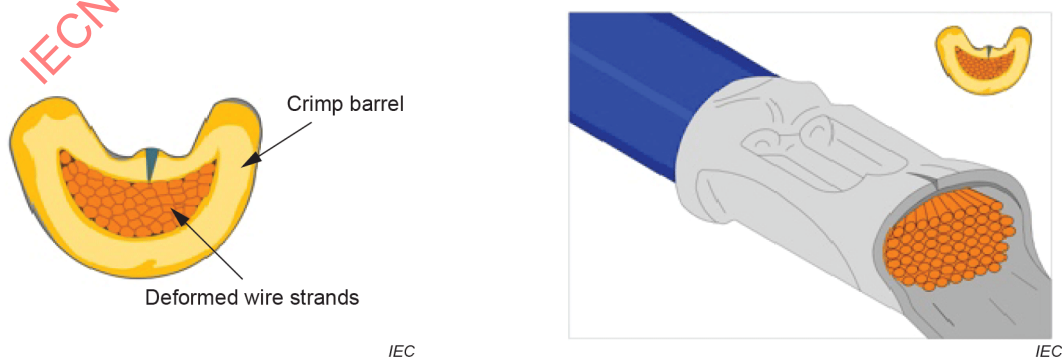


Crimping shape used preferably for crimp connections with the mating area angled 90° to the wire axis.

Figure A.4 – Crimping shape 90° angled to the wire axis

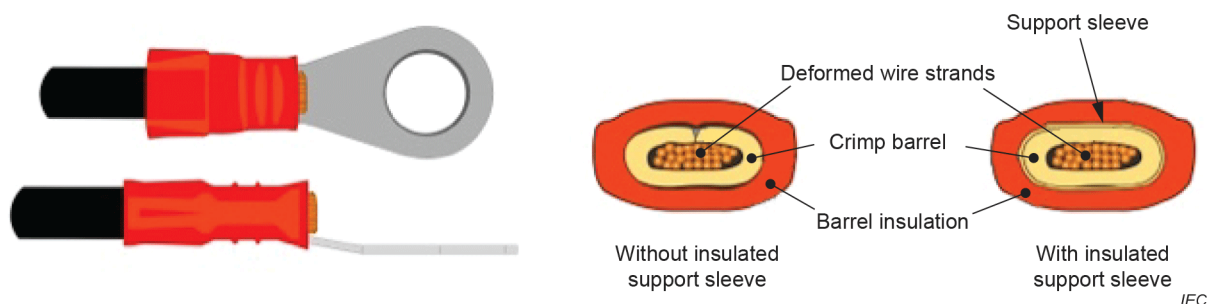
A.3.4.3 Shapes of crimped connections made with terminal ends or contacts having closed crimp barrels

See Figure A.5 and Figure A.6.



Crimping shape used preferably for crimped connections without insulation grip.

Figure A.5 – Crimping shape without insulation grip

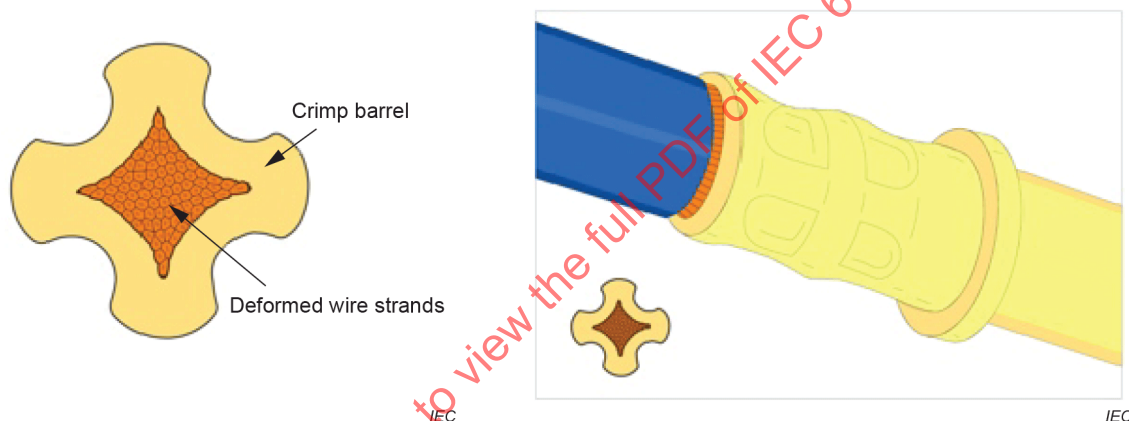


Crimping shape used preferably for crimped connections with pre-insulated crimp barrel.

Figure A.6 – Crimping shape with pre-insulated crimp barrel

A.3.4.4 Shapes of crimped connections made with contacts having closed crimp barrels

See Figure A.7.



Crimping shape used preferably for crimped connections without pre-insulated crimp barrel.

NOTE Contacts are available having a second barrel, which grips the end of the wire insulation.

Figure A.7 – Crimping shape without pre-insulated crimp barrel

A.4 Wire information

A.4.1 General

Stranded wires (class 2, class 5 or class 6 as defined in IEC 60228) are normally used for crimped connections (see 5.4).

Solid round conductors of 0,25 mm to 3,6 mm diameter (class 1 as defined in IEC 60228) can be used provided their suitability has been proven.

Crimped connections using wires with solid round conductors should be tested to, and meet the requirements of, the full test schedule of 8.3 (see also 6.1). Figure A.8 shows in cross-section crimped connections with different barrel type and shape employing solid round conductors.

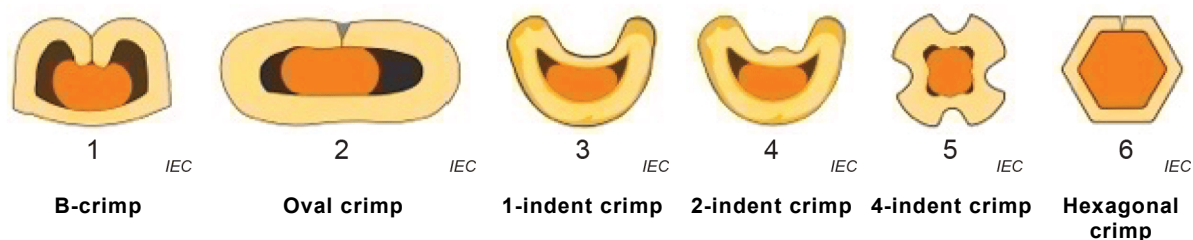


Figure A.8 – Crimped connections using solid round conductors

Stranded wire conductors should not be twisted after stripping: only a light compaction to restore the stranding structure, if necessary, is allowed.

Stranded conductors should not be soldered or dip tinned in that part which is intended to be crimped and, after crimping, no additional soldering should take place. Any subsequent soldering, if required at the end of the wire crimping area of the crimp contact (conductor overhang), should be specified in the product detail specification or the manufacturer's specification.

A.4.2 Conductor materials

5.4.2 requires conductors to be made of annealed copper for crimped connections.

The following additional conductor materials may be used:

- copper alloys, e.g. brass, bronze;
- nickel alloys;
- thermocouple alloys, e.g. iron, constantan, chromel, alumel.

In these cases, the full test schedule of 8.3 should be applied (see also 6.1).

A.4.3 Conductor surface finishes

5.4.4 requires the use of unplated conductors or conductors finished with tin, tin-alloy or silver.

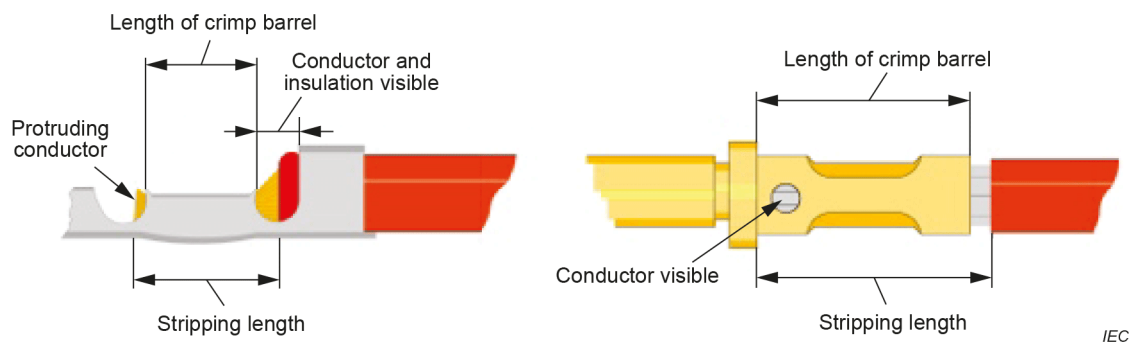
5.3.3 allows the use of other plating materials, such as nickel (unless used as under-plate), provided their suitability has been proven by the full test schedule of 8.3 (see 6.1).

A.4.4 Wire stripping information

5.4.6 requires the correct stripping of the wire in order to obtain a good and stable crimped connection, i.e. the required stripping length which depends on the type and size of the crimp barrel used, according to the manufacturer's instructions. In their absence, see Figure A.9.

After crimping:

- the conductor (strands) should be visible between the crimp barrel and the insulation grip;
- the end of the crimped conductor should protrude out of the front end of the crimp barrel. The mating or termination area should not be hindered.



NOTE As rule of thumb: stripping length is length of crimp barrel plus 1 mm (up to 1 mm²);
length of crimp barrel plus 2 mm (up to 10 mm²).

Figure A.9 – Stripping length

If the wire structure is disturbed or splayed by stripping (e.g. spreading of individual strands), the structure may be brought back to its original stranding structure by light pressure and slight twist (excess twisting not allowed as it would compromise the quality of the crimp, see Table A.2 g).

Any bare metal surfaces should be handled with gloves to avoid the growth of tarnish (on silver plating) or oxide layers.

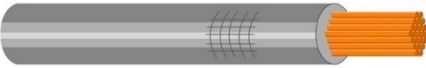
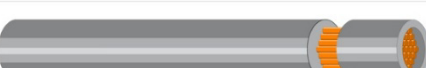
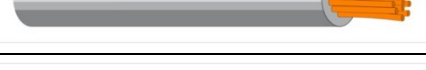
Correctly stripped wires with stranded conductors are shown in Table A.1, The condition of the stripped wires identified with "PID" (process indicator) is acceptable, but the process should be controlled and adjusted.

To avoid damaging the conductor during stripping, the knife blades of the stripping tools should be adapted according to the seemingly apparent (relative) conductor diameter and the thickness of insulation.

Table A.2 shows some examples of stripping faults, which should be avoided. They are often caused by:

- inappropriate handling;
- incorrect adjustment of the stripping tool;
- damaged stripping blades of the stripping tool;
- use of an unsuitable stripping tool for the corresponding wire conductor or its insulating material (possible stripping techniques being mechanical, thermal, laser, etc.).

Table A.1 – Stripping of stranded conductors (good to sufficient requirements)

Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		The insulation is rectangular, without damage, without burr	Good
b)		Strands straightened (e.g. by fast automatic stripping) from natural lay of strands, but tight	Good
c)		Indents on the wire insulation caused by the stripping tool which do not damage the insulation are permitted	Good
d)		Stripping is at right angles, without damage (partial stripping)	Good
e)		Fanning out of individual strands, at intervals greater than 1 strand diameter, but not protruding beyond the envelope	PID
f)		Compression of individual strands, but not beyond the envelope	PID
g)		Compression of individual strands, at intervals greater than 1 strand diameter, but not exceeding the envelope	PID

NOTE For practical reasons the lay of strands is graphically represented as non-existent whereas, for constructional reasons, conductors in wires are provided with a natural lay of strands that can be restored by a slight twist.

Table A.2 – Stripping of stranded conductors (faults or conditions according to Table 1)

Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		Blunt stripping blades or incorrect distance between the blades: insulation cut incorrectly	Fault
b)		Blunt stripping blades: insulation cut incorrectly	Fault
c)		Distance between stripping blades too small: strands damaged (scraped, nicked) or severed	Table 1
d)		Stripping blades either blunt or not correctly adjusted: particles of insulation left on the stripped part of the wire	Fault
e)		The grip of the stripping tool is damaged or there are metal shavings within the grip: insulation is damaged	Fault
f)		Inappropriate handling of stripped wire; fanning of individual strands, at a distance greater than the strand diameter, protruding beyond the envelope: strands untwisted and wire bundle splayed	Fault
g)		Strands are over-twisted: the distribution of strands within the crimp barrel is not assured (increase of wire cross-section)	Fault
h)		The thermal stripping process has burnt or charred the wire insulation	Fault
i)		The wall thickness of the wire insulation is reduced by more than 20 % at any point	Fault

In case of effects according to Table 1, the process should be checked and readjusted.

A.5 Crimped connection information

A.5.1 General

In order to achieve a good, reliable crimped connection, and to meet all the electrical and mechanical requirements, the following details should be specified by the manufacturer:

- assignment of possible conductor cross-sections;
- shape of the crimp barrel (thickness, length, U-contour, etc.);
- crimping profile (crimping width);
- crimp height (or depth of crimp);
- shape of the insulation grip (if the crimp profile on the tool is exchangeable or adjustable).

A.5.2 Additional information

In order to produce good crimped connections, with reference to Table A.3, Table A.4, Table A.6, Table A.7 and Table A.8, the following apply.

- a) No twisting but a light pressure, to restore the natural strand structure, should be performed.
- b) The wire should be correctly located in the crimp barrel.
- c) The crimp indents should be correctly located on the crimp barrel.
- d) There should be a sufficient, but not too great a distance between the end of the wire insulation and the crimp barrel – see item "5" in Table A.3, references b), e), l), and m).

The manufacturer's instructions regarding this distance should be followed.

- e) To permit inspection, the conductor (strands) should be visible at both ends of the crimped part of an open crimp barrel.
- f) When open crimp barrels with insulation grip are used, the insulation of the wire should be visible in the gap between the insulation grip and the crimped part of the barrel (see Table A.6 b)).
- g) When closed crimp barrels having an inspection hole are used, the crimped conductor (strands) should be visible in the hole.
- h) When the crimping operation is carried out under field conditions, care should be taken that the surfaces of the crimp barrels and the conductors are clean.
- i) Strands of the stripped wires are all completely in the wire crimping zone

Defective crimped connections made with closed crimped barrels shown in Table A.3, references f) through m), should be avoided and they are not suitable for use.

Defective crimped connections made with open crimp barrels shown in Table A.4, references f) through l), should be avoided and they are not suitable for use.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60352-2:2024

Table A.3 – Condition of closed machined crimp barrels

Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		Centred crimp (1), wires visible in test window (2), wires reach up to barrel bottom (3)	Good
b)		Conductor-insulation distance (5) touches the insulation barrel bottom (6)	Good
c)		Conductor stripping length (2) is equal to length (1) plus value from Table 7	Good
d)		Strands ends (9) are still visible in inspection hole (2)	PID
e)		Conductor-insulation distance (5) does not touch the insulation barrel bottom (6)	PID
f)		Crimp at end (1), wires visible in test window (2), barrel end (4) damaged	Fault
g)		Wires reach up to the barrel wall (3), crimping too close to the test hole (1 and 2)	Fault
h)		Crimping process was performed several times (7)	Fault
h)		Wire insulation (5) is visible outside the insulation barrel (6)	Fault
i)		Crack (8) in the crimp barrel	Fault
j)		Wire insulation (10) visible in inspection hole (2)	Fault
k)		No strands (11) visible in inspection hole (2)	Fault
l)		Conductor-insulation distance (5) too large	Fault
m)		Conductor-insulation distance (5) too small	Fault

Table A.4 – Condition of open crimp barrels (B-crimp)

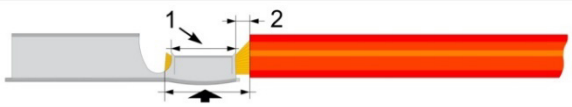
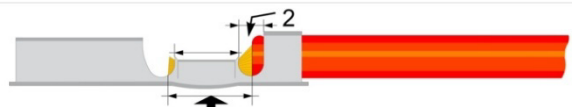
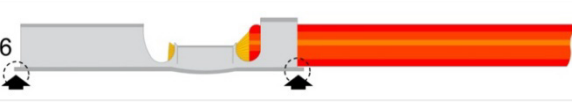
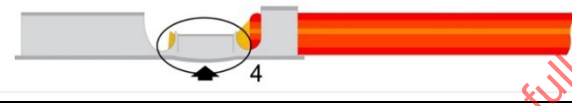
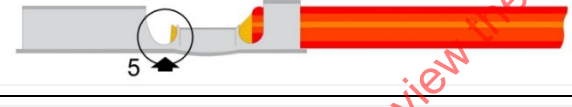
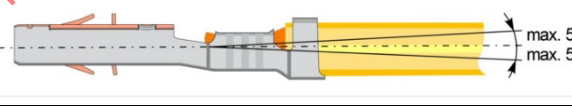
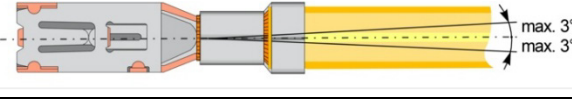
Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		B-crimp barrel without insulation grip Insulation distance (2): see Table 7	Good
b)		B-crimp barrel with insulation grip Insulation distance (2): half of test window	Good
c)		Conductor overhang (3) at the end of the crimping zone: Table 7	Good
d)		Punch residue (6) is present maximum half of material thickness	Good
e)		Input funnel (8) at the crimping zone: see Table 11	Good
f)		Bending or burr formation (4) in the crimping zone	Fault
g)		Deformation in transition, transition (5) from crimping zone to contact area	Fault
h)		Burr formation at the punching rest (7) is larger than 0,03 mm	Fault
i)		Wires outside (9) the crimping zone, or inside (10) the insulation grip	Fault
j)		Torsion of crimping zone to contact area is greater than 10°	Fault
k)		Vertical longitudinal bend is greater than 5° (side view)	Fault
l)		Horizontal longitudinal bend is greater than 3° (top view)	Fault

Table A.5 provides the minimum dimension and tolerance for the input funnel on a B-crimping zone for various cross-sectional areas. Table A.5 applies in the absence of information available in the manufacturer's specification.

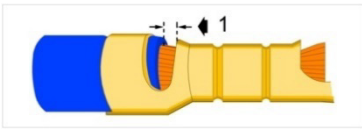
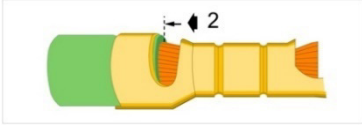
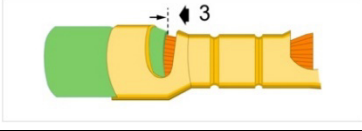
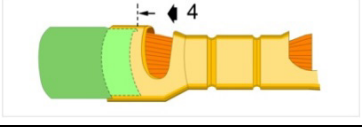
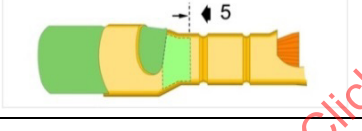
Table A.6 shows various wire locations in the crimp and defines recommended conditions.

Table A.5 – Minimum dimensions and tolerances for input funnel on a B-crimping zone

Cross-sectional area, S (mm ²)	$0,03 < S \leq 0,35$	$0,35 < S \leq 1$	$1 < S \leq 2,5$	$2,5 < S \leq 6$	$6 < S \leq 25^a$
Input funnel (mm)	$0,25 \pm 0,15$	$0,3 \pm 0,15$	$0,4 \pm 0,2$	$0,6 \pm 0,3$	$1 \pm 0,5$

^a Input funnel minimum dimension for cross-sectional area $S > 10 \text{ mm}^2$ is provided for information only, as outside the scope of this document.

Table A.6 – Condition of position of wire insulation in the insulation grip

Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		The wire insulation is located in the centre of the test window (1)	Good
b)		The wire insulation extends slightly beyond the insulation grip edges (2)	PID
c)		The wire insulation reaches almost to the crimping zone (3), the individual wires are still visible	PID
d)		The wire insulation does not reach the test window (4)	Fault
e)		The wire insulation is located in the crimping zone (5)	Fault

The wire insulation should not be in direct contact with the input funnel of the crimping zone.

A.5.3 Crimped connections made with more than one wire in a crimp barrel

Normally, crimped connections are made with one wire in a crimp barrel; in some industries, the use of more than one wire is deprecated. Where crimped connections are made with more than one wire in a crimp barrel, attention should be paid to:

- the suitability of the wire combinations;
- the compatibility of the crimping part of the crimp barrel, the conductors to be crimped, and the crimping tool;
- the compatibility of the insulation grip, the wires to be secured, and that part of the crimping tool which forms the insulation grip, if applicable;
- the pull-out force requirements of the crimped connection.

In a crimped connection made with more than one wire in a crimp barrel, the conductor with the smallest individual strands diameter should be placed at the bottom of the crimped connection. See Table A.14, reference a), figures on the centre and right (albeit therein related to the relevant insulation grip).

Where two or more wires are crimped, the mechanical and electrical tests should be performed on each wire in accordance with its requirements.

Crimped connections made with more than one wire in a crimp barrel should be tested to, and meet the requirements of, the full test schedule of 8.3.

If sealed connectors are used (single wire seals – SWS – with sealing at the wire entry side), only one wire in the wire barrel is recommended.

A.5.4 Dimensions after crimping

The workmanship of the crimped connection should be good. The crimp barrel should not be bent, twisted or deformed by the crimping operation in a way likely to give rise to doubts about the quality of the connection and, if applicable, about the correct retention of the crimped contact in the connector insert cavity (see 7.2.2 and A.12.1).

A.5.5 Conductor and crimp barrel materials and finishes selection

Care should be taken when selecting the materials and finishes for conductors and crimp barrels to ensure that they are as close as practicable in the electrogalvanic series of metals.

The quality of a crimped connection depends to a high degree on the condition of the surface materials and the quality of both the barrel and the conductor.

In general practice, it is desirable to have comparable deformation in both the conductor and the crimp barrel. This may be facilitated by avoiding combinations of very hard and very soft base materials.

A.6 Crimping process

A.6.1 Crimping of contacts with open crimp barrel

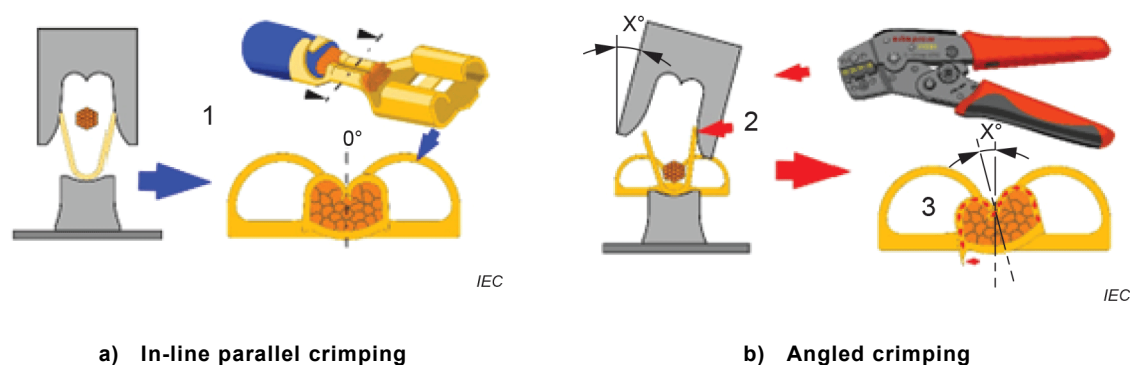
Contacts in strip form (side or length feed products) are usually delivered on reels. These contacts should be processed by fully- or semi-automatic crimping machines.

A.6.2 Crimping of contacts with open crimp barrel, loose piece contacts

For small production quantities or repair, contacts can be ordered in loose form. These contacts are produced by the contact manufacturer from strip form types and the cut-off tabs have the correct length. The open crimp barrel, as well as the barrel for the insulation grip, is often preformed for better crimping with hand-operated tools.

WARNING – It is not recommended to make loose piece contacts by cutting with pliers from strip form products; usually contacts in strip form and loose piece types have different part numbers.

Figure A.10 shows the difference between the crimping of open crimp barrel with a tool, usually a machine, providing parallel (in-line) processing and the crimping of the same open crimp barrel with a hand crimping tool, which – adopting an angled crimping process – introduces an offset.



Key

- 1 in-line parallel crimping on open crimp barrel contacts supplied in strip, with automatic crimping tool: simultaneous contact of the crimp flanks on the legs of the heart-shaped crimping die.
- 2 angled crimping on open crimp barrel loose piece contact derived from a strip, with hand crimping tool: one crimp flank touches first a leg of the crimping die, the crimping zone bends, material flow occurs leading to asymmetry of the crimp flanks.
- 3 material flow.

Figure A.10 – Example of parallel (in-line) process crimping and angled crimping process

A.6.3 Processing instruction

For the processing of crimp contacts, attention should be paid to the manufacturer's instructions. These should include the following information:

- workmanship;
- allocation of contacts to the crimp profile of the hand-operated crimping tool (with more than one crimp profile);
- wire range for which the crimp barrel can be used;
- range of wire insulation diameters appropriate for the contact;
- positioning of the contact into the crimping profile of the hand-operated tool;
- stripping length of the wire;
- information about crimp height or depth for 4- or 8-indent crimps used for closed crimp barrels;
- inspection procedure for the crimping tool;
- maintenance of the crimping tool;
- for adjustable tools used by machines (crimp applicators), tool information with the required tool settings per cross-sectional area and reference patterns for the necessary regular checking.

Figure A.11 shows the crimping process of an open crimp barrel.

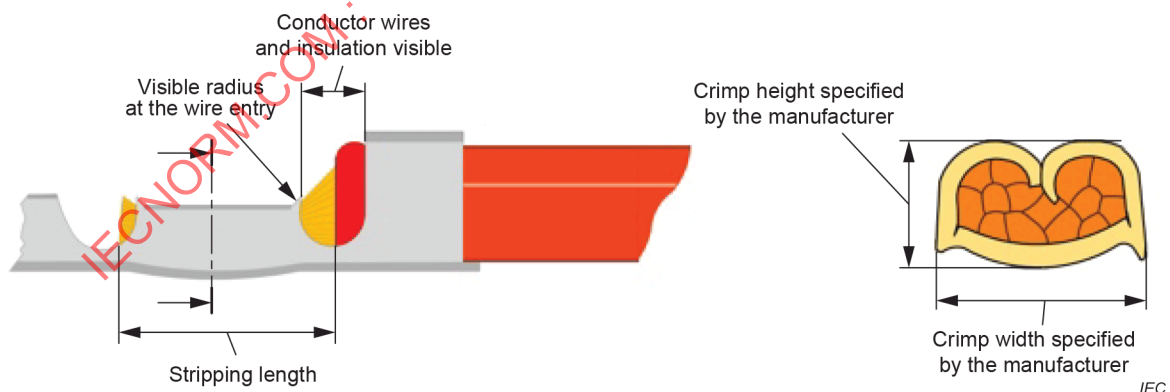
1		Crimp indenter (top) Stripped wire in or above the conductor crimp barrel Open crimp barrel with chamfered barrel wings Crimp anvil (bottom)	5		The tips of the wings gather the wire strands as they slide around the crimp indenter
2		The crimp indenter reaches the tips of the barrel wings	6		The tips close with all the wire strands gathered into the crimp barrel
3		Better guidance of the crimp barrel in the crimp indenter (upper part) by the chamfered barrel wings	7		Porosity is progressively reduced and deformation (compaction) of wire strands starts
4		The barrel wings slide, guided by the crimp indenter to embrace all wire strands	8		The specified crimping height is reached, the crimping tool will open and the crimped connection is completed

Figure A.11 – Crimping process of an open crimp barrel (B-crimp)

A.7 Correct crimped connections (additional information)

A.7.1 Correct crimped connections of contacts with open crimp barrel

Figure A.12 shows the side view and cross-section of the crimp area of a correctly crimped connection on a contact with open crimp barrel.



NOTE As rule of thumb: stripping length is length of crimp barrel plus 1 mm (up to 1 mm²);
length of crimp barrel plus 2 mm (up to 10 mm²).

Figure A.12 – Correct crimped connections of contacts with open crimp barrel

To achieve the result shown in Figure A.12, attention should be paid to the following:

- the relation between the conductor cross-section and the wire range of the crimp barrel used is correct;
- the specified crimp height is respected;

- the conductor strands and wire insulation are visible between the crimped barrel and the insulation grip;
- a radius is provided on the input side of the crimp barrel (input funnel), to prevent damage to the conductor strands; an output funnel is possible, but not required;
- the end of the crimped conductor protrudes from the end of the crimp barrel. The mating or termination area should not be hindered;
- the wire insulation grip is correct;
- crimped contacts without insulation grip have a sufficient, but not too large distance, between the end of the wire insulation and the crimp barrel.

A.7.2 Measuring of crimp height or depth

A.7.2.1 General

For a non-destructive test of crimped connections, the specified crimp height should be monitored by a micrometre during the course of production. The crimp height is directly associated with the quality and the long-term stability of a crimped connection; consequently, the electrical characteristics and the mechanical strength of the crimped connection are directly affected.

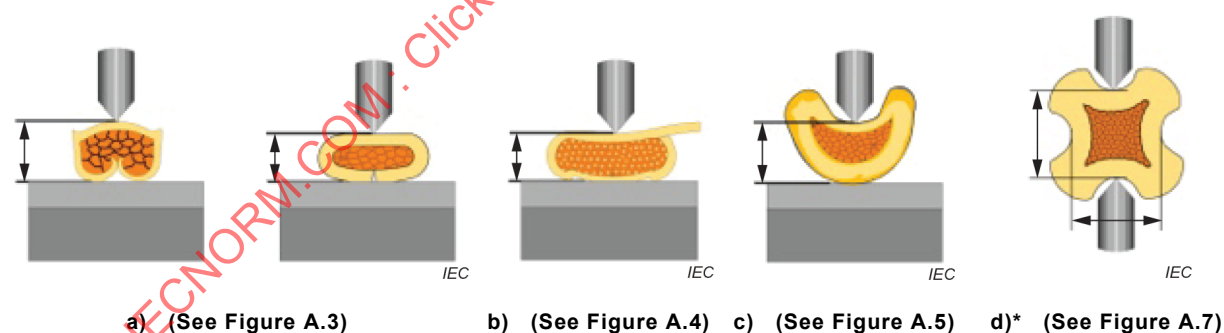
The replacement of worn parts within the crimping tool requires new adjustment of the crimp height.

The values for crimp heights or depths should be provided by the manufacturer.

A.7.2.2 Measuring instructions

The crimp height or depth of hand-operated crimping tools may be monitored by gauges. The tool manufacturer's instructions should be followed.

For examples of the measurement of crimp height or depth, see Figure A.13.



* For the measurement of this crimped connection, a micrometre with two test tips should be used.

Figure A.13 – Measuring instructions

A.7.2.3 Crimp height measuring procedure

Figure A.14 shows how to measure the crimp height of a type a) crimped connection shown in Figure A.13.

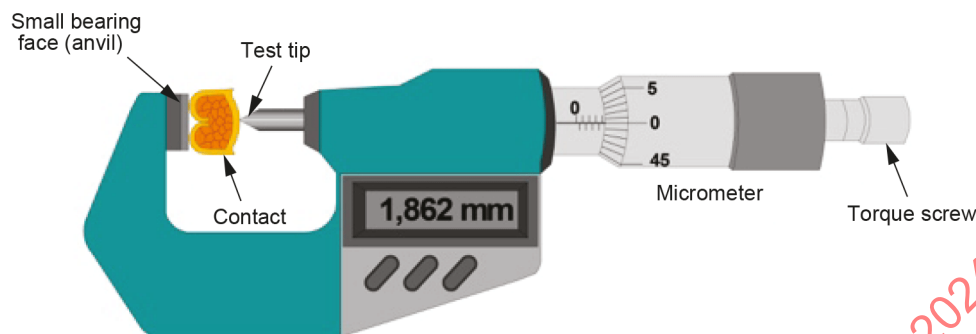


Figure A.14 – Crimp height measuring procedure

The formed area of the crimped connection should be placed on the anvil of the micrometre. After that, the scale barrel is turned until the test tip nearly touches the base of the crimped barrel. By turning the ratchet, the test tip will be put in contact with the base of the crimped barrel until the ratchet overwinds. This procedure guarantees that the crimp height is always measured with the same pressure. The value is then read from the scale.

A.7.3 Pull-out force

A.7.3.1 General

The quality of a crimp joint depends on the mechanical strength of the joint as well as its electrical conductivity. The result of pull-out force test within an allowed range assures that the proper crimping force has been applied during the crimping process. This is crucial, as it is important that enough force is applied to break down the layer of non-conductive oxides that may build up on the stripped conductor strands and the plating on the inside of the terminal barrel. This is necessary to provide a good metal-to-metal contact and limit electrical resistance increase.

On the other hand, overcrimping a crimp termination will reduce the circular area of the conductor and thereby increase electrical resistance.

Crimp joint testing (commonly known as "pull testing") ensures the integrity of the final product but – more importantly – it ensures the effectiveness of the crimping tool itself, since it can be calibrated according to test results.

The pull-out force values of Table 5 are the minimum requirements covering safety aspects of crimped connections for general-purpose applications, once prerequisites for crimp barrel, wire, and tool, are met.

A more modern approach, based on the classification of the products for which the crimped connections are foreseen, may be agreed upon between the manufacturer of the crimp barrel (being part of a contact, a terminal end or a splice) and the end-user.

The optional method provided here makes use of the classification of target products into classes A, B and C provided in 5.1, from the general-purpose ones (class A, see A.7.3.2) to the more application-oriented ones (class B, pull-out force values depending on the used wire, see A.7.3.3) to the most specialized, high reliability applications (class C, the approach recommended for these is actually that to be used in the design phase of any new crimp barrel design).

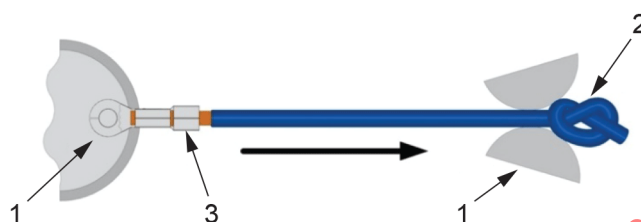
Moreover, specific requirements are provided in A.7.3.5 for testing the pull-out force of splice crimped connections.

A.7.3.2 Testing the pull-out force of crimped connections for class A products

The test should be carried out in accordance with test 16d of IEC 60512-16-4.

For this test, type C specimens should be used.

Figure A.15 shows a typical test arrangement.



Key

1 = fixing point

2 = node

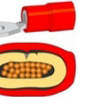
3 = insulation grip ineffective (the wire insulation is not present in the insulation grip area)

Figure A.15 – Pull-out force test for crimped connections with pull speed 50 mm/min

Based upon the type of crimp barrel (open, closed, machined or stamped), the type of copper conductor plating, if any, the possible presence of embossing grooves, the possible presence of pre-insulation, and the type of crimping, the minimum values of the pull-out force given in Table A.7 should apply for crimped connections deemed to be used in class A products.

NOTE The values of pull-out force given in Table A.7 are based upon a value of tensile strength of the annealed electrolytic copper conductors of $R_m = 200 \text{ N/mm}^2$.

Table A.7 – Pull-out force recommended minimum values for electrolytic copper conductors with tensile strength 200 N/mm² (e.g. according to EN 13602)

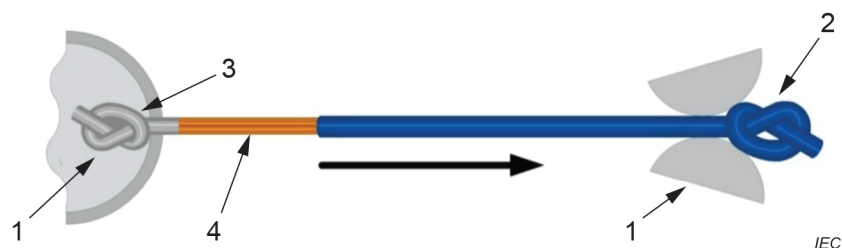
Conductor cross-section		Pull-out force N				
						
mm ²	AWG	I	II	III	V	VI
0,05	30	7	7,5	7,5	7	–
0,08	28	11	12	12	11	–
0,12	26	16,8	18	18	16,8	–
0,14		19,6	21	21	19,6	–
0,22	24	30,8	33	33	30,8	–
0,25		35	37,5	37,5	35	35
0,32	22	38,4	48	48	38,4	38,4
0,34		40,8	51	51	40,8	40,8
0,37		44,4	55,5	55,5	44,4	44,4
0,5	20	60	75	75	60	60
0,75		82,5	112,5	112,5	82,5	82,5
0,82	18	90,2	123	123	90,2	90,2
1		110	150	150	110	110
1,31	16	144	197	197	144	144
1,5		165	225	225	165	165
2,1	14	210	315	315	210	210
2,5		250	375	375	250	250
3,3	12	330	495	495	330	330
4		400	600	600	400	400
5,3	10	424	689	689	424	424
6		480	780	780	480	480
8,4	8	672	1 092	1 092	672	–
10		800	1 300	1 300	800	–

A.7.3.3 Determination of the pull-out force values of crimped connections for class B products

The material of the conductor, its plating (if any), its stranding (diameter of the individual strand and number of strands defining the actual (geometrical) conductor cross-sectional area) influence the intrinsic conductor's tensile strength.

For a more accurate quality assessment of the crimped connection, the intrinsic tensile strength values of the stranded conductor used are determined by the following method on a more reliable basis than the data in Table A.7, which are based on a standard conductor tensile strength (electrolytic copper with $R_m = 200 \text{ N/mm}^2$ or MPa). Figure A.16 shows a typical test arrangement.

This can be seen from the examples of tensile strength values of commercially available stranded conductors given in Table A.8 (European types) and in Table A.9 (American types).

**Key**

1 = fixing point

2 = knot

3 = soldered knot

4 = stripped wire (at least 20 mm)

Figure A.16 – Determination of the intrinsic tensile strength of the conductor (50 mm/min)**Table A.8 – Examples of pull-out force values (break) of commercially available European stranded conductors**

Cross-sectional area (mm ²)	0,22	0,35	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6
FLRY – Pull-out force (N)	51,5	84	117	179	240	337	530	900	1 336
Deviation (%) ^a	+17	+20	+17	+19,3	+20	+12,3	+6	+12,5	11,3
LiY /H05 V-K – Pull-out force (N)	61,5	80	110	164	219	340	535	852	1 279
Deviation (%) ^a	+40	+14	+10	+9,3	+9,5	+13,3	+7	+6,5	+6,6

^a Deviation of the measurement results as a percentage with respect to EN 13602 (related to the 200 N/mm² tensile strength value of solid copper conductors).

Table A.9 – Examples of pull-out force values (break) of commercially available American stranded conductors

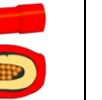
Cross-sectional area (mm²)	0,14	0,22	0,344	0,565	0,88	1,32	1,95	3,09	4,74
Cross-sectional area (AWG)	26	24	22	20	18	16	14	12	10
AWG – Style	1007	1015	1061	1015	1015	10269	10269	10269	10269
Pull-out force (N)	36,5	59,3	89	137	209	337	546	871	1 326
Deviation (%) ^a	+30	+35	+29,3	+21,2	+18,8	+27,7	+40,0	+40,9	+39,9

^a Deviation of the measurement results as a percentage with respect to EN 13602 (related to the 200 N/mm² tensile strength values of solid copper conductors).

For the determination of the mean value of the intrinsic tensile strength of the stranded conductor used, at least 10 specimens are required.

The mean value is the basis for calculating the minimum pull-out force according to Table A.10, corresponding to the indicated percentage of the intrinsic tensile strength of the stranded conductor used, based upon the specific combination of type of crimp barrel, type of conductor and plating (if any) and type of crimp shape depending on the employed tool and relevant accessories.

Table A.10 – Determination of the minimum pull-out forces in relation to the respective cross-sectional area and the intrinsic tensile strength of the conductor

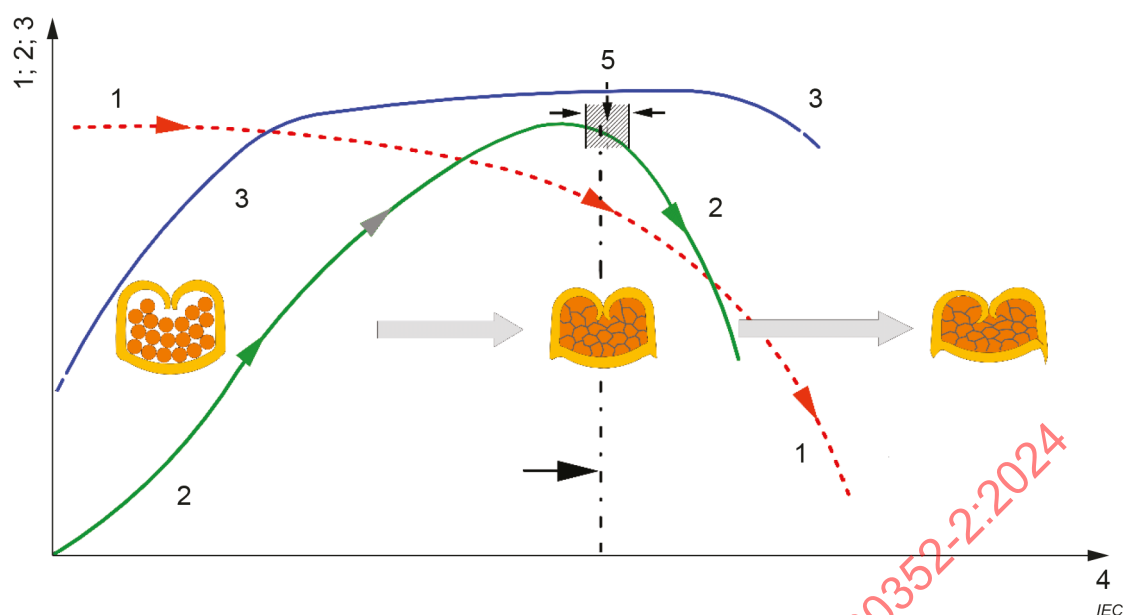
Conductor cross-section		Pull-out force				
		Percentage of the intrinsic tensile strength of the conductor material				
						
mm ²	AWG	I	II	III	IV	V
0,05	30	70 %	75 %	75 %	70 %	–
0,08	28	70 %	75 %	75 %	70 %	–
0,12	26	70 %	75 %	75 %	70 %	–
0,14		70 %	75 %	75 %	70 %	–
0,22	24	70 %	75 %	75 %	70 %	–
0,25		70 %	75 %	75 %	70 %	70 %
0,32	22	60 %	75 %	75 %	60 %	60 %
0,34		60 %	75 %	75 %	60 %	60 %
0,37		60 %	75 %	75 %	60 %	60 %
0,5	20	60 %	75 %	75 %	60 %	60 %
0,75		55 %	75 %	75 %	55 %	55 %
0,82	18	55 %	75 %	75 %	55 %	55 %
1		55 %	75 %	75 %	55 %	55 %
1,31	16	55 %	75 %	75 %	55 %	55 %
1,5		55 %	75 %	75 %	55 %	55 %
2,1	14	50 %	75 %	75 %	50 %	50 %
2,5		50 %	75 %	75 %	50 %	50 %
3,3	12	50 %	75 %	75 %	50 %	50 %
4		50 %	75 %	75 %	50 %	50 %
5,3	10	40 %	65 %	65 %	40 %	40 %
6		40 %	65 %	65 %	40 %	40 %
8,4	8	40 %	65 %	65 %	40 %	–
10		40 %	65 %	65 %	40 %	–

A.7.3.4 Determination of the pull-out force values of crimped connections for class C products

An even more accurate determination of the pull-out force values for crimped connections for class C products is shown by the method that produces the plot of pull-out force versus tool setting point (optimum indentation depth) of Figure A.17.

All parameters of the conductor and of the crimp barrel which cannot be considered, for example in A.7.3.1 and A.7.3.2, are taken into account here.

The increase in crimp force (increase in indentation depth), caused by reducing the crimp height (i.e. decreasing the cross-sectional area after crimping), results in different measured pull-out force values, coupled with changed electrical conductivity and changed optical evaluations of the microsections.



1 = crimp height (C_h) (involves cross-sectional area after crimping)

2 = pull-out force F (N)

3 = electrical conductivity

4 = crimp travel adjustment (crimp force) (adjustment of indentation depth)

5 = range of maximum pull-out force values

Figure A.17 – Relationships between crimp height (C_h), pull-out force, crimp force (indentation depth), and electrical conductivity

When the maximum pull-out force is reached, this is not the optimum condition for a crimped connection: the ideal pull-out force for the crimped connection is reached somewhat below the maximum point (a few percent below).

If this value is exceeded, this leads to a significant overcrimping, which can lead to increased failure and wire breakage.

Therefore, a value below the maximum is the optimum value of pull-out force for all subsequent tests for this type of crimped connection. Below such optimum, failure by pull-out may occur.

The optimal determination of the pull-out force values can only be guaranteed with a comparison using a microsection.

To determine this optimum value, a microsection with evaluation is usually required for each corresponding pull-out test. Afterwards, the determined pull-out force value should be about 90 % to 95 % of the maximum value.

NOTE 1 The shape or design of the crimp barrel, the material and the plating also influence the pull-out force values.

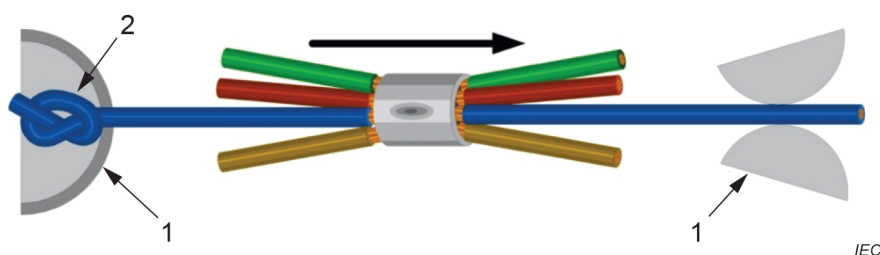
NOTE 2 ECSS-Q-ST-70-26C (Rev. 1) subclause 5.3.2, suggests identifying the best setting through microsectioning.

A.7.3.5 Testing the pull-out force of splice crimped connections

For this test, type G specimens should be used.

A new specimen of identical design should be used for each pull-out force test.

The number of type G specimens should depend on the splice detail product specification. The splice's nominal CSA can be obtained by several different combinations of individual cores, varying in number and in CSA.



Key

1 = fixing point

2 = knot

Figure A.18 – Pull-out force test of splice crimp connections (50 mm/min)

Each individual conductor should be tested according to its cross-sectional area, with the value of pull-out force of Table A.11.

The wires under test – namely the one used for fastening the specimen, e.g. with a knot, to the fixture of the testing machine, and the one attached to the moving element of the testing machine – should be in line for the test, i.e. not offset from each other. See Figure A.18.

NOTE It is not necessary that the two wires under test are of the same CSA: the wire with the largest cross-sectional area is used for fastening; the smallest one, being the weaker, is the one actually under pull-out force test.

Table A.11 – Pull-out force values for butt splice crimped connections

Cross-sectional area mm ²	0,35	0,5	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10
Force, F N	42	60	90	110	165	250	400	600	800

The pull-out force values given are minimum values for each conductor cross-sectional area. Values for intermediate CSA can be linearly interpolated.

A.8 Examination by microsection

A.8.1 Microsection image creation

Type A specimens (type G specimens for splice crimped connections) should be used for this test.

The evaluation of the crimp quality by a microsection depends largely on the pre-conditioning for this test method (see also ISO 1463).

The cut of the crimping zone should be made at the point with highest conductor compression.

NOTE Sometimes, microsections in different zones can be necessary.

The microsection should not be located in correspondence of one of the embossing grooves in the wire crimping. See Figure A.19 and Figure A.20.

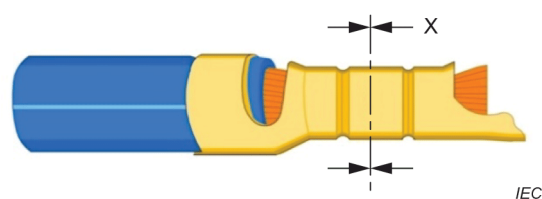
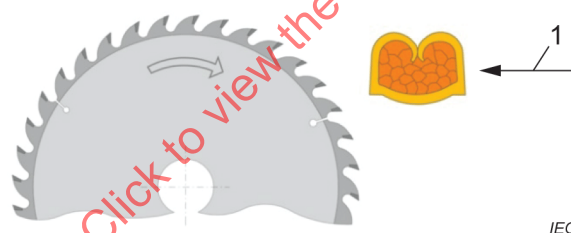


Figure A.19 – Illustration of the parting plane on the crimp barrel centred in the crimping zone (X).

Figure A.20 shows an example of end feed (length feed) open barrel crimp contact with opened crimp flanks at the first (left side) contact, showing the embossing grooves in the crimping zone intended to ensure better adhesion of the crimped individual wire strands. The microsection evaluation parting plane X of Figure A.19 should not be in the same location as an embossing groove.



Figure A.20 – Example of end-feed (length feed) open barrel crimp contacts



Key

1 = feed direction of the crimped connection (open crimp barrels)

Figure A.21 – Cutting the crimped connection

In order to avoid possible changes to the crimp when making the cut (see Figure A.21), the part for higher quality requirements (if required, full test schedule) should be cast in synthetic resin before cutting.

Note the processing direction for cutting and grinding against the opening (with open crimp barrels).

For a good assessment, grinding and polishing and etching of the surface (and cleaning) is necessary after separating the crimp.

The grinding image should be displayed in appropriate magnification and evaluated according to the criteria in A.8.2 through A.8.8.

A.8.2 Graphical representation of the microsection image requirements

In case of crimped connection failures, the use of microsection can be helpful to determine the cause of the failure and to evaluate the failure modes. The values in A.8.3 through A.8.8 are given for orientation.

The software of the microsection image laboratory can recognize, evaluate and calculate several parameters.

For a permanently good electrical connection, the wires should be all compressed.

In order to counteract corrosion, gas tightness should be strived for. By definition, this term applies to the values required below (depending on product class), which should not be exceeded.

Gas tightness is given if the microsection requirements are fulfilled.

NOTE The effectiveness of gas tightness is indirectly verified by the flowing mixed gas corrosion test (see test group F7, if required, of the full test schedule in 8.3).

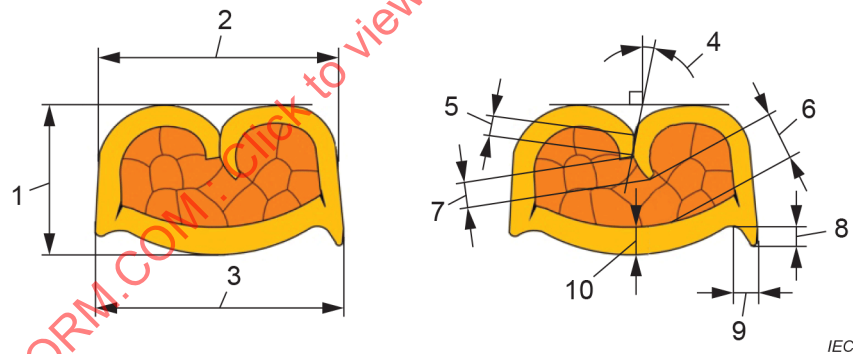
In addition, the crimp compression ratio of the conductor (A.8.5) and the ratio of crimp height to crimp width (A.8.6) can be used to indicate a proper crimp or operating or tooling errors.

For B-crimping (roll-on crimp), the open design of the crimp barrels means that there are additional requirements to be met upon agreement between manufacturer and user (see A.8.7).

A.8.3 Microsection terminology

Terms have been defined for the main dimensions of the crimping dies and the resulting crimped connections to be tested (once micro-sectioned), which allow the results to be evaluated and compared to the requirements. See, Figure A.22, Figure A.23, Figure A.24, Figure A.25 and Figure A.26 for terms for various crimp styles.

The thickness of the base material (before crimping) is indicated with the letter S .



Key

1 = crimp height C_h

2 = crimp width C_w

3 = measurable crimp width C_{wm}

4 = support angle α_w

5 = support height L_a

6 = flank end distance F_a

7 = distance between crimp face ends CFE

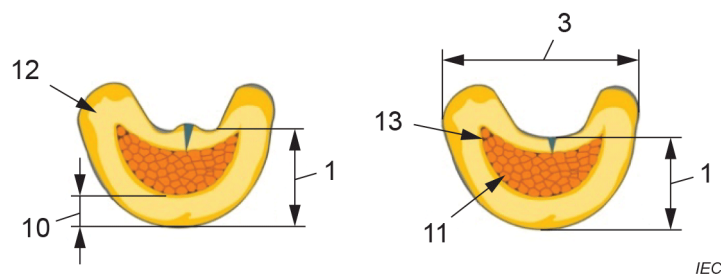
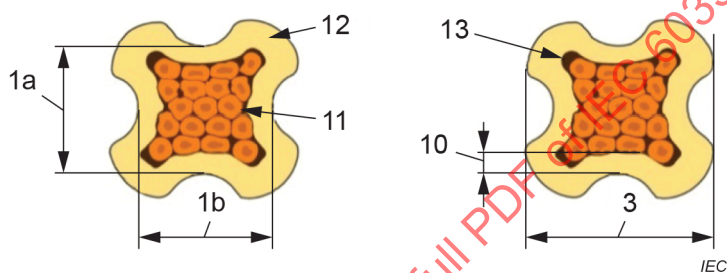
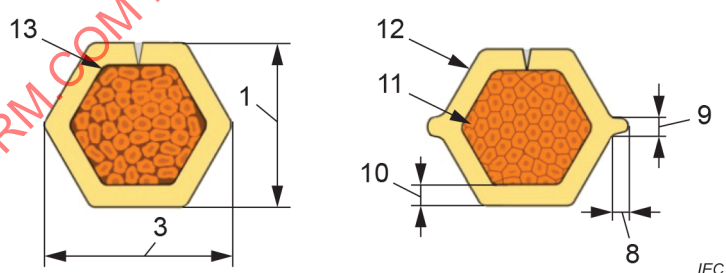
8 = burr height G_h

9 = burr width G_b

10 = bottom thickness S_b

S = base material thickness (default)

Figure A.22 – Dimensions on the microsection for B-crimp barrels

**Key**1 = crimp height C_h 3 = measurable crimp width C_{wm} 10 = bottom thickness S_b 11 = inner surface A_{ci} 12 = outer surface A_{ca} 13 = surface porosity A_{Pr} **Figure A.23 – Dimensions on the microsection for closed tube and crimped cable lugs**1a = crimp height C_h 1b = crimp height C_h 3 = measurable crimp width C_{wm} 10 = bottom thickness S_b 11 = inner surface A_{ci} 12 = outer surface A_{ca} 13 = surface porosity A_{Pr} **Figure A.24 – Dimensions on the microsection for 4-indent closed crimp barrels**1 = crimp height C_h 3 = measurable crimp width C_{wm} 8 = burr height G_h 9 = burr width G_b 10 = floor thickness S_b 11 = inner surface A_{ci} 12 = outer surface A_{ca} 13 = surface porosity A_{Pr} **Figure A.25 – Dimensions on the microsection for hexagonal crimp barrels**

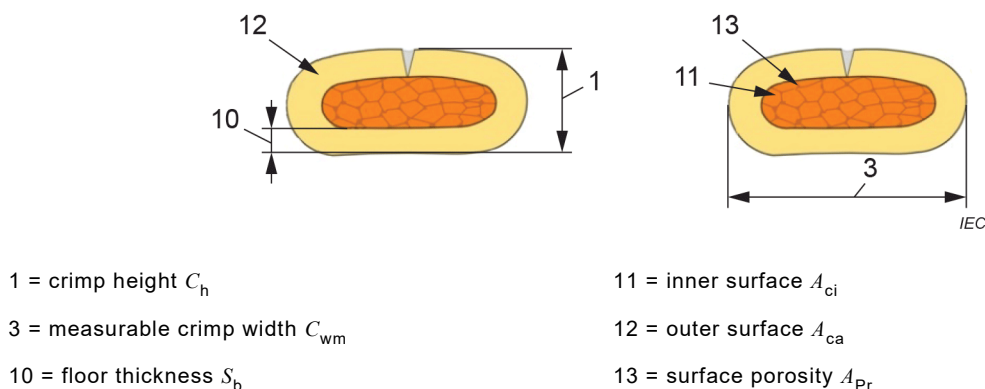


Figure A.26 – Dimensions on the microsection for crimp barrels (also pre-insulated)

A.8.4 Porosity ratio of crimped connections in microsections

The porosity ratio Π , expressed as a percentage, is equal to the ratio of the sum of the areas of all remaining voids to the total cross-sectional area of inner surface after crimping, multiplied by 100. See Formula (A.1) and Figure A.25.

$$\Pi = \frac{\sum A_v}{A_{crimp}} \times 100 \% \quad (\text{A.1})$$

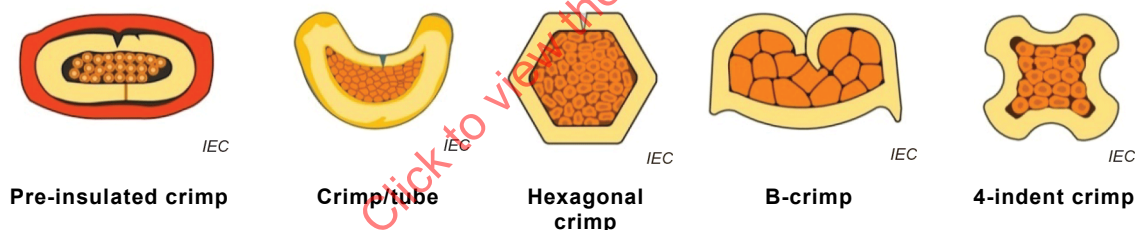


Figure A.27 – Examples of microsections of crimp barrels

Experience has shown that a good crimped connection is often achieved with a porosity ratio Π within the following recommended values.

Porosity ratio recommendations for class B product:

- 1) crimp terminals (also pre-insulated): $\Pi \leq 8 \%$
- 2) crimp or tube cable lug: $\Pi \leq 5 \%$
- 3) hexagonal crimp: $\Pi \leq 5 \%$
- 4) roll-up (B-crimp): $\Pi \leq 8 \%$
- 5) 4-indent closed crimp: $\Pi \leq 5 \%$

Porosity ratio recommendations for class C product:

- | | |
|--|-----------------|
| 1) crimp terminals (also pre-insulated): | $\Pi \leq 3 \%$ |
| 2) crimp/tube cable lug: | $\Pi \leq 2 \%$ |
| 3) hexagonal crimp: | $\Pi \leq 2 \%$ |
| 4) roll-up (B-crimp): | $\Pi \leq 3 \%$ |
| 5) 4-indent closed crimp: | $\Pi \leq 2 \%$ |

A.8.5 Crimp compression ratio of the crimped connection in the microsection

As detailed in Formula (A.2), the crimp compression ratio X describes the ratio of the crimped inner surface of all individual strands (total cross-sectional area of inner surface after crimping A_{crimp} minus the sum of all voids $\sum A_v$) to the cross-sectional area of all individual strands in the uncrimped original state of the conductor $A_{\text{conductor}}$.

For the calculation of the conductor cross-sectional area before crimping, the actual (geometric) cross-sectional area is used, see Formula (A.2). This is calculated as number of individual strands times the area of the individual strand (calculated from the strand diameter before crimping).

NOTE The actual (geometric) cross-sectional area of a stranded conductor can considerably differ from the nominal conductor cross-sectional area (e.g. for AWG stranded conductors up to 18 % with the same nominal cross-sectional area).

$$X = 100 - \left(\frac{A_{\text{crimp}} - \sum A_v}{A_{\text{conductor}}} \times 100 \right) (\%) \quad (\text{A.2})$$

Experience has shown that a good crimped connection is often achieved with a crimp compression ratio of $15 \% \leq X \leq 30 \%$.

A.8.6 Ratio of crimp height to crimp width in the microsection

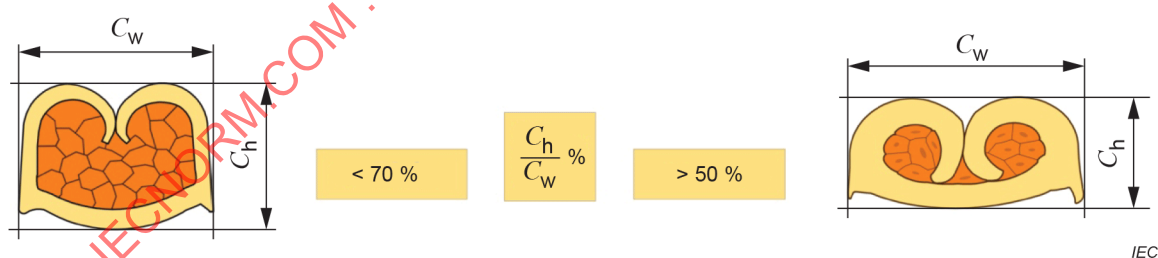


Figure A.28 – Ratio of crimp height C_h to crimp width C_w

Safe crimps are typically possible with a certain ratio of crimp height C_h to crimp width C_w (this ratio being also known as "aspect ratio"):

$$50 \% \leq \frac{C_h}{C_w} \leq 70 \% \quad (\text{A.3})$$

If the specified limit values in Figure A.28 are exceeded or undercut, either the crimp flanks have penetrated too deeply and possibly touch the bottom, or the crimp flanks can hardly touch the top (possibly open).

In both cases this leads to a faulty crimped connection.

A.8.7 Requirements for B-crimped connections in the microsection

Important dimensions for B-crimp connections are shown in Figure A.29, Figure A.30, Figure A.31, Figure A.32, Figure A.33, Figure A.34, and Table A.12.

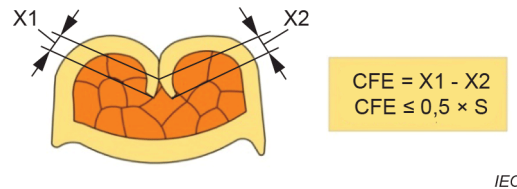


Figure A.29 – Ratio of distance between crimp face ends CFE and base material thickness S

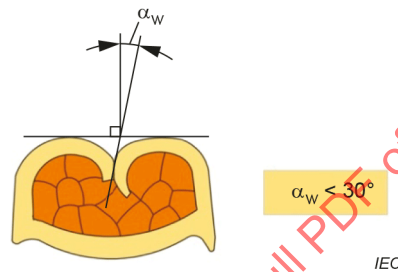


Figure A.30 – Support angle α_w of the crimp flanks

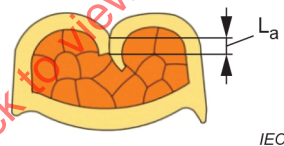
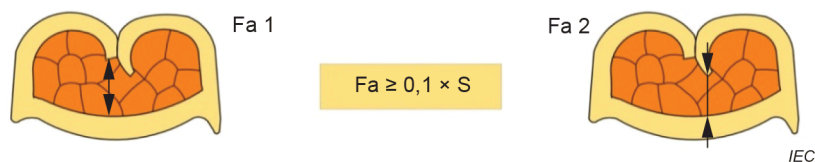


Figure A.31 – Support height L_a of the crimp flanks

Table A.12 – Values for the support height L_a

Cross-sectional area, mm ²	< 1,0	1,0 – 6,0	> 6,0
Support height L_a , mm	$\geq 0,3 \times S$	$\geq 0,5 \times S$	$\geq 0,7 \times S$



The shorter distance is evaluated.

Figure A.32 – Crimp edge distance to floor (F_a)

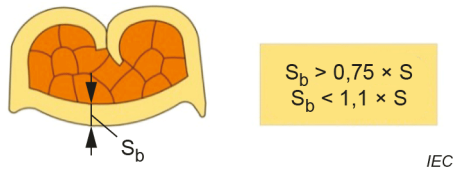


Figure A.33 – Resulting bottom thickness S_b after crimping

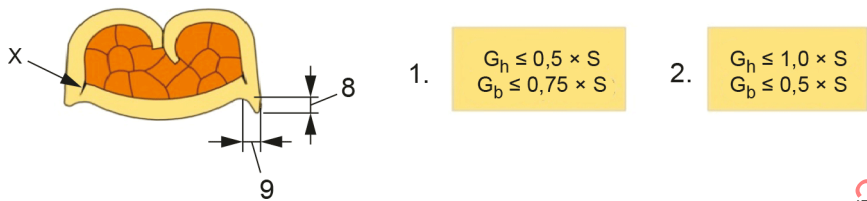


Figure A.34 – Requirements for the acceptance of a burr formation

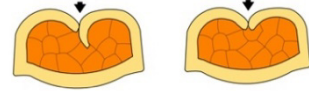
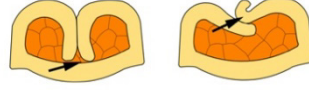
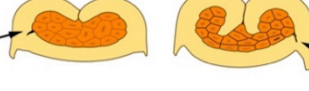
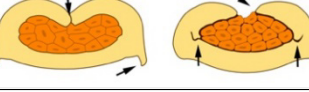
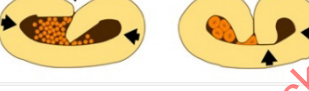
The evaluation of the height of the burr height G_h of a burr formation depends on the burr width G_b ; therefore, either requirement 1. or requirement 2. of Figure A.34 applies.

These requirements also apply to burr formation on hexagonal or similar form-fit crimps.

A.8.8 Condition of microsections

Table A.13 shows various conditions of crimped cross-sections.

Table A.13 – Condition of microsections

Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		All crimping requirements are met	Good
b)		Adhesive wear on the punch (X) leads to uneven movement sequences; shape changes	Fault
c)		Strong adhesive wear on the punch (X) distorts the crimping motion sequences; change of shape; opening	Fault
d)		The support height is too low	Fault
e)		Edge distance and symmetry are not correct	Fault
f)		Cracks and burr formation on the crimp base	Fault
g)		The conductor cross section is too large, the flanks touch each other too little or not at all (open) and cracks at the bottom	Fault
h)		The conductor cross section is too small, too much hollow space	Fault
i)		The separation took place in a bead or carrier groove. The microsection shows non-existent circumferential hollow spaces	Fault
j)		The feed of the side guide of the contacts on the anvil is not set correctly. The crimp flanks are displaced the further the feed deviates	Fault
k)		Under-crimping: wires are not sufficiently deformed and do not have sufficient pull-out forces	Fault
l)		Correct crimp (1) Over-crimp (2): the cross-sectional area of the conductor is too small and cracks are visible on the barrel	(1) Good (2) Fault
m)		Under-crimp (1): insufficiently deformed wires Over-crimp (2) and burst crimp barrel	Fault

The errors are due to the lack of compatibility of crimp contacts, conductors and tools, as well as incorrect settings on tools and machines.

Errors are also caused by lack of maintenance or cleanliness, etc.

A.8.9 Insulation grip

In addition to the conductor crimp barrel, most contacts have claws for the insulation grip. The object of these claws is to absorb mechanical stress effects which can come from the direction of the wire bundle or cable. This is particularly valid for vibration and bending stress.

The insulation grip never functions as a cable clamp. The insulation grip should tightly clamp but not pierce through the insulation (see Table A.14, Table A.15 and Table A.16).

NOTE Stating a crimp height for the insulation grip is not usual. For requirements and tests, see 7.2.3 in this document and test 16h of IEC 60512-16-8.

Contacts with open crimp barrels with insulation grip are usually designed for one wire; the crimping of more than one wire, insulation grip included, requires special care which should be agreed with the manufacturer (see A.5.2).

Table A.14, Table A.15 and Table A.16 show examples of insulation grip shapes of contacts having open crimp barrels; furthermore, correct (good), too loose or too tight (fault) insulation grips are shown, as well as conditions "PID" which, while being still acceptable, denote incipient offset of the process that deserves adjustment.

Table A.14 – Condition "Good" of insulation grip for B-crimp and O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp)

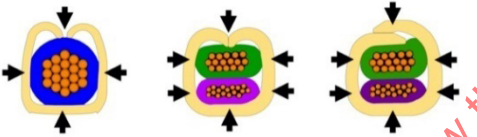
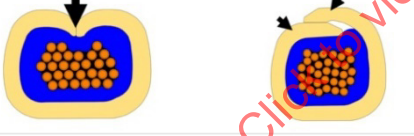
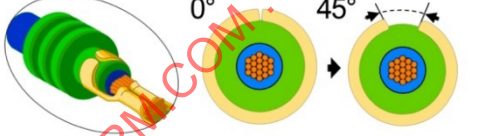
Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		The wire insulation is gripped every 90°, this also applies to crimping with 2 conductors	Good
b)		The insulation grip flanks touch each other and enclose the wire insulation	Good
c)		The enclosure crimp (O-crimp) for single wire seals (SWS) is closed or opened to a maximum of 45°	Good

Table A.15 – Condition "PID" of insulation grip for B-crimp and O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp)

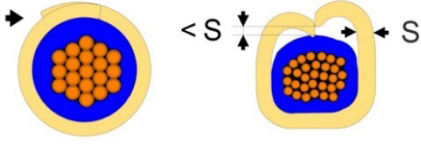
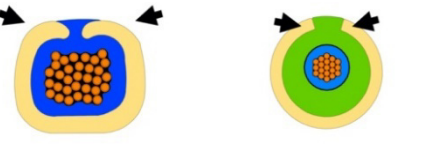
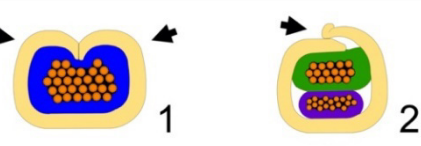
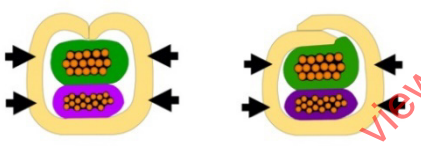
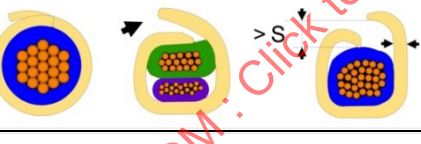
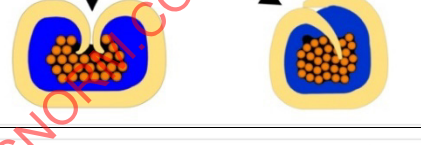
Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		An insulation grip flank is slightly lifted, but not more than one material thickness	PID
b)		The crimp flanks crush the insulation or the seal	PID
c)		The crimp flanks penetrate too deeply (1), one crimp flank is bent (2)	PID

Table A.16 – Condition "Fault" of insulation grip for B-crimp, O-crimp (asymmetrical and symmetrical overlap and enclosure crimp)

Ref.	Graphical representation	Feature	Condition
a)		The wire insulation is not in contact with the insulation grip flanks at all required (90°) points	Fault
b)		An insulation grip flank has been lifted more than one material thickness (S)	Fault
c)		The insulation grip flank or flanks penetrate the wire insulation down to the stranded wires	Fault
d)		Crack in the seal (1), insulation grip flanks are more open than 45° (2)	Fault

A.9 Faults with crimped contacts having open crimp barrels

Faults with crimped contacts having open crimp barrels are shown in Table A.4, Table A.13 and Table A.16; these faults are often caused by:

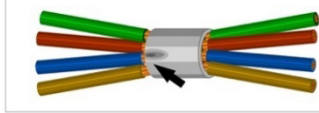
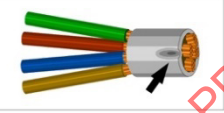
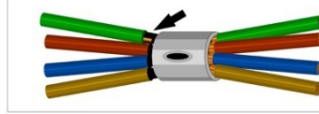
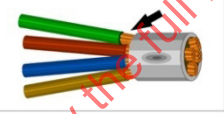
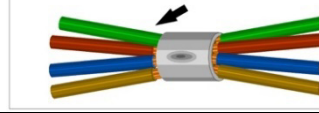
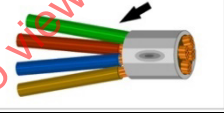
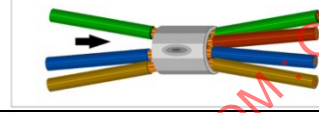
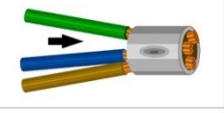
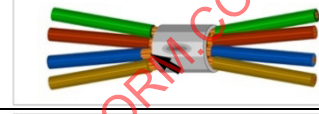
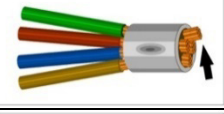
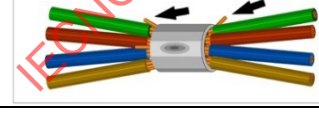
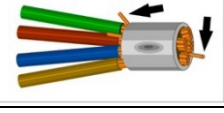
- inappropriate handling;
- incorrect adjustment of the crimping tool or crimping machine;
- incorrect crimping tool/machine;
- incorrect storage before and after crimping, etc.

Crimped contacts having these faults should be rejected by the quality control.

A.10 Splices

Table A.17 shows fault or unacceptable splice crimp barrel conditions.

Table A.17 – Features of splice crimp barrels

Ref.	Butt splice	End cap splice	Feature	Condition
a)			Barrel end damaged	Fault
b)			Core too far outside	Fault
c)			Insulation in the crimp barrel	Fault
d)			Crimp cross-sectional area not filled in	Fault
e)			Individual wires too long	Fault
f)			Protruding wires	Fault

A.11 Crimp resistance test

A.11.1 General

In addition to what is provided in 7.4.1, the crimp resistance measurement foresees the DUTs connected to measuring leads with Kelvin terminals (with weak pressure force) on measuring device (e.g. a source-measure unit, SMU) for at least one forward and one reverse measurement.

When tested according to IEC 60512-2-1, test 2a (millivolt level method) – for example, with small cross-sectional areas for signal transmissions (e.g. DSL) – incorrect measurement due to excessive currents and the associated fritting (subsequent improvement of the crimped connection) should be avoided.

A maximum of 20 mV is permitted with a fixed setting of 100 mA. See Figure A.36 for example circuit diagram.

When tested according to IEC 60512-2-2, test 2b, the current per conductor cross-sectional area should be fixed to 1 A/mm². The application duration of the measuring current should be sufficiently short to prevent heating of the DUTs.

To achieve comparable test results, good contact with all individual wires at the measuring points is required.

For the measurement of the crimp resistance, the open conductor ends of the specimens should therefore be prepared by stripping and dip tin plating, or crimping, and soldering, or ultrasonic welding as shown in Figure 42.

Figure A.35 provides diagrams for electrolytic copper ($K = 1$) as well as for material with $K = 3,8$.

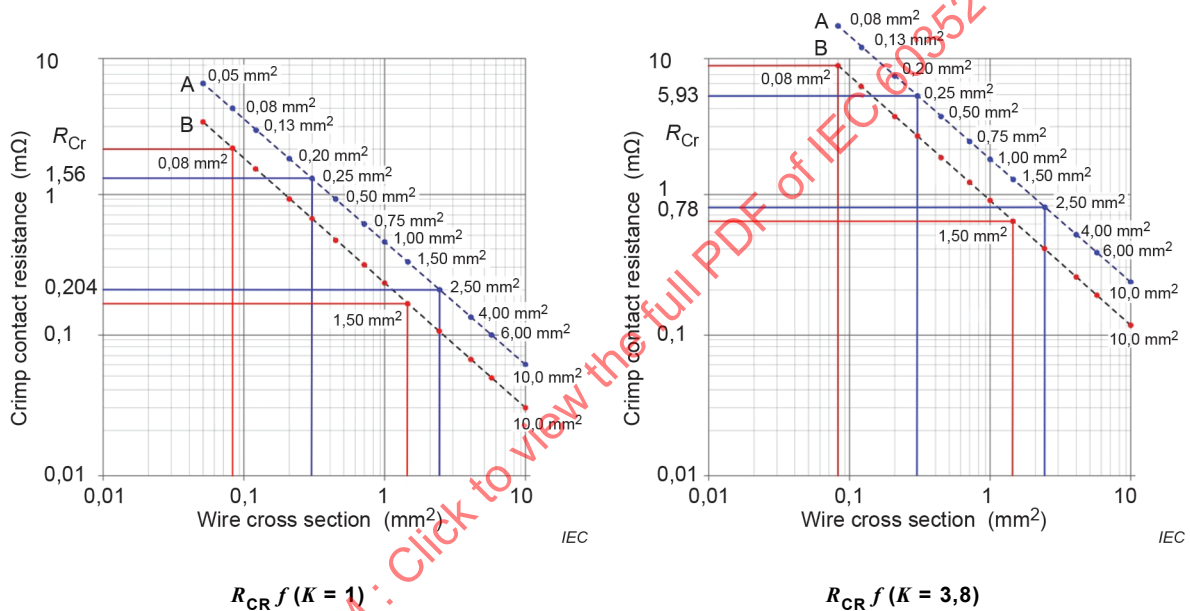


Figure A.35 – Diagrams for resistance values (A and B) for electrolytic copper conductors ($K = 1$) and for material with $K = 3,8$

Formula (A.4) provides the formula for calculating the initial crimp resistance (A), Formula (A.5) the formula for calculating the maximum change in crimp resistance (B) and Formula (A.6) the formula for calculating final crimp resistance (R_{Cr}).

$$A = 0,459 6 \times C^{-0,8843} \quad (A.4)$$

$$B = \frac{A}{2} \quad (A.5)$$

$$R_{Cr} = A + B \quad (A.6)$$

where

A is the contact resistance, maximum initial values;

B is the maximum resistance change value after electrical or climatic stress;

C is the conductor cross-sectional area in mm².

The conductor cross-sectional area shown in the relevant diagram of Figure A.35 is calculated from the number of strands and the area of a single strand (corresponding to the measured diameter).

The K factor should be observed for the materials used for the conductor and the crimp barrel.

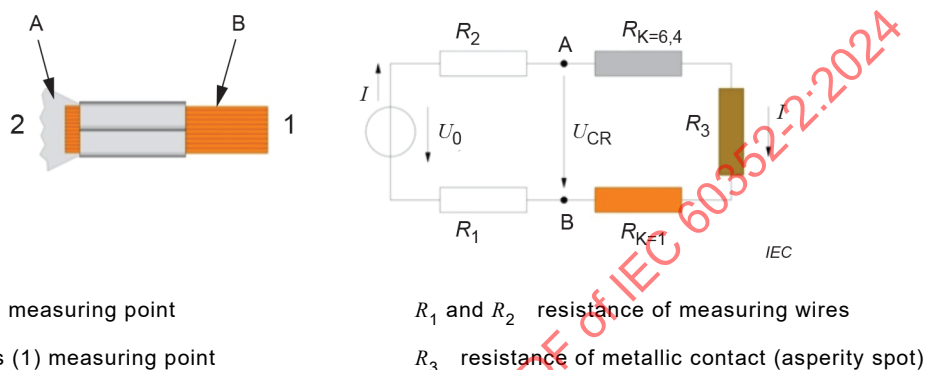


Figure A.36 – Replacement circuit diagram for the crimp resistance

The correction factor K should be applied to both the electrical conductor and the crimp barrel; see Formula (A.7) for the formula to calculate the K factor.

$$K = \frac{\rho_x}{\rho_{Cu}} \quad (\text{A.7})$$

where:

ρ_x is the resistivity of the material used in $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$;

ρ_{Cu} is the resistivity of electrolytic copper in $\Omega \times \text{mm}^2/\text{m}$.

NOTE Cu-ETP is described, for example, in EN 13602.

For crimped connections with more than one conductor, it is important that each conductor is tested according to its requirements.

The larger K factor of the existing parts (crimp barrel, conductor wires) in the crimped connection should be used for calculation.

The maximum allowed change in crimp resistance should be added to the initially measured crimp resistance, not to the allowed maximum initial value; thus the maximum allowed crimp resistance after conditioning is equal to the measured initial value (A) plus the maximum allowed change (A/2), as given by curve B of Figure A.35, and corrected by K , if applicable.

Crimp resistance maximum allowed values before loading (initial values A: Table A.18 for $K = 1$, Table A.20 for $K \approx 3,8$ and Table A.22 for $K = 6,4$) and crimp resistance values after loading

(maximum final values R_{CR} : Table A.19 for $K = 1$, Table A.21 for $K = 3,8$ and Table A.23 for $K = 6,4$).

**Table A.18 – Crimp resistance (maximum allowed initial values A)
for $K = 1$ (electrolytic copper)**

Cross-sectional area S, mm²	0,05	0,08	0,14	0,25	0,34	0,4	0,5	0,75	0,82	1
Resistance A, mΩ	6,49	4,28	2,61	1,56	1,26	1,03	0,85	0,59	0,55	0,46
Cross-sectional area S, mm²	1,31	1,5	2,1	2,5	3,3	4	5,3	6	8,4	10
Resistance A, μΩ	360	320	238	204	160	135	105	94,1	70	60

Table A.19 – Crimp resistance (after loading, R_{CR}) for $K = 1$ (electrolytic copper)

Cross-sectional area S, mm²	0,05	0,08	0,14	0,25	0,34	0,4	0,5	0,75	0,82	1
Resistance R_{CR}, mΩ	9,74	6,42	3,92	2,34	1,89	1,55	1,28	0,89	0,83	0,69
Cross-sectional area S, mm²	1,31	1,5	2,1	2,5	3,3	4	5,3	6	8,4	10
Resistance R_{CR}, μΩ	540	480	357	306	240	203	158	141	105	90

**Table A.20 – Crimp resistance (maximum allowed initial values A) for
 $K \approx 3,8$ (nickel-brass, bright)**

Cross-sectional area S, mm²	0,05	0,08	0,14	0,25	0,34	0,4	0,5	0,75	0,82	1
Resistance A, mΩ	24,6	16,3	9,92	5,93	4,79	3,91	3,23	2,24	2,09	1,74
Cross-sectional area S, mm²	1,31	1,5	2,1	2,5	3,3	4	5,3	6	8,4	10
Resistance A, mΩ	1,37	1,22	0,90	0,78	0,61	0,51	0,40	0,36	0,27	0,23

Table A.21 – Crimp resistance (after loading, R_{CR}) for $K \approx 3,8$ (nickel-brass, bright)

Cross-sectional area S, mm²	0,05	0,08	0,14	0,25	0,34	0,4	0,5	0,75	0,82	1
Resistance R_{CR}, mΩ	36,9	24,5	14,9	8,9	7,19	5,87	4,85	3,36	3,14	2,61
Cross-sectional area S, mm²	1,31	1,5	2,1	2,5	3,3	4	5,3	6	8,4	10
Resistance R_{CR}, mΩ	2,06	1,83	1,35	1,17	0,92	0,77	0,60	0,54	0,41	0,35

**Table A.22 – Crimp resistance (maximum allowed initial values A) for
 $K = 6,4$ (tin-plated bronze)**

Cross-sectional area S, mm²	0,05	0,08	0,14	0,25	0,34	0,4	0,5	0,75	0,82	1
Resistance A, mΩ	41,5	27,4	16,7	10,0	8,06	6,59	5,44	3,78	3,52	2,94
Cross-sectional area S, mm²	1,31	1,5	2,1	2,5	3,3	4	5,3	6	8,4	10
Resistance A, mΩ	2,3	2,05	1,52	1,31	1,02	0,86	0,67	0,6	0,45	0,38

Table A.23 – Crimp resistance (after loading, R_{CR}) for $K = 6,4$ (tin-plated bronze)

Cross-sectional area S, mm²	0,05	0,08	0,14	0,25	0,34	0,4	0,5	0,75	0,82	1
Resistance R_{CR}, mΩ	62,3	41,1	25,1	15,0	12,1	9,89	8,16	5,67	5,28	4,41
Cross-sectional area S, mm²	1,31	1,5	2,1	2,5	3,3	4	5,3	6	8,4	10
Resistance R_{CR}, mΩ	3,45	3,08	2,28	1,97	1,53	1,29	1	0,9	0,68	0,57

A.11.2 Notes on specimen preparation and measurement

The introduction of the current and the measurement of the voltage drop is done by means of Kelvin clamps at the same measuring points.

Stranded copper conductors consist of several individual strands, which were passed through lubricated drawing nozzles during their production. Thus, each individual strand is coated with a thin layer of copper oxide and fatty residues (drawing soaps, the adsorption and reaction layer are approximately 0,1 µm to 1 µm thick).

In order to perform accurate electrical measurements on unconnected strands using Kelvin clamps, large compressive forces are required on the surface of each wire strand.

It is hardly possible, especially with larger cross-sectional areas, to evenly supply all individual strands with the necessary force to penetrate these layers, both among themselves and to the Kelvin clamp. This leads to the measurement of the reference conductor often resulting in a higher resistance than the crimped contact resistance itself.

To eliminate this measuring error, the wires should be pre-treated by immersion tinning, or by ultrasonic welding.

The measured value of the resistance of the reference conductor can be assumed as R_{CD} from measuring point C to measuring point D for simplification, since the increase in resistance due to immersion tinning is negligible.

NOTE Since the material and coating thickness, but also other factors (temperature, humidity, aging of the materials used) have an effect, exact values cannot be given for each individual crimped connection. The resistance values provided in Table A.18 through Table A.23 are therefore relative values, which are an approximation of the practical values used in these tests.

A.12 General information about crimp contacts as part of a multipole connector

A.12.1 Insertion of crimped contacts into the contact cavities of the connector insert

These crimped contacts should be as far as possible absolutely straight: the contact deformation (runout) after crimping should be within the limit specified by the connector detail product specification. These crimped connections should be inserted in one operation into the contact cavities, without the use of extreme force, until a "click" is audible. The correct locking of the contact should be tested by a gentle pull on the wire. Misalignment of the crimped contacts should be avoided because of possible bending of the retention springs, and therefore impaired contact retention in the contact cavity.

For wires with small conductor cross-sections (less than 0,35 mm²) or specific applications, the insertion tools specified by the crimp contact and connector manufacturer (usually is the same subject) should be used for contact insertion.

Figure A.37 shows the correct insertion of a crimped contact into the cavity of the connector insert.

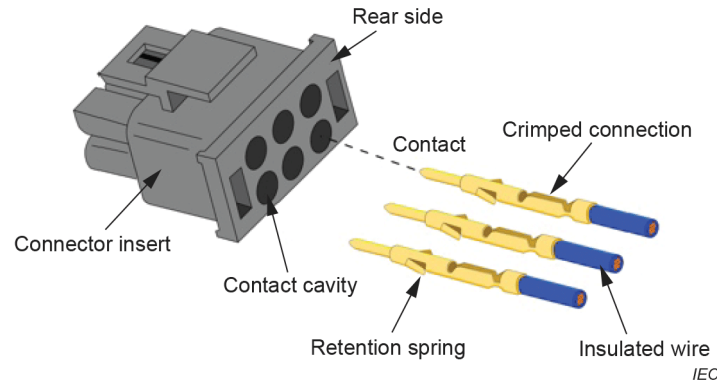


Figure A.37 – Insertion of crimped contacts into contact cavities

A.12.2 Removal of inserted contacts

In the case of wrong loading or change of the wiring, inserted contacts can only be removed from the cavity with the contact removal tools specified by the manufacturer, used following the relevant instructions, to avoid – during removal – damage to the contact and to its retention spring, which may be integral to the contact or part of the contact cavity.

A.12.3 Mounting and bending of wire bundles or cables with crimped contacts

Wire bundles/cables with crimped contacts for multipole connectors should not stress the inserted contacts by their own weight, because of the existing danger of inclination of the contacts in the mating area of the connectors. This can be the reason for contact damage during the mating of both connector halves.

Thus, the connectors should have a cable clamp, or the wire bundles/cables should be mounted as shown in Figure A.38.

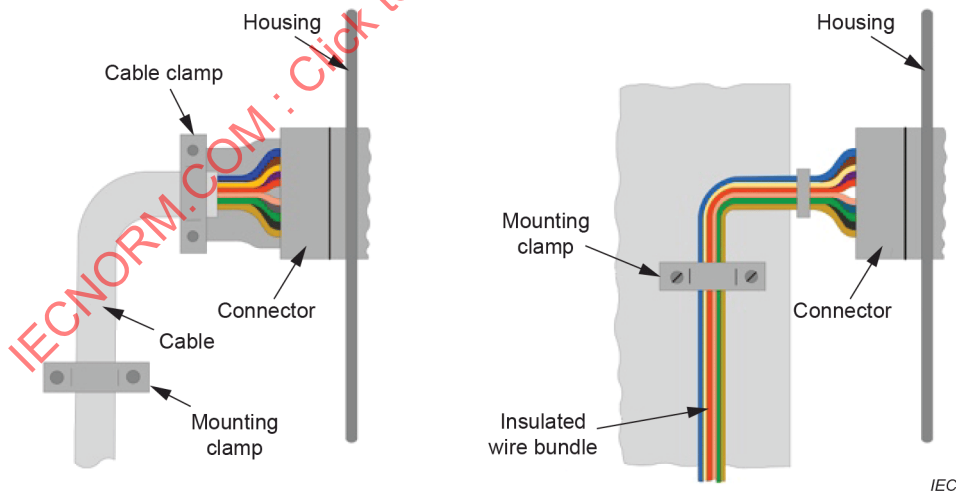


Figure A.38 – Mounting of wire bundles/cables with crimped contacts

If wire bundles/cables with crimped contacts are bent directly at the termination side of a connector, no mechanical stress effects should take place in a direction transverse to the engaged contacts.

Figure A.39 shows a correct bending and fastening of wire bundles with crimp contacts in such circumstance.

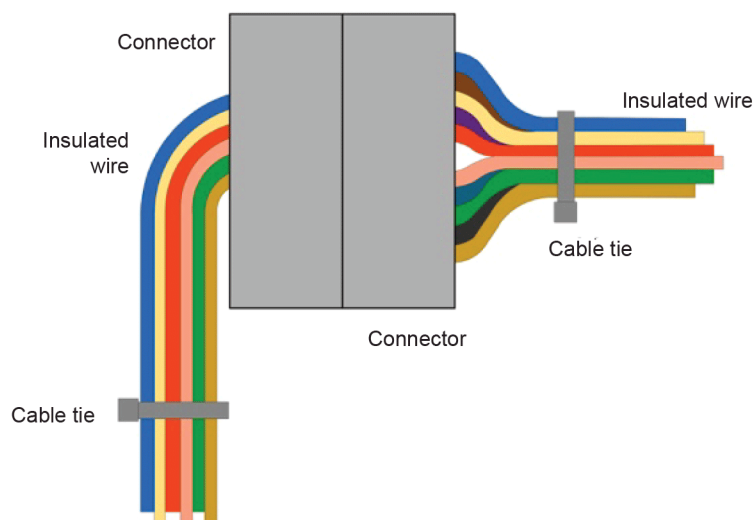


Figure A.39 – Bending of wire bundles of connectors

As far as possible, to avoid unnecessary mechanical stress on contacts, wire or wire bundles should not be bent immediately after the rear face of a connector insert, like for the connector shown in Figure A.39 on the left.

A.12.4 Mating and unmating of multipole connectors with crimped contacts

To avoid stress on the inserted contacts, the connectors should be mated and unmated in an axial direction, without pushing or pulling the wire bundles/cables. See Figure A.40.

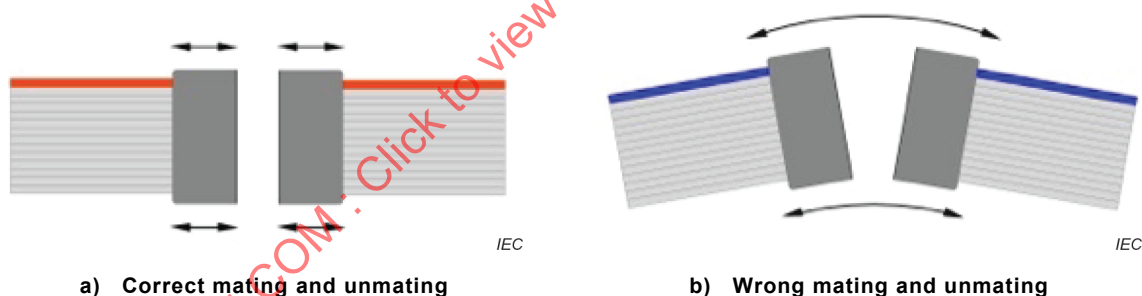


Figure A.40 – Mating and unmating of multipole connectors

A.13 Final remarks

Attention should be paid to the manufacturer's documentation (detail, product, application specifications, instruction sheets, etc.), which should include information about current rating, maximum temperatures, and instructions about the crimping tools. Usually, this information is available on request from the contact or connector manufacturer.

Bibliography

IEC 60028:1925, *International standard of resistance for copper*

IEC 60068-2-61:1991, *Environmental testing – Part 2-61: Test methods – Test Z/ABDM: Climatic sequence*³

IEC 60189-3:2007, *Low-frequency cables and wires with PVC insulation and PVC sheath – Part 3: Equipment wires with solid or stranded conductor wires, PVC insulated, in singles, pairs and triples*

IEC 60811-201, *Electric and optical fibre cables – Test methods for non-metallic materials – Part 201: General tests – Measurement of insulation thickness*

IEC 61191-1:2018, *Printed board assemblies – Part 1: Generic specification – Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies*

ISO 1463, *Metallic and oxide coatings – Measurement of coating thickness – Microscopical method*

ISO 1966, *Crimped joints for aircraft electrical cables*

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

ANSI/UL 486A-486B, *Standard for Safety for Wire Connectors*

ASTM B913-05, *Standard Test Method for Evaluation of Crimped Electrical Connections to 16-Gauge and Smaller Diameter Stranded and Solid Conductors*

BS 5G 178-1:1993, *Crimped joints for aircraft electrical cables and wires. Specification for design requirements (including tests) for components and tools*

DEF STAN 59-71-1, *Crimped electrical connectors for copper conductors – Part 1: General requirements*

ECSS-Q-ST-70-26C Rev. 1 (15 March 2017), *Space product assurance – Crimping of high-reliability electrical connections*

EN 13602, *Copper and copper alloys – Drawn, round copper wire for the manufacture of electrical conductors*

EN 50109-1, *Hand crimping tools – Tools for the crimp termination of electric cables and wires for low frequency and radio frequency applications – Part 1: General requirements and tests*

IPC/WHMA-A-620D, *Requirements and Acceptance for Cable and Wire Harness Assemblies*

NASA-STD-8739.4A, *Workmanship Standard for Crimping, Interconnecting Cables, Harnesses, and Wiring*

³ Withdrawn.

SAE USCAR21-4, *Performance Specification for Cable-to-Terminal Electrical Crimps*

VW 60330 2013-12, *Crimp Connections – Solderless Electrical Connections*

SAE AS22520:2011 (R2018), *Crimping Tools, Wire Termination, General Specification For*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60352-2:2024

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	138
INTRODUCTION.....	141
1 Domaine d'application	142
2 Références normatives	142
3 Termes et définitions	144
4 Exécution	153
5 Conditions préalables relatives au programme d'essais de base.....	154
5.1 Classification par classe de produits finis.....	154
5.1.1 Généralités	154
5.1.2 Classe A – Produits électriques et électroniques généraux	154
5.1.3 Classe B – Produits électriques et électroniques spécifiques au service	154
5.1.4 Classe C – Produits électriques et électroniques à haute performance	154
5.2 Conditions préalables relatives aux outils	154
5.3 Conditions préalables relatives aux fûts à sertir	155
5.3.1 Matériaux des fûts à sertir	155
5.3.2 Dimensions des fûts à sertir	155
5.3.3 Traitement de surface des fûts à sertir.....	155
5.3.4 Caractéristiques de conception des fûts à sertir.....	156
5.4 Conditions préalables relatives aux fils	156
5.4.1 Généralités	156
5.4.2 Matériaux des conducteurs	156
5.4.3 Dimensions des conducteurs	157
5.4.4 Traitements de surface des conducteurs.....	157
5.4.5 Isolant du fil.....	157
5.4.6 Découpe et dénudage du fil	158
5.5 Conditions préalables relatives aux connexions serties	159
5.5.1 Compatibilité de la combinaison	159
5.5.2 Position du conducteur	159
5.5.3 Position du sertissage	159
5.5.4 Déformation du contact.....	159
5.5.5 Conditions préalables relatives aux connexions serties avec plusieurs conducteurs dans le fût à sertir.....	160
5.5.6 Ajustement de la section du conducteur au fût à sertir	160
5.5.7 Contacts à sertir et embouts	161
5.5.8 Fûts à sertir des jonctions de fils	165
5.6 Conditions préalables relatives aux connexions serties des jonctions de fils	166
5.6.1 Généralités	166
5.6.2 Exigences relatives aux conducteurs pour les jonctions de fils serties	166
6 Essais	167
6.1 Généralités	167
6.2 Conditions normales d'essai	169
6.3 Préconditionnement	169
6.4 Reprise	169
6.5 Montage du spécimen	169
7 Méthodes et exigences d'essai	169
7.1 Examen général des fûts à sertir et des fils.....	169

7.2	Examen des dimensions de sertissage.....	170
7.2.1	Hauteur de sertissage C_h , largeur de sertissage C_w et largeur de sertissage mesurable C_{wm}	170
7.2.2	Déformation des contacts après sertissage.....	172
7.2.3	Examen visuel de la distance par rapport à l'isolant et de la longueur de dépassement du conducteur	173
7.2.4	Examen visuel des connexions serties de jonctions de fils.....	174
7.2.5	Examen visuel des connexions serties sur des fûts (usinés) fermés.....	174
7.2.6	Examen visuel des connexions serties sur des fûts ouverts à sertissage en B.....	174
7.2.7	Examen visuel des connexions serties avec un fût ouvert avec manchon isolant	175
7.3	Essais mécaniques	176
7.3.1	Résistance à la traction	176
7.3.2	Coupe micrographique.....	178
7.3.3	Efficacité du manchon isolant	179
7.3.4	Essai de pliage (fûts à sertir non isolés avec manchon isolant).....	180
7.3.5	Essai de pliage (fûts à sertir pré-isolés avec manchon isolant)	181
7.3.6	Essai de pliage sur des connexions serties de jonctions de fils.....	182
7.3.7	Essai de vibrations	182
7.4	Essais électriques.....	183
7.4.1	Résistance du sertissage.....	183
7.4.2	Tension de tenue (connexion sertie avec fûts à sertir pré-isolés)	188
7.4.3	Essai de courant limite avec échauffement	188
7.5	Essais climatiques	190
7.5.1	Généralités.....	190
7.5.2	Variations rapides de température	191
7.5.3	Chaleur sèche	191
7.5.4	Séquence climatique	191
7.5.5	Charge en courant, essai cyclique	192
7.5.6	Sertissage à basse température (connexions serties avec fûts à sertir pré-isolés).....	197
7.6	Essais divers	197
7.6.1	Résistance aux fluides des fûts à sertir pré-isolés	197
7.6.2	Essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz.....	197
8	Programmes d'essais	198
8.1	Préparation et type des spécimens pour essai	198
8.1.1	Préparation des spécimens pour essai	198
8.1.2	Spécimens de type A (pour les essais selon 8.2, 8.2.3.3 si cela est exigé, 8.3.2, 8.3.4 si cela est exigé).....	198
8.1.3	Spécimens de type B (pour les essais selon 8.2.3.1 et 8.3.3.2)	199
8.1.4	Spécimens de type C (pour les essais d'efficacité du manchon isolant, voir 8.2.3.3 et 8.3.4)	199
8.1.5	Spécimens de type D (pour les essais de fûts à sertir pré-isolés uniquement, voir 8.2.3.4, 8.3.9.2 et 8.3.9.3).....	200
8.1.6	Spécimens de type E (pour les essais selon 8.2.3.2, 8.2.3.4, 8.3.3.5).....	201
8.1.7	Spécimens de type E (pour les essais des fûts à sertir pré-isolés selon 8.3.9.4).....	201
8.1.8	Spécimen de type G (pour les essais selon 8.2.3.2, 8.3.3.4, 8.3.3.5 et 8.3.6).....	202

8.1.9	Spécimen de type H (pour les essais selon 8.2.2, 8.2.3.1, 8.2.3.3, 8.3.2, 8.3.3.2, 8.3.3.3 et 8.3.4)	202
8.1.10	Nombre de spécimens exigé	203
8.2	Programme d'essais de base	204
8.2.1	Généralités	204
8.2.2	Examen initial	204
8.2.3	Essais des connexions serties	205
8.3	Programme d'essais complet	207
8.3.1	Généralités	207
8.3.2	Examen initial	208
8.3.3	Essais des connexions serties	208
8.3.4	Essais d'efficacité du manchon isolant, groupe d'essais F5	210
8.3.5	Essai de stabilité au pliage des connexions serties de jonctions de fils	211
8.3.6	Groupe d'essais F7, si cela est exigé	211
8.3.7	Groupe d'essais F8, si cela est exigé	212
8.3.8	Groupe d'essais F9, si cela est exigé	212
8.3.9	Essais des connexions serties avec des fûts à sertir pré-isolés	212
8.4	Tableaux synoptiques	213
Annexe A (informative)	Recommandations pratiques	216
A.1	Informations générales sur les connexions serties	216
A.1.1	Généralités	216
A.1.2	Avantages des connexions serties	216
A.1.3	Facteurs à considérer sur le courant limite	216
A.2	Informations sur les outils	217
A.3	Informations sur les fûts à sertir	218
A.3.1	Généralités	218
A.3.2	Matériaux	219
A.3.3	Traitements de surface	219
A.3.4	Formes des connexions serties	219
A.4	Informations sur les fils	222
A.4.1	Généralités	222
A.4.2	Matériaux des conducteurs	222
A.4.3	Traitements de surface des conducteurs	222
A.4.4	Informations sur le dénudage des fils	223
A.5	Informations sur les connexions serties	225
A.5.1	Généralités	225
A.5.2	Informations supplémentaires	226
A.5.3	Connexions serties réalisées avec plusieurs fils dans un fût à sertir	229
A.5.4	Dimensions après sertissage	230
A.5.5	Choix des matériaux et des traitements de surface des conducteurs et des fûts à sertir	230
A.6	Procédé de sertissage	230
A.6.1	Sertissage des contacts sur les fûts ouverts	230
A.6.2	Sertissage des contacts en vrac sur les fûts ouverts	230
A.6.3	Instructions pour l'opération de sertissage	231
A.7	Connexions serties correctes (informations complémentaires)	232
A.7.1	Connexions serties correctes sur des contacts à fût ouvert	232
A.7.2	Mesure de la hauteur ou profondeur de sertissage	233
A.7.3	Force d'arrachement	234

A.8	Examen par coupe micrographique	240
A.8.1	Création d'images de coupe micrographique	240
A.8.2	Représentation graphique des exigences relatives aux images de coupe micrographique	242
A.8.3	Terminologie relative aux coupes micrographiques	242
A.8.4	Taux de porosité des connexions serties dans les coupes micrographiques	245
A.8.5	Taux de compression pour sertissage des connexions serties dans les coupes micrographiques	245
A.8.6	Rapport entre la hauteur et la largeur de sertissage dans la coupe micrographique	246
A.8.7	Exigences relatives aux connexions serties en B dans la coupe micrographique	246
A.8.8	État des coupes micrographiques	248
A.8.9	Manchon isolant	249
A.9	Défauts des contacts sertis à fût ouvert	251
A.10	Jonctions de fils	251
A.11	Essai de résistance du sertissage	251
A.11.1	Généralités	251
A.11.2	Notes concernant la préparation et la mesure des spécimens	255
A.12	Informations générales concernant les contacts sertis des connecteurs multicontacts	256
A.12.1	Insertion des contacts sertis dans les alvéoles de contact de l'isolant de connecteur	256
A.12.2	Extraction des contacts insérés	256
A.12.3	Montage et pliage des torons de fils ou de câbles à contacts sertis	256
A.12.4	Accouplement et désaccouplement des connecteurs multicontacts avec des contacts sertis	257
A.13	Remarques finales	258
	Bibliographie	259
	Figure 1 – Exemples de contact à sertir	145
	Figure 2 – Exemples de jonction de fil	146
	Figure 3 – Exemple de support isolant	146
	Figure 4 – Exemples de manchon isolant	147
	Figure 5 – Exemples d'outil de sertissage	147
	Figure 6 – Exemple de positionneur maintenant le fût à sertir	148
	Figure 7 – Exemple de positionneur maintenant le fil dénudé	148
	Figure 8 – Fût ouvert	150
	Figure 9 – Fûts fermés	150
	Figure 10 – Fût à sertir pré-isolé	151
	Figure 11 – Zones de sertissage	151
	Figure 12 – Exemple d'excroissance de sertissage	152
	Figure 13 – Concentricité de l'isolant du fil	157
	Figure 14 – Rapport de diamètre pour les fils de sertissage avec différents diamètres de brin individuels	160
	Figure 15 – Exemples de contacts à sertir matricés ouverts pour la production automatique	161
	Figure 16 – Contact à sertir en B matricé ouvert avec formes de matrice et de poinçon	161

Figure 17 – Désignations des éléments d'un contact à sertir en B ouvert	162
Figure 18 – Exemples de matrices (de presse) de sertissage	162
Figure 19 – Fût matricé fermé (cosse de câble à sertir)	163
Figure 20 – Différentes formes de sertissage	163
Figure 21 – Exemples de matrices de sertissage pour des fûts fermés.....	163
Figure 22 – Cosses de câble tubulaires pour conducteurs de classe 5	164
Figure 23 – Cosses de câble tubulaires pour conducteurs de classe 6	164
Figure 24 – Procédé de sertissage à 4 empreintes avec des outils réglables	164
Figure 25 – Fût fermé matricé pré-isolé et définition des zones.....	165
Figure 26 – Fûts fermés pré-isolés de différentes conceptions	165
Figure 27 – Exemples de bande de cosses de câble à sertir pré-isolées	165
Figure 28 – Variantes de jonctions de fils non isolées	166
Figure 29 – Rapport de diamètre lors du sertissage de fils avec différents diamètres de brins individuels dans des jonctions de fils.....	167
Figure 30 – Mesure de la hauteur de sertissage sur un fût ouvert (sertissage en B).....	171
Figure 31 – Mesure de la hauteur de sertissage sur un fût fermé (sertissage au mandrin)	171
Figure 32 – Mesure de la hauteur de sertissage sur un fût fermé (sertissage à 4 empreintes)	171
Figure 33 – Exemple de points de maintien et de mesure pour la déformation d'un contact.....	173
Figure 34 – Distance par rapport à l'isolant et longueur de dépassement du conducteur.....	173
Figure 35 – Exemples de formes de matrice de manchon isolant	175
Figure 36 – Exemples de manchon isolant.....	176
Figure 37 – Montage d'essai	180
Figure 38 – Essai de pliage des connexions serties avec des fûts à sertir non isolés	181
Figure 39 – Essai de pliage des connexions serties avec des fûts à sertir pré-isolés	181
Figure 40 – Essai de pliage sur des connexions serties de jonctions de fils	182
Figure 41 – Montage d'essai de vibrations	183
Figure 42 – Montage d'essai pour la mesure de la résistance du sertissage d'une connexion sertie d'un seul conducteur	184
Figure 43 – Mesure de la résistance du sertissage des connexions serties de jonctions de fils ou de plusieurs conducteurs	184
Figure 44 – Résistance du sertissage R_C des connexions serties avec fûts et conducteur en cuivre ($K = 1$)	186
Figure 45 – Montage d'essai pour les mesures d'échauffement sous une charge en courant	188
Figure 46 – Chambre d'essai de température avec ouverture de ventilation pour les mesures du taux de réduction de l'intensité en fonction de la température	190
Figure 47 – Exemples de montages d'essai	194
Figure 48 – Courant d'essai pour les connexions serties.....	195
Figure 49 – Exemples de spécimens de type A	199
Figure 50 – Exemples de spécimens de type B	199
Figure 51 – Exemples de spécimens de type C	200
Figure 52 – Exemple de spécimen de type D (pré-isolé)	200
Figure 53 – Exemples de spécimens de type E	201

Figure 54 – Exemple de spécimen de type F.....	202
Figure 55 – Spécimen de type G (jonction de fil).....	202
Figure 56 – Spécimen de type H (jonction de fil).....	203
Figure 57 – Programme d'essais de base (voir 8.2).....	214
Figure 58 – Programme d'essais complet (voir 8.3).....	215
Figure A.1 – Fûts ouverts.....	218
Figure A.2 – Fûts fermés.....	219
Figure A.3 – Forme de sertissage dans l'axe du fil.....	220
Figure A.4 – Forme de sertissage inclinée à 90° par rapport à l'axe du fil.....	220
Figure A.5 – Forme de sertissage sans manchon isolant.....	221
Figure A.6 – Forme de sertissage avec fût à sertir pré-isolé.....	221
Figure A.7 – Forme de sertissage sans fût à sertir pré-isolé.....	221
Figure A.8 – Connexions serties utilisant des conducteurs cylindriques massifs.....	222
Figure A.9 – Longueur de dénudage.....	223
Figure A.10 – Exemple de sertissage parallèle (en ligne) et de sertissage oblique.....	231
Figure A.11 – Procédé de sertissage d'un fût ouvert (sertissage en B).....	232
Figure A.12 – Connexions serties correctes sur des contacts à fût ouvert.....	232
Figure A.13 – Instructions de mesure.....	233
Figure A.14 – Procédure de mesure de la hauteur de sertissage.....	234
Figure A.15 – Essai de force d'arrachement pour les connexions serties à une vitesse de traction de 50 mm/min.....	235
Figure A.16 – Détermination de la résistance à la traction intrinsèque du conducteur (50 mm/min).....	237
Figure A.17 – Relations entre la hauteur de sertissage (C_h), la force d'arrachement, la force de sertissage (profondeur d'empreinte) et la conductivité électrique.....	239
Figure A.18 – Essai de force d'arrachement des connexions serties de jonctions de fils (50 mm/min).....	240
Figure A.19 – Représentation du plan de sectionnement du fût à sertir centré dans la zone de sertissage (X).....	241
Figure A.20 – Exemple de contacts à sertir de fût ouvert à alimentation en bout (alimentation longitudinale).....	241
Figure A.21 – Découpe de la connexion sertie.....	241
Figure A.22 – Dimensions relatives à la coupe micrographique des fûts sertis en B.....	243
Figure A.23 – Dimensions relatives à la coupe micrographique des cosses de câble serties et à tube fermé.....	243
Figure A.24 – Dimensions relatives à la coupe micrographique des fûts à sertir à 4 empreintes.....	244
Figure A.25 – Dimensions relatives à la coupe micrographique des fûts à sertir hexagonaux.....	244
Figure A.26 – Dimensions relatives à la coupe micrographique des fûts à sertir (également pré-isolés).....	244
Figure A.27 – Exemples de coupes micrographiques de fûts à sertir.....	245
Figure A.28 – Rapport entre la hauteur C_h et la profondeur de sertissage C_w	246
Figure A.29 – Rapport de distance entre les extrémités serties et l'épaisseur du matériau de base S	246
Figure A.30 – Angle d'appui α_w des flancs de sertissage.....	247

Figure A.31 – Hauteur d'appui L_a des flancs de sertissage	247
Figure A.32 – Distance entre le bord serti et le fond (F_a)	247
Figure A.33 – Épaisseur inférieure résultante S_b après sertissage	247
Figure A.34 – Exigences concernant l'acceptation d'une formation de bavure	247
Figure A.35 – Diagrammes des valeurs de résistance (A et B) pour les conducteurs en cuivre électrolytique ($K = 1$) et pour d'autres matériaux avec $K = 3,8$	252
Figure A.36 – Schéma du circuit de remplacement pour la résistance du sertissage	253
Figure A.37 – Insertion des contacts sertis dans leurs alvéoles.....	256
Figure A.38 – Montage des torons de fils/câbles à contacts sertis.....	257
Figure A.39 – Pliage de torons de fils de connecteurs.....	257
Figure A.40 – Accouplement et désaccouplement de connecteurs multicontacts.....	258
 Tableau 1 – Endommagement admissible des brins	158
Tableau 2 – Conditions préalables de 5.3 relatives aux fûts à sertir pour accéder au programme d'essais de base de 8.2.....	168
Tableau 3 – Conditions préalables de 5.4 relatives aux fils pour accéder au programme d'essais de base de 8.2	168
Tableau 4 – Instruments grossissants pour l'examen visuel	170
Tableau 5 – Exemple de tolérances admissibles pour les mesures de hauteur de sertissage	172
Tableau 6 – Distance par rapport à l'isolant et longueur de dépassement du conducteur sur les fûts fermés	174
Tableau 7 – Force d'arrachement des connexions serties	177
Tableau 8 – Vibrations, sévérités d'essai préférentielles	183
Tableau 9 – Exemple d'autres matériaux	187
Tableau 10 – Longueur de fil L minimale en fonction de la section du conducteur S	190
Tableau 11 – Valeurs de courant (expérimentales) – Méthode alternative d'essai cyclique de charge en courant	196
Tableau 12 – Nombre de spécimens	203
Tableau 13 – Groupe d'essais B0	205
Tableau 14 – Groupe d'essais B1	205
Tableau 15 – Groupe d'essais B2	206
Tableau 16 – Groupe d'essais B3	206
Tableau 17 – Groupe d'essais B4	207
Tableau 18 – Groupe d'essai B5	207
Tableau 19 – Groupe d'essais F0	208
Tableau 20 – Groupe d'essais F1	209
Tableau 21 – Groupe d'essais F2	209
Tableau 22 – Groupe d'essais F3	210
Tableau 23 – Groupe d'essais F4	210
Tableau 24 – Groupe d'essais F5	211
Tableau 25 – Groupe d'essais F6	211
Tableau 26 – Groupe d'essais F7	211
Tableau 27 – Groupe d'essais F8	212

Tableau 28 – Groupe d'essais F9	212
Tableau 29 – Groupe d'essais F10.....	213
Tableau 30 – Groupe d'essais F11.....	213
Tableau 31 – Groupe d'essais F12.....	213
Tableau A.1 – Dénudage des conducteurs câblés (exigences de qualité bonne à suffisante).....	224
Tableau A.2 – Dénudage des conducteurs câblés (défauts ou états selon le Tableau 1)	225
Tableau A.3 – État des fûts usinés fermés	227
Tableau A.4 – État des fûts ouverts (sertissage en B)	228
Tableau A.5 – Dimensions minimales et tolérances pour l'excroissance d'entrée sur une zone de sertissage en B.....	229
Tableau A.6 – Condition de position de l'isolant du fil dans le manchon isolant.....	229
Tableau A.7 – Valeurs minimales recommandées de la force d'arrachement pour les conducteurs en cuivre électrolytique ayant une résistance à la traction de 200 N/mm^2 (par exemple selon l'EN 13602)	236
Tableau A.8 – Exemples de valeurs de force d'arrachement (rupture) des conducteurs câblés européens disponibles dans le commerce	237
Tableau A.9 – Exemples de valeurs de force d'arrachement (fracture) des conducteurs câblés américains disponibles dans le commerce	237
Tableau A.10 – Détermination des forces d'arrachement minimales par rapport à la section respective et à la résistance à la traction intrinsèque du conducteur	238
Tableau A.11 – Valeurs de force d'arrachement pour les connexions serties de jonctions aboutées	240
Tableau A.12 – Valeurs de hauteur d'appui L_a	247
Tableau A.13 – État des coupes micrographiques	248
Tableau A.14 – État "correct" du manchon isolant pour les sertissages en B et en O (recouvrement asymétrique et symétrique et sertissage d'enveloppe)	249
Tableau A.15 – État "PID" du manchon isolant pour les sertissages en B et en O (recouvrement asymétrique et symétrique et sertissage d'enveloppe)	250
Tableau A.16 – État "incorrect" du manchon isolant pour les sertissages en B et en O (recouvrement asymétrique et symétrique et sertissage d'enveloppe)	250
Tableau A.17 – Caractéristiques des fûts à sertir des jonctions de fils	251
Tableau A.18 – Résistance du sertissage (valeurs initiales maximales autorisées A) pour $K = 1$ (cuivre électrolytique)	254
Tableau A.19 – Résistance du sertissage (après l'application de la charge, R_{CR}) pour $K = 1$ (cuivre électrolytique)	254
Tableau A.20 – Résistance du sertissage (valeurs initiales maximales autorisées A) pour $K \approx 3,8$ (nickel-laiton, brillant)	254
Tableau A.21 – Résistance de contact (après l'application de la charge, R_{CR}) pour $K \approx 3,8$ (nickel-laiton, brillant)	254
Tableau A.22 – Résistance du sertissage (valeurs initiales maximales autorisées A) pour $K = 6,4$ (bronze étamé)	255
Tableau A.23 – Résistance du sertissage (après application de la charge, R_{CR}) pour $K = 6,4$ (bronze étamé)	255

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CONNEXIONS SANS SOUDURE –

Partie 2: Connexions serties – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique

AVANT-PROPOS

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

L'IEC 60352-2 a été établie par le sous-comité 48B: Connecteurs électriques, du comité d'études 48 de l'IEC: Connecteurs électriques et structures mécaniques pour les équipements électriques et électroniques. Il s'agit d'une Norme internationale.

Cette troisième édition annule et remplace la deuxième édition parue en 2006 et l'Amendement 1:2013. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- a) les anciens Articles 6 à 15 ont été transférés dans une nouvelle Annexe A, informative, intitulée "Recommandations pratiques";
- b) plusieurs définitions ont été ajoutées (conducteur, fil, câble, sertissage, connexion sertie, contact à sertir, terminal/borne, embout, embout pré-isolé, raccordement, dispositif de connexion, jonction de fil, support isolant, manchon isolant, connexion sertie pré-isolée, outil de sertissage/pince à sertir/machine de sertissage, tourelle, positionneur, mécanisme contrôlant le cycle de sertissage total, berceau de sertissage/matrice de sertissage, empreinte de sertissage, poinçon de sertissage/mors de sertissage, hauteur de sertissage, trou d'inspection du contact, gamme de fils du fût à sertir, section nominale, section géométrique (réelle), conducteur câblé, excroissance de sertissage, profondeur de sertissage, fabricant, utilisateur, indicateur de processus (PID));
- c) une classification à trois niveaux par classe de produit fini a été introduite à l'Article 4, Exécution, basée sur le niveau de fiabilité attendu de l'application d'utilisation finale pour laquelle les connexions serties étudiées sont adaptées, de façon analogue au 4.3 de l'IEC 61191-1:2018 pour les ensembles électriques et électroniques brasés;
- d) pour une meilleure compréhension, l'ancien paragraphe 4.5, Connexions serties, désormais renuméroté et renommé 5.5, Conditions préalables relatives aux connexions serties, a été scindé en plusieurs paragraphes à trois niveaux ayant chacun un titre assigné;
- e) un endommagement admissible des brins a été introduit en référence à la classification à trois niveaux par application d'utilisation finale, pour la production des spécimens pour essai;
- f) sur la base de l'expérience de l'industrie, au 5.3.1, la teneur minimale en cuivre d'un alliage de cuivre adapté pour la fabrication des fûts à sertir a été abaissée à 57 % (au lieu des 60 % d'origine);
- g) l'allongement à la rupture du cuivre recuit adapté pour les conducteurs à sertir a été porté à 15 % (au lieu des 10 % d'origine);
- h) la section des conducteurs utilisés à des fins d'essai peut être la section nominale (commerciale), à la place de la section géométrie (réelle) pour les fils dont la section nominale est supérieure à 2,5 mm² (voir 5.4.3), la section géométrique (réelle) étant la référence en cas de litige sur les résultats d'essai;
- i) un facteur à considérer pour la concentricité de l'isolant a été ajouté en 5.4.5;
- j) l'ancien paragraphe 5.2.1, Examen général, est maintenant renuméroté et renommé 7.1, Examen général des fûts à sertir et des fils (par la suite appelé examen des pièces), et un nouveau paragraphe 7.2, Examen des dimensions de sertissage, a été ajouté, pour couvrir l'examen des dimensions après sertissage, avec plusieurs nouveaux paragraphes à trois niveaux: 7.2.1 Hauteur de sertissage C_h , largeur de sertissage C_w et largeur de sertissage mesurable C_{wm} , 7.2.2 Déformation des contacts après sertissage, 7.2.3 Examen visuel de la distance par rapport à l'isolant et de la longueur de dépassement du conducteur, 7.2.4 Examen visuel des connexions serties de jonctions de fils, 7.2.5 Examen visuel des connexions serties sur des fûts (usinés) fermés, 7.2.6 Examen visuel des connexions serties sur des fûts ouverts à sertissage en B, 7.2.7 Examen visuel des connexions serties sur fût ouvert avec manchon isolant;
- k) les exigences relatives à la force d'arrachement (résistance à la traction) couvrant les exigences de sécurité des connexions serties du Tableau 1 de l'IEC 60352-2:2006, ici renuméroté Tableau 5, ont été conservées; des valeurs obtenues par interpolation pour les sections les plus utilisées de 0,34 mm² et 0,37 mm² ont été ajoutées. La référence à l'IEC 61210 en tant que source de ces valeurs de sécurité a été supprimée car elle était en partie inexacte. Une spécification facultative d'exigences plus strictes concernant la force d'arrachement, basée sur la classification par produit fini tel que spécifié en 5.1, et plus représentative de ce qui peut être obtenu sur la base du type de fût à sertir, de la forme du sertissage, du matériau et du revêtement du fût et du fil, a été introduite en A.7.3;
- l) un essai de coupe micrographique (facultatif) a été ajouté en 7.3.2;
- m) un essai de vibrations (facultatif) a été ajouté en 7.3.7;

- n) un essai de courant limite (facultatif) a été ajouté en 7.4.3;
- o) une méthode alternative d'essai cyclique de charge en courant a été ajoutée en 7.5.5;
- p) un essai (facultatif) de corrosion dans un flux de mélange de gaz a été ajouté en 7.6.2;
- q) le sertissage à basse température (ancien paragraphe 5.4.2.5) a été complété en 7.5.6 en reproduisant la méthode d'essai déjà présente dans l'IEC 60352-2:1990, 11.4.5;
- r) les types de spécimens pour essai ont été élargis: un nouveau type A a été ajouté, le type B correspond à l'ancien type A, le type C correspond à l'ancien type B, le type D correspond à l'ancien type C, le type E correspond à l'ancien type D modifié par l'ajout de fils de référence, le type F correspond à l'ancien type E, et de nouveaux types G et H ont été ajoutés pour réaliser des essais sur les jonctions de fils;
- s) les références normatives et la Bibliographie ont été mises à jour et enrichies, si cela est exigé.

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

Projet	Rapport de vote
48B/3110/FDIS	48B/3128/RVD

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

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous www.iec.ch/members_experts/refdocs. Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous www.iec.ch/publications.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60352, publiées sous le titre général *Connexions sans soudure*, se trouve sur le site Web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site Web de l'IEC sous webstore.iec.ch dans les données relatives au document recherché. À cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé, ou
- révisé.

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

INTRODUCTION

Le présent document spécifie les exigences et les essais applicables aux connexions serties, ainsi que des recommandations pratiques à l'Annexe A.

Deux programmes d'essais sont proposés:

- un programme d'essais de base qui s'applique aux connexions serties sans soudure conformes à toutes les conditions préalables de l'Article 5. Il est tiré de l'expérience acquise sur des applications menées à bien sur de telles connexions;
- un programme d'essais complet qui s'applique aux connexions serties sans soudure qui ne sont pas totalement conformes à toutes les conditions préalables de l'Article 5, par exemple à celles réalisées avec des fils massifs, en utilisant des matériaux ou des traitements de surface non couverts par l'Article 4.

Ce système permet un contrôle des performances optimisé en matière de coût et de temps, en utilisant le programme d'essais de base réduit pour les connexions serties éprouvées et un programme d'essais complet étendu pour les connexions exigeant une vérification complète des performances.

Une spécification particulière du produit, ou la spécification du fabricant, relative aux connexions serties et/ou aux ensembles de câbles associés, ainsi qu'aux contacts à sertir, aux embouts ou aux jonctions de fils, peut inclure des essais supplémentaires afin de vérifier l'amélioration des performances ou la conformité aux classes de produits spécifiées, ou les deux. Elle peut également faire référence au présent document avec des sévérités d'essai et des critères d'acceptation différents de ceux prévus dans l'un des deux programmes d'essais, ainsi que prévoir un programme d'essais intermédiaire. Les exigences de la spécification particulière du produit ou de la spécification du fabricant prévalent.

La conformité de la connexion sertie implique que les exigences et les essais spécifiés s'appliquent à tous les facteurs liés à la production d'une connexion sertie appropriée, à savoir:

- le fût à sertir, qui peut faire partie intégrante d'une jonction de fil, d'un embout ou d'un contact à sertir, le contact étant destiné à être utilisé dans un connecteur monobroche ou multicontact;
- le fil (ou la gamme de fils) pour lequel (laquelle) le raccordement est approprié;
- les outils exigés pour produire ce type de connexion sans soudure.

Les recommandations pratiques de l'Annexe A font office de lignes directrices pour l'exécution exigée. L'attention est attirée sur le fait que certaines branches de l'industrie (par exemple automobile, aérospatiale, nucléaire, militaire) peuvent avoir des normes d'exécution ou des exigences de qualité spécifiques, ou les deux, qui sortent du domaine d'application du présent document.

Le Guide 109 de l'IEC met en évidence la nécessité de réduire le plus possible l'incidence d'un produit sur l'environnement naturel tout au long de son cycle de vie.

Il est entendu que certains matériaux autorisés par le présent document peuvent avoir un impact négatif sur l'environnement.

Au fur et à mesure que les avancées technologiques aboutiront à des alternatives acceptables pour ces matériaux, ceux-ci seront éliminés des futures éditions du présent document.

CONNEXIONS SANS SOUDURE –

Partie 2: Connexions serties – Exigences générales, méthodes d'essai et guide pratique

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60352 s'applique aux connexions serties sans soudure réalisées avec:

- des fûts à sertir non isolés ou pré-isolés, de conception appropriée, utilisés en tant que parties de contacts à sertir, d'embouts ou de jonctions de fils; et
- des fils câblés de section comprise entre 0,05 mm² et 10 mm²; ou
- des fils massifs de 0,25 mm à 3,6 mm de diamètre;

destinés à être utilisés dans des équipements électriques et électroniques.

Des informations sur les matériaux et des données émanant de l'expérience industrielle sont fournies en plus des procédures d'essai afin de fournir des connexions électriquement stables dans les conditions d'environnement prescrites.

La présente partie de l'IEC 60352 ne s'applique pas au sertissage des câbles coaxiaux.

La présente partie de l'IEC 60352 détermine la conformité des connexions serties sans soudure telles que décrites ci-dessus, dans des conditions mécaniques, électriques et atmosphériques spécifiées, et fournit un moyen pour comparer les résultats d'essai lorsque les outils utilisés pour réaliser les connexions sont de conception ou de fabrication différentes.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-581, *Vocabulaire Électrotechnique International – Partie 581: Composants électromécaniques pour équipements électroniques*

IEC 60068-1, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-6, *Essais d'environnement – Partie 2-6: Essais – Essai Fc: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60068-2-30, *Essais d'environnement – Partie 2-30: Essais – Essai Db: Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 h + 12 h)*

IEC 60068-2-60, *Essais d'environnement – Partie 2-60: Essais – Essai Ke: Essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz*

IEC 60228, *Âmes des câbles isolés*

IEC 60512-1, *Connecteurs pour équipements électriques et électroniques – Essais et mesures – Partie 1: Spécification générique*

IEC 60512-1-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 1-1: Examen général – Essai 1a: Examen visuel*

IEC 60512-1-2, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 1-2: Examen général – Essai 1b: Examen de dimensions et masse*

IEC 60512-2-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 2-1: Essais de continuité électrique et de résistance de contact – Essai 2a: Résistance de contact – Méthode du niveau des millivolts*

IEC 60512-2-2, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 2-2: Essais de continuité électrique et de résistance de contact – Essai 2b: Résistance de contact – Méthode du courant d'essai spécifié*

IEC 60512-2-5, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 2-5: Essais de continuité électrique et de résistance de contact – Essai 2e: Perturbation de contact*

IEC 60512-4-3, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 4-3: Essais de contrainte diélectrique – Essai 4c: Tension de tenue pour fûts pré-isolés de sertissage*

IEC 60512-5-2, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 5-2: Essais de courant limite – Essai 5b: Taux de réduction de l'intensité en fonction de la température*

IEC 60512-6-4, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 6-4: Essais de contraintes dynamiques – Essai 6d: Vibrations (sinusoïdales)*

IEC 60512-9-5, *Connecteurs pour équipements électriques et électroniques – Essais et mesures – Partie 9-5: Essais d'endurance – Essai 9e: Charge en courant, essai cyclique*

IEC 60512-11-1, *Connecteurs pour équipements électriques et électroniques – Essais et mesures – Partie 11-1: Essais climatiques – Essai 11a – Séquence climatique*

IEC 60512-11-4, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 11-4: Essais climatiques – Essai 11d: Variations rapides de température*

IEC 60512-11-7, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 11-7: Essais climatiques – Essai 11g: Essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz*

IEC 60512-11-9, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 11-9: Essais climatiques – Essai 11i: Chaleur sèche*

IEC 60512-11-10, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 11-10: Essais climatiques – Essai 11j: Froid*

IEC 60512-11-12, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 11-12: Essais climatiques – Essai 11m: Essai cyclique de chaleur humide*

IEC 60512-16-4, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 16-4: Essais mécaniques des contacts et des sorties – Essai 16d: Résistance à la traction (connexions serties)*

IEC 60512-16-7, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 16-7: Essais mécaniques des contacts et des sorties – Essai 16g: Mesure de la déformation d'un contact après sertissage*

IEC 60512-16-8, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 16-8: Essais mécaniques des contacts et des sorties – Essai 16h: Efficacité du manchon isolant (connexions serties)*

IEC 60512-19-1, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 19-1: Essais de résistance chimique – Essai 19a: Résistance aux fluides des cosses de sertissage préisolés*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions de l'IEC 60050-581, l'IEC 60512-1 ainsi que les suivants s'appliquent.

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

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

3.1

conducteur

partie du câble ou du fil destinée à transporter du courant électrique

Note 1 à l'article: Le conducteur peut être:

- a) massif, constitué d'un seul brin de section circulaire;
- b) câblé, constitué de plusieurs brins de section circulaire assemblés par disposition en couches concentriques ou en torons, et sans isolation entre eux.

[SOURCE: IEC 60189-1:2018, 3.1]

3.2

fil

conducteur isolé ou assemblage de plusieurs conducteurs isolés, disposés ensemble et qui peuvent être munis d'un écran

Note 1 à l'article: Le fil peut être:

- a) unique, constitué d'un seul conducteur isolé;
- b) multiple, constitué de plusieurs conducteurs isolés.

[SOURCE: IEC 60189-1:2018, 3.2, modifié – Dans le terme, "basse fréquence" a été supprimé. La Note 2 à l'article a été supprimée]

3.3

câble

assemblage d'un ou plusieurs conducteurs, muni d'une enveloppe protectrice et éventuellement de matériaux de remplissage, d'isolation et de protection

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-38, modifié – Dans la définition, "ou fibres optiques" a été supprimé]

3.4

sertissage

méthode de fixation permanente d'un raccordement à un conducteur par une pression entraînant la déformation ou la mise en forme d'un fût à sertir autour du conducteur afin d'établir une bonne connexion électrique et mécanique

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-10, modifié – Dans la définition, "du fût" a été remplacé par "d'un fût à sertir"]

3.5

connexion sertie

connexion sans soudure permanente obtenue par sertissage d'un fût à sertir

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-02, modifié – Dans la définition, la définition existante de "sertissage" est utilisée pour éviter la redondance du texte, les termes "sans soudure" et "à sertir" ont été ajoutés, et la Note a été supprimée]

3.6

contact à sertir

contact dont le fût est destiné à être sertie

Note 1 à l'article: Le contact peut être mâle ou femelle, ou peut fournir un moyen de fixation à un embout tel qu'une broche/un goujon ou une extrémité aplatie, en forme de fourche ou d'œillet (voir Figure 1).

Note 2 à l'article: Les éléments 2, 3 et 4 de la Figure 1 sont également appelés "embouts" ou "cosses de câble".



1 = contact à sertir matricé à fût ouvert,

2 = cosse de câble matricée à fût fermé,

3 = cosse de câble tubulaire à fût fermé,

4 = cosse de câble à fût fermé pré-isolé,

5 = contact à sertir usiné à fût fermé

Figure 1 – Exemples de contact à sertir

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-05, modifié – Les Notes 1 et 2 à l'article et la Figure 1 ont été ajoutées]

3.7

terminal borne

partie conductrice d'un appareil, d'un circuit électrique ou d'un réseau électrique, destinée à le connecter à un ou plusieurs conducteurs extérieurs

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-17]

3.8

embout

dispositif avec un ou plusieurs fûts destinés à recevoir des conducteurs électriques avec ou sans pièce additionnelle capable de recevoir et de supporter l'isolant des conducteurs, pour connecter les conducteurs à un équipement

3.9

embout pré-isolé

embout comportant un fût (à sertir) pré-isolé

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-19]

3.10

raccordement

pièce d'un contact, borne ou embout, à laquelle un conducteur est normalement connecté

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-20]

3.11

dispositif de connexion

dispositif destiné au raccordement électrique de plusieurs conducteurs, comprenant une ou plusieurs bornes, et si nécessaire une isolation et/ou des pièces complémentaires

[SOURCE: IEC 60050-442:1998, 442-06-01]

3.12

jonction de fil

dispositif de connexion avec un ou plusieurs fûts destiné à recevoir des conducteurs, avec ou sans pièce additionnelle capable de recevoir et maintenir l'enveloppe isolante

Note 1 à l'article: La jonction peut s'effectuer par un ou deux cotés, le fût à sertir étant fermé ou ouvert, avec ou sans enveloppe isolante (voir Figure 2).



1 = jonction traversante double,

2 = jonction traversante simple,

3 = jonction simple

Figure 2 – Exemples de jonction de fil

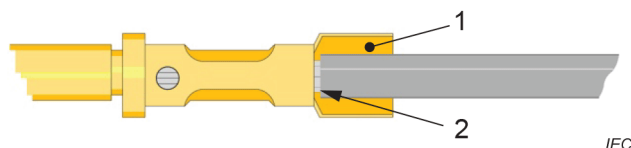
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-19, modifié – La Note 1 à l'article et la Figure 2 ont été ajoutées]

3.13

support isolant

partie d'un embout qui reçoit mais ne maintient pas l'isolant du fil

Note 1 à l'article: Il peut être plus grand que le diamètre extérieur de l'isolant de l'enveloppe isolante (voir Figure 3).



1 = manchon support isolant,

2 = enveloppe isolante

Figure 3 – Exemple de support isolant

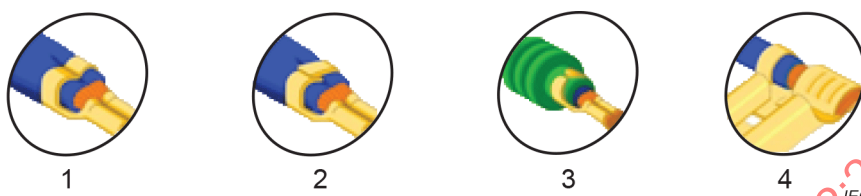
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-17 modifié – Dans la définition, "terminal" a été remplacé par "terminal end" (cette modification ne concerne que la version anglaise) et "câble" a été remplacé par "fil". La Note 1 à l'article et la Figure 3 ont été ajoutées]

3.14

manchon isolant

partie d'un embout dans laquelle l'isolant du fil est maintenu par sertissage

Note 1 à l'article: La Figure 4 donne des exemples de manchon isolant.



1 = sertissage en B,

2 = sertissage à recouvrement,

3 = sertissage en O ouvert,

4 = sertissage incliné roulé simple (fût incliné)

Figure 4 – Exemples de manchon isolant

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-22-16, modifié – Dans la définition, "câble" a été remplacé par "fil"] La Note 1 à l'article et la Figure 4 ont été ajoutées]

3.15

connexion sertie pré-isolée

connexion sertie formée avec un embout pré-isolé ou une jonction de fil pré-isolée

3.16

outil de sertissage

pince à sertir

machine de sertissage

outil ou mécanisme utilisé pour effectuer une connexion sertie

Note 1 à l'article: La Figure 5 donne des exemples d'outil de sertissage.



1 = pince à sertir,

2 = outil réglable pour machine de sertissage automatique

Figure 5 – Exemples d'outil de sertissage

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-16, modifié – La Note 1 à l'article et la Figure 5 ont été ajoutées]

3.17

ourelle

positionneur

<outil de sertissage> dispositif de positionnement d'un fût à sertir dans un outil de sertissage

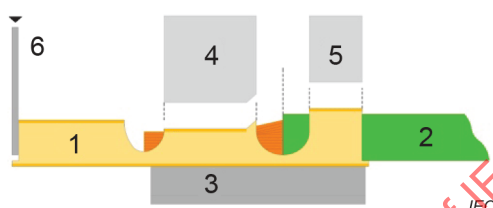
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-17]

3.18

positionneur

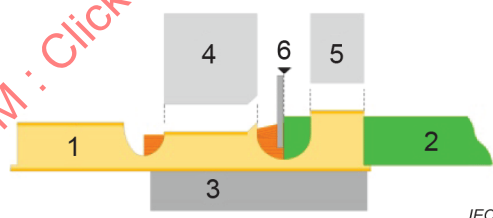
<outil de sertissage> positionneur présentant un logement pour le contact et des caractéristiques additionnelles destinées à contrôler la position réciproque correcte des pièces pendant le sertissage

Note 1 à l'article: Un positionneur peut contrôler soit la position correcte du fût à sertir, soit celle du conducteur dénudé par rapport au fût à sertir (voir Figure 6 et Figure 7).



- 1 = contact à sertir,
- 2 = conducteur isolé,
- 3 = berceau,
- 4 = matrice de sertissage du fil,
- 5 = matrice de sertissage de l'isolant,
- 6 = positionneur pour le fût à sertir

Figure 6 – Exemple de positionneur maintenant le fût à sertir



- 1 = contact à sertir,
- 2 = conducteur isolé,
- 3 = berceau,
- 4 = matrice de sertissage du fil,
- 5 = matrice de sertissage de l'isolant,
- 6 = positionneur pour le conducteur dénudé

Figure 7 – Exemple de positionneur maintenant le fil dénudé

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-18, modifié – Dans la définition, "la profondeur du sertissage" a été remplacé par "la position réciproque correcte des pièces pendant le sertissage". La Note 1 à l'article a été ajoutée avec la Figure 6 et la Figure 7 correspondantes]

3.19

mécanisme contrôlant le cycle de sertissage total

dispositif qui évite que l'outil de sertissage revienne en position ouverte avant que le sertissage ne soit complètement terminé

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-23]

3.20

berceau de sertissage

matrice de sertissage

partie d'un outil de sertissage qui maintient le fût à sertir ou la bague pendant le sertissage

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-14, modifié – Dans la définition, "du contact" a été remplacé par "à sertir"]

3.21

empreinte de sertissage

pince à sertir ayant une matrice de sertissage à plusieurs empreintes permettant de couvrir plusieurs tailles de conducteur ou de fût, chaque cavité de la matrice de sertissage étant propre à une taille spécifique ou à une plage de tailles de conducteur ou de fût

3.22

poinçon de sertissage

mors de sertissage

partie de l'outil de sertissage qui réalise l'empreinte ou comprime le fût à sertir ou la bague

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-15, modifié – Dans la définition, "du contact" a été remplacé par "à sertir"]

3.23

matrice de sertissage

partie de l'outil de sertissage qui déforme ou met en forme le ou les fûts à sertir pendant le sertissage et qui comprend en général la ou les enclumes de sertissage, le ou les poinçons de sertissage et le positionneur

Note 1 à l'article: Les matrices de sertissage peuvent avoir des pièces intégrées ou rapportées pour la compression du manchon isolant, si celui-ci est prévu.

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-24-26, modifié – Dans la définition, "met en forme" a été remplacé par "déforme ou met en forme", et "pendant le sertissage" a été ajouté. La Note 1 à l'article a été ajoutée]

3.24

hauteur de sertissage

distance de pénétration du ou des poinçons de sertissage dans le fût à sertir, mesurée en contrôlant par calibre l'épaisseur de la zone de sertissage entre deux points opposés sur la ou les surfaces serties

Note 1 à l'article: La hauteur de sertissage est mesurée comme la distance entre deux points opposés sur les côtés du fût à sertir.

3.25

fût à sertir

fût métallique de forme ouverte ou fermée conçu pour accepter une ou plusieurs extrémités de conducteur qui sont serties à l'aide d'un outil à sertir

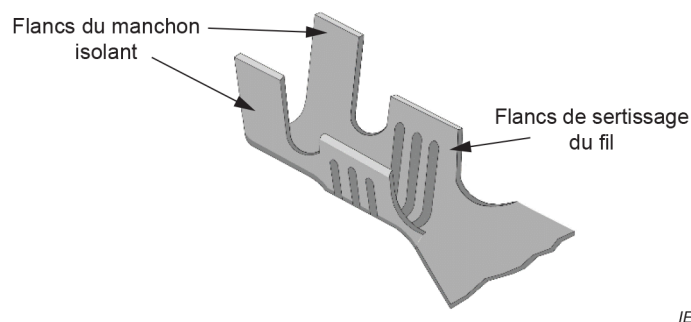
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-47 modifié – Dans la définition, "pour conducteur" a été remplacé par "métallique de forme ouverte ou fermée" et "un ou plusieurs conducteurs" a été remplacé par "une ou plusieurs extrémités de conducteur"]

3.26

fût (à sertir) ouvert

fût à sertir de forme ouverte avant sertissage, par exemple en forme de U ou de V

Note 1 à l'article: La Figure 8 donne un exemple de fût à sertir ouvert.



IEC

Figure 8 – Fût ouvert

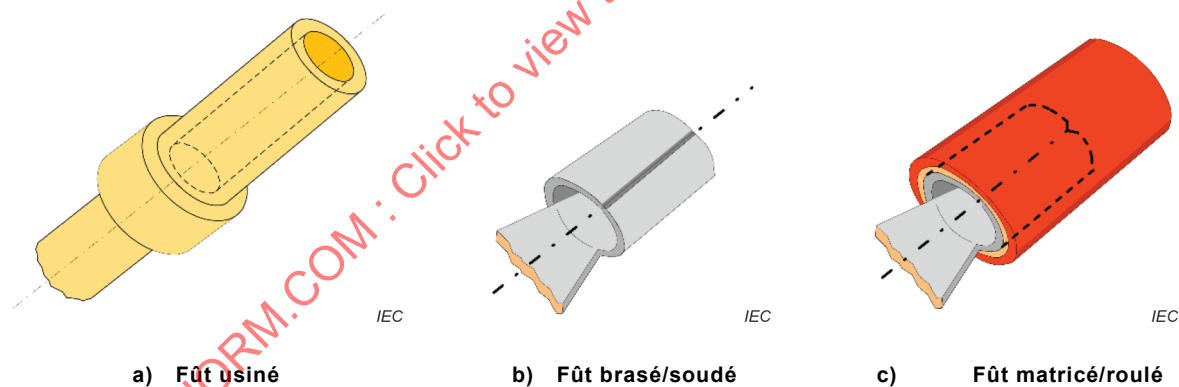
[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-48, modifié – La Note 1 à l'article et la Figure 8 ont été ajoutées]

3.27

fût (à sertir) fermé

fût à sertir de forme fermée avant sertissage

Note 1 à l'article: La Figure 9 donne des exemples de fûts à sertir fermés.



a) Fût usiné

b) Fût brasé/soudé

c) Fût matricé/roulé

Figure 9 – Fûts fermés

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-49, modifié – La Note 1 à l'article et la Figure 9 ont été ajoutées]

3.28

fût (à sertir) pré-isolé

fût à sertir avec une couche inamovible d'isolant qui assure une protection électrique totale, à travers lequel le sertissage est réalisé, le fût à sertir et la pré-isolation étant sertis en une seule opération

Note 1 à l'article: La Figure 10 donne un exemple de fût à sertir pré-isolé.

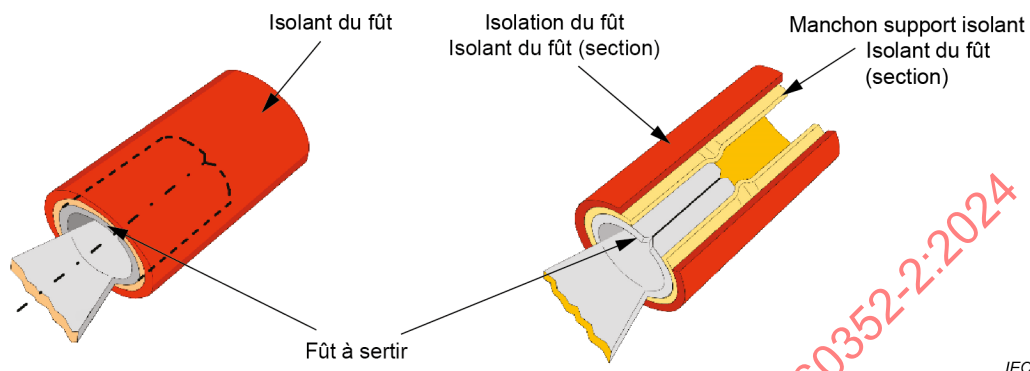


Figure 10 – Fût à sertir pré-isolé

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-50, modifié – Dans la définition, "à travers lequel le sertissage est réalisé" a été ajouté et "seront sertis" a été remplacé par "étant sertis". La Note 1 à l'article et la Figure 10 ont été ajoutées]

3.29

zone de sertissage

partie d'un fût à sertir où la connexion sertie est réalisée par déformation sous l'action d'une pression ou modification de la forme du fût autour du conducteur

Note 1 à l'article: Si le fût à sertir comprend un manchon isolant, la forme de ce dernier est également modifiée par la compression de l'outil de sertissage afin de maintenir l'isolant du fil.

Note 2 à l'article: La Figure 11 donne des exemples de manchon isolant.

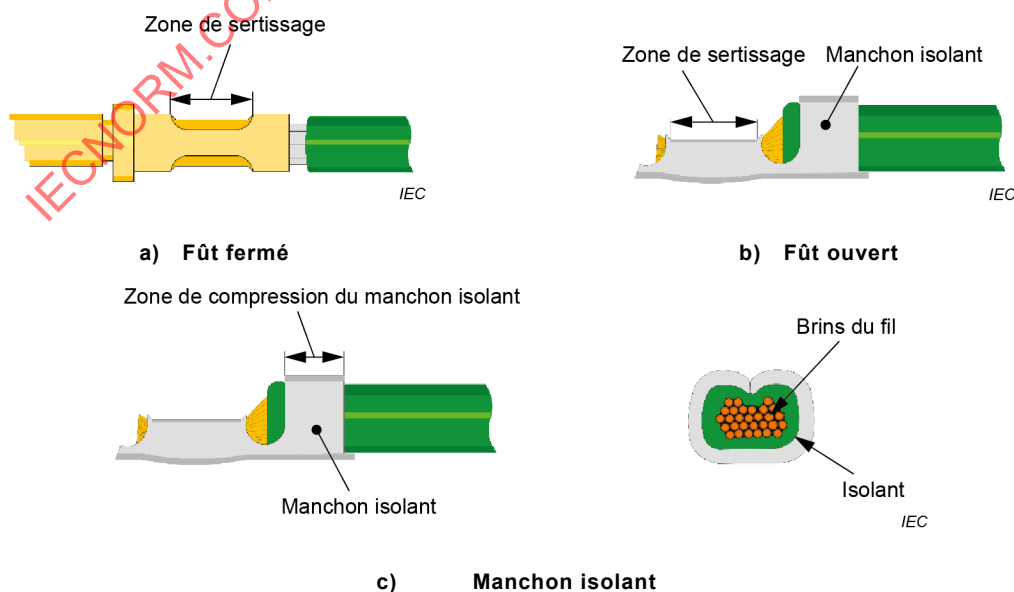


Figure 11 – Zones de sertissage

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-23-56, modifié – Les Notes 1 et 2 à l'article et la Figure 11 ont été ajoutées]

3.30

trou d'inspection du contact

trou ménagé dans le fût à sertir pour permettre l'examen visuel de la position du conducteur

[SOURCE: IEC 60050-581:2008, 581-27-06, modifié – Dans la définition, "du contact" a été remplacé par "à sertir"]

3.31

gamme de fils du fût à sertir

gamme de sections géométriques, de la plus petite à la plus grande, qu'un fût à sertir peut recevoir, telle que spécifiée par le fabricant du fût

3.32

section nominale

valeur identifiant une taille particulière d'âme mais qui ne peut pas être l'objet d'une mesure directe

Note 1 à l'article: À chaque taille particulière d'âme de l'IEC 60228 correspond une exigence sur la valeur maximale de la résistance.

[SOURCE: IEC 60228:2004, 2.2]

3.33

section géométrique (réelle)

valeur identifiant la taille réelle d'âme et correspondant au produit du nombre de ses brins individuels et de la section de chaque brin

3.34

conducteur câblé

conducteur constitué d'un ensemble de fils, dont certains ou tous sont enroulés en hélice

Note 1 à l'article: Un conducteur câblé est défini comme une âme de classe 2 dans l'IEC 60228. Le nombre de brins et leur diamètre sont utilisés, par exemple, dans l'IEC TR 60344.

[SOURCE: IEC 60050-151:2001, 151-12-36, modifié – La Note 1 à l'article a été ajoutée]

3.35

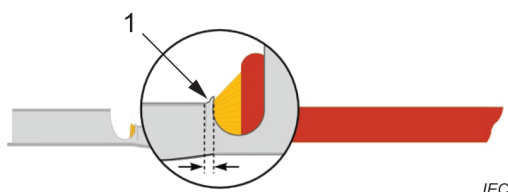
excroissance de sertissage

portion de la zone de sertissage formée de manière à empêcher toute coupure de brins individuels du conducteur pendant le compactage du sertissage

Note 1 à l'article: Il peut y avoir une excroissance d'entrée et une excroissance de sortie.

Note 2 à l'article: Les termes "trompette" ou "évasement" sont utilisés en synonyme dans certains documents.

Note 3 à l'article: Voir la Figure 12 qui donne un exemple d'excroissance de sertissage.



IEC

1 = excroissance d'entrée

Figure 12 – Exemple d'excroissance de sertissage

3.36**profondeur de sertissage**

trajet de pénétration d'une partie de l'outil dans le fût à sertir

3.37**fabricant**

individu, organisme, entreprise ou agence ayant la responsabilité technique de la conception, de la fabrication et de la fourniture d'un matériel spécifié

EXEMPLE Fabricant de connexion sertie, fabricant de contact à sertir, fabricant d'embout, fabricant de jonction de fil, fabricant d'outil de sertissage, fabricant de fil.

Note 1 à l'article: Un fabricant de connexion sertie est également utilisateur de tous les matériaux et outils exigés pour la fabrication de la connexion sertie.

3.38**utilisateur**

individu, organisme, entreprise ou agence responsable de l'achat d'un matériel spécifié et ayant toute autorité pour définir le type et la classe du matériel ainsi que toute variation ou restriction

EXEMPLE Utilisateur de connexion sertie, utilisateur de contact à sertir, utilisateur d'embout, utilisateur de jonction de fil, utilisateur d'outil de sertissage, utilisateur de fil.

Note 1 à l'article: Un utilisateur de contact à sertir ou un utilisateur d'embout ou un utilisateur de jonction de fil est nécessairement aussi un utilisateur d'outil de sertissage et un utilisateur de fil, tout en devenant un fabricant de connexion sertie.

Note 2 à l'article: Un utilisateur de connexion sertie n'est pas nécessairement le fabricant de connexion sertie.

3.39**indicateur de processus****PID**

état qui, bien qu'il ne soit pas optimal, reste dans les limites de la tolérance définie et est donc considéré comme acceptable

Note 1 à l'article: Si un état PID est détecté, l'ajustement du processus est essentiel car les PID cumulés peuvent être considérés comme une défaillance même si les PID à faible occurrence sont dans les limites de la tolérance.

4 Exécution

Le fabricant de raccordements sertis ou d'un composant (par exemple des contacts à sertir ou des connecteurs multicontacts à sertir) qui utilise ces raccordements doit fournir des instructions pour l'assemblage des connexions serties.

Les connexions serties doivent être exécutées de façon soignée et professionnelle, selon les règles de l'art.

L'Annexe A fournit des recommandations pratiques et peut servir de référence pour l'évaluation de l'exécution.

NOTE Certains secteurs industriels (par exemple l'automobile, l'aérospatiale, la marine, le nucléaire, l'armée) utilisent des normes d'exécution qui peuvent être prises en compte par accord entre le fabricant et l'utilisateur.

5 Conditions préalables relatives au programme d'essais de base

5.1 Classification par classe de produits finis

5.1.1 Généralités

Par analogie avec l'IEC 61191-1:2018 couvrant les ensembles de cartes imprimées qui établit les exigences générales pour les ensembles électriques et électroniques soudés, le présent document, traitant d'une technologie de connexion sans soudure spécifique, reconnaît que les ensembles électriques et électroniques, qui constituent la cible de telles connexions serties sans soudure, peuvent être classés en fonction de l'usage prévu des produits finis.

Trois classes générales de produits finis ont été établies afin de refléter les différences au niveau de la productibilité, des exigences de performances fonctionnelles et de la fréquence des vérifications (examen ou essai).

Comme des chevauchements d'équipements peuvent se produire entre les classes, le fabricant des produits finis doit identifier la classe de produits pertinente pour les connexions serties exigées conformément au présent document et le fabricant des connexions serties doit appliquer les exigences d'essai pertinentes.

Cette classification peut avoir un impact sur certaines exigences.

5.1.2 Classe A – Produits électriques et électroniques généraux

Cette classe englobe les produits d'ensembles électriques et électroniques à usage général, notamment les biens de consommation, certains ordinateurs et périphériques, ainsi que le matériel adapté aux applications où l'exigence principale dépend de l'assemblage finalisé.

5.1.3 Classe B – Produits électriques et électroniques spécifiques au service

Cette classe regroupe les produits d'ensembles électriques et électroniques destinés à des applications spéciales où des performances élevées, une durée de vie prolongée et une continuité du service sont souhaitées mais non obligatoires. Elle comprend les équipements de communication ainsi que les machines et le matériel de bureau haut de gamme. L'environnement d'utilisation finale ne provoque généralement pas de défaillance.

5.1.4 Classe C – Produits électriques et électroniques à haute performance

Cette classe couvre les produits d'ensembles électriques et électroniques où des performances continues ou à la demande sont obligatoires. Aucun temps d'arrêt ne peut être toléré pour les équipements et l'environnement d'utilisation finale peut être exceptionnellement sévère. Les équipements doivent fonctionner lorsque cela est exigé (systèmes de maintien de la vie et autres systèmes critiques, par exemple).

5.2 Conditions préalables relatives aux outils

Les outils de sertissage doivent être choisis conformément aux instructions fournies par le fabricant du contact à sertir (ou de l'embout ou de la jonction de fil) dont le fût à sertir fait partie intégrante.

Les outils provenant de fabricants autres que ceux recommandés par le fabricant du contact à sertir (ou de l'embout ou de la jonction de fil), qui sont compatibles avec les exigences de sertissage du fût peuvent être utilisés sous la seule responsabilité du fabricant de la connexion sertie, qui doit être chargé de la qualification conformément au présent document.

Un outil de sertissage doit être utilisé et contrôlé conformément aux instructions données par le fabricant de cet outil.

L'outil de sertissage doit être capable d'effectuer des connexions uniformément fiables pendant sa vie utile.

L'outil de sertissage doit être équipé des matrices appropriées. Lorsque les matrices sont ajustables, le réglage correspondant au fût à sertir doit être utilisé.

Les pinces à sertir doivent être équipées d'un mécanisme contrôlant le cycle de sertissage total.

Les outils de sertissage réglages des machines de sertissage automatiques ou semi-automatiques doivent être équipés d'un mécanisme contrôlant le cycle de sertissage total ou d'une protection équivalente.

Ils doivent être correctement réglés et leur réglage doit être maintenu.

NOTE Voir l'Article A.2 c) pour de plus amples détails sur le mécanisme contrôlant le cycle de sertissage total.

Les outils doivent être évalués en soumettant à essai les connexions serties réalisées avec les outils à évaluer.

Certaines applications d'utilisation finale des connexions serties, par exemple l'installation dans des connecteurs monobroches ou multicontacts, peuvent être plus sensibles que d'autres à une déformation axiale ou transversale excessive, ou les deux, du fût après sertissage (vérifiée avec l'essai 16g de l'IEC 60512-16-7, voir 8.2.2 et 8.3.2). Dans de tels cas, il est recommandé d'utiliser un système de tourelle pour l'outil de sertissage afin d'éviter les déformations qu'un positionnement incorrect de l'outil de sertissage sur le fût peut produire. Voir les instructions du fabricant du fût à sertir.

5.3 Conditions préalables relatives aux fûts à sertir

5.3.1 Matériaux des fûts à sertir

Les fûts à sertir doivent être réalisés en cuivre ou en alliage de cuivre avec une teneur minimale en cuivre de 57 %.

NOTE La capacité d'un matériau à se déformer plastiquement sans rompre est corrélée à sa résistance à la traction R_m . L'exigence historique – désormais abandonnée – était $R_m \leq 600$ MPa, mesurée conformément à l'ISO 6892-1.

Pour les connexions serties réalisées avec des fûts à sertir en matériaux conformes à ces exigences, le programme d'essais de base de 8.2 doit s'appliquer (voir 6.1).

D'autres matériaux aux caractéristiques adaptées peuvent être utilisés (nickel, acier ou acier inoxydable, par exemple). Il est possible que les matériaux présentant un coefficient de résistivité élevé (valeurs K , voir 7.4.1) ou les matériaux dont la résistance à la traction est supérieure à celle mentionnée ci-dessus ne soient pas adaptés à certaines applications. Dans ces cas, le programme d'essais complet de 8.3 doit être appliqué (voir 6.1).

5.3.2 Dimensions des fûts à sertir

Les dimensions doivent être adaptées aux fils câblés, comme spécifié en 5.4.

NOTE Un fût à sertir peut être conçu pour couvrir une gamme de tailles de fil.

5.3.3 Traitement de surface des fûts à sertir

Le fût à sertir doit être soit brut, soit revêtu d'étain, d'alliage d'étain, d'argent, d'or ou de palladium, avec un sous-revêtement de nickel ou de cuivre, suivant le cas, agissant comme une barrière de diffusion.

Dans ce cas, le programme d'essais de base de 8.2 doit être appliqué (voir 6.1).

La surface doit être exempte de contamination et de corrosion. Cette exigence doit être vérifiée par un examen visuel tel que détaillé en 7.1.

D'autres matériaux de revêtement tels que le nickel (à moins qu'ils ne soient utilisés comme sous-revêtement) peuvent être utilisés à condition que leur conformité ait été prouvée.

Dans ces cas, le programme d'essais complet de 8.3 doit être appliqué (voir 6.1).

5.3.4 Caractéristiques de conception des fûts à sertir

Le fût à sertir doit être conçu de manière à obtenir la connexion sertie par déformation sous pression ou par mise en forme du fût autour du conducteur dénudé.

NOTE Le présent document ne couvre pas les techniques où la connexion est réalisée par des parties du fût pénétrant à travers l'isolant d'un conducteur isolé.

Les types de fûts suivants doivent être utilisés:

- fûts ouverts, non isolés;
- fûts fermés, pré-isolés ou non isolés.

Les fûts à sertir doivent être exempts d'arêtes vives susceptibles d'endommager les conducteurs.

Si le fût à sertir est équipé d'un support isolant ou d'un manchon isolant, le diamètre total de l'isolant du fil doit être compatible avec les dimensions du support ou du manchon, c'est-à-dire que l'isolant du fil doit être correctement placé dans le support ou le manchon.

5.4 Conditions préalables relatives aux fils

5.4.1 Généralités

Il convient d'utiliser des conducteurs câblés (classe 2, 5 ou 6 définie dans l'IEC 60228, conformément aux instructions du fabricant des fûts à sertir). Il est permis d'utiliser des conducteurs cylindriques massifs de 0,25 mm à 3,6 mm de diamètre (classe 1 définie dans l'IEC 60228) – lorsqu'ils sont spécifiés par la spécification particulière du fût à sertir ou la spécification du fabricant – à condition que leur conformité ait été démontrée par le programme d'essais complet de 8.3.

NOTE Par souci de clarté, les attributs "câblé" et "cylindrique massif" sont désormais chacun associés à la classe pertinente correspondante définie par l'IEC 60228. Le terme "câblé" peut être associé à la classe 2, 5 ou 6 (les deux dernières y sont définies comme étant "souples", la classe 6 étant décrite ailleurs comme étant "très souple" en raison d'un nombre de brins de plus petit diamètre supérieur à celui du conducteur de classe 5 de taille correspondante, afin d'augmenter la souplesse au détriment d'une plus grande section apparente), alors que le terme "cylindrique massif" correspond à la classe 1 selon l'IEC 60228. Rappel: l'IEC 60228 ne couvre pas les conducteurs pour fils utilisés dans l'industrie des télécommunications, qui sont couverts par la série IEC 60189, par exemple l'IEC 60189-3:2007 figurant dans la Bibliographie du présent document.

5.4.2 Matériaux des conducteurs

Du cuivre recuit doit être utilisé, ayant un allongement à la rupture:

- d'au moins 8 % pour les conducteurs câblés dont le diamètre des brins individuels est compris entre 0,04 mm et 0,08 mm; ou
- d'au moins 13 % pour les conducteurs câblés dont le diamètre des brins individuels est supérieur à 0,08 mm.

NOTE L'EN 13602 indique des alliages de cuivre appropriés.

5.4.3 Dimensions des conducteurs

La section nominale du conducteur câblé (classe 2, 5 ou 6 définie dans l'IEC 60228 et spécifiée par la spécification particulière du fût à sertir ou la spécification du fabricant) doit être comprise entre 0,05 mm² et 10 mm².

Le diamètre du conducteur cylindrique massif (classe 1 définie dans l'IEC 60228, lorsqu'elle est spécifiée par la spécification particulière du fût à sertir ou la spécification du fabricant) doit être compris entre 0,25 mm et 3,6 mm.

La section géométrique (réelle) doit être calculée et prise en compte en cas de litige sur les résultats d'essai.

NOTE 1 Cette information est pertinente pour les essais (par exemple 7.3.1 Résistance à la traction).

La prise en compte de la section nominale à la place de la section géométrique (réelle) n'est acceptable que si tous les résultats sont acceptables.

5.4.4 Traitements de surface des conducteurs

Des conducteurs bruts ou avec une finition en étain, en alliage d'étain ou en argent doivent être utilisés.

La surface doit être exempte de contamination et de corrosion. Cette exigence doit être vérifiée par un examen visuel tel que détaillé en 7.1.

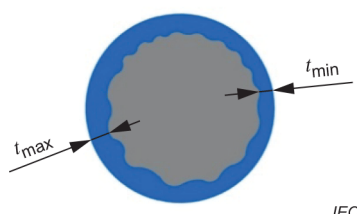
D'autres matériaux de revêtement, tels que le nickel, peuvent être utilisés à condition que leur conformité ait été prouvée. Dans ces cas, le programme d'essais complet de 8.3 doit être appliqué (voir 6.1).

5.4.5 Isolant du fil

L'isolant doit pouvoir être facilement enlevé du conducteur sans modifier les caractéristiques physiques du conducteur ou de ses brins individuels.

Une concentricité suffisante de l'isolant du fil autour du conducteur principal est exigée pour dénuder les conducteurs câblés sans l'endommager. Cette concentricité doit être au moins de 60 %.

La Figure 13 représente la mesure de l'épaisseur de l'isolant du fil (conducteur câblé) conformément à l'IEC 60811-201, tandis que la Formule (1) permet de calculer la concentricité X .



Légende

$t_{\min}$ épaisseur minimale de l'isolant,
 $t_{\max}$ épaisseur maximale de l'isolant

Figure 13 – Concentricité de l'isolant du fil

$$X = \frac{t_{\min}}{t_{\max}} \times 100(\%) \quad (1)$$

5.4.6 Découpe et dénudage du fil

Après la coupe, il convient que le conducteur apparaisse coupé à angle droit et sans bavures. Il convient d'utiliser des outils de coupe appropriés pour cette opération.

Le fil doit être dénudé à la longueur correcte conformément aux instructions du fabricant du fût à sertir.

Lors du dénudage, l'isolant du fil doit pouvoir être retiré du conducteur sans modifier ni dégrader les propriétés physiques du conducteur.

Les marquages sur l'isolant du fil provoqués par l'outil de dénudage sont admis, sous réserve que l'isolant ne soit pas endommagé sur plus de 20 % de l'épaisseur de paroi.

Les brins de la partie dénudée du conducteur ne doivent pas être endommagés de façon excessive, par exemple être partiellement ou totalement rompus.

Les entailles ou éraflures sur des brins individuels qui représentent moins de 10 % du diamètre du brin ne doivent pas être considérées comme un endommagement du conducteur. L'endommagement global acceptable des brins doit être conforme au Tableau 1, sur la base de la classification par produit final de 5.1.

L'endommagement admissible des brins ne doit pas dépasser 6 % de la section géométrique (réelle) du conducteur. Cet endommagement doit être déterminé par un calcul. Si la section géométrique (réelle) est déjà réduite (par exemple de 6 %) par rapport à la section nominale, les valeurs du Tableau 1 ne doivent plus s'appliquer.

Tableau 1 – Endommagement admissible des brins

Nombre de brins	Nombre maximal admissible de brins éraflés, entaillés ou sectionnés		
	Pour la classe A	Pour la classe B	Pour la classe C
1	Aucun dommage supérieur à 10 % du diamètre du conducteur		
2 à 6	0	0	0
7 à 15	1	1	0
16 à 25	3	2	1
26 à 40	4	4	3
41 à 60	5	5	4
61 à 120	6	6	5
> 121	6 %	6 %	5 %
Il ne doit y avoir aucun brin endommagé pour les fils destinés à être utilisés à une tension de 6 kV ou plus. Pour les fils revêtus, une anomalie visuelle qui n'expose pas le métal de base n'est pas considérée comme un endommagement du brin. Les entailles ou les éraflures inférieures à 10 % du diamètre du conducteur ne sont pas considérées comme un endommagement du brin.			

La partie dénudée du conducteur doit être propre et exempte de particules d'isolant.

Le câblage des brins doit être correct. Si le câblage a été perturbé, sa structure de câblage d'origine et la compacité de ses brins peuvent être rétablies en appliquant une faible pression par une légère rotation.

Hormis une action de compactage des brins, par une légère torsion ou pression, la structure de câblage parallèle doit être maintenue. Une torsion excessive des fils câblés pour les connexions serties n'est pas admise car elle augmenterait le diamètre détectable du conducteur.

Les fils câblés ou les torons de fils ne doivent pas être:

- torsadés au-delà d'une légère pression exigée pour rétablir la structure de câblage d'origine;
- soudés ou étamés dans la zone prévue pour la connexion sertie.

Le Tableau A.1 indique les fils dénudés acceptables avec des conducteurs câblés. L'état des fils dénudés identifiés par "PID" (indicateur de processus) est acceptable, mais le processus doit être contrôlé et ajusté.

Le Tableau A.2 donne plusieurs exemples de défauts de dénudage.

5.5 Conditions préalables relatives aux connexions serties

5.5.1 Compatibilité de la combinaison

La combinaison de l'outil (y compris les matrices de sertissage appropriées et, le cas échéant, la tourelle ou le positionneur de contact approprié), du fût à sertir et du fil ou de la gamme de fils doit être compatible.

5.5.2 Position du conducteur

Le conducteur doit être placé correctement dans le fût, c'est-à-dire à la profondeur correcte. Cette position doit être vérifiée de la manière suivante:

- dans le cas de fûts ouverts ou fermés avec un moyen d'inspection, par exemple un trou d'inspection, la position doit être vérifiée visuellement;
- dans le cas de fûts fermés sans moyen d'inspection, la position doit être mesurée indirectement en mesurant la profondeur d'insertion possible dans le fût, la longueur de dénudage du fil et la distance entre l'extrémité du fût et le début de l'isolant du fil.

Après avoir vérifié l'endommagement acceptable des brins défini dans le Tableau 1, tous les brins non endommagés du fil doivent être à l'intérieur du fût.

NOTE Pour les connexions serties effectuées sur plusieurs fils, voir A.5.2.

5.5.3 Position du sertissage

Le sertissage doit être correctement positionné le long du fût à sertir. Cette exigence est généralement satisfaite en utilisant une tourelle ou un positionneur de contact approprié afin de contrôler la position correcte des matrices le long du fût à sertir.

NOTE Une position incorrecte du sertissage peut entraîner des dommages ou une déformation, ou les deux, du fût serti d'un contact à sertir susceptible de compromettre la rétention correcte de la connexion sertie dans l'alvéole spécifique d'un isolant de connecteur monobroche ou multicontact. Voir aussi 5.2.

5.5.4 Déformation du contact

La déformation du fût à sertir d'un contact après sertissage doit être dans les limites spécifiées par la spécification particulière du produit.

5.5.5 Conditions préalables relatives aux connexions serties avec plusieurs conducteurs dans le fût à sertir

Lorsque des connexions serties sont réalisées avec plus d'un conducteur dans un fût à sertir, les points suivants doivent être contrôlés:

- les conducteurs, la zone de sertissage du fût à sertir et l'outil de sertissage utilisé doivent être adaptés (compatibles);
- la force d'arrachement de chaque conducteur de la connexion sertie doit satisfaire aux exigences;
- lorsque deux conducteurs ou plus sont sertis, les essais mécaniques et électriques doivent être réalisés sur chaque conducteur et conformément aux exigences;
- la combinaison de conducteurs doit être adaptée;
- le conducteur présentant la plus petite section doit – dans la mesure des possibilités techniques – être placé au fond du fût à sertir pour les connexions serties à fût ouvert, matricées.

Il convient de réaliser les connexions serties à plusieurs conducteurs avec les mêmes sections et diamètres de conducteur.

Lors du sertissage de fils câblés avec différents diamètres de brins individuels pour un raccordement sertie multiple, le rapport de diamètre défini à la Figure 14 doit être respecté.

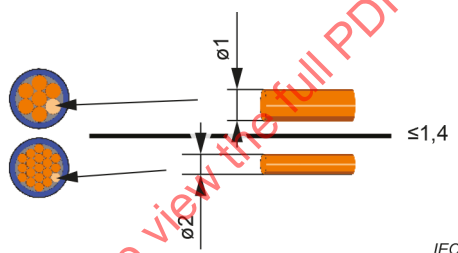


Figure 14 – Rapport de diamètre pour les fils de sertissage avec différents diamètres de brin individuels

Le rapport du plus grand diamètre de brin individuel ($\varnothing 1$) sur le plus petit diamètre de brin individuel ($\varnothing 2$) doit être inférieur ou égal à 1,4.

5.5.6 Ajustement de la section du conducteur au fût à sertir

Si des fûts à sertir sont destinés à recevoir une certaine gamme de sections de conducteur, il n'est pas toujours possible d'ajuster les forces de pression aux différentes sections, en particulier pour les pinces à sertir avec butée d'extrémité, sans régler la hauteur de sertissage.

Par conséquent, sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit ou dans la spécification du fabricant, les règles suivantes doivent s'appliquer:

- seuls les conducteurs dont la section correspond à celle du fût à sertir peuvent être sertis;
- les exceptions ne sont admises que si l'outil permet de régler la plage de hauteur de sertissage sur une plage spécifiée (spécifiée par le fabricant de fût à sertir) et ceci assure que le fût à sertir peut être sertie conformément aux exigences;
- si le fût est sertie avec des outils (pinces à sertir, par exemple) qui ne permettent pas de régler différentes sections de conducteur, un réglage de la section (par exemple avec des brins de remplissage) est nécessaire. La section du conducteur est augmentée jusqu'à la valeur maximale de la section de conducteur spécifiée du fût à sertir.

5.5.7 Contacts à sertir et embouts

5.5.7.1 Généralités

Pour les besoins du présent document, les termes "terminal à sertir", "contact à sertir", "connexion câblée", etc., sont utilisés à la fois pour les embouts à sertir (cosses de câble) et les contacts à sertir.

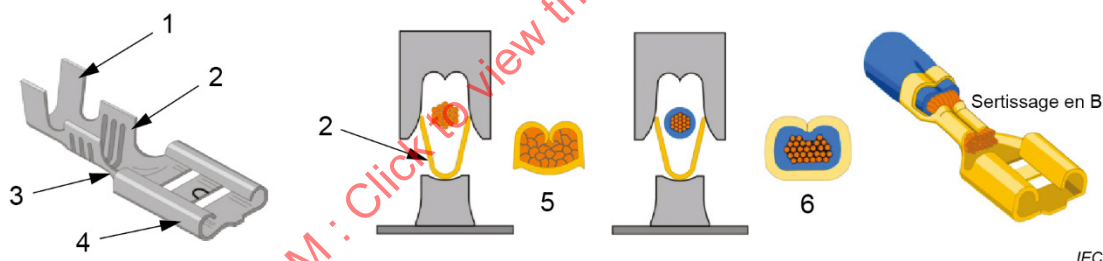
5.5.7.2 Fûts ouverts avec ou sans manchon isolant

Les contacts à sertir destinés à être utilisés comme un sertissage en B sont généralement des produits (en ligne) à dénuder matricés ouverts, comme le montre la Figure 15.



Figure 15 – Exemples de contacts à sertir matricés ouverts pour la production automatique

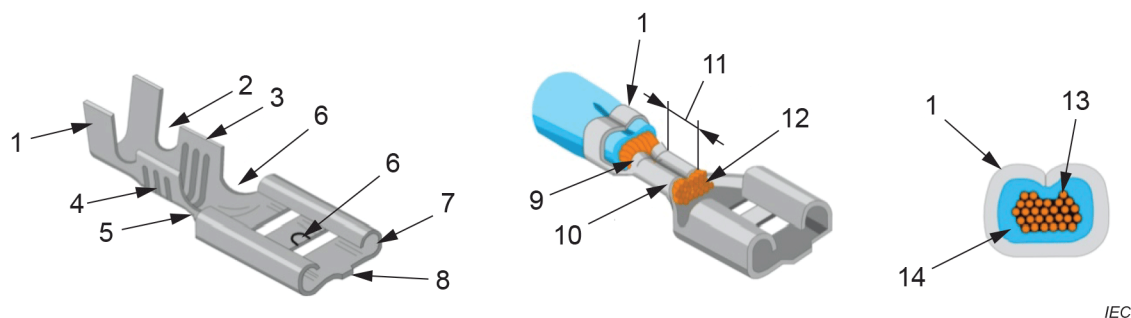
Le sertissage en B représenté à la Figure 16 et à la Figure 17 est un développement destiné à la production industrielle en série. Du fait de sa conception ouverte, il présente toutefois des inconvénients, tels que des forces de retour élastique ou des déplacements dans la matrice de sertissage, qui exigent un réglage minutieux de l'outillage et un contrôle correspondant de la qualité.



Légende

- 1 = flancs du manchon isolant
- 2 = flancs de sertissage du fil
- 3 = transition
- 4 = zone de contact
- 5 = sertissage du fil
- 6 = manchon isolant

Figure 16 – Contact à sertir en B matricé ouvert avec formes de matrice et de poinçon



Légende

- 1 = flancs du manchon isolant
- 2 = fenêtre d'essai de l'isolant
- 3 = flancs de sertissage du fil
- 4 = rainures de gaufrage
- 5 = transition
- 6 = blocage du contact
- 7 = zone de contact

- 8 = résidu de poinçonnage
- 9 = excroissance d'entrée
- 10 = excroissance de sortie
- 11 = zone de sertissage
- 12 = dépassement du conducteur
- 13 = brins du conducteur
- 14 = isolant des fils du conducteur

Figure 17 – Désignations des éléments d'un contact à sertir en B ouvert

5.5.7.3 Matrices de sertissage pour fûts fermés

La Figure 18 donne des exemples de matrices de sertissage.



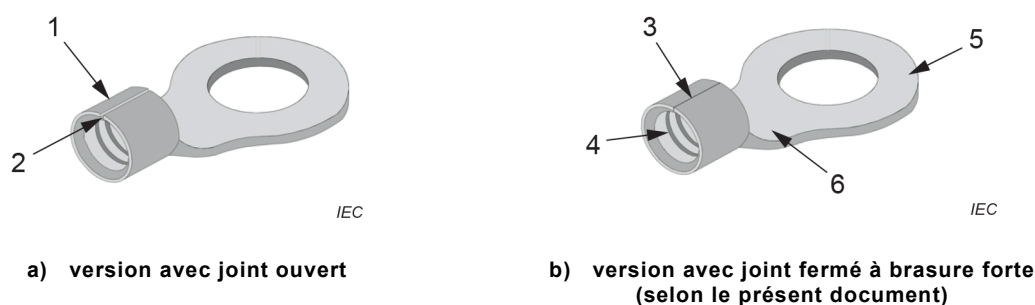
Figure 18 – Exemples de matrices (de presse) de sertissage

5.5.7.4 Fût fermé (cosses de câble à sertir matricées)

Les cosses de câble à sertir, telles que celles décrites par la DIN 46234, en forme d'anneau et représentées à la Figure 19 (sans isolant), sont matricées à partir de tôles métalliques et doivent comporter un joint fermé à brasure forte.

Leur plage de sections de conducteur est comprise entre 0,1 mm² et 300 mm².

NOTE Les sections inférieures ou égales à 10 mm² sont pertinentes pour le présent document.



Légende

1 = fût à sertir fermé formé par poinçonnage
 2 = joint ouvert
 3 = joint fermé à brasure forte

4 = rainures de gaufrage
 5 = zone de contact (anneau)
 6 = transition (zone de transition)

Figure 19 – Fût matricé fermé (cosse de câble à sertir)

Les formes caractéristiques de sertissage pour ce type de cosses de câble sont représentées à la Figure 20, alors que la Figure 21 donne des exemples de matrices de sertissage pour les fûts fermés.



Figure 20 – Différentes formes de sertissage

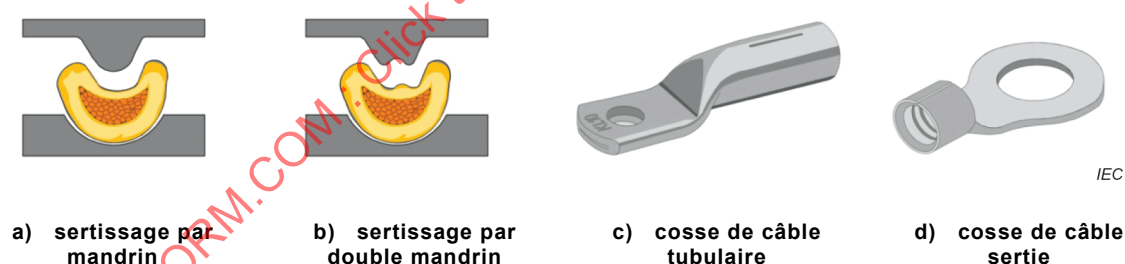


Figure 21 – Exemples de matrices de sertissage pour des fûts fermés

5.5.7.5 Fût fermé (cosses de câble tubulaires)

Les cosses de câble tubulaires sont la variante à faible coût des cosses de câble formées par compression, à paroi plus longue et plus épaisse, et sont fabriquées à partir d'un tube coupé et matricé, par exemple conformément à la DIN 46235.

Une variante encore plus économique se compose de fûts fermés matricés, avec une extrémité ouverte vers le contact, pour le dépassement du fil, pour les sections de conducteurs comprises entre 0,5 mm² et 240 mm², dont le joint est brasé, par exemple conformément à la DIN 46234 (voir Figure 21d)).

L'utilisation de conducteurs (câblés les plus fins) de classes 5 et 6 conformément à l'IEC 60228 exige différentes conceptions.

La Figure 22 représente des exemples de cosses de câble tubulaires à œillet et à fourche pour les conducteurs de classe 5.

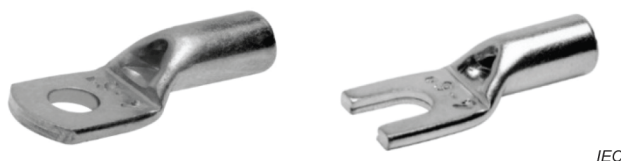


Figure 22 – Cosses de câble tubulaires pour conducteurs de classe 5

La Figure 23 représente des exemples de cosse de câble tubulaire et de jonction de fil pour les conducteurs de classe 6.



Figure 23 – Cosses de câble tubulaires pour conducteurs de classe 6

NOTE Les cosses de câble formées par compression, telles que celles représentées à la Figure 21 c), la Figure 22 et la Figure 23 (à gauche) ne sont pas couvertes par le présent document.

5.5.7.6 Fût fermé (contacts usinés pour sertissage à 4 empreintes)

Cette forme de contacts à sertir, comme le montre la Figure 24, permet les transmissions d'énergie électrique les plus élevées possible, tout en exigeant un espace limité.

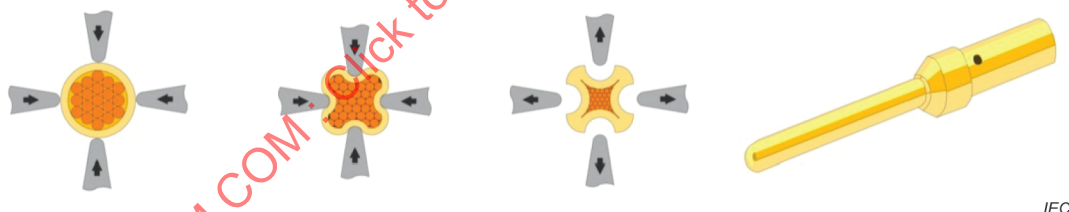


Figure 24 – Procédé de sertissage à 4 empreintes avec des outils réglables

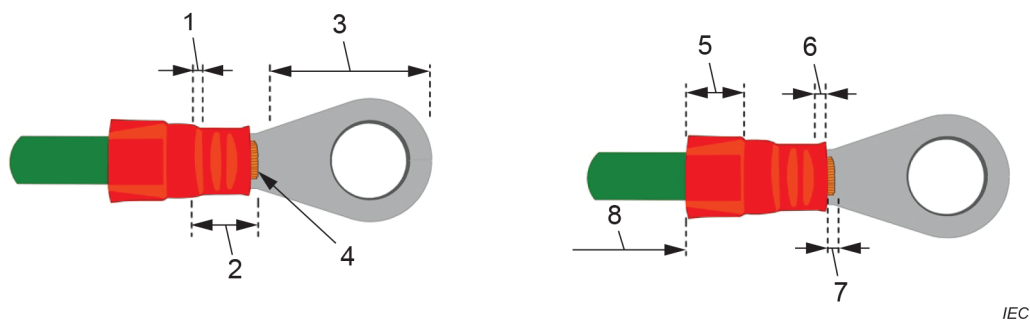
5.5.7.7 Fût fermé pré-isolé (cosses de câble à sertir matricées)

La Figure 25 indique la définition des zones pour les cosses de câble à sertir à fût fermé, matricées pré-isolées.

La Figure 26 représente des exemples de ces cosses en deux versions: a) avec un manchon isolant en plastique et b) avec un manchon isolant en métal.

La Figure 27 représente des exemples de bandes de cosses de câble à sertir pré-isolées, avec différentes options de transport, destinées à être utilisées pour le traitement par machine dans des outils de sertissage à changement rapide.

Ces fûts à sertir ne permettent manifestement pas un examen visuel de la zone de sertissage et une mesure de la hauteur de sertissage.



IEC

1 = sertissage du fil avec excroissance d'entrée (non visible)

2 = zone de sertissage

3 = zone de contact

4 = dépassement du conducteur

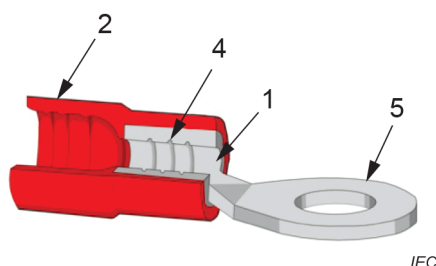
5 = manchon isolant

6 = zone de sertissage de sortie (non visible)

7 = dépassement du conducteur

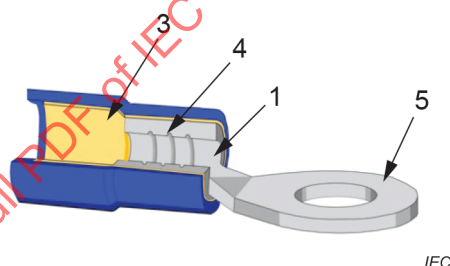
8 = âme

Figure 25 – Fût fermé matricé pré-isolé et définition des zones



IEC

a) version avec fût en plastique pour manchon isolant



IEC

b) version avec fût en laiton pour manchon isolant

Légende

1 = fût à sertir

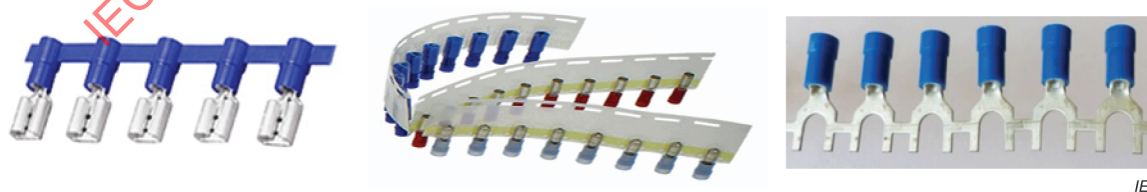
2 = zone du manchon isolant en plastique

3 = fût en laiton pour manchon isolant

4 = rainures de gaufrage

5 = zone de contact (anneau)

Figure 26 – Fûts fermés pré-isolés de différentes conceptions



IEC

Figure 27 – Exemples de bande de cosses de câble à sertir pré-isolées

5.5.8 Fûts à sertir des jonctions de fils

Les jonctions de fils des conducteurs sont serties avec des fûts à sertir sans zone de contact.

Les matériaux utilisés pour les fûts à sertir des jonctions de fils doivent être les mêmes que ceux spécifiés en 5.3.1.

Les conditions préalables relatives aux connexions serties de 5.5 doivent également s'appliquer aux jonctions de fils serties. Des conditions préalables supplémentaires relatives aux fûts à sertir des jonctions de fils sont fournies en 5.6.

Comme plusieurs conducteurs sont connectés à un fût à sertir de jonction de fil, chaque conducteur doit satisfaire aux mêmes critères d'acceptation que pour la connexion d'un seul conducteur.

Comme plusieurs conducteurs sont connectés à un fût à sertir de jonction de fil, la section totale résultante doit être dans les limites de la section du fût à sertir de jonction de fil.

5.6 Conditions préalables relatives aux connexions serties des jonctions de fils

5.6.1 Généralités

La Figure 28 représente des variantes possibles de jonctions de fils non isolées.

NOTE Les variantes de jonctions de fils pré-isolées sont similaires et ne sont pas représentées pour plus de simplicité.

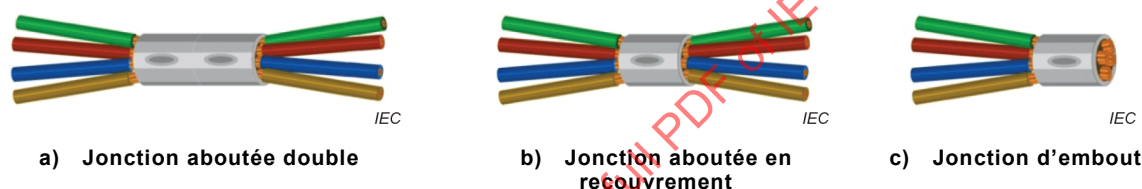


Figure 28 – Variantes de jonctions de fils non isolées

Les jonctions de fils aboutées en recouvrement exigent la longueur de dénudage de fil la plus courte.

Les extrémités du fil doivent être dénudées de telle sorte que les conducteurs nus se chevauchent au moins sur la longueur du fût à sertir (fût simple, et non à deux côtés) et aient une distance entre isolants correspondant aux exigences du Tableau 4.

Il convient que les conducteurs restent parallèles (non torsadés) et aient un contact sur toute leur longueur.

Les brins ne doivent pas se chevaucher avec l'isolant des autres fils.

Les jonctions de fils ne doivent pas être utilisées pour réparer les conducteurs cassés ou endommagés sans l'accord préalable de l'utilisateur final.

Le nombre maximal d'âmes par jonction de fil doit être de 10, et le nombre maximal d'âmes par côté de jonction de fil (jonctions d'embout) doit être de 6.

La section minimale d'une seule âme doit représenter 10 % de la section totale de tous les conducteurs.

5.6.2 Exigences relatives aux conducteurs pour les jonctions de fils serties

Non seulement la construction différente (nombre de brins individuels) mais aussi les diamètres des brins individuels associés sont importants pour le sertissage de la jonction de fil.

Les diamètres des brins individuels ne peuvent pas tous être combinés dans une jonction de fil sertie: si la différence est trop importante, des brins de plus petit diamètre peuvent être sertis avant que les brins de plus gros diamètre se déforment.

Lors du sertissage de fils câblés avec différents diamètres de brins individuels pour un raccordement sertie multiple, le rapport de diamètre indiqué à la Figure 29 doit être respecté:

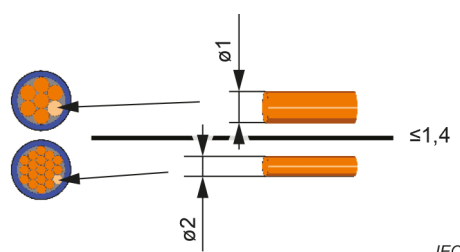


Figure 29 – Rapport de diamètre lors du sertissage de fils avec différents diamètres de brins individuels dans des jonctions de fils

Le rapport du plus grand diamètre de brin de conducteur ($\varnothing 1$) sur le plus petit diamètre de brin de conducteur ($\varnothing 2$) doit être inférieur ou égal à 1,4.

6 Essais

6.1 Généralités

Deux programmes d'essais doivent être appliqués dans les conditions suivantes:

- les connexions serties qui respectent toutes les conditions préalables de l'Article 5 doivent être soumises aux essais du programme d'essais de base de 8.2 et satisfaire à ses exigences;
- les connexions serties qui ne respectent pas toutes les conditions préalables de l'Article 5, par exemple celles qui sont réalisées avec des fils massifs, des matériaux différents, plusieurs conducteurs câblés dans un fût à sertir (jonctions de fils, par exemple) etc., doivent être soumises aux essais et satisfaire aux exigences du programme d'essais complet de 8.3.

NOTE Pour les connexions serties effectuées sur plusieurs fils, voir A.5.2.

Le Tableau 2 résume les conditions préalables indiquées en 5.3 pour les fûts à sertir (conducteurs) tandis que le Tableau 3 résume les conditions préalables indiquées en 5.4 pour les fils, permettant d'accéder au programme d'essais de base de 8.2.

Tableau 2 – Conditions préalables de 5.3 relatives aux fûts à sertir pour accéder au programme d'essais de base de 8.2

Matériau	Caractéristiques du matériau	Dimensions	Traitements de surface	Surface	Caractéristiques de conception	Support isolant ou manchon isolant
5.3.1	5.3.1	5.3.2	5.3.3	5.3.3	5.3.4	5.3.4
Cuivre ou alliage de cuivre avec une teneur minimale en cuivre de 57 %	Résistance à la traction et allongement à la rupture adaptés	Adaptées aux fils câblés d'une section de 0,05 mm ² à 10 mm ² (conformément à la spécification du fabricant)	Brut Revêtu d'étain, d'alliage d'étain, d'argent, d'or ou de palladium, avec un sous-revêtement de nickel, suivant le cas	Sans contamination ni corrosion	Fût ouvert, non isolé Fût fermé, pré-isolé ou non isolé Sans arêtes vives	Dimensions du support ou du manchon compatibles avec le diamètre total de l'isolant du fil
Les numéros de paragraphe de la première ligne indiquent l'endroit où la caractéristique est spécifiée.						

Tableau 3 – Conditions préalables de 5.4 relatives aux fils pour accéder au programme d'essais de base de 8.2

Produit	Construction	Matériau	Caractéristiques du matériau	Dimensions	Traitements de surface	Surface	Isolant
5.4.1	5.4.1	5.4.2	5.4.2	5.4.3	5.4.4	5.4.4	5.4.5
Conducteur câblé	Classe 2, 5 ou 6 définie dans l'IEC 60228	Cuivre recuit ou alliage de cuivre	Allongement à la rupture: ≥ 8 %, ou ≥ 13 % selon le Ø du brin individuel (Résistance à la traction)	Section de 0,05 mm ² à 10 mm ²	Brut Revêtu d'étain, d'alliage d'étain ou d'argent	Sans contamination ni corrosion	Pouvant être facilement dénudé du conducteur, sans altérer les caractéristiques physiques du conducteur ou des brins.
Les numéros de paragraphe de la première ligne indiquent l'endroit où la caractéristique est spécifiée.							

Une spécification particulière du produit, ou la spécification du fabricant, relative aux connexions serties ou aux ensembles de câbles associés, ainsi qu'aux contacts à sertir, aux embouts ou aux jonctions de fils, peut inclure des essais supplémentaires afin de vérifier l'amélioration des performances ou la conformité aux classes de produits spécifiées.

Elle peut également faire référence au présent document avec des sévérités d'essai et des critères d'acceptation différents de ceux de l'un des deux programmes d'essais indiqués dans le présent document, ainsi que prévoir un programme d'essais intermédiaire. Les exigences de la spécification particulière du produit ou de la spécification du fabricant (du fût à sertir dans les contacts à sertir, les embouts ou les jonctions de fils, ou de la connexion sertie ou des ensembles de câbles associés, suivant le cas) doivent prévaloir, une fois que les écarts par rapport aux éléments spécifiés dans le présent document sont documentés dans la documentation du produit.

6.2 Conditions normales d'essai

Sauf spécification contraire dans la spécification particulière du produit ou dans la spécification du fabricant, tous les essais doivent être réalisés dans les conditions normales d'essai spécifiées dans l'IEC 60512-1.

La température ambiante et l'humidité relative auxquelles les mesures sont effectuées doivent être mentionnées dans le rapport d'essai.

En cas de litige concernant les résultats d'essai, l'essai doit être répété suivant l'une des conditions d'arbitrage indiquées dans l'IEC 60068-1.

6.3 Préconditionnement

Si cela est spécifié, la connexion doit être preconditionnée dans les conditions normales d'essai pendant 24 h, conformément à l'IEC 60512-1.

6.4 Reprise

Si cela est spécifié, il faut laisser le spécimen récupérer dans les conditions normales d'essai de 1 h à 2 h après le conditionnement.

6.5 Montage du spécimen

Lorsqu'un montage est exigé dans un essai, le spécimen doit être monté en utilisant la méthode de montage normale, sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit ou dans la spécification du fabricant.

7 Méthodes et exigences d'essai

7.1 Examen général des fûts à sertir et des fils

Les essais doivent être réalisés conformément à l'essai 1a de l'IEC 60512-1-1 et à l'essai 1b de l'IEC 60512-1-2.

Sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit, l'examen visuel doit être réalisé au moins avec le grossissement d'essai optique (dioptrie) spécifié dans le Tableau 4. Le grossissement d'essai est basé sur le diamètre total du conducteur électrique (fil dénudé).

Les tolérances pour les instruments grossissants sont de $\pm 15\%$ du grossissement d'essai choisi. Il convient de contrôler, d'entretenir et d'étalonner les instruments grossissants à des intervalles appropriés.

Pour les ensembles présentant différents diamètres de conducteurs, le grossissement d'essai le plus élevé correspondant au plus petit diamètre de conducteur peut être utilisé pour l'ensemble complet.

Si aucun défaut n'est détecté au grossissement d'essai correspondant, l'unité doit être classée comme acceptable.

Tableau 4 – Instruments grossissants pour l'examen visuel

Diamètre du conducteur d (mm)	Grossissement d'essai	Grossissement de référence ^a
$d > 1,5$ (> 16 AWG)	1,5×	1,75×
$0,75 < d \leq 1,5$	1,5× à 3×	4×
$0,3 < d \leq 0,75$	3× à 7,5×	10×
$d \leq 0,3$ (≤ 30 AWG)	10×	20×
^a À utiliser uniquement si un défaut détecté ne peut pas être entièrement identifié avec le grossissement d'essai existant.		

Toutes les pièces doivent être examinées pour s'assurer qu'elles satisfont aux conditions préalables applicables de 5.3 pour les fûts à sertir (voir Tableau 2 en 6.1) et de 5.4 pour les fils (voir Tableau 3 en 6.1).

NOTE 1 Les conditions préalables relatives aux outils (5.2) ne peuvent être évaluées qu'une fois que les conditions préalables relatives aux fils et au fût à sertir ont été évaluées en vue de la préparation des spécimens.

NOTE 2 L'examen des connexions serties, y compris l'examen visuel, l'examen des dimensions (hauteur de sertissage, par exemple) ainsi que la déformation des contacts après sertissage si cela est exigé, fait partie de l'examen initial des spécimens pour essai (dans la mesure du possible) de 8.2.2 (programme d'essais de base) et de 8.3.2 (programme d'essai complet).

7.2 Examen des dimensions de sertissage

7.2.1 Hauteur de sertissage C_h , largeur de sertissage C_w et largeur de sertissage mesurable C_{wm}

Les spécimens à utiliser sont ceux destinés aux essais suivants.

Les mesures de hauteur de sertissage sont réalisées conformément aux spécifications du fabricant de connecteurs de sertissage ou du fabricant d'outils de sertissage, avec les tolérances admissibles conformément, par exemple, au Tableau 5.

La hauteur de sertissage C_h spécifiée donne une indication de sertissage correct du conducteur et d'une force d'arrachement suffisamment élevée compte tenu des tolérances.

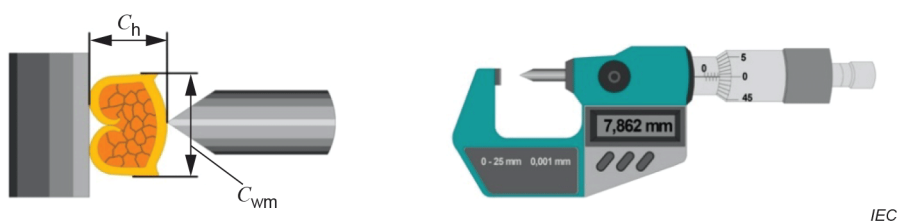
La largeur de sertissage C_w est spécifiée comme une dimension, dépendante de l'outil, de la largeur de la forme de sertissage. Elle est définie comme la distance entre les points tangents des deux rayons de roulage et la verticale.

Il n'est pas possible de vérifier la largeur de sertissage C_w dans le cadre du contrôle de la production.

La mesure de la largeur de sertissage C_w au bas du sertissage (largeur de sertissage mesurable C_{wm}) permet de vérifier si la largeur correcte de la forme de sertissage a été utilisée.

Les valeurs de la hauteur de sertissage C_h , de la largeur de sertissage C_w et de la largeur de sertissage mesurable C_{wm} peuvent également être déterminées dans une coupe micrographique (voir 7.3.2).

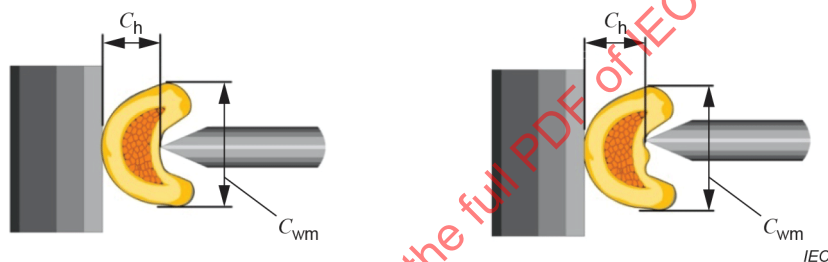
La Figure 30 représente la mesure de la hauteur de sertissage C_h sur un fût ouvert (sertissage en B).

**Légende**

- C_h hauteur de sertissage
 C_{wm} largeur de sertissage mesurable

Figure 30 – Mesure de la hauteur de sertissage sur un fût ouvert (sertissage en B)

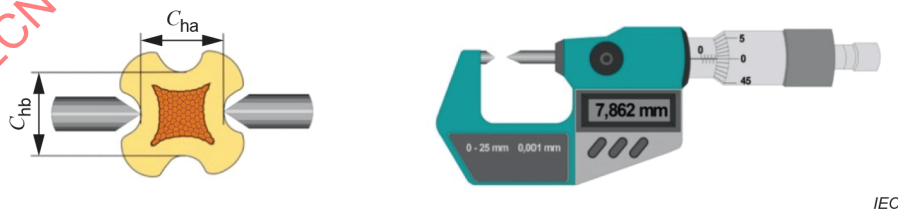
La Figure 31 représente la mesure de la hauteur de sertissage C_h sur un fût fermé avec un sertissage au mandrin.

**Légende**

- C_h hauteur de sertissage
 C_{wm} largeur de sertissage mesurable

Figure 31 – Mesure de la hauteur de sertissage sur un fût fermé (sertissage au mandrin)

La Figure 32 représente la mesure de la hauteur de sertissage C_h sur un fût fermé avec un sertissage à 4 empreintes.

**Légende**

- C_{ha} hauteur de sertissage 1
 C_{hb} hauteur de sertissage 2

Figure 32 – Mesure de la hauteur de sertissage sur un fût fermé (sertissage à 4 empreintes)

Le Tableau 5 donne des exemples de tolérances admissibles pour la hauteur de sertissage C_h en fonction de la gamme de sections de conducteur concernée.

Tableau 5 – Exemple de tolérances admissibles pour les mesures de hauteur de sertissage

Section, S mm ²	$0,03 < S \leq 0,2$	$0,2 < S \leq 0,5$	$0,5 < S \leq 6$	$6 < S \leq 25^a$	$25 < S \leq 50^a$
Tolérance sur la hauteur de sertissage mm	$\pm 0,02$	$\pm 0,03$	$\pm 0,05$	$\pm 0,1$	$\pm 0,15$
^a Les valeurs de tolérance sur la hauteur de sertissage en fonction des gammes de sections de conducteur dépassant la limite couverte par le présent document (jusqu'à 10 mm ² inclus) sont uniquement fournies à titre informatif.					

7.2.2 Déformation des contacts après sertissage

Des spécimens de type A doivent être utilisés pour cet essai.

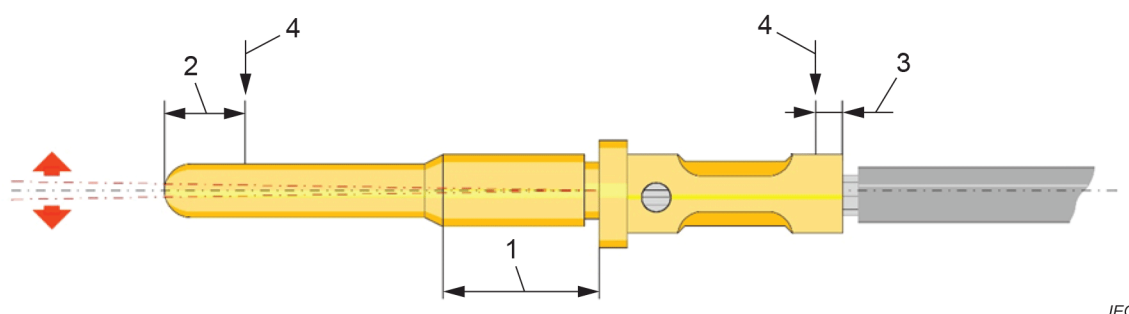
L'essai de déformation du contact après sertissage doit être réalisé conformément à l'essai 16g de l'IEC 60512-16-7, en fonction de la spécification particulière du produit du composant utilisant les contacts à sertir.

Nombre de spécimens: 10 pour chaque taille de fût à sertir (pour les contacts couvrant une gamme de sections de conducteur: 5 pour la plus petite section et 5 pour la plus grande section), sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit du composant utilisant des contacts à sertir.

Pour les contacts cylindriques, les valeurs de la position de contact avant et après sertissage, mesurées de préférence avec un comparateur à cadran, doivent être lues.

Le faux-rond total lorsque le contact est tourné autour de son axe est divisé par deux; cette valeur correspond à la déformation (ou à l'endommagement).

La Figure 33 donne un exemple de points de maintien et de mesure pour la déformation après sertissage d'un contact cylindrique usiné (avec un fût fermé).



IEC

- 1 = portée du maintien (étendue sur laquelle il convient de maintenir le contact pendant l'application)
- 2 = distance pour le point de mesure 4: deux fois le diamètre du contact (s'il n'est pas cylindrique, alors la dimension caractéristique du contact)
- 3 = distance pour le point de mesure 4: moitié de la distance entre l'extrémité du fût à sertir et le début du sertissage
- 4 = points de mesure

Figure 33 – Exemple de points de maintien et de mesure pour la déformation d'un contact

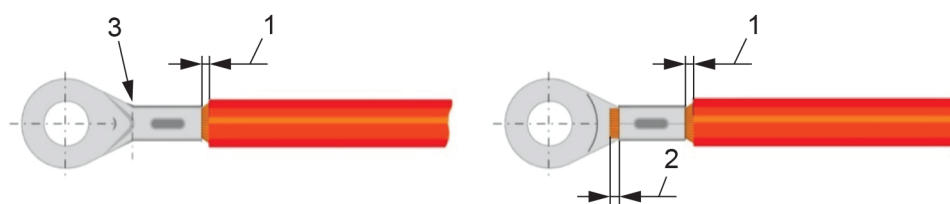
Informations à fournir par la spécification particulière du produit du composant utilisant les contacts à sertir soumis à essai:

- type(s) et taille(s) du conducteur (le contact peut recevoir plus d'un type ou plus d'une taille, ou les deux);
- spécification des outils de sertissage et des accessoires à utiliser;
- portée du maintien (zone du contact à sertir maintenue par le dispositif de serrage);
- points de mesure sur le contact, s'ils sont différents de ceux représentés à la Figure 33;
- valeurs admissibles pour la déformation pour chaque point de mesure;
- nombre de spécimens, s'il est différent du nombre spécifié ici;
- tout écart par rapport aux spécifications du présent document.

7.2.3 Examen visuel de la distance par rapport à l'isolant et de la longueur de dépassement du conducteur

Les spécimens à utiliser sont ceux destinés à tous les essais ultérieurs.

Les dimensions des fûts à sertir sont déterminées tel que défini à la Figure 34. Le Tableau 6 fournit les valeurs de la distance par rapport à l'isolant et de la longueur de dépassement du conducteur pour les fûts fermés en fonction de la plage de sections.



IEC

- 1 = Distance par rapport à l'isolant
- 2 = Longueur de dépassement du conducteur
- 3 = Paroi d'extrémité du fût

Figure 34 – Distance par rapport à l'isolant et longueur de dépassement du conducteur

Tableau 6 – Distance par rapport à l'isolant et longueur de dépassement du conducteur sur les fûts fermés

Section, S mm ²	$S \leq 1,0$	$1 < S \leq 2,5$	$2,5 < S \leq 4$	$4 < S \leq 6$	$6 < S \leq 10$	$10 < S \leq 25^a$
Distance par rapport à l'isolant mm	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	$\leq 3,5$
Longueur de dépassement du conducteur mm	$\leq 0,5$	$\leq 1,0$	$\leq 1,5$	$\leq 2,0$	$\leq 3,0$	$\leq 3,5$
^a Les valeurs supérieures à 10 mm ² sont uniquement fournies à titre de référence car elles n'entrent pas dans le domaine d'application du présent document.						

7.2.4 Examen visuel des connexions serties de jonctions de fils

Des spécimens de type F doivent être utilisés.

Les fûts à sertir des jonctions de fils n'ont pas de zone de contact. Les fûts à sertir des jonctions de fils sont disponibles sans isolant ou pré-isolés. La manipulation de fils nombreux rend leur sertissage correct difficile.

Les conditions préalables de 5.6 doivent être satisfaites. Cette exigence s'applique en particulier aux rapports de diamètre de conducteur de 5.6.2.

Les éventuels défauts résultants sont indiqués dans le Tableau A.17.

Pour la distance par rapport à l'isolant et les longueurs de dépassement des conducteurs pour les connexions serties de jonctions de fils, voir le Tableau 6.

Les exigences relatives au dénudage du conducteur doivent être respectées (voir Tableau 1).

7.2.5 Examen visuel des connexions serties sur des fûts (usinés) fermés

Les spécimens à utiliser sont ceux destinés aux essais suivants.

Les exigences relatives au dénudage des conducteurs doivent être satisfaites (Tableau 1).

L'examen visuel des connexions serties sur des fûts (usinés) fermés avec un sertissage à 4 empreintes doit être effectué. Le Tableau A.3 donne des exemples de sertissage de fûts usinés fermés et l'état correspondant: "Correct" (acceptable), "PID" (encore acceptable, mais procédé à ajuster) ou "Incorrect".

7.2.6 Examen visuel des connexions serties sur des fûts ouverts à sertissage en B

Les spécimens à utiliser sont ceux destinés aux essais suivants.

Les exigences relatives au dénudage des conducteurs doivent être satisfaites (Tableau 1).

L'examen visuel des connexions serties sur des fûts ouverts à sertissage en B doit être effectué. Le Tableau A.4 donne des exemples de sertissage de fûts ouverts à sertissage en B et l'état correspondant: "Correct" (acceptable), "PID" (encore acceptable, mais procédé à ajuster) ou "Incorrect".

7.2.7 Examen visuel des connexions sorties avec un fût ouvert avec manchon isolant

L'isolant du fil a des propriétés mécaniques et électriques différentes en raison des différents matériaux thermoplastiques, additifs, colorants, etc., utilisés.

Chaque matériau (épaisseur d'isolant, dureté, colorant, etc.) produit différents effets qui sont également liés aux conditions de fonctionnement (température, humidité, etc.).

Il est bien connu que la température a une influence significative sur la souplesse de l'isolant du fil. Il convient de réaliser ces essais dans des conditions de laboratoire normales, sauf indication contraire dans la spécification de conception applicable.

Le manchon isolant est conçu pour maintenir mécaniquement en place l'isolant du fil, en soulageant la zone de sertissage de la connexion sortie des contraintes qui peuvent s'exercer en utilisation normale, telles que le pliage ou l'oscillation (en raison des vibrations) du fil, afin d'éviter la rupture du fil ou d'autres dommages mécaniques et électriques de la connexion sortie. Cependant, le manchon isolant n'est pas un réducteur de contraintes.

Exigences:

- a) saisie de l'isolant du fil au moins tous les 90°;
- b) aucune coupure de l'isolant du fil;
- c) aucune pression ou séparation de l'isolant du fil;
- d) aucune coupure des joints de fil individuels (SWS).

La Figure 35 représente quatre différentes formes de matrices de manchon isolant de fût ouvert: sertissage en B, sertissage en O à recouvrement symétrique, sertissage en O à enveloppement symétrique et sertissage en E avec roulage.

Pour chaque matrice, le berceau de sertissage (partie inférieure) et le poinçon de sertissage (partie supérieure) pour le manchon isolant sont représentés en coupe transversale avant le début de la compression du manchon, ainsi que la forme résultante du manchon après la compression.

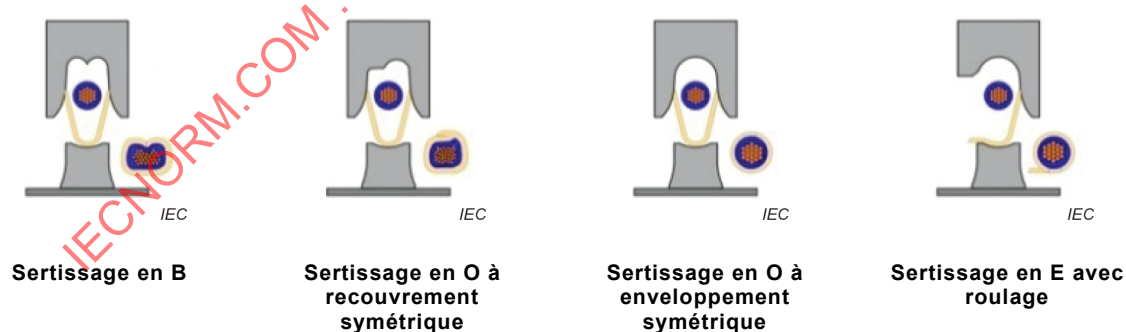


Figure 35 – Exemples de formes de matrice de manchon isolant

La Figure 36 représente la vue en perspective (1, 2, 3) ou de nouveau en coupe (4) des manchons correspondants de la Figure 35.

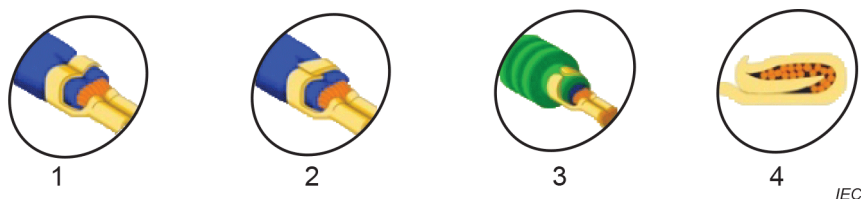


Figure 36 – Exemples de manchon isolant

Le Tableau A.6 donne des exemples de position de l'isolant du fil dans le manchon isolant et l'état correspondant: "Correct" (acceptable), "PID" (encore acceptable, mais procédé à ajuster) ou "Incorrect".

Un examen visuel exigé des fils (coupé, éraflé, entaillé conformément au Tableau 1), soit par le procédé de dénudage, soit après le procédé de sertissage, serait sinon impossible.

Le Tableau A.14 donne des exemples de manchons isolants pour les sertissages en B et en O (recouvrements asymétrique et symétrique et sertissage d'enveloppe), dont l'état est correct (acceptable).

Le Tableau A.15 donne des exemples de manchons isolants pour les sertissages en B, les sertissages en O (recouvrements asymétrique et symétrique et sertissages d'enveloppe), avec l'état "PID" (encore acceptable, mais il convient d'ajuster le processus).

Si un défaut ne peut pas être exclu, une coupe micrographique doit être créée et évaluée.

NOTE Si deux conducteurs sont sertis dans un seul sertissage, le conducteur le plus faible est toujours en bas.

Les fils plus gros situés au-dessus empêchent la déformation ou l'endommagement au cours du procédé de sertissage car la force est appliquée par le dessus.

Le Tableau A.16 donne des exemples de manchons isolants pour le sertissage en B, le recouvrement asymétrique et symétrique, et le sertissage en O (sertissage d'enveloppe) à considérer comme "défaut".

En cas de doute, une coupe micrographique doit être créée et évaluée.

7.3 Essais mécaniques

7.3.1 Résistance à la traction

La force d'arrachement est représentative de la résistance mécanique d'une connexion sertie. Il s'agit de la force de traction axiale, appliquée de manière contrôlée, exigée pour séparer le fil du fût sertie. Elle dépend de la meilleure combinaison des composants suivants:

- fût à sertir: type de fût (ouvert ou fermé), technique de fabrication (usiné à partir d'un fil massif ou d'une tige pleine ou estampé et roulé à partir d'une tôle), matériaux (type d'alliage, recuit ou revenu) et traitements de surface (revêtements);
- fil: taille, formation des brins (classe selon l'IEC 60228), matériau;
- outil de sertissage: forme d'empreinte ou forgeage, profondeur de sertissage, matrices de sertissage appropriées et tourelle ou positionneur de contacts, le cas échéant.

Une valeur minimale de la force d'arrachement est spécifiée pour satisfaire aux exigences de sécurité des connexions serties.

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai 16d de l'IEC 60512-16-4.

Sauf spécification contraire du fabricant du fût à sertir (terminal), les valeurs minimales de la résistance à la traction indiquées dans le Tableau 7 doivent être appliquées.

Tableau 7 – Force d'arrachement des connexions serties

Section de conducteur		Force d'arrachement
mm ²	AWG ^a	N
0,05	30	6
0,08	28	11
0,12	26	15
0,14		18
0,22	24	28
0,25		32
0,32	22	40
0,34		42,5
0,37		46
0,5	20	60
0,75		85
0,82	18	90
1		108
1,3	16	135
1,5		150
2,1	14	200
2,5		230
3,3	12	275
4		310
5,3	10	355
6		360
8,4	8	370
10		380
^a Pour information uniquement.		

NOTE Le Tableau 7 fournit des valeurs minimales de force d'arrachement pour les connexions serties réalisées avec des fils en cuivre satisfaisant aux conditions préalables de 5.4, et qui conviennent aux produits de classes A et B.

La section de conducteur du Tableau 7 est la section géométrique (réelle); cependant, pour des raisons pratiques, elle peut être considérée comme étant la section nominale et uniquement en cas de litige sur les résultats d'essai, l'exigence relative à la force d'arrachement doit être réduite par interpolation à celle correspondant à la section géométrique (réelle) du conducteur.

L'exigence relative à la force d'arrachement minimale pour les conducteurs dont la section ne figure pas dans le Tableau 7 peut être obtenue par interpolation.

Pour certains types de fûts à sertir, des valeurs plus élevées de force d'arrachement représentent leur caractéristique de performance minimale. Les contraintes d'environnement susceptibles d'être rencontrées par une connexion sertie dans des applications d'utilisation finale spécifiques peuvent exiger l'adoption de certains types de fûts à sertir ayant une capacité de résistance aux contraintes mécaniques ou thermiques, ou les deux, intrinsèquement plus élevée, par exemple des vibrations et des chocs à haute énergie ou des charges en courant élevées, ou les deux, une aptitude à résister à un court-circuit.

Après accord entre le fabricant de fût à sertir et l'utilisateur, le paragraphe A.6.3 peut être utilisé car il fournit une spécification plus détaillée et orientée application de la force d'arrachement, basée sur la nature du fût à sertir et du fil utilisé, et utile, par exemple dans le contrôle de processus, sur la base de la classification des produits d'utilisation finale de 5.1, en particulier pour les produits de classe C.

7.3.2 Coupe micrographique

Les coupes micrographiques sont utilisées pour identifier les caractéristiques de défaillance et peuvent être convenues entre le fabricant et l'utilisateur à titre d'essai de qualification du produit ou peuvent être exigées à titre d'essai facultatif (par exemple dans le cadre d'un contrôle de processus de fabrication). Voir aussi 8.2.3.5 (groupe d'essais B5) et 8.3.3.3 (groupe d'essais F2).

NOTE 1 Bien que cet essai soit essentiellement un essai visuel optique assisté par ordinateur, il est associé à l'évaluation et à la recherche de la hauteur de sertissage optimale conduisant à la force d'arrachement optimale, et la préparation de coupes micrographiques implique des manœuvres mécaniques. Par conséquent, cet essai est détaillé en 7.3, Essais mécaniques.

Trois spécimens de type A (spécimens de type H pour les jonctions de fils) adaptés à une seule taille de fil – ou, dans le cas d'une plage de n tailles de fil (section nominale) spécifiées pour un fût à sertir, ($n \times 3$) spécimens de type A (spécimens de type H pour les jonctions de fils), doivent être préparés en vue de l'obtention d'une section supplémentaire. Pour la préparation de ces spécimens, il convient d'utiliser la plus courte longueur de fil qui peut être obtenue avec le matériel de coupe micrographique et les moyens de fabrication des connexions serties.

Le nombre de spécimens indiqué ci-dessus est exigé pour la qualification initiale et peut être réduit après accord entre le fabricant et l'utilisateur lorsque des coupes micrographiques sont réalisées à des fins de contrôle de processus.

Pour éviter toute déformation pendant la découpe (par exemple pour les produits de classe C), chaque raccordement sertie à sectionner peut être monté dans une résine faiblement exothermique, pouvant être moulée sans application de pression externe. Pour les applications industrielles, le raccordement sertie peut être coupé, traité et évalué même sans intégration.

Il convient que le plan de coupe micrographique soit correctement positionné, c'est-à-dire perpendiculaire à l'axe du fil et dans la zone où la connexion sertie est plus compressée, normalement au centre de l'empreinte des matrices de sertissage.

NOTE 2 Si le point de compression maximale et le centre de l'empreinte des matrices de sertissage ne coïncident pas, des coupes micrographiques supplémentaires peuvent être nécessaires: une au point de compression maximale et une au centre de l'empreinte des matrices de sertissage.

Pour exposer sa section centrale, il convient de polir le raccordement (le spécimen) sertie sectionné.

NOTE 3 A titre d'exemple, il peut être mis à la terre à l'aide des granularités appropriées des papiers au carbure de silicium. Cette section est ensuite polie avec des pâtes au diamant à granulométrie de plus en plus fine.

Pour faciliter l'examen microscopique, il convient d'utiliser une technique de traitement appropriée afin d'améliorer les contours des brins de conducteur élémentaires et du fût à sertir.

NOTE 4 A titre d'exemple, la section polie peut être attaquée très légèrement avec un réactif chimique accepté spécifique à la composition des matériaux sertis.

Il est recommandé d'examiner visuellement les spécimens sectionnés à l'aide d'un matériel approprié, tel qu'un microscope métallographique dont il convient que le grossissement soit au moins de $\times 10$ jusqu'à $\times 400$.

Les exigences ci-dessous indiquent les caractéristiques des connexions acceptables, mais dans tous les cas, les essais mécaniques, électriques et climatiques doivent être réalisés dans le cadre du programme d'essais complet ou du programme d'essais de base.

- Il convient que tous les brins (ou le conducteur massif) présentent une déformation par rapport à la section circulaire.
Exception: il convient que le nombre de brins non déformés soit inférieur ou égal aux brins endommagés autorisés indiqués dans le Tableau 1.
- Il convient que les vides soient dans les limites des exigences relatives au taux de porosité (Π) spécifiées en A.8.4 pour les produits de classes B et C. Pour les formes de sertissage qui ne produisent pas un sertissage uniforme, il est recommandé de réaliser des coupes micrographiques dans plusieurs positions et avec différents réglages de sertissage (par exemple des sertissages à 4 empreintes).
- Il convient qu'aucun dommage visible dû au sertissage n'apparaisse sur le fût à sertir déformé: il convient que le fût soit déformé de façon uniforme et qu'il n'y ait aucun enfoncement ou fracturation du fût déformé ou de sa finition plaquée. Pour les dommages et les défauts, voir l'Article A.8; de plus amples informations sont également données dans le Tableau A.16.
- Il convient que chaque coupe micrographique soit exempte de toute contamination.

L'Article A.8 fournit des détails et des exemples concernant:

- la création d'images de coupe micrographique (A.8.1);
- la terminologie relative aux coupes micrographiques (A.8.3);
- des exemples de coupe micrographique d'un sertissage en B de fût ouvert (Figure A.23);
- un tube de fût fermé et des cosses de câble à sertir (Figure A.21);
- un sertissage à 4 empreintes d'un fût fermé usiné (Figure A.22);
- un sertissage hexagonal d'un fût fermé (Figure A.23);
- un fût fermé matricé (non isolé ou pré-isolé) (Figure A.24);
- le taux de cavités (taux de porosité) Π des connexions serties dans les coupes micrographiques (A.8.4);
- le taux de compression pour sertissage X (A.8.5);
- le rapport de la hauteur de sertissage sur la largeur de sertissage (A.8.6); et
- les exigences relatives aux connexions serties en B (A.8.7).

Le Tableau A.16 en A.8.8 indique l'état des exemples de coupes micrographiques de différents types de connexions serties, en guise de guide pour les critères d'acceptation.

7.3.3 Efficacité du manchon isolant

D'autres méthodes d'essai que celle spécifiée ici sont proposées:

- en 7.3.4 pour un fût à sertir non isolé avec manchon isolant;
- en 7.3.5 pour un fût à sertir pré-isolé avec manchon isolant.

Cet essai s'applique aux fûts à sertir, non isolés ou pré-isolés, dont l'extrémité extérieure présente une partie dans laquelle l'isolant du fil est maintenu par sertissage. L'essai doit être effectué conformément à l'IEC 60512-16-8, essai 16h.

Des spécimens de type C décrits en 8.1.4 doivent être utilisés pour cet essai.

Nombre de cycles d'enroulement: 2

Tension à appliquer: tension la plus faible nécessaire pour mettre le fil en contact avec le mandrin.

Ø du mandrin d'enroulement: en fonction du plus petit rayon de courbure du fil utilisé

La Figure 37 représente un montage d'essai.

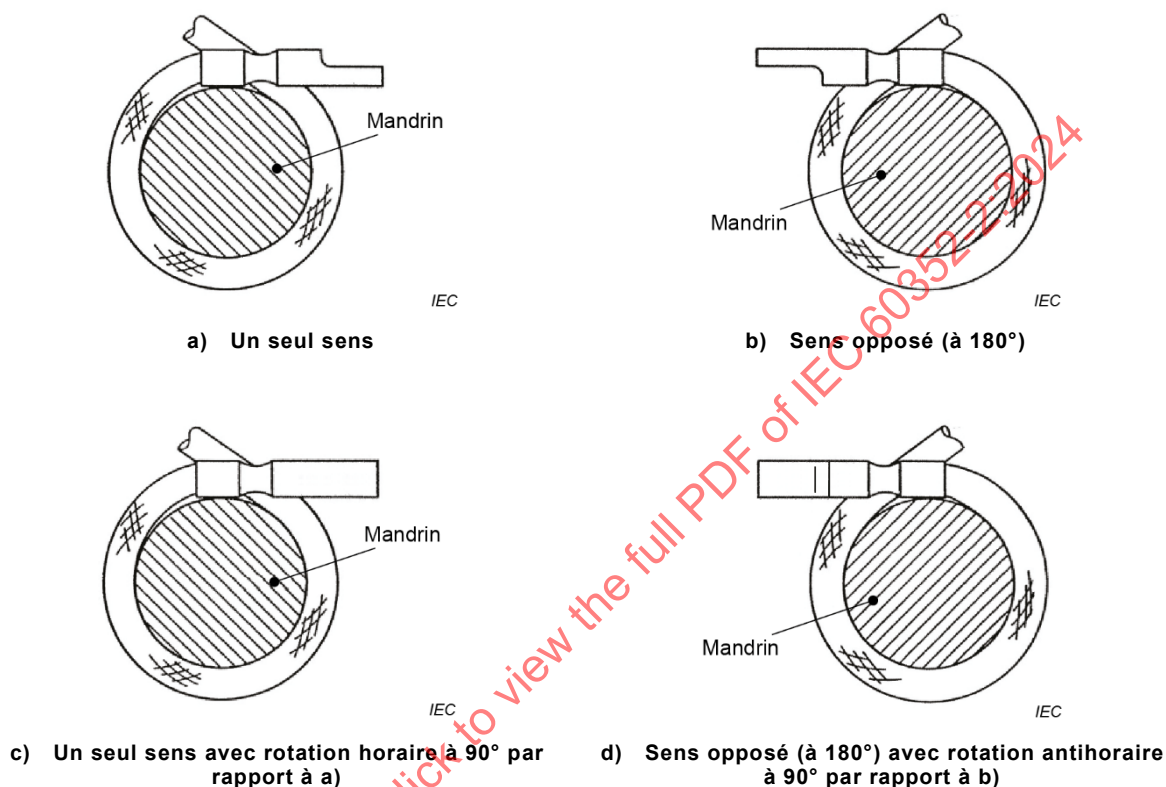


Figure 37 – Montage d'essai

7.3.4 Essai de pliage (fûts à sertir non isolés avec manchon isolant)

En tant que méthode alternative à celle de 7.3.3 pour vérifier l'efficacité du manchon isolant pour un fût à sertir non isolé, un essai de pliage peut être réalisé comme représenté à la Figure 38.

NOTE Alors que l'essai de 7.3.3 exige une préparation spécifique des spécimens de type C conformément au 8.1.3, qui s'écartent de la production standard en raison de la compression ou du sertissage exigé du manchon isolant uniquement, cette méthode alternative permet d'utiliser des spécimens standards, issus de la production actuelle.

Des spécimens de type A doivent être utilisés pour cet essai.

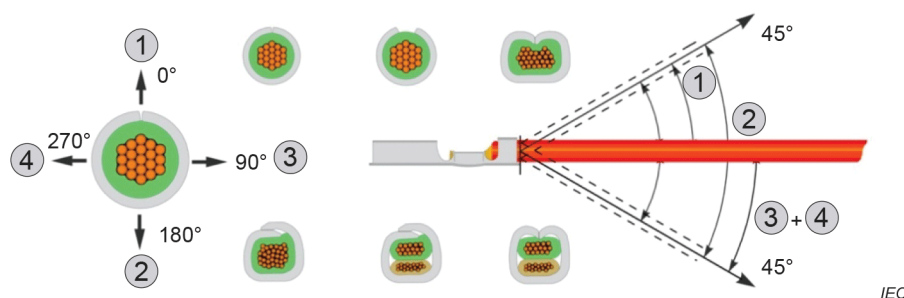


Figure 38 – Essai de pliage des connexions serties avec des fûts à sertir non isolés

Nombre de cycles: 2 comportant chacun 4 pliages à un angle spécifique.

Force à appliquer: la plus petite force exigée pour plier le fil à l'angle exigé.

Exigences après l'essai:

- l'isolant du fil ne doit pas être extrait du manchon isolant;
- la position de l'isolant du fil après l'essai doit correspondre à la position avant l'essai;
- l'isolant du fil ne doit pas être déchiré ou coupé;
- les flancs du manchon isolant ne doivent pas être modifiés ou déformés. Ils doivent avoir la même forme qu'avant l'essai;
- aucun brin ne doit être endommagé ou arraché.

7.3.5 Essai de pliage (fûts à sertir pré-isolés avec manchon isolant)

En tant que méthode alternative à celle de 7.3.3 pour vérifier l'efficacité du manchon isolant pour des fûts à sertir pré-isolés, un essai de pliage peut être réalisé comme représenté à la Figure 39.

NOTE Alors que l'essai de 7.3.3 exige une préparation spécifique des spécimens de type C conformément au 8.1.4, qui s'écartent de la production standard en raison de la compression ou du sertissage exigé du manchon isolant uniquement, cette méthode alternative permet d'utiliser des spécimens standards, issus de la production actuelle.

Des spécimens de type A doivent être utilisés pour cet essai.

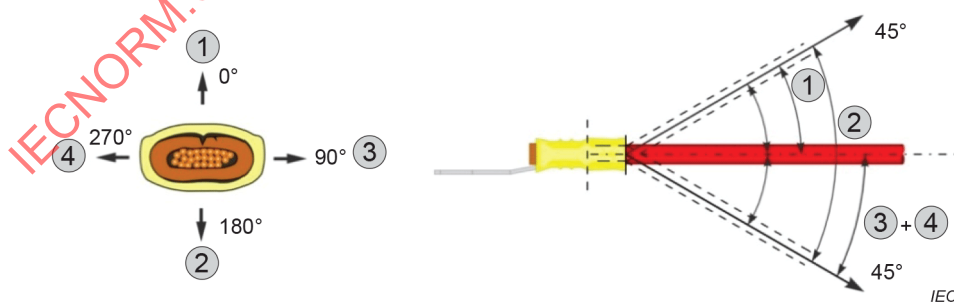


Figure 39 – Essai de pliage des connexions serties avec des fûts à sertir pré-isolés

Nombre de cycles: 2 comportant chacun 4 pliages à un angle spécifique.

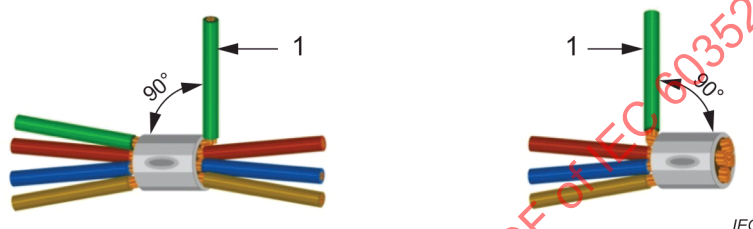
Force à appliquer: la plus petite force exigée pour plier le fil à l'angle exigé.

Exigences après l'essai:

- l'isolant du fil ne doit pas sortir du manchon isolant en raison des contraintes de pliage appliquées;
- la position de l'isolant du fil après l'essai doit correspondre à la position avant l'essai;
- l'isolant du fil ne doit pas être déchiré ou coupé;
- le fût en plastique du manchon isolant ne doit pas être modifié ou déformé (déchiré);
- l'extrémité de l'isolant du fil ne doit pas être visible dans le fût en plastique de la zone du manchon isolant pendant et après le pliage;
- aucun brin ne doit être endommagé ou arraché.

7.3.6 Essai de pliage sur des connexions serties de jonctions de fils

Les spécimens de type H doivent être utilisés pour cet essai (voir Figure 40).



Légende

1 = point de fixation à 30 mm de l'extrémité du fût à sertir

Figure 40 – Essai de pliage sur des connexions serties de jonctions de fils

L'essai doit être réalisé uniquement sur les conducteurs qui sont disposés sur la surface intérieure du fût sertie, c'est-à-dire les conducteurs extérieurs. Chaque conducteur extérieur doit être soumis à essai, de chaque côté de la jonction de fil, suivant le cas.

Nombre de cycles: 2 avec chaque conducteur extérieur.

Force à appliquer: la plus petite force exigée pour plier le fil à l'angle exigé.

Exigences après l'essai:

- le conducteur ne doit pas être extrait du fût de la jonction de fil;
- la position du conducteur après l'essai doit correspondre à la position avant l'essai;
- le conducteur ne doit pas être déchiré ou coupé.

7.3.7 Essai de vibrations

Cet essai est spécifié dans la spécification particulière du produit si les connexions serties sont destinées à déplacer des isolants et où des influences mécaniques externes peuvent conduire à une détérioration des propriétés du sertissage.

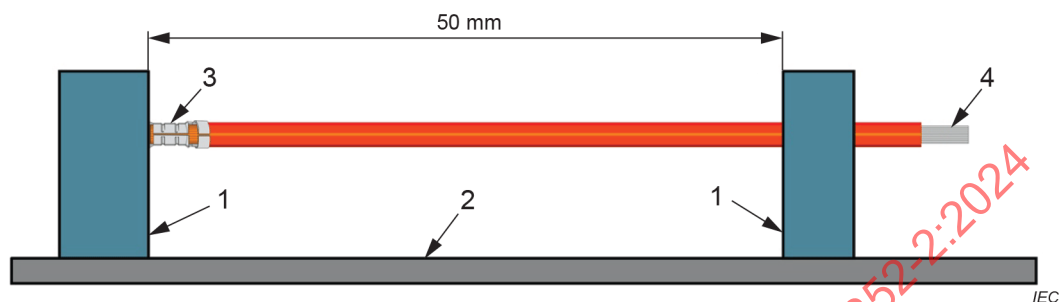
Des spécimens de type E (type G pour les connexions serties de jonctions de fils) doivent être utilisés pour cet essai.

L'essai doit être réalisé en combinaison avec l'essai 6d de l'IEC 60512-6-4 et l'essai Fc de l'IEC 60068-2-6. La Figure 41 représente un spécimen type et la disposition de montage pour l'essai.

La mesure de la perturbation de contact doit être réalisée pendant l'essai, conformément à l'essai 2e de l'IEC 60512-2-5. Sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit, la durée de la perturbation de contact doit être de 1 μ s au maximum.

Cycles d'essai: de préférence 4, 20 ou 100 par axe.

Temps d'essai: de préférence 10 min, 30 min, 90 min ou 10 h par axe.



Légende

- 1 = montage
- 2 = table de vibrations
- 3 = point de mesure A (connexion sertie)
- 4 = point de mesure B

Figure 41 – Montage d'essai de vibrations

La sévérité d'essai à appliquer doit être définie par la spécification particulière du produit; des sévérités d'essai préférentielles sont indiquées dans le Tableau 8.

Tableau 8 – Vibrations, sévérités d'essai préférentielles

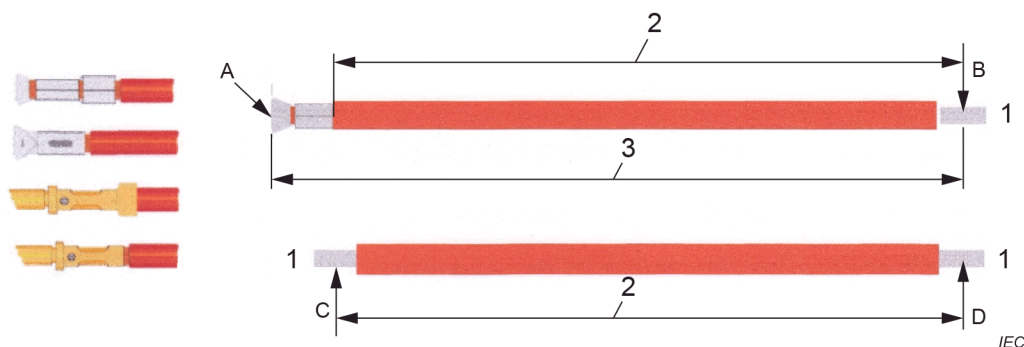
Plage de fréquences	Hz	10 à 55	10 à 500	10 à 2 000
Fréquence de transfert	Hz	–	57 à 62	57 à 62
Amplitude du déplacement sous la fréquence de transfert	mm	0,35	0,35	1,5
Amplitude de l'accélération au-dessus de la fréquence de transfert	m/s ²	–	50 (5 g)	200 (20 g)
Directions		3 axes	3 axes	3 axes
Nombre de cycles de balayage par direction		5	5	5

7.4 Essais électriques

7.4.1 Résistance du sertissage

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai 2a de l'IEC 60512-2-1 ou à l'essai 2b de l'IEC 60512-2-2, comme indiqué dans la spécification particulière du produit ou dans la spécification du fabricant.

Un montage d'essai approprié est représenté à la Figure 42 pour une connexion sertie d'un seul conducteur.



Légende

1 = extrémités du fil dénudées et étamées, ou serties, brasées ou soudées par ultrasons

2 = longueur du fil: 100 mm

3 = résistance du point de mesure A au point de mesure B

Figure 42 – Montage d'essai pour la mesure de la résistance du sertissage d'une connexion sertie d'un seul conducteur

$$R_C = R_{AB} - R_{CD} \quad (2)$$

La Formule (2) permet de calculer la résistance du sertissage, R_C , d'une connexion sertie d'un seul conducteur. À titre de référence pour le calcul, un fil identique avec la même longueur que celle indiquée à la Figure 42, est exigé.

Un montage d'essai approprié est représenté à la Figure 43 pour une connexion sertie de jonction de fil ou de plusieurs conducteurs.

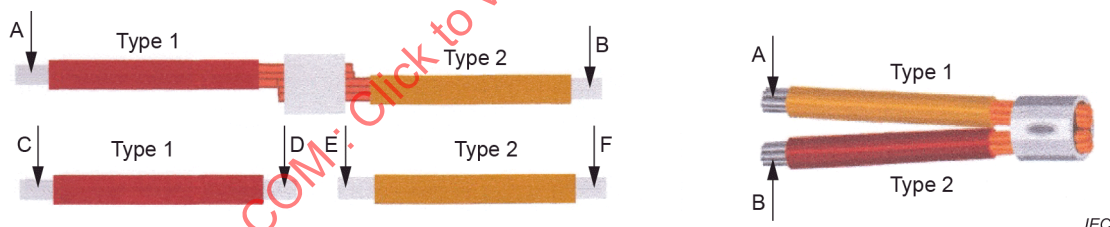


Figure 43 – Mesure de la résistance du sertissage des connexions serties de jonctions de fils ou de plusieurs conducteurs

Chacun des fils de référence doit être du même type que le fil sertie respectif.

Les extrémités des fils sont dénudées et étamées, ou serties, brasées ou soudées par ultrasons (voir IEC 60352-9).

La résistance du sertissage R_C d'une connexion sertie de jonction de fil ou d'une connexion sertie de plusieurs conducteurs est mesurée indirectement en soustrayant la résistance des fils de référence ($R_{CD} + R_{EF}$, c'est-à-dire la résistance mesurée entre les points de mesure C et D, E et F à travers les fils de référence dans l'exemple de la Figure 43), de la résistance d'entrée à sortie R_{AB} mesurée entre les points A et B, selon la Formule (3):

$$R_C = R_{AB} - (R_{CD} + R_{EF}) \quad (3)$$

Ici, R_C est la résistance du sertissage d'une connexion sertie de jonction de fil. À titre de référence pour le calcul, des fils identiques avec la même longueur pour les types 1 et 2 respectivement, que celle indiquée à la Figure 43, sont exigés.

Le point de contact A doit être aussi proche que possible de l'extrémité du fil dans le fût à sertir mais, dans le cas d'un fût ouvert, sans toucher l'extrémité du fil.

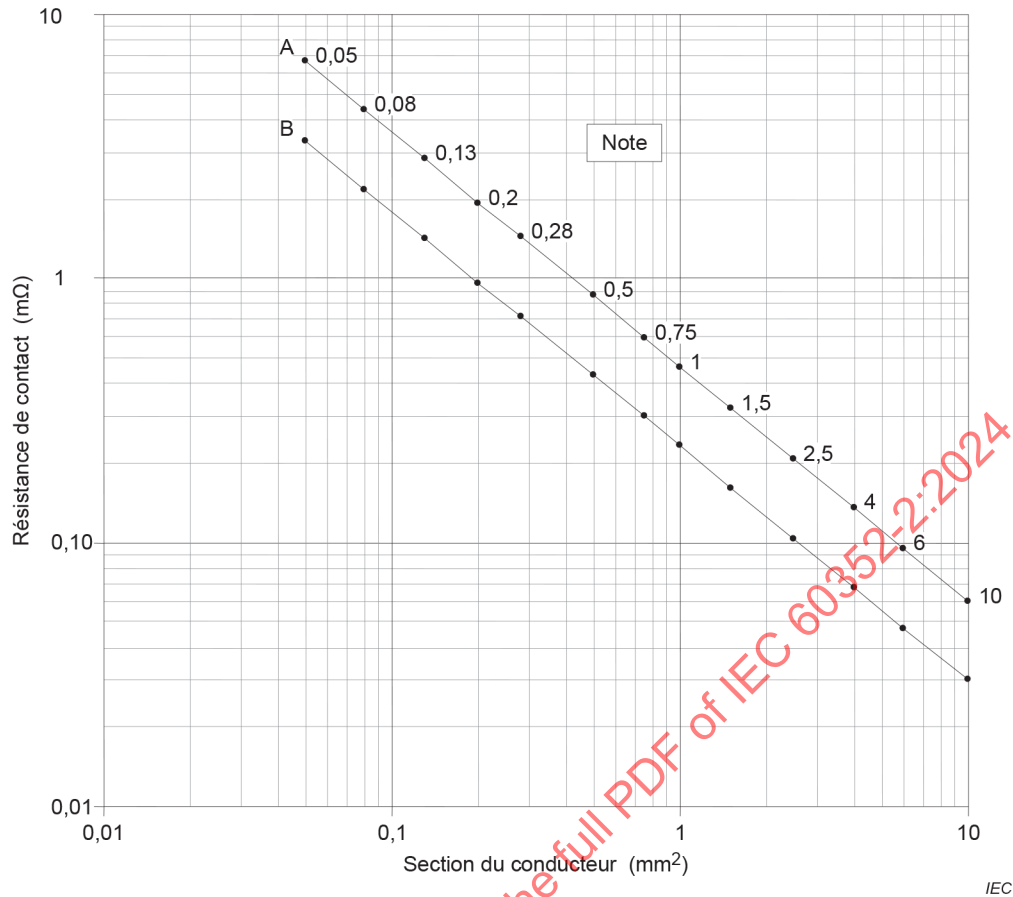
Pour obtenir des résultats d'essai fiables et reproductibles, un bon contact avec tous les brins du fil est nécessaire aux points de mesure. Pour les points de mesure A à F, tout moyen assurant le bon contact qui est nécessaire avec tous les brins, tel qu'un sertissage, un brasage, un soudage par ultrasons, etc., peut être utilisé.

Un dispositif d'essai adapté doit être utilisé pour assurer un bon contact au niveau de tous les points de mesure. Le dispositif d'essai doit assurer que les points de mesure sont situés à des distances fixes prédéterminées. Lorsque des sondes d'essai sont utilisées, elles doivent être suffisamment arrondies pour éviter d'endommager les brins du conducteur.

Lorsque l'essai 2b selon l'IEC 60512-2-2 est appliqué, le courant d'essai doit être de 1 A par mm² de section du conducteur. La durée d'application du courant d'essai doit être suffisamment courte pour éviter l'échauffement des spécimens.

NOTE L'essai 2a de l'IEC 60512-2-1 est le choix optimal pour les connexions serties de 0,05 mm² à 1 mm²: au-dessus de cette taille, l'essai 2b de l'IEC 60512-2-2 peut être utilisé.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60352-2:2024



Courbe A: valeurs de la résistance initiale maximale du sertissage.

Courbe B: valeurs d'augmentation maximale de la résistance du sertissage après conditionnement électrique ou climatique.

NOTE Les nombres sur les courbes indiquent des sections spécifiques du conducteur en mm².

Les lignes représentant la résistance initiale maximale du sertissage (A) et la variation maximale de la résistance du sertissage après le conditionnement électrique ou climatique (B) reposent sur les formules suivantes. Ces formules peuvent être utilisées à la place du graphique afin de déterminer la résistance initiale maximale autorisée du sertissage et l'augmentation des valeurs de résistance du sertissage après conditionnement.

$$A = 0,459 6 \times C^{-0,884 3}$$

$$B = A / 2$$

où

A est la résistance initiale maximale autorisée du sertissage, en milliohms (mΩ);

B est l'augmentation maximale autorisée de la résistance du sertissage, en milliohms (mΩ);

C est la section du conducteur, en mm².

Figure 44 – Résistance du sertissage R_C des connexions serties avec fûts et conducteur en cuivre ($K = 1$)

Pour les sections nominales jusqu'à 2,5 mm², la section à utiliser lors de l'application de la Figure 44 est la section calculée avec le nombre de brins et le diamètre nominal d'un seul brin. Pour des valeurs plus élevées – sauf en cas de litige sur les résultats concernant la variation de résistance autorisée du sertissage, auquel cas la section géométrique doit être utilisée – la section à utiliser est la section nominale du conducteur.

Les valeurs de la résistance initiale maximale du sertissage (courbe A) et les valeurs de la variation maximale de la résistance du sertissage (courbe B) telles qu'elles sont représentées à la Figure 44 s'appliquent uniquement aux connexions serties réalisées avec des fûts à sertir selon 5.3 et aux conducteurs conformes au 5.4 et où $K = 1$.

Pour les matériaux de fût autres que le cuivre, les valeurs des deux courbes A et B sont à multiplier par K , où

$$K = \frac{R_m}{R_{Cu}} \quad (4)$$

où

R_m est la résistivité du matériau utilisé;

R_{Cu} est la résistivité du cuivre.

Le Tableau 9 donne des valeurs de résistivité et de K pour d'autres matériaux.

Tableau 9 – Exemple d'autres matériaux

Matériau	Résistivité $\Omega \text{ mm}^2/\text{m}$	K^a
Cuivre recuit, 100 % de Cu	0,017 2	1
Alliages cuivre-zinc (laitons)	0 030 à 0 061	1,74 à 3,55
Alliages cuivre-magnésium CuMg0,1, CuMg0,2, traités thermiquement	0,020 3	1,18
Alliages cuivre-magnésium CuMg0,1, CuMg0,2, durs	0,022 1	1 285
Alliage cuivre-magnésium CuMg0,4, traité thermiquement	0,0254	1,48
Alliages cuivre-magnésium CuMg0,4, durs	0,026 9	1 564
Laiton, par exemple 70 % de Cu, 30 % de Zn	0 061	3,55
Alliages cuivre-étain (bronzes)	0 083 à 0,15	4,83 à 8,72
Phosphore-bronze, par exemple Cu93,5Sn6P0,5	0,11	6,40
Or (Au), placage	0 022	1 279
Argent (Ag), placage	0,015 9	0,92
Nickel (Ni), placage	0,069 3	4,03
Constantan (Cu55Ni44Mn1)	0,50	29,07
Aluminium (Al)	0,026 5	1,540 7
Étain (Sn), placage	0 109	6 337
^a $K = 1/\% \text{IACS}$ où % IACS est le pourcentage de conductivité de l'International Annealed Copper Standard, telle que définie dans l'IEC 60028:1925.		

La variation maximale autorisée de la résistance du sertissage est à ajouter à la résistance initialement mesurée du sertissage, et non à la limite initiale autorisée, c'est-à-dire que la résistance maximale autorisée du sertissage après conditionnement est égale à la valeur initiale mesurée ajoutée à la variation maximale autorisée donnée par la courbe B de la Figure 44 et corrigée par le facteur K , le cas échéant.

NOTE 1 Bien que les matériaux de base du fût à sertir et du conducteur soient pertinents pour la résistance du sertissage, le matériau du conducteur est déjà exclu en mesurant et en soustrayant la résistance des conducteurs de référence. Par conséquent, le facteur de correction K pour le matériau du fût à sertir est d'une importance primordiale ici.

NOTE 2 Pour les connexions serties effectuées sur plusieurs fils, voir A.5.2.

Des exemples de calculs plus détaillés sont donnés à l'Article A.11.

7.4.2 Tension de tenue (connexion sertie avec fûts à sertir pré-isolés)

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai 4c de l'IEC 60512-4-3.

Tension de tenue: 1 500 V en valeur efficace, 45 Hz à 60 Hz sauf accord contraire entre le fabricant et l'utilisateur.

7.4.3 Essai de courant limite avec échauffement

Cet essai doit être réalisé conformément à l'essai 5b de l'IEC 60512-5-2, lorsque la spécification particulière du produit l'exige.

NOTE1 Cet essai a pour but d'établir le courant de fonctionnement maximal admissible I_b d'une connexion sertie, obtenu en réduisant le courant I spécifié, d'où l'utilisation de l'essai 5b de l'IEC 60512-5-2. Le courant I spécifié est celui nécessaire pour atteindre la température finale t_e , qui dépasse la température ambiante t_u de l'échauffement spécifié. Le courant I spécifié est le courant que la connexion sertie peut supporter en continu, à température ambiante, sans enfreindre l'échauffement spécifié.

Des spécimens de type E (de type G pour un fût à sertir de jonction de fil) doivent être utilisés pour cet essai, sauf si leur longueur de fil est ajustée avec un minimum tel que spécifié dans le Tableau 10.

La Figure 45 représente le montage d'essai pour la mesure de l'échauffement sous une charge en courant, et la Formule (5) fournit la formule de calcul de la température finale t_e .

NOTE2 La Figure 45 est extraite de l'IEC 60512-5-2. Le spécimen soumis à essai (2) est représenté en détail sur la Figure 46, où le point de fixation d'extrémité du fil gauche (3) et le point de fixation d'extrémité du fil droit (4) correspondent ici aux deux raccordements des fils vers et depuis la source de courant constant (1).

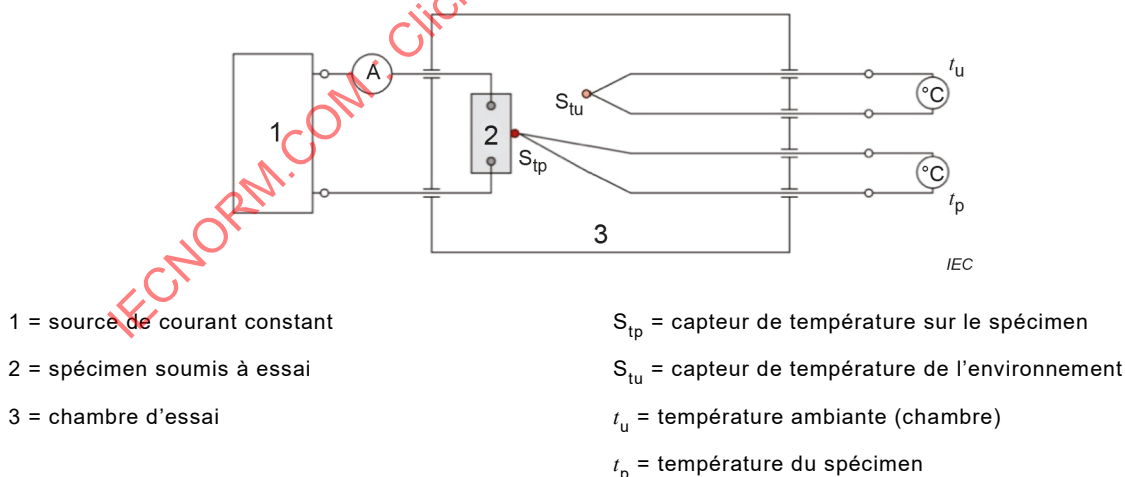


Figure 45 – Montage d'essai pour les mesures d'échauffement sous une charge en courant

Conditions d'essai:

- au moins 3 spécimens pour 3 mesures destinées à déterminer la valeur moyenne doivent être utilisés¹;
- tension d'essai: courant alternatif à une fréquence de 50 Hz à 60 Hz ou courant continu (contrôle de l'influence de la polarisation de tension sur le thermocouple en inversant temporairement la polarité une fois que la stabilité thermique a été atteinte et en répétant la mesure de température);
- courant d'essai: courant I spécifié produisant un échauffement de 80 K au-dessus de la température ambiante t_u (sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit) atteignant la température finale t_e ;
- intervalle entre les mesures: 5 min, jusqu'à ce que trois valeurs consécutives d'échauffement soient à 2 K les unes des autres;
- détermination de la température ambiante t_u ;
- la température finale t_e est égale à la température ambiante t_u plus 80 K. Voir Formule (5) (sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit);

$$t_e = t_u + 80 \text{ K} \quad (5)$$

- maintien de la température finale t_e pendant 30 min;

Le courant de fonctionnement maximal admissible I_b doit être celui obtenu à l'aide de la Formule (6):

$$I_b = I(t_e) \times 0,8 \text{ (taux de réduction)} \quad (6)$$

Des fils résistant à la chaleur, par exemple dimensionnés pour une température de fonctionnement continu COT $\geq 105^\circ\text{C}^2$, ou des conducteurs non isolés doivent être utilisés, auquel cas ils doivent être convenablement éloignés afin d'éviter les courts-circuits. Des mesures de protection doivent être prises en cas d'utilisation d'un fil dont la COT est $< 105^\circ\text{C}$, par exemple des tubes rétractables résistant à la chaleur.

La mesure de la température au niveau du sertissage ne doit pas être sans contact: une pâte thermiquement conductrice ou un dispositif de serrage doit être utilisé.

Exception: la mesure de la température sans contact est autorisée, tant que la corrélation avec la température de la zone de sertissage est bonne.

Les câbles d'alimentation doivent être dimensionnés afin de pouvoir supporter au moins trois fois le courant de fonctionnement maximal admissible I_b et ils doivent être rétreints et étamés à leurs extrémités. Les points de transfert entre eux et le spécimen soumis à essai doivent être suffisamment serrés.

NOTE Cet essai fournit une procédure raccourcie, avec un montage relativement simple, susceptible d'évaluer les effets négatifs dus à la relaxation du sertissage, le cas échéant.

¹ Le nombre minimal de spécimens, qui est le même que celui exigé par l'IEC 60512-5-2, est porté à 6 en 8.3.7, où cette méthode d'essai est spécifiée.

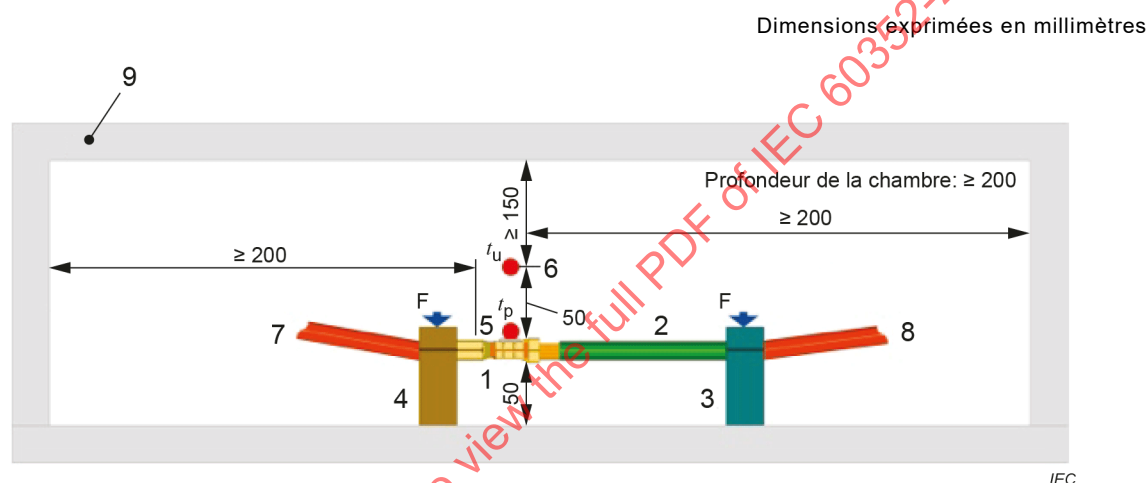
² Une COT assignée minimale de 105°C des fils est exigée, en présumant une température ambiante (chambre d'essai) $t_u = 25^\circ\text{C}$ et un échauffement admis de 80 K pour atteindre la température finale t_e au courant de fonctionnement maximal admissible correspondant I_b .

La longueur de fil L minimale des spécimens doit être réglée en fonction de la section S du conducteur, conformément au Tableau 10.

Tableau 10 – Longueur de fil L minimale en fonction de la section du conducteur S

Section, S mm ²	Longueur minimale, L mm
$S \leq 0,5$	200
$0,5 < S \leq 5$	500
$S > 5$	1 400

La Figure 46 représente un exemple de montage d'essai pour les mesures du taux de réduction de l'intensité en fonction de la température sur un couplage de contacts de fût ouvert.



- | | |
|---|--|
| 1 = spécimen (contact à serrer) | 6 = capteur de température de la chambre d'essai (pour mesurer t_u) |
| 2 = fil | 7 = câble d'alimentation gauche |
| 3 = point de fixation de l'extrémité droite du fil | 8 = câble d'alimentation droit |
| 4 = point de fixation de l'extrémité gauche du fil | 9 = chambre d'essai |
| 5 = capteur de température en contact avec le spécimen (avec pâte thermoconductrice) pour mesurer t_p | t_r = température ambiante (chambre d'essai) |
| F = points de transfert | t_p = température du spécimen |

Figure 46 – Chambre d'essai de température avec ouverture de ventilation pour les mesures du taux de réduction de l'intensité en fonction de la température

7.5 Essais climatiques

7.5.1 Généralités

Sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit, les températures haute (THC) et basse (TBC) suivantes de la catégorie climatique doivent être utilisées pour les essais de 7.5.2 à 7.5.6:

- | | |
|------|---------|
| THC: | +125 °C |
| TBC: | –55 °C |

NOTE Les valeurs attribuées ci-dessus à la THC et à la TBC, ainsi que le nombre de cycles de l'essai cyclique de chaleur humide spécifié en 7.5.4 (6 cycles), qui – sur la base de l'équivalence donnée au 8.2.5 de l'IEC 60068-2-61:1991 – sont équivalents à 56 jours de l'essai de chaleur humide en régime établi, impliquent l'attribution d'une catégorie climatique 55/125/56.

7.5.2 Variations rapides de température

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai 11d de l'IEC 60512-11-4.

Cet essai n'a pas pour but d'examiner les caractéristiques de l'isolant du fil ni de l'isolant des fûts à sertir pré-isolés. Un fil ayant un isolant assigné approprié doit être utilisé.

Les détails suivants doivent s'appliquer:

Basse température:	T_A	TBC
Haute température	T_B	THC
Durée d'exposition :	t_1	30 min
Nombre de cycles:		5

7.5.3 Chaleur sèche

L'essai doit être réalisé conformément à l'IEC 60512-11-9, essai 11i.

Cet essai n'a pas pour but d'examiner les caractéristiques de l'isolant du fil ni de l'isolant des fûts à sertir pré-isolés. Un fil ayant un isolant assigné approprié doit être utilisé.

Les détails suivants doivent s'appliquer:

Température d'essai:	THC:
Durée de l'essai:	96 h

7.5.4 Séquence climatique

L'essai doit être effectué conformément à l'essai 11a de l'IEC 60512-11-1.

L'essai doit être réalisé en utilisant des spécimens de type E (spécimens de type G pour les jonctions de fils).

Cet essai n'a pas pour but d'examiner les caractéristiques de l'isolant du fil ni de l'isolant des fûts à sertir pré-isolés. Un fil ayant un isolant assigné approprié doit être utilisé.

L'essai 11a de l'IEC 60512-11-1 consiste à réaliser séquentiellement les essais climatiques suivants à titre d'essais de conditionnement:

- chaleur sèche (essai 11i de l'IEC 60512-11-9);
- essai cyclique de chaleur humide (essai 11m de l'IEC 60512-11-12), premier cycle;
- froid (essai 11j de l'IEC 60512-11-10);
- essai cyclique de chaleur humide, cycles restants.

Les détails suivants doivent s'appliquer:

- Chaleur sèche
température d'essai: THC:
- Essai cyclique de chaleur humide
température maximale de l'essai: +55 °C
nombre de cycles (premier cycle): 1
variante 1 ou 2 (de l'IEC 60068-2-30) à préciser dans la spécification particulière du produit

- Froid:
température d'essai: TBC
- Essai cyclique de chaleur humide
température maximale de l'essai: +55 °C
nombre de cycles (cycles restants): 5
même variante que ci-dessus

NOTE Si la spécification particulière du produit attribue une catégorie climatique dont le troisième groupe de chiffres représentant le nombre de jours de l'essai de chaleur humide en régime établi est 21 au lieu de 56, les cycles restants à effectuer seraient de 1, sur la base de l'équivalence donnée en 8.2.5 de l'IEC 60068-2-61:1991.

7.5.5 Charge en courant, essai cyclique

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai 9e de l'IEC 60512-9-5, méthode A.

Des spécimens de type E (spécimens de type G pour le fût à sertir de jonction de fil) doivent être utilisés pour cet essai (voir 8.1.6).

Sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit, les spécimens peuvent être connectés en série de manière à ce que la charge en courant soit appliquée simultanément à tous les spécimens soumis à essai.

Si la connexion en série est appliquée et que la conception le permet, des spécimens sertis aux deux extrémités peuvent être utilisés. Dans ce cas, la longueur du fil entre deux spécimens doit permettre d'obtenir l'indépendance thermique entre les spécimens en cascade, avec un minimum de 200 mm, cette longueur étant à régler en fonction de la masse thermique impliquée des spécimens et des conducteurs spécifiés.

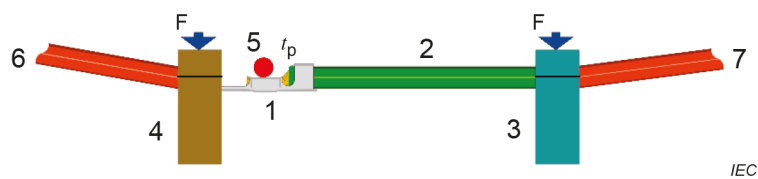
En cas de litige sur les résultats, l'essai effectué sur les spécimens connectés en série doit être répété sur un spécimen connecté individuellement.

Pour éviter l'influence des dissipateurs thermiques, la chaîne des spécimens doit être tenue au niveau des fils et il convient que les dispositifs de maintien soient constitués d'un matériau isolant à faible conductivité thermique (par exemple, généralement 0,3 W/(m K), comme pour une matière plastique ordinaire). Lorsque la masse des raccordements est telle qu'un support additionnel est nécessaire, les dispositifs de maintien doivent également être constitués d'un matériau isolant à faible conductivité thermique.

Lorsque la connexion sertie à soumettre à essai fait partie intégrante d'un composant, ce composant ne doit pas influencer le résultat d'essai (dissipateur thermique, par exemple).

Des exemples sont donnés à la Figure 47.

Des connexions en série de contacts à sertir, telles que celles représentées à la Figure 48, exemples d) et e), afin d'éviter de tenir compte de la variation de la résistance de contact à l'interface, doivent être préparées, par exemple en soudant les connexions détachables à leur point de contact, ou par des moyens tout aussi efficaces.



1 = cosse de câble

2 = fil câblé

3 = fixation et connexion électrique à 7

4 = fixation et connexion électrique à 6

5 = capteur de température en contact avec le spécimen (avec pâte thermoconductrice) pour mesurer t_p

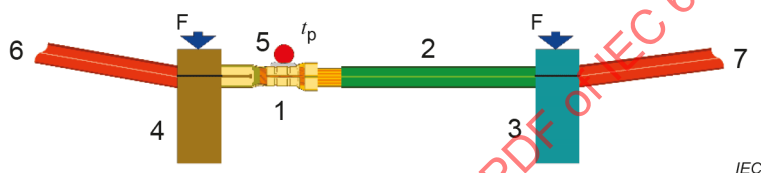
6 = câble d'essai

7 = câble d'essai

F = points de transfert

t_p = température du spécimen

a) Exemple de cosse de câble (essai du sertissage uniquement)



1 = contact serti en B

2 = fil câblé

3 = fixation et connexion électrique à 7

4 = fixation et connexion électrique à 6

5 = capteur de température en contact avec le spécimen (avec pâte thermoconductrice) pour mesurer t_p

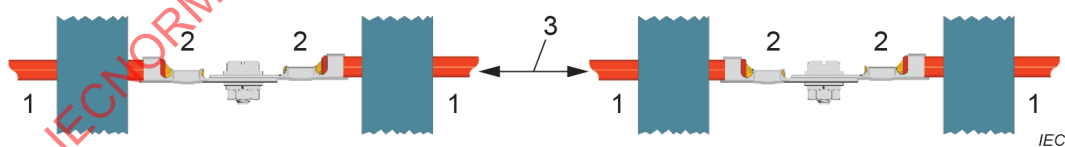
6 = câble d'essai

7 = câble d'essai

F = points de transfert

t_p = température du spécimen

b) Exemple de contact serti en B (essai du sertissage uniquement)

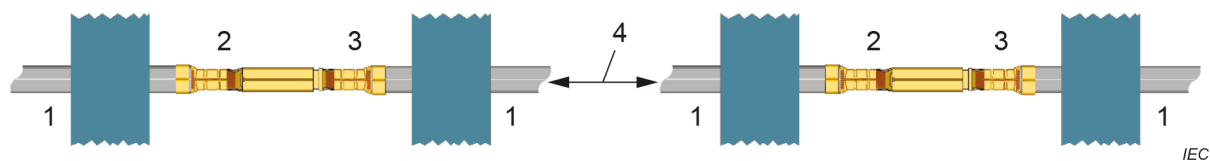


1 = fixation

2 = multicontact

3 = distance entre connexions serties ≥ 150 mm

c) Exemple de fûts à sertir avec embouts



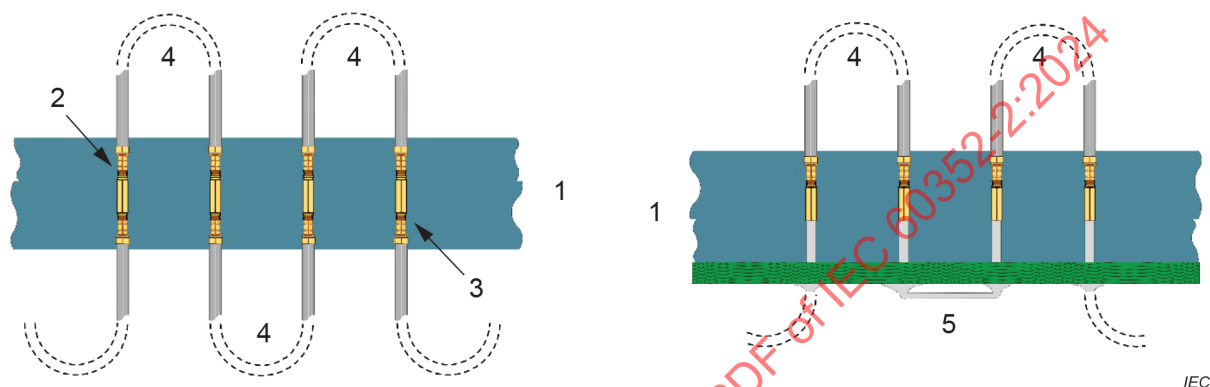
1 = fixation

2 = contact femelle

3 = contact mâle

4 = distance entre connexions serties ≥ 150 mm

d) Exemple de fûts à sertir avec contacts séparables



1 = fixation

2 = contact femelle

3 = contact mâle

4 = partie homologue avec contacts à sertir (longueur entre connexions serties ≥ 150 mm)

5 = partie homologue sans contacts à sertir (par exemple, connecteur de carte à circuit imprimé)

**e) Exemple de connexions serties avec contacts pour composant multicontact
(par exemple répartiteur ou connecteur)**

Figure 47 – Exemples de montages d'essai

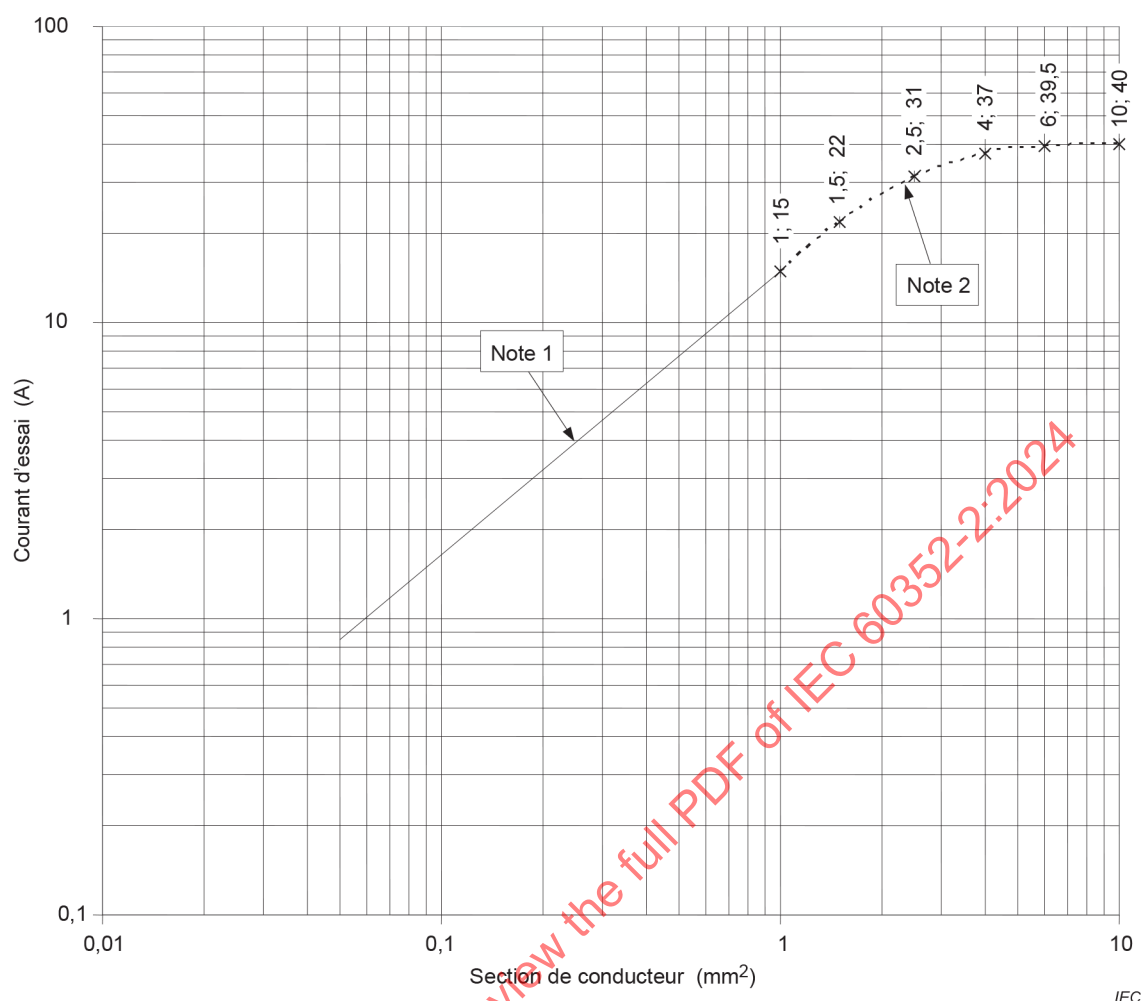
Le courant d'essai à appliquer est indiqué à la Figure 48.

Pour les sections nominales jusqu'à $2,5 \text{ mm}^2$ inclus, la section géométrique (réelle) à utiliser en appliquant la Figure 48 est celle calculée avec le nombre de brins et le diamètre nominal d'un seul brin. Pour les valeurs de section plus élevées, la section à utiliser peut être la section nominale, sous réserve que les exigences soient satisfaites.

Les valeurs du courant d'essai de la Figure 48 s'appliquent seulement aux connexions serties réalisées avec des fûts à sertir selon 5.3 et aux conducteurs selon 5.4.

Sévérité d'essai: 20 ou 500 cycles.

NOTE Pour de plus amples informations sur les fils, voir l'IEC 60189-3.



NOTE 1 Le courant d'essai est $15 \times S^{0,958}$ pour les sections de conducteur de 0,05 mm² à 1 mm², où S est la section du conducteur en mm²

NOTE 2 Références de courant d'essai pour les sections de conducteur supérieures à 1 mm².

Figure 48 – Courant d'essai pour les connexions serties

En variante à la méthode d'essai et aux valeurs indiquées ci-dessus, la méthode suivante peut être adoptée, par exemple pour de nouvelles conceptions.

Méthode: cet essai doit être réalisé conformément à la méthode B de l'essai 9e de l'IEC 60512-9-5.

Nombre de cycles: 5, sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit.

NOTE 3 L'objectif de cet essai est d'exciter le mode de défaillance par *fluage* (relaxation des contraintes) d'une connexion sertie en raison des cycles thermiques, en la soumettant à une application cyclique de la charge thermique la plus élevée que la connexion sertie est destinée à supporter, suivie d'un refroidissement. L'application de la charge en courant est ensuite destinée à produire la THC = 125 °C, sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit. Si le courant d'essai spécifié à la Figure 49 n'atteint pas cet objectif, la méthode précédente peut être considérée comme étant inefficace. Cette méthode alternative est proposée et implique des valeurs de courant d'essai plus élevées, équivalant aux valeurs sous-évaluées auxquelles le fût à sertir en essai est considéré comme étant soumis à une charge permanente (1,25 fois le courant assigné, c'est-à-dire la valeur réelle réduite d'un facteur de 0,8) et à un nombre de cycles moins élevé.

ATTENTION – Le Tableau 11 fournit un courant d'essai expérimental à appliquer. Ces valeurs sont obtenues à partir des tableaux de courant limite de l'IEC 60364-5-52:2009 qui, pour la même section, dépendent:

- a) de la méthode d'installation des fils;
- b) de la nature du milieu environnant (air ou sol);
- c) du nombre de fils adjacents dans le chemin ou le conduit;
- d) de la nature de l'isolant du fil et sa température de fonctionnement continu.

De plus, de telles valeurs sont fournies pour les installations électriques ayant uniquement une section nominale $\geq 1 \text{ mm}^2$. Étant donné la multitude de valeurs différentes attribuées à une section nominale spécifique, chacune l'étant dans des circonstances différentes, les valeurs proposées dans le Tableau 11 sont uniquement expérimentales et il est important de les vérifier car elles peuvent s'avérer excessives.

**Tableau 11 – Valeurs de courant (expérimentales) –
Méthode alternative d'essai cyclique de charge en courant**

Section mm ²	Section AWG	Charge en courant A
0,05	30	1
0,08	28	1,8
0,13	26	3,1
0,14	–	3,6
0,2	24	4,8
0,25	–	6
0,32	22	8,6
0,34	–	9,1
0,4	–	11,1
0,5	–	14,4
0,52	20	15
0,75	–	18
0,82	18	19,5
1	–	22,8
1,31	16	24,7
1,5	–	26
2,08	14	33,4
2,5	–	38,4
3,31	12	45
4	–	50,4
5,26	10	59,7
6	–	64,8
8,37	8	77
10	–	87,6

7.5.6 Sertissage à basse température (connexions serties avec fûts à sertir pré-isolés)

Les fûts à sertir et les fils (correspondant aux spécimens de type F de 8.1.7) et l'outil de sertissage, c'est-à-dire toutes les pièces nécessaires à la préparation du nombre exigé de connexions serties pour l'essai à basse température, doivent être soumis à une température de $(-15 \pm 2) ^\circ\text{C}$ pendant 2 h.

Toutes les pièces étant maintenues à cette température, le nombre de spécimens exigé doit être produit.

Les spécimens doivent alors être maintenus à basse température pendant 1 h.

Il faut ensuite laisser les spécimens récupérer dans les conditions normales d'essai pendant 1 h à 2 h.

Après la reprise, les spécimens doivent être soumis à un essai de tension de tenue tel que défini en 7.4.2.

7.6 Essais divers

7.6.1 Résistance aux fluides des fûts à sertir pré-isolés

Si l'essai est exigé par la spécification particulière du produit, il doit être réalisé conformément à l'essai 19a de l'IEC 60512-19-1 et à l'essai 4c de l'IEC 60512-4-3.

Cet essai doit être réalisé en utilisant des spécimens de type D.

Il doit uniquement être effectué avec des fluides de nettoyage. Les fluides, la température d'essai et la durée d'immersion doivent être indiqués dans la spécification particulière du produit.

Tension de tenue: 1 500 V en valeur efficace, 45 Hz à 60 Hz, sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit. L'essai de tenue en tension et le montage correspondant doivent être effectués tel que détaillé en 7.4.2.

7.6.2 Essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz

Des spécimens de type E (spécimens de type G pour les fûts à sertir de jonctions de fils) doivent être utilisés pour cet essai.

L'essai doit être réalisé conformément à l'essai 11g de l'IEC 60512-11-7 et à l'essai Ke de l'IEC 60068-2-60.

Le préconditionnement doit être conforme au 6.3 et la reprise conforme au 6.4.

État des spécimens au cours de l'essai: moitié accouplés, moitié non accouplés.

Les conditions d'essai suivantes doivent s'appliquer:

- méthode applicable: méthode 1;
- durée de l'essai: 10 jours;
- gaz: H_2S et SO_2 ;
- température: $(25 \pm 1) ^\circ\text{C}$;
- humidité relative: $(75 \pm 3) \%$;
- nombre de ventilations par heure: 3 à 10;

- augmentation de masse des coupons en cuivre: 1,0 mg/(dm² × jour) à 2,0 mg/(dm² × jour).

Après l'examen visuel et avant et après cet essai de corrosion, la résistance de contact doit être mesurée comme défini en 7.4.1. La spécification particulière du produit doit fournir des critères d'acceptation (variation admise de la résistance de contact).

8 Programmes d'essais

8.1 Préparation et type des spécimens pour essai

8.1.1 Préparation des spécimens pour essai

Avant les essais, le nombre et les types de spécimens exigés doivent être préparés, après examen général des parties (fûts à sertir et fils) tel que défini en 7.1.

Lorsque des connexions serties avec des fûts à sertir conçus pour accepter une gamme de n sections de conducteur doivent être soumises à essai (qualification initiale), tous les essais du programme d'essais applicable, à l'exception de l'essai cyclique de charge en courant de 7.5.5, doivent être réalisés:

- avec le nombre spécifié de spécimens ayant la section de conducteur maximale et, en plus;
- avec le nombre spécifié de spécimens ayant la section de conducteur minimale et, en plus;
- avec le nombre spécifié de spécimens, chacun ayant une quelconque section de conducteur intermédiaire spécifiée.

NOTE L'essai de contrôle de processus est réalisé sur les spécimens en utilisant la section nominale de conducteur spécifiée.

Avant de préparer les spécimens, il doit être vérifié que:

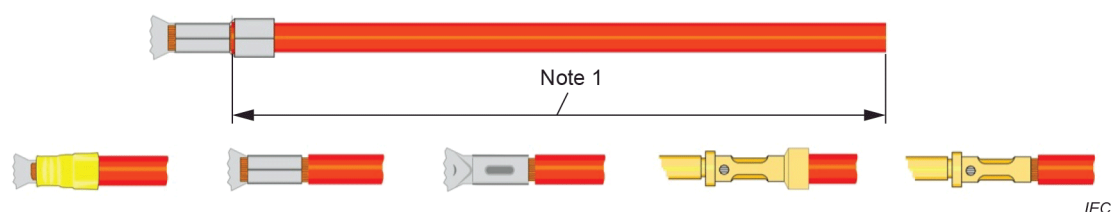
- les fûts à sertir et les fils utilisés sont corrects;
- l'outil de sertissage utilisé est correct ainsi que tout accessoire d'outil spécifié (matrices de sertissage, tourelle, positionneur, etc.);
- l'outil fonctionne correctement;
- l'opérateur est capable de produire des connexions serties conformes au 5.5.

Pour tous les spécimens, sauf indication contraire dans la spécification particulière du produit, la longueur minimale du fil doit être de 200 mm ou celle spécifiée en 8.1.6.

8.1.2 Spécimens de type A (pour les essais selon 8.2, 8.2.3.3 si cela est exigé, 8.3.2, 8.3.4 si cela est exigé)

Un spécimen de type A est constitué d'un fût à sertir non isolé ou pré-isolé, avec ou sans manchon isolant, et d'un conducteur sertie dans ce fût pour assurer la connexion électrique uniquement entre les brins du conducteur et le fût à sertir.

Des exemples caractéristiques de spécimens de type A sont donnés à la Figure 49.



NOTE 1 Longueur minimale de 200 mm.

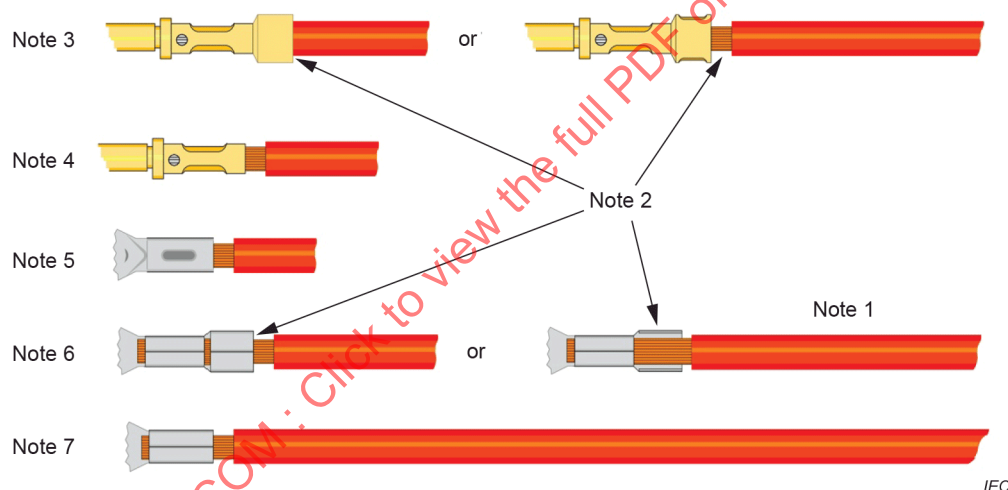
Figure 49 – Exemples de spécimens de type A

8.1.3 Spécimens de type B (pour les essais selon 8.2.3.1 et 8.3.3.2)

Un spécimen de type B est constitué d'un fût à sertir non isolé ou pré-isolé, avec ou sans manchon isolant, et d'un fil sertie dans ce fût pour assurer la connexion électrique uniquement entre les brins du conducteur et le fût à sertir.

Tout manchon isolant existant doit être rendu inopérant.

Des exemples caractéristiques de spécimens de type B sont données à la Figure 50.



NOTE 1 Longueur de 200 mm min. (la longueur dépend des exigences de la machine d'essai universelle pour l'essai de force d'arrachement).

NOTE 2 Manchon isolant inopérant.

NOTE 3 Fût fermé d'un contact usiné avec manchon isolant.

NOTE 4 Fût fermé d'un contact usiné sans manchon isolant.

NOTE 5 Fût fermé sans manchon isolant.

NOTE 6 Fût ouvert avec manchon isolant.

NOTE 7 Fût ouvert sans manchon isolant.

Figure 50 – Exemples de spécimens de type B

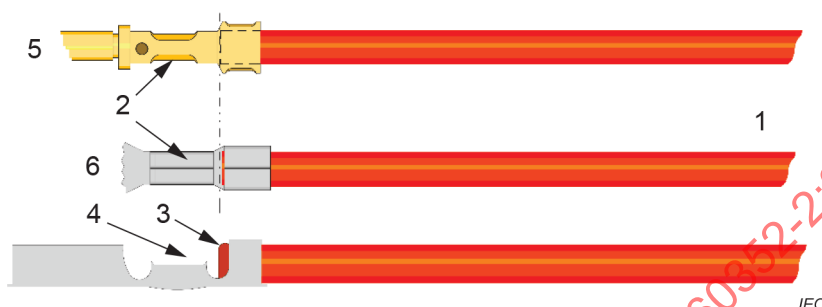
8.1.4 Spécimens de type C (pour les essais d'efficacité du manchon isolant, voir 8.2.3.3 et 8.3.4)

Un spécimen de type C est constitué d'un fût à sertir non isolé ou pré-isolé avec manchon isolant et d'un fil non dénudé, où le manchon isolant vient uniquement comprimer le fil non dénudé.

Le fil non dénudé doit uniquement être inséré dans le manchon isolant de manière à n'être comprimé qu'au niveau de ce manchon lorsque l'opération de sertissage normale est réalisée. Il ne doit y avoir aucune connexion électrique ou mécanique entre le fil et la partie du fût qui est normalement destinée à assurer la connexion électrique.

La longueur de fil minimale doit être de 200 mm.

Des exemples caractéristiques de spécimens de type C sont donnés à la Figure 51.



- 1 = fil câblé
- 2 = zone de sertissage du fil
- 3 = extrémité du fil
- 4 = aucun brin visible
- 5 = contact usiné
- 6 = contact serti en B

Figure 51 – Exemples de spécimens de type C

8.1.5 Spécimens de type D (pour les essais de fûts à sertir pré-isolés uniquement, voir 8.2.3.4, 8.3.9.2 et 8.3.9.3)

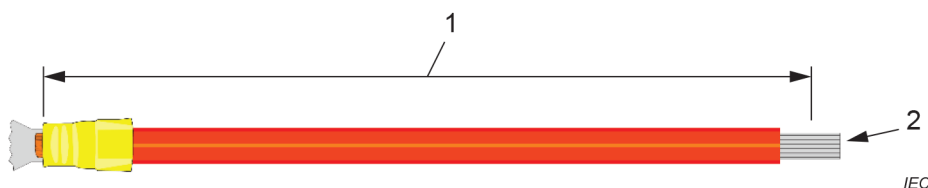
Un spécimen de type D est constitué d'un fût à sertir pré-isolé avec manchon isolant, et d'un fil serti dans ce fût pour assurer la connexion électrique uniquement entre les brins du conducteur et le fût à sertir.

Le manchon isolant doit également être comprimé.

À l'autre extrémité du fil, l'isolant doit être retiré de manière à pouvoir réaliser l'essai 4c de l'IEC 60512-4-3.

Un exemple caractéristique de spécimen de type D est donné à la Figure 52.

À l'extrémité libre du fil des spécimens de type D, l'isolant du fil doit être retiré et l'extrémité du conducteur doit être étamée ou soudée par ultrasons afin de pouvoir réaliser des essais électriques.



- 1 = longueur minimale de 200 mm
- 2 = extrémité du fil dénudée et étamée, sertie, brasée ou soudée par ultrasons

Figure 52 – Exemple de spécimen de type D (pré-isolé)

8.1.6 Spécimens de type E (pour les essais selon 8.2.3.2, 8.2.3.4, 8.3.3.5)

Un spécimen de type E est constitué d'un fût à sertir non isolé ou pré-isolé, avec ou sans manchon isolant, et d'un fil sertie dans ce fût pour assurer la connexion électrique entre les brins du conducteur et le fût à sertir.

Lorsqu'il existe un manchon isolant, il doit également être comprimé.

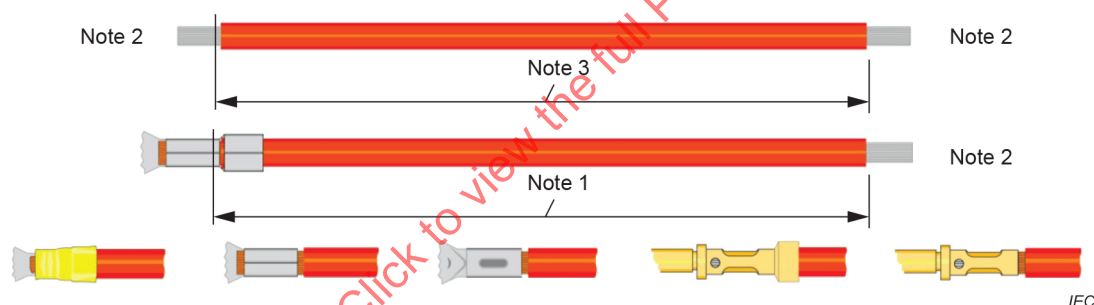
À l'extrémité libre du fil d'un spécimen de type E, l'isolant doit être retiré et le conducteur doit être étamé, sertie, brasé ou soudé par ultrasons afin de pouvoir réaliser la mesure de la résistance de contact conformément au 7.4.1.

Un fil de référence du même type doit être préparé et étamé ou soudé par ultrasons aux extrémités dénudées des âmes.

Les spécimens de type E destinés à être utilisés pour l'essai de vibrations (sinusoïdales) conformément au 7.3.7 doivent présenter une longueur de fil minimale de 200 mm.

Pour les spécimens de type E destinés à être utilisés pour l'essai cyclique de charge en courant conformément au 7.5.5, la section du conducteur doit être la plus grande section recommandée pour le fût à sertir, et la longueur minimale des fils doit être de 200 mm.

Des exemples caractéristiques de spécimens de type E sont donnés à la Figure 53.



NOTE 1 Longueur de 200 mm.

NOTE 2 Extrémité du fil dénudée et étamée, sertie, brasée ou soudée par ultrasons.

NOTE 3 Fil de référence de même longueur (ou 200 mm).

Figure 53 – Exemples de spécimens de type E

8.1.7 Spécimens de type E (pour les essais des fûts à sertir pré-isolés selon 8.3.9.4)

Un spécimen de type F est constitué d'un fût à sertir pré-isolé (ou d'une jonction de fil pré-isolée, suivant le cas) avec un manchon isolant et un fil dénudé (ou plusieurs fils dénudés de section spécifiée comme défini dans la spécification de la jonction de fil), une connexion sertie étant exigée pour les deux.

La longueur minimale du ou des fils doit être de 200 mm.

À l'autre extrémité du ou des fils, l'isolant doit être retiré et le ou les conducteurs doivent être étamés, sertis, brasés ou soudés par ultrasons de manière à pouvoir réaliser l'essai 4c de l'IEC 60512-4-3.

À ce stade, les deux pièces sont séparées et elles ne sont exigées que pour le sertissage de l'essai à basse température selon 7.5.6.

Un exemple caractéristique de spécimen de type F est représenté à la Figure 54 (un spécimen de type F pour jonction de fil pré-insulée apparaîtra similaire, sauf pour le nombre spécifié de fils dénudés).



Figure 54 – Exemple de spécimen de type F

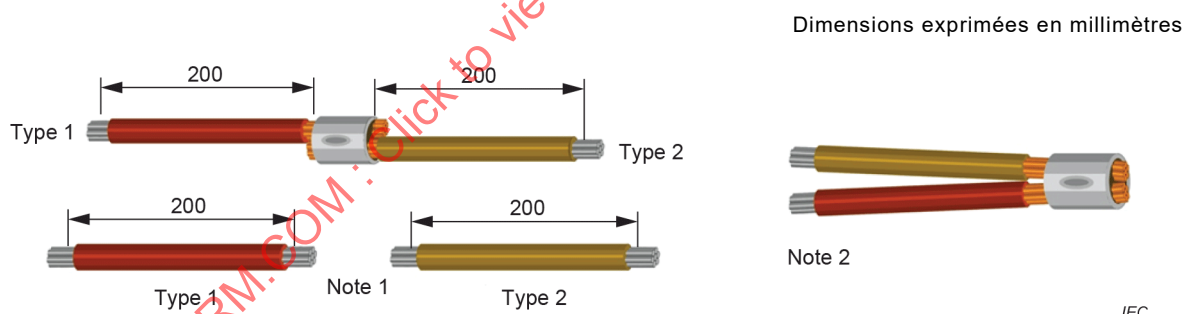
8.1.8 Spécimen de type G (pour les essais selon 8.2.3.2, 8.3.3.4, 8.3.3.5 et 8.3.6)

Un spécimen de type G est constitué d'un fût à sertir de jonction de fil non isolé ou pré-insulé, avec plusieurs conducteurs sertis sur ce fût (nombre et taille des conducteurs spécifiés par le fabricant) afin de réaliser une connexion électrique entre les conducteurs et le fût à sertir des jonctions de fils uniquement.

Comme dans les spécimens de types D, E et F, les extrémités libres des fils doivent être dénudées et étamées, serties, brasées ou soudées par ultrasons de manière à pouvoir réaliser la mesure de la résistance de contact conformément au 7.4.1.

Les fils de référence des mêmes types de conducteurs à soumettre à essai doivent être préparés et étamés aux extrémités des âmes.

Des exemples caractéristiques de spécimens de type G sont représentés à la Figure 55 (non isolés pour faciliter la représentation, bien que les jonctions de fils pré-insulées soient également couvertes).



NOTE 1 Fils de référence de types 1 et 2, un pour chaque taille.

NOTE 2 Extrémités des âmes dénudées et étamées, serties, brasées ou soudées par ultrasons.

Figure 55 – Spécimen de type G (jonction de fil)

8.1.9 Spécimen de type H (pour les essais selon 8.2.2, 8.2.3.1, 8.2.3.3, 8.3.2, 8.3.3.2, 8.3.3.3 et 8.3.4)

Un spécimen de type H, tout comme un spécimen de type G, est constitué d'un fût à sertir de jonction de fil non isolé ou pré-insulé, avec plusieurs conducteurs sertis sur ce fût (nombre et taille spécifiés par le fabricant), afin d'obtenir une connexion électrique entre les conducteurs et le fût à sertir pour jonctions de fils uniquement.

Les extrémités du fil doivent être préparées (contraintes, par exemple des nœuds dans le fil) lorsque des essais de force d'arrachement sont effectués.

Le spécimen de jonction d'embout doit être préparé sous la forme d'un spécimen de jonction aboutée pour l'essai de force d'arrachement.

Des exemples caractéristiques de spécimens de type H sont représentés à la Figure 56 (non isolés pour faciliter la représentation, bien que les jonctions de fils pré-isolées soient également couvertes).

Dimensions exprimées en millimètres

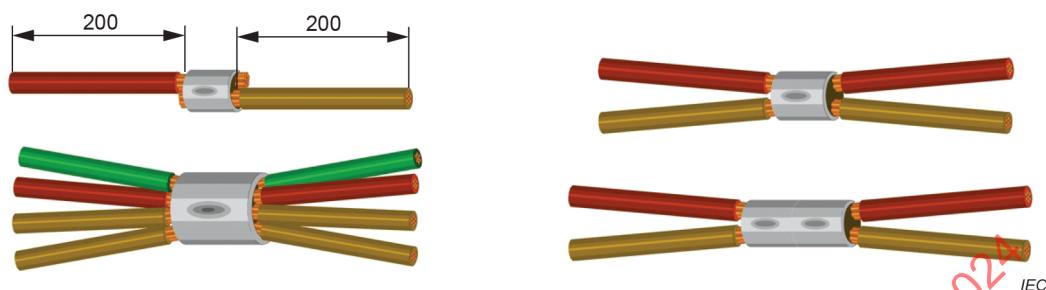


Figure 56 – Spécimen de type H (jonction de fil)

8.1.10 Nombre de spécimens exigé

Voir Tableau 12.

Tableau 12 – Nombre de spécimens

Pro-gramme d'essais	Type de spécimen selon 8.1	Exigé dans tous les cas	Exigé en plus, en cas de							
			Déforma-tion du contact exigée	fûts à sertir ou conduc-teurs bruts, ou les deux	efficacité du manchon isolant	fûts à sertir pré-isolés	coupe micro-graphique exigée	essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz exigé	réduction de l'intensité en fonction de la tempéra-ture exigée	essai de vibration s exigé
			Groupe d'essais							
		B0, B1 F0, F1, F3, F4	B0 F0	B2	B3 F5 ou F6	B4 F10, F11, F12	B5 F2	F7	F8	F9
De base (8.2)	A	—	10	—	6 ^a	—	3 ^c	—	—	—
	B	20	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	6 ^a	—	—	—	—	—
	D	—	—	—	—	6	—	—	—	—
	E	—	—	20	—	—	—	—	—	—
	F	—	—	—	—	—	—	—	—	—
	G ^b	—	—	20	—	6	—	—	—	—
	H ^b	20	—	—	6	—	3	—	—	—
Complet (8.3)	A	—	10	—	6 ^a	—	3 ^c	—	—	—
	B	16	—	—	—	—	—	—	—	—
	C	—	—	—	6 ^a	—	—	—	—	—
	D	—	—	—	—	6 ou 12, si le groupe d'essais F11 est exigé	—	—	—	—
	E	24	—	—	—	—	—	6	6	6
	F	—	—	—	—	6	—	—	—	—

Pro-gramme d'essais	Type de spécimen selon 8.1	Exigé dans tous les cas	Exigé en plus, en cas de								
			Déforma-tion du contact exigée	fûts à sertir ou conduc-teurs bruts, ou les deux	efficacité du manchon isolant	fûts à sertir pré-isolés	coupe micro-graphique exigée	essai de corrosion dans un flux de mélange de gaz exigé	réduction de l'intensité en fonction de la tempéra-ture exigée	essai de vibration s exigé	
			Groupe d'essais								
		B0, B1 F0, F1, F3, F4	B0 F0	B2	B3 F5 ou F6	B4 F10, F11, F12	B5 F2	F7	F8	F9	
	G ^b	24	–	–	–	6 ou 12, si le groupe d'essais F11 est exigé	–	6	6	6	
	H ^b	19	–	–	6	–	3	–	–	–	

NOTE Pour les essais des connexions serties réalisées avec des fûts à sertir conçus pour accepter une gamme de sections de conducteur, voir 8.1.

^a Les spécimens de type A sont une alternative aux spécimens de type C.

^b Les spécimens de types G et H sont uniquement exigés pour les essais des jonctions de fils.

^c Les spécimens de type A sont exigés pour l'examen visuel lorsqu'ils sont équipés d'un manchon isolant (opérationnel), sinon des spécimens de type B peuvent être utilisés.

8.2 Programme d'essais de base

8.2.1 Généralités

Lorsque le programme d'essais de base est applicable (toutes les conditions préalables de l'Article 5 satisfaites, voir 6.1), le nombre de spécimens de type B ou H (fûts à sertir de jonctions de fils), spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à essai selon 8.2.3.1.

Lorsque des connexions serties réalisées avec des fûts ou des conducteurs bruts, ou les deux, doivent être soumises à essai, le nombre de spécimens supplémentaires de type E ou G (fûts à sertir des jonctions de fils) spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à l'essai selon 8.2.3.2.

Lorsque des fûts à sertir avec manchon isolant doivent être soumis à essai, le nombre de spécimens supplémentaires de type A ou C spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à l'essai selon 8.2.3.3.

Lorsque des fûts à sertir pré-isolés doivent être soumis à essai, le nombre supplémentaire de spécimens de type C ou G (fûts à sertir des jonctions de fils) spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à l'essai selon 8.2.3.4.

8.2.2 Examen initial

Tous les spécimens doivent être soumis aux essais du Tableau 13.

Pour les essais d'examen général:

- les spécimens de types A, D et E, ayant un manchon isolant opérationnel, doivent être soumis à ces essais dans leur intégralité;
- les spécimens de type B, ayant un manchon isolant inopérant, et de type C (le manchon isolant étant uniquement comprimé sur le fil dénudé) doivent être soumis à ces essais de façon partielle, c'est-à-dire dans la mesure du possible;

- les spécimens de types G et H (fûts à sertir de jonctions de fils) doivent être soumis à ces essais dans leur intégralité.

En ce qui concerne la déformation du contact après sertissage, les spécimens de types C, D et E, uniquement après sertissage à basse température, doivent être soumis à un tel essai s'ils sont indiqués dans la spécification particulière pour le composant utilisant les contacts à sertir.

Tableau 13 – Groupe d'essais B0

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
B0.1	Examen général	7.1	Examen visuel	-1-1 (1a)	7.1 7.2.4 ou 7.2.5 ou 7.2.6 ou 7.2.7
		7.2.1	Examen des dimensions et de la masse	-1-2 (1b)	7.2.1 7.2.3
B0.2	Déformation des contacts après sertissage	7.2.2		-16-7 (16g)	7.2.2

8.2.3 Essais des connexions serties

8.2.3.1 Essais des connexions serties réalisées avec des fûts à sertir selon 5.3 et des fils selon 5.4

20 spécimens de type B ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 20$ spécimens de type B. Pour les jonctions de fils: 20 spécimens de type H ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 20$ spécimens de type H.

Après l'examen initial, tous les spécimens doivent être soumis à l'essai suivant du Tableau 14.

Tableau 14 – Groupe d'essais B1

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
B1	Résistance à la traction (connexions serties)	7.3.1		-16-4 (16d)	7.3.1

8.2.3.2 Essais supplémentaires des connexions serties réalisées avec des fûts à sertir bruts selon 5.3 ou des fils bruts selon 5.4, ou les deux

20 spécimens de type E. Jonctions de fils: 20 spécimens de type G.

Après l'examen initial, tous les spécimens doivent être soumis à l'essai suivant du Tableau 15.

Tableau 15 – Groupe d'essais B2

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
B2.1			Résistance de contact	-2-1 (2a) ou -2-2 (2b)	7.4.1
B2.2a ^a ou	Charge en courant, essai cyclique	7.5.5 20 cycles		-9-5 (9e)	7.5.5
B2.2b ^a	Variations rapides de température	7.5.2 5 cycles		-11-4 (11d)	
B2.3			Résistance de contact	selon B2.1	7.4.1

^a Les phases d'essai B2.2a et B2.2b sont des alternatives: B2.2a est destinée aux connexions serties d'un faisceau de câbles, B2.2b est destinée aux connexions serties réalisées avec des contacts à sertir.

8.2.3.3 Essais supplémentaires des connexions serties réalisées avec des fûts à sertir avec un manchon isolant ou avec des jonctions de fils

Après l'examen initial, tous les spécimens doivent être soumis à l'essai suivant du Tableau 16: l'essai B3.2 ou B3.3 (le cas échéant) est une alternative à l'essai B3.1 pour les fûts à sertir avec manchon isolant, tandis que l'essai B3.4 concerne les jonctions de fils.

- 6 spécimens de type C ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 6$ spécimens de type C pour l'essai B3.1;
- 6 spécimens de type A ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 6$ spécimens de type A pour l'essai B3.2 ou B3.3, suivant le cas;
- 6 spécimens de type H ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 6$ spécimens de type H pour l'essai B3.4 applicable aux connexions serties de jonctions de fils.

Tableau 16 – Groupe d'essais B3

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
B3.1	Efficacité du manchon isolant (connexions serties)	7.3.3		-16-8 (16h)	7.3.3
B3.2 (alternative, le cas échéant)	Pliage (fûts à sertir non isolés)	7.3.4		–	7.3.4
B3.3 (alternative, selon le cas)	Pliage (fûts à sertir pré-isolés)	7.3.5		–	7.3.5
B3.4 (jonctions de fils)	Pliage (jonctions de fils)	7.3.6		–	7.3.6

8.2.3.4 Essais supplémentaires pour les connexions serties avec des fûts à sertir pré-isolés

6 spécimens de type D ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 6$ spécimens de type D. Jonctions de fils pré-isolées: 6 spécimens de type G ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 6$ spécimens de type G.

Après l'examen initial, tous les spécimens doivent être soumis à l'essai suivant du Tableau 17.

Tableau 17 – Groupe d'essais B4

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
B4	Tension de tenue pour fûts à sertir pré-isolés	7.4.2		-4-3 (4c)	7.4.2

8.2.3.5 Coupe micrographique (essai facultatif)

L'essai de coupe micrographique peut être réalisé en option. Voir le groupe d'essais B5 du Tableau 18.

3 spécimens de type A ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 3$ spécimens de type A (spécimens de type H pour les jonctions de fils).

Longueur du fil de connexion: aussi courte que le permet le matériel utilisé pour la production de la connexion sertie et de la coupe micrographique.

Tableau 18 – Groupe d'essai B5

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
B5.1	Coupe micrographique	7.3.2			7.3.2
B5.2			Examen visuel	-1-1 (1a)	7.1
B5.3			Examen de dimension et masse	-1-2 (1b)	7.2.1

8.3 Programme d'essais complet

8.3.1 Généralités

Lorsque le programme d'essais complet est exigé (conditions préalables non remplies en totalité, voir 6.1), le nombre de spécimens de types A, B, E, G et H spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à l'essai selon 8.3.3.

Lorsque des fûts à sertir avec manchon isolant doivent être soumis à essai, le nombre de spécimens supplémentaires de type A ou C spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à l'essai selon 8.3.4.

Lorsque des fûts à sertir pré-isolés doivent être soumis à essai, le nombre de spécimens supplémentaires de type D ou de type G spécifié dans le Tableau 12 doit être préparé et soumis à essai selon 8.3.5.

8.3.2 Examen initial

Tous les spécimens doivent être soumis aux essais du Tableau 19.

Pour les essais d'examen général (IEC 60512-1-1, essai 1a et IEC 60512-1-2, essai 1b):

- les spécimens de types A, D et E, ayant un manchon isolant opérationnel, doivent être soumis à ces essais dans leur intégralité;
- les spécimens de type B, ayant un manchon isolant rendu inopérant, et les spécimens de type C, ayant uniquement le manchon isolant comprimé, doivent être soumis à ces essais de façon partielle, c'est-à-dire dans la mesure du possible;
- les spécimens de type F à utiliser pour l'essai de sertissage à basse température doivent être soumis à ces essais uniquement après sertissage;
- les spécimens de types G et H (fûts à sertir de jonctions de fils, pré-isolés ou non isolés, sans manchon isolant) doivent être soumis à ces essais dans leur intégralité.

En ce qui concerne la déformation du contact après sertissage, les spécimens de types C, D et F, uniquement après sertissage à basse température, doivent être soumis à un tel essai s'ils sont indiqués dans la spécification particulière pour le composant utilisant les contacts à sertir.

Tableau 19 – Groupe d'essais F0

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
F0.1	Examen général	7.1 7.2	Examen visuel	-1-1 (1a)	7.1 7.2.4 ou 7.2.5 ou 7.2.6 ou 7.2.7
			Examen des dimensions et de la masse	-1-2 (1b)	7.2.1 7.2.3
F0.2	Déformation des contacts après sertissage*	7.2.2		-16-7 (16g)	7.2.2

8.3.3 Essais des connexions serties

8.3.3.1 Généralités

Après l'examen initial tel que défini en 8.3.2,

- 16 spécimens de type B ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 16$ spécimens de type B (spécimens de type H pour les jonctions de fils) doivent être soumis aux essais selon 8.3.3.2 (groupe d'essais F1);
- 3 spécimens de type A ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 3$ spécimens de type A (spécimens de type H pour les jonctions de fils) doivent être soumis aux essais selon 8.3.3.3 (groupe d'essais F2);
- 8 spécimens de type E (spécimens de type G pour les jonctions de fils) doivent être soumis aux essais selon 8.3.3.4 (groupe d'essais F3);
- 16 spécimens de type E ou, pour une gamme de tailles de fil, $n \times 16$ spécimens de type B, n étant le nombre de tailles de fil reçues par le fût à sertir (spécimens de type G pour les jonctions de fils), doivent être soumis aux essais selon 8.3.3.5 (groupe d'essais F4).

8.3.3.2 Groupe d'essais F1

16 spécimens de type B ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 16$ spécimens de type B (spécimens de type H pour les jonctions de fils, quantités à adapter en fonction du nombre de tailles différentes du fil serti). Voir Tableau 20.

Tableau 20 – Groupe d'essais F1

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
F1.1	Résistance à la traction (connexions serties)	7.3.1		-16-4 (16d)	7.3.1

8.3.3.3 Groupe d'essais F2 (facultatif)

Pour la qualification initiale: 3 spécimens de type A ou, pour une gamme de n tailles de fil, $n \times 3$ spécimens de type A (spécimens de type H pour les jonctions de fils).

Pour le contrôle de processus: facultatif, pour la section de conducteur en cours de production, sur accord entre le fabricant et l'utilisateur, nombre de spécimens à convenir.

Longueur du fil de connexion: aussi courte que le permet le matériel utilisé pour la production de la connexion sertie et de la coupe micrographique.

Voir Tableau 21.

Tableau 21 – Groupe d'essais F2

Phase d'essai	Essai		Mesure à effectuer		Exigence
	Titre	Sévérité ou condition d'essai	Titre	IEC 60512 Partie n° (Essai n°)	
F2.1	Coupe micrographique	7.3.2		–	7.3.2
F2.2			Examen visuel	-1-1 (1a)	7.1
F2.3			Examen de dimension et masse	-1-2 (1b)	7.2.1

8.3.3.4 Groupe d'essais F3

8 spécimens de type E (spécimens de type G pour les jonctions de fils). Voir Tableau 22.