

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Environmental testing –
Part 2-82: Tests – Test Xw₁: Whisker test methods for components and parts
used in electronic assemblies**

**Essais d'environnement –
Partie 2-82: Essais – Essai Xw₁: Méthodes de vérification des trichites
pour les composants et les pièces utilisés dans les ensembles électroniques**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2019 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

Tel.: +41 22 919 02 11
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 It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.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.

Electropedia - www.electropedia.org

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 000 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 16 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

67 000 electrotechnical terminology entries in English and French extracted from the Terms and Definitions clause of IEC publications issued since 2002. Some entries have been collected from earlier publications of IEC TC 37, 77, 86 and CISPR.

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.

Electropedia - www.electropedia.org

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 000 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 16 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

67 000 entrées terminologiques électrotechniques, en anglais et en français, extraites des articles Termes et Définitions des publications IEC parues depuis 2002. Plus certaines entrées antérieures extraites des publications des CE 37, 77, 86 et CISPR de l'IEC.

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Environmental testing –
Part 2-82: Tests – Test Xw₁: Whisker test methods for components and parts
used in electronic assemblies**

**Essais d'environnement –
Partie 2-82: Essais – Essai Xw₁: Méthodes de vérification des trichites
pour les composants et les pièces utilisés dans les ensembles électroniques**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 19.040

ISBN 978-2-8322-6863-6

**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	4
1 Scope	6
2 Normative references	6
3 Terms and definitions	7
4 Test equipment	9
4.1 General	9
4.2 Desiccator	9
4.3 Humidity chamber	9
4.4 Thermal cycling chamber	9
4.5 Equipment for visual inspection	9
4.5.1 Scanning electron microscope	9
4.5.2 Optical microscope/Confocal laser microscope	9
4.6 Fixing jig	9
5 Preparation for test	10
5.1 Selection of relevant tests	10
5.1.1 General	10
5.1.2 Storage conditions prior to testing	11
5.1.3 Pre-aging (storage in the supply chain) before testing	12
5.2 Handling of the specimens	12
5.3 Sample size	12
5.4 Surface and base materials for test selection	12
5.5 Preconditioning of test specimen not intended for soldering/welding	13
5.5.1 Preconditioning of test specimen intended for press-fit applications	13
5.5.2 Preconditioning of test specimen intended for mechanical loads other than press fit	14
5.6 Preconditioning of test specimen intended for soldering/welding	14
5.6.1 General	14
5.6.2 Mechanical pretreatment	14
5.6.3 Heat pre-treatment	15
6 Test conditions	15
6.1 General	15
6.2 Ambient test	15
6.3 Damp heat test	15
6.4 Temperature cycling test	16
6.5 Ambient test for press-fit applications	16
7 Monitoring and technological similarity	17
7.1 Monitoring	17
7.2 Technological similarity	17
8 Test and assessment	18
8.1 Whisker investigation	18
8.2 Initial measurement	18
8.3 Test	18
8.4 Recovery	18
8.5 Intermediate or final assessment for each test condition	18
8.5.1 Fixed threshold length for pass/fail classification	18
8.5.2 Statistical assessment of whisker lengths	19

9	Technology or manufacturing process changes	19
10	Content of final report.....	20
	Annex A (normative) Measurement of whisker length	22
	Annex B (informative) Examples of whiskers.....	23
	Annex C (informative) Guidance on acceptance criteria	25
	C.1 Risks attributed to whiskers	25
	C.2 Acceptance criteria for whisker length.....	25
	C.3 Acceptance criteria for whisker density	26
	C.4 Statistical evaluation of number and length of whiskers.....	26
	C.5 Example of statistic evaluation.....	26
	Annex D (informative) Technical background of whisker growth	29
	Annex E (normative) Transition scenarios for the changeover of the damp-heat test conditions	30
	Bibliography.....	32
	Figure 1 – Cross-sectional views of component termination surface finishes.....	8
	Figure 2 – Selection of test methods	11
	Figure 3 – Flow for treatment and/or bending and heat treatment.....	14
	Figure A.1 – Estimation of whisker length	22
	Figure A.2 – Example for whisker length measurement.....	22
	Figure B.1 – Nodule	23
	Figure B.2 – Column whisker	23
	Figure B.3 – Filament whisker.....	24
	Figure B.4 – Kinked whisker	24
	Figure B.5 – Spiral whisker	24
	Figure C.1 – Smallest distance of components and circuit boards	25
	Figure C.2 – Histogram of whisker lengths and fitted log-normal distribution	27
	Figure C.3 – Histogram of whisker lengths and fitted log-normal distribution	28
	Figure C.4 – Histogram of whisker lengths and fitted log-normal distribution	28
	Figure E.1 –Transition paths for damp-heat testing of components	30
	Table 1 – Material systems recognized for effective whisker mitigation	13
	Table 2 – Preconditioning conditions and test legs for components for different assembly processes	15
	Table 3 – Conditions for the ambient test.....	15
	Table 4 – Conditions for the damp heat test.....	16
	Table 5 – Conditions for the ambient test.....	16
	Table 6 – Conditions for the ambient test applicable to press-fit terminations.....	17
	Table 7 – Classification for measured whisker length.....	19
	Table 8 – Surface finish technology and manufacturing process change acceptance parameters	19
	Table 9 – Final report.....	21
	Table C.1 – Classification for measured whisker length	27
	Table E.1 – Conclusion matrix for parallel damp heat testing	31

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 2-82: Tests – Test Xw₁: Whisker test methods for components and parts used in electronic assemblies

FOREWORD

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

International Standard IEC 60068-2-82 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

This second edition cancels and replaces the first edition published in 2007. This edition constitutes a technical revision.

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

- extension of the scope of the test standard from electronic to electromechanic components and press-fit pins, which are used for assembly and interconnect technology;
- significant reduction of the testing effort by a knowledge-based selection of test conditions i.e. tests not relevant for a given materials system can be omitted (see Annex D);
- harmonization with JESD 201A by omission of severities M, N for temperature cycling tests;

- highly reduced test duration (1 000 h instead of 4 000 h) for damp-heat test by introducing test condition at elevated humidity of 85 % R.H. and a temperature of 85 °C providing increased severity.

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

FDIS	Report on voting
91/1562/FDIS	91/1573/RVD

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

A list of all parts in the IEC 60068 series, published under the general title *Environmental testing*, can be found on the IEC website.

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

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

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

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

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 2-82: Tests – Test Xw₁: Whisker test methods for components and parts used in electronic assemblies

1 Scope

This part of IEC 60068 specifies tests for the whiskering propensity of surface finishes of electric or electronic components and mechanical parts such as punched/stamped parts (for example, jumpers, electrostatic discharge protection shields, mechanical fixations, press-fit pins and other mechanical parts used in electronic assemblies) representing the finished stage, with tin or tin-alloy finish. Changes of the physical dimensions of mould compounds, plastics and the like during the required test flow are not considered or assessed. The test methods have been developed by using a knowledge-based approach.

This document can also be used at sub-suppliers, like plating shops, stamping shops or other service providers to ensure a consistent surface quality within the supply chain.

These test methods are employed with defined acceptance criteria by a relevant component or application specification.

The tests described in this document are applicable for initial qualification, for periodic monitoring in accordance with Clause 7, and for changes of technology or manufacturing processes of existing surfaces in accordance with Clause 9.

The mating area of connectors is not covered by this test method. IEC 60512-16-21 applies for the mating areas of connectors.

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 60068-1:2013, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-14:2009, *Environmental testing – Part 2-14: Tests – Test N: Change of temperature*

IEC 60068-2-20, *Environmental testing – Part 2-20: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

IEC 60068-2-58, *Environmental testing – Part 2-58: Tests – Test Td: Test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD)*

IEC 60068-2-67, *Environmental testing – Part 2-67: Tests – Test Cy: Damp heat, steady state, accelerated test primarily intended for components*

IEC 60068-2-78, *Environmental testing – Part 2-78: Tests – Test Cab: Damp heat, steady state*

IEC 61192-3:2002, *Workmanship requirements for soldered electronic assemblies – Part 3: Through-hole mount assemblies*¹

IEC 60512-16-21:2012, *Connectors for electronic equipment – Tests and measurements – Part 16-21: Mechanical tests on contacts and terminations – Test 16u: Whisker test via the application of external mechanical stresses*

3 Terms and definitions

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

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

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

3.1

whisker

metallic protrusion that grows spontaneously during storage or use

Note 1 to entry: Whiskers typically do not require any electrical field for their growth and are not to be confused with products of electrochemical migration. Signs of whiskers include:

- striations in growth direction;
- typically no branching;
- typically constant diameters.

Exceptions are known, but are rare and can require detailed investigation.

For the purposes of this document, whiskers are considered if:

- they have an aspect ratio (length/width) greater than 2;
- they have a length of 10 µm or more.

Note 2 to entry: For the purposes of this document, whiskers have the following characteristics (see also Annex B):

- they can be kinked, bent, or twisted; they usually have a uniform cross-sectional shape;
- they may have rings around the circumference of the column.

Note 3 to entry: Whiskers are not to be confused with dendrites, which are fern-like growths on the surface of a material, which can be formed as a result of electro(chemical)-migration of an ionic species or produced during solidification.

Note 4 to entry: Whiskers are not to be confused with slivers as generated by mechanical metal processing. Whiskers are not to be confused with tubular SnO structures, which may develop under damp-heat test conditions. These structures are hollow and are typically lacking striations occurring on Sn whiskers.

3.2

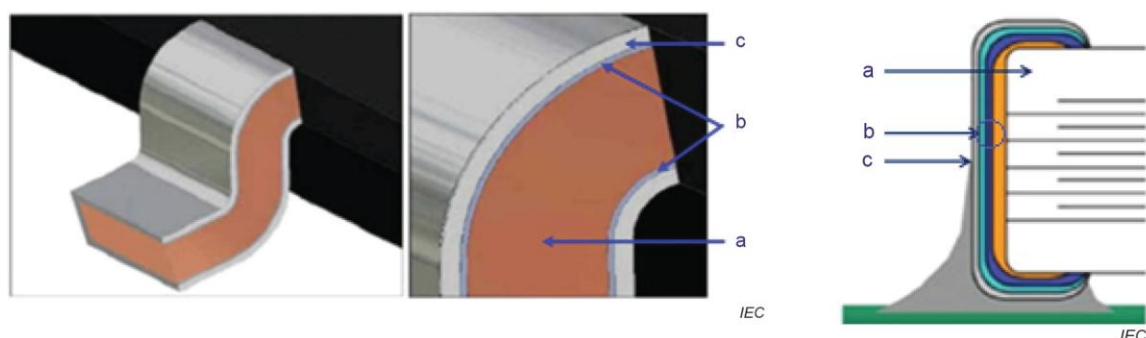
termination

solderable element of a component consisting of the following elements

- base material;
- underlayer (or underlayer system, if more than one underlayer is present), if any, located under the final plating;
- final tin or tin alloy finish

¹ Withdrawn publication.

SEE: Figure 1



a) Gull wing termination

b) Chip termination

Key

- a base material
- b underlayer (or underlayer system, if more than one underlayer is present), if any, located under the final plating
- c final tin or tin alloy finish

Figure 1 – Cross-sectional views of component termination surface finishes

3.3

Δ CTE

CTE mismatch

coefficient of thermal expansion mismatch

coefficient calculated by taking the absolute after subtracting the CTE of the base material from the CTE of the surface finish layer:

$$\Delta\text{CTE} = | \text{CTE}_{\text{finish}} - \text{CTE}_{\text{base material}} |$$

Note 1 to entry: No underlayer system (e.g. Ni, Cu) has any influence on the CTE mismatch.

3.4

mechanical load

load related to the intended mounting/assembly condition of a particular specimen (e.g. press-fit application: stress exerted by the plated through-hole on the press-fit pin), or as a transitional load related to a mechanical process in a trim and form operation to adapt the shape of the specimen to the intended use condition (e.g. bending of a connector pin)

Note 1 to entry: Mechanical load in the context of these test methods is not related to external factors, e.g. thermo-mechanical loads arising from the mismatch of the coefficients of thermal expansion of the various constituents of a particular test specimen upon temperature change.

3.5

classification

3.5.1

level A

<general electronics products> consumer products, some computer and computer peripherals, and hardware suitable for applications where the major requirement is function of the completed assembly

3.5.2

level B

<dedicated service electronics products> communications equipment, sophisticated business machines, and instruments where high performance and extended life is required, and for which uninterrupted service is desired but not mandatory

Note 1 to entry: Typically, the end-use environment would not cause failures.

3.5.3

level C

<high performance electronics products> equipment 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

Note 1 to entry: The classification of levels A, B and C is based on IEC 61191-1.

4 Test equipment

4.1 General

The test equipment shall comprise the following elements.

4.2 Desiccator

The desiccator shall be capable of providing the conditions of temperature and humidity specified in 6.2 and 6.5.

4.3 Humidity chamber

The humidity chamber shall meet all the requirements of IEC 60068-2-78 and be capable of providing the conditions specified in 6.3.

4.4 Thermal cycling chamber

The thermal cycling chamber shall meet all the requirements of IEC 60068-2-14, test Na and be capable of providing the conditions specified in 6.4.

4.5 Equipment for visual inspection

4.5.1 Scanning electron microscope

A scanning electron microscope (SEM) capable of investigating the surface of the specimen, preferably equipped with a handling system capable of tilting and rotating the specimen, is the preferred method of investigation owing to its high depth of focus.

4.5.2 Optical microscope/Confocal laser microscope

If not otherwise specified by the relevant specification, an optical microscope shall meet the following requirements:

- A stereo light microscope capable of using a magnification of at least $50\times$ (but variable magnification can be required for investigating different features) should be used for surveying the specimens.
- An optical microscope allowing at least magnifications of $200\times$ should be used for measuring whisker lengths. Illumination and/or specimen stage should be capable of illuminating whiskers from different directions (e.g. use of ring lights, flexible light-guides or rotatable fixing jigs).
- Availability of a wide range of working distances to achieve multiple focal planes.
- A suitable confocal laser microscope may also be employed.

4.6 Fixing jig

The jigs used for inspecting specimens in the optical microscope and the SEM shall meet the following requirements:

- the jig shall be capable of tilting in every direction, up to a tilt angle of 45° ;

- parts shall be firmly attached on the fixture when the jig is tilted.

Care shall be taken to avoid whiskers breaking off while attaching the specimen to, and handling the specimen with, the fixture jig.

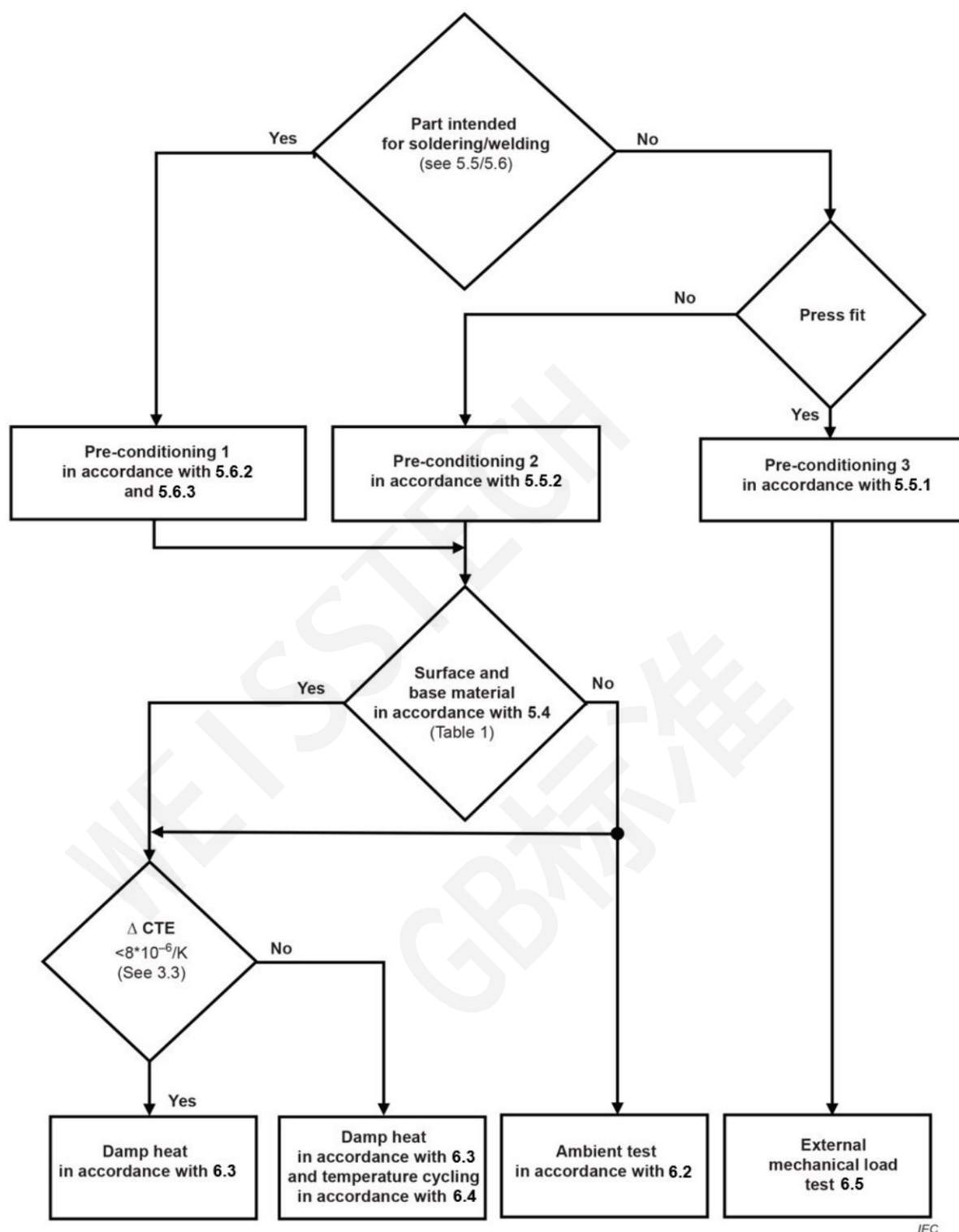
5 Preparation for test

5.1 Selection of relevant tests

5.1.1 General

The samples shall represent finished (final) products as supplied to the customer (including sub-process steps like trim and form, brushing, post-plating). The appropriate test methods shall be selected according to the decision tree given in Figure 2.

WEISS TECH
GB标准



IEC

Figure 2 – Selection of test methods

5.1.2 Storage conditions prior to testing

The specimen shall be kept for at least 2 h in the standard atmospheric conditions defined by IEC 60068-1:2013, 4.3 prior to any preconditioning or test.

5.1.3 Pre-aging (storage in the supply chain) before testing

Different manufacturing processes and different manufacturing routes require adapted pre-aging times. The storage time prior to submitting specimens to preconditioning and testing shall be at least 30 days, but not longer than 120 days after tin (alloy) plating.

5.2 Handling of the specimens

It is recommended that specimens be handled with a fixing jig as specified in 4.6 to prevent contamination. Wherever possible, the fixing jig should not make contact with the metallic surfaces of the specimens. However, contamination inherent to the production process and the pre-conditioning shall not be removed (e.g. residues from plating or soldering, such as flux residues).

The specimens shall be handled carefully to prevent whiskers from breaking off unexpectedly. For required intermediate results reporting, already identified and broken whiskers (e.g. by handling) shall be recorded in the final report (see Clause 10).

5.3 Sample size

The following minimum sample size shall be adopted for each test condition and for each kind of preconditioning, unless other sample sizes are prescribed by the relevant specification.

Sample sizes for tests:

- All pins from 40 components with pin count per component < 4 pins.
- All pins from 20 components with pin count per component ≥ 4 pins and < 20 pins.
- All pins from 10 components with pin count per component ≥ 20 pins and < 40 pins.
- All pins from 5 components with pin count per component ≥ 40 pins, but not more than 400 pins.
- For mechanical parts like ESD protection shields, mechanical fixtures: ≥ 10 parts, up to an area of 25 cm².
- For press-fit applications: ≥ 200 single pins.
- For all other parts like jumpers, wires, parts for electrical connections, male multipoint connectors: ≥ 80 parts.
- For strip/belt galvanic: 25 cm² or minimum 30 cm taken from the start and the end of the coil.

The sample size applies to specimens with or without heat treatment in accordance with 5.5 and 5.6 and to each test condition selected from 5.1.

Similarity rules as given in 7.2 may be employed for the selection of samples.

5.4 Surface and base materials for test selection

Table 1 summarizes material systems recognized for their effective whisker mitigation, for which certain test conditions may be omitted (see Figure 2 and Annex D). The technical background for the omission of certain test conditions is briefly discussed in Annex D.

Table 1 applies to:

- copper-based base materials;
- ceramic-based materials;
- Fe and FeNi alloy base materials;

- other base materials which are covered with by a continuous Cu underlayer (those shall be treated as 'Cu alloy' in Table 1), with the exception of CuZn alloys. If a CuZn alloy is used, an Ni underlayer (0,5 µm to 4 µm) not exhibiting voids or cracks is required.

Table 1 – Material systems recognized for effective whisker mitigation

Part	Sn finish layer		Top underlayer	Base material	Post-treatment ^d
Electronic components Solder area of electro-mechanic components such as connectors, shieldings, etc.	Galvanic matt (Carbon content in the finish < 150 parts per million in weight. Target value, measured minimum 2 µm below the surface).	Minimum 3 µm Sn	Galvanic Ni ^c 0,5 µm to 4 µm	Cu alloy	No post-treatment
			Galvanic Ni ^c 2 µm to 15 µm	Ceramic, Fe and FeNi alloy	
		Minimum 3 µm Sn		Cu alloy	Reflow process ^a
				Ceramic, Fe and FeNi alloy	No post-treatment
		Minimum 7 µm Sn		Cu alloy	Annealing ^b
				Ceramic, Fe and FeNi alloy	No post-treatment
	Hot dip plating of Sn/SnAg/SnAgCu/SnCu0,7	Minimum 3 µm Sn	Galvanic Ni ^c 1 µm to 3 µm	Cu alloy	No post-treatment
				Cu alloy	No post-treatment
				Ceramic, Fe and FeNi alloy	
			Galvanic Ni ^c 1 µm to 3 µm	Cu alloy	
Other Sn alloys not covered by Table 1 may be used, but for these alloys, the ambient test cannot be omitted. Concerning the effectiveness of whisker mitigation, the use of galvanic matt Sn alloy finishes is currently under discussion. In particular, the following alloying elements are considered: Ag, Bi, Cu and Pb.					
^a The Sn finish shall melt during the reflow process (e.g. > 10 s at 235 °C), without exhibiting discoloration or de-wetting.					
^b Annealing shall take place within 24 h after plating for at least one hour at a temperature of 150 °C or comparable conditions (e.g. 10 min at a temperature of 180 °C).					
^c Ni-layer shall not exhibit voids or cracks (ductile Ni).					
^d The post-treatment shall establish a homogeneous layer of Cu ₆ Sn ₅ and/or Cu ₃ Sn with a thickness of at least 0,5 µm.					

The temperature-cycling test of 6.4 may be omitted if the CTE mismatch (ΔCTE) (see 3.3) is less than $8 \times 10^{-6}/\text{K}$. The test conditions and the selection of test methods do not depend on the presence of any underlayer system (e.g. Ni, Cu).

5.5 Preconditioning of test specimen not intended for soldering/welding

5.5.1 Preconditioning of test specimen intended for press-fit applications

Unless otherwise specified by the relevant specification, press-fit pins shall be inserted into a plated through-hole of a laminated circuit board consisting of copper-clad epoxy woven E-glass (for example, in accordance with IEC 61249-2-7, IEC 61249-2-35 or IEC 61249-2-22) with the appropriate thickness and nominal finished hole diameter.

The circuit board shall be pre-conditioned by subjecting it to two reflow temperature cycles in accordance with IEC 60068-2-58 before insertion of the pins. After pin insertion, the sample shall be stored under ambient conditions. No further thermal treatment at elevated temperatures shall be performed.

5.5.2 Preconditioning of test specimen intended for mechanical loads other than press fit

This preconditioning shall be applied to components like electromagnetic compatibility protection shields, punched/stamped parts, mechanical fixations, insulation displacement connectors and further mechanical applications.

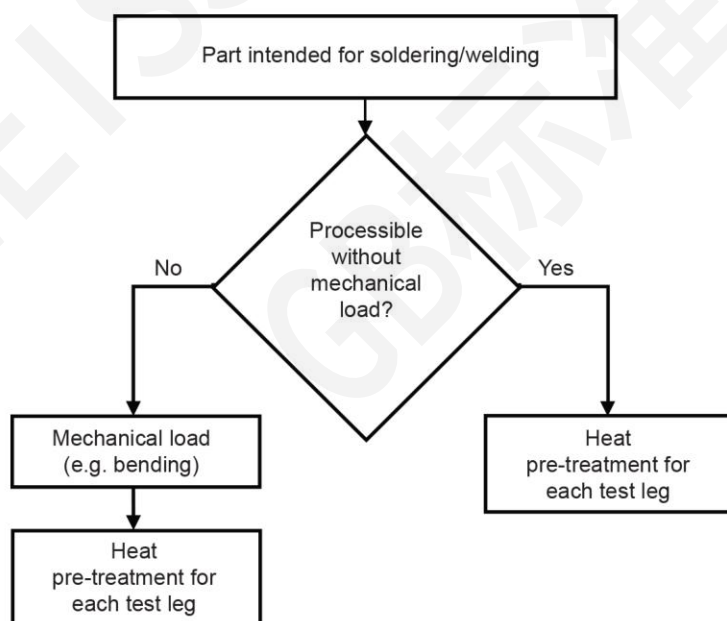
Unless otherwise specified by the relevant specification, specimens intended for mechanical load shall be subjected to a form operation, under nominal geometrical requirements of the intended use case. The sample size according to 5.3 shall be selected for each test condition selected in 5.1.

Further tests, if required, shall be described in the relevant detail specification.

5.6 Preconditioning of test specimen intended for soldering/welding

5.6.1 General

All parts intended for soldering/welding shall be subjected to a heat pre-treatment according to Figure 3. The sample size in accordance with 5.3 shall be selected for each test leg of Figure 3.



IEC

Figure 3 – Flow for treatment and/or bending and heat treatment

5.6.2 Mechanical pretreatment

For parts intended for soldering and additional mechanical load during production (e.g. stitching, bending, trim and form), a characteristic preconditioning is required.

Such parts shall be subjected to a mechanical load corresponding to the intended use case, under nominal geometrical requirements pertaining to the intended use case. In cases where components are intended to be subjected to mechanical stress after delivery to a customer (e.g. the forming of leads), a representative preconditioning is also required.

Unless otherwise specified by the relevant specification, the terminations of each specimen with leads shall be bent 90° to a constant inner bending radius specified as the minimum radius in Figure 1 of IEC 61192-3:2002.

5.6.3 Heat pre-treatment

Table 2 summarizes the required preconditioning and test legs (see Figure 3) for specimens intended for surface-mount technology (SMT), through-hole technology (THT) and welding.

Table 2 – Preconditioning conditions and test legs for components for different assembly processes

Test leg	Component designed for assembly process		
	Surface-mount technology	Through-hole technology	Welding
With heat treatment (see Figure 3)	Mounted on PCB or non-wettable surface, in accordance with IEC 60068-2-58, Test Td ₁ , Method 2. Alternative test: about 50 % of the surface area of the components' termination shall be wetted with flux according to Test Td ₁ , Method 1.	Temperature and flux in accordance with IEC 60068-2-20, Test Ta, Method 1. Dipping depth: minimum 4 mm, but maximum 50 % of termination.	As prescribed by the relevant specification.
Without heat treatment	Product as delivered	Product as delivered	Product as delivered

This preconditioning shall also apply to the soldering area of connectors. A whisker test of the connecting area shall be performed in accordance with IEC 60512-16-21.

6 Test conditions

6.1 General

The selection of the required test conditions shall be done in accordance with 5.1 and with Figure 1.

6.2 Ambient test

The conditions given in Table 3 shall be applied for the ambient test.

Table 3 – Conditions for the ambient test

Temperature	(25 ± 10) °C
Relative humidity	(50 ± 25) %
Duration	4 000 h
NOTE A test chamber running at (30 ± 2) °C and (60 ± 3) % relative humidity meets these conditions and thus can be used for this test.	

6.3 Damp heat test

The procedure of IEC 60068-2-67 shall be employed for the damp heat test with one of the test conditions given in Table 4.

Table 4 – Conditions for the damp heat test

	Test condition 1	Test condition 2
Temperature	$(85 \pm 3) ^\circ\text{C}$	$(55 \pm 3) ^\circ\text{C}$
Relative humidity	$(85 \pm 5) \%$	$(85 \pm 5) \%$
Duration	1 000 h	2 000 h or 4 000 h
NOTE 1 Test condition 1 has been introduced to offer a higher severity for the damp heat test. This permits the achievement of an improved discrimination of the specimens' susceptibility to whisker growth within a reasonably limited time span. NOTE 2 Test condition 2 with a duration of 2 000 h succeeds the damp heat test conditions prescribed in the prior edition of this document. The alternative duration of 4 000 h has been added to achieve an improved discrimination of the specimens' susceptibility to whisker growth.		

Test condition 1 in Table 4 is the more severe test condition for the damp heat test and shall be employed for every new qualification of the whiskering propensity of termination finishes of components, unless components are intended exclusively for use in level A or B applications (cf. 3.5). In particular, test condition 1 shall be adopted for all new qualifications of components intended for use in level C high-performance/harsh environment electronic products, for example, components undergoing qualification testing according to AEC-Q qualification routines.

In the context of monitoring, a transition to test condition 1 is not required: for monitoring of existing qualifications based on test condition 2, test condition 2 can be used continuously.

See Annex E for the transition from prior damp heat test conditions to test condition 1.

Condensation shall not be allowed to form on the specimen at any time during the test. The chamber shall be such that no condensed water from the walls and roof of the test chamber can be transferred to the test specimens.

If contamination with condensate (by condensation or water-droplet exposure) occurs, the affected specimen's surfaces shall not be investigated for whiskers. This condition shall be documented in the final report and evidence for the contamination shall be provided. The required sample size shall be maintained if affected terminations are removed from the inspection.

6.4 Temperature cycling test

The procedure of IEC 60068-2-14, test Na shall be employed with the conditions given in Table 5.

Table 5 – Conditions for the ambient test

Lower temperature	$(-40 \pm 5) ^\circ\text{C}$ or $(-55 \pm 5) ^\circ\text{C}$
Upper temperature	$(85 \pm 5) ^\circ\text{C}$
Number of cycles	1 500
Transfer time	< 20 s
Dwell time	≥ 10 min

6.5 Ambient test for press-fit applications

The conditions of Table 6 shall be applied.

Table 6 – Conditions for the ambient test applicable to press-fit terminations

Temperature	(25 ± 10) °C
Relative humidity	(50 ± 25) %
Duration	2 000 h
An intermediate inspection shall be executed after 1 000 h.	
NOTE A test chamber running at (30 ± 2) °C and (60 ± 3) % relative humidity meets these conditions and thus can be used for this test.	

7 Monitoring and technological similarity

7.1 Monitoring

Suppliers shall establish a system to periodically evaluate the performance of the surface finish manufacturing processes for whisker mitigation.

Monitoring refers to testing in accordance with this document, which shall be performed on single inspection lots with a recommended periodicity of 6 months unless otherwise specified in the relevant requirement specification. The results should be compared to the initial qualification and previous monitoring results. If significantly different results are obtained, which show that the whiskering propensity has increased, the supplier should take appropriate corrective actions. Similarity rules in accordance with 7.2 may be applied.

The following legacy clause can be adopted: Monitoring for existing qualifications can be done using the preconditioning described in the first edition of this document.

7.2 Technological similarity

Products may be considered technologically similar, regardless of their actual size and termination count, if their plated surfaces follow the same design, are built from the same materials and use the same manufacturing process. If similarity rules are applied, evidence shall be given in the final report.

Technological similarity rules may be applied if the product is in line with the following items:

- plating lines using an identical plating process including parameters, chemistry and equipment at the same location;
- components using identical design, materials and process.

Variation in one or more of the following features does not affect the technological similarity of products:

- thickness of the base material;
- lead or termination count if the difference in pin count is less than or equal to 50 % of the pin count of the product with the highest pin count subject to similarity considerations.

The following properties exclude products from being technologically similar:

- different composition of base material;
- different thickness or composition of underlayer;
- different composition of final material;
- different plating process, by physical type, by chemistry or by electrical current density;
- different post-processing aiming at the suppression of whisker growth, e.g. fusing, annealing;

- different process routing and materials;
- different production locations.

Table 8 may be used to identify relevant differences for the application of similarity rules.

A difference in any of the above items shall be assumed if the parameter exceeds the process control limits. Furthermore, technological similarity should be applicable to subcontractors only after passing a qualification approval (evidence shall be given in the detailed final report).

8 Test and assessment

8.1 Whisker investigation

All parts of the test lots shall be investigated for whiskers. All whiskers shall be taken into account. Also whiskers from corroded areas shall be considered. For the assessment, the complete visible surface finish shall be considered.

Tested samples should be retained for a minimum time period of three years after testing in accordance with IEC 60068-1:2013, Clause 4.

8.2 Initial measurement

Unless otherwise specified by the relevant specification, an initial investigation of whisker growth may be skipped.

8.3 Test

Apply the test methods defined in the decision flow in 5.1.

8.4 Recovery

At any intermediate test point, or after completion of the test, the specimen shall be stored in the standard atmospheric conditions defined in IEC 60068-1:2013, 4.3 for at least 2 h. The specimen shall be handled carefully in order to prevent any whisker from falling off the surface.

In the event of whiskers falling off, such events shall be recorded before continuing with the subsequent steps.

8.5 Intermediate or final assessment for each test condition

8.5.1 Fixed threshold length for pass/fail classification

Whisker lengths shall be measured using the procedure outlined in Annex A. If the observed whisker lengths exceed the threshold length given in the relevant specification, the test result shall be assessed as a fail. Guidance on acceptance criteria is given in Annex C.

If required by the detailed specification, the lengths of all whiskers detected shall be measured and the number (count) of whiskers falling into the different classes in accordance with Table 7, shall be determined. If required by the relevant specification, Table 7 shall be contained in the final report.

Table 7 – Classification for measured whisker length

	Length of individual whiskers	Number of observed whiskers
Class 0	< 25 µm	
Class 1	≥ 25 µm < 50 µm	
Class 2	≥ 50 µm < 100 µm	
Class 3	≥ 100 µm < 200 µm	
Class 4	≥ 200 µm < 400 µm	
Class 5	≥ 400 µm < 600 µm	
Class 6	≥ 600 µm < 1 000 µm	
Class 7	≥ 1 000 µm	

8.5.2 Statistical assessment of whisker lengths

Instead of referring to a fixed threshold length as pass/fail criteria, a statistical approach may be applied. For this approach, the lengths of all whiskers detected shall be measured and the number (count) of whiskers falling in different length classes shall be determined, to establish a frequency histogram of whisker lengths. The binning width (length interval) for the histogram shall be determined based on statistical principles. In this way, a table similar to Table 7 is obtained. If required by the relevant specification, the histogram of measured whisker lengths shall be contained in the final report.

NOTE After fitting the obtained histogram with a suitable statistical (e.g. log-normal) distribution function, a statistical analysis can be performed. As an example, the rate for parts exhibiting whiskers exceeding a certain threshold length can be determined (see Clause C.4 for an example).

9 Technology or manufacturing process changes

Major changes shall be treated as new qualifications. Table 8 shows examples for major changes, which shall result in new qualifications unless agreed differently between the relevant parties.

Table 8 – Surface finish technology and manufacturing process change acceptance parameters

Technology or manufacturing process parameter	Examples	Qualification ^a required according to Figure 1
Base metal		
Base metal alloy ^b	Base metal, e.g. Cu alloy, FeNi42	X
Base metal vendor ^c	Supplier A vs. B, same metal	X
Lead frame type	Etched vs. stamped	X
Change of stamping shop	e.g. second source stamping shop	X
Base ceramic	Composition	X
Surface finish composition		
Surface finish alloy	Sn, SnAg3,5, SnBi2-4, SnBi5-7, SnCu1, SnCu3	X
Surface finish thickness	Thickness change in thickness limits from those in Table 1	X
Underlayer composition	Change in underlayer composition	X
Underlayer thickness	Change in thickness limits	X

Technology or manufacturing process parameter	Examples	Qualification ^a required according to Figure 1
Surface finish chemistry or process		
Surface finish plating process	In-line vs. rack vs. barrel	X
Pre-cleaning	Change in cleaning conditions (process, material)	X
Underlayer plating process	Change in underlayer plating process	X
Process chemistry	Change in additives, MSA, mixed acid, etc.	X
Change of electrolyte	Different electrolyte type/vendor	X
Plating bath vendor	Change in vendor	X
Plating process window limits	Change beyond process window limits for additive levels, metal content, acid content, current density, temperature, impurity levels	X
Hot dip process	Change of flux, impurity levels, immersion rate, cooling rate, etc.	X
Post-dip process	Change in anti-tarnish chemistry; change in process routing	X
Post-bake process	Change in bake process parameters	X
Assembly process and component style		
Lead form	J-lead vs. gull wing	X
Lead count	Different lead count if difference exceeds 50 % of the pin count of a reference product or the new product	X
Lead dimension	e.g. 0,25 mm wide versus 0,18 mm wide	X
Factory or plating process^d		
Startup new factory	New factory	X
Change of plating shop	e.g. second source plating shop	X
Additional plating line (duplicate)	Qualified and identical technology/location/vendor (same chemistry, same process window, same components at the same plating location)	-
New or different plating equipment	New plating line, vendor, or relocation of a line to new site	X
Outsourcing of plating process	Additional plating source, outsourcing of plating activities	X
^a For manufacturing process change acceptance. ^b Technology acceptance testing is not required for changes to copper alloys if an underlayer sufficient to limit copper diffusion into the tin surface finish is used. ^c Same base metallurgy/chemistry including any flash metal surface plating dip tinning vs. electroplated tin. ^d Precautions should be taken with regard to maintenance practices, which can result in a change in manufacturing process parameters, which may result in more susceptibility to whisker growth.		

10 Content of final report

The final report shown in Table 9 shall be used for any report after whisker testing.

Table 9 – Final report

Content of final report	External report	Internal records
Operative organization responsible for test and validation (company, place, date)	X	X
Type of qualification (e.g. initial qualification, re-qualification, monitoring)	X	X
Detailed identification of part/component (supplier, type, part number, lot number, sample size)	X	X
Serial or lab scale or engineering production	X	X
Detailed description of specimens (base material, intermediate layer(s), finish layer) including layer thickness	X	X
Detailed description setup and vendors	-	X
Used whisker mitigation method (e.g. post-bake)	X	X
Date, identification of plating line, company, location	X	X
Used electrolyte (e.g. producer, trade name, order number)	-	X
Plating method (barrel plating, strip plating, etc.)	X	X
Plating conditions (e.g. current density, concentrations, speed, bath agitation). Comment: available upon customer's request	-	X
Parameter and date for preconditioning of test specimen (solder paste, flux, temperature profile, etc.)	X	X
Test method and duration (test conditions)	X	X
Used inspection method and equipment (SEM, optical microscope, magnification, illumination, etc.)	X	X
Table 7, if required by the relevant specification, for observed whiskers (length, number, growth, etc.) including photographic documentation (with reference scale) for class ≥ 1	X	X
Documentation of similarity if manufacturing process is used for several products (see 7.2)	X	X
Assessment of test result (pass/fail) (if threshold length is given in the relevant specification, see 8.5.1)	X	X
Table 7, if required by the relevant specification, indicating the number of whiskers found for different whisker-length classes, if required by the relevant specification, see 8.5.1)	X	X
Histogram of measured whisker lengths, if required by the relevant specification; see 8.5.2	X	X

The information collected in the final report is essential for traceability through the supply chain in order to provide the information required for continuous improvement activities.

Annex A (normative)

Measurement of whisker length

The whisker length is measured as the straight-line distance from the surface to the most distant point on the whisker (i.e., the radius of a sphere containing the whisker with its centre located at the point of emergence), as depicted in Figure A.1.

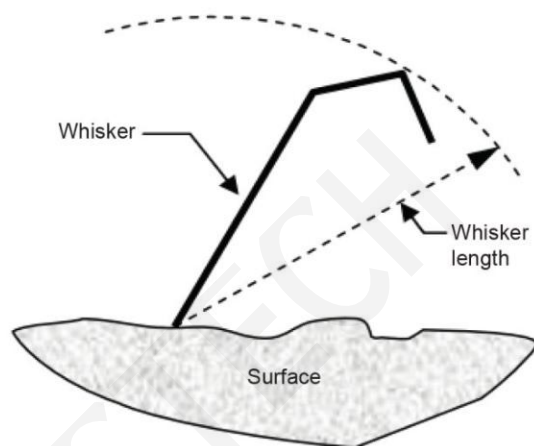
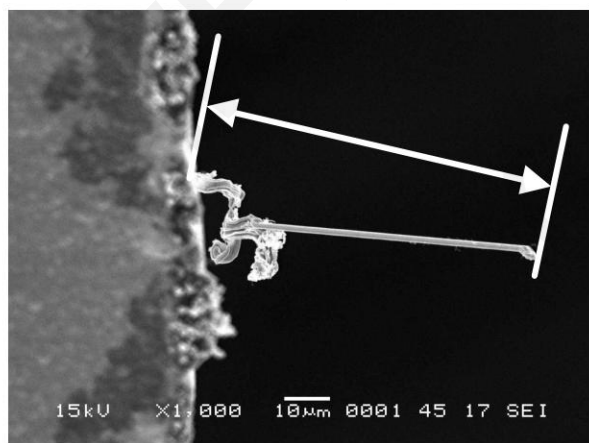
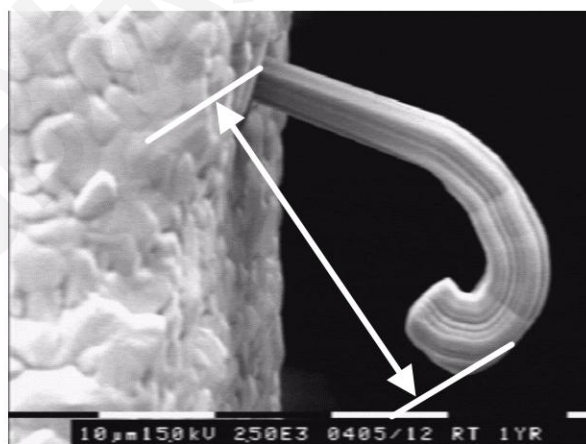


Figure A.1 – Estimation of whisker length



IEC



IEC

Figure A.2 – Example for whisker length measurement

The specimen shall be rotated in order to make the source and the most distant point of the whisker appear in the plane of observation. Examples for whisker length measurements are shown in Figure A.2.

NOTE Whiskers do not always grow in a single straight direction but can change direction during growth. However, for the purpose of determining the length of the complete whisker, it is not appropriate to measure fractions of a whisker regardless of their direction, and add them for a virtual total length.

Annex B (informative)

Examples of whiskers

The observed features (imaged using SEM) may be addressed using the following terminology. However, this description is not suitable for linking with acceptance criteria.

a) Nodule (also known as mound or hillock)

The length of the observed protrusion does not exceed two times its diameter (see Figure B.1).

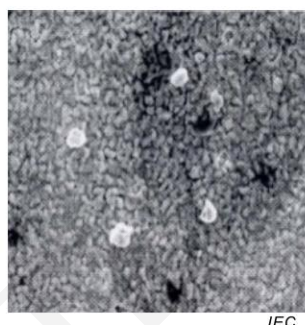


Figure B.1 – Nodule

b) Columnar whisker

A whisker protruding from the final surface and having a columnar shape with a length up to ten times its diameter (see Figure B.2).

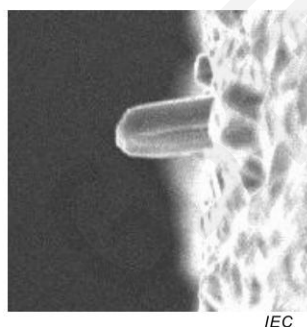


Figure B.2 – Column whisker

c) Filament whisker (also known as needle whisker)

A whisker having a columnar shape with a length exceeding ten times its diameter (see Figure B.3).

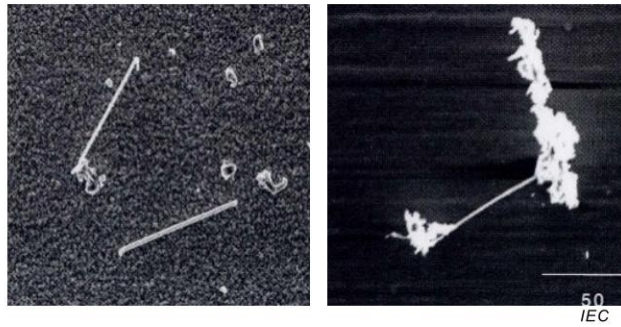


Figure B.3 – Filament whisker

d) Kinked whisker

A whisker having sections of columnar shape, showing spontaneous changes in growth direction (see Figure B.4).

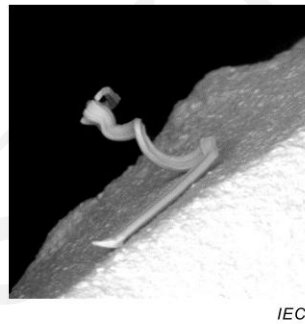


Figure B.4 – Kinked whisker

e) Spiral whisker

A whisker having a bent shape (see Figure B.5).

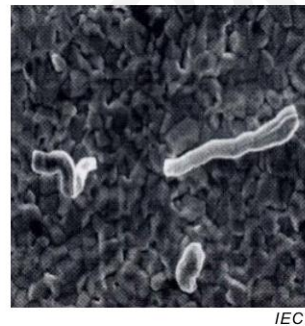


Figure B.5 – Spiral whisker

Annex C (informative)

Guidance on acceptance criteria

C.1 Risks attributed to whiskers

The major risk associated with whiskers is the formation of an electrical connection between two independent conducting surfaces, generally referred to as a short circuit. A short circuit originating from a whisker may generate substantial damage, for example in low-impedance circuitry by fusing or by arcing in a vacuum, or the general malfunction of a device.

Whiskers are assumed to penetrate coatings on the protruding side.

Hence the risk of a whisker forming a short circuit is related only to the proximity of conductive surfaces in electronic or electric circuits, for example on printed circuit boards. This means that for modern quad flat packages of integrated circuits, the smallest distance, d , as shown in Figure C.1, has decreased to 0,1 mm. For very small "01005 size" passive components, the smallest distance of only 0,13 mm can be found in the literature.

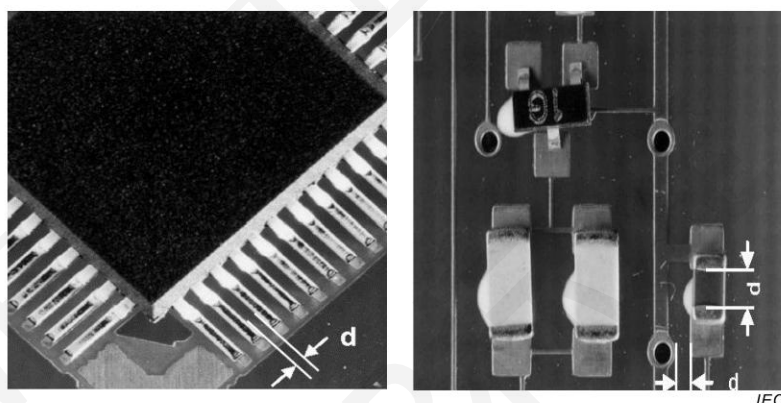


Figure C.1 – Smallest distance of components and circuit boards

In addition, workmanship standards for printed board assemblies permit misalignment of the component terminations against the solder lands resulting in a reduction of the above-mentioned smallest distance.

Furthermore, owing to the limited test duration, any whisker may not yet have grown to reach its final length. A safety margin may be appropriate to account for the further asymptotic approximation to the final whisker length.

C.2 Acceptance criteria for whisker length

Unless otherwise specified by the relevant specification, any whiskers in a class greater than class 4 is recommended to be considered as a fail for press-fit applications; for all other applications, any whiskers in a class greater than class 1 is recommended to be considered as a fail (for the definition of the different classes, see Table 3). There are, however, applications with different packing densities that may permit different acceptance criteria that shall be specified at the requirement specification. With optimized processes and electrolytes, class 0 can be fulfilled for electronic/electro-mechanic components.

C.3 Acceptance criteria for whisker density

Whisker density, i.e. whisker count per area, is not related in any way to the risks attributed to whiskers. There is no evidence available on any type of correlation between whisker density, uniformity of whisker density over a final surface and whisker length. There is no justification to establish acceptance criteria based on whisker density.

C.4 Statistical evaluation of number and length of whiskers

For statistical evaluation of whisker length and the estimation of a probability of a whisker length above a given value (e.g. upper specification limit), several items shall be considered.

- a) Classification for statistical evaluation shall be adopted; the classification in 8.5 cannot be generally used.
- b) Distribution of whisker length: typically a log-normal distribution is expected for whisker growth.
- c) Specifically, the short whisker lengths are of very high importance for a statistical evaluation.
- d) Calculated probability for whiskers above the limit shall be agreed between the relevant parties.

C.5 Example of statistic evaluation

For statistical evaluation, different software tools can be used. When using such software, different results will be obtained depending on the grouping and use of the whisker length distribution. The same basic data can show different calculated whisker probabilities only by changing the grouping of the measured whisker length.

If not all whiskers (including class 0) are considered in the statistical evaluation, the probability of the longest acceptable whisker will generally not be correct and would be misleading.

A correct estimation of the probability can only be achieved by correct measurement and classification of whisker length. The result of such a calculation is shown in Figure C.2, Figure C.3 and Figure C.4.

In the example given here, we assume the following situation. After the final whisker inspection, 568 whiskers have been identified in total (distribution given in Table C.1).

The longest whisker has a length of 268 μm .

The measured real whisker lengths for whiskers above 50 μm are given below in descending order. The other whiskers are not recorded here explicitly in order to reduce the length of the list, but they are of relevance for the assessment for the probability.

268, 120, 110, 110, 108, 105, 100, 80, 80, 78, 76, 74, 71, 71, 70, 69, 69, 63, 62, 62, 60, 58, 57, 56, 55, 55, 52, 50, 50

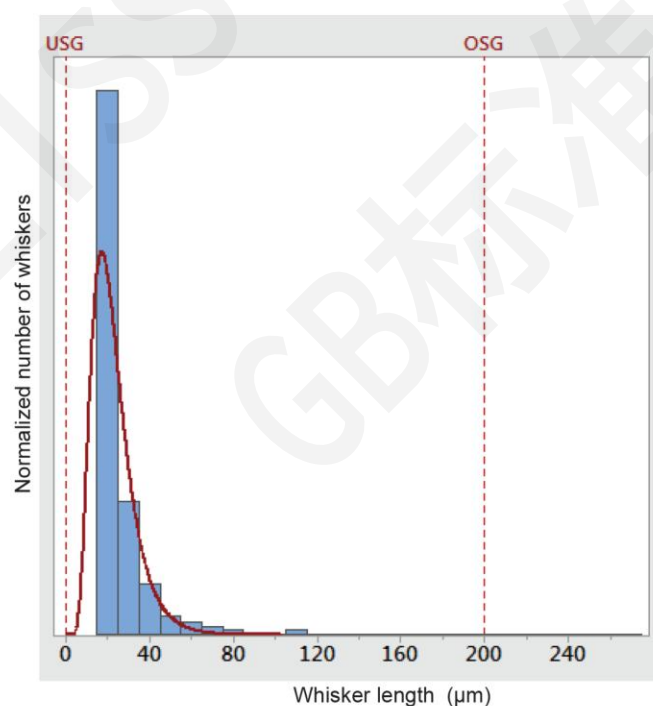
Table C.1 has been used to count and document the number of whiskers with a certain length based on Table 7.

Table C.1 – Classification for measured whisker length

	Length of individual whiskers	Number of observed whiskers
Class 0	< 25 μm	394
Class 1	$\geq 25 \mu\text{m} < 50 \mu\text{m}$	145
Class 2	$\geq 50 \mu\text{m} < 100 \mu\text{m}$	22
Class 3	$\geq 100 \mu\text{m} < 200 \mu\text{m}$	6
Class 4	$\geq 200 \mu\text{m} < 400 \mu\text{m}$	1
Class 5	$\geq 400 \mu\text{m} < 600 \mu\text{m}$	0
Class 6	$\geq 600 \mu\text{m} < 1\,000 \mu\text{m}$	0
Class 7	$\geq 1\,000 \mu\text{m}$	0

Using this information, the probability for a whisker reaching 200 μm has been calculated using standard software. The results are shown in Figure C.2, Figure C.3 and Figure C.4.

Figure C.2 shows the result for using the measured whisker length without making a classification in accordance with Table 7. In this case, the probability for a whisker with a length of 200 μm is obtained as 1 760 parts per million.

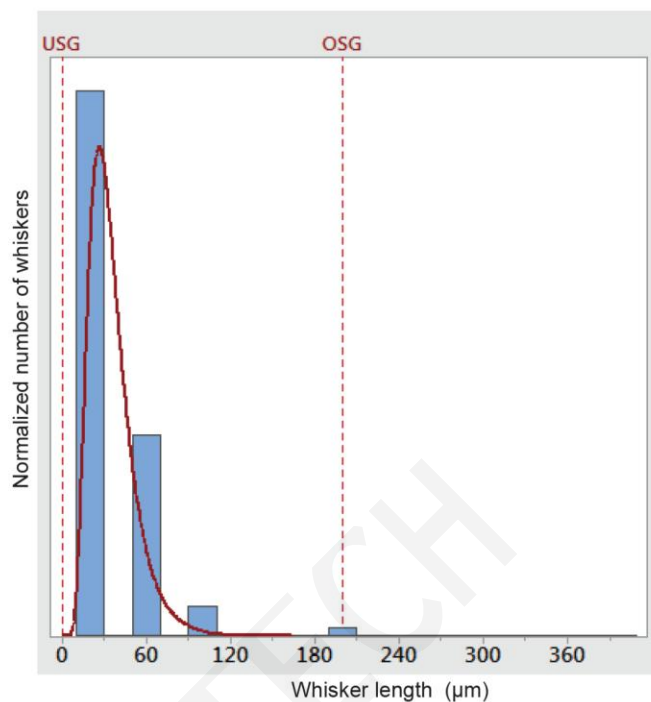


IEC

Figure C.2 – Histogram of whisker lengths and fitted log-normal distribution

If a classification in accordance with Table 7 is used, the same result for the probability (1 760 parts per million) for a whisker with a length of 200 μm is obtained (see Figure C.3).

This is of course not the case in all possible situations, but it shows that the classification of the whisker length can lead to a reasonable result with reasonable effort.

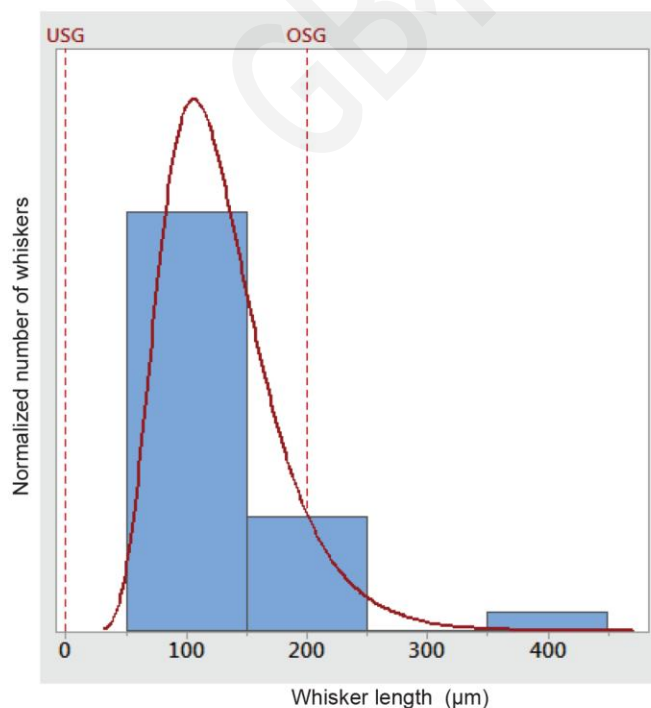


IEC

Figure C.3 – Histogram of whisker lengths and fitted log-normal distribution

Figure C.4 shows the situation where only whiskers with a length of $\geq 50 \mu\text{m}$ have been counted in Table 7. In this case, the probability for a whisker with a length of $200 \mu\text{m}$ is calculated to be 34 482 parts per million, which is roughly a factor of 20 higher than the probability which is obtained taking into account the shorter whiskers.

This emphasizes that all whiskers are relevant and have to be considered to obtain the correct probability for a certain whisker length.



IEC

Figure C.4 – Histogram of whisker lengths and fitted log-normal distribution

Annex D (informative)

Technical background of whisker growth

The technical background and the underlying mechanisms of whisker growth pertaining to the different test conditions are described in detail in IEC TR 60068-3-82. In the following, only a brief overview of the technical background of whisker growth is given.

It is commonly accepted that the following factors are the principal factors determining the whiskering propensity:

- component material (base material) composition, microstructure and geometry;
- underlayer (or underlayer system) composition, microstructure and geometry;
- Sn plating composition, microstructure and geometry (thickness).

A whisker occurs through re-crystallization of tin and its growth depends on the compressive stress in the deposit. The compressive stress is generated by one or more of the following mechanisms:

- intrinsic stresses resulting from the plating process;
- thermal stresses resulting from a mismatch of coefficient of thermal expansion (CTE) between the base material and the final Sn or Sn-alloy plating;
- stresses induced by irregularly shaped Cu_6Sn_5 formation along Sn grain boundaries owing to diffusion of Cu into Sn;
- stresses due to oxidation processes in the Sn or Sn alloy plating;
- stresses due to external mechanical forces, for example, bending, press-fit pin insertion.

These stresses do not all occur simultaneously, and can also counteract each other, so the phenomenon is complex. The whisker test methods are established in consideration of the above mechanisms, using ambient storage, damp-heat storage and temperature cycling as the principal environmental conditions. Stress resulting from external mechanical forces is also covered.

Annex E (normative)

Transition scenarios for the changeover of the damp-heat test conditions

This annex outlines acceptable transition scenarios for changing over to the new damp-heat test conditions.

NOTE 1 The damp-heat test condition from IEC 60068-2-82:2007 does cover limited use cases / field loads (e.g. consumer electronics with restricted field life as cellular phones, industrial applications depending on end-use environment as well as business-critical applications such as telecom infrastructure, servers). The new damp-heat test condition covers a wider range of end-use environments, such as consumer, industrial and harsh-environment applications (e.g. automotive electronics) owing to the more severe test severity imposed by test condition 1.

NOTE 2 Based on an industry survey comprising a wide variety of different package types and component manufacturers, most parts subjected to whisker testing can pass 85 °C/85 % R.H., 1 000 h, based on class 1 acceptance criteria. For parts that fail class 1 acceptance criteria after 85 °C/85 % R.H., 1 000 h testing, process improvements can generally be achieved, which result in pass results also for this test condition. For details, see IEC TR 60068-3-82.

If the relevant specification calls up the use of IEC 60068-2-82 without a dated reference to the test standard, the new damp-heat test condition shall be adopted immediately for new qualifications of components, unless components are intended exclusively for use in level A or B applications (cf. 3.5 and 6.3 for details).

The paths for the continuation of an existing qualification based on the damp-heat test, conducted at 55 °C, 85 % R.H. (condition 2), for new qualifications based on the damp-heat test, conducted at 85 °C, 85 % R.H. (condition 1), and for the transition of a qualification from damp-heat testing using condition 2 to condition 1 are illustrated in Figure E.1. Monitoring is also considered in Figure E.1.

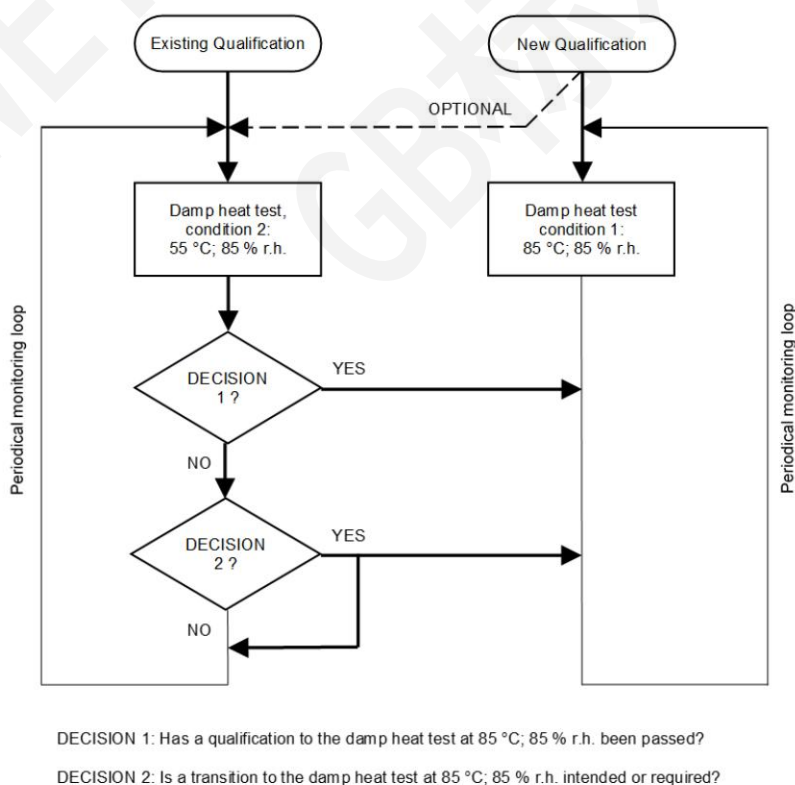


Figure E.1 –Transition paths for damp-heat testing of components

The two damp-heat test conditions 1 and 2 may be used in parallel for monitoring and for new qualifications at the discretion of the manufacturer, with the combined result concluded as given in Table E.1. This implies that test condition 2 can be used as an arbitrator for all new qualifications conducted using test condition 1.

Table E.1 – Conclusion matrix for parallel damp heat testing

		Damp heat test using test condition 1 (85 °C, 85 %, 1 000 h)	
		Pass	Fail
Damp heat test using test condition 2 (55 °C, 85 %, 2 000 h or 4 000 h)	Pass	Pass	Pass
	Fail	Pass	Fail

Regardless of the combined verdict, any "Fail" shall initiate a root-cause analysis and process improvements.

If no changes in accordance with Clause 9 are performed for already qualified parts, a changeover to the new damp-heat test condition 85 °C/85 % R.H. is not required. However, in view of note 2, a changeover is recommended.

Bibliography

IEC TR 60068-3-82, *Environmental testing – Part 3-82: Technical background of whisker testing*²

IEC 61191-1, *Printed board assemblies – Part 1: Generic specification – Requirements for soldered electrical and electronic assemblies using surface mount and related assembly technologies*

IEC 61249-2-7, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-7: Reinforced base materials clad and unclad – Epoxide woven E-glass laminated sheet of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 61249-2-22, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-22: Reinforced base materials clad and unclad – Modified non-halogenated epoxide woven E-glass laminated sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad*

IEC 61249-2-35, *Materials for printed boards and other interconnecting structures – Part 2-35: Reinforced base materials, clad and unclad – Modified epoxide woven E-glass laminate sheets of defined flammability (vertical burning test), copper-clad for lead-free assembly*

JESD 201A, September 2008, *Environmental acceptance requirements for tin whisker susceptibility of tin and tin alloy surface finished*

² Under consideration.

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	37
1 Domaine d'application	39
2 Références normatives	39
3 Termes et définitions	40
4 Equipements d'essai.....	42
4.1 Généralités	42
4.2 Dessiccateur	42
4.3 Enceinte humide	42
4.4 Enceinte de cycle thermique	42
4.5 Equipements pour le contrôle visuel.....	42
4.5.1 Microscope électronique à balayage	42
4.5.2 Microscope optique/microscope confocal à balayage laser	43
4.6 Gabarit de fixation	43
5 Préparation de l'essai	43
5.1 Sélection des essais applicables.....	43
5.1.1 Généralités	43
5.1.2 Conditions de stockage avant essai	44
5.1.3 Prévieillissement (stockage dans la chaîne d'approvisionnement) avant les essais	45
5.2 Manipulation des éprouvettes	45
5.3 Nombre d'échantillons.....	45
5.4 Matériaux de surface et de base pour la sélection des essais	45
5.5 Préconditionnement des éprouvettes d'essai non destinées au brasage/soudage	47
5.5.1 Préconditionnement des éprouvettes d'essai destinées aux applications d'insertion à force	47
5.5.2 Préconditionnement des éprouvettes d'essai destinées à des charges mécaniques autres que l'insertion à force	48
5.6 Préconditionnement des éprouvettes d'essai destinées au brasage/soudage	48
5.6.1 Généralités	48
5.6.2 Prétraitement mécanique	48
5.6.3 Prétraitement thermique	49
6 Conditions d'essai	49
6.1 Généralités	49
6.2 Essai d'environnement	49
6.3 Essai de chaleur humide	50
6.4 Essai de cycle thermique	51
6.5 Essai d'environnement pour les applications d'insertion à force	51
7 Surveillance et similarité technologique	51
7.1 Surveillance	51
7.2 Similarité technologique	51
8 Essai et évaluation	52
8.1 Examen des trichites.....	52
8.2 Mesurage initial	52
8.3 Essai	52
8.4 Récupération	53

8.5	Evaluation intermédiaire ou définitive pour chaque condition d'essai.....	53
8.5.1	Longueur seuil fixe pour classement de succès/échec	53
8.5.2	Evaluation statistique des longueurs de trichites.....	53
9	Modifications technologiques ou du processus de fabrication	54
10	Contenu du rapport final	55
Annexe A (normative)	Mesurage de la longueur des trichites	57
Annexe B (informative)	Exemples de trichites	58
Annexe C (informative)	Recommandations relatives aux critères d'acceptation.....	60
C.1	Risques attribués aux trichites	60
C.2	Critères d'acceptation applicables à la longueur des trichites.....	60
C.3	Critères d'acceptation applicables à la densité des trichites	61
C.4	Evaluation statistique du nombre et de la longueur des trichites	61
C.5	Exemple d'évaluation statistique	61
Annexe D (informative)	Contexte technique du développement des trichites	65
Annexe E (normative)	Scénarios de transition pour le changement des conditions d'essai de chaleur humide	66
Bibliographie.....		68
Figure 1 – Vues en coupe de finis de surface de sorties de composants		41
Figure 2 – Sélection des méthodes d'essai		44
Figure 3 – Flux de traitement et/ou cintrage et traitement thermique		48
Figure A.1 – Estimation de la longueur des trichites.....		57
Figure A.2 – Exemple du mesurage de la longueur des trichites		57
Figure B.1 – Nodule		58
Figure B.2 – Trichite colonnaire		58
Figure B.3 – Trichite filamenteuse		59
Figure B.4 – Trichite déformée.....		59
Figure B.5 – Trichite en spirale		59
Figure C.1 – Plus petite distance des composants et des cartes de circuits imprimés		60
Figure C.2 – Histogramme des longueurs des trichites et distribution log-normale ajustée.....		62
Figure C.3 – Histogramme des longueurs des trichites et distribution log-normale ajustée.....		63
Figure C.4 – Histogramme des longueurs des trichites et distribution log-normale ajustée.....		64
Figure E.1 – Voies de transition pour les essais de chaleur humide de composants.....		67
Tableau 1 – Matériaux constitutifs reconnus pour leur efficacité en matière de réduction des trichites.....		47
Tableau 2 – Conditions de préconditionnement et pattes d'essai pour composants pour différents processus d'assemblage		49
Tableau 3 – Conditions pour l'essai d'environnement.....		49
Tableau 4 – Conditions pour l'essai de chaleur humide.....		50
Tableau 5 – Conditions pour l'essai d'environnement.....		51
Tableau 6 – Conditions de l'essai d'environnement applicables aux sorties insérées à force		51

Tableau 7 – Classification de la longueur mesurée des trichites.....	53
Tableau 8 – Paramètres d'acceptation de modifications de la technologie ou des processus de fabrication du fini de surface	54
Tableau 9 – Rapport final.....	55
Tableau C.1 – Classification de la longueur mesurée des trichites	62
Tableau E.1 – Matrice de conclusion pour des essais de chaleur humide parallèles.....	67

WEISS TECH
GB标准

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2-82: Essais – Essai Xw₁: Méthodes de vérification des trichites pour les composants et les pièces utilisés dans les ensembles électroniques

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60068-2-82 a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

Cette deuxième édition annule et remplace la première édition parue en 2007. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'édition précédente:

- extension du domaine d'application de la norme d'essai des composants électroniques aux composants électromécaniques et aux contacts insérés à force qui sont utilisés pour la technologie d'assemblage et d'interconnexion;

- réduction significative de l'effort d'essai par une sélection de conditions d'essai fondée sur la connaissance, c'est-à-dire que les essais non applicables à un système de matériaux donné peuvent être omis (voir Annexe D);
- harmonisation avec la JESD 201A par omission des sévérités M et N pour les essais de cycle thermique;
- réduction considérable de la durée d'essai (1 000 h au lieu de 4 000 h) pour l'essai de chaleur humide par l'introduction d'une condition d'essai à humidité élevée de 85 % H.R. et d'une température de 85 °C assurant une plus grande sévérité.

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

FDIS	Rapport de vote
91/1562/FDIS	91/1573/RVD

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

Une liste de toutes les parties de la série IEC 60068, publiées sous le titre général *Essais d'environnement*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

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 "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives au document recherché. A cette date, le document sera

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

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

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 2-82: Essais – Essai Xw₁: Méthodes de vérification des trichites pour les composants et les pièces utilisés dans les ensembles électroniques

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60068 spécifie des essais de vérification de la propension au développement des trichites pour les finis de surface des composants électriques ou électroniques et des pièces mécaniques comme les pièces embouties/estampées (par exemple cavaliers, écrans de protection contre les décharges électrostatiques, fixations mécaniques, contacts insérés à force et autres pièces mécaniques utilisées dans les ensembles électroniques) qui représentent la phase de finition, avec un fini en étain ou en alliage d'étain. Les modifications des dimensions physiques des composants moulés, des plastiques et autres pendant le flux d'essai exigé ne sont pas prises en compte ni évaluées. Les méthodes d'essai ont été mises au point en utilisant une approche fondée sur la connaissance.

Le présent document peut également être utilisé chez les sous-traitants tels que les ateliers de galvanoplastie, les ateliers d'estampage ou d'autres prestataires de services afin de garantir une qualité de surface constante dans la chaîne d'approvisionnement.

Ces méthodes d'essai sont utilisées avec des critères d'acceptation définis par une spécification de composant ou d'application pertinente.

Les essais décrits dans le présent document s'appliquent à la qualification initiale, à la surveillance périodique conformément à l'Article 7 et aux modifications de la technologie ou des processus de fabrication des surfaces existantes conformément à l'Article 9.

La zone d'accouplement des connecteurs n'est pas couverte par cette méthode d'essai. L'IEC 60512-16-21 s'applique pour les zones d'accouplement des connecteurs.

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 60068-1:2013, *Essais d'environnement – Partie 1: Généralités et lignes directrices*

IEC 60068-2-14:2009, *Essais d'environnement – Partie 2-14: Essais – Essai N: Variation de température*

IEC 60068-2-20, *Essais d'environnement – Partie 2-20: Essais – Essai T: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

IEC 60068-2-58, *Essais d'environnement – Partie 2-58: Essais – Essai Td: Méthodes d'essai de la soudabilité, résistance de la métallisation à la dissolution et résistance à la chaleur de brasage des composants pour montage en surface (CMS)*

IEC 60068-2-67, *Essai d'environnement – Partie 2-67: Essais – Essai Cy: Essai continu de chaleur humide, essai accéléré applicable en premier lieu aux composants*

IEC 60068-2-78, *Essais d'environnement – Partie 2-78: Essais – Essai Cab: Chaleur humide, essai continu*

IEC 61192-3:2002, *Exigences relatives à la qualité d'exécution des assemblages électroniques brasés – Partie 3: Assemblage au moyen de trous traversants*¹

IEC 60512-16-21:2012, *Connecteurs pour équipements électroniques – Essais et mesures – Partie 16-21: Essais mécaniques des contacts et des sorties – Essai 16u: Essai des trichites au moyen de l'application de contraintes mécaniques extérieures*

3 Termes et définitions

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

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

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

3.1

trichite

protubérance métallique qui se développe spontanément en cours de stockage ou d'utilisation

Note 1 à l'article: Le développement des trichites ne nécessite généralement aucun champ électrique, ces dernières ne doivent par ailleurs pas être confondues avec des produits de migration électrochimique. Les signes de présence de trichites incluent:

- la présence de stries dans le sens du développement;
- l'absence, généralement, de ramification;
- des diamètres, généralement, constants.

Les exceptions sont connues, mais rares, et peuvent exiger un examen détaillé.

Pour les besoins du présent document, les trichites sont prises en considération si:

- elles ont un rapport de forme (longueur/largeur) supérieur à 2;
- elles ont une longueur de 10 µm ou plus.

Note 2 à l'article: Pour les besoins du présent document, les trichites ont les caractéristiques suivantes (voir également Annexe B):

- elles peuvent être déformées, pliées ou torsadées; elles présentent généralement une section uniforme;
- elles peuvent comporter des anneaux à la périphérie de la colonne.

Note 3 à l'article: Les trichites ne doivent pas être confondues avec les dendrites qui constituent des croissances de type fougère à la surface d'un matériau pouvant se constituer suite à une migration électrique (électrochimique) d'une espèce ionique ou apparaître pendant la solidification.

Note 4 à l'article: Les trichites ne doivent pas être confondues avec les écailles générées par traitement mécanique du métal. Les trichites ne doivent pas être confondues avec les structures tubulaires en oxyde d'étain, qui peuvent se développer dans des conditions d'essai de chaleur humide. Ces structures sont creuses et sont typiquement dépourvues de stries sur les trichites d'étain.

¹ Publication retirée.

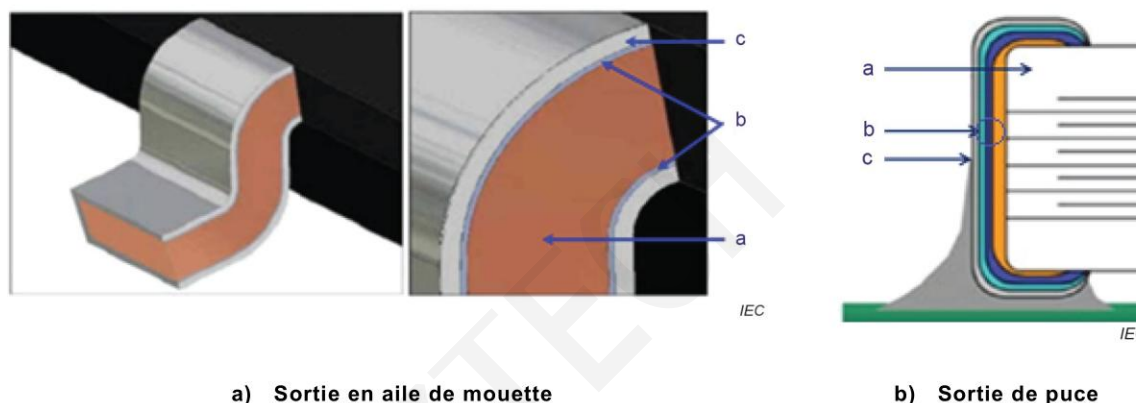
3.2

sortie

élément soudable d'un composant comportant les éléments suivants:

- un matériau de base;
- une couche inférieure (ou un système de couches inférieures, s'il y a plusieurs couches inférieures), le cas échéant, située sous le placage final;
- un fini en étain ou en alliage d'étain

VOIR: Figure 1.



Légende

- a matériau de base
- b couche inférieure (ou système de couches inférieures, s'il y a plusieurs couches inférieures), le cas échéant, située sous le placage final
- c fini en étain ou en alliage d'étain

Figure 1 – Vues en coupe de finis de surface de sorties de composants

3.3

ΔCTE

décalage du CTE

décalage du coefficient de dilatation thermique

coefficient calculé en prenant la valeur absolue de la différence du CTE du matériau de base et du CTE de la couche de fini de surface:

$$\Delta CTE = | CTE_{\text{fini}} - CTE_{\text{matériau de base}} |$$

Note 1 à l'article: Aucun système de couches inférieures (par exemple Ni, Cu) n'a d'influence sur le décalage du CTE.

3.4

charge mécanique

charge liée à la condition de montage/assemblage prévue d'une éprouvette particulière (par exemple application d'insertion à force: contrainte exercée par le trou traversant métallisé sur le contact inséré à force), ou charge transitoire liée à un processus mécanique dans une opération d'ébarbage et de formage pour adapter la forme de l'éprouvette à la condition d'utilisation prévue (par exemple cintrage d'un contact de connecteur)

Note 1 à l'article: Dans le contexte de ces méthodes d'essai, la charge mécanique n'est pas liée à des facteurs externes, par exemple des charges thermomécaniques résultant du décalage des coefficients de dilatation thermique des différents constituants d'une éprouvette d'essai particulière en cas de changement de température.

3.5 classement

3.5.1 niveau A

<produits électroniques généraux> produits de consommation, certains ordinateurs et périphériques, ainsi que le matériel informatique approprié aux applications quand l'exigence principale dépend de l'ensemble achevé

3.5.2 niveau B

<produits électroniques spécialisés> équipements de communication, les machines de bureau perfectionnées et les instruments pour lesquels de hautes performances et une durée de vie étendue sont exigées et un fonctionnement ininterrompu est souhaité sans que cela soit pour autant obligatoire. L'environnement d'utilisation finale ne provoque généralement pas de défaillance

3.5.3 niveau C:

<produits électroniques à hautes performances> équipements pour lesquels un fonctionnement continu ou sur demande est obligatoire. Aucun temps d'arrêt des équipements ne peut être toléré, il est possible que l'environnement d'utilisation finale soit exceptionnellement difficile et les équipements doivent fonctionner lorsque cela est exigé, comme c'est le cas pour les systèmes d'aide à la vie et autres systèmes d'urgence

Note 1 à l'article: La classification des niveaux A, B, C est basée sur l'IEC 61191-1.

4 Equipements d'essai

4.1 Généralités

Les équipements d'essai doivent comprendre les éléments suivants.

4.2 Dessiccateur

Cet équipement doit pouvoir fournir les conditions de température et d'humidité spécifiées en 6.2 et en 6.5.

4.3 Enceinte humide

L'enceinte humide doit satisfaire à toutes les exigences de l'IEC 60068-2-78 et doit pouvoir fournir les conditions spécifiées en 6.3.

4.4 Enceinte de cycle thermique

L'enceinte de cycle thermique doit satisfaire à toutes les exigences de l'IEC 60068-2-14, essai Na, et pouvoir fournir les conditions spécifiées en 6.4.

4.5 Equipements pour le contrôle visuel

4.5.1 Microscope électronique à balayage

Un microscope électronique à balayage (MEB) capable d'analyser la surface de l'éprouvette, de préférence équipé d'un système de manipulation capable de basculer et de faire pivoter l'éprouvette, est la méthode privilégiée d'analyse en raison de sa grande profondeur de champ.

4.5.2 Microscope optique/microscope confocal à balayage laser

Sauf disposition contraire de la spécification correspondante, un microscope optique doit satisfaire aux exigences suivantes:

- il convient d'utiliser un microscope optique stéréoscopique offrant un grossissement d'au moins 50 fois (mais un grossissement variable peut être nécessaire pour étudier différentes caractéristiques) afin d'examiner les éprouvettes;
- il convient d'utiliser un microscope optique offrant des grossissements d'au moins 200 fois pour mesurer la longueur des trichites. Il convient que l'éclairage et/ou la platine porte-échantillon puissent éclairer les trichites de différentes directions (par exemple en utilisant des éclairages annulaires, de guides d'éclairage flexibles ou de gabarits de fixation rotatifs);
- la disponibilité d'une large plage de distances de travail pour obtenir plusieurs plans focaux;
- un microscope confocal à balayage laser approprié peut également être utilisé.

4.6 Gabarit de fixation

Les gabarits utilisés pour l'inspection des éprouvettes au microscope optique et au MEB doivent satisfaire aux exigences suivantes:

- le gabarit doit pouvoir s'incliner dans toutes les directions, jusqu'à un angle d'inclinaison de 45°;
- les pièces doivent être solidement fixées à l'appareil lorsque le gabarit est incliné.

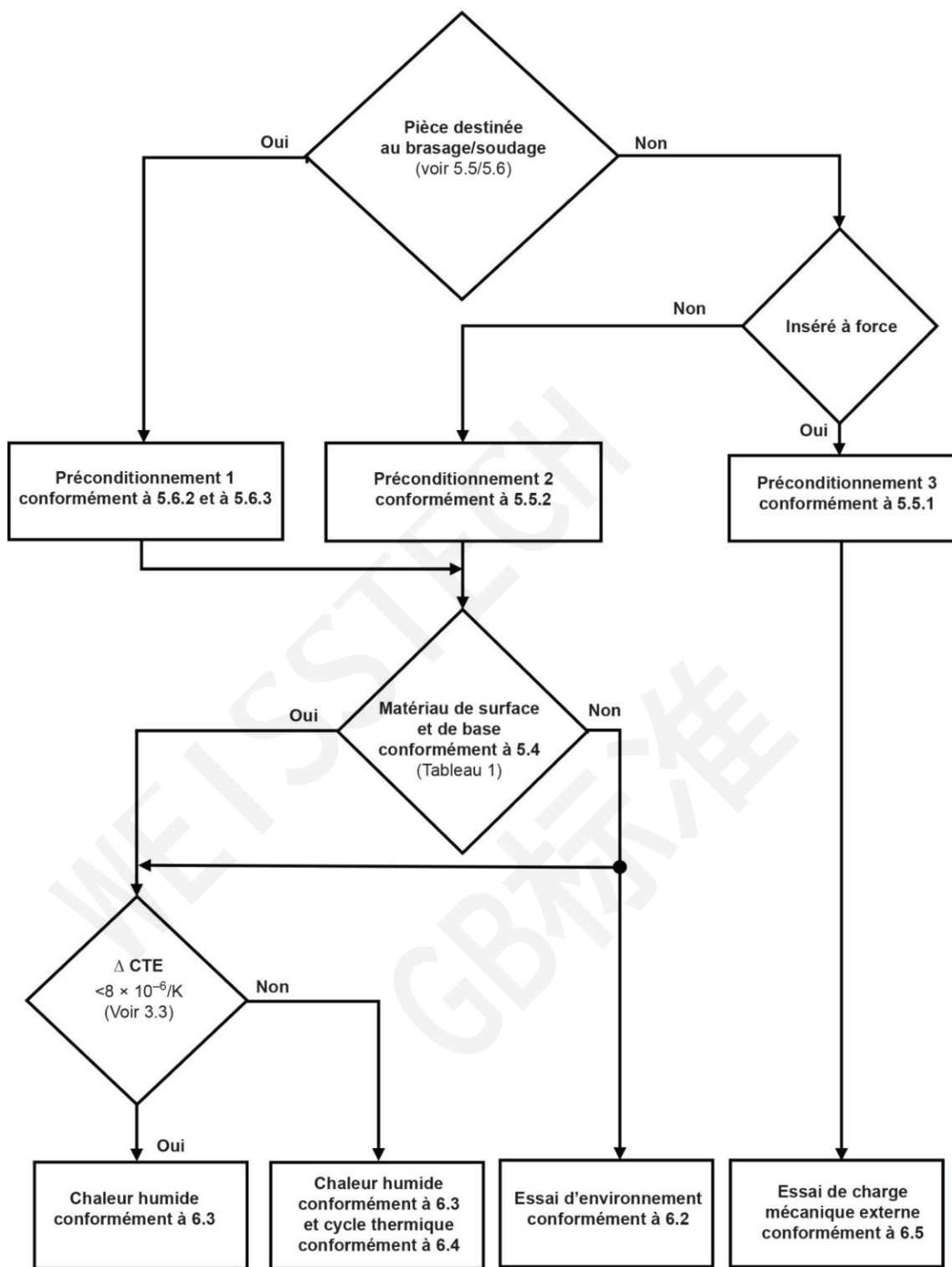
Il faut prendre soin d'éviter de rompre les trichites lors de la fixation de l'éprouvette sur le gabarit de fixation et de sa manipulation avec celui-ci.

5 Préparation de l'essai

5.1 Sélection des essais applicables

5.1.1 Généralités

Les échantillons doivent représenter les produits finis (finals) tels qu'ils sont fournis au client (y compris les étapes de sous-processus telles que l'ébarbage et le formage, le broyage, le post-placage). Les méthodes d'essai appropriées doivent être sélectionnées conformément à l'arbre de décision donné à la Figure 2.



IEC

Figure 2 – Sélection des méthodes d'essai

5.1.2 Conditions de stockage avant essai

L'éprouvette doit être conditionnée pendant au moins 2 h dans les conditions atmosphériques normales définies dans l'IEC 60068-1:2013, 4.3 préalablement à tout préconditionnement ou à tout essai.

5.1.3 Prévieillissement (stockage dans la chaîne d'approvisionnement) avant les essais

Différents processus de fabrication et différentes méthodes de fabrication exigent des durées de prévieillissement adaptées. La durée de stockage avant de soumettre les éprouvettes au préconditionnement et aux essais doit être d'au moins 30 jours, mais pas plus de 120 jours après le placage en (alliage d') étain.

5.2 Manipulation des éprouvettes

Il est recommandé de manipuler les éprouvettes au moyen d'un gabarit de fixation comme spécifié en 4.6 pour éviter toute contamination. Dans la mesure du possible, il convient que le gabarit de fixation n'entre pas en contact avec les surfaces métalliques des éprouvettes. Cependant, la contamination inhérente au processus de production et au préconditionnement ne doit pas être éliminée (par exemple les résidus de placage ou de brasage, tels que les résidus de flux).

Les éprouvettes doivent être manipulées avec le plus grand soin afin de prévenir tout détachement intempestif des trichites. Pour la consignation des résultats intermédiaires exigés, les trichites déjà identifiées et cassées (par exemple par manipulation) doivent être consignées dans le rapport final (voir Article 10).

5.3 Nombre d'échantillons

Le nombre minimal d'échantillons suivant doit être adopté pour chaque condition d'essai et pour chaque type de préconditionnement, sauf si d'autres nombres d'échantillons sont prescrits par la spécification pertinente.

Nombres d'échantillons pour les essais:

- tous les contacts de 40 composants avec nombre de contacts par composant < 4 contacts;
- tous les contacts de 20 composants avec nombre de contacts par composant ≥ 4 contacts et < 20 contacts;
- tous les contacts de 10 composants avec nombre de contacts par composant ≥ 20 contacts et < 40 contacts;
- tous les contacts de 5 composants avec nombre de contacts par composant ≥ 40 contacts, mais ≤ 400 contacts;
- pour les pièces mécaniques comme les écrans de protection contre les décharges électrostatiques, les fixations mécaniques: ≥ 10 pièces, jusqu'à une surface de 25 cm^2 ;
- pour les applications d'insertion à force: ≥ 200 contacts simples;
- pour toutes les autres pièces comme les cavaliers, les fils, les pièces de connexions électriques, les connecteurs multipoints mâles: ≥ 80 pièces;
- pour galvanique en continu/bande: 25 cm^2 ou au moins 30 cm prélevés au début et à la fin de la bobine.

Le nombre d'échantillons s'applique aux éprouvettes avec ou sans traitement thermique conformément à 5.5 et à 5.6 et pour chaque condition d'essai choisie en 5.1.

Les règles de similarité indiquées en 7.2 peuvent être utilisées pour la sélection des échantillons.

5.4 Matériaux de surface et de base pour la sélection des essais

Le Tableau 1 récapitule les matériaux constitutifs reconnus pour leur efficacité en matière de réduction des trichites, pour lesquels certaines conditions d'essai peuvent être omises (voir Figure 2 et Annexe D). Le contexte technique pour l'omission de certaines conditions d'essai est brièvement décrit dans l'Annexe D.

Le Tableau 1 s'applique:

- aux matériaux de base cuivreux;
- aux matériaux céramiques;
- aux matériaux de base en Fe et en alliage de FeNi;
- aux autres matériaux de base qui sont recouverts par une couche inférieure continue de Cu (ceux-ci doivent être traités comme "alliage cuivreux" dans le Tableau 1), à l'exception des alliages de CuZn. Si un alliage de CuZn est utilisé, une couche inférieure en Ni (0,5 μm à 4 μm) ne présentant pas de vides ni de fissures est exigée.

Tableau 1 – Matériaux constitutifs reconnus pour leur efficacité en matière de réduction des trichites

Pièce	Couche de finition en Sn		Couche inférieure supérieure	Matériau de base	Post-traitement ^d
Composants électroniques Zone de brasage des composants électromécaniques comme les connecteurs, les écrans, etc.	Galvanique mat (teneur en carbone du fini < 150 parties par million en poids. Valeur cible, mesurée à au moins 2 µm sous la surface).	Au moins 3 µm de Sn	Ni galvanique ^c 0,5 µm à 4 µm	Alliage de Cu	Pas de post-traitement
			Ni galvanique ^c 2 µm à 15 µm	Céramique, Fe et alliage de FeNi	
		Au moins 3 µm de Sn		Alliage de Cu	Processus de refusion ^a
				Céramique, Fe et alliage de FeNi	Pas de post-traitement
		Au moins 7 µm de Sn		Alliage de Cu	Recuit ^b
				Céramique, Fe et alliage de FeNi	Pas de post-traitement
	Placage par immersion à chaud en Sn/SnAg/SnAgCu/SnCu0,7	Au moins 3 µm de Sn	Ni galvanique ^c 1 µm à 3 µm	Alliage de Cu	Pas de post-traitement
				Alliage de Cu	Pas de post-traitement
				Céramique, Fe et alliage de FeNi	
			Ni galvanique ^c 1 µm à 3 µm	Alliage de Cu	

D'autres alliages de Sn non couverts par le tableau peuvent être utilisés, mais pour ces alliages, l'essai d'environnement ne peut pas être omis. En ce qui concerne l'efficacité en matière de réduction des trichites, l'utilisation de finis en alliage de Sn galvanique mat est actuellement à l'étude. En particulier, les éléments d'alliage suivants sont pris en compte: Ag, Bi, Cu et Pb.

^a Le fini Sn doit fondre pendant le processus de refusion (par exemple > 10 s à 235 °C), sans présenter de décoloration ni de démouillage.

^b Le recuit doit avoir lieu dans les 24 h après le placage pendant au moins une heure à une température de 150 °C ou dans des conditions comparables (par exemple 10 min à une température de 180 °C).

^c La couche de Ni ne doit pas présenter de vides ni de fissures (Ni ductile).

^d Le post-traitement doit établir une couche homogène de Cu₆Sn₅ et/ou de Cu₃Sn d'une épaisseur d'au moins 0,5 µm.

L'essai de cycle thermique de 6.4 peut être omis si le décalage du CTE (ΔCTE) (voir 3.3) est inférieur à $8 \times 10^{-6}/\text{K}$. Les conditions d'essai et le choix des méthodes d'essai ne dépendent pas de la présence d'un système de couches inférieures (par exemple Ni, Cu).

5.5 Préconditionnement des éprouvettes d'essai non destinées au brasage/soudage

5.5.1 Préconditionnement des éprouvettes d'essai destinées aux applications d'insertion à force

Sauf disposition contraire de la spécification correspondante, les contacts insérés à force doivent être insérés dans un trou métallisé d'une carte de circuits imprimés à feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde plaquées cuivre (par exemple conforme à

l'IEC 61249-2-7, à l'IEC 61249-2-35 ou à l'IEC 61249-2-22) de l'épaisseur appropriée et du diamètre nominal du trou fini.

La carte de circuits imprimés doit être préconditionnée en la soumettant à deux cycles de température de refusion conformément à l'IEC 60068-2-58 avant l'insertion des contacts. Après l'insertion des contacts, l'échantillon doit être stocké dans des conditions ambiantes. Aucun autre traitement thermique à température élevée ne doit être effectué.

5.5.2 Préconditionnement des éprouvettes d'essai destinées à des charges mécaniques autres que l'insertion à force

Ce préconditionnement doit s'appliquer aux composants tels que les écrans de protection de compatibilité électromagnétique, les pièces embouties/estampées, les fixations mécaniques, les connecteurs autodénudants et autres applications mécaniques.

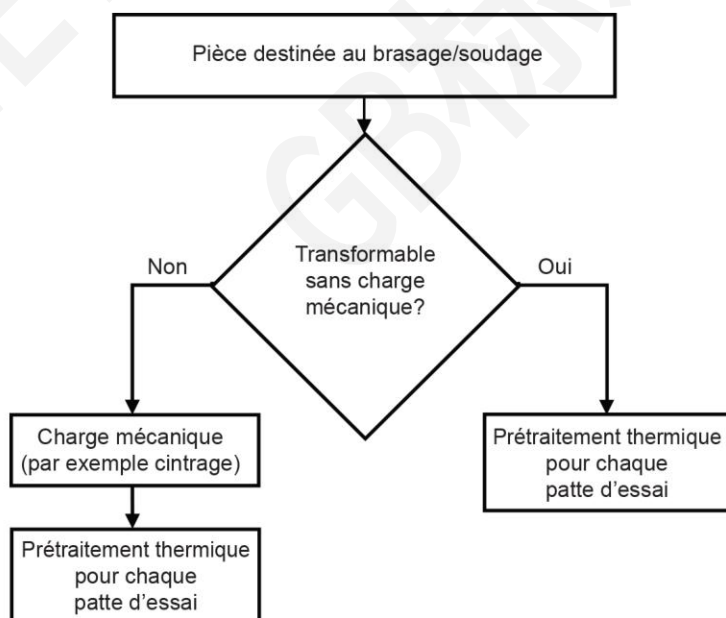
Sauf disposition contraire de la spécification correspondante, les éprouvettes destinées à des charges mécaniques doivent être soumises à une opération de formage, conformément aux exigences géométriques nominales du cas d'utilisation prévu. Le nombre d'échantillons conformément à 5.3 doit être choisi pour chaque condition d'essai sélectionnée en 5.1.

D'autres essais, le cas échéant, doivent être décrits dans la spécification particulière applicable.

5.6 Préconditionnement des éprouvettes d'essai destinées au brasage/soudage

5.6.1 Généralités

Toutes les pièces destinées au brasage/soudage doivent être soumises à un prétraitement thermique conformément à la Figure 3. Le nombre d'échantillons conformément à 5.3 doit être choisi pour chaque patte d'essai sélectionnée en Figure 3.



IEC

Figure 3 – Flux de traitement et/ou cintrage et traitement thermique

5.6.2 Prétraitement mécanique

Pour les pièces destinées au brasage et à des charges mécaniques supplémentaires pendant la production (par exemple piqûres, cintrage, ébarbage et formage), un préconditionnement caractéristique est exigé.

Ces pièces doivent être soumises à une charge mécanique correspondant au cas d'utilisation prévu, conformément aux exigences géométriques nominales relatives au cas d'utilisation prévu. Lorsque les composants sont destinés à être soumis à une contrainte mécanique après livraison à un client (par exemple le formage des fils), un préconditionnement représentatif est exigé.

Sauf disposition contraire de la spécification correspondante, les sorties de chaque éprouvette avec fils doivent être cintrées à 90°, selon le rayon de cintrage intérieur constant spécifié comme le rayon minimum à la Figure 1 de l'IEC 61192-3:2002.

5.6.3 Prétraitement thermique

Le Tableau 2 résume les préconditionnements et les pattes d'essai exigés (voir Figure 3) pour les éprouvettes destinées à la technologie de montage en surface (TMS), à la technique des trous traversants (THT) et au soudage.

Tableau 2 – Conditions de préconditionnement et pattes d'essai pour composants pour différents processus d'assemblage

Patte d'essai	Composant conçu pour processus d'assemblage		
	Technologie de montage en surface	Technique des trous traversants	Soudage
Avec traitement thermique (voir Figure 3)	Monté sur circuit imprimé ou surface non mouillable, conformément à l'IEC 60068-2-58, essai Td ₁ , méthode 2. Essai alternatif: environ 50 % de la surface de la sortie des composants doit être mouillée avec du flux selon l'essai Td ₁ , méthode 1.	Température et flux conformément à l'IEC 60068-2-20, essai Ta, méthode 1. Profondeur d'immersion: minimum 4 mm, mais maximum 50 % de la sortie.	Comme prescrit dans la spécification correspondante.
Sans traitement thermique	Produit tel que livré	Produit tel que livré	Produit tel que livré

Ce préconditionnement doit aussi s'appliquer à la zone de brasage des connecteurs. L'essai des trichites de la zone connectée doit être effectué conformément à l'IEC 60512-16-21.

6 Conditions d'essai

6.1 Généralités

La sélection des conditions d'essai exigées doit se faire conformément à 5.1 et à la Figure 1.

6.2 Essai d'environnement

Les conditions données dans le Tableau 3 doivent être appliquées pour l'essai d'environnement.

Tableau 3 – Conditions pour l'essai d'environnement

Température	(25 ± 10) °C
Humidité relative	(50 ± 25) %
Durée	4 000 h
NOTE Une enceinte d'essai fonctionnant à (30 ± 2) °C et à (60 ± 3) % d'humidité relative satisfait à ces conditions et peut donc être utilisée pour cet essai.	

6.3 Essai de chaleur humide

La méthode de l'IEC 60068-2-67 doit être employée pour l'essai de chaleur humide avec une des conditions d'essai données dans le Tableau 4.

Tableau 4 – Conditions pour l'essai de chaleur humide

	Condition d'essai 1	Condition d'essai 2
Température	$(85 \pm 3) ^\circ\text{C}$	$(55 \pm 3) ^\circ\text{C}$
Humidité relative	$(85 \pm 5) \%$	$(85 \pm 5) \%$
Durée	1 000 h	2 000 h ou 4 000 h
NOTE 1 La condition d'essai 1 a été introduite pour offrir une plus grande sévérité pour l'essai de chaleur humide. Elle permet d'obtenir une meilleure discrimination de la susceptibilité des éprouvettes au développement des trichites dans un laps de temps raisonnablement limité. NOTE 2 La condition d'essai 2 d'une durée de 2 000 h succède aux conditions d'essai de chaleur humide prescrites dans l'édition précédente du présent document. La durée alternative de 4 000 h a été ajoutée pour obtenir une meilleure discrimination de la susceptibilité des éprouvettes au développement des trichites.		

La condition d'essai 1 du Tableau 4 est la condition d'essai la plus sévère et doit être employée pour chaque nouvelle qualification de la propension au développement des trichites des finis des sorties des composants, sauf si les composants sont destinés exclusivement à être utilisés dans des applications de niveau A ou B (voir 3.5). En particulier, la condition d'essai 1 doit être adoptée pour toutes les nouvelles qualifications des composants destinés à être utilisés dans des produits électroniques haute performance/durs de niveau C, par exemple les composants soumis à des essais de qualification conformément aux procédures de qualification AEC-Q.

Dans le contexte de la surveillance, une transition vers la condition d'essai 1 n'est pas exigée: pour la surveillance des qualifications existantes sur la base de la condition d'essai 2, la condition d'essai 2 peut être utilisée en continu.

Voir Annexe E pour la transition des conditions d'essai de chaleur humide précédentes vers la condition d'essai 1.

Aucune condensation ne doit se former sur l'échantillon à aucun moment de l'essai. L'enceinte doit être telle qu'aucune eau de condensation provenant des parois et du toit de l'enceinte d'essai ne puisse être transférée aux éprouvettes d'essai.

En cas de contamination par du condensat (par condensation ou exposition à des gouttelettes d'eau), les surfaces affectées de l'éprouvette ne doivent pas être examinées en matière de trichites. Cet état doit être documenté dans le rapport final et des preuves de la contamination doivent être fournies. Le nombre d'échantillons exigé doit être maintenu si les sorties concernées sont retirées de l'inspection.

6.4 Essai de cycle thermique

La méthode de l'IEC 60068-2-14, essai Na doit être employée avec les conditions données dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Conditions pour l'essai d'environnement

Température inférieure	$(-40 \pm 5) ^\circ\text{C}$ ou $(-55 \pm 5) ^\circ\text{C}$
Température supérieure	$(85 \pm 5) ^\circ\text{C}$
Nombre de cycles	1 500
Temps de transfert	$< 20 \text{ s}$
Temps de rétention	$\geq 10 \text{ min}$

6.5 Essai d'environnement pour les applications d'insertion à force

Les conditions du Tableau 6 doivent être appliquées.

Tableau 6 – Conditions de l'essai d'environnement applicables aux sorties insérées à force

Température	$(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$
Humidité relative	$(50 \pm 25) \%$
Durée	2 000 h
Une inspection intermédiaire doit être exécutée après 1 000 h.	
NOTE Une enceinte d'essai fonctionnant à $(30 \pm 2) ^\circ\text{C}$ et à $(60 \pm 3) \%$ d'humidité relative satisfait à ces conditions et peut donc être utilisée pour cet essai.	

7 Surveillance et similarité technologique

7.1 Surveillance

Les fournisseurs doivent établir un système d'évaluation périodique de la performance des processus de fabrication du fini de surface en matière de réduction des trichites.

La surveillance se réfère aux essais effectués conformément au présent document qui doivent être effectués sur des lots pour inspection unique avec une périodicité recommandée de 6 mois, sauf disposition contraire de la spécification correspondante. Il convient de comparer les résultats à la qualification initiale et aux résultats de surveillance précédents. Si des résultats significativement différents sont obtenus, qui montrent que la propension au développement des trichites a augmenté, il convient que le fournisseur prenne des mesures correctives appropriées. Des règles de similarité conformes à 7.2 peuvent être appliquées.

L'article existant suivant peut être adopté: la surveillance des qualifications existantes peut être réalisée au moyen du préconditionnement décrit dans la première édition de ce document.

7.2 Similarité technologique

Les produits peuvent être considérés comme similaires d'un point de vue technologique, indépendamment de leur dimension réelle et du nombre de leurs sorties, si leurs surfaces recouvertes d'un placage suivent la même conception, sont constituées des mêmes matériaux et utilisent le même processus de fabrication. Si des règles de similarité sont appliquées, des preuves doivent être fournies dans le rapport final.

Des règles de similarité technologique peuvent être appliquées si le produit est conforme aux éléments suivants:

- chaînes d'électrodéposition utilisant un processus de placage identique, notamment paramètres, processus chimique et équipements au même emplacement;
- composants utilisant une conception, des matériaux et un processus identiques.

La variation d'une ou de plusieurs des caractéristiques suivantes n'affecte pas la similarité technologique des produits:

- épaisseur du matériau de base;
- nombre de fils ou de sorties, si la différence du nombre de contacts est inférieure ou égale à 50 % du nombre de contacts du produit ayant le nombre de contacts le plus élevé soumis à considérations de similarité.

Les propriétés suivantes ne permettent pas aux produits d'être similaires d'un point de vue technologique:

- composition différente du matériau de base;
- épaisseur ou composition différente de la couche inférieure;
- composition différente du matériau définitif;
- processus de placage différent, par type physique, processus chimique ou densité de courant électrique;
- post-traitement différent visant à la suppression du développement des trichites, par exemple fusion, recuit;
- différents itinéraire et matériaux de processus;
- différents sites de production.

Le Tableau 8 peut être utilisé pour identifier des différences pertinentes pour l'application de règles de similarité.

L'un ou l'autre des éléments susmentionnés doit être supposé présenter une différence si le paramètre concerné dépasse les limites de contrôle de processus. Par ailleurs, il convient que la similarité technologique soit applicable aux sous-traitants uniquement après passage avec succès une homologation (des preuves doivent être fournies dans le rapport final détaillé).

8 Essai et évaluation

8.1 Examen des trichites

Toutes les pièces des lots d'essais doivent être examinées en matière de trichites. Toutes les trichites doivent être prises en compte. Les trichites des zones corrodées doivent également être prises en compte. Pour l'évaluation, la totalité du fini de surface doit être prise en compte.

Il convient que les échantillons soumis à essai soient conservés pendant une période minimale de trois ans après les essais conformément à l'IEC 60068-1:2013, Article 4.

8.2 Mesurage initial

Sauf disposition contraire de la spécification correspondante, un examen initial du développement des trichites peut être omis.

8.3 Essai

Appliquez les méthodes d'essai définies dans le flux décisionnel en 5.1.

8.4 Récupération

L'éprouvette, à tout point de mesure intermédiaire ou après achèvement de l'essai, doit être stockée dans les conditions atmosphériques normales définies dans l'IEC 60068-1:2013, 4.3 pendant au moins 2 h. L'éprouvette doit être manipulée avec le plus grand soin afin de prévenir la désolidarisation de toute trichite de la surface.

En cas de désolidarisation des trichites, ces événements doivent être consignés dans le rapport d'essai avant de passer aux étapes suivantes.

8.5 Evaluation intermédiaire ou définitive pour chaque condition d'essai

8.5.1 Longueur seuil fixe pour classement de succès/échec

Les longueurs des trichites doivent être mesurées à l'aide de la méthode décrite à l'Annexe A. Si les longueurs de trichites observées dépassent la longueur seuil indiquée dans la spécification correspondante, le résultat de l'essai doit être évalué comme un échec. L'Annexe C fournit des recommandations concernant les critères d'acceptation.

Si les spécifications détaillées l'exigent, les longueurs de toutes les trichites détectées doivent être mesurées et le nombre (dénombrement) de trichites entrant dans les différentes classes conformément au Tableau 7 doit être déterminé. Si cela est exigé par la spécification correspondante, le Tableau 7 doit être joint au rapport final.

Tableau 7 – Classification de la longueur mesurée des trichites

	Longueur des trichites individuelles	Nombre de trichites observées
Classe 0	< 25 µm	
Classe 1	≥ 25 µm et < 50 µm	
Classe 2	≥ 50 µm et < 100 µm	
Classe 3	≥ 100 µm et < 200 µm	
Classe 4	≥ 200 µm et < 400 µm	
Classe 5	≥ 400 µm et < 600 µm	
Classe 6	≥ 600 µm et < 1 000 µm	
Classe 7	≥ 1 000 µm	

8.5.2 Evaluation statistique des longueurs de trichites

Au lieu de se référer à une longueur seuil fixe comme critères de succès/échec, une approche statistique peut être appliquée. Pour cette approche, les longueurs de toutes les trichites détectées doivent être mesurées et le nombre (dénombrement) de trichites appartenant à différentes classes de longueur doit être déterminé, afin d'établir un histogramme de fréquence des longueurs des trichites. La largeur des fenêtres de classification (intervalle de longueur) de l'histogramme doit être déterminée sur la base de principes statistiques. Ainsi, un tableau similaire au Tableau 7 est obtenu. Si cela est exigé par la spécification correspondante, l'histogramme des longueurs mesurées des trichites doit être joint au rapport final.

NOTE Après avoir ajusté l'histogramme obtenu avec une fonction de distribution statistique appropriée (par exemple log-normale), une analyse statistique peut être effectuée. Par exemple, le taux des pièces présentant des trichites dépassant une certaine longueur seuil peut être déterminé (voir un exemple en Article C.4).

9 Modifications technologiques ou du processus de fabrication

Les changements majeurs doivent être traités comme de nouvelles qualifications. Le Tableau 8 donne des exemples de changements majeurs qui doivent entraîner de nouvelles qualifications à moins que les parties concernées n'en conviennent autrement.

Tableau 8 – Paramètres d'acceptation de modifications de la technologie ou des processus de fabrication du fini de surface

Paramètre technologique ou du processus de fabrication	Exemples	Qualification ^a exigée conformément à la Figure 1
Métal de base		
Alliage métallique de base ^b	Métal de base, par exemple alliage cuivreux, FeNi42	X
Fournisseur du métal de base ^c	Fournisseur A par rapport au fournisseur B, même métal	X
Type de réseau de conducteurs	Traité à l'acide ou estampé	X
Changement d'atelier d'estampage	Par exemple deuxième atelier d'estampage fournisseur	X
Céramique de base	Composition	X
Composition du fini de surface		
Alliage du fini de surface	Sn, SnAg3,5, SnBi2-4, SnBi5-7, SnCu1, SnCu3	X
Épaisseur du fini de surface	Modification d'épaisseur aux limites d'épaisseur par rapport à celles du Tableau 1	X
Composition de la couche inférieure	Modification de la composition de la couche inférieure	X
Épaisseur de la couche inférieure	Modification des limites d'épaisseur	X
Procédé chimique ou processus du fini de surface		
Processus de placage du fini de surface	En série ou au montage ou au tonneau	X
Prénettoyage	Modification des conditions de nettoyage (processus, matériau)	X
Processus de placage de la couche inférieure	Modification du processus de placage de la couche inférieure	X
Procédé chimique	Modification des additifs, MSA, acide mélangé, etc.	X
Modification de l'électrolyte	Autre type/fournisseur d'électrolyte	X
Fournisseur du bain de placage	Changement de fournisseur	X
Limites de la fenêtre du processus de placage	Modification au-delà des limites de la fenêtre du processus pour les niveaux d'additifs, la teneur en métal, la teneur en acide, la densité du courant, la température, les niveaux d'impuretés	X
Processus par immersion à chaud	Modification du flux, des niveaux d'impuretés, de la vitesse d'immersion, de la vitesse de refroidissement, etc.	X
Processus post-immersion	Modification du procédé antitarnissement, modification d'itinéraire de processus	X
Processus de post-déshydrogénation	Modification des paramètres du processus de post-déshydrogénation	X
Processus d'assemblage et style de composants		
Formage des fils	Fils en forme de J par rapport au fils en aile de mouette	X

Paramètre technologique ou du processus de fabrication	Exemples	Qualification ^a exigée conformément à la Figure 1
Nombre de fils	Différent nombre de fils si la différence dépasse 50 % du nombre de contacts d'un produit de référence ou du nouveau produit	X
Dimension des fils	Par exemple 0,25 mm de large par rapport à 0,18 mm de large	X
Usine ou processus de placage ^d		
Démarrage d'une nouvelle usine	Nouvelle usine	X
Changement d'atelier de placage	Par exemple deuxième atelier de placage fournisseur	X
Ligne de placage supplémentaire (en double)	Technologie/emplacement/fournisseur qualifié et technologie identique (même processus chimique, même fenêtre de processus, mêmes composants au même emplacement de placage)	-
Equipement de placage neuf ou différent	Nouvelle ligne de placage, fournisseur ou délocalisation d'une ligne vers un nouveau site	X
Externalisation du processus de placage	Fournisseur de placage supplémentaire, externalisation des activités de placage	X
^a Pour l'acceptation des modifications du processus de fabrication. ^b Les essais d'acceptation de la technologie ne sont pas exigés pour les modifications des alliages cuivreux si une couche inférieure suffisante pour limiter la diffusion du cuivre dans le fini de surface étamée est utilisée. ^c Même métallurgie/processus chimique de base, y compris tout étamage éclair par immersion de la surface du métal par rapport à l'étain électroplqué. ^d Il convient de prendre des précautions en ce qui concerne les pratiques de maintenance, ce qui peut entraîner une modification des paramètres du processus de fabrication, qui peut à son tour accroître la susceptibilité au développement des trichites.		

10 Contenu du rapport final

Le rapport final donné dans le Tableau 9 doit être utilisé pour tout rapport après les essais des trichites.

Tableau 9 – Rapport final

Contenu du rapport final	Rapport externe	Enregistrements internes
Organisme exploitant responsable de l'essai et de la validation (société, lieu, date)	X	X
Type de qualification (par exemple qualification initiale, re-qualification, surveillance)	X	X
Identification détaillée de la pièce/composant (fournisseur, type, référence, numéro de lot, nombre d'échantillons)	X	X
Production en série, à l'échelle du laboratoire ou pour l'ingénierie	X	X
Description détaillée des éprouvettes [matériau de base, couche(s) intermédiaire(s), couche de finition] y compris l'épaisseur des couches	X	X
Description détaillée des réglages et des fournisseurs	-	X
Méthode de réduction des trichites utilisée (par exemple post-déshydrogénation)	X	X
Date, identification de la ligne de placage, société, emplacement	X	X
Electrolyte utilisé (par exemple producteur, nom commercial, numéro de	-	X

Contenu du rapport final	Rapport externe	Enregistrements internes
commande)		
Méthode de placage (placage au tonneau, placage en continu...)	X	X
Conditions de placage (par exemple densité du courant, concentrations, vitesse, agitation des bains). Commentaire: disponible sur demande du client	-	X
Paramètre et date de préconditionnement de l'éprouvette d'essai (pâte de soudure, flux, profil de température...)	X	X
Méthode et durée de l'essai (conditions d'essai)	X	X
Méthode et équipement d'inspection utilisés (MEB, microscope optique, grossissement, éclairage...)	X	X
Tableau 7, si exigé par la spécification correspondante, pour les trichites observées (longueur, nombre, développement...) y compris documentation photographique (avec échelle de référence) pour la classe ≥ 1	X	X
Documentation de similarité si le processus de fabrication est utilisé pour plusieurs produits (voir 7.2)	X	X
Evaluation du résultat de l'essai (succès/échec) (si la longueur seuil est donnée dans la spécification correspondante, voir 8.5.1)	X	X
Tableau 7, si exigé par la spécification correspondante, indiquant le nombre de trichites trouvées pour différentes classes de longueur de trichites, si exigé par la spécification correspondante, voir 8.5.1)	X	X
Histogramme des longueurs mesurées des trichites, si exigé par la spécification correspondante, voir 8.5.2	X	X

Les informations rassemblées dans le rapport final sont essentielles pour la traçabilité tout au long de la chaîne d'approvisionnement afin de fournir les informations exigées pour les activités d'amélioration continue.

Annexe A (normative)

Mesurage de la longueur des trichites

La longueur des trichites est mesurée comme la distance en ligne droite entre la surface et le point le plus éloigné sur la trichite (c'est-à-dire le rayon d'une sphère contenant la trichite dont le centre est situé au niveau du point d'émergence), comme représenté par la Figure A.1.

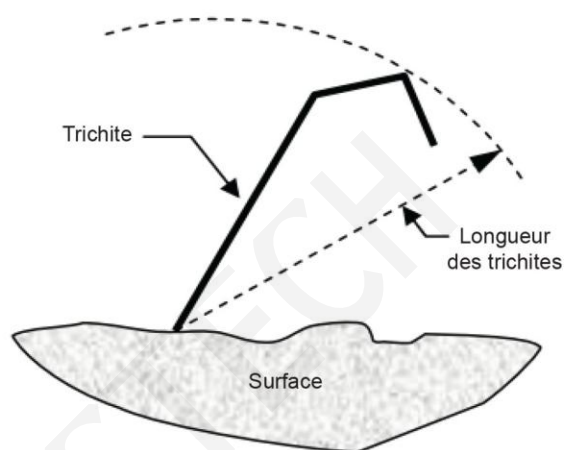


Figure A.1 – Estimation de la longueur des trichites

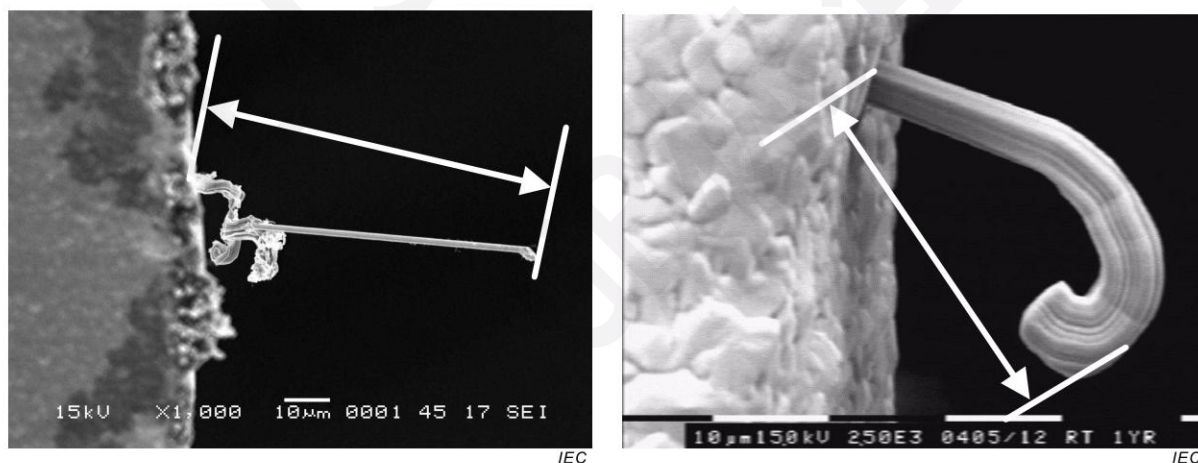


Figure A.2 – Exemple du mesurage de la longueur des trichites

L'éprouvette doit être pivotée afin que la source et le point le plus distant de la trichite apparaissent dans le plan d'observation. La Figure A.2 représente des exemples de mesurages de la longueur des trichites.

NOTE Les trichites ne se développent pas toujours dans une seule direction, elles peuvent changer de direction lors de leur développement. Toutefois, il n'est pas approprié, pour déterminer la longueur de la trichite complète, de mesurer les fractions d'une trichite, indépendamment de leur direction, et de les cumuler pour obtenir une longueur totale virtuelle.

Annexe B (informative)

Exemples de trichites

Les caractéristiques observées (imaginées à l'aide d'un MEB) peuvent être traitées à l'aide de la terminologie suivante. Cette description ne permet toutefois pas de les relier aux critères d'acceptation.

a) Nodule (également connu sous l'appellation monticule)

La longueur de la protubérance observée ne dépasse pas deux fois son diamètre (voir Figure B.1).

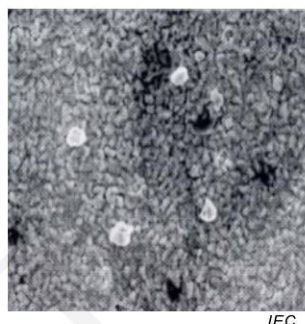


Figure B.1 – Nodule

b) Trichite colonnaire

Trichite faisant saillie de la surface définitive, de forme colonnaire et ayant une longueur pouvant atteindre dix fois son diamètre (voir Figure B.2).

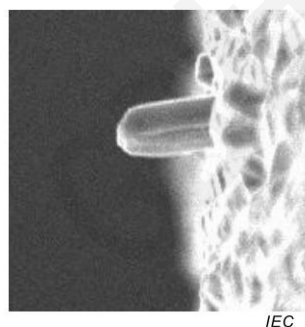


Figure B.2 – Trichite colonnaire

c) Trichite filamentaire (également connue sous l'appellation trichite à aiguille)

Trichite de forme colonnaire dont la longueur est dix fois supérieure à son diamètre (voir Figure B.3).

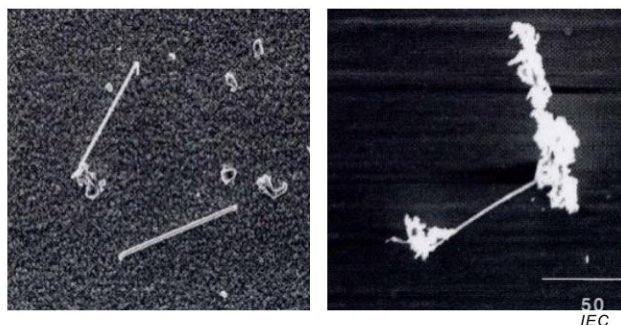


Figure B.3 – Trichite filamentaire

d) Trichite déformée

Trichite dont les sections sont de forme colonnaire et présentant des variations spontanées dans la direction du développement (voir Figure B.4).

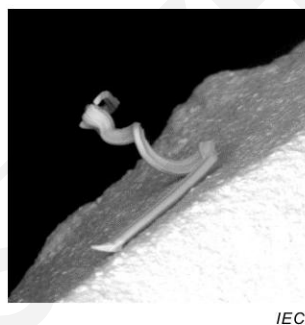


Figure B.4 – Trichite déformée

e) Trichite en spirale

Trichite de forme courbée (voir Figure B.5).

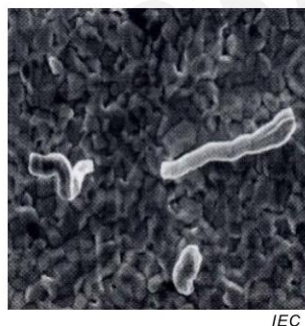


Figure B.5 – Trichite en spirale

Annexe C (informative)

Recommandations relatives aux critères d'acceptation

C.1 Risques attribués aux trichites

Le principal risque associé aux trichites réside dans la formation d'une connexion électrique entre deux surfaces conductrices indépendantes, généralement qualifiée de court-circuit. Un court-circuit ayant pour origine une trichite peut générer un dommage important, par exemple dans des circuits à faible impédance par fusion ou par production d'un arc électrique dans le vide, voire le dysfonctionnement général d'un dispositif.

Les trichites sont supposées pénétrer dans les revêtements du côté faisant saillie.

Ainsi, le risque pour une trichite de former un court-circuit est lié uniquement à la proximité de surfaces conductrices sur des circuits électroniques ou électriques, par exemple sur des cartes de circuits imprimés. Cela signifie que pour des boîtiers plats quadrangulaires modernes de circuits intégrés, la plus petite distance, d , comme représentée à la Figure C.1, s'est réduite à 0,1 mm. Pour des composants passifs de très petite "taille 01005", la plus petite distance de 0,13 mm seulement figure dans la documentation disponible.

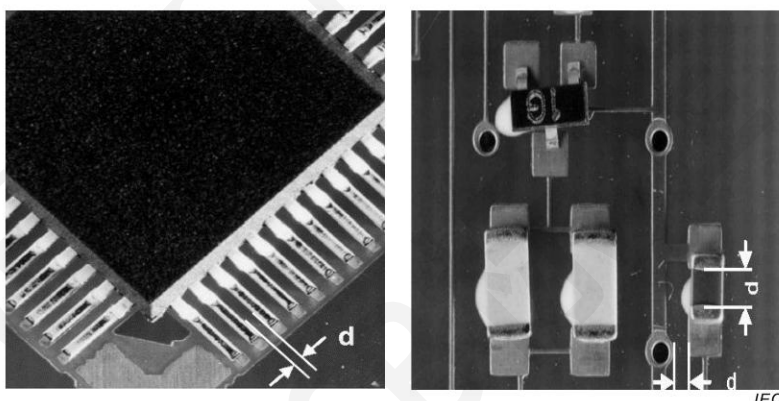


Figure C.1 – Plus petite distance des composants et des cartes de circuits imprimés

Par ailleurs, les normes relatives à la qualité d'exécution applicables aux cartes de circuits imprimés permettent un défaut d'alignement des sorties des composants par rapport à la pastille de soudage, ce qui entraîne une réduction de la plus petite distance susmentionnée.

De plus, du fait de la durée d'essai limitée, le développement de toute trichite peut ne pas avoir atteint sa longueur définitive. Une marge de sécurité peut se révéler appropriée pour tenir compte de l'approximation asymptotique supplémentaire de la longueur définitive de toute trichite.

C.2 Critères d'acceptation applicables à la longueur des trichites

Sauf disposition contraire de la spécification correspondante, il est recommandé de considérer toute trichite d'une classe supérieure à la classe 4 comme un échec pour les applications d'insertion à force; pour toutes les autres applications, il est recommandé de considérer toute trichite d'une classe supérieure à la classe 1 comme un échec (pour la définition des différentes classes, voir Tableau 3). Il existe, toutefois, des applications avec lesquelles la densité de tassement est différente qui peuvent tolérer des critères d'acceptation différents qui doivent être spécifiés dans la spécification. Avec des processus optimisés et

des électrolytes, la classe 0 peut être satisfaite pour les composants électroniques/électromécaniques.

C.3 Critères d'acceptation applicables à la densité des trichites

La densité des trichites, c'est-à-dire leur dénombrement par surface, n'est en aucun cas associée aux risques attribués aux trichites. Il n'existe aucune preuve tangible afférente à tout type de corrélation entre la densité des trichites, l'uniformité de cette dernière sur une surface définitive et la longueur des trichites. Il n'est aucunement justifié d'établir des critères d'acceptation basés sur la densité des trichites.

C.4 Evaluation statistique du nombre et de la longueur des trichites

Pour l'évaluation statistique de la longueur des trichites et l'estimation d'une probabilité de longueur d'une trichite au-dessus d'une valeur donnée (par exemple limite supérieure de spécification), plusieurs éléments doivent être considérés.

- a) La classification à des fins d'évaluation statistique doit être adoptée; la classification de 8.5 ne peut être utilisée de manière générale.
- b) Distribution de la longueur des trichites: une distribution log-normale est généralement attendue pour la croissance des trichites.
- c) En particulier, les courtes longueurs de trichites sont d'une très grande importance pour une évaluation statistique.
- d) La probabilité calculée pour les trichites supérieures à la limite doit faire l'objet d'un accord entre les parties concernées.

C.5 Exemple d'évaluation statistique

Pour une évaluation statistique, différents outils logiciels peuvent être utilisés. L'utilisation d'un tel logiciel permet d'obtenir des résultats différents en fonction du regroupement et de l'utilisation de la distribution de la longueur des trichites. Les mêmes données de base peuvent uniquement montrer des probabilités de trichites calculées différentes en modifiant le groupement de la longueur mesurée des trichites.

Si toutes les trichites (y compris la classe 0) ne sont pas prises en compte dans l'évaluation statistique, la probabilité de la plus longue trichite n'est généralement pas correcte et serait trompeuse.

Une estimation correcte de la probabilité peut uniquement être obtenue par un mesurage et une classification corrects de la longueur des trichites. Le résultat d'un tel calcul est représenté à la Figure C.2, à la Figure C.3 et à la Figure C.4.

Dans l'exemple donné ici, la situation suivante est supposée. Après l'inspection finale des trichites, 568 trichites ont été identifiées au total (distribution donnée dans le Tableau C.1).

La plus longue trichite a une longueur de 268 μm .

Les longueurs réelles mesurées pour les trichites supérieures à 50 μm sont indiquées ci-dessous par ordre décroissant. Les autres trichites ne sont pas enregistrées ici explicitement afin de réduire la longueur de la liste, mais elles sont pertinentes pour l'évaluation de la probabilité.

268, 120, 110, 110, 108, 105, 100, 80, 80, 78, 76, 74, 71, 71, 70, 69, 69, 63, 62, 62, 60, 58, 57, 56, 55, 55, 52, 50, 50

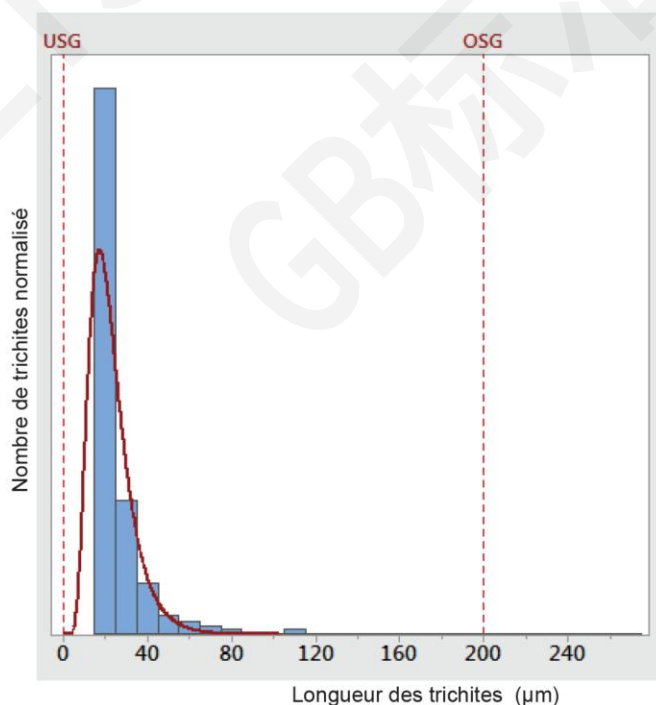
Le Tableau C.1 a été utilisé pour compter et documenter le nombre de trichites d'une certaine longueur d'après le Tableau 7.

Tableau C.1 – Classification de la longueur mesurée des trichites

	Longueur des trichites individuelles	Nombre de trichites observées
Classe 0	< 25 μm	394
Classe 1	$\geq 25 \mu\text{m}$ et < 50 μm	145
Classe 2	$\geq 50 \mu\text{m}$ et < 100 μm	22
Classe 3	$\geq 100 \mu\text{m}$ et < 200 μm	6
Classe 4	$\geq 200 \mu\text{m}$ et < 400 μm	1
Classe 5	$\geq 400 \mu\text{m}$ et < 600 μm	0
Classe 6	$\geq 600 \mu\text{m}$ et < 1 000 μm	0
Classe 7	$\geq 1000 \mu\text{m}$	0

A partir de ces informations, la probabilité qu'une trichite atteigne 200 μm a été calculée à l'aide d'un logiciel standard. Les résultats sont représentés à la Figure C.2, à la Figure C.3 et à la Figure C.4.

La Figure C.2 représente le résultat de l'utilisation de la longueur mesurée des trichites sans effectuer de classification conformément au Tableau 7. Dans ce cas, la probabilité d'une trichite d'une longueur de 200 μm est de 1 760 parties par million.



IEC

Figure C.2 – Histogramme des longueurs des trichites et distribution log-normale ajustée

En cas d'utilisation d'une classification conforme au Tableau 7, le même résultat est obtenu pour la probabilité (1 760 parties par million) pour une trichite d'une longueur de 200 μm (voir Figure C.3).

Ce n'est bien sûr pas le cas dans toutes les situations possibles, mais cela montre que la classification de la longueur des trichites peut conduire à un résultat raisonnable avec un effort raisonnable.

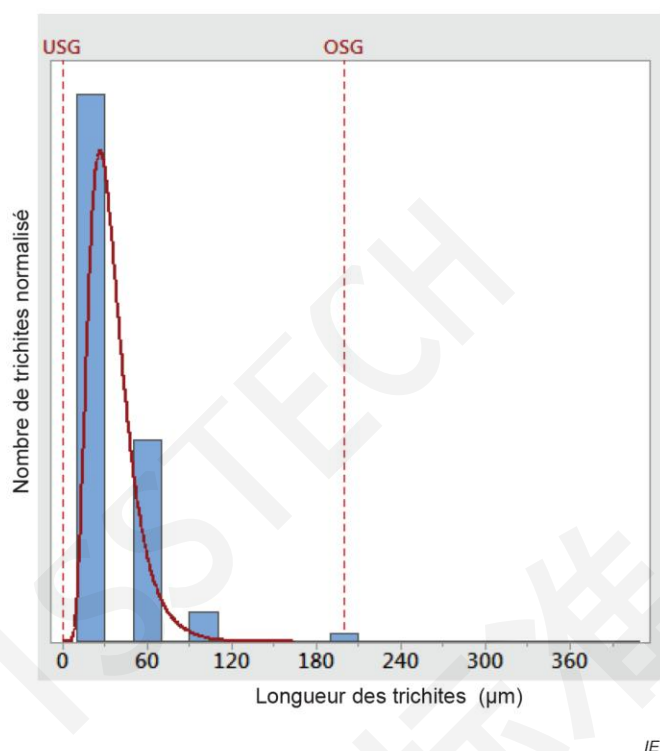
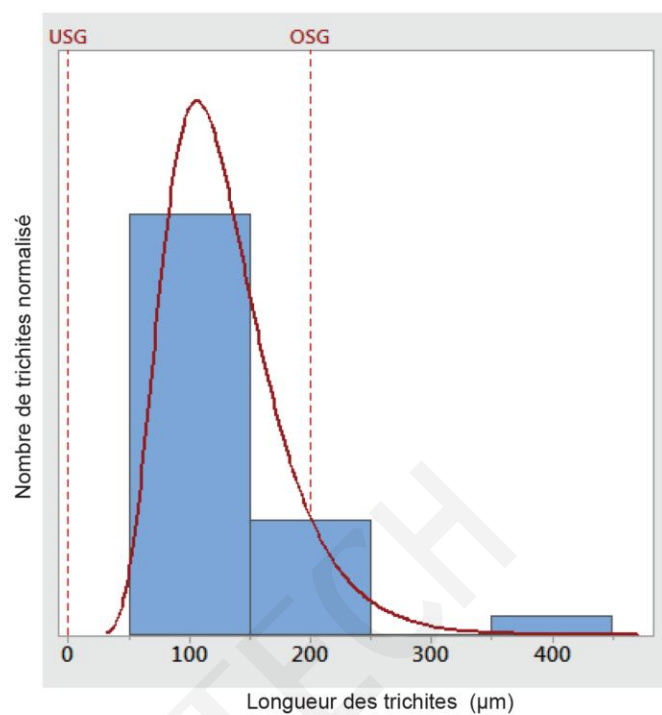


Figure C.3 – Histogramme des longueurs des trichites et distribution log-normale ajustée

La Figure C.4 représente la situation où seules les trichites d'une longueur $\geq 50 \mu\text{m}$ ont été comptées dans le Tableau 7. Dans ce cas, la probabilité pour une trichite d'une longueur de 200 μm est calculée comme étant de 34 482 parties par million, ce qui est environ 20 fois plus élevé que la probabilité qui est obtenue en tenant compte des trichites plus courtes.

Ceci souligne que toutes les trichites sont pertinentes et doivent être prises en compte pour obtenir la probabilité correcte pour une certaine longueur de trichites.



IEC

Figure C.4 – Histogramme des longueurs des trichites et distribution log-normale ajustée

Annexe D (informative)

Contexte technique du développement des trichites

Le contexte technique et les mécanismes sous-jacents du développement des trichites dans les différentes conditions d'essai sont décrits en détail dans l'IEC TR 60068-3-82. Ci-après, seul un aperçu du contexte technique du développement des trichites est donné.

Il est généralement accepté que les facteurs suivants sont les principaux facteurs déterminant la propension au développement des trichites:

- la composition, la microstructure et la géométrie du matériau du composant (matériau de base);
- la composition, la microstructure et la géométrie de la couche inférieure (ou du système de couches inférieures);
- la composition, la microstructure et la géométrie (épaisseur) du placage en Sn.

Une trichite est le résultat de la recristallisation de l'étain et son développement dépend de la contrainte de compression qui s'exerce sur le dépôt. La contrainte de compression est générée par une ou plusieurs des mécanismes suivants:

- les contraintes intrinsèques résultant du processus de placage;
- les contraintes thermiques résultant d'un décalage du coefficient de dilatation thermique (CTE) entre le matériau de base et le placage final en Sn ou en alliage de Sn;
- les contraintes induites par la formation irrégulière de Cu_6Sn_5 le long des joints des grains de Sn par la diffusion de Cu dans le Sn;
- les contraintes dues aux processus d'oxydation dans le placage en Sn ou en alliage de Sn;
- les contraintes dues à des forces mécaniques externes, par exemple cintrage, insertion à force de contacts.

Ces contraintes ne s'exercent pas toutes simultanément, et peuvent se compenser les unes les autres, traduisant ainsi la complexité du phénomène. Les méthodes de vérification des trichites sont établies en tenant compte des mécanismes ci-dessus, en utilisant le stockage ambiant, le stockage à la chaleur humide et le cycle de température comme principales conditions d'environnement. Les contraintes résultant de forces mécaniques externes sont également couvertes.

Annexe E **(normative)**

Scénarios de transition pour le changement des conditions d'essai de chaleur humide

La présente annexe décrit des scénarios de transition acceptables pour le passage aux nouvelles conditions d'essai de chaleur humide.

NOTE 1 Les conditions d'essai de chaleur humide de l'IEC 60068-2-82:2007 couvrent les cas d'utilisation limitée/charges sur le terrain (par exemple l'électronique grand public à durée de vie limitée comme les téléphones cellulaires, les applications industrielles dépendant de l'environnement d'utilisation finale, ainsi que les applications critiques pour l'entreprise comme les infrastructures de télécommunications, les serveurs). La nouvelle condition d'essai de chaleur humide couvre un plus large éventail d'environnements d'utilisation finale, comme les applications grand public, industrielles et d'environnements difficiles (par exemple l'électronique automobile) en raison de la plus grande sévérité d'essai imposée par la condition d'essai 1.

NOTE 2 Sur la base d'une enquête sur l'industrie comprenant une grande variété de différents types d'ensembles et de fabricants de composants, la plupart des pièces soumises aux essais des trichites peuvent satisfaire à l'essai de 85 °C/85 % H.R., 1 000 h, basé sur les critères d'acceptation de classe 1. Pour les pièces qui ne satisfont pas aux critères d'acceptation de la classe 1 après un essai à 85 °C/85 % H.R., 1 000 h, il est généralement possible d'améliorer les processus, ce qui se traduit par des résultats satisfaisants également pour cette condition d'essai. Pour plus de détails, voir IEC TR 60068-3-82.

Si la spécification correspondante appelle l'utilisation de l'IEC 60068-2-82 sans référence datée à la norme d'essai, la nouvelle condition d'essai de chaleur humide doit être adoptée immédiatement pour les nouvelles qualifications des composants, sauf si les composants sont destinés exclusivement à être utilisés dans des applications de niveau A ou B (voir 3.5 et 6.3 pour plus de détails).

Les voies pour le maintien d'une qualification existante basée sur l'essai de chaleur humide, effectué à 55 °C et 85 % H.R. (condition 2), pour les nouvelles qualifications basées sur l'essai de chaleur humide à 85 °C et 85 % H.R. (condition 1) et pour la transition d'une qualification d'essai de chaleur humide utilisant la condition 2 à la condition 1 sont illustrées à la Figure E.1. La surveillance est également prise en compte à la Figure E.1.

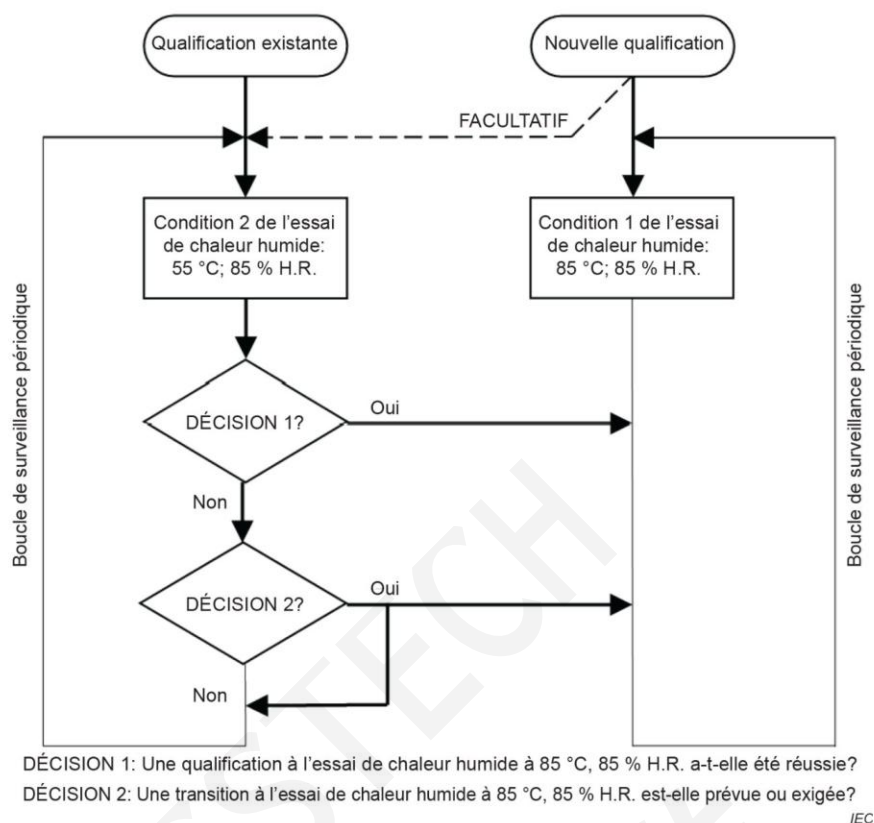


Figure E.1 – Voies de transition pour les essais de chaleur humide de composants

Les deux conditions 1 et 2 de l'essai de chaleur humide peuvent être utilisées en parallèle pour la surveillance et pour les nouvelles qualifications, au choix du fabricant, le résultat combiné étant conclu comme indiqué dans le Tableau E.1. Cela implique que la condition d'essai 2 peut être utilisée comme arbitre pour toutes les nouvelles qualifications menées en utilisant la condition d'essai 1.

Tableau E.1 – Matrice de conclusion pour des essais de chaleur humide parallèles

		Essai de chaleur humide utilisant les conditions d'essai 1 (85 °C, 85 %, 1 000 h)	
		Succès	Echec
Essai de chaleur humide utilisant les conditions d'essai 2 (55 °C, 85 %, 2 000 h ou 4 000 h)	Succès	Succès	Succès
	Echec	Succès	Echec

Quel que soit le verdict combiné, tout "échec" doit déclencher une analyse des causes profondes et une amélioration des processus.

Si aucune modification conformément à l'Article 9 n'est effectuée pour des pièces déjà qualifiées, le passage à la nouvelle condition d'essai de chaleur humide 85 °C/85 % H.R. n'est pas exigé. Cependant, compte tenu de la note 2, un changement est recommandé.

Bibliographie

IEC TR 60068-3-82, *Essais d'environnement – Partie 3-82: Contexte technique des essais des trichites*²

IEC 61191-1, *Ensembles de cartes imprimées – Partie 1: Spécification générique – Exigences relatives aux ensembles électriques et électroniques brasés utilisant les techniques de montage en surface et associées*

IEC 61249-2-7, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-7: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuille stratifiée tissée de verre E avec de la résine époxyde, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquée cuivre*

IEC 61249-2-22, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-22: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde non halogéné modifié, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale), plaquées cuivre*

IEC 61249-2-35, *Matériaux pour circuits imprimés et autres structures d'interconnexion – Partie 2-35: Matériaux de base renforcés, plaqués et non plaqués – Feuilles stratifiées en tissu de verre de type E époxyde modifié, plaquées cuivre, d'inflammabilité définie (essai de combustion verticale) pour les assemblages sans plomb*

JESD 201A, September 2008, *Environmental acceptance requirements for tin whisker susceptibility of tin and tin alloy surface finished* (disponible en anglais uniquement)

² À l'étude.

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

3, rue de Varembé
PO Box 131
CH-1211 Geneva 20
Switzerland

Tel: + 41 22 919 02 11
Fax: + 41 22 919 03 00
info@iec.ch
www.iec.ch

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60721-3-0

Edition 1.1

2002-10

Edition 1:1984 consolidée par l'amendement 1:1987
Edition 1:1984 consolidated with amendment 1:1987

Classification des conditions d'environnement –

Partie 3:

**Classification des groupements des agents
d'environnement et de leurs sévérités –
Introduction**

Classification of environmental conditions –

Part 3:

**Classification of groups of environmental
parameters and their severities –
Introduction**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 60721-3-0:1984+A1:1987

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (http://www.iec.ch/searchpub/cur_fut.htm) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (http://www.iec.ch/online_news/justpub/jp_entry.htm) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

60721-3-0

Edition 1.1

2002-10

Edition 1:1984 consolidée par l'amendement 1:1987
Edition 1:1984 consolidated with amendment 1:1987

Classification des conditions d'environnement –

**Partie 3:
Classification des groupements des agents
d'environnement et de leurs sévérités –
Introduction**

Classification of environmental conditions –

**Part 3:
Classification of groups of environmental
parameters and their severities –
Introduction**

© IEC 2002 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

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'éditeur.

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 the publisher.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembe, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

CC

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	4
1 Domaine d'application.....	8
2 Objet	8
3 Contenu et présentation.....	8
4 Informations générales pour le choix des agents d'environnement et des sévérités pour les catégories.....	10
5 Guide d'application de la CEI 60721-3	14
5.1 Conditions générales	14
5.2 A la construction, à la délimitation des conditions et à la protection	14
5.3 Pour définir les niveaux appropriés aux essais d'homologation	16
6 Durée et fréquence des événements.....	18
6.1 Généralités	18
6.2 Durée et fréquence des événements.....	18
Annexe A Exemples d'application	22
Figure 1 – Illustration de la fraction de temps ou de la fraction du nombre d'événements pendant laquelle une certaine sévérité de l'environnement est dépassée	12
Tableau 1 – Durée totale de l'application.....	20
Tableau 2 – Durée maximale d'un événement	20
Tableau 3 – Fréquence des événements	20

CONTENTS

FOREWORD	5
1 Scope	9
2 Object.....	9
3 Content and layout.....	9
4 Background information for the selection of environmental parameters and severities for the classes.....	11
5 Guidance for the use of IEC 60721-3	15
5.1 General	15
5.2 In the design, limitation of conditions and protection.....	15
5.3 For defining appropriate levels for qualification testing	17
6 Duration and frequency of occurrence.....	19
6.1 General	19
6.2 Duration and frequency of occurrence	19
Appendix A Examples of application	23
Figure 1 – Illustration of the fraction of time or fraction of the total number of events when a certain environmental severity is exceeded	13
Table 1 – Total duration of application.....	21
Table 2 – Maximum duration of single occurrence.....	21
Table 3 – Frequency of occurrence	21

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Introduction

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes internationales. 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 la CEI, participent également aux travaux. La CEI 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 la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les documents produits se présentent sous la forme de recommandations internationales. Ils sont publiés comme normes, spécifications techniques, rapports techniques ou guides et agréés comme tels par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Norme internationale peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 60721-3-0 a été établie par le comité d'études 104 de la CEI: Conditions, classification et essais d'environnement.¹⁾

La présente version consolidée de la CEI 60721-3-0 comprend la première édition (1984) [documents 75(BC)13 et 75(BC)17, son amendement 1 (1987) [documents 75(BC)21 et 75(BC)28 et son corrigendum 1 (1985).

Le contenu technique de cette version consolidée est donc identique à celui de l'édition de base et à son amendement; cette version a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

Elle porte le numéro d'édition 1.1.

Une ligne verticale dans la marge indique où la publication de base a été modifiée par l'amendement 1 et le corrigendum.

Il est à noter que la présente norme constitue une partie d'une série consacrée aux sujets suivants:

- Classification des agents d'environnement et de leurs sévérités (CEI 60721-1).
- Conditions d'environnement présentes dans la nature (CEI 60721-2).
- Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités (CEI 60721-3).

¹⁾ Le comité d'études 75 de la CEI: «Classification des conditions d'environnement» a été transformé en comité d'études 104.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS –

**Part 3: Classification of groups of environmental parameters
and their severities – Introduction**

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the 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, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 the 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 National Committees.
- 3) The documents produced have the form of recommendations for international use and are published in the form of standards, technical specifications, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.
- 6) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this International Standard may be the subject of patent rights. The IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 60721-3-0 has been prepared by IEC technical committee 104: Environmental conditions, classification and methods of test.¹⁾

This consolidated version of IEC 60721-3-0 consists of the first edition (1984) [documents 75(CO)13 and 75(CO)17], its amendment 1 (1987) [documents 75(CO)21 and 75(CO)28] and its corrigendum 1 (1985).

The technical content is therefore identical to the base edition and its amendment and has been prepared for user convenience.

It bears the edition number 1.1.

A vertical line in the margin shows where the base publication has been modified by its amendment 1 and corrigendum.

It should be noted that this standard forms one part of a series intended to deal with the following subjects:

- Classification of environmental parameters and their severities (IEC 60721-1).
- Environmental conditions appearing in nature (IEC 60721-2).
- Classification of groups of environmental parameters and their severities (IEC 60721-3).

¹⁾ IEC technical committee 75: "Classification of environmental conditions" has been transformed into technical committee 104.

La publication suivante de la CEI est citée dans la présente norme.

CEI 60068: *Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique.*

Le comité a décidé que le contenu de cette publication ne sera pas modifié avant 2007.
A cette date, la publication sera

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

WEISSSTECH
GB标准

The following IEC publication is quoted in this standard:

IEC 60068, *Basic environmental testing procedures*

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until 2007. At this date, the publication will be

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

WEISSSTECH
GB标准

CLASSIFICATION DES CONDITIONS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 3: Classification des groupements des agents d'environnement et de leurs sévérités – Introduction

1 Domaine d'application

La CEI 60721-3, définit les catégories des agents d'environnement et leurs degrés de sévérités, couvrant les conditions extrêmes (de courte durée) auxquelles un produit peut être exposé lorsqu'il est transporté, installé, mis en stock et utilisé. Ces catégories dépendent des applications du produit (par exemple à poste fixe protégé des intempéries, monté dans des véhicules terrestres, transporté). Le degré de restriction de l'emploi du produit est aussi considéré par les catégories, en partant de conditions très limitées (par exemple enceinte à température contrôlée) jusqu'à des conditions non limitées.

La classification couvre à la fois les conditions naturelles et les conditions créés par l'homme.

2 Objet

Cette introduction est un guide pour l'emploi de toutes les parties de la CEI 60721-3. Elle contient des informations générales y compris des renseignements sur l'application et les limites des catégories indiquées dans les différentes parties de la CEI 60721-3. Elle définit les différences entre les conditions d'environnement auxquelles le produit sera confronté pendant sa vie, décrites par les catégories dans la CEI 60721-3, et les conditions d'essais utilisées pour s'assurer que le produit se comportera de manière satisfaisante face à de telles conditions. L'emploi de la CEI 60721-3 pour la construction, la délimitation des conditions et la protection est aussi prévu. Les différences entre des conditions extrêmes qui ont très peu de chances d'être dépassées, et dont on ne s'approche que pendant de courtes périodes, et des conditions normales d'environnement pour des périodes de plus longue durée sont aussi expliquées.

La présente introduction donne également des directives pour appliquer les facteurs de durée et de fréquence des événements lors de la détermination de la contribution apportée par un agent de classe important.

Une référence à la présente CEI 60721-3-0 est fortement recommandée afin d'éviter un emploi abusif des catégories définies dans les autres parties de la CEI 60721-3.

3 Contenu et présentation

Des groupes séparés de catégories de conditions d'environnement sont donnés pour les applications suivantes du produit:

CEI 60721-3-1: *Stockage;*

CEI 60721-3-2: *Transport;*

CEI 60721-3-3: *Utilisation à poste fixe, protégé contre les intempéries;*

CEI 60721-3-4: *Utilisation à poste fixe, non protégé contre les intempéries;*

CLASSIFICATION OF ENVIRONMENTAL CONDITIONS –

Part 3: Classification of groups of environmental parameters and their severities – Introduction

1 Scope

IEC 60721-3, covering the extreme (short-term) conditions which may be met by a product when being transported, installed, stored and used. Separate groups of classes are given for different product applications (e.g. weather-protected stationary, mounted in ground vehicles, transportation). The classes also take into account the degree of restriction of the use of the product from very restricted conditions (e.g. in temperature-controlled rooms) to unrestricted conditions.

The classification covers natural as well as man-made conditions.

2 Object

This introduction is a guide for the use of all parts of IEC 60721-3. It contains background information including information on application and limitation of the classes given in various parts of IEC 60721-3. It describes the difference between the environmental conditions the product will meet during its life, described by the classes in IEC 60721-3, and conditions of test used to assure that the product will work satisfactorily under such environmental conditions. The use of IEC 60721-3 in the design, limitation of conditions and protection is also included. The difference are explained between extreme environmental conditions with a small probability of being exceeded, normally approached only for short periods, and more long-lasting normal environmental conditions.

This introduction also gives guidance for applying factors of duration and frequency of occurrence in characterizing the contribution of a significant parameter of a class.

Reference to IEC 60721-3-0 is strongly recommended in order to avoid misuse of the classes defined in the other part of IEC 60721-3.

3 Content and layout

Separate groups of classes of environmental conditions are given for the following product applications:

IEC 60721-3-1: *Storage*;

IEC 60721-3-2: *Transportation*;

IEC 60721-3-3: *Stationary use, weather-protected*;

IEC 60721-3-4: *Stationary use, non-weatherprotected*;

CEI 60721-3-5: *Installations des véhicules terrestres;*

CEI 60721-3-6: *Environnement des navires;*

CEI 60721-3-7: *Utilisation en déplacement.*

Les catégories sont identifiées par:

- un chiffre définissant l'application (1 pour le stockage, 2 pour le transport, 3 pour l'utilisation à poste fixe, etc.);
- une lettre pour les conditions climatiques (K), conditions biologiques (B), substances chimiquement actives (C), substances mécaniquement actives (S) ou conditions mécaniques (M). Liste à augmenter si nécessaire;
- un autre chiffre indiquant la sévérité, un chiffre plus élevé indiquant normalement des conditions plus sévères. Une catégorie peut être en outre divisée en H (haute) et L (basse) pour tenir compte de conditions où, par exemple, la température peut être particulièrement basse, sans jamais être haute.

Exemple: Catégorie 2K3

où

2 = transport;

K = conditions climatiques;

3 = sévérité.

Les parties de la CEI 60721-3 contiennent des tableaux indiquant toutes les catégories, y compris la sévérité de chaque agent d'environnement pour chaque catégorie. En outre, chaque publication comprend une annexe donnant des détails sur les conditions que le produit est susceptible de rencontrer et qui forment la base des catégories. Ces annexes sont destinées à guider l'utilisateur de la publication dans son choix de la catégorie convenable pour son application spéciale du produit.

4 Informations générales pour le choix des agents d'environnement et des sévérités pour les catégories

Les agents d'environnement spécifiés pour une catégorie sont ceux, par la catégorie, auxquels le produit sera soumis. Ils sont choisis en utilisant le jeu complet des agents d'environnement de la CEI 60721-1, en tant que liste de contrôle.

Les sévérités spécifiées pour chaque agent d'environnement sont celles qui sont dépassées soit pendant une fraction insignifiante de la durée totale de l'exposition continue (par exemple, condition de température), soit pendant une fraction insignifiante du nombre total d'événements (par exemple, chocs). Ainsi les catégories données dans la CEI 60721-3 peuvent être utilisées pour définir les contraintes d'environnement maximales de courte durée d'un produit mais ne donnent aucune information sur les contraintes d'environnement pour une longue durée ou pour la durée de vie totale du produit. Cela est illustré dans la Figure 1.

IEC 60721-3-5: *Ground vehicle installations;*

IEC 60721-3-6: *Ship environment;*

IEC 60721-3-7: *Portable and non-stationary use.*

The classes are identified by:

- a digit defining the application (1 for storage, 2 for transportation, 3 for stationary use, etc.);
- a letter for climatic conditions (K), biological conditions (B), chemically active substances (C), mechanically active substances (S) or mechanical conditions (M). To be extended if necessary;
- a further digit indicating severity, where a higher digit normally indicated more stringent conditions. A class may be further divided into H (High) or L (Low) to allow for conditions where, for example, the temperature may be severely low but never high.

Example: Class 2K3

where

2 = transportation;

K = climatic conditions;

3 = severity.

The parts of IEC 60721-3 contain tables giving all classes, including the severity of each environmental parameter for each class. In addition, every publication includes an appendix giving details of conditions which products are assumed to meet and which form a basis for the classes. These appendices are intended to guide the user of the publication in his selection of the class appropriate to his special product application.

4 Background information for the selection of environmental parameters and severities for the classes

The environmental parameters listed for a class are the conditions covered by the class to which a product will be subjected. They are selected by using the complete set of environmental parameters in IEC 60721-1 as a "check list".

The severities given for each environmental parameter are those which are exceeded either for an insignificant part of the continuous exposure time (e.g. temperature conditions), or for an insignificant fraction of the total number of events (e.g. shocks). Thus the classes given in IEC 60721-3 can be used for defining the maximum short-term environmental stresses of a product, but do not give any information of the long-term, or total live duration of the product environmental stresses. This is illustrated in Figure 1.

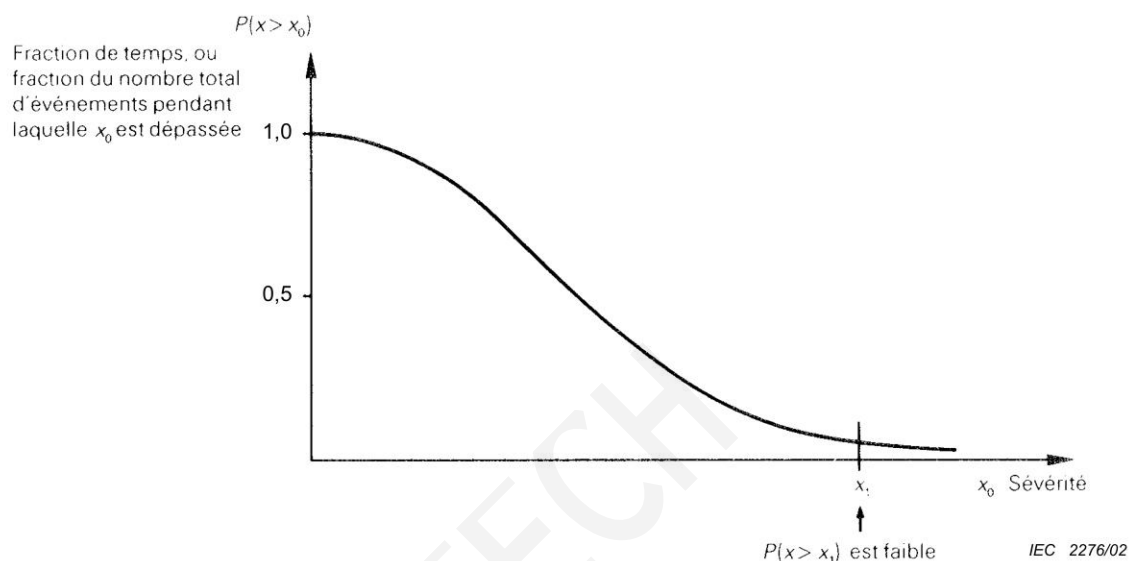


Figure 1 – Illustration de la fraction de temps ou de la fraction du nombre d'événements pendant laquelle une certaine sévérité de l'environnement est dépassée

Les sévérités données dans la classification sont représentées par une seule valeur x_1 , tandis que les informations exigées pour définir les contraintes totales d'environnement pendant la vie d'un produit comprennent la courbe totale $P(x > x_0)$ pour toutes les valeurs de x_0 .

Bien que les données disponibles ne permettent pas de donner une valeur exacte du niveau de probabilité utilisé dans la classification, $P(x > x_1)$ est habituellement considérablement inférieur à 0,01.

Un produit est simultanément exposé à un grand nombre des agents d'environnement. Quelques-uns des agents sont statistiquement dépendants, par exemple vent faible et basse température, rayonnement solaire et température élevée. D'autres agents sont statistiquement indépendants, par exemple vibrations et température (normalement).

La probabilité d'une exposition simultanée aux sévérités extrêmes des agents d'environnement indépendants x et y est égale au produit des probabilités d'exposition à chacun des agents, c'est-à-dire:

$$P(x, y > x_1, y_1) = P(x > x_1) \cdot P(y > y_1)$$

Exemple: Si la probabilité de dépasser chacun des agents

$$P(x > x_1) = P(y > y_1) = 0,01, \text{ alors } P(x, y > x_1, y_1) = 0,0001$$

Il convient de remarquer que, dans de nombreux cas, le produit n'est exposé que pendant des durées limitées à l'environnement dont les données statistiques ont été réunies. Dans de tels cas, ont été choisies des sévérités dans la classification qui ont une probabilité d'être supérieure à 0,01. En conséquence, la probabilité de combinaison de l'exposition du produit à l'environnement et de la limite de sévérité dans la catégorie est raisonnable (ordre de grandeur de 0,01).

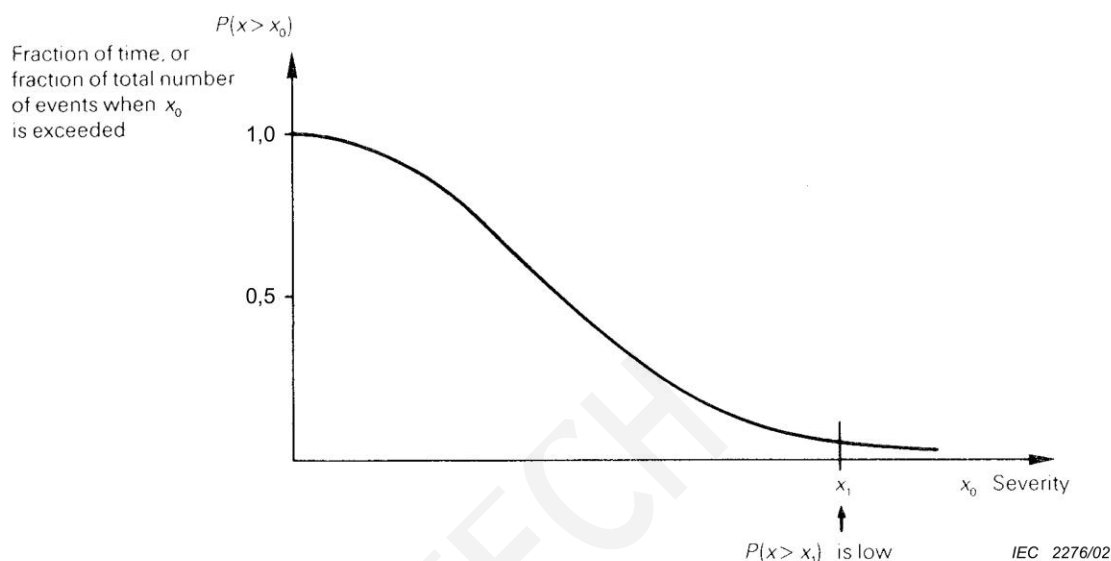


Figure 1 – Illustration of the fraction of time or fraction of the total number of events when a certain environmental severity is exceeded

The severities given in the classification are represented by one value x_1 , whilst the information needed for defining the totality of environmental stresses during the lifetime of a product includes the total curve, $P(x > x_0)$ for all values of x_0 .

Although available data do not make it possible to give an exact figure on the probability level used in the classification, $P(x > x_1)$ is usually considerably less than 0,01.

A product will be simultaneously exposed to a large number of environmental parameters. Some of the parameters are statistically dependent, for example, low air velocity and low temperature, sun radiation and high temperature. Other parameters are statistically independent, for example vibration and temperature (normally).

The probability of simultaneous exposure to extreme severities of independent environmental parameters x and y is equal to the product of the probabilities of exposure to each of the parameters, i.e.:

$$P(x, y > x_1, y_1) = P(x > x_1) \cdot P(y > y_1)$$

Example: If the probability of exceeding each of the parameters

$$P(x > x_1) = P(y > y_1) = 0,01, \text{ then } P(x, y > x_1, y_1) = 0,0001$$

It should be noted that in many cases the product is exposed for only limited periods to the environment from which the statistical data have been collected. In such cases severities in the classification have been selected which have a probability higher than 0,01 of being exceeded. Consequently, the probability of the combination of the product being exposed to the environment and of the class limit severity is reasonable (in the order of magnitude of 0,01).

5 Guide d'application de la CEI 60721-3

5.1 Conditions générales

Tous les produits doivent être construits de façon à se maintenir et à fonctionner dans des conditions d'environnement plus ou moins sévères. Fondamentalement, ils seront affectés de deux manières par l'environnement:

- par les effets de conditions d'environnement extrêmes de courte durée, lesquelles peuvent directement causer des défauts de fonctionnement ou détruire le produit;
- par les effets d'une exposition de longue durée à des contraintes d'environnement non extrêmes, lesquelles peuvent dégrader le produit lentement et finalement causer un défaut de fonctionnement ou détruire le produit.

Les conditions d'environnement extrêmes de courte durée, définies dans la CEI 60721-3, peuvent se produire à n'importe quel moment de la vie d'un produit. Un produit peut ne pas être influencé par une condition extrême quand il est neuf mais, exposé à la même condition après avoir été utilisé pendant une longue période, il peut être détruit à cause du vieillissement.

Les conditions extrêmes peuvent influencer le produit:

- seulement lorsque le produit ne fonctionne pas (par exemple pendant le stockage et le transport),
- seulement lorsque le produit est en fonctionnement,

ou dans les deux conditions. Pour cette raison, il est très important que la spécification du produit, en faisant référence à une certaine catégorie de la CEI 60721-3, définisse s'il est exigé que le produit soit en état de fonctionner ou seulement de se maintenir sans dommages permanents, quand il est exposé aux conditions décrites par la catégorie.

Les catégories d'environnement peuvent être utilisées comme bases pour le choix des niveaux de construction et d'essai. Cela ne signifie pas que les limites des catégories soient utilisées comme des niveaux de construction et d'essai, ni qu'un taux de défaillances nul soit exigé aux limites de catégorie. Il faut que les niveaux de construction et d'essai soient toujours choisis, de cas en cas, en considérant le risque de défaillance acceptable, c'est-à-dire avec une sévérité plus élevée ou plus faible, selon les conséquences attendues de la défaillance.

5.2 A la construction, à la délimitation des conditions et à la protection

La CEI 60721-3 est surtout destinée à servir de base à la définition des conditions d'environnement réelles pour lesquelles le produit doit être construit. Le constructeur doit avoir conscience de ce que l'influence physique des conditions d'environnement peut être le résultat d'un certain nombre d'agents d'environnement.

Exemple:

La température la plus élevée obtenue à la surface d'un produit peut être le résultat d'une combinaison de la température de l'air ambiant, du rayonnement solaire, du rayonnement calorifique d'un élément chauffant dans le voisinage, d'un four ouvert, etc.

Le fabricant ou l'utilisateur du produit peut réduire la sévérité d'un agent d'environnement en protégeant le produit, par exemple par l'emploi d'un conteneur pour le transport et le stockage ou par le montage du produit sur des dispositifs amortisseurs de vibration et de chocs. Les sévérités d'environnement données par les catégories dans la CEI 60721-3 doivent ensuite être appliquées au produit avec sa protection, et non pas à lui seul.

5 Guidance for the use of IEC 60721-3

5.1 General

All products have to be designed to survive and work in more or less severe environments. Basically they will be affected by the environmental influences in two ways:

- by the effects of short-term extreme environmental conditions, which may directly cause malfunction or destroy the product;
- by the effect of long-term subjection to non-extreme environmental stresses, which may slowly degrade the product and finally cause malfunction or destruction of the product.

The short-term extreme environmental conditions, defined in IEC 60721-3, may occur at any time in the product's life. A product may be unaffected by an extreme condition when it is new but fail when it is subjected to the same condition after being used for a long period due to the effect of ageing.

Extreme conditions may affect the product:

- only when the product is non-operating (e.g. during storage and transportation),
- only when the product is operating,

or both. It is therefore important for the product specification, when referring to a certain class in IEC 60721-3, to define whether the product is required to be capable of operating or only to survive without permanent damage, when being subjected to the conditions described by the class.

The environmental classes may be used as a basis for the choice of design and test levels. This does not imply that the class limits should be used as design and test levels, nor that zero failure rate should be required at the class limits. Design and test levels must always be chosen from case to case with respect to acceptable risk of failure, i.e. with higher or lower severity depending on expected consequences of failure.

5.2 In the design, limitation of conditions and protection

IEC 60721-3 is basically intended to be used as a basis for defining the actual environmental conditions for which a product has to be designed. The designer must be aware that the physical influence of environmental conditions may be the result of a certain number of environmental parameters.

Example:

The highest temperature achieved on the surface of a product may be the result of the combination of the temperature of the surrounding air, solar radiation, heat radiation from a nearby heating element, open oven, etc.

The manufacturer or user of the product may reduce the severity of an environmental parameter by protecting the product, for example, by using an enclosure for transportation and storage or by mounting the product on vibration or shock isolators. The environmental severities given by the classes in IEC 60721-3 shall then be applied to the product including its protection, not to the product itself.

Au moyen des informations données dans les annexes des différentes parties de la CEI 60721-3, il est possible au fabricant et à l'utilisateur du produit de définir des restrictions lors du transport, du stockage ou de l'utilisation du produit, qui conduiront à ranger l'application dans une catégorie de sévérité plus faible.

Il est souvent économique et techniquement important de trouver un optimum entre:

- la résistance à l'environnement du produit non protégé;
- la protection du produit contre les influences d'environnement;
- les restrictions de transport, de stockage et d'utilisation du produit.

Il doit être observé que le surdimensionnement d'un produit, afin qu'il supporte des conditions d'environnement plus sévères que nécessaire, n'aboutira pas nécessairement à une sûreté de fonctionnement plus élevée. Un surdimensionnement ou des dispositifs de protection incorporés sans nécessité peuvent conduire à un produit plus compliqué avec un nombre plus élevé de modes de défaillance. De plus, le surdimensionnement des produits ainsi que des exigences inutiles sur l'emplacement afin de garantir des conditions d'environnement moins sévères que nécessaire, peuvent devenir très coûteux.

5.3 Pour définir les niveaux appropriés aux essais d'homologation

Comme cela a été mentionné au 5.2 ci-dessus, les catégories de la CEI 60721-3 peuvent être utilisées comme base pour la construction, la protection et l'introduction de restrictions. La démonstration de la capacité du produit à satisfaire aux conditions d'environnement comprend un certain nombre d'actions, depuis les instructions sur le choix des matières premières du produit y compris les essais des matériaux, les instructions pour les traitements de surface, etc., jusqu'aux essais des spécimens du produit complet dans des conditions d'environnement simulées.

Les essais sont faits en choisissant les agents d'environnement ou quelquefois des combinaisons de ceux-ci, qui peuvent être nuisibles au produit. Un essai d'environnement prescrit est décrit par:

- l'agent d'environnement;
- la procédure d'essai;
- les sévérités d'essai.

En outre, des exigences relatives au produit particulier sont données, par exemple régime assigné, prescriptions de fonctionnement, dégradation acceptable, etc.

Les procédures des essais climatiques et mécaniques figurent dans la CEI 60068.

Les sévérités utilisées pour les essais doivent être en relation avec la procédure d'essai, qui essaye de produire les effets des environnements réels. Cela diffère souvent de la reproduction des conditions réelles d'environnement.

Exemples:

- Un essai de température élevée sur un produit dissipant de la chaleur est conçu pour simuler l'effet thermique de l'exposition à des conditions de température atmosphérique élevée, au rayonnement solaire et à d'autres sources de chaleur possibles en fonction de l'application.
- Dans un essai de chocs, le produit est exposé à des chocs de formes d'impulsions simples, par exemple semi-sinusoïdales, alors que les conditions réelles ne peuvent pas être décrites par de telles impulsions simples. Une transformation par comparaison du spectre de chocs en conditions réelles avec le spectre de chocs de l'impulsion d'essai est nécessaire.

By means of the information given in the appendices to the various parts of IEC 60721-3 it is possible for the manufacturer and user to define restrictions in the transportation, storage or use of the product, which will bring the application into compliance with a lower severity class.

It is often economical and technically important to find an optimum between:

- the environmental resistance of the unprotected product;
- the protection of the product from environmental influences;
- restrictions in transportation, storage and use of the product.

It should be noted that an overdesign of a product, in order to withstand environmental conditions more extreme than necessary, does not necessarily result in higher reliability. An overdesign or unnecessary built-in protection may lead to a more complex product with an increased number of failure modes. Furthermore, overdesign of products as well as unnecessary requirements on locations in order to ensure environmental conditions less severe than necessary, can become very expensive.

5.3 For defining appropriate levels for qualification testing

As mentioned under 5.2 above, the classes in IEC 60721-3 can be used as basis for design, protection and introduction of restrictions. Demonstration of the capability of the product to meet the environmental condition includes a number of activities, from instructions for selection of basic materials used in the product including material testing, instructions for surface treatments, etc., to testing of samples of the complete product under simulated environmental conditions.

The testing is made in a selection of the environmental parameters, or sometimes combinations thereof, which may be detrimental to the product. An environmental test requirement is described by:

- environmental parameter;
- testing procedure;
- testing severities.

In addition requirements are given related to the specific product, for example rating, functional requirements, acceptable degradation etc.

Environmental testing procedures for testing are standardized in IEC 60068.

The severities used for testing must be related to the testing procedure, which attempts to produce the effects of the actual environment. This reproduction is often different from the actual environmental conditions.

Examples:

- A high temperature test on a heat dissipating product is designed to simulate the thermal effect of subjecting it to conditions of high air temperature, solar radiation and other possible heat sources dependent on the application.
- In a shock test, the product is subjected to shocks of simple pulse shapes (e.g. half-sine), whilst the actual conditions cannot be described by such simple pulses. A transformation by means of comparing the shock spectrum of the actual conditions with the shock spectrum of the test pulse is needed.

(La transformation des conditions réelles en conditions d'essai n'entre pas dans le cadre de la CEI 60721.)

Les conditions données dans la CEI 60721-3 sont celles qui ont une très faible probabilité d'être dépassées, mais sans marges de sécurité. Outre le choix et la transformation des conditions réelles en conditions d'essai, le rédacteur des exigences d'essai peut ajouter des marges pour couvrir ce qui suit:

- tolérances de l'appareillage d'essai et des dispositifs de commande;
- différences entre le spécimen utilisé pour l'essai et d'autres spécimens du produit;
- autres facteurs.

En résumé, il est souligné que les catégories figurant dans la CEI 60721-3 définissent des conditions réelles d'environnement extrêmes. Elles ne doivent pas normalement être mises directement en application pour des essais d'homologation. Elles pourront, cependant, être employées comme données de base pour définir les niveaux de tels essais, ainsi que les méthodes de transformation des conditions réelles en conditions d'essais, les marges de sécurité, etc.

6 Durée et fréquence des événements

6.1 Généralités

Les sévérités spécifiées dans les classes de la CEI 60721-3 sont celles qui ont une faible probabilité d'être dépassées. Elles se présentent seulement pendant une fraction de temps ou en un nombre limité d'occasions.

Pour certaines applications, il peut être important de connaître la durée et la fréquence d'application à un produit de certains agents d'environnement à des niveaux significatifs. En fonction de la situation locale ou du profil d'utilisation d'un produit, la durée ou la fréquence de l'action de certains agents d'environnement peut être différente. Le fait de connaître par avance la durée ou la fréquence des événements peut avoir une influence importante sur la conception du produit ou sur les mesures de protection (détails de construction de bâtiments, etc.) à l'endroit de l'application (pendant le stockage, le transport ou l'utilisation).

Les problèmes sous-jacents sont souvent de nature statistique et très complexe. On ne peut régler de telles situations d'une manière unique. Les tableaux et exemples suivants ne peuvent apporter qu'une information limitée. Ils seront par conséquent utilisés seulement dans des cas simples ou lorsque des informations plus précises sur les durées ne sont pas disponibles.

6.2 Durée et fréquence des événements

6.2.1 Le tableau 1 contient un choix normalisé de durée totales d'application.

6.2.2 Le tableau 2 contient un choix normalisé de durée maximales d'un seul événement, et le tableau 3 un choix normalisé de durées d'événements ou du nombre d'événements par unité de temps. Ces durées et ces fréquences peuvent être appliquées à chaque agent d'environnement d'une classe caractérisant normalement la situation quand l'action de cet agent est significative.

(The transformation of actual conditions into test conditions is not within the scope of IEC 60721.)

The conditions given in 60721-3 are those with a small probability of being exceeded but without safety margins. In addition to selection and transformation of actual conditions into test conditions the designer of test requirements can add margins to cover:

- tolerances of test equipment and control devices;
- inequalities between the sample used for testing and other specimens of the product;
- other factors.

As a summary it is emphasized that the classes in IEC 60721-3 define actual extreme environmental conditions. They should not be directly applied for qualification testing. They may, however, be used as basic material for defining test levels for such testing, together with methods for transformation of actual conditions into test conditions, safety margins, etc.

6 Duration and frequency of occurrence

6.1 General

The severities specified in the classes of IEC 60721-3 are those which will have a low probability of being exceeded. They occur for only a fraction of time or for a limited number of events.

For certain applications it may be important to know how long or how often significant levels of environmental parameters bear upon the product. Depending on the local situation or on the use profile of a product, duration or frequency of occurrence of single environmental parameters may be different. The knowledge of the expected duration or frequency of occurrence may significantly influence the design of the product or protective measures (details of building construction, etc.) at the location of application (during storage, transportation or use).

The underlying problems are often of a statistical and very complex nature. Such situations cannot be dealt with in a standardized manner. The following tables and examples can only convey a limited amount of information. They should therefore be used only in simple cases or when no more relevant information on durations is available.

6.2 Duration and frequency of occurrence

6.2.1 Table 1 contains a standard selection of total durations which may be related to each application.

6.2.2 Table 2 contains a standard selection of maximum durations of a single occurrence, and table 3 contains a standard selection of durations of occurrence or number of events per unit time. These durations or frequencies may be related to each environmental parameter of a class normally characterizing the situation when the contribution of that parameter is significant.

En fonction de la situation, le mot «significatif», dans ce texte, est censé couvrir des situations telles que les suivantes:

- l'état décrit par l'agent est atteint – par exemple condensation, givrage, etc.;
- la valeur de l'agent est supérieure à la sévérité correspondante de la classe immédiatement inférieure – par exemple basse température de l'air, haute température de l'air, faible humidité relative, forte humidité relative, etc.;
- l'agent d'environnement dépasse toute valeur de seuil définie, qu'il faut alors fixer en même temps que la durée et la fréquence retenues.

On peut établir une relation entre les durées et les fréquences des tableaux 2 et 3 et les durées totales d'application du tableau 1.

6.2.3 L'annexe A donne des exemples d'application des valeurs normales de durée et de fréquence de répétition.

Tableau 1 – Durée totale de l'application

Application	Durée				
Stockage	1 mois	6 mois	1 an	2 ans	3 ans
Transport	24 h	1 semaine	1 mois	6 mois	
Utilisation	1 an ¹⁾	5 ans	10 ans	20 ans	40 ans

¹⁾ Des cas exceptionnels peuvent nécessiter une durée très courte, par exemple les sondes météorologiques.

Tableau 2 – Durée maximale d'un événement

1	s
10	s
1	min
0,5	h
1	h
8	h
24	h
1	semaine
2	semaines
1	mois

Tableau 3 – Fréquence des événements

Durée de l'événement par unité de temps ¹⁾		Nombre d'événements significatifs par unité de temps ¹⁾
0,5 h	ou	1
1 h		2
8 h		5
24 h		10
1 semaine		
2 semaines		
1 mois		
2 mois		
6 mois		

¹⁾ Unités de temps à choisir parmi les suivantes: seconde, minute, heure, 24 h, semaine, mois, an.

Depending on the situation, the term "significant" is considered in this text to cover situations such as the following:

- the state described by the parameter is reached, for example, condensation, icing, etc.;
- the parameter value is beyond the corresponding severity of the next lower class, for example, low air pressure, high air temperature, low relative humidity, high relative humidity, etc.;
- the parameter exceeds any defined threshold value, which then has to be stated together with the duration or frequency selected.

A relationship between the durations and frequencies of table 2 and table 3, and the total durations of application in table 1 may be given.

6.2.3 Appendix A gives examples of application of standard values of duration and frequency of occurrence.

Table 1 – Total duration of application

Application	Duration				
Storage	1 month	6 months	1 year	2 years	3 years
Transportation	24 h	1 week	1 month	6 months	
Use	1 year ¹⁾	5 years	10 years	20 years	40 years

¹⁾ Exceptional cases may call for a very short duration, for example weather sondes.

Table 2 – Maximum duration of single occurrence

1	s
10	s
1	min
0,5	h
1	h
8	h
24	h
1	week
2	weeks
1	month

Table 3 – Frequency of occurrence

Duration of occurrence per unit time ¹⁾		Number of significant events per unit time ¹⁾
0,5 h	or	1
1 h		2
8 h		5
24 h		10
1 week		
2 weeks		
1 month		
2 months		
6 months		

¹⁾ Unit time to be selected from the following: second, minute, hour, 24 h, week, month, year.

Annexe A

Exemples d'application

Les exemples qui suivent illustrent l'application à des cas concrets des valeurs normales de durée et de fréquence des événements.

A.1 Exemple 1

Le produit sera transporté par les moyens normaux disponibles depuis le lieu de fabrication jusqu'à l'utilisateur, à grande distance, sans précaution ou protection particulières.

Classification d'environnement:	2K4/2B2/2C3/2S2/2M3
Durée du transport:	1 mois
Durée des vibrations significatives:	1 semaine par mois
Nombre de chocs significatifs:	1 par h
Nombre de chutes libres significatives:	10 par mois

A.2 Exemple 2

Le produit est à utiliser dans une installation à poste fixe protégée contre les intempéries.

Classification d'environnement:	3K3/3Z1/3B1/3C2/3S2/3M2
Durée d'utilisation:	10 ans
Durée des vibrations significatives:	1 semaine par an
Durée maximale des vibrations significatives:	8 h
Nombre de chocs significatifs:	1 par 24 h

A.3 Exemple 3

Le produit est à utiliser en déplacement.

Classification d'environnement:	7K4/7Z2/7Z6/7Z10/7B2/7C3/7S3/7M3
Durée d'utilisation:	5 ans
Durée d'humidité (condensation, précipitations, pulvérisation d'eau):	2 mois par an
Durée d'influence significative des substances chimiquement actives:	0,5 h par 24 h
Durée de gel, givre:	1 mois par an
Nombre de chute libres significatives:	2 par an

Appendix A

Examples of application

Application of the standard values of duration and frequency of occurrence to actual cases is exemplified in the following:

A.1 Example 1

The product will be transported by normally available transportation means from the manufacturer to the user over a long distance without special care or protection.

Environmental classification:	2K4/2B2/2C3/2S2/2M3
Duration of transportation:	1 month
Duration of significant vibration:	1 week per month
Number of significant shocks:	1 per h
Number of significant free falls:	10 per month

A.2 Example 2

The product is to be used in a weatherprotected stationary installation.

Environmental classification:	3K3/3Z1/3B1/3C2/3S2/3M2
Duration of use:	10 years
Duration of significant vibration:	1 week per year
Maximum duration of significant vibrations:	8 h
Number of significant shocks:	1 per 24 h

A.3 Example 3

The product is intended for portable and non-stationary use.

Environmental classification:	7K4/7Z2/7Z6/7Z10/7B2/7C3/7S3/7M3
Duration of use:	5 years
Duration of wetness (condensation, precipitation, spraying water):	2 months per year
Duration of significant influence of chemically active substances:	0,5 h per 24 h
Duration of icing, frosting:	1 month per year
Number of significant free falls:	2 per year

WEISSSTECH
GB标准

ISBN 2-8318-6578-6



ICS 19.040

Typeset and printed by the IEC Central Office
GENEVA, SWITZERLAND