

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electronics assembly technology –
Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for
solder joints**

**Techniques d'assemblage des composants électroniques –
Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai d'environnement et d'endurance
des joints brasés**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2011 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 la CEI ou du Comité national de la CEI du pays du demandeur.

Si vous avez des questions sur le copyright de la CEI ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de la CEI de votre pays de résidence.

IEC Central Office
3, rue de Varembe
CH-1211 Geneva 20
Switzerland
Email: inmail@iec.ch
Web: www.iec.ch

About the IEC

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

About IEC publications

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

- Catalogue of IEC publications: www.iec.ch/searchpub

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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.

- IEC Just Published: www.iec.ch/online_news/justpub

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details twice a month all new publications released. Available on-line and also by email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Customer Service Centre: www.iec.ch/webstore/custserv

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please visit the Customer Service Centre FAQ or contact us:

Email: csc@iec.ch

Tel.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

A propos de la CEI

La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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 CEI

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

- Catalogue des publications de la CEI: www.iec.ch/searchpub/cur_fut-f.htm

Le Catalogue en-ligne de la CEI vous permet d'effectuer des recherches en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études,...). Il donne aussi des informations sur les projets et les publications retirées ou remplacées.

- Just Published CEI: www.iec.ch/online_news/justpub

Restez informé sur les nouvelles publications de la CEI. Just Published détaille deux fois par mois les nouvelles publications parues. Disponible en-ligne et aussi par email.

- Electropedia: www.electropedia.org

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

- Service Clients: www.iec.ch/webstore/custserv/custserv_entry-f.htm

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions, visitez le FAQ du Service clients ou contactez-nous:

Email: csc@iec.ch

Tél.: +41 22 919 02 11

Fax: +41 22 919 03 00

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Electronics assembly technology –
Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for
solder joints**

**Techniques d'assemblage des composants électroniques –
Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai d'environnement et d'endurance
des joints brasés**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX



ICS 31.190

ISBN 978-2-88912-711-5

CONTENTS

FOREWORD.....	5
1 Scope.....	7
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	7
4 General remarks.....	9
5 Procedure of selecting the applicable test method	10
5.1 Stress to solder joints in the field and test methods	10
5.2 Selection of test methods based on the shapes and terminations/leads of electronic devices.....	12
5.2.1 Surface mount devices	12
5.2.2 Lead insertion type device	13
6 Common subjects in each test method	14
6.1 Mounting device and materials used.....	14
6.2 Soldering condition.....	15
6.2.1 General	15
6.2.2 Reflow soldering	15
6.2.3 Wave soldering	17
6.3 Accelerated stress conditioning	18
6.3.1 Rapid temperature change (applies to all solder alloys in this document)	18
6.3.2 Dry heat (applies to Bi58Sn42 alloy solder only).....	19
6.3.3 Damp heat (steady state) (applies to Sn91Zn9 and Sn89Zn8Bi3 alloy solder).....	19
6.4 Selection of test conditions and judgement of test results.....	19
7 Evaluation test method	19
7.1 Solder joint strength test of SMD	19
7.1.1 General	19
7.1.2 Pull strength test	19
7.1.3 Shear strength test	20
7.1.4 Torque shear strength test.....	21
7.1.5 Monotonic bending strength test.....	21
7.2 Cyclic bending strength test	22
7.3 Mechanical shear fatigue test.....	23
7.4 Cyclic drop test and cyclic steel ball drop strength test.....	24
7.4.1 Overview	24
7.4.2 Cyclic steel ball drop strength test	25
7.5 Solder joint strength test for lead insertion type device.....	26
7.5.1 Pull strength test for insertion type device	26
7.5.2 Creep strength test for lead insertion type device	26
Annex A (informative) Condition of rapid temperature change.....	28
Annex B (informative) Electrical continuity test for solder joint	30
Annex C (informative) Torque shear strength test	31
Annex D (informative) Monotonic bending strength test	34
Annex E (informative) Cyclic steel ball drop strength test.....	36
Annex F (informative) Pull strength test.....	38
Annex G (informative) Creep strength test.....	39

Annex H (informative) Evaluation method for the fillet lifting phenomenon of a lead insertion type device solder joint.....	41
Bibliography.....	43
Figure 1 – Joint regions for the reliability tests.....	9
Figure 2 – Factors affecting the joint reliability made by lead-free solder	10
Figure 3 – An example of the mounting position of SMD for monotonic bending and cyclic bending tests	15
Figure 4 – An example of reflow soldering temperature profile (Sn96,5Ag3Cu,5)	16
Figure 5 – Examples of reflow soldering temperature profile other than Sn96,5Ag3Cu,5	16
Figure 6 – An example of wave soldering temperature profile (Sn96,5Ag3Cu,5).....	17
Figure 7 – An example of wave soldering temperature profile	18
Figure 8 – Pull strength test.....	20
Figure 9 – Shear strength test.....	20
Figure 10 – Torque shear strength test	21
Figure 11 – Monotonic bending strength test.....	21
Figure 12 – Cyclic bending strength test	22
Figure 13 – Structure of cyclic bending strength test.....	23
Figure 14 – Schematic diagram of mechanical shear fatigue for solder joint.....	24
Figure 15 – Cyclic drop test	25
Figure 16 – Cyclic steel ball drop test	25
Figure 17 – Pull strength test.....	26
Figure 18 – Creep strength test	27
Figure A.1 – Stress relation curve for a given strain to a solder joint (Sn96,5Ag3Cu,5)	28
Figure A.2 – Time to reach steady state in the temperature cycle chamber	29
Figure B.1 – Example of the test circuit for an electrical continuity test of a solder joint	30
Figure C.1 – Fixing of substrate for torque shear strength test	32
Figure C.2 – Torque shear strength test jig and position adjustment	33
Figure C.3 – Torque shear strength test for a connector	33
Figure D.1 – Example of a board bending jig.....	34
Figure E.1 – Cyclic steel ball drop test.....	37
Figure E.2 – Comparison of cyclic drop test and cyclic steel ball drop test.....	37
Figure F.1 – Pull strength test.....	38
Figure G.1 – Creep strength test.....	39
Figure H.1 – Fillet lifting phenomenon of solder joint.....	41
Figure H.2 – Example of an electrical continuity test circuit for a lead insertion type device solder joint.....	42
Table 1 – Correlations between test methods and actual stresses in the field	11
Table 2 – Recommended test methods suitable for specific shapes and terminations/leads of SMDs	12
Table 3 – Recommended test methods suitable for application and mass of the lead insertion type device	13
Table 4 – Solder alloy composition	14

Table 5 – Diameters of through holes and lands in respect to the nominal cross section and nominal diameter of lead wire	15
Table 6 – Temperature condition for rapid temperature change.....	18

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62137-3:2011

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ELECTRONICS ASSEMBLY TECHNOLOGY –**Part 3: Selection guidance of environmental and endurance
test methods for solder joints**

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 62137-3 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

This first edition cancels and replaces IEC/PAS 62137-3, published in 2008, and includes some editorial revisions. The main changes with respect to the PAS include the following:

- no technical changes;
- some editorial changes and corrections;
- for the sake of convenience some constitutive changes.

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

FDIS	Report on voting
91/986/FDIS	91/1011/RVD

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

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

A list of all parts of IEC 62137 under the general title *Electronics assembly technology* can be found in the IEC website.

Future standards in this series will carry the new general title as cited above. Titles of existing standards in this series will be updated at the time of the next edition.

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62137-3:2011

ELECTRONICS ASSEMBLY TECHNOLOGY –

Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints

1 Scope

This part of IEC 62137 describes the selection methodology of an appropriate test method for a reliability test for solder joints of various shapes and types of surface mount devices (SMD), array type devices and leaded devices, and lead insertion type devices using various types of solder material alloys.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For a dated reference, only the edition cited applies. For an undated reference, the latest edition of the referenced document (including any amendment) applies.

IEC 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*

IEC 61188-5 (all parts), *Printed boards and printed board assemblies – Design and use*

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 62137-1-1:2007, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-1: Pull strength test*

IEC 62137-1-2:2007, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-2: Shear strength test*

IEC 62137-1-3:2008, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-3: Cyclic drop test*

IEC 62137-1-4:2009, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joint – Part 1-4: Cyclic bending test*

IEC 62137-1-5:2009, *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joints – Part 1-5: Mechanical shear fatigue test*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions in IEC 60194, as well as the following, apply.

3.1

pull strength for SMD

maximum force to break the joint of a lead to substrate when a gull-wing lead of a surface mount device is pulled using a pulling tool at an angle of 45° to the substrate surface

[IEC 62137-1-1:2007, modified]

3.2

shear strength for SMD

maximum force applied parallel to the substrate and perpendicular to the specimen lateral surface to break the joint of SMD mounted on a substrate

[IEC 62137-1-2:2007, modified]

3.3

torque shear strength for SMD

maximum rotation moment to SMD which is applied in parallel to the substrate surface, to break the solder joint between an SMD termination/lead and the land on the substrate

3.4

monotonic bending strength for SMD

strength of solder joints of SMD mounted on substrate when the substrate is bent convex toward to the mounted SMDs expressed by the maximum bending depth to the break of joints

3.5

cyclic bending strength for SMD

intensity of the strength, which is expressed in the number of cycles to attain the joint fracture between SMD termination/lead mounted on the substrate and the copper land of the substrate after bending the substrate cyclically to a specified degree to allow the surface of the device side of the substrate to become a convex shape

[IEC 62137-1-4:2009, modified]

3.6

mechanical shear fatigue strength for SMD

imposition of cyclic shear deformation on the solder joints by mechanical displacement instead of relative displacement generated by CTE (coefficient of thermal expansion) mismatch in thermal cycling testing

NOTE The mechanical shear fatigue tests continues until the maximum force decreases to a specified value, which corresponds to the appearance of an initial crack, or the electrical resistance-measuring instrument can detect electric continuity interruption, and the number of cycles is recorded as fatigue life.

3.7

cyclic drop test for SMD

number of drops to break solder joints of an SMD to the lands on a substrate which is fixed to a jig when the substrate is dropped from a specified height

3.8

cyclic steel ball drop strength for SMD

number of drops to break solder joints of a SMD to the lands on a substrate when the steel ball is dropped from a specified height on a substrate

3.9

pull strength for lead insertion type device

maximum applied force to break the solder joint of a lead insertion type device to a land on substrate when the lead is pulled using a jig

3.10

creep strength for lead insertion type device

strength of a solder joint expressed by the time to break the joint when a continuous force is applied to a lead of a lead insertion type device soldered to a land

3.11

fillet lifting phenomenon for lead insertion type device

phenomenon whereby a solder fillet of a lead is lifting from a land on a substrate, or of the land from the substrate (de-lamination)

3.12

daisy chain

all chains of solder joint connections that are connected in series, see Clause B.2

NOTE Lands on both sides of a substrate and lead are solder-connected in a chain in the case of a fillet lifting test.

4 General remarks

The regions of the joints to be evaluated are shown in Figure 1. The test methods given here are applicable to evaluate the durability of joints of a device mounted on substrate but not to test the mechanical strength of the device itself.

The conditions for accelerated stress conditioning (rapid temperature change and dry heat) may exceed the maximum allowable temperature range for a device.

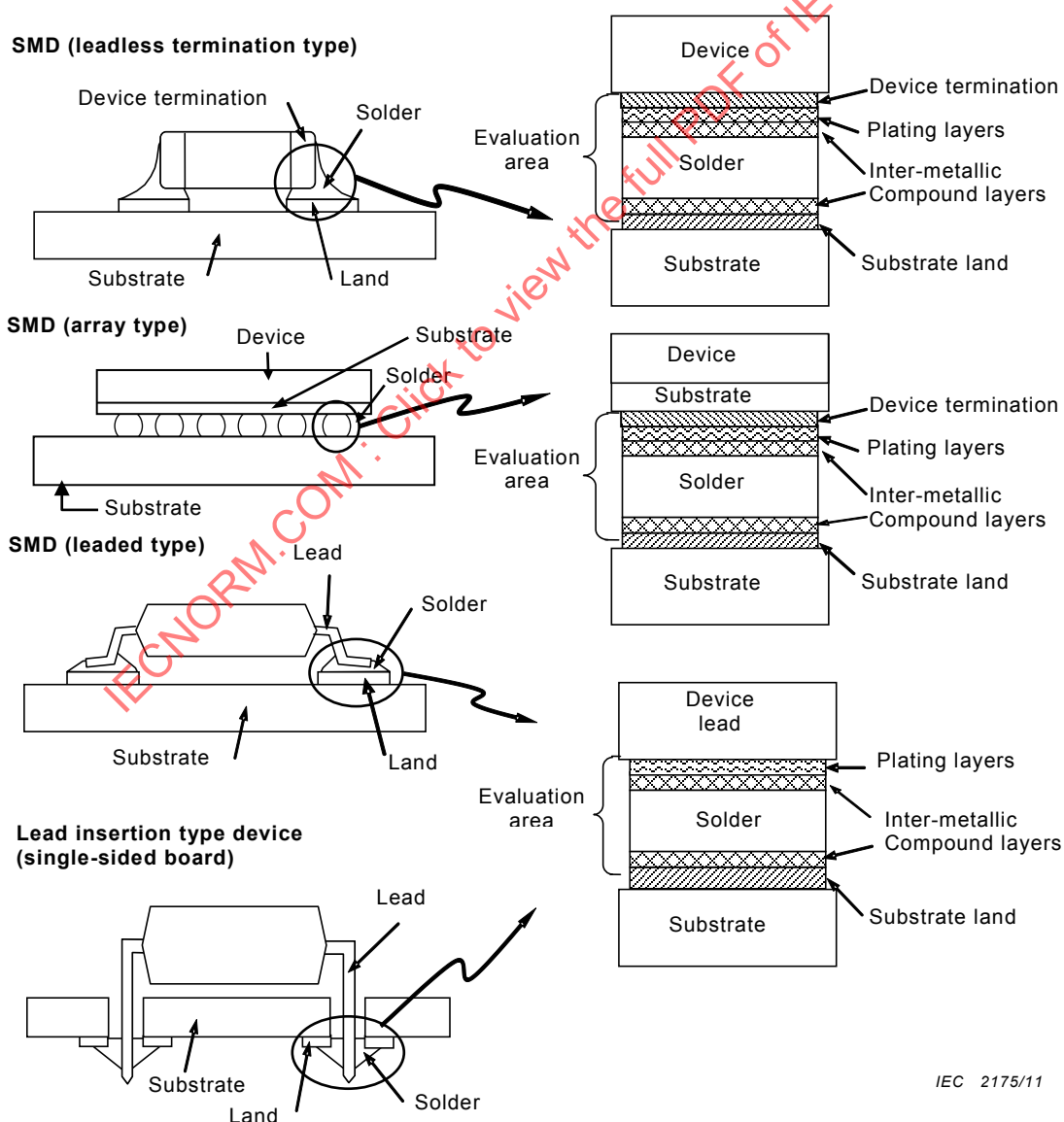


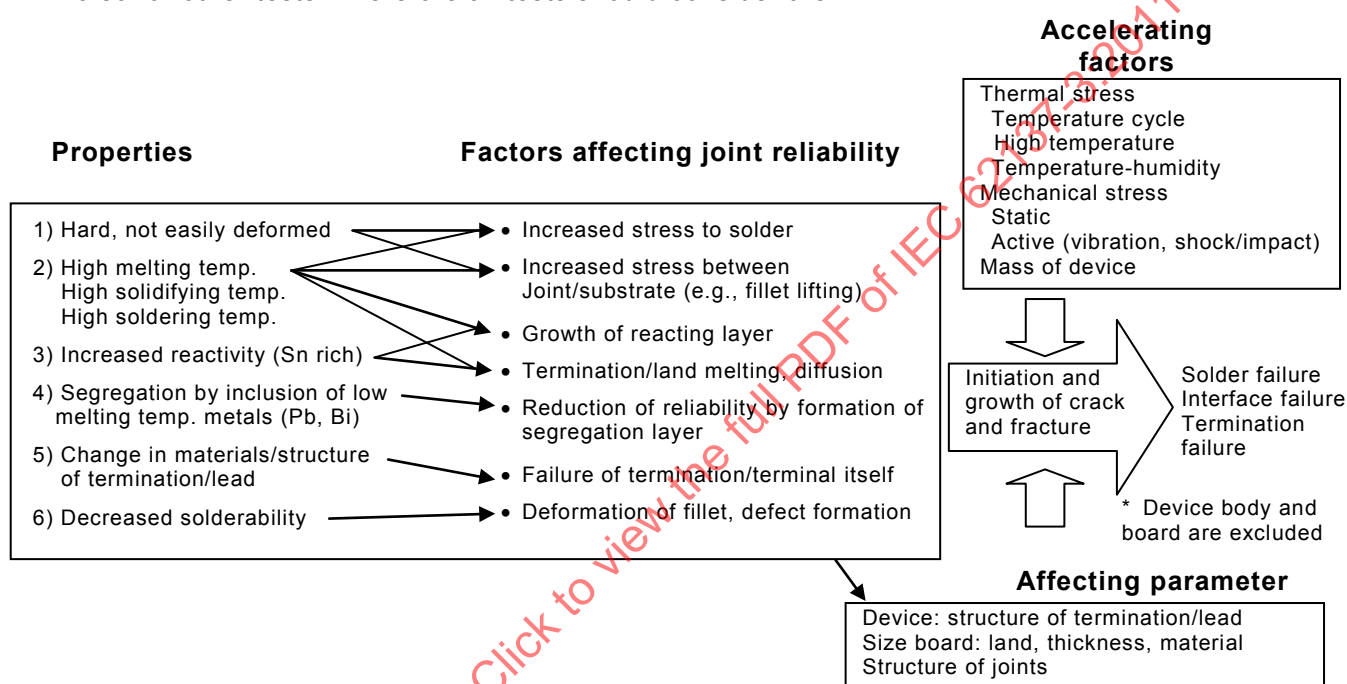
Figure 1 – Joint regions for the reliability tests

The lead-free solders have different properties from those of the conventional eutectic or near eutectic tin-lead solder. The reliability of solder joints using lead-free solder may be reduced by the composition of the solder used the shape of termination/lead and surface treatment.

The example of factors affect to the joint reliability when using Sn96,5Ag3Cu,5 solder are shown in Figure 2. This solder has the properties of a higher melting temperature and is harder than the tin-lead eutectic solder and is hard to deform in the solid-state. Consequently, the stress induced to the joint becomes higher than the tin-lead eutectic solder.

These properties may induce break of a solder joint by accelerated stress conditioning.

The termination/lead finishes of SMD could affect the test result not only for the drop test, but also for other tests. Therefore all tests should consider them.



IEC 2176/11

Figure 2 – Factors affecting the joint reliability made by lead-free solder

5 Procedure of selecting the applicable test method

5.1 Stress to solder joints in the field and test methods

The correlations between the test methods and the actual stress induced to devices are shown in Table 1. The type of substrate and the shapes of termination/lead which affect the test results to actual stress conditions of the mounted SMDs in the field are also shown as reference. The selection of a test method suitable for a specific shape and termination/lead are given in 5.2.

Table 1 – Correlations between test methods and actual stresses in the field

Test method (Applicable standard)	Accelerated stress conditioning	Applicable board/Component	Stress in the field and applicable products
Continuity test ^{a, b} Annex B	Rapid temperature change ^c	SMD	The stresses to be assumed are as follows. a) Repeated thermal stress caused by the difference in thermal expansion coefficients of device and substrate at the ON/OFF of equipment and/or temperature changes in the surrounding environment b) High temperature environment c) High temperature and high humidity environment
Pull strength ^a IEC 62137-1-1	Dry heat ^c Damp heat ^c	SMD (Gull-wing)	
Shear strength ^a IEC 62137-1-2		SMD	
Torque shear strength ^a Annex C		SMD	
Monotonic bending test ^a Annex D		SMD	
Cyclic bending strength test IEC 62137-1-4	Repeated board bending	SMD	Repeated mechanical stress applied to solder joints and substrate as in the case of keying, especially for portable equipment
Mechanical shear fatigue test IEC 62137-1-5	Cyclic strain	SMD	Repeated thermal stress caused by the difference in thermal expansion coefficients of device and substrate at the ON/OFF of equipment and/or temperature changes in the surrounding environment
Cyclic drop test ^d IEC 62137-1-3	Repeated board drop	SMD	Shock induced to solder joints when equipment is erratically dropped while the equipment is in use
Cyclic steel ball drop strength test ^d Annex E	Repeated ball drop	SMD	
Pull strength test Annex F	Rapid temperature change ^e	Single-sided TH/Lead insertion type	Repeated thermal stress caused by the difference in thermal expansion coefficients of device and board at the ON/OFF of equipment and/or temperature changes in the surrounding environment
Creep strength test Annex G	Mass load at elevated temperature	Single-sided TH/Lead insertion type	Degradation of solder joint when a continuous force is applied
Observe of fillet lifting phenomenon Annex H	Not applicable ^e	Double-sided TH/Lead insertion type	The fillet lifting phenomenon may occur between the solder alloy and the lead plating and/or land after soldering

NOTE The vibration test is a test of durability against the vibration a product may receive while in transportation or in the service in the field. It was not proven that a vibration test, including the most severe random vibration test, could evaluate degradation of solder joints. The vibration test is, therefore, not included in this standard.

^a This test is to evaluate degradation of joint strength with repeated thermal stress induced to the joint by means of rapid temperature change, dry heat and damp heat as accelerated stress conditioning. A proper test should be selected according to the features of the device under test such as the shape of its leads.

^b This test is to check if there is a failure at a solder joint by measuring changes of resistance of the joint without applying mechanical stress. This test method is referred to here as an alternative method as it is a useful test especially for BGA and LGA.

^c The applicable accelerated stress conditioning by the solder alloy is as shown below.
1) Rapid change of temperature: Sn-Zn, Sn-Bi and Sn-In
2) Damp heat: Sn-Zn
3) Dry heat: Sn-Bi

^d The applicable test method for Sn-Zn, Sn-Bi and Sn-In alloy is the cyclic steel ball drop strength test.

^e The rapid temperature change is recommended if observed fillet lifting between land and board exists.

5.2 Selection of test methods based on the shapes and terminations/leads of electronic devices

5.2.1 Surface mount devices

The recommended test methods suitable for specific shapes and terminations/lead of devices are shown in Table 2.

Table 2 – Recommended test methods suitable for specific shapes and terminations/leads of SMDs

	Types and terminations/leads of a device			Apply the accelerated stress conditioning					Cyclic bending test	Cyclic drop test	Mechanical shear fatigue test
	Terminations/Leads	Number of terminations/leads	Examples	Pull test	Shear strength test	Torque shear test	Continuity test	Monotonic bending test			
General electronics components	Terminations on 2 sides (bent leads)	 2	Tantalum capacitor, Inductor	-	A, B	-	-	-	-	C	-
	Terminations on 3 sides	 2	Rectangular chip Resistor/Film capacitor	-	A, B	-	-	-	-	C	-
	Terminations on 5 sides (including cap)	 2	Laminated capacitor, Thermistor, Laminated inductor, Fuse	-	A, B	-	-	-	-	C	-
	Multi terminations (terminations on sides)	 4 or more	Resistor array, Capacitor array	-	A, B	-	-	-	C	C	-
	Gull wing – 1	 4 or more	Transformer	A, B	C	-	-	C	-	C	-
	Gull wing – 2	 Up to 6	Switch	-	B	A, B	-	-	-	C	-
	Gull wing – 3	 4 or more	Connector	-	A, B	A, B	-	C	-	C	-
	Terminations on bottom	 2	Inductor, Tantalum capacitor	-	A, B	B	-	-	-	C	-
	Round termination (including cap)	 2	MELF capacitor/resistor /fuse	-	A, B	B	-	-	-	C	-
Semiconductor devices	Leads on two sides (bent lead)	 2	Diode	-	A, B	C	-	-	-	C	-
	Gull wing leads	 3 to 6	Small transistor	C	B	C	-	-	-	C	-
	Gull wing leads	 6 or more	QFP, SOP	A, B	-	-	C	C	C	B	B
	Non-lead	 6 or more	QFN, SON	-	-	-	A, B	C	B	B	B
	Ball terminations on bottom	 Multiple	BGA, FBGA	-	-	-	A, B	C	B	B	B
	Terminations on bottom without ball	 Multiple	LGA, FLGA	-	-	-	A, B	C	B	B	B

NOTE 1 A: Recommended for accelerated stress conditioning, B: Applicable, C: Applicable when conditions are met, -: Not applicable.

NOTE 2 One of the following static mechanical tests is performed before and after the accelerated stress conditioning according to the shape of the device under test.

- Pull strength test: SMD with gull wing leads.
- Shear strength test: Small rectangular SMD to which a pushing jig can be pressed to a side of the device.
- Torque shear strength test: SMD that has the shape to which the regular shear strength test is difficult to apply, and to rather a large device with many terminations or leads such as a semiconductor device or a connector.

NOTE 3 The continuity test is applicable to devices to which a daisy-chain can be formed on the mounting substrate or within the device under test itself.

Examples are those semiconductor devices not with leads such as BGA, LGA or QFN.

NOTE 4 The monotonic bending limit test is applicable to those devices with height or large size to which the resistance measurement test is available and which are not easily deformed.

NOTE 5 The cyclic bending strength test and cyclic drop test are applicable to those devices mainly used in portable equipment.

The use of these tests should be specified in the specification of the product.

The cyclic bending strength test for substrate is suitable to semiconductor devices mounted on a substrate.

NOTE 6 Each temperature test is applied in the case of the following alloys.

- a) Rapid temperature change: Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Bi and Sn-In
- b) Damp heat: Sn-Zn
- c) Dry heat: Sn-Bi

NOTE 7 The shape of semiconductor devices is defined in IEC 60191. However, "Terminations on the bottom without ball package" is not defined yet. Here, "Terminations on the bottom without ball package" defines it as package (shape) of BGA without solder ball.

5.2.2 Lead insertion type device

The pull strength test is the basic test for lead insertion type devices. The creep test should also be used for devices of large size, or an external force seems to be applied continuously from its structure.

The selection of the test shall be stated in the product specification for the device to be mounted on one side only of a substrate. In many cases, the strength of leads in lead insertion type devices may be inferior compared to those of solder joints. These tests are not appropriate for equipment using this type of substrates.

Recommended test methods suitable for the mass of the lead insertion type device, the kind of board and application of the load are given in Table 3.

**Table 3 – Recommended test methods
suitable for application and mass of the lead insertion type device**

Substrate type	Application, device type		Test		Evaluation	
	Application	Device mass	Pull strength test	Creep strength test	Observation of fillet lifting phenomenon	Continuity evaluation
Single-sided TH	No continuous load	Light	B	—	—	—
		Heavy	C	B	—	—
	Continuous load	Light	B	—	—	—
		Heavy	C	C	—	—
Double-sided TH	General lead insertion type device		—	—	B	C
	Daisy chain applicable lead insertion type device		—	—	B	B

NOTE 1 B: Applicable, C: Applicable when conditions are met, —: Not applicable

NOTE 2 Environment of each test is as follows.

- a) Pull strength test: Room temperature
- b) Creep strength test: High temperature environment to prescribe in a product standard
- c) Fillet lifting observation: Room temperature
- d) Continuity evaluation: Rapid temperature change environment to prescribe in a product standard

NOTE 3 For these tests, the Sn - Ag - Cu alloy and Sn - Zn solder alloy are suitable

NOTE 4 In case of using double-sided TH substrate, the strength of the lead tends to be less than the strength of solder joint. Therefore, this type substrate is not suitable for a pull strength test.

NOTE 5 The details of the evaluation for double-sided through hole (TH) are given in Annex H.

6 Common subjects in each test method

6.1 Mounting device and materials used

a) Solder

Various compositions of the lead-free solder alloy for interconnections are used in the field. Unless otherwise specified in the product specification, the lead-free solder alloy shall be selected from Table 4 given by the solder alloy type.

Table 4 – Solder alloy composition

Solder alloy type	Alloy (Short name)	
Sn-Ag-Cu	Sn96,5Ag3Cu,5(A30C5)	–
Sn-Zn	Sn91Zn9(Z90)	Sn89Zn8Bi3(Z80B30)
Sn-Bi	Bi58Sn42(B580)	–
Sn-In	Sn88In8Ag3,5Bi,5(N80A35B5)	–
Sn-Cu	Sn99,3Cu,7(C7)	–

b) Test substrate

The test substrate shall be the copper-clad laminate of glass-cloth epoxy type specified in IEC 61249-2-7. When test substrate of other material is used, it is recommended to select material of less thermal degradation, mechanical deformation and breakage.

The materials hard to deform such as ceramic shall not be used as the test substrate for monotonic bending strength test, cyclic bending strength test and cyclic drop test.

Other items are specified in the relevant test method.

c) Mounting devices to test substrate

The following are mounting devices to the test substrate.

Tests for SMDs are performed by mounting the devices on single-sided or one side of double-sided substrate.

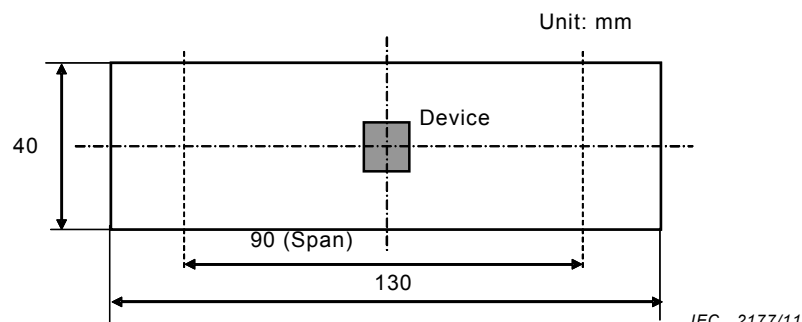
Tests for lead insertion type devices are for mounting the devices on one side of substrate. Tests for lead insertion type devices mounted on a double-sided substrate are not appropriate as the strength of solder joints in this case is much higher than that of leads themselves to the device.

Soldering method for SMDs should be reflow soldering and for lead insertion type device should be wave soldering.

d) Position of devices and land pattern

The SMD to be tested in the monotonic bending strength test, cyclic bending strength test and cyclic drop test shall be mounted in the centre of a test substrate, as shown in Figure 3. The position of the device under test for other tests may be determined in an appropriate place on

the test substrate as agreed between user and supplier. Unless otherwise specified in the product standard, the land pattern in the IEC 61188-5 series shall be used.



Key

PWB thickness 1,6.

Figure 3 – An example of the mounting position of SMD for monotonic bending and cyclic bending tests

The lead insertion type device to be tested in the pull strength test and creep strength test to evaluate the strength of solder joint between device and land when connected using lead-free solder. The test evaluates the durability of a solder joint until break when connecting the lead of a lead insertion type device to single-sided substrate by wave soldering while measuring the electric resistance of the joint by applying a specified weight to the lead in a temperature chamber. Time to break is evaluated because resistance increases if solder joint breaks.

The diameter of a through hole and the diameter of a land are given in Table 5.

Table 5 – Diameters of through holes and lands in respect to the nominal cross section and nominal diameter of lead wire

Nominal cross sectional area (S) mm ²	Nominal diameter(d) of a round cross section type lead mm	Through hole diameter mm	Land diameter mm
$S \leq 0,10$	$d \leq 0,35$	0,8	1,4
$0,10 < S \leq 0,28$	$0,35 < d \leq 0,60$	1,0	1,6
$0,28 < S \leq 0,50$	$0,60 < d \leq 0,80$	1,2	1,8
$0,50 < S \leq 0,79$	$0,80 < d \leq 1,00$	1,4	2,0
$0,79 < S \leq 1,20$	$1,00 < d \leq 1,25$	1,6	2,2

6.2 Soldering condition

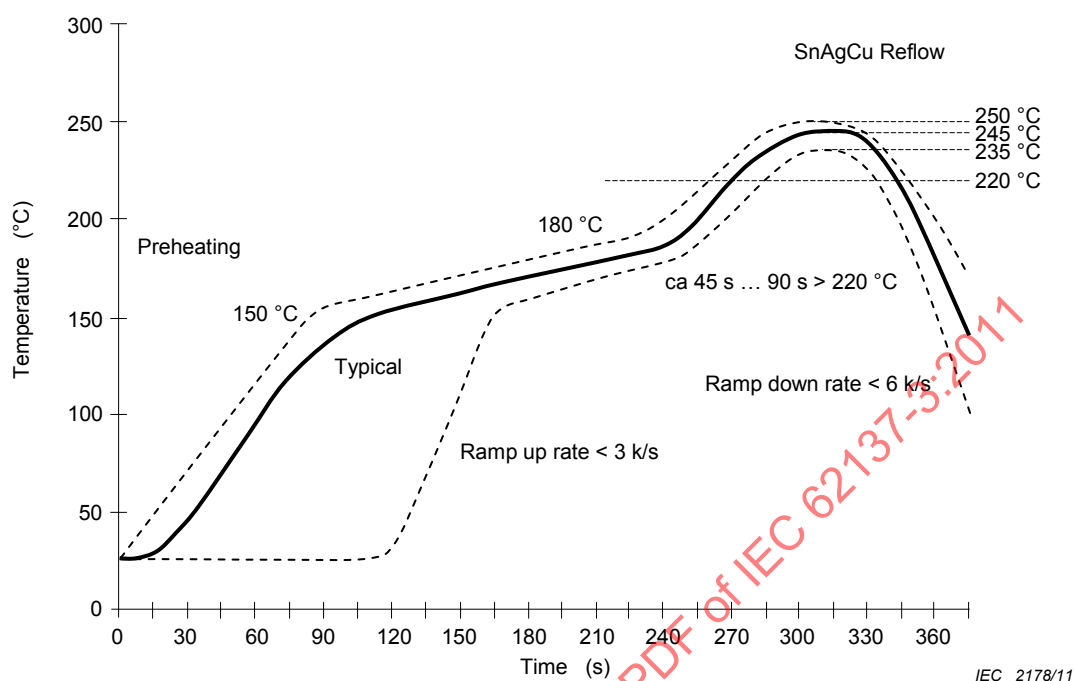
6.2.1 General

A proper soldering condition shall be selected to form an appropriate solder fillet. Examples of the temperature profile for the lead free solder for reflow and wave soldering are shown in 6.2.2 and 6.2.3 respectively.

6.2.2 Reflow soldering

Reflow soldering temperature profiles used for actual substrate assembly should always be optimised by substrate assembler depending on devices substrate layout, and so on. For Sn96,5Ag3Cu,5 solder, the soldering temperature profile should follow the defaults of IEC 61760-1 as indicated in Figure 4. Examples of soldering temperature profile other than Sn96,5Ag3Cu,5 solder are shown in Figure 5.

Details of other conditions are given in relevant test methods.

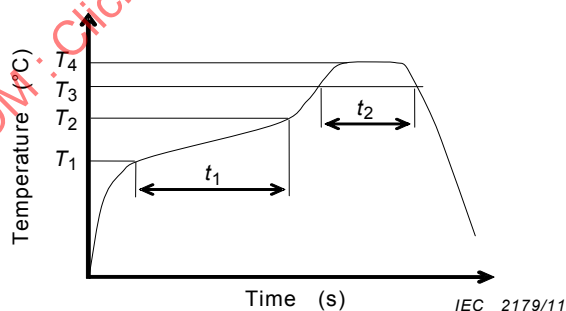


Key

Continuous line: Typical process (termination/lead temperature).

Dotted line: Process limits; Bottom process limit (termination/lead temperature); upper process limit (top of device temperature).

Figure 4 – An example of reflow soldering temperature profile (Sn96,5Ag3Cu,5)



Symbol and description	Solder composition		
	Sn91Zn9 ^a , Sn89Zn8Bi3	Bi58Sn42	Sn88In8Ag3,5Bi,5
T_1 Minimum preheat temperature	130 °C	100 °C	140 °C
T_2 Maximum preheat temperature	150 °C	120 °C	160 °C
T_3 Soldering temperature	200 °C	150 °C	206 °C
T_4 Peak temperature	220 °C ± 5 °C	190 °C ± 5 °C	220 °C ± 5 °C
t_1 Preheat time	90 s ± 30 s	90 s ± 30 s	90 s ± 30 s
t_2 Soldering time	20 s to 60 s	20 s to 60 s	20 s to 60 s

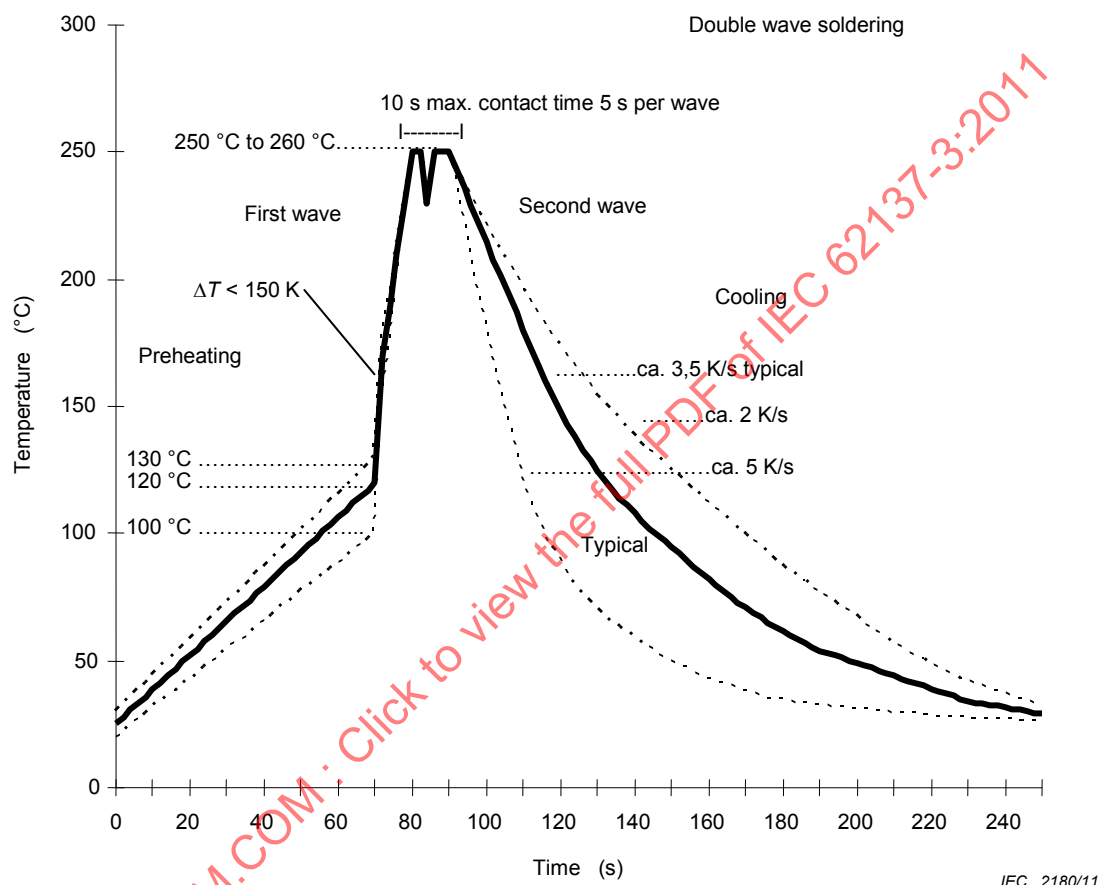
^a Inert gas such as N₂ atmosphere soldering is recommended.

Figure 5 – Examples of reflow soldering temperature profile other than Sn96,5Ag3Cu,5

6.2.3 Wave soldering

Wave soldering temperature profiles used for actual substrate assembly should always be optimised by substrate assembler depending on devices, substrate layout, and so on. For Sn96,5Ag3Cu,5 solder, the soldering temperature profile should follow as shown in Figure 6 or Figure 7.

Details of other conditions are given in relevant test methods.

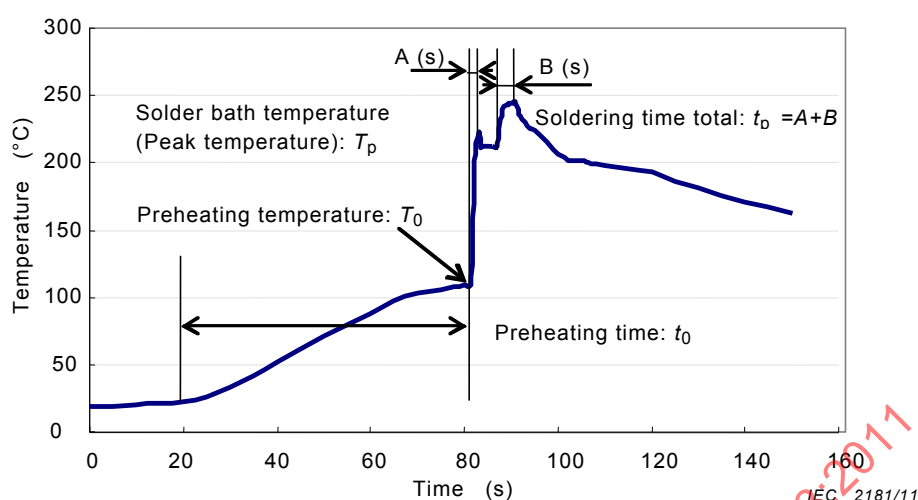


Key

Continuous line: Typical process (termination/lead temperature).

Dotted line: Process limits; Bottom process limit; upper process limit.

Figure 6 – An example of wave soldering temperature profile (Sn96,5Ag3Cu,5)



Solder composition	Preheat		Soldering	
	Preheat temperature T_0	Preheat time t_0	Peak temperature T_p	Soldering time t_p
Sn99,3Cu,7(C7)	100 °C to 120 °C	30 s to 90 s	250 °C $\pm$ 5 °C	3 s to 5 s

Figure 7 – An example of wave soldering temperature profile

6.3 Accelerated stress conditioning

6.3.1 Rapid temperature change (applies to all solder alloys in this document)

Test N (Rapid change of temperature with prescribed time of transfer) specified in IEC 60068-2-14 should be performed for pull, shear, torque shear, and monotonic bending tests for SMDs and pull test for lead insertion type devices. The temperature condition should be chosen considering the effect of temperature variation characteristics of a solder joint to the stress relaxation of the joint when a stress is applied to the joint. The temperature characteristics depend on the size of the specimen (specific heat and heat dissipation of the specimen), size of the test substrate, or the number of test substrates tested at the same time (see Annex A).

Recommended temperature conditions are given in Table 6.

Unless otherwise specified, the number of cycles are 500 and 1 000 except for the resistance measurement.

Table 6 – Temperature condition for rapid temperature change

Conditions		Solder alloy composition			
		Sn96,5Ag3Cu,5	Sn91Zn9, Sn89Zn8Bi3	Bi58Sn42	Sn88In8Ag3,5Bi,5
Minimum storage temperature	Temperature	–40 °C	–40 °C	–40 °C	–40 °C
	Dwell time	30 min	30 min	30 min	30 min
Maximum storage temperature	Temperature	125 °C	125 °C	85 °C	125 °C
	Dwell time	30 min	30 min	30 min	30 min

6.3.2 Dry heat (applies to Bi58Sn42 alloy solder only)

Dry heat as specified in IEC 60068-2-2 should be performed for peel strength test, shear strength test, torque shear strength test, and monotonic bending test of SMD and pull strength test of lead insertion type devices, under the following conditions.

6.3.2 Dry heat (applies to Bi58Sn42 alloy solder only)

Dry heat as specified in IEC 60068-2-2 should be performed for peel strength test, shear strength test, torque shear strength test, and monotonic bending test of SMD and pull strength test of lead insertion type devices, under the following conditions.

- a) Temperature: 85 °C
- b) Duration: 500 h and 1 000 h

6.3.3 Damp heat (steady state) (applies to Sn91Zn9 and Sn89Zn8Bi3 alloy solder)

Test Cab (damp heat, steady state) specified in IEC 60068-2-78 should be performed for peel strength test, shear strength test, torque shear strength test, and monotonic bending test of SMD and pull strength test of lead insertion type device, under the following conditions.

- a) Temperature and humidity: 65 °C, 85 %
- b) Duration: 500 h and 1 000 h.

6.4 Selection of test conditions and judgement of test results

a) Load application speed

The test methods and conditions for the evaluation of durability of solder joints shall be such that the test does not break the specimen itself but damages are induced only to the solder joints. There is a tendency to increase the break of test substrate and/or specimen in pull, shear, torque shear, and monotonic bending tests for SMDs and pull test for lead insertion type devices when the load application speed is very fast. It is recommended that the slower load application speed with which a solder joint breaks in several tens of seconds to several minutes is chosen by performing a preliminary test of a specimen.

b) Test substrate fixing

The test result may be affected if the test substrate floats from the base or is distorted during a test. The test substrate shall be fixed firmly on a base preferably at a position near the testing solder joint.

The structure and/or size of the test substrate fixing jig or the test substrate supporting jig should be specified in each test method to assist reproducibility of the test.

c) Test result

The test result should be analysed by confirming and recording not only the strength and time to break of a solder joint but also the mode of break.

7 Evaluation test method

7.1 Solder joint strength test of SMD

7.1.1 General

The pull, shear, torque shear, and monotonic bending tests before and after the accelerated stress conditioning are used to evaluate the degree of degradation of solder joint strength and other characteristics of a solder joint.

7.1.2 Pull strength test

The pull strength test is applicable to SMDs with gull-wing type leads. As shown in Figure 8, a pulling jig is hooked to one of the leads to pull the lead at an angle of 45° and to measure the force to break the joint.

The degradation of a joint is analysed from the changes of the maximum pulling force and mode of break before and after the accelerated stress conditioning. This test is applicable to both reflow and wave soldering.

The proper pulling speed for a 0,5 mm pitch QFP (Quad Flat Pack) is 0,008 3 mm/s (0,5 mm/min).

A detailed description of the test is given in IEC 62137-1-1.

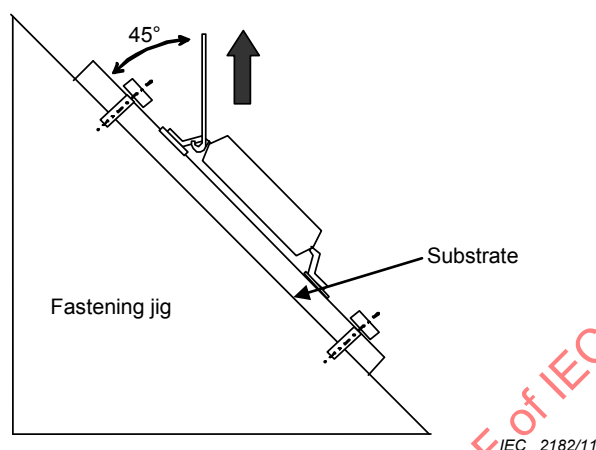


Figure 8 – Pull strength test

7.1.3 Shear strength test

The shear strength test is applicable for SMDs of rather small size. As shown in Figure 9, the maximum testing force is measured when a force is applied parallel to the surface of substrate and perpendicular to the specimen. The device is soldered to a test substrate by reflow soldering.

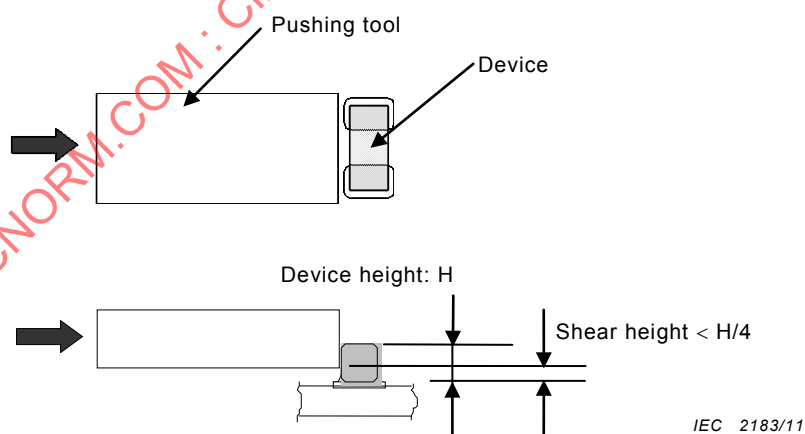


Figure 9 – Shear strength test

It is necessary to keep the shear height constant at less than 1/4 of the specimen's height, but not in touch with the land pattern, to obtain an accurate measurement. The proper speed of applying the force is 0,008 3 mm/s to 0,15 mm/s (0,5 mm/min. to 9 mm/min.).

The details of the test are given in IEC 62137-1-2.

7.1.4 Torque shear strength test

The torque shear strength test is an alternative test method to the shear strength test for devices to which the shear strength test is not easily applicable due to their shapes. This test is also applicable to a rather large device. A concave shaped jig, as shown in Figure 10, holds a device and a torque force is applied through the jig to rotate the device. The maximum torque to shear the device is measured when a rotating moment is applied parallel to the test substrate.

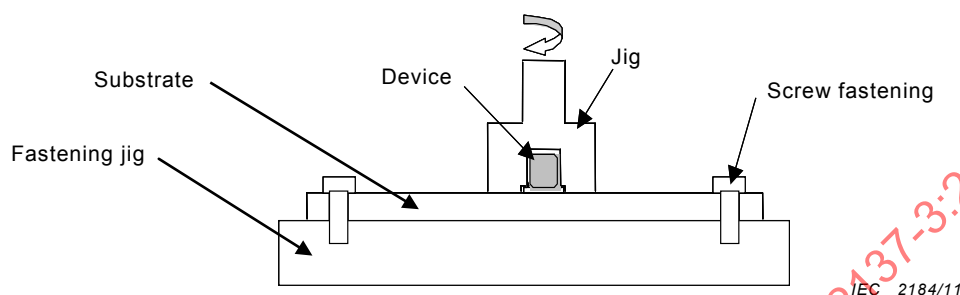


Figure 10 – Torque shear strength test

The depth of the jig should be the same as to the height of the device to obtain accurate measurement. The centre of rotation shall be the centre of the device, and swaying of the rotation axis shall be avoided. The proper rotation speed, if adjustable, is 0,006 98 rad/s to 0,017 5 rad/s.

The details of the test are given in Annex C.

7.1.5 Monotonic bending strength test

The monotonic bending strength test is a test appropriate to a device of rather a large size. As shown in Figure 11, the test substrate with an SMD mounted is placed between two supporting jigs with the mounted face down, and the test substrate is bent using the bending tool on the back side until the solder joint breaks, and the bending depth is measured. This test shall be performed before and after the accelerated stress conditioning to evaluate the degree of degradation of solder joints.

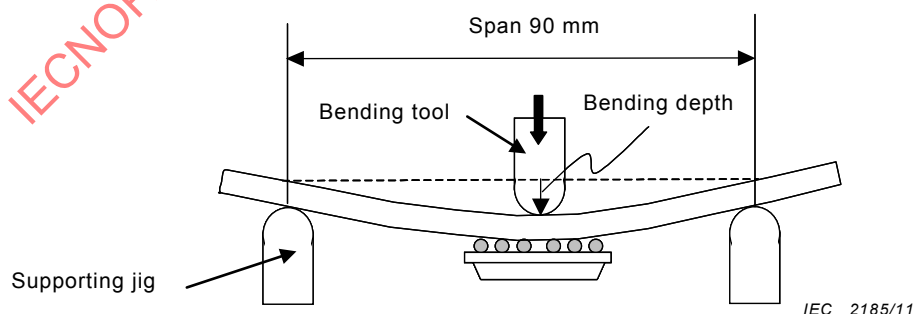


Figure 11 – Monotonic bending strength test

It is desirable that the test substrate is bent with a circular bending. This test is not appropriate for a thin board or a ceramic substrate. The bending depth to break the solder joint is preferably detected by electrical discontinuity of a circuit such as a daisy chain as in Annex B, using an electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.3). The distance between the two supporting jigs shall be 90 mm with the radius of curvature, R , of 2,5 mm. The radius of curvature of the bending tool shall be 5 mm.

The test condition should be selected in such a way that the relation between the strain induced to the test substrate and the bending depth becomes linear behaviour. It is desirable to make a preliminary test to check the relation of bending depth and strain, and also the limit of the depth at a predetermined bending speed using a strain gauge attached near the solder joint of the device under test.

The proper bending speed is 0,008 3 mm/s (0,5 mm/min.) for a glass-epoxy copper-clad laminate test substrate with 1,6 mm. The maximum limit of bending depth is 10 mm.

The details of the test are given in Annex D.

7.2 Cyclic bending strength test

The cyclic bending strength test is a test for rather a large leadless SMD used in portable equipment. As shown in Figure 12, the test substrate with an SMD mounted is placed between two supporting jigs with the mounted face down, similar to the case of the monotonic bending strength test. The test substrate is repeatedly bent using a bending tool on the back side to a specified depth until the solder joint break. The solder joint break is detected by electrical discontinuity of a circuit such as a daisy chain as in Annex B, using electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4). Record the number of cycles to break the solder joint.

The test equipment and the structure of the supporting jigs are similar to those of the monotonic bending strength test. The test substrate, however, may not return to the original flatness after many bending cycles and affect the test result. The structure of the jig should be such that the curvature of the test substrate is smooth and kept constant. Figure 13 shows such a device supporting jig and the bending tool scheme to bend back the test substrate compulsively to the original flatness by holding both ends of the test substrate to supporting jigs and the bending tool using a bearing supporting structure.

The appropriate speed of bending is 0,5 mm/s (30 mm/min). A preliminary test should be made to determine a proper depth of bending for each SMD of different size as to the joint breaks at a bending of several thousands. Since the relation between bending depth and the number of bending to break give a roughly straight line on a log-log scale, a proper depth may be determined without much difficulty.

A ceramic substrate is not suitable for this type of the bending test.

The details of the test are given in IEC 62137-1-4.

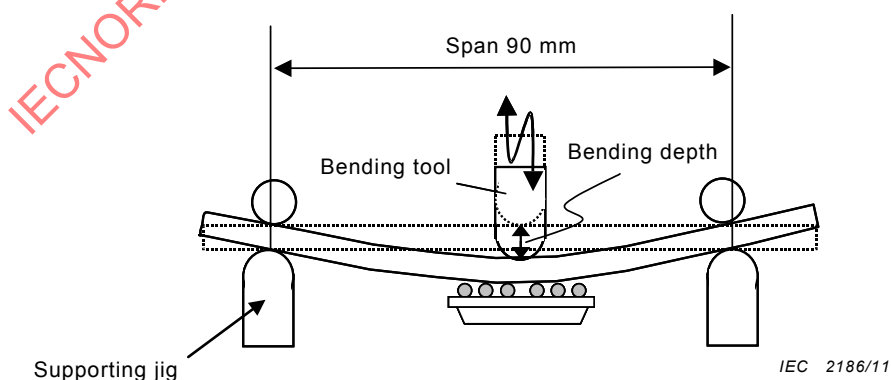


Figure 12 – Cyclic bending strength test

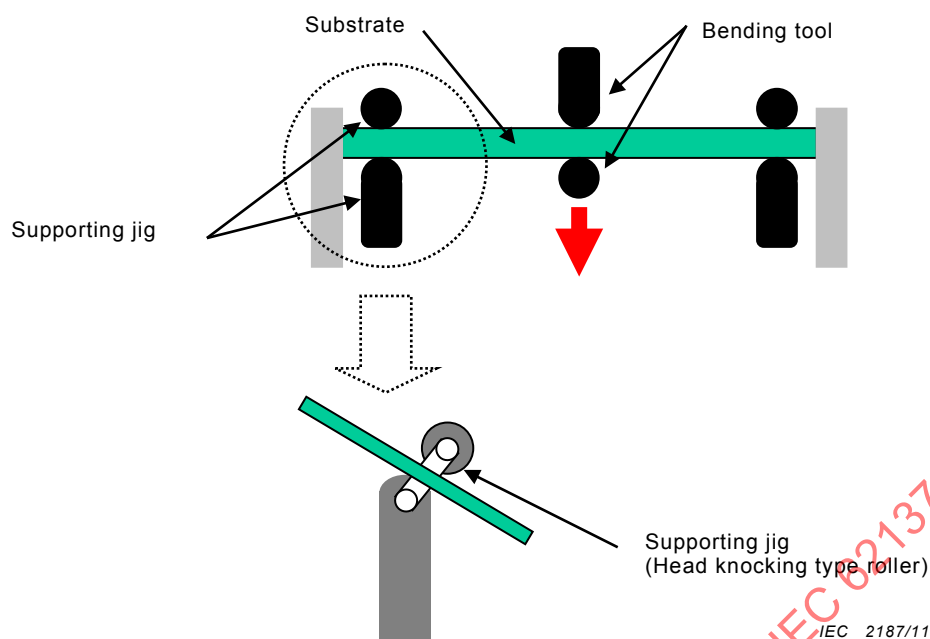


Figure 13 – Structure of cyclic bending strength test

7.3 Mechanical shear fatigue test

The mechanical shear fatigue test is the imposition of cyclic shear deformation on the solder joints by mechanical displacement instead of relative displacement generated by CTE (coefficient of thermal expansion) mismatch in thermal cycling testing. There are two types of load-applying methods for the shear fatigue test as shown in Figure 14.

The straddle fatigue method is the imposition of shear deformation on the solder joints by applying mechanical displacement to the substrate divided into two pieces. The lap shear fatigue method is the method that the bottom of the substrate and the top of the device are fixed between the lap shear jigs, and the mechanical displacement is applied to the jig by the actuator, resulting in the solder joint deformation in shear mode. The fatigue tests were displacement-controlled low cycle shear fatigue tests with the loading profile of a symmetrical triangular wave or a sine wave. The tests were performed at 25 °C or at an elevated temperature.

The mechanical shear fatigue test continues until the solder joint break:

- the maximum force decreases to a specified value, which corresponds to the appearance of an initial crack;
- the solder joint break is detected by electrical discontinuity of a circuit such as daisy chain as in Annex B, using electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4).

Record the number of cycles to break the solder joint.

The details of the test method and test condition are given in IEC 62137-1-5.

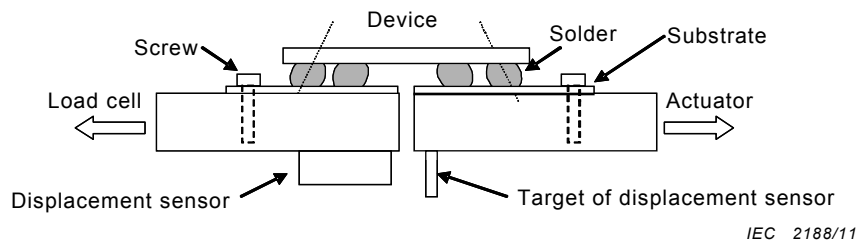


Figure 14a – Straddle method

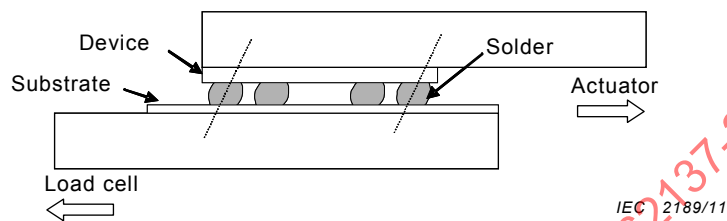


Figure 14b – Lap shear method

Figure 14 – Schematic diagram of mechanical shear fatigue for solder joint

7.4 Cyclic drop test and cyclic steel ball drop strength test

7.4.1 Cyclic drop test

The cyclic drop test is the test for mounting SMDs used in portable equipment. As shown in Figure 15, a SMD mounted on a test substrate is held to the test substrate fixing jig with the device mounted face down, and dropped from a specified height onto the impact block. The solder joint break is detected by electrical discontinuity of a circuit such as a daisy chain, as in Annex B, using an electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4).

Record the number of drops to break the solder joint.

The break of a joint is caused by the strain in the test substrate induced by the impact of the load at the collision to the test substrate. A thinner test substrate of 0,8 mm to 1,2 mm thick is suitable for this test comparing to other tests using 1,6 mm thick test substrate.

It is necessary to stabilize the strain induced to the joints to increase the reproducibility of the test. It is recommended to form a hemispherical protrusion to the test substrate fixing jig to avoid asymmetric shock by the fall onto the impact block. The tighten torque of the test substrate fixing screws should be equal to all the screws as much as possible. The test equipment should have a structure to minimize the friction of the test substrate holding jig to avoid deviation of falling speed of the jig to the impact block. The block should not have any dent. To check the reproducibility of the test, it is desirable to make a preliminary test to check the form and magnitude of strain using a strain gauge attached near the solder joint of the device under test.

The details of the test are given in IEC 62137-1-3.

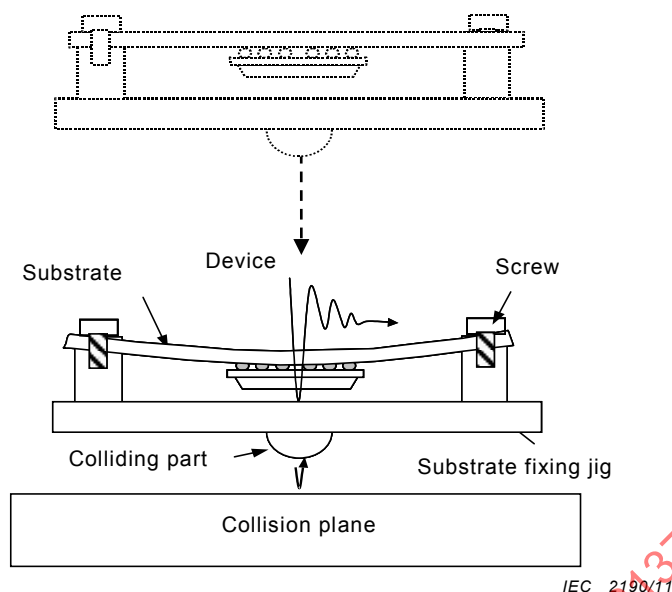


Figure 15 – Cyclic drop test

7.4.2 Cyclic steel ball drop strength test

As shown in Figure 16, a SMD mounted test substrate is held to the test substrate fixing jig with the device mounted face down, and a steel ball is dropped from a specified height onto the backside of the test substrate. The position of the ball drop for a large SMD should be near the peripheral of the devices which is most vulnerable to such mechanical damages. The solder joint break is detected by electrical discontinuity of a circuit such as daisy chain as in Annex B, using an electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4).

Record the number of drops to break the solder joint.

The test equipment should have a good precision of the position of the ball drop to attain good reproducibility of the test. To check the stability of strain waveform in the objective solder joint, it is desirable to make a preliminary test to check the form and magnitude of strain using a strain gauge attached near the solder joint of the device under test.

This is test for slight shock. The details of the test are given in Annex E.

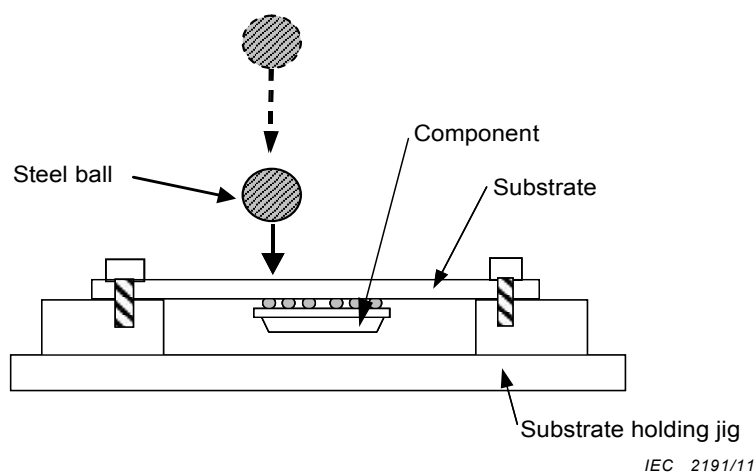


Figure 16 – Cyclic steel ball drop test

7.5 Solder joint strength test for lead insertion type device

7.5.1 Pull strength test for insertion type device

This is the test to measure the maximum force to break a solder joint by holding lead of a lead insertion type device on a single-sided test substrate to the test substrate holding jig and by pulling one of the lead perpendicular to the test substrate as shown in Figure 17. This test is performed before and after the accelerated stress conditioning and the degree of degradation of solder joints is evaluated. A lead cut-off from the device alone may be tested for the pull strength test if the presence of the device makes it difficult to perform this test. The pulling speed should be selected from 1 mm/min, 2 mm/min, 5 mm/min, 10 mm/min and 20 mm/min.

The details of the test are given in Annex F.

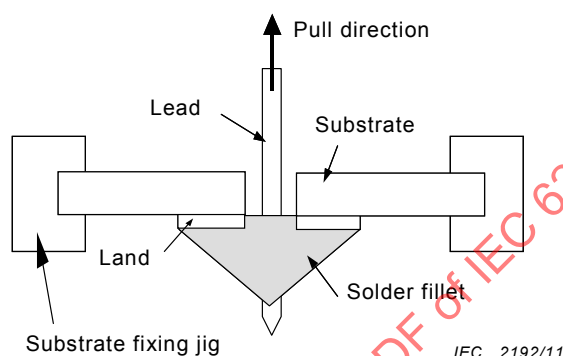


Figure 17 – Pull strength test

7.5.2 Creep strength test for lead insertion type device

This test is to measure the time required for which a lead solder mounted into a through hole on a test substrate breaks and falls off from the through hole by pulling the lead with a weight and left in a high temperature chamber as shown in Figure 18. A lead cut-off from the device alone may be tested for the creep strength test if the presence of the device makes it difficult to perform this test. The solder joint break is detected by electrical discontinuity in the solder joint, using an electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4).

Record the time to break the solder joint.

The test condition is determined by the melting temperature of the material used and usually the test temperature is higher than 0,4 times of T_m (T_m is the melting temperature in Kelvin of the material). In the case of solder alloys, as the room temperature is roughly 0,6 times of T_m , it is theoretically possible to perform a creep test from $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ to just below the melting temperature. However, it is necessary to consider the thermal resistivity of a lead insertion type device and the deterioration of the mounted test substrate. The practical temperature range of the test for the device is from room temperature to $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. A higher temperature may be selected for the test substrate with a higher glass transition temperature (T_g). It is desirable to perform a preliminary test so as to select a proper load of pulling the lead.

The creep is judged by the weight of the load and the time to break of the soldered lead.

The details of the test are given in Annex G.

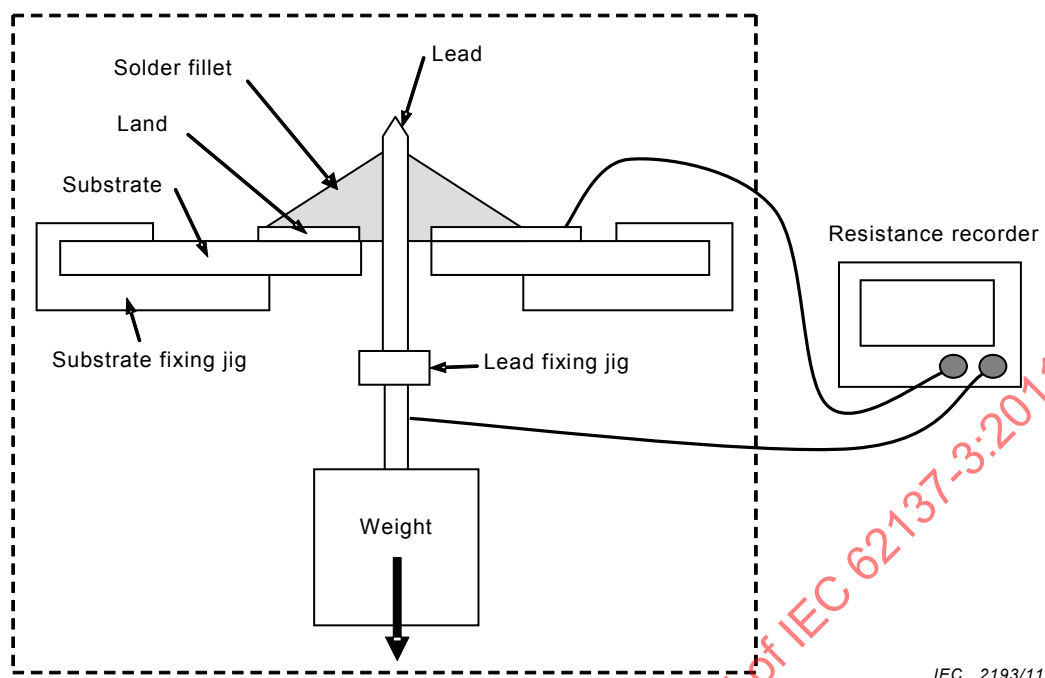


Figure 18 – Creep strength test

Annex A (informative)

Condition of rapid temperature change

A.1 General

This annex describes the determination of the test condition of the rapid temperature change given in 6.3.1.

A.2 The time necessary to leave a specimen in an environment for an effective test

The stress relaxation curve with the application of a constant strain to the solder is shown in Figure A.1. The stress applied to solder is relaxed as time passes the introduction of non-ballistic strain in the solder. The initial change of the stress is very large but the stress is reduced as time goes by.

The fatigue of solder by repeated temperature change strongly depends on the non-ballistic strain. The stress induced to the solder joint by the difference in the termination/lead expansion coefficients of the test substrate and the device generated by the rapid temperature change relaxes as time passes and a non-ballistic strain is induced to cause the fatigue of the solder joint. It is necessary to keep the joint at a high or low temperature for some time for the endurance test of the joint. It is not efficient for the evaluation to leave the joint at the temperature where the stress relaxation is not significant.

Therefore, it is desirable to keep the specimen at a high or low temperature, for 15 min to relax given stress.

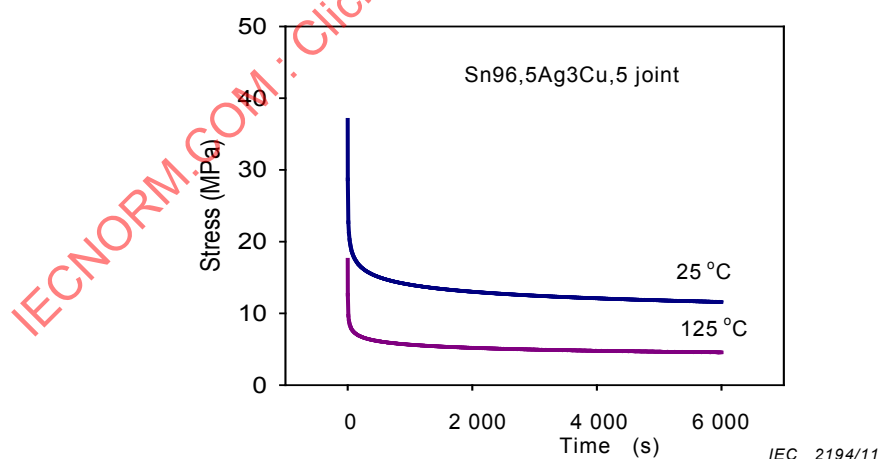
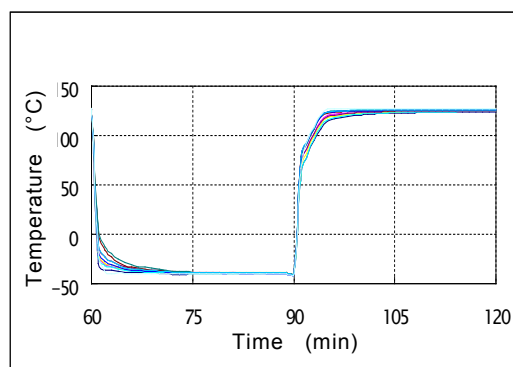


Figure A.1 – Stress relation curve for a given strain to a solder joint (Sn96,5Ag3Cu,5)

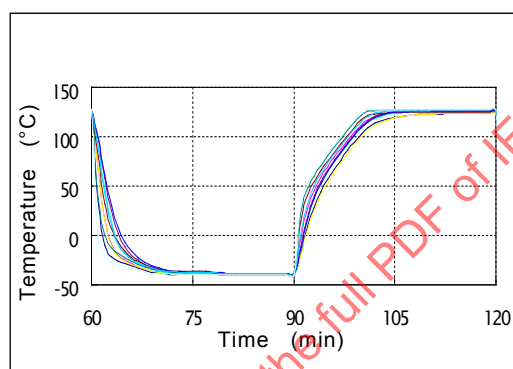
A.3 Time required to the temperature equilibrium

The measured temperature of an air type temperature cycle change chamber is shown in Figure A.2. The temperature reaches steady state in about 5 min when the number of test substrates loaded in the chamber is not large but it takes nearly 15 min when a lot of substrates are loaded in the chamber. 15 min are necessary to leave specimens in the chamber for the test.



a) Temperature distribution (0 substrate)

IEC 2195/11



b) Temperature distribution (240 substrates)

IEC 2196/11

Figure A.2 – Time to reach steady state in the temperature cycle chamber**A.4 Time to leave a specimen at high/low temperature (specification)**

The time to leave a specimen at a specified high/low temperature is determined to be 30 min, a sum of the stress relaxation time of 15 min plus the time required to stabilize the temperature of 15 min.

Annex B (informative)

Electrical continuity test for solder joint

B.1 General

This test evaluates the durability of solder joints by monitoring electrical continuity through the joint without applying mechanical stress.

This test method is especially suitable to check the solder joint durability for multi-termination devices such as BGA and LGA to which a solder joint strength test such as a shear strength test is not practical.

B.2 Specimen and daisy chain

The specimen for a semiconductor device is a device within which terminations are connected as shown in Figure B.1. All of the terminations of the specimen and of the test substrate are connected alternately to form a daisy chain.

It is highly recommended that the structure of the specimen has the same structure as that of the actual semiconductor device to be evaluated.

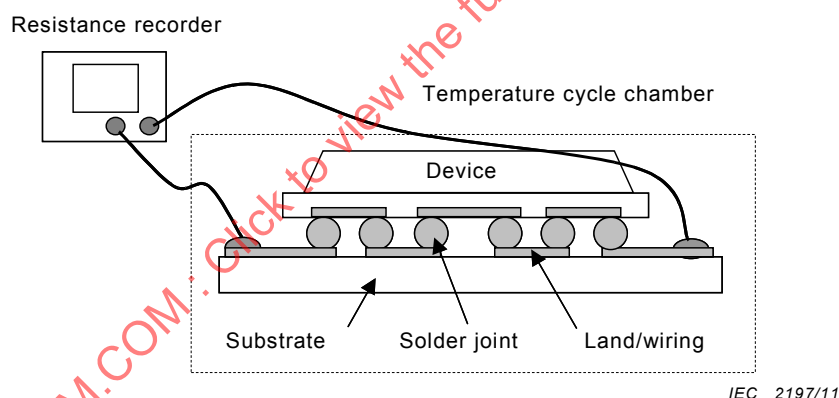


Figure B.1 – Example of the test circuit for an electrical continuity test of a solder joint

B.3 Mounting condition and materials

See 6.1 for details.

B.4 Test method

Measure the electrical resistance of the daisy chain before and after the accelerated stress conditioning to evaluate the presence of a solder joint break. The resistance value of the chain should be continuously measured to find the degree of degradation of solder joints. It is desirable to continue the resistance measurement until a solder joint break is detected. See IEC 62137 for the test method.

Annex C (informative)

Torque shear strength test

C.1 General

This annex describes in detail the shear strength test given in 7.1.4.

C.2 Test method

C.2.1 Test equipment and test jig

The test should be made using the torque shear strength test equipment specified in C.2.3 and the torque shear jig shown in Figure C.2 and Figure C.3.

C.2.2 Fixing of the test substrate

The test substrate with SMDs mounted should be fixed to the device holding jig using bolts. The test substrate should be fixed to the holding jig at all four corners of the test substrate, or by inserting them into the jig at the shorter edges of the test substrate, as shown in Figure C.1. The test substrate should not bend when the shear force is applied to the device. At the application of a torque shear force, a rotation moment is induced to the test substrate.

C.2.3 Applying of a torque shear force

C.2.3.1 General

The test equipment should be able to adjust the rotation speed when applying a torque and should have a scheme that the rotation axis is held vertical to the test substrate.

C.2.3.2 Displacement rate

Derive the approximate maximum torque before a torque shear strength test by means of a preliminary test using an initial device. Choose the displacement rate of the torque shearing jig in a torque shear strength test from the obtained approximate torque in the preliminary tests so that the maximum torque is attained in several tens of seconds to several minutes.

NOTE The displacement rate is not specified in this standard, but it is desirable to select a displacement rate in the range of 0,006 98 rad/s to 0,017 5 rad/s when the test equipment is capable of adjusting the displacement rate.

When the displacement rate is not adjustable, rotate the rotation jig so that the torque reaches the maximum torque in several tens of seconds to several minutes.

C.2.3.3 Position adjustment of torque shear strength test jig

The torque shear strength test jig covers vertically the test substrate and then the jig is rotated slowly for torque shear force (see Figure C.2). The rotation axis when applying the torque should be adjusted to the centre of the device mounted on the test substrate. It is advisable to use a holding jig to suppress the possible deviation/vibration of the rotation axis.

C.2.3.4 Torque shear strength test failure

The torque shear strength test jig is placed vertically over the device and slowly rotated. Care should be taken that the torque meter is kept perpendicular to the test substrate. The rotating speed should be 0,006 98 rad/s to 0,017 5 rad/s when it is adjustable. When the speed is not adjustable, rotate the jig very slowly until the solder joint breaks.

C.2.4 Torque shear strength test to a connector

C.2.4.1 Test equipment requirements

It is recommended that the test equipment can adjust the rotation speed and has a scheme to keep the rotation axis perpendicular to the test substrate.

C.2.4.2 Torque shear strength test jig for a connector

Prepare a torque shear strength test jig, as shown in Figure C.3, for the torque shear strength test of a connector adjustable to the solder joints of the connector and its shape to reinforce the mechanical strength of the connector. It is desirable that this covering jig should be fitting closely to the connector with minimum clearance to improve the measurement accuracy of the test. Depth, H , of this covering jig should approximately be equal to the height of the connector. Place the covering jig on the connector mounted on a test substrate.

C.2.4.3 Torque shear displacement rate on a connector

A preliminary test should be made to find an approximate maximum torque shear using an initial specimen. Select the proper displacement rate from the preliminary shearing test of a device to find the rotation speed for the displacement rate so that the maximum torque is attained at a time of several tens of seconds to several minutes for joint failure.

NOTE The displacement rate is not specified in this standard but it is recommended to select a displacement rate in the range of 0,006 98 rad/s to 0,017 5 rad/s for the test equipment which can adjust the speed and also radial speed (rotation rate).

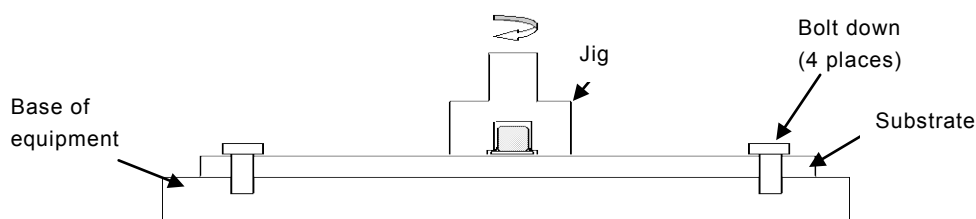
When the displacement rate is not adjustable, rotate the rotation jig so that the torque reaches the maximum torque in several tens of seconds to several minutes.

C.2.4.4 Position adjustment of torque shear strength test jig for a connector

The torque shear strength test jig covers vertically over the test substrate and then the jig is rotated slowly for torque shear force (see Figure C.3). The rotation axis when applying the torque should be adjusted to the centre of the device mounted on the test substrate. It is advisable to use a holding jig to suppress the possible deviation/vibration of the rotation axis.

C.2.4.5 Torque shear strength test failure of a connector

The torque strength test shear jig covers vertically the test substrate and then the jig is rotated slowly for torque shear force. Care should be taken to keep the torque meter in a vertical position against the test substrate. The rotation displacement rate should be in the range of 0,006 98 rad/s to 0,017 5 rad/s for the test equipment which can adjust the rotation displacement rate. When the equipment is not capable of setting the rotation displacement rate, rotate the torque shear strength test jig very slowly around the connector by keeping the rotation axis perpendicular to the test substrate until the soldered connection breaks.



IEC 2198/11

Figure C.1 – Fixing of substrate for torque shear strength test

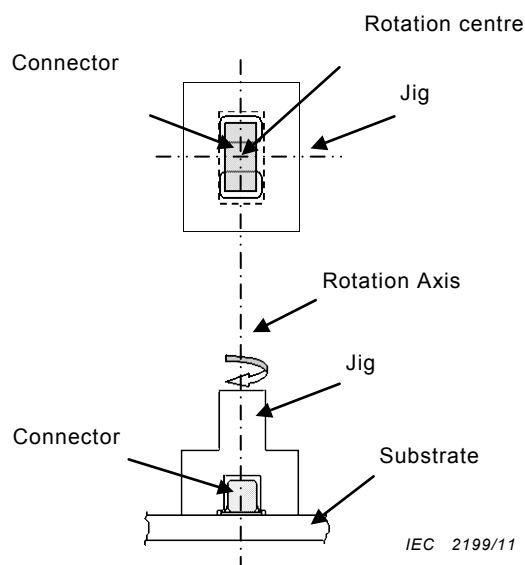


Figure C.2 – Torque shear strength test jig and position adjustment

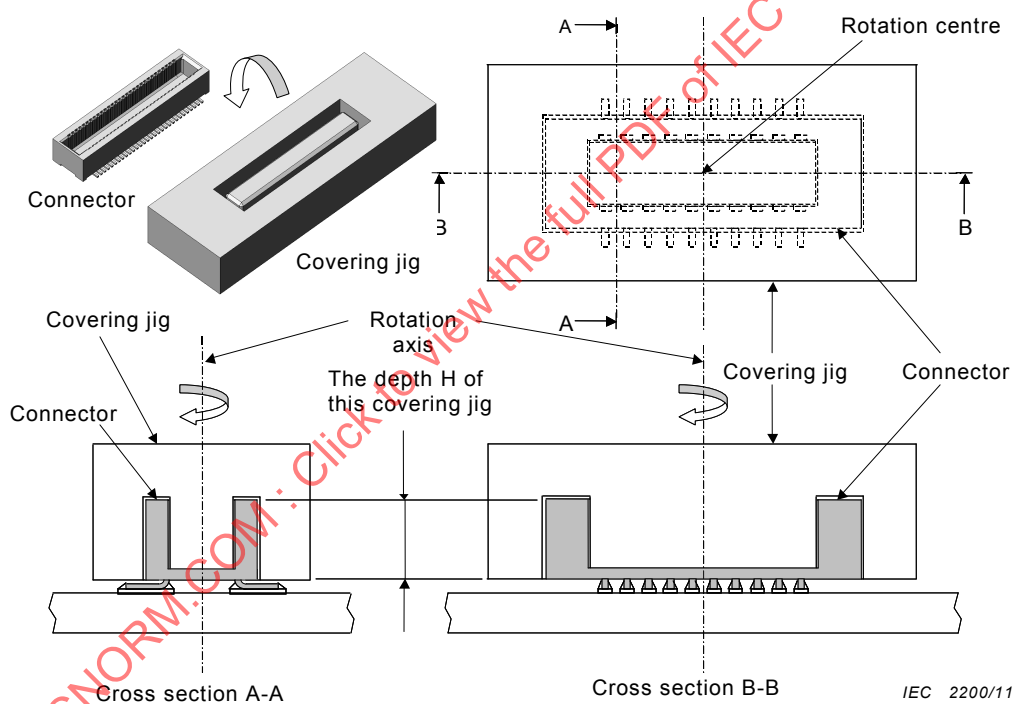


Figure C.3 – Torque shear strength test for a connector

Annex D (informative)

Monotonic bending strength test

D.1 General

This annex describes in detail the monotonic bending strength test given in 7.1.5.

D.2 Monotonic bending strength test equipment

D.2.1 Test equipment requirements

Unless otherwise specified in the product specification, the monotonic bending strength test equipment should be as follows.

D.2.2 Testing machine

The test should be made using the monotonic bending strength test equipment specified in 7.1.5 with following details.

- a) The machine should be able to push the bending tool at a specified speed to the specified displacement (maximum of 20 mm). The precision of the displacement measurement should be ± 1 % of the indication on the test machine (setting value).
- b) The machine should be able to measure the force applied to the bending tool and the displacement with passing time.

D.2.3 Substrate bending jig

The substrate bending jig should be able to support the device with the face down of the device side of the printed circuit board, by pushing the centre of the substrate down with the bending tool. Unless otherwise specified by the product specifications, the jig should be as follows.

The structure of the substrate bending jig should be as shown in Figure D.1.

- a) Material: The material of the jig should be steel.

NOTE It is recommended to use high strength steel to prevent deformation due to cyclic testing.

- b) Bending tool: The radius of the bending tool should be $5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$.
- c) Supporting jig: The radius of the supporting jig should be $2,5 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$.
- d) Distance between supporting jigs: The distance should be $90 \text{ mm} \pm 1 \text{ mm}$.

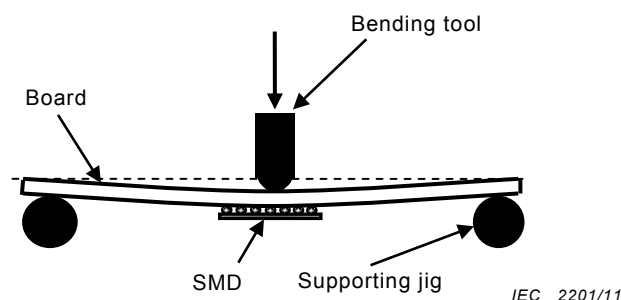


Figure D.1 – Example of a board bending jig

D.2.4 Electrical resistance measuring instrument

The electrical resistance measuring instrument should have the mechanism to verify electrical continuity and discontinuity on the test substrate and to be able to qualify as interruption when resistance values exceed $1 \times 10^3 \Omega$. The measuring instrument should be able to measure an interruption of 10 μs to 100 μs in order to detect electrical discontinuity.

D.2.5 Recorder

The recorder should record displacement and force with passing time during the test.

D.3 Test procedure

Unless otherwise specified by the product specifications, the test procedure should be as follows.

- a) The test substrate should be placed on the substrate bending jig as follows.
- First, solder lead-wire to daisy chain leads used for monitoring the electrical resistance on the substrate, and then connect the wire to a momentary interruption detector.
 - Confirm that the centres of supporting jigs are at the same distance from the centre of the bending tool ($45 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$).
 - The test substrate is set on the testing machine with its face down on the SMD side. Adjust the position in such a way that the bending tool will push at the centre of the substrate.
 - Make sure that the bending tool is in the centre by having it in contact with the substrate.

NOTE Keep bending the substrate until a force of $1 \text{ N} \pm 0,1 \text{ N}$ is applied so as to confirm that the bending tool is actually connected with the substrate.

- b) Depress the bending tool to the substrate until the electrical discontinuity is detected. Record the applied force, displacement and electrical resistance of the daisy chain.
- c) A solder joint is considered a failure when the circuit is confirmed as “open”. Record the monotonic bending strength at this moment.

NOTE Unless otherwise specified by the product specification, the maximum displacement should be 10 mm. The test should be terminated when discontinuity or open failure is not observed with this displacement.

- d) Observe the joint failure when necessary. Check and record the failure mode.

D.4 Displacement rate

Unless otherwise specified by the product specification, the displacement rate should be selected in the range of 0,008 3 mm/s to 0,1 mm/s (0,5 mm/min to 6 mm/min).

NOTE The proper displacement rate induces a solder joint failure in several tens of seconds to several minutes.

Annex E (informative)

Cyclic steel ball drop strength test

E.1 General

This annex describes in detail the cyclic steel ball drop strength test given in 7.4.2.

This cyclic steel ball drop test is a simplified test for SMDs such as BGA, LGA and QFN mounted in portable equipment to be used as an alternative of cyclic drop test (for slight shocks). This test does not evaluate the durability of mounted devices on the board itself, but it is a test to enable the relative comparison of the joint durability correlation between mounted devices to the stress induced by the drop of a steel ball.

E.2 SMDs mounting condition and materials

The mounting device and materials should be as described in 6.1. The thickness and material of the test substrate should be such that it bends with a reasonable radius of curvature at the shock of drop of the ball but should not be deformed. The recommended thickness of the test substrate is 1,6 mm, thicker than in the cyclic drop test in 7.4.2.

E.3 Test equipment

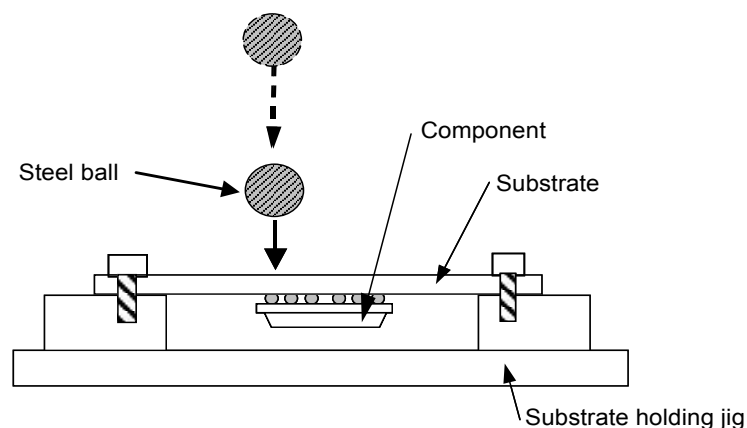
The test equipment should have a good precision of the position of the ball drop to attain good reproducibility of the test. To check the stability of the strain waveform in the objective solder joint, it is desirable to make a preliminary test to check the form and magnitude of strain using a strain gauge attached near the solder joint of the device under test.

E.4 Test procedure

As shown in Figure E.1, a SMD mounted test substrate is held to the test substrate fixing jig with the device mounted face down, and a steel ball is dropped from a specified height onto the backside of the test substrate. The position of the ball drop for a large SMD should be near the peripheral of the devices which is most vulnerable to such mechanical damages. The solder joint break is detected by electrical discontinuity of a circuit such as a daisy chain as in Annex B, by using an electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4).

Record the number of drops to break the solder joint.

This is test for slight shock.

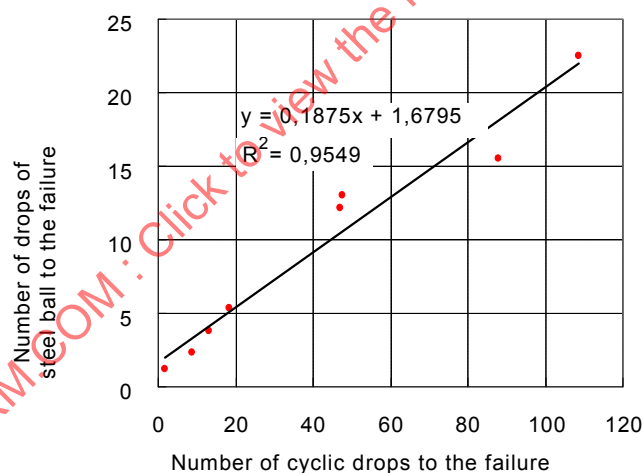


IEC 2202/11

Figure E.1 – Cyclic steel ball drop test

E.5 Correlation of this test to the cyclic drop test (an example)

Comparison of tests for the cyclic drop and cyclic steel ball drop were made for several combinations of various termination materials and solder alloys for 0,5 mm pitch – 64 pin QFN mounted on 1,6 mm FR-4 board. The numbers of drops to break solder joints were compared as shown in Figure E.2. A good correlation between two tests was observed.



IEC 2203/11

Key

Cyclic drop test: Drop height – 0,75 m

Steel ball drop test: Ball mass – 10 g, drop height – 1,5 m

Figure E.2 – Comparison of cyclic drop test and cyclic steel ball drop test

Annex F (informative)

Pull strength test

F.1 General

This annex describes in detail the pull strength test specified in 7.5.1.

F.2 Test procedure

The test procedure is shown below.

- a) The specimen should be kept in the standard atmospheric environment, as specified in 5.3 of IEC 60068-1, for more than 4 h before the test. The test should be performed after the appearance inspection of the device.
- b) The test substrate should be fixed to the pull strength test equipment as shown in Figure F.1.

NOTE When fixing the test substrate, the lead to be tested should be fixed at the centre of the test substrate fixing jig, so that the lead is perpendicular to the lead fixing jig.

- c) Fix the lead to the jig of the pull strength test equipment.

NOTE 1 Care should be taken when the lead is required to be cut-off from the device not to impose mechanical, thermal or chemical stress to the solder joint of the lead and land.

NOTE 2 The method of fixing the test substrate, the relative position of the fixing jig and the lead should be recorded.

NOTE 3 All possible care should be taken not to impose any bend or twist force to the joint when the lead is fixed to the pulling jig of the equipment.

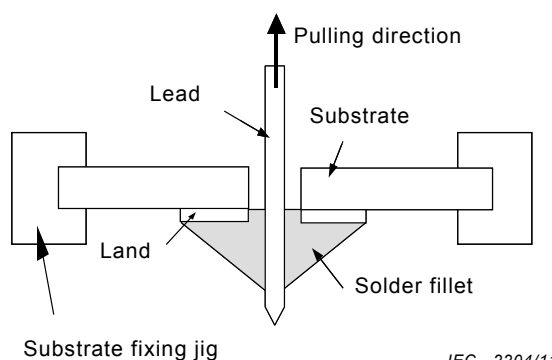
- d) The pulling speed of the jig should be selected from the following, 0,016 7 mm/s (1,0 mm/min), 0,033 3 mm/s (2 mm/min), 0,083 3 mm/s (5 mm/min) 0,167 mm/s (10 mm/min) or 0,333 mm/s (20 mm/min). The pulling speed should be stated in the product specification of the device.

NOTE The pulling speed should be selected so that it takes several tens of seconds to several minutes to break the joint from the start of pulling.

- e) Pull a lead of the device mounted at a speed selected as in d) until the joint breaks. Record the maximum force when the joint is broken.

NOTE When recording the change of force, it is also desirable to record the change of displacement at several points near the joint.

- f) Record the breaking position of the joint and the failure mode.



IEC 2204/11

Figure F.1 – Pull strength test

Annex G (informative)

Creep strength test

G.1 General

This annex describes in detail the creep strength test specified in 7.5.2.

G.2 Test procedure

The test should be carried out according to the following procedure using the equipment.

- a) The specimen should be visually inspected after the pre-treatment.
- b) Connection is made for the continuity test to a pattern connected to the land, but separated from it by more than 10 mm, as a positive terminal and the weight jig to hold the lead as a negative terminal.
- c) The test substrate is fixed to the creep test equipment.

NOTE 1 When the test substrate is fixed to the equipment, the lead to be tested should be positioned in the centre of the lead fixing jig so that the lead is in line with the lead fixing jig.

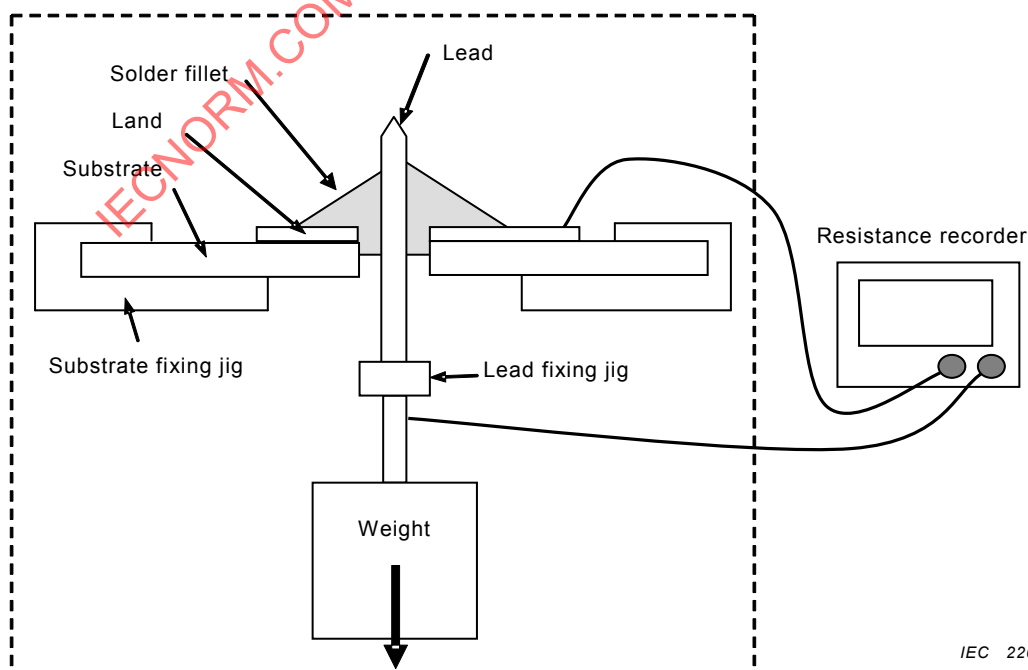
- d) Unless otherwise specified in the product specification, fix the test substrate in the temperature chamber. The temperature chamber should be at the temperature specified in relevant standards.

NOTE 2 The temperature specified in relevant standards should be lower than the heat resistant temperature of the test substrate.

NOTE 3 Care should be paid not to induce excessive chemicals, thermal, or mechanical load to the joint of the lead and the land.

NOTE 4 The method of fixing the test substrate, the relative position of the fixing jig and the testing joint should be recorded.

- e) A schematic diagram of the test is shown in Figure G.1.



IEC 2205/11

Figure G.1 – Creep strength test

- f) Apply the force specified in the product specification to the lead. A predetermined weight to the jig is used to apply the force to the lead. The accuracy of the force to the lead should be less than $\pm 1\%$.

NOTE 5 Care should be paid to prevent the lead and the weight to touch the jig and other subjects in the chamber.

NOTE 6 Care should be paid not to apply any dynamic force to the test substrate when a weight is added to the loading jig.

NOTE 7 In selecting an appropriate force (mass of the weight), it is efficient to start a test from a rather large force (e.g., 90 % of pull strength of the joint) considering the results of a pulling test and of the creep strength to break. Use of a log-log plot of force to creep strength to break for extrapolation to select a weak force is desirable by reducing the force along the line in the graph.

- g) Switch on the power supply and the monitor and start the measurement.

- h) Record the time from start of loading until the joint breaks.

- i) Record the position and the failure mode as the joint breaks.

NOTE 8 Confirm the operation of the equipment, presence of circuit noise and open of the measuring circuit prior to the creep strength test by performing a continuity test before the loading of a weight without applying any external force to the joint.

NOTE 9 It is desirable to limit the estimated life within one order of magnitude when the life of a joint is extrapolated from experimental data.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62137-3:2011

Annex H (informative)

Evaluation method for the fillet lifting phenomenon of a lead insertion type device solder joint

H.1 General

This annex describes an evaluation method for fillet lifting phenomenon of a lead insertion type device solder joint.

There are three types of fillet lifting phenomena as shown in Figure H.1.

- Fillet lifting between lead and solder
- Fillet lifting between fillet and land
- De-lamination between land and board

NOTE This method is for the evaluation of the generation of a fillet lifting phenomenon and electrical disconnection for a specified combination of a device, solder and substrate. Electrical disconnection is often observed when fillet lifting between land and board exists. It is recommended to perform the electrical continuity evaluation to check the discontinuity.

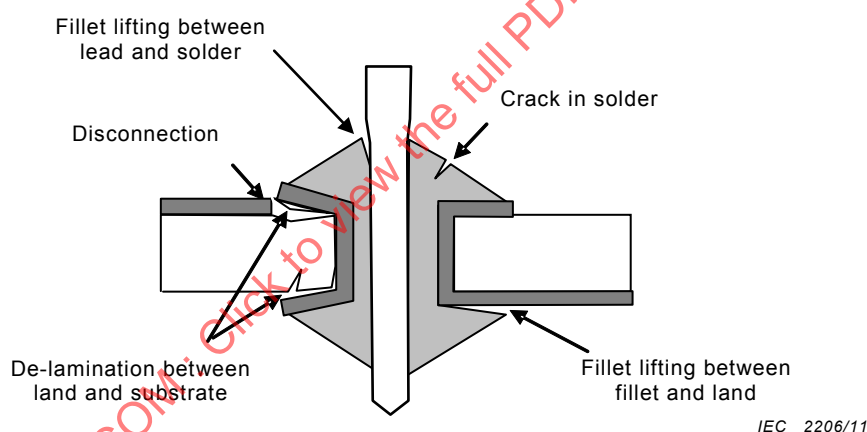


Figure H.1 – Fillet lifting phenomenon of solder joint

H.2 Observation of fillet lifting phenomenon

Fillet lifting should be observed by visual inspection using a magnifying glass at an angle of 10° to 30° from the test substrate. It is desirable to record the status of fillet lifting generation immediately after solder mounting of devices on test substrate.

H.3 Electrical continuity evaluation

Electrical discontinuity at a solder joint is checked by the electrical continuity evaluation conduction before and after the accelerated stress conditioning as described in 6.3. Electrical discontinuity at a solder joint is detected by electrical discontinuity of a circuit such as a daisy chain, as in Figure H.2, using an electrical resistance measuring instrument (refer to D.2.4).

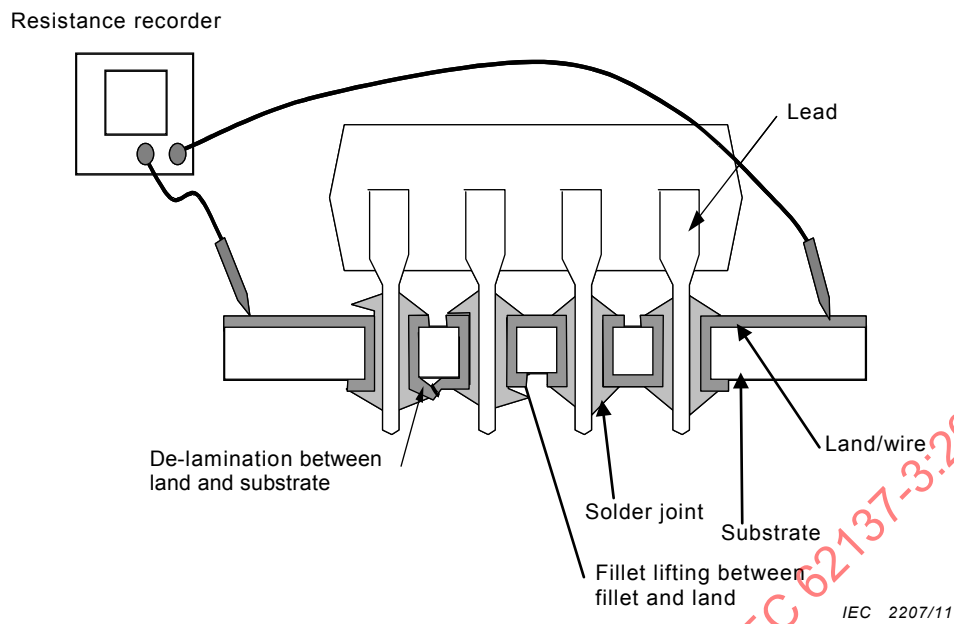


Figure H.2 – Example of an electrical continuity test circuit for a lead insertion type device solder joint

Bibliography

IEC 60068-1:1998, *Environmental testing – Part 1: General and guidance*

IEC 60068-2-2, *Environmental testing – Part 2-2: Tests – Test B: Dry heat*

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

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

IEC 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

IEC 62137:2004, *Environmental and endurance testing – Test methods for surface-mount boards of area array type packages FBGA, BGA, FLGA, LGA, SON and QFN*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62137-3:2011

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	47
1 Domaine d'application	49
2 Références normatives	49
3 Termes et définitions	50
4 Remarques générales	51
5 Procédure de choix de la méthode d'essai applicable	53
5.1 Contraintes sur les joints brasés en situation et méthodes d'essai	53
5.2 Choix des méthodes d'essai basées sur les formes et les bornes/connexions des dispositifs électroniques	55
5.2.1 Dispositifs montés en surface	55
5.2.2 Dispositif du type à insertion de connexions	56
6 Sujets communs dans chaque méthode d'essai	57
6.1 Dispositif de montage et matériaux utilisés	57
6.2 Condition de soudage	59
6.2.1 Généralités	59
6.2.2 Soudage par refusion	59
6.2.3 Soudage à la vague	61
6.3 Conditionnement de contrainte accéléré	63
6.3.1 Variation rapide de température (s'applique à tous les alliages de soudure du présent document)	63
6.3.2 Chaleur sèche (s'applique uniquement à la soudure d'alliage de Bi58Sn42)	64
6.3.3 Chaleur humide (régime permanent) (s'applique à la soudure d'alliage de Sn91Zn9 et Sn89Zn8Bi3)	64
6.4 Choix des conditions d'essai et estimation des résultats d'essai	64
7 Méthode d'essai d'évaluation	65
7.1 Essai de résistance d'un joint brasé de CMS	65
7.1.1 Généralités	65
7.1.2 Essai de résistance à la traction	65
7.1.3 Essai de résistance au cisaillement	65
7.1.4 Essai de résistance au couple de cisaillement	66
7.1.5 Essai de résistance à la flexion monotone	66
7.2 Essai de résistance à la flexion cyclique	67
7.3 Essai de fatigue par cisaillement mécanique	69
7.4 Essai de chute cyclique et essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille d'acier	70
7.4.1 Vue d'ensemble	70
7.4.2 Essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille en acier	71
7.5 Essai de résistance d'un joint brasé pour un dispositif du type à insertion de connexions	72
7.5.1 Essai de résistance à la traction d'un dispositif du type à insertion	72
7.5.2 Essai de résistance au fluage d'un dispositif du type à insertion de connexions	72
Annexe A (informative) Condition de la variation rapide de température	74
Annexe B (informative) Essai de continuité électrique d'un joint brasé	76
Annexe C (informative) Essai de résistance au cisaillement de couple	77
Annexe D (informative) Essai de résistance à la flexion monotone	81

Annexe E (informative) Essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille en acier.....	83
Annexe F (informative) Essai de résistance à la traction	85
Annexe G (informative) Essai de résistance au fluage	86
Annexe H (informative) Méthode d'évaluation du phénomène de soulèvement du raccord d'un joint brasé d'un dispositif du type à insertion de connexions	88
Bibliography.....	90
Figure 1 – Régions de joint pour les essais de fiabilité.....	52
Figure 2 – Facteurs affectant la fiabilité des joints réalisés par soudure sans plomb	53
Figure 3 – Un exemple de position de montage de CMS pour les essais de flexion monotone et de flexion cyclique.....	58
Figure 4 – Un exemple de profil de température de soudage par refusion (Sn96,5Ag3Cu,5)	60
Figure 5 – Exemples de profil de température de soudage par refusion autre que Sn96,5Ag3Cu,5	61
Figure 6 – Exemple de profil de température de soudage à la vague (Sn96,5Ag3Cu,5).....	62
Figure 7 – Exemple de profil de température de soudage à la vague	63
Figure 8 – Essai de résistance à la traction.....	65
Figure 9 – Essai de résistance au cisaillement.....	66
Figure 10 – Essai de résistance au couple de cisaillement.....	66
Figure 11 – Essai de résistance à la flexion monotone.....	67
Figure 12 – Essai de résistance à la flexion cyclique	68
Figure 13 – Structure de l'essai de résistance à la flexion cyclique	68
Figure 14 – Dessin schématique de la fatigue par cisaillement mécanique pour un joint brasé	70
Figure 15 – Essai de chute cyclique.....	71
Figure 16 – Essai de chute cyclique de billes d'acier	72
Figure 17 – Essai de résistance à la traction.....	72
Figure 18 – Essai de résistance au fluage.....	73
Figure A.1 – Courbe de relation de contrainte pour une contrainte donnée sur un joint brasé (Sn96,5Ag3Cu,5)	74
Figure A.2 – Temps pour atteindre un régime permanent dans la chambre pour cycle de température	75
Figure B.1 – Exemple de circuit d'essai pour essai de continuité électrique d'un joint brasé	76
Figure C.1 – Fixation du substrat pour l'essai de résistance au couple de cisaillement	79
Figure C.2 – Support de l'essai de résistance au couple de cisaillement et réglage de position.....	79
Figure C.3 – Essai de résistance au couple de cisaillement d'un connecteur	80
Figure D.1 – Un exemple de support de flexion de carte	81
Figure E.1 – Essai de chute cyclique de billes d'acier	84
Figure E.2 – Comparaison de l'essai de chute cyclique et de l'essai de chute cyclique de billes d'acier.....	84
Figure F.1 – Essai de résistance à la traction	85
Figure G.1 – Essai de résistance au fluage.....	86
Figure H.1 – Phénomène de soulèvement du raccord d'un joint de brasure.....	88

Figure H.2 – Exemple de circuit d'essai de continuité électrique d'un joint brasé d'un dispositif du type à insertion de connexions 89

Tableau 1 – Corrélations entre les méthodes d'essais et les contraintes réelles en situation 54

Tableau 2 – Méthodes d'essais recommandées appropriées à des formes et bornes/connexions spécifiques de CMS 55

Tableau 3 – Méthodes d'essai recommandées convenant pour l'application et la masse du dispositif du type à insertion de connexions 57

Tableau 4 – Composition des alliages de soudure 57

Tableau 5 – Diamètres des trous traversants et des plages par rapport à la section transversale nominale et au diamètre nominal de la connexion filaire 59

Tableau 6 – Condition de température pour une variation rapide de température 64

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 62137-3:2011

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNIQUES D'ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES –

**Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai
d'environnement et d'endurance des joints brasés**

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) 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, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). 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 de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI 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 la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI 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 la CEI. La CEI 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 la CEI, 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 la CEI, 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 la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, 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 la CEI peuvent faire l'objet de droits de brevet. La CEI 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 CEI 62137-3 a été établie par le comité d'études 91 de la CEI: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

Cette première édition annule et remplace la CEI/PAS 62137-3, publiée en 2008, et comporte des modifications éditoriales. Les principales modifications par rapport au PAS sont les suivantes:

- pas de modifications techniques;
- des corrections et modifications éditoriales;
- un réagencement du document.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/986/FDIS	91/1011/RVD

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

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

Une liste de toutes les parties de la CEI 62137, présentées sous le titre général *Techniques d'assemblage des composants électroniques*, peut être consultée sur le site web de la CEI

Les futures normes de cette série porteront dorénavant le nouveau titre général cité ci-dessus. Le titre des normes existant déjà dans cette série sera mis à jour lors de la prochaine édition.

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

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

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

TECHNIQUES D'ASSEMBLAGE DES COMPOSANTS ÉLECTRONIQUES –

Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai d'environnement et d'endurance des joints brasés

1 Domaine d'application

La présente partie de la CEI 62137 présente la méthodologie de choix d'une méthode d'essai appropriée à un essai de fiabilité des joints brasés de divers types et formes de dispositifs montés en surface (CMS), de dispositifs du type en réseau, de dispositifs à connexions filaires et de dispositifs du type à insertion de connexions, utilisant divers types d'alliages de matériaux de soudure.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour une référence datée, seule l'édition citée s'applique. Pour une référence non datée, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

CEI 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions*
Disponible en anglais seulement.

CEI 61188-5 (toutes les parties) *Cartes imprimées et cartes imprimées équipées – Conception et utilisation*

CEI 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*

CEI 62137-1-1:2007, *Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-1: Essai de résistance à la traction*

CEI 62137-1-2:2007, *Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-2: Essai de résistance au cisaillement*

CEI 62137-1-3:2008, *Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-3: Essai de chute cyclique*

CEI 62137-1-4:2009, *Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-4: Essai de flexion cyclique*

CEI 62137-1-5:2009, *Technologie de montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brasés montés en surface – Partie 1-5: Essai de fatigue par cisaillement mécanique*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans la CEI 60194, ainsi que les suivants, s'appliquent.

3.1

résistance à la traction d'un CMS

force maximale pour rompre le joint d'une connexion à un substrat lorsqu'une connexion du type en aile de mouette d'un composant monté en surface est tirée en utilisant un outil de tirage faisant un angle de 45° avec la surface du substrat

[CEI 62137-1-1:2007, modifiée]

3.2

résistance au cisaillement d'un CMS

force maximale appliquée parallèlement au substrat et perpendiculairement à la surface latérale de l'éprouvette pour rompre le joint du CMS monté sur un substrat

[CEI 62137-1-2:2007, modifiée]

3.3

résistance au couple de cisaillement d'un CMS

moment de rotation maximum sur le CMS appliqué en parallèle à la surface du substrat pour rompre le joint brasé entre la borne/la connexion du CMS et la plage sur le substrat

3.4

résistance à la flexion monotone d'un CMS

résistance des joints brasés d'un CMS monté sur un substrat lorsque le substrat est fléchi de manière convexe vers les CMS montés, exprimée par la profondeur de flexion maximale jusqu'à la rupture des joints

3.5

résistance à la flexion cyclique d'un CMS

intensité de la résistance exprimée en nombre de cycles pour atteindre la fracture du joint entre la borne/la connexion du CMS monté sur le substrat et la plage de cuivre du substrat après flexion cyclique du substrat à un degré spécifié pour que la surface du côté dispositif du substrat puisse prendre une forme convexe

[CEI 62137-1-4:2009, modifiée]

3.6

résistance à la fatigue par cisaillement mécanique d'un CMS

application d'une déformation de cisaillement cyclique sur les joints brasés par déplacement mécanique au lieu d'un déplacement relatif généré par une désadaptation du CDT (coefficient de dilatation thermique) dans un essai thermique cyclique

NOTE Les essais de fatigue par cisaillement mécanique se poursuivent jusqu'à ce que la force maximale diminue en atteignant une valeur spécifiée, correspondant à l'apparition d'une fissure initiale ou que l'instrument de mesure de résistance électrique puisse détecter une interruption de la continuité électrique, et le nombre de cycles est enregistré en tant que résistance à la fatigue.

3.7

essai de chute cyclique d'un CMS

nombre de chutes jusqu'à la rupture des joints brasés d'un CMS avec les plages sur un substrat qui est fixé à un support lorsqu'on fait tomber la carte d'une hauteur spécifiée

3.8**résistance d'un CMS aux chutes cycliques d'une bille d'acier**

nombre de chutes jusqu'à la rupture des joints brasés d'un CMS avec les plages sur un substrat lorsqu'on fait tomber la bille d'acier sur un substrat d'une hauteur spécifiée

3.9**résistance à la traction d'un dispositif du type à insertion de connexions**

force maximale appliquée pour rompre le joint brasé d'une connexion d'un dispositif du type à insertion de connexions sur une plage d'une carte lorsqu'on tire sur la connexion en utilisant un support

3.10**résistance au fluage d'un dispositif du type à insertion de connexions**

résistance d'un joint brasé exprimée par le temps nécessaire pour rompre le joint lorsqu'une force continue est appliquée à une connexion d'un dispositif du type à insertion de connexions soudé sur une plage

3.11**phénomène de soulèvement du raccord pour un dispositif du type à insertion de connexions**

phénomène dans lequel un raccord de brasure d'une connexion se soulève d'une plage sur un substrat ou de la plage du substrat (décollement)

3.12**guirlande**

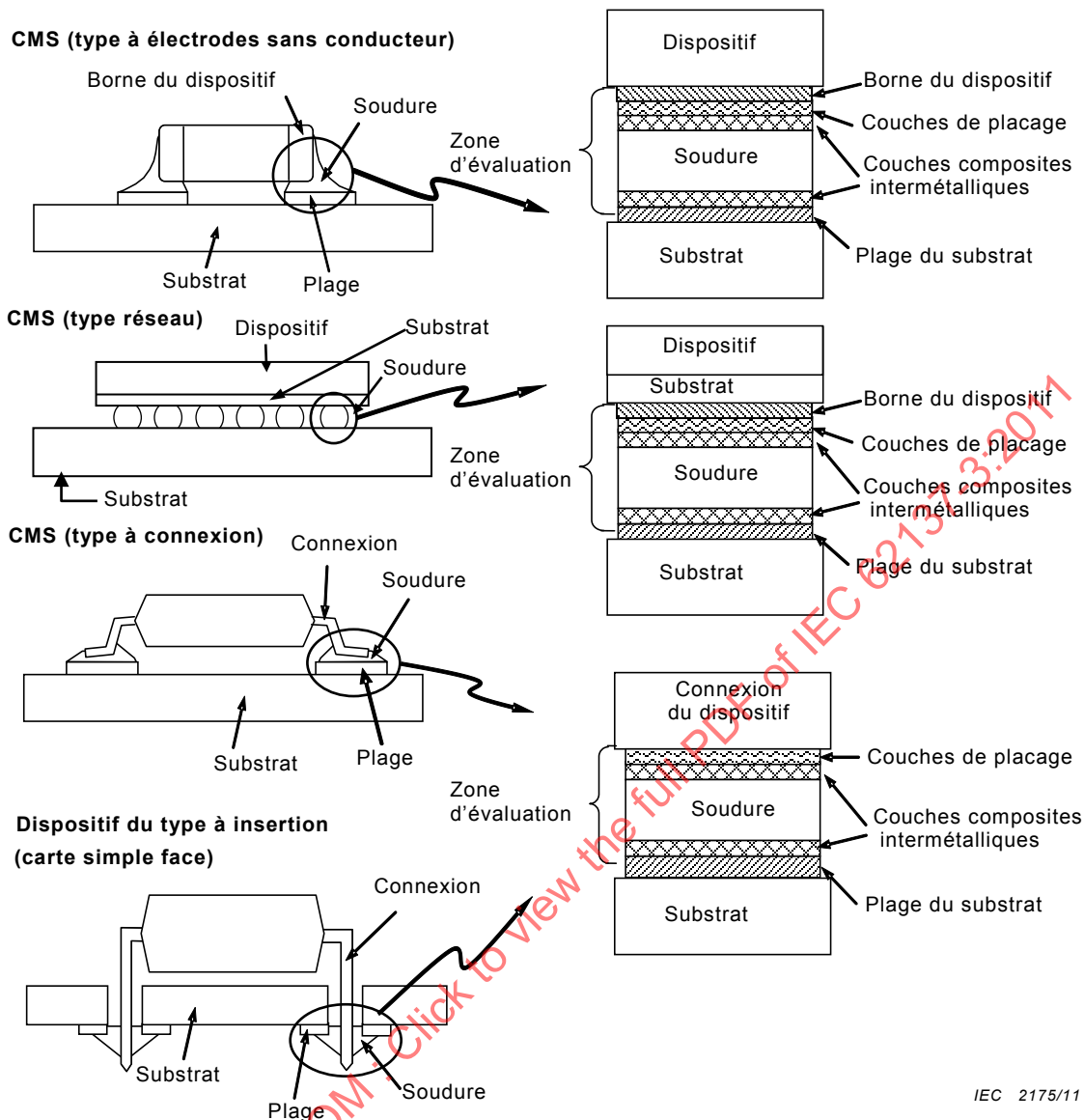
toute chaîne de joints brasés de connexions reliées en série (voir Article B.2)

NOTE Les plages sur les deux faces d'un substrat et la connexion sont reliées par brasage en une chaîne dans le cas d'un essai de soulèvement de raccord.

4 Remarques générales

Les régions des joints à évaluer sont représentées à la Figure 1. Les méthodes d'essai ici présentées sont applicables à l'évaluation de la durabilité des joints d'un dispositif monté sur un substrat mais pas à l'essai de la résistance mécanique du dispositif lui-même.

Les conditions du conditionnement de contrainte accéléré (variation rapide de température et chaleur sèche) peuvent dépasser la plage de température maximale admissible pour un dispositif.



IEC 2175/11

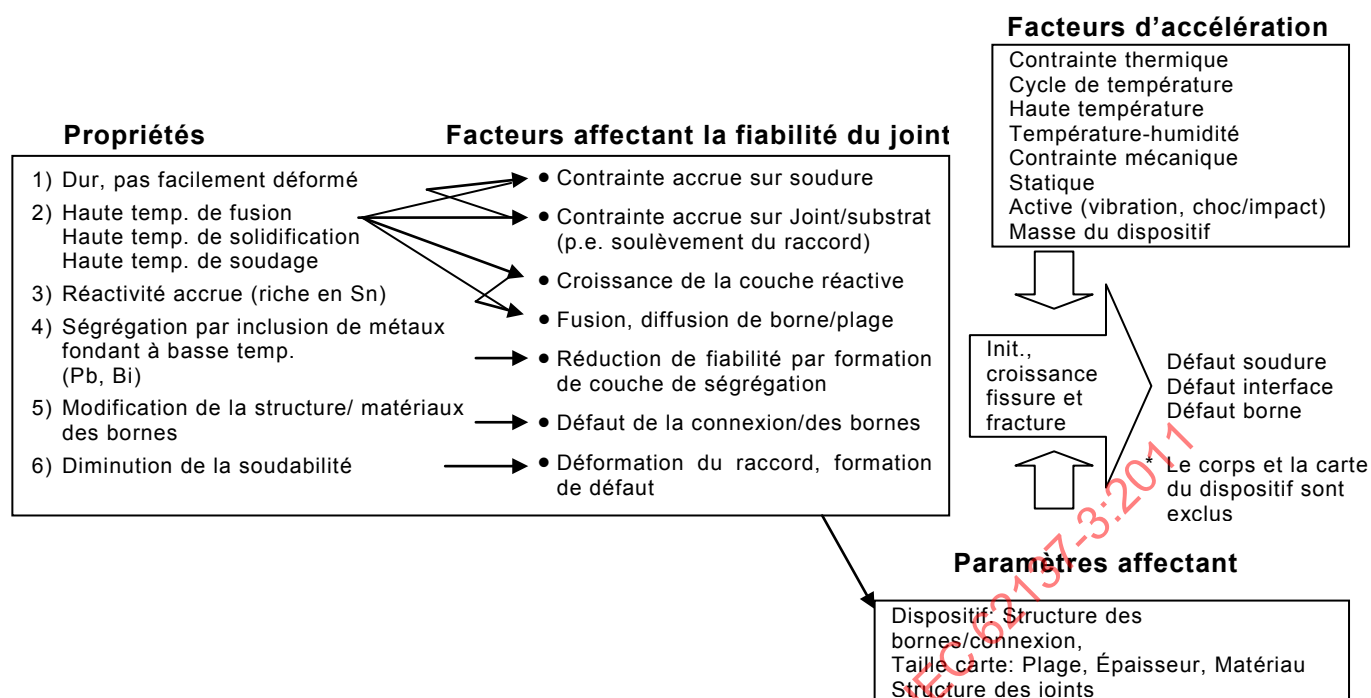
Figure 1 – Régions de joint pour les essais de fiabilité

Les soudures sans plomb ont des propriétés différentes de celles de la soudure classique étain-plomb eutectique ou proche de l'eutectique. La fiabilité des joints brasés utilisant une soudure sans plomb peut être réduite par la composition de la soudure utilisée, la forme de la borne/de la connexion et le traitement de surface.

Des exemples de facteurs affectant la fiabilité des joints utilisant une soudure Sn96,5Ag3Cu,5 sont représentés à la Figure 2. Cette soudure possède des propriétés de température de fusion supérieure et de plus grande dureté que la soudure eutectique étain-plomb et elle est difficile à déformer à l'état solide. La contrainte induite au niveau du joint devient donc plus grande que pour la soudure eutectique étain-plomb.

Ces propriétés peuvent entraîner une rupture du joint brasé par conditionnement de contrainte accéléré.

Les extrémités des bornes/connexions du CMS peuvent influencer sur le résultat de l'essai, non seulement pour l'essai de tenue aux chutes, mais aussi pour les autres essais. Il convient donc que tous les essais en tiennent compte.



IEC 2176/11

Figure 2 – Facteurs affectant la fiabilité des joints réalisés par soudure sans plomb

5 Procédure de choix de la méthode d'essai applicable

5.1 Contraintes sur les joints brasés en situation et méthodes d'essai

Les corrélations entre les méthodes d'essai et la contrainte réelle induite sur des dispositifs sont représentés au Tableau 1. Le type de substrat et les formes de la borne/connexion affectant la corrélation des résultats d'essais avec les conditions réelles de contrainte des CMS en situation sont également indiqués en référence. Le choix d'une méthode d'essai adaptée à une forme et à une borne/connexion spécifique est indiqué en 5.2.

**Tableau 1 – Corrélations entre les méthodes d'essais
et les contraintes réelles en situation**

Méthode d'essai (Norme applicable)	Conditionnement de contrainte accéléré	Carte/composants applicables	Contrainte en situation et produits applicables
Essai de continuité ^{a, b} Annexe B	Variation rapide de température ^c	CMS	Les contraintes à prendre en compte sont les suivantes. a) contrainte thermique répétée provoquée par la différence des coefficients de dilatation thermique du dispositif et du substrat à la mise sous tension/l'arrêt de l'équipement et/ou variations de température dans l'environnement proche b) Environnement à haute température c) Environnement à haute température et forte humidité
Résistance à la traction ^a CEI 62137-1-1	Chaleur sèche ^c	CMS (Aile de mouette)	
Résistance au cisaillement ^a CEI 62137-1-2	Chaleur humide ^c	CMS	
Résistance au cisaillement de couple ^a Annexe C		CMS	
Essai de flexion monotone ^a Annexe D		CMS	
Essai de résistance à la flexion cyclique CEI 62137-1-4	Flexion de carte répétée	CMS	Contrainte mécanique répétée appliquée aux joints brasés et au substrat comme dans le cas d'une frappe de touche, en particulier pour un équipement portable
Essai de fatigue par cisaillement mécanique CEI 62137-1-5	Tension cyclique	CMS	Contrainte thermique répétée provoquée par la différence des coefficients de dilatation thermique du dispositif et du substrat à la mise sous tension/l'arrêt de l'équipement et/ou variations de température dans l'environnement proche
Essai de chute cyclique ^d CEI 62137-1-3	Chute de carte répétée	CMS	Choc induit sur les joints brasés lorsqu'on fait tomber l'équipement de manière erratique tandis que l'équipement est en cours d'utilisation
Essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille en acier ^d Annexe E	Chute répétée d'une bille	CMS	
Essai de résistance à la traction Annexe F	Variation rapide de température ^c	Type à insertion à trous traversants simple face/à connexions	Contrainte thermique répétée provoquée par la différence des coefficients de dilatation thermique du dispositif et de la carte à la mise sous tension/l'arrêt de l'équipement et/ou variations de température dans l'environnement proche
Essai de résistance au fluage Annexe G	Charge massique à température élevée	Type à insertion à trous traversants simple face/à connexions	Dégradation d'un joint brasé lorsqu'une force continue est appliquée
Observation du phénomène de soulèvement du raccord Annexe H	Non applicable ^e	Type à insertion à trous traversants double face/à connexions	Le phénomène de soulèvement de raccord peut apparaître entre l'alliage de soudure et le placage des connexions et/ou la plage après soudage
NOTE L'essai de résistance aux vibrations est un essai de durabilité à une vibration qu'un produit peut recevoir pendant le transport ou en service en situation. Il n'a pas été prouvé qu'un essai de résistance aux vibrations, incluant l'essai de vibration aléatoire le plus sévère, permettrait d'évaluer la dégradation des joints brasés. En conséquence, l'essai de résistance aux vibrations n'est pas inclus dans la présente norme.			
^a Cet essai est destiné à évaluer la dégradation de la résistance du joint avec des contraintes thermiques répétées induites sur le joint au moyen d'une variation rapide de température, de chaleur sèche et de chaleur humide comme conditionnement de contrainte accéléré. Il convient de choisir un essai convenable en fonction des caractéristiques du dispositif en essai, par exemple la forme de ses connexions.			
^b Cet essai est destiné à vérifier s'il existe un défaut sur un joint brasé en mesurant les variations de résistance du joint sans appliquer de contrainte mécanique. On fait ici référence à cette méthode d'essai en tant que méthode alternative car il s'agit d'un essai utile en particulier pour les BGA (Boîtiers matriciels à billes, <i>Ball grid array</i>) et les LGA (boîtiers matriciels à zone de contact plate, <i>land grid array</i>).			
^c Le conditionnement de contrainte accéléré applicable par l'alliage de soudure est comme indiqué ci-dessous. 1) Variation rapide de température: Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Bi et Sn-In 2) Chaleur humide: Sn-Zn 3) Chaleur sèche: Sn-Bi.			
^d La méthode d'essai applicable à l'alliage de Sn-Zn, Sn-Bi et Sn-In est l'essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille d'acier.			
^e Il est recommandé de modifier rapidement la température si un soulèvement du raccord entre plage et carte est noté.			

5.2 Choix des méthodes d'essai basées sur les formes et les bornes/connexions des dispositifs électroniques

5.2.1 Dispositifs montés en surface

Les méthodes d'essais recommandées appropriées à des formes et bornes/connexions spécifiques de dispositifs sont représentées dans le Tableau 2.

Tableau 2 – Méthodes d'essais recommandées appropriées à des formes et bornes/connexions spécifiques de CMS

	Types et bornes/connexions du dispositif			Application du conditionnement de contrainte accéléré					Essai de flexion cyclique	Essai de chute cyclique	Essai de fatigue par cisaillement mécanique
	Bornes/connexions	Nombre de bornes/connexions	Exemples	Essai de traction	Essai de résistance au cisaillement	Essai de couple de cisaillement	Essai de continuité	Essai de flexion monotone			
Composants électroniques généraux	Bornes sur 2 côtés (connexions pliées)		2	Condensateur au tantale, inducteur	-	A, B	-	-	-	C	-
	Bornes sur 3 côtés		2	Résistance en puce/condensateur en couche rectangulaire	-	A, B	-	-	-	C	-
	Bornes sur 5 côtés (couvercle compris)		2	Condensateur déposé, thermistance, inducteur stratifié, fusible	-	A, B	-	-	-	C	-
	Plusieurs bornes (bornes sur les côtés)		4 ou plus	Réseau de résistances, Réseau de condensateurs	-	A, B	-	-	C	C	-
	Aile de mouette – 1		4 ou plus	Transformateur	A, B	C	-	-	C	-	-
	Aile de mouette – 2		Jusqu'à 6	Commutateur	-	B	A, B	-	-	C	-
	Aile de mouette – 3		4 ou plus	Connecteur	-	A, B	A, B	-	C	-	-
	Bornes sur le fond		2	Inducteur, Condensateur au tantale	-	A, B	B	-	-	C	-
	Borne circulaire (couvercle compris)		2	Condensateur/résistance/fusible MELF	-	A, B	B	-	-	C	-
Dispositifs à semiconducteur	Connexions sur deux côtés (connexion pliée)		2	Diode	-	A, B	C	-	-	C	-
	Connexions en aile de mouette		3 à 6	Petit transistor	C	B	C	-	-	C	-
	Connexions en aile de mouette		6 ou plus	QFP, SOP	A, B	-	-	C	C	C	B
	Pas de connexion		6 ou plus	QFN, SON	-	-	-	A, B	C	B	B
	Bornes avec bille sur le fond		Multiple	BGA, FBGA	-	-	-	A, B	C	B	B
	Bornes sans bille sur le fond		Multiple	LGA, FLGA	-	-	-	A, B	C	B	B

NOTE 1 A: Recommandations pour essai d'endurance accéléré, B: Applicable, C: Applicable si une condition est remplie, -: Non applicable

NOTE 2 L'un des essais mécaniques statiques suivants est réalisé avant et après le conditionnement de contrainte accéléré en fonction de la forme du dispositif à l'essai.

- Essai de résistance à la traction: CMS avec bornes en aile de mouette.
- Essai de résistance au cisaillement. Petit CMS rectangulaire sur lequel on peut appuyer un support de poussée sur un côté du dispositif.
- Essai de résistance au cisaillement de couple. CMS dont la forme est difficile à appliquer à l'essai de résistance au cisaillement régulier et à un dispositif relativement grand avec un grand nombre de bornes ou connexions, tel qu'un dispositif à semiconducteur ou un connecteur.

NOTE 3 L'essai de continuité est applicable à des dispositifs sur lesquels on peut former une guirlande sur le substrat de montage ou à l'intérieur du dispositif à l'essai lui-même.

Des exemples en sont des dispositifs à semiconducteur ne comportant pas de connexions tels que des BGA, LGA ou QFN.

NOTE 4 L'essai de limite de flexion monotone est applicable aux dispositifs avec une dimension en hauteur ou en largeur pour laquelle l'essai de mesure de résistance est disponible et qui ne sont pas facilement déformés.

NOTE 5 L'essai de résistance à la flexion cyclique et l'essai de chute cyclique sont applicables aux dispositifs principalement utilisés dans un équipement portable.

Il convient de spécifier l'utilisation de ces essais dans la spécification du produit.

L'essai de résistance à la flexion cyclique pour un substrat est approprié au dispositif à semiconducteur monté sur un substrat.

NOTE 6 Chaque essai de température est appliqué dans le cas des alliages suivants.

- a) Variation rapide de température: Sn-Ag-Cu, Sn-Zn, Sn-Bi et Sn-In
- b) Chaleur humide: Sn-Zn
- c) Chaleur sèche: Sn-Bi

NOTE 7 La forme des dispositifs à semiconducteur est définie dans la CEI 60191. Toutefois, la définition des «Bornes sur le fond sans boîtiers à bille» n'existe pas encore. Les «Bornes sur le fond sans boîtier à bille» les définissent ici comme un boîtier (forme) de BGA sans bille de soudure.

5.2.2 Dispositif du type à insertion de connexions

L'essai de résistance à la traction constitue l'essai de base pour les dispositifs du type à insertion de connexions. Il convient également d'utiliser l'essai de fluage pour les dispositifs de grande taille, une force extérieure semblant également être appliquée en continu depuis cette structure.

Le choix de l'essai doit être mentionné dans les spécifications du produit pour le dispositif destiné à être monté uniquement sur la face unique d'un substrat. Dans de nombreux cas, la résistance des connexions des dispositifs du type à insertion de connexions peut être inférieure par rapport aux joints brasés. Ces essais ne sont pas appropriés pour les équipements utilisant ce type de substrat.

Les méthodes d'essai recommandées, par exemple la masse du dispositif du type à insertion de connexions, le type de carte et l'application de la charge sont indiquées dans le Tableau 3.

Tableau 3 – Méthodes d'essai recommandées convenant pour l'application et la masse du dispositif du type à insertion de connexions

Type de substrat	Application, type de dispositif		Essai		Évaluation	
	Application	Masse du dispositif	Essai de résistance à la traction	Essai de résistance au fluage	Observation du phénomène de soulèvement du raccord	Évaluation de la continuité
Trou traversant simple face	Pas de charge continue	Léger	B	-	-	-
		Lourd	C	B	-	-
	Charge continue	Léger	B	-	-	-
		Lourd	C	C	-	-
Trou traversant double face	Dispositif général du type à insertion de connexions		-	-	B	C
	Dispositif du type à insertion de connexions applicable à une guirlande		-	-	B	B

NOTE 1 B: Applicable, C: Applicable lorsque des conditions sont satisfaites, -: Non applicable

NOTE 2 L'environnement de chaque essai est le suivant.

- a) Essai de résistance à la traction: Température ambiante
- b) Essai de résistance au fluage: Environnement à haute température à prescrire dans une norme de produit
- c) Observation du soulèvement de raccord: Température ambiante
- d) Évaluation de continuité: Environnement d'essai à variation rapide de température à prescrire dans une norme de produit.

NOTE 3 Pour ces essais, un alliage de Sn - Ag - Cu et un alliage de soudure Sn - Zn conviennent.

NOTE 4 Dans le cas de l'utilisation d'un substrat à trous traversants double face, la résistance de la connexion a tendance à être inférieure à la résistance du joint brasé. Ce type de substrat ne convient donc pas pour un essai de résistance à la traction.

NOTE 5 Les détails de l'évaluation pour les trous traversants (TH) double face sont donnés à l'Annexe H.

6 Sujets communs dans chaque méthode d'essai

6.1 Dispositif de montage et matériaux utilisés

a) Soudure

Des compositions diverses d'alliage de soudure sans plomb pour interconnexions sont utilisées en situation. Sauf indication contraire mentionnée dans la spécification du produit, l'alliage de soudure sans plomb doit être choisi dans le Tableau 4 indiqué par type d'alliage de soudure.

Tableau 4 – Composition des alliages de soudure

Type d'alliage de soudure	Alliage (Nom abrégé)	
Sn-Ag-Cu	Sn96,5Ag3Cu,5(A30C5)	-
Sn-Zn	Sn91Zn9(Z90)	Sn89Zn8Bi3(Z80B30)
Sn-Bi	Bi58Sn42(B580)	-
Sn-In	Sn88In8Ag3,5Bi,5(N80A35B5)	-
Sn-Cu	Sn99,3Cu,7(C7)	-

b) Substrat d'essai

Le substrat d'essai doit être le stratifié recouvert de cuivre du type tissu de verre époxy spécifié dans la CEI 61249-2-7. Lorsqu'on utilise un substrat d'essai fait d'un autre matériau, il est recommandé de choisir un matériau de dégradation thermique, déformation mécanique et rupture inférieures.

Les matériaux difficiles à déformer tels que la céramique ne doivent pas être utilisés comme substrat d'essai pour l'essai de résistance à la flexion monotone, l'essai de résistance à la flexion cyclique et l'essai de chute cyclique.

Les autres points sont spécifiés dans la méthode d'essai correspondante.

c) Dispositifs de montage sur le substrat d'essai

Les dispositifs de montage sur le substrat d'essai sont les suivants.

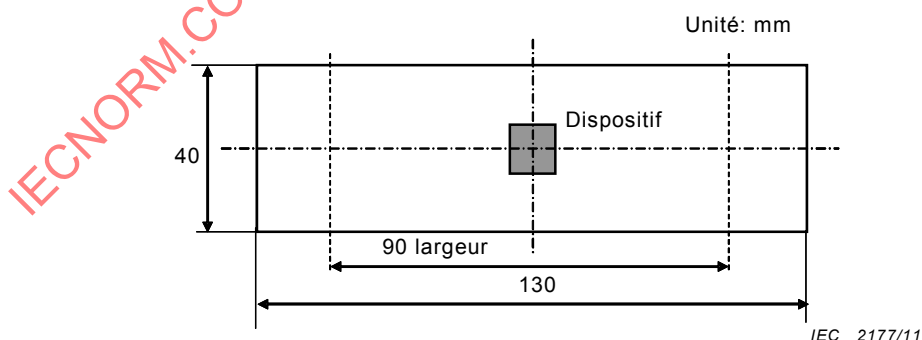
Les essais des CMS sont réalisés en montant les dispositifs sur un substrat simple face ou sur une face d'un substrat double face.

Les essais pour les dispositifs du type à insertion de connexions sont destinés au montage des dispositifs sur une face du substrat. Les essais pour le montage des dispositifs du type à insertion de connexions sur un substrat double face ne sont pas appropriés, car la résistance des joints brasés est beaucoup plus grande dans ce cas que celle des connexions elles-mêmes vers le dispositif.

Il convient que la méthode de soudage des CMS soit le soudage par refusion et pour le dispositif du type à insertion de connexions, soit le soudage à la vague.

d) Position des dispositifs et de la plage d'accueil

Le CMS à essayer dans l'essai de résistance à la flexion monotone, l'essai de résistance à la flexion cyclique et l'essai de chute cyclique doit être monté au centre d'un substrat d'essai, comme représenté à la Figure 3. La position du dispositif en essai pour les autres essais peut être déterminée à un emplacement approprié sur le substrat par accord entre l'utilisateur et le fournisseur. Sauf spécification contraire dans la norme de produit, la plage d'accueil de la série CEI 61188-5 doit être utilisée.



NOTE Epaisseur PWB 1,6

Figure 3 – Un exemple de position de montage de CMS pour les essais de flexion monotone et de flexion cyclique

Le dispositif du type à insertion de connexions à soumettre à essai de résistance à la traction et de résistance au fluage est destiné à évaluer la résistance du joint brasé entre le dispositif et la plage lorsqu'il est connecté en utilisant une soudure sans plomb. L'essai évalue la durabilité d'un joint brasé jusqu'à la rupture lors de la connexion de la connexion d'un dispositif du type à insertion à un substrat simple face par soudage à la vague pendant la

mesure de la résistance électrique du joint en appliquant un poids spécifié à la connexion dans une chambre de température. Le temps jusqu'à la rupture est évalué, car la résistance augmente si le joint brasé se rompt.

Le diamètre d'un trou traversant et le diamètre d'une plage sont indiqués dans le Tableau 5.

Tableau 5 – Diamètres des trous traversants et des plages par rapport à la section transversale nominale et au diamètre nominal de la connexion filaire

Aire nominale en section transversale (S) mm ²	Diamètre nominal (d) d'une connexion du type à section transversale circulaire mm	Diamètre du trou traversant mm	Diamètre de la plage mm
$S \leq 0,10$	$d \leq 0,35$	0,8	1,4
$0,10 < S \leq 0,28$	$0,35 < d \leq 0,60$	1,0	1,6
$0,28 < S \leq 0,50$	$0,60 < d \leq 0,80$	1,2	1,8
$0,50 < S \leq 0,79$	$0,80 < d \leq 1,00$	1,4	2,0
$0,79 < S \leq 1,20$	$1,00 < d \leq 1,25$	1,6	2,2

6.2 Condition de soudage

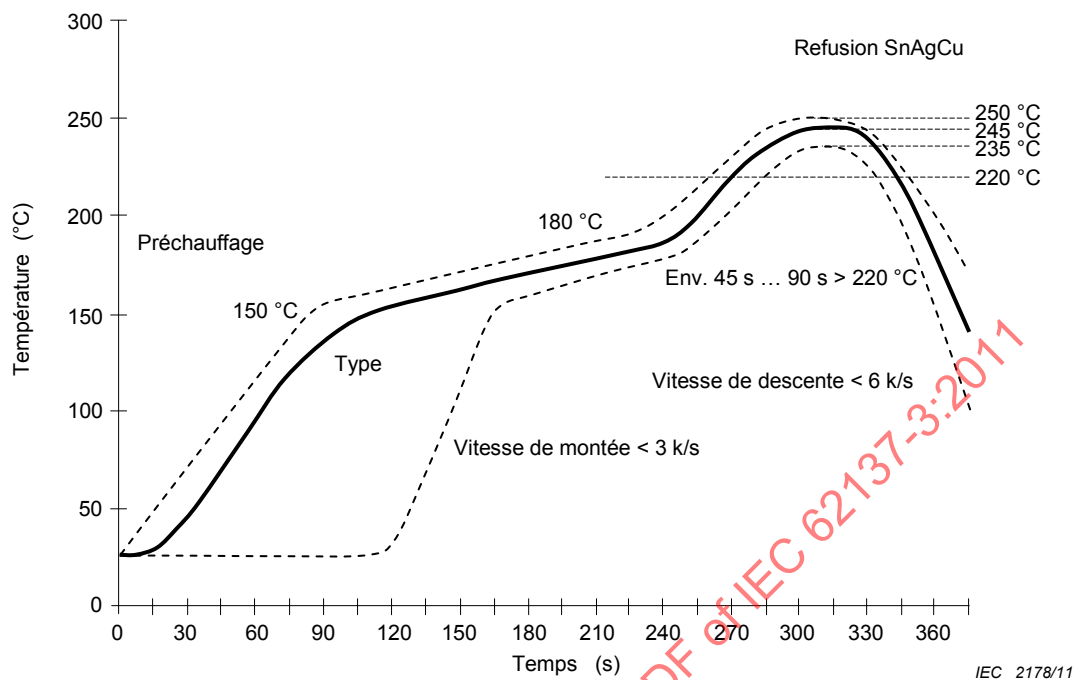
6.2.1 Généralités

Une condition de soudage convenable doit être choisie afin de former un cordon de brasage approprié. Des exemples de profil de température pour la soudure sans plomb pour le soudage par refusion et à la vague sont présentés respectivement en 6.2.2 et 6.2.3.

6.2.2 Soudage par refusion

Il convient que les profils de température de soudage par refusion utilisés pour l'assemblage réel d'un substrat soient toujours optimisés par le montage de substrat en fonction de l'implantation des dispositifs sur le substrat et ainsi de suite. Pour une soudure au Sn96,5Ag3Cu,5, il convient que le profil de température de soudage suive les valeurs par défaut de la CEI 61760-1, présentées à la Figure 4. Des exemples de profil de température de soudage autres qu'une soudure au Sn96,5Ag3Cu,5 sont présentés à la Figure 5.

Les détails concernant les autres conditions sont donnés dans les méthodes d'essai correspondantes.

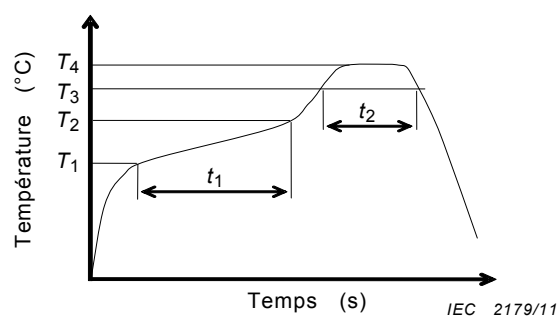


Légende

Trait continu: Processus type (température des bornes/connexions).

Ligne en pointillés: Limites du processus; Limite inférieure du processus (température des bornes/connexions); Limite supérieure du processus (plus haute température du dispositif).

Figure 4 – Un exemple de profil de température de soudage par refusion (Sn96,5Ag3Cu,5)



Symbole et description	Composition de soudure		
	Sn91Zn9 ^a , Sn89Zn8Bi3	Bi58Sn42	Sn88In8Ag3,5Bi,5
T_1 Température de préchauffage minimale	130 °C	100 °C	140 °C
T_2 Température de préchauffage maximale	150 °C	120 °C	160 °C
T_3 Température de soudage	200 °C	150 °C	206 °C
T_4 Température de crête	220 °C ± 5 °C	190 °C ± 5 °C	220 °C ± 5 °C
t_1 Temps de préchauffage	90 s ± 30 s	90 s ± 30 s	90 s ± 30 s
t_2 Temps de soudage	20 s à 60 s	20 s à 60 s	20 s à 60 s

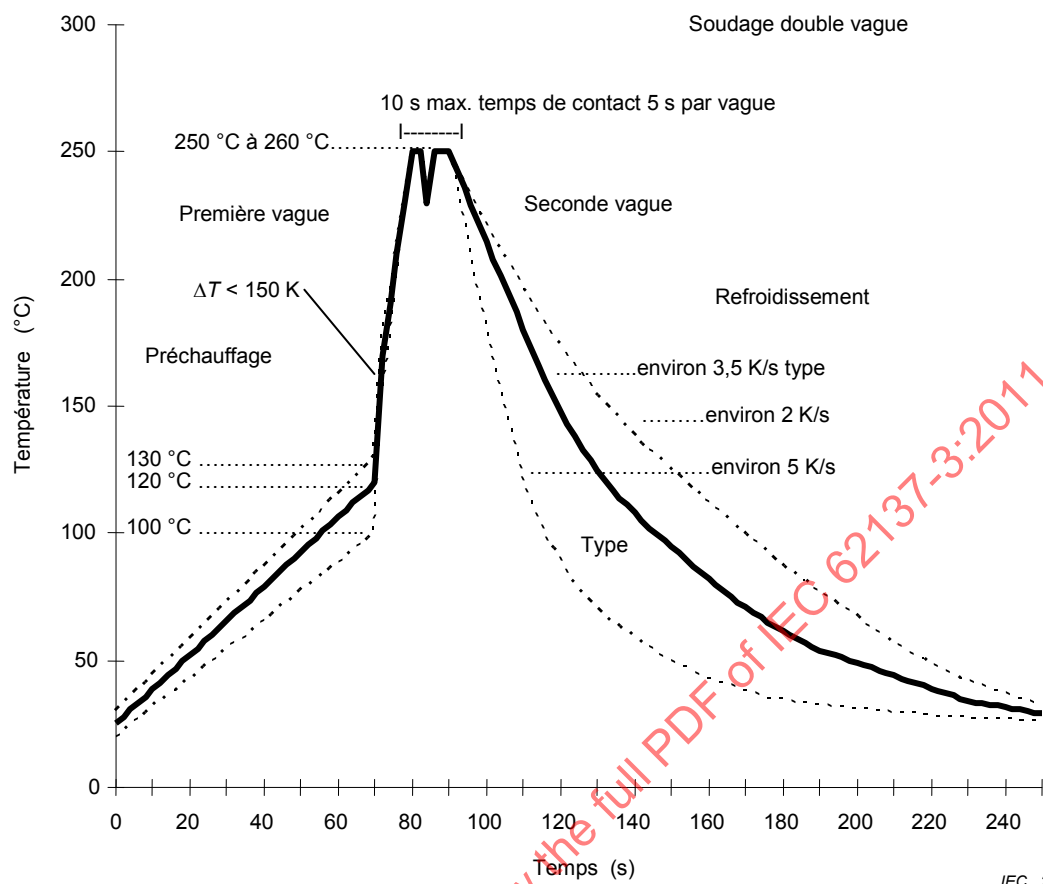
^a Un gaz inerte tel que le N₂ est recommandé comme atmosphère de soudage.

Figure 5 – Exemples de profil de température de soudage par refusion autre que Sn96,5Ag3Cu,5

6.2.3 Soudage à la vague

Il convient que les profils de température de soudage à la vague utilisés pour l'assemblage réel d'un substrat soient toujours optimisés par le montage de substrat en fonction de l'implantation des dispositifs sur le substrat et ainsi de suite. Pour une soudure au Sn96,5Ag3Cu,5, il convient que le profil de température de soudage suive les valeurs par défaut de la Figure 6 ou de la Figure 7.

Les détails concernant les autres conditions sont donnés dans les méthodes d'essai correspondantes.

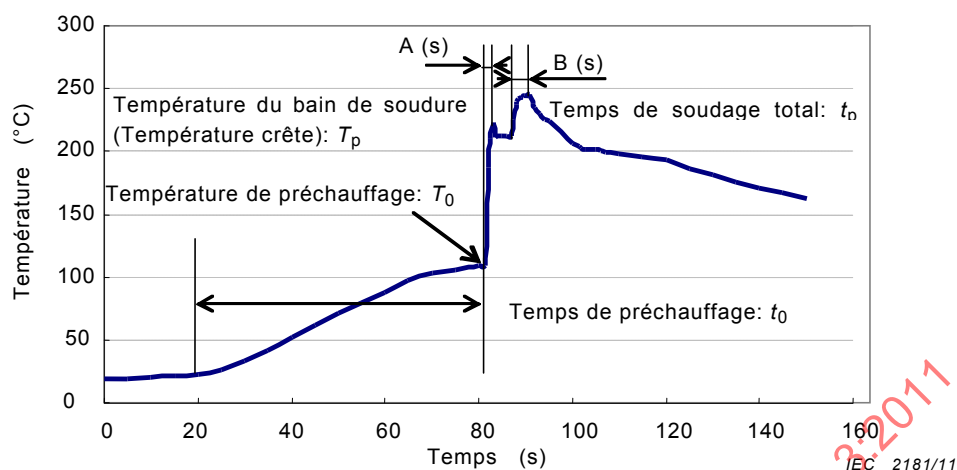


Légende

Trait continu: Processus type (température des bornes/connexions)

Ligne en pointillés: Limites du processus; Limite inférieure du processus; Limite supérieure du processus

Figure 6 – Exemple de profil de température de soudage à la vague (Sn96,5Ag3Cu,5)



Composition de soudure	Préchauffage		Soudage	
	Température de préchauffage T_0	Temps de préchauffage t_0	Température de crête T_p	Temps de soudage t_p
Sn99,3Cu,7(C7)	100 °C à 120 °C	30 s à 90 s	250 °C $\pm$ 5 °C	3 s à 5 s

Figure 7 – Exemple de profil de température de soudage à la vague

6.3 Conditionnement de contrainte accéléré

6.3.1 Variation rapide de température (s'applique à tous les alliages de soudure du présent document)

Il convient que l'essai N (Variation rapide de température avec temps de transfert prescrit), spécifié dans la CEI 60068-2-14 soit effectué pour les essais de résistance à la traction, au cisaillement, au cisaillement de couple et à la flexion monotone pour les CMS et à l'essai de traction pour les dispositifs du type à insertion de connexions. Il convient de choisir la condition de température en considérant l'effet des caractéristiques de variation de température d'un joint brasé sur la relaxation de contrainte du joint lorsqu'une contrainte est appliquée au joint. Les caractéristiques de température dépendent de la taille de l'éprouvette (chaleur spécifique et dissipation thermique de l'éprouvette), de la taille du substrat d'essai ou du nombre de substrats d'essai soumis à essai en même temps (voir Annexe A).

Les conditions de température recommandées sont indiquées dans le Tableau 6.

Sauf spécification contraire, le nombre de cycles est de 500 et de 1 000, sauf pour la mesure de résistance.

Tableau 6 – Condition de température pour une variation rapide de température

Conditions		Composition des alliages de soudure			
		Sn96,5Ag3Cu,5	Sn91Zn9, Sn89Zn8Bi3	Bi58Sn42	Sn88In8Ag3,5Bi,5
Température minimale de stockage	Température	– 40 ° C	– 40 °C	– 40 °C	– 40 °C
	Temps de maintien	30 min	30 min	30 min	30 min
Température maximale de stockage	Température	125 °C	125 °C	85 °C	125 °C
	Temps de maintien	30 min	30 min	30 min	30 min

6.3.2 Chaleur sèche (s'applique uniquement à la soudure d'alliage de Bi58Sn42)

Il convient d'appliquer la chaleur sèche, comme spécifié dans la CEI 60068-2-2, pour l'essai de résistance à l'arrachement, l'essai de résistance au cisaillement, l'essai de résistance au couple de cisaillement et l'essai de flexion monotone d'un CMS et l'essai de résistance à la traction des dispositifs du type à insertion de connexions, avec les détails suivants:

- a) Température: 85 °C;
- b) Durée: 500 h et 1 000 h.

6.3.3 Chaleur humide (régime permanent) (s'applique à la soudure d'alliage de Sn91Zn9 et Sn89Zn8Bi3)

Il convient d'appliquer l'essai Cab (chaleur humide, essai continu) spécifié dans la CEI 60068-2-78, pour l'essai de résistance à l'arrachement, l'essai de résistance au cisaillement, l'essai de résistance au couple de cisaillement et l'essai de flexion monotone d'un CMS et l'essai de résistance à la traction des dispositifs du type à insertion de connexions, avec les détails suivants:

- a) Température et humidité: 65 °C, 85 %;
- b) Durée: 500 h et 1 000 h.

6.4 Choix des conditions d'essai et estimation des résultats d'essai

- a) Vitesse d'application de la charge

Les méthodes d'essai et les conditions pour l'évaluation de la durabilité des joints brasés doivent être telles que l'essai ne provoque pas de rupture de l'éprouvette elle-même mais que les dommages ne soient induits que sur les joints brasés. Il existe une tendance à augmenter la rupture du substrat d'essai et/ou de l'éprouvette dans les essais de résistance à la traction, au cisaillement, au cisaillement de couple et à la flexion monotone pour les CMS et l'essai de traction pour les dispositifs du type à insertion de connexions lorsque la vitesse d'application de la charge est très rapide. Il est recommandé de choisir une vitesse d'application de la charge plus lente avec laquelle un joint brasé se brise en plusieurs dizaines de secondes jusqu'à plusieurs minutes en effectuant un essai préliminaire sur une éprouvette.

- b) Fixation du substrat d'essai

Le résultat de l'essai peut être affecté si le substrat d'essai flotte par rapport à la base ou est déformé durant un essai. Le substrat d'essai doit être solidement fixé sur une base, de préférence dans une position proche du joint brasé d'essai.

Il convient de spécifier la structure et/ou la taille du support de fixation du substrat d'essai ou du support du substrat d'essai dans chaque méthode d'essai pour faciliter la reproductibilité de l'essai.

c) Résultat d'essai

Il convient d'analyser le résultat de l'essai en confirmant et en enregistrant, non seulement la résistance et le temps jusqu'à la rupture d'un joint brasé mais également le mode de rupture.

7 Méthode d'essai d'évaluation

7.1 Essai de résistance d'un joint brasé de CMS

7.1.1 Généralités

Les essais de traction, cisaillement, cisaillement de couple et flexion monotone avant et après le conditionnement de contrainte accéléré sont utilisés pour évaluer le degré de dégradation de la résistance du joint brasé et autres caractéristiques d'un joint brasé.

7.1.2 Essai de résistance à la traction

L'essai de résistance à la traction est applicable aux CMS avec des connexions du type en aile de mouette. Comme représenté à la Figure 8, un support de traction est accroché à l'une des connexions pour tirer la connexion selon un angle de 45° et pour mesurer la force de rupture du joint.

La dégradation d'un joint est analysée par rapport aux variations de la force de traction maximale et au mode de rupture avant et après le conditionnement de contrainte accéléré. Cet essai est applicable à la fois au soudage par refusion et à la vague.

La vitesse de traction convenable pour un QFP (Boîtier plat avec broches sur les quatre côtés, *Quad Flat Pack*) d'un pas de 0,5 mm est de 0,008 3 mm/s (0,5 mm/min).

Les détails de l'essai sont indiqués dans la CEI 62137-1-1.

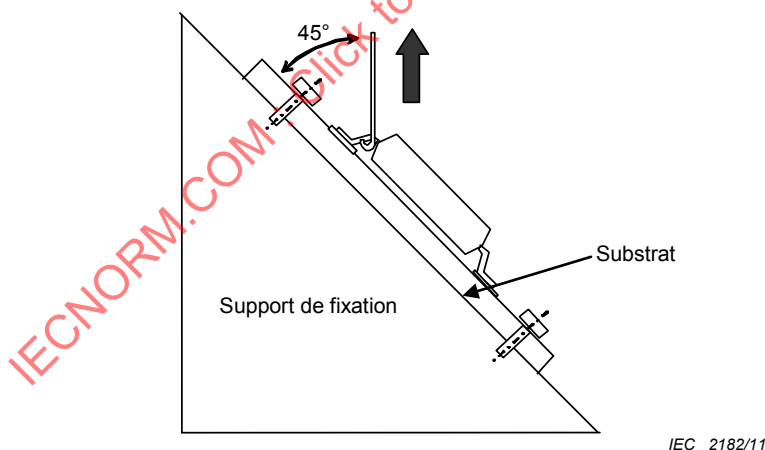


Figure 8 – Essai de résistance à la traction

7.1.3 Essai de résistance au cisaillement

L'essai de résistance au cisaillement est applicable pour des CMS de taille relativement petite. Comme représenté à la Figure 9, la force d'essai maximale est mesurée lorsqu'une force est appliquée parallèlement à la surface du substrat et perpendiculairement à l'éprouvette. Le dispositif est soudé à un substrat d'essai par soudage par refusion.

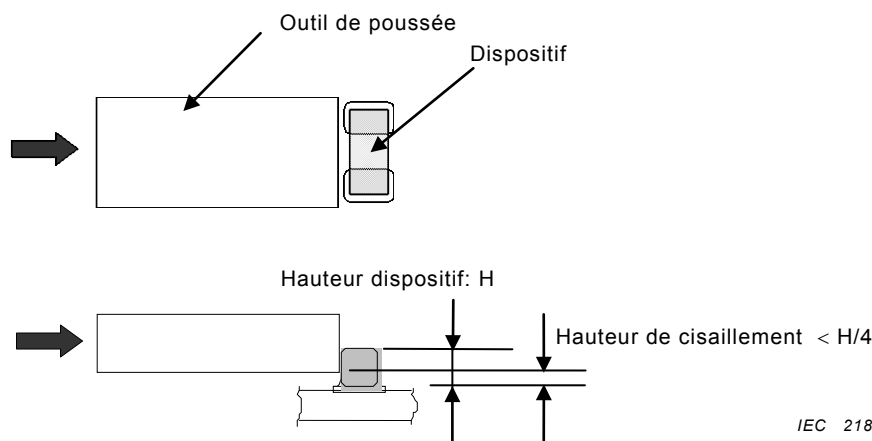


Figure 9 – Essai de résistance au cisaillement

Il est nécessaire de maintenir la hauteur de cisaillement constante, inférieure au quart de la hauteur de l'éprouvette mais sans contact avec la plage d'accueil pour obtenir une mesure précise. La vitesse d'application convenable de la force est de 0,008 3 mm/s à 0,15 mm/s (0,5 mm/min. à 9 mm/min.).

Les détails de l'essai sont indiqués dans la CEI 62137-1-2.

7.1.4 Essai de résistance au couple de cisaillement

L'essai de résistance au couple de cisaillement est une autre méthode d'essai pour l'essai de résistance au cisaillement pour des dispositifs auxquels l'essai de résistance au cisaillement n'est pas facilement applicable en raison de leurs formes. Cet essai est également applicable à un dispositif relativement grand. Un support de forme concave, comme représenté à la Figure 10, maintient un dispositif et une force de couple est appliquée par l'intermédiaire du support pour faire tourner le dispositif. Le couple maximal pour cisailier le dispositif est mesuré lorsqu'un moment de rotation est appliqué parallèlement au substrat d'essai.

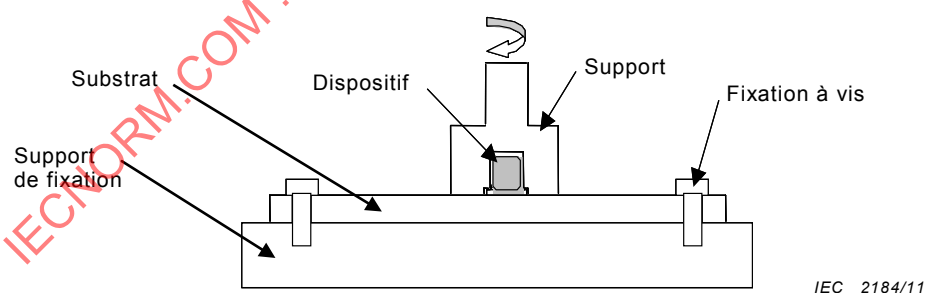


Figure 10 – Essai de résistance au couple de cisaillement

Il convient que la profondeur du support soit la même que la hauteur du dispositif afin d'obtenir une mesure précise. Le centre de rotation doit être le centre du dispositif et on doit éviter un flottement de l'axe de rotation. Si celle-ci est réglable, la bonne vitesse de rotation est de 0,006 98 rad/s à 0,017 5 rad/s.

Les détails de l'essai sont indiqués à l'Annexe C.

7.1.5 Essai de résistance à la flexion monotone

L'essai de résistance à la flexion monotone est un essai approprié à un dispositif de taille relativement grande. Comme représenté à la Figure 11, le substrat d'essai avec un CMS

monté est placé entre deux supports, la face montée vers le bas et le substrat d'essai subit une flexion en utilisant l'outil de flexion sur la face arrière jusqu'à la rupture du joint brasé et la profondeur de flexion est mesurée. Cet essai doit être effectué avant et après le conditionnement de contrainte accéléré afin d'évaluer le degré de dégradation des joints brasés.

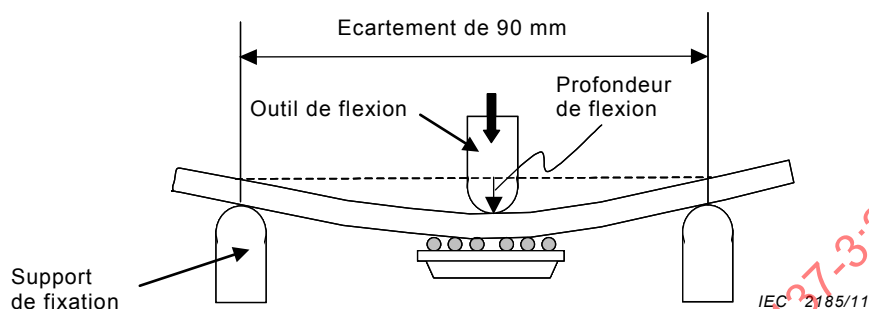


Figure 11 – Essai de résistance à la flexion monotone

Il est souhaitable que le substrat d'essai soit fléchi avec une flexion circulaire. Cet essai n'est pas approprié pour une carte mince ou un substrat en céramique. La profondeur de flexion pour rompre un joint est détectée de préférence par discontinuité électrique d'un circuit tel que la guirlande de l'Annexe B, en utilisant un appareil de mesure de la résistance électrique (se référer au D.2.4). La distance entre les deux supports doit être de 90 mm, avec un rayon de courbure R de 2,5 mm. Le rayon de courbure de l'outil de flexion doit être de 5 mm.

Il convient de choisir la condition d'essai de façon que la relation entre la contrainte induite sur le substrat d'essai et la profondeur de flexion devienne un comportement linéaire. Il est souhaitable d'effectuer un essai préliminaire pour vérifier la relation entre la profondeur de flexion et la contrainte ainsi que la limite de profondeur à une vitesse de flexion prédéterminée en utilisant une jauge de contrainte fixée près du joint brasé du dispositif à l'essai.

La vitesse de flexion convenable est de 0,0083 mm/s (0,5 mm/min.) pour un substrat d'essai stratifié en verre-époxy recouvert de cuivre sur 1,6 mm. La profondeur limite maximale de flexion est de 10 mm.

Les détails de l'essai sont indiqués à l'Annexe D.

7.2 Essai de résistance à la flexion cyclique

L'essai de résistance à la flexion cyclique est un essai pour un grand CMS sans connexion filaire utilisé dans un équipement portable. Comme représenté à la Figure 12, le substrat d'essai avec un CMS monté est placé entre deux supports, la face montée vers le bas, de façon similaire au cas de l'essai de résistance à la flexion monotone. Le substrat d'essai subit une flexion répétée en utilisant un outil de flexion sur la face arrière jusqu'à une profondeur spécifiée, jusqu'à rupture du joint brasé. La rupture du joint brasé est détectée par discontinuité électrique d'un circuit tel que la guirlande de l'Annexe B, en utilisant un appareil de mesure de la résistance électrique (se référer au D.2.4). Enregistrer le nombre de cycles pour rompre le joint brasé.

L'équipement d'essai et la structure des supports sont similaires à ceux de l'essai de résistance à la flexion monotone. Toutefois, le substrat d'essai peut ne pas revenir à la planéité d'origine après un grand nombre de cycles de flexion et ceci peut affecter le résultat de l'essai. Il convient que la structure du support soit telle que la courbure du substrat d'essai soit régulière et maintenue constante. La Figure 13 représente un tel aménagement de support de dispositif et d'outil de flexion pour inverser la flexion du substrat d'essai de façon

compulsive jusqu'à la planéité d'origine en maintenant les deux extrémités du substrat d'essai sur les supports et le pénétrateur en utilisant une structure support d'appui.

La vitesse de flexion appropriée est de 0,5 mm/s (30 mm/min). Il convient d'effectuer un essai préliminaire pour déterminer la profondeur correcte de flexion pour chaque CMS de taille différente telle que le joint se rompe après plusieurs milliers de flexions. Puisque la relation entre la profondeur de flexion et le nombre de flexions jusqu'à la rupture fournit grossièrement une ligne droite sur une échelle logarithmique-logarithmique, on peut déterminer sans beaucoup de difficultés une profondeur convenable.

Un substrat en céramique ne convient pas pour ce type d'essai de flexion.

Les détails de l'essai sont indiqués dans la CEI 62137-1-4.

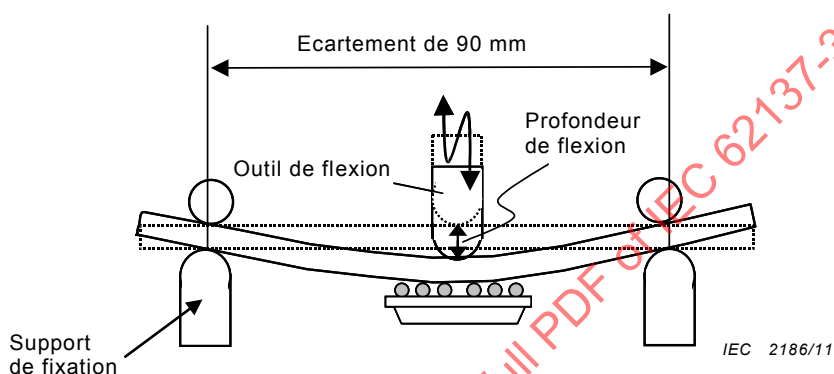


Figure 12 – Essai de résistance à la flexion cyclique

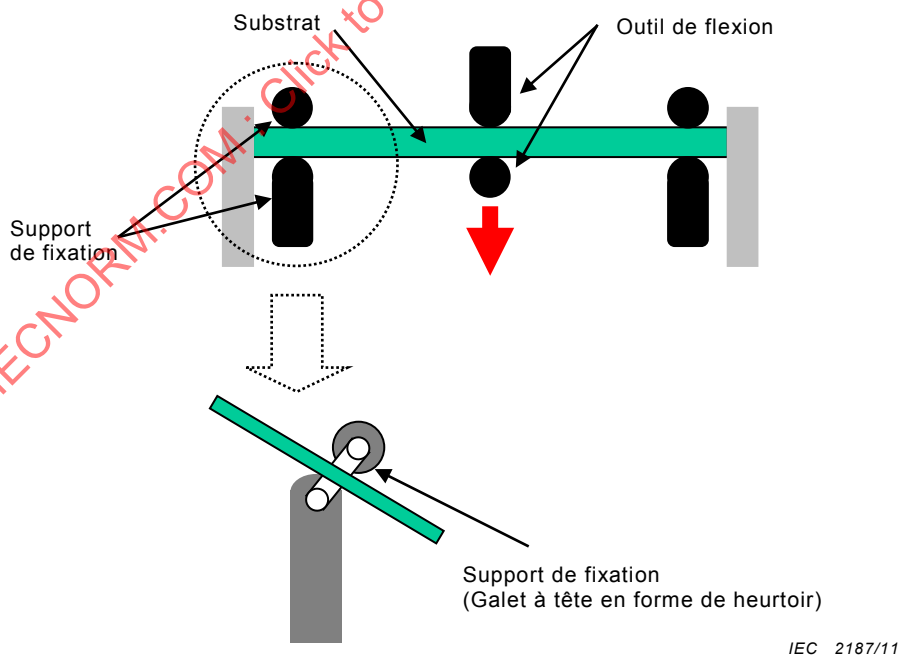


Figure 13 – Structure de l'essai de résistance à la flexion cyclique

7.3 Essai de fatigue par cisaillement mécanique

L'essai de fatigue par cisaillement mécanique consiste en l'application d'une déformation de cisaillement cyclique sur les joints brasés par déplacement mécanique au lieu d'un déplacement relatif généré par une désadaptation du CDT (coefficient de dilatation thermique) dans un essai thermique cyclique. Il existe deux types de méthode d'application de charge pour l'essai de fatigue par cisaillement, comme représenté à la Figure 14.

La méthode de fatigue par chevauchement consiste en l'application d'une déformation de cisaillement sur les joints brasés en appliquant un déplacement mécanique au substrat divisé en deux pièces. La méthode de fatigue par cisaillement de recouvrement est une méthode telle que la partie inférieure du substrat et la partie supérieure du dispositif sont fixées entre les supports de cisaillement de recouvrement et le déplacement mécanique est appliqué au support par le dispositif d'actionnement, provoquant la déformation du joint brasé en mode de cisaillement. Les essais de fatigue sont des essais de fatigue par cisaillement à faible cycle à déplacement contrôlé, avec le profil de charge d'une onde triangulaire ou d'une onde sinusoïdale symétrique. Les essais ont été effectués à 25 °C ou à une température élevée.

L'essai de fatigue par cisaillement mécanique se poursuit jusqu'à rupture du joint brasé:

- la force maximale diminue en atteignant une valeur spécifiée, correspondant à l'apparition d'une fissure initiale;
- la rupture du joint brasé est détectée par discontinuité électrique d'un circuit tel que la guirlande de l'Annexe B, en utilisant un appareil de mesure de la résistance électrique (se référer au D.2.4).

Enregistrer le nombre de cycles pour rompre le joint brasé.

Les détails de la méthode d'essai et de la condition d'essai sont indiqués dans la CEI 62137-1-5.

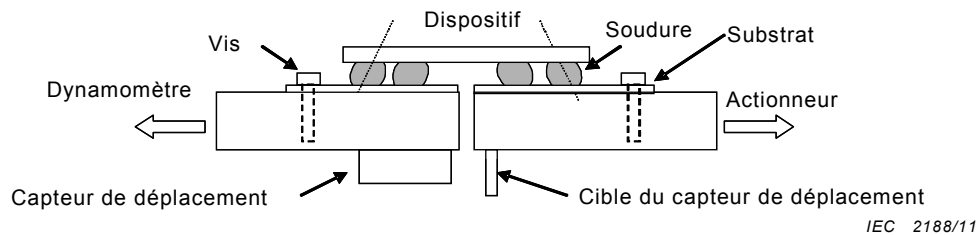


Figure 14a – Méthode par chevauchement

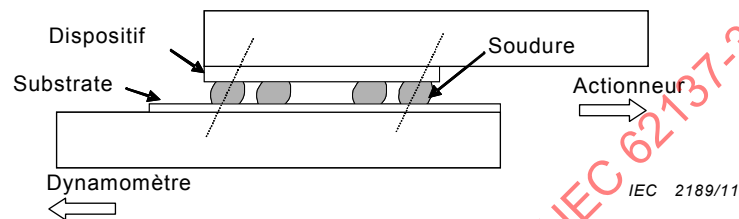


Figure 14b – Méthode de cisaillement de recouvrement

Figure 14 – Dessin schématique de la fatigue par cisaillement mécanique pour un joint brasé

7.4 Essai de chute cyclique et essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille d'acier

7.4.1 Essai de chute cyclique

L'essai de chute cyclique est l'essai de montage des CMS utilisés dans un équipement portable. Comme représenté à la Figure 15, un substrat d'essai sur lequel est monté un CMS est maintenu sur le support de fixation du substrat d'essai, le dispositif étant monté la face vers le bas et on le fait tomber d'une hauteur spécifiée sur le bloc d'impact. La rupture du joint brasé est détectée par discontinuité électrique d'un circuit tel que la guirlande de l'Annexe B, en utilisant un appareil de mesure de la résistance électrique (se référer au D.2.4).

Enregistrer le nombre de chutes pour rompre le joint brasé.

La rupture d'un joint est provoquée par la contrainte dans le substrat d'essai induite par l'impact de la charge au moment de la collision avec le substrat d'essai. Un substrat d'essai plus mince d'une épaisseur de 0,8 mm à 1,2 mm est approprié à cet essai par rapport à d'autres essais utilisant un substrat d'essai d'une épaisseur de 1,6 mm.

Il est nécessaire de stabiliser la contrainte induite sur les joints afin d'améliorer la reproductibilité de l'essai. Il est recommandé de former une protubérance hémisphérique sur le support de fixation du substrat d'essai pour éviter un choc asymétrique dû à la chute sur le bloc d'impact. Il convient que le couple de serrage des vis de fixation du substrat d'essai soit égal pour toutes les vis, dans la mesure du possible. Il convient que l'équipement d'essai ait une structure tendant à minimiser le frottement du support de maintien du substrat d'essai pour éviter une déviation de la vitesse de chute du support sur le bloc d'impact. Il convient que le bloc ne comporte aucun creux. Pour vérifier la reproductibilité de l'essai, il est souhaitable d'effectuer un essai préliminaire pour vérifier la forme et l'amplitude de la contrainte en utilisant une jauge de contrainte fixée près du joint brasé du dispositif à l'essai.

Les détails de l'essai sont indiqués dans la CEI 62137-1-3.

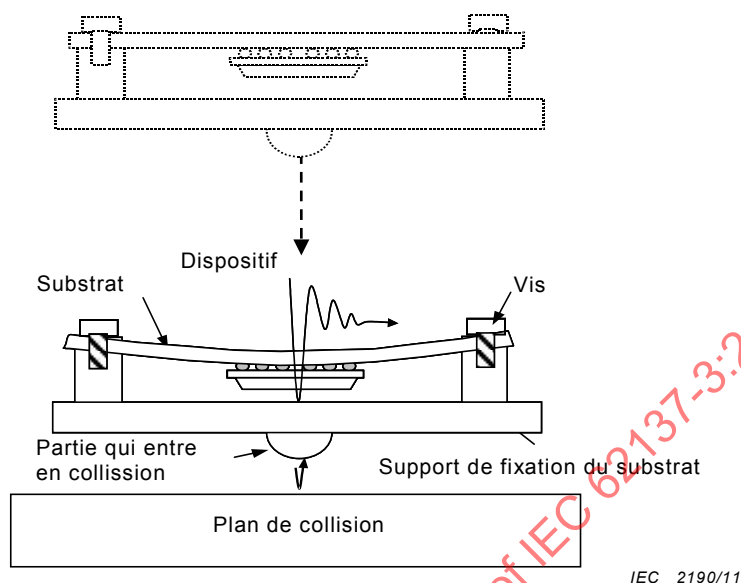


Figure 15 – Essai de chute cyclique

7.4.2 Essai de résistance aux chutes cycliques d'une bille en acier

Comme représenté à la Figure 16, un substrat d'essai sur lequel est monté un CMS est maintenu sur le support de fixation du substrat d'essai, le dispositif étant monté la face vers le bas et on fait tomber une bille d'acier d'une hauteur spécifiée sur la face arrière du substrat d'essai. Il convient que la position de la chute de la bille pour un grand CMS soit proche de la périphérie des dispositifs, qui est plus vulnérable à de tels dommages mécaniques. La rupture du joint brasé est détectée par discontinuité électrique d'un circuit tel que la guirlande de l'Annexe B, en utilisant un appareil de mesure de la résistance électrique (se référer au D.2.4).

Enregistrer le nombre de chutes pour rompre le joint brasé.

Il convient que l'équipement d'essai ait une bonne précision de la position de la chute de la bille afin d'obtenir une bonne reproductibilité de l'essai. Pour vérifier la stabilité de la forme d'onde de contrainte dans le joint brasé objectif, il est souhaitable d'effectuer un essai préliminaire pour vérifier la forme et l'amplitude de la contrainte en utilisant une jauge de contrainte fixée près du joint brasé du dispositif à l'essai.

Ceci est un essai pour un choc léger. Les détails de l'essai sont indiqués à l'Annexe E.

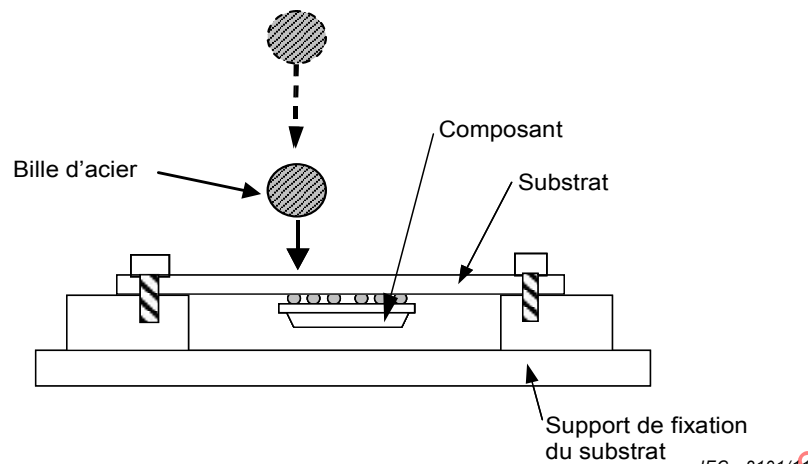


Figure 16 – Essai de chute cyclique de billes d'acier

7.5 Essai de résistance d'un joint brasé pour un dispositif du type à insertion de connexions

7.5.1 Essai de résistance à la traction d'un dispositif du type à insertion

Ceci constitue l'essai pour mesurer la force maximale pour rompre un joint brasé en maintenant une connexion d'un dispositif du type à insertion de connexions sur un substrat d'essai simple face sur le support de montage de substrat d'essai et en exerçant une traction sur l'une des connexions perpendiculairement au substrat d'essai, comme indiqué à la Figure 17. Cet essai est effectué avant et après le conditionnement de contrainte accéléré et le degré de dégradation des joints brasés est évalué. Un essai de résistance à la traction peut être effectué sur une connexion coupée sur le dispositif seul si la présence du dispositif rend difficile l'exécution de cet essai. Il convient de choisir la vitesse de traction parmi 1 mm/min, 2 mm/min, 5 mm/min, 10 mm/min, et 20 mm/min.

Les détails de l'essai sont indiqués à l'Annexe F.

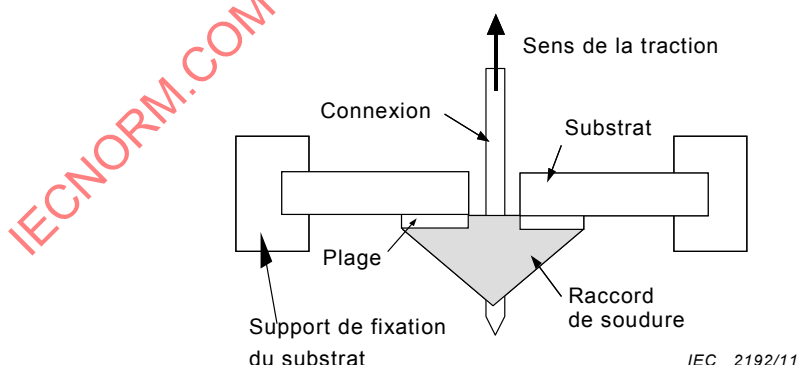


Figure 17 – Essai de résistance à la traction

7.5.2 Essai de résistance au fluage d'un dispositif du type à insertion de connexions

Cet essai est destiné à mesurer le temps nécessaire pour qu'une soudure de connexion montée dans un trou traversant sur un substrat d'essai se rompe et tombe du trou traversant en exerçant une traction sur la connexion avec un poids et en le laissant dans une enceinte à haute température, comme représenté à la Figure 18. Un essai de résistance au fluage peut être effectué sur une connexion coupée sur le dispositif seul si la présence du dispositif rend difficile l'exécution de cet essai. La rupture du joint brasé est détectée par discontinuité

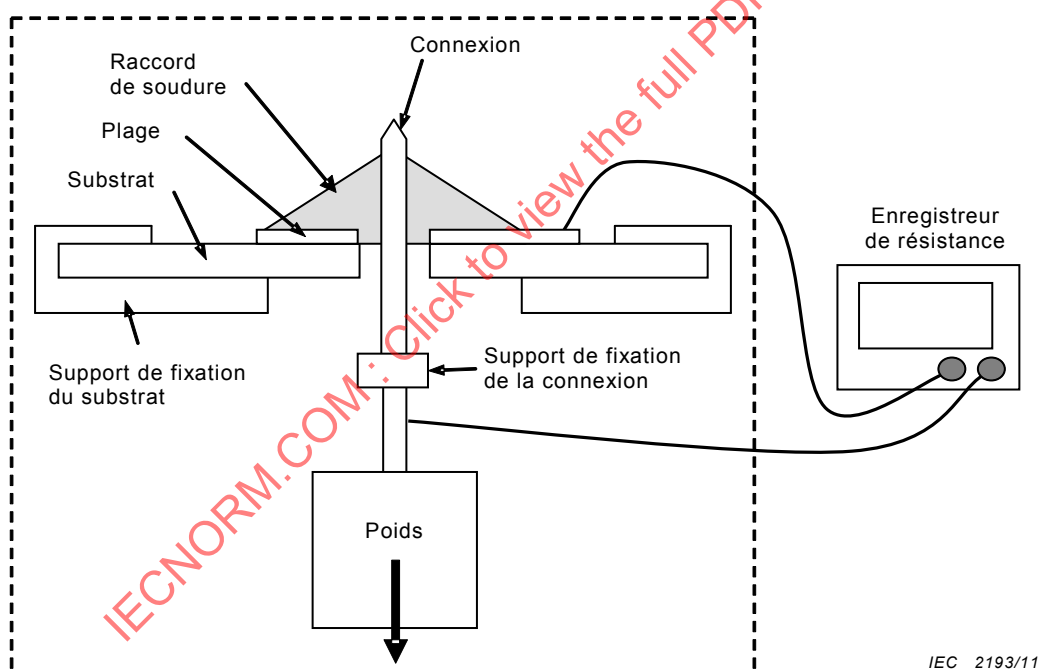
électrique du joint brasé, en utilisant un appareil de mesure de la résistance électrique (se référer au D.2.4).

Enregistrer le temps jusqu'à la rupture du joint brasé.

La condition d'essai est déterminée par la température de fusion du matériau utilisé et la température d'essai est habituellement supérieure à 0,4 fois T_m (T_m est la température de fusion du matériau en Kelvin). Dans le cas d'alliages de soudure, la température ambiante étant grossièrement 0,6 fois T_m , il est théoriquement possible d'effectuer un essai de fluage à partir de $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ jusqu'à une température tout juste inférieure à la température de fusion. Il est toutefois nécessaire de tenir compte de la résistivité thermique du dispositif du type à insertion de connexions et de la détérioration du substrat d'essai monté. La gamme de températures pratique de l'essai pour le dispositif va de la température ambiante jusqu'à $+125\text{ }^{\circ}\text{C}$. Une température supérieure peut être choisie pour le substrat d'essai avec une température de transition vitreuse (T_g) supérieure. Il est souhaitable d'effectuer un essai préliminaire de façon à choisir une charge convenable pour tirer sur la connexion.

Le fluage est estimé par le poids de la charge et le temps nécessaire à la rupture de la connexion soudée.

Les détails de l'essai sont indiqués à l'Annexe G.



IEC 2193/11

Figure 18 – Essai de résistance au fluage