

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Technologie du montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et
d'endurance des joints brases montes en surface –
Partie 1-5: Essai de fatigue par cisaillement mécanique**



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2009 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 It also gives information on projects, withdrawn and replaced publications.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



IEC 62137-1-5

Edition 1.0 2009-02

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

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

**Technologie du montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et
d'endurance des joints brases montes en surface –
Partie 1-5: Essai de fatigue par cisaillement mécanique**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

PRICE CODE
CODE PRIX

S

ICS 31.190

ISBN 2-8318-1028-5

CONTENTS

FOREWORD.....	3
INTRODUCTION.....	5
1 Scope.....	6
2 Normative references	7
3 Terms and definitions	8
4 Test equipment and materials.....	8
4.1 Test equipment for mechanical shear fatigue testing	8
4.2 Test substrate	8
4.3 Solder alloy	9
4.4 Solder paste.....	9
4.5 Reflow soldering equipment	9
5 Mounting	9
6 Test conditions	10
6.1 Pre-treatment	10
6.2 Test procedures	10
6.3 Judging criteria.....	10
7 Items to be included in the test report.....	11
8 Items to be given in the product specification	11
Annex A (normative) Mechanical shear fatigue test equipment.....	12
Annex B (normative) Mechanical shear fatigue test procedure	15
Annex C (informative) Evaluation of mechanical properties of a single solder joint by mechanical shear fatigue test	17
Bibliography.....	21
Figure 1 – Image drawing on evaluation area of joint strength.....	6
Figure 2 – Schematic illustrations of thermomechanical and mechanical fatigue for solder joints	7
Figure 3 – A typical temperature profile taken by reflow soldering equipment.....	10
Figure A.1 – Sample structures of shear fatigue jig	13
Figure B.1 – Example of set-up for electrical resistance measuring.....	16
Figure C.1 – Schematic illustration of the single solder joint for mechanical fatigue testing	18
Figure C.2 – Schematic illustration of fixing jig for soldering of the single solder joint	18
Figure C.3 – Schematic illustration of the shear fatigue jig.....	19
Figure C.4 – Relationship between reaction forces and the number of cycles during a fatigue test.....	20
Figure C.5 – Relationship between the displacement range and fatigue life	20

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

SURFACE MOUNTING TECHNOLOGY – ENVIRONMENTAL AND ENDURANCE TEST METHODS FOR SURFACE MOUNT SOLDER JOINTS –

Part 1-5: Mechanical shear fatigue test

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 provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 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 62137-1-5 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

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

FDIS	Report on voting
91/826/FDIS	91/841/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 the IEC 62137 series, under the general title *Surface mounting technology – Environmental and endurance test methods for surface mount solder joints*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication will remain unchanged until the maintenance result 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.

INTRODUCTION

The mechanical properties of lead-free solder joints between leads and lands on a printed wiring board are not the same with tin-lead-containing solder joints, due to their solder compositions. Thus, it becomes important to test the mechanical properties of solder joints of different alloys.

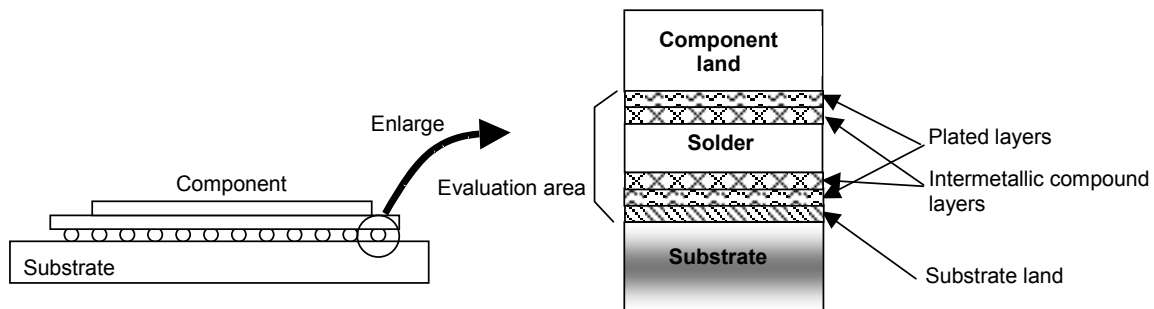
SURFACE MOUNTING TECHNOLOGY – ENVIRONMENTAL AND ENDURANCE TEST METHODS FOR SURFACE MOUNT SOLDER JOINTS –

Part 1-5: Mechanical shear fatigue test

1 Scope

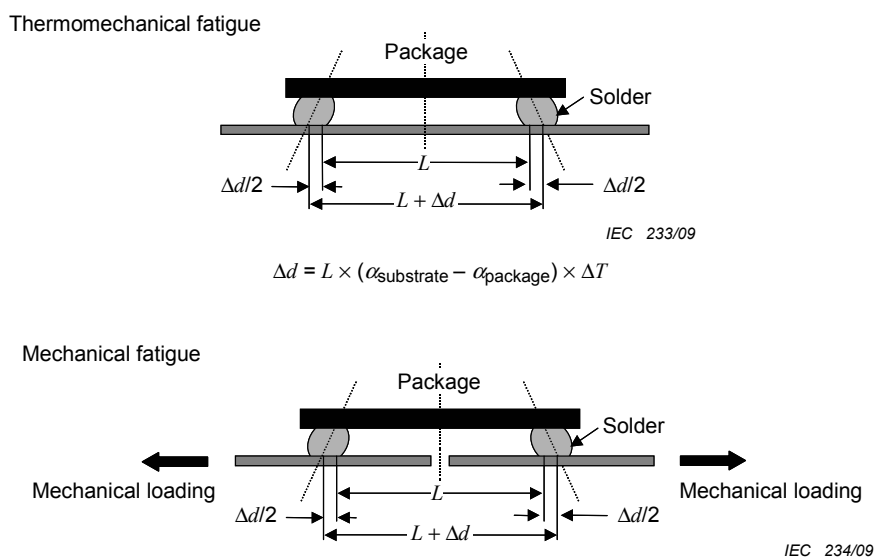
The test method described in this part of IEC 62137 applies to area array packages, such as BGA. This test method is designed to evaluate the fatigue life of the solder joints between component leads and lands on a substrate as shown in Figure 1. A temperature cyclic approach is generally used to evaluate the reliability of solder joints. Another method is to mechanically cycle the solder joints to shorten the testing time rather than to produce the strains by changing temperatures. The methodology is the imposition of shear deformation on the solder joints by mechanical displacement instead of relative displacement generated by CTE (coefficient of thermal expansion) mismatch, as shown in Figure 2. In place of the temperature cycle test, the mechanical shear fatigue predicts the reliability of the solder joints under repeated temperature change conditions by mechanically cycling the solder joints. In this test method, the evaluation requires first to mount the surface mount component on the substrate by reflow soldering, then cyclic mechanical shear deformation is applied to the solder joints until fracture of the solder joints occurs. The properties of the solder joints (for example solder alloy, substrate, mounted device or design, etc.) are evaluated to assist in improving the strength of the solder joints.

NOTE This test, however, does not measure the strength of the electronic components. The test method to evaluate the robustness of the joint to a board is described in IEC 60068-2-21.



IEC 232/09

Figure 1 – Image drawing on evaluation area of joint strength

**Key**

Δd	Relative displacement
ΔT	Temperature range
α	Coefficient of thermal expansion

Figure 2 – Schematic illustrations of thermomechanical and mechanical fatigue for solder joints

2 Normative references

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

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

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

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

IEC 61190-1-2:2007, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-2: Requirements for soldering pastes for high-quality interconnects in electronics assembly*

IEC 61190-1-3, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-3: Requirements for electronic grade solder alloys and fluxed and non-fluxed solid solders for electronic soldering applications*

IEC 61249-2-7:2002, *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 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)*

3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the terms and definitions given in IEC 60068-1, in IEC 60194, as well as the following apply.

3.1

mechanical shear fatigue life

number of cycles to attain the joint fracture between surface mount component terminals mounted on the printed board and the copper land of the substrate after application of cyclic mechanical shear deformation

3.2

ramp rate

moving velocities of the fixing jig attached to the actuator of the mechanical testing machine

3.3

displacement range

distance between the maximum and the minimum test position caused by pushing and pulling the actuator back, which means relative displacement in shear direction between the surface mount component and the substrate

3.4

maximum and minimum forces

reaction forces at the maximum and minimum test positions caused by shear deformation of the solder joint at each cycle

4 Test equipment and materials

4.1 Test equipment for mechanical shear fatigue testing

The equipment for mechanical shear testing consists of a tension-compression testing machine, sample fixing jigs, a resistance-measuring instrument and a recorder. The specifications shall be in compliance with those of the mechanical test equipment prescribed in Annex A.

4.2 Test substrate

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, the test substrate shall satisfy the following conditions.

- a) Material: Epoxide woven glass fabric copper-clad laminated sheet, general purpose grade (IEC 61249-2-7:2002), with foil bonded to one side and a nominal thickness of the sheet, including the metal foil, of 1,6 mm with a tolerance of $\pm 0,20$ mm. The copper foil shall have a thickness of $0,035 \text{ mm} \pm 0,010 \text{ mm}$.
- b) Size: The size of the substrate depends on the size and shape of a surface mount device soldered on the substrate. The substrate shall be able to be fastened to the mechanical shear fatigue test equipment.
- c) Land geometry: The shape and size of a land shall comply with IEC 61188-5 (all parts) or the pad geometry recommended by the respective component supplier.
- d) Surface protection: The solderable areas of the substrate (lands) shall be protected against oxidization by suitable means, for example by an organic surface protection layer (OSP), or other finishes. This protective layer shall not have an adverse effect on the solderability of the lands under the soldering conditions of the reflow soldering equipment.

4.3 Solder alloy

Unless otherwise specified, the solder alloy shall consist of a ternary composition of Sn, Ag and Cu with 3,0 wt. % to 4,0 wt. % Ag and 0,5 wt. % to 1,0 wt. % Cu with Sn for balancing, for example Sn96,5Ag3,0Cu0,5. The solder alloy shall be in accordance with IEC 61190-1-3.

4.4 Solder paste

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, solder paste should be chosen from IEC 61190-1-2. However, the solder to be used shall be the one that is specified in 4.3 above.

4.5 Reflow soldering equipment

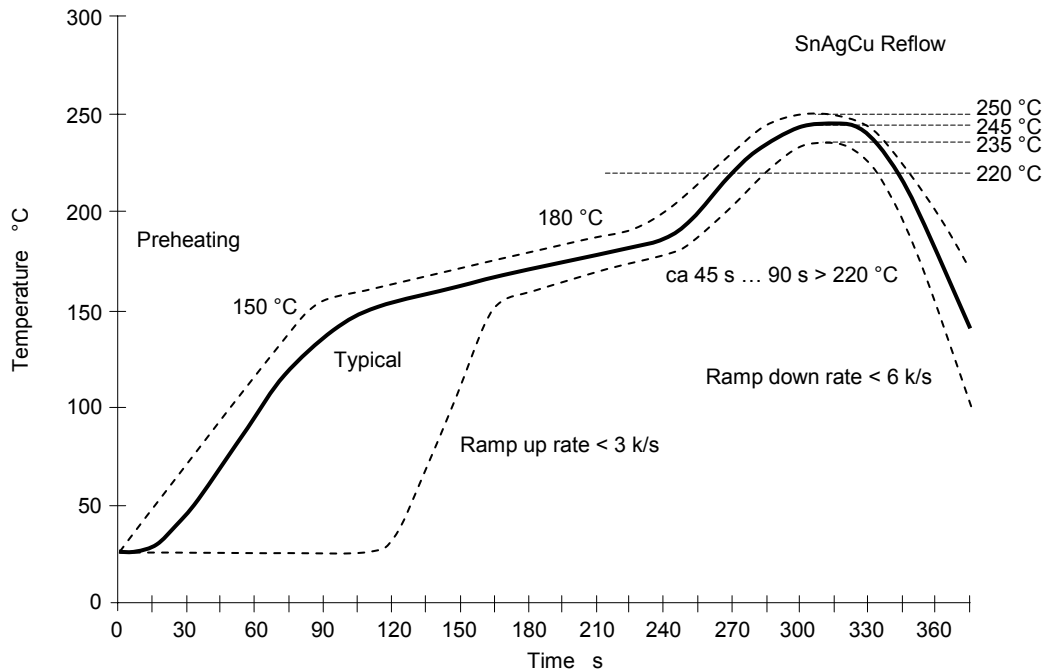
Unless otherwise stated in the relevant product specifications, reflow-soldering equipment should be the one that can realize the temperature profile as shown in Figure 3.

5 Mounting

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, the surface mount component shall be mounted on the substrate in the following sequence.

The following steps shall be taken.

- a) Apply the solder paste specified in 4.4 to the lands of a test substrate as specified in 4.2, using a stainless steel mask that has openings of the same size, shape and configuration as the lands as specified in item c) of 4.2 with a thickness of 100 µm to 150 µm.
- b) Mount the test specimen on the test substrate with the printed solder paste.
- c) Perform soldering using the reflow soldering equipment specified in 4.5 and the solder paste specified in 4.4 with the following conditions. Typical temperature profile of reflow soldering is given in Figure 3 and as proposed in IEC 61760-1. The temperature shall be measured at the land.



Continuous line: typical process (terminal temperature)

Dotted line: process limits. Bottom process limit (terminal temperature). Upper process limit (top surface temperature)

IEC 1176/07

Figure 3 – A typical temperature profile taken by reflow soldering equipment

6 Test conditions

6.1 Pre-treatment

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, leave the specimen under standard atmospheric conditions (specified in IEC 60068-1) for 4 h or more.

6.2 Test procedures

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, the following procedures should be followed. The detail of the mechanical shear fatigue test procedures is prescribed in Annex B.

- Fix the test sample to the fixing jig.
- Ramp rate, allowable displacement range and test temperature shall be set.
- Continue the mechanical shear fatigue tests at each level in the selected displacement range until the maximum force decreases to a certain value or the electrical resistance-measuring instrument can detect electric continuity interruption. Make a record of the number of cycles at fatigue life.
- Make analytical observations of the fractured parts, as needed, verify the fracture mode and record it.

6.3 Judging criteria

When the maximum force decreases to a certain value, for example a 20 % drop from the initial value, or a momentary interruption detector detects that electrical continuity interruption has occurred in the specimen, it shall be judged as fatigue life.

The result obtained by the methods described in Annex A and Annex B shows the average measures for all the joints of the component mounted on the test specimen, including the

influences of the component and substrate with respect to fatigue life. Annex C describes the test procedure for evaluating the mechanical shear fatigue life of a single solder joint which is effective for eliminating the effects of the component and substrate on the fatigue life.

7 Items to be included in the test report

When a test report is required, agreement shall be made between the reporting party and the recipient on the selection of reporting items from the following:

- a) test date;
- b) location of the test organization;
- c) name of the electronic component, type, size, body dimensions and lead pitch;
- d) base materials of lead on electronic components; and with or without plating, and materials of plating;
- e) materials of the test substrate, dimensions and layer structure;
- f) measurements of the land on the substrate and materials for the surface treatment;
- g) type of solder and type of solder paste;
- h) temperature profile of reflow soldering and soldering ambience (for the case of a nitrogen ambient atmosphere, oxygen concentration should apply);
- i) model of the tensile and compression machine;
- j) details of the substrate bending jig (drawing is preferable);
- k) specifications of the electrical resistance-measuring instrument;
- l) specifications of the recorder;
- m) displacement rate;
- n) displacement range and the number of cycles to fracture initiation;
- o) fracture mode (photos, etc.).

8 Items to be given in the product specification

The following items shall be included:

- a) test substrate (4.2);
- b) solder alloy (4.3);
- c) solder paste (4.4);
- d) reflow soldering equipment (4.5);
- e) mounting (Clause 5);
- f) pre-treatment (6.1);
- g) test procedures (6.2).

Annex A (normative)

Mechanical shear fatigue test equipment

A.1 Application

This annex applies to the test equipment for mechanical shear fatigue specified in 4.1 and specifies the requirements.

A.2 Mechanical shear test equipment

A.2.1 Tension-compression testing machine

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, the mechanical shear fatigue test machine shall satisfy the following requirements.

- a) This machine needs the capability of actuating the sample fixing jigs to the prescribed displacement range ($\pm 0,001$ mm to $\pm 0,1$ mm) with the use of triangular waves at the prescribed speed (0,001 mm/s to 0,01 mm/s).

NOTE 1 In order to control displacement within a fine range, a linear DC motor or a piezo actuator is recommended for the actuator of the machine.

NOTE 2 As the test is effective with sine and trapezoid waves instead of triangular waves, the test machine should also be able to function with sine and trapezoid waves.

- b) This test machine also needs the capability of measuring the prescribed displacement in the neighborhood of the sample by using a displacement sensor attached to the sample fixing jigs (not using displacement sensor in the actuator), and the capability of controlling the actuator by using the displacement (feedback control). An eddy current type, capacitance type or laser type displacement sensor is recommended.
- c) The test machine should be able to measure and record elapsed cycle and time, as well as the reaction forces generated by shear deformation of the solder joint in the course of the fatigue test using a load cell.
- d) The load cell needs the capability of measuring the reduction of the reaction force caused by degradation of the solder joint (crack initiation and propagation).
- e) The test machine should be able to control test temperature, if the test is performed with raised temperature.

A.2.2 Shear fatigue jig

A.2.2.1 General

The shear fatigue jigs should be able to fix the sample and to impose shear deformation on the solder joints by mechanical displacement between the component and substrate. There are two types of load-applying methods for the shear fatigue test as shown in Figure A.1.

Unless otherwise stated in the relevant product specifications, these jigs shall meet the following conditions.

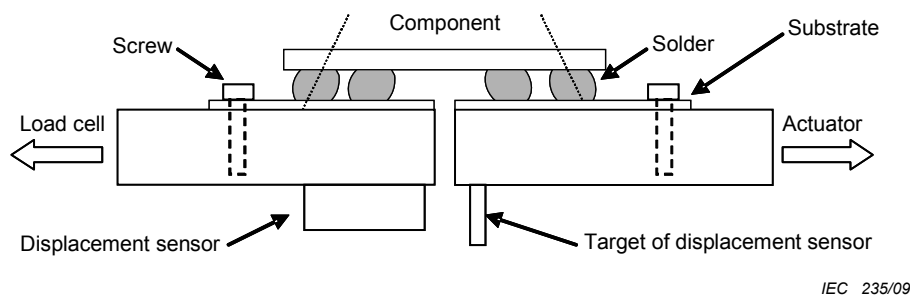


Figure A.1a – Straddle method

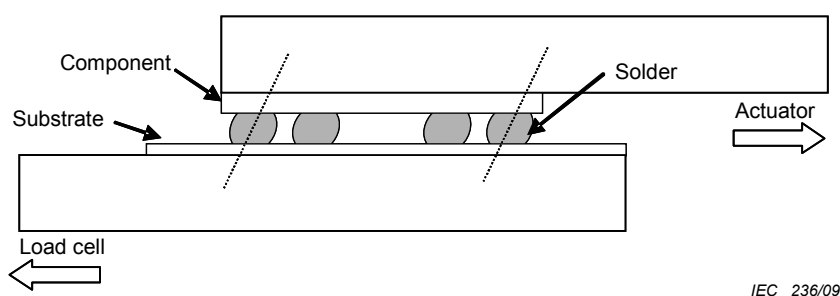


Figure A.1b – Lap shear method

Figure A.1 – Sample structures of shear fatigue jig

A.2.2.1.1 Straddle fatigue method

The substrate is divided into two parts underneath the component. The divided substrates are fastened to the jigs, and the mechanical displacement is applied to the substrate by the actuator, resulting in the solder joint deformation in shear mode.

- The fixture has a structure that can fasten the substrate using screws.
- The fixture shall be designed to position the joint center at the load line to suppress bending deformation of the sample.
- Steel of high strength is recommended to prevent deformation due to applying a cyclic load.
- The displacement sensor shall be attached to the fixture to measure the displacement.

A.2.2.1.2 Lap shear method

The bottom of the substrate and the top of the component 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 fixture has the structure that can fix the substrate to the component.
- The fixture shall be designed to position the joint center at the load line to suppress bending deformation of the sample.
- Steel of high strength is recommended to prevent deformation due to applying a cyclic load.
- The displacement sensor shall be attached to the fixture to measure the displacement.

A.2.3 Electrical resistance measuring instrument

The electrical resistance-measuring instrument should have a mechanism to verify electrical continuity and discontinuity on the test substrate and to be able to judge as interruption when resistance value exceeds $1 \times 10^3 \Omega$. In order to detect even minutes of electrical discontinuity, a desirable instrument is one that can detect momentary continuity interruption of 10 μs to 100 μs . This instrument should have the ability to output signals so as to shut down the tension-compression testing machine when electrical interruption is detected.

A.2.4 Recorder

The recorder is a piece of equipment that records the number of cycles with respect to fatigue life. It is desirable that the equipment records displacement and force of the test machine during the test.

Annex B

(normative)

Mechanical shear fatigue test procedure

B.1 Application

This annex applies to the test procedure for the mechanical shear fatigue specified in 6.2.

B.2 Mechanical shear fatigue test procedure

B.2.1 General

There are two types of load-applying methods for the shear fatigue test. Unless otherwise specified by the relevant product specifications, either of the following two methods shall be selected.

B.2.1.1 Straddle fatigue method

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.

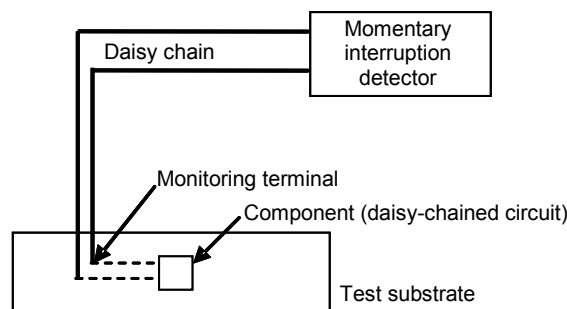
- a) Before the testing, the substrate should be divided into two parts underneath the component.
- b) The divided substrates are fixed to the jigs by screws. When the screws are tightened, the reaction force should be maintained at a level of zero by means of force-controlled mode (force feedback mode) of the testing machine in order to prevent any damage on the solder joint.
- c) The test temperature shall be set if the testing machine has a temperature control unit.
- d) Ramp rate and allowable displacement range shall be set as follows.
 - 1) The displacement rate shall be 0,005 mm/s or a speed corresponding to 0,1 Hz to 0,5 Hz.
 - 2) The allowable displacement range shall be determined by conducting preliminary tests for each type of the surface mount component and thereby selecting the conditions in which joint fracture can be initiated with the cyclic number of several hundreds to several thousands. The range corresponds to several percent of the nominal shear strain range that is the value at which the solder joint height can be divided in displacement.
- e) Continue mechanical shear fatigue tests at each level in the selected displacement range until the maximum force decreases to a certain value. Record the number of cycles at fatigue life.
- f) Make analytical observations of the fractured part, as needed, verify the fracture mode and record your observations.

B.2.1.2 Lap shear fatigue method

The lap shear fatigue method is a method in which the bottom of the substrate and the top of the component 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.

- a) Before the testing, solder the leads to the continuity monitoring terminal (daisy-chained) on the test substrate, and then connect it to the momentary interruption detector as shown in Figure B.1, when a component having a daisy-chain circuit is used for the testing.

- b) The fixture has a structure that can fix the substrate to the component by an adhesive or mechanically if a mechanical fixing mechanism is available in the jigs. When the specimen is fixed to the jigs, the reaction force should be maintained at around a level of zero, by means of force-controlled mode (force feedback mode) of the testing machine in order to prevent any damage on the solder joint.
- c) The test temperature shall be set if the testing machine has a temperature control unit.
- d) The ramp rate and the allowable displacement range shall be set as follows.
 - 1) The displacement rate shall be 0,005 mm/s or a speed corresponding to 0,1 Hz to 0,5 Hz.
 - 2) The allowable displacement range shall be determined by conducting preliminary tests for each type of the surface mount component and thereby selecting the conditions in which joint fracture can be initiated with the cyclic number of several hundreds to several thousands. The range corresponds to several percent of the nominal shear strain range that is the value at which the displacement is divided by the solder joint height.
- e) Continue mechanical shear fatigue tests at each level in the selected displacement range until the maximum force decreases to a certain value or the electrical resistance-measuring instrument detects electric continuity interruption. Record of the number of cycles at fatigue life.
- f) Make analytical observations of the fractured part, as needed, verify the fracture mode and record your observations.



IEC 237/09

Figure B.1 – Example of set-up for electrical resistance measuring

Annex C

(informative)

Evaluation of mechanical properties of a single solder joint by mechanical shear fatigue test

C.1 Application

The mechanical shear fatigue life obtained by the method described in Annexes A and B shows the average measures for all the joints of the component mounted on the test specimen, including the influences of the component and substrate with respect to fatigue life. The mechanical shear fatigue test of the single solder joint consisting of solder and electrode material such as copper, which is able to eliminate the effect of the component and substrate with respect to fatigue life, is important in apprehending reliability of the solder joint. This annex describes the test method to evaluate the fatigue life of the single solder joint.

C.2 Test equipment and specimen

C.2.1 Testing equipment

The mechanical shear fatigue test equipment prescribed in Annex A shall be used.

C.2.2 Specimen

The specimen consists of solder and base metal, such as copper, as shown in Figure C.1. Unless otherwise stated in the relevant product specifications, the specimen shall meet the following conditions.

a) Solder

A solder ball shall be used to make the specimen. Unless otherwise stated in the relevant product specifications, solder should be chosen as described in IEC 61190-1-2.

b) Base metal

Solderable base metal shall be used, such as copper, or a metal with wettable surface. The use of brass is not recommended. The base metal has a length of 10 mm with a diameter of 2 mm. The surface of base metal shall be coated with a solder resist, having a pad. The shape and size of a land shall comply with IEC 61188-5-8.

C.2.3 Soldering method

The following steps shall be taken.

- a) Apply the flux to the lands of a base metal.
- b) Mount the solder ball between the base metals. The alignment and the gap between base metals are controlled by using a fixing jig, see Figure C.2.
- c) Perform soldering by using the reflow soldering equipment as specified in Clause 5 or an equivalent method.

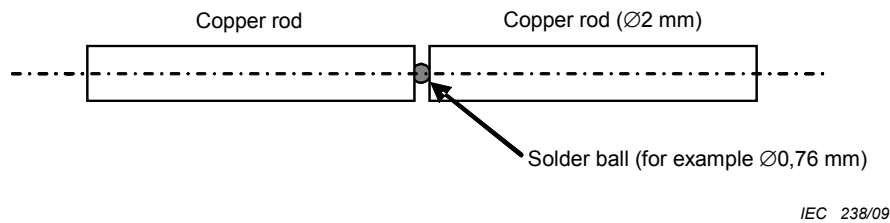


Figure C.1 – Schematic illustration of the single solder joint for mechanical fatigue testing

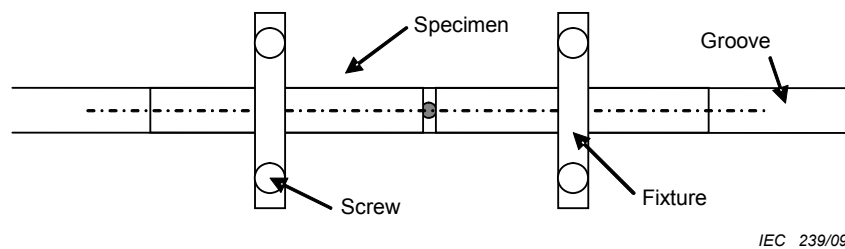


Figure C.2 – Schematic illustration of fixing jig for soldering of the single solder joint

C.2.4 Shear fatigue jig

The shear fatigue jigs should be able to fix the sample and to impose shear deformation on the solder joints by mechanical displacement, as shown in Figure C.3. Unless otherwise stated in the relevant product specifications, these jigs shall meet the following conditions.

- The fixture has a structure that can fasten the specimen by using the screws.
- The fixture shall be designed to position the joint center at the load line to suppress bending deformation of the sample.
- Steel of high strength is recommended to prevent deformation due to applying a cyclic load.
- The displacement sensor shall be attached to the fixture to measure the displacement.

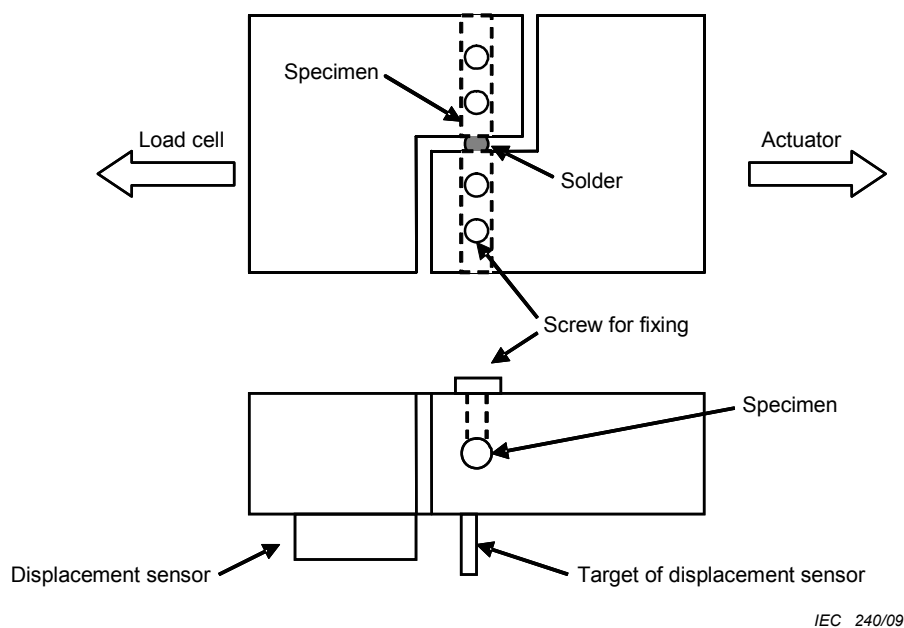


Figure C.3 – Schematic illustration of the shear fatigue jig

C.3 Test procedure

The test procedure shall be as follows.

- a) The sample is fixed to the jigs by screws. When the screws are tightened, the reaction force should be maintained at a level of zero by means of force-controlled mode (force feedback mode) of the testing machine in order to prevent any damage on the solder joint.
- b) The test temperature shall be set if the testing machine has a temperature control unit.
- c) The ramp rate and the allowable displacement range shall be set as follows.
 - 1) The displacement rate shall be 0,005 mm/s or a speed corresponding to 0,1 Hz to 0,5 Hz.
 - 2) The allowable displacement range shall be determined to be several percent of the nominal shear strain range that is the value at which the displacement is divided by the solder joint height.
- d) Continue the mechanical shear fatigue tests at each level in the selected displacement range until the maximum force decreases to a certain value, as shown in Figure C.4. Record the number of cycles when fatigue failure occurs. When the maximum force decreases to a certain value, for example a 20 % drop from the initial value, it shall be judged as fatigue life.
- e) Plot the fatigue life and the displacement range into a double logarithm graph. Figure C.5 shows an example of a test result.

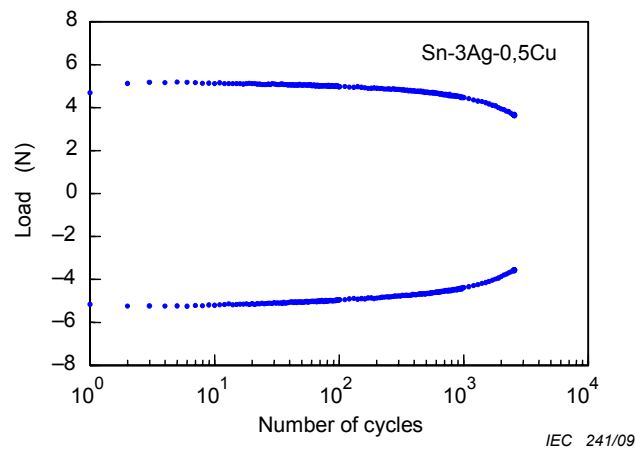


Figure C.4 – Relationship between reaction forces and the number of cycles during a fatigue test

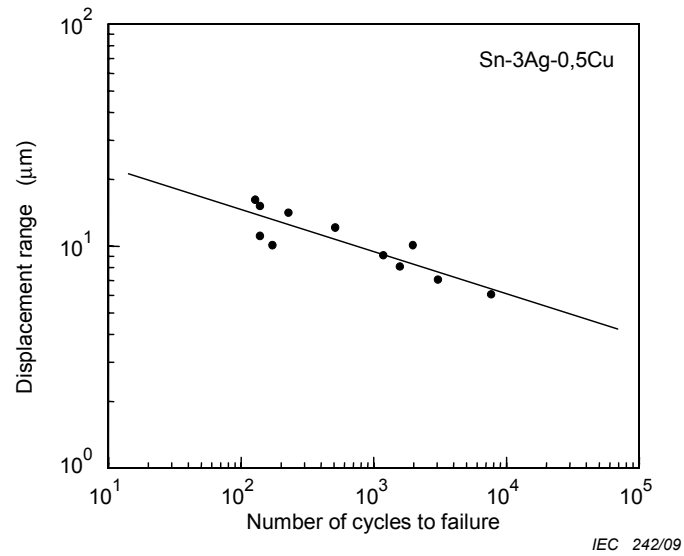


Figure C.5 – Relationship between the displacement range and fatigue life

Bibliography

IEC 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices*

IEC 61188-5-8, *Printed boards and printed board assemblies – Design and use – Part 5-8: Attachment (land/joint considerations – Area array components (BGA, FBCA, CGA, LGA))*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	23
INTRODUCTION.....	25
1 Domaine d'application	26
2 Références normatives.....	27
3 Termes et définitions	28
4 Appareillage et matériaux d'essai	28
4.1 Appareillage d'essai pour les essais de fatigue par cisaillement mécanique	28
4.2 Substrat d'essai	28
4.3 Alliage de brasure	29
4.4 Pâte à souder.....	29
4.5 Equipement de brasage par fusion	29
5 Montage	29
6 Conditions d'essais	30
6.1 Prétraitement	30
6.2 Procédures d'essai.....	30
6.3 Critères de jugement.....	30
7 Eléments à inclure dans le rapport d'essai.....	31
8 Eléments à mentionner dans les spécifications du produit	31
Annexe A (normative) Équipement d'essai de fatigue par cisaillement mécanique	32
Annexe B (normative) Procédure d'essai de fatigue par cisaillement mécanique	35
Annexe C (informative) Évaluation des propriétés mécaniques d'un seul joint de soudure en utilisant l'essai de fatigue par cisaillement mécanique	37
Bibliographie	41
Figure 1 – Dessin de la zone d'évaluation de la résistance du joint.....	26
Figure 2 – Illustrations schématiques de fatigue mécanique et thermomécanique des joints de soudure	27
Figure 3 – Profil de température typique pris par un équipement de brasage par fusion.....	30
Figure A.1 – Exemples de structures de gabarit de fatigue par cisaillement	33
Figure B.1 – Exemple de montage pour mesurer la résistance électrique.....	36
Figure C.1 – Illustration schématique du joint de soudure seul pour l'essai de fatigue mécanique	38
Figure C.2 – Illustration schématique du gabarit de fixation pour braser le joint de soudure seul.....	38
Figure C.3 – Illustration schématique du gabarit de fatigue par cisaillement.....	39
Figure C.4 – Relation entre les forces de réaction et le nombre de cycles pendant l'essai de fatigue.....	40
Figure C.5 – Relation entre la plage de déplacement et la durée de vie	40

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

TECHNOLOGIE DU MONTAGE EN SURFACE – MÉTHODES D'ESSAIS D'ENVIRONNEMENT ET D'ENDURANCE DES JOINTS BRASES MONTES EN SURFACE –

Partie 1-5: Essai de fatigue par cisaillement mécanique

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Électrotechnique Internationale) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI, entre autres activités, publie des Normes Internationales, des Spécifications Techniques, des Rapports Techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) 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 intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les publications CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et elles 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'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.
- 6) 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 CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 62137-1-5 a été établie par le comité d'études 91 de la CEI: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

Le texte de la présente norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/826/FDIS	91/841/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 série CEI 62137, présentée sous le titre général *Technologie du montage en surface – Méthodes d'essais d'environnement et d'endurance des joints brases montes en surface*, peut être consultée sur le site web de la CEI.

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

INTRODUCTION

Les propriétés mécaniques des joints de soudure sans plomb entre les conducteurs et les plages de connexion sur une carte à circuit imprimé sont différentes de celles des joints de soudure contenant de l'étain et du plomb en raison de la composition de leur brasure. Il est donc important de procéder à des essais des propriétés mécaniques des joints de soudure de différents alliages.

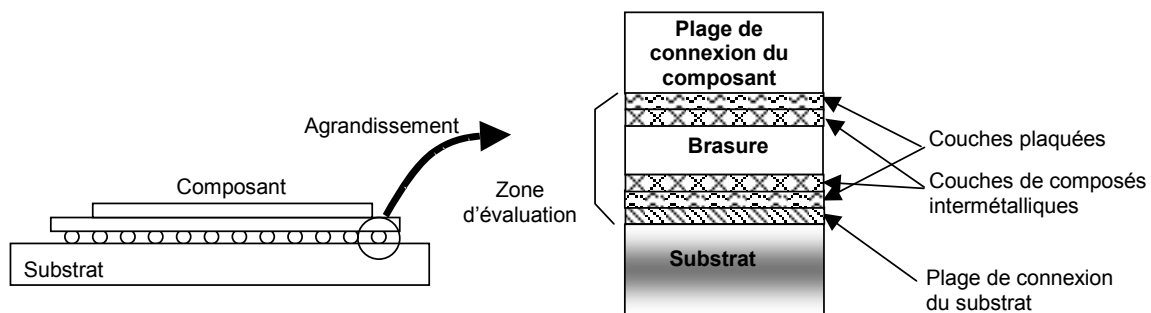
TECHNOLOGIE DU MONTAGE EN SURFACE – MÉTHODES D'ESSAIS D'ENVIRONNEMENT ET D'ENDURANCE DES JOINTS BRASES MONTES EN SURFACE –

Partie 1-5: Essai de fatigue par cisaillement mécanique

1 Domaine d'application

La méthode d'essai décrite dans la présente partie de la CEI 62137 s'applique aux boîtiers de type matriciel tels que les BGA. Cette méthode d'essai est destinée à évaluer l'endurance des joints de soudure situés entre les sorties du composant et les pastilles d'un substrat comme illustré à la Figure 1. On utilise généralement une approche par cycles de températures pour évaluer la fiabilité des joints de soudure. Une autre méthode consiste à faire subir aux joints de soudure des cycles mécaniques pour réduire le temps d'essai plutôt que de produire des contraintes générées par des variations de température. La méthodologie consiste à imposer une déformation par cisaillement aux joints de soudure par déplacement mécanique au lieu d'un déplacement relatif produit par une différence de coefficient de dilatation thermique (CTE) comme cela est représenté sur la Figure 2. A la place des essais de cycles de températures, cet essai de fatigue par cisaillement mécanique sert à prévoir la fiabilité des joints de soudure dans des conditions de variations de température répétées en faisant subir des cycles mécaniques aux joints de soudure. Dans la présente méthode d'essai, pour procéder à l'évaluation, le composant pour montage en surface nécessite d'abord d'être monté sur le substrat par brasage par fusion, puis les joints de soudure sont soumis à des déformations cycliques par cisaillement mécanique jusqu'à ce que les joints de soudure rompent. Les propriétés des joints de soudure (par exemple alliage de soudure, substrat, dispositif assemblé ou conception, etc.) sont évaluées pour aider à améliorer la résistance des joints de soudure.

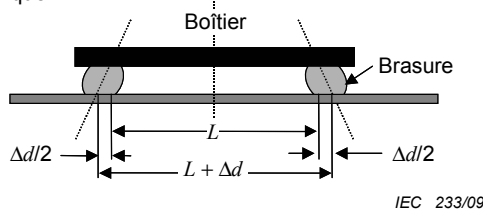
NOTE Le présent essai, cependant, ne mesure pas la résistance des composants électroniques. La méthode d'essai permettant d'évaluer la robustesse du joint d'une carte est décrite dans la CEI 60068-2-21.



IEC 232/09

Figure 1 – Dessin de la zone d'évaluation de la résistance du joint

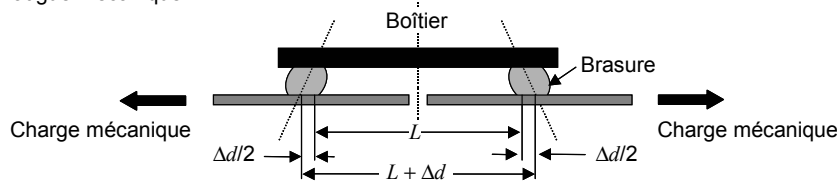
Fatigue thermomécanique



IEC 233/09

$$\Delta d = L \times (\alpha_{\text{substrat}} - \alpha_{\text{boîtier}}) \times \Delta T$$

Fatigue mécanique



IEC 234/09

Key

Δd	Déplacement relatif
ΔT	Plage de température
α	Coefficient de dilatation thermique

Figure 2 – Illustrations schématiques de fatigue mécanique et thermomécanique des joints de soudure

2 Références normatives

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

CEI 60068-1, *Essais d'environnement – Première partie: Généralités et guide*

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

CEI 60194, *Printed board design, manufacture and assembly – Terms and definitions* (disponible en anglais seulement)

CEI 61190-1-2:2007, *Matériaux de fixation pour les assemblages électroniques – Partie 1-2: Exigences relatives aux pâtes à braser pour les interconnexions de haute qualité dans les assemblages de composants électroniques*

CEI 61190-1-3, *Matériaux de fixation pour les assemblages électroniques – Partie 1-3: Exigences relatives aux alliages à braser de catégorie électronique et brasures solides fluxées et non fluxées pour les applications de brasage électronique*

CEI 61249-2-7:2002, *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 61760-1, *Surface mounting technology – Part 1: Standard method for the specification of surface mounting components (SMDs)* (disponible en anglais seulement)

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et les définitions données dans la CEI 60068-1, la CEI 60194 ainsi que les suivants s'appliquent.

3.1

résistance au cisaillement mécanique

nombre de cycles nécessaires pour atteindre la rupture du joint entre les bornes du composant pour montage en surface monté sur la carte imprimée et la plage de connexion en cuivre du substrat lorsque des déformations cycliques par cisaillement mécanique sont appliquées

3.2

pente de la rampe

vitesse de déplacement du gabarit de fixation attaché à l'actionneur de la machine d'essai mécanique

3.3

plage de déplacement

distance entre la position d'essai minimale et maximale obtenues en enfonçant et en retirant l'actionneur, c'est à dire le déplacement relatif entre le composant pour montage en surface et le substrat dans le sens du cisaillement

3.4

forces minimales et maximales

forces de réaction aux positions d'essai minimales et maximales obtenues par une déformation par cisaillement du joint de soudure à chaque cycle

4 Appareillage et matériaux d'essai

4.1 Appareillage d'essai pour les essais de fatigue par cisaillement mécanique

L'appareillage pour les essais de cisaillement mécanique comprend une machine d'essai de tension et de compression, des gabarits de fixation d'échantillon, un instrument de mesure de résistance et un enregistreur. Les spécifications doivent être conformes à celles de l'équipement d'essai mécanique spécifié à l'Annexe A.

4.2 Substrat d'essai

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, le substrat d'essai doit satisfaire aux conditions suivantes.

- a) Matériau: Feuille stratifiée en tissu de verre époxyde recouverte de cuivre, de qualité courante, (CEI 61249-2-7:2002), avec une feuille de métal collée sur une des faces et d'une épaisseur nominale, y compris la feuille de métal, de 1,6 mm avec une tolérance de $\pm 0,20$ mm. La feuille de cuivre doit avoir une épaisseur de $0,035 \text{ mm} \pm 0,010 \text{ mm}$.
- b) Taille: La taille du substrat dépend de la taille et de la forme du dispositif pour montage en surface brasé sur le substrat. Le substrat doit pouvoir être fixé à l'équipement d'essai de fatigue par cisaillement mécanique.
- c) Géométrie des plages de connexion: La forme et la taille des plages de connexion doivent être conformes à la CEI 61188-5 (toutes les parties) ou à la géométrie des pastilles recommandée par le fournisseur des composants respectifs.
- d) Protection de surface: Les zones brasables du substrat (plages de connexion) doivent être protégées contre l'oxydation par des moyens appropriés, par exemple par une

couche de protection organique de surface (OSP), ou autres apprêts. Cette couche de protection ne doit pas avoir d'effet néfaste sur la brasabilité des plages de connexion dans les conditions de brasage de l'équipement de brasage par fusion.

4.3 Alliage de brasure

Sauf indication contraire, l'alliage de brasure doit être constitué d'une composition ternaire d'étain, d'argent et de cuivre, avec 3,0 % à 4,0 % en poids d'argent et 0,5 % à 1,0 % en poids de cuivre, l'étain servant à équilibrer le composé, par exemple $\text{Sn}_{96,5}\text{Ag}_{3,0}\text{Cu}_{0,5}$. L'alliage de brasure doit être conforme à la CEI 61190-1-3.

4.4 Pâte à souder

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, il convient que la pâte à souder soit choisie à partir de la CEI 61190-1-2. Toutefois, la brasure qui doit être utilisée doit être celle spécifiée en 4.3 ci-dessus.

4.5 Equipement de brasage par fusion

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, il convient que l'équipement de brasage par fusion soit celui qui puisse réaliser le profil de température représenté à la Figure 3.

5 Montage

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, le composant pour montage en surface doit être monté sur le substrat dans l'ordre suivant.

Les étapes suivantes doivent être suivies.

- a) Appliquer la pâte à souder spécifiée en 4.4 sur les plages de connexion d'un substrat d'essai comme cela est indiqué en 4.2, en utilisant un masque en acier inoxydable comportant des orifices de même taille, de même forme et de même configuration que les plages de connexion, comme cela est indiqué en 4.2 c), avec une épaisseur de 100 μm à 150 μm .
- b) Monter le spécimen d'essai sur le substrat d'essai sur lequel on a appliqué la pâte à souder.
- c) Procéder à la soudure en utilisant l'équipement de brasage par fusion spécifié en 4.5 et la pâte à souder spécifiée en 4.4 dans les conditions suivantes. Le profil de température typique du brasage par fusion est donné à la Figure 3 comme cela est proposé dans la CEI 61760-1. La température doit être mesurée au niveau de la plage de connexion.

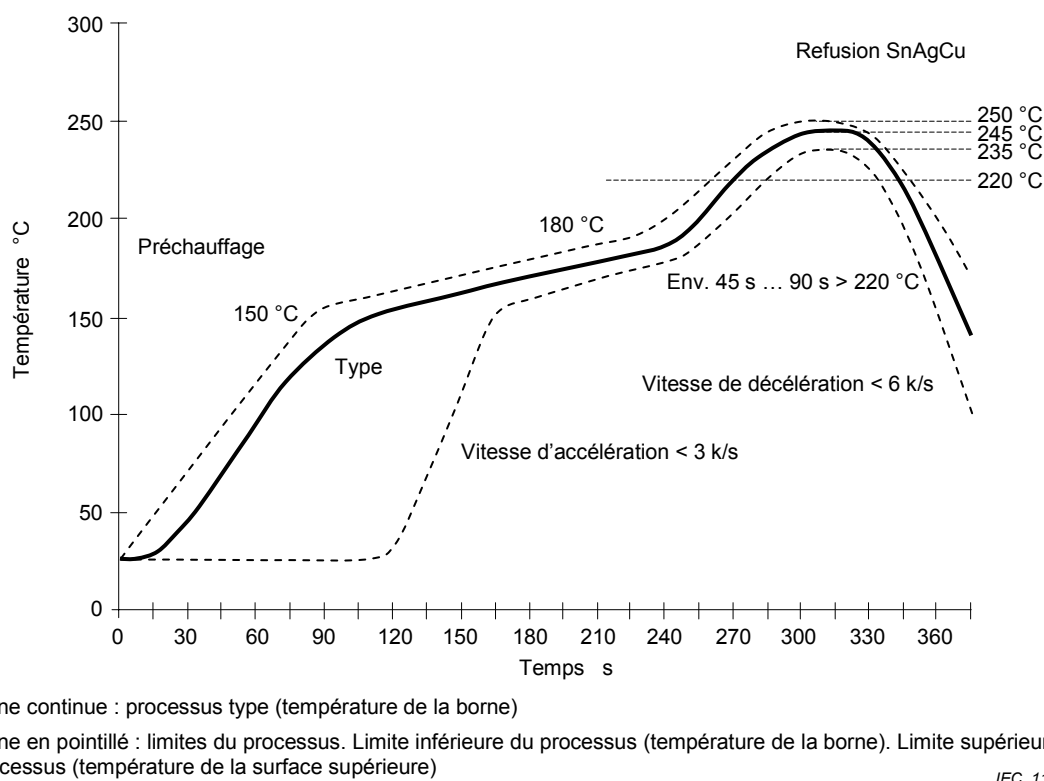


Figure 3 – Profil de température typique pris par un équipement de brasage par fusion

6 Conditions d'essais

6.1 Prétraitement

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, laisser le spécimen dans des conditions atmosphériques normales (spécifiées dans la CEI 60068-1) pendant au moins 4 h.

6.2 Procédures d'essai

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, il convient de suivre les procédures suivantes. Les détails des procédures d'essai de fatigue par cisaillement mécanique sont spécifiés à l'Annexe B.

- Fixer l'échantillon d'essai au gabarit de fixation.
- La pente de la rampe, la plage de déplacement permise et la température d'essai doivent être définies.
- Continuer les essais de fatigue par cisaillement mécanique à chaque niveau dans la plage de déplacement choisie jusqu'à ce que la force maximale diminue jusqu'à une certaine valeur ou jusqu'à ce que l'instrument de mesure de la résistance électrique détecte une interruption de continuité électrique. Enregistrer le nombre de cycles de la durée de vie.
- Procéder à des observations analytiques de la partie rompue si nécessaire, vérifier le mode de rupture et le noter.

6.3 Critères de jugement

La diminution de la force maximale jusqu'à une certaine valeur, par exemple une chute de 20 % par rapport à la valeur initiale, ou la détection d'une interruption de continuité électrique dans le spécimen par un détecteur d'interruption momentanée doivent être considérées comme la durée de vie.

Les résultats obtenus par les méthodes décrites dans les Annexes A et B donnent les mesures moyennes pour tous les joints du composant monté sur l'éprouvette d'essai, y compris l'influence du composant et du substrat sur la durée de vie. L'Annexe C décrit la procédure d'essai pour évaluer la résistance au cisaillement mécanique d'un seul joint de soudure permettant d'éliminer les effets du composant et du substrat sur la durée de vie.

7 Eléments à inclure dans le rapport d'essai

Lorsqu'un rapport d'essai est exigé, un accord doit être passé entre la partie qui émet le compte-rendu et celle qui le reçoit, sur le choix des éléments du compte-rendu. Ces éléments peuvent être choisis parmi les suivants:

- a) date d'essai;
- b) lieu de l'organisation de l'essai;
- c) nom du composant électronique, type, taille, dimensions du boîtier et pas des sorties;
- d) matériaux de base des broches des composants électroniques, avec ou sans revêtement métallique, et matériaux de ce dernier;
- e) matériaux du substrat d'essai, dimensions et structure de la couche;
- f) mesures des plages de connexion du substrat et matériaux du traitement de surface;
- g) type de brasure et type de pâte à souder;
- h) profil de température du brasage par fusion et ambiance de soudure (pour le cas d'une atmosphère ambiante constituée d'azote, il convient d'appliquer une concentration d'oxygène);
- i) modèle de la machine de tension et de compression;
- j) détails du gabarit de flexion du substrat (un schéma est préférable);
- k) spécifications de l'instrument de mesure de résistance électrique;
- l) spécifications de l'enregistreur;
- m) vitesse de déplacement;
- n) plage de déplacement et nombre de cycles pour atteindre la rupture;
- o) mode de rupture (photos, etc.).

8 Eléments à mentionner dans les spécifications du produit

Les éléments suivants doivent être inclus :

- a) substrat d'essai (4.2) ;
- b) alliage de brasure (4.3) ;
- c) pâte à souder (4.4) ;
- d) équipement de brasage par fusion (4.5) ;
- e) montage (Article 5) ;
- f) prétraitement (6.1) ;
- g) procédures d'essai (6.2).

Annexe A (normative)

Équipement d'essai de fatigue par cisaillement mécanique

A.1 Domaine d'application

La présente annexe s'applique à l'équipement d'essai de fatigue par cisaillement mécanique spécifiée en 4.1 et elle spécifie les exigences.

A.2 Équipement d'essai par cisaillement mécanique

A.2.1 Machine d'essai de tension et de compression

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, la machine d'essai de fatigue par cisaillement mécanique doit satisfaire aux exigences suivantes.

- a) Cette machine doit être capable d'actionner les gabarits de fixation d'échantillon sur la plage de déplacement prescrite ($\pm 0,001$ mm à $\pm 0,1$ mm) en utilisant des ondes triangulaires à la vitesse prescrite (0,001 mm/s à 0,01 mm/s).

NOTE 1 Afin de contrôler le déplacement sur une plage étroite, il est recommandé d'utiliser un moteur à courant continu linéaire ou un actionneur piézoélectrique pour l'actionneur de la machine.

NOTE 2 Puisque l'essai est aussi efficace lorsque l'on remplace les ondes triangulaires par des ondes sinusoïdales et trapézoïdales, il convient donc que la machine fonctionne également avec des ondes sinusoïdales et trapézoïdales.

- b) Cette machine d'essai doit également être capable de mesurer le déplacement prescrit au voisinage de l'échantillon en utilisant un capteur de déplacement attaché aux gabarits de fixation d'échantillon (sans utiliser le capteur de déplacement dans l'actionneur), et être capable de commander l'actionneur en utilisant le déplacement (commande par rétroaction). Il est recommandé d'utiliser un capteur de déplacement de type à courant de Foucault, capacitif ou à laser.
- c) Il convient que la machine d'essai puisse mesurer et enregistrer le temps et les cycles écoulés, ainsi que les forces de réaction générées par une déformation par cisaillement du joint de soudure au cours de l'essai de fatigue en utilisant un dynamomètre.
- d) Le dynamomètre doit être capable de mesurer la réduction de la force de réaction causée par la dégradation du joint de soudure (amorce et propagation de la fissure).
- e) Il convient que la machine d'essai puisse contrôler la température d'essai si l'essai est réalisé à une température élevée.

A.2.2 Gabarit de fatigue par cisaillement

A.2.2.1 Généralités

Il convient que les gabarits de fatigue par cisaillement puissent fixer l'échantillon et imposer une déformation par cisaillement aux joints de soudure par un déplacement mécanique entre le composant et le substrat. Il existe deux types de méthodes d'application de charge pour l'essai de fatigue par cisaillement comme cela est représenté à la Figure A.1.

Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, ces gabarits doivent satisfaire aux conditions suivantes:

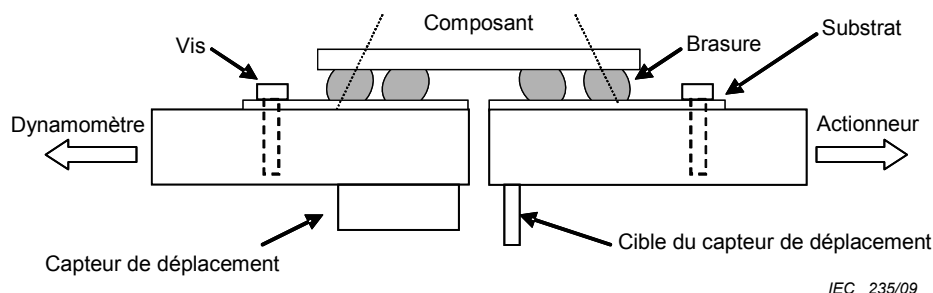


Figure A.1a – Méthode dite « à cheval »

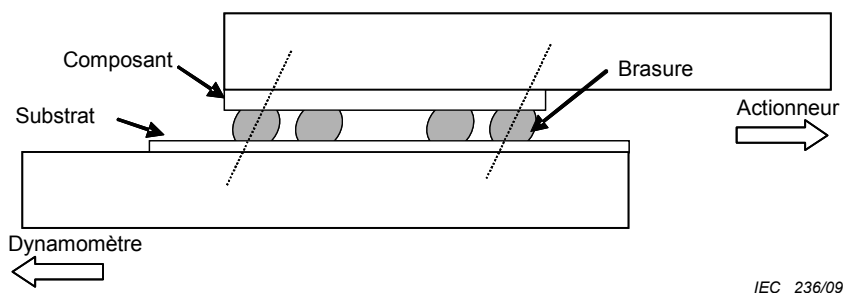


Figure A.1b – Méthode de cisaillement par recouvrement

Figure A.1 – Exemples de structures de gabarit de fatigue par cisaillement

A.2.2.1.1 Méthode dite « à cheval » pour la fatigue

Le substrat est divisé en deux parties sous le composant. Les substrats divisés sont attachés aux gabarits et le déplacement mécanique est appliqué au substrat via l'actionneur, ce qui entraîne la déformation du joint de soudure en mode cisaillement.

- La structure de la fixation permet de fixer le substrat à l'aide de vis.
- La fixation doit être conçue pour positionner le centre du joint sur la ligne de charge pour empêcher que l'échantillon ne subisse de déformation en flexion.
- Il est recommandé d'utiliser de l'acier hautement résistant pour empêcher toute déformation due à l'application d'une charge cyclique.
- Le capteur de déplacement doit être attaché à la fixation pour mesurer le déplacement.

A.2.2.1.2 Méthode de cisaillement par recouvrement

La partie inférieure du substrat et la partie supérieure du composant sont attachées entre les gabarits de cisaillement par recouvrement, et le déplacement mécanique est appliqué au gabarit via l'actionneur, ce qui entraîne la déformation du joint de soudure en mode cisaillement.

- La structure de la fixation permet de fixer le substrat au composant.
- La fixation doit être conçue pour positionner le centre du joint sur la ligne de charge pour empêcher que l'échantillon ne subisse de déformation en flexion.
- Il est recommandé d'utiliser de l'acier hautement résistant pour empêcher toute déformation due à l'application d'une charge cyclique.
- Le capteur de déplacement doit être attaché à la fixation pour mesurer le déplacement.

A.2.3 Instrument de mesure de résistance électrique

Il convient que l'instrument de mesure de résistance électrique ait un mécanisme pour vérifier la continuité et la discontinuité électrique sur le substrat d'essai et pour pouvoir détecter une interruption lorsque la valeur de la résistance dépasse $1 \times 10^3 \Omega$. Afin de détecter même la plus petite discontinuité électrique, un instrument adapté doit pouvoir détecter une interruption momentanée de continuité comprise entre 10 μs et 100 μs . Il convient que cet instrument ait la capacité de délivrer des signaux pour arrêter la machine d'essai de tension et de compression quand une interruption électrique est détectée.

A.2.4 Enregistreur

L'enregistreur est la partie de l'équipement qui enregistre le nombre de cycles par rapport à la durée de vie. Il est souhaitable que l'équipement puisse enregistrer le déplacement et la force de la machine d'essai pendant la durée de l'essai.

Annexe B (normative)

Procédure d'essai de fatigue par cisaillement mécanique

B.1 Domaine d'application

La présente Annexe s'applique à la procédure d'essai de fatigue par cisaillement mécanique spécifiée en 6.2.

B.2 Procédure d'essai de fatigue par cisaillement mécanique

B.2.1 Généralités

Il existe deux types de méthodes d'application de charge pour l'essai de fatigue par cisaillement. Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, l'une des deux méthodes suivantes doit être choisie.

B.2.1.1 Méthode dite « à cheval » pour la fatigue

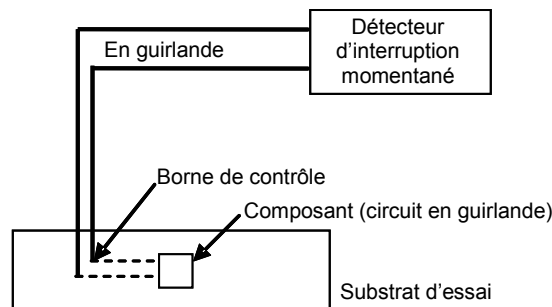
La méthode dite « à cheval » pour la fatigue correspond à la déformation par cisaillement des joints de soudure en appliquant un déplacement mécanique du substrat divisé en deux morceaux.

- a) Avant l'essai, il convient de diviser le substrat en deux parties sous le composant.
- b) Les substrats divisés sont fixés aux gabarits par des vis. Lorsque les vis sont serrées, il convient de maintenir la force de réaction à un niveau nul en utilisant la machine d'essai en mode effort contrôlé (mode retour d'effort) afin d'éviter d'endommager le joint de soudure.
- c) La température d'essai doit être réglée, si la machine d'essai possède une unité de contrôle de la température.
- d) La pente de la rampe et la plage de déplacement permise doivent être définies comme suit.
 - 1) La vitesse de déplacement doit être de 0,005 mm/s ou une vitesse correspondant à 0,1 Hz jusqu'à 0,5 Hz.
 - 2) La plage de déplacement permise doit être déterminée en procédant à des essais préliminaires pour chaque type de composant pour montage en surface et en sélectionnant ainsi les conditions dans lesquelles le joint peut rompre après plusieurs centaines jusqu'à plusieurs milliers de cycles. La plage correspond à un pourcentage de la plage nominale de contrainte par cisaillement, qui correspond à la valeur à laquelle la hauteur du joint de soudure peut être divisée en déplacement.
- e) Continuer les essais de fatigue par cisaillement mécanique à chaque niveau dans la plage de déplacement choisie jusqu'à ce que la force maximale diminue jusqu'à une certaine valeur. Enregistrer le nombre de cycles de la durée de vie.
- f) Procéder à des observations analytiques de la partie rompue, si nécessaire, vérifier le mode de rupture et enregistrer vos observations.

B.2.1.2 Méthode de fatigue par cisaillement par recouvrement

La méthode de fatigue par cisaillement par recouvrement est la méthode selon laquelle la partie inférieure du substrat et la partie supérieure du composant sont attachées entre les gabarits de cisaillement par recouvrement, et le déplacement mécanique est appliqué au gabarit via l'actionneur, ce qui entraîne la déformation du joint de soudure en mode cisaillement.

- a) Avant l'essai, braser les conducteurs aux bornes de contrôle de continuité (en guirlande) sur le substrat d'essai, puis connecter le substrat au détecteur d'interruption momentanée comme indiqué à la Figure B.1, lorsqu'un composant doté d'un circuit en guirlande est utilisé pour l'essai.
- b) La structure de la fixation permet de fixer le substrat au composant à l'aide d'un adhésif ou mécaniquement si les gabarits sont équipés d'un mécanisme de fixation mécanique. Lorsque le spécimen est attaché aux gabarits, il convient de maintenir la force de réaction à un niveau quasiment nul en utilisant la machine d'essai en mode effort contrôlé (mode retour d'effort) afin d'éviter d'endommager le joint de soudure.
- c) La température d'essai doit être réglée, si la machine d'essai possède une unité de contrôle de la température.
- d) La pente de la rampe et la plage de déplacement permise doivent être définies comme suit.
 - 1) La vitesse de déplacement doit être de 0,005 mm/s ou une vitesse correspondant à 0,1 Hz jusqu'à 0,5 Hz.
 - 2) La plage de déplacement permise doit être déterminée en procédant à des essais préliminaires pour chaque type de composant pour montage en surface et en sélectionnant ainsi les conditions dans lesquelles le joint peut rompre après plusieurs centaines jusqu'à plusieurs milliers de cycles. La plage correspond à un pourcentage de la plage nominale de contrainte par cisaillement, qui correspond à la valeur à laquelle le déplacement est divisé par la hauteur du joint de soudure.
- e) Continuer les essais de fatigue par cisaillement mécanique à chaque niveau dans la plage de déplacement choisie jusqu'à ce que la force maximale diminue jusqu'à une certaine valeur ou jusqu'à ce que l'instrument de mesure de la résistance électrique détecte une interruption de continuité électrique. Enregistrer le nombre de cycles de la durée de vie.
- f) Procéder à des observations analytiques de la partie rompue, si nécessaire, vérifier le mode de rupture et enregistrer vos observations.



IEC 237/09

Figure B.1 – Exemple de montage pour mesurer la résistance électrique

Annexe C (informative)

Évaluation des propriétés mécaniques d'un seul joint de soudure en utilisant l'essai de fatigue par cisaillement mécanique

C.1 Domaine d'application

La résistance au cisaillement mécanique obtenue par la méthode décrite dans les Annexes A et B indique les mesures moyennes pour tous les joints du composant monté sur l'éprouvette d'essai, y compris les influences du composant et du substrat sur l'endurance. L'essai de fatigue par cisaillement mécanique d'un seul joint de soudure constitué de brasure et du matériau de l'électrode, par exemple du cuivre, qui peut éliminer l'effet du composant et du substrat sur l'endurance, est important pour appréhender la fiabilité du joint de soudure. La présente annexe décrit la méthode d'essai pour évaluer l'endurance du seul joint de soudure.

C.2 Equipement d'essai et spécimen

C.2.1 Equipement d'essai

L'équipement d'essai de fatigue par cisaillement mécanique prescrit à l'Annexe A doit être utilisé.

C.2.2 Spécimen

Le spécimen est constitué de brasure et de métal de base, par exemple du cuivre, comme indiqué à la Figure C.1. Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, le spécimen doit satisfaire aux conditions suivantes.

a) Brasure

Une boule de brasure doit être utilisée pour constituer le spécimen. Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, il convient de choisir la brasure conformément à la CEI 61190-1-2.

b) Métal de base

Un métal de base brasable, par exemple du cuivre, ou un métal dont la surface est mouillable doit être utilisé. L'utilisation de laiton n'est pas recommandée. Le métal de base a une longueur de 10 mm et un diamètre de 2 mm. La surface du métal de base doit être recouverte d'une épargne de brasure et comporter une pastille. La forme et la taille des plages de connexion doivent être conformes à la CEI 61188-5-8.

C.2.3 Méthode de brasage

Les étapes suivantes doivent être suivies.

- a) Appliquer le flux aux plages de connexions du métal de base.
- b) Monter la boule de brasure entre les métaux de base. L'alignement et l'intervalle entre les métaux de base sont contrôlés en utilisant un gabarit de fixation, voir Figure C.2.
- c) Procéder à la brasure à l'aide de l'équipement de brasage par fusion spécifié à l'Article 5 ou à l'aide d'une méthode équivalente.

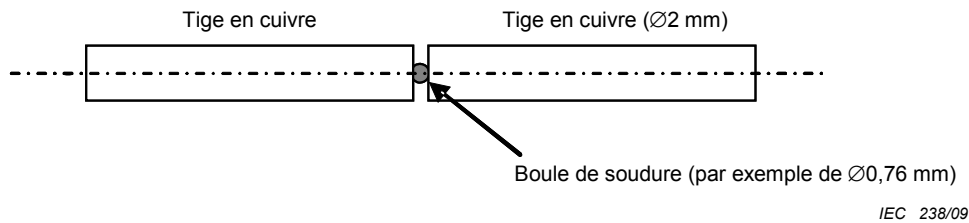


Figure C.1 – Illustration schématique du joint de soudure seul pour l'essai de fatigue mécanique

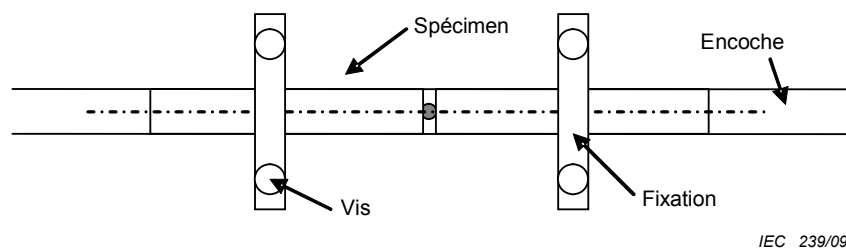
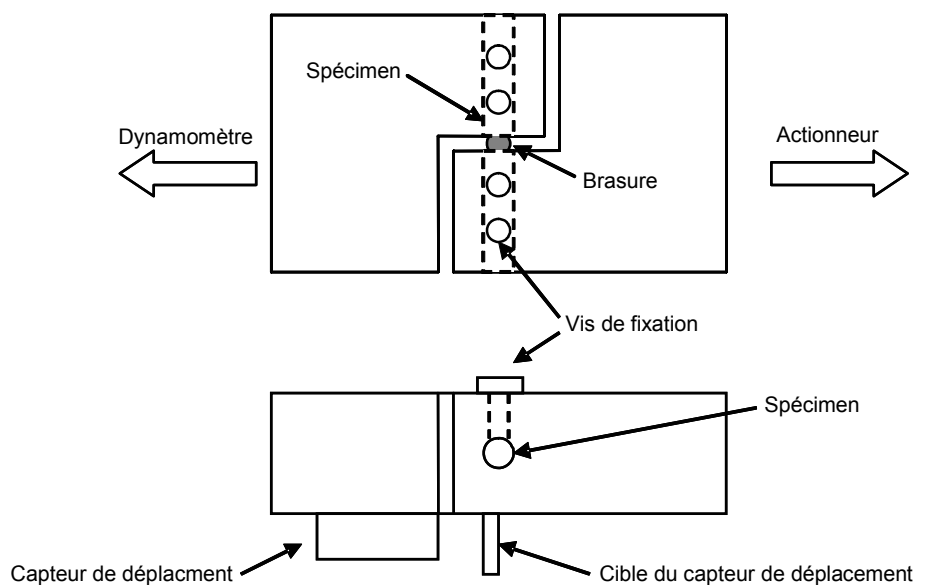


Figure C.2 – Illustration schématique du gabarit de fixation pour braser le joint de soudure seul

C.2.4 Gabarit de fatigue par cisaillement

Il convient que les gabarits de fatigue par cisaillement puissent fixer l'échantillon et imposer une déformation par cisaillement aux joints de soudure par un déplacement mécanique, comme indiqué à la Figure C.3. Sauf indication contraire dans les spécifications de produit applicables, ces gabarits doivent satisfaire aux conditions suivantes.

- La structure de la fixation permet de fixer le spécimen à l'aide de vis.
- La fixation doit être conçue pour positionner le centre du joint sur la ligne de charge pour empêcher que l'échantillon ne subisse de déformation en flexion.
- Il est recommandé d'utiliser de l'acier hautement résistant pour empêcher toute déformation due à l'application d'une charge cyclique.
- Le capteur de déplacement doit être attaché à la fixation pour mesurer le déplacement.



IEC 240/09

Figure C.3 – Illustration schématique du gabarit de fatigue par cisaillement

C.3 Procédure d'essai

La procédure d'essai doit être la suivante.

- a) L'échantillon est fixé aux gabarits par des vis. Lorsque les vis sont serrées, il convient de maintenir la force de réaction à un niveau nul en utilisant la machine d'essai en mode effort contrôlé (mode retour d'effort) afin d'éviter d'endommager le joint de soudure.
- b) La température d'essai doit être réglée, si la machine d'essai possède une unité de contrôle de la température.
- c) La pente de la rampe et la plage de déplacement permise doivent être définies comme suit.
 - 1) La vitesse de déplacement doit être de 0,005 mm/s ou une vitesse correspondant à 0,1 Hz jusqu'à 0,5 Hz.
 - 2) La plage de déplacement permise doit être déterminée comme étant un pourcentage de la plage nominale de contrainte par cisaillement qui correspond à la valeur à laquelle le déplacement est divisé par la hauteur du joint de soudure.
- d) Continuer les essais de fatigue par cisaillement mécanique à chaque niveau dans la plage de déplacement choisie jusqu'à ce que la force maximale diminue jusqu'à une certaine valeur, comme indiqué à la Figure C.4. Enregistrer le nombre de cycles lorsque la rupture par fatigue se produit. Lorsque la diminution de la force maximale jusqu'à une certaine valeur, par exemple une chute de 20 % par rapport à la valeur initiale, elle doit être considérée comme la durée de vie.
- e) Tracer la durée de vie et la plage de déplacement sur un graphe logarithmique double. La Figure C.5 représente un exemple de résultat d'essai.

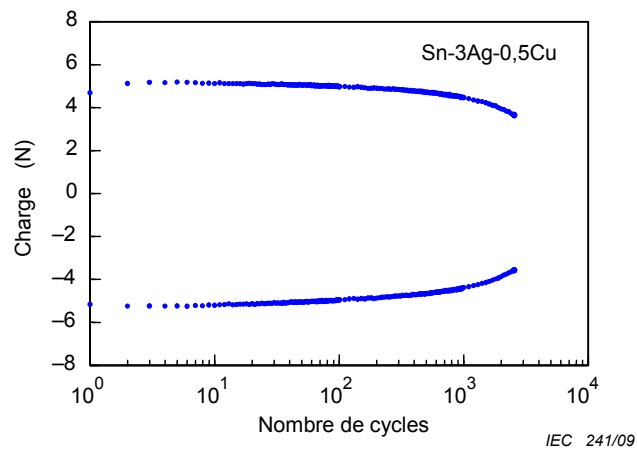


Figure C.4 – Relation entre les forces de réaction et le nombre de cycles pendant l'essai de fatigue

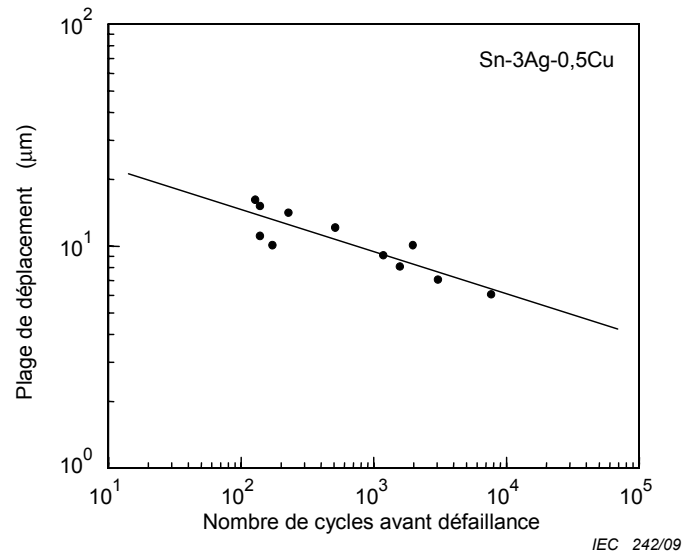


Figure C.5 – Relation entre la plage de déplacement et la durée de vie

Bibliographie

CEI 60068-2-21, *Environmental testing – Part 2-21: Tests – Test U: Robustness of terminations and integral mounting devices* (disponible en anglais seulement)

CEI 61188-5-8, *Printed boards and printed board assemblies – Design and use – Part 5-8: Attachment (land/joint considerations – Area array components (BGA, FBCA, CGA, LGA)* (disponible en anglais seulement)

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

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

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