

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

**Environmental testing –
Part 3-13: Supporting documentation and guidance on Test T – Soldering**

**Essais d'environnement –
Partie 3-13: Documentation d'accompagnement et guide sur les essais T –
Brasage**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-13:2016



THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2016 IEC, Geneva, Switzerland

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

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

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

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

About the IEC

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

About IEC publications

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

IEC Catalogue - webstore.iec.ch/catalogue

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

IEC publications search - www.iec.ch/searchpub

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

IEC Glossary - std.iec.ch/glossary

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

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

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

A propos de l'IEC

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

A propos des publications IEC

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

Catalogue IEC - webstore.iec.ch/catalogue

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

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

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

IEC Just Published - webstore.iec.ch/justpublished

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

Electropedia - www.electropedia.org

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

Glossaire IEC - std.iec.ch/glossary

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

Service Clients - webstore.iec.ch/csc

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

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE

Environmental testing –

Part 3-13: Supporting documentation and guidance on Test T – Soldering

Essais d'environnement –

**Partie 3-13: Documentation d'accompagnement et guide sur les essais T –
Brasage**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 19.040

ISBN 978-2-8322-3359-7

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

CONTENTS

FOREWORD.....	4
1 Scope.....	6
2 Normative references.....	6
3 Terms, definitions and abbreviations	6
3.1 Terms and definitions	6
3.2 Abbreviations	7
4 Overview	7
4.1 Factors influencing the formation and reliability of solder joints (ability to be soldered)	7
4.2 Physics of surface wetting	8
4.3 Quality and reliability of solder joints	10
5 Component soldering – Processes	10
5.1 General considerations.....	10
5.1.1 Components' ability to be soldered	10
5.1.2 Soldering processes.....	12
5.1.3 Soldering defects	12
5.1.4 Geometrical factors which may influence the soldering result	12
5.1.5 Process factors	12
5.1.6 Material factors	12
5.2 Solder.....	13
5.3 Grouping of soldering conditions	13
5.4 Ability to be soldered.....	13
5.5 Moisture sensitivity of components	13
5.6 Relation between storage time/storage conditions and solderability	14
5.6.1 Natural and accelerated ageing	14
5.6.2 Oxidation	14
5.6.3 Growth of intermetallic layers	14
5.6.4 Effect of ageing to wetting characteristics	14
5.6.5 Test conditions for accelerated ageing.....	15
5.7 Place of soldering tests in testing	16
6 Soldering tests	17
6.1 General.....	17
6.2 Solder.....	18
6.3 Fluxes.....	18
6.4 Test equipment	18
6.5 Evaluation methods.....	18
6.5.1 Criteria for visual inspection	18
6.5.2 Criteria for quantitative evaluation of the wetting characteristic	19
6.5.3 Special cases	19
6.6 Acceptance criteria	19
7 Soldering tests – Methods.....	19
7.1 General principles	19
7.2 Survey of test methods.....	19
7.3 Bath test	22
7.4 Reflow test.....	23
7.4.1 With/without solder land	23

7.4.2	Selection of solder paste (flux system and activity grade).....	23
7.5	Soldering iron test.....	23
7.6	Resistance to dissolution of metallization and soldering heat.....	23
7.6.1	General	23
7.6.2	Limitations	23
7.6.3	Choice of severity	24
7.7	Wetting balance test.....	24
7.7.1	General	24
7.7.2	Test methods available	25
7.7.3	Limitations	25
8	Requirements and statistical character of results	25
	Bibliography	27
	Figure 1 – Sessile drop of solder on oxidised copper	8
	Figure 2 – Sessile drop of solder plus flux on clean copper	9
	Figure 3 – Sessile drop equilibrium forces	9
	Figure 4 – Typical soldering processes.....	12
	Figure 5 – Soldering tests for devices with leads	21
	Figure 6 – Soldering tests for SMDs	22
	Table 1 – Solder process groups	13

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-13:2016

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 3-13: Supporting documentation and guidance on Test T – Soldering

FOREWORD

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

International Standard IEC 60068-3-13 has been prepared by IEC technical committee 91: Electronics assembly technology.

This first edition cancels and replaces IEC 60068-2-44:1995 and constitutes a technical revision.

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

- information for lead-free solders are added;
- technical update and restructuring.

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

FDIS	Report on voting
91/1345/FDIS	91/1356/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 in the IEC 60068 series, published under the general title *Environmental testing*, can be found on the IEC website.

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.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-13:2016

ENVIRONMENTAL TESTING –

Part 3-13: Supporting documentation and guidance on Test T – Soldering

1 Scope

This part of IEC 60068 provides background information and guidance for writers and users of specifications for electric and electronic components, containing references to the test standards IEC 60068-2-20, IEC 60068-2-58, IEC 60068-2-69, IEC 60068-2-83, and to IEC 61760-1, which defines requirements to the specification of surface mounting components.

2 Normative references

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

IEC 60068-2-20:2008, *Environmental testing – Part 2: Tests – Test T: Test methods for solderability and resistance to soldering heat of devices with leads*

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

IEC 60068-2-69, *Environmental testing – Part 2-69: Tests – Test Te: Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wetting balance method¹*

IEC 60068-2-83, *Environmental testing – Part 2-83: Tests – Test Tf: Solderability testing of electronic components for surface mounting devices (SMD) by the wetting balance method using solder paste*

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

IEC 62137-3, *Electronics assembly technology – Part 3: Selection guidance of environmental and endurance test methods for solder joints*

3 Terms, definitions and abbreviations

3.1 Terms and definitions

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

3.1.1

solderability

ability of the lead, termination or electrode of a component to be wetted by solder at the temperature of the termination or electrode, which is assumed to be the lowest temperature in the soldering process within the applicable temperature range of the solder alloy

¹ A new edition (third edition) is currently under consideration.

Note 1 to entry: The term “solderability” is often used in combination with the term “test”, indicating a specific method to evaluate the wettability or ability to be soldered of a surface under worst case conditions (soldering temperature and contact time with solder). It is not to be confused with the concepts “ability to be soldered” (see 4.1, 5.1.1) or “soldering ability” (see 3.1.4).

3.1.2

resistance to soldering heat

ability of the component to withstand the highest temperature stress in terms of temperature gradient, peak temperature and duration of the soldering process, where the temperature of the component body is within the applicable temperature range of solder alloy

3.1.3

wettability

intrinsic property of the termination material to form an alloy with the solder

Note 1 to entry: Wettability depends on the base metal used to produce the termination or, in the case of a plated termination, the condition and material used to plate the base metal.

3.1.4

soldering ability

ability of a specific combination of components to facilitate the formation of a proper solder joint

Note 1 to entry: See 3.1.3, wettability.

3.2 Abbreviations

SMD	Surface mounted device
SMT	Surface mounting technology
THD	Through-hole mounting device
THT	Through-hole mounting technology
THR	Through-hole reflow soldering

4 Overview

4.1 Factors influencing the formation and reliability of solder joints (ability to be soldered)

The conditions of ease of production and the reliability of a soldered joint can be classified in three groups, as follows.

- The joint design, determined by the choice of the two metallic elements to be joined (their shape, size, composition, etc.) and of the assembly method (relative position, initial fastening, etc.).
- The wettability of the surfaces to be joined.
- The conditions adopted for the soldering operation (temperature, time, flux, solder alloy, equipment, etc.).

The choice of conditions of groups a) and c) concerns the manufacturer of equipment or subassemblies, who shall know the importance of each of the conditions and the limits of their variation. Condition b) depends to a large extent on the component manufacturer, except in cases of unusual handling or storage conditions by the equipment manufacturer. The wettability of surfaces needs to be defined with whatever degree of precision is necessary to allow the equipment manufacturer to choose conditions of classes a) and c) appropriate to that wettability. On the other hand, components of satisfactory surface quality will not necessarily prevent rejectable joints arising from faults in joint design or joining conditions.

This often complex overlapping of responsibilities between component manufacturers and equipment manufacturers creates a need to be able to define with considerable precision the wettability of component terminations or, more generally, the solderability of components.

4.2 Physics of surface wetting

In order to obtain wetting between a substrate and molten solder, the tin in the solder shall react with the substrate to form an alloy. In order to form an alloy the tin and the substrate has to come into molecular contact. In order to do this the surface of both the molten solder and the substrate shall be free from contamination.

In order to better understand how molten solder spreads over a substrate, and what determines solderability, the surface tension property of the solder needs to be examined.

A free droplet of molten solder held in free space will form into a globule shape, just as a free drop of water will form into a spherical shape. The droplet is held in this shape by the surface tension force of the molten solder. Inside the droplet the atoms are uniformly surrounded by other atoms, and the net force on them is zero, ignoring thermal motion. At the surface there is an imbalance in the inter-atomic attraction forces, as the surface atoms experience a net force into the body of the droplet.

The complete system tries to adopt a shape that has the minimum free energy, which means the minimum surface-to-volume ratio. This situation is achieved when the molten solder forms into a sphere. The strength of the surface tension force is determined by the bond energies between the atoms within the molten solder.

If the molten sphere of solder is placed onto a heated, oxidised copper plate, the shape of the sphere is depressed by gravity, to form a sessile drop, as shown in Figure 1 below.

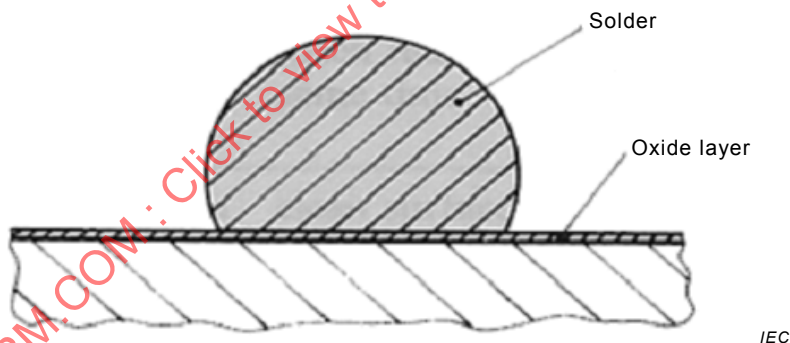


Figure 1 – Sessile drop of solder on oxidised copper

If a suitable flux is added to the sessile drop on the oxidised copper, the oxide layer will be removed from the copper and the solder, and the tin in the solder will react with the copper to form an intermetallic layer, allowing the solder to spread, as shown in Figure 2 below.

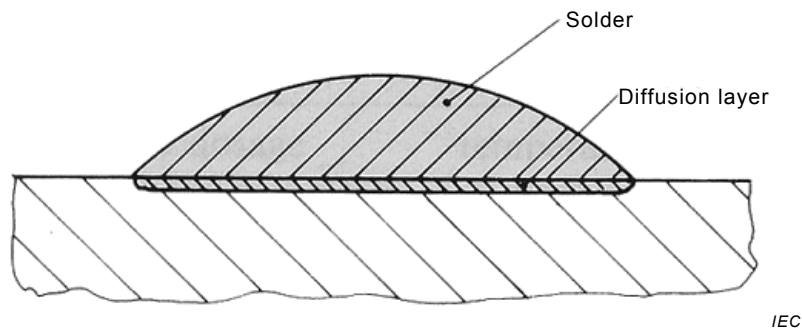


Figure 2 – Sessile drop of solder plus flux on clean copper

The final shape of the spreading solder will depend on the surface tension forces acting at the interfaces. Solid and solid-liquid interfaces also exert a surface tension force, and all try to reduce their surface areas to a minimum to attain a minimum free energy. As a result equilibrium is reached whereby the net force at the advancing solder front is zero.

Figure 3 below shows the forces acting at the advancing solder front. The surface tension of the solid copper in air is balanced by the surface tension between the liquid solder and the air, and the liquid solder and the solid copper.

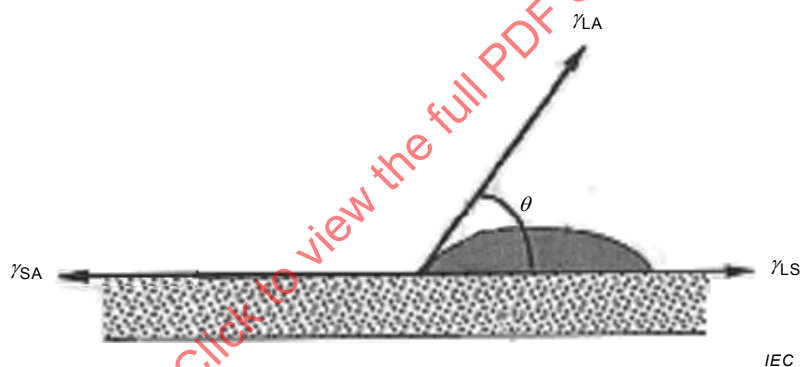


Figure 3 – Sessile drop equilibrium forces

The resulting forces at the advancing solder front can be written as follows:

$$\gamma_{SA} = \gamma_{LS} + \gamma_{LA} \cos \theta$$

where

γ_{SA} is surface tension between solid copper and air;

γ_{LS} is surface tension between liquid solder and solid copper;

γ_{LA} is surface tension between liquid solder and air.

This equation is known as Young's equation. The contact angle θ can be used as a measure of the degree of spreading obtained. The smaller the contact angle, the greater the spreading, and the better the wetting obtained.

If the cohesive forces within the solder are greater than the adhesive forces between the solder and the copper, then the solder will remain as a non-spreading sessile drop, and the contact angle will be greater than 90° . If the adhesive forces exceed the cohesive forces, then it is energetically favourable for the solder to react with the copper and spread outward, reducing the contact angle below 90° .

The surface tension between solid and air, γ_{SA} , will be high when the solid is free from oxides, sulphides, chlorides, hydrocarbons and other surface contaminants, which will all reduce the surface tension.

For the surface tension between liquid and solid, γ_{LS} , to be low, a metallurgical bond has to be formed between the tin and the substrate.

The surface tension between liquid solder and air, or flux film, will depend on the solder alloy, the soldering temperature and the flux used to solder the parts. The surface tension of the alloy can be markedly affected by the impurities in the solder. Very small levels of impurity can have a large effect on the surface tension. This is because the surface tension of a liquid is determined by the surface composition of the solder and not the composition of the bulk of the solder. Impurities with low surface energies will rapidly segregate to the surface of the liquid, reducing the surface tension, γ_{LA} .

Impurities in the solder alloy, and changes to the alloy composition may also affect the surface tension between the liquid and the solid, altering the intermetallic formation, and can also affect the surface tension between the solid and the air, affecting the diffusion process across the solid, ahead of the liquid front.

Alloy additions or impurities may also affect the spreading and wetting properties of an alloy, by altering the viscosity of the liquid solder.

4.3 Quality and reliability of solder joints

The quality of solder joints is characterised by wetted area, wetting angle, microstructure and specific visual criteria.

One factor affecting the reliability of electronic assemblies is solder joint microstructure, which in turn depends on the thermal conditions under which the solder joint solidifies. Both the bulk microstructure of the solder and the intermetallic layer structure at the interfaces between solder and component termination should be taken into consideration.

IEC 62137-3 gives guidance to test methods for the evaluation of solder joint reliability under consideration of the above described four elements.

5 Component soldering – Processes

5.1 General considerations

5.1.1 Components' ability to be soldered

Because of the large variety of processing conditions a component can no longer simply be classified as suitable e.g. for "flow soldering" or "reflow soldering", or "lead-free soldering". Specific attention should be given to the fact, that the suitability of a component for "lead-free soldering" cannot be stated because of the variety of lead-free solder alloys and processing conditions. Typical soldering processes and related process conditions are described in IEC 61760-1.

To be suitable for a certain soldering process a component shall fulfil the following requirements:

- a) material and surface of the component termination shall be suitable to be soldered with the solder alloy and soldering method;
- b) it shall possess thermal characteristics (thermal demand) small enough for a temperature sufficiently higher than the liquidus of the solder alloy used, to be reached and maintained for the length of time for wetting to occur;

- c) it shall withstand without short-term or long-term change the thermal stresses associated with the soldering cycle (including rework and possible repair by soldering iron);
- d) it shall withstand without short-term or long-term damage the mechanical and chemical stresses accompanying cleaning operations for the removal of flux residues. Cleaning considerations are not emphasized in this Guide.

Thus, certain components containing lubricated mechanical parts (e.g. switches), or being unsealed are sensitive to contamination (e.g. relays, potentiometers), or containing plastic material with poor heat resistance (e.g. certain capacitors with thermoplastic dielectric), shall be carefully selected for mass-soldering operations because of their inability to withstand one or more of the stresses associated with the process.

For these reasons careful distinction shall be made between the processability (ability to be soldered) of the component, which refers to the total suitability for industrial soldering, and the wettability of the termination, which refers only to the ease of coating the termination with solder. Unfortunately, these concepts are often confused in ordinary language, and such confusion can prevent smooth running of production.

Furthermore, unsuitability of a component for soldering under the general conditions specified (see below) does not mean that its terminations cannot be soldered to a printed circuit board or other support. It entails only that it is necessary to take special precautions depending on the condition it does not satisfy, such as having thermally sensitive insulation, or incompatibility with some or all solvents. Only defective wettability of the terminations prevents the use of soldering for mounting the component. This quality is of prime importance, but does not exclude consideration of the others.

The standardised tests referred to here are all directed to simulating some part of the effects of this set of conditions.

The appropriate choice of a group of these tests, in conjunction with electrical and mechanical measurements, allows to answer the question: "Is this component solderable by the methods normally used in electronics?" This is one of the questions which the equipment manufacturer shall consider before putting a component on a soldering line.

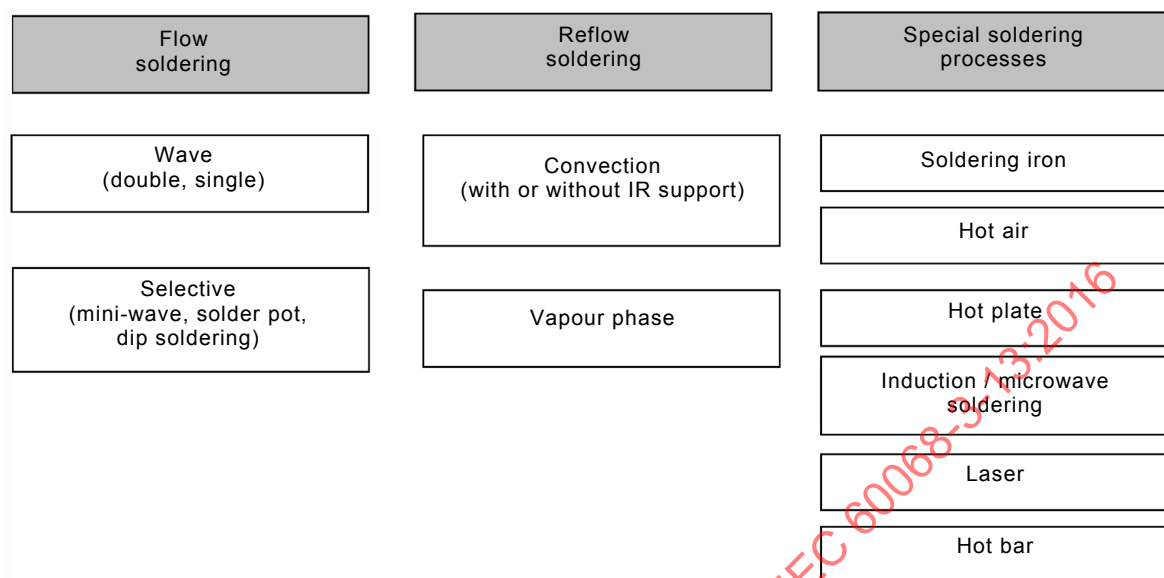
The principle of each standardised test and the degree of information it supplies are defined in Clause 7.

In this way the component specifier can, in full knowledge of the reasons, select the number and type of tests needed to establish the behaviour of the component during soldering, as well as the requirements that shall be determined in every case to reflect the general requirements of the method of manufacture.

Similarly, the person conducting the tests will appreciate the degree of information given.

5.1.2 Soldering processes

Figure 4 shows typical soldering processes grouped into types.



IEC

Figure 4 – Typical soldering processes

5.1.3 Soldering defects

The series IEC 61191 and IEC 61192 provide information about requirements for soldered electrical and electronic assemblies and related workmanship standards.

- Non wetting, dewetting
- Tombstoning
- Shifting
- Wicking
- Bridging

5.1.4 Geometrical factors which may influence the soldering result

- Land pattern design
- Component geometry
- Component terminal geometry
- Insertion hole diameter
- Annular ring

5.1.5 Process factors

- Time – Temperature profile
- Temperature spread (different temperatures at solder joints)
- Atmosphere (air, nitrogen)

5.1.6 Material factors

- Solder paste, solder alloy
- Flux activity

5.2 Solder

The composition of the solder alloy affects the surface tension of the liquid solder. Relatively small concentrations of impurities in the solder can have a marked effect on the wetting properties of the solder. Thus, the solder alloy used for soldering and for tests shall be described in the relevant specification.

5.3 Grouping of soldering conditions

The melting temperatures of lead free solder alloys selected for industrial processes are significantly different from those of tin lead solder alloy. Moreover, the melting temperatures of present solder alloys are different from each other but can be clustered in groups. The ability of the SMD to withstand the typical temperature and dwell time conditions shall match the exposure to the process temperature groups using the selected alloys.

The following groups of soldering processes in Table 1 are given as a guideline for selecting the severities for the wetting and resistance to soldering heat tests against the specified soldering heat profile.

Table 1 – Solder process groups

Process temperature group	1 Low	2 Medium	3 Medium-high	4 High
Typical solder alloy family	Sn-Bi	Sn-Pb	Sn-Ag-Cu	Sn-Cu
Flow	–	(235 to 250)°C	(250 to 260)°C	(250 to 260)°C
Reflow	(170 to 210)°C	(210 to 240)°C	(235 to 250)°C	–

5.4 Ability to be soldered

The ability to be soldered is determined mainly by the following three properties of a component.

- Solderability of components

The determination of solderability can be made at the time of manufacture, at receipt of the components by the user, or just before assembly and soldering.

- Thermal demand

It is necessary to bring the joint area to the soldering temperature. It is possible that the component design will allow the heat being applied to the joint area to be drained away into the component body, causing the temperature at the joint site to fall too low to produce an adequate solder joint. Preheat may be used to overcome thermal demand issues.

- Resistance to soldering heat

The component shall be able to withstand the thermal stress of the soldering process without any loss of functionality. This is particularly important with current assembly methods where components may experience rapidly changing thermal gradients.

The result of this definition is that a matrix of soldering tests standards have evolved, which measure some or all of these three properties individually or in some cases a combination of the first two properties (see 7.2).

5.5 Moisture sensitivity of components

The relevant specification may prescribe a moisture soak procedure to determine the sensitivity of a component against the influence of humidity during storage to the component body.

NOTE 1 As distinguished from moisture soak the sensitivity of the component terminal surface against humidity is described by accelerated ageing (see 5.6.4).

Typical soak conditions are: 85 °C/85 % r.h., 85 °C/60 % r.h., 60 °C/60 % r.h., 30 °C/60 % r.h.

Duration of moisture soak (168 h to 696 h) depends on the diffusion speed of water and the absorption characteristics of the material. Thus, it needs specific investigation.

NOTE 2 Examples for suitable soak procedures for semiconductor components may be found in IEC 60749-20 or J-STD-020. Applicable pre-drying and soak conditions for other types of components are under consideration. See also IEC 61760-4.

5.6 Relation between storage time/storage conditions and solderability

5.6.1 Natural and accelerated ageing

Ageing is the natural process by which the solderability of a component decreases with time. The correlation between natural ageing and accelerated conditions ("accelerated ageing") is difficult to be determined and cannot be generalized.

The majority of component terminations are formed from a base material over which a solderable coating is applied to retain the solderability of the termination. It is common practice to plate a barrier layer over the base metal, before applying the solder coating, particularly if the base metal has a high solubility in solder.

5.6.2 Oxidation

Tin forms an oxide SnO with the atmosphere, which forms a protective layer on the substrate. The rate of oxidation is accelerated by temperature and moisture in the atmosphere.

Lead also forms an oxide PbO with the atmosphere, but generally SnO is formed preferentially as the tin has a greater affinity for oxygen.

Sulphur levels in the atmosphere are generally low and tin and lead have very little reaction with sulphur at low concentration levels. Silver, however, reacts with sulphur at very low levels to form a black sulphide layer, which reduces the solderability of the substrate.

Nitrous oxide (NO_2) and chlorine both react with tin and lead to form lead nitrate (PbNO_3) and tin and lead chlorides (SnCl_2) (PbCl_2). Lead nitrate forms a non-protective coating, which is difficult to solder. Both the chlorides are also non-protective and again reduce solderability (although the lead chloride is usually reduced to lead nitrate which cannot be soldered with normal electronic grade fluxes).

5.6.3 Growth of intermetallic layers

The vast majority of electronic component terminations are coated with tin or tin-lead, and so most of the intermetallic layers contain tin. We have just seen that while the solder is molten the intermetallic layer is continually forming and being dissolved. In the solid state migration of the tin in the solder towards the intermetallic layer still continues, combined with diffusion of the substrate through the intermetallic, resulting in an increase in the thickness of the intermetallic layer into the solder coating.

This process is proportional to the square root of the temperature and is significant even at room temperature.

5.6.4 Effect of ageing to wetting characteristics

Typical ageing effects are:

- degradation of metallic layers (oxidation);

- degradation of organic constituents of galvanic platings;
- growth of intermetallic phases through solderable surface;
- cracking of the solderable surface.

Degradation of wetting normally occurs in three distinct phases.

- a) Firstly the wetting time starts to increase as the solderability is reduced by the formation of oxides or corrosion products on the solder surface.
- b) Then there is a phase where no further deterioration occurs as the solder oxide layer protects the solder from further oxidation, by reducing the diffusion through the oxide layer and a chemical passivation of the surface.
- c) In the third phase the intermetallic layer has grown through to the surface of the solder coating, and the wetting time again begins to increase.

Intermetallic growth is a major factor in the deterioration of the solderability of a solderable substrate, but the initial degradation is due to the reaction of the solderable coating with the atmosphere.

5.6.5 Test conditions for accelerated ageing

The natural ageing process of a component is a very complicated process that would be impossible to accurately reproduce for each component, as we would need to be able to predict the storage environment and temperature over a long period. We therefore need to compress the ageing process into a much shorter time so that we can predict how components will age as they enter the factory.

Clearly, it is impossible to produce an ageing method that will provide the same ageing mechanism as natural ageing. The international solderability specifications include a number of methods to accelerate the ageing process and provide data parallel to natural ageing, although the exact mechanism could never be the same.

Typical ageing conditions are (see IEC 60068-2-20):

- dry heat: at 155 °C for 2 h, 4 h, 16 h;
- damp heat: at 40 °C, 93 % r.h. for 4 days, 10 days;
- steam: in steam for 1 h, 4 h;
- unsaturated pressurized vapour: at 125 °C, 85 % r.h. for 4 h.

These methods either affect the surface of the solder by use of moisture or a corrosive atmosphere, or accelerate the rate of intermetallic growth by the use of high temperatures. Care has to be taken when using these methods as we have already seen that different pollutants in the atmosphere will produce different modifications to the solder surface.

The aim of accelerated ageing methods is to compress one or two years of natural ageing into a few hours. We have seen that this is not possible as the mechanism of the ageing process changes as we increase the temperature to increase the reaction rates. Simulating the storage environment is also very difficult, in particular accelerating the effects of atmospheric pollutants, and predicting the pollutants that will be encountered, is almost impossible.

In order to produce a similar mechanism to natural ageing it would be necessary to use a medium length process such as 40 °C, 93 % RH, which produces very similar effects to natural ageing on tin-lead. Different ageing processes will affect different plating materials, by different mechanisms. For example, dry heat at 155 °C will accelerate the intermetallic growth rate and oxide growth rate on a tin-lead coated component, but will have little effect on a silver-palladium component, which has already been fired at 800 °C during its manufacturing process. The solderability of a silver-palladium plated component will be affected by the levels

of pollutants in the air, in particular sulphur, and simulating natural ageing for a component of this type is much more difficult than for a tin-lead coated component.

Accelerated ageing processes can only be a guide as to how the solderability of a component will change during storage, and will not produce the same physical or chemical conditions as natural ageing.

5.7 Place of soldering tests in testing

In previous sections the exact significance of the tests has been examined to show how they may be used to answer the question: "Is this component solderable in practice by normal methods?" Consider that results of the bath test ("dip and look") not necessarily proof suitability for reflow soldering processes.

Solderability is but one element in the characterization of a component; performance, robustness, expected life, etc., also play a part.

If the test sequence is not specifically covered in soldering test specifications, the result can be influenced by the conditions the component has encountered during previous tests.

Therefore, it is necessary to be very careful in placing the soldering tests in the test sequence.

Neglect of this may produce false results for solderability, and may equally falsify the results of other tests on component characteristics.

EXAMPLES:

- If, in a sequence of tests, a long-term damp heat or corrosion test is required before a wettability test, a component could be rejected even if, had it been tested as received, the wettability would have been perfectly acceptable.
In practice, electronic components are always soldered in place in the equipment before experiencing the environments simulated by damp heat or salt spray.
- Conversely, if the resistance to the soldering heat test Tb is applied before the robustness of terminations test, intended quite correctly to simulate the mounting of the component on the board, sealing faults which could be caused by the latter test will not be subjected to the thermal shock, whereas in practice the cumulative mechanical and chemical stresses might prove fatal to the component.

The specification writer shall satisfy himself that the test sequence, in type-approval testing, is arranged in such a way that

- a) soldering for making initial measurements for example, is not done prior to the wettability test;
- b) ageing likely to affect wettability, such as might occur in, for example, preconditioning at elevated temperatures, is not done unless required by the component specification,
- c) the surface of the termination is not damaged in any prior handling.

In consequence, the wettability test shall be placed first in any test sequence.

The following general precautions apply to all solderability test methods:

- a) the tests shall be carried out in an area devoid of, or protected from, draughts;
- b) to avoid contamination of specimens during handling, the use of forceps is recommended;
- c) if terminations need to be straightened prior to test, this shall be done in such a way as to produce no contamination or marking of the surface.

The following general principles may be stated.

- Wettability tests may be preceded only by non-destructive tests and such accelerated ageing as may be specified (see 5.6.4).
- Tests for resistance to soldering heat shall be carried out independently from those of environmental and reliability tests, taking all precautions necessary, for example, by using a heat shield.

In case components need to be soldered to test substrates for environmental and reliability tests, the typical soldering process conditions shall be applied.

Consideration should also be given to whether or not it is appropriate to remove flux residues prior to carrying out climatic tests.

6 Soldering tests

6.1 General

This clause describes:

- typical soldering process conditions;
- the function of the tests in relation to industrial soldering operations;
- the reasons for the choice of test conditions.

Industrial soldering conditions in electronics vary considerably, but it is not usually necessary to have different types of components to meet different assembly conditions. It is thus possible to classify the conditions of industrial component soldering within reasonably narrow limits.

These conditions stem from an empirical compromise between high stresses (high temperatures, or long duration of exposure) which usually improve wetting but degrade the component, and low stresses (short exposures, or temperatures near the liquidus of the solder) to which the component resists better but that makes the soldering difficult or of doubtful quality (by producing "cold joints").

The matter is complex due to the fact that variability will appear within a batch, and between batches, of nominally identical components.

This means that the values obtained as a result of tests on one component cannot be taken as necessarily typical of other components in the batch or of other batches. As the required tests may take an appreciable time and may be destructive, results on one or several batches may only be assessed statistically.

Statistical treatment of component solderability tests is a fundamental matter which shall be borne in mind by the writers and users of specifications and by those carrying out the tests. It is not covered in the IEC 60068-2 series of soldering test standards, which are concerned only with how the tests are to be performed. The statistical significance of the test results is a matter for the particular component specifications.

Statistical treatment arises in connection with the applicability of the test results, in particular with the level of confidence that may be assigned to them (see Clause 8).

With resistance to soldering heat tests, it is advisable to use the activated flux to produce rapid wetting, thereby ensuring that the rate of heating of the component under test is as rapid as possible.

The remarks in the paragraphs relating to the choice of solder and temperature apply equally to tests for resistance to soldering heat. It is especially important, when testing components of

large thermal demand, to ensure that the temperature reached at the soldering point is sufficient to produce a reliable solder joint.

These tests are not designed to simulate or determine the effect of accidental mechanical stresses which may be introduced by a soldering process. The tests can be damaging or destructive to the component under test and this point should be remembered when deciding in what order climatic and mechanical tests should be done.

6.2 Solder

The wetting characteristics depend on the solder alloy, thus for solderability tests a reference solder shall be defined. In case other solder alloys are used for test, the relevant test conditions need to be determined.

Typical alloys for solderability tests within the soldering process groups are (see IEC 60068-2-58):

- Group 1: Sn42Bi58
- Group 2: Sn60Pb40A or Sn63Pb37A
- Group 3: Sn96,5Ag3Cu,5
- Group 4: Sn99,3Cu,7

6.3 Fluxes

For the solder bath method a flux is prescribed, which consists of 25 % of colophony by mass fraction in 75 % of 2-propanol (isopropanol) or ethyl alcohol by mass fraction (as specified in IEC 60068-2-20:2008, Annex B). Preferably the flux activity should conform with the “low (0)” level, corresponding to a halide content of $\leq 0,01$ % (Cl, Br, F) by mass fraction (see IEC 61190-1-1). If non-activated flux is inappropriate, the relevant specification may prescribe the use of the above flux with the addition of diethyl ammonium chloride (analytical reagent grade) of a mass fraction of 0,2 % or 0,5 % chloride (expressed as free chlorine based on the colophony content).

For the reflow method commercially available solder paste needs to be used for testing, since a “standard test paste” does not exist. In order to ensure reproducibility of the test, the test standard shall contain as minimum information about solder alloy designation, flux activity classification, powder size and nominal metal content (mass fraction).

6.4 Test equipment

The test standard shall describe relevant requirements to the test equipment, e.g. thermal mass, thermal inertia and thermal conductivity of the specimen holder and heating system.

6.5 Evaluation methods

6.5.1 Criteria for visual inspection

For visual inspection the test standard shall contain criteria for visual judgment of the surface, e.g. “smooth surface with only small scattered imperfections”, the percentage of wetted area in relation to the evaluation area.

NOTE The wetting angle can be used as qualitative indication of de-wetting or poor wetting.

Note that the relation between solderable area and solder volume should be considered for the design of land patterns of test boards, since too high solder volume may mask poor wetting or de-wetting effects.

6.5.2 Criteria for quantitative evaluation of the wetting characteristic

Test standards describing wetting balance tests shall contain criteria for the evaluation of the time to start wetting, wetting speed and wetting force. Since the absolute values of these parameters highly depend on the thermal demand of the test specimen, shape and oxidation level of the terminal surface, it is not recommended to establish numeric values in test specifications. If required, such values can be prescribed in product standards only.

6.5.3 Special cases

For irregular shaped terminations (e.g. ball grid arrays, castellated terminations) the evaluation method and criteria shall be described in the product standard.

6.6 Acceptance criteria

Generally, a component is judged to have passed a soldering test, when it still complies with its specification, i.e. visual, mechanical and electrical criteria.

A specification describing resistance to soldering heat tests shall, where applicable, prescribe final measurement and acceptance criteria for

- visual inspection,
- dimensions,
- electrical parameters.

In order to prove that the soldering process does not reduce the components expected life time below an acceptable value, sometimes it is proposed to perform resistance to soldering heat tests and endurance tests in sequence. In this case, the test severity should be reduced so that the resistance to soldering heat test becomes “non-destructive”.

7 Soldering tests – Methods

7.1 General principles

The purpose of soldering tests is to bring component and solder together under controlled conditions so that the quality of wetting can be assessed according to defined criteria. Fundamentally, soldering time tests are estimates of the time required for the contact angle to fall to a uniformly low angle at all points on the solder boundary. In some tests, this condition is assessed by visual inspection only. In others, the time is measured. Fully quantitative tests are those in which both the time and the force exerted on the specimen by the surface tension of the solder are measured.

On prolonged contact, under certain circumstances, the contact angle may increase again and the solder retract from the specimen surface. This phenomenon is known as dewetting. Some of the test methods provide for the examination for dewetting. Where the possibility of dewetting is suspected, the relevant specification should require this to be included.

7.2 Survey of test methods

Figure 5 and Figure 6 show the various parts and methods, which comprise Test T and their relationships to one another.

In principle, Test T is split into several parts:

- Ta solderability, judgement by visual criteria;
- Tb resistance to soldering heat, judgement by visual criteria;

- Tc solderability of a printed board (will be included into IEC 60068-2-69:—,2);
- Td solderability, resistance to dissolution of metallization and to soldering heat of surface mounting devices (SMD), judgement by visual criteria;
- Te solderability by wetting balance, judgement by quantitative criteria (wetting time and force);
- Tf solderability by wetting balance using solder paste, judgement by quantitative criteria (wetting time and force).

The following test methods are recommended:

- **IEC 60068-2-20 (tests Ta and Tb)**

- solder bath test for component terminations; qualitative test;
- soldering iron test for terminations unsuited to other tests; qualitative test.

IEC 60068-2-20 also gives guidance on the application of accelerated ageing tests.

- **IEC 60068-2-58 (test Td)**

Solder bath and reflow test for surface mount devices; solder reflow test for component terminations, alternatively to solder bath test or for components, which are not suitable for flow soldering, and for components intended for through-hole reflow soldering; qualitative test.

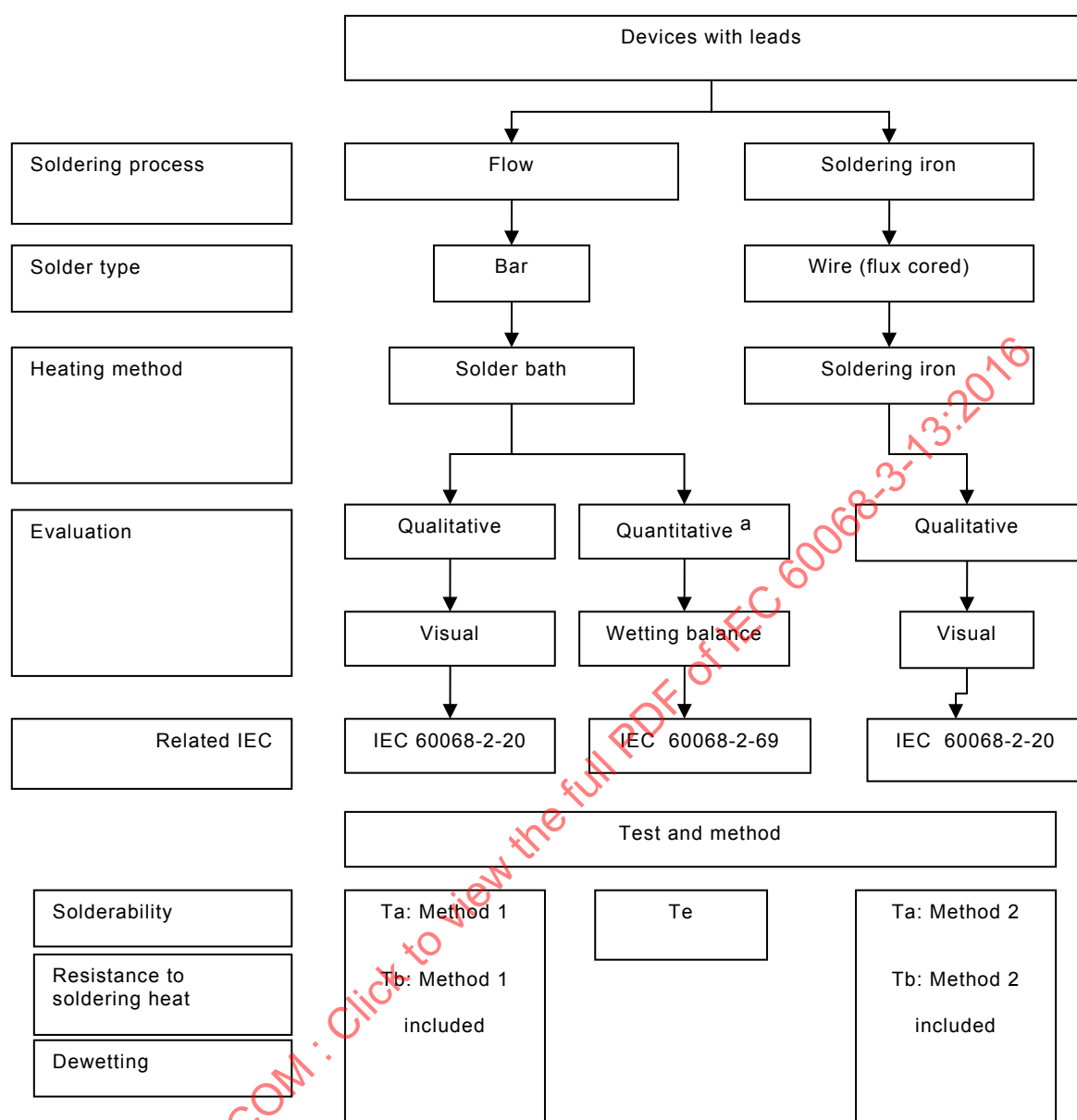
- **IEC 60068-2-69 (tests Tc and Te)**

Wetting balance test; quantitative tests by use of solder bath and solder globule method.

- **IEC 60068-2-83 (test Tf)**

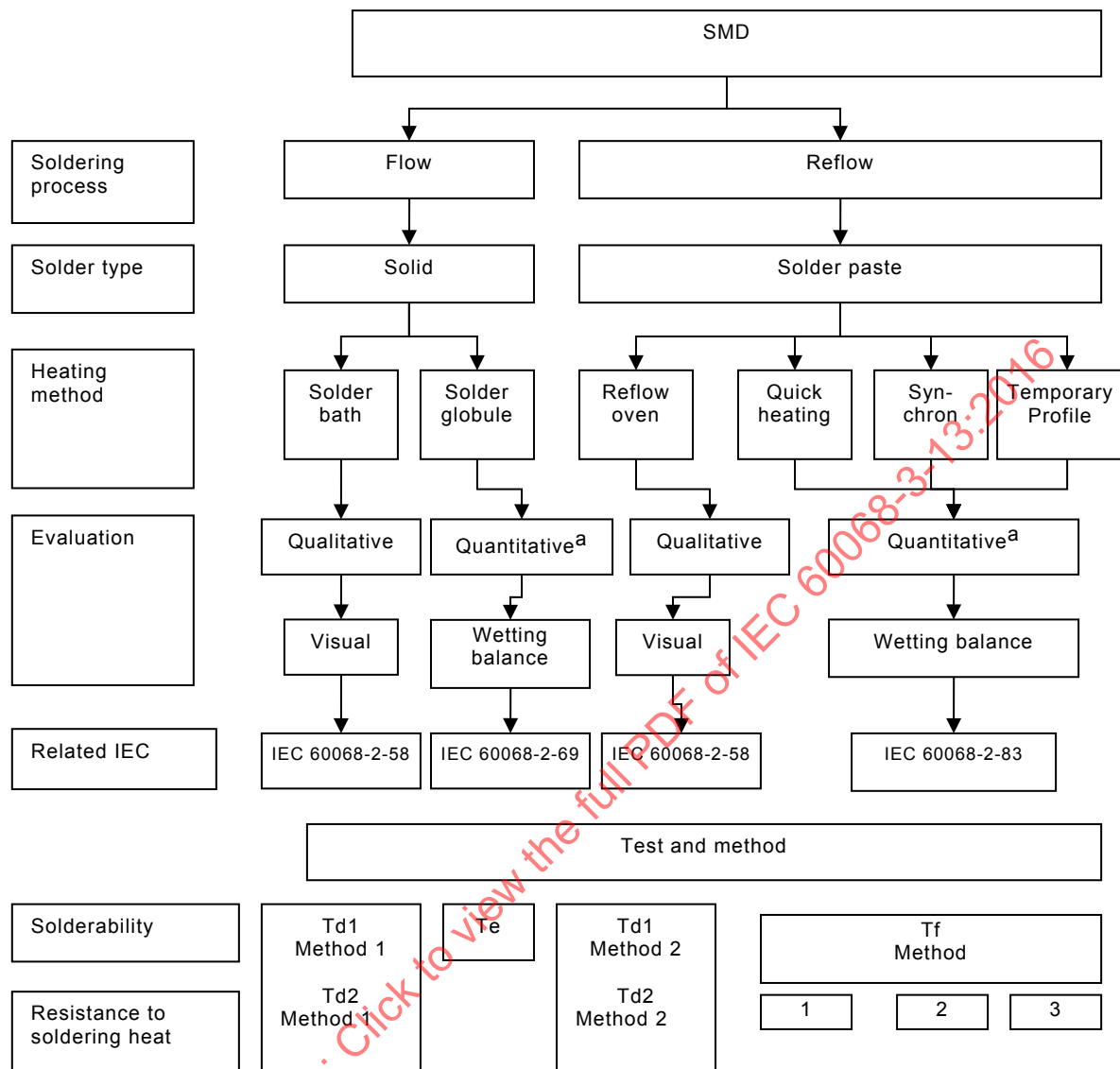
Wetting balance tests by use of solder paste; quantitative tests.

2 Under consideration. See footnote in Clause 2.



IEC

^a Not suitable for acceptance test.**Figure 5 – Soldering tests for devices with leads**



^a Not suitable for acceptance tests.

Figure 6 – Soldering tests for SMDs

7.3 Bath test

This test is presented in two forms, one for wire and tag terminations and the other for printed circuit boards. The bath specified is of such dimensions that the temperature of the solder is not significantly lowered during the immersion period.

The procedure of method 1 is much simplified since, if it were specified with too much precision, it would have a very restricted range of application. The method is intended for terminations such as tags, which, although of shape unsuitable for the globule test, are nevertheless designed to be soldered by means of a bath.

Such geometrical problems do not arise in the case of printed circuit boards and the test conditions can therefore be more closely specified. The depth of immersion of the board is strictly limited to ensure that flow of molten solder up plated-through holes is caused only by wetting and not by liquid pressure.

The dipping method, angle, depth and relative movement between test specimen and solder surface need to be defined by the detail test specification. In case of repeated dipping (e.g. 2 times 5 s), fluxing shall be performed before each dipping process.

- Preparation of test specimen

In case terminals are located close together, single terminals may be removed before test to avoid bridging.

7.4 Reflow test

7.4.1 With/without solder land

In case evaluation of all solderable surfaces is required, the reflow test shall be performed on a suitable test substrate (e.g. glass or ceramic) without soldering lands. The component is inserted into solder paste and reflowed.

BGA packages: If this test method is used for ball terminations, the acceptance criteria shall be equally wetted or reflowed balls, all solder (paste) shall be removed from the substrate. Reject criteria are: the solder(paste) stayed behind at the substrate and/or irregularly shaped balls have been formed.

7.4.2 Selection of solder paste (flux system and activity grade)

The solder paste used in the reflow test is described in IEC 60068-2-58.

7.5 Soldering iron test

This method is retained to allow an assessment of wettability to be made on such terminations as cannot be tested by bath or globule methods. Typical cases are that of solderable enamelled wires, for which the temperature of other methods is too low, and that of components with tag terminations not intended for bath soldering, on which soldered joints can only be made using a soldering iron.

The test is somewhat sensitive to temperature and the results are therefore related to the thermal demand of the component. These factors apply of course also to production soldering, but they should be taken into account when establishing component specifications. It should also be recalled that activated fluxes, giving much shorter soldering times, are normally used in production soldering.

The test is quick, qualitative and discriminating. It permits the determination of wettability at a number of points on the termination if desired.

7.6 Resistance to dissolution of metallization and soldering heat

7.6.1 General

Test Td of IEC 60068-2-58 describes the test methods for solderability, resistance to dissolution of metallization and soldering heat of surface mounting devices (SMD).

In principle, solderability tests that are quantitative and objective. They are to be preferred to those that are qualitative and subjective. This standard for the qualitative examination of surface mounting devices was prepared as an interim measure, pending the definition of a procedure that is quantitative.

7.6.2 Limitations

In the case of specimens having terminations plated with pure tin, there might be a mismatch between the results of the dip test at 235 °C and performance under assembly methods such

as vapour phase soldering, which use temperatures below the melting point of tin. The option of testing at 215 °C is intended to provide for this situation.

7.6.3 Choice of severity

a) Solderability

The selected test condition shall refer to the lowest soldering temperature applicable for the solder family and the soldering process. The test time normally is 2 s to 3 s for the dipping tests and test time at peak (t_3) 10 s to 20 s for the reflow test.

b) Resistance to soldering heat

The selected test condition shall refer to the highest soldering temperature applicable for the solder family and the soldering process. The test time normally is 5 s to 10 s for the dipping test and test time at peak (t_3) 20 s to 40 s for the reflow test.

c) Dewetting/dissolution of metallization

In wave-soldering, the speed of dissolution of metallization is much greater than in a static dip. After wave-soldering, reflow or vapour-phase soldering, the specimen may be subjected to subsequent iron-soldering for touch-up or repair. A rather long immersion at high temperature can therefore be specified for testing the resistance of the metallization to dissolution in molten solder.

The relevant specification may prescribe a lower grade of resistance to dissolution by specifying an immersion time of 10 s or 20 s.

d) Immersion attitude

When testing resistance to soldering heat, certain large, flat specimens (e.g. ceramic chip carriers), if immersed with the seating plane vertical, will not experience the thermal gradient across their thickness that they would in practical soldering. In such cases, attitude B (the floating attitude) should be chosen by the specification writer. Discrimination between different sizes of specimen by varying the immersion time is not considered desirable.

7.7 Wetting balance test

7.7.1 General

The wetting balance method permits the measurement of the vertical forces acting on a specimen as function of time, when it is immersed in a bath or globule of molten solder. The wettability of the specimen is deduced from this relation, as the time to reach a given degree of wetting or as the degree of wetting reached within a given time.

Some metallic surfaces are more easily soldered than others. They differ in both the speed of wetting and the strength of adhesion of the solder to their surface. The speed of wetting is controlled by the combined effects of the thermal demand and the wettability of the metal surface. These combined properties are known as the solderability of the material.

The wettability of the same material may vary considerably, as it is strongly influenced by the surface condition of the metal. Thin films of oxide, grease or organic contaminants can severely affect the wettability of a metal.

With the introduction of lead-free processing, many new surface finishes are now more common and each has different wettability characteristics as well as susceptibility to degradation under various environmental conditions.

Dipping tests show the result of wetting at the end of the test. The wetting balance provides information of both the speed and extent of wetting during the entire dipping period. Wetting balance tests provide a quantitative evaluation of the wetting force as a function of time for the whole of the wetting process, allowing selected stages of wetting to be used for characterization of the wetting behaviour of component terminations.

The wetting balance measures the vertical forces of buoyancy and surface tension as a fluxed test piece is immersed into a bath of molten solder. The wetting force is converted by a transducer into an analogue signal. This signal may be taken directly onto an X/T recorder, or may be digitised and analysed by a computer. The digital signal is used to generate the force-time curve, and is analysed to find the required forces and times from the force-time curve.

7.7.2 Test methods available

Depending on the shape of the test specimen the bath or globule method is available. The wetting characteristic of the combination of solder paste and reflow profile can be determined by use of the methods described in IEC 60068-2-83.

The test equipment shall conform to certain requirements if reproducible and qualitative results are to be obtained. The requirements and methods of their verification are given in the relevant test standards.

7.7.3 Limitations

When wetting balance tests are considered as acceptance tests, the dependence of measuring results from

- geometry, thermal mass, thermal flow through specimen holder, pre-heating, and
- test equipment and operator influence shall be considered.

The wetting balance tests do not exactly simulate a real soldering process. Thermal conditions are different because the test piece cannot be preheated effectively and this means that the thermal demand and heat flow issues can delay wetting. Use of the wetting balance tests as acceptance tests requires that test results are calibrated against performance in the specific soldering process in which the component is to be used, to establish valid pass/fail criteria.

8 Requirements and statistical character of results

The guide discusses soldering issues, outlines acceptance tests and provides a means of assessing the relevance of the testing. However, two points of extreme importance are not discussed in the soldering test standards and shall be covered in the relevant component specification.

These two points are:

- the severity imposed;
- the level of quality assurance gained by use of the tests.

The specification writer needs to be well aware that these two matters shall be precisely defined, and that this precision will result in the formulation of requirements and acceptability limits, the last being established on a statistical basis.

If through ignorance or omission these two points are inadequately defined in the relevant specification, levels of severity and of acceptable quality in accordance with the real needs of the user may not be achieved.

EXAMPLE:

- A wetting-time-limit set too short (e.g., 0,2 s) by the specification writer could occasion unnecessary cost to the user, with no real justification, set too long (e.g., 5 s) causes no extra difficulties to the component supplier, but may result in a lot of retouch work.

- Assuming a suitable wetting time being fixed, it is then necessary to decide which is the maximum acceptable proportion of defective items, and what sampling plan is needed to ensure, with an acceptable confidence level, that this proportion is not exceeded.

It is outside the scope of this guide to do other than draw attention to these questions. It is the concern of the writer of the relevant component specification to make a careful choice of requirements and limits to ensure that acceptance levels for solderability are set at a value such as will satisfy users' needs.

However, two recommendations may help to assist in attaining the necessary clarity in the component specifications:

- a) A list is attached to each test method, stating the information which shall figure in the relevant component specification. The writer of that specification shall insert this information in a clear and precise manner, without ambiguity or gaps. It would be convenient if a special section of the specification were reserved for this, even if it repeated information already given in other sections and referred to sometimes as "inapplicable".
- b) The choice of sampling requirements is statistically related to the matter of rejections. Solderability tests, which are never done singly, also have a statistical character. This is rarely made clear or explicit. For methods of testing which generate a single figure value, for example a wetting time, evaluation may be carried out using a logarithmic normal distribution graph.

The method is as follows:

- arrange results in order of magnitude, lowest first;
- allot to each reading an ordinate y , given by:

$$y = 100 \times \frac{(M - 0,5)}{n}$$

where

M is the sequential number of reading in order of magnitude;

n is the total number of readings.

Thus, if n is 50, y will be the odd number 1 to 99.

- plot results on log: normal graph paper;
- draw straight line of best fit;
- read the intersection B of this line with $y = 99,99$.

This gives the probability that one joint in 10 000 will take longer than B seconds to solder.

Note that this procedure assumes that there are 50 test results available from the same set of specimens. The more usual situation will be where the number of test specimens is too small and not sufficiently random to validate the application of statistical analysis.

Bibliography

IEC 60068-2 (all parts), *Environmental testing – Part 2: Tests*

IEC TR 60068-3-12, *Environmental testing – Part 3-12: Supporting documentation and guidance – Method to evaluate a possible lead-free solder reflow temperature profile*

IEC 60749-20, *Semiconductor devices – Mechanical and climatic test methods – Part 20: Resistance of plastic encapsulated SMDs to the combined effect of moisture and soldering heat*

IEC 61190-1-1, *Attachment materials for electronic assembly – Part 1-1: Requirements for soldering fluxes for high-quality interconnections in electronics assembly*

IEC 61191 (all parts), *Printed board assemblies*

IEC 61192 (all parts), *Workmanship requirements for soldered electronic assemblies*

IEC 61760-4, *Surface mounting technology – Part 4: Classification, packaging, labelling and handling of moisture sensitive devices*

J-STD-020, *Moisture/Reflow Sensitivity Classification for Nonhermetic Surface Mount Devices*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-13:2016

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	30
1 Domaine d'application.....	32
2 Références normatives.....	32
3 Termes, définitions et abréviations.....	32
3.1 Termes et définitions.....	32
3.2 Abréviations.....	33
4 Présentation.....	33
4.1 Facteurs ayant une influence sur la formation et la fiabilité des joints brasés (apptitude à être brasé).....	33
4.2 Physique du mouillage superficiel.....	34
4.3 Qualité et fiabilité des joints brasés.....	36
5 Brasage de composant – Procédés.....	36
5.1 Considérations générales.....	36
5.1.1 Aptitude des composants à être brasés.....	36
5.1.2 Procédés de brasage.....	37
5.1.3 Défauts de brasage.....	38
5.1.4 Facteurs géométriques qui peuvent influencer le résultat du brasage.....	38
5.1.5 Facteurs liés au procédé.....	38
5.1.6 Facteurs liés au matériau.....	38
5.2 Brasure.....	38
5.3 Regroupement des conditions de brasage.....	39
5.4 Aptitude à être brasé.....	39
5.5 Sensibilité des composants à l'humidité.....	40
5.6 Relation entre le temps de stockage/les conditions de stockage et la brasabilité.....	40
5.6.1 Vieillessement naturel et accéléré.....	40
5.6.2 Oxydation.....	40
5.6.3 Développement des couches intermétalliques.....	40
5.6.4 Effets du vieillissement sur les caractéristiques de mouillage.....	41
5.6.5 Conditions d'essai pour le vieillissement accéléré.....	41
5.7 Place des essais de brasage dans les essais.....	42
6 Essais de brasage.....	43
6.1 Généralités.....	43
6.2 Brasure.....	44
6.3 Flux.....	45
6.4 Equipement d'essai.....	45
6.5 Méthodes d'évaluation.....	45
6.5.1 Critères d'examen visuel.....	45
6.5.2 Critères d'évaluation quantitative des caractéristiques de mouillage.....	45
6.5.3 Cas particuliers.....	45
6.6 Critères d'acceptation.....	45
7 Essais de brasage – Méthodes.....	46
7.1 Principes généraux.....	46
7.2 Etude des méthodes d'essai.....	46
7.3 Essai du bain.....	49
7.4 Essai de refusion.....	50

7.4.1	Avec/sans plage d'accueil	50
7.4.2	Choix de la pâte à braser (système de flux et niveau d'activité)	50
7.5	Essai au fer à braser	50
7.6	Résistance de la métallisation à la dissolution et résistance à la chaleur de brasage	50
7.6.1	Généralités	50
7.6.2	Limites	51
7.6.3	Choix de sévérité	51
7.7	Essai de balance de mouillage	51
7.7.1	Généralités	51
7.7.2	Méthodes d'essai disponibles	52
7.7.3	Limites	52
8	Exigences et caractère statistique des résultats	52
	Bibliographie	55
	Figure 1 – Goutte sessile de brasure sur du cuivre oxydé	34
	Figure 2 – Goutte sessile de brasure avec un ajout de flux sur du cuivre propre	35
	Figure 3 – Forces d'équilibre d'une goutte sessile	35
	Figure 4 – Procédés de brasage classiques	38
	Figure 5 – Essais de brasabilité des dispositifs à broches	48
	Figure 6 – Essais de brasabilité des CMS	49
	Tableau 1 – Groupes de procédés de brasage	39

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

**Partie 3-13: Documentation d'accompagnement et guide sur les essais T –
Brasage**

AVANT-PROPOS

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

La Norme internationale IEC 60068-3-13 a été établie par le comité d'études 91 de l'IEC: Techniques d'assemblage des composants électroniques.

L'IEC 60068-3-13 annule et remplace la deuxième édition de l'IEC 60068-2-44. Cette norme constitue une révision technique. Ce document inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IEC 60068-2-44:

- ajout d'informations sur les brasages sans plomb;
- mise à jour technique et restructuration.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
91/1345/FDIS	91/1356/RVD

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

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

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

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

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

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 60068-3-13:2016

ESSAIS D'ENVIRONNEMENT –

Partie 3-13: Documentation d'accompagnement et guide sur les essais T – Brasage

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 60068 donne des informations de base et des lignes directrices aux rédacteurs et utilisateurs de spécifications relatives aux composants électriques et électroniques, avec des références aux normes d'essai IEC 60068-2-20, IEC 60068-2-58, IEC 60068-2-69 et IEC 60068-2-83, ainsi qu'à l'IEC 61760-1 qui définit les exigences pour la spécification des composants pour montage en surface.

2 Références normatives

Les documents suivants sont cités en référence de manière normative, en intégralité ou en partie, dans le présent document et sont indispensables pour son application. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60068-2-20:2008, *Essais d'environnement – Partie 2: Essais – Essai T: Méthodes d'essai de la brasabilité et de la résistance à la chaleur de brasage des dispositifs à broches*

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

IEC 60068-2-69, *Essais d'environnement – Partie 2-69: Essais – Essai Te: Essai de brasabilité des composants électroniques pour les composants de montage en surface (CMS) par la méthode de la balance de mouillage¹*

IEC 60068-2-83, *Essais d'environnement – Partie 2-83: Essais – Essai Tf: Essai de brasabilité des composants électroniques pour les composants pour montage en surface (CMS) par la méthode de la balance de mouillage utilisant de la pâte à braser*

IEC 61760-1, *Technique du montage en surface – Partie 1: Méthode de normalisation pour la spécification des composants montés en surface (CMS)*

IEC 62137-3, *Techniques d'assemblage des composants électroniques – Partie 3: Guide de choix des méthodes d'essai d'environnement et d'endurance des joints brasés*

3 Termes, définitions et abréviations

3.1 Termes et définitions

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

¹ Une nouvelle édition (troisième édition) est actuellement à l'étude.

3.1.1

brasabilité

aptitude de la broche, de la sortie ou de l'électrode d'un composant à être mouillée par la brasure à la température de la sortie ou de l'électrode, qui est par hypothèse la température la plus basse du procédé de brasage dans la plage de températures applicable de l'alliage de brasure

Note 1 à l'article: Le terme "brasabilité" est souvent combiné au terme "essai", indiquant une méthode spécifique d'évaluation de la mouillabilité ou l'aptitude d'une surface à être brasée dans les conditions les plus défavorables (température de brasage et temps de contact avec la brasure). A ne pas confondre ce terme avec le concept "aptitude à être brasé" (voir 4.1, 5.1.1) ou "aptitude au brasage" (voir 3.1.4).

3.1.2

résistance à la chaleur de brasage

aptitude du composant à résister à la contrainte thermique la plus élevée en termes de gradient de température, de température de crête et de durée du procédé de brasage, lorsque la température du corps du composant se situe dans la plage de températures applicable de l'alliage de brasure

3.1.3

mouillabilité

propriété intrinsèque du matériau de la sortie à former un alliage avec la brasure

Note 1 à l'article: La mouillabilité dépend du métal de base utilisé pour produire la sortie ou, dans le cas d'une sortie métallisée, de la condition et du matériau utilisé pour métalliser le métal de base.

3.1.4

aptitude au brasage

aptitude d'une combinaison spécifique de composants à faciliter la formation d'un joint brasé adéquat

Note 1 à l'article: Voir 3.3, mouillabilité.

3.2 Abréviations

CMS	Composant pour montage en surface	
SMT	Technique de montage en surface	(Surface Mounting Technology)
THD	Dispositif de montage par trou traversant	(Through-Hole Device)
THT	Technique de montage par trou traversant	(Through-Hole Technology)
THR	Brasage par reflux à trous traversants	(Through-Hole Reflow)

4 Présentation

4.1 Facteurs ayant une influence sur la formation et la fiabilité des joints brasés (aptitude à être brasé)

Les conditions de facilité de production et la fiabilité d'un joint brasé peuvent être classées en trois groupes, comme suit.

- La conception du joint, déterminée par le choix des deux éléments métalliques à joindre (leur forme, leur dimension, leur composition, etc.) et de la méthode d'assemblage (position relative, fixation initiale, etc.).
- La mouillabilité des surfaces à joindre.
- Les conditions adoptées pour l'opération de brasage (température, durée, flux, alliage de brasure, matériel, etc.).

Le choix des conditions des groupes a) et c) concerne le fabricant du matériel ou des sous-assemblages, qui doit connaître l'importance de chacune des conditions ainsi que les limites de leur variation. La condition b) dépend dans une large mesure du fabricant du composant,

sauf dans les cas de conditions inhabituelles de manipulation ou de stockage par le fabricant du matériel. La mouillabilité des surfaces nécessite d'être définie quel que soit le degré de précision nécessaire pour permettre au fabricant du matériel de choisir les conditions des classes a) et c) appropriées à ladite mouillabilité. D'autre part, des composants présentant une qualité de surface satisfaisante ne préviennent pas forcément l'apparition de joints non acceptables à la suite de défauts de conception du joint ou de conditions de jointure.

Ce chevauchement souvent complexe des responsabilités entre les fabricants de composants et les fabricants de matériels nécessite de pouvoir définir très précisément la mouillabilité des sorties de composants ou, d'une manière plus générale, la brasabilité des composants.

4.2 Physique du mouillage superficiel

Pour obtenir un mouillage entre un substrat et une brasure fondue, l'étain présent dans la brasure doit réagir avec le substrat pour former un alliage. Pour former un alliage, les molécules de l'étain et du substrat doivent entrer en contact. Pour ce faire, les surfaces de la brasure fondue et du substrat doivent être exemptes de contamination.

Pour mieux comprendre la manière dont la brasure fondue se répartit sur un substrat et ce qui détermine la brasabilité, la propriété de tension superficielle de la brasure nécessite d'être examinée.

Une gouttelette de brasure fondue placée dans l'espace libre prendra la forme d'une petite sphère, de la même manière qu'une goutte d'eau prendra une forme sphérique. La gouttelette garde cette forme grâce à la force de tension superficielle de la brasure fondue. A l'intérieur de la gouttelette, les atomes sont uniformément entourés d'autres atomes et la force nette dont ils font l'objet est nulle, ignorant le mouvement thermique. A la surface se produit un déséquilibre des forces d'attraction interatomique, les atomes superficiels faisant l'objet d'une force nette dans le corps de la gouttelette.

L'ensemble du système tente de prendre une forme présentant le moins d'énergie libre possible, c'est-à-dire un rapport surface/volume minimal. Cette situation est réalisée lorsque la brasure fondue devient sphérique. La force de tension superficielle est déterminée par les énergies de liaison entre les atomes à l'intérieur de la brasure fondue.

Si la sphère de brasure fondue est placée sur une plaque chauffée de cuivre oxydé, la forme de la sphère est écrasée par la gravité pour former une goutte sessile (voir Figure 1 ci-dessous).

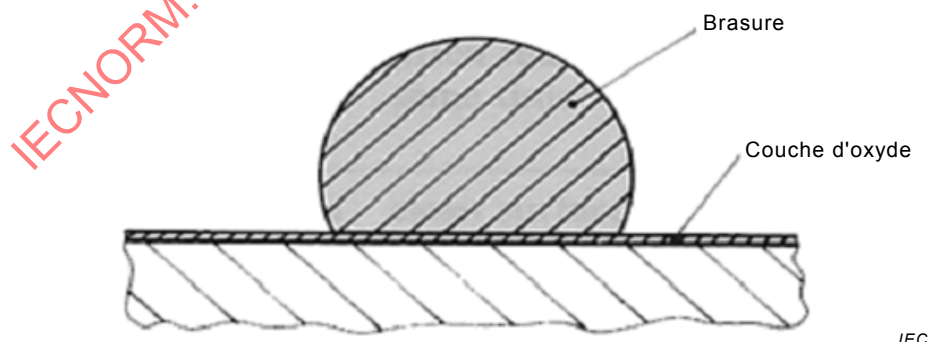
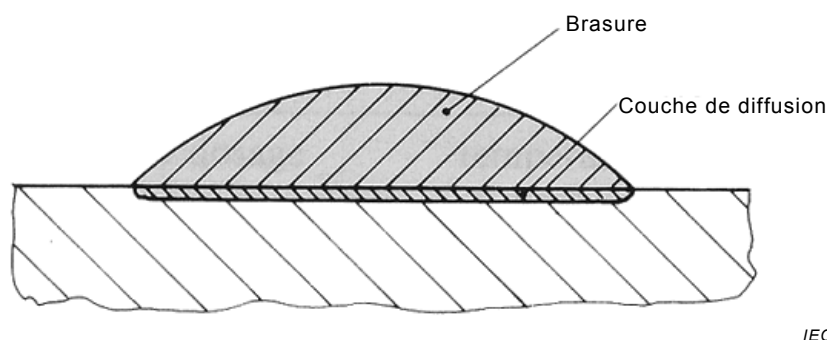


Figure 1 – Goutte sessile de brasure sur du cuivre oxydé

Si un flux adapté est ajouté à la goutte sessile sur le cuivre oxydé, la couche d'oxyde est retirée du cuivre et de la brasure, et l'étain présent dans la brasure réagit avec le cuivre pour former une couche intermétallique, ce qui permet à la brasure de s'étaler (voir Figure 2 ci-dessous).

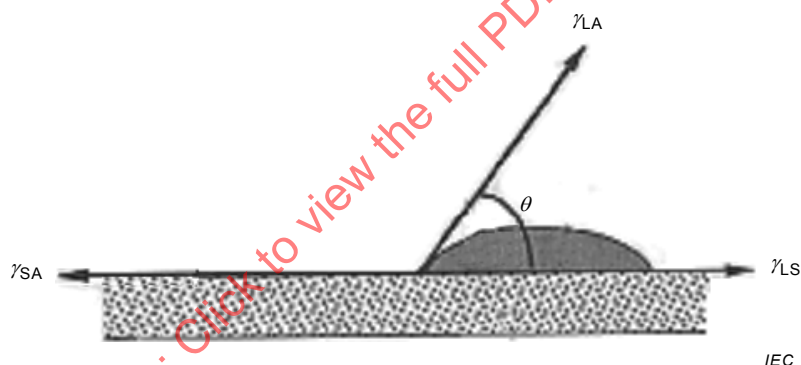


IEC

Figure 2 – Goutte sessile de brasure avec un ajout de flux sur du cuivre propre

La forme finale de la brasure étalée dépend des forces de tension superficielle agissant aux interfaces. Les interfaces solides et solides-liquides exercent également une force de tension superficielle, et toutes essayent de réduire au minimum leur superficie pour atteindre une énergie libre minimale. Il en résulte que l'équilibre est établi, la force nette à l'avant de la brasure étant nulle.

La Figure 3 ci-dessous présente les forces agissant à l'avant de la brasure. La tension superficielle du cuivre solide dans l'air est équilibrée par la tension superficielle entre la brasure liquide et l'air, ainsi que la brasure liquide et le cuivre solide.



IEC

Figure 3 – Forces d'équilibre d'une goutte sessile

Les forces obtenues à l'avant de la brasure peuvent être écrites comme suit:

$$\gamma_{SA} = \gamma_{LS} + \gamma_{LA} \cos \theta$$

où

γ_{SA} est la tension superficielle entre le cuivre solide et l'air;

γ_{LS} est la tension superficielle entre la brasure liquide et le cuivre solide;

γ_{LA} est la tension superficielle entre la brasure liquide et l'air.

Cette équation est appelée équation de Young. l'angle de contact θ peut être utilisé comme une mesure du degré d'étalement obtenu. Plus l'angle de contact est faible, plus l'étalement est important et plus le mouillage obtenu est optimal.

Si les forces de cohésion à l'intérieur de la brasure sont supérieures aux forces d'adhérence entre la brasure et le cuivre, la brasure reste sous la forme d'une goutte sessile sans étalement et l'angle de contact sera supérieur à 90°. Si les forces d'adhérence sont supérieures aux forces de cohésion, la brasure a tout intérêt d'un point de vue énergétique à

réagir avec le cuivre et à s'étaler vers l'extérieur, ce qui diminuera l'angle de contact en dessous de 90°.

La tension superficielle entre le solide et l'air, γ_{SA} , est élevée si le solide est exempt d'oxydes, de sulfides, de chlorures, d'hydrocarbures et d'autres contaminants superficiels, qui réduisent tous la tension superficielle.

Pour que la tension superficielle entre le liquide et le solide, γ_{LS} , soit faible, une liaison métallurgique doit être formée entre l'étain et le substrat.

La tension superficielle entre la brasure liquide et l'air ou le film de flux dépend de l'alliage de brasure, de la température de brasage et du flux utilisé pour braser les pièces. Les impuretés présentes dans la brasure peuvent avoir un impact significatif sur la tension superficielle de l'alliage. De très faibles niveaux d'impuretés peuvent avoir un impact important sur la tension superficielle. En effet, la tension superficielle d'un liquide est déterminée par la composition superficielle de la brasure et non par la composition de la majeure partie de la brasure. Les impuretés présentant de faibles énergies de surface se séparent rapidement à la surface du liquide, réduisant ainsi la tension superficielle, γ_{LA} .

Les impuretés présentes dans l'alliage de brasure et les variations de composition des alliages peuvent également avoir un impact sur la tension superficielle entre le liquide et le solide, modifiant la formation intermétallique, ainsi que sur la tension superficielle entre le solide et l'air, affectant le processus de diffusion dans le solide, à l'avant du front liquide.

Les ajouts d'alliage ou les impuretés peuvent avoir un impact sur les propriétés d'étalement et de mouillage d'un alliage en modifiant la viscosité de la brasure liquide.

4.3 Qualité et fiabilité des joints brasés

La qualité des joints brasés se caractérise par une surface mouillée, un angle de mouillage, une microstructure et des critères visuels spécifiques.

Un facteur ayant un impact sur la fiabilité des assemblages électroniques est la microstructure du joint brasé, qui dépend elle-même des conditions thermiques dans lesquelles se solidifie le joint brasé. Il convient de tenir compte de la microstructure globale de la brasure, ainsi que de la structure de la couche intermétallique au niveau des interfaces entre la brasure et la sortie du composant.

L'IEC 62137-3 donne des lignes directrices relatives aux méthodes d'essai appropriées pour l'évaluation de la fiabilité des joints brasés à l'étude en tenant compte des quatre éléments décrits ci-dessus.

5 Brasage de composant – Procédés

5.1 Considérations générales

5.1.1 Aptitude des composants à être brasés

Compte tenu de la grande diversité de conditions de traitement, un composant ne peut plus être classé simplement comme étant adapté, par exemple, au "brasage à la vague", au "brasage par refusion" ou au "brasage sans plomb". Il convient de porter une attention particulière au fait que l'aptitude d'un composant au "brasage sans plomb" ne peut pas être établie compte tenu de la diversité d'alliages de brasure sans plomb et de conditions de traitement. Les procédés de brasage classiques et les conditions de traitement associées sont décrits dans l'IEC 61760-1.

Pour être adapté à un certain procédé de brasage, un composant doit satisfaire aux exigences suivantes:

- a) le matériau et la surface de la sortie du composant doivent être adaptés au brasage avec un alliage de brasure et à la méthode de brasage;
- b) il doit présenter des caractéristiques thermiques ("besoin thermique") suffisamment réduites pour atteindre et maintenir une température suffisamment supérieure à celle du liquidus de l'alliage de brasure, le temps nécessaire pour que le mouillage se produise;
- c) il doit résister, sans variation à court ou long terme, aux contraintes thermiques liées au cycle de brasage (y compris le réusinage et l'éventuelle réparation à l'aide d'un fer à braser);
- d) il doit résister, sans dommage à court ou long terme, aux contraintes mécaniques et chimiques liées aux opérations de nettoyage pour l'élimination des résidus de flux. Les considérations en matière de nettoyage ne sont pas abordées dans le présent guide.

Par conséquent, les composants contenant des pièces mécaniques lubrifiées (par exemple: interrupteurs), les composants non scellés sensibles à la contamination (par exemple: relais, potentiomètres) ou les composants contenant des matériaux en plastique présentant une faible résistance à la chaleur (par exemple: certains condensateurs comportant un diélectrique thermoplastique) doivent être choisis avec soin pour les opérations de brasage simultané du fait de leur inaptitude à résister à une ou plusieurs contraintes liées au procédé.

Pour ces raisons, une distinction claire doit être faite entre l'aptitude au traitement du composant (aptitude à être brasé), c'est-à-dire l'aptitude générale au brasage industriel, et la mouillabilité de la sortie, qui désigne seulement la facilité de revêtement de la sortie par la brasure. Malheureusement, ces concepts sont souvent confondus dans le langage ordinaire, cette confusion pouvant empêcher le bon déroulement de la production.

De plus, l'inaptitude d'un composant au brasage dans les conditions générales spécifiées (voir ci-dessous) ne signifie pas que ses sorties ne peuvent pas être brasées sur une carte de circuit imprimé ou un autre support. Cela signifie uniquement que des précautions particulières doivent être prises en fonction de la condition à laquelle il ne satisfait pas (par exemple: une isolation thermosensible ou une incompatibilité avec certains ou tous les solvants). Seule une mouillabilité défectueuse des sorties empêche l'utilisation du brasage pour le montage du composant. Cette qualité revêt une importance primordiale, mais ne dispense pas de prendre en compte les autres.

Tous les essais normalisés cités ici ont pour objet de simuler une certaine partie des effets de cet ensemble de conditions.

En choisissant le bon groupe d'essais parmi ces essais, conjointement avec des mesurages électriques et mécaniques, cela permet de répondre à la question suivante: "ce composant peut-il être brasé selon les méthodes normalement utilisées dans le domaine électronique?" C'est l'une des questions à laquelle doit réfléchir le fabricant du matériel avant de placer un composant dans une ligne de brasage.

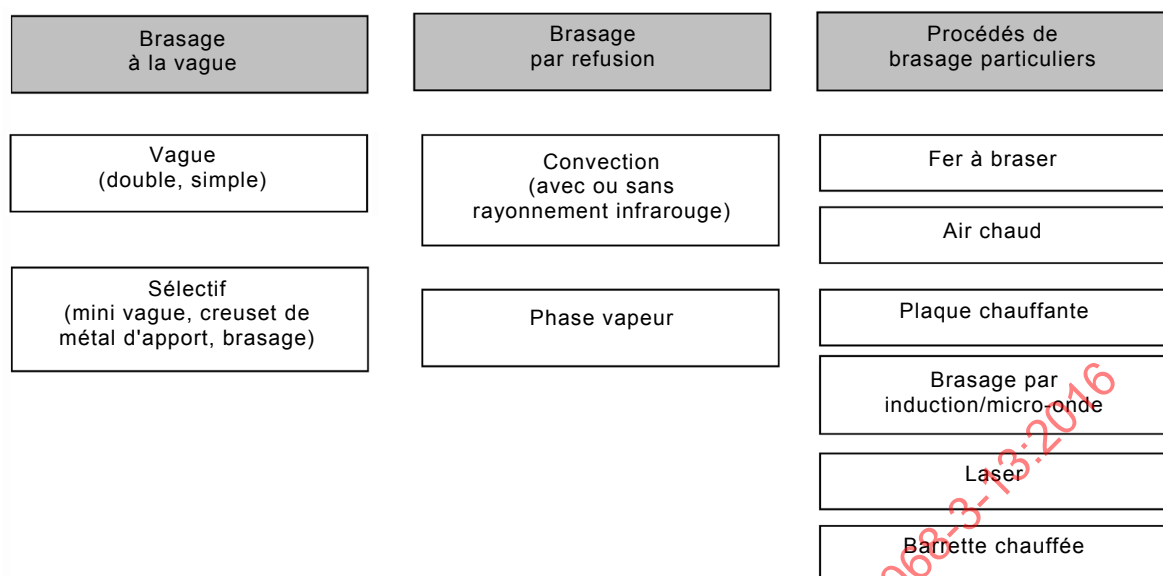
Le principe de chaque essai normalisé et le degré d'information qu'il donne sont définis à l'Article 7.

De cette manière, la personne chargée de la spécification du composant peut, en toute connaissance de cause, choisir le nombre et le type d'essais nécessaires à l'établissement du comportement du composant pendant le brasage, ainsi que les exigences devant dans tous les cas être déterminées afin de refléter les exigences générales de la méthode de fabrication.

De la même manière, la personne chargée de procéder aux essais appréciera le degré d'information donné.

5.1.2 Procédés de brasage

La Figure 4 présente des procédés de brasage classiques, regroupés en deux types.



IEC

Figure 4 – Procédés de brasage classiques

5.1.3 Défauts de brasage

Les séries IEC 61191 et IEC 61192 donnent des informations relatives aux exigences en matière d'assemblages électriques et électroniques brasés et aux normes de travail associées.

- Pas de mouillage, démouillage
- Redressement de la pièce/pont-levis
- Décalage
- Effet de mèche
- Pontage

5.1.4 Facteurs géométriques qui peuvent influencer le résultat du brasage

- Conception de la zone de report
- Géométrie du composant
- Géométrie de la sortie du composant
- Diamètre du trou d'insertion
- Anneau circulaire

5.1.5 Facteurs liés au procédé

- Profil temps/température
- Ecart de température (températures différentes au niveau des joints brasés)
- Atmosphère (air, azote)

5.1.6 Facteurs liés au matériau

- Pâte à braser, alliage de brasure
- Activité de flux

5.2 Brasure

La composition de l'alliage de brasure a un impact sur la tension superficielle de la brasure liquide. Des concentrations relativement faibles d'impuretés dans la brasure peuvent avoir un

impact significatif sur les propriétés de mouillage de la brasure. Par conséquent, l'alliage de brasure utilisé pour le brasage et pour les essais doit être décrit dans la spécification pertinente.

5.3 Regroupement des conditions de brasage

Les températures de fusion des alliages de brasure sans plomb choisis pour les procédés industriels sont sensiblement différentes de celles de l'alliage de brasure étain-plomb. De plus, les températures de fusion des présents alliages de brasure sont différentes les unes des autres, mais elles peuvent être regroupées. L'aptitude du CMS à résister aux conditions classiques de température et de temps de tenue doit correspondre à l'exposition aux groupes de températures de procédés utilisant les alliages choisis.

Les groupes suivants de procédés de brasage (Tableau 1) servent de lignes directrices pour faciliter le choix des sévérités dans le cadre des essais de mouillage et de résistance à la chaleur de brasage en fonction du profil spécifié de chaleur de brasage.

Tableau 1 – Groupes de procédés de brasage

Groupe de températures de procédés	1 Basse	2 Moyenne	3 Moyenne-élevée	4 Elevée
Famille d'alliages de brasure classiques	Sn-Bi	Sn-Pb	Sn-Ag-Cu	Sn-Cu
Vague	–	(235 à 250) °C	(250 à 260) °C	(250 à 260) °C
Refusion	(170 à 210) °C	(210 à 240) °C	(235 à 250) °C	–

5.4 Aptitude à être brasé

L'aptitude d'un composant à être brasé est déterminée essentiellement par les trois propriétés suivantes des composants.

- Brasabilité des composants

La brasabilité peut être déterminée au moment de la fabrication, à la réception des composants par l'utilisateur ou juste avant l'assemblage et le brasage.

- Besoin thermique

La zone de joint doit être portée à la température de brasage. La conception du composant peut être telle que la chaleur appliquée sur la zone de joint est absorbée par le corps du composant, ce qui provoque une baisse trop importante de la température au niveau du joint pour produire un joint brasé correct. Un préchauffage peut être utilisé pour résoudre ces problèmes de besoin thermique.

- Résistance à la chaleur de brasage

Le composant doit être capable de résister à la contrainte thermique liée au procédé de brasage sans perte de fonctionnalité. Cela est particulièrement important avec les méthodes d'assemblage actuelles, où les composants peuvent faire l'objet de variations rapides des gradients thermiques.

Cette définition a donné lieu à l'élaboration d'une matrice de normes d'essai de brasage qui mesurent tout ou partie de ces trois propriétés individuellement ou, dans certains cas, une combinaison des deux premières propriétés (voir 7.2).

5.5 Sensibilité des composants à l'humidité

La spécification pertinente peut prescrire une procédure d'absorption d'humidité afin de déterminer dans quelle mesure le corps du composant est sensible à l'influence de l'humidité lors du stockage.

NOTE 1 Par opposition à l'absorption d'humidité, la sensibilité de la surface de la sortie du composant à l'humidité est décrite par le vieillissement accéléré (voir 5.6.4).

Les conditions classiques d'absorption sont les suivantes: 85 °C/85 % d'humidité relative, 85 °C/60 % d'humidité relative, 60 °C/60 % d'humidité relative, 30 °C/60 % d'humidité relative.

La durée d'absorption d'humidité (168 h à 696 h) dépend de la vitesse de diffusion de l'eau, ainsi que des caractéristiques d'absorption du matériau. Elle doit donc faire l'objet d'une étude particulière.

NOTE 2 Des exemples de procédures adaptées d'absorption pour les composants à semiconducteurs peuvent être trouvés dans l'IEC 60749-20 ou la norme J-STD-020. Les conditions applicables de préséchage et d'absorption pour d'autres types de composants sont à l'étude. Voir également l'IEC 61760-4.

5.6 Relation entre le temps de stockage/les conditions de stockage et la brasabilité

5.6.1 Vieillissement naturel et accéléré

Le vieillissement est le processus naturel de diminution de la brasabilité d'un composant au fil du temps. La corrélation entre le vieillissement naturel et les conditions accélérées ("vieillissement accéléré") est difficile à établir et ne peut pas être généralisée.

La majorité des sorties de composants est formée d'un matériau de base sur lequel est appliqué un revêtement brasable afin de retenir la brasabilité de la sortie. Il est courant de plaquer une couche-barrière sur le métal de base avant d'appliquer le revêtement de brasage, en particulier si le métal de base présente une solubilité élevée à la brasure.

5.6.2 Oxydation

L'étain forme un oxyde SnO avec l'atmosphère, qui forme une couche protectrice sur le substrat. La vitesse d'oxydation est accélérée par la température et l'humidité dans l'atmosphère.

Le plomb forme également un oxyde PbO avec l'atmosphère, mais il forme généralement plutôt du SnO , car l'étain a une plus grande affinité avec l'oxygène.

Les niveaux de soufre dans l'atmosphère sont généralement faibles, et l'étain et le plomb réagissent très peu au soufre à de faibles niveaux de concentration. Toutefois, l'argent réagit au soufre à de très faibles niveaux pour former une couche de sulfure noir, ce qui réduit la brasabilité du substrat.

Le protoxyde d'azote (NO_2) et le chlore réagissent à l'étain et au plomb pour former respectivement le nitrate de plomb (PbNO_3), et le chlorure d'étain et le chlorure de plomb (SnCl_2) (PbCl_2). Le nitrate de plomb forme un revêtement non protecteur qui est difficile à brasage. Les chlorures sont également non protecteurs et réduisent eux aussi la brasabilité (même si le chlorure de plomb se réduit en général au nitrate de plomb, qui ne peut pas être brasé avec des flux électroniques normaux).

5.6.3 Développement des couches intermétalliques

La grande majorité des sorties de composants électroniques est revêtue d'étain ou d'étain-plomb. Par conséquent, la plupart des couches intermétalliques contiennent de l'étain. Nous venons de voir que la brasure étant fondue, la couche intermétallique se forme et se dissout continuellement. À l'état solide, la migration de l'étain vers la couche intermétallique se poursuit dans la brasure, conjointement à la diffusion du substrat à travers la couche

intermétallique, ce qui donne lieu à une augmentation de l'épaisseur de la couche intermétallique dans le revêtement de brasage.

Ce processus est proportionnel à la racine carrée de la température et est significatif, même à température ambiante.

5.6.4 Effets du vieillissement sur les caractéristiques de mouillage

Les effets classiques du vieillissement sont les suivants:

- dégradation des couches métalliques (oxydation);
- dégradation des composants organiques des placages galvaniques;
- augmentation des phases intermétalliques à travers la surface brasable;
- craquelage de la surface brasable.

La dégradation du mouillage se déroule normalement en trois phases distinctes.

- a) Dans la première phase, le temps de mouillage commence à augmenter à mesure que la brasabilité diminue consécutivement à la formation d'oxydes ou de produits de corrosion sur la surface de la brasure.
- b) Il s'ensuit une deuxième phase au cours de laquelle aucune autre détérioration ne se produit, la couche d'oxyde à braser protégeant désormais la brasure de l'oxydation en réduisant la diffusion à travers la couche d'oxyde et une passivation chimique de la surface.
- c) Dans la troisième phase, la couche intermétallique se développe jusqu'à la surface du revêtement de brasage, et le temps de mouillage commence de nouveau à augmenter.

La croissance intermétallique est un facteur essentiel de la détérioration de la brasabilité d'un substrat brasable, mais la dégradation initiale est due à la réaction du revêtement brasable à l'atmosphère.

5.6.5 Conditions d'essai pour le vieillissement accéléré

Le processus de vieillissement naturel d'un composant étant très complexe, il serait impossible de le reproduire avec précision pour chaque composant, car il faudrait être capable de prévoir l'environnement et la température de stockage sur une longue période. Par conséquent, le processus de vieillissement doit être ramené à une durée beaucoup plus courte afin de pouvoir prévoir la manière dont les composants vieilliront après leur entrée en usine.

Il est clairement impossible de produire une méthode de vieillissement dont le mécanisme est identique à celui du vieillissement naturel. Les spécifications internationales en matière de brasabilité incluent un certain nombre de méthodes visant à accélérer le processus de vieillissement et à fournir des informations parallèlement au vieillissement naturel, même si le mécanisme exact ne pourrait jamais être le même.

Les conditions classiques de vieillissement sont les suivantes (voir l'IEC 60068-2-20):

- chaleur sèche: à 155 °C pendant 2 h, 4 h, 16 h;
- chaleur humide: à 40 °C, 93 % d'humidité relative pendant 4 j, 10 j;
- vapeur: dans la vapeur pendant 1 h, 4 h;
- vapeur sous pression non saturée: à 125 °C, 85 % d'humidité relative pendant 4 h.

Ces méthodes ont un impact sur la surface de la brasure (utilisation d'humidité ou d'une atmosphère corrosive) ou accélèrent la vitesse de croissance intermétallique (utilisation de températures élevées). L'utilisation de ces méthodes doit faire l'objet d'un soin particulier, car

nous savons déjà que différents polluants présents dans l'atmosphère sont à l'origine de différentes modifications de la surface de la brasure.

Les méthodes de vieillissement accéléré ont pour objet de ramener à quelques heures un vieillissement naturel d'un ou de deux ans. Nous avons vu que cela n'est pas possible étant donné que le mécanisme du processus de vieillissement se modifie lorsque la température est augmentée pour accroître les vitesses de réaction. Il est également très difficile de simuler l'environnement de stockage, et plus particulièrement, il est pratiquement impossible d'accélérer les effets des polluants atmosphériques et de prévoir les polluants qui seront rencontrés.

Pour produire un mécanisme s'apparentant au vieillissement naturel, il serait nécessaire d'utiliser un procédé de durée moyenne (par exemple: 40 °C, 93 % d'humidité relative) qui produit des effets très similaires au vieillissement naturel sur l'étain-plomb. Différents processus de vieillissement affectent différents matériaux de placage selon différents mécanismes. Par exemple, une chaleur sèche à 155 °C accélère la vitesse de croissance intermétallique et la vitesse d'oxydation sur un composant revêtu d'étain-plomb, mais a peu d'impact sur un composant argent-palladium qui a déjà été cuit à 800 °C lors de sa fabrication. Les niveaux de polluants dans l'air (en particulier le soufre) ont un impact sur la brasabilité d'un composant métallisé d'argent-palladium, la simulation d'un vieillissement naturel de ce type étant beaucoup plus difficile que pour un composant revêtu d'étain-plomb.

Les processus de vieillissement accéléré peuvent uniquement être une indication quant à la manière dont la brasabilité d'un composant varie pendant le stockage. En outre, ils ne produisent pas les mêmes conditions physiques ou chimiques que le vieillissement naturel.

5.7 Place des essais de brasage dans les essais

Dans les sections précédentes, la signification exacte des essais a été examinée afin de montrer dans quelle mesure ils peuvent être utilisés pour répondre à la question suivante: "ce composant est-il brasable en pratique par des méthodes normales?" Les résultats de l'essai de bain ("immersion et examen visuel") ne prouvent pas nécessairement l'aptitude des procédés de brasage par refusion.

La brasabilité n'est pas le seul élément qui caractérise un composant; les performances, la robustesse, la durée de vie, etc., comptent également.

Si la séquence d'essais n'est pas spécifiquement couverte par les spécifications d'essai de brasage, le résultat peut être influencé par les conditions rencontrées par le composant pendant les essais précédents.

Par conséquent, il est nécessaire d'être très vigilant au moment de placer les essais de brasage dans la séquence d'essais.

Une négligence à cet égard peut produire des résultats erronés en matière de brasabilité et peut également fausser les résultats des autres essais sur les caractéristiques du composant.

EXEMPLES:

- Si, dans une séquence d'essais, un essai de chaleur humide ou un essai de corrosion à long terme est exigé préalablement à un essai de mouillabilité, un composant pourrait être rejeté même s'il avait été soumis à l'essai au moment de sa réception et que la mouillabilité avait été parfaitement acceptable.

Dans la pratique, les composants électroniques sont toujours brasés en place dans l'équipement avant d'être soumis aux environnements simulés par chaleur humide ou brouillard salin.

- Inversement, si l'essai Tb de résistance à la chaleur de brasage est appliqué avant l'essai de robustesse des sorties, destiné à simuler assez correctement le montage du

composant sur la carte, les défauts d'étanchéité qui pourraient être provoqués par ce dernier essai ne sont pas soumis au choc thermique, alors que les contraintes mécaniques et chimiques cumulées pourraient dans la pratique s'avérer fatales pour le composant.

Le rédacteur de la spécification doit s'assurer que la séquence d'essais, dans le cadre des essais d'homologation de type, se déroule de telle sorte que

- a) le brasage permettant de procéder aux mesurages initiaux, par exemple, ne soit pas réalisé avant l'essai de mouillabilité,
- b) le vieillissement susceptible d'affecter la mouillabilité (comme cela pourrait être le cas, par exemple, pour le préconditionnement à des températures élevées) ne soit pas appliqué à moins que cela n'ait été exigé par la spécification du composant,
- c) la surface de la sortie ne soit pas endommagée par des manipulations préalables.

En conséquence, l'essai de mouillabilité doit être placé en premier dans les séquences d'essais.

Les précautions générales suivantes s'appliquent à toutes les méthodes d'essai de brasabilité:

- a) les essais doivent être réalisés dans une zone sans courants d'air ou protégée contre les courants d'air;
- b) pour éviter la contamination des éprouvettes lors de la manipulation, il est recommandé d'utiliser des forceps;
- c) si les sorties doivent être redressées avant l'essai, cela doit être fait de manière à ne pas contaminer ni marquer la surface.

Les principes généraux suivants peuvent être établis:

- Les essais de mouillabilité peuvent être uniquement précédés par des essais non destructifs, et ce type de vieillissement accéléré peut être spécifié (voir 5.6.4).
- Les essais de résistance à la chaleur de brasage doivent être réalisés indépendamment des essais d'environnement et de fiabilité en prenant toutes les précautions nécessaires (par exemple: utilisation d'un bouclier thermique).

Dans le cas où les composants nécessitent d'être soudés aux substrats d'essai dans le cadre des essais d'environnement et de fiabilité, les conditions des procédés de brasage classiques doivent être appliquées.

Il convient également de se demander s'il est approprié ou non d'éliminer les résidus de flux avant de procéder aux essais climatiques.

6 Essais de brasage

6.1 Généralités

Le présent article décrit:

- les conditions des procédés de brasage classiques;
- le fonctionnement des essais en relation avec les procédés de brasage industriel;
- les raisons justifiant le choix des conditions d'essai.

Les conditions de brasage industriel des composants électroniques varient considérablement, mais il n'est habituellement pas nécessaire d'avoir différents types de composants pour satisfaire aux différentes conditions d'assemblage. Les conditions de brasage industriel des composants peuvent donc être classées dans des limites raisonnablement étroites.

Ces conditions sont le fruit d'un compromis empirique entre des contraintes élevées (températures élevées ou expositions prolongées) qui améliorent généralement le mouillage, mais dégradent le composant, et des contraintes faibles (courtes expositions ou températures proches du liquidus de la brasure) auxquelles le composant résiste mieux, mais qui rendent le brasage difficile ou d'une qualité douteuse (produisant des "joints froids").

Les choses sont complexes du fait que la variabilité apparaît dans un lot ou entre des lots de composants théoriquement identiques.

Cela signifie que les valeurs obtenues à la suite des essais réalisés sur un composant ne peuvent pas être considérées comme étant forcément caractéristiques des autres composants du lot ou d'autres lots. Les essais exigés pouvant prendre un certain temps et pouvant être destructifs, les résultats obtenus sur un ou plusieurs lots peuvent uniquement être évalués d'un point de vue statistique.

Le traitement statistique des essais de brasabilité d'un composant est un élément essentiel que doivent garder à l'esprit les rédacteurs et utilisateurs de spécifications, ainsi que les personnes procédant aux essais. Il n'est pas couvert par la série IEC 60068-2 de normes d'essai de brasabilité qui concernent uniquement la manière dont doivent être réalisés les essais. L'importance statistique des résultats d'essai relève des spécifications de composants particuliers.

Le traitement statistique est lié à l'applicabilité des résultats d'essai, en particulier au niveau de confiance qui peut leur être attribué (voir Article 8).

Avec les essais de résistance à la chaleur de brasage, il est souhaitable d'utiliser le flux activé pour produire un mouillage rapide en s'assurant que la vitesse d'échauffement du composant à l'essai est aussi rapide que possible.

Les remarques des alinéas relatifs au choix de la brasure et de la température s'appliquent également aux essais de résistance à la chaleur de brasage. Il est particulièrement important, lors des essais de composants présentant un fort besoin thermique, de s'assurer que la température atteinte au point de brasage est suffisante pour produire un joint brasé fiable.

Ces essais n'ont pas pour objet de simuler ou déterminer les effets de contraintes mécaniques accidentelles pouvant être introduites par un procédé de brasage. Ces essais peuvent endommager ou détruire le composant à l'essai, et il convient de s'en rappeler au moment de choisir dans quel ordre il convient de procéder aux essais climatiques et mécaniques.

6.2 Brasure

Les caractéristiques de mouillage dépendent de l'alliage de brasure. Par conséquent, une brasure de référence doit être définie pour les essais de brasabilité. Dans le cas où des autres alliages de brasure sont utilisés pour l'essai, les conditions d'essai pertinentes doivent être déterminées.

Les alliages classiques utilisés pour les essais de brasabilité des différents groupes de procédés de brasage sont les suivants (voir IEC 60068-2-58):

- Groupe 1: Sn42Bi58
- Groupe 2: Sn60Pb40A ou Sn63Pb37A
- Groupe 3: Sn96,5Ag3Cu,5
- Groupe 4: Sn99,3Cu,7

6.3 Flux

La méthode du bain de brasage prescrit un flux composé de 25 % de colophane par fraction massique dans 75 % d'alcool isopropylique (isopropanol) ou d'alcool éthylique par fraction massique (tel que spécifié dans l'IEC 60068-2-20:2008, Annexe B). De préférence, il convient que l'activité de flux soit conforme au niveau "bas (0)" correspondant à une teneur en halogénure <0,01 % (Cl, Br, F) par fraction massique (voir IEC 61190-1-1). Si le flux non activé n'est pas approprié, la spécification pertinente peut prescrire l'utilisation du flux ci-dessus en ajoutant du chlorure d'ammonium diéthilique (réactif pur analytique) de fraction massique égale à 0,2 % ou 0,5 % de chlore (exprimée en chlore libre basé sur la teneur en colophane).

Pour la méthode de refusion, la pâte à braser disponible dans le commerce doit être utilisée pour les essais, étant donné qu'il n'existe pas de "pâte d'essai normalisée". Afin d'assurer la reproductibilité de l'essai, la norme d'essai doit contenir au moins les informations relatives à la désignation de l'alliage de brasure, la classification de l'activité de flux, la dimension granulométrique de la poudre et la teneur nominale en métal (fraction massique).

6.4 Equipement d'essai

La norme d'essai doit décrire les exigences pertinentes concernant l'équipement d'essai (par exemple: masse thermique, inertie thermique et conductivité thermique du support d'éprouvette et du système de chauffage).

6.5 Méthodes d'évaluation

6.5.1 Critères d'examen visuel

Pour l'examen visuel, la norme d'essai doit contenir les critères de jugement visuel de la surface, par exemple "la surface est lisse avec quelques imperfections éparses", le pourcentage de surface mouillée par rapport à la surface d'évaluation.

NOTE L'angle de mouillage peut être utilisé comme indication qualitative du démouillage ou d'un faible mouillage.

Noter qu'il convient de tenir compte de la relation entre la surface brasable et le volume de brasure pour la conception des zones de report des cartes d'essai, étant donné qu'un volume de brasure trop important peut cacher un faible mouillage ou des effets de démouillage.

6.5.2 Critères d'évaluation quantitative des caractéristiques de mouillage

Les normes d'essai décrivant les essais de balance de mouillage doivent contenir les critères d'évaluation du temps de mouillage, de la vitesse de mouillage et de la force de mouillage. Les valeurs absolues de ces paramètres dépendant fortement du besoin thermique de l'éprouvette d'essai, ainsi que de la forme et du niveau d'oxydation de la surface de la sortie, il n'est pas recommandé d'établir des valeurs numériques dans les spécifications d'essai. Si cela est exigé, ces valeurs peuvent être prescrites dans les normes de produits uniquement.

6.5.3 Cas particuliers

Pour les sorties présentant une forme particulière (par exemple: boîtiers matriciels à billes ou BGA, sorties crénelées), la méthode et les critères d'évaluation doivent être décrits dans la norme de produit.

6.6 Critères d'acceptation

En règle générale, un composant est réputé avoir réussi un essai de brasage dès lors qu'il satisfait toujours à sa spécification, c'est-à-dire aux critères visuels, mécaniques et électriques.

Une spécification décrivant les essais de résistance à la chaleur de brasage doit, lorsque cela est applicable, prescrire les critères finaux de mesure et d'acceptation relatifs à

- l'examen visuel,
- les dimensions,
- les paramètres électriques.

Pour démontrer que le procédé de brasage ne réduit pas la durée de vie prévue du composant en dessous d'une valeur acceptable, il est parfois proposé de procéder successivement à des essais de résistance à la chaleur de brasage et à des essais d'endurance. Dans ce cas, il convient de réduire la sévérité de l'essai de manière à ce que l'essai de résistance à la chaleur de brasage devienne "non destructif".

7 Essais de brasage – Méthodes

7.1 Principes généraux

Les essais de brasage ont pour objet d'amener le composant et la brasure dans des conditions contrôlées de manière à pouvoir évaluer la qualité du mouillage en fonction de critères définis. Fondamentalement, les essais de temps de brasage sont des estimations du temps nécessaire pour que l'angle de contact diminue uniformément à tous les points de la limite de brasure. Dans certains essais, cette condition est évaluée par examen visuel uniquement. Dans d'autres essais, la durée est mesurée. Des essais totalement quantitatifs sont des essais, où sont mesurées la durée et la force exercée sur l'éprouvette par la tension superficielle de la brasure.

En cas de contact prolongé, dans certaines circonstances, l'angle de contact peut de nouveau augmenter et la brasure se retirer de la surface de l'éprouvette. Ce phénomène est appelé démouillage. Certaines des méthodes d'essai prévoient l'examen du démouillage. En cas de doute concernant la possibilité de démouillage, il convient que la spécification pertinente doive l'intégrer.

7.2 Etude des méthodes d'essai

La Figure 5 et la Figure 6 présentent les différentes parties et méthodes, qui composent l'essai T et les relations qu'elles entretiennent.

En principe, l'essai T est divisé en plusieurs parties:

- Ta brasabilité, jugement par examen visuel;
- Tb résistance à la chaleur de brasage, jugement par critères visuels;
- Tc brasabilité d'une carte imprimée (sera incluse à l'IEC 60068-2-69:—,2);
- Td brasabilité, résistance de la métallisation à la dissolution et résistance à la chaleur de brasage des composants pour montage en surface (CMS), jugement par critères visuels;
- Te brasabilité par balance de mouillage, jugement par critères quantitatifs (temps et force de mouillage);
- Tf brasabilité par la méthode de la balance de mouillage utilisant de la pâte à braser, jugement par critères quantitatifs (temps et force de mouillage).

Les méthodes d'essai suivantes sont recommandées:

- **IEC 60068-2-20 (essais Ta et Tb)**

² A l'étude. Voir la note en bas de page de l'Article 2.