

NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD

CEI
IEC

60749

1996

AMENDEMENT 1
AMENDMENT 1
2000-07

Amendement 1

**Dispositifs à semiconducteurs –
Essais mécaniques et climatiques**

Amendment 1

**Semiconductor devices –
Mechanical and climatic test methods**

© IEC 2000 Droits de reproduction réservés — Copyright - all rights reserved

International Electrotechnical Commission
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembe Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE

L

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

AVANT-PROPOS

Le présent amendement a été établi par le comité d'études 47 de la CEI: Dispositifs à semiconducteurs.

Le texte de cet amendement est issu des documents suivants:

FDIS	Rapport de vote
47/1477/FDIS	47/1518/RVD

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

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de ses amendements ne sera pas modifié avant 2010. A cette date, la publication sera

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

Page 40

6.1.2 Description générale de l'essai

Remplacer la première phrase de ce paragraphe par ce qui suit:

Sept méthodes d'essai sont décrites ici, chacune ayant son domaine propre, à savoir:

Ajouter un cinquième tiret et le texte suivant:

- la méthode G est destinée à vérifier la résistance mécanique des points de soudure fil à une force de cisaillement.

Page 42

6.2.2.4 Critères de défaillance

Ajouter le texte suivant à la fin du point a):

Pour les diamètres de fil non spécifiés dans le tableau 5, il convient d'utiliser les courbes de la figure 16 pour déterminer la limite de traction sur le contact soudé. Les courbes ne sont applicables qu'à des tractions sur les contacts soudés exercées perpendiculairement à la pastille.

FOREWORD

This amendment has been prepared by IEC technical committee 47: Semiconductor devices.

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

FDIS	Report on voting
47/1477/FDIS	47/1518/RVD

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

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendments will remain unchanged until 2010. At this date, the publication will be

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

Page 41

6.1.2 General description of the test

Replace the first sentence of this subclause by the following:

Seven test methods are described, each having its own purpose, that is:

Add a fifth dash and the following text:

- method G is intended to test the mechanical resistance of wire bonds to a shear force.

Page 43

6.2.2.4 Failure criteria

Add the following text at the end of item a):

For wire diameters not specified in table 5, the curves of figure 16 should be used to determine the bond pull limit. The curves are only applicable to bond pulls normal to the die.

Page 44

Paragraphe 6.3.4.1

Ajouter, à la fin de la première phrase, le nouveau texte suivant:

Pour les diamètres de fil non spécifiés dans le tableau 5, il convient d'utiliser les courbes de la figure 16 pour déterminer la limite de traction sur le contact soudé. Les courbes ne sont applicables qu'à des tractions sur les contacts soudés exercées perpendiculairement à la pastille.

Page 48

6.5.5 Force à appliquer (pour les deux méthodes)

Ajouter, après ce paragraphe, un nouveau paragraphe 6.6 et re-numéroter le 6.6 existant en 6.7.

6.6 Méthode G: Essai de cisaillement du point de soudure fil («wire ball»)

6.6.1 Domaine d'application

La méthode G est destinée à vérifier la résistance mécanique des points de soudure fil à une force de cisaillement. Il est recommandé de l'utiliser en complément des méthodes A ou B. Elle fournit plus d'information sur la robustesse de la soudure des métaux puisque, à la différence des méthodes A ou B, elle présente l'avantage de se focaliser sur le point de soudure lui-même plutôt que de faire apparaître des défaillances qui ne sont pas liées directement à la qualité de la soudure (comme une rupture de fil au talon, au rétrécissement ou dans la boucle).

Cette méthode fournit une procédure standard pour déterminer la résistance au cisaillement d'une série de points de soudure réalisés soit par thermocompression, soit par technique thermosonique.

6.6.2 Description générale

Le cisaillement du point de soudure est un procédé suivant lequel un appareil utilise un outil en forme de ciseau pour cisailer ou pousser un point de soudure en forme de tête de clou ou de coin vers l'extérieur de la plage de soudure (voir figure 14). La force requise pour provoquer cette séparation est enregistrée et considérée comme la force de résistance au cisaillement opposée par le point de soudure. Quand on la corrèle au diamètre de la tête de clou («ball bond»), la résistance au cisaillement d'une soudure tête de clou en or est un indicateur de la qualité du point de soudure entre la tête de clou en or et la métallisation de la plage de soudure comme l'indiquent la figure 15 et le tableau 11. La résistance au cisaillement d'un point de soudure d'aluminium en forme de coin («wedge bond») comparée à la résistance du fil à la traction spécifiée par le fabricant est un indicateur de l'intégrité de la soudure entre le fil d'aluminium et la métallisation de la plage de soudure («bond pad metallisation»).

Le point de soudure en forme de boule «ball bond» comprend la partie sphérique élargie ou partie en forme de tête de clou du fil (réalisée par la fusion «flame-off» et la première opération de soudure dans le procédé par thermocompression et par technique thermosonique, ou les deux), la plage de soudure en dessous, et la zone de liaison entre la tête de clou et la plage de soudure ou joint de soudure.

Page 45

Subclause 6.3.4.1

Add, at the end of the first sentence, the following new text:

For wire diameters not specified in table 5, the curves of figure 16 should be used to determine the bond pull limit. The curves are only applicable to bond pulls normal to the die.

Page 49

6.5.5 Force to be applied (both methods)

Add after this subclause a new subclause 6.6 and renumber 6.6 as 6.7:

6.6 Method G: Wire ball shear test

6.6.1 Scope

Method G is intended to test the mechanical resistance of wire bonds to a shear force. It is recommended that it be used in addition to method A or B. It provides more information about the robustness of the metallurgical bond since, as opposed to method A or B, it has the advantage of concentrating on the bond itself rather than showing failures which are not directly linked with the quality of the bond (like wire breaking at the heel, neck, or in the span).

This method provides a standard procedure for determining the shear strength of a series of ball bonds made by either thermal compression or thermosonic techniques.

6.6.2 General description

Bond shear is a process in which an instrument uses a chisel-shaped tool to shear or push a ball or wedge bond off the bond pad (see figure 14). The force required to cause this separation is recorded and is referred to as the bond shear force. The bond shear force of a gold ball bond, when correlated to the diameter of the ball bond shear strength, is an indicator of the quality of the metallurgical bond between the gold ball bond and the bond pad metallization, as indicated in figure 15 and table 11. The bond shear force of an aluminum wedge bond, when compared to the manufacturer's tensile strength of the wire, is an indicator of the integrity of the weld between the aluminum wire and the bond pad metallization.

The ball bond includes the enlarged spherical or nail-head portion of the wire (provided by the flame-off and first bonding operation in the thermal compression or thermosonic process, or both), the underlying bonding pad and the ball bond bonding pad interfacial attachment area or weld interface.

Ces méthodes d'essai couvrent les têtes de clou faites avec du fil de faible diamètre, de 18 μm à 76 μm (0,0007 pouce à 0,003 pouce), du type utilisé pour les circuits intégrés et les montages hybrides. Ces méthodes d'essai peuvent être utilisées seulement quand la hauteur et le diamètre de la tête de clou sont de dimensions suffisantes et que les structures adjacentes sont suffisamment éloignées pour permettre la mise en place convenable et laisser un dégagement suffisant du dispositif destiné à appliquer le cisaillement (au-dessus de la liaison de soudure et entre des points adjacents).

Ces méthodes d'essai sont destructives. Elles conviennent à une utilisation en développement de procédé ou avec un plan d'échantillonnage adéquat, pour le pilotage de procédé ou l'assurance de qualité.

6.6.3 Termes et définitions

6.6.3.1 Définition des modes de cisaillement (voir figure 14)

6.6.3.1.1 Mode 1 – Soulèvement de la tête de clou

Séparation de toute la tête de clou de la plage de soudure qui laisse seulement une empreinte sur la plage de soudure. Il n'y a pas de traces de formations intermétalliques, et peu ou pas de perturbation de la métallisation est visible.

6.6.3.1.2 Mode 2 – Cisaillement du point d'attache («bond») / Cisaillement de la tête de clou («ball») / Cisaillement du coin («wedge»)

Séparation du point au-dessus des composés intermétalliques. La partie constituée des composés intermétalliques du point est restée sur la métallisation de la plage de soudure accompagnée d'un peu d'or.

6.6.3.1.3 Mode 3 – Décollement de la plage de soudure

Séparation entre la métallisation de la plage de soudure et son substrat sous-jacent. De la métallisation de la plage de soudure et des composés intermétalliques restent sur le point de soudure.

6.6.3.1.4 Mode 4 – Cratères (copeau arraché)

Soulèvement du point d'attache enlevant un morceau du substrat. La métallisation de la plage de soudure et un morceau du substrat sont attachés au point.

6.6.3.1.5 Mode 5a – Anomalie due à l'opérateur ou à l'équipement (outil de cisaillement trop haut)

Condition où l'outil de cisaillement enlève seulement la partie supérieure de la tête de clou ou du point de soudure. Positionnement incorrect de l'échantillon, force de cisaillement appliquée trop haut, ou fonctionnement incorrect de l'appareil.

6.6.3.1.6 Mode 5b – Erreur due à l'appareil ou à l'opérateur (outil de cisaillement trop bas)

L'outil de cisaillement touche la métallisation ou le revêtement de protection, ce qui entraîne une valeur de cisaillement incorrecte. Mauvais positionnement du composant, hauteur de cisaillement trop basse, ou mauvais fonctionnement de l'équipement.

These test methods cover ball bonds made with small diameter wire (from 18 μm to 76 μm (0,0007 in to 0,003 in)) of the type used in integrated circuits and hybrid microelectronic assemblies. These test methods can be used only when the ball height and diameter are large enough and adjacent interfering structures are far enough away to allow suitable placement and clearance (above the bonding pad and between adjacent bonds) of the shear test ram.

The test methods are destructive. They are appropriate for use in process development or, with a proper sampling plan, for process control or quality assurance.

6.6.3 Terms and definitions

6.6.3.1 Definition of shear modes (see figure 14)

6.6.3.1.1 Mode 1 – Ball lift

Separation of the whole ball bond from the bond pad with only an imprint being left on the bond pad. No intermetallic formation is evident and little, if any, disturbance of the metallization is seen.

6.6.3.1.2 Mode 2 – Bond shear/Ball shear/Wedge shear

Separation of the ball above the intermetallics. The intermetallics portion of the ball is left on the bond pad metallization along with some gold.

6.6.3.1.3 Mode 3 – Bond pad lift

Separation between the bond pad metallization and the underlying substrate. Some bond pad metallization and intermetallics remain on the ball.

6.6.3.1.4 Mode 4 – Cratering (chip-out)

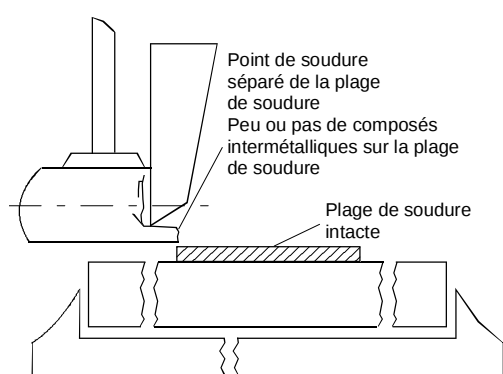
Bond pad lifts, removing a portion of the substrate. Bond pad metallization and a portion of the substrate are attached to the ball.

6.6.3.1.5 Mode 5a – Instrument/operator error (shear tool too high)

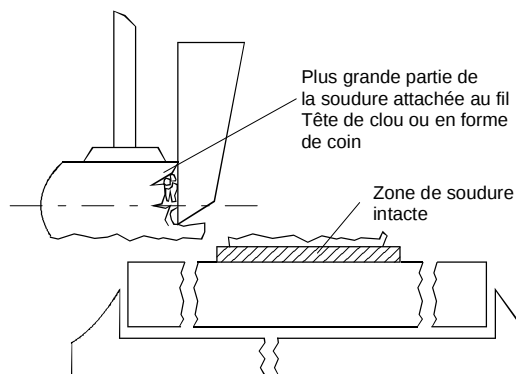
Condition where the shear tool removes only the topmost part of the ball or wedge bond. Improper placement of sample, shear height too high, or malfunction of instrument.

6.6.3.1.6 Mode 5b – Instrument/operator error (shear tool too low)

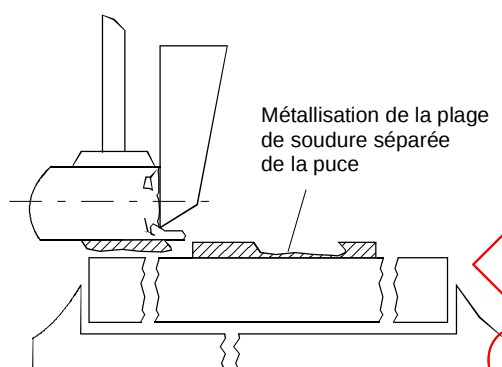
The shear tool contacts the metallization or protective overcoat, producing an invalid shear value. Improper placement of sample, shear height too low, or instrument malfunction.



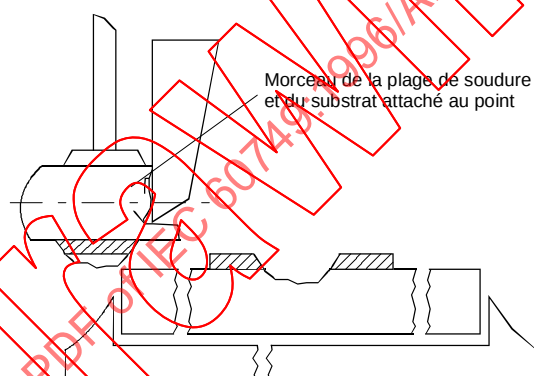
Mode 1 – Soulevement du point



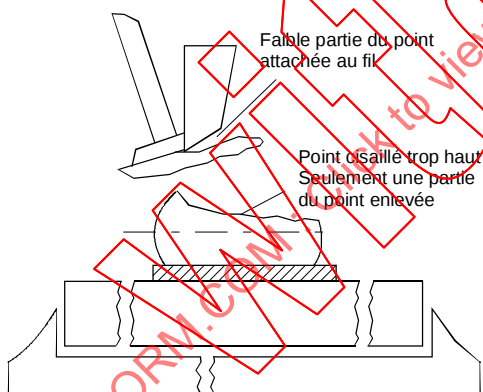
Mode 2 – Cisaillement du point – Or/aluminium



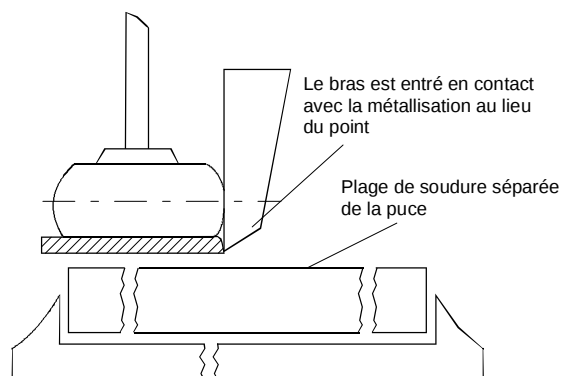
Mode 3 – Soulevement de la plage de soudure



Mode 4 – Cratère

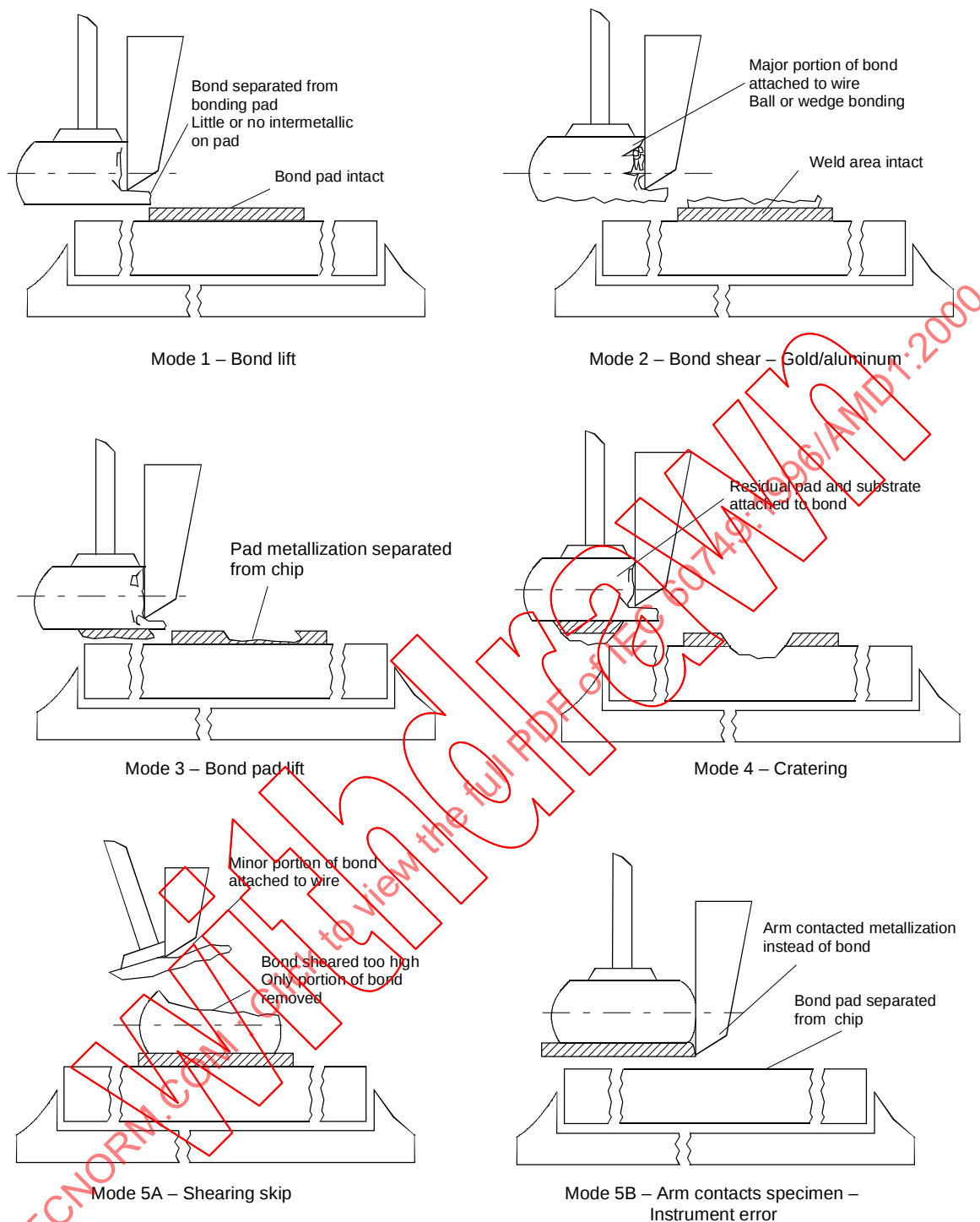


Mode 5A – Petit saut du cisaillement



Mode 5B – Le bras entre en contact avec la puce – Fausse manipulation

Figure 14 – Codes de cisaillement du point



IEC 926/2000

Figure 14 - Bond shear codes

6.6.3.2 Outil ou bras de cisaillement

Ciseau en carbure de tungstène ou équivalent avec des angles définis sur le pied et l'arrière de l'outil pour appliquer une force de cisaillement. Les paramètres requis pour l'outil de cisaillement comprennent mais ne sont pas limités à la face de cisaillement plane, l'arête de cisaillement bien aiguisée, la largeur de cisaillement de 1,5 fois à 2 fois le diamètre ou la longueur du point.

Il convient que l'outil de cisaillement soit conçu pour éviter le labourage et les rayures pendant l'essai. L'outil doit être propre et ne pas présenter de copeaux ou autres défauts susceptibles d'avoir une influence sur l'essai de cisaillement.

6.6.3.3 Point de soudure thermosonique d'or (Au) en forme de boule

Point de soudure d'or en forme de boule formé en utilisant un procédé thermosonique de soudure fil.

6.6.3.4 Point de soudure ultrasonique d'aluminium (Al) en forme de coin

Point d'attache ou de soudure d'aluminium en forme de coin, formé en utilisant un procédé ultrasonique de soudure fil.

6.6.4 Equipement et matériel

6.6.4.1 L'essai de cisaillement des points en forme de boule doit être réalisé en utilisant exclusivement un équipement disposant des possibilités citées ci-dessous.

- a) Equipement d'essai de cisaillement des points en forme de boule capable de positionner de façon précise le vérin de cisaillement ($\pm 2,54 \mu\text{m}$ ou $\pm 0,10$ millième de pouce) au-dessus du substrat, équipé d'un microscope avec zoom (d'un grossissement minimal de 70 $\times$).
- b) Outil de cisaillement conçu pour éviter le labourage et les rayures pendant l'essai. Il convient que l'outil soit propre et libre de tout copeau ou autre défaut qui pourrait interférer avec l'essai de cisaillement.
- c) Un support de produit pour maintenir fermement le composant pendant l'essai dans un plan horizontal et perpendiculaire à l'outil de cisaillement. Le support de composant doit avoir une robustesse suffisante pour que l'ensemble qu'il constitue avec le composant reste immobile pendant l'essai.
- d) L'équipement de cisaillement doit être capable de positionner l'outil de cisaillement de façon précise ($\pm 2,54 \mu\text{m}$ ou $\pm 0,10$ millième de pouce) au-dessus du substrat. La hauteur spécifiée au-dessus de la partie la plus élevée de la surface de soudure doit garantir que l'outil de cisaillement n'entrera pas en contact avec la surface de la puce, et doit être plus petite que la hauteur entre la partie la plus élevée de la surface de soudage et le plan situé à mi-hauteur de la boule ou du point de soudure.
- e) Un dispositif optique de mesure associé au microscope capable de mesurer le diamètre du point de soudure avec une précision de $\pm 2,5 \mu\text{m}$ ou $\pm 0,1$ millième de pouce.

6.6.4.2 Calibration

Avant d'effectuer l'essai de cisaillement du point de soudure, il faut vérifier que l'équipement a été calibré conformément à la spécification du fabricant et que ce calibrage est valide. Un nouveau calibrage est nécessaire si l'équipement est déménagé vers un autre emplacement.

6.6.3.2 Shear tool or arm

Tungsten carbide chisel, or equivalent, with specific angles on the bottom and back of the tool to assure a shearing action. Required shear tool parameters include, but are not limited to, flat shear face, sharp shearing edge, shearing width of 1,5 to 2 times the bond diameter or bond length.

The shearing tool should be designed so as to prevent ploughing and drag during testing. The tool should be clean and free of chips or other defects that will interfere with the shearing test.

6.6.3.3 Thermosonic gold (Au) ball bond

Gold ball bond formed using a thermosonic wire bond process.

6.6.3.4 Ultrasonic aluminum (Al) wedge bond

Aluminum wedge bond or weld formed using an ultrasonic wire bonding process.

6.6.4 Equipment and material

6.6.4.1 Ball shear testing shall only be conducted using equipment having the capabilities listed below.

- a) Ball bond shear tester capable of precise placement of shearing ram ($\pm 2,54 \mu\text{m}$ or $\pm 0,10 \text{ mil}$) above the substrate, fitted with zoom microscope (70× minimum magnification).
- b) Shearing tool designed so as to prevent ploughing and drag during testing. The tool should be clean and free of chips or other defects that will interfere with the shearing test.
- c) Device holder for holding the device securely at horizontal level and perpendicular to the shear tool during testing. The sample holder shall have adequate clamping capability during the test to secure the holder and the sample.
- d) The bond shear equipment shall be capable of precision placement of the shearing tool ($\pm 2,54 \mu\text{m}$ or $\pm 0,10 \text{ mil}$) above the substrate. The specified distance above the topmost part of the bonding surface shall insure the shear tool does not contact the surface of the die and shall be less than the distance from the topmost part of the bonding surface to the centre line of the ball or wedge bond.
- e) An optical microscope/measurement system capable of measuring the bond diameter to within $\pm 2,5 \mu\text{m}$ or $\pm 0,1 \text{ mil}$.

6.6.4.2 Calibration

Before performing the bond shear test, it must be determined that the equipment has been calibrated in accordance with the manufacturer's specification and is presently in calibration. Recalibration is required if the tester is moved to another location.

6.6.5 Procédure

6.6.5.1 La taille de l'échantillon doit être un minimum spécifié par les contrôles SPC appliqués aux produits spécifiques. Il est recommandé qu'une taille d'échantillon normale pour un développement de procédé soit au minimum de 50 cisaillements faits au hasard sauf si cela est spécifié différemment.

6.6.5.2 Il convient que cet essai soit utilisé exclusivement sur des échantillons non enrobés avec des hauteurs de boule ($\geq 10,16 \mu\text{m}$ ou $\geq 0,4$ millièmes de pouce) et des espaces entre boules suffisants pour permettre un cisaillement complet et sans obstruction du point d'attache.

6.6.5.3 Installer l'équipement d'essai conformément aux instructions du fabricant. Vérifier l'outil de cisaillement et le remplacer si nécessaire.

6.6.5.4 Disposer un composant à essayer dans le support suivant une position horizontale perpendiculaire à l'outil de cisaillement.

6.6.5.5 Positionner l'outil de cisaillement à proximité de la boule (à moins de deux fois le diamètre), perpendiculairement à la surface du composant et à moins de mi-hauteur par rapport à la boule, tel que cela est illustré dans les modes 1 à 4 de la figure 14.

Il convient que la face inférieure de l'outil de cisaillement soit maintenue sous le plan médian horizontal de la boule et juste au-dessus de la métallisation de la plage de soudure de la puce.

6.6.5.6 Agir sur le bouton de démarrage pour permettre à l'outil de cisaillement de pousser la boule jusqu'à ce qu'elle soit cisailée ou qu'elle se sépare du substrat.

6.6.5.7 Examiner la zone cisailée, enregistrer le mode de cisaillement (tel qu'il est défini en 6.6.3.1) et la force en grammes requise pour cisailier la boule.

6.6.5.8 Répéter l'essai (de 6.6.5.3 à 6.6.5.7) pour chaque composant de l'échantillon.

6.6.5.9 Calculer et enregistrer pour chaque échantillon:

- a) la force moyenne de cisaillement (gf) ¹⁾;
- b) la force minimale (gf);
- c) la force maximale (gf);
- d) l'écart type.

6.6.5.10 Il convient que les essais pour lesquels il y a eu interférence durant le cisaillement ne soient pas pris en compte pour le calcul de la force moyenne de cisaillement. Cela comprend le cisaillement du fil, le mauvais positionnement du vérin (outil qui n'est pas en contact avec l'ensemble de la boule), et d'autres essais perturbés par une interférence pendant le cisaillement, par exemple les modes 5a et 5b.

6.6.5.11 Pour chaque échantillon soumis à l'essai, calculer les forces de cisaillement moyenne et minimale (force moyenne en grammes force/taille moyenne connue de la boule) en utilisant le diamètre de boule connu (ou mesuré).

¹⁾ Il est fait référence ici à des grammes force (gf) au lieu d'unités SI parce que pour ce genre de test, la pratique courante est d'utiliser des grammes force. La formule pour la conversion en Newtons est donnée dans les tableaux et diagrammes concernés.

6.6.5 Procedure

6.6.5.1 Sample size shall be a minimum specified by SPC controls for specific devices. Normal sample size for process development should be a minimum of 50 random shears unless otherwise specified.

6.6.5.2 This test should only be used on unmoulded samples with ball heights ($\geq 10,16 \mu\text{m}$ or $\geq 0,4 \text{ mil}$) and ball spacings sufficient to allow complete and unobstructed shearing of the ball bond.

6.6.5.3 Set up the test equipment according to manufacturer's instructions. Inspect shear tool and replace tool if any damage is detected.

6.6.5.4 Place a test sample in the device holder in a level horizontal position perpendicular to the shear tool.

6.6.5.5 Position the shear tool close to the ball (within two ball diameters) and less than one-half ball height above and perpendicular to the device surface, as illustrated in modes 1 to 4 of figure 14.

The bottom of the shearing tool should be maintained below the centre line of the ball and just above the die pad metallization.

6.6.5.6 Activate the test button and allow the shear tool to move into the ball until the ball is sheared or separates from the substrate.

6.6.5.7 Examine the sheared area, record both the shear mode (as defined in 6.6.3.1) and the gram force required to shear the ball.

6.6.5.8 Repeat the test (6.6.5.3 to 6.6.5.7) for each test sample in the lot.

6.6.5.9 Calculate and record for each sample:

- a) average shear force (gf) ¹⁾
- b) minimum (gf);
- c) maximum (gf);
- d) standard deviation.

6.6.5.10 Tests determined to have interference during shear should not be included for determining the average shear value. These include wire shear, improper placement of ram (does not contact entire ball), and other tests which have interference during shear, for example: modes 5a and 5b.

6.6.5.11 Using the known (or measured) ball diameter for each test sample, calculate the average and minimum bond shear strength for each lot tested (average grams force/known average ball size).

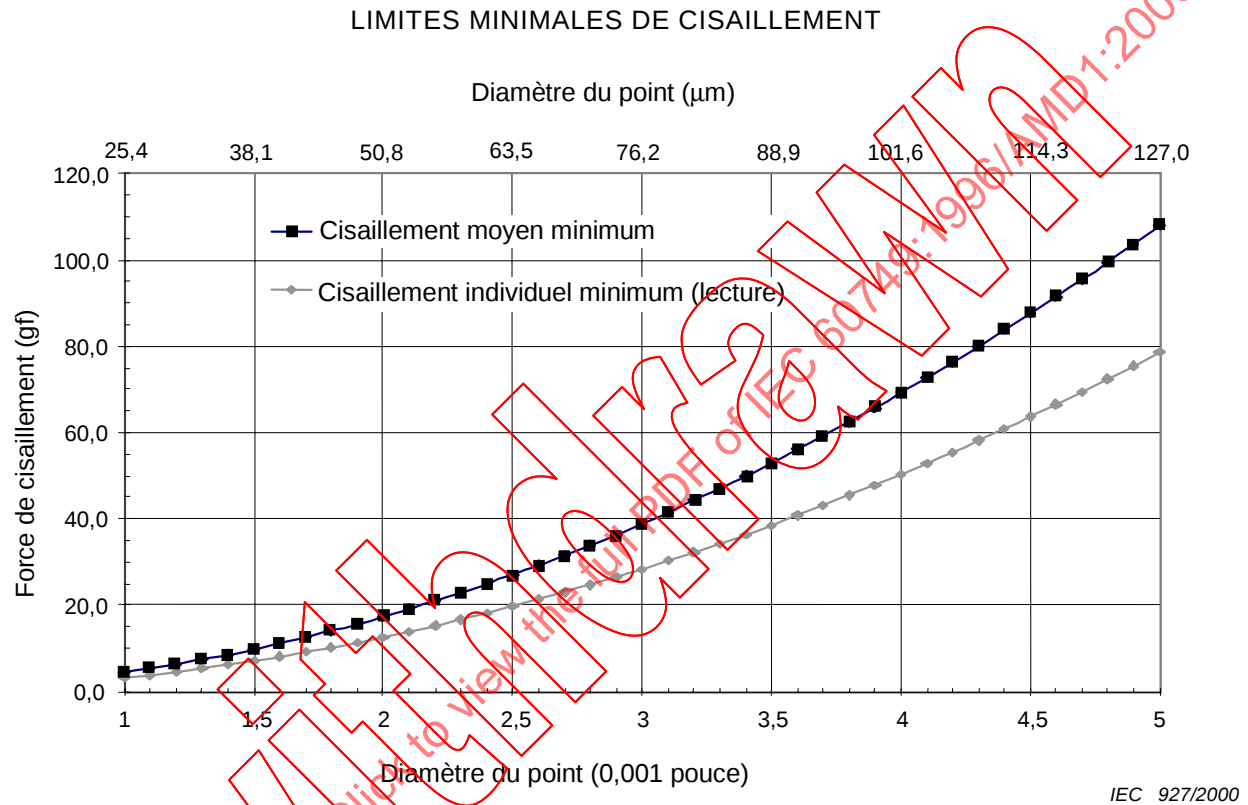
1) Reference is being made here to grams force (gf) instead of SI units since it is common practice to use grams force in this kind of test. The formula to convert the grams force into Newtons is provided in the relevant tables and diagrams.

6.6.6 Limites d'acceptabilité de l'essai

6.6.6.1 Limites d'acceptabilité pour les têtes de clou

Les points de soudure d'une pièce doivent être considérés comme acceptables si les valeurs de cisaillement minimales individuelle et moyenne sont supérieures ou égales à celles de la figure 15 et du tableau 11.

D'autres valeurs minimales de cisaillement peuvent être utilisées si elles ont fait l'objet d'un accord entre le fournisseur de composants et l'utilisateur final (client).



NOTE Se reporter au tableau 11 pour les valeurs exactes de cisaillement.

(1 gf = 9,81 mN, 1 millième de pouce = 25,4 μm)

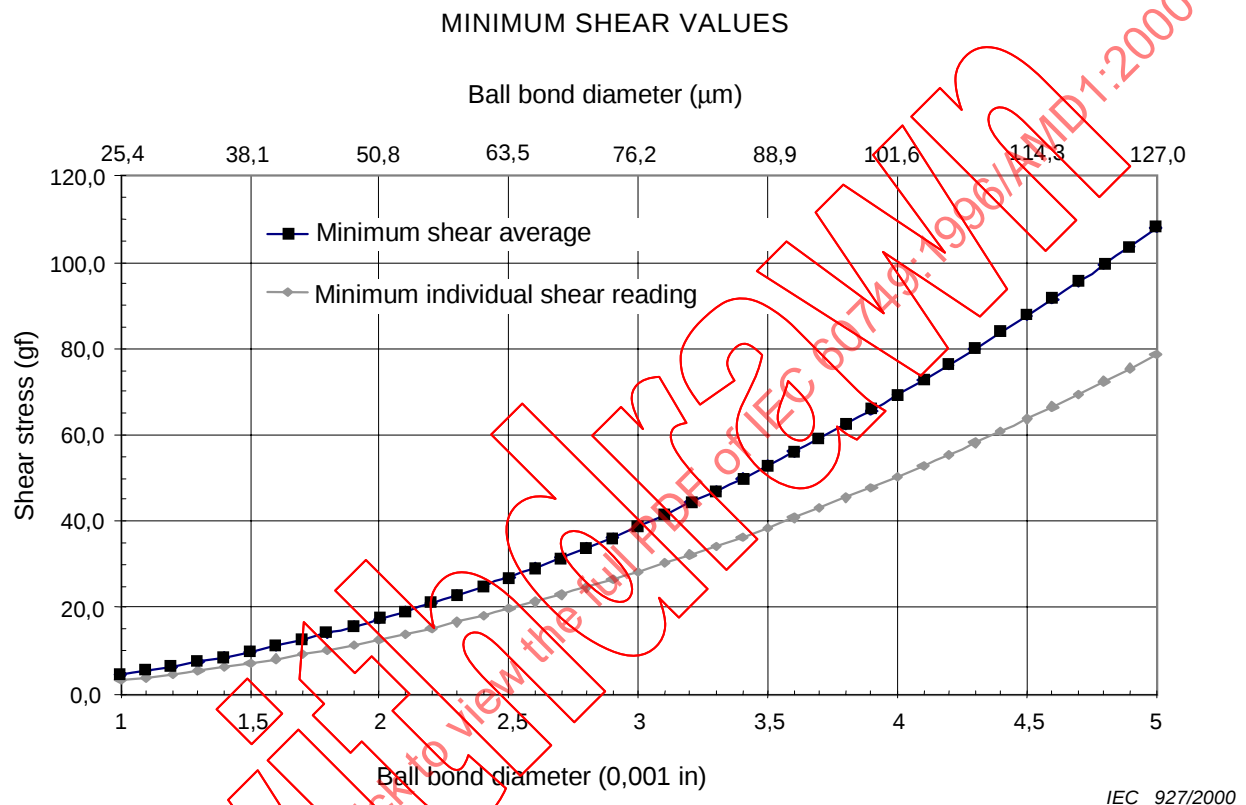
Figure 15 – Limites minimales acceptables pour les valeurs individuelles et moyennes de cisaillement du point

6.6.6 Acceptable test limits

6.6.6.1 Acceptable test limits for ball bonds

The ball bonds on a part shall be considered acceptable if the minimum individual and average bond shear values are greater than or equal to those stated in figure 15 and table 11.

Alternate minimum bond shear values may be used if agreed to by both the part supplier and the end-user (customer).



NOTE See table 11 for exact bond shear values.

(1 gf = 9,81 mN, 0,001 in = 25,4 μm)

Figure 15 – Minimum acceptable individual and average ball bond shear values

Table 11 – Limites minimales acceptables pour les valeurs individuelles et moyennes de cisaillement du point, applicables au point d'or («gold ball bond») sur métallisation en alliage A1/A1

Diamètre du point (ball)		Cisaillement moyen ¹⁾	Cisaillement individuel minimal (lecture) ²⁾
µm	0,001 pouce	gf (1 gf = 9,82 mN)	gf (1 gf = 9,82 mN)
25,4	1	4,3	3,1
27,9	1,1	5,2	3,8
30,5	1,2	6,2	4,5
33,0	1,3	7,3	5,3
35,6	1,4	8,5	6,2
38,1	1,5	9,7	7,1
40,6	1,6	11,1	8,0
43,2	1,7	12,5	9,1
45,7	1,8	14,0	10,2
48,3	1,9	15,6	11,3
50,8	2	17,3	12,6
53,3	2,1	19,0	13,9
55,9	2,2	20,9	15,2
58,4	2,3	22,9	16,6
61,0	2,4	24,9	18,1
63,5	2,5	27,0	19,6
66,0	2,6	29,2	21,2
68,6	2,7	31,5	22,9
71,1	2,8	33,9	24,6
73,7	2,9	36,3	26,4
76,2	3	38,9	28,3
78,7	3,1	41,5	30,2
81,3	3,2	44,2	32,2
83,8	3,3	47,0	34,2
86,4	3,4	49,9	36,3
88,9	3,5	52,9	38,5
91,4	3,6	56,0	40,7
94,0	3,7	59,1	43,0
96,5	3,8	62,4	45,4
99,1	3,9	65,7	47,8
101,6	4	69,1	50,3
104,1	4,1	72,6	52,8
106,7	4,2	76,2	55,4
109,2	4,3	79,9	58,1
111,8	4,4	83,6	60,8
114,3	4,5	87,5	63,6
116,8	4,6	91,4	66,5
119,4	4,7	95,4	69,4
121,9	4,8	99,5	72,4
124,5	4,9	103,7	75,4
127,0	5	108,0	78,5

¹⁾ Cisaillement moyen minimal basé sur 5,5 gf/(0,001 pouce)² soit environ 0,00853 gf/µm² (0,0837 mN/µm²)

²⁾ Cisaillement individuel minimal basé sur 4,0 gf/(0,001 pouce)² soit environ 0,0062 gf/µm² (0,0608 mN/µm²)

Table 11 – Minimum acceptable individual and average ball bond shear values for gold ball bond on A1/A1 alloy metallization

Ball diameter		Minimum shear average ¹⁾	Minimum individual shear reading ²⁾
µm	0,001 in	gf (1 gf = 9,82 mN)	gf (1 gf = 9,82 mN)
25,4	1	4,3	3,1
27,9	1,1	5,2	3,8
30,5	1,2	6,2	4,5
33,0	1,3	7,3	5,3
35,6	1,4	8,5	6,2
38,1	1,5	9,7	7,1
40,6	1,6	11,1	8,0
43,2	1,7	12,5	9,1
45,7	1,8	14,0	10,2
48,3	1,9	15,6	11,3
50,8	2	17,3	12,6
53,3	2,1	19,0	13,9
55,9	2,2	20,9	15,2
58,4	2,3	22,9	16,6
61,0	2,4	24,9	18,1
63,5	2,5	27,0	19,6
66,0	2,6	29,2	21,2
68,6	2,7	31,5	22,9
71,1	2,8	33,9	24,6
73,7	2,9	36,3	26,4
76,2	3	38,9	28,3
78,7	3,1	41,5	30,2
81,3	3,2	44,2	32,2
83,8	3,3	47,0	34,2
86,4	3,4	49,9	36,3
88,9	3,5	52,9	38,5
91,4	3,6	56,0	40,7
94,0	3,7	59,1	43,0
96,5	3,8	62,4	45,4
99,1	3,9	65,7	47,8
101,6	4	69,1	50,3
104,1	4,1	72,6	52,8
106,7	4,2	76,2	55,4
109,2	4,3	79,9	58,1
111,8	4,4	83,6	60,8
114,3	4,5	87,5	63,6
116,8	4,6	91,4	66,5
119,4	4,7	95,4	69,4
121,9	4,8	99,5	72,4
124,5	4,9	103,7	75,4
127,0	5	108,0	78,5

¹⁾ Average based on 5,5 gf/(0,001 in)² which is approximately 0,00853 gf/µm² (0,0837 mN/µm²)

²⁾ Individual minimum based on 4,0 gf/(0,001 in)² which is approximately 0,0062 gf/µm² (0,0608 mN/µm²)