Association Connecting Electronics Industries

© IPC 2015
3000 Lakeside Drive, Suite 309-S
Bannockburn, IL 60015-1219
+1 847.615.7100 (tel.)
+1 847.615.7105 (fax)
www.ipc.org • email: orderipc@ipc.org

All rights reserved under both international and Pan-American copyright conventions. Any copying, scanning or other reproductions of these materials without the prior written consent of the copyright holder is strictly prohibited and constitutes infringement under the Copyright Law of the United States.

Bleifrei-Bilder für Seite 10 (Anzustreben); S. 11 (Anzustreben); Seite 19 unten (Anzustreben) und Seite 25 (Zulässig) mit freundlicher Genehmigung der Omni Training, 9513 Business Center Dr., Suite J, Rancho Cucamonga, CA 91730.

ISBN # 978-1-61193-284-3

DEMO

Bewertung von THT-Lötstellen

Schulungshandbuch & Nachschlagewerk

IPC DRM-PTH-F DE

Aktualisiert auf
A-610
Rev. F

ONLY

IPC®

Association Connecting Electronics Industries

Bezug:
IPC-A-610 Rev. F – Juli 2014

Inhaltsverzeichnis — Seite

Einführung 2
Klassifizierung 2
Fachbegriffe 3
Abnahmekriterien 5
Bleifrei 5
Bewertungszustände 6

Abmessungskriterien

Bauteilseite (Lot-Zielseite)
Bedeckung der Anschlussfläche 7
Überschusslot 8

Hülse
Vertikaler Lotdurchstieg 9
Benetzung, Anschlussdraht & Hülse 10

Lötseite (Lot-Quellseite)
Benetzung von Anschlussdraht, Anschlussfläche & Hülse 11
Kontaktwinkel 12
Erkennbarkeit der Drahtkontur 13

Zustände der Lötstellen

Lotkugeln 14
Lotbrücken 15
Nadellöcher, Blaslöcher 16
Kalte Lötstelle 17
Bauteilmeniskus in der Lötstelle 18
Korrosion/Aussehen der Oberfläche 19
Lotstörung 20
Freiliegendes Basismetall 21
Fremdpartikel 22
Kürzung der Drahtrestlänge nach dem Löten/Bruch der Lötstelle 23
Drahtrestlänge 24
Drahtrestlänge/Umbiegung 25
Nichtbenetzung 26
Lotzapfen 27
Flussmittelrückstände 28
Lotspritzer/Spinnweben 29

DEMO

Einführung

Dieses Schulungshandbuch und Nachschlagewerk zeigt visuelle Beispiele von Abnahmekriterien, zulässigen Zuständen und Fehlern bei Lötstellen elektronischer Baugruppen in Durchsteckmontage (THT = Through Hole Technology). Als illustriertes Handbuch gedacht, kann es die Schulung und Übung der Bewertung von THT-Lötstellen unterstützen und bezieht sich hierbei auf Teile der folgenden Richtlinie:

IPC-A-610F-DE, Abnahmekriterien für elektronische Baugruppen. Dieses Dokument illustriert die Anforderungen an zahlreiche Arten von Lötverbindungen.

Klassifizierung

Anforderungen an die THT-Lötstellen von Baugruppen der Durchsteckmontage sind in drei Klassen eingeteilt, abhängig von der Endanwendung, der Anforderung an die Lebensdauer und der Betriebsumgebung der elektronischen Baugruppe. Diese sind wie folgt definiert:

Klasse 1 Allgemeine Elektronikprodukte (General Electronic Products)

Schließt Konsumgüter ein, wo die Hauptanforderung das Funktionieren des Produkts ist - weniger eine besonders lange Lebensdauer, Zuverlässigkeit im Betrieb oder äußerliche Perfektion.

Klasse 2 Elektronikprodukte mit höheren Ansprüchen (Dedicated Service Electronic Products)

Schließt Produkte im professionellen Einsatz ein, wo durchgehende Leistung und verlängerte Lebensdauer gefordert ist und wo ununterbrochener Betrieb gewünscht aber nicht kritisch ist. Typischerweise verursacht die Betriebsumgebung keine Schäden durch extreme Belastungen, wie Temperatur oder Verunreinigungen.

Klasse 3 Hochleistungselektronik (High Performance Electronic Products)

(Nicht zu verwechseln mit Leistungselektronik – dieser Begriff beschreibt eine elektrische Leistung) Schließt Produkte ein, wo hohe Leistungsfähigkeit oder Leistung auf Abruf kritisch ist, Geräteausfall nicht gestattet werden kann, die Betriebsumgebung ungewöhnlich harsch sein kann und das Gerät unbedingt funktionieren muss, wenn es eingesetzt wird. Diese Produkte vom Typus hoher Zuverlässigkeit werden in Systemen wie zum Beispiel zur Lebenserhaltung und in der Luft- und Raumfahrt eingesetzt.

Hinweis: Der Prüfer wählt bei der Inspektion die Klasse des zu prüfenden Teils nicht selbst. Mit dem Inspektionsauftrag sollte der Prüfer die anzuwendende Klasse für das jeweilige Teil vorliegen haben.

ONLY

Fachbegriffe

Nachfolgend stehen die Definitionen von Fachbegriffen, die in der Anwendung dieses Handbuchs immer wieder zu finden sind (aus IPC-T-50, Fachbegriffe und Definitionen der Aufbau- und Verbindungstechnik in der Elektronik):

Anschlussfläche – Ein Teil eines Leiterbildes, der normalerweise zur Verbindung und/oder zum Befestigen von Bauteilen verwendet wird.

Anschluss (Bauteil-Beinchen) – Der Draht oder der gebogene Leiter, der aus einem Bauteil herausragt, um eine mechanische und/oder elektrische Verbindung zu erzeugen.

Bauteil/Bauelement – Ein Einzelteil oder eine Kombination von Teilen, die gemeinsam eine Schaltungsfunktion erfüllen.

Benetzung – Die Ausbreitung von Lot auf einer Metalloberfläche unter Bildung eines gleichmäßigen, glatten, ununterbrochenen und fest haftenden Lotfilms.

Durchmetallisiertes Loch (DK=Durchkontaktierung) – Ein Loch mit Metallisierung an der Lochwand (Hülsenbeschichtung) zur elektrischen Verbindung der Leiterbahnstrukturen von Innenlagen, Außenlagen oder beiden an einer Leiterplatte.

Entnetzung – Ein Zustand, der entsteht, wenn flüssiges Lot eine Oberfläche bedeckt und sich dann zurückzieht, um unregelmäßige Hügel von Lot zu hinterlassen, zwischen denen ein dünner Lotfilm liegt, wobei das Basismetall nicht freiliegt.

Fette Lötstelle – Eine Lötstelle, dadurch gekennzeichnet dass die Fügeteil-Oberflächen vollständig im Lot eingebettet sind, und/oder das Lot über die Lötflächen hinausragt [Anschlusskontur nicht sichtbar].

Flussmittelrückstand – Der Überrest des Flussmittels, das auf oder neben der Oberfläche einer Lötverbindung zu finden ist [im „no-clean" Prozess in Ordnung, solange der Rückstand fest ist, sich nicht ausbreitet und keine Kontaktflächen verschmutzt].

Gebogenes Beinchen – Ein Bauteilanschluss, der durch ein Loch in der Leiterplatte gesteckt und dann gebogen oder „geclincht" wurde, um das Bauteil in Position zu halten und metallischen Kontakt mit der Oberfläche zum Löten zu haben.

Gestörte Lötverbindung – Eine Lötstelle, die in ihrem Erscheinungsbild erkennen lässt, dass die Fügeteile während der Erstarrung des Lotes bewegt wurden.

Hohlkehle (Lotmeniskus, englisch „fillet") – Die konkave Oberfläche einer Lötstelle, die den Zwischenraum der verlöteten Metalloberflächen ausfüllt.

Kalte Lötstelle – Eine Lötstelle mit schlechter Benetzung, von grauer und poröser Erscheinung.

Kontaktwinkel – Der Winkel zwischen dem Rand der Lötstelle und der Anschlussoberfläche.

Fortsetzung auf der nächsten Seite ...

DEMO

Leiterbahn – Ein einzelner leitender (metallischer) Pfad in einem Leiterbild.

Lötbarkeit – Die Fähigkeit einer metallischen Oberfläche, von geschmolzenem Lot benetzt zu werden.

Löten – Das Verbinden von metallischen Oberflächen durch Lot ohne Aufschmelzen des Grundmetalls.

Lot (Weichlot) – Eine metallische Legierung mit einer Schmelztemperatur unter 427 °C.

Lotbrückenbildung – Die unerwünschte Bildung eines Kurzschlusses aus Lot zwischen Leitern.

Lotspritzer – Unregelmäßig geformte Lotfragmente an unbestimmten Stellen auf der Oberfläche.

Lotzapfen (Lotvorsprung) – Eine unerwünschte Ausbuchtung an einer erstarrten Lötstelle oder Lotbeschichtung.

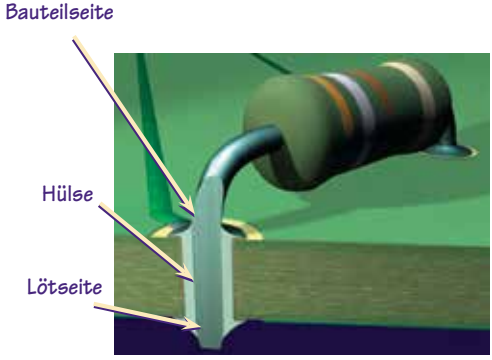
Nadelloch – Ein kleines Loch in der Oberfläche einer Lötstelle, das nach innen in eine Pore undefinierter Größe im Inneren der Lötstelle mündet.

Nichtbenetzung – Geschmolzenes Lot haftet nur teilweise und breitet sich nicht auf der Oberfläche aus, Grundmetall bleibt sichtbar.

Rückstand – Jegliche optisch auffällige oder messbare Erscheinung von Verunreinigungen, die aus dem Prozess stammen ("no-clean"-Flussmittel-Rückstände werden allerdings nicht als Verunreinigung gewertet).

Spinnweben – Ein durchgängiger Film oder Vorhang aus Lotfäden, der an, aber nicht notwendigerweise auf einer Oberfläche hängt, die eigentlich frei von Lot sein sollte.

Schnitt-Ansicht einer THT-Lötstelle im durchmetallisierten Loch, Idealzustand



Bauteilseite: Die Seite einer THT-Baugruppe mit den meisten Bauteilkörpern. Sie wird auch als "Primärseite" bezeichnet und ist im Falle von Hand- oder Wellenlötung gleichzeitig die „Lot-Zielseite".

Lötseite: Die Seite, auf der das Lot im Wellenlötprozess aufgebracht wird. In diesem Fall ist dies die „Sekundärseite", hier auch die „Lot-Quellseite".

ONLY

Abnahmekriterien

Dieses Schulungshandbuch und Nachschlagewerk ordnet Bewertungskriterien für jede Anforderungsklasse einem oder mehreren der nachfolgenden Zustände (Fertigungsqualität) zu:

Anzustreben (Ziel, Idealzustand)

Zulässig (Freigabezustand)

Prozessindikator (Produktzustand zeigt Prozessabweichung an)

Fehler (Produkt nicht auslieferfähig)

Die linke Spalte im Heft zeigt Bilder oder Zeichnungen jedes Zustands (siehe Beispiele auf der gegenüberliegenden Seite). Die rechte Spalte enthält das zugehörige Bewertungsergebnis, die Produktklasse(n) und die Beschreibung der Bilder. In den folgenden Beispielen stehen die Definitionen der Grenzkriterien rechts von den Musterbildern. Zur besseren Erkennbarkeit verbinden farbige Balken jedes Bild mit der zugehörigen Beschreibung, wobei jeder Bewertungszustand eine eigene Farbe hat.

Hinweis: Die Entscheidung zur Annahme oder Rückweisung muss auf anwendbaren Dokumenten wie Kaufverträgen, Zeichnungen und Spezifikationen beruhen, wie z. B. IPC-A-610 und IPC J-STD-001 oder anderen mitgeltenden Dokumenten.

Bleifreies Löten

Der Hauptunterschied zwischen Lötstellen, die mit Zinn-Blei Legierungen hergestellt wurden und solchen, die bleifreie Legierungen verwenden, ist die optische Erscheinung des Lots.

Zulässige bleifreie und Zinn-Blei Lötstellen können ein ähnliches Erscheinungsbild aufweisen. Bleifreie Legierungen zeigen jedoch mit höherer Wahrscheinlichkeit folgende Erscheinungsbilder:

- Oberflächenrauigkeit (körnig oder matt)
- Größere Benetzungskontaktwinkel*

Alle weiteren, die Lötstelle betreffenden, Kriterien sind gleich.

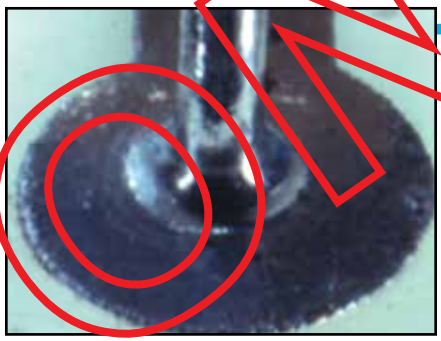
*Die Benetzung kann nicht immer nach dem Erscheinungsbild der Oberfläche beurteilt werden. Die große Vielfalt an Lotlegierungen kann typische Kontaktwinkel zeigen, die von nahezu 0 Grad bis hin zu 90 Grad reichen.

Pb Markiert die Darstellung einer bleifreien Lötstelle

DEMO

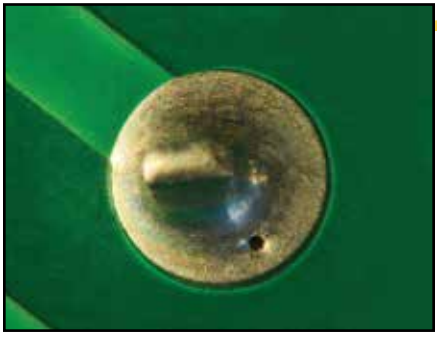
Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Ein an Perfektion grenzender bevorzugter Zustand. Dies ist allerdings ein „Wunsch-Zustand“ und nicht immer realisierbar, außerdem für die Sicherung der Zuverlässigkeit der Baugruppe in ihrer Betriebsumgebung nicht notwendigerweise erforderlich.



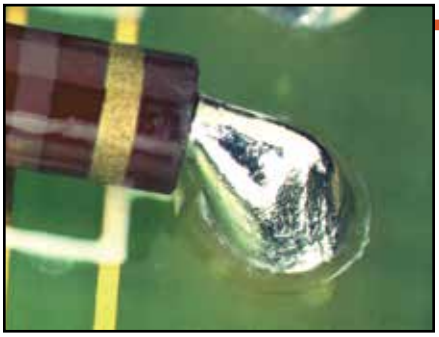
Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Diese Bewertung zeigt eine Bedingung an, in der die Baugruppe zwar nicht unbedingt perfekt sein muss, jedoch in ihrer Betriebsumgebung zuverlässig und bestimmungsgemäß funktioniert.



Prozessindikator — Klassen 1, 2, 3

Ein Prozessindikator ist ein Zustand (kein Fehler), der ein Merkmal beschreibt, das Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion des Produktes nicht beeinträchtigt. Gleichwohl geben Prozessindikatoren dem Kunden einen Hinweis auf minder gute Fertigungsfähigkeit und sollten deshalb genutzt werden, den Fertigungsprozess zu verbessern – auch wenn das Produkt als brauchbar eingestuft wird.



Fehler — Klassen 1, 2, 3

Ein Fehler ist ein Zustand, der die Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion einer Baugruppe in ihrer Betriebsumgebung nicht sicherstellt. Der Hersteller muss daraufhin nacharbeiten, reparieren, verschrotten oder ohne weitere Bearbeitung verwenden (“use as is”), abhängig von Design, Wartungsarbeiten und Kundenforderungen.

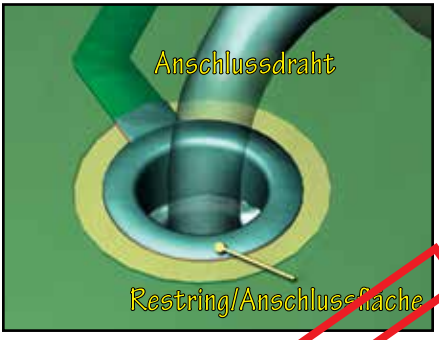
ONLY

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Lötstelle zeigt gute Benetzung mit flach auslaufendem Kontaktwinkel auf der Leiterplatten-Anschlussfläche (im Bild ein Restring) und bedeckt 100% der lötbaren Fläche auf der Lot-Zielseite (hier die Bauteilseite).

Zulässig — Klassen 1, 2, 3

0% der Lötanschlussfläche auf der Lot-Zielseite (im Bildbeispiel die Bauteilseite) ist mit Lot bedeckt. (Das Lot ist zwar bis zur Lot-Zielseite hochgestiegen, hat sich aber nicht über den Rand auf den Restring ausgebreitet).



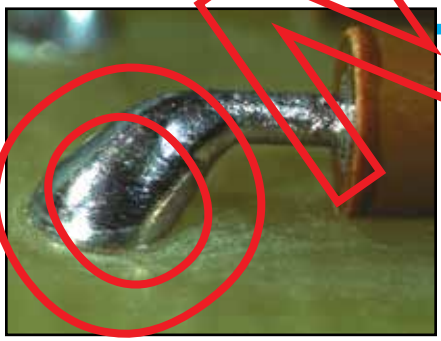
Bezug:
A-610F: 7.3.5.3, Tabelle 7-4

DEMO

Bauteilseite – Überschusslot

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

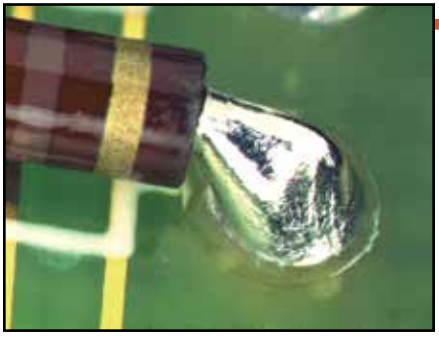
Lötstelle endet unter der Anschlussbiegung.



Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Das Lot reicht bis über die Anschlussbiegung, berührt jedoch nicht den Bauteilkörper.

Das Lot verdeckt nicht die evtl. vorhandene Biegung des Bauteilanschlusses zur Spannungs-/Zugentlastung.

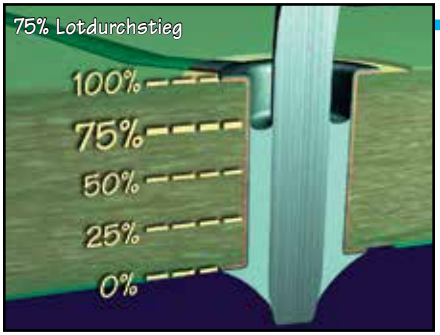


Fehler — Klassen 1, 2, 3

Das Lot reicht bis über die Anschlussbiegung und berührt den Bauteilkörper oder die Anschlussdurchführung/Bauteilversiegelung oder verdeckt die evtl. vorhandene Biegung des Bauteilanschlusses zur Spannungs-/Zugentlastung.

ONLY

Bezug:
A-610F: 7.3.5.6, 7.3.5.7

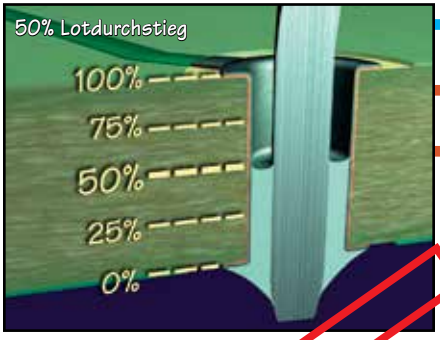


Zulässig — Klassen 2, 3

Der vertikale Lotdurchstieg beträgt mindestens 75% oder anders gesagt: Für die Einsenkung in der Hülse (Primärseite) sind in Summe höchstens 25% auf Lotquell- und Zielseite (Sekundärseite) erlaubt. Der Bauteilanschluss ist auf der Lot-Quellseite der Lötstelle erkennbar.

Hinweise:

Für „zulässig Klasse 1“ ist kein vertikaler Lotdurchstieg gefordert (für „zulässig Klasse 1“ werden nur die 270° Umfangsbenetzung auf der Lot-Quellseite und die 75% Flächenbedeckung gefordert). Bei einigen Anwendungen (z. B. thermischer Schock, elektrische Leistung) kann eine Lotfüllung von weniger als 100% unzulässig sein.



Zulässig — Klasse 2 (14 oder mehr Anschlüsse)

Fehler — Klasse 2 (weniger als 14 Anschlüsse)

Fehler — Klasse 3

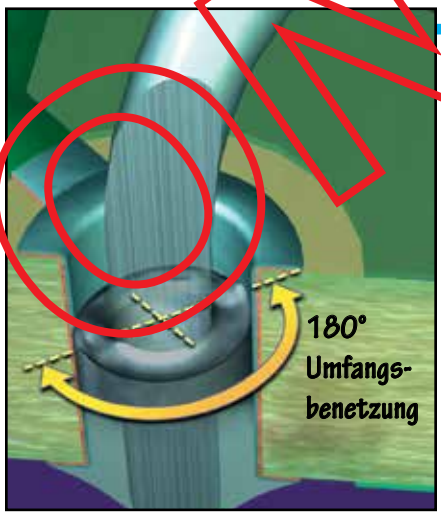
Ein vertikaler Lotdurchstieg von mindestens 50% oder 1,2 mm [0,05 in], je nachdem, was weniger ist, ist zulässig bei Bauteilen der Klasse 2 mit 14 oder mehr Anschlüssen. Weniger als 75% vertikaler Lotdurchstieg ist ein Fehler bei Lötstellen der Klasse 3 und Lötstellen an Bauteilen der Klasse 2 mit weniger als 14 Anschlüssen.

DEMO

Bezug:
A-610F: 7.3.5.1, Table 7-4

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

360 Grad Umfangsbenetzung auf der Lot-Zielseite (Bauteilseite) an **Anschlussdraht** und **Hülse**. 100% vertikaler Lotdurchstieg.

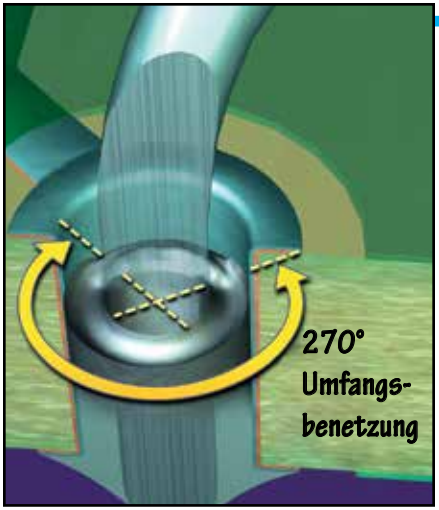


Zulässig — Klasse 2

Mindestens 180 Grad Umfangsbenetzung (halber Umfang) auf der Lot-Zielseite (Bauteilseite) an **Anschlussdraht** und **Hülse**. 75% vertikaler Lotdurchstieg.

Hinweis:

Für Klasse 1 ist keine Mindestforderung zur Umfangsbenetzung an Anschlussdraht und Hülse auf der Bauteilseite aufgestellt.



Zulässig — Klasse 3

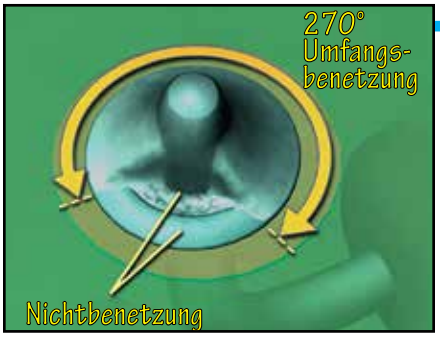
Mindestens 270 Grad Umfangsbenetzung (dreiviertel des Umfangs) auf der Lot-Zielseite (Bauteilseite) an **Anschlussdraht** und **Hülse**. Mindestens 75% vertikaler Lotdurchstieg.

Bezug:
A-610F: 7.3.5.2, Table 7-4

ONLY

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

100% Lotbedeckung und Umfangsbenetzung auf der Lötseite/Lotquellseite der Lötstelle vorhanden.

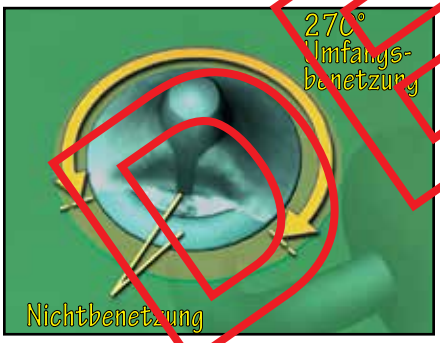


Zulässig — Klassen 1, 2

Mindestens 270 Grad Umfangsbenetzung (dreiviertel des Umfangs) auf der Lötseite/Lotquellseite an **Anschlussdraht, Anschlussfläche** und **Hülse** vorhanden.

Zulässig — Klasse 3

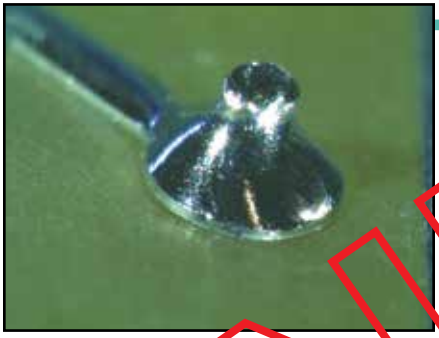
Mindestens 330 Grad Umfangsbenetzung (11/12 des Umfangs) auf der Lötseite/Lotquellseite an **Anschlussdraht** und **Hülse** vorhanden.



Mindestens 270 Grad Umfangsbenetzung (dreiviertel des Umfangs) auf der **Anschlussfläche** vorhanden.

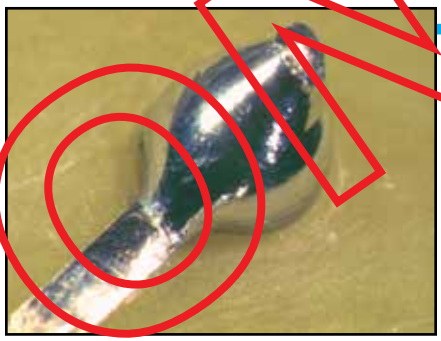
Bezug:
A-610F: 7.3.5.4, 7.3.5.5

DEMO



Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Die Lötstellenoberfläche bildet einen Kontaktwinkel von höchstens 90 Grad.

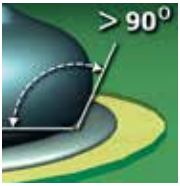


Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Die Lötstellenoberfläche bildet einen Kontaktwinkel von mehr als 90° aufgrund einer großen Lotmenge, die über den Rand der Anschlussfläche übersteht.

Fehler — Klassen 1, 2, 3

Bei Nichtbenetzung formt das Lot eine konvexe Oberfläche, die Schmelze zieht sich kugelförmig zusammen. Der Kontaktwinkel ist größer als 90°, aber das Lot reicht nicht bis an die Anschlussflächenkante. (Siehe Erläuterung auf Seite 5, Benetzungskontaktwinkel bei bleifreiem Lot).



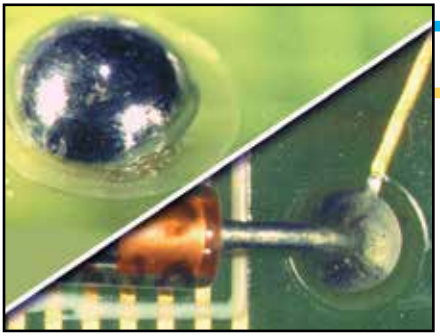
Zieht sich das Lot klumpenförmig auf der Oberfläche zusammen, dann ist das ein Hinweis auf sehr schlechte Benetzung. Die flach auslaufende Kante fehlt. Der Kontaktwinkel ist sehr unregelmäßig.

Bezug:
A-610F: 5, 5.1

ONLY

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

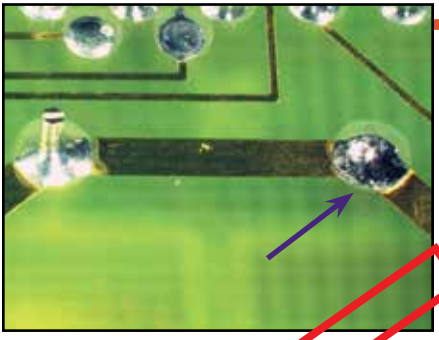
Anschlussdraht und Anschlussfläche sind vollständig benetzt, die Kontur des Anschlussdrahts ist auf der Lötseite klar erkennbar. Die Lötstellenoberfläche ist konkav.



Zulässig — Klasse 1

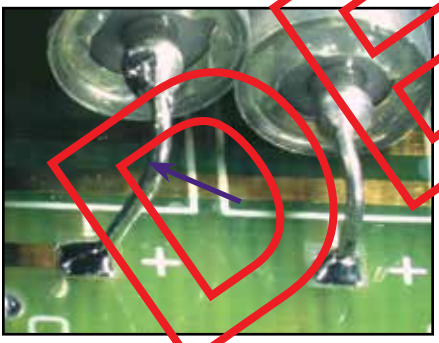
Prozessindikator — Klassen 2, 3

Die Lötstelle ist bei guter Benetzung leicht konvex und aufgrund einer üppigen Lotmenge ist der Anschlussdraht im Lot auf der Lötseite nicht erkennbar. Allerdings ist bei visueller Inspektion auf der Bauteilseite (Lotzielseite) klar festzustellen, dass sich der Anschluss im Loch befindet.



Fehler — Klassen 1, 2, 3

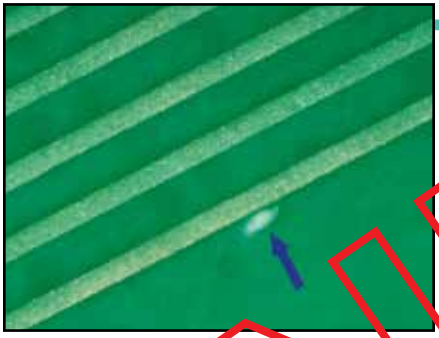
Der Anschlussdraht ist im Lot auf der Lötseite/Lotquellseite nicht erkennbar, weil der Draht aufgrund einer Schiefstellung des Bauteils oder eines verbogenen Anschlussdrahtes auf der Bauteilseite nicht weit genug in das Loch hineinreicht.



Schiefstellung des Bauteils, abgehobenes Bauteil oder verbogener Anschlussdraht auf der Bauteilseite.

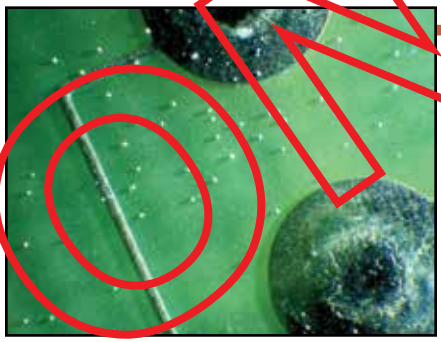
Bezug:
A-610F: 7.3.5

DEMO



Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Eingekapselte Lotkugel.



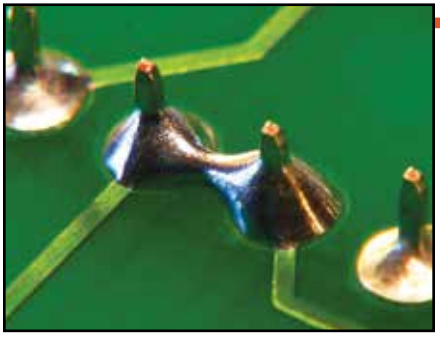
Fehler — Klassen 1, 2, 3

Lotkugeln, die nicht in „no-clean"-Flussmittelrückständen oder in einer Schutzbeschichtung fest haften oder nicht an einer Metalloberfläche befestigt (gelötet) sind oder die den elektrischen Mindest-Isolationsabstand verletzen.

ONLY

Hinweis:
Eingebettet/eingekapselt/fixiert bedeutet, dass sich die Lotkugel im normalen Betrieb des Produkts nicht ablöst.

Bezug:
A-610F: 5.2.7.1



Fehler Klassen 1, 2, 3

Lotbrücken (Kurzschlüsse) zwischen benachbarten Leitern.

Lot hat einen Kurzschluss zwischen benachbarten Leitern gebildet.

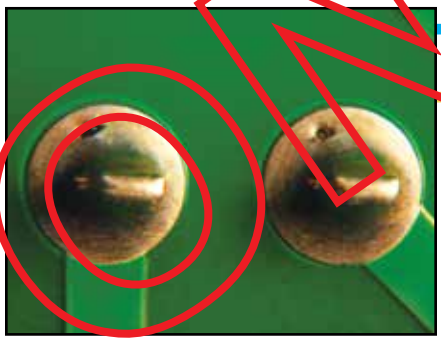
DEMO

Bezug:
A-610F: 5.2.7.2

Nadellöcher, Blaslöcher

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

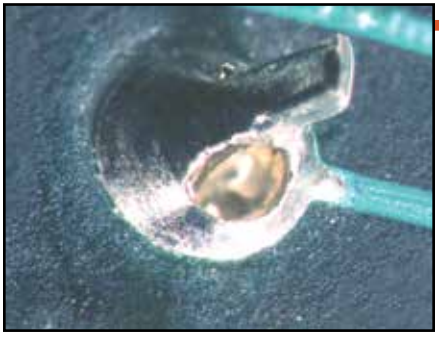
Keine Poren oder Unregelmäßigkeiten in der Oberfläche. Anschlussdraht und Schaltung sind gut benetzt.



Zulässig — Klasse 1

Prozessindikator — Klassen 2, 3

Löcher im Lot, die die Mindestanforderungen in der jeweiligen Klasse nicht gefährden, d.h. Umfangsbenetzung von Anschlussdraht und Hülse, Anschlussflächen-Bedeckung, sowie vertikaler Durchstieg.



Fehler — Klassen 1, 2, 3

Löcher im Lot, die die Umfangsbenetzung von Anschluss und Hülse, die Anschlussflächen-Bedeckung oder den vertikalen Durchstieg unter die Mindestforderungen in der jeweiligen Klasse reduzieren.

Hinweise:

Es liegt in allen drei Klassen ein Fehler vor, wenn die Lötstelle auf der Lötseite/Lötquellseite keine vollständige Umfangsbenetzung zeigt oder die anderen Anforderungen in Tabelle 7-4 nicht erfüllt sind, während von der Bauteilseite (Lotzielseite) her ein Lotmeniskus im Loch erkennbar ist (nicht dargestellt). Es liegt in den Klassen 1 & 2 auch dann ein Fehler vor, wenn bei der Lötstelle auf der Lötseite/Lotquellseite ein Lotmeniskus erkennbar ist (ebenfalls nicht dargestellt).

Bezug:
A-610F: 5.2.2

ONLY

Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Lötstelle ist glatt, glänzend bis seidenmatt und zeigt gute Benetzung auf der gesamten Anschlussfläche und am Anschlussdraht.

Fehler — Klassen 1, 2, 3

Kalte Lötstelle: klumpig und schlechte Benetzung an der Anschlussfläche und am Anschlussdraht.

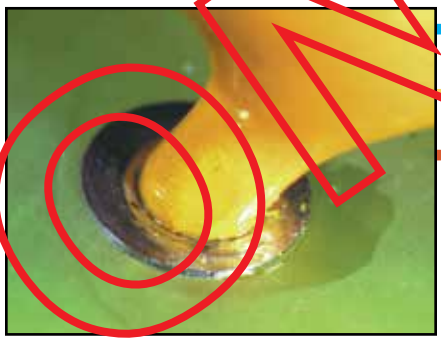
DEMO

Bezug:
A-610F: 5.2.5

Bauteilmeniskus in der Lötstelle

Anzustreben	Klassen 1, 2, 3

Beschichtete oder versiegelte Bauteile: Der Abstand zwischen dem Beschichtungsmeniskus und der Lötstelle beträgt mindestens 1,2 mm.



Zulässig	Klasse 1
Prozessindikator	Klasse 2
Fehler	Klasse 3

Die Bauteilbeschichtung ragt in das durchmetallisierte Loch hinein oder ist in die Lötstelle eingebettet. Alle anderen Anforderungen an die Lötstelle sind erfüllt, einschließlich der Zusatzforderungen im nächsten Absatz (siehe unteres Bild.)

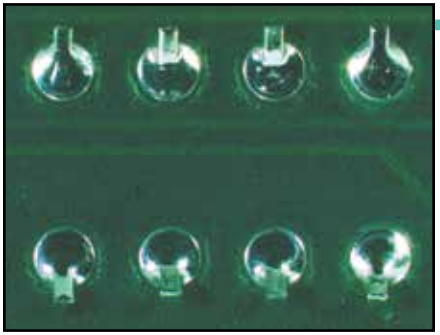
Lötseite/Lotquellseite zeigt 360° Umfangsbenetzung, Bauteilbeschichtung ist auf dieser Seite nicht in der Lötstelle sichtbar.

ONLY

Hinweise:

Es liegt in allen drei Klassen ein Fehler vor, wenn die Lötstelle auf der Lötseite/Lötquellseite keine vollständige Umfangsbenetzung zeigt oder die anderen Anforderungen in Tabelle 7-4 nicht erfüllt sind, während von der Bauteilseite (Lotzielseite) her ein Lotmeniskus im Loch erkennbar ist (nicht dargestellt). Es liegt in den Klassen 1 & 2 auch dann ein Fehler vor, wenn bei der Lötstelle auf der Lötseite/Lotquellseite ein Lotmeniskus erkennbar ist (nicht dargestellt).

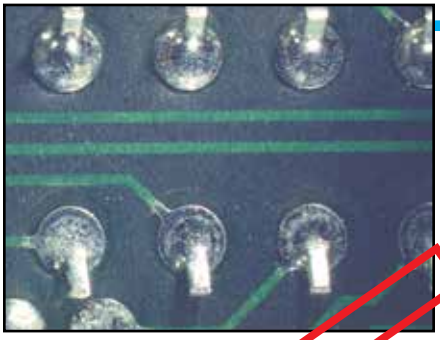
Bezug:
A-610F: 7.3.5.8, Table 7-4



Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Glänzende bis seidenmatte Erscheinung und saubere metallische Oberflächen.

Die Oberflächen bleifreier Lötstellen können matt oder körnig strukturiert sein (erscheinen im Allgemeinen heller als SnPb-Lötstellen).



Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Leichte Mattierung der sauberen, metallischen Oberflächen (z. B. nach einem autom. Reinigungsprozess)

Fehler — Klassen 1, 2, 3

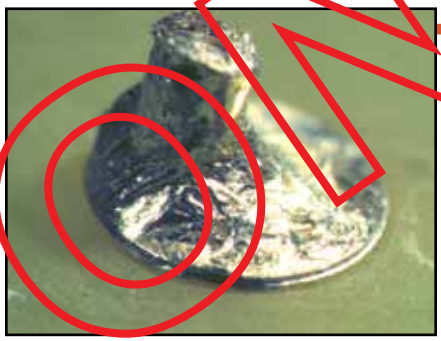
Farbige Rückstände oder rostiges Aussehen von metallischen Oberflächen oder Befestigungsteilen oder andere Korrosionseffekte.

Bezug:
A-610F: 10.6.5

DEMO

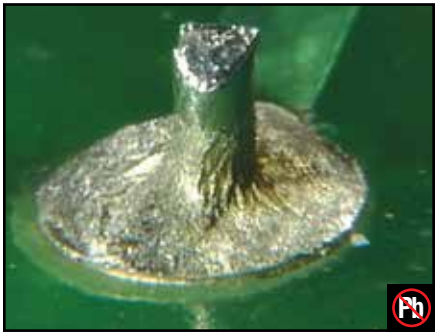
Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Lötstelle ist glatt, glänzend bis seidenmatt und zeigt gute Benetzung auf der gesamten Anschlussfläche und am Anschlussdraht.



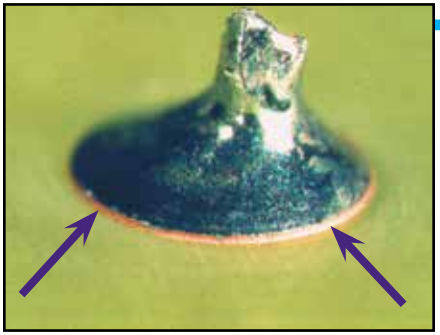
Fehler — Klassen 1, 2, 3

Gestörte Lötstelle, Lotstörung: unebene Oberfläche, weil die Lötstelle beim Abkühlen während der Erstarrung bewegt wurde.



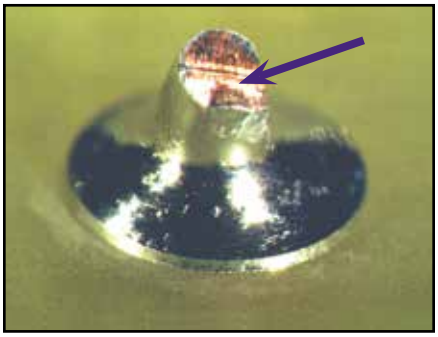
ONLY

Bezug:
A-610F: 5.2.8



Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Freiliegendes Kupfer an den Flanken von Anschlussflächen und Leitern.



Freiliegendes Basismetall an den Schnittenden und Stanzkanten von Bauteilanschlüssen und Drähten.

Hinweise:

Freiliegendes Basismetall an Bauteilanschlüssen, Leiterbahnen und Anschlussflächen aufgrund von Kerben, Kratzern, Dellen oder sonstigen Beschädigungen wird bewertet als:

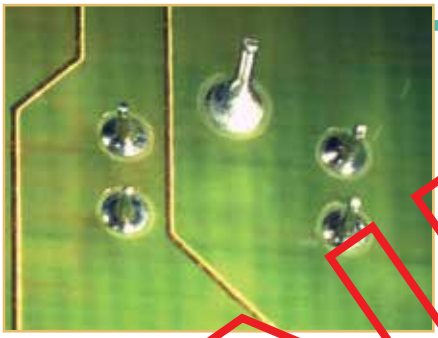
Zulässig - Klasse 1
Prozessindikator - Klassen 2, 3
vorausgesetzt, dass die Anforderungen an Bauteilanschlüsse, Leiter und Anschlussflächen erfüllt sind.

Bestimmte Leiterplatten- und Leiterbahnendoberflächen haben unterschiedliche Benetzungseigenschaften und können die Lothenetzung auf spezifische Bereiche beschränken. Unter diesen Umständen ist freiliegendes Basismetall zulässig, wenn alle anderen Anforderungen erfüllt sind.

DEMO

Bezug:
A-610F: 5.2.1, Figs. 5-4, 5-7

Fremdpartikel



Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Die Fremdpartikel sind fest haftend/eingebettet oder eingekapselt auf der Oberfläche oder in der Lötstoppmaske der Baugruppe und sie verletzen nicht den elektrischen Mindest-Isolationsabstand.

Fehler — Klassen 1, 2, 3

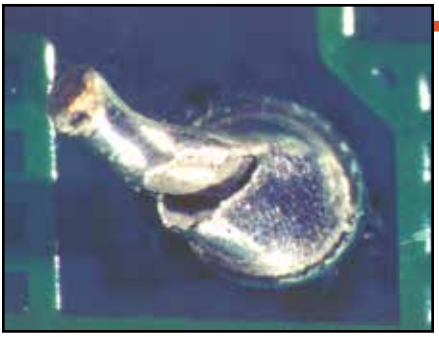
Schmutz, Flusen, Drahtabschnitte oder sonstige Fremdpartikel auf der Baugruppe sind weder fest haftend/eingebettet noch eingekapselt – oder sie verletzen den elektrischen Mindest-Isolationsabstand.

ONLY

Bezug:
A-610F: 10.6.2

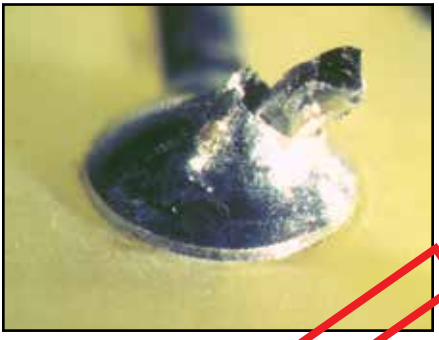
Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Keine Brüche zwischen Anschlussdraht und Lot.



Fehler — Klassen 1, 2, 3

Gebrochene Lötverbindung.



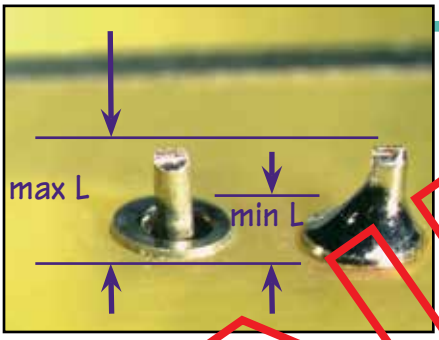
Hinweise:

Folgendes gilt für Leiterplatten-Baugruppen bei denen die Anschlüsse auf der Lötseite/Lotquellseite nach dem Löten gekürzt werden: Bei den Klassen 2 und 3 müssen die Lötstellen entweder umgeschmolzen oder bei 10x-Vergrößerung inspiziert werden, um sicherzustellen, dass die Lötverbindung nicht beschädigt oder deformiert wurde. Falls in die Lötstelle geschnitten wurde, muss diese umgeschmolzen werden.

Bezug:
A-610F: 7.3.5.9

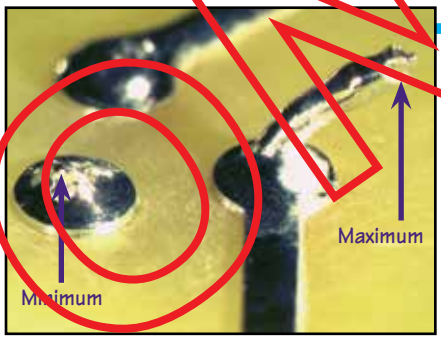
DEMO

Drahtrestlänge



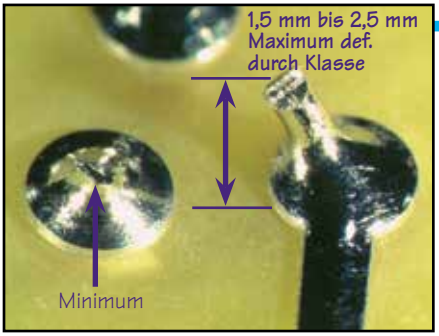
Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Der Überstand des Drahtes über die leitfähigen Oberflächen „L" (=Drahtrestlänge) liegt zwischen dem angegebenen Minimal- und dem Maximalwert.



Zulässig — Klasse 1

Das Drahtende ist in der Lötstelle sichtbar (Minimum) und es verletzt nicht den elektrischen Mindest-Isolationswiderstand, d.h., es besteht keine Gefahr von Kurzschlüssen (Maximum).



Zulässig — Klassen 2, 3

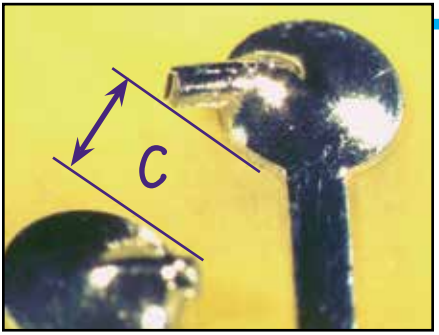
Das Drahtende ist in der Lötstelle sichtbar (Minimum) und ragt nicht weiter als 2,5 mm (Klasse 2) bzw. nicht weiter als 1,5 mm (Klasse 3) über die Oberfläche der Anschlussfläche hinaus, vorausgesetzt, dass das Drahtende den elektrischen Mindest-Isolationswiderstand nicht verletzt und die maximale Höhe nicht überschreitet.

ONLY

Bezug:
A-610F: 7.3.3, Table 7-3, Figs. 7-71, 7-73

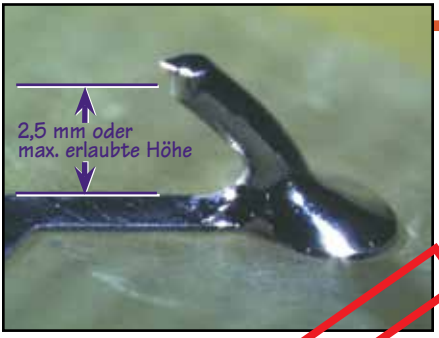
Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Das Drahtende ist parallel zur Leiterplatte und die Biegung ist längs zur verbindenden Leiterbahn ausgerichtet.



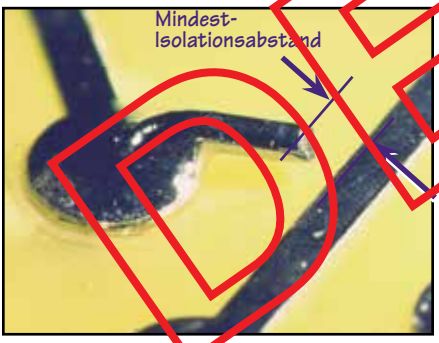
Zulässig — Klassen 1, 2, 3

Der gebogene Draht zeigt in beliebige Richtung, ohne jedoch den elektrischen Mindest-Isolationsabstand (C) zu Leitern anderen Potenzials zu verletzen und er überschreitet nicht die maximal zulässige Höhe eines gerade durchgesteckten Anschlusses.



Fehler — Klassen 1, 2, 3

Der gebogene Draht überschreitet die maximale Höhe, die für gerade Anschlüsse seiner Klasse erlaubt ist. (Anschlüsse, die zur mechanischen Fixierung teilweise umgebogen wurden, sind als gerade Anschlüsse anzusehen und müssen die Anforderungen an die Drahtrestlänge erfüllen.)



Der Anschlussdraht ist in Richtung eines Leiters auf anderem Potenzial gebogen und verletzt den elektrischen Mindest-Isolationsabstand.

Bezug:
A-610F: 7.3.4, Figs. 7-74, 7-75, 7-76, 7-77

DEMO

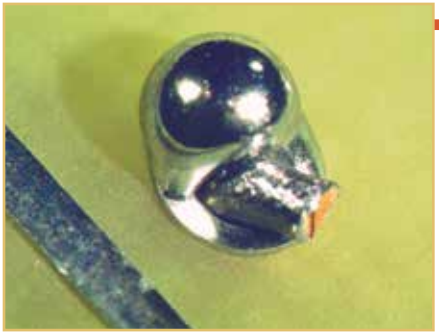
Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Die Lötstelle erscheint allgemein glatt und weist gute Benetzung der Fügeteile mit Lot auf. Die Kontur der Fügeteile zeichnet sich deutlich ab. Das Lot bildet an der Kontaktfläche des Fügeteils eine flach auslaufende Kante.

Zulässig — Klassen 1, 2, 3

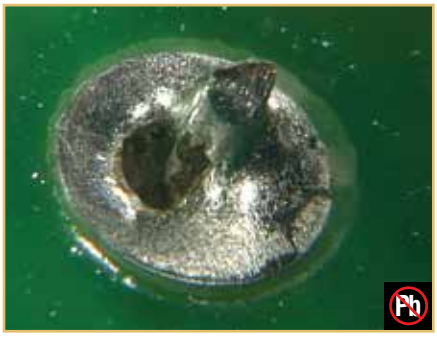
Die Lötverbindung muss Anzeichen von Benetzung und einen sanften Übergang des Lotes in die Oberfläche aufweisen, dabei beträgt der Kontaktwinkel 90° oder weniger.

(Siehe auch Seite 12, Kontaktwinkel auf der Lötseite.)



Fehler — Klassen 1, 2, 3

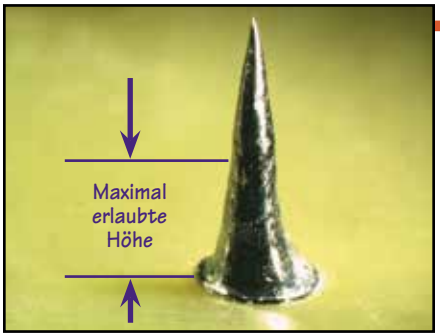
Nichtbenetzung führt dazu, dass das Lot eine Kugel oder Perlen auf der Oberfläche formt. Die Lötstelle ist konvex, es ist keine flach auslaufende Kante erkennbar



Geschmolzenes Lot haftet nicht und bildet nicht die erforderliche metallische Verbindung zwischen Anschlussdraht, Hülse und Anschlussfläche.

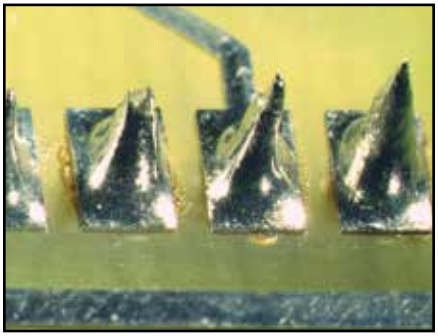
Bezug:
A-610F: 5.2.4

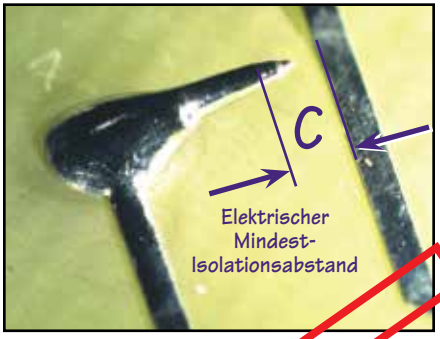
ONLY



Fehler — Klassen 1, 2, 3

Lotzapfen, die den elektrischen Mindest-Isolationsabstand oder die Anforderungen an die maximale Höhe der Baugruppenkonstruktion verletzen (die Baugruppe könnte einen Kurzschluss zu einer benachbarten Leiterplatte oder einem Rahmen erzeugen, wenn sie in ihre endgültige Systemposition eingebaut wird).

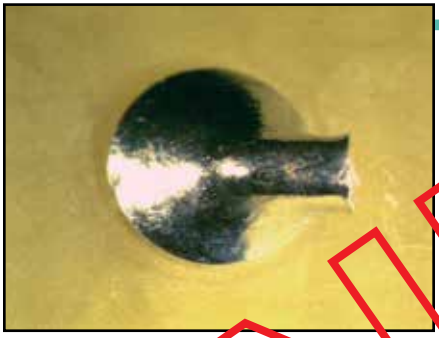




Lotzapfen, die den elektrischen Mindest-Isolationsabstand (C) verletzen.

DEMO

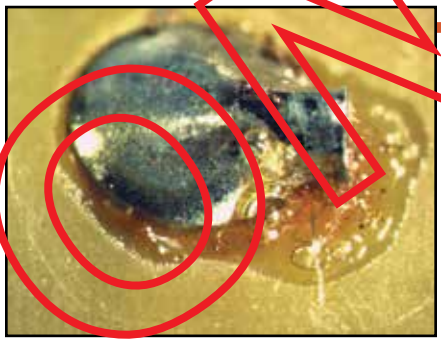
Bezug:
A-610F: 5.2.10



Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Kein Flussmittelrückstand sichtbar.

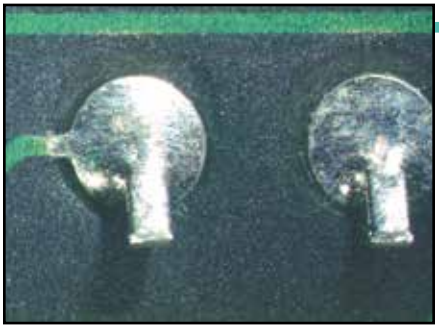
Hinweis: *Flussmittelrückstände von no-clean-Prozessen können erlaubt sein.*



Fehler — Klassen 1, 2, 3

Sichtbare Flussmittelrückstände, die nach dem Löten aktiv bleiben und entfernt werden müssen ("cleanable" fluxes) oder jegliche aktive Flussmittelrückstände auf Kontaktflächen.

Hinweis: Für Klasse 1 kann das nach Qualifikationstests zulässig sein. Es sind auch Flussmitteleinschlüsse in und unter Bauteilen zu prüfen. „no-clean"-Prozesse müssen die Reinheitsanforderungen des Endprodukts erfüllen. (Auch in und unter Bauteilen gefangene Rückstände müssen geprüft werden).



Anzustreben — Klassen 1, 2, 3

Alle Oberflächen der Baugruppe sind rein, keine Rückstände sichtbar.

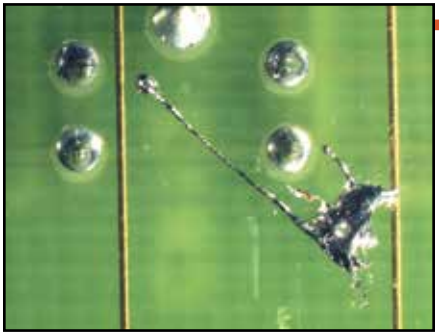
Fehler — Klassen 1, 2, 3

Metallische Bereiche zeigen weiße, kristalline Ablagerungen. Weiße Rückstände auf der Leiterplatten-Oberfläche, auf oder um den gelöteten Anschluss herum.

Hinweis: *Weiße Rückstände aus no-clean- oder anderen Prozessen sind zulässig, vorausgesetzt die Rückstände der verwendeten Chemikalien sind als unschädlich qualifiziert worden.*

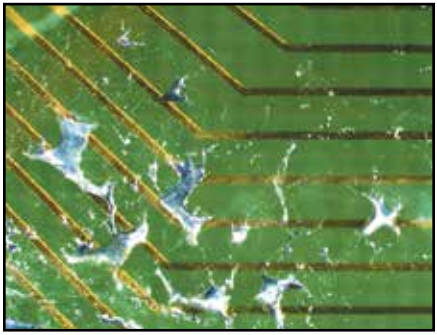
Bezug:
A-610F: 10.6.1, 10.6.3

ONLY



Fehler Klassen 1, 2, 3

Lotspritzer, die nicht fixiert, eingebettet oder eingekapselt sind oder den elektrischen Mindest-Isolationsabstand verletzen. Lotspritzer auf metallischen Bauteiloberflächen, die Form, Einsatzfähigkeit oder Funktion beeinträchtigen.



„Spinnweben“.

DEMO

Bezug:
A-610F: 5.2.7.3

Dieses Nachschlagewerk ersetzt keine IPC-Richtlinien oder Spezifikationen und es nimmt keine Vorrangstellung ein. Während jede Anstrengung unternommen wurde, die passenden Abschnitte aus dem Dokument IPC-A-610 Rev. F wiederzugeben, enthält dieses Büchlein möglicherweise nicht alle relevanten Anforderungen und ist nicht zum Einsatz als Richtlinie im Branchenkonsens gedacht. Der IPC lehnt jegliche Gewährleistung oder Garantie, explizit oder implizit, ausdrücklich ab, und haftet nicht für Schäden jeglicher Art im Zusammenhang mit der Information, die in IPC-DRM-PTH-F DE dargestellt ist.

ONLY

Wenn Sie Anmerkungen oder Vorschläge zu diesem Schulungshandbuch und Nachschlagewerk haben, nehmen Sie bitte Kontakt auf mit:

IPC Training
P.O. Box 389
Ranchos de Taos, NM 87557
+1 847.597.2940 (tel.)
+1 575.758.7938 (fax)
ipctraining@ipc.org