

Peter Stahl, Julian Guter, Dr.-Ing. Robert Zauter

Alles eine Frage des Maßstabs – Diskussion des Bewertungsmaßstabs für Löttests mit bleifreiem Lot an Band aus Kupfer und Kupferlegierungen

Erschienen im Tagungsband

Anwenderkongress Steckverbinder 2024

Alles eine Frage des Maßstabs – Diskussion des Bewertungsmaßstabs für Löttests mit bleifreiem Lot an Band aus Kupfer und Kupferlegierungen

Peter Stahl, Julian Guter, Dr.-Ing. Robert Zauter

Wieland-Werke AG, Graf-Arco-Str. 36, 89079 Ulm, Deutschland

Kurzfassung

Die DIN EN IEC 60068-2-20 wird zunehmend, über ihren eigentlichen Anwendungsbereich für aus Bauelementen herausgeführten Anschlüssen hinaus, zur Spezifikation der Löteignung von Bändern aus Kupfer und Kupferlegierungen angewendet. In der vorliegenden Untersuchung wurden in der Norm beschriebene Lötbad-Tests mit SnPb40-Lot und Sn96,5Ag3Cu0,5-Lot durchgeführt und die Ergebnisse diskutiert. Diese zeigen auf, dass neben dem erwartbaren Einfluss der Zusammensetzung des Lötbad auf das Lötresultat, insbesondere der bei der Sichtprüfung angewendete Bewertungsmaßstab entscheidend für die Beurteilung des Lötresultates ist. Bei der Bewertung der Ausprägungsformen der sich bildenden Lotüberzüge auf den Proben bei Anwendung des bleifreien Lotes Sn96,5Ag3Cu0,5 spielt insbesondere die Frage nach der Kritikalität von lokal sehr dünn ausgeprägten Lotüberzügen eine entscheidende Rolle. Werden derlei Ausprägungsformen von Lotüberzügen als kritisch eingestuft, muss die Löteignung von Kupfer und Kupferlegierungen mit Sn96,5Ag3Cu0,5-Lot grundsätzlich als kritisch bewertet werden. Denn sogar hinsichtlich Kohlenstoff- und Oxidschichtbelegung sehr saubere Probenoberflächen, welche durch scharfes Beizen unmittelbar vor den Tests mit Sn96,5Ag3Cu0,5 eingestellt wurden, zeigen ebenfalls größtenteils diese Ausprägungsformen von Lotüberzügen. Eine offene Diskussion des Bewertungsmaßstabes bei Anwendung von bleifreien Lötloten ist daher geboten.

1. Hintergrund

Nach ersatzloser Streichung der DIN 32506 im Jahre 2017, gemäß welcher dem Hubtauchtest zugeführte Bandmuster „hinsichtlich ihrer Benetzung anhand von Vergleichsmustern“ [1] geprüft wurden, existiert für Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen kein genormter Löttest mehr. Mangels Alternative wird daher häufig die DIN EN IEC 60068-2-20 [2] auch auf Bandwerkstoffe angewendet. Diese Norm beschreibt Löttests mit bleifreiem und bleihaltigem Lot an aus Bauelementen herausgeführten Anschlüssen, also Leads (Anschlussbeinchen).

In der täglichen Praxis wird der Löttest nach DIN 32506 weiterhin von vielen Anwendern von Kupferbändern als Abnahmekriterium akzeptiert, da seine Aussagekraft für zahlreiche Anwendungen genügend ist. Dennoch ist die Anwendung der DIN EN IEC 60068-2-20 auch auf Bänder aus Kupfer und Kupferlegierungen üblich, sodass eine eingehende Auseinandersetzung mit den Vorgaben der Norm

und der Interpretation der Löttergebnisse aus Sicht eines Halbfabrikateherstellers geboten ist. Grundsätzlich ist die Durchführbarkeit der in der DIN EN IEC 60068-2-20 genormten Hubtauchtests sowohl mit bleihaltigem als auch mit bleifreiem SAC-Lot auch an Bandproben gegeben, jedoch erweisen sich die zu beobachtenden Löttergebnisse als diskussionswürdig.

2. Durchführung des Löttests nach DIN EN IEC 60068-2-20

Die DIN EN IEC 60068-2-20 ist in zwei Abschnitte aufgeteilt. Der erste Teil beschreibt die Prüfung der Lötbarkeit von Draht- und Flachanschlüssen mittels Hubtauchverfahren (Prüfung Ta). Dieser Normabschnitt ist Gegenstand der vorliegenden Untersuchungen, da die dort beschriebene Testmethodik zunehmend auch auf Bandwerkstoffe aus Kupfer und Kupferlegierungen angewendet wird. Bei den folgenden Untersuchungen gemäß Prüfung Ta kam das Testverfahren 1 (Lötbad) zur Anwendung. Eine mögliche Alterung der Proben vor der Prüfung fand nicht statt.

Der zweite Teil befasst sich mit der Prüfung der Lötwärmebeständigkeit, wobei die Widerstandsfähigkeit eines Prüflings gegen die beim Löten wirkende Wärme geprüft werden soll (Prüfung Tb). Dieser Abschnitt der Norm ist auf Bandwerkstoffe aus Kupfer- und Kupferlegierungen nicht anwendbar und wird daher in diesem Beitrag nicht betrachtet.

2.1. Probenentnahme

Die Proben wurden, wie von der Norm verlangt, „im Anlieferzustand“ der Prüfung zugeführt. Hierzu wurden entsprechende Bandabschnitte aus der regulären Bandfertigung der Wieland-Werke AG abgezweigt. Bei der Auswahl der Proben wurde auf ein breites Legierungs-, sowie ein großes Dickenpektrum Wert gelegt. Da Proben aus der großtechnischen Bandfertigung zum Einsatz kamen, war es leider nicht möglich, bei der Vielzahl an Legierungen stets die exakt gleichen Enddicken der Proben zu gewährleisten. Die Proben wurden daher in drei Dickenklassen eingeteilt. Die abgezweigten Bandabschnitte wurden bis zur Prüfung einzeln in Papier gewickelt und in Kunststofftüten verpackt bei Raumtemperatur gelagert. Aus den Bandabschnitten wurden mit Hilfe einer Schlagschere Proben von 10x75 mm für den Löttest geschnitten. Unmittelbar danach begann die Prüfung der Proben gemäß DIN EN IEC 60068-2-20.

Tab. 1: Entnommene Proben mit den entsprechenden Banddicken

Wieland-K32	Cu-ETP	0,2 mm	0,6 mm	0,78 mm
Wieland-K09	Cu-OFE	0,2 mm	0,57 mm	1,0 mm
Wieland-K88	CuCrAgFeTiSi	0,2 mm	0,5 mm	
Wieland-K75	CuCrSiTi	0,2 mm	0,6 mm	0,8 mm
Wieland-K76	CuNiSiP	0,3 mm	0,6 mm	
Wieland-K73	CuNi1ZnSi	0,2 mm		
Wieland-K55	CuNi3Si1Mg	0,2 mm	0,48 mm	0,7 mm
Wieland-M30	CuZn30	0,3 mm	0,7 mm	1,0 mm
Wieland-M38	CuZn38	0,3 mm	0,6 mm	0,8 mm
Wieland-B14	CuSn4	0,2 mm	0,65 mm	
Wieland-B16	CuSn6	0,3 mm	0,6 mm	1,0 mm
Wieland-B18	CuSn8	0,15 mm	0,6 mm	
		<0,4 mm	0,4–0,7 mm	0,7–1,0 mm
		„dünn“	„mittel“	„dick“

Bei allen in Tabelle 1 genannten Proben handelt es sich um Blankbandproben. Zu Vergleichszwecken wurden noch vier weitere Proben von feuerverzintem Band untersucht:

- Wieland-K75 (CuCrSiTi) 0,3 mm mit 1–3 µm Sn
- Wieland-K75 (CuCrSiTi) 0,4 mm mit 2–4 µm Sn
- Wieland-K75 (CuCrSiTi) 0,8 mm mit 1–3 µm Sn
- Wieland-K55 (CuNi3Si1Mg) 0,6 mm mit 1–3 µm SnAg

Die Benetzung von Lötzinn auf bereits verzintten Bandoberflächen wird als problemlos eingestuft.

2.2. Testablauf und Testbedingungen

Die DIN EN IEC 60068-2-20 sieht bei Prüfung Ta, Testverfahren 1 (Lötbad) prinzipiell die Verwendung von SnPb, Sn96,5Ag3Cu0,5 (SAC-Lot) und Sn99,3Cu0,7 vor. In der vorliegenden Untersuchung wurde sich auf den Vergleich der in der Praxis am häufigsten vorkommenden Lote SnPb und Sn96,5Ag3Cu0,5 (SAC-Lot) beschränkt.

Beim Hubtauchtest wird die Probe zuerst in ein Flussmittel getaucht und anschließend zum Trocknen aufgehängt. So kann überschüssiges Flussmittel ablaufen. Das Flussmittel soll nicht aktiviert sein. Wenn ein nicht-aktiviertes Flussmittel ungeeignet ist, darf jedoch auch ein geringfügig aktiviertes Flussmittel verwendet werden. Da aus Voruntersuchungen bereits bekannt ist, dass sich einige Legierungen aus Tab.1 mit nichtaktiviertem Flussmittel nicht gut benetzen lassen, wurde ein geringfügig aktiviertes Flussmittel gewählt und dies für alle Legierungen angewendet, um eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

Nach der Trocknungszeit des Flussmittels wurde die Probe unmittelbar in das Lötbad getaucht. Unmittelbar vor dieser Prüfung wurde, gemäß Normvorgabe, die Schlacke auf der Oberfläche des geschmolzenen Lots mit einem Abstreifer entfernt.

Gemäß der Parameter in Tab. 2 wurden je drei Proben pro Werkstoff-Dicken-Kombination aus Tab. 1 sowohl mit bleihaltigem SnPb40-Lot als auch mit bleifreiem SAC-Lot (Sn96,5Ag3Cu0,5) getestet.

Tab. 2.: Testbedingungen für die Flussmittelaufbringung und den Hubtauchtest im Lötbad gemäß DIN EN IEC 600682-2-0 Prüfung Ta, Testverfahren 1 [2]

	Parameter	DIN EN IEC 60068-2-20 mit bleihaltigem SnPb-Lot	DIN EN IEC 60068-2-20 mit bleifreiem SAC-Lot
Flussmittel	Zusammensetzung	25 Gew.-% Kolophonium gelöst in 75 Gew.-% Isopropanol Diäthylammoniumchlorid: 0,15 % ± 0,01 %	
	Ablauf-/Trocknungszeit	60 +/- 5 s	

Lötbad	Zusammensetzung	L-Sn60Pb Mit Sn: 60 % und Pb: 40 %	SnAg3Cu0,5 mit Ag von 3,0–4,0 % und Cu von 0,5–1,0 %
	Temperatur	235 +/- 3 °C	245 °C +/- 3 °C
	Eintauchgeschwindigkeit	25 mm/s	
	Tauchtiefe	25 mm	
	Verweildauer	2 +/- 0,2 s	3 +/- 0,3 s
	Auftauchgeschwindigkeit	25 +/- 2,5 mm/s	

3. Ergebnisse

3.1. Auswertung der Proben

Gemäß DIN EN IEC 60068-2-20 müssen die Prüflinge zur Bewertung einer Sichtprüfung bei entsprechender Beleuchtung und unter Zuhilfenahme eines Stereomikroskops bei 4- bis 100-facher Vergrößerung unterzogen werden.

Bei der Sichtprüfung ist darauf zu achten, dass die „für das Löten maßgebliche Oberfläche“ mit einer Lotschicht bedeckt sein muss, wobei nur „wenige regellos verteilte Fehlstellen wie Poren oder unbenetzte oder entnetzte Stellen“ [2] erlaubt sind. Auf „mindestens 95 % der kritischen Fläche jedes einzelnen Anschlusses“ muss die Lotschicht fehlerfrei ausgebildet sein.

Da in der vorliegenden Untersuchung keine Anschlüsse untersucht wurden, wurde die Referenzfläche als die gesamte vom Lot benetzte Fläche auf den Bandproben definiert. Bei der Untersuchung wurde darauf geachtet, dass die in der Norm definierten Fehler maximal 5 % dieser Referenzfläche ausmachen. Ferner muss, laut Normvorgabe, das Lot bei Lotlegierungen die Blei enthalten, glatt und glänzend ausgebildet sein [2].

3.2. Generelle Beobachtungen

Bei der gemäß Kapitel 3.1. durchgeführten Auswertung der in Tab. 1 genannten Proben konnten drei unterschiedliche Ausprägungsformen des Lotüberzuges nach dem Lötvorgang beobachtet werden.

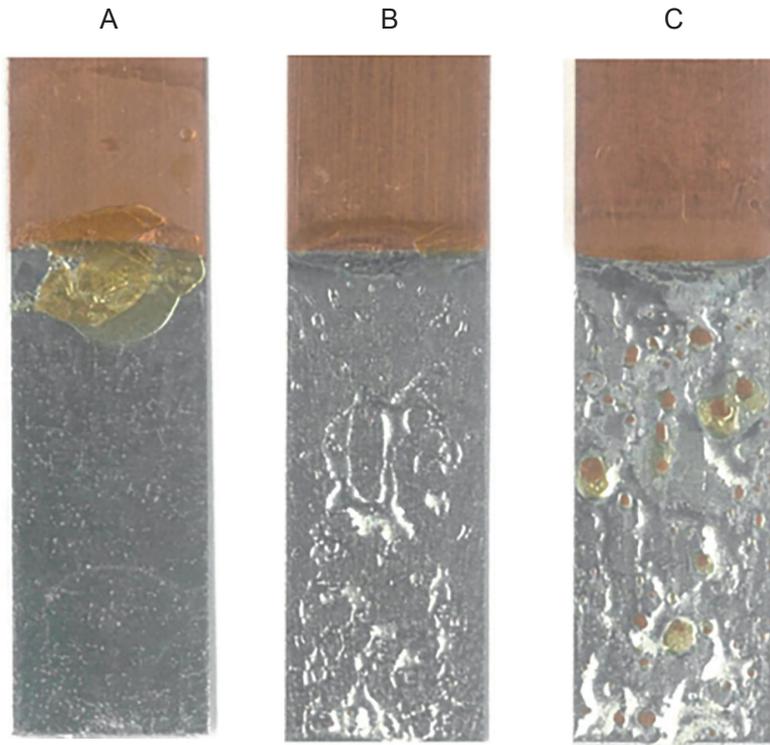


Abb. 1: Ausprägungsformen des Lotüberzuges

A – glatt und glänzend

B – vollständig benetzt mit Unebenheiten der Lotoberfläche

C – unvollständig benetzt mit Unebenheiten der Lotoberfläche

Folgende normgemäße Begriffsdefinitionen sind in diesem Zusammenhang für die weitere Diskussion der Ergebnisse essenziell:

„Benetzung“: Bildung eines haftenden Lotüberzuges auf einer Oberfläche
Anmerkung: Ein kleiner Benetzungswinkel zeigt Benetzung an.

„Unbenetzung“: Unfähigkeit einen haftenden Überzug auf einer Oberfläche zu bilden.
Anmerkung: In diesem Fall ist der Benetzungswinkel größer als 90° .

„Entnetzung“: Zusammenziehen eines vorher auf einer festen Oberfläche benetzend ausgebreiteten Lots.
Anmerkung: In manchen Fällen kann ein sehr dünner Lotfilm zurückbleiben.
Wenn sich das Lot zusammenzieht, steigt der Benetzungswinkel an.

Unabhängig vom verwendeten Lot, des Probenwerkstoffs und der Banddicke stellt sich bei den Ausprägungsformen des Lotüberzuges in Abb. 1 die Frage, ob und inwiefern diese, gemäß der Begriffsdefinitionen in der DIN EN IEC 60068-2-20 (unter Abschnitt 3), als Fehler interpretiert werden müssen.

Ausprägungsform A

Hier zeigt der Lotüberzug eine glatte, glänzende und gleichmäßige Oberfläche. Auch unter maximaler Vergrößerung (100-fach) sind keinerlei Fehler gemäß der Begriffsdefinitionen der DIN EN IEC 60068-2-20 zu erkennen. Die Überzugsdicke beträgt ca. 5-10µm (siehe Abb.2).

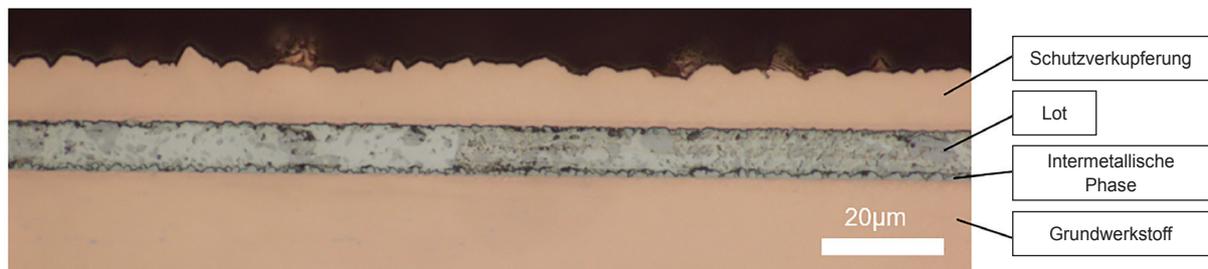


Abb. 2: Schliff durch einen gleichmäßig dicken Lotüberzug der Ausprägungsform A

Ausprägungsform B

Analog zu Ausprägungsform A hat das Lot die Oberfläche vollständig bedeckt. Unbenetzungen sind nicht erkennbar. Klar zu erkennen sind jedoch Unebenheiten der Lotoberfläche, die sich in deutlich unterschiedlichen Lotüberzugsdicken sicht- und messbar macht (diese schwankt im Bereich zwischen 2 und 50 µm). Im Sinne der DIN EN IEC 60068-2-20 kann ein solcher Lotüberzug als Benetzung angesehen werden, da klar und deutlich der haftende Überzug erkennbar ist. Ferner sieht man auch im Schliffbild die geringen Benetzungswinkel an den Stellen, an welchen sich das Lot zusammengezogen hat (Abb. 3). Diese liegen deutlich unterhalb von 45°.

Andererseits kann eine derartige Ausprägungsform des Lotüberzugs auch als Entnetzung im Sinne der DIN EN IEC 60068-2-20 bewertet werden, da sich das Lot an einigen Stellen zusammengezogen hat. Leider macht die Norm keine Angaben darüber, wie groß der Benetzungswinkel oder wie klein der „sehr dünne Lotfilm“ sein muss, um eine Entnetzung eindeutig zu charakterisieren. Mit Hilfe metallografischer Untersuchungen kann festgestellt werden, dass auch an den dünn benetzten Stellen freies Zinn und damit im Sinne der DIN EN IEC 60068-2-20 ein haftender Lotüberzug vorhanden ist (Abb. 4a). Abb. 4b zeigt den dazugehörigen EDX line scan, der diesen Sachverhalt bestätigt. Der Zinn-Peak beweist das Vorliegen des „reinen“ Lotes auf der intermetallischen Phase, über welche der Lotüberzug stoffschlüssig und fest haftend mit dem Grundmaterial verbunden ist.

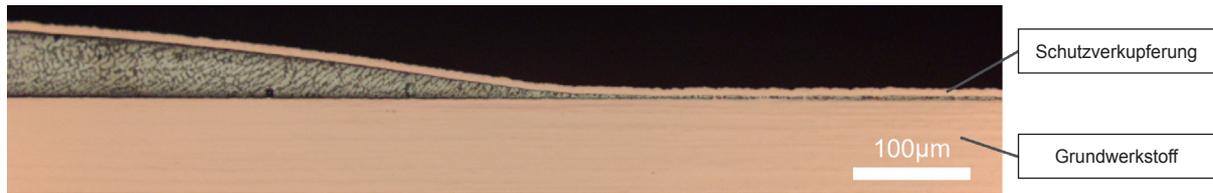


Abb. 3: Schliff durch eine Stelle zusammengezogenen Lotes bei Ausprägungsform B

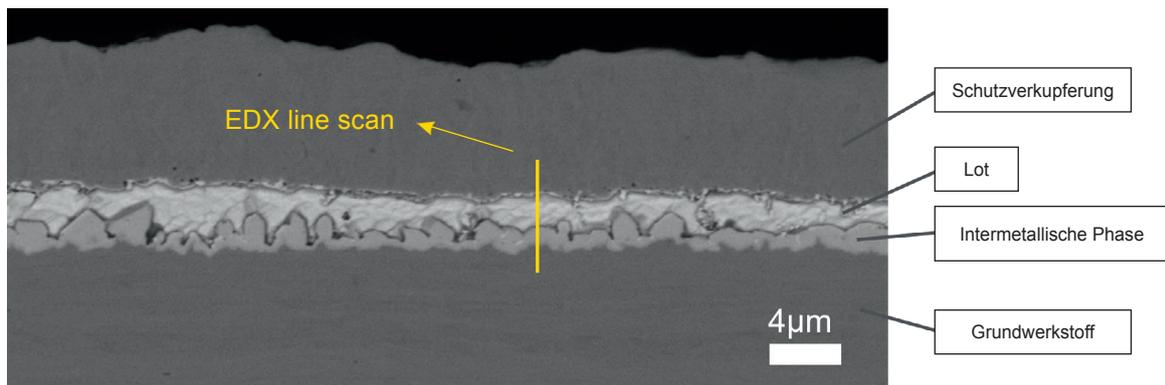


Abb. 4a: Position des EDX line scans an einer Stelle geringer Lotüberzugsdicke bei Ausprägungsform B

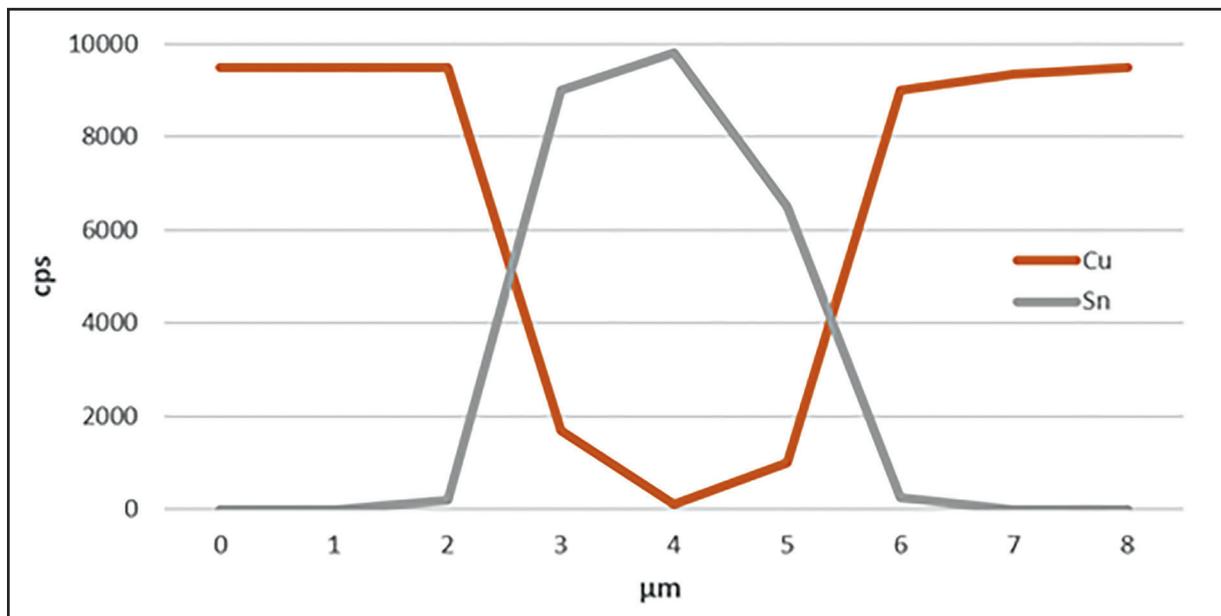


Abb. 4b: Ergebnis des EDX line scans aus Abb. 4a durch eine Stelle geringer Lotüberzugsdicke bei Ausprägungsform B

Ausprägungsform C

Diese Ausprägungsform zeigt deutlich nicht vom Lot überzogene Stellen, die gemäß der DIN EN IEC 60068-2-20 als Unbenetzung zu interpretieren sind, und stellen damit einen klaren Fehler dar. Ebenfalls vorhanden sind auch hier Gebiete zusammengezogenen Lotes und sehr dünn benetzter Stellen analog zu Ausprägungsform B.

Der entscheidende Aspekt bei der Beurteilung, ob nun eine Probe gemäß DIN EN IEC 60068-2-20 die Sichtprüfung bestanden hat oder nicht, stellt folglich die Frage dar, ob die unter Ausprägungsform B beschriebenen, dünn benetzten Stellen als Fehler im Sinne der Norm (Entnetzung) interpretiert werden oder nicht.

In diesem Sinne wurden die in dieser Untersuchung bewerteten Proben zwei Bewertungsmaßstäben parallel unterzogen:

„Lockerer“ Bewertungsmaßstab:

Hierbei werden ausschließlich die Flächenanteile der Proben als Fehler gewertet, welche keinen Lotüberzug aufweisen (siehe Abb.1 – Ausprägungsform C).

„Strenger“ Bewertungsmaßstab

Hierbei werden all jene Flächenanteile als Fehler gewertet, welche entweder keinen Lotüberzug oder eine nur sehr dünne Benetzung mit Lotüberzug aufweisen, welcher auch als entnetzter Bereich interpretiert werden kann (siehe Abb.1 – Ausprägungsformen B und C).

3.3. Bewertung der Probengruppen

Die Testung und Bewertung sämtlicher Proben aus Tab. 1 erfolgte in vier Gruppen, wobei nach angewendetem Lot (SnPb40 oder Sn96,5Ag3Cu0,5) und Bewertungsmaßstab (locker oder streng) unterteilt wurde. Somit wurden sämtliche dort aufgeführten Werkstoff-Dicken-Kombinationen zwei Mal (mit unterschiedlichen Loten) mit jeweils 3 Proben getestet und anschließend mit zwei verschiedenen Bewertungsmaßstäben beurteilt.

3.3.1. Testdurchführung mit bleihaltigem Lot SnPb40

Der Lotüberzug wies bei allen getesteten Proben die Ausprägungsform A auf (Abb.5). Unabhängig von der Strenge des angewendeten Bewertungsmaßstabs bestehen die Proben, welche gemäß DIN EN IEC 60068-2-20 mit bleihaltigem Lot SnPb40 getestet werden, folglich immer die Sichtprüfung.

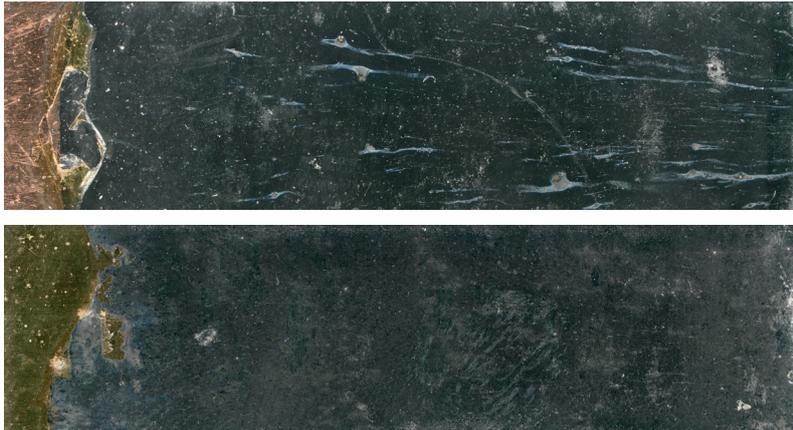


Abb. 5: Wieland-K09 (Cu-OFE, oben) 0,2 mm und Wieland-M38 (CuZn38, unten) 0,6 mm nach Durchführung des Lötbadtests gemäß DIN EN IEC 60068-2-20 mit bleihaltigem Lot SnPb40 – der Lotüberzug weist bei beiden Proben Ausprägungsform A auf.

3.3.2. Testdurchführung mit bleifreiem Lot Sn96,5Ag3Cu0,5

Die schlechtere Benetzungsneigung des bleifreien Lotes Sn96,5Ag3Cu0,5 im Vergleich zum bleihaltigen Lot SnPb40 wird auch von der leicht höheren Lötbadtemperatur, der etwas längeren Verweildauer im Bad und des geringfügig aktivierten Flussmittels nicht kompensiert. Als Folge dessen lassen sich bei den Tests mit bleifreiem Lot alle drei unter 3.2. beschriebenen Ausprägungsformen des Lotüberzuges beobachten (Tab. 3). Das Bewertungsergebnis hängt damit massiv vom ebenfalls unter 3.2. diskutierten Bewertungsmaßstab ab.

Tab. 3: Beobachtete Ausprägungsformen des Lotüberzugs aus Sn96,5Ag3Cu0,5 nach Testdurchführung gemäß DIN EN IEC 60068-2-20

Wieland-K32	Cu-ETP	B	B	A
Wieland-K09	Cu-OFE	A	A	A
Wieland-K88	CuCrAgFeTiSi	B	B	
Wieland-K75	CuCrSiTi	B	C	C
Wieland-K76	CuNiSiP	B	C	
Wieland-K73	CuNi1ZnSi	B		
Wieland-K55	CuNi3Si1Mg	B	B	B
Wieland-M30	CuZn30	B	B	A
Wieland-M38	CuZn38	B	B	A
Wieland-B14	CuSn4	B	C	
Wieland-B16	CuSn6	B	B	B
Wieland-B18	CuSn8	B	B	
		<0,4 mm	0,4–0,7 mm	0,7–1,0 mm
		„dünn“	„mittel“	„dick“

3.3.2.1. Testdurchführung mit bleifreiem Lot Sn96,5Ag3Cu0,5 und Anwendung des „lockeren“ Bewertungsmaßstabes

Werden ausschließlich die Flächenanteile der Proben als Fehler gewertet, welche keinen Lotüberzug aufweisen, so bestehen sämtliche Proben die Sichtprüfung, da bei keiner der Proben mehr als 5 % unbenetzte Stellen, im Sinne der DIN EN IEC 60068-2-20, auftraten. Dies trifft auch auf Proben mit Ausprägungsform C zu.

Um den Flächenanteil unbenetzter Stellen einmal exemplarisch und objektiv zu quantifizieren, wurde eine Probe mit Hilfe einer Bildanalysesoftware ausgewertet. Dabei wurden sämtliche unbenetzten Stellen manuell markiert und die Summe ebendieser Stellen ins Verhältnis zur Gesamtfläche gesetzt. Dabei zeigte sich, dass auch deutlich sichtbare Unbenetzungen lediglich einen sehr geringen Teil der ausgewerteten Gesamtfläche ausmachen. Dies macht die Verwendung von Referenzbildern und bestenfalls Grenzmustern bei der praktischen Anwendung der DIN EN IEC 60068-2-20 umso wichtiger, da bei sich weiterverbreitender Anwendung der Norm in Bezug auf Bandproben eine Anwendung von quantitativ arbeitender Bildanalysesoftware in Anbetracht des dann zu erwartenden hohen Probenaufkommens in der Halbfabrikateindustrie nicht zweckmäßig ist.



Abb. 6: Wieland-K75 (CuCrSiTi) 0,6mm mit einem Lotüberzug der Ausprägungsform C

Bei Anwendung des „lockeren“ Bewertungsmaßstabes ergibt sich bei dieser Probe ein fehlerhafter Flächenanteil von 0,32%. Die Probe hätte damit die Sichtprüfung nach DIN EN IEC 60068-2-20 bestanden.

3.3.2.2. Testdurchführung mit bleifreiem Lot Sn96,5Ag3Cu0,5 und Anwendung des „strengen“ Bewertungsmaßstabes

Werden all jene Flächenanteile als Fehler gewertet, welche entweder keinen Lotüberzug oder eine nur sehr dünne Benetzung mit Lotüberzug aufweisen, so bestehen viele der in Tab.1 aufgeführten Proben die Sichtprüfung nicht. Die Einzelergebnisse sind Tab. 4 zu entnehmen.

Tab. 4: Ergebnisse der Sichtprüfung nach Test mit Sn96,5Ag3Cu0,5-Lot und unter Anwendung des strengen Bewertungsmaßstabes

Sichtprüfung bestanden = grünes Feld; Sichtprüfung nicht bestanden = rotes Feld

Wieland-K32	Cu-ETP	B	B	A
Wieland-K09	Cu-OFE	A	A	A
Wieland-K88	CuCrAgFeTiSi	B	B	
Wieland-K75	CuCrSiTi	B	C	C
Wieland-K76	CuNiSiP	B	C	
Wieland-K73	CuNi1ZnSi	B		
Wieland-K55	CuNi3Si1Mg	B	B	B
Wieland-M30	CuZn30	B	B	A
Wieland-M38	CuZn38	B	B	A
Wieland-B14	CuSn4	B	C	
Wieland-B16	CuSn6	B	B	B
Wieland-B18	CuSn8	B	B	
		<0,4 mm	0,4–0,7 mm	0,7–1,0 mm
		„dünn“	„mittel“	„dick“

Eine der Proben, welche die Sichtprüfung nicht bestehen würde, ist die Probe aus Abb. 6, bei welcher 66,3% der Gesamtfläche als fehlerhaft zu bewerten wäre. Bei Anwendung des lockeren Bewertungsmaßstabes hat diese Probe die Sichtprüfung noch problemlos bestanden.

Um zu bewerten, inwiefern die offenkundig signifikant schlechtere Benetzungsneigung des Sn96,5Ag3Cu0,5-Lots im Vergleich zum SnPb40-Lot auf eine möglicherweise unzureichende Bandsauberkeit zurückzuführen ist, wurde eine zusätzliche Versuchsreihe mit sämtlichen Proben aus Tab.1 mit bleifreiem Sn96,5Ag3Cu0,5-Lot durchgeführt. Bei dieser wurden die Proben jedoch unmittelbar vor der Prüfung scharf gebeizt, um eine größtmögliche Oberflächenreinheit zu garantieren. Die Beizung erfolgte für 10s in einer aktiven wässrigen Lösung. Im Anschluss wurden die Proben mit Wasser gespült. Unmittelbar danach wurden die Proben mit Sn96,5Ag3Cu0,5 getestet und bei der Bewertung erneut der strenge Bewertungsmaßstab angewendet.

Neben der Entfernung der Oxidschicht (Abb. 7) ließ sich mittels Heißgas-IR-Spektroskopie ein weiterer positiver Effekt auf die Probenoberfläche nachweisen. Der Kohlenstoffgehalt auf der Oberfläche wurde von 0,09 mg/dm² auf 0,04 mg/dm² deutlich reduziert.

Die Ergebnisse der gebeizten Proben zeigt Tab. 5. Diese lassen erkennen, dass auch eine sehr gründliche Reinigung der Probenoberfläche keine signifikante Verbesserung der Benetzungsneigung des Sn96,5Ag3Cu0,5-Lots bewirkt. Bei Anwendung des strengen Bewertungsmaßstabes fallen nach wie vor sehr viele Proben durch. Von 24 Werkstoff-Dicken-Varianten, welche ohne die zusätzliche Beizung die Sichtprüfung nicht bestanden, wurde bei lediglich 6 Varianten eine so gute Verbesserung der Ausprägungsform des Lotüberzugs erzielt, dass die Proben bei Anwendung des strengen Bewertungsmaßstabes bestanden hätten (vgl. Tab. 4 und Tab. 5).

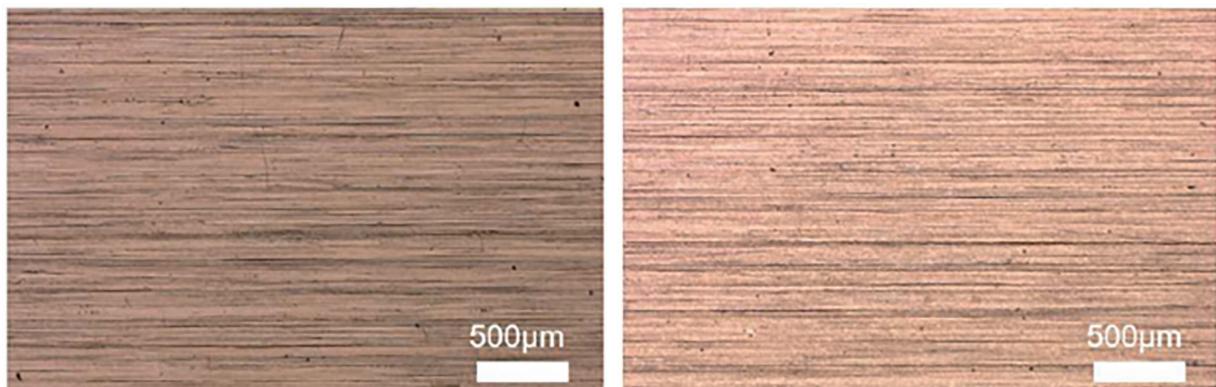


Abb. 7: ungebeizte Probenoberfläche links und gebeizte Probenoberfläche rechts (Wieland-K75 (CuCrSiTi) 0,6 mm)

Tab. 5: Ergebnisse der Sichtprüfung nach Test mit Sn96,5Ag3Cu0,5-Lot mit vorheriger Beizung und unter Anwendung des strengen Bewertungsmaßstabes

Sichtprüfung bestanden = grünes Feld; Sichtprüfung nicht bestanden = rotes Feld

Wieland-K32	Cu-ETP	B	B	A
Wieland-K09	Cu-OFE	A	A	A
Wieland-K88	CuCrAgFeTiSi	B	B	
Wieland-K75	CuCrSiTi	B	C	C
Wieland-K76	CuNiSiP	B	C	
Wieland-K73	CuNi1ZnSi	B		
Wieland-K55	CuNi3Si1Mg	B	B	B
Wieland-M30	CuZn30	B	B	A
Wieland-M38	CuZn38	B	B	A
Wieland-B14	CuSn4	B	C	
Wieland-B16	CuSn6	B	B	B
Wieland-B18	CuSn8	B	B	
		<0,4 mm	0,4–0,7 mm	0,7–1,0 mm
		„dünn“	„mittel“	„dick“

3.3.3. Testdurchführung mit bleihaltigem Lot SnPb40 und bleifreiem Lot Sn96,5Ag3Cu0,5 an den feuerverzinnnten Vergleichsmustern

Der Lotüberzug wies bei allen getesteten Proben die Ausprägungsform A auf. Unabhängig von der Strenge des angewendeten Bewertungsmaßstabs bestehen diese Proben folglich stets die Sichtprüfung. Dieses Ergebnis war erwartbar, da Lötzinn auf feuerverzinnnten Proben stets sehr gut benetzt.



Abb. 8: Wieland-K75 (CuCrSiTi) 0,4 mm mit 2–4 µm dicker Feuerverzinnung nach Durchführung des Lötbadtests gemäß DIN EN IEC 60068-2-20 mit bleihaltigem Lot SnPb40 (oben) und bleifreiem Lot Sn96,5Ag3Cu0,5 (unten)

4. Diskussion und Fazit

Die DIN EN IEC 60068-2-20 beschreibt u.a. die Prüfung der Lötignung von aus Bauelementen herausgeführten Anschlüssen mittels Lötbad und anschließender Sichtprüfung. In der vorliegenden Untersuchung wurde deren Anwendbarkeit auf unbeschichtete Bandproben aus Kupfer und Kupferlegierungen untersucht.

Dabei konnte festgestellt werden, dass das Ergebnis der normgerecht durchgeführten Prüfung stark von der verwendeten Lötbadzusammensetzung (bleifrei oder bleihaltig) und dem zu Grunde gelegten Bewertungsmaßstab bei der Sichtprüfung abhängt.

Es zeigte sich, dass mit dem bleihaltigen Lot SnPb40 durchgehend hervorragende Löttergebnisse mit einer glatten und glänzenden Ausprägung des Lotüberzuges erzielt werden konnten (Erscheinungsform A) und die Sichtprüfung somit stets bestanden wurde. Dies ist unabhängig von der Art des Werkstoffs und der Probendicke.

Bei Durchführung des Tests mit dem bleifreien Lot Sn96,5Ag3Cu0,5 zeigten sich jedoch verschiedene Ausprägungsformen des Lotüberzuges, deren Erscheinungsbild in dieser Untersuchung diskutiert wurde. Je nach Strenge des bei der Sichtprüfung angewendeten Bewertungsmaßstabes kann eine Probe dabei als bestanden oder nicht bestanden gewertet werden.

Deshalb sollte zwischen den Geschäftspartnern, bei Durchführung des Tests mit dem bleifreien Lot Sn96,5Ag3Cu0,5, der bei der Sichtprüfung zu Grunde gelegte Bewertungsmaßstab klar definiert werden. Es können verschiedene Abstufungen zwischen dem unter 3.2. beschriebenen „lockeren“ und „strengen“ Bewertungsmaßstab angewendet werden.

Literatur

[1] DIN 32506

[2] DIN EN IEC 60068-2-20 (Juli 2022)

wieland

Wieland-Werke AG | Graf-Arco-Straße 36 | 89079 Ulm | Deutschland
info@wieland.com | wieland.com

Diese Drucksache unterliegt keinem Änderungsdienst. Abgesehen von Vorsatz oder grober Fahrlässigkeit übernehmen wir für ihre inhaltliche Richtigkeit keine Haftung.
Die Produkteigenschaften gelten als nicht zugesichert und ersetzen keine Beratung durch unsere Experten.

07/2024 RPTMAZY