

# Moderne Beschichtungsverfahren für Kupfer

Adler, U. (1)

Die Einsatzgebiete beschichteter Kupferbänder sind äußerst vielfältig. Eines der Hauptanwendungsgebiete der Beschichtung ist die Herstellung elektrisch leitender Kontaktoberflächen, wie sie beispielsweise bei Steckverbindern, Schaltern und Kontakten gebraucht werden. Verschiedene Beschichtungsverfahren erlauben die Anpassung der Schichteigenschaften an die spezifischen Anwendungsfälle.

Beschichtungen werden nicht nur aus Kontaktgründen aufgebracht, sie dienen z.B. auch dem Korrosionsschutz, der insbesondere bei elektro-mechanischen Bauelementen oder im Bauwesen von Interesse ist. Für dekorative Zwecke im Bauwesen oder Konsumgüterbereich sind farbliche Variationen gefragt, im Falle von Licht-Reflektoren steht die Reflexion im Vordergrund. Beschichtungen finden sich auch bei Solarzellen (Absorption). Sie können den Verschleiß mindern und bewähren sich vor diesem Hintergrund in Lagerschalen und Kolben. Zur Herstellung der Schichten haben sich diverse Beschichtungsverfahren etabliert, darunter

- die galvanotechnische Beschichtung,
- stromlose chemische Abscheidungen,
- das Beschichten durch Tauchen in die Schmelze („Feuer“-Verzinnen)
- PVD (Bedampfen, Sputtern) und CVD-Technologien,
- Flammverfahren,
- das Walzplattieren sowie
- Lackierverfahren.

Bild 1 zeigt die Marktrelevanz der einzelnen Verfahren, Bild 2 gibt einen Überblick zur Marktsituation.

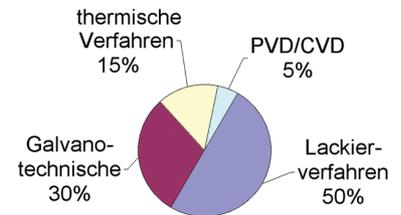
## Schichten für höchste Anforderungen

An die Beschichtungen für elektrische Kontakte werden umfangreiche

Anforderungen gestellt, insbesondere die der hohen elektrischen und thermischen Leitfähigkeit. Die Schicht muss gegenüber der atmosphärischen Korrosion beständig sein, soll einen niedrigen Reibwert sowie

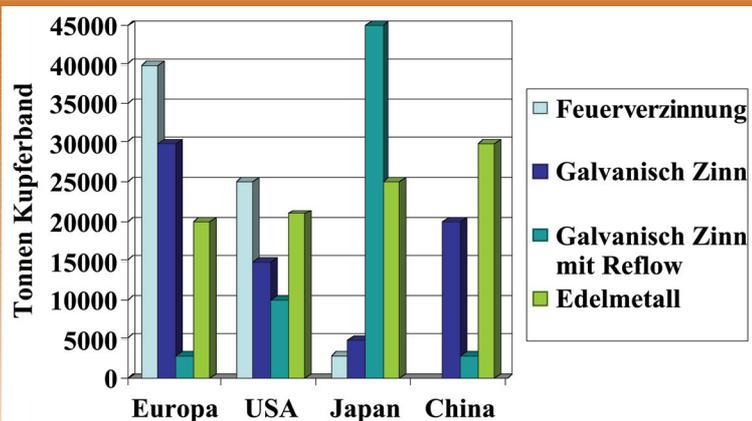
eine hohe Verschleißfestigkeit haben. Notwendig ist ein niedriger Diffusionskoeffizient für Kupfer. Die Schicht soll in der Regel als Lothilfe fungieren können. Weitere Forderungen betreffen das definierte Aussehen, den geringen Abrieb in der Verarbeitung (Stanzen, Biegen und Tiefzie-

**Oberflächentechnische Verfahren**



**Bild 1: Marktrelevanz verschiedener Beschichtungsverfahren**

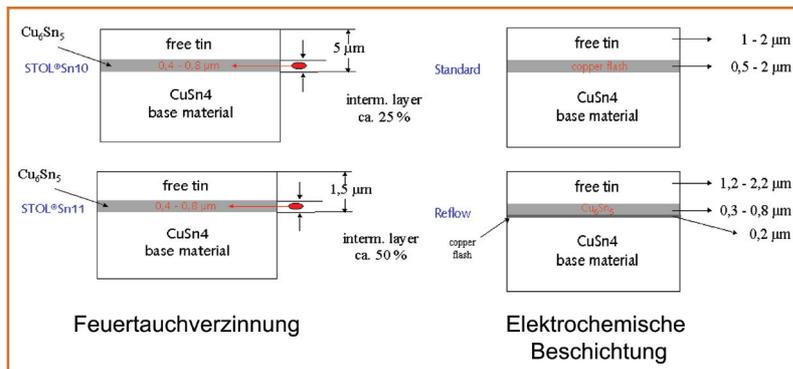
der Galvanotechnik die Beschichtungsmetalle Cr, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Ag, Cd, Au sowie Sn und Pb. Seltener verwendet werden einige weitere



**Bild 2: Marktsituation**

hen) sowie die optimale Breitenaufteilung - dadurch bessere Ausbringung (geringerer Abfall). Niedrige Kosten für Schichtwerkstoff und Beschichtungsprozess, umweltverträgliche Werkstoffe und Prozesse sowie eine hohe Schrottvergütung bzw. Wiedergewinnung gehören ebenfalls zum Forderungskatalog. Ein Blick in das Periodensystem zeigt die zur Verfügung stehenden elektrochemisch abscheidbaren Schichten. Am häufigsten zum Einsatz kommen in

Anzeige Inotherm



**Bild 3: Makrostruktur der Schichten**

Übergangs- und Halbmetalle und Aluminium. Über galvano-technische Verfahren werden Beschichtungen mit Zinn (Zinn-Blei), Nickel (mit Phosphor) sowie Kupfer realisiert. Hinzu kommen Edelmetallschichten mit Silber, Gold, Palladium-Nickel mit Goldflash sowie Palladium-Kobalt mit Goldflash.

### Bandbeschichtung galvanisch

Für die elektrolytische Beschichtung in einer Bandgalvanikanlage sprechen verschiedene Vorteile. So lassen sich Multischichten erzeugen, spezielle Oberflächenfinishes (matt, glänzend, gebürstet, reflow) sind möglich. Das Verfahren ist sehr variabel: Es erlaubt die Schmal- und Breitbandbeschichtung, die Beschichtung von Band sowie von vor- bzw. fertig gestanzten Streifen. Es arbeitet sowohl flach als auch dreidimensional und gestattet die vollflächige, selektive oder Spot-Beschichtung (auch als Kombination). Auf der

anderen Seite stehen diverse Nachteile. So ist das Verfahren auf die Abscheidung reiner Metalle beschränkt. Die Schichtdicke ist abhängig von der Geschwindigkeit. Bleianteile (3 - 10%) sind zur Vermeidung von Whiskern für eine nicht-Reflow-Beschichtung notwendig. Diese Reflow-Behandlung erfolgt nur bis 2 µm (Japan) und max. 4 µm in Deutschland. Die Reflow-Behandlung und dickere Schichten bedingen höhere Preise. Gelegentlich treten Poren, Haftungs- oder Kontaminationsprobleme auf.

### Feuertauchen von Bändern

Über Feuertauch-Bandverfahren entstehen Beschichtungen mit Zinn und Zinnlegierungen (Sn93Sb5Ni, Ag, SnAg3) sowie Zinn mit Dispersions-einlagerungen. Zu letztgenanntem gehören z.B. Partikelverstärkungen (Kohlenstoff etc.), Mikrokapseln (Gleitmittel) sowie Teflon. Andere Beschichtungen zielen auf die Erzeu-

gung von Lötstopbändern ab. Die Erzeugung teilweiser Zinn-Blei-Schichten ist üblich. Eine thermische Nachbehandlung dient der Erzielung dickerer intermetallischer Schichten. Doch auch im Falle der Tauchbeschichtung sind Vor- und Nachteile zu beachten. Vorteilhaft ist beispielsweise die Möglichkeit der Breitbandbeschichtung bis 700 mm. Legierungsschichten lassen sich erzeugen. Es kommt zur IMC-Bildung an der Grenzfläche zum Substrat, die Neigung zu Whiskern ist gering. Das Verfahren ist als kostengünstig und umweltfreundlich zu bewerten. Häufig nehmen die Bandhersteller die Beschichtung selbst vor. Nachteilig ist jedoch, dass sich die Technologie nur für Metalle mit niedrigem Schmelzpunkt (Sn, SnAg, SnPb, Zn, SnSbNi) und auch nur für ebene Bänder eignet. Mehrfachschriftfolgen und Selektivbeschichtungen sind nicht möglich. Ein Problem können auch die am Rand entstehenden Verdickungen darstellen.

### Diffusion bestimmt Eigenschaften

Die neue europäische Norm EN 13148 gibt für die einzelnen Anwendungsfälle unterschiedliche Beschichtungs-dicken vor (Tabelle 1) Die Makrostruktur der verschiedenen Zinnschichten (Vergleich Elektrochemische Beschichtung zu Feuertauchverzinnung) wird im Bild 3 gezeigt. Tabelle 2 zeigt charakteristische Eigenschaften von marktrelevanten Schichten.

Von großem Interesse für die Bewertung der Schichtqualität sind die zwei intermetallischen Phasen von Kupfer und Zinn  $\epsilon$ : CuSn3 sowie  $\eta$ : Cu6Sn5, da von ihnen die Diffusionskoeffizienten und damit die Diffusionsgeschwindigkeit der Interdiffusion (temperaturabhängig) bestimmt werden. Bild 4 zeigt ein Beispiel für die Interdiffusion von Zinn auf Bronze. Im Falle der Reaktionsschichten von Zinn auf Messing ist zu beachten: Durch Bildung einer weiteren intermetallischen Phase von Kupfer und Zinn, der  $\beta$ -Phase, wird die weitere Diffusion von Cu-Atomen stark

Beschichtungsdicke	Anwendung
0,7 – 2,2 µm 1,0 – 3,0 µm	Oberflächenschutz Geringere Steckkräfte
2,0 – 5,0 µm	Korrosionsschutz
3,0 – 7,0 µm	Gute Lötbarkeit Sogar nach Aushärtung
5,0 – 10,0 µm	Löthilfe
7,0 – 13,0 µm	Löthilfe

**Tabelle 1: Beschichtungsdicken nach EN 13148**

behindert und die Umwandlung der Zinnschicht durch die intermetallischen Phasen von CuX und SnX stark verlangsamt. Diese  $\beta$ -Phase kann auch bei sehr niedrigen Zinkgehalten entstehen. Auch die Biegebarkeit verschiedener Schichten und Dicken wird bewertet, da diese beim späteren Einsatz durchaus gefordert sein kann.

### Weiterentwicklung der Schichten im Focus

Mit STOL®Sn28M entwickelte das Stolberger Metallwerk eine neue Zinn-Silber Oberfläche, die eine höhere Temperaturbeständigkeit von bis 150 °C aufweist. Durch eine verlangsamte intermetallische Phasenbildung wurde ein geringeres Peeling Verhalten erreicht. Da sich der Werkstoff durch ein geringes Erweichungsverhalten auszeichnet, ist er für das over moulding geeignet. Bedingt durch eine höhere Mikrohärtigkeit ist der Reibungsbeiwert geringer. Der Werkstoff ist abriebfester, aber trotzdem gut formbar. Er lässt sich

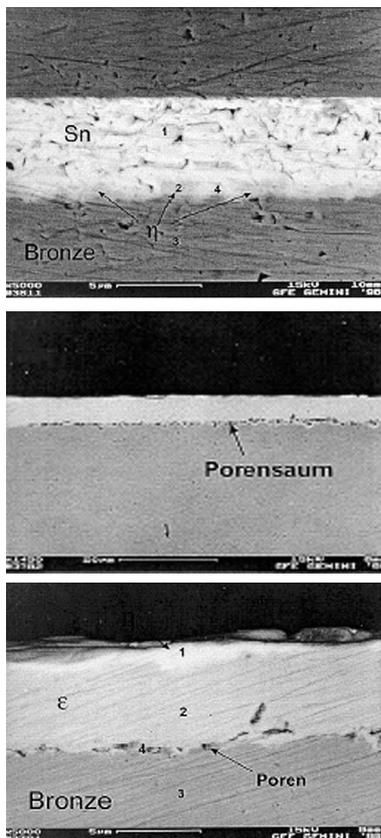


Bild 4: Beispiel für die Interdiffusion von Zinn auf Bronze

	Feuerverz.	Zinn-Silber	100% IMC	galvanisch	galvanisch	galvanisch
	1-3µm	(1-4%)	ausgelagert	Zinn	Zinn reflow	Silber
elektrische Leitfähigkeit	9	12	19	8,5	9	60
Reibbeiwert	0,4-0,8	0,35-0,5	0,3-0,35	0,25-0,9	0,3-0,6	0,8-1,6
Mikro Härte UH	360-400	750-1400	3500-4500	250-350	350-1500	1400
min. Kontakt-Kraft	1	1	2,0-3,0	0,77-1,34	0,62	0,5

Art der Prüfung	Bewertung	Reinzinn	Sn28	Sn28M	Sn13	Galv. Reflow über Cu	Gold	Silber
Mikrohärte	hoch	+	++	++	+++	+	++	++
Steck- und Ziehkraft	niedrig	+	++	++	+++	+	++	++
Löttest	gut	++	+	+++	+	++		
Elektrischer Stresstest	gut	+	+	+++	+++	+	++++	++++
Fretting	niedrig	+	+	+++	+++	++++		++++

Tabelle 2 a und b: Charakteristische Eigenschaften von marktrelevanten Schichten

gut löten und ist verträglich mit den neuen bleifreien Loten. Im electrical stress test wurden verbesserte elektrische Eigenschaften verzeichnet. Weiteres wichtiges Merkmal ist ein verbessertes Fretting Verhalten.

Neue Schichtenentwicklungen umfassen aber auch Dispersionsschichten, darunter

- Legierungsschichten, z.B. NiP SnSbNiAg (Sn28M),
- partikelverstärkte Schichten (DLC) sowie die
- Schichthärtung durch Einbau von Partikeln (1-50nm) in die Schichtmatrix.

Weitere Richtungen sind Mikrokapselfen (µm - große Kapseln mit diversen Mitteln gefüllt) sowie Teflon-Schichten.

Bei der Entwicklung neuer Schichten steht in vielen Fällen die Erhöhung der Schichthärte im Vordergrund. Daneben geht es um die gezielte Einstellung der Oberflächenenergie bzw. des Benetzungsverhaltens durch

Beschichtungen (Haft- und Antihaftschichten), die Kombination von Benetzungseigenschaften mit hoher Verschleißfestigkeit und/ oder niedrigen Reibkoeffizienten sowie die Kombination von strukturierten Oberflächen mit Antihaftbeschichtungen (Stichwort: Lotus-Effekt).

(1) Udo Adler, 1) KME, Stolberger Metallwerk

Anzeige Al-Verlag