

# Schutzbeschichtung von Elektronikbaugruppen durch Tauchlackierung

Peter A. Knödel

Die Tauchlackierung ist funktional das einfachste der mechanischen Lackiersysteme. Sie hat große Bedeutung insbesondere für den Durchsatz sehr hoher Stückzahlen. Erreicht wird das durch das Tauchen von Elektronikbauteilen im Paket, so wie in Bild 1 gezeigt. Die folgenden Betrachtungen beziehen sich ausschließlich auf das Beschichtungsverfahren „Tauchlackierung“, ohne Verweis auf andere Lackiersysteme.

## 1. Grundlagen der Tauchlackierung

Die passende Beschichtungseinrichtung wird bestimmt durch

- Baugruppengeometrie und Beschichtungsumfang an der Baugruppe
- Beschichtungsstoff Lack oder Vergussmasse
- Jahresdurchsatz, Losgröße



Bild 1 Systembild Tauchlackierung

Wo Baugruppen tauchlackierfähig sind, wird man die Tauchlackierung aus verschiedenen Gründen allen anderen Verfahren vorziehen, ist sie doch das apparatemäßig einfachste der mechanischen Lackiersysteme.

Die erzielbaren Beschichtungsdicken richten sich nach dem Fließverhalten des Lackes, nach Baugruppengeometrie, Tauchlage der Baugruppe zum Lackspiegel und nach der Austauschgeschwindigkeit. Der Tauchvorgang kann sowohl im Durchlauf als auch im Takt erfolgen.

Vorteile der Tauchlackierung:

- Große Durchsätze bei kleinen Lackiereinrichtungen durch gleichzeitiges Tauchen von Baugruppen „im Paket“
- Bauteilunterseiten und Flächen unter Bauteilen werden lackiert
- Platinenschnittkanten werden lackiert
- Overspray fällt nicht an
- Lack- und Lösemittelverbrauch sind vergleichsweise gering
- Abluftvolumina sind frei von Overspray
- Durch Kippen der Baugruppe nach dem Tauchvorgang wird aus der Tropfkante eine Tropfdecke, abtropfender Lack wird zurückgewonnen
- Der Reinigungseffekt durch den Tauchvorgang ist erheblich, insbesondere bei Lösemittellacken.

Bild 2 Vorteile der Tauchlackierung

Beim Tauchvorgang hat man nur eine begrenzte apparative Möglichkeit, auf Schichtdicke und gleichmäßigen Verlauf des Lackes Einfluß zu nehmen: Sie besteht in der Anpassung der Austauschgeschwindigkeit an Baugruppengeometrie und rheologische Eigenschaften des Lackes. Mit letzteren sind gemeint:

Fließverhalten, Viskosität und Oberflächenspannung. Eine lackseitige Beeinflussung der Schichtdicke besteht in der begrenzt möglichen Wahl des Festkörpergehalts und des Fließverhaltens.

Eintauchgeschwindigkeit	$\leq 25$	mm/s
Austauschgeschwindigkeit	$0,5 \div 2,5$	mm/s
bei Auslaufviskosität von	$15 \div 55$	s
( $\varnothing 4$ , DIN 53211)		
Haltezeit	ca.1	s
Wo große Schichtdicken verlangt werden,	kann zweimal getaucht werden (Zwischentrocknung)	

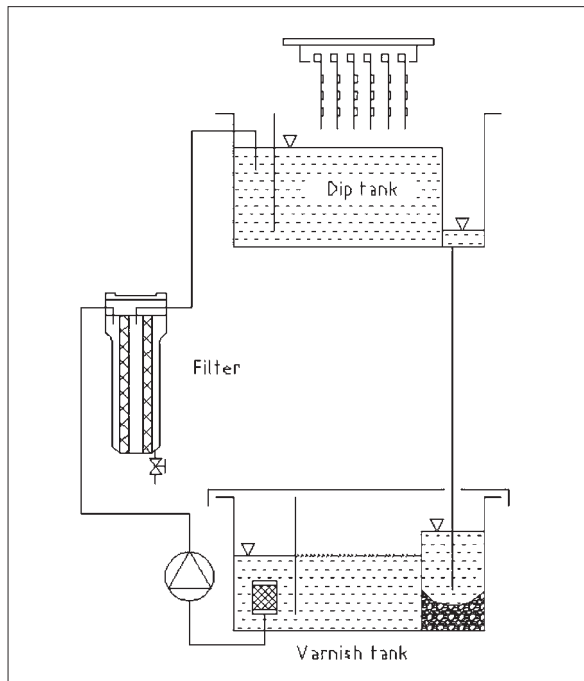
Bild 3 Technische Daten zum Tauchprozess

Steigende Lackviskosität setzt der Tauchlackierung eine Grenze, spätestens dort wo nicht mehr mit einem Auslaufviskosimeter gemessen werden kann.

## 2. Tauchprozess und Baugruppenreinigung

Einen besonderen Vorteil bietet die Tauchlackierung für ungereinigte Baugruppen: Beim Ein- und Austauchen entsteht ein beachtlicher Reinigungseffekt! Geradezu ideal sind dafür die Lösemittelschutzlacke geeignet. Muss man sich doch fragen, ob ein Schutzlack mit 75 % Lösemittelanteil

nicht schon als Reinigungsmittel anzusehen ist. Die erheblichen Mengen an Schlamm, die über Vor- und Feinfilter abgeschieden werden, bestätigen die Reinigungswirkung bei der Tauchlackierung deutlich. Beim Spritz- oder Flutauftrag verbleibt dieser Schlamm auf der Baugruppe. Ob diese Art der Schmutzentsorgung für die Elektronikbaugruppen vorteilhaft ist wird stark bezweifelt. Auch beim Tauchen in UV- und Silikonlack findet dieser Reinigungseffekt statt, jedoch nicht in der Weise wie beim Lösemittellack; es wird gespült, der „Löser“ fehlt jedoch.



**Bild 4** Filter im Lackkreislauf



**Bild 5** Rückspülfilter

Die periodische Ausschleusung von Schlamm aus dem Lackkreislauf ist möglich.

### 3. Tauchlackierautomaten

Für die Schutzlackierung von Elektronikbaugruppen in größeren Serien stehen 2 erprobte Maschinensysteme zur Verfügung.



**Bild 6** Maschinensysteme perfecta®NT und modula®

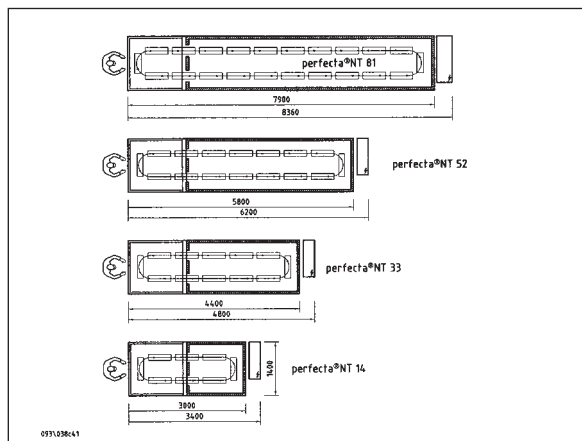
Obwohl die konstruktiven Ausführungen beider Systeme sehr verschieden voneinander sind besitzen beide wesentliche gemeinsame Vorteile.

- Online-Ausführung: Tauchen – Abdunsten – Trocknen und Aushärten (-Kühlen)
- 1-Personen-Bedienung
- Versand in einem Stück: mechanisch und elektrisch komplett installiert, probegelaufen ohne Lack
- Modularer Aufbau
- Lacktrocknerausführung gemäß EN-Vorschriften

**Bild 7** Eigenschaften der Maschinensysteme <perfecta NT> und <modula>.



**Bild 10** Typische Werkstückaufnahmen des perfecta-Systems



**Bild 8** Basismodule des Systems <perfecta NT>

Die Werkstückaufnahmen des perfecta-Systems passen in alle Maschinen, die seit 1986 gebaut wurden, auch in die offline-Systeme.

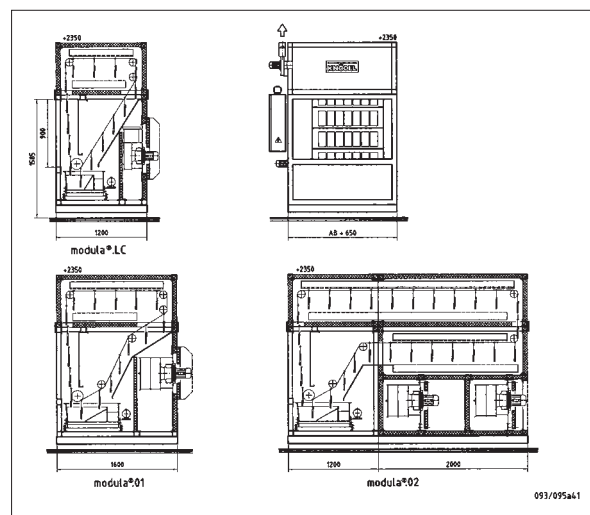
#### Ausführungsmerkmale <perfecta NT>

- Online-Anordnung der folgenden Prozessstufen: Beladen – Tauchen und Kippen - Vortrocknen – Trocknen und Aushärten – Kühlen – Entladen
- Förderkette mit universellen Fördervorrichtungen für die Aufnahme unterschiedlicher baugruppen-spezifischer Werkstückträger
- Eindeutige Tauchposition der Elektronikbaugruppen durch angepasste Gestaltung der Werkstück-träger
- Bequeme Einstellung aller Prozesswerte am Terminal
- Gleichzeitiger Betrieb für unterschiedliche Baugruppengeometrien
- Verwendbarkeit der Maschine über mehrere Baugruppengenerationen hinweg durch Austausch von Werkstückträgern
- Anpassung des Maschinensystems an geforderte Durchsätze durch Verwendung der vier Basis-maschinen
- Erweiterung der Basismaschinen durch zahlreiche vorhandene Konstruktionsmodule zu größeren Anlagensystemen, zum Beispiel: Auch für Reinigung und Reinigung plus Lackierung Online.

**Bild 9** Ausführungsmerkmale des Systems <perfecta NT>

Mögliche Durchsätze, beispielsweise einer perfecta NT 33,  
 $Dd = 33 \text{ WA/h} \times 16 \text{ Bg/WA} \times 20 \text{ h/d} = 10560 \text{ Bg/d}$   
 $Da = 10560 \text{ Bg/d} \times 250 \text{ d/a} = 2,640 \text{ Mio Bg/a}$   
 bei 25 min Trockenzeit

**Bild 11** Durchsätze des Systems <perfecta NT>



**Bild 12** Basismodule des Systems <modula>

#### Ausführungsmerkmale des Systems <modula>

- Online-Anordnung der folgenden Prozessstufen: Beladen – Tauchen – Vortrocknen – Trocknen und Aushärten – Entladen
- Fördereinrichtung als Doppelkette mit universell ausführbaren Querstäben
- Eindeutige Tauchposition der Elektronikbaugruppen durch angepasste Gestaltung der (Werkstückträger-) Querstäbe
- Einstellung der Prozesswerte am Schaltschrank
- Gleichzeitiger Lackierbetrieb für unterschiedliche Baugruppen mit unterschiedlichen Querstäben
- Verwendung der Maschine über mehrere Baugruppengenerationen hinweg durch Austausch-Querstäbe

**Bild 13** Ausführungsmerkmale des Systems <modula>

Die erzielbaren Durchsätze hängen ab von

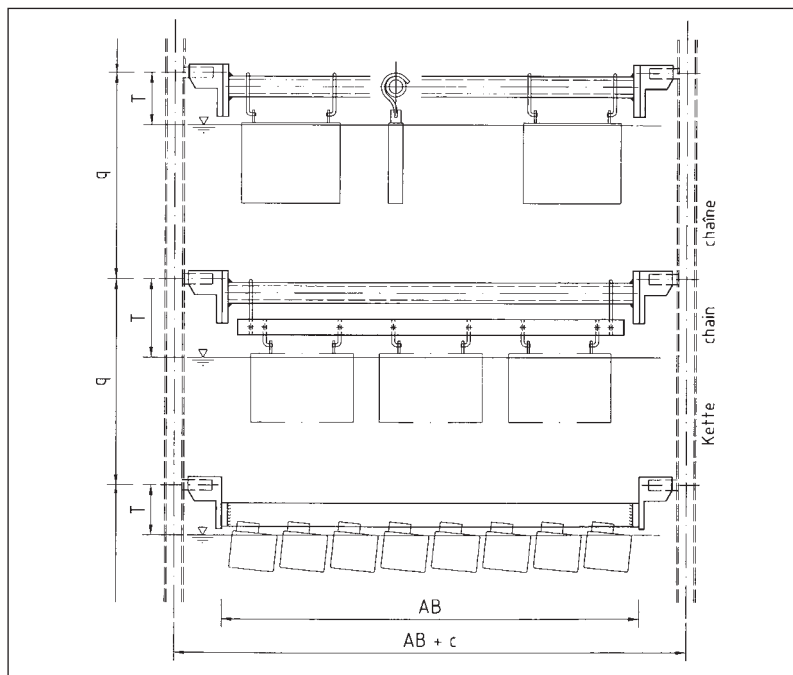
- Arbeitsbreite (min. 600 mm, max. 1500 mm je nach Basismodul)
- Austauschgeschwindigkeit =  $1,0/0,5 \times$  Fördergeschwindigkeit
- Baugruppenhöhe (ergibt den Querstababstand)

Beispiel:

$$Dd = 8 \text{ Bg/Q} \times 2 \text{ mm/s} \times 3600 \text{ s/h} \times 1\text{Q}/203,2 \text{ mm} \times 20 \text{ h/d} = 5669 \text{ Bg/d}$$

$$Da = 5669 \text{ Bg/d} \times 250 \text{ d/a} = 1,417 \text{ Mio Bg/a}$$

**Bild 15** Durchsätze des Systems <modula>



**Bild 14** Typische Werstückaufnahme des Systems <modula>

#### 4. Lackieranlage und Beschichtungssystem

Auch Beschichtungssysteme sind Thema anderer Vorträge dieser Veranstaltung. Im folgenden wird nur auf den Einfluss des Lacksystems auf die Maschinenausführung hingewiesen.

Die obengenannten Maschinensysteme sind (unbegrenzt) geeignet für den Einsatz von Lösemittellacken mit Lösemittel Flammpunkt  $>21^{\circ}\text{C}$ , mit etwas Mehraufwand auch für solche mit Lösemittelflammpunkt  $< 21^{\circ}\text{C}$ . Den dabei entstehenden Emissionen wurde durch die 31. BImSch Grenzen gesetzt, siehe Vortrag in 2005 an dieser Stelle.

Für den Einsatz von sogenannten UV-Tauchlacken kommt das System <modula> zum Einsatz, mit oder ohne Nachvernetzung in Wasserdampfatmosfera. Dafür stehen Standardmodule zur Verfügung. Die erforderliche Strahlendosis – das Produkt aus Intensität und Zeit – wird separat im Technikumsversuch festgelegt.

Für den Einsatz von Silikonlacken erfordern die Tauchlackiersysteme <perfecta NT> und <modula> besondere konstruktive Maßnahmen. Dies gilt für den Tauchlackier- und Abdunstbereich als auch für die Gelierung und Aushärtung. Für die Polymerisation sind deutlich höhere Temperaturen nötig als für Schutzlacke auf Lösemittelbasis. Man findet derzeit keinen Silikonlack der unter  $115^{\circ}\text{C}$  polymerisiert werden kann. Die gewohnten Prozesszeiten für die Wärmebehandlung der Schicht können jedoch beibehalten werden. Im Tauchbereich muß dem besonderen Abtropfverhalten Rechnung getragen werden. Die sich beim Austauchen bildende Lackschicht reduziert sich nicht durch das Verschwinden von bis zu 75% Lösemittel bei gleichzeitigem Anstieg der Viskosität, sondern verbleibt „konstant dick“ während des Erwärmungsvorgangs bis zum „Erstarrungspunkt“, das heißt dem Beginn der Vernetzung. Mit zunehmender Erwärmung der Schicht nimmt die Viskosität ab, die innere Reibung fällt zusammen und ein erheblicher Teil der Schicht läuft wieder ab. Die für die Tauchlackierung ideale Vertikallage der

Baugruppe kommt dem Ablaufen des Lackes entgegen. Diese abtropfenden Mengen an teurem Silikonlack werden durch konstruktive Maßnahmen zurückgewonnen. Die Baureihe <perfecta NT.sil> berücksichtigt die besonderen Erfordernisse des Silikonlackeinsatzes.



Bild 16 Tauchlackierautomat <perfecta NT 33.sil>

##### Merkmale des Systems <perfecta NT.sil>

- Recycling-System für abtropfenden Silikonlack
- Zusatzgerät zum Erwärmen und/oder Kühlen des Silikonlacks um das Abtropfverhalten zu verbessern
- Filtersystem mit automatischer Rückspülung, die Rückspülintervalle sind je nach Baugruppenverschmutzung wählbar
- Größere Isolierdicken im Gelier- und Aushärteteil.

Bild 17 Merkmale des Systems <perfecta NT.sil>

#### 5. Schlussbemerkung

Für große und größte Durchsätze ist die Tauchlackierung eine ideale Lösung. Dies gilt für das idealvertikale, horizontale oder auch nur partielle Eintauchen der Baugruppen. Der Tauchprozess bietet, bezogen auf große Durchsätze, niedrigste Beschichtungskosten. Lackauftrag und Lacktrocknung erfolgen unter physiologisch und sicherheitstechnisch unbedenklichen Arbeitsbedingungen. Konstant bleibende Austauschgenauigkeit sowie Wiederholungsgenauigkeit mit geringen Toleranzen garantieren bei vorschriftsmäßiger Betriebsweise eine Produktion ohne Beanstandungen.