

Prüfung der Haftfähigkeit

Von M. Gugau, F. W. Hirth und H. Speckhardt

Grafenstraße 2
D-64283 Darmstadt

1 Definition

Unter Haftfähigkeit versteht man die Qualität des Verbundes zwischen Grundwerkstoff und Überzug. Besteht der Überzug aus mehreren Schichten, so ist auch der Verbund innerhalb des Schichtsystems von Interesse.

In der Praxis wird oft der Begriff Haftfestigkeit gebraucht. Dies ist jedoch nur dann zulässig, wenn ein Meßwert in der Dimension einer Spannung bzw. Festigkeit angegeben werden kann, also z. B. in N/mM². Andernfalls läßt sich die Haftfähigkeit nur vergleichend charakterisieren .

2 Bedeutung

Bei allen technisch-funktionellen Aufgaben muß davon ausgegangen werden, daß sich unter den bei Lagerung, Transport, Montage und Betrieb auftretenden Belastungen ein Überzug vom Grundwerkstoff nicht löst, auch nicht partiell. Gleiches gilt für den Verbund innerhalb von Schichtsystemen.

Die Erfüllung dieser Forderungen als selbstverständliche und daher in der Regel nicht besonders erwähnte Qualitätsmerkmale ist die erste Voraussetzung für die Funktionssicherheit eines z. B. galvanisierten Bauteils.

Ist die erforderliche Haftfähigkeit an Funktionsflächen nicht gegeben, dann sind beispielsweise Korrosions- und Verschleißschutz, der elektrische Kontaktdurchgangswiderstand, die elektrische Leitfähigkeit und die Einhaltung geforderter Maßtoleranzen nicht mehr gewährleistet, Dichtsysteme in der Hydraulik versagen.

3 Grundlagen

Der Verbund zwischen Grundwerkstoff und Überzug oder zwischen den einzelnen Schichten in einem Schichtsystem wird von mehreren Faktoren bestimmt:

- Werkstoff
- Oberflächenfeingestalt
- Oberflächenreinheit

- Keimbildung bei der Beschichtung
- Überzugsstruktur
- innere Spannungen
- thermischer Ausdehnungskoeffizient von Grundwerkstoff und Überzug
- Festigkeit von Grundwerkstoff und Überzug
- plastische Verformungsvermögen (Duktilität).

Je nach dem Haftmechanismus, der sich aus den miteinander zu verbindenden Werkstoffen ergibt, müssen unterschiedliche Anforderungen, z. B. an die Oberflächenfeingestalt, erfüllt werden. Beim Galvanisieren von Metallen herrscht die metallische Bindung vor. Hier muß die Grundwerkstoffoberfläche möglichst glatt sein ($R_z \leq 2 \mu\text{m}$), um einen ungestörten Schichtaufbau sicherzustellen. Beim Galvanisieren von Kunststoffen oder von Keramik wirken Chemie- und Physisorptionskräfte, die durch zusätzliche mechanische Verklammerung zwischen Grundwerkstoff und Überzug verstärkt werden können, weshalb hier gegebenenfalls höhere Rauheit der Grundwerkstoffoberfläche für den Verbund vorteilhaft sein kann, wenn auch hierdurch die Überzugsstruktur gestört wird.

In jedem Fall müssen rückstandsfrei saubere und aktive, reaktionsfähige Oberflächen zur Beschichtung vorliegen, weshalb der Vorbehandlung z. B. vor dem Galvanisieren ganz besondere Bedeutung zukommt. Bei zu galvanisierenden passivierbaren Chrom- und Chrom-Nickel-Stählen wirkt sich schon die Passivschicht mit einer Dicke von nur 1 bis 10 nm haftfähigkeitsmindernd aus, sie muß also entfernt und ihre Neubildung verhindert werden.

Findet die Elektrokristallisation nur über Brücken zwischen weit voneinander entfernten Kristallisationskeimen statt, so kann Behandlungslösung eingeschlossen werden, die Unterkorrosion bzw. Wasserstoffentwicklung verursachen kann. Blasenbildung im Überzug ist die Folge.

Zugeigenspannungen im Überzug setzen immer die Qualität des Verbundes herab, da sich der Überzug zusammenziehen und somit vom Untergrund abheben will.

Bei deutlichen Unterschieden im thermischen Ausdehnungskoeffizienten (Faktor 1,5 und größer) führen Temperaturänderungen zwangsläufig zu erheblichen Schubspannungen in der Phasengrenze zwischen den unterschiedlichen Werkstoffen, wodurch es bei nicht ausreichendem plastischen Verformungsvermögen zum Ablösen des Überzugs kommen kann. Schließlich ist auf die Gefahr der Blasenbildung infolge Wasserstoffdiffusion hinzuweisen. (Abhilfe: thermisches Austreiben des in den Grundwerkstoff eindiffundierten Wasserstoffs als Zwischenstufe während des Galvanisierens, bereits nach Ausbildung z. B. einer Zinkschicht mit einer Dicke von 1 bis 2 μm).

4 Prüfung

Einheitliche und auf alle Systeme Grundwerkstoff/Oberzug in gleicher Weise anwendbare Verfahren zur Prüfung der Haftfähigkeit oder gar zur Messung der Haftfestigkeit existieren derzeit noch nicht. Gemeinhin werden technologische Prüfverfahren angewendet, die von Fall zu Fall auf den vorliegenden Prüfauftrag abgestimmt werden. Aus diesem Grund wird auch in den Güte- und Prüfbestimmungen RAL-RG 660 für galvanisierte Produkte [1, 2] auf speziell zu treffende Vereinbarungen zwischen Besteller und Galvaniseur verwiesen. Als Entscheidungshilfe werden hier für galvanisierte Kunststoffe vier genormte

technologische Verfahren aufgeführt, die zumindest eine qualitative oder angenähert quantitative Aussage über die vorliegende Haftfähigkeit gestatten:

- Technologischer Biegeversuch DIN 50 111
- Schlagbiegeversuch DIN 53 453
- Bestimmung der Abzugskraft DIN 53 494
- Temperaturwechselprüfung DIN 53 496

Der Schlagbiegeversuch wurde eigentlich zur Ermittlung der Schlagarbeit eingeführt, um ein Maß für die Zähigkeit des betreffenden Werkstoffs zu erhalten, also im vorliegenden Fall - für das plastische Verformungsvermögen unter schlagartiger Beanspruchung. Er eignet sich insofern auch zur Klassifizierung der Haftfähigkeit nach "gut" und "schlecht", als an dem durchschlagenen Probenkörper leicht zu erkennen ist, ob der Überzug von der Bruchstelle ausgehend abblättern bzw. sich abziehen läßt oder ob er auch am Bruchrand noch fest haftet. Problematisch wird eine Würdigung der hierbei erhaltenen Ergebnisse dadurch, daß bei einem Grundwerkstoff, der wesentlich weicher als der Überzug ist, letzterer einbrechen und ausbröckeln kann (DIN 53 453 gilt für Kunststoffe). Deshalb ist eine Bewertung nach diesem Verfahren zwangsläufig subjektiv. Für metallische Grundwerkstoffe ist entsprechend DIN 50 115 (Kerbschlagbiegeversuch) anzufahren.

Die Bestimmung der Abzugskraft läßt sich schon wesentlich besser quantifizieren, sie ist jedoch naturgemäß nicht bei jedem Überzug durchführbar.

Als Methode der Wahl könnte die Temperaturwechselprüfung angesehen werden, die für galvanisierte Kunststoffe auch in die erwähnten Güte- und Prüfrichtlinien mit aufgenommen wurde (Tabelle 1 aus [1] sowie Tabellen 2 bis 4 [2]). Sie funktioniert allerdings nur dann zuverlässig, wenn sich die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der betreffenden Werkstoffe deutlich voneinander unterscheiden.

In der Praxis hat sich eine Methode eingeführt, die eigentlich für feuerverzinkte Gegenstände entwickelt worden war, sich aber auch erfahrungsgemäß gut für die Prüfung galvanisierter Oberflächen eignet; es ist das Verfahren nach DIN 50 978, wobei eine unter definierte Vorspannung gesetzte Schneide auf die zu prüfende Oberfläche aufschlägt. Das Verfahren kann dann als zerstörungsfrei angesehen werden, wenn die Prüffläche nicht in einer Funktionsfläche liegt oder wenn die Schneideneindrücke in der Funktionsfläche toleriert werden können.

Eine ebenfalls in der Praxis angewandte Methode, die zerstörend wirkt und somit nur für Massenteile oder Proben geeignet ist, besteht im Deformieren des z. B. galvanisierten Teiles bis zum Aufreißen des Überzugs. Es gleicht - bis auf die Beistatungsgeschwindigkeit und die Maximallast - der Vorgehensweise beim Schlag- bzw. Kerbschlagbiegeversuch. Dabei kann man sich an folgende Normen anlehnen:

- DIN 50 106 Druckversuch
- DIN 50 145, DIN 50 146 Zugversuch.

Die Haftfestigkeit in N/mM² läßt sich nach dem derzeitigen Kenntnisstand nur dann exakt messen, wenn es gelingt, mit dem vorliegenden Stoffverbund einen Zugversuch durchzuführen. Hierzu kann beispielsweise wie folgt vorgegangen werden:

- Galvanisieren einer ebenen Fläche
- Festlegen einer definierten zylindrischen Prüffläche in dieser Fläche
- Ausdrehen einer Nut bis in den Grundwerkstoff zur Trennung des Überzugs auf der Prüffläche von der übrigen Schicht
- Kleben der Stirnfläche eines Stempels gleichen Durchmessers auf die Prüffläche (Metallkleber bekannter Klebkraft)
- Zugversuch unter Ausschaltung jeglicher Biegung.

5 Zusammenfassung

Mit diesem Beitrag sollte auf die Erfordernis und auf das Problem der Haftfestigkeitsmessung und der Haftfähigkeitsprüfung aufmerksam gemacht werden. Praxisrelevante Verfahren zur Beurteilung der Qualität des Verbundes zwischen Grundwerkstoff und Oberzug wurden erörtert.

Literatur

1. Galvanisierte Produkte, Gütesicherung RAL-RG 660, Teil 1 und 2, Ausgabe November 1986

2. Galvanische Vergoldung und Versilberung, Gütesicherung RAL-RG 660, Teil 3, Ausgabe November 1988.