

Wechselwirkungen zwischen Überzug und Grundwerkstoff

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

Grafenstraße 2
D-64283 Darmstadt

1 Einleitung

Galvanisierte Bauteile stellen Stoffverbunde aus Grundwerkstoff und Überzug dar.

Dabei liegt eine Aufgabenteilung vor:

- Der Grundwerkstoff stellt die Formtreue, die Festigkeit und die Steifigkeit des Bauteils sicher;
- der Überzug sichert die Oberflächeneigenschaften wie Glanz, Glätte, Härte, elektrische Leitfähigkeit, Kontaktdurchgangswiderstand, magnetische Eigenschaften, Lötbarkeit, Widerstand gegen Korrosion und Verschleiß, konstante Reibungszahl.

Grundwerkstoff und Überzugswerkstoff weisen jeder für sich ganz spezifische und in der Regel in weiten Grenzen einstellbare Eigenschaften auf, die oftmals im einzelnen bestimmt werden können und somit bekannt sind. Für die Funktion des Bauteils im Betrieb sind jedoch nicht nur diese Einzeleigenschaften von Bedeutung, sondern mehr noch die sich aus Wechselwirkungen zwischen Überzug und Grundwerkstoff ergebenden Bauteileigenschaften. Beispielsweise kann eine bestimmte Oberflächeneigenschaft mit Hilfe eines entsprechend abgestimmten Überzugs zwar erfüllt werden, trotzdem kann das Bauteil im Betrieb versagen, weil es durch den Überzug in seiner Verformbarkeit beeinträchtigt wird.

Nachfolgend soll an einigen Beispielen verdeutlicht werden, welche Wechselwirkungen zwischen Überzug und Grundwerkstoff bei der Werkstoff- und Verfahrensauswahl berücksichtigt werden müssen. Hiermit wird gleichzeitig die Notwendigkeit zur Durchführung praxisnaher Versuche im Verlauf der Bauteilentwicklung begründet.

2 Beispiele

2.1 Verformbarkeit

Wird durch eine mechanische Belastung des Bauteils im Grundwerkstoff eine elastische Verformung hervorgerufen, die das Verformungsvermögen des Überzugs übersteigt, dann entstehen dort Risse, die bis zum Grundwerkstoff reichen. Dies führt zu

- Absenkung der Dauerfestigkeit des Grundwerkstoffs und damit des Bauteils (Gefahr des Versagens im Betrieb durch Dauerbruch!);

- Gefahr der Unterkorrosion;
- örtlichem Ausbröckeln des Überzugs.

Bekanntlich können schon bei falscher Handhabung der Bauteile bei Lagerung, Transport und Montage derartige Schäden initiiert werden.

2.2 Thermischer Ausdehnungskoeffizient

Bei deutlich unterschiedlichen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von Überzug und Grundwerkstoff besteht die Gefahr

- des lokalen Abhebens (Blasenbildung) des Überzugs;
- der Rißbildung im Überzug (bis zur Grundwerkstoffoberfläche) mit den unter

Punkt 2.1 genannten Folgen;

- des Verzugs der Teile bei geringen Wandstärken;
- der Ermüdung durch thermisch bedingte mechanische Wechselbelastung.

2.3 Zugeigenspannungen

Abgesehen von der Tatsache, dass zugeigenspannungsbehaftete Überzüge generell vermieden werden sollten, da Zugeigenspannungen zumindest die Haftfestigkeit verringern, senken sie auch grundsätzlich die Dauerfestigkeit des Grundwerkstoffs/Bauteils. Steht die Oberflächenzone des Grundwerkstoffs unter Zugeigenspannungen, dann ist das Bauteil anrißempfindlich, wodurch besonders bei Rissen und/oder Poren im Überzug die Dauerfestigkeit des Bauteils drastisch verringert wird. Außerdem erhöht sich durch solche Zugeigenspannungen die Gefahr einer wasserstoffinduzierten Rißbildung, z. B. beim Beizen, aber auch bei Korrosion im Betrieb.

2.4 Korrosion

Sind Überzug und Grundwerkstoff in ihrem Korrosionsverhalten deutlich voneinander verschieden, dann können sich Lokalelemente an Rissen, Poren und Schnittkanten ausbilden (auch in Gewinden, wenn z. B. der Gewindegrund nicht ausreichend überdeckt ist), die zur beschleunigten Auflösung des unedleren Werkstoffs führen. Ist der Grundwerkstoff unedler als der Überzug, geht ersterer also anodisch in Lösung, so besteht die Gefahr der Unterkorrosion. Voluminöse Korrosionsprodukte drücken dabei den Überzug örtlich ab. Das Auftreten voluminöser Korrosionsprodukte muß im übrigen immer dann vermieden werden, wenn es zum Funktionsausfall von Passungen, Gewinden, Führungen und Dichtsystemen führen würde.

Eine Werkstoffpaarung "edlerer Überzug/unedlerer Grundwerkstoff" ist besonders kritisch bei dynamischer Belastung des Bauteils in einer korrosiven Umgebung: es tritt Schwingungsrißkorrosion auf, bei der das galvanisierte Bauteil in der Regel früher versagt, als wenn es nicht mit einem edleren Überzug (der eigentlich als Korrosionsschutz gedacht war) versehen worden wäre, und zwar ist das immer dann der Fall, wenn Risse (infolge von Zugeigenspannungen, Überschreiten der Verformungsfähigkeit des Überzugs oder durch Ermüdung) oder Poren im Überzug dem Korrosionsmedium den Zutritt zur Grundwerkstoffoberfläche gestatten und sich an diesen Stellen Lokalelemente ausbilden können.

Selbst bei nahezu gleicher Korrosionsbeständigkeit (unter den gegebenen Bedingungen) von Grundwerkstoff und Überzug führen Risse und andere bis zum

Grundwerkstoff durchgehende Fehler im Überzug zum Bauteilversagen, wenn der typische Fall einer Spannungsrißkorrosion (statische Belastung durch Zug- und/oder Zugeigenspannungen in spezifisch wirkendem Umgebungsmedium) vorliegt.

Bei unedleren Oberzügen auf edlerem Grundwerkstoff wird letzterer zwar im Bereich von bis zur Grundwerkstoffoberfläche reichenden Überzugsfehlern kathodisch geschätzt, jedoch besteht dann für ihn in saurer Umgebung durch atomar eindiffundierenden Wasserstoff die Gefahr einer wasserstoffinduzierten Rißbildung; Folge ist (besonders bei Stählen im höherfesten Zustand) ein sprödes Versagen des Bauteils im Betrieb.

Hervorzuheben ist, daß die Wechselwirkungen zwischen Überzug und Grundwerkstoff im Falle eines Korrosionsangriffs nicht nur bei technisch-funktionell verwendeten Bauteilen zu berücksichtigen sind, sondern auch bei dekorativ eingesetzten, wie z. B. Schmuck: Korrosionsprodukte des unedleren Grundwerkstoffs (z. B. schwefellegierter Chrom-Nickel-Stahl) können sich durch Poren im Überzug (beispielsweise Gold) über die gesamte Oberfläche ausbreiten. Schließlich ist noch darauf hinzuweisen, daß die Korrosionsbeständigkeit der Überzüge unmittelbar von ihrer Struktur abhängt. Da sie erheblich von der Rauheit, Geometrie und Zusammensetzung der Grundwerkstoffoberfläche beeinflußt wird, kommt auch dieser Wechselwirkung besondere Bedeutung bei.

2.5 Verschleiß, Erosion, Kavitation

Die genannten Belastungsarten wirken ausschließlich auf die Bauteiloberfläche. Somit sind zunächst nur die Eigenschaften des Überzugs und der Phasengrenze Oberzug/Grundwerkstoff gefordert. Allerdings werden die eingeleiteten Kräfte weiter auf den Grundwerkstoff übertragen. Daraus folgt, daß Härte und Eigenspannungszustand auch des Grundwerkstoffs auf die Belastung abgestimmt sein müssen, um - besonders bei dünnen Schichten - z. B. ein örtliches Eindringen des Überzugs in die Grundwerkstoffoberfläche zu vermeiden.

Der Widerstand der Überzüge gegen die genannten Belastungen hängt wesentlich auch von der Schichtstruktur ab, die wiederum unmittelbar von der Rauheit, der Geometrie und der Zusammensetzung der Grundwerkstoffoberfläche beeinflußt wird. Besonders bei Verschleiß und Kavitation wird zudem die Haftfestigkeit zwischen Überzug und Grundwerkstoff gefordert, damit beispielsweise ein örtliches Ausbrechen des Überzugs nicht eintritt.

3 Zusammenfassung

Anhand einiger Beispiele wurde die Bedeutung von Wechselwirkungen zwischen Oberzug und Grundwerkstoff dargelegt. Hieraus geht hervor, daß keinesfalls die Einzeleigenschaften miteinander mathematisch verknüpft werden dürfen, um die zu erwartenden Bauteileigenschaften abschätzen zu können, sondern daß das Bauteilverhalten in Versuchen ermittelt werden muß. Dies gilt besonders bei kombinierten (sogenannten Komplex-)Beanspruchungen, bei denen z. B. Korrosion und Verschleiß gleichzeitig wirken. Hier müßte ein Oberzug gewählt werden, der (unter den gegebenen Bedingungen) sowohl hohe Korrosions- als auch hohe Verschleißbeständigkeit besitzt. Vor der Festlegung eines Überzugs oder Oberzugssystems ist deshalb eine Abstimmung mit dem Galvaniseur, unter Berücksichtigung der vorgesehenen Beanspruchung, sinnvoll und oftmals zwingend notwendig [1,2].

Schließlich soll noch darauf hingewiesen werden, daß sich die Verwendung von Oberzugssystemen z. B. dann empfiehlt, wenn der Grundwerkstoff sicher vor

Korrosion geschätzt werden soll, um das Bauteil im Sinne eines WerkstückRecycling nach Verschleiß wieder aufarbeiten zu können: Durch beanspruchungsgerechte Wahl der einzelnen Teilschichten läßt sich erreichen, daß alle Verschleiß- und Korrosionsvorgänge innerhalb des Oberzugssystems ablaufen und die Grundwerkstoffoberfläche nicht geschädigt wird.

Literatur

1. Gugau, M.; Hirth, F.W.; Kleinz, H.; Speckhardt, H.: Gaivanisiergerechtes Konstruieren. Galvanotechnik 78 (1987), 12, 3528-3537.
2. Gugau, M.; Hirth, F.W.; Speckhardt, H.: Beanspruchungsgerechtes Gaivanisieren. Galvanotechnik 80 (1989), 4, 1176-1183.