**Galvanogerechtes Konstruieren und Fertigen industrieller Bauteile**

***Bauteile werden aus Gewichts- und Kostengründen in zunehmendem Maße mit immer weniger Reserven dimensioniert. Ihre Oberflächen müssen Anforderungen erfüllen, welche die Möglichkeiten des Bauteilwerkstoffs übersteigen. Dies zwingt zum Veredeln mit funktionell geeigneten Schichten. Grundkenntnisse über Schichten und Beschichtungsverfahren sind schon in der Konstruktionsphase essenziell.***

Metallschichten spielen aufgrund ihrer vielfältigen Funktionen und Wirtschaftlichkeit eine wichtige Rolle bei der Oberflächenbehandlung von Bauteilen. Die Metallabscheideverfahren und deren Schichten nehmen auf die Eigenschaften der Bauteile reversiblen oder irreversiblen Einfluss. Für das Entwickeln, Konstruieren und Fertigen eines Bauteiles ist somit die Kenntnis sowohl der Auswirkungen von Verfahren und Schichten als auch der Funktionsweise der Schichten unbedingt erforderlich. Hierzu gehört auch das Wissen über die Wechselwirkungen zwischen Bauteilform und Schichtausbildung. Feste Regeln für die Festlegung der Form von Teilen, die veredelt werden sollen, gibt es nicht. Kennt der Konstrukteur jedoch die Grundprinzipien des galvanischen oder chemischen Metallabscheidens und weiß er einiges über die Faktoren, die das Abscheiden eines Niederschlags auf Werkstücke beeinflussen, so wird er in der Lage sein, Fehler zu vermeiden und Bauteile zu entwerfen, die den Forderungen der Praxis weitgehend entsprechen.

Unter galvanotechnischen Verfahren sind alle Verfahren zur Oberflächenbehandlung von Metallen und Kunststoffen zu verstehen, die zum Herstellen metallischer Überzüge aus Elektrolytlösungen unter Ausnutzung eines Transportes von Ionen und Elektronen dienen: Vorbehandeln, Galvanisieren und Nachbehandeln. Galvanisierverfahren können mit Strom (elektrolytisch) oder stromlos (chemisch) arbeiten.

**Idee und Durchführbarkeit vereinen**

Wegen der engen und vielfältigen Wechselbeziehungen zwischen Grundwerkstoff, konstruktiver Bauteilform, elektrolytischen oder stromlosen Beschichtungsverfahren, Eigenschaften des Überzuges und der Qualität des galvanisierten Produktes ist es für den Ingenieur und Konstrukteur unerlässlich, die Kenntnisse und Erfahrungen der Galvanotechnik zu nutzen.

Gemäß der Zweckbestimmung eines Werkstückes lassen sich seine Oberflächen in wesentliche und unwesentliche Flächen aufteilen. Diese Unterscheidung erleichtert die Gesamtkonstruktion eines Werkstücks. Alle Regeln des galvanisiergerechten Konstruierens gelten für die wesentlichen Flächen; damit beschränkt sich der erforderliche Aufwand für die Oberflächenveredelung auf das Notwendige. Das heißt aber nicht, dass die unwesentlichen Flächen eines Werkstücks keinerlei Beachtung verdienen. Für sie können die Anforderungen des galvanisiergerechten Konstruierens jedoch oft erheblich reduziert werden. Auf Konstruktionszeichnungen von zu galvanisierenden Werkstücken sollte stets angegeben werden, welche Flächen für das Galvanisieren als wesentlich anzusehen sind.

Wenn möglich, sollte auf den unwesentlichen Flächen immer ein geringer Niederschlag abgeschieden werden. Er schützt das Grundmetall vor Korrosion bei einem späteren Transport und Einsatz des Werkstücks. Ist dies nicht erwünscht oder zweckmäßig, so kann das Metallabscheiden partiell auf die wesentlichen Oberflächen beschränkt werden; die unwesentlichen Flächen lassen sich mit geeigneten Abdeckmaterialien wie Wachsen, Lacken oder Kunststoffen abdecken. Zur sauberen Trennung sind Lackierkanten oder -rillen von Vorteil, die sich oft schon bei der Konstruktion des Bauteils anbringen lassen. Hohlräume lassen sich mit Stopfen oder Kunststoffschrauben schließen; bei Serienteilen empfiehlt es sich, Abdeckkonstruktionen in Verbindung mit dem Gestellbau zu entwickeln und einzusetzen.

**Niederschlagsverteilung beachten**

Je nachdem ob elektrolytische oder stromlose Verfahren gewählt werden, gilt es, auf einige Aspekte zu achten, zum Beispiel die Niederschlagsverteilung. Während sich stromlos abgeschiedene Metallüberzüge durch eine von engen Toleranzen begrenzte sehr gleichmäßige Schichtdickenverteilung auszeichnen, kann die Niederschlagsverteilung beim elektrolytischen Verfahren je nach Geometrie des Werkstücks ungleichmäßig ausfallen. Durch verschiedene Maßnahmen (Verwendung bestimmter Anoden, Hilfskathoden, Abdeckungen …) ist es aber möglich, relativ gleichförmige Schichtdickenverteilungen zu erhalten. Weiterhin kann durch die Entscheidung saurer oder alkalischer Elektrolyte die Schichtdickenverteilung durch Einsatz alkalischer Elektrolyte verbessert werden.

**Kanten, Spitzen, Vertiefungen, Hohlkörper**

Überhaupt sind die Anforderungen an eine stromlos zu beschichtende Werkstückform wegen des Wegfalls der außenstrombedingten Formgebungsrichtlinien sehr reduziert. Beim elektrolytischen Verfahren hingegen gilt es, scharfwinklige innere und äußere Kanten zu vermeiden. Sie müssen immer mit einem möglichst großen Krümmungsradius ausgebildet werden. Auch Spitzen sind ebenso wie Vertiefungen – Rillen, Nuten, Falten, Mulden, nach innen führende Spalte usw. –problematisch. Solche Stellen können nicht oder nur mit erheblichem Aufwand elektrolytisch veredelt werden. Soweit bei Hohlkörpern die Innen- und Außenseite als wesentliche Flächen anzusehen sind, können auch hier Schwierigkeiten bei der Beschichtung auftreten. Hinzu kommt, dass beim Eintauchen des Werkstücks in eine Behandlungslösung in Hohlräumen Luft eingeschlossen wird und die Vorbehandlungslösungen, Spülmittel und Elektrolyt nicht die gesamte zu galvanisierende Fläche erreichen. Ebenso halten tiefe Stellen eines Hohlkörpers leicht Lösung fest, die in die nachfolgenden Behandlungslösungen verschleppt wird.

**Sperrige Teile**

Bei der Galvanisierung sperriger Teile, beispielsweise Stahlrohre

für Möbel, steht oft die relativ kleine zu galvanisierende Oberfläche des Teils in einem wirtschaftlich sehr ungünstigen Verhältnis zum erforderlichen großen Elektrolytvolumen. Hier sollten Konstrukteur, Gestellbauer und Galvaniseur sich stets Gedanken über eine wirtschaftliche Lösung machen – durch Formgebung der Bauteile, deren Anordnung auf den Galvanisiergestellen sowie Auslegung und Gestaltung der Badwannen und -armaturen.

**Passformen**

Beim Galvanisieren beeinflusst die Metallauflage die Maße eines Teils. Dies muss beim Festlegen der Maße und Formen für Auflageflächen, Bohrungen, Fassungen, Nuten usw. besonders beachtet werden. Eine Gewindebohrung kann beispielsweise an der Eintrittsöffnung beim Galvanisieren zu eng werden, weil sich der Metallniederschlag an Ecken und Kanten besonders stark ausbildet. Solche Erscheinungen lassen sich zum Beispiel durch Einsenken der Bohrung vermeiden. Muss ein Werkstück nach dem Galvanisieren spanabhebend bearbeitet werden, so sind vor dem Galvanisieren Bezugspunkte und -maße festzulegen, die durch das Galvanisieren nicht verändert werden. Anderenfalls können bei einer mechanischen Nachbearbeitung Niederschläge örtlich völlig abgetragen und Grundwerkstoffe freigelegt werden.

**Trommeln und Gestelle**

Das Aufhängen der Werkstücke ist im Falle des stromlosen Metallabscheidens unkompliziert, da keine elektrische Kontaktierung erforderlich ist. Grundsätzlich lassen sich Serienkleinteile (zum Beispiel Verbindungselemente) günstig in Trommeln veredeln. Größere Werkstücke werden an Gestellen befestigt.

Die Gestelle sind zwar in der Herstellung teuer, bieten aber Vorteile insbesondere für das elektrolytische Verfahren: Bessere Stromführung durch feste Kontakte, Vermeidung von Abschirmungen, keine Beschädigung der Bauteile durch Gegeneinanderschlagen. Sie können starr in stets gleicher Zuordnung zueinander befestigt werden.

Die Gestelle bestehen gewöhnlich aus Eisen, Messing, Aluminium oder Titan, für hohe Ströme oft aus Kupfer. Die eigentlichen Kontaktfedern, Haken, Klemmen oder Kontaktspitzen für die Warenaufnahme bestehen aus Chrom-Nickel-Stahl, Federstahl, Federbronze, Hartmessing oder Titan. Wichtig ist, dass die Querschnitte der Gestellarme und -klemmen so ausgelegt sind, dass sie den erforderlichen Strom aufnehmen können.

Die zu galvanisierenden Teile müssen sich fest und sicher am Gestell anbringen lassen. Sind vielfältige Arten von Bauteilen zu galvanisieren, so lassen sich die Kosten durch den Einsatz von aus Grundeinheiten zusammengebauten Gestellen erheblich senken.

**Passende Werkstoffe und Verfahren wählen**

Die Fertigung eines Bauteiles ist stets so auszuwählen und durchzuführen, dass ein an sich galvanisierbarer Grundwerkstoff seine Galvanisierbarkeit nicht verliert.

Haftfestigkeit, Aufbau und die übrigen Eigenschaften eines Metallüberzugs wie auch die Art und der Umfang der Rückwirkungen der Oberflächenveredelungsverfahren und der Schicht auf die Werkstückeigenschaften hängen insbesondere von der Erfüllung folgender Voraussetzungen ab:

- Die Grundwerkstoffoberfläche muss veredelungsgerecht,

das heißt homogen, glatt und sauber sein.

- Der Grundwerkstoff muss eine ausreichende Reinheit und Zähigkeit besitzen, Der Vorprozess (zum Beispiel Härten, Anlassen) ist so zu wählen, dass eventuell anfallender atomarer Wasserstoff bei einer anschließenden Effusionsbehandlung wieder abgegeben werden kann.

- Die Kerbempfindlichkeit des Grundmaterials muss niedrig genug sein, damit keine Risse im Überzug entstehen und Sprödbruch auslösen oder die Dauerfestigkeit unzulässig absenken. Grundwerkstoff und Oberflächenveredelung müssen also genau aufeinander abgestimmt sein.

Art und Umfang der Werkstückvorbehandlung sind grundmetallabhängig und können sehr unterschiedlich sein. Es ist daher nicht empfehlenswert und oft auch unmöglich, Werkstücke aus verschiedenen Grundwerkstoffen in einem Arbeitsgang gemeinsam vorzubehandeln und zu galvanisieren. Die einzelnen Teile sollten nach Grundmetallen getrennt vorbehandeltund galvanisiert und erst dann zum Fertigteil zusammengebaut werden. Fugen in vormontierten Bauteilen gleichen Grundmaterials bereiten die gleichen Probleme. Miteinander zu vernietende oder punktverschweißende Einzelteile müssen daher unbedingt vor dem Herstellen der Niet- oder Schweißverbindungen galvanisiert werden, es sei denn, Schweißnähte werden durchgehend dicht gezogen.

Für das stromlose Metallabscheiden muss nicht nur die Oberfläche, sondern auch der Werkstoff selbst von einwandfreier chemischer Zusammensetzung sein. Poröse Werkstoffe oder solche mit Lunkern und Rissen lassen sich im Allgemeinen nicht porenfrei galvanisieren. Hinsichtlich Zähigkeit und Kerbempfindlichkeit des Grundwerkstoffes sollten Werkstoffhersteller und Galvaniseure zu Rate gezogen werden.

**Reinigung ermöglichen**

Unsachgemäßes mechanisches Bearbeiten oder verunreinigte Oberflächen zählen zu den häufigsten Ursachen fehlerhafter Metallbeschichtungen. Eine veredelungsgerechte Oberfläche

- darf keine Fugen oder Überlappungen besitzen,

- muss genügend glatt sein,

- darf nicht durch Korrosionsprodukte oder Rückstände aus der mechanischen Vorbearbeitung verunreinigt sein,

- muss frei sein von Poren, Rissen, Walzhaut, Einschlüssen, eingedrückten Fremdkörpern und anderen Fehlern,

- sollte im Falle geschweißter Teile nur durchgehende Schweißnähte besitzen,

- muss im Falle der stromlosen Oberflächenveredelung entmagnetisiert sein.

Falsches mechanisches Bearbeiten führt zum Umlegen von Spitzen und Erhebungen auf die Oberfläche; diese sieht zwar glatt aus, dennoch treten durch solche Überlappungen Störungen im Schichtaufbau auf, die Ursache eines verstärkten Korrosionsangriffs sein können.

Eine Oberfläche ist sauber, wenn sie aus dem Grundmaterial selbst besteht und nicht durch Oxide, Fett- und andere Adsorptionsschichten bedeckt ist, die eine gleichförmige Einwirkung der Agenzien während des Vorbehandelns und gleichmäßige Elektrokristallisation oder Bekeimung zu Beginn des elektrolytischen oder stromlosen Metallabscheidens verhindern. Zu solchen unerwünschten Oberflächenverunreinigungen zählen im Einzelnen:

- in Verbindung mit Luftsauerstoff gebildete Oxidschichten,

- Reste von Hon-, Schneid- und Schleifemulsionen und

- Kühlmitteln,

- ausgehärtete Polierpastenreste,

- Reste von Korrosionschutzölen,

- silikonhaltige Öle und Fette,

- Reste von Salzschmelzen, Abschreck- und Waschmitteln,

- Reste von Phosphatierschichten (Deltaferrit),

- in die Oberfläche eingepresste Strahl- oder Schleifmittel,

- Gusshäute mit Rückständen des Formenmaterials (Sand und Imprägniermassen, Trennmittel),

- Oxid- und Schlackenreste in nicht sorgfältig gezogenen Schweißnähten,

- Fluxmittel auf Lötstellen.

Da es in der Praxis kaum möglich ist, solche Fremdschichten völlig auszuschließen, muss die unbedingte Forderung erfüllt sein, dass sie mit den in der Galvanotechnik üblichen Vorbehandlungsverfahren restlos entfernt werden können.

Tritt beim mechanischen Bearbeiten auch nur kurzzeitig ein Überhitzen ein, so bilden sich Oxide, die in den Grundwerkstoff hineingepresst werden; auch beim Polieren und Oberflächenglattwalzen können Fremdstoffe in das Basismaterial hineingedrückt werden. Solche Verunreinigungen lassen sich vor dem Galvanisieren kaum noch entfernen. Auf einer magnetischen Oberfläche lagern sich ferromagnetische Schmutzpartikel beispielsweise des Nickels bevorzugt ab; es entstehen raue Überzüge. Um diese zu vermeiden, sollten stromlos zu beschichtende Oberflächen gegebenenfalls entmagnetisiert werden.

Bild: Galvanogerecht\_Konstruieren\_huebner

Bildunterschrift:

Grundkenntnisse über Schichten und Beschichtungsverfahren sind schon in der Konstruktionsphase essenziell. Insbesondere beim elektrolytischen Verfahren spielen die Geometrie des Werkstücks sowie die Möglichkeit einer verzugs- und spannungsfreien Aufhängung mit sicherer Kontaktierung außerhalb des Funktions- und Sichtbereichs

eine wichtige Rolle.

Foto: C. HÜBNER GmbH