

PULVERLACKIERUNG VON ALUMINIUM-WERKSTOFFEN

Materialfehler vor dem Beschichten erkennen

Bei der Pulverbeschichtung von Aluminiumbauteilen kommt es oft zu Störungen auf der Oberfläche. Doch nicht für jeden Fehler ist der Pulverlackierer verantwortlich. Unser Beitrag nennt die häufigsten Fehler und gibt Tipps, wie sie zu vermeiden sind.

Aluminium gehört zu den wichtigsten Leichtwerkstoffen. Bedingt durch seine besonderen Materialeigenschaften, wie beispielsweise die geringe Dichte, gute elektrische Leitfähigkeit, günstige mechanische Eigenschaften, vielfältige Formgebung durch Gießen, Schmieden und Walzen sowie die relativ hohe chemische Widerstandsfähigkeit, wird der Werkstoff in vielen Bereichen der Technik eingesetzt. Besonders im Flug- und Fahrzeugbau, bei der Fassadengestaltung sowie im Maschinen- und Gehäusebau wird Aluminium häufig verwendet.

In den letzten Jahren stieg die Anzahl der Schadensfälle bei der Pulverbeschichtung von Aluminium-Werkstoffen, insbesondere im Fassadenbereich. Immer wieder sind es Oberflächenstörungen in Form von Verdickungen, Pickeln, Kratern und anderen Unregelmäßigkeiten im Pulverlackfilm, für die der Pulverbeschichter zur Verantwortung gezogen wird. Hinzu kommen Materialverformungen, speziell bei Aluminium-Walzblechen. Die Verformungen treten bevorzugt bei größeren Blechkonstruktionen, beispielsweise bei Dachver-

kleidungen und -abdeckungen, nach der thermochemischen Pulververnetzung im Temperaturbereich von 180 bis 210 °C auf.

Verschiedene Arten der Aufarbeitung von Aluminium

Auch das Korrosionsschutzverhalten von Aluminium-Werkstoffen gestaltet sich in Abhängigkeit der Beanspruchung sowie der Wahl der Oberflächenvorbereitung in Verbindung mit einer geeigneten Konversionschemie sehr unterschiedlich – und teilweise recht widersprüchlich.

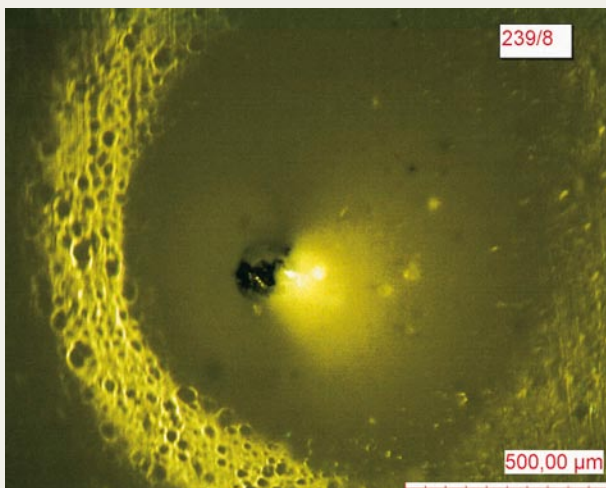


Bild 1: Pressfloh in einer makroskopischen Auflichtaufnahme, umringt von einem Pulverkrater

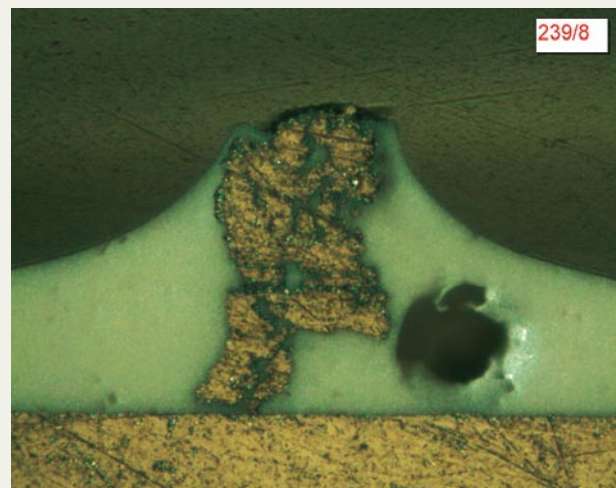


Bild 2: Im metallographischen Querschliff zeigt sich ein fest anhaftender Metallspan (Pressfloh) an der Aluminium-Substratoberfläche. Diese Störung ist herstellungsbedingt.

Für die Pulverbeschichtung kommen bei Aluminium im Wesentlichen vier verschiedene Aufarbeitungen des Werkstoffes aus der Gussherstellung des Massivblockes zur Anwendung:

- Profilherstellung mittels Strangpressen
- Warm- und Kaltwalzen zu Blechen und Folien
- Herstellung spezieller Geometrien mittels Druckguss-Verfahren
- mechanisches Umformen durch Schmieden

Beim Strangpressen werden Aluminium-Blöcke in Temperaturbereichen deutlich unter dem Aluminium-Schmelzpunkt (660 °C) und unter hohem Druck durch eine definierte Werkzeugform gepresst. Dabei entstehen verschiedenartigste Querschnitte, die bis zu Längen von 100 Metern ausgezogen werden.

Die daraus konfektionierten Profillängen, meist sechs bis sieben Meter, werden für Fenster, Türen, Leisten, Felgen und Führungsschienen sowie als Konstruktionselemente im Fassaden- und Fahrzeugbau verarbeitet.

Massivblöcke aus Aluminium können aber auch durch Walzen zu verschiedenar-

tigsten Blechqualitäten verarbeitet und in unterschiedlichsten Blechstärken ausgewalzt werden. Extreme Walzprozesse gestatten eine Blechverformung bis hin zu nur wenige μm starken Aluminium-Folien.

Dabei werden Warm- und Kaltwalzverfahren angewendet. Um Materialspannungen zu vermeiden, kommen häufig gezielte Temperaturbehandlungen (spannungsfreies Glühen) zum Einsatz.

Komplexere Substrat-Geometrien lassen sich im Druckgussverfahren herstellen. Auch dieser Prozess beinhaltet vielfältige Schwachstellen, insbesondere durch mögliche Guss-Störungen, verursacht durch Luft- und Formtrennmittel-Einschlüsse im Gusswerkstoff. Diese äußern sich während des thermochemischen Vernetzungsprozesses in Form von Ausgasungen.

Spezielle Aluminium-Bauteile werden mittels angepasster Werkzeugformen geschmiedet. Die so hergestellten Teile erfüllen erhöhte Festigkeitsanforderungen und werden oft im Fahrzeugbau als Massivteile eingesetzt, beispielsweise als Querlenker für Motorräder oder spezielle Stützelemente im Karosseriebau.

Alle vier Verarbeitungsverfahren können bei der Pulverlackierung der Ender-

zeugnisse (Profile, Bleche und Formteile) zu Beschichtungsproblemen führen. Im Folgenden werden einige Schadensfälle und Alternativen zur Vermeidung beispielhaft dargestellt.

Pressflöhe auf Strangpressprofilen

Bei der Pulverbeschichtung von Strangpressprofilen zeigen sich Fehler auf der Oberfläche meist als sogenannte „Pressflöhe“. Sie werden definiert als „feine, aus der Aluminiumstrangoberfläche herausgerissene und später wieder auf die Profiloberfläche angedrückte Späne“, die meist nadel- oder kommaförmig in Strangpressrichtung angeordnet sind. Visuell mit dem bloßen Auge kaum wahrnehmbar, lassen sie sich die Fehler meist nur durch Fühlen mit der Hand auf dem Oberflächenprofil als leichte Unregelmäßigkeiten nachweisen.

Die Pressflöhe treten verstärkt auf, wenn Strangpressprofile durch zahlreiche Riefen und Kratzer gekennzeichnet sind. Ursache hierfür sind in den meisten Fällen abgenutzte Strangguss-Presswerkzeuge.

Während der thermochemischen Pulververnetzung bei 170 bis 210 °C können sich die angedrückten Aluminium-

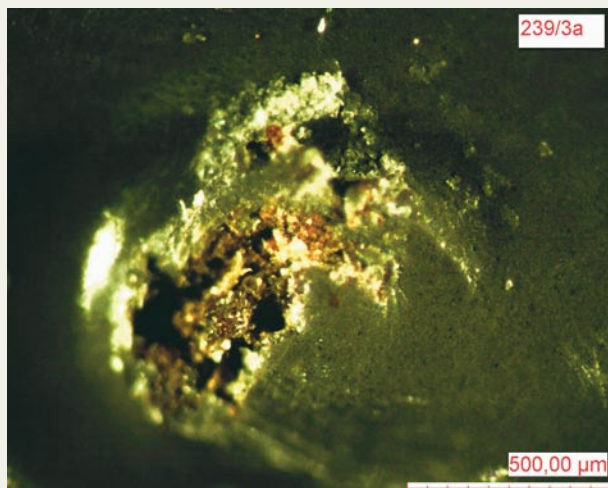


Bild 3: Makroskopische Aufnahme von Strangpress-Rückständen im Pulverlackfilm (aufgebrochen) als Oberflächenstörung mit roten Punkten (siehe auch Bild 4)

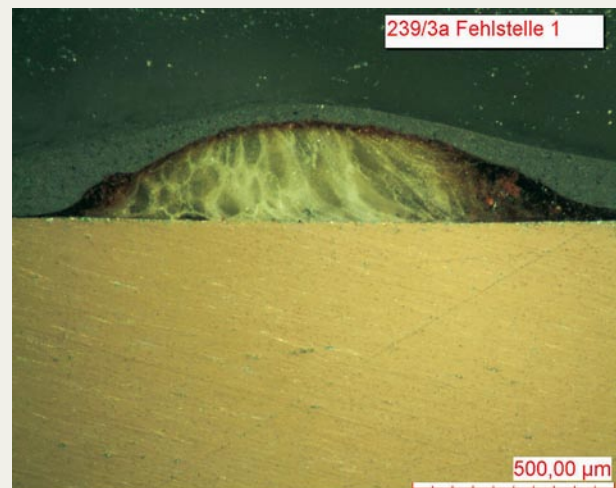


Bild 4: Metallographischer Querschliff von herstellungsbedingten Ablagerungen auf der Aluminium-Oberfläche verursacht von Eisenresten und Si-Anreicherungen. Der rote Punkte am rechten Rand zeigt die gleiche Störungsstelle wie in Bild 3.



Bild 5: Verformungen nach dem Pulvereinbrennprozess als Folge von inneren Materialspannungen

späne aufrichten. Dabei entstehen Verdickungen beziehungsweise Pickel im Pulverlackfilm.

Nachweisen lassen sich diese Oberflächenstörungen durch makroskopische Auflicht- und metallographische Querschliff-Untersuchungen, zu erkennen in den Bildern 1 und 2. In Bild 2 wird nach spezieller Präparation besonders deutlich, dass es sich bei der werkstoffbedingten Oberflächenstörung nicht um ein Bearbeitungsspan, sondern um ein noch auf dem Aluminium-Substrat haftendes Partikel handelt, das sich während des Pulvereinbrennprozesses ausgerichtet hat.

Weitere EDX-Analysen weisen an der Störstelle auf der Aluminium-Oberfläche Eisenreste nach, die sich als braune Einlagerungen kennzeichnen. Es handelt sich dabei um Eisen-Abrieb von Presswerkzeugen, die zu lange im Einsatz waren und Materialermüdung zeigen.

Hinzu kommen noch Oberflächenstörungen auf der Aluminium-Oberfläche, die fest anhaftend sind (Bild 3 und 4). In Abhängigkeit von den eingesetzten Aluminium-Qualitäten sowie den angewendeten Prozessparametern beim Strangpressen – Inertgas, Presstemperatur und -geschwindigkeit sowie Vorwärmtemperatur des Alu-Blockes – können Ausseigerungen entstehen, die sich aus der Oxidform der Spurenelemente zusammensetzen, hauptsächlich aus Magnesium und Silizium.

Diese Produkte lagern sich nach dem Abkühlprozess des Stranggussmaterials sehr fest auf der Aluminium-Oberfläche ab und lassen sich durch üblich praktizierte nasschemische Vorbehandlungsverfahren nur sehr schwer entfernen. Punktuelle Materialanalysen an den Pulverlackfilm-Störstellen erbrachten den Nachweis, dass sich in diesen Zonen verstärkt Magnesium, Silizium, Sauerstoff sowie Bor befindet.

Die Verdickungen verursachen eine entsprechende Lackfilmstörung, vor allem bei der elektrostatischen Applikation im Hochspannungsfeld, wo es zu Abscheidungsunterschieden in der Pulverschicht kommen kann, der sogenannten Antennenwirkung. Der Pulverlack kann diese materialbedingten Oberflächenfehler in der Schmelzphase nicht ausgleichen.

Die am rechten Rand von Bild 4 sichtbaren roten Einschlüsse sind Eisenoxid-Verbindungen, die sich aus dem Werkzeugabrieb beim Strangpressen ergeben und in der EDX-Analyse bis zu 58 % Eisen aufzeigen.

Zusätzlich weist die Materialanalyse noch Ca- und Si-Verbindungen nach, die durch entsprechende Ausseigerungen aus dem Substratwerkstoff während des Umformprozesses entstehen können.

Deformierte Aluminium-Walzbleche

Auch bei Aluminium-Walzblechen sind in der letzten Zeit wiederholt größere

Schadensfälle aufgetreten. Hier zeigt sich oft die ungenügende Kenntnis des Metallbauers beziehungsweise Pulverbeschichters über die herstellungsbedingten Materialeigenschaften der Aluminium-Walzqualitäten.

Aus den nach speziellen Technologien vorbereiteten Aluminium-Blöcken werden durch verschiedene Walzstufen die entsprechenden Blechstärken und -breiten hergestellt. Diese werden anschließend häufig als Blechcoil mit unterschiedlichen mechanischen Kennwerten, wie beispielsweise Zugfestigkeit, Streckgrenze, Bruchdehnung oder minimalem Biegeradius konfektioniert.

Da sich durch den Walzprozess zwangsläufig Materialspannungen ergeben, erfolgt teilweise ein Nachglühen der Walzbleche, das heißt durch eine nachfolgende Wärmebehandlung zwischen 220 bis 250 °C werden die Bleche nochmals angelassen. Die beim Walzprozess gebildeten inneren Spannungen werden dadurch teilweise kompensiert. So entstehen zum Beispiel die Blechgüten H 24 oder H 34.

Nachteilig für diese nachfolgende Wärmebehandlung können legierungsbedingte Ausseigerungen sein, die das Oberflächenbild farblich negativ beeinflussen. Beim Eloxieren dieser spannungsfrei geglühten Blechqualitäten können Oberflächenschattierungen entstehen, die die Ausbildung einer gleichmäßigen, farbigen Oxidhaut (Eloxal-Konversionschicht) kritisch beeinflussen. Deshalb sollten für die Eloxierung keine spannungsfrei geglühten Aluminium-Walzbleche Verwendung finden, sondern Eloxal-Sonderqualitäten der Blechgüte H 14. Das Walzblech in Eloxal-Qualität verfügt durch die fehlende Wärmebehandlung über ein sehr gleichmäßiges Oberflächenbild ohne Ausseigerungen.

Hier entsteht jedoch das Beschichtungsproblem, speziell bei größeren Blechkonstruktionen. Durch die fehlende thermische Nachbehandlung der Walzbleche und die durchgeführten Kant- und Umformprozesse, bilden sich im Alumi-

Hier steht eine Anzeige.



JUMBO-COAT®
MEEH
PULVERBESICHTUNGSTECHNOLOGIE



■ Vorbehandlung
■ Nasslackierung
■ Pulverbeschichten
■ Fördertechnik

JUMBO-COAT®
Pulverbeschichtungs-
und Nasslackier-Anlagen
auch für Großteile **bis 8000 kg**

MEEH Pulverbeschichtungs-
und Staubfilteranlagen GmbH
Tel. 07044 95151-0 · www.jumbo-coat.de

Besuchen Sie uns auf der Paint Expo 08, Halle 3, Stand 3214



Überlassen Sie Ihre
Qualität nicht dem Zufall!
Steigern Sie Ihre Produktivität!
Sparen Sie Zeit und Geld!

Steigern Sie Ihre Produktivität!

Pulverbeschichtung ist heute ein komplex vernetzter Prozess. Nur die optimale Kontrolle aller Komponenten und Parameter garantiert perfekte und wirtschaftliche Beschichtungsergebnisse.

ITW Gema bietet Ihnen flexible und prozessorientierte Problemlösungen an.

Auf Ihre Produktivitätssteigerung zugeschnitten und unterstützt durch ein professionelles Servicenetzwerk!



www.itwgema.ch

ITW Gema

Your global partner for high quality powder coating

nium-Walzblech enorme innere Spannungen aus. Extreme Materialdeformationen beim Pulvereinbrennprozess (180 bis 210 °C) können die Folge sein, wie Bild 5 bei einem Dach-Panelblech deutlich zeigt. Bei diesem Schadensfall handelte es sich um eine Eloxal-Blechqualität, nicht spannungsfrei gegläht, mit einer Materialstärke von 2 mm.

Für die Pulverbeschichtung sollten daher Walzblechgüten in Eloxal-Qualität (H 14) gemieden werden. Spannungsfrei nachbehandelte Blechgüten wie H 24 mit einfacher Wärmenachbehandlung oder H 34 mit zweifacher Wärmenachbehandlung sind empfehlenswert. Bestimmte farbliche Ausseigerungen werden durch die Pulverbeschichtung im Gegensatz zur Eloxierung entsprechend kaschiert, beziehungsweise abgedeckt.

Auch im Verformungsprozess können Walzfehler auftreten, wie Bild 6 bei der makroskopischen Auflichtaufnahme deutlich zeigt. Hier erfolgte keine ausreichende Reinigung der Oberfläche vor dem Walzprozess. Dadurch wurden Fremdpartikel, wie Schleif- und Schneidreste, in die Oberfläche mit eingearbeitet.

Bei den thermisch umgeformten Aluminium-Qualitäten kommt es besonders darauf an, undefinierte Oxidschichten sowie die umformbedingte mikrokristalline Deformationsschicht zu beseitigen und eine korrosionsstabile und haftvermittelnde Konversionsschicht auszubil-

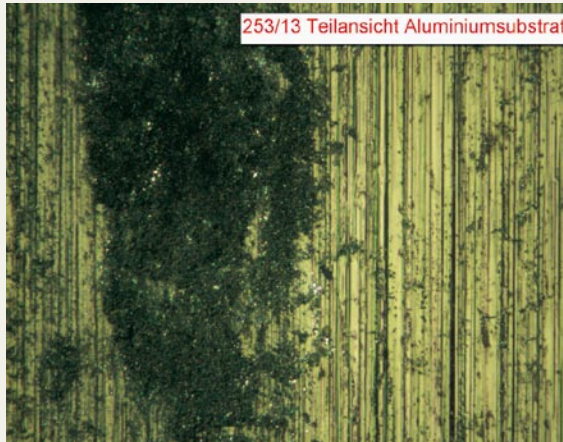


Bild 6: Oberflächenstörungen in Aluminium-Walzblech, verursacht durch unsaubere Walzprozesse

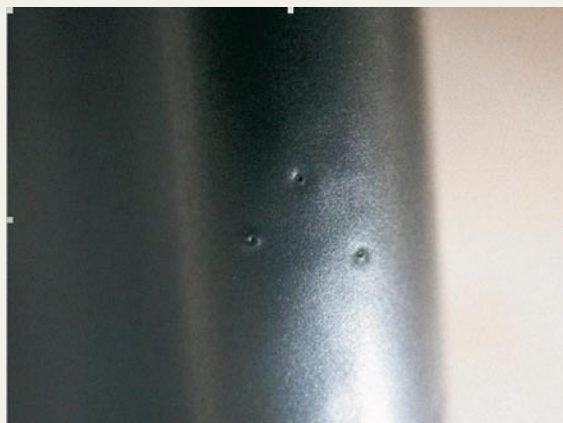


Bild 7: Typische Oberflächenstörungen durch Ausgasungen bei Aluminium-Druckgusserzeugnissen

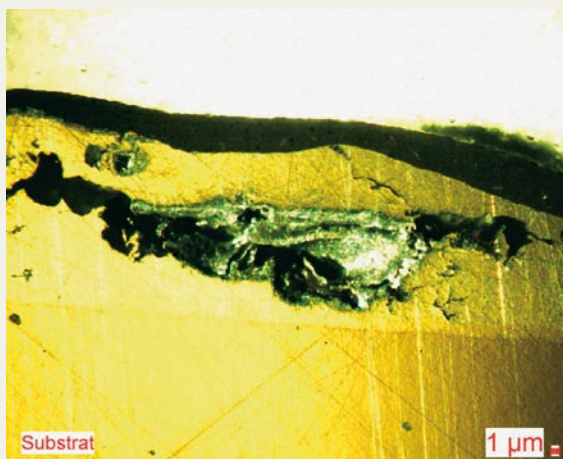


Bild 8: Gefügestörungen im Aluminium-Substratwerkstoff, hervorgerufen durch Schmiedeprozesse (im metallographischen Querschliff)

den. Diese Deformationsschicht befindet sich in der Regel unter der Oxidhaut und oberhalb des gleichmäßigen Warmbandgefüges und muss durch einen geeigneten Beizangriff abgetragen werden. Danach ist eine dichte Konversionsschicht auf Basis einer möglichst optimalen nasschemischen Oberflächenvorbehandlung, die durch einen ausreichenden Beizabtrag realisiert wird, aufzubringen.

Des Weiteren können während des Walzprozesses, hervorgerufen durch den Einsatz verschlissener Walzwerkzeuge, auch Kratzer auf der Aluminium-Oberfläche entstehen beziehungsweise sich hart anhaftende Walzhilfsmittel wie Gleit- und Schmiermittel auf dem Substrat festsetzen.

Aluminium-Druckguss mit Lunkern

Bei der Pulverbeschichtung dieser Werkstoff-Qualitäten sind es hauptsächlich die Formtrennmittel beziehungsweise die Lufteinschlüsse beim Gießprozess, die den Pulververnetzungsprozess stören können. Ausgasungen der Lufteinschlüsse aus Lunkern im Gusssubstrat während des Pulvereinbrennprozesses, die durch die Polymerbildung nicht mehr rechtzeitig aus dem Aluminium-Untergrundmaterial entweichen können, zeigen sich in Form von Blasen und Kratern im Pulverlackfilm (Bild 7).

Weitere Probleme können Formtrennmittel als schwer lösliche Fettrückstände auf den Aluminium-Druckguss-

Oberflächen bereiten. Sie ziehen häufig Ausgasungen sowie Haftungsverluste der Beschichtung nach sich.

Abhilfe schaffen nur spezielle Temper-Technologien bei 180 bis 200 °C über zehn bis 15 Minuten Verweilzeit im Ofen, die Verwendung von ausgasungsarmen Pulverlacken sowie Epoxy-Grundierungen (flüssig oder pulverförmig) oder eine sehr gründliche nasschemische Vorbehandlung. Bei der chemischen Entfettung sollten Restkohlenstoffgehalte von < 10 bis 14 mg C pro m² Substratoberfläche realisiert werden (Nachweisführung über die spektroskopische Restkohlenstoffbestimmung).

Umfangreiche Vorbehandlung bei Aluminium-Schmiedematerialien

Bei den Schmiedeprozessen werden Aluminium-Vollmaterialien unter hohem Druck in entsprechende Formen gepresst. Die Technologie eignet sich besonders für die ökonomische Herstellung von komplizierten Geometrien in hohen Stückzahlen. Bis auf die mechanische Nacharbeit, wie Entgraten und Schleifen, lassen sich die Herstellungstechnologien stark automatisieren.

Kritisch bei diesem Umformprozess sind die verwendeten Formtrennmittel. Die eingesetzten Fette und Öle lagern sich teilweise in Störstellen des Oberflä-

chengefüges vom Aluminium-Substratwerkstoff mit ein. Bedingt durch die Temperaturbeanspruchung beim mechanischen Umformprozess können die Hilfsmittel auch verharzen und lassen sich dann nur sehr schwer wieder entfernen.

Auch ein zu langes und aggressives Beizen bewirkt einen zu starken Abtrag des Substratgefüges, wodurch es zur Anreicherung von Silizium im oberflächennahen Bereich kommen kann. Diese Erscheinung führt unter Umständen zu Haftungsproblemen beziehungsweise zu einem ungenügenden Aufbau der Konversionsschichten.

Da nach dem Schmiedevorgang eine Beizbehandlung in der Regel unumgänglich ist, sind häufig die Schmiedestörungen in nahen Oberflächenbereichen typische Anreicherungsstellen für Vorbehandlungsrückstände. Trotz vielfältiger Schleif- und Spülmaßnahmen werden diese erst bei der Pulverbeschichtung aktiviert und bewirken Oberflächenstörungen durch Ausgasungen (Bild 8).

Besonders problematisch sind diese versteckten Mängel für den Pulverbeschichter, da die Störstellen in den Schmiedematerialien bei der Wareneingangskontrolle visuell meist nicht wahrnehmbar sind. Hier können nur spezielle, materialabtragende Vorbehandlungen in

Verbindung mit intensiven Spülprozessen spürbar Abhilfe schaffen.

Mängel vor der Beschichtung erkennen

Generell muss der Pulverbeschichter mit Bedacht an die Bearbeitung der unterschiedlichen Aluminium-Werkstoffqualitäten herangehen. Herstellungsbedingte Oberflächenstörungen müssen vor dem Beschichtungsprozess erkannt und entsprechend eliminiert werden. Dies ist nur durch zusätzliche aufwendige Qualitätsmaßnahmen bei der Eingangskontrolle der Beschichtungssubstrate realisierbar.

Auch die Aluminium-Werkstoffhersteller beziehungsweise die Händler und Lieferanten müssen für diesen Überwachungsprozess mit aktiviert und zur Verantwortung gezogen werden, denn nicht für jeden Oberflächenfehler ist der Pulverlackierer verantwortlich. Häufig sind die Ursachen in vorangegangenen Bearbeitungsschritten des Substratwerkstoffes zu suchen. —

Der Autor:

Dr. Thomas Herrmann, öffentlich bestellter und vereidigter Sachverständiger für Pulverbeschichtungstechnologien, Dresden, Tel. 0351 4961103, dr.th.herrmann@t-online.de

Hier steht eine Anzeige.

 Springer