

Spannungsrisse in Pulverlacken durch Polymerversprödung

Seit der Umstellung der Polyester-Pulverlacke auf neue Härterssysteme hat die Zahl der Schadensfälle durch Spannungsrisse deutlich zugenommen. Über die Ursachen dieser Polymerversprödung ist bisher noch wenig bekannt. Der folgende Beitrag fasst die bisher gewonnenen Erkenntnisse auf diesem Gebiet zusammen.

Derzeit gibt es kaum einen Polyester-Klarlack, der den Qualitätskriterien der Gütegemeinschaft für Stückbeschichtung (GSB) in vollem Umfang entspricht und ausreichende Sicherheit bietet, eine Polymerversprödung bei bestimmten Beanspruchungsbedingungen auszuschließen. Die Ursachen für die teilweise erst nach Tagen und Wochen einsetzenden Spannungsrisse, insbesondere bei transparenten Polyester-Pulverlacken sind noch wenig untersucht und die Beanspruchungsbedingungen, die zu diesen Problem führen, noch nicht vollständig geklärt.

Da Polymerversprödungen in speziellen Anwendungen auch bei pigmentierten Pulverlacken auftreten können, mussten einige Theorien zur Erklärung dieser Schadensbilder zum Teil wieder verworfen werden.

Durch das Institut für Lacke und Farben e. V. und unter Mitwirkung eines Sachverständigen, der sich mit der Schadensfallbearbeitung speziell beschäftigt, wird seit Mitte letzten Jahres ein vom BMWA unter der Reg.-Nr. IWO 41404 geförderten F-u.-E-Thema zur möglichen Ursachenklärung bearbeitet. Erste Überlegungen, Ansatzpunkte und bisher gewonnene Erkenntnisse sollen nachfolgend vorgestellt werden. Da Schadensfälle mit Spannungsrisse zum überwiegenden Teil in Polyester-

Transparent-Pulverlacken aufgetreten sind, wurden die Schwerpunkte der Forschungsarbeiten im ersten Untersuchungszeitraum auf diese Beschichtungspolymere gelegt.

Unpigmentierte, also farblose Polyester-Pulverlacke werden seit zehn Jahren hauptsächlich für die abschließende Deckbeschichtung von Fahrrädern, Rollstühlen, Motorradbauteilen, Radiatoren sowie in der Lampenindustrie für Messing- und Kupfererzeugnisse eingesetzt. Weitere Anwendungen sind die Beschichtung von Schildern und bedruckten Blechbildern. Insgesamt hat damit der farblose Pulverlack einen Anteil von 1,5 bis 2 Prozent am Gesamt-Pulverlackverbrauch. Nicht berücksichtigt sind dabei die unpigmentierten Acrylsysteme für die Beschichtung von Automobilarosserien.

Empfindliche Metallic-Beschichtungen

Aufgrund der immer stärkeren Anwendung von Metallic-Effektpulverlacken im Fassadenbereich – zurzeit liegt der Metallic-Pulver-Anteil im Fassadenbereich für Blechverkleidungen, Fenster- und Türprofile sowie Stahlkonstruktionen bei etwa 30 bis 40 Prozent – treten seit geraumer Zeit zunehmend Probleme auf bei der Fassadenreinigung sowie beim Ausbessern von Transport- und Montageschäden.

Die Metallic-Pulverlackoberflächen reagieren häufig sehr empfindlich auf chemische Substanzen und verfärben sich bereits bei Einwirkung von leicht aggressiven Reinigern. Zudem lassen sich die Metallic-Pigmente teilweise aus dem Polymerverbund herauswischen, das sie sich infolge ihrer Konsistenz an der Lackfilm-Oberfläche anreichern. Gleiches gilt bei mechanischer Beanspruchung, also Beschädigungen beim Transport infol-

ge Reibungs- und Scheuerbeanspruchung oder durch die Aggressivität von Handschweiß.

Die genannten Schädigungen sind auf der Metallic-Oberfläche weder durch Reinigungs- noch durch Poliervorgänge reparabel, da in der Regel die Metallic-Pigmentierungen geschädigt sind. Ebenso wenig lassen sich bei Metallic-Pulverlacken Kratzer und Abplatzungen heraus schleifen und mit Nasslacken ausbessern, ohne dass das Oberflächenerscheinungsbild merklich verschlechtert wird. Fassadenelemente müssen häufig wieder demontiert, entlackt und neu beschichtet werden, wodurch sich die Kosten um ein Vielfaches zum ursprünglichen Beschichtungspreis erhöhen.

Auf Grund dieser Probleme und zum Schutz spezieller Metallic-Pulverlackfassaden, fordern die Auftraggeber immer häufiger eine zusätzliche transparente Deckbeschichtung. Einige wenige Anwender setzen gegenwärtig dafür hochwetterfeste, flüssige Fluorpolymer-Beschichtungen ein, die jedoch sowohl im Materialpreis als auch in der Applikation sehr kostenintensiv sind.

Erste große Profilanbieter, wie zum Beispiel Schüco, fordern bereits seit mehr als einem Jahr von ihren Beschichtern bei Qualitätsprofilen eine farblose Überbeschichtung. Auf Grund der zurzeit noch nicht geklärten Ursachen für die eventuell auftretenden Polymerversprödungen in Verbindung mit Spannungsrisse in der farblosen Decklackschicht und der meist fehlenden GSB-Zulassungen für die Transparent-Polyester in Fassadenanwendung, sind die Pulverlackierer äußerst skeptisch gegenüber einer solchen Zweifachbeschichtung, trotz teilweise lukrativer Beschichtungspreise. Viele potenzielle Anwender haben daher an der Lösung des Problems der Polymerversprödung auch ein großes wirtschaftliches Interesse.

Spannungsriß-Erscheinungen als Schadensfälle

Überall dort, wo bereits farblose Pulverlack-Deckbeschichtungen auf Basis von TGIC-freien Polyester-Pulverklarlacken eingesetzt werden, können zeitlich nicht zuordenbare Polymerversprödungen in Form von Spannungsrisse auftreten, häufig in der Anordnung ähnlich eines Spinnennetzes.

So wurden diese Erscheinungen zum Beispiel beim Überseetransport von Fahrrädern bemerkt, obwohl die Produktionskontrolle nach der Beschichtung und vor der Verpackung eine qualitätsgerechte Lackfilm-Oberfläche dokumentierte. Bei Design-Badheizkörpern mit Metalliceffekt-Oberflächen wurden feine Risse im transparenten Deckpulverlack erst mehr als sechs Monate nach der Endmontage festgestellt.

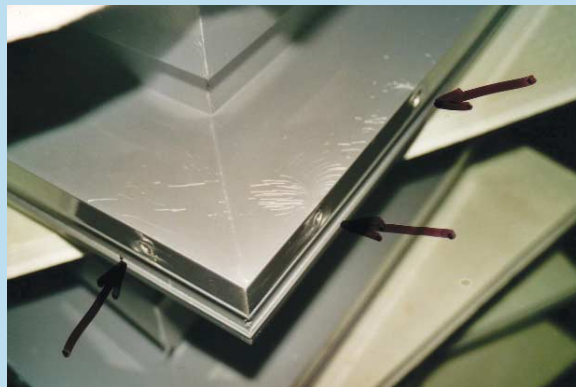
Im Rahmen eines bedeutenden Bauprojektes traten an relativ großen Profilkonstruktionen, die zu Rahmen verarbeitet wurden, nach dem Lkw-Transport in den Wintermonaten beim Zuschnitt Spannungsrisse an unterschiedlichen Profilseiten auf. Bei nachträglicher Vernietung zeigten sich in angrenzenden Bereichen – bis zu 100 mm Entfernung vom Niet – ebenfalls Spannungsrisse im Pulverklarlack.

Ähnliche Schadensfälle sind den Autoren auch bei Lampengehäusen, Stahlmöbeln, Motorradanbauteilen und Rollstühlen bekannt, also überall dort, wo mit Polyester-Transparent-Pulverlacken auf Metallic-Grundpulver oder direkt auf den Substratwerkstoff appliziert wurde. Auch bei TGIC-haltigen Polyester-Pulverklarlacken sind diese Phänomene seit Jahren bekannt, jedoch traten sie deutlich weniger häufig auf als bei TGIC-freien Systemen.

Ergänzend ist zu erwähnen, dass Schadensfälle durch Polymerversprödung auch bei pigmentierten Pulverlacksystemen bekannt sind, insbesondere bei Polyester/Epoxyd-Hybrid-Systemen auf Radiatoren (Farbton RAL 9016 und 9010). Hier zeigten sich die Spannungsrisse bevorzugt in den Bereichen, wo feuchte Gegenstände zum Trocknen aufgelegt worden waren.



Die Spannungsrisse sind an großen Winkelprofilen während der Zuschnittarbeiten beim Metallbauer aufgetreten



Spannungsrisse an Winkelprofilrahmen im Bereich von mechanischen Vernietungen



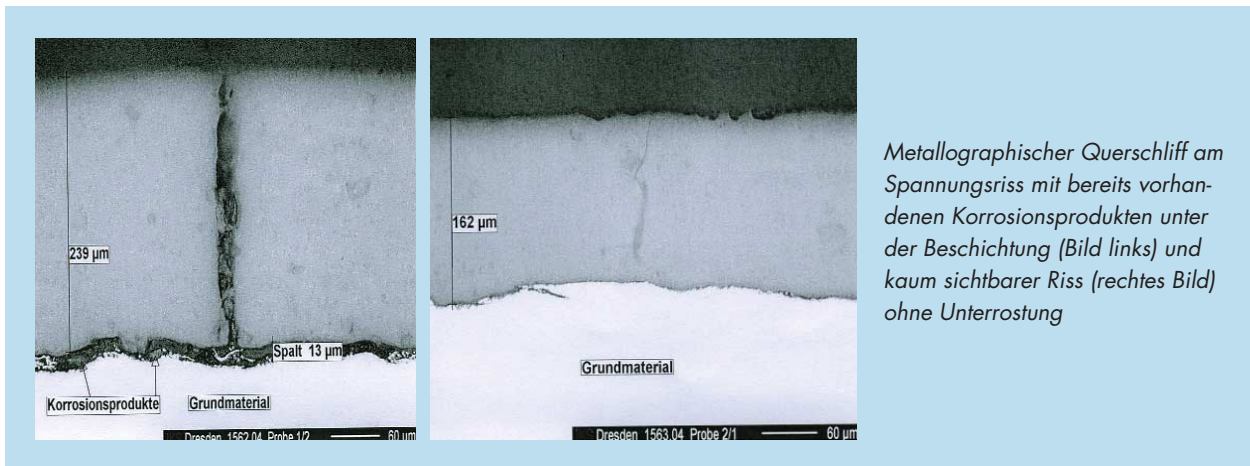
Spannungsrisse an einem Badheizkörper (RAL 9016) im Bereich der Handtuchauflage an der obersten Sprosse

Mögliche Ursachen der Polymerversprödung

Über Ursachen und Bedingungen, die zur Polymerversprödung führen, ist wenig bekannt. Die vielfach geäußerte Mutmaßung, dass ein Zusammenhang zur applizierten Schichtdicke besteht, ist bisher nicht belegt. Auch kann in vielen Fällen eine Belastung der Beschichtung mit Salzfracht oder anderen Korrosionsmedien sowie (UV)-Licht ausgeschlossen werden. Um die Gründe für das Auftreten dieser Versprödungen herauszufinden, müssen

verschiedene Gesichtspunkte komplex betrachtet werden. Bei der Herstellung der Pulverlacke ist davon auszugehen, dass bei der Extrusion der ungefüllten, nicht pigmentierten Vormischungen deutlich geringere Scherkräfte im Extruder erreicht werden, als dies bei vergleichbar pigmentierten Systemen der Fall ist.

Während bei Klarlacken nur Bindemittel, Härter und gegebenenfalls Additive zum Einsatz kommen, sorgen in farbigen Pulverlacken die eingesetzten Pigmente und Füllstoffe auf Grund der höheren Viskosität des Gesamtsystems für eine gründlichere Durch-



Metallographischer Querschliff am Spannungsriss mit bereits vorhandenen Korrosionsprodukten unter der Beschichtung (Bild links) und kaum sichtbarer Riss (rechtes Bild) ohne Unterrostung

mischung des Extrudates und damit für eine bessere Verteilung aller Komponenten. Bei unpigmentierten Systemen ist eine derart intensive Durchmischung möglicherweise nicht in ausreichendem Maße gegeben.

Eine weitere Ursache für Polymerversprödung bei Pulver-Mehrschichtsystemen, beispielsweise mit Metallic-Grundpulver und Farblos-Deckpulver, könnte im unterschiedlichen Härtungsmechanismus der eingesetzten Pulverlacke liegen. So erfolgt die Umsetzung eines Polyesters mit Hydroxyalkylamid-Härtern (Primid) in einer Polykondensationsreaktion unter Abspaltung von Wasser, wogegen die Verwendung eines Epoxyd-Härters eine Polyadditionsreaktion zur Folge hat, bei der keine Reaktionsprodukte freigesetzt werden. Wenn demnach ein Primid-härtender Basislack mit einem Pulverklarlack auf Epoxyd-härtender Basis überzogen wird, könnte eine Einlagerung des Reaktionswassers der Basisschicht in die Deckschicht denkbar sein. Dies kann zu einem späteren Zeitpunkt zur Schädigung des Klarlackes führen.

Des Weiteren sind unterschiedliche physikalische Eigenschaften der übereinander applizierten Pulverlacke als Fehlerursache für Versprödungserscheinungen in Betracht zu ziehen. So ist es denkbar, dass sich die Glasübergangstemperaturen oder die Wärmeausdehnungskoeffizienten der beiden Lackschichten unterscheiden. Daraus kann bei einer mechanischen Beanspruchung oder einer Temperaturwechselbelastung ein differierendes

Dehnungsverhalten resultieren, das zu einer Schädigung des Polymerverbundes führen könnte.

Auch vorhandene Temperaturunterschiede innerhalb eines mehrschichtigen Pulverlacksystems dürften eine wesentliche Rolle bei der Entstehung von Polymerversprödungen spielen. So kann es infolge einer Temperaturbelastung, beispielsweise bei beschichteten Heizkörperflächen oder Heizrohren, zu einem Temperaturgefälle innerhalb der Gesamtschicht beziehungsweise zwischen den einzelnen Schichten des Mehrschichtsystems kommen. Besitzt nun der verwendete Grundierpulverlack eine wesentlich geringere Glasübergangstemperatur als der farblose Deckpulverlack, so ist es denkbar, dass dieser auf Grund seiner Nähe zum beheizten Substrat schon zu „fließen“ beginnt, während sich der Decklack noch im glasartigen Zustand befindet (mögliche Schadensursache bei Radiatoren). Diese unterschiedlichen physikalischen Zustände könnten dann zu Spannungen und schließlich zur Riss-

bildung im „nicht fließenden“ Decklack führen.

Neben den bereits genannten Ursachen kann auch eine eventuell nicht optimale Untergrundbenetzung des farblosen Deckpulverlackes vermutet werden. Durch eine sorgfältigere Bindemittelauswahl in Verbindung mit den Verlaufsadditiven und Füllstoffen, kann möglicherweise eine verbesserte Verträglichkeit beider Pulverlackssysteme erreicht werden. Allerdings hat der Pulverlackverarbeiter wenig Einfluss auf die Auswahl der Rohstoffe, die beim Pulverhersteller zum Einsatz kommen.

Als weitere mögliche Fehlerquellen sind unzureichende Einbrennbedingungen zu nennen. Für einen optimalen, mechanisch belastbaren sowie licht- und wetterbeständigen Pulverdecklack müssen die vom Pulverhersteller vorgeschriebenen Aushärtebedingungen korrekt eingehalten werden. Dabei spielen einerseits die Ofengeometrie, das Beschichtungsverfahren (kontinuierlich oder diskontinuierlich) und die Art der Wärmeein-



Spannungsriss in einem bewusst untervernetzten Pulverklarlack auf Metallic-Pulverlackuntergrund

www.jot-oberflaeche.de

**Wir bringen
die neuesten Infos
an die Oberfläche.**

Die Drei!

Standard???
...Kann doch jeder!



**WIR BIETEN IHNEN DIE
INDIVIDUELLE LÖSUNG FÜR IHR
PULVERBESCHICHTUNGSPROBLEM.**

Mehr Infos unter:

Intec GMBH
OBERFLÄCHENTECHNIK

Tel.: +49-(0)231-443041
Fax: +49-(0)231-458621
Internet: www.intec-do.de

**Genau so glatt,
wie wirtschaftlich.**

gfscom.ch 40898



Polyflex® UDS-50 Ultradünnschichtpulver für Innenanwendungen. Eine neue Pulverlack-Technologie macht es möglich: Schöne, glatte Flächen mit einem geschlossenen und hervorragend verlaufenden Film können in ultradünnen Schichten von 20 µm bis 30 µm erzeugt werden. So sparen Sie mindestens 30% Materialkosten. Und das alles ohne Umstellung oder Zusatzinvestition. Polyflex® UDS-50 kann wie herkömmliches Beschichtungspulver verarbeitet werden.

Willkommen in der Zukunft.

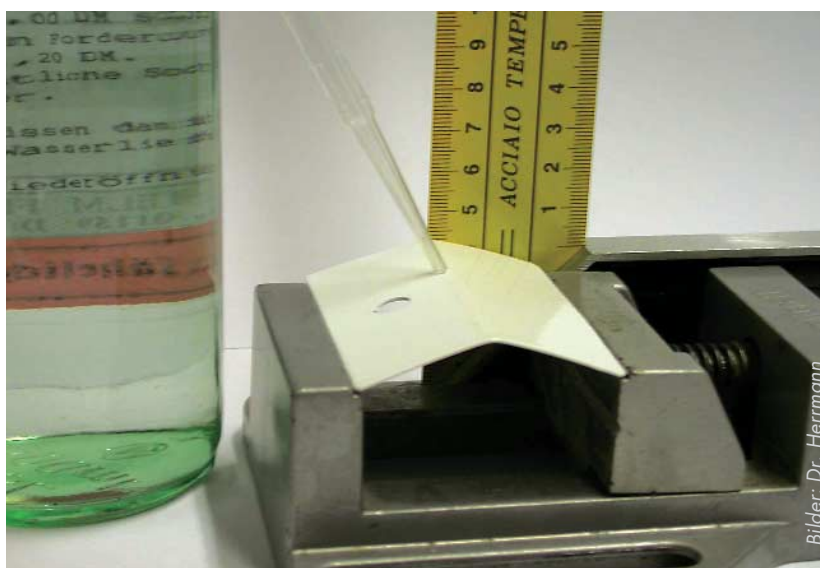


KARL BUBENHOFER AG

Tel. +41 (0)71 387 41 41

www.kabe-farben.ch

Das Leben ist bunt.



Spannungsriss-Prüfanordnung mit angreifendem Medium

Bilder: Dr. Herrmann

gung (elektrisch, Gas, IR) eine Rolle. Andererseits sind auch Kennwerte der beschichteten Substrate, wie Materialdurchsatz und -stärke sowie Wärmekapazität von Bedeutung, da eine geringe Stückzahl dünnwandiger Aluminiumbleche im Ofen ein anderes Aufheizprofil erfordern als eine große Menge massiver Stahlträger. Bei direkt befeuerten Gasöfen können die in den Abgasen enthaltenen Stickoxide oder CO-Bestandteile zusätzlichen Einfluss auf die Beschichtung nehmen.

Die Einhaltung der Einbrennbedingungen ist wichtig, da das Auftreten von Spannungsrissen bei unzureichend thermochemisch vernetzten Pulverlacken („Unterbrennen“) eher zu vermuten ist. Unvollständig ausgebildete Polymermoleküle zeigen eine völlig andere Morphologie und besitzen eine hohe Sprödigkeit. Andererseits dürfen die Pulverlacke nicht zu lange höheren Temperaturen ausgesetzt werden, da bei einem „Überbrennen“ die Gefahr der Vergilbung der Beschichtung besteht. Der Pulverlackierer muss also innerhalb des schmalen Fensters aus Einbrenntemperatur und -zeit ein Optimum finden, bei dem die Beschichtung ihr gewünschtes Eigenschaftsprofil ausbildet, aber (noch) nicht vergilbt.

Bei Analyse der Spannungsriss-Erscheinungen von pigmentierten Pulverlacken am Anwendungsfall von Radiatoren zeigt sich, dass erst die

Spalten (Spannungsrisse) entstehen und dass sich nachfolgend die Korrosionsprodukte durch Feuchte- und Salzfracht-Einwirkung ausbilden. Als mögliche Ursachen können in Frage kommen:

- ◆ Pulverlack hat eine ungünstige Morphologie und reißt in sich, infolge hoher Schichtdicken und unterstützt durch anfällige Bindemittel oder zu hoher Anteile von Füllstoffen bei der Pulverlackformulierung
- ◆ Durch Temperatur/Feuchte-Wechselbeanspruchung als Gradient zum Pulverquerschnitt ergeben sich Spannungen, die letztendlich zu Rissen führen, wenn die Lackfilm-Oberflächen durch feuchte Gegenstände belastet werden (infolge der Verdunstungswärme kann ein hoher Temperaturgradient in der Beschichtung entstehen).
- ◆ Der Prozess der Spannungserscheinungen im Pulverlack wird durch unzureichende Aushärtung maßgeblich unterstützt.

Spannungsriss-Untersuchungen unter Laborbedingungen

Hierzu läuft ein umfangreiches Versuchsprogramm, in dem ausgewählte unpigmentierte Pulverlacksysteme (auch Acryl und Polyurethan) in

Abhängigkeit von den verschiedenartigsten Verarbeitungsbedingungen und auf Basis der Simulation unterschiedlichster Beanspruchungen untersucht werden. In weiteren Arbeiten sollen auch speziell pigmentierte Pulverlacke (Grenzformulierungen hinsichtlich Bindemittel mit verschiedenen Härtertypen, Pigmenten und Füllstoffen) auf Spannungsriss-Empfindlichkeit geprüft werden.

Bezogen auf die Verarbeitungsbedingungen werden vordergründig die Schichtdicke, die Pulverschichtfolge und die thermochemischen Vernetzungsbedingungen in Abhängigkeit verschiedenartigster Pulverformulierungen (unpigmentierte Pulverlacke) und mit Variation der Vormisch- und Extrusionsprozesse analysiert.

Hinsichtlich der Belastungsbedingungen werden

- ◆ Prüfungen unter Berücksichtigung definierter Temperaturgradienten innerhalb der Beschichtung
- ◆ Temperatur/Feuchte-Wechselbeanspruchung im modifizierten Klimaschrank realisiert.

Die Prüfung der Polymerversprödung selbst wird mit einer speziellen Prüfapparatur durchgeführt.

Zur Erzeugung möglicher Spannungsrisse im Pulverlackfilm wird auf die Probe (dünnes Alublech mit entsprechendem Beschichtungsaufbau) kurzzeitig Isopropanol mit einer Pipette geträufelt. Gleichzeitig wird das mit Pulverlack beschichtete Musterblech mit einer Zwinde unter Querspannungen versetzt. Durch diesen Prozess wölbt sich das beschichtete Blech langsam auf und es entstehen im Pulverlackfilm entsprechende Spannungen, die durch das angreifende Medium (Isopropanol) noch verstärkt werden.

Die Höhe der Aufwölbung bis zum Zeitpunkt, zu dem sich die ersten Risse im Deckpulverlack zeigen, wird visuell bestimmt (Millimeter an der Messlatte).

Die speziellen Untersuchungen werden noch durch andere Umformprüfungen (Tiefungsprüfung nach DIN EN ISO 1520 und Kugelschlagprüfung nach ASTM D 2794) sowie Ermittlung der Glasübergangstemperaturbereiche ergänzt.

Bisherige Untersuchungsergebnisse

Da die Arbeiten noch in vollem Gang sind, können noch keine umfassenden Ergebnisse vorgestellt werden. Ein Hauptproblem ist gegenwärtig die Simulation der geeigneten Belastungsbedingungen, die in Abhängigkeit von der Pulverlackformulierung und der Pulververarbeitung zu einer Polymerversprödung führen können. Da die vier Faktoren

- ◆ Pulverlackformulierung und Herstellung
- ◆ Pulverapplikation (Schichtfolge und Lackfilmstärke)
- ◆ thermochemische Pulverlackvernetzung (Einbrennprozess)
- ◆ mechanisch, thermisch und mediale Beanspruchungsbedingungen in komplexer Form auf Pulverlackbeschichtungen einwirken, müssen sie

auch im Zusammenhang ihrer Wirkungsweise betrachtet werden.

Bisher zeigten sich als maßgebliche Ursachen für das Auftreten von Polymerversprödungen zu hohe Schichtdicken (> 170-200 µm), starke Unterschiede in der Morphologie von Grund- und farblosem Deckpulverlack, keine ausreichende Aushärtung (daher häufig eine Erscheinung bei dickwandigen Beschichtungserzeugnissen), ungünstige Abkühlbedingungen nach dem Einbrennvorgang und ungenügende Extrudierung beim Pulverherstellungsprozess. Bestimmte Polyester-Pulverklarlacke von ausgewählten Pulverherstellern in TGIC-freier Formulierung haben besonders anfällig auf eine Polymerversprödung reagiert. Es handelte sich dabei um Produkte, die derzeit in großen Mengen in verschiedenen Anwendungsbereichen zum Einsatz kommen, insbesondere in der Fahrradindustrie.

Zur Lösung des Problems der Spannungsrissbildung infolge von Polymerversprödung sind sowohl Pulverlackhersteller und auch Beschichter gefordert, da es auf diesem Gebiet noch wenig gesicherte Erkenntnisse gibt. Gleichzeitig ermöglicht die verstärkte Anwendung von transparenten Pulverlacken besonders im Fassadenbereich für die Zukunft neue Beschichtungsqualitäten, die mit modernem Architektur-Design konform gehen sollten. ■

Die Autoren: Dr. Thomas Herrmann, öfftl. Best. u. vereid. Sachverständiger für Pulverbeschichtungstechnologien, Dresden, Tel. 0351/4961103, herrmann.gmbH.dresden@t-online.de; Dipl.-Ing. (FH) Markus Witter, Institut für Lacke und Farben e. V, Magdeburg, markus.witter@lackinstitut.de

Neue Maßstäbe bei der Pulverbeschichtung!

WURSTER setzt mit seiner Technologie neue Maßstäbe beim Bau von Beschichtungsanlagen.

Vorbehandlung – abwasserfrei, auch bei großem Oberflächendurchsatz, mit unserem patentierten Vapodrom.

Farbwechsel – in Sekunden mit modernster Fördertechnik.

Große Brocken – wirtschaftlich beschichten, z. B. Teile mit 24 m Länge, 2,5 m Breite, 2,5 m Höhe und bis zu 6000 kg Gewicht.

Automatische Aufgabe – praxisnah auch bei 10 m/min.

Wir planen, bauen und montieren zukunftsorientierte Beschichtungsanlagen. Zuverlässig, innovativ, qualitätsbewußt nach ISO 9001.

wurster

Oberflächentechnik GmbH
71732 Tamm, Stuttgarter Str. 260
Telefon 0 71 41/70 07-0
Telefax 0 71 41/7 50 06
Internet: www.wurster.net

