

AUSWERTUNG VON SCHADENSFÄLLEN

Spannungsrisse in Pulverbeschichtungen

Weißer und transparenter Pulverlackfilme neigen zur Spannungsrisseanfälligkeit. Da die Risse oft erst Monate nach der Applikation auftreten, ist die Suche nach den Ursachen nicht einfach, wie einige Praxisbeispiele im folgenden Beitrag deutlich machen. Eine neue Prüfmethode hilft, die Spannungsrisse eindeutig zu bestimmen.

— Auf Pulverlackfilmen treten immer wieder Polymerversprödungen auf, die durch Rissbildung entstehen. Da oft mechanische Einwirkungen, wie Biege- und Schlagprozesse, die Ursache sind, werden diese Erscheinungen häufig auch unter dem Begriff „Spannungsrisse“ zusammengefasst.

Auf Basis der Schadensanalyse sollen sich die beobachteten Lackfilmstörungen möglichen Ursachen zuordnen lassen. Einige Beispiele verdeutlichen das Ausmaß derartiger Spannungsrisse und geben Aufschluss über die Beanspruchungsbedingungen. Eine speziell entwickelte Prüfmethode beziehungsweise Apparatur hilft, die Spannungsrissebeständigkeit definiert zu bestimmen. Danach werden die Prüfergebnisse der verschiedenen Pulverlackbindemittelsysteme diskutiert.

Schadensfälle bei verschiedenen Anwendungen

Spannungsrisse im Pulverlackfilm treten in der Regel nicht unmittelbar nach der Pulverapplikation und der thermochemischen Vernetzung auf, sondern meist erst nach zwei bis drei Monaten oder noch längeren Zeiträumen. Daraus erklärt sich die erhebliche Tragweite der Spannungsrisseproblematik, denn bei der Qualitätskontrolle des Pulverlackierers unmittelbar nach dem Beschichtungs-

prozess können mögliche Schäden an den Substratwerkstoffen nicht erkannt werden. Die zeitliche Verzögerung für das Auftreten dieser Erscheinung verursacht meist unvorhersehbare Folgeschäden, schwer rückverfolgbare Technologiezuordnungen und aufwendige Reklamationen.

Bei der Auswertung zahlreicher Pulverlack-Schadensfälle hat sich gezeigt, dass die Erscheinungen häufig bei Polyesterklarlacken bei zweischichtiger Decklackierung auftreten. Aber auch bei pigmentierten Pulverlacken, besonders im weißen Farbtonbereich, ließen sich Spannungsrisse wiederholt feststellen.

Spannungsrisse an Fahrradrahmen
Spannungsrisse wurden zum Beispiel an Fahrradrahmen nach dem Überseetransport festgestellt. Die Rahmen waren grundiert mit Metallic-Basispulverlack und überbeschichtet mit Transparentpulver.

Die Pulverlackbeschichtung der Fahrradrahmen erfolgte unter Einhaltung der üblichen technologischen Applikationsbedingungen auf gestrahlten Substratoberflächen. Auf die Metallic-Basispulverlackierung (Brillantsilber) wurde eine farblose PE-Decklackbeschichtung mit einem Primid-Härtersystem (Polykondensation) aufgetragen. Nach der Qualitätskontrolle – ohne

Befund – wurden die Fahrräder in Polyethylenfolie verpackt und in die USA verschifft.

Nach dem Überseetransport, Dauer circa vier bis fünf Wochen, inklusive der Lagerung, zeigten sich beim Auspacken der Fahrräder netzartige Risse auf dem gesamten farblosen Decklackfilm. Die speziellen Transportbedingungen, wie die Lagerung im Schiff und im Hafen, Wärme- und/oder Feuchtebeanspruchung, konnten nicht nachvollzogen werden.

Spannungsrisse an Alu-Blechkassetten und an Rahmenelementen für Dachkonstruktionen

Beim Bau an der Dachkonstruktion eines Repräsentationsgebäudes in Berlin traten an relativ großen Profilkonstruktionen, aus denen Rahmen für Glashalterungen und Blechkassetten gefertigt wurden, nach dem Transport per Lkw sowie bei der Montage in den Wintermonaten starke Spannungsrisse an unterschiedlichen Profelseiten auf (Bild 1). Die Alu-Blechkassetten und die Rahmenelemente für die Dachkonstruktionen waren mit Metallic-Basislack und mit farblosem Polyester-Decklack beschichtet. Es ist nicht bekannt, ob die mit Pulverlack beschichteten Profile unmittelbar nach dem Abladen vom Lkw, also im unterkühlten Zustand, verarbeitet wurden

oder erst eine Klimaanpassung in der Montagehalle erfolgte. Bei der nachträglichen, mechanischen Vernietung zeigten sich in angrenzenden Bereichen in bis zu 100 mm Entfernung vom Verbindungsniel ebenfalls Spannungsrisse im transparenten Pulverdecklack. Eine Analyse der Produktionsbedingungen ergab, dass die Pulvereinbrennbedingungen bei den großen Profilstangen eventuell nicht optimal waren.

Die Beschichtungsteile wurden teilweise auf der Baustelle mit Warmluftpistolen nachbehandelt. Mit dieser Technik ließen sich die Spannungsrisse überwiegend optisch beseitigen.

Spannungsrisse bei Design-Badheizkörpern mit farbloser Deckbeschichtung

Ein Badheizkörper-Hersteller sah sich mit Reklamationen von Kunden konfrontiert, die Spannungsrisse im farblosen Deckpulverlack der Badheizkörper bemängelten. Die Heizkörper waren mit Metallic-Basispulver und einer farblosen Deckbeschichtung (PE-System) versehen.

Die Heizkörper wurden prinzipiell in Innenräumen eingesetzt, eine UV-Einwirkung lässt sich also ausschließen. Eine Feuchtigkeitsbeanspruchung ist jedoch möglich, da es sich meistens um Badheizkörper handelte, die sich auch als Handtuchtrockner verwenden lassen. Die Spannungsrisse befanden sich in der Regel auf der obersten Sprosse eines vier- bis fünfgliedrigen Rohrsegmentes, wo mit Sicherheit auch feuchte Textilien aufgelegt wurden.

Die transparenten Deckbeschichtungen wiesen an den Spannungsrisss-Stellen teilweise Schichtdicken von > 120 bis 160 µm auf.

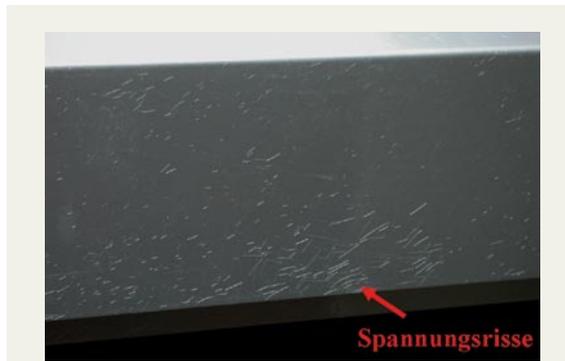


Bild 1: Spannungsrisse an einer zweifach beschichteten Alu-Profilkonstruktion

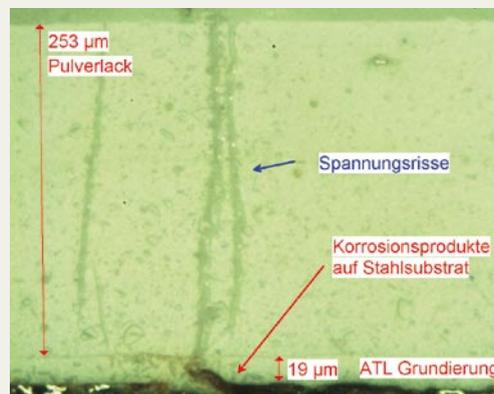


Bild 2: Metallographischer Querschliff zum Nachweis der Spannungsrisse an weiß-pigmentierten Pulverlackfilmen mit ATL-Grundierung

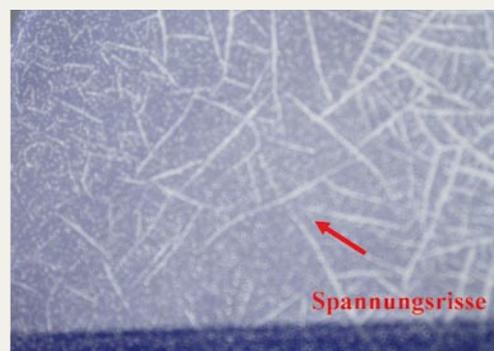


Bild 3: Spannungsrisse im lasierenden Effektpulverlackfilm auf Glas nach UV- und Temperatureinwirkung

Spannungsrisse an Raumheizkörpern mit pigmentierten Pulverlacken
 Polymerversprüdungen ließen sich auch bei pigmentierten Pulverlacken feststellen, insbesondere bei weißen Pulverformulierungen mit einem hohen Füllstoff-Pigment-Anteil. Recherchiert wurden

dabei bestimmte, extreme Beanspruchungsbedingungen wie hohe Temperaturwechselwirkungen infolge großer Vorlauftemperaturen im Heizkörper und extrem niedriger Außentemperaturen sowie eine mögliche Feuchtebeanspruchung, bedingt durch Wäschetrocknung auf den Heizkörperrippen.

Die Risse zeigten sich bevorzugt in den oberen Bereichen der geschädigten Heizkörper und besonders dort, wo hohe Pulverschichten appliziert wurden (> 160 bis 255 µm, teilweise Zweifachbeschichtung).

Reklamiert wurden bei einem Bauvorhaben nur jene Heizkörper, die im Wohnzimmer unmittelbar neben der Balkontür montiert waren. Hier traten, bedingt durch die Zwangsbelüftung in den Wintermonaten, mögliche Temperaturunterschiede von mehr als 90 K auf, insbesondere dann, wenn die Heizungsanlage auf hohe Vorlauftemperaturen eingestellt war. Hinzu kommt noch eine Feuchtebeanspruchung durch das Trocknen von Textilien auf den Heizkörpern (Bild 2).

Spannungsrisse an feuerverzinkten Türrahmen

Bei diesem Schadensfall an feuerverzinkten Türrahmen, die mit Effekt-Metallicpulver grundiert und farblos überbeschichtet waren, zeigten sich auf dem beschichteten Türrahmen nach einjähriger Lagerung schwarze Punkte auf der Grenzfläche zwischen Metallic-Basislack und farbloser Deckbeschichtung. Die Lagerung erfolgte in Holzkisten verpackt in einer unbeheizten Lagerhalle in Spanien mit Staplerbetrieb und den daraus resultierenden Dieselabgasen. Eine Oberflächenanalyse ergab, dass die schwarzen Punkte überall dort verstärkt

auftraten, wo sich im transparenten Deckpulver Spannungsrisse nachweisen ließen.

Es ist zu vermuten, dass mit der einhergehenden Decklackschädigung (Spannungsrisse) aggressive Gase und Wasser an die metallischen Effektpigmente des Basispulverlackes gelangen konnten – beispielsweise die Dieselabgase oder Kondenswasser. Dabei verfärbten sich die Alu-Pigmente (Oxidation) und wurden als schwarze Punkte im Lackfilm sichtbar. Der Schaden war nicht reparabel. Die festgestellte Polymerversprödung hatte hier eine Vermittlerwirkung für die Fleckenbildung. Mit Restpulvermengen und entsprechender Musterteilbeschichtung ließ sich die Schädigung im Kondenswassertest laborseitig nachstellen.

Spannungsrisse in Effektpulverlacken auf Glas

Spannungsrisse in Effektpulverlacken auf Glas traten meist bei lasierenden, farbigen Effektpulverlacken mit ähnlichem, spinnwebennetzartigem Erscheinungsbild auf. Sie sind vergleichbar mit

den Schäden bei Zweifachbeschichtungen auf metallischen Untergrund.

Die mit Pulverlack rückseitig beschichteten Glasscheiben waren über zwei Jahre starker UV- und Temperaturbelastung ausgesetzt. Das könnte auch eine mögliche Ursache für die Polymerversprödung sein (Bild 3).

Gründe für die Polymerversprödung

Aus der Begutachtung der Schadensfälle lassen sich folgende Beanspruchungsbedingungen herausarbeiten, die auf eine Polymerversprödung von Pulverlackfilmen Einfluss haben könnten:

- mechanische Druck-, Biege- oder Torsionsbeanspruchung
- UV-Einwirkung
- starke Temperatur-Wechselbelastung
- Feuchte- beziehungsweise Temperatureinwirkung.

Eine Übereinstimmung gibt es bei allen Spannungsrissererscheinungen: Sie treten zeitlich verzögert nach dem Pulverlackierprozess auf, teilweise erst drei bis

zwölf Monaten nach Gebrauch. Auf Basis der im Rahmen von zweijährigen Forschungs- und Entwicklungsarbeiten durchgeführten Laboruntersuchungen sowie Recherchen in Pulverlackierbetrieben wurde festgestellt, dass die Ursachen für Polymerversprödungen und Spannungsrisse in Pulverlackfilmen sehr vielfältig sind.

Mit hoher Wahrscheinlichkeit führen komplexe Beanspruchungsbedingungen in Verbindung mit unterschiedlichsten Ursachenmerkmalen zu den schwer interpretierbaren Schadensbildern. Mit Sicherheit haben die folgenden chemischen, physikalischen und technologischen Einflussfaktoren der Pulverlackierprozesskette Auswirkungen auf das Entstehen von Spannungsrisen:

- ungenügende Extrudierung und damit inhomogene Härterverteilung, insbesondere bei Transparentpulverlacken
- Rezeptierungen mit zu hohen Füllstoff- beziehungsweise Pigmentanteilen sowie Formulierungen mit einem ungünstigen Reaktivitäts-/ Fließviskositätsverhältnis



Bild 4: Um die Ursache für die Spannungsrisse herauszufinden, wurde ein spezielles Prüfgerät entwickelt

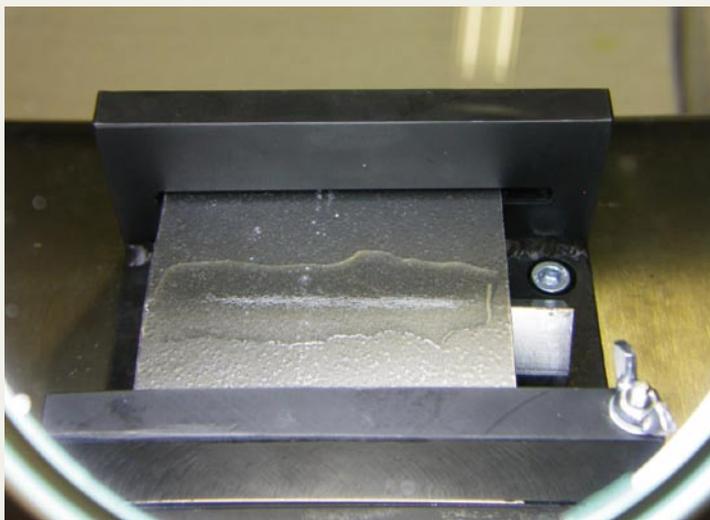


Bild 5: Deutlich zu erkennen: Spannungsrisseausbildung auf dem Prüfblechmuster

Rationell und zuverlässig - das SATA®- Programm für die Industrie!

So geht Erfolg **in Serie!**

SATA-Systeme zur Serienbeschichtung

Mit dem kompletten Programm für die Nasslackierung bietet SATA professionelle Geräte von der Becherpistole, über materialversorgte Systeme wie Farbdruckgefäße und Membranpumpen bis hin zu leistungsstarken Kolbenpumpen.

- Robust und zuverlässig mit hoher Lebensdauer
- Optimale Anpassung an die geforderte Oberflächenqualität durch HVLP-, Hochdruck- und Spray Mix-Zerstäubungssysteme
- Wirtschaftlich und rationell
- Einfache Handhabung

Fragen Sie Ihren SATA-Fachhändler oder direkt bei uns!



SATA® spray mix™
Kolbenpumpen für die besonders rationelle Verarbeitung von Großmengen



SATA-Kesselpistolen
Moderne Transfertechnologien als HVLP- und RP-Pistolen



SATA® vario top spray™
Doppelmembranpumpe zur Kombination mit HVLP- und RP-Kesselpistolen



SATA GmbH & Co. KG
Domertalstraße 20 • 70806 Kornwestheim
Tel. 07154/81 1-100 • Fax 07154/81 1-196
www.sata.com • E-Mail: info@sata.com

- Untervernetzung beim thermochemischen Einbrennprozess
- Überbrennen der Pulverlacke in Verbindung mit hoher Pulverlackreaktivität
- starke Unterschiede in der Polymerkonsistenz der Deck- und Grundierpulverbeschichtungsfilme
- zu dick applizierte Pulverlackfilme.

Interessanterweise konnten bisher keine Spannungsrisse bei „bunten“ Pulverlackfilmen festgestellt werden. Hingegen neigen „unbunte“, besonders weiße, und transparente Pulverlacke zur Spannungsrisseanfälligkeit.

Untersuchungen zeigten, dass es bei verschiedenen Pulverlacksystemen unterschiedlichster Hersteller auch bei gezielter Untervernetzung nicht zu Spannungsrisen nach Lagerung und Beanspruchung kommt. Andererseits treten sporadisch Spannungsrisse bei Zweifachbeschichtungen auf, wo sich die technologischen Beschichtungsparameter unter Umständen verändert haben beziehungsweise sich eine gewisse Polymerunverträglichkeit der aufeinander applizierten Pulverlacke abzeichnet.

Um dieses Spannungsrissephänomen wissenschaftlich beschreiben zu können, wurde eine geeignete Prüfmethode entwickelt sowie eine entsprechende Prüfapparatur konstruiert und gebaut.

Der Aufbau des Spannungsrisseprüfverfahrens

Ein spezieller keilförmiger Druckkörper wird mit einem definierten Vorschub auf das Untersuchungsblech in der Probenhalterung des Laborgeräts gedrückt. Zuvor wurde das Blech mit dem zu prüfenden Pulverlack beschichtet. Mit Hilfe einer angebauten optischen Bewertungseinheit lässt sich in einzelnen Vorschubintervallen die leicht gekrümmte Lackfilmoberfläche auf Spannungsrisse hin untersuchen (Bild 4). Der Keilvorschub ist in den einzustellenden Intervallen regelbar. Zwischen jedem Vorschub wird eine Befeuchtung mit einem speziellen

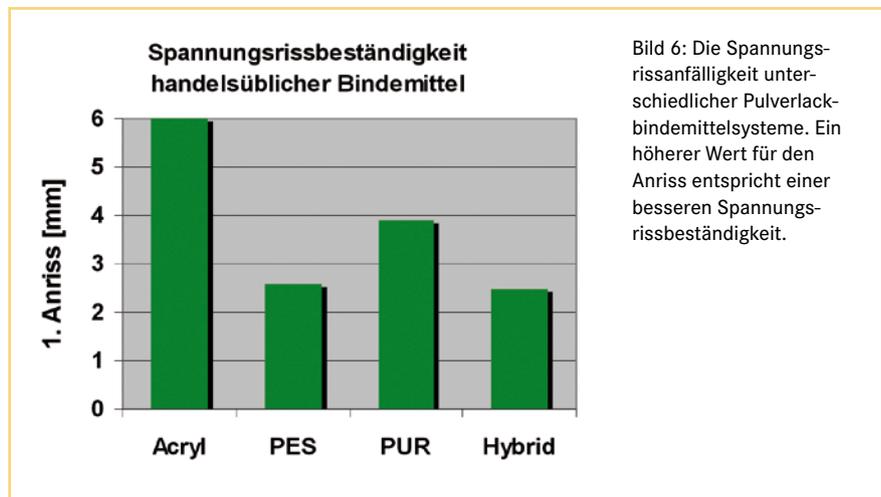


Bild 6: Die Spannungsrisseanfälligkeit unterschiedlicher Pulverlackbindemittelsysteme. Ein höherer Wert für den Anriss entspricht einer besseren Spannungsrissebeständigkeit.

Medium realisiert, das die Lackfilmoberfläche durch den Verdunstungsprozess um circa 3 K abkühlt.

Lassen sich Spannungsrisse visuell wahrnehmen, wird der Messvorgang abgebrochen und der Keilvorschub registriert. Dieser Messweg, in Millimetern dargestellt, ist dann eine Maßzahl für die Spannungsrissebeständigkeit der untersuchten Pulverlack-Qualitäten bezogen auf den vernetzten Pulverlackfilm. Die Intensität beziehungsweise die geometrische Anordnung der Spannungsrisse auf dem beschichteten Prüfblech werden ebenfalls beurteilt und in entsprechende Klassenbereiche eingeordnet (Bild 5).

Untersuchungen an handelsüblichen Pulverlacken

Mit Hilfe dieser Spannungsrisseprüfapparatur wurden handelsübliche Transparent-Pulverlacksysteme unterschiedlicher Hersteller sowie ausgewählte Bindemittelsysteme labortechnisch auf die Spannungsrisseanfälligkeit untersucht. Geprüft wurden Klarpulver auf Polyurethan-, Polyester- und Acryl-Basis sowie spezielle Hybridsysteme (Bild 6). Bei den Untersuchungen achteten die Prüfer darauf, die Beschichtungsparameter streng nach den Vorgaben der Pulverhersteller einzuhalten. Die Schichtdicken entsprechen den üblichen Bereichen zwischen 80 bis 100 µm.

Bei Acryl-Pulverlacksystemen stellten die Prüfer sehr gute Spannungsrissebeständigkeiten fest. Dies gilt auch für verschiedenartig praktizierte Beanspruchungsbedingungen, wie Kondenswasser, UV- und Klima- beziehungsweise Feuchte-Wechselbeanspruchung.

Die untersuchten Polyurethan-Bindemittelsysteme weisen eine signifikant geringere Spannungsrissebeständigkeit im Vergleich zu den Acryl-Systemen auf. Die Beständigkeit ist jedoch noch deutlich besser als die der handelsüblichen duromeren Polyester- und Hybrid-Bindemittelsysteme (EP/PE-Mischpulver).

Weitere Laboruntersuchungen zur beanspruchungsbedingten Spannungsrissebeständigkeit für spezielle Pulverlackformulierungen werden im zweiten Teil des Beitrags vorgestellt. Mit einbezogen werden dabei eigene Forschungs- und Entwicklungsarbeiten sowie detaillierte Untersuchungsergebnisse zur Präzisierung einzelner Ursachen für die Polymerversprödung. —

Die Autoren:
 Dr. Thomas Herrmann,
 Gutachter für Pulverbeschichtungstechnologien,
 Dresden, Tel. 0351 4961103,
 dr.th.herrmann@t-online.de;
 Dr. Michaela Gedan-Smolka, IPF Dresden,
 Tel. 0351 4658-448, mgedan@ipfd.de;
 Dipl.-Ing. Christoph Winkler,
 LOV Oberflächenveredlung GmbH, Limbach,
 Tel. 03722 776-400, info@lov.de





OBERFLÄCHENTECHNIK

kreative Oberflächen

Applikationstechnik auf höchstem Niveau
 L&S Oberflächentechnik liefert Systemlösungen im Bereich der Applikationstechnik.

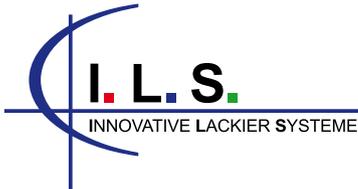
- Farbversorgungsanlagen
- 2- und 3-Komponenten-Systeme
- elektrostatische Lackier- und Pulveranlagen
- modernste Roboterapplikationstechnik

www.ls-oberflaechentechnik.de

L&S Oberflächentechnik GmbH & Co.KG | Grenzweg 14b | 33758 Schloß Holte-Stukenbrock | Tel. +49 (0) 52 07/91 95-0 | info@ls-oberflaechentechnik.de



I.L.S. GmbH & Co. KG Tel. +49 661 3805181 info@ils-vertrieb.de
 Hinter den Löhern 2 Fax +49 661 3805179 www.ils-vertrieb.de
 36037 Fulda



Technologie ist das Ergebnis von Anforderungen

■ Farben homogenisieren



■ Farben dosieren



■ Farben wechseln

