

Bild: DFO

# Sporadisch auftretende Haftfestigkeitsverluste

Wenn Delamination lacksystemspezifisch auftritt, Herstellungsfehler aber ausgeschlossen sind

Haftfestigkeitsverlust von Pulverbeschichtungen kann scheinbar unsystematisch auftreten, wenn er zum einen weder der Charge noch dem Farbton zuzuordnen ist und zum anderen die Pulverlackherstellung als mögliche Fehlerquelle ausscheidet.

Bei einem Beschichter von Maschinenbauteilen kam es zu vereinzelt Haftfestigkeitsverlusten des Pulverlackaufbaus. Dies fiel zunächst bei der mechanischen Beanspruchung einzelner Bauteile auf, wobei sich insbesondere in Kantenbereichen der Decklack großflächig von der Grundierung löste. Beschichtungen auf Prüftafeln zeigten bei der Gitterschnittprüfung eine unzureichende Haftfestigkeit, allerdings nicht bei allen Prüftafeln.

Die DFO Service GmbH wurde damit beauftragt, die Ursache dieser Haftfestigkeitsverluste herauszufinden. Das Problem trat bei einem bestimmten Pulverlacksystem, aber bei mehreren Farbtonen

und chargenunabhängig auf. Außerdem kam es bei anderen Kunden des Pulverlacklieferanten mit dem gleichen Pulverlacksystem zu keinen derartigen Fehlerbildern. Daher konnte ein Herstellungsfehler des Pulverlacks ausgeschlossen, beziehungsweise als sehr unwahrscheinlich eingestuft werden.

Für die Untersuchungen wurden insgesamt sechs beschichtete Prüftafeln mit drei verschiedenen Farbtonen des Decklacks zur Verfügung gestellt. Bei der ersten visuellen Begutachtung fiel auf, dass die Prüftafeln mit demselben Farbton jeweils unterschiedlich dick waren. Verantwortlich dafür waren die unterschiedlich dicken Maschinenbauteile, die man bei den

Abb. 1: Gitterschnittergebnisse vor und nach dem Nachhärteversuch (30 Minuten bei 190 Grad Celsius).

Lackierversuchen abzubilden versuchte. Dieser Umstand erwies sich als Glücksfall, denn bei den Gitterschnittprüfungen gemäß DIN EN ISO 2409 zeigte sich, dass auf den dickeren Prüftafeln eine insgesamt schlechtere Haftfestigkeit der Decklackbeschichtung vorlag als auf den dünneren.

Die Untersuchungen der Delaminationsebene (Beschichtungsunterseite und verbliebene Substratoberfläche) per Lichtmikroskopie und per Rasterelektronenmikroskopie (REM) zeigten, dass eine nahezu rückstandsfreie Ablösung der Decklackbeschichtung zur Grundierung vorlag. Ein solches Gesamtbild ist ein klares Indiz für eine Untervernetzung, also für eine mangelhafte Aushärtung der Beschichtung.

## Höhere Anfälligkeit bei dickeren Substraten

Je höher die Masse des lackierten Bauteils, umso länger dauert es, bis das Bauteil während des Einbrennvorgangs auf die eigentliche Einbrenntemperatur aufgeheizt ist. Die Einbrennzeiten für bestimmte Objekttemperaturen sind typischerweise den Materialdatenblätter der Pulverlacke zu entnehmen. Mit der Einbrennzeit ist in der Regel die Zeit im Ofen gemeint, in der das lackierte Bauteil die Einbrenntemperatur hält – die sogenannte Haltezeit. Die Haltezeit darf nicht mit der gesamten Verweilzeit im Ofen verwechselt werden. Diese umfasst zusätzlich auch die Aufheizzeit, in der das Objekt noch nicht die Einbrenntemperatur erreicht hat. Die Aufheizzeit wird in der Regel empirisch ermittelt und ist unter anderem von der Ofenbauweise, der Ofenbelegung und der individuellen Masse und Materialart des zu lackierenden Bauteils abhängig.

Übertragen auf diesen Schadensfall heißt das, dass die dünne Prüftafel mit geringerer Masse früher die vorgegebene Einbrenntemperatur im Ofen erreicht als das dicke Substrat mit höherer Masse. Bei moderaten Masseunterschieden kann

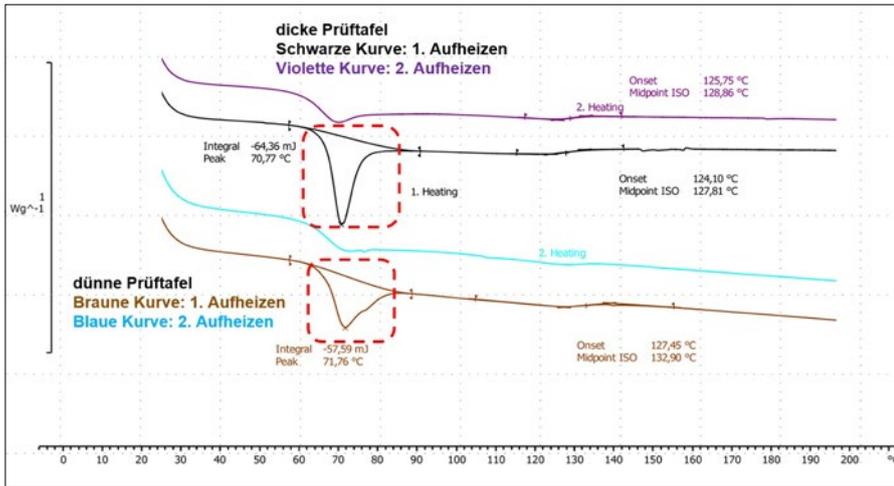


Abb. 2: Ergebnisse der Untersuchungen der jeweiligen Beschichtungen mittels DSC.

man ein Unterbrennen verhindern, indem man die Verweilzeit an das massereichste Bauteil anpasst. Bei großen Masseunterschieden läuft man wiederum Gefahr, die masseärmeren Bauteile zu überbrennen. Die diesbezügliche Bauteilvielfalt und auch die Massenverteilung am einzelnen Bauteil muss nicht nur bei der Lackierreihenfolge und Warenträgerbestückung berücksichtigt werden, sondern spielt optimalerweise bereits bei der Planung von Lackieranlagen und sogar der Bauteilkonstruktion eine wesentliche Rolle.

### Bauteilspezifisch planen, um Untervernetzung zu vermeiden

Die theoretische Erklärung, dass der Haftfestigkeitsverlust auf eine Untervernetzung zurückzuführen ist, musste nun noch analytisch belegt werden. Dies

erfolgte mittels DSC (differential scanning calorimetry), bei der während einer kontrollierten Aufheizphase exotherme und endotherme Reaktionen einer Probe detektiert werden können. Sowohl bei der Beschichtung der dünneren als auch der dickeren Prüftafel waren zwischen dem ersten und dem zweiten Durchlauf deutliche Unterschiede erkennbar.

In Abbildung 2 entsprechen die schwarze und die braune Kurve dem ersten Durchlauf bis zu 200 Grad Celsius. Bei beiden Proben ist bei circa 70 Grad Celsius eine starke endotherme Reaktion sichtbar, die bei beiden Proben im zweiten Durchlauf nahezu nicht mehr auftritt. Dies bestätigte die Theorie der Untervernetzung des Pulverlacks, da bei einer ausreichend ausgehärteten Beschichtung beide Durchläufe nahezu identische Kurvenverläufe zeigen müssten.

Den Ergebnissen der Gitterschnittprüfungen entsprechend zeigte die Beschichtung der dickeren Prüftafel eine stärker ausgeprägte Untervernetzung.

Neben der DSC gibt es noch einen weiteren pragmatischen Ansatz, um eine Beschichtung auf Untervernetzung zu prüfen. Hierzu wurde zunächst eine Gitterschnittprüfung mit entsprechend schlechtem Prüfergebnis durchgeführt (Abbildung 1, linke Bildhälfte). Diese Prüftafel wurde anschließend im Laborofen 30 Minuten lang bei 190 Grad Celsius nachgehärtet. Dann wurde ein zweiter Gitterschnitt direkt neben dem ersten durchgeführt (Abbildung 1, rechte Bildhälfte). Die nun einwandfreie Haftfestigkeit zeigte eindeutig die vorherige Untervernetzung der Beschichtung. ●

### Fehlerbild des Monats

In dieser Rubrik berichtet die Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung (DFO) e.V. über aktuelle Schadensfälle aus der Praxis, die von der DFO aufgeklärt wurden. Ziel ist es, Anregungen zu geben, wie Fehlerbilder interpretiert werden können und welche Ursachen für außergewöhnliche Beschichtungsfehler infrage kommen.

**Deutsche Forschungsgesellschaft für Oberflächenbehandlung (DFO) e.V., Neuss**  
**David Hoffmann**  
 Tel. +49 2131-40811-12  
 hoffmann@dfo-online.de  
 www.dfo.info.de